

新野县产业集聚区西区 工程场地地震安全性评价



河南城安衡测工程技术有限公司

二〇二二年三月

项目名称：新野县产业集聚区西区工程场地地震安全性评价

委托单位：新野县应急管理局

承担单位：河南城安衡测工程技术有限公司

单位地址：河南省郑州市中原区嵩山北路126号院3号楼
2单元29层2903

邮 编：450007

项目负责人：



总技术负责人：

张金振

专业技术负责人

地震活动性评价：

张振国

地震构造评价：

张金振

工程场地地震影响评价：

刘国华

目 录

0 前 言	1
0.1 工程概况	1
0.2 主要工作内容	2
0.3 技术思路	3
0.4 工作依据	4
0.5 致谢	5
1 地震活动性	6
1.1 地震资料	6
1.2 区域地震的空间分布特征	8
1.3 地震活动的时间分布特征	10
1.4 历史破坏性地震对工程场地的影响	错误！未定义书签。
1.5 区域现代构造应力场特征	错误！未定义书签。
1.6 近场区地震活动性	错误！未定义书签。
1.7 地震活动环境评价	28
2 区域地震构造环境	29
2.1 区域大地构造	29
2.2 区域地球物理场和深部构造及其与地震的关系	37
2.3 区域新构造运动特征及其分区	43
2.4 区域主要断裂活动特征	43
2.5 区域地震地质环境分析	63
3 近场地震地质	65
3.1 近场区第四纪地层	65
3.2 近场区地质地貌特征	66
3.3 近场区新构造运动分区	66
3.4 近场区主要断裂的活动性研究	67
3.5 近场地震构造综合评价	76
4 地震危险性分析	77
4.1 地震危险性分析方法概述	77
4.2 潜在震源区的划分	77
4.3 地震活动性参数的确定	82

4.4 地震动衰减关系	88
4.5 工程场地地震危险性分析结果	91
5 场地工程地震地质条件	1
5.1 场地地形地貌	2
5.2 岩土构成与特征	2
5.3 波速测试和场地类别	9
5.4 工程场地地震地质灾害综合评价	33
6 工程场地地震动参数确定	42
6.1 数学模型的选用	42
6.2 基岩的人造地震动时程	52
6.3 地震反应分析计算结果	58
7 结论与使用说明	64
7.1 区域及近场地震活动性评价	64
7.2 区域地震地质研究结果	64
7.3 近场地震构造研究结果	64
7.4 地震危险性分析	64
7.5 场地工程地震条件及地震地质灾害评价	65
7.6 工程场地设计地震动参数	65
7.7 使用说明	66
8 主要参考文献	67
附图 1 区域地震构造图	69
附图 2 近场区地震构造图	71

0 前 言

0.1 工程概况

新野县产业集聚区西区位于新城大道与纬二路交叉口西侧，占地面积1.59万平方米。园区分期建设，围绕棉纺产业，通过拉升产业链条形成了及棉花加工、仓储、交易、纺纱、织布为一体的、具有较强产业关联度和良好协作关系的产业化发展格局。目前尚没有具体的规划建筑信息。场地位置见图0.1，场地中心地理坐标： $E111.307^{\circ}$ ， $N33.486^{\circ}$ 。项目位于中国地震动峰值加速度区划图0.05g区域，位于中国地震动特征周期区划图0.35s区域。图0.1为工程场地的地理位置图。



图 0.1 工程场地位置示意图

依照《中华人民共和国防震减灾法》、《地震安全性评价管理条例（2019 年修订版）》和《河南省防震减灾条例》、《河南省实施〈地震安全性评价管理条例〉办法》（河南省人民政府令第 120 号）文件精神，该项目需进行地震安全性评价工作，通过地震安全性评价工作确定科学的抗震设防要求对建筑物的安全性具有重要意义。

0.2 主要工作内容

受新野县公路管理局的委托，河南泓瑞地震防御技术有限公司承担了该项目场地的地震安全性评价工作。根据项目合同要求，并依据中华人民共和国国家标准《工程场地地震安全性评价（GB17741—2005）》，本项目确定的主要任务如下：

1. 地震活动资料收集与环境条件评价；
2. 区域地震地质环境调查与分析；
3. 近场区地震构造环境调查与分析；
4. 地震危险性分析计算；
5. 场地工程地震条件勘察与地震地质灾害评价；
6. 人工合成地震波与场地地震反应分析；
7. 工程场地设计地震动参数确定。

0.2-1 野外主要工作量表

项目	内容	规模及数量
野外地质、工程地质条件考察	布设野外观察路线,进行野外定点考察	50km
钻探	结合建筑物分布情况布置钻孔	7个钻孔, 503米总进尺。
波速测试	每间隔1米1个波速测试点	503个波速测试点, 503m/7个孔
动三轴试验	典型土层选取原状土样	64组土样
场地地球物理勘探	浅层人工地震勘探	5400米地震测线

根据中华人民共和国国家标准《工程场地地震安全性评价（GB17741—2005）》的有关规定，并经甲方认可，确定了本项目所需提供的设计地震动要求，即：①所确定的设计地震动层位为地表；②概率水准为 50 年超越概率 63%、10%及 2%和 100 年超越概率 5%；③设计地震动参数包括，设计水平向地震动峰值加速度、水平地震影响系数最大值和 5%阻尼比的加速度反应谱。

0.3 技术思路

1. 工作等级

依据《工程场地地震安全性评价（GB17741—2005）》的要求，本项目地震安全性评价工作等级为Ⅱ级。

2. 工作范围

根据《工程场地地震安全性评价（GB17741—2005）》要求，区域范围是指以工程场地外延不小于 150km 的范围；近场范围是指工程场地外延不小于 25km 的地区。据此，本次工作范围取值如下：

区 域：北纬 $31.04^{\circ}\sim 33.94^{\circ}$ ，东经 $110.56^{\circ}\sim 114.06^{\circ}$ ；

近场区：北纬 $32.14^{\circ}\sim 32.84^{\circ}$ ，东经 $111.86^{\circ}\sim 112.76^{\circ}$ 。

3. 技术途径

本报告主要依据《工程场地地震安全性评价（GB17741—2005）》开展工作。主要工作流程见图 0.3。

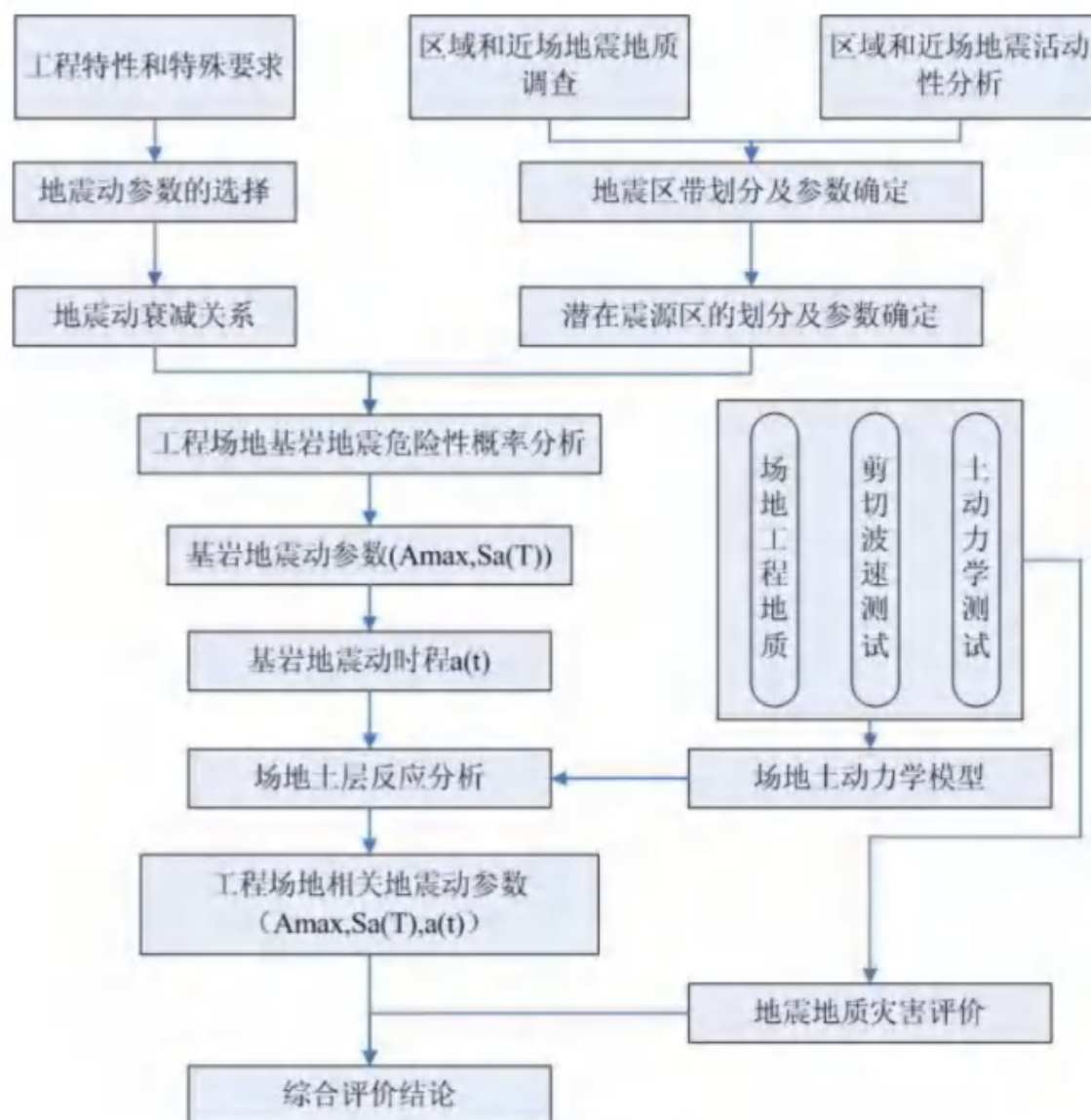


图 0.3 工作流程图

0.4 工作依据

1. 中华人民共和国国家标准《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016版），中华人民共和国建设部、国家质量监督检验检疫总局联合发布。
2. 中华人民共和国国家标准《工程场地地震安全性评价》（GB17741-2005），中华人民共和国质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会。
3. 中华人民共和国国家标准《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），国家质量监督检验检疫总局。
4. 《中华人民共和国防震减灾法》，第十一届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修订，2008 年。

5. 《地震安全性评价管理条例(2019 年修正本)》，根据 2019 年 3 月 2 日国务院令 709 号公布的《国务院关于修改和废止部分行政法规的决定》修正）。

6. 《河南省防震减灾条例》，2011 年 3 月 31 日河南省第十一届人民代表大会常务委员会第二十次会议通过

0.5 致谢

在本项目实施过程中，得到了新野县应急管理局等相关单位的支持和帮助。项目组向上述单位和相关人员表示感谢！

本项目工作参考和利用了河南省地震局、中国地震局地震研究所、中国地震局地球物理研究所等有关单位的相关研究和工作成果，项目组向涉及到的单位和个人表示感谢！

1 地震活动性

本章依据历史地震资料 and 现代地震观测资料，开展地震活动性分析。通过分析区域范围内地震活动的时间和空间特征、历史地震破坏性地震对工程场地的影响以及区域现代构造应力场特征等，为合理划分潜在震源区及确定地震活动性参数提供依据。

1.1 地震资料

根据 GB17741-2005《工程场地地震安全性评价》的要求，并结合本工程场地区域和近场地震活动性分析的要求，地震资料的地域范围确定如下：

区 域：北纬 $31.04^{\circ} \sim 33.94^{\circ}$ ，东经 $110.56^{\circ} \sim 114.06^{\circ}$ ；

近场区：北纬 $32.14^{\circ} \sim 32.84^{\circ}$ ，东经 $111.86^{\circ} \sim 112.76^{\circ}$ 。

1.1.1 资料来源

本次工作中用于地震活动性分析的资料包括两部分。第一部分是 $M \geq 4.7$ 级的历史破坏性地震目录。这部分资料 1970 年以前的目录主要取自中国地震局震害防御司《中国历史强震目录》（公元前 23 世纪—公元 1911 年）和《中国近代地震目录》（公元 1912 年—1990 年 $M_s \geq 4.7$ ），1970 年以后的资料从中国地震台网中心编录的地震目录中续补，震级由公式 $M = 1.13M_L - 1.08$ 换算得出。

第二部分为现代地震目录。这部分资料取自中国地震台网中心编录的地震目录，目录中的地震参数是根据仪器记录得到的。本次工作收集、整理了区域范围内 $M_L \geq 3.0$ 级、近场范围内 $M_L \geq 2.0$ 级的地震资料。

1.1.2 区域地震资料完整性和可靠性分析

区域位于我国历史上经济和文化较发达的地区，有着比较丰富和完整的史料记载，因此相对而言该区历史资料较完整可靠。据黄玮琼（1994）研究成果，区域自 1484 年以来 $M \geq 4.7$ 级的地震基本完整。但为了使采用的地震资料更具有完整性、可靠性，根据具体情况采用了不同的可信时间域和震级域。

尽管 1970 以后已有区域台网记录的 $M_L \geq 1.0$ 级地震目录，但相对而言 1976 年以后才逐渐形成较完善的地震监测台网，根据焦元碧、吴开统等人的研究结果（1990），区域 1989 年之后处于 $M_L \geq 3.0$ 级地震的有效监测范围内。2008 年 1 月河南数字地震台网正式运行，全省范围内地震监测能力达到 $M_L 2.5$ 级，局部地区达到 $M_L 1.5 \sim 2.0$ 级。

因此，结合不同时期监控地震的能力，对于现代地震，本项目中采用 $M_L \geq 3.0$ 级地震是较为合适的。

根据上述资料，列出了区域范围内 $M \geq 4.7$ 级地震的目录。需要说明的是，震中精度分类所对应的误差的含义在 1970 年前后是不同的。1970 年以前地震的精度分类的含义是：1 类震中误差 $\leq 10\text{km}$ ；2 类震中误差 $\leq 25\text{km}$ ；3 类震中误差 $\leq 50\text{km}$ ；4 类震中误差 $\leq 100\text{km}$ ；5 类 $> 100\text{km}$ 。1970 年以后地震的精度分类的含义是：1 类震中误差 $\leq 5\text{km}$ ；2 类震中误差 $\leq 10\text{km}$ ；3 类震中误差 $\leq 30\text{km}$ ；4 类震中误差 $> 30\text{km}$ 。

1.1.3 区域地震资料的基本情况

区域自公元前 1767 年至 2021 年 7 月共记载 $M \geq 4.7$ 级地震 15 次，其中 4.7~4.9 级地震 5 次；5.0~5.9 级地震 8 次；6.0~6.9 级地震 2 次，最大地震为公元 46 年 10 月 21 日河南南阳 6 $\ominus$ 级地震。

1970~2021 年 7 月仪器共记录到 $M_L \geq 3.0$ 级地震 128 次，其中 3.0~3.9 级地震 111 次；4.0~4.9 级地震 14 次；5.0~5.9 级地震 2 次，分别为 1973 年 11 月 29 日、30 日发生在河南淅川的 $M_L 5.1$ 和 $M_L 5.0$ 级地震（表 1.1.1）。

区域历史上记载最早的破坏性地震为公元前 1767 年河南偃师西南 6 级地震，公元前 1767 年至 2021 年 7 月区域破坏性地震目录 ($M \geq 4.7$ 级) 见表 1.1.2。

表 1.1.1 区域地震频次统计表

破坏性地震统计 (B. C. 1767~2021. 7)	震级档次 (M)	4.7~4.9	5.0~5.9	6.0~6.9
	地震次数	5	8	2
现代地震统计 (1970~2021. 7)	震级档次 (M_L)	3.0~3.9	4.0~4.9	5.0~5.9
	地震次数	111	14	2

表 1.1.2 区域破坏性地震目录 (B. C. 1767~2021. 7, $M \geq 4.7$)

编号	地震时间 (年. 月. 日)	震中位置		震级 (M)	精度	震中烈度	震中地名
		北纬 (°)	东经 (°)				
1	46. 10. 21	33. 0	112. 5	6 $\ominus$	4	VIII	河南南阳
2	1407. -.-	31. 2	112. 6	5 $\ominus$	2	VII	湖北钟祥
3	1469. 11. 13	31. 2	112. 6	5 $\ominus$	2	VII	湖北钟祥
4	1519. 11. 23	33. 5	114. 1	5	3		河南临颍、上蔡间
5	1524. 02. 14	34. 0	114. 1	6	3	$\geq$ VII	河南许昌张潘店一带
6	1575. 06. 19	32. 7	112. 5	5 $\uparrow$	4		河南南阳南
7	1603. 05. 30	31. 2	112. 6	5	3	VI	湖北钟祥
8	1620. 03. 05	31. 1	112. 7	5	3		湖北钟祥东南
9	1742. -.-	32. 1	110. 8	5	2	VI	湖北房县
10	1887. -.-	32. 4	111. 0	4 $\searrow$	2	VI	湖北武当山
11	1913. 02. 07	32. 2	114. 1	5		VI	河南信阳
12	1948. 02. 19	31. 9	111. 4	4 $\searrow$		VI	湖北保康
13	1964. 09. 05	33. 2	110. 7	4. 9	2	VII	湖北郧西
14	1969. 01. 02	31. 50	111. 20	4. 8	2	VI	湖北保康

15	1973. 11. 29	32. 88	111. 52	4. 7	1	VI	河南淅川
----	--------------	--------	---------	------	---	----	------

1.2 区域地震的空间分布特征

1.2.1 震中分布特征

区域地震活动较弱，没有 7 级以上地震记录。区域破坏性地震在空间分布上集中性不太明显，区域地震活动不强，以中强地震活动为主，地震震中分布比较零散、随机，没有形成明显的丛集或条带图像。其中 46 年南阳 6 级地震为本区域发生的最大破坏性地震。相对而言，区域东部地震活动水平相对较低（图 1.2-1）。

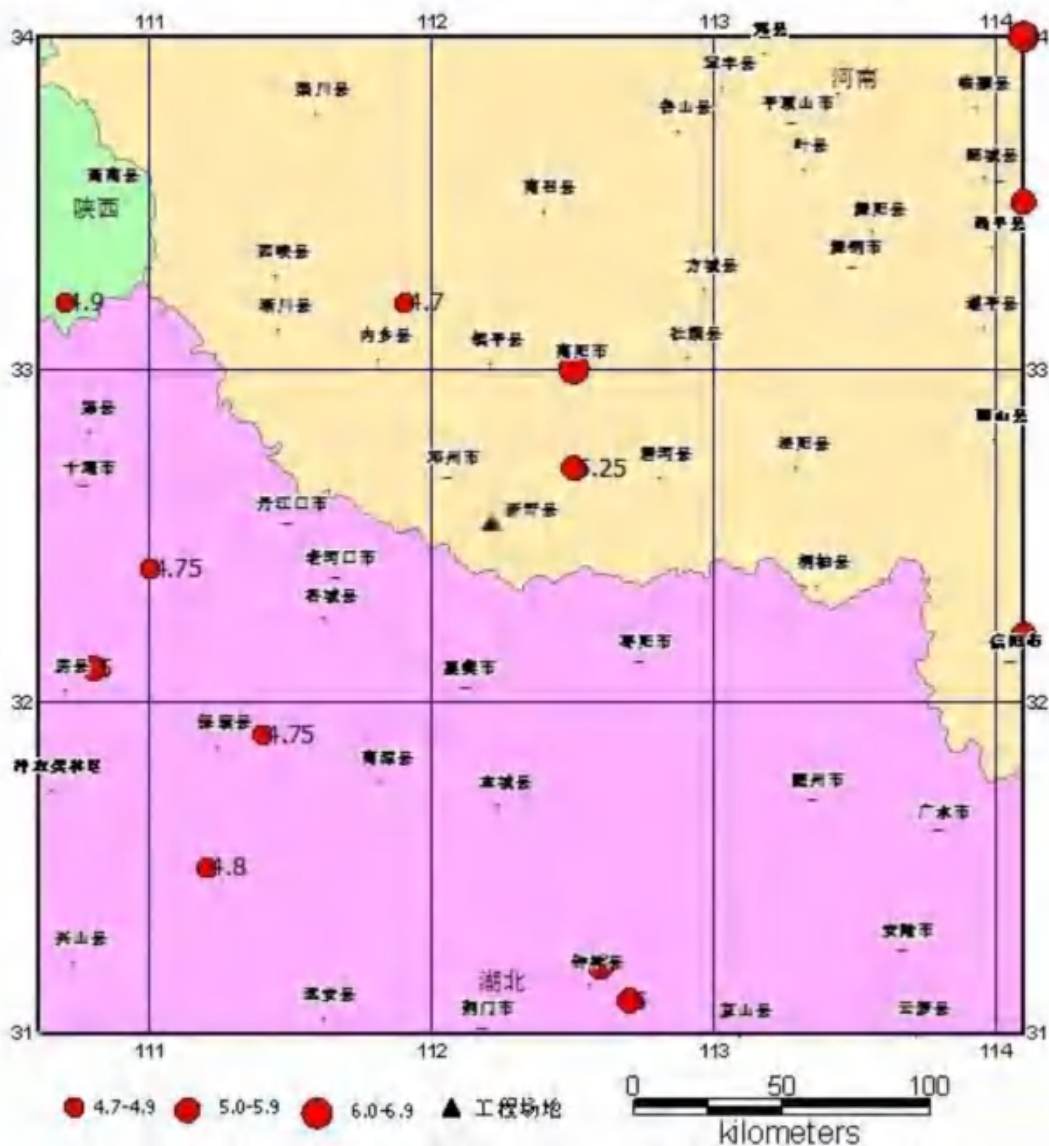


图 1.2-1 区域破坏性地震震中分布图(B.C. 1767~2021. 7, M≥4. 7)

图 1.2-2 为 1970 年以来区域 $M_L \geq 3.0$ 现代地震震中分布图。从图中可以看出，区域现代地震在空间分布上呈现出不均匀性。区域西部和南部的地震活动相对密集，呈团簇状特征，南阳市区域内主要为丹江水库地震活动和 1976 年 2 月内乡震群活动；区

域西南部的湖北地区地震活动相对频繁。区域东部则仅在南阳市桐柏县、唐河县间，以及湖北省随州南部较为集中。

1973 年 11 月 29 日~12 月 4 日淅川县宋湾丹江水库发生了 5.1 级震群，6 天内共发生大于等于 2.0 级地震 22 次，主震为 5.1 级。震中位于淅川断裂带和荆子关至宋湾断裂带交叉处，具有构造地震和水库地震相互迭加的双重特征。虽震级不高，面积不大，但震源浅、危害大。1976 年 2 月 5 日~3 月 5 日内乡县马山口发生 4.0 级震群，30 天内不小于 2.0 级的地震共有 61 次，震中位于北纬 $33^{\circ} 15'$ ，东经 $110^{\circ} 57'$ ，主震为 4.0 级，次震为 3.7 级。淅川宋湾和内乡马山口地震活动目前仍处于活跃阶段，仍有发生 4~5 级地震的危险性。

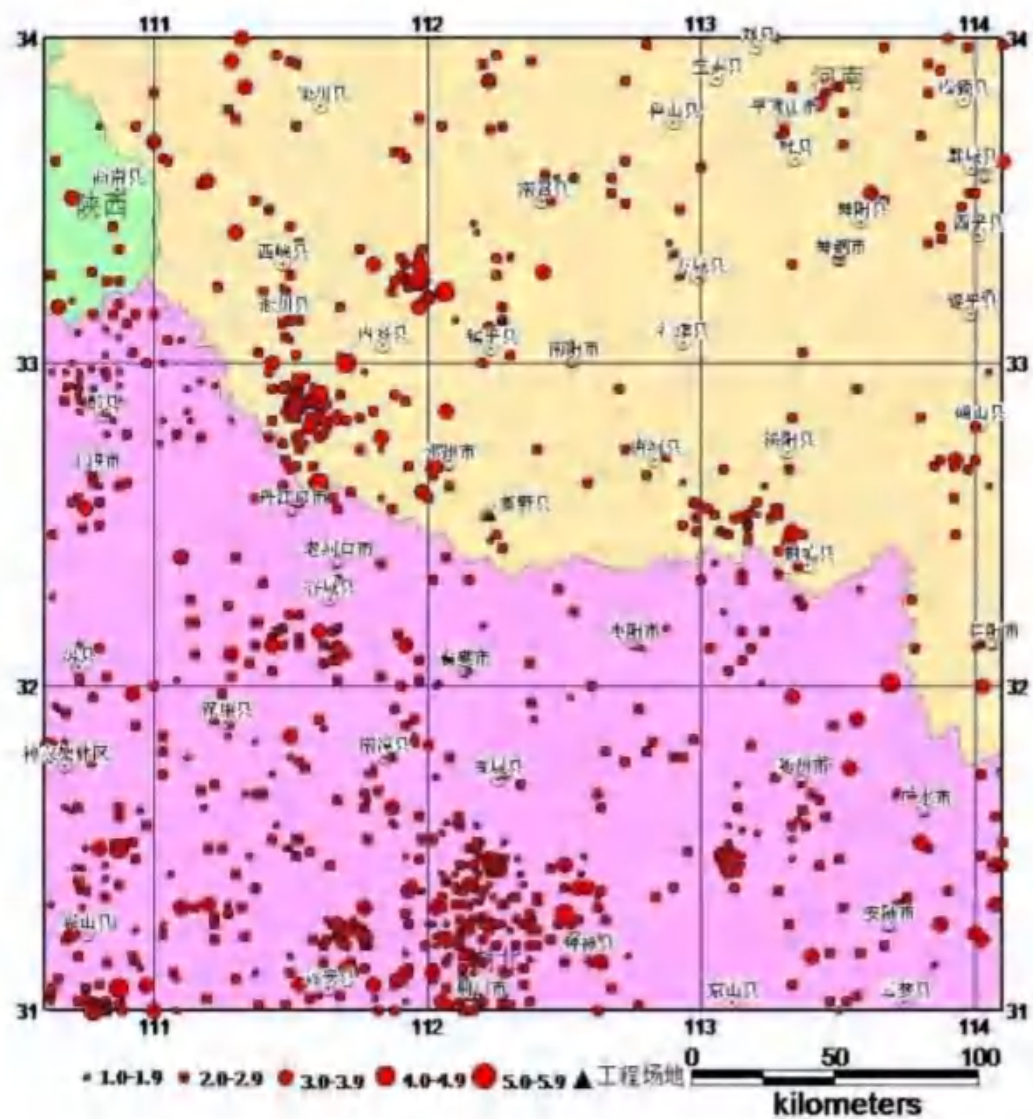


图 1.2-2 区域现代地震震中分布图(1970~2021.7, $M_L \geq 3.0$)

1.2.2 震源深度分布特征

历史地震记载是没有震源深度的，只有仪器记录的地震才有可能测定此参数。根据区域内 1970 年以来有震源深度参数 $M_L \geq 3.0$ 的 52 次地震统计结果（表 1.2.1），区域内地震震源深度主要分布在 1~10km 范围内，占总数 80%（图 1.2-3）。总体来看，区域内的地震基本上是发生在地壳中上层的浅源地震。

表 1.2.1 区域地震震源分布情况

震源深度 (km)	1~5	6~10	11~15	16~20	>20
地震次数	10	29	7	5	1
百分比 (%)	19	56	13	10	2

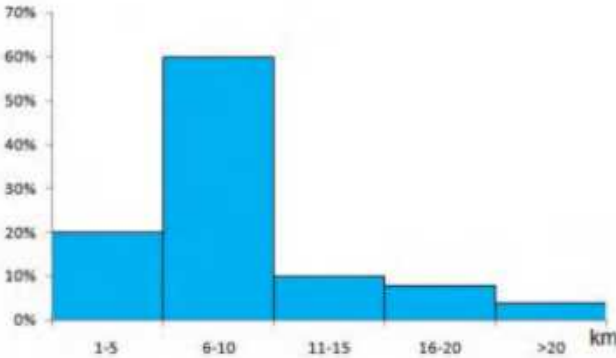


图 1.2-3 区域地震震源深度分布直方图

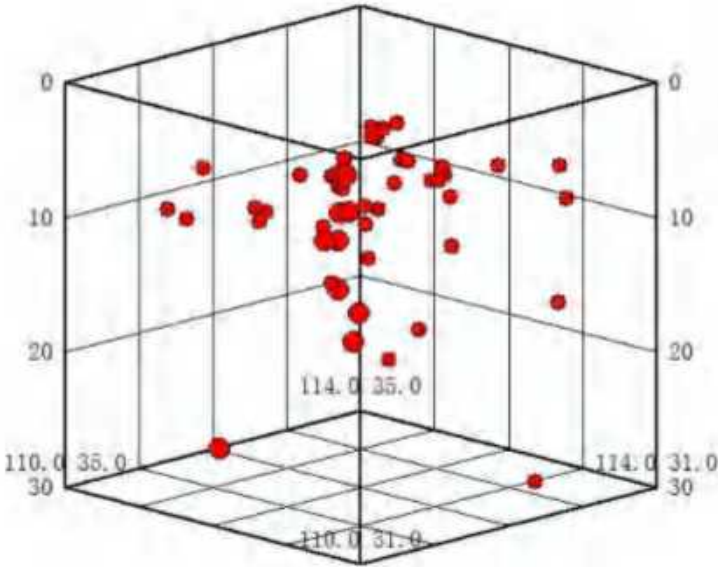


图 1.2-4 区域地震震源深度分布图

1.3 地震活动的时间分布特征

1.3.1 概述

地震活动有密集或成带分布的特点，不同地震区、带其地震活动特征不同。在地震区划工作中，根据这种地震活动空间不均一性，并考虑到其与构造活动、地壳结构之间的关系进行了区、带的划分。

1.3.2 地震区、带划分的依据和原则

(1) 划分依据

区域地震活动特征和差异是地震区、带划分的最重要依据。地震活动特征和差异主要表现为时、空、强分布特点上。具体地说，应包括地震强度分布、b 值分布、震源深度分布、应变积累一释放过程等。

由于地震记录时间一般较短（几十年到几百年），不足以反映一个地震区、带地震活动的固有特征，因此，反映地震孕育、发生的构造环境是地震区、带划分的另一个重要依据。反映地震孕育、发生的构造环境，应包括活动构造和地壳深部结构、地球物理场特征以及构造应力场等。

(2) 划分原则

1) 地震区、地震带划分采用区、带两级划分方案。所划分的区、带内必须有充足的地震样本，以满足地震活动性统计的需要。

2) 划分地震区、带时应尽量考虑现代地球动力学分区特征，使每个单元内的地质构造、地球物理环境具有相同的特征。

3) 每个单元内的地震不但在空间上连接成带，而且在时间上有相同的活动规律。

1.3.3 地震区、带的划分结果

地震带是分析地震时间分布特征、估计未来百年地震活动趋势和地震危险性分析中估计地震活动性参数的基本统计单元。地震带的划分，直接影响着场地的地震危险性评价，

在本项工程中，采用了第五代区划图即《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)编制和使用的地震区、带划方案。

这些地震带是进行地震活动性分析的基本统计单元。本工程场地的地震危险性的主要影响来自汾渭地震带、华北平原地震带和长江中游地震带（图 1.3-1）。工程场地位于华北平原地震带内。



图 1.3-1 区域地震区带图

(1) 华北平原地震带

华北平原地震带呈北北东向展布。华北平原凹陷内有多组不同方向的断裂存在，其中以主要是北东—北北东和北西—北西西向两组断裂为主，晚第四纪以来部分断裂仍以较强活动，与地震活动关系密切，强震多发生在两组断裂交汇部位。截至2021年7月，该区共记到 $M \geq 4.7$ 的破坏性地震240次，其中8级地震1次（1679年9月2日三河、平谷地震）；7.0~7.9级地震5次；6.0~6.9级地震30次，5.0~5.9级地震117次（图1.3-2）。该区地震活动似乎有北强南弱的特点，尤其华北平原凹陷北部与燕山南麓边界附近，新构造运动强烈，1679年三河、平谷8级地震和1976年唐山7.8级地震均发生在该地区。该区最早的地震记载为公元前1767年河南偃师6级地震。图1.3-3给出公元1400年以来华北平原地震统计区 $M \geq 4.7$ 级地震的M-T图与应变释放曲线。1450年之前，仅记有19次地震，地震缺失较多，1450年后地震记录才基本完整。从图2-7上看，该区1450年以来经历有两个地震活跃期（1485—1679年，1791—?年）。第一活跃期194年，是以1次8级、8次6.0~6.9级地震的形式出现；第二活跃期是以5次7.0~7.9级、14次6.0~6.9级地震的形式活动。两者的活动特点不一致。1984年至2010年间，该区未有5.5级

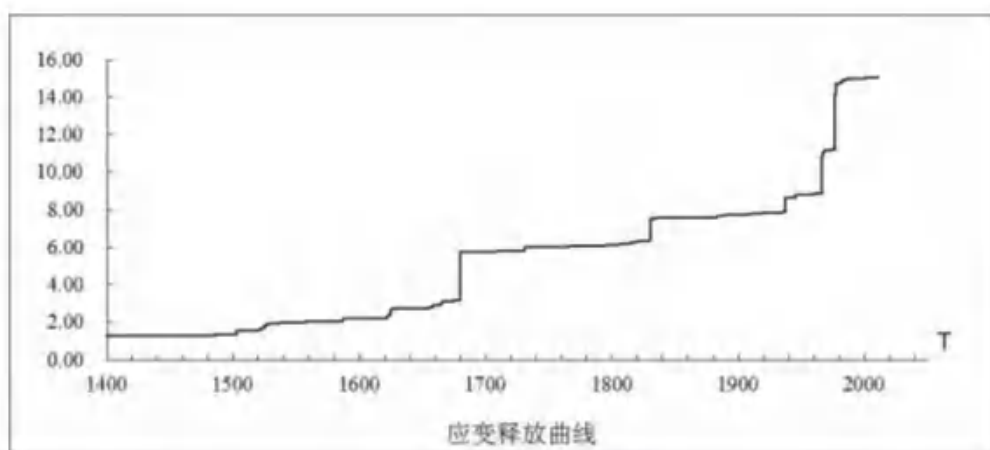
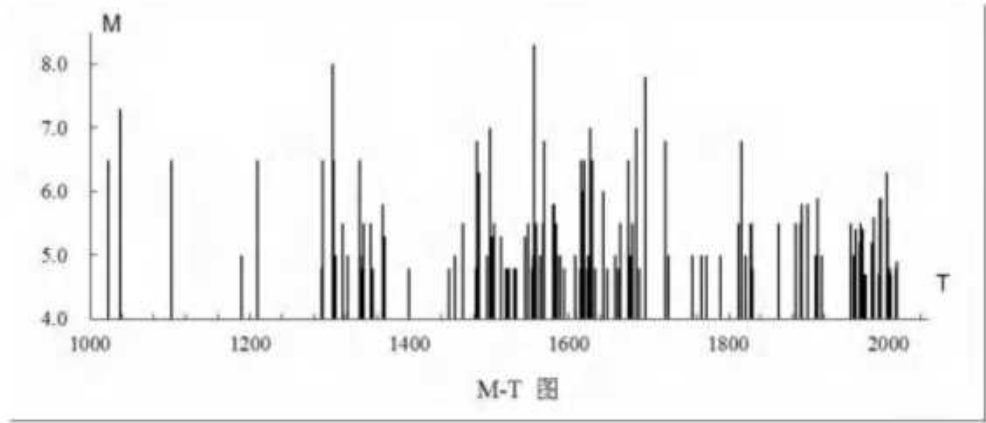
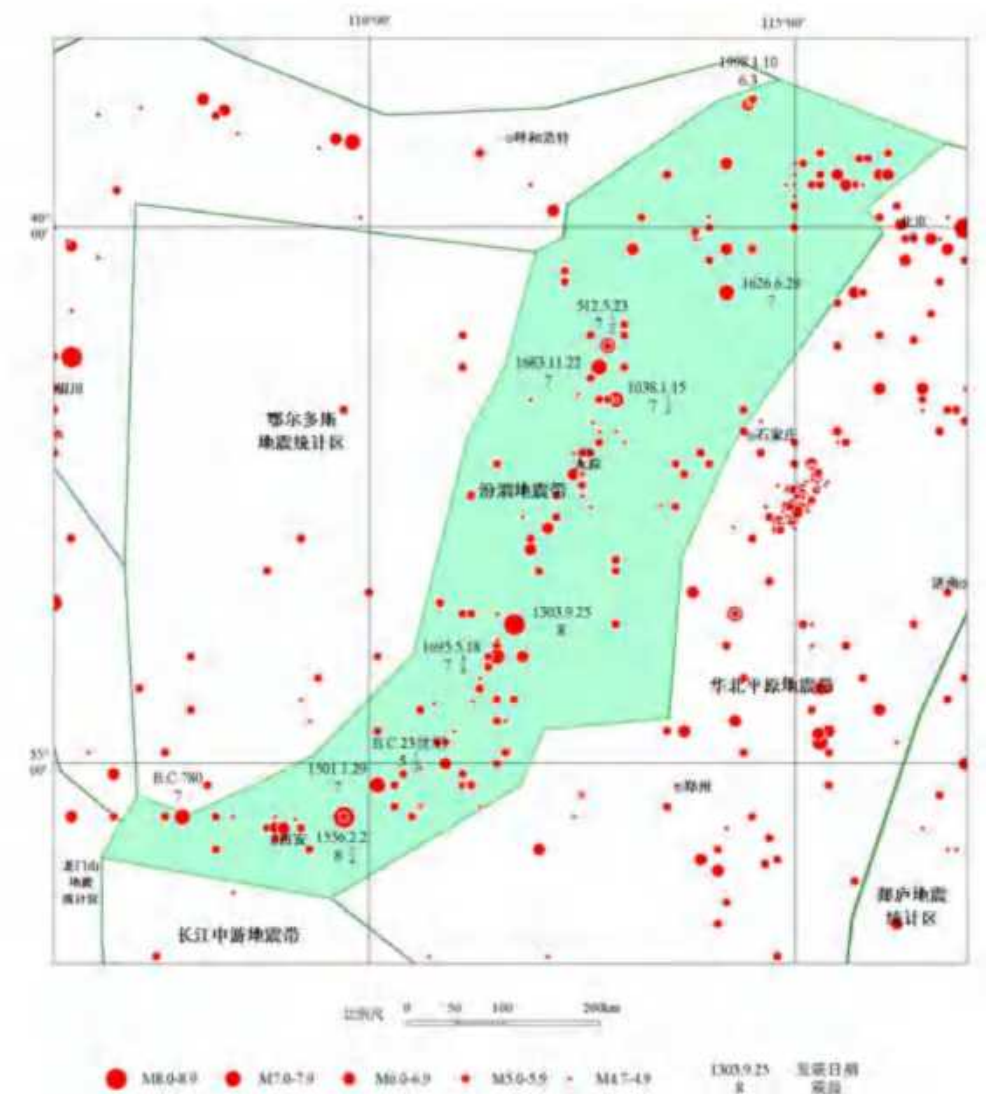


图 1.3-3 1400 年以来华北平原地震统计区 M-T 图及应变释放曲线

(2) 汾渭地震带

汾渭地震带南起渭河盆地，贯穿山西全境，北止于怀来—延庆盆地，是华北地区的一个强震活动区。由延怀、大同、灵丘、忻定、太原、临汾、运城、渭河等一系列活动断裂所控制的断陷盆地组成，强震主要位于山西断陷带的忻定盆地、临汾盆地和渭河断陷带的东部地区。截至2021年7月，该区共记到 $M \geq 4.7$ 的破坏性地震186次，其中8级地震2次（1556年2月2日华县8 $\frac{1}{4}$ 级地震和1303年9月25日洪洞8级地震）；7.0~7.9级地震7次；6.0~6.9级地震22次，5.0~5.9级地震99次（图1.3-4）。该区最早的地震记载为公元前23世纪山西永济蒲州5 $\frac{1}{2}$ 级地震。公元前23世纪至公元1000年间仅有22次地震记载，表明地震资料缺失严重。尽管公元1000年以来不能保证 $M \geq 5$ 级地震资料的完整，但地震记录较为连续，可以定性地分析地震活动在时间上的变化过程。图1.3-5给出了汾渭地震统计区公元1000年以来4.7级以上地震的M-T图和应变释放曲线。从图上看，该区1000年以来经历有两个地震活跃期（1209—1368年，1484—1720年），其间相对平静了116年。第一活跃期活动了159年，总共记到1次8级地震，4次6.0~6.9级地震。第二活跃期活动了236年，共记到1次8级地震；5次7.0~7.9级地震；10次6.0~6.9级地震。除了第一活跃期早期地震资料不完整的因素外，第二活跃期在活动时间和活动强度、频度上大大超过第一活跃期。自1815年至今，该区小震和震群活动很活跃，

1998年在该区北部发生了引人瞩目的6.3级地震。显示这个地震统计区目前地震活动正处于向相对活跃时期发展的阶段，预示着未来有可能进入应变加速释放。从保守角度出发，未来百年地震活动趋势，应以本地震统计区活跃期的地震活动水平来估计。



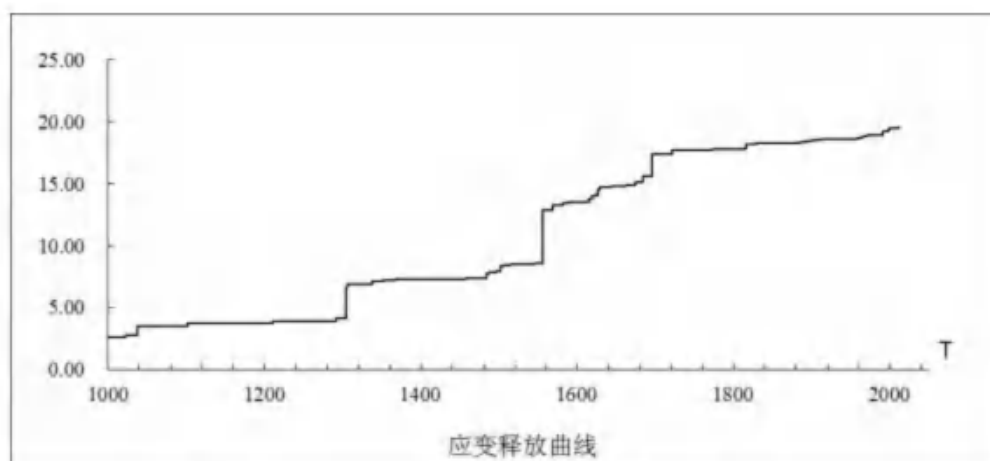


图 1.3-5 公元 1000 年以来汾渭地震统计区 M-T 图及应变释放曲线

(3) 长江中游地震带

长江中游地震带位于长江中游一带，大部为扬子准地台分布的区域。该地震统计区所在区域虽然历史上经历过多次构造运动，但新近纪以来构造活动明显减弱，绝大多数断裂在晚第四纪以来都未见明显活动，地震活动相对较弱。截至 2021 年 7 月，长江中游地震统计区共记录到 M4.7 级以上地震 119 次，均为浅源地震，其中 6.0-6.9 级地震 3 次，5.0-5.9 级地震 67 次，最大地震为 1631 年 8 月 14 日常德 $6\frac{3}{4}$ 级地震。长江中游地震统计区地震总体呈弥散分布，但在该区北界秦岭—大别一线、洞庭湖盆地、鄱阳湖盆地及四川盆地西南部地震活动稍强（图 1.3-6）。

长江中游地震统计区地震记载历史较长，最早一次为公元前 143 年 6 月 7 日竹山 5 级地震。该区 1300 年之前地震资料遗失较多。图 1.3-7 给出长江中游地震统计区公元 1300 年以来 $M \geq 4.7$ 地震的 M-T 图和应变释放曲线。从图上看，该区 1300 年以来经历有两个地震活跃期（1467—1640 年，1813—？年）。从这两个活跃期的地震分布看，现仍处于活跃期后期阶段，为保守起见，未来地震活动性参数宜以活跃期进行估计。

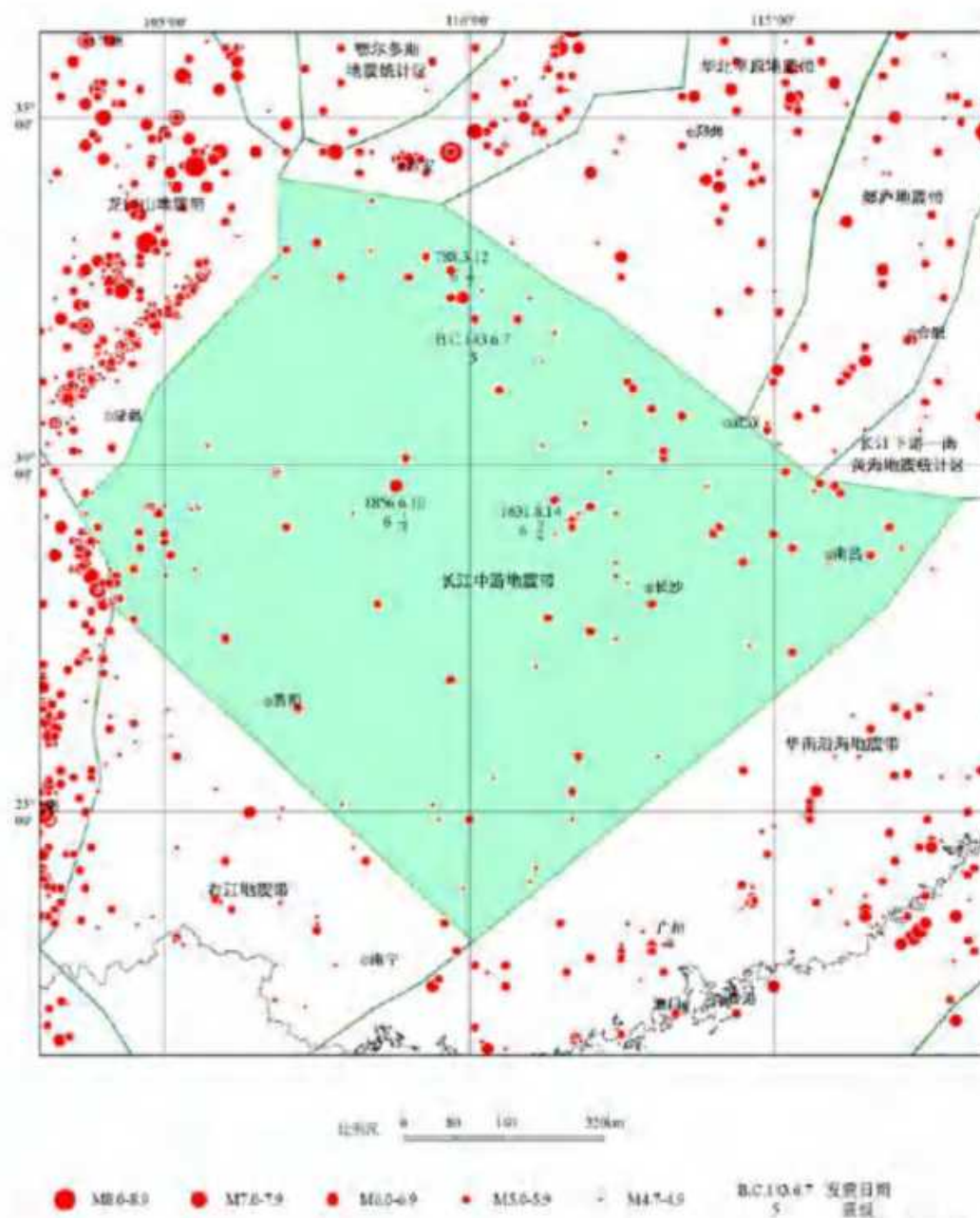
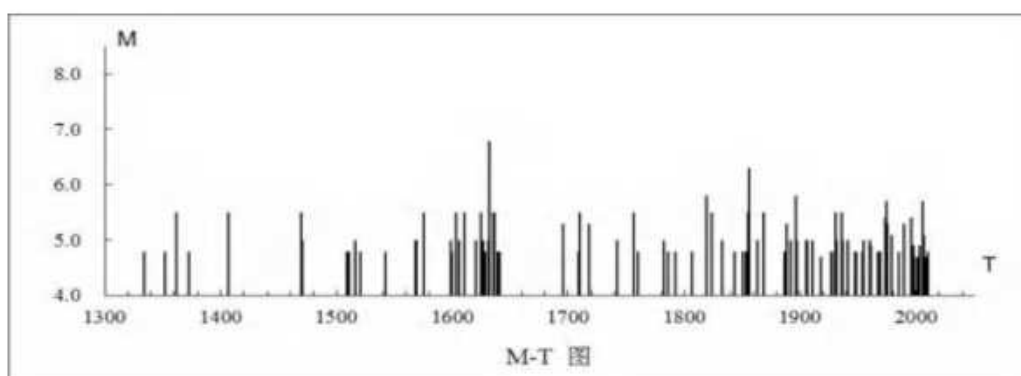


图 1.3-6 长江中游地震统计区震中分布图



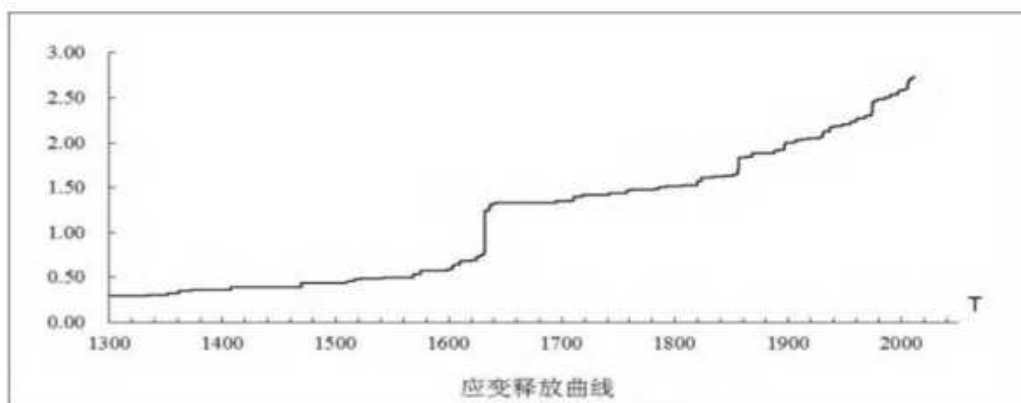


图 1.3-7 公元 1300 年以来长江中游地震统计区 M-T 及应变释放曲线图

1.4 区域地震活动时间分布特征及活动趋势

从表 1.1.2 区域历史破坏性地震目录可知，区域从最早有地震记载的公元前 1767 年至 1555 年，共记载到 4 次 $4\frac{3}{4}$ 级以上地震。早期地震记录缺失严重，1556 年之后地震记录明显增多。图 1.4-1 为区域公元元年至 2021 年 7 月 $M \geq 4.7$ 级地震的 M-t 图。从图中可以看出，1556 年至今共发生 4.7 级以上地震 12 次。

区域现代地震活动周期不明显（图 1.4-2）。

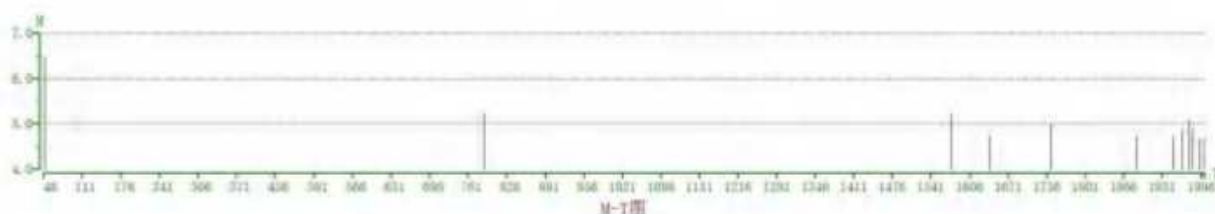


图 1.4-1 区域破坏性地震时序图（1~2021.7， $M \geq 4.7$ ）

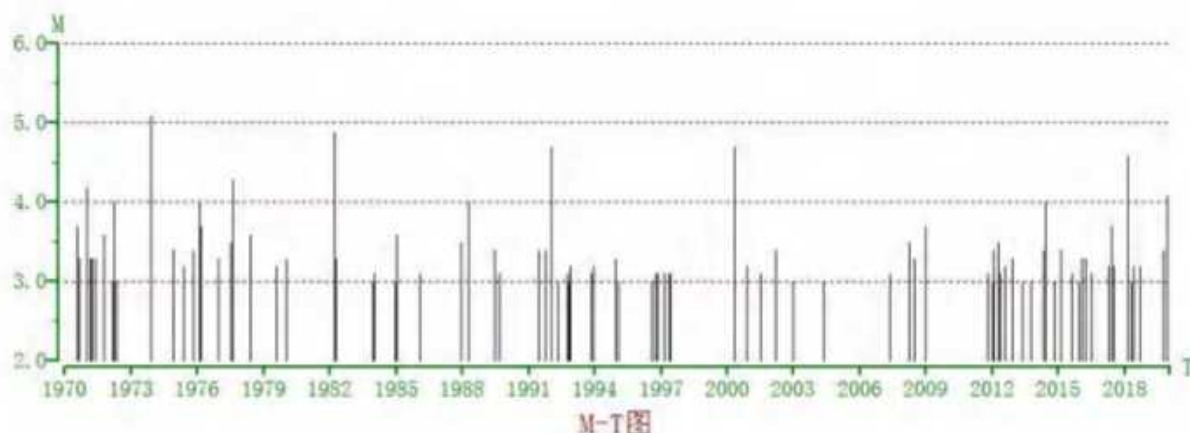


图 1.4-2 区域现代地震时序图（1970~2021.7， $M \geq 3.0$ ）

1.5 历史地震对工程场地的影响

分析历史地震对场地的影响，是本项工程地震安全性评价的重要组成部分。本报告将从两个方面来分析地震影响情况。一是根据现有的历史地震等震线资料，给出它们对场地的实际影响；另一方面是应用地震烈度衰减关系式，计算历史地震对它们的影响烈度值。

1.5.1 历史地震影响

对场地造成Ⅴ度以上的历史地震事件见表 1.5.1，对其中几个较大的历史地震情况简述如下：

1、46 年 10 月 23 日河南南阳 6½ 级地震

据《后汉书·光武帝记》记载：“郡国四十二地震，南阳尤甚，地裂压杀人”，“诏令南阳勿输当年田租刍藁，赐郡中居人压死者棺钱，人三千。其口赋逋税而庐宅尤破坏者，勿收责。吏人死亡，或在坏垣毁屋之下，而家羸弱不能收拾者，其以见钱谷取佣，为寻求之”。

46 年 10 月 23 日南阳 6½ 级地震，震中烈度达Ⅷ度，对工程场地的影响烈度达Ⅵ度。

2、1556 年 2 月 2 日陕西华县 8¼ 级地震

此次地震史称关中大地震，不仅在中国大陆，而且在全球是因地震死亡人数最多的一次地震。《嘉靖实录》载：“压死官吏军民奏报有名者八十三万有余，其不知名未奏报者复不可数计。”

“秦晋之交，地忽大震，声如万雷，川原坼裂，郊墟迁移，道路改观，树木倒置，阡陌更反。五岳动摇，寰宇震殆遍。陵谷变迁，起者成阜，下者成壑，或岗阜陷入平地，或平地突起山阜，涌者成泉，裂者成涧，地裂纵横如画，裂之大者水火并出。井泉涸废，新泉涌流，喷高丈余。山移河徙四五里，涌沙、陷没亘数千里。”“华县、渭南、华阴及朝邑、蒲州等处尤甚。郡城邑镇皆陷没，塔崩、桥毁、碑折断，城垣、庙宇、官衙、民庐倾颓摧圯，一望丘墟，人烟几绝两千里；四处起火，数日火烟未灭；民天寒露处，抢掠大起。”

陕西、山西、河南三省 97 州县遭受破坏。波及甘肃、河北、山东、湖北、湖南、江苏、安徽等省 130 余县。震中烈度为Ⅺ度，对工程场地影响烈度达Ⅴ度(图 1.5-1)。

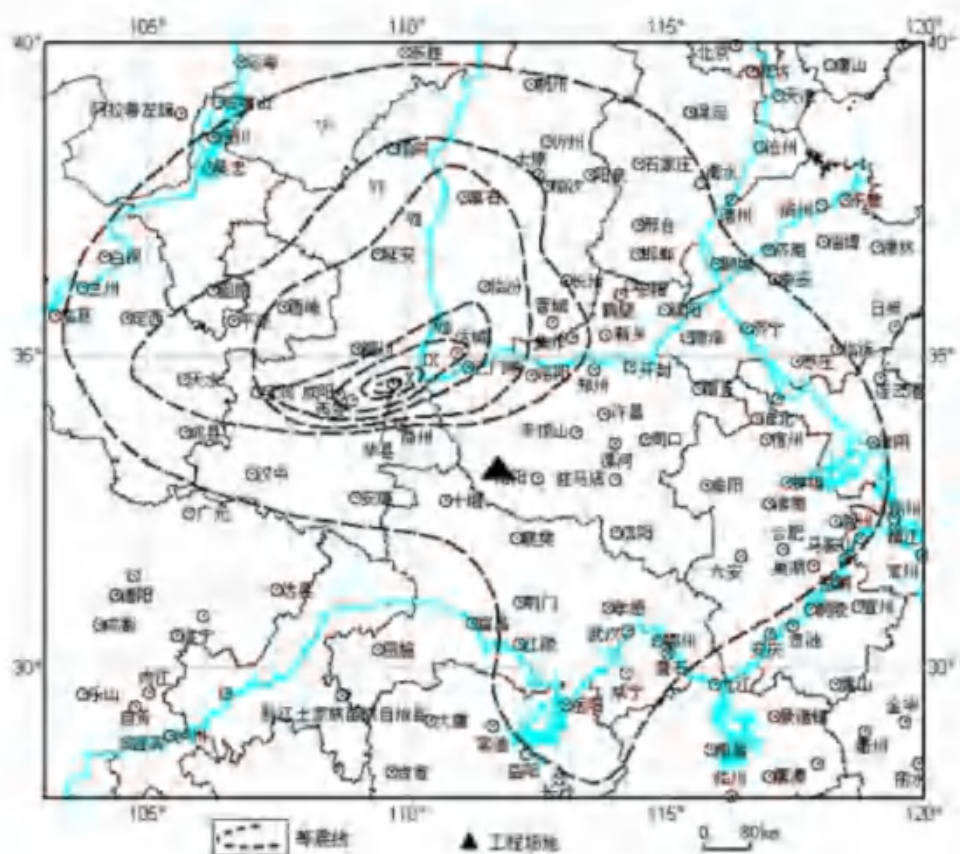


图 1.5-1 1556 年 2 月 2 日陕西华县 8¼级地震等震线

3、1668 年 7 月 25 日山东郯城 8½级地震

震中位于山东郯城北，震中烈度 $\geq$ XI。据记载：“鲁、苏、浙、皖、赣、鄂、豫、冀、晋、辽、陕、闽诸省及朝鲜同时地震。山东郯城、沂州、莒州破坏最重。50 多万平方公里范围内的 150 多个州县遭受不同程度的破坏，有感半径 800 多公里。”对工程场地影响烈度达 V 度(图 1.5-2)。

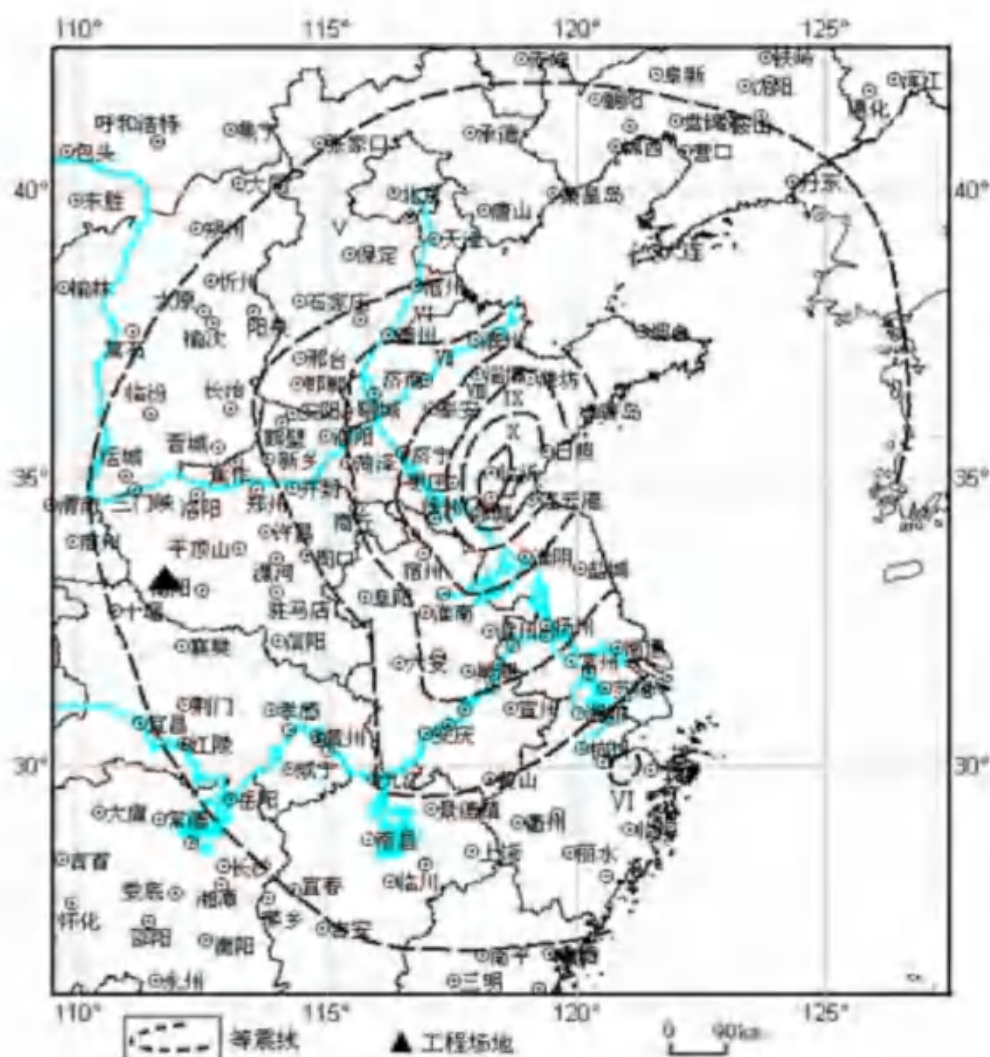


图 1.5-2 1668 年 7 月 25 日山东郯城 8½级地震等震线图

4、1695 年 5 月 18 日山西临汾 7¾级地震

据史料记载：“平阳（治临汾）地震，临、襄、洪、浮四邑较彼一时，临汾尤甚，浮山三邑，城廓房舍存无二三（一说倾倒公私廨舍房屋 4 万余间），居民死伤十有七八（一说死毙人 52600 余名），有阖门尽毙不留一人者。地裂涌水，哮哭惊声日夜不绝，民皆露处，黠暴乘间剽掠。

浮山：“城垣、县署、学宫、察院、庙坊倾圮，坏庐舍十之五，压死者数万人，民皆露处，南关房屋尽倾，仅存瓦砾遗址。”

洛阳：“大震，屋壁皆倾。”

此次地震震中烈度为 X 度，对工程场地影响烈度达 V 度，见图 1.5-3。

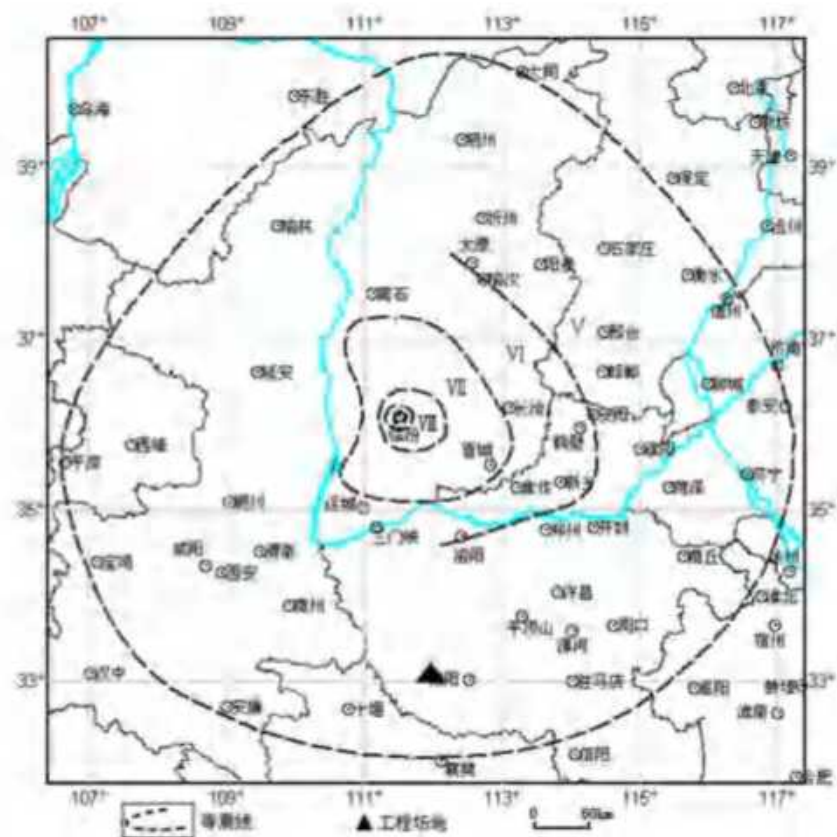


图 1.5-3 1695 年 5 月 18 日山西临汾 7 $\frac{3}{4}$ 级地震等震线图

5、1920 年 12 月 16 日宁夏海原 8 $\frac{1}{2}$ 级地震

本次地震是近百年来在中国大陆人口密集区发生的最大地震，其影响西至玉门，东至东海之滨的上海。据记载“在震中东六盘山地区村镇埋没、地面或成高陵或陷深谷，山崩地裂，黑水横流，海原、固原等四城全毁。只海原一县死 73604 人，死亡 59%。全区因地震而死者不下 20 万人。在地震破坏区，山崩崖塌，山川远移，峰谷互换，城墙倒塌，房屋荡尽，死伤无数。”

震中烈度达 XII 度，工程场地位于 IV-V 度区（图 1.5-4）。

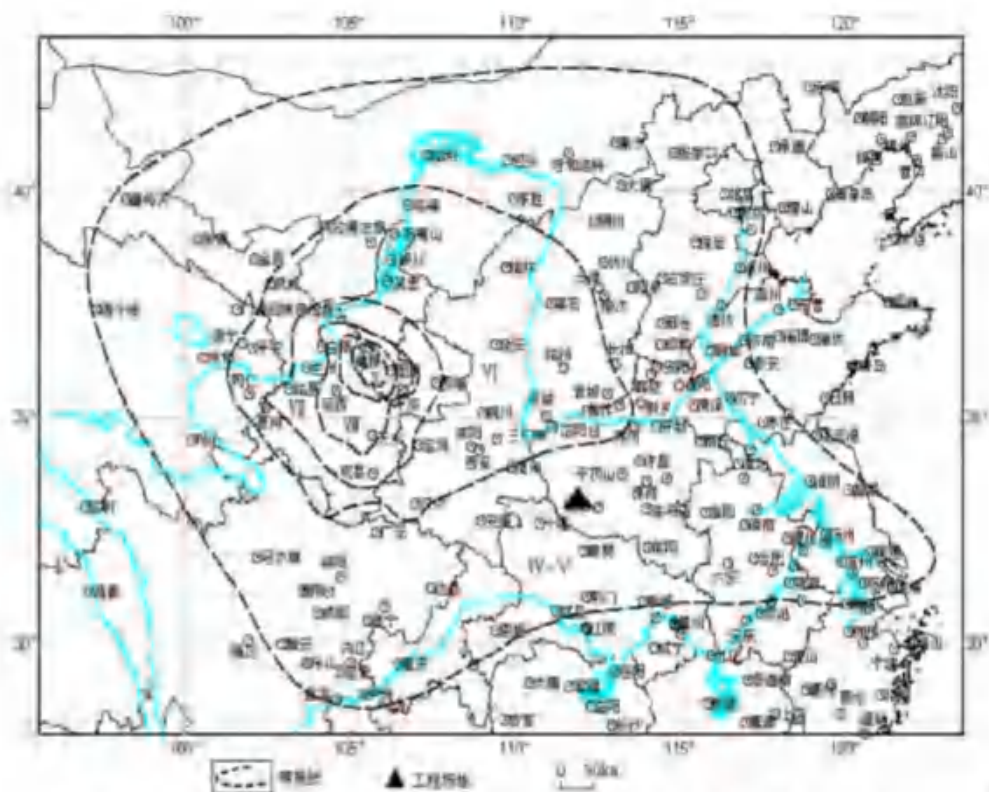


图 1.5-4 1920 年 12 月 16 日宁夏海原 8½级地震等震线图

1.5.2 影响烈度的统计分析

历史地震对场地的影响，在史料记载充分的情况下可以直接参考各次地震所造成的宏观影响烈度，当历史资料缺乏时，可以用区域的烈度平均轴衰减关系获得。在本次工作中，场地历史地震的影响烈度大部分来自史料记载。

计算场地的影响烈度时，采用由中国地震烈度区划图（1990）东部衰减关系折合的平均轴衰减关系：

$$I=4.493 + 1.454M - 1.792\text{Ln}(R+16.0)$$

式中 R 为震中距，单位为 km，M 为震级。

表 1.5.1 给出了场地所遭受的历史地震影响烈度（≥V 度）。本表中场地影响烈度有历史记载的宏观烈度为准，无记载的则以计算烈度为准。图 1.5-5 为区域范围内破坏性地震最大烈度综合等震线分布图，场地位于 VI 度区。

表 1.5.1 历史破坏性地震对工程场地影响烈度

编号	地震日期 (年.月.日)	震中位置			震级 (M)	震中 烈度	震中距 (km)	影响烈度		
		纬度 (°)	经度 (°)	地名				计算 烈度	宏观 烈度	综合 烈度

1	46. 10. 21	33. 0	112. 5	河南南阳	6½	VIII	56	6. 3		VI
2	1303. 09. 25	36. 3	111. 7	山西洪洞	8		363	5. 5		V
3	1556. 02. 02	34. 5	109. 7	陕西华县	8¼	XI	261		V	V
4	1668. 07. 25	34. 8	118. 5	山东郯城	8½	≥XI	646		V	V
5	1695. 05. 18	36. 0	111. 5	山西临汾	7¾	X	331		V	V
6	1920. 12. 16	35. 5	105. 7	宁夏海原	8½	XII	639		IV-V	V

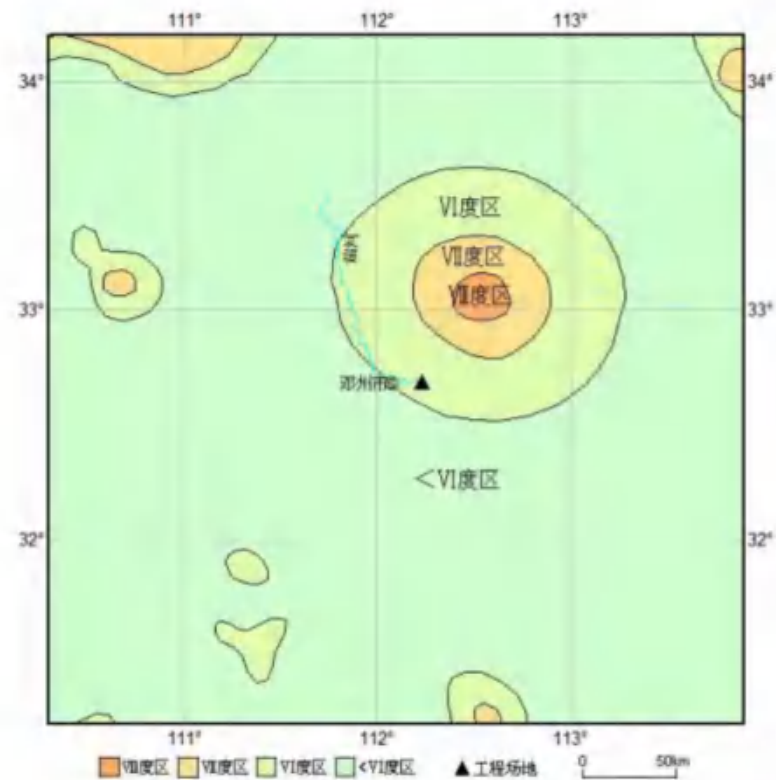


图 1.5-5 历史破坏性地震综合等烈度线分布图

1.6 区域地震震源机制解及现代构造应力场

现代构造应力场是驱动地壳断裂构造活动并孕育发生地震的基本原因，不同方向的断裂活动的性质及其发生地震的震源力学特性，反映了区域构造应力场的特征，因此，根据地震的震源机制解反推地震发生地区的现代构造应力场，是目前常用的有效方法。

图 1.6-2 是区域震源应力场 P、T 轴的方位角与倾角分布图。从图中可以看出，P 轴方位大部分为近东西走向，仰角多数小于 30°，T 轴方位大部分为近南北走向，仰角多数小于 30°。区域震源应力场 P、轴方位虽然比较离散，但也存在优势方向，主

压应力轴主要为近东西向，主张应力轴主要为北东向，说明区域主要处于以近东西走向的水平压应力和近北东走向的水平张应力为特征的构造应力场中。

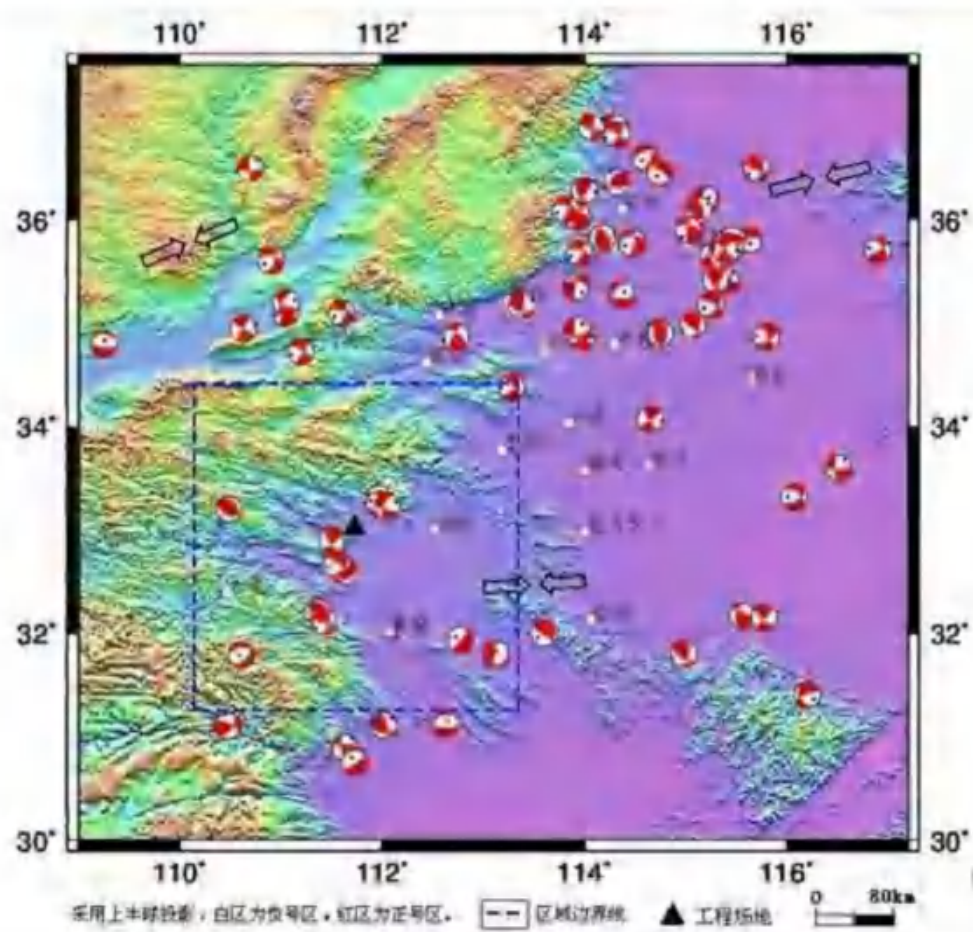


图 1.6-1 区域及邻区地震震源机制解分布图

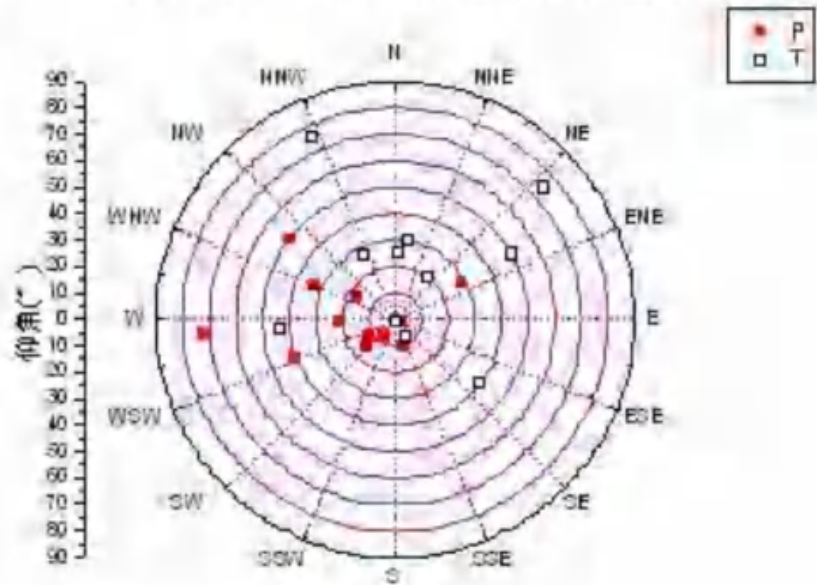


图 1.6-2 区域地震 P 轴、T 轴方位角与倾角分布图

表 1.6.1 区域地震震源机制解参数

地震日期 年月日	地名	震中位置		震级 (M)	深度 (km)	节面 A			节面 B			P 轴		T 轴	
		北纬 (°)	东经 (°)			走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	方位	仰角	方位	仰角
1972.04.03	湖北河口	32.58	111.63	3.5	9	6	57	70	251	153	42	300	17	60	50
1973.11.29	河南淅川	32.88	111.52	4.2	9	230	158	71	328	22	68	99	2	9	30
1976.02.14	河南内乡	33.25	111.97	3.5	10	223	42	68	115	153	52	165	10	266	44
1977.08.06	河南淅川	32.67	111.55	3.8	11	123	-51	81	224	-165	39	249	41	3	26
1978.05.28	河南内乡	33.25	111.97	3.0	10	162	-40	82	259	-170	51	293	33	37	20
1980.07.15	湖北枣阳	31.93	112.77	2.2	7	218	NW	85	38	SE	5	308	50	127	40
1981.04.20	湖神农架	33.28	110.77	2.1	6	227	NW	55	260	SE	40	266	72	152	8
1982.03.11	湖北郧西	33.20	110.28	4.5	9	299	NE	52	321	SW	40	219	7	335	76
1983.12.30	湖北谷城	32.20	111.37	2.2	6	137	NE	60	137	SW	30	228	15	48	75
1984.01.06	湖北谷城	32.13	111.43	2.4	7	192	NE	65	107	SW	80	237	12	333	27
1992.01.14	河南登封	34.38	113.28	4.2	23	226	-164	75	132	-16	74	269	22	179	1
2000.04.29	河南镇平	33.22	112.05	4.2	16	284	-26	76	21	-165	65	60	28	154	7
2018.02.09	河南淅川	32.82	111.53	4.6	6	121	-33	57	230	-143	63	88	65	355	4
2019.11.30	河南淅川	32.78	111.58	4.2	6	327	-49	78	70	-163	42	275	41	27	22

1.7 近场区地震活动性

近场区历史上记载了一次破坏性地震，即 1575 年 6 月 19 日南阳南 5 级地震，震中距场地约 35 公里，影响烈度达到 V 度。此外近场区 1970 年以来还记录到 $M_L \geq 2.0$ 级地震 11 次，其中 2.0~2.9 级地震 11 次，最大地震为 2015 年 2 月 2 日湖北枣阳 $M_L 2.7$ 级地震（表 1.6.1）。

表 1.6.1 近场小震目录(1970~2021.7, $M_L \geq 2.0$)

序号	年	月日	北纬 (°)	东经 (°)	震级 M_L
1	1979	0816	32.33	112.15	2.1
2	1979	1024	32.47	112.25	2.2
3	1980	1120	32.62	112.08	2.0
4	1986	0211	32.43	112.27	2.3
5	1988	0502	32.30	111.48	2.5
6	1997	1030	32.73	112.40	2.1
7	2001	0424	32.73	112.07	2.1
8	2002	0814	32.40	112.07	2.0
9	2004	0528	32.63	112.58	2.0
10	2012	0415	32.53	112.13	2.3

11	2015	0202	32.38	112.54	2.7
----	------	------	-------	--------	-----

近场区现代小震活动较弱，在空间上分布不均匀，空间上分布较分散（图 1.6-1）。图 1.6-2 为现代地震时序图。

总体上看，近场区现代地震活动具有频率低、强度小的特点，地震分布不均匀，地震活动水平较低。综合现代及历史地震活动性分析认为，近场区存在发生中强地震的背景。

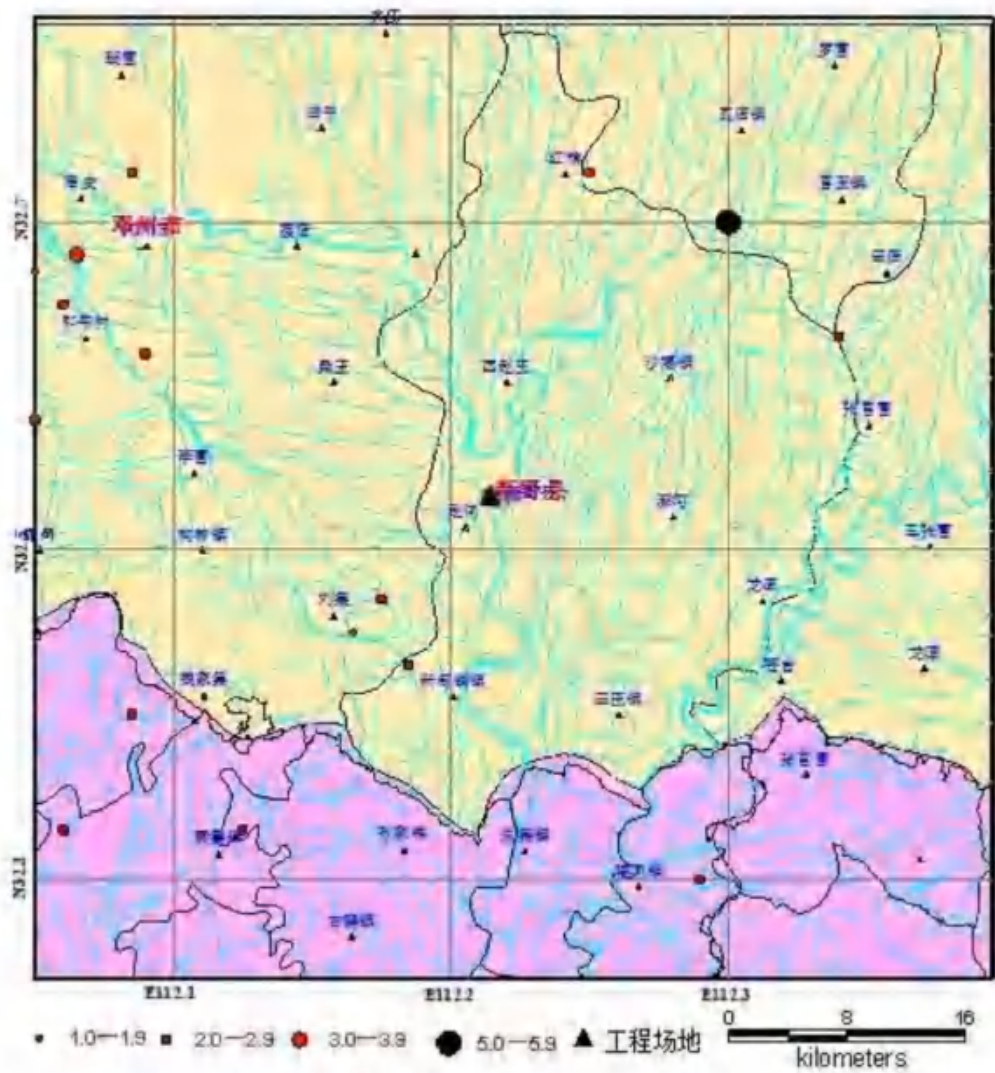


图 1.6-1 近场区地震震中分布图（1970～2021.7）

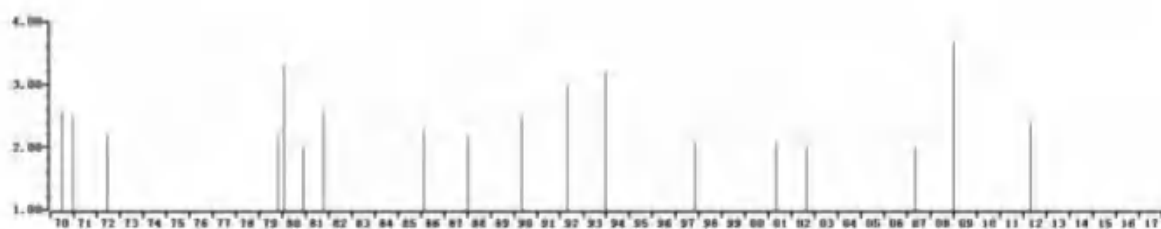


图 1.6-2 近场区现代地震 M-t 图 (1970~2021.7, $M_L \geq 2.0$)

1.7 地震活动环境评价

通过本章的论述,可以对地震环境作出如下评价:

(1)区域历史上记载最早的破坏性地震为公元前 1767 年河南偃师西南 6 级地震,从公元前 1767 年到 2021 年 7 月,区域内记载到 $M \geq 4.7$ 级地震 15 次,最大震级为 6 $\ominus$ 级。1970 年以来,区域内共记录 $M_L \geq 3.0$ 级地震 125 次。

(2)区域地震活动较弱,没有 7 级以上地震记录。区域破坏性地震在空间分布上呈现出不均匀性,地震活动北强南弱,6 级以上地震均发生在区域北部。区域现代地震在空间分布上呈现出不均匀性,南阳西部的地震活动相对密集。

据 1970 年以后的仪器记录资料,区域地震的震源深度主要分布在 1~10km 范围内,区域地震基本是发生在地壳中上层的浅源构造地震。

(3)区域涉及华北平原地震带和长江中游地震带。华北平原地震带未来百年地震活动趋势应以平均活动水平来估计;长江中游地震带以该带地震较活跃水平来估计。

(4)工程场地在历史上曾多次遭受过破坏性地震地震的影响,历史地震最大影响烈度达 VI 度。

(5)根据区域震源机制解资料,区域内地震断层多为走滑型断层类型,区域主要处于以近东西走向的水平压应力和北北西走向的水平张应力为特征的构造应力场作用之下。

(6)近场区历史上记录过一次 5 $\frac{1}{4}$ 级破坏地震。1970 年至 2021 年 7 月共记录到 $M_L \geq 2.0$ 级地震 11 次,最大震级为 $M_L 2.7$ 级。近场区现代地震活动具有频率低、强度小的特点,地震分布不均匀,地震活动水平较低。综合现代及历史地震活动性分析认为,近场区存在发生中强地震的背景。

2 区域地震构造环境

本章在收集前人资料基础上，结合该区地质调查结果，对区域地质构造及演化、地球物理场、新构造单元划分及运动特征和主要断裂带的活动性进行论述，分析区域地震构造环境和强震发生的构造条件，为划分潜在震源区提供构造依据。

2.1 区域大地构造

大地构造单元划分是为了了解在不同构造阶段的地质构造特点及同一构造阶段不同构造单元的构造特征，以及各构造单元空间展布范围及其分布规律，从而全面揭示区域总的构造特点及其发展规律。

在综合分析研究各构造阶段沉积岩相与建造组合、岩浆活动、构造变动、区域变质程度及成矿作用等特征的基础上，将本区划分为 3 个一级、9 个二级大地构造单元（表 2.1.1、图 2.1-1）。

表 2.1.1 区域大地构造单元划分一览表

一级构造单元名称	基底形成时代	盖层形成时代	构造线方向	二级构造单元名称
中朝准地台（Ⅰ）	太古界、下元古界	中元古代	北西西、近东西	华熊台缘拗陷（Ⅰ ₁ ） 华北拗陷（Ⅰ ₂ ） 嵩箕台隆（Ⅰ ₃ ）
秦岭褶皱系（Ⅱ）	古生代、早中生代	晚中生代	北西向为主	北秦岭褶皱带（Ⅱ ₁ ） 南阳—襄樊拗陷（Ⅱ ₂ ） 南秦岭褶皱带（Ⅱ ₃ ） 桐柏—大别山褶皱带（Ⅱ ₄ ） 潢川拗陷（Ⅱ ₅ ）
扬子准地台（Ⅲ）	太古代、中下元古代	震旦纪、古生代	北西向为主	上扬子台隆（Ⅲ ₁ ）

动使盖层产生褶皱和断裂，形成台褶断带，造成准地台活化，支解为新的活动带和新的稳定区。

2、中朝准地台的地质和构造特征

燕山旋回—喜马拉雅旋回早期，表现为强烈的断块差异运动，在先前构造基础上，西部断块上升，东部作不均衡沉降，形成大小不同、方向各异的断块隆起和断(坳)陷盆地。在不同的断(坳)陷盆地内，分别堆积了陆相侏罗系含煤建造、白垩系火山岩—红色复陆屑建造和古近系复陆建造。在此期间伴有广泛的燕山期中酸性岩浆侵入活动和有关金属矿产形成。喜马拉雅旋回晚期，大型褶皱运动使西部继续隆起，形成低山丘陵，仅在断坳盆地内接受沉积；东部普遍大幅度沉陷，广泛沉积了新近系、第四系陆相碎屑物，并有少量新近纪基性岩浆喷发和超基性岩浆侵入活动。据物探资料分析，整个中新界各种陆相碎屑岩在东部华北坳陷内最大厚度达 8200m 以上。

3、区域内次级构造单元划分

中朝准地台在研究区内包括三个二级大地构造单元。

1) 华熊台缘坳陷(I₁)

位于中朝准地台南缘，栾川—确山—固始深断裂以北，济源—洛阳—确山以西。本区是中朝准地台侵入岩最发育的地区，计有嵩阳、王屋山、晋宁、燕山四期，其中以燕山期酸性侵入岩最发育，而且与本区内生金属矿产形成关系极为密切。

燕山运动使盖层产生褶皱和断裂，形成台褶断带。燕山运动及其以后断裂活动强烈，沿规模较大的断裂形成断陷盆地，控制中生代沉积。其中北东向断陷盆地如洛河、伊河断陷盆地，横贯全区，使本区在北西西向构造基础上形成北东向三隆三坳构造面貌。

本区构造方向为北西西向或近东西向，但各部分构造形态差别较大。基底褶皱形态复杂，组成紧闭或倒转褶皱。过渡层熊耳群形成中等倾斜北斜和向斜。岭褶皱系和栾川—确山—固始深断裂带活动影响，构造形态显得比较复杂。区内发育有近东西向、北西向和北东向三组断裂，燕山运动以来，表现为高度正断层，其中后两组断裂兼具有平推性质。

2) 华北坳陷(I₂)

位于京广线以东、确山—固始以北，包括河南省东部和安徽省西部广大平原区。西面与华熊台缘坳陷相连，南以栾川—确山—固始深断裂为界，与潢川山前坳陷相邻。

坳陷区地表广为第四系覆盖，仅在边缘地带有基岩零星出露。相邻构造单元地质特征和区内有关研究成果及物探、钻探资料表明，燕山旋回早期及其以前，华北坳陷与相邻构造单元为统一的整体，地质构造特征基本相似。自燕山期旋回晚期开始，西部地区隆起，本区下沉，形成坳陷。燕山旋回晚期—喜马拉雅旋回早期，由于基底构造及断裂活动影响，坳陷内部作不均匀下沉，形成一系列次级断（坳）陷盆地和断块凸起。焦作—商丘深断裂以南地区，由于近东西向基底构造和断裂影响，次级坳陷和凸起则多呈东西或北西西向。次级凸起区缺失侏罗纪—古近纪沉积。次级断（坳）陷盆地内，堆积了中生代中、晚期陆相碎屑岩及少量火山碎屑岩，古近世为以湖相为主的次稳定型暗色—红色复陆屑建造，厚度可达 5000m 以上。古近纪以后，本区与潢川坳陷连成一体，继续大幅度下沉接受沉积，堆积了厚约 500~1000m 以上的新近系、第四系以河湖相为主的次稳定型杂色复陆屑建造，形成今日的华北坳陷。

3) 嵩箕台隆 (I₃)

位于河南省中部嵩山、箕山地区，北面和东面是华北坳陷，西面及南面与华熊台缘坳陷相连。

盖层演化阶段表现为升降运动，造成部分地层缺失和地层间的平行不整合接触。燕山运动使盖层发生褶皱和断裂，造成台褶断带上隆。燕山运动以来，本区继续隆起，并被断裂切割成菱形断块，形成今日之构造面貌。

2.1.2 秦岭褶皱系 (II)

区域中部伏牛山、桐柏山、大别山地区属秦岭地槽褶皱系东延部分，北以栾川—确山—固始深断裂为界与中朝准地台相邻。

1、秦岭褶皱系的形成和演化

它是一个中生代以前典型的长期多旋回发展的地槽褶皱系。在长期不均衡多旋回演化过程中，大致以中条、晋宁、华力西运动为主要转折，将其划分为原始优地槽、断陷地槽和优地槽、冒地槽、断(坳)陷四个发展阶段。

太古代—早元古代原始优地槽发展阶段：太古代洋壳全面活动，形成大别群优地槽型基性火山岩建造、中酸性火山岩建造、复理石建造系列，最大厚度大于 5746m，

并有深断裂生成，奠定本区北西西向构造格架，并使岩石发生强烈区域变质和混合岩化作用，形成以角闪岩相为主，局部达麻粒岩相中深变质岩和混合岩系。伏牛山—白云山和灵山地区出现规模较大的混合花岗岩体。

中元古代—晚元古代早期断陷地槽和优地槽发展阶段：中元古代本区大部分隆起，在地壳引张和深断裂作用下，西峡—信阳南湾地区裂陷成断陷地槽，其内沉积了厚 7000m 以上的信阳群复理石夹火山岩建造。

震旦纪—石炭纪地槽发展阶段：南秦岭地区经早震旦世隆起之后，自晚震旦世初开始下沉，沉积了上震旦统一—中石炭统地槽型陆源碎屑岩—碳酸盐岩夹火山岩建造，最大厚度大于 8000m。石炭纪末的华力西运动，使区内秦岭地槽最后回返，随着南秦岭地槽褶皱隆起，区内秦岭地槽全部封闭，结束地槽发展史，转为褶皱系隆起。

中生代断（拗）陷发展阶段：由于强烈的断块差异运动，沿断裂形成北西西向断（拗）陷盆地，其内堆积了河湖相、山麓相次稳定型复陆屑建造和大陆中酸性火山岩建造，燕山旋回晚期酸性岩浆侵入活动强烈，形成大量的花岗岩体，同时伴有重要的内生金属矿产形成。

2、秦岭褶皱系的地质和构造特征

1) 自中条运动之后，本区长期活动的深断裂，对区域地质构造发展起着重要的控制作用。由于区内秦岭褶皱系经历了复杂的演化过程，所以区内岩浆岩、变质岩和混合岩比较发育，构造极为复杂。

2) 本区侵入岩岩石类型比较齐全，超基性、中基性、酸性侵入岩皆有，但以花岗岩类最发育。侵入岩受构造控制比较明显，超基性—中基性侵入岩和酸性小岩体多沿深断裂带，呈北西西向带状展布，大致以五条深断裂为界，形成五个复杂的构造岩浆岩带。

3) 本区震旦纪及其以前地层全部发生变质，并具有多期变质特征。不同时期的变质岩、混合岩呈北西西向带状分布。

4) 本区构造极为复杂，褶皱、断裂都很发育，总体呈北西西向。褶皱自北而南作有规律变化，分别为北秦岭、桐柏—大别和南秦岭褶皱带。断裂以北西西向深大断裂为主，具有规模大、长期活动、性质多变的特征。在信阳以东发育有北北东向横向断裂。中生代断（拗）陷盆地皆沿深断裂带呈北西西向狭长带状展布。上述不同时期各种类型的构造交织迭置在一起，构成区内秦岭褶皱系现今复杂的构造面貌。

3、区域内次级构造单元划分

秦岭褶皱系在区内划分为五个二级构造单元。

1) 北秦岭褶皱带 (II₁)

位于秦岭褶皱系北部，木家垭—内乡—桐柏—商城深断裂以北，北以栾川—确山—固始深断裂为界，与中朝准地台相邻，呈北西向展布在伏牛山区和桐柏山、大别山区北部。

本区经中条旋回优地槽、王屋山旋回断陷优地槽、晋宁旋回早期断陷优地槽发展演化之后，转变为褶皱带隆起，与桐柏—大别山褶皱带连在一起，成为分隔我国南北的北西西向古陆。区内长期活动的深断裂带对褶皱带起着相当重要的控制作用。

本区构造方向为北西西向，地层、构造岩浆岩带、变质相带、混合岩带和更次级的构造单元及山脉走向皆呈北西西向带状展布。断裂以北西西向深大断裂带为主，在信阳以东地区发育有燕山期北北东向断裂。上述构造组合在一起，构成褶皱带现今复杂面貌。

2) 南阳—襄樊坳陷 (II₂)

位于河南省南阳—湖北省襄樊一带，面积近 1000km²。

坳陷内磁场为北西西向正负航磁场。在北部社旗—泌阳和中部内乡—唐河县黑龙镇平行展布有中珠状北西西向正航磁异常带。重力主要为重力低区，但在东北部社旗—泌阳一带则为重力高区。正航磁异常带和重力高区一方面反映社旗—泌阳一带基底埋藏较浅，另一方面反映下部可能有基性—超基性岩带存在。

此坳陷是叠置在秦岭褶皱系之上的近南北向中生代坳陷。地表广为第四系覆盖，但在其边缘地带零星分布有上白垩统、古近系和新近系地层。据周围区地质构造特征和区内物探、钻孔资料分析，本区基底为秦岭区元古界—古生界地层。燕山旋回以前，南阳—襄樊坳陷与秦岭褶皱系是统一的整体，地质构造特征基本相似。自燕山旋回开始，周围地区上升隆起，本区下陷，成为叠置在秦岭褶皱系之上的断(坳)陷盆地。燕山旋回晚期—喜马拉雅旋回早期，本区在原有北西西向断裂和新生的北北东向断裂活动影响下，作不均衡下降，形成北西西向两个断(坳)陷和一个隆起，构成一隆两坳的构造格局。隆起区缺失白垩纪—古近纪沉积。坳陷内则沉积了上白垩统山麓河流相—湖相红色砾岩、砂砾岩、砂岩及粘土岩。古近系为以各种湖相为主的暗红色或红色粘土岩、砂岩夹少量砂砾岩、泥灰岩组成的次稳定型复陆屑建造。古近纪以后，

大型褶皱运动使本区普遍大幅度沉陷，接受沉积，堆积了新近系、第四系河湖相碎屑岩系。形成了现今叠置在北西西向秦岭褶皱系之上的近南北向展布的南阳—襄樊拗陷面貌。中新生界最大厚度达 7000m 以上。

工程场地位于该区。

3) 南秦岭褶皱带 (II₃)

本区绝大部分位于湖北省。

本区构造线呈北西向。褶皱表现为背斜紧闭，北翼缓，南翼倒转；向斜相对宽缓，总体呈隔档式褶皱。断裂主要为北西西向，区域北部比较发育，多形成于华力西以前各期，具规模较大、长期活动、性质多变的特征，并控制各期岩浆活动和矿产形成。此外，区内发育一些规模较小的北东向和北西向走滑断层，在北部常与北西西向断裂共同控制燕山期花岗斑岩及喷发角砾岩形成。

4) 桐柏—大别褶皱带 (II₄)

位于桐柏—大别山地区。北以木家垭—内乡—桐柏—商城深断裂为界，与北秦岭褶皱带相邻，在桐柏县平氏西没入南阳拗陷之下，南与南秦岭褶皱带相接。

本区地层为太古界大别群和下元古界苏家河群，两者之间为角度不整合接触。大别群变质程度较深，以角闪岩相为主，局部出现麻粒岩相，混合岩化普遍而强烈，最大厚度达 5746m 以上。苏家河群分布于大别群北侧，厚 4410m，变质程度为角闪岩相，下部混合岩化普遍。区内侵入岩除印支、喜马拉雅两期外，其余各期均有发育，以燕山期花岗岩最发育，次为中条期混合花岗岩、加里东期基性—超基性岩，构成巨大的桐柏山—大别山构造岩浆岩带。嵩阳运动使大别群强烈褶皱变质，形成大别陆核，成为本区最早的陆壳。经中条旋回优地槽发展阶段，强烈的中条运动使苏家河群褶皱变质，结束地槽发展史，褶皱隆起。此后，长期处于隆起状态，成为横亘于豫、鄂、皖三省交界地带的北西西向古陆，控制着周围地区沉积和发展。

本区整体为一北西西向大型复背斜带，即桐柏—大别复背斜带，南北两侧均被深断裂带限定。褶皱带内部由于侵入体(特别是燕山期大面积花岗岩)吞蚀，使其变得残缺不全，大体以草店花岗岩体为界，分为东西两段，西称太白顶复背斜，东叫大别复背斜。

5) 潢川拗陷 (II₅)

本区位于北秦岭褶皱带东部，栾川—确山—固始和西官庄—镇平—龟山—梅山两大深断裂之间。呈近东西向展布在信阳—潢川—固始一带，东入安徽省。是一叠加在北秦岭褶皱带之上的中生代山前拗陷。

燕山旋回以前，潢川拗陷与北秦岭褶皱带原为统一的整体，地质构造特征基本相似。自燕山旋回开始，在栾川—确山—固始和西官庄—镇平—龟山—梅山两大深断裂强烈活动影响下，其南、西两面迅速上升隆起，本区则大幅度陷落，与北秦岭褶皱带分开，成为叠置在北秦岭褶皱带东段之上的中生代山前拗陷。燕山旋回—喜马拉雅旋回早期，断陷内中侏罗统厚 1393~2200m。上侏罗统厚 1448~2800m。下白垩统厚 306~1200m。上白垩统厚 400~2200m。古近纪晚期以后，本区与华北拗陷连成一体，普遍下沉并接受沉积，堆积了新近系、第四系河湖相(部分边缘地带为山麓相)杂色砾质、砂质、砂泥质及泥质碎屑物，最大厚度达 300m，成为黄淮平原一部分。

潢川拗陷构造线为近东西向，由兰青店隆起、平昌关—罗山拗陷、仙居隆起和固始拗陷组成，拗陷内北西西向和北北东向断裂比较发育，规模比较大。物探资料表明，燕山旋回以来断层多表现为高角度正断层，其中北北东向断裂呈明显的走滑性质，具长期活动特点，构成拗陷边界，控制拗陷的形成、发展及其沉积岩相变化。北西西向断裂有北侧的栾川—确山—固始深断裂，南侧有西官庄—镇平—龟山—梅山深断裂。北北东向断裂主要有罗山—大悟断裂、潢川—新县断裂、麻城—商城断裂、霍山—罗田断裂等。

2.1.3 扬子准地台 (III)

1、扬子准地台的形成和演化

青峰—襄樊—广济断裂以南属扬子准地台范围，是在晚元古代扬子旋回末形成的。它的演化经历了地台基底形成、地台盖层发育和大陆边缘活动带发展三个阶段。

扬子准地台基底是由前震旦纪不同时期的褶皱带组成的，具三层结构特征。它的形成经历了大别、扬子两大构造旋回和大别、神农、花山三次主要构造运动的演化过程，是多旋回构造作用的结果。

地台沉积盖层发育，厚近 7000m，分为震旦系、志留系和泥盆系至中三叠统两大套。

晚三叠世以来，地台基本结束海相为主的沉积，除几次短暂的海侵外，均为陆相沉积。早期为河湖相含煤碎屑岩沉积，晚期发育受断陷控制的红色建造和生油岩—蒸

发岩建造。

2、扬子准地台的地质和构造特征

在燕山运动以来的大陆边缘活动带发展阶段，全区相继经历了燕山和喜马拉雅运动的强烈改造。构造运动的特点，从性质上讲，是从挤压(褶皱)作用向引张(断陷)作用转化；从空间上看，呈南、北强，中间弱的趋势。燕山运动影响全区，使前白垩系地层普遍褶皱，形成台褶带。北西—北西西向的褶皱带和北东—北东东向的褶皱带构成两个向西敞开的喇叭口。北部台缘变形强烈，多呈由向南倒转的紧密线状褶皱和一系列北倾的断裂带组成的叠瓦状构造。上扬子地区表层褶皱比较和缓，形成过渡型隔档式—隔槽式褶皱。晚侏罗世开始的局部断陷活动在燕山晚期至喜马拉雅期占居主导地位。受张性断裂控制的断陷盆地，上叠在台褶带上。

燕山旋回中期(J_3-K_1)，下扬子准地台地区有强烈的、中酸性为主的岩浆活动。燕山旋回晚期和喜马拉雅旋回由于断块活动的加剧，有多次橄榄玄武岩和玄武岩喷溢。

3、区域内次级构造单元划分

1) 上扬子台隆(III₁)

位于江汉盆地西侧的鄂西、鄂西南地区。褶皱基底由下元古界崆岭群、中、上元古界神农架群和马槽园群组成，其上均被震旦系不整合覆盖，古生界至中三叠统海相沉积盖层发育较齐全。该区震旦纪沉降，早古生代是持续沉降为主的时期，主体近于台棚环境，地层下部主要为碳酸盐岩建造，上部为砂页岩建造。

该区侵入岩类型较齐全，超基性岩、基性岩、中性岩和酸性岩均有分布，从活动时期来看主要集中于大别期和扬子期，侵入于基底岩系中。盖层褶皱始于印支运动，完成于燕山运动Ⅱ幕。断裂发育以近东西向、北西向、北北西向和北东向为主。根据形变特征可将该区分三个地段：北缘的紧密线状褶皱和叠瓦状断裂组成的褶皱带，中部发育穹窿构造和断陷盆地，南部盖层褶皱形态具有过渡型特征，褶皱带方向由北东转向东西。

2.2 区域地球物理场和深部构造及其与地震的关系

区域地球物理场资料是区域地质构造研究重要的基础资料之一。地质历史时期各期构造作用，包括伴随的岩浆活动，在造成大陆岩石圈结构横向非均质性的同时，必然会造成地壳内部、包括上地幔物质分布不均匀及其磁性、密度等物性差异，并随之

产生相应的磁异常和重力异常。因此，对重磁异常场的研究可以帮助我们了解区域地质构造格局、作用性质及其深部特征。航磁异常突变反映基底性质存在明显差异，而块体内部或者块体间基底性质的差异，通常与大型的断裂构造带相关。布格重力异常是地壳密度的反映，与地壳厚度具有相关性，可用于分析区域地壳厚度分布特征，同时重力异常突变地带，反映地壳厚度的剧烈变化，通常也是大型断裂构造反映。

2.2.1 区域布格重力异常

图 2.2-1 显示，区域范围内重力异常为大面积的负异常区；重力异常总体呈现西北部低、东南部高的特征，西北部负异常较大，最低达 $-110 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ，东部负异常区相对较小，最低仅 $-5 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。区域北部为重力异常变化剧烈区，异常值相对较高，且呈北西向分布，大致为秦岭褶皱系分布范围；而东北和东南则为重力异常变化相对平缓区，对应中朝准地台和扬子准地台区。区域重力异常分布另一个显著的特点是深大断裂两侧等值线形态存在明显的差异，显示断裂对基底或构造起着相当的控制作用。

工程场地位于秦岭褶皱系中南阳—襄樊拗陷内部，布格重力异常为 $-40 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

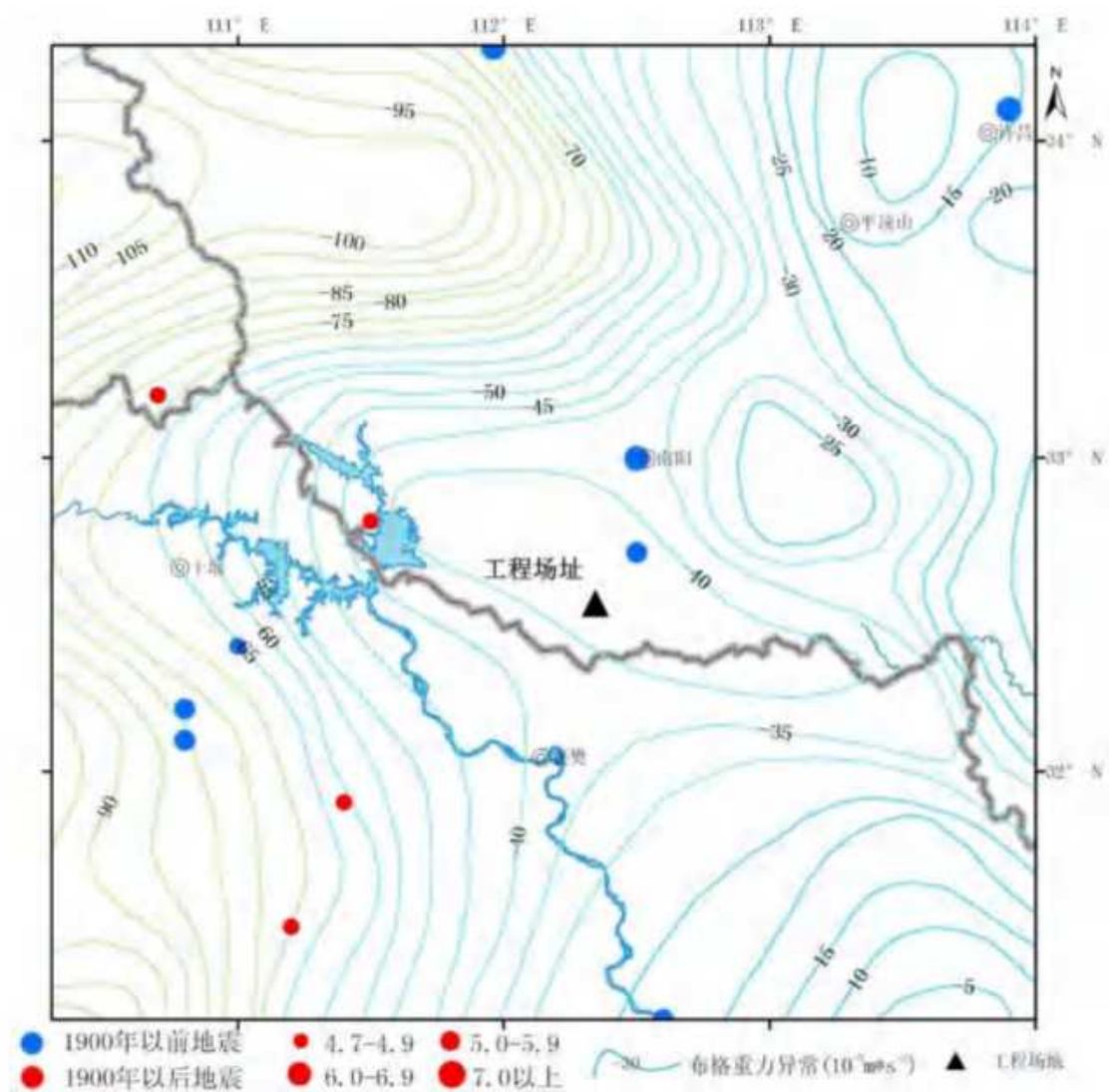


图 2.2-1 区域布格重力异常图

2.2.2 航磁异常

ΔT_a 航磁异常是地质构造磁性变化的综合表示，引起磁异常的磁性体包括各种性质和各个时代的地质体，磁场的差异表现在磁异常的符号、强度、梯度、异常形态和走向等方面。本次工作根据收集到的磁场资料，编制了区域航磁异常分布图（图 2.2-2）。

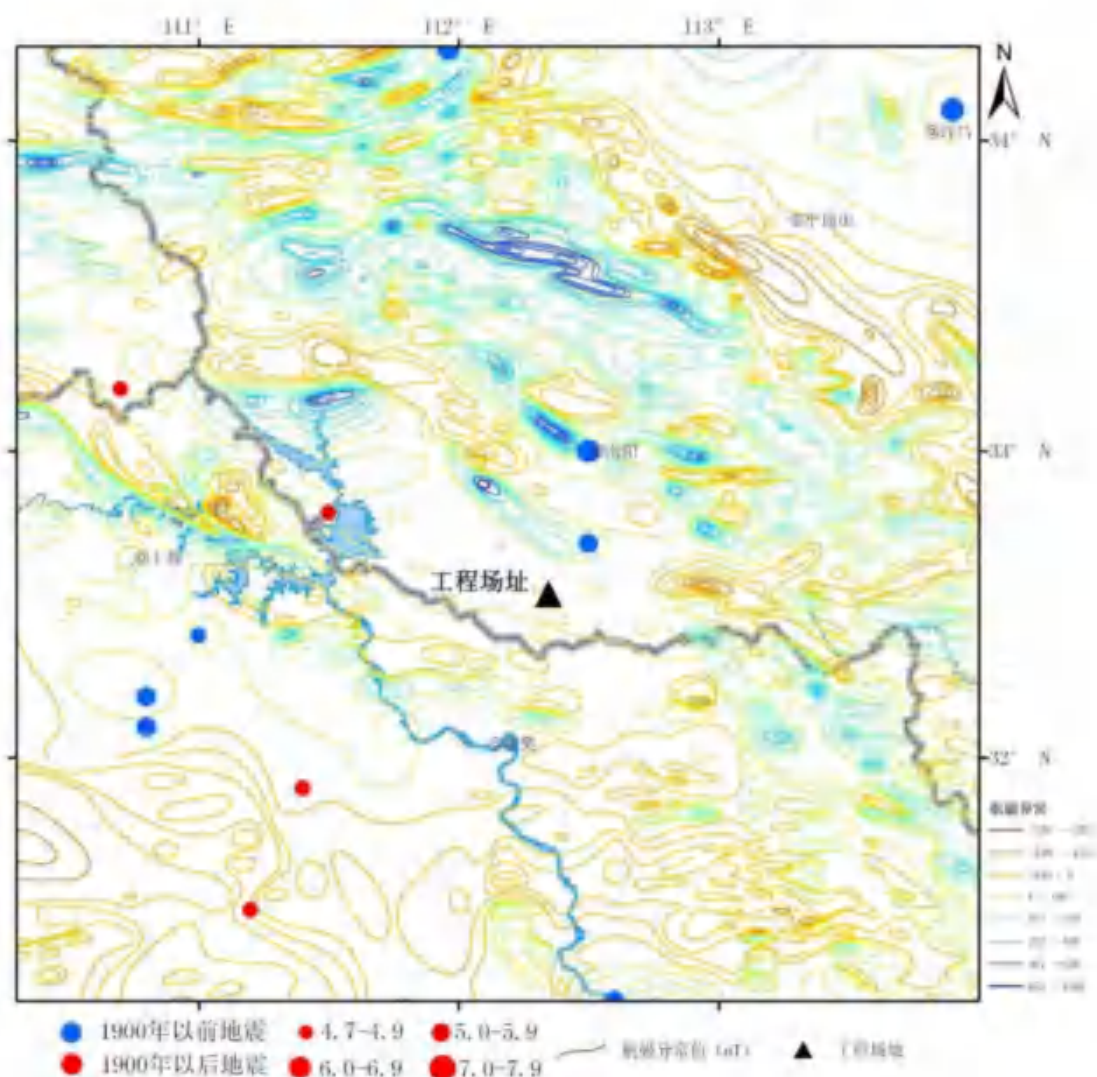


图 2.2-2 区域航磁 ΔTa 异常图

区域航磁异常显示磁场面貌比较复杂，区域间差异性十分突出，表现在区域北西—东南一线航磁异常变化强烈，而向两侧趋于平缓，磁异常分区与大地构造分区明显一致，反映了本区的大地构造特征。断裂对磁场有较好的控制作用，磁异常总体走向呈北西展布。另外一个显著的特点是栾川—确山—固始深断裂两侧在航磁异常上存在明显的区别，其北侧分布一沿断裂走向的负异常条带，而南侧则为正异常；断裂南北区域磁异常也存在很大的差异，北部磁场变化平缓，而南部变化比较剧烈。断裂带两侧截然不同的磁场分区特征是区域性大型断裂带的反映。

根据航磁 ΔTa 异常形态、强度和走向，将区域范围的异常分成三部分：中朝准地台正负航磁异常区、秦岭—大别山北西西向串珠状正负交替航磁异常区、扬子准地台正负航磁异常区。

(1) 中朝准地台正负航磁异常区

区域北部黄河流域和淮河流域北部广大地区隶属于中朝准地台南部，南以栾川-确山-固始深断裂为界。

该区航磁表现为西部异常强度大且变化剧烈，东部磁异常较小，变化比较平缓。负异常主要集中于南部几条深大断裂附近，而北部以正异常为主。这一方面与中朝准地台断块差异运动有关，另一方面也与断裂附近强烈的褶皱断裂活动和岩浆活动有关。航磁异常等值线走向由西向东分别为北东东、北西和北北东，是受不同走向的断裂控制的结果。

(2) 秦岭-大别山北西西向串珠状正负交替航磁异常区

本区位于栾川-确山-固始深断裂以南，青峰-襄樊-广济断裂以北，属秦岭褶皱带。

该区属于短波长磁力异常区，磁异常强度大，变化剧烈，一个显著的特点是沿几条北西西向深大断裂形成串珠状正负交替磁异常区，仅局部出现北东向磁异常。本区侵入岩，尤其花岗岩类发育。震旦纪及其以前地层全部发生变质，并具有多期变质特征。构造极为复杂，褶皱断裂都很发育，总体呈北西西向，并且深大断裂对不同时期的岩浆岩、变质岩和混合岩都有重要的控制作用，因此本区强烈的岩浆活动以及构造作用是引起该区磁异常剧烈变化的一个重要原因。

(3) 扬子准地台平缓变化航磁异常区

本区位于青峰-襄樊-广济断裂以南。该区为长波长磁力异常区，这与本区最厚达7000m 的巨厚的盖层沉积有关。

2.2.3 地壳厚度分布

区域地壳厚度的分布表现出明显的分区性，很好的反映了本区大地构造特征。此外，地壳厚度与地形高差也具有明显的对应关系（图 2.2-3）。

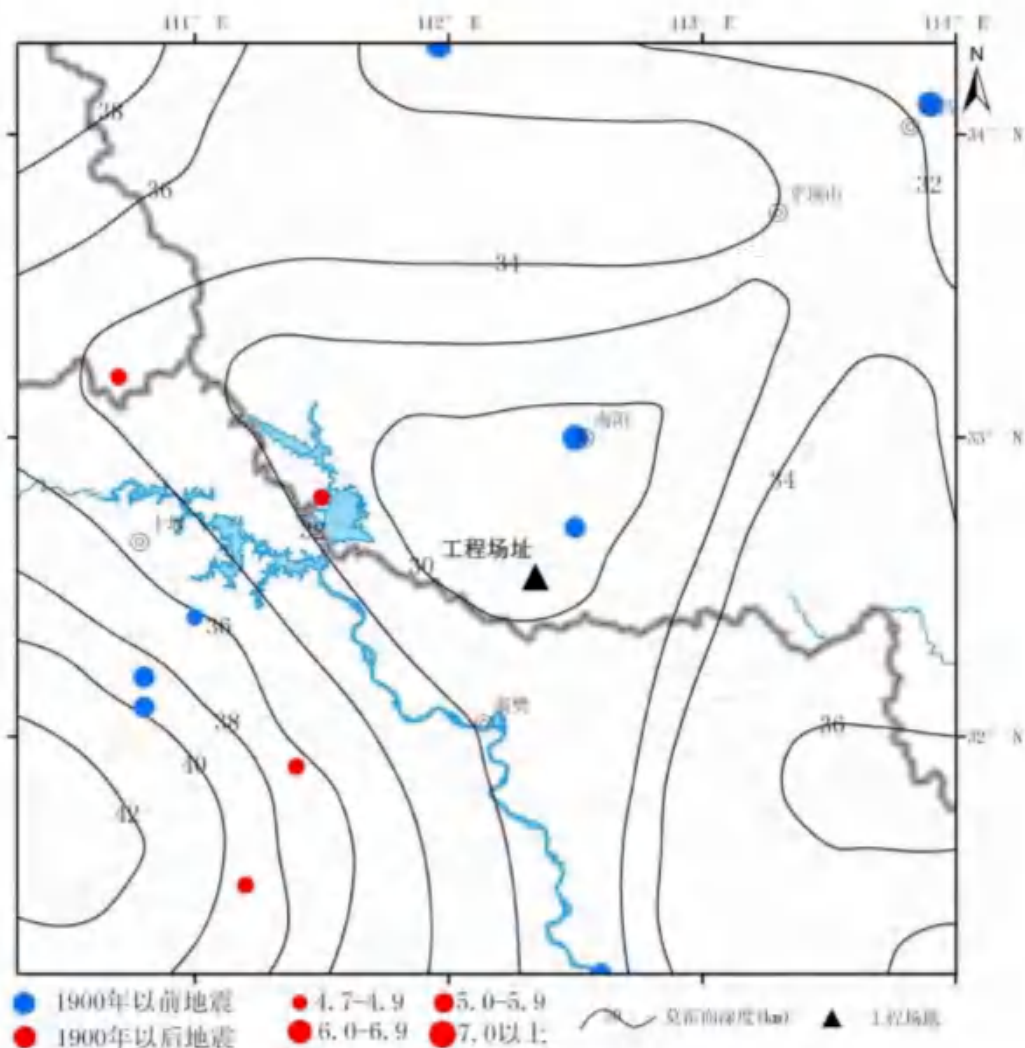


图 2.2-3 区域地壳厚度分布图

中朝准地台区地壳厚度变化普遍较为缓慢，反映出地台区地壳较为稳定的特点。其中，华北拗陷北部地壳厚度最浅，最低只有 30km；嵩箕台隆地壳厚度为 34km。

秦岭—大别地区则表现出地壳厚薄相间排列的格局。其中，秦岭褶皱带和桐柏—大别褶皱带地壳厚度较深，变化也较大，分别为 35~38、34~36km，反映了地壳由于褶皱带隆起而加厚的特征；潢川拗陷和南阳—襄樊盆地地壳厚度较浅，变化也较缓慢，分别为 32、30km，与盆地拗陷的地形相一致。

扬子准地台区内的上扬子台隆区地壳厚度较深，变化较为剧烈，范围在 34~40km 之间。

本区深大断裂对地壳厚度的变化也有一定的影响，表现为地壳厚度等值线在一定程度上与断裂走向相一致。

工程场地所在南襄盆地的幔隆区，地壳厚度为 30km。

2.2.4 地球物理场与地震活动的关系

区域地震的发生与重力梯度带、航磁异常带，地壳结构速度梯度带和上地幔变异带等有密切的关系。

重力异常与地震活动的关系表现为：

- 1、区域内地震分布多与重力异常等值线梯度带、畸变带相关；
- 2、区域内重力异常变化剧烈区与变化平缓区的交界处，往往也是地震集中分布的地带；
- 3、地震分布往往与较高的负重力异常相关，较低的负重力异常区，地震稀少。

航磁异常与地震活动的关系表现为：

- 1、区域内 $M_s \geq 4.7$ 级地震绝大多数分布在航磁正异常区；
- 2、区域内地震分布多与航磁异常等值线梯度带、畸变带相关；
- 3、区域内航磁正负异常交界处，往往是地震分布的地带；
- 4、区域内航磁异常呈小尺度珠状密集分布的地区，地震活动性较弱。

2.3 区域新构造运动特征及其分区

2.3.1 新构造期的地层分布

新近纪-第四纪为新构造活动期，其地层分布特征如下：

1) 新近系 (N)

本区新近系 (N) 地层零星分布在南阳盆地北部边缘及南部唐河西大岗一带和华北平原拗陷带内。在广大盆地之中均被第四系所覆盖，钻孔中普遍可见。

出露岩性，一般底部普遍有灰白色或灰绿色半胶结砾岩，其上为灰绿、棕（橙）红、褐色半胶结砂岩、砂质泥岩及透镜状半胶结砂砾岩；上部为灰绿色半成岩的砂质泥岩及白、灰白色泥灰岩。不整合于古近系之上。上覆第四系疏松沉积物。

2) 第四系 (Q)

区内第四系地层分布广泛，南阳盆地缺失下更新统，其它各统均有沉积。东部华北平原拗陷带的南部出露较全，各统都有分布。与下覆新近系及其以前的老地层均为角度不整合接触关系。根据岩性特征，地貌与第四系的沉积等资料，将区内第四系时代及成因类型划分如下。

(1) 下更新统冲积层 (Q_1^{al})

该统出露在东部华北平原拗陷带内，地表只有零星分布，以灰绿色、黄绿色含砂粘土及斑块状砂砾石层，含锰质网纹及棕色锈斑。

(2) 中更新统(Q_2)

按其成因可划分为:冰碛及冰水堆积层,冲洪积层,残积和坡积层三种类型。

冰碛及冰水堆积层(Q_2^{gl}): 此层为中更新统底部层,出露于区域西部北秦岭褶皱带的山前岗垅地带,由东至西断续分布。东自方城县城以北的胡岗经吴池庄、张半岗、阎岗,断续经秋树底、白砂咀、史岗,直至高丘、谢沟等地,厚度不等,与下伏新近系呈不整合接触。分布高程在 170~260m 之间,一般东部位置较低。岩性为棕红色粘土杂砾卵石层,砾石成分随地而异。砾石具擦痕、刻沟、压坑,部分呈凹面石、马鞍石、香蕉石及受磨削成架形的砾石。泥砾主要为底碛。

该冰碛及冰水沉积物不整合于新近系之上,为 2~6 层棕红、棕黄色粉土质粘土层,此粘土层相当黄河中游普遍分布的中更新统离石黄土层,因此认为区域冰碛及冰水沉积物之时代相当于大姑冰期。

冲洪积层(Q_2^{al}): 区内主要分布于南阳盆地的镇平、方城以北山前地带,及方城、社旗、唐河以东、唐河西大岗和唐河以北青台岗垅地区,次为南阳卧龙岗一带,华北平原拗陷带的淮河以南的岗丘以及北秦岭山麓边坡一带。

下部岩性为棕红、褐红色粘土及粉土质重亚粘土。上部为桔红、橙黄色粉土质重亚粘土及桔红、棕红色砾质粉土质重亚砂土。

根据已有的资料,本沉积类型沉积物应以河流形成为主,晚期有湖泊淤积特征。

坡积和残积层(Q_2^{dl+pl}): 此类型沉积主要分布基岩山地的山坡、山麓地表以及基岩山区低凹地区。其岩性为黄褐色、棕红色亚粘土,山麓地带中多碎石岩块,含钙质结核及黑色豆状铁锰质结核,斜覆于新近系及其以前这地层上。其坡度随古地形而异,可 8~10 度,倾斜方向基本与现代地形一致。

(3) 上更新统冲积洪积层($Q_3^{al}-Q_3^{pl}$)

该沉积为淮河流域地区出露较广泛的地层。在南阳盆地广大平原区及各大河流两岸的 II 级阶地,与下伏中更新统呈平行不整合接触。

岩性为亚粘土,最上部为砾质亚粘土,最下部为砂砾石层。

(4) 全新统冲积层(Q_4^{al})

广泛分布在淮河以北的大片冲积平原上及淮河以南的沟谷中。在南阳盆地广泛分区内湍河、白河、唐河、潦河等河流两侧和支谷中,组成河流 I 级阶地和河床。根据岩性和地貌特征,可将该沉积分为全新统下部冲积层、上部冲积层及全新统湖积和冲

积层，现将本统岩性分别叙述如下：

全新统下部冲积层(Q_4^{1al})：从地貌形态来看，本统下部组成的近代河流Ⅰ级阶地，高于现代河床及河漫滩，地貌分界清楚。主要分布在白河、湍河、潦河、唐河、赵河和这些河的支流的两岸，构成这些河流的Ⅰ级阶地。

岩性单一，变化不大。岩性为灰黄色、淡黄色及褐黄色亚砂土夹砂层，浅褐色亚粘土层和砂质亚粘土，节理孔隙发育。均水平分布，与下伏上更新统黄土状重亚砂土和亚粘土呈平行不整合接触。

全新统上部冲积层(Q_4^{2al})：主要分布于淮河、白河、唐河、潦河、湍河、赵河及其各大河流支流的河床、河漫滩，岩性随地而异，主要为黄色粗砂、细砂、粉砂，局部夹有淤泥层及砂砾石层。

全新统湖积和冲积层(Q_4^{1l-al})：主要分布在华北坳陷(南部)的现代河流的两侧及整个淮河冲积平原。发育沉积厚度不大且均未见底，组成Ⅰ级阶地。

下部为湖沼相沉积层，一般呈灰暗的色调，含有黑褐色锰膜及网纹、腐植泥等，上部为砂层冲积形式。

2.3.2 区域新构造期的构造演化

经过燕山运动，特别是燕山晚期至新生代早期的大规模断陷活动以后，本期的地质构造格局大局已定，地壳活动的断块运动形式更为显著。其时，地壳活动发生了新的分异。原先稳定的中朝准地台转为活动较强的构造单元，其西南及西北部急剧上升，东部及东北部大幅度坳陷，大华北坳陷、豫西南阳山间坳陷盆地及江汉盆地坳陷带基本形成，并且卷入中国东部大陆边缘活动带的范围之内。原来较为活动的秦岭褶皱系却相对稳定下来，只在局部山区发生断陷盆地。由燕山晚期和新生代早期运动形成的断陷盆地成为新构造期的沉积场所，但这时断陷活动已逐渐消失，被更大范围的坳陷活动所代替。

由于喜马拉雅运动的影响，新近纪时，本区东部以大范围的坳陷为主陷落，西部则以断块上升。华北断坳突破了中期准地台与秦岭褶皱系的边界线，越过新蔡高地，向南扩展到了大别山北麓；在西部，它与豫西南阳山间盆地大面积沟通。此时，在秦岭区仅有南阳盆地孤立存在，南部的江汉盆地坳陷带进一步扩大。

新近纪时，上述坳陷带盆地主要为河湖相粗陆屑沉积与粘土岩互层。在太行山东麓及嵩山西缘常有基性-超基性岩浆沿断裂带喷发，形成玄武岩层和金伯利岩体。南阳

盆地比较稳定，为河湖相陆源碎屑岩与粘土岩相间沉积。该盆地边缘其沉积厚度为100~300m，盆地中心厚度300~800m。华北断坳内可分三个坳陷，即濮阳坳陷、开封坳陷和周口坳陷。各坳陷内均为浅湖相砂岩、粘土岩沉积，局部间有河流相砂砾岩和沼泽相粘土岩夹层。周口坳陷沉积厚度为1000~1450m，最厚达2000m，开封坳陷沉积厚度为850~2340m。

新构造运动在本区主要表现为升降运动和断裂走滑运动，致使各地层之间多为平行不整合接触。沿活动的深断裂带局部有基性火山喷发。

该区继承了新近纪构造格局和地貌景观，但也有一些新的发展。豫西山地及秦岭-大别山地、神农架山地更加抬升；黄河、淮河、卫河三大水系和长江水系的区内主要分支唐河、白河、湍河等水系基本定型；华北断坳经过巨厚的第三纪沉积物充填，总体上已平原化。宏观地貌上，此时本区境内可分属两个地貌台阶：由秦岭、大别山、熊耳山神农架等构成的中山山地属第二级地貌台阶；大体在京广线以东的华北平原区属第三地貌台阶。中山山地前缘边坡的丘陵地带则成为第三级与第二级台阶的过渡地带。第四纪的沉积受断块构造和上述地貌形态控制。

2.3.3 区域新构造运动特征

新近纪至第四纪，本区由于西部受到印度洋板块对青藏高原的碰撞挤压的影响，东部受到太平洋板块运动的影响，使本区的地壳构造运动与前期相比发生了明显的差异。构造运动由前期的强烈张性隆起和断陷转化为块状差异隆起和坳陷。秦岭、大别和武当山地区仍有不同程度的隆起，形成了高达1000~2000m的高山；南阳盆地和华北坳陷则由白垩纪-古近纪时期的张性断陷转化为坳陷。南阳盆地沉积了厚达600~1000m厚的新近纪-第四纪地层；华北坳陷沉积厚达1000m以上的新近纪至第四纪地层，其中周口坳陷最大厚度达2000m。

2.3.4 区域新构造单元的划分

根据区域及邻区新构造垂直差异运动的不同，区域内划分出4个一级新构造单元：豫西差异隆起（Ⅰ）、南华北坳陷（Ⅱ）、秦岭-大别隆起（Ⅲ）和扬子隆陷升降（Ⅳ）。根据其间新构造活动的差异又可细分出多个二级构造单元（表2.3.1、图2.3-1）。

表 2.3.1 区域新构造单元划分一览表

一级新构造单元	二级新构造单元
豫西差异隆起（Ⅰ）	嵩山凸起（Ⅰ ₁ ）伏牛山凸起（Ⅰ ₂ ）
南华北坳陷（Ⅱ）	周口坳陷（Ⅱ ₁ ）西平-平舆凸起（Ⅱ ₂ ）驻马店-淮滨凹陷（Ⅱ ₃ ）

秦岭-大别隆起区(III)	北秦岭强烈隆起(III ₁)、两郧中等掀升区(III ₂)、武当中等隆起区(III ₃)、南襄拗陷(III ₄)、桐柏-大别中等隆起区(III ₅)
扬子隆陷升降区(IV)	鄂中差异升降区(IV ₁)、鄂西中等隆起区(IV ₂)
山西隆起区(V)	

(1) 嵩山凸起(I₁)

位于郑州西南嵩山、箕山地区，由太古界和下元古界组成基底，上元古界、震旦系等组成上覆地层。基岩内老断裂比较发育，主要有北西、北东向两组断裂将凸起切割成大小不等的多个小型块体。凸起上基岩出露，很少有第四纪地层分布。凸起西南侧和东南侧受断裂控制，边界比较平直，为新生代隆起幅度较弱的地区。

(2) 伏牛山凸起(I₂)

位于伏牛山和外方山地区。山峰海拔多在 1500m 以上。区内发育海拔高 1600m,1000~1200m 和 600~800m 三级夷平面。该区为中新生代以来长期隆起区。

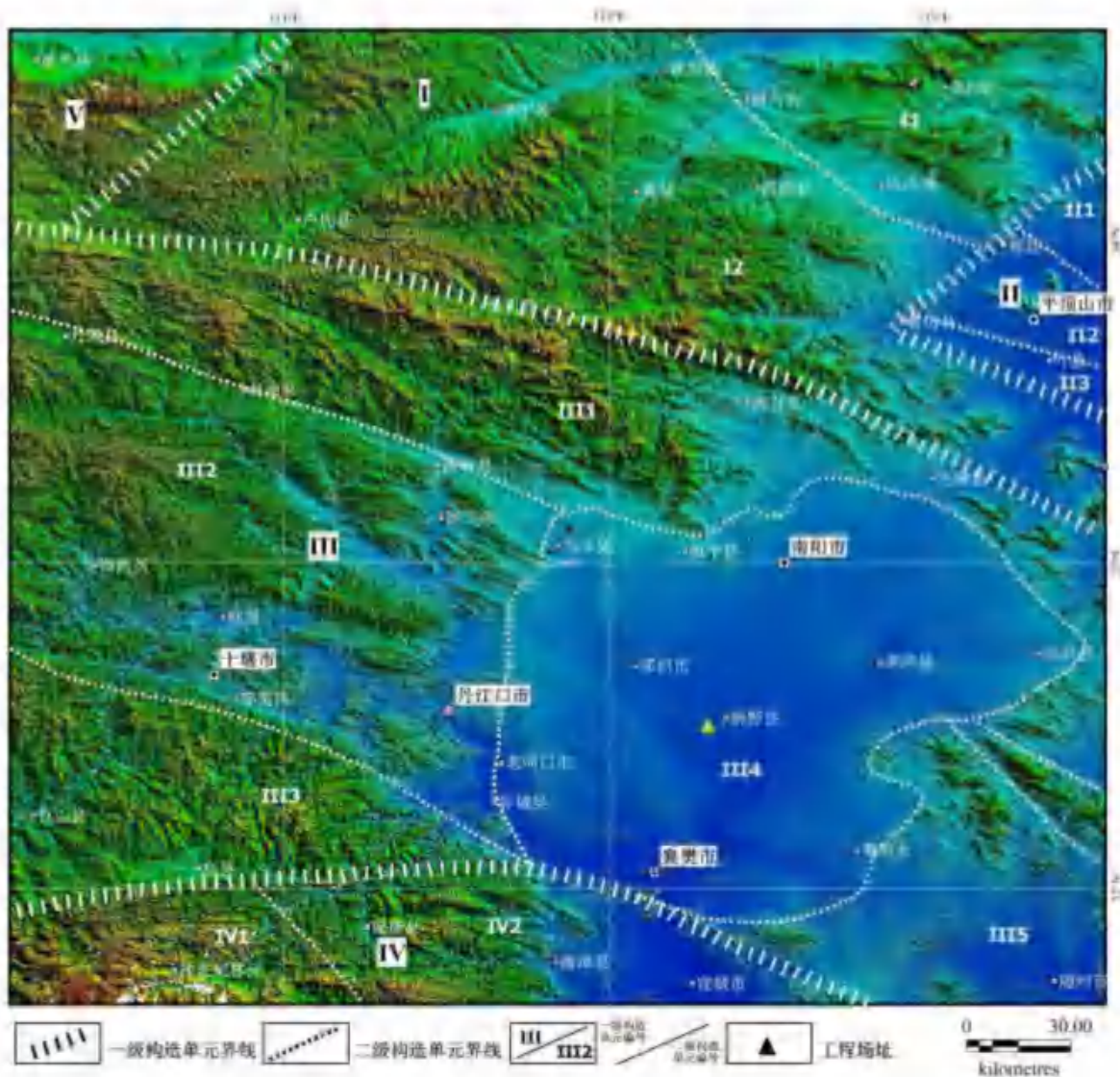


图 2.3-1 区域新构造单元划分简图（单元名称见上表）

2) 南华北拗陷 (II)

该区位于秦岭和大别山隆起区以北，华熊差异隆起区以东，以大面积沉降为特征。侏罗纪-古近纪都为断陷盆地，沉积了数千米厚的沉积。新构造期以来由前期的断陷转化为更大范围的拗陷，构成现今的华北平原拗陷带。华北拗陷(南部)沉积了厚达 1000m 以上的新近纪至第四纪地层，其中周口拗陷最大厚度达 2000m。

该区第四系均为冲积-湖积相沉积，沉积厚度 50~300m，具有华南与华北过渡的性质，而且在沉积特征上也有其独特之处。该区全新世为冲积成因和风积成因沉积类型，局部有湖沼相沉积。

(1) 周口拗陷 (II₁)

位于区域东北部的周口拗陷，其基底为古生界、三叠系、局部为太古界。凹陷内主要沉积古近系河湖相碎屑层。新近纪、第四纪继承性下沉，也为河湖相堆积物。新生代沉积最大厚度达 7000m 以上（河南省地矿局，1989）。凹陷东部第四系厚达 260m，向西逐渐变薄，仅为 40~60m，具掀斜运动性质。凹陷内断裂发育，主要有北西西、北东向两组，对凹陷的形成起重要控制作用。

(2) 西平-平舆隆起 (II₂)

位于周口拗陷以南，隆起之上广泛沉积了新近系湖相杂色粘土岩、砂岩夹煤线组成的次稳定型复陆屑建造，第四系为河湖相粘土、砂、砂砾等碎屑物。此外，在北部边缘地带尚发育有古近系。新生界最大厚度约 1500m，西薄东厚。断裂以北西或北西西向为主，次为北东或北北东向。地震活动水平较弱，以中小地震活动为主。

(3) 驻马店-淮滨拗陷 (II₃)

位于西平-平舆隆起以南，华北断块区南缘断裂以北，拗陷内新近系为河湖相杂色砾岩、砂砾岩、砂岩、粘土岩等组成的复陆屑建造，南厚北薄，厚约 300~900m。第四系为河湖相粘土、砂、砂砾石层，厚度一般在 100~200m。断裂以北西或北西西向为主，次为北东或北北东向。

3) 秦岭-大别隆起区 (III)

(1) 北秦岭强烈隆起 (III₁)

北秦岭伏牛山区，新构造期主要表现为间歇性强烈隆起。其西侧邻近的现代秦岭主峰高程 3600m，比古近纪夷平面高 1000-1100m 左右，说明喜马拉雅运动 I 幕之后隆起幅度很大。新近纪初该区经过长时间的剥蚀夷平又形成了高程 1100-1200m 的夷平

面。第四纪发育五级阶地，下更新统第五级阶地比高约 200m。中更新世以来，秦岭一直处于急剧隆升状态，其上升幅度西部大于东部，北部大于南部，显示出东西差异和由北向南掀斜的特点。区内发育更新世继承性活动北西向断裂，商丹断裂晚更新世左旋走滑活动尤为典型，公元 46 年南阳（6 $\frac{1}{2}$ 级）地震事件与其密切关联。

（2）两郧中等掀升区（Ⅲ₂）

两郧条状断块区的新构造运动主要表现为中等强度的掀升活动，并迭加有次级的拱隆和拗折以及区域北西西向断裂的活动。区内普遍发育 4 级夷平面，汉水河谷发育 4 级阶地，李官桥盆地边缘丘陵、低山出现 5 层溶洞。山势地形和层状地貌都显示出新构造上升是由北西向南东掀斜的。区内自西而东存在三个南北向隆起带，即漫川关与郧西盆地间的黄云铺隆起、郧西与郧县间的白龙洞隆起和老均县与丹江口之间的隆起。与北西西向断裂活动有关的新构造形迹，主要见于郧西火车岭一带山脊上。该处新近纪上新世泥灰岩和早更新世钙泥质砾岩（TL140.3 万年）受两郧断裂左旋压剪性活动影响被抬升到 650m 高程，其抬升速率为 0.3mm/a。1964 年郧西 4.9 级地震，是这组断裂系统的最新活动表现。

（3）武当中等隆起区（Ⅲ₃）

武当山区内向北翘起的地貌形态和偏向北翼的中低山分水岭，显示其新构造运动表现为向南掀斜的非对称断块隆起。在该隆起区内还发育次一级的北东向普陀山—界山—隆坪—武当山隆起。本区发育鄂西期 1600-1800m、1000-1300m、山原期 800m±、500m±和 250m±等 5 级夷平面，但分布面都不宽广，其中新近纪夷平面（1000-1300m）向南房县盆地附近倾斜。中强地震主要发生在南部边界晚更新世活动房县-安康断裂上，如 788 年竹山（6 $\frac{1}{2}$ 级）地震事件和 1742 年房县 5 级地震。

（4）南襄拗陷（Ⅲ₄）

本单元是燕山运动晚期形成的伸展断陷盆地，晚白垩世以来的最大沉积厚度约 5000m。盆地基底由于受北西西、北东等多组裂切割、控制，又进一步划分出南阳凹陷、新野凸起和襄枣凹陷等次级构造。古近纪红层岩相带因此产生北东向分异现象。新近纪河湖相地层沉积过程中，由于新野断裂等活动影响，沉积中心呈近东西向分布，断裂南、北侧沉积厚度差异明显。如邓县、新野附近，新近系厚达 800m，而南侧一般小于 600m。

南襄盆地早更新世以河湖相沉积为主。中更新世晚期，该盆地普遍抬升，现今盆缘所见的冲洪积低丘或垄岗即为此期的产物。晚更新世以来，整个盆地呈现由北向南

的掀斜运动，使前期的水系变成总体同向的近平行水系并形成 2-3 级阶地。总之，第四纪时期南襄断陷沉降幅度不大，沉降中心在新野东北和社旗北侧，沉积厚度最大仅百余米，等厚线呈北东向延伸。公元 46 年在断陷北缘曾发生南阳（6 $\frac{1}{2}$ 级）地震事件。

（5）桐柏-大别中等隆起区（III₆）

本区东缘被郟城-庐江带分割，北界为洛南-明港-合肥断裂，南界为襄樊-广济断裂，内部还被麻城-团风断裂等切割，具有由南向北翘升的断块差异活动特征。该隆起是在中生代两度抬升、剥蚀的基础上，古近纪中、后期再次强烈隆起的背景下，继承性抬升的。新近纪显著抬升，但据生物化石的性质和分布推断，此期以大面积的夷平作用为主，隆起幅度不大。桐柏-大别山区发育与东秦岭相类似的五级夷平面，即 1100m $\pm$ 、900m $\pm$ 、450m $\pm$ 、300m $\pm$ 和 100m $\pm$ 。早更新世末期，该区再次表现幅度较大的垂直运动。由于受到在边界断裂的分割，这类抬升极不均匀。在地貌上桐柏、商城至岳西一线，抬升量最大，呈低中山地貌。由此线向北至六安-合肥，迅速阶变成低山、丘陵和岗地，甚至河湖冲积平原。郟庐带附近，形成断层陡坎地貌，由西侧的低山突变为河湖低平原。其内部麻城-团风断裂带东西两侧也有类似的地貌显示。

桐柏-大别隆起区是江淮之间中强震最活跃的地区，曾发生 $6 \leq M \leq 6\frac{1}{2}$ 级较大中强震三次和十余次 5 级左右较小中强震。

4) 扬子隆陷升降区（IV）

（1）鄂中差异升降区（IV₁）

本单元以一系列北北西向断块隆起和断块沉陷为基础，形成相应的低山丘陵、岗地和河谷盆地。西部和西北部和东北部抬升幅度大，中间汉水槽地沉陷。汉水槽地新近系厚 100-300m，第四系最大厚度百余米。荆山、大洪山抬升高程一般在 500-700m，河谷深切成“V”形嶂谷或峡谷，相对高度一般在 200-300m。沉陷区内，地势开阔、阶地发育。总体表现为伸展性断块差异抬升与沉降活动，垂直抬升的速率处于中等或较低水平，然而构成垒、堑边界的主要断裂，在新构造期却显示较明显的水平位移，更新世水系右旋水平扭动在远安断裂带、荆门-南漳断裂和胡集-沙洋断裂较大，这也许就是本单元中等地震和小震活动相对频繁的原因之一。

（2）鄂西中等隆起区（IV₂）

本工作区仅涉及鄂西隆起区东北部神农架-黄陵地块上升区。具有自北西向南东倾斜的地貌形态，由中低山逐渐递变为低山、丘陵，显示了自北西向南东掀升的运动特征。该区发育五级夷平面，即 2200m、1700~1800 m、1300~1500m、900~1000m、

500~800m；长江发育六级阶地；呈现间歇性整体隆升的新构造运动状态。值得指出：黄陵地块东缘发育北北西向远安地堑断裂带，新构造期造貌特征为箱形槽谷与西高东低的地形陡变带。发育穿过北北西向远安断裂的第四纪右行偏转水系。

2.4 区域主要断裂活动特征

本次工作域跨越了中朝准地台南部、秦岭褶皱系、扬子准地台北部三大构造单元，经历了多旋回复杂的构造变动，断裂构造极为发育。这些断裂主要为北西西向和北北东向两组方向，构成区域的主要断裂格架。在新构造时期，由于受到印度洋板块对青藏高原的碰撞挤压和太平洋板块俯冲推挤的影响，本区地壳构造运动由前期的强烈张性隆起和断陷转化为块状差异隆起和拗陷，断裂活动也由前期的张性断块运动转化为走滑活动，并且出现东西差异。区域西部受到青藏高原盖层挤出物质向东推挤影响，一些老北西西向断裂沿其挤压破碎带再次发生新的左旋走滑运动，但这种运动比青藏高原和西秦岭地区明显减弱，只局限在少数北西西向断裂带上，其他大多数断裂已无明显活动。区域的东部，青藏高原运动的影响已不明显，北西西向断裂已未见新的活动，但受到滨太平洋北北东向构造运动的影响，一些早期形成的北北东向断裂再次发生右旋走滑运动，但这种运动同样比华北地区明显减弱，且越往西，北北东向断裂活动越弱（附图1）。区域内的主要北西西向和北北东向断裂及其主要特征列于表2.4.1。下面分别就区域内两组方向主要断裂构造进行论述。

表 2.4.1 区域主要断裂特征一览表

断层 序号	断层名称	产 状			最新活动 时代	最新活动性 质
		走向	倾向	倾角		
1	洛河断裂	NE	NW	70°	Q ₁₋₂	正断
2	伊河断裂	NE	NW	较陡	前 Q	正断
3	新安 - 郏县断裂	NW	NE/SE	60~70°	Q ₂	左旋正断
4	登封-鲁庄断裂	NW	SW	65~80°	Q ₁	正断
5	许昌 - 太康断裂	EW	S	70~80°	Q ₁₋₂	正断
6	鲁山 - 漯河断裂	NWW	SW	70~80°	Q ₁₋₂	正断
7	栾川-确山-固始断裂	NWW	SW	60~70°	Q ₂ /Q ₁₋₂ /前 Q	左旋走滑
8	朱夏断裂	315°	SW	50~60°	Q ₂	正走滑
9	商丹断裂	60~70°	SW/NE	70~87°	Q ₂	正走滑
10	山阳-内乡断裂	NWW	NE	35~75°	Q ₁₋₂	正断
11	桐柏-商城断裂	近东西	NE	45~80°	前 Q	正断
12	新野断裂	EW	N	30~70°	前 Q	正断

13	两郛断裂	120°	NE/SW	45~75°	Q ₁₋₂	左旋
14	白河-谷城断裂	120~135°	NE	50~75°	Q ₂	左旋
15	青峰断裂	NW-NE-NWW	NW/N	50~80°	Q ₃ /Q ₁₋₂	左旋正断
16	南漳-荆门断裂	340~350°	SE/NW	50~80°	Q ₁₋₂	右旋正断
17	襄樊-广济断裂	300~310°	NE	40~75°	Q ₁₋₂	左旋正断
18	英店-青山口断裂	NW	NE	50~75°	Q ₁	左旋正断

1、洛河断裂（F1）

洛河断裂走向 30~60°，倾向 NW，倾角约 70°。从卫星影像上看，断裂地貌特征明显，连续性较好，断裂两盘落差明显，断裂南盘为北东东走向的熊耳山，北侧为洛河盆地，表现为古近系与下元古界火山岩和太古界片麻岩正断层接触，大部分被 Q_{n2} 淡黄色、棕黄色—红色黄土覆盖。

兴华镇上高村见一断裂剖面，太古界片麻岩与第三系砂砾岩正断层接触，断层被厚约 5m 的砾石层覆盖，砾石磨圆很好，大小混杂，粒径最大者约 30cm，相对洛河高度约 80m，可能为洛河高阶地，区域地貌时代对比分析为早、中更新世。在上述剖面西侧约 50m 见另一剖面，太古界片麻岩与第三系砂砾岩正断层接触，断层被厚约 5m 的砾石层覆盖，砾石磨圆很好，大小混杂，粒径最大者约 30cm，相对洛河高度约 80m，为洛河高阶地，区域地貌时代对比分析为中更新世。

西冷沟发育二级阶地，T1 高约 2m，T2 高约 10~15m，都为第四纪冲洪积砾石层，阶地横跨断裂，但没有被断错。在 T2 阶地顶部取一热释光样品 XL-TL，经测试，其年龄为 (8.94±0.67) ka。

洛河断裂是洛河盆地的南边界断裂，盆地边界地层的展布与断裂迹线展布较为一致，说明断裂较为严格地控制了盆地内第四纪地层的沉积。综合遥感影像解译、野外地质调查获得的剖面特征和盆地沉积与断裂的控制关系，可以判断，洛河断裂应为第四纪早期活动断裂，中更新世以来活动较弱。

2、伊河断裂（F2）

该断裂西起密县西南，经七里岗进入第四纪覆盖区。走向近东西，倾向北，倾角 65~80°，为一正断层。断层西段可见奥陶统与下二叠系呈断层接触，中部可见二叠系上统与二叠系下统呈断层接触。东段处在掩盖区，根据区域地质调查资料和物探资料，断裂切割了新近系，而上覆中更新统连续。据此推断该断裂为前第四纪活动断裂。

2009 年, 针对伊河断裂, 中国地震局地球物理勘探中心在河南洛阳核电杨家岭厂址初可研阶段项目中开展了浅层地震勘探工作 (测线总长 11.17km), 在 5 条勘探测线剖面中, 有 2 条剖面显示了伊河断裂存在。

剖面揭示的断裂分别位于 L3 测线桩号 640m 和 596m、L4 测线桩号 802m 附近 (图 2.4.1), 其中, 断裂 FP1 为向西倾的正断层, 其上断点埋深约 55~60m, 没有错断第四系底界, 断裂 FP2 为向东倾的逆冲断层, 上断点埋深约 130~140m; 断裂 FP3 向东倾, 为逆断层, 其上断点埋深约为 75~80m。

另据中国地震局地壳应力研究所韩德润 (1995) 的研究, 在嵩县县城至田湖、鸣皋一带高于 1:10 万精度的地面调查和追索, 伊河两岸阶地发育呈不对称状、I 级阶地多分布在左岸且台面平整, 即使冲沟发育地段, 两侧台面亦平直对称。其表层主要为上更新统亚砂土、砂砾层等, 全新统仅见于河漫滩, 横穿伊河两岸阶地进行追索, 未发现第四系变形、错断现象。尽管物探剖面显示该断裂控制并错断新近纪沉积, 为第四系覆盖, 但伊河断裂在地貌上对伊川盆地及嵩县盆地控制比较明显。综合以上资料, 伊河断裂为前第四纪断裂。

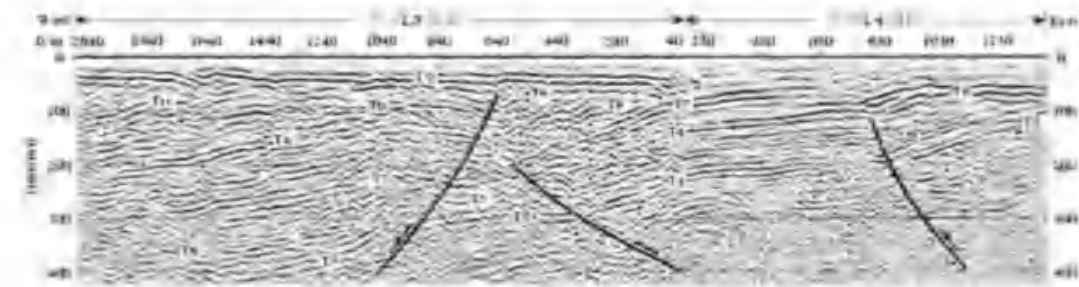


图 2.4-1 L3—L4 测线地震反射时间叠加剖面

3、新安 - 郑县断裂 (F3)

西北起于新安北段村北, 向东南经曹沟、四龙庙、后地、上董沟、称钩湾至新安县以南的老花沟一带, 再向东南被新近系和第四系覆盖。据断续露头推测该断裂向东南经伊川, 直到宝丰, 是一条区域性大断裂, 全长约 160km。总体走向 315° , 倾向北东, 倾角 65° 。

该断裂切割了寒武系与中元古界地层, 老断裂表现为左旋正断。在马沟村西北、称钩湾、上董沟及后地一带, 地貌上表现为数千米长的北西向断层沟, 沟西为中元古界石英砂岩、泥岩、页岩, 沟东为寒武系灰岩, 断裂破碎带宽度约 100m。在陈岭村西北见断层露头点, 断裂影响带宽达 60m, 下盘中元古界石英砂岩、泥灰岩、页岩产状陡立, 上盘寒武系灰岩近断裂处产状倒转, 沿断裂面发育宽约 5m 的断层角砾岩带, 据

断层泥 TL 年代测定, 该断裂在距今 34.0 ± 6.8 万年有过活动。但断裂带之上覆盖的中更新统黄土 (TL 年龄为距今 27.86 ± 4.18 万年) 未见变动形迹。在康平村东北, 该断裂在一近南北向小河流处形成了一个 $30 \sim 80\text{cm}$ 的小叠水, 断裂南盘下降, 北盘上升。在河道东侧形成的冲刷剖面上, 中更新统 Q2 黄土明显沿着断裂自然弯曲, 且北部 (上盘) 薄, 南部 (下盘) 厚。河道底部为二迭系砂岩夹泥岩, 呈瓦层状。断裂产状为走向 330° , 倾向北东, 倾角 49° 。断裂控制了伊川盆地, 伊川-汝州盆地的发育历史。伊川-汝州盆地形成于古近纪, 新近纪、第四纪继续活动 (河南地质局, 1965 年)。从断裂对盆地发育控制作用及测年资料分析及该断裂的地质剖面考查, 认为该断裂为早更新世断裂。

4、登封-鲁庄断裂 (F4)

该断裂穿越登封中岳庙附近, 向北西经崇福宫、申半坡、鲁庄至偃师南; 向南东经五渡村至告城东南和君召-玉皇庙断裂相交。总长度约 23km 。断裂走向 315° , 倾向西南, 倾角 $65 \sim 80^\circ$ 。断裂两端隐伏, 中间段出露太古界至上古生界地层。沿断裂可见破碎带宽 $100 \sim 200\text{m}$, 均为石英岩的角砾组成, 断层有 $5 \sim 10\text{cm}$ 的细角砾岩带, 角砾呈次圆状, 直径最大 $2 \sim 3\text{cm}$ 。在地貌上, 该断裂使嵩山山体反向扭错。断裂多期活动, 为正断层。断裂切断东金店复向斜, 使向斜的北东段向北西方向错动了约三千余米, 并使向斜南西段接近断裂处向北东呈弧状弯曲。

在登封城南玉皇庙断裂出露断层剖面 (图 2.4-2), 断裂切穿古近系地层, 断层两侧可见破碎状砾岩层, 上覆第四纪地层。据在鲁庄东南一带, 该断裂发育在下二迭统绢云石英千枚状板片岩与中上石炭统灰岩、页岩、泥质砂岩中。断层以正断层为主, 见千板岩中有宽达 $5 \sim 6\text{m}$ 断层角砾岩、劈理化角砾岩带, 断裂砾岩胶结坚硬, 无新活动形迹。断裂带之上覆盖有中更新世棕红色亚粘土, 未见断裂有任何变形显示。沿断裂走向追索, 在鲁庄东南均见中更新世黄土台地平整覆盖在断裂延伸方向上, 未有断裂地形地貌显示。

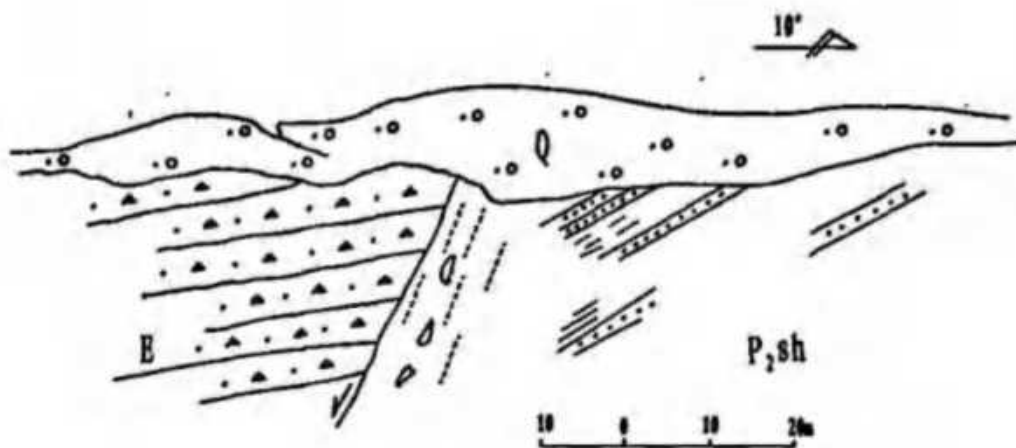


图 2.4-2 登封玉皇庙断层剖面

5、许昌 - 太康断裂 (F5)

断裂西起许昌北、经鄢陵向东延到太康，止于北东向曹县-太康断裂西侧。呈近东西向分布，全长 135km。西段分布于太康凸起上，东段成为太康凸起与周口凹陷之间的分界。为倾向向南的正断层。断裂控制基底的升降差异，北侧隆起，南侧下沉，落差达 2~3km。新近纪和第四纪断裂继承性运动，北部沉积厚度 800~1000m，南部厚度 1400~1600m，落差达约 600m。据此推测为早、中更新世活动断裂。沿断裂有多次中强震发生，如 1820 年许昌 6 级和 1675 太康 $5\frac{1}{2}$ 级地震等，2010 年 10 月 24 日还发生了太康 M4.7 级地震。

2014 年 12 月河南省地震局工程勘察研究院在许昌县东布置了一条 3.23km 的浅层地震勘探 DZ3 测线（图 2.4-3）。通过地震勘探工作，在本测线上共解释出 2 个断点，断距从上到下逐渐变大。

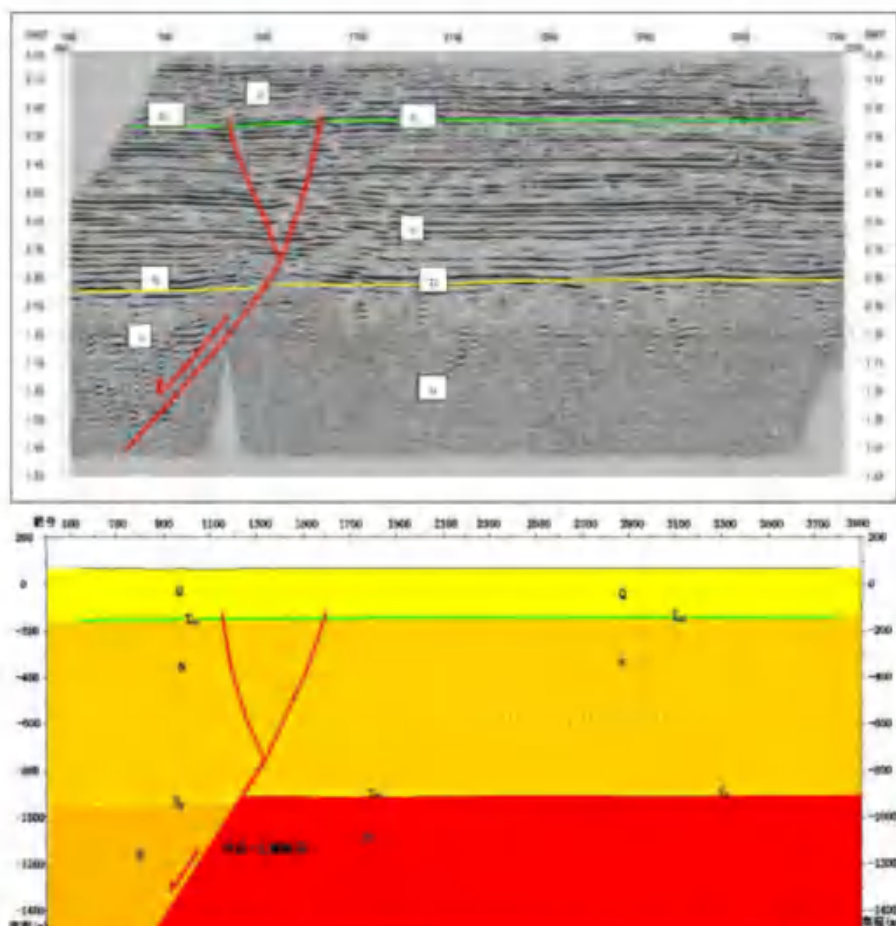


图 2.4-3 DZ3 测线地震反射时间剖及深度解释剖面图

在 DZ3 线上桩号桩号 16320 处的断点视倾向南，视倾角 80° ，断距从上到下逐渐变大，第四系底界断距约为 10m，新近系底界断距约为 25m，应为许昌—太康断层；1162 处的断点视倾向南，视倾角 75° ，断距从上到下逐渐变大，第四系底界断距约为 10m，该断点相交于许昌—太康断层，应为其分支。

根据浅层地震勘探表明，许昌—太康断层错断最新地层为第四系底界，断到了第四系底部。该断裂西端 1820 年发生了 6 级地震，东端曾经发生过 1676 年 5 级地震和 2010 年 4.7 级地震。综合分析认为，该断裂最新活动时代为早-中更新世。

6、鲁山 - 漯河断裂 (F6)

西起栾川经鲁山西北，向东经叶县、郾城，漯河东南，止于安徽太和。是一条区域性大断裂。总体走向北西西，倾向南南西，倾角 60° 左右，长度约 120km，是鲁叶断陷的北界。

断裂西段有露头。在鲁山坡断裂走向 300° ，南盘为震旦系马山口组石英岩，岩性坚硬，地形陡峭，坡度大于 25° ；北盘则为太古界下太华群片麻岩、角闪岩，岩性软弱，风化强烈，植被发育，地形坡角小于 7° 。在黄沟村附近，断裂通过处表现为

一北西向冲沟，沟南为寒武系朱砂硐组灰岩；沟北则为震旦系石英砂岩及寒武系罗圈组紫红色砾岩、页岩。在傅岭村附近，断裂被中更新统地层覆盖，在断裂通过处未见中更新统地层有任何变形迹象。由此推测，该断裂在新构造时期的新近纪有过活动。

在鲁山县三街村以东，整条断裂隐伏于第四系松散沉积物之下。但该断裂在布格重力异常图上反映为密集梯级带（ $4.7 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2} / \text{km}$ ），地震及电法剖面反映清楚。据断裂两侧新生界地层等厚线分析，西段叶县—鲁山断距约 1000 多米，而东段叶县—漯河段可达 2000m 以上。另据曹镇—滚子营的钻孔资料分析，断裂下盘普 29 孔于 202.5m 就穿过第四系直达太古界地层，而上盘的普 28 孔于 796.26m 仍未穿过新近系地层。该断裂控制着上新界地层；而从中更新统底板埋深图和上更新统、全新统等厚图看，它不控制中更新世以来的沉积。

综上所述，鲁山—漯河断裂是一条区域性大断裂，新生界最大断距超过 2000m，为一正断裂。该断裂至少在新近纪仍有强烈活动，地震勘探显示该断层错断第四系底界面。因此，将鲁山—漯河断裂定为早-中更新世活动断裂。

7、栾川-确山-固始断裂（F7）

该断裂带是中朝准地台与秦岭褶皱系两个一级大地构造单元的分界断裂带，走向主要为北西西向，西段为陕西的铁炉子断裂，中段沿栾川—鲁山—确山—固始一线分布，向东与安徽省肥中深断裂相连，是一长期活动的岩石圈断裂。仅方城以西其长度超过 400km，它由四条主要断裂组成，各次级断裂呈斜列状分布，每条次级断裂又由若干条更次一级的断裂斜列组合而成，具有走滑型发震构造的斜列状结构特征。方城以东为隐伏深断裂。

该带断裂构造岩带宽有数百米，由构造角砾岩、碎裂岩、千糜岩、糜棱岩等组成。它可能开始形成于古元古代末期，而且在以后屡次构造运动中皆有强度不同的活动。新构造期亦有明显活动，为新构造分区的界线。

新构造时期活动为左旋走滑运动性质，具有明显的分段活动特征，活动强度由西向东逐渐减弱。

杨晓平等 2005 年的野外地震地质工作表明，陕西的铁炉子段为洛南新生代盆地的南界，地貌特征明显，断裂陡崖直线状延伸，错断晚更新世地层，为晚更新世早期断裂，走滑活动速率约为 $1.25 \text{mm} / \text{a}$ ；洛南盆地以东段发育于秦岭隆起内部，没有控制

新生代盆地，卫星影像上具有一带线性特征，但没有直线状陡崖地貌，水系也没有明显位错。

2009年北京中震创业工程科技研究院对卢氏盆地南部进行了野外调查。该段落从洛南盆地东端的东湾到卢氏盆地南端的七村街，长约48km。它在卫星影像上有一定线性特征，东湾至前坪段断裂陡崖直线状延伸，而前坪至七村街断裂顺沟谷分布，线状特征不明显。

2007年，中国地震局地球物理研究所对该断裂和的杨村庄至南召一带作过调查研究。在南召县北回龙沟高速公路隧道口工程开挖揭露出断裂剖面中，断裂上覆有总厚8~10m的第四系砂砾粘土和含砂砾土层，其中下部层位砖红色，半胶结，时代属于中更新世；上部层位是黄棕色，较为致密，半胶结，时代应为晚更新世。这套第四系堆积层无断错变形迹象。另外，在瓦房河右岸和东北湾以东开挖了三个探槽，断裂上覆有TL测年属晚更新世的沉积层，此层未见断错迹象。

卢氏西至南召的关山段（中国地震局地球物理研究所2007，2009；北京中震创工程技术研究院，2009）为走滑性质，其活动时代为早中更新世；关山以东，野外地震地质调查结果显示其为前第四纪断裂。。

8、朱夏断裂（F8）

该断裂是一条规模较大的深大断裂。西起兰田，向东经朱阳关、南阳、桐柏、信阳、商城延入安徽境内，长约700余千米，总体走向北西，由多条断裂组成，如西段的双槐树一五里川断裂、官坡断裂等；东段的杉树湾断裂、龟山—凉亭断裂、肥西断裂等。断裂破碎带宽度变化较大，多在2~5km之内，且具明显的多期活动特征。在该断裂与北北东向、北东向活动构造交汇部位，多次发生5~6级左右地震，如南阳公元46年6级地震、商城附近1925年5级地震、金寨—晓天一带多次发生5~6级地震等。该断裂在西段南阳附近第四纪活动明显。基岩区航、卫片线性特征明显，断裂通过处多表现为断层槽地、沟谷地貌，隐伏区探测结果显示其最新活动时代为中更新世。

2012年南阳活断层项目对该断裂的4个跨断层联合排钻的初步结果显示，朱夏隐伏断裂的上断点最浅12米左右（图2.4-4），根据标准钻孔及地层特征，为中更新世中晚期活动断裂（中国地震局地质研究所；河南省地震局；南阳市地震局，2012）。

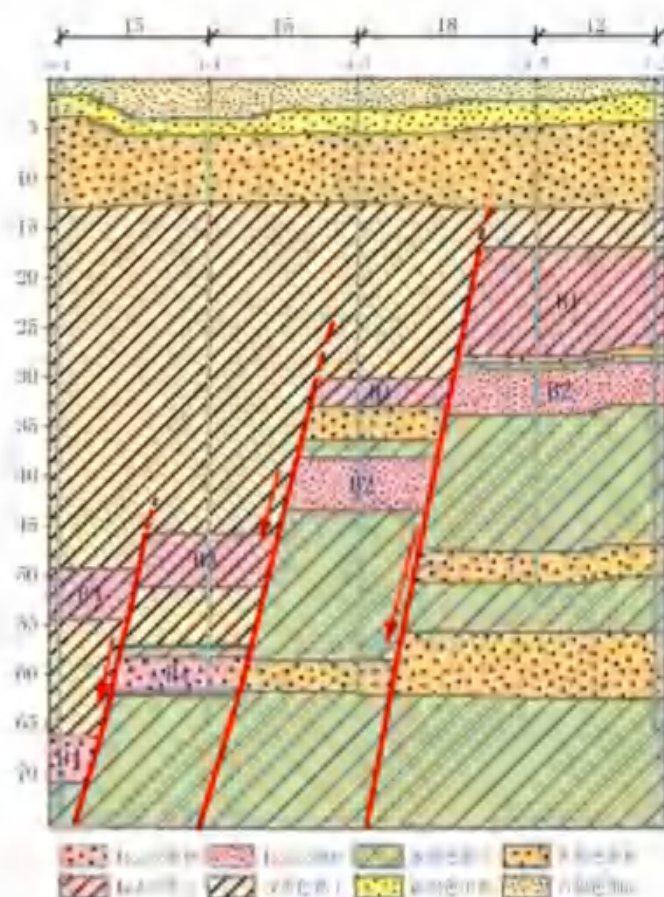


图 2.4-4 王营钻孔联合探测地质剖面图

9、商丹断裂（F9）

该断裂西起陕西省商南县境内，经我省西峡县的木家垭穿西峡县城，从内乡县南隐伏于第四系覆盖物之下。该断裂从近场区域通过，有关该断裂的特征和活动性详见近场描述。

10、山阳-内乡断裂（F10）

该断裂西起陕西省柞水县西北，经山阳县、西峡、内乡，向东隐伏于南阳盆地，总体上呈北西西向展布。该断裂从近场区域通过，有关该断裂的特征和活动性详见近场描述。

11、桐柏-商城断裂（F11）

该断裂位于南阳—襄樊断陷以东，为北秦岭褶皱带和桐柏—大别褶皱带的边界。南盘为下元古界苏家河群，北盘仍为信阳群。桐柏—灵山一带被北西西向延伸的加里东期辉长岩、华力西期和燕山期花岗岩体占据，在岩体内仍断续分布着破碎岩、糜棱

岩、片理化带。

灵山以东，深断裂走向近东西，各北倾斜，倾角 $45^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 。沿断裂形成糜棱岩化及片理化带，宽数百米至千余米，旁侧岩石破碎、揉皱、产状紊乱，波及宽度达 3km。断裂带内及其附近发育有一系列近东西向延伸的回里东期基性岩和燕山期中酸性小侵入体及岩脉，并且有不同程度的挤压破碎现象。深断裂带在布格重力异常图上表现为密集的重力梯度陡变带。

该断裂未错断沿断裂带分布的晚白垩纪地层，断裂破碎带胶结完好，对地貌没有控制作用，故为前第四纪活动断裂。

12、新野断裂 (F11)

该断裂隐伏于南襄盆地内德邓州。新野一带，走向北西西-北东东，向南凸出呈弧形分布，倾向北。是南阳盆地与新野凸起的分界断裂。白垩-古近系在北盘厚 5000m，而南盘仅 500~1000m，据钻孔资料，断裂北侧新近系厚 600~800m 以上，第四系 100m 左右；而南侧新近系厚 400~600m，第四系在 100m 以下。可见该断裂新构造时期有一定的活动性，但第四纪活动不明显。邓州附近有过弱震活动，但断裂与现代中强以上地震关系不明显（详见近场）。

13、两郧断裂 (F13)

西起漫川关盆地西北，东延经郧西、郧县、均县没入南襄盆地内，走向 120° ，呈北西西—南东东向延伸约 250km，区内长约 140km，主断面倾向北，倾角 $45^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 。断裂带大部分发育在耀岭河群内部，变形带由数条平行断层组成。晚燕山期时具有强烈的逆走滑或推覆特征，形成宽大的韧性剪切带，重磁资料有明显反映。喜马拉雅期断裂上盘新元古界地层逆于古近系、新近系之上。主断层灰白色构造破碎带宽约 60~100m。第四纪以来可能承袭了这种运动体制并在构造—地貌有一定显示：①沿带总体呈负向低山、丘陵或河谷，形成近百公里的山间廊道。廊道之内又依次出现反差分明的斜（横）向地貌隆起和洼地。其中由新近纪晚期泥灰岩（TL 测年为 270×10^4 a）上复构成的隆起（火车岭），现已高出郧西河谷近 400m，抬升速率约 $0.2\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ；②断裂东延在南襄盆地西缘由汉江、周山和上寺等断层等组成发散状断裂束，据长委会勘测一队在陶岔一带探槽揭示，发现在中、上更新统中有产状 $300^{\circ}/\text{NE}\angle 70^{\circ}$ 的断层，工程揭露长 240m、垂向断距 8~10m，并兼有左旋逆走滑分量；③第四纪年代学样品（SEM

法)测定,该断裂在新近纪上新世、早更新世和中更新世也有强烈活动。TL法测定在24、25、40和 45×10^4 a也曾强烈活动,丹江水库地区的震群活动可能与此有关。表明该断裂是在中更新世中期强烈活动的断裂带,而东段的活动时代可能更晚。

14、白河-谷城断裂(F14)

西起白河,沿武当山北麓东南向延伸,经十堰止于谷城东。走向北西 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$,倾向北东,倾角 $45^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。

该带由许多平行的断裂组成,在十堰一带被武当隆起内发育的一系列北东向斜滑断层切割。断裂多发育在元古界、古生界地层中,仅在断裂东南段发育在中-新生界与元古界地层之间,局部地段呈隐伏状。自早元古代形成后,断裂多期活动,断裂在印支-燕山早期具有压剪力学性质。主断裂表现为由北东向南西的冲断。新构造期以来,表现为断裂具有左旋走滑位移,断裂不同段落活动性质、活动方式有较大差异。断裂中段西起白河蜀河,东至浪河,发育在元古界变质岩系中,形成宽广的破碎带,带内发育挤压片理、糜棱岩等。在十堰的六里坪一带,断裂对地貌控制明显,因断裂左旋走滑运动作用,沿断裂形成断续分布的第四纪盆地、洼地。断层物质经TL法测定,其最晚活动年龄为150万年(中国地震局地球物理研究所,2002)。据形变资料分析,断裂垂直形变速率为 0.26mm/a 。

西段出露于基岩中,未见第四纪活动。东段控制了襄樊盆地的发育。中段是一条中更新世活动断裂。

15、青峰断裂(F15)

在区域内,该断裂由陕西省城口县西延入,总体由北西向转成近东西向,经丰溪、房县、青峰,在石花街与白河-谷城断裂相汇后,东延出图。它是南秦岭断隆变形带和上扬子褶隆变形带的大地构造分界线。主断裂倾向北,倾角 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$,由一系列平行断片组成 $3\sim 5\text{km}$ 的宽带。新构造期以来,该断裂的活动方式和强度各地有明显差异。房县盆地以西,总体表现为左旋逆走滑或继承性挤压变形。强烈抬升形成深切河谷和陡峻的断崖。盆地南缘发育多期次后退性断层三角面,地貌反差千余米;温泉群沿盆地南缘出露,水温 $26^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$;灰白色断层碎粉岩宽达百余米,松散的紫红色片理化断层泥间夹岩屑,宽 40cm 。受北西向房县-安康断裂带左旋走滑控制,房县盆地段以较典型的左旋走滑拉分为特征,跨断层更新世水系左旋扭动。第四纪年代学断层泥SEM法测定值分布于晚更新世时段,TL法测定在 $5\sim 7\times 10^4$ a,本段其最新活动时代为晚更

新世，其余部段为早、中更新世断裂。1742 年曾在房县盆地西缘发生 5 级地震，小震活动亦集中在此段。

16、南漳-荆门断裂 (F16)

走向北北西，全长 180km，构成白垩—古近纪南漳—荆门地堑西缘边界。其南端段切割新近系，并与潜北断裂截切，中段断裂地貌反差鲜明，跨断层水系大多呈右旋扭动形态，松散未胶结破裂带宽约 10 余米，断层泥片理化，SEM、TL 法断层泥测年值分布于早、中更新世。微震、有感震沿断裂展布地带密集分布。

17、襄樊-广济断裂 (F17)

襄樊—广济深大断裂西起襄樊庙滩西，经襄樊南、随州三里岗、孝感、黄冈，止于广济，长约 330km，构成扬子地块（板块）与秦岭—大别造山褶皱系之边界。断裂总体走向 NW，倾向 NE，呈陡倾，第四纪以来表现为正断性质。其黄冈以东段历史上曾有较小中强震发生，断层泥（TL、SEM、ESR 法）测年值分布于早、中更新世；武汉段显示为中更新世地貌面差异达 20—35m，次级断层 SEM 法测年值分布于上新世—早更新世；大洪山北缘段切割早更新世坡积层，断层泥 SEM、ESR 法测年值分布于早、中更新世。2006 年随州三里岗发生 M_L 4.7 级轻破坏地震。它们均显示早第四纪断层活动特征。

18、英店-青山口断裂 (F18)

该断裂是分隔桐柏-大别褶皱带和秦岭褶皱带的区域性大断裂。呈北西向经新城、英店、青山口、黄陂、武湖，向南东可能与扬子北缘断裂相交，向北西过南阳盆地可能与南阳-桐柏-商城深断裂带相连。

实际上，它是一个有数条断层组成的断裂带，总体倾向北东。西段桐柏山群与随县群呈断层接触，白垩-古近系呈线状沿断裂分布，东段青山口、黄陂一带，断裂控制了江汉盆地的北部边界。两侧地貌景观明显不同，北为群峰兀立的山地，南是略有起伏的准平原。断裂带内构造角砾岩、碎裂岩、糜棱岩等动力变质岩发育，有时宽达千米。断裂总体显示压剪性。断裂旁侧或断裂带内有燕山期花岗岩侵入，花园、李集、黄陂和武湖等地有晚白垩世橄榄玄武岩呈北西向沿断裂展布。因此，该断裂可能主要形成于印支-燕山期，为长期活动、性质多变的岩石圈断裂。

晚近时期断裂复活现象明显，表现为变质岩系逆冲在白垩-古近系之上，并因断裂

活动断裂附近红层发生显著褶皱。第四纪，断裂两侧表现为不均衡的断块运动，北侧总体显示上升趋势，南侧则表现为轻度的向南掀斜的特点。从西部顺断裂延伸的水系所反映的左旋扭动变形及历史上断裂附近有弱震发生来看，桐柏-青山口断裂在第四纪早期仍有一定的活动性。

2.5 区域地震地质环境分析

2.5.1 区域地震地质环境特点

区域内涉及 3 个一级大地构造单元，即中朝准地台、秦岭褶皱系和扬子准地台。其中中朝准地台是最为活动的构造单元，但其南部活动性又相对较弱；秦岭褶皱系虽属强烈活动的构造单元，但其东段又相对稳定，扬子准地台是其中较稳定的单元，特别是北部地区稳定性更好。可见，从所处的大地构造部位而言，整个区域没有 7 级以上地震发生。

从地球物理场方面看，区域内重磁异常和地壳厚度三者有较好的一致性，且与地震的空间分布有较好的对应关系。区内存在北西、北西西、近东西向的重、磁异常梯度带和地壳厚度转折带，发生的地震多与这些异常带有关。

新构造时期，区域内不同地区构造运动强烈程度，断裂活动的方式、地震活动等方面有着明显的差别。根据这些差异，本区域划分出 4 个一级新构造单元和 10 个二级构造单元。根据两级构造单元活动特征及其与地震的关系分析，二者有密切的联系：一、二级新构造分区界线是地震发生的主要场所，凹陷内下沉最强烈的部位是地震发生的场所，如南阳发生的 $6\frac{1}{2}$ 级地震与该区的强烈下沉有关；凸起内局部下沉的部位也是地震发生的场所。

2.5.2 中强震发生的构造条件

不同强度地震发生的构造条件有着明显的差异。根据区域范围内的新构造、地球物理场、断裂活动性特征等，归纳出下面区域内地震发生的构造条件。

1) $M=6\sim 6.9$ 级地震发生的构造条件：

- ①具备发生 $M\geq 7$ 级地震的构造条件，同样会发生 $6\sim 6.9$ 级地震；
- ②重、磁异常带和地壳厚度转折带容易发生这一级别的地震，如南阳 $6\frac{1}{2}$ 级地震；
- ③一、二级新构造分区界线是这一级别地震的发生带；

④晚更新世断裂是这一级别地震发生的重要条件；

⑤少数早、中更新世断裂历史上也曾发生过强震，如许昌-太康断裂上曾发生过许昌 6 级地震；

2) $M=5\sim 5.9$ 级地震发生的构造条件：

①发生过 $M\geq 6$ 级地震的地区容易发生这一级别的地震；

②地球物理异常带是这一级别地震发生的重要场所，如鄢陵 $5\frac{3}{4}$ 级地震、项城 $5\frac{1}{2}$ 级地震等即发生在这类异常带上；

③新构造运动差异带；

④早、中更新世活动的隐伏断裂可能与这一级别的地震有关；

⑤现代地壳形变的下沉中心也会发生这一级别地震如南阳的 $6\frac{1}{2}$ 级地震和 $5\frac{1}{4}$ 级地震与南阳下沉中心地有关等。

2.5.3 区域地震构造综合分析

1、区域内涉及三个一级大地构造单元，即中朝准地台、秦岭褶皱系和扬子准地台。中朝准地台是最为活动的构造单元，但其南部活动性又相对较弱；扬子准地台北部的江汉地区是一个相对稳定的地块；秦岭褶皱系虽属强烈活动的构造单元，但其东段又相对稳定，工程场地所处的区域稳定性较好，没有 7 级以上强震发生。

2、地球物理场方面看，区域内重、磁异常和地壳厚度三者有较好的一致性，且与地震的空间分布有较好的对应关系。区内存在北北东、北西西、近东西向的重、磁异常梯度带和地壳厚度转折带，发生的地震多与这些异常带有关。

3、本区新构造运动具有明显的分区特点，这些新构造单元的界线多以断裂为界，构造单元活动特征与地震活动关系密切。因此控制一、二级新构造分区界线的断裂带往往是地震发生的主要场所。

4、区域内中强震大多发生在北西向和北西西向第四纪活动断裂与近东西向或北东向第四纪活动断裂的交汇部位。区域地震构造中，北西向的朱夏断裂和近东西向的许昌-太康断裂等它们与其它方向活动断裂交汇处，符合 6.0~6.9 级地震的发震构造条件，具有发生 6.0~6.9 级地震的背景。

3 近场地震构造

依据《工程场地地震安全性评价》（GB 17741-2005），近场区指不小于工程场地及其外延 25km 的范围，以此作为分析近场区地震构造条件的基础工作。以下分析近场区地貌与第四纪地层、新构造运动特征的基础上，分别对工程场址区内的主要断裂活动性进行鉴定。

3.1 近场区地质概况

工程场地所处地貌单元为黄淮冲积平原，场地地形平坦。本区第四系发育，下更新统隐伏于南阳盆地，中更新统分布于平原冲洪积扇及带状河流的高阶地上，上更新统以洪冲积物为多见，全新统主要为沿河道发育的冲积物。

3.1.1 下更新统 (Q_p^1)

近场区未见下更新统出露，均被上覆地层所覆盖。主要岩性为灰绿色钙质粘土、棕红色含砾亚粘土等。与下伏地层均为角度不整合接触。

3.1.2 中更新统 (Q_p^2)

主要分布于近场区西南部，主要为河流冲积湖积相成因，岩性为橙黄色、棕红色粘土，结构致密、坚硬，含铁锰质结构。

3.1.3 上更新统 (Q_p^3)

主要分布于近场区广大平原区及区内较大河流两侧，形成平坦的 II 级阶地，冲积相沉积。岩性下部为灰褐色砂石层、砂层及粉砂层，局部为粉质粘土夹钙质结核。上部为褐黄色黄土状粉土、粉质粘土及灰褐-灰黑色粉质粘土，局部为粘土，含钙质结核或钙质层。

3.1.4 全新统 (Q_h)

分布于白河、唐河、潦河、湍河及其它河流两侧及支流中，构成河流 I 级阶地和河床，属冲积相成因，下部岩性为褐黄色及褐色砂土及粉质粘土，局部含小砾石和粗砂层。上部岩性为黄色粗砂、细砂、粉砂。局部夹有淤泥及砂砾石层。

3.2 近场区地质地貌特征

工程场地所处地貌单元为黄淮冲积平原，场地地形平坦（图 3.2.1）。

南阳盆地为南深北浅的箕状盆地。盆地内绝大部分被第四系覆盖。盆地由白垩系上统胡岗组、古近系玉皇顶组、大仓房组、核桃园组、寥庄组和新近系组成。白垩系上统胡岗组沿盆地边缘出露。新、古近系在区内零星分布，地表主要出露新近系，分布于盆地北缘山前地带。地层均向南倾斜，倾角一般在 15° 以下。



图 3.2-1 近场区地貌分区

3.3 近场区新构造运动分区

近场区新构造单元主要涉及南襄拗陷。该盆地是燕山运动晚期形成的伸展断陷盆

地，晚白垩世以来的最大沉积厚度约 5000m。盆地基底由于受北西西、北东等多组裂切割、控制，又进一步划分出南阳凹陷、新野凸起和襄枣凹陷等次级构造。古近纪红层岩相带因此产生北东向分异现象。新近纪河湖相地层沉积过程中，由于新野断裂等活动影响，沉积中心呈近东西向分布，断裂南、北侧沉积厚度差异明显。如邓县、新野附近，新近系厚达 800m，而南侧一般小于 600m。

南襄拗陷早更新世以河湖相沉积为主。中更新世晚期，该盆地普遍抬升，现今盆缘所见的冲洪积低丘或垄岗即为此期的产物。晚更新世以来，整个盆地呈现由北向南的掀斜运动，使前期的水系变成总体同向的近平行水系并形成 2-3 级阶地。总之，第四纪时期南襄断陷沉降幅度不大，沉降中心在新野东北和社旗北侧，沉积厚度最大仅百余米，等厚线呈北东向延伸。公元 46 年在断陷北缘曾发生南阳（6 $\oplus$ 级）地震。

南阳—襄樊盆地第四纪沉积物主要为冲积—湖积相沉积，其边缘尚有冲积—洪积和坡积—洪积层分布，沉积厚度 10~30m，盆地中心厚 30~100m。中更新世尚有洞穴堆积，含丰富的旧石器。

3.4 近场区主要断裂的活动性研究

近场区内基本为第四系所覆盖，断裂活动性则主要由南阳市活断层探测项目、石油物探、水文地质、河流地貌等资料综合分析确定。场区范围内的主要断层有商丹断裂、内乡断裂和新野断裂（表 3.4.1、附件二）。

表 3.4.1 近场区主要断裂基本属性表

断层 编号	断层名称	产 状			最新活动 时代	最新活动性 质	距工程场地 最近距离 (km)
		走向	倾向	倾角			
1	商丹断裂	NWW	N	70°	Q ₂	正断走滑	6.0
2	山阳-内乡断裂	NWW	20°~40°	35~75°	Q ₁₋₂	正断	28.2
3	新野断裂	NWW-NEE	N	60-75°	前Q	正断	41.2

3.4.1 商丹断裂（盆地隐伏段）

中国地震局分析预报中心（1994）、中国地震局地球物理研究所（2007），北京中震创业工程科技研究院（2009）在基岩出露区对该断裂先后做过较深入的野外地震地质调查，中国地震局地球物理研究所（2007）对南阳盆地隐伏段进行过一定的（纵、横波）浅层地震勘探工作。

近场区该断裂的主体为盆地隐伏段：大致以白河为界，白河以西为其北支，白河以南为其南支。

白河北段：石油系统常从控制古近系拗陷边界的角度把它归属于南阳-方城弧形断裂的西段，在编制近场区地震构造图的过程中，则从不同方向，断层性质不同的角度出发，把该段从石油上南阳-方城弧形断裂中分解出来，归为北西向商丹断裂的北段一部分。

该段从镇平县的陈沟至南阳市西南的候屯，走向北西西，断层上陡下缓，正断性质，至少有三条石油物探剖面控制断层的走向与展布位置。南阳核电项目的浅层物探纵、横波剖面显示上断点进入中更新统，（江苏省工程物理勘察院，中国地震局地球物理研究所，2007）。

白河南段商丹断裂禹桐段，石油系统常称它为禹王店-桐寨铺断层，或直接称其为商丹断裂，它控制南阳盆地内北部浅凹区和南部深凹区的基底性断层。北端点受商丹断裂北段所限，它起于白河西，过白河，经禹王店、桐寨铺、唐河，与唐河-溧河断层相连，总体走向 NWW，成为商丹断裂在南阳盆地内的主要延伸组合。

石油地震测线时间剖面上（图 3.4-1a），商丹断裂从前新生界基底延入古近系、新近系而进入第四系，地层断错现象明显，由于断层的长期活动，使得两侧的地层断错特征对比鲜明，这几条剖面断层特征非常相似，成为南阳盆地内一个控制局部地堑的边界断裂，除一条测线显示出逆断性质，其它段显示为正断性质，断层明显错断 N 的底界而进入第四系。

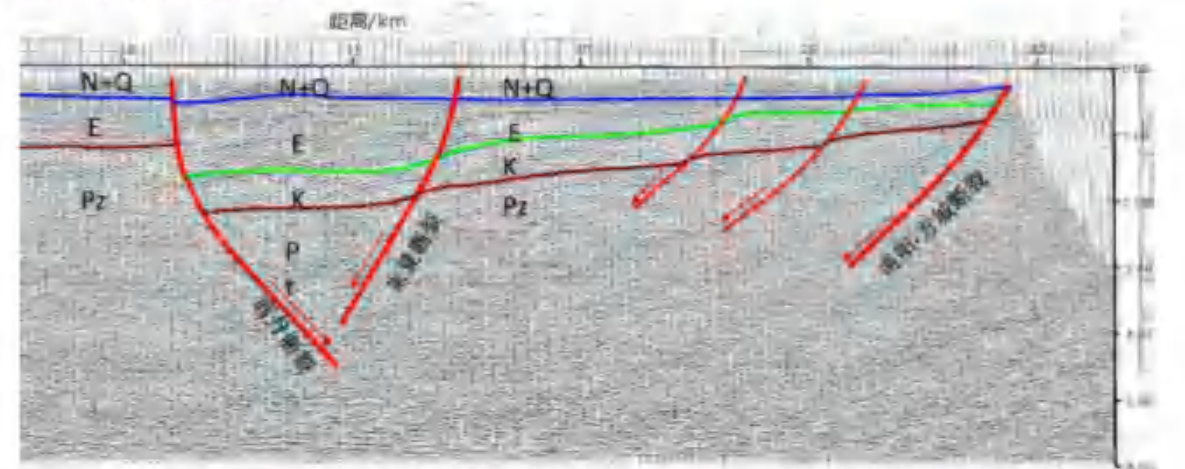


图 3.4-1a NE-6 号石油测线时间剖面(河南油田勘探开发研究院资料)

近场区有多条浅层人工地震勘探测线（南阳活断层项目的 FYC、LHZ、XDC、CZNL-2、ET、HTG、CZL 线及南阳核电项目的三条测线），浅层人工地震探测结果显示正断性质明显。图 3.4-1b 为辛店村测线的反射波时间剖面图，根据反射波场特征，在剖面上解释了 7 组反射震相，与方营测线、潦河测线剖面相比，商丹断裂主断点两侧对应地层反射特征一致。剖面断错地层情况：根据反射波组特征和断层判别依据，在该剖面上解释了 2 个断点，分别以 FP9、FP10 标识。

FP9 为正断层，在剖面上向东倾，视倾角约 70° ，其可分辨的上断点在地面上的垂直投影点位于测线桩号 229m 附近，埋深约为 100~105m，在该深度上它的垂直断距约为 2~3m。FP10 为正断层，在剖面上向西倾，视倾角约 74° ，其可分辨的上断点在地面上的垂直投影点位于测线桩号 583m 附近，埋深约为 38m，在该深度上它的垂直断距约为 2~3m。

根据 FP9、FP10 所处的空间位置，它们所错断的地层界面埋深以及剖面反射波组特征，证明它们和方营村剖面上的 FP1、FP2，潦河镇剖面上的 FP5、FP6，同属于商丹断裂在地震剖面上的反映。

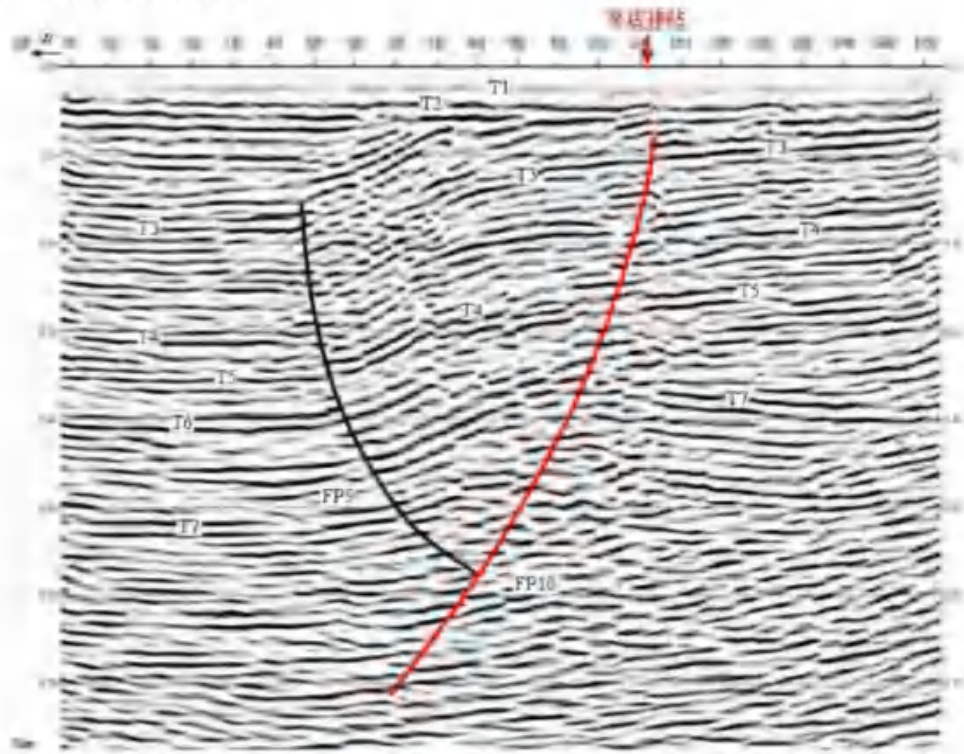


图 3.4-1b 辛店村测线反射波时间剖面图(道间距 1m)

图 3.4-1c 为二屯测线的反射波时间剖面图，显示地下反射信息非常丰富。根据反

射波场特征，在该剖面上共解释了 7 组特征明显的地层反射，分别以 T1~T7 标出。根据反射波组特征和断层判别依据，在该剖面上解释了 2 个断点，分别以 FP18、FP19 标识。

FP18 为正断层，在剖面上向北倾，倾角约 55° ，其可分辨的上断点在地面上的垂直投影点位于测线桩号 357m 附近，埋深约为 90~95m，在该深度上它的垂直断距约为 3~5m。

FP19 为正断层，在剖面上向北倾，倾角约 69° ，其可分辨的上断点在地面上的垂直投影点位于测线桩号 1590m 附近，埋深约为 25m，在该深度上它的垂直断距约为 2~3m。

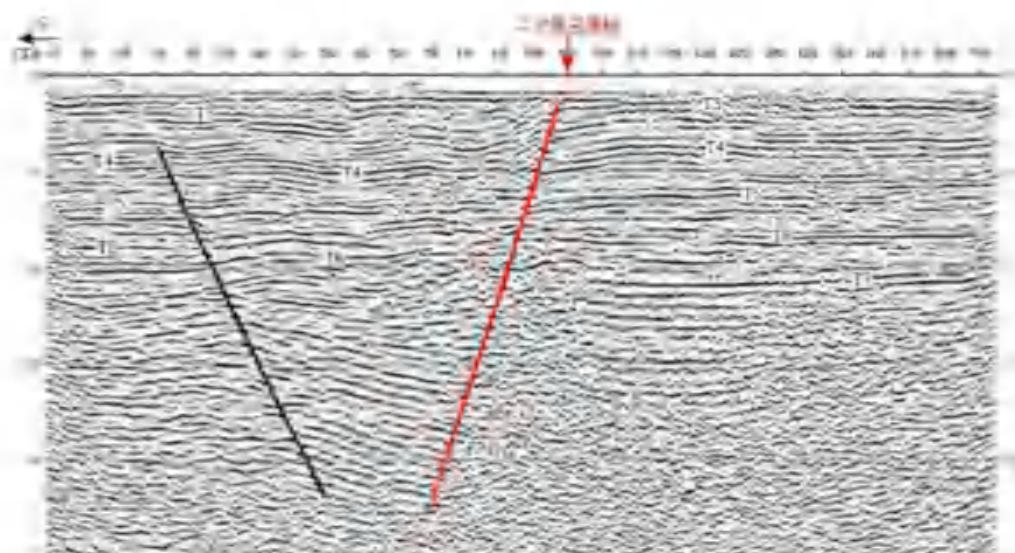


图 3.4-1c 二屯测线反射波时间剖面图(道间距 3m)

根据 FP18、FP19 所处的空间位置、它们所错断的地层界面埋深以及剖面反射波组特征，证实它们属于商丹断裂白河南段在二屯剖面上的反映。

四个钻探剖面（钦田、二屯、李庄、辛店）确定的断层上断点埋深分别是 14.9~19.0m、14.4~18.3m、12.0~16.0m（图 3.4-1d）、14.9~19.0m，位于中更新统的中上部，地层年代对比，说明该断裂最新活动时代为中更新世中晚期（中国地震局地质研究所；河南省地震局；南阳市地震局，2012）。

尽管浅部人工地震勘探显示该断裂为正断性质，但从深部结构特别是石油剖面上来看，该断裂显示为花冠状构造（据刘绍龙等，1999），因此结合断层倾向多变和力学性质多变以及水系通过断裂同步转弯现象，均反映出该断层的走滑性质，形成局部

拉分、局部挤压逆冲的特点。例入，南阳西南角、唐河附近，石油剖面显示出该断裂典型逆冲性质（图 3.4-1e、图 3.4-1f），由多个分支组成，主断层倾向南西。而基岩区断裂的线性特征明显，沿断裂带基岩区河流冲沟有左扭现象；隐伏区通过断层的潦河、白河水系表现有同步转弯现象，这些特征表明断裂活动以左旋走滑为主，这一方式与现代应力场下区域上北西向断裂的运动方式协调。

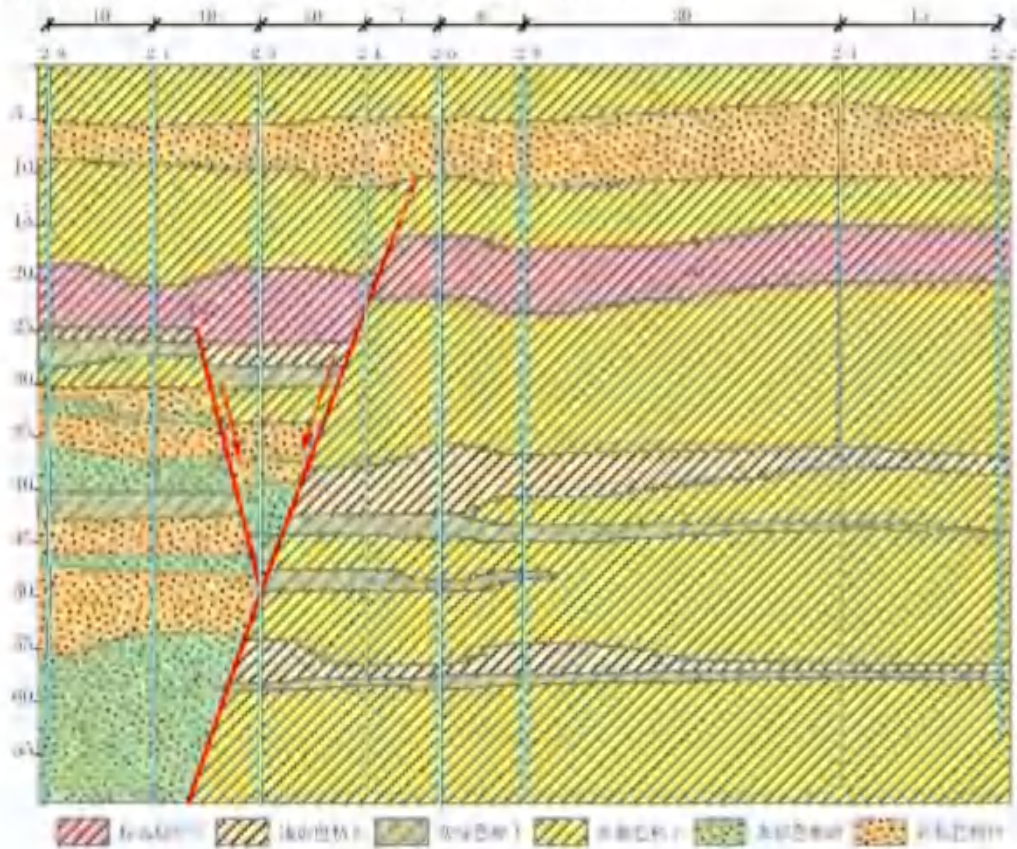


图 3.4-1d 李庄钻孔联合探测地质剖面图



图 3.4-2e NE-9 号石油测线时间剖面(河南油田勘探开发研究院资料)

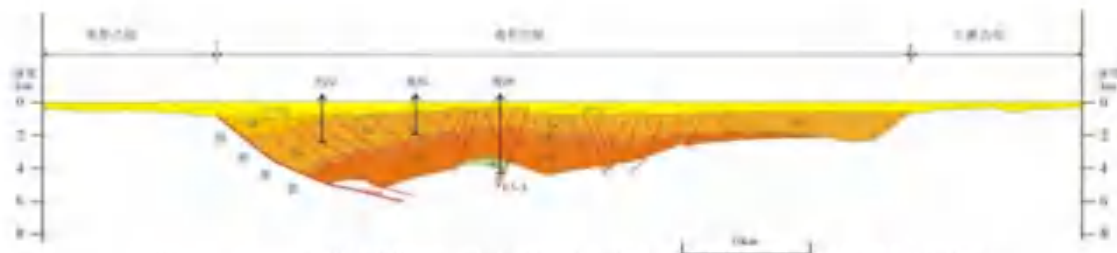


图 3.4-1f 南阳拗陷南北向基干剖面 03 线地震反射解释剖面

（图中 F3-3 为商丹断裂）

3.4.2 山阳—内乡断裂

该断裂西起陕西省柞水县西北，经山阳县、西峡、内乡，向东隐伏于南阳盆地，总体上呈北西西向展布。西坪以西称山阳断裂，呈近东西向波状延伸，西坪以东习惯上称为西峡—内乡断裂或者水家垭—内乡断裂，该段平面上呈折线状，由北西向逐渐向南偏转为北西向，西峡西至内乡东，该断裂控制了西峡红色盆地的南界，在卫星影像上表现较为明显。

山阳段，在卫星影像上线性特征明显，尤其在山阳盆地，明显为南北两支，控制山阳盆地的南北边界，山阳至竹林关段槽探工作表明该段最新活动时代为中更新世（陕西省地震局，2011）。

西坪至重阳的埧里营一带，地貌上两侧为泥盆系片岩构成中低山地，南高北低，断层控制一近东西向沟谷。在朱家庄西由于岩土滑塌揭露出一断面，断面走向近东西，主体倾向北，断面呈波状，有多组擦痕和阶步，近水平向的擦痕更明显，擦痕和阶步指示左滑。

在重阳乡上河村东，由泥盆系片岩构成的中低山和由白垩系红色泥岩-砂砾岩构成的丘陵，断层成为二者的地貌分界（图 3.4-2a），同时在白垩系红色泥岩-砂砾岩内部，在次级台地面的前缘，也发育平行正断层与走滑断层。

2009 年，中国地震局地球物理研究所西峡以东对该断裂开展了野外地震地质调查工作，在西峡火车站与黄家营村附近获得的断层剖面（图 3.4-2b、图 3.4-2c）均显示该断裂没有断错中-上更新统地层。

该断裂从内乡县南隐伏于第四系覆盖物之下。区内倾向 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ，倾角 $35^{\circ} \sim 75^{\circ}$ ，呈北西西向展布。近场区主要涉及到它的盆地隐伏段（石油系统称该段为内乡—桐柏断裂）

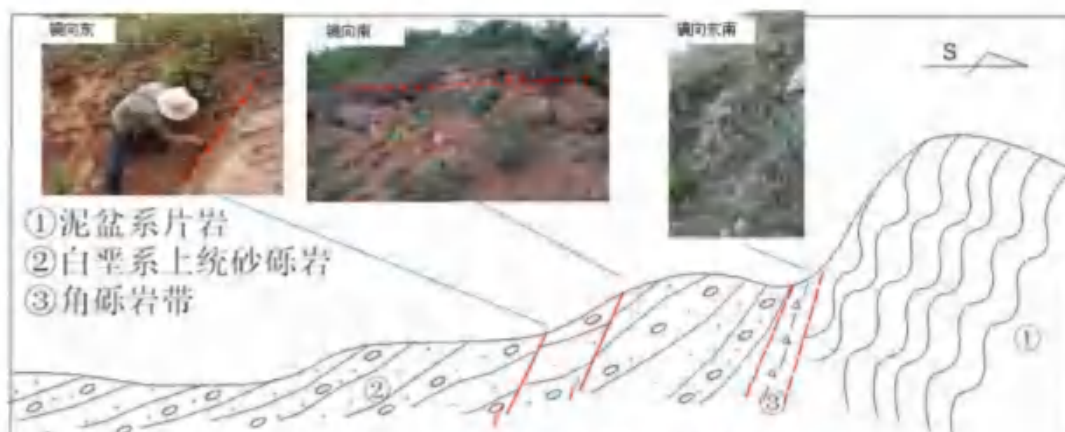


图 3.4-2a 上河村断层剖面素描图

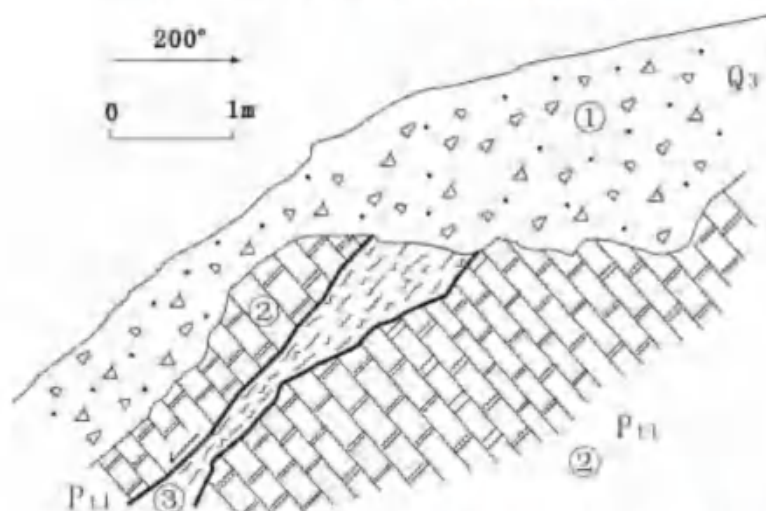


图 3.4-2b 西峡火车站南断裂剖面（中国地震局地球物理研究所，2009 年）

①上更新统残坡积砂砾石层；②下元古界白云质灰岩；③断层破碎带。

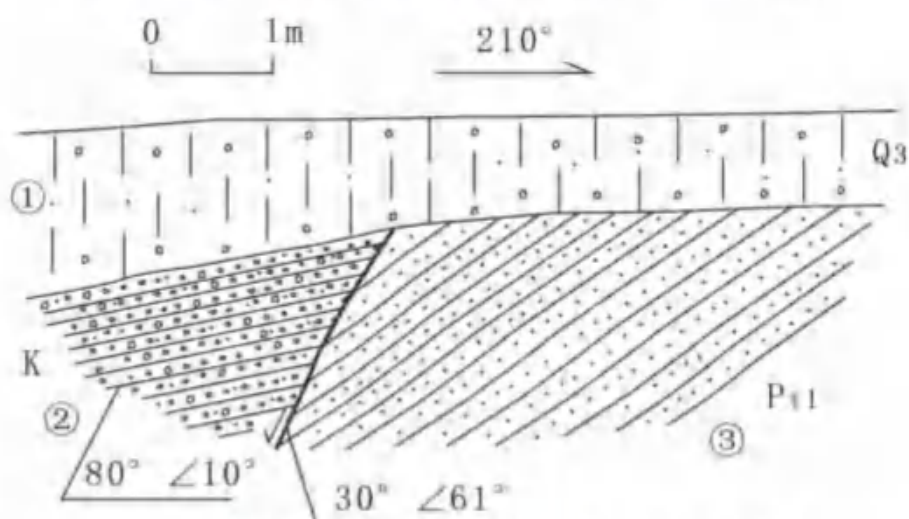


图 3.4-2c 黄家营村剖面素描（中国地震局地球物理研究所，2009 年）

①晚更新世紫红色砂砾石夹粘土层；②紫红色白垩系砂砾岩；③下元古界变质砂岩。

该断裂的构造发展历史与商丹断裂类似，但在印支期控制着的三叠系的沉积后，断层转为挤压性质，并伴有酸性岩浆的侵入，燕山期沿断裂发育酸性侵入岩，断通过

处均有较强的挤压现象，糜棱岩化与片理化明显。新构造时期，断层表现出一定的活动性，内乡以西，断裂对地貌发育有明显的控制作用，卫星影像中线性构造特征清晰。

在内乡以东，它隐于第四系之下，据南阳盆地北部的局部石油物探剖面（图 3.4-2d、图 3.4-2e）有明显的断层显示；在河南油田整个三维工区内，该断裂在沉积盖层中没有显示，所以在南阳盆地内，该断裂白河以东多表现为基底断裂存在。另据其北边一些断裂的浅层地震探测等资料推测（中国地震局地球物理研究所，2007），它可能影响到第四系底部。因此推测该断裂为早—中更新世活动断裂。

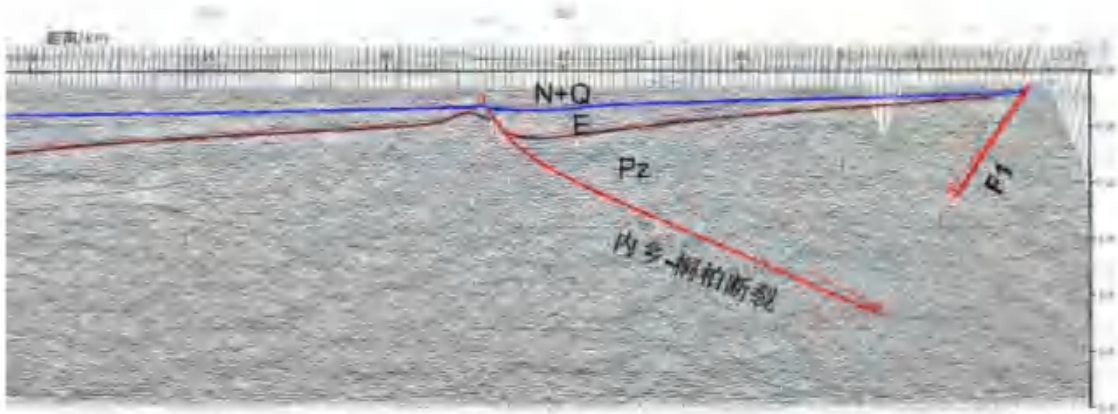


图 3.4-2d NE-1 石油地震测线时间剖面显示的木家垭—内乡断裂

(河南油田勘探开发研究院资料)

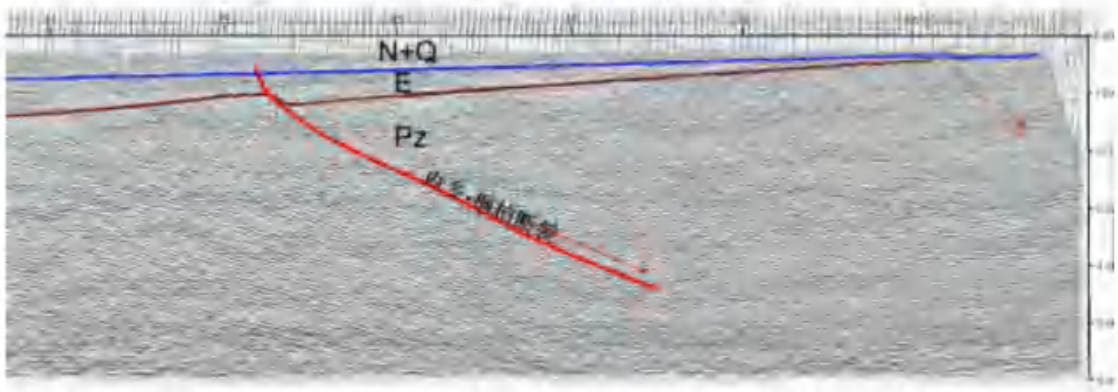


图 3.4-2e NE-2 石油地震测线时间剖面显示的木家垭—内乡断裂

(河南油田勘探开发研究院资料)

3.4.3 新野断裂

该断裂隐伏于南襄盆地内的邓县、新野一带，走向北西西—北东东，向南凸出呈弧形分布，为一倾向北的张性正断层，长约 120km。该断裂是南阳凹陷与新野凸起的分界断裂。该断裂呈“之”字型，古近纪伴随南阳凹陷强烈断陷构造环境下追踪基底断层而形成，在石油剖面上陡下缓，呈铲形，交于盆地基底之中（图 3.4-3a、图 3.4-3b、

图 3.4-3c)。

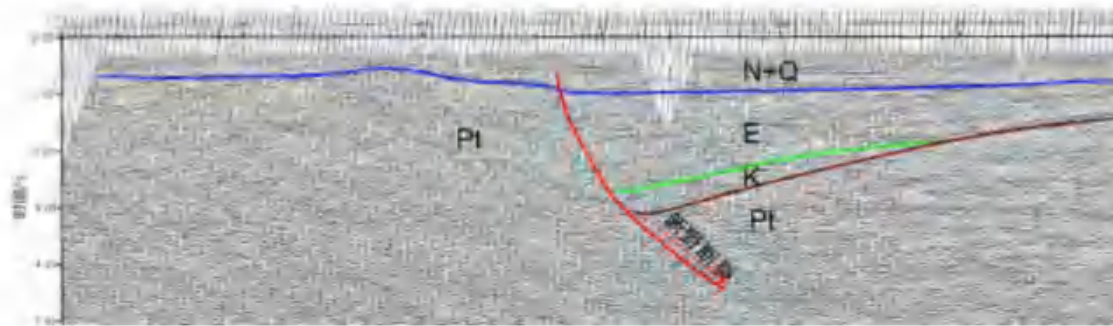


图 3.4-3a NE-1 号 石油测线时间剖面(河南油田勘探开发研究院资料)

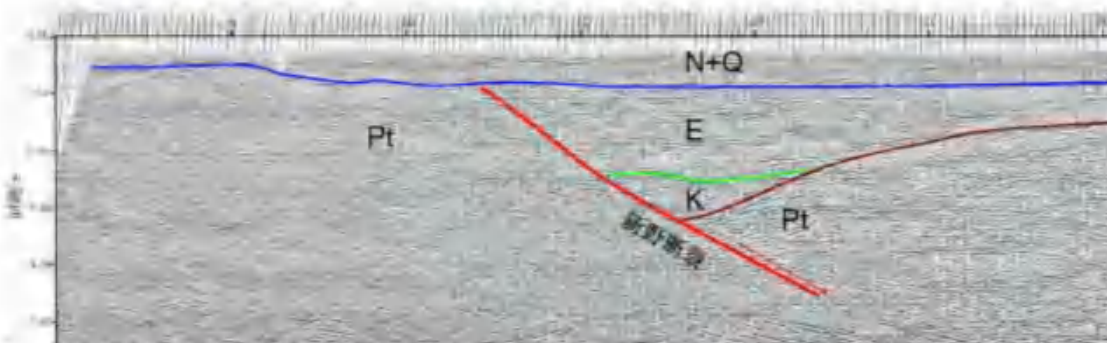


图 3.4-3b NE-2 号 石油测线时间剖面(河南油田勘探开发研究院资料)

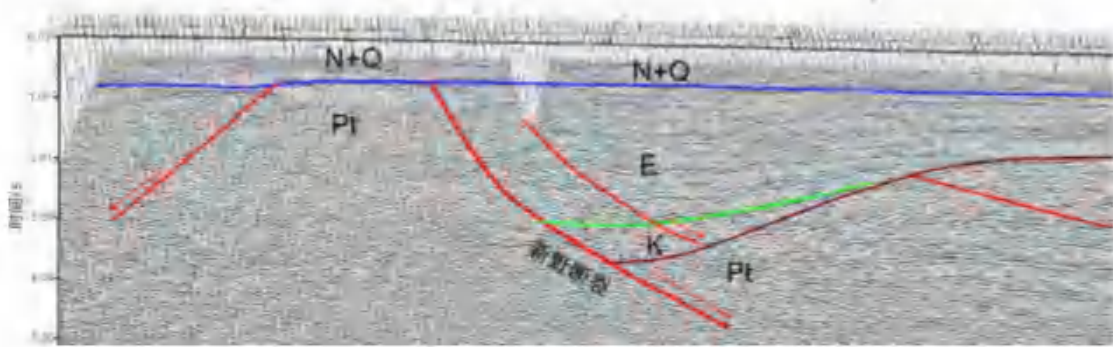


图 3.4-3c NE-2 号 石油测线时间剖面(河南油田勘探开发研究院资料)

断裂两侧地层差异明显，白垩—古近系在北盘厚 5000m，南盘仅 500~1000m。据钻孔资料，断裂北侧新近系厚 600~800m 以上，第四系 100m 左右；南侧新近系厚 400~600m，第四系在 100m 以下。可见该断裂新构造期有一定的活动性，但第四纪活动不明显，从石油剖面上看，除西部最新上断点进入新近系外（图 3.4-3a），其余上断点没有进入新近系（图 3.4-3b、图 3.4-3c）。邓县附近曾有过弱震活动，不过断裂与现代中强以上地震关系不明显。

综合分析认为，新野断裂为南阳盆地与襄樊盆地的分界断裂，为一前第四纪张性

正断层，从整个新生代断裂的活动趋势下看，古近纪为其强烈活动期，新系纪明显已趋于稳定，第四纪断层活动已经不明显，为前第四纪断裂。

3.5 近场地震构造综合评价

根据近场区地震地质、新构造单元分区特征和近场区主要断裂活动特征的分析，结合区域地震构造研究成果，对近场区地震构造综合评价如下：

1、近场区均为第四系所覆盖。近场区新构造单元主要涉南襄坳陷，近场区新构造活动以较弱的差异升降运动为主。

2、场区以北西向断裂为主，存在二条第四纪活动断裂，分别是商丹断裂和山阳-内乡断裂，它们均为早中更新世活动断裂。近场区外围历史上发生了南阳 6 $\oplus$ 级破坏性地震。结合区域地震条件分析及新构造环境，认为近场区存在发生 6 级左右地震的构造条件。

4 地震危险性分析

按照《工程场地地震安全性评价》(GB17741—2005)的要求,本章采用综合概率分析方法,对工程场区进行地震危险性分析。其内容是,依据区域及近场区的地震地质和地震活动性的研究成果,划分潜在震源区并确定其地震活动性参数,利用综合概率分析方法及地震动衰减关系进行工程场地的地震危险性概率计算。

4.1 地震危险性分析方法概述

本项目采用了《工程场地地震安全性评价》(GB 17741-2005)规定的概率地震危险性分析方法,其主要特点在于考虑了地震活动的时空不均匀性。其基本思路和计算方法概述如下:

① 首先确定地震统计单元(地震带),以此作为考虑地震活动时间非均匀性、确定未来百年地震活动水平和地震危险性空间相对分布概率的基本单元。地震统计区内部地震活动在空间和时间上都是不均匀的。

地震统计区内地震时间过程符合分段的泊松过程。令地震带的震级上限为 m_{uz} ,震级下限为 m_0 , t 年内 $m_0 \sim m_{uz}$ 之间地震年平均发生率 V_0 , V_0 由未来的地震活动趋势来确定,则统计区内 t 年内发生 n 次地震的概率:

$$P(n) = \frac{(V_0 t)^n}{n!} e^{-V_0 t} \quad (4.1-1)$$

同时地震统计区内地震活动性遵从修正的震级频度关系,相应的震级概率密度函数为:

$$f(m) = \frac{\beta \exp[-\beta(m - m_0)]}{1 - \exp[-\beta(m_{uz} - m_0)]} \quad (4.1-2)$$

其中, $\beta = b \ln 10$, b 为震级频度关系的斜率。实际工作中,震级 m 分成 N_s 档, m_j 表示震级范围为 $(m_j \pm \frac{1}{2} \Delta m)$ 的震级档。则地震统计区内发生 m_j 档地震的概率:

$$P(m_j) = \frac{2}{\beta} \cdot f(m_j) \cdot Sh(\frac{1}{2} \beta \Delta m) \quad (4.1-3)$$

② 在地震统计区内部划分潜在震源区,并以潜在震源区的空间分布函数 f_{i,m_j} 来反映各震级档地震在各潜在震源区上分布的空间不均匀性,而潜在震源区内部地震活

动性是一致的。假定地震带内共划分出 N_s 个潜在震源区 $\{S_1, S_2, \dots, S_{N_s}\}$ 。

③ 根据分段泊松分布模型和全概率公式，地震统计区内部发生的地震，影响到场点地震动参数值 A 超越给定值 a 的年超越概率为：

$$P_k(A \geq a) = 1 - \exp\left[-\frac{2V_0}{\beta} \cdot \sum_{j=1}^{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} \iiint P(A \geq a | E) \cdot f(\theta) \cdot \frac{f_{inj}}{A(S_i)} \cdot f(m_j) \cdot Sh\left(\frac{1}{2}\beta\Delta m\right) dx dy d\theta\right] \quad (4.1-4)$$

$A(S_i)$ 为地震统计区内第 i 个潜在震源区的面积， $P(A \geq a | E)$ 为地震统计区内第 i 个潜在震源区内发生某一特定地震事件（震中 (x, y) ，震级 $m_j \pm \frac{1}{2}\Delta m$ ，破裂方向确定）时场点地震动超越 a 的概率， $f(\theta)$ 为破裂方向的概率密度函数。

④ 假定共有 N_z 个地震统计区对场点有影响，则综合所有地震统计区的影响得：

$$P(A \geq a) = 1 - \prod_{k=1}^{N_z} (1 - P_k(A \geq a)) \quad (4.1-5)$$

下文将就本次概率地震危险性分析各环节所需参数的确定进行论述，并根据本次工作所得到的计算参数，给出场地概率地震危险性分析的结果。其中地震统计区（地震带）划分在前面有关章节已经论述，这里将仅就研究区域内潜在震源区划分、地震统计区及潜在震源区地震活动性参数的确定进行详细论述。

4.2 潜在震源区的划分

4.2.1 潜在震源区划分原则

潜在震源区是指未来具有发生破坏性地震潜在可能的地区。

目前，划分潜在震源区主要依据地震重复和地震构造类比两条原则。

（1）地震重复性原则：认为历史上发生过破坏性地震的地方，将来仍有可能发生类似的地震。历史地震的地点和强度是估计未来潜在震源区的重要依据之一。一般情况下，各潜在震源区震级上限不应低于区内最大历史地震震级，在历史地震记载比较充分的情况下，可以历史上发生的最大震级作为震级上限，在历史地震资料不完整的地区，可考虑历史地震最大震级加半级作为震级上限。此外，还需要研究近期的地震活动性，通过近期强震活动以及相关的小震活动和图像特征分析，以增加判定潜在震源区的依据。

（2）地震构造类比原则：地震构造条件相同地区，其发生地震的可能性也相似。这些地区历史上虽然没有破坏性地震记载，但与已发生过破坏性地震的地区构造条件类似，也划为潜在震源区。因此，可依据前章所列的本区域强震构造标志来划分潜在

震源区。此外，活动断裂的分段性及古地震遗迹均是划分潜在震源区的重要基础资料。

潜在震源区边界和宽度的确定，一般是依据活动断裂的展布范围、几何特征、力学性质、产状、断陷盆地范围等进行圈定。同时还应考虑历史地震、古地震等资料，大震后余震分布范围以及现今小震分布范围。潜在震源区长度和分段边界是以断裂结构、活动强度的差异，地震地表破裂带的展布和中止位置来确定的。

4.2.2 潜在震源区划分及其震级上限的依据

工作区位于华北地震区内，因此本节重点介绍华北地震区确定潜在震源区及其震级上限的依据。

(1) 根据历史地震确定不同震级上限的潜在震源区：

一般说来，凡历史上发生过破坏性地震的震中区均划为潜在震源区，其震级上限一般是在历史地震最大震级上加一个增量（0.25~1级），多数是将历史地震最大震级加 0.5 级。某一潜在震源区震级上限到底比历史地震的最大震级增大多少为宜，视其地震活动性和构造活动性的具体情况而定。但当历史地震 ≥ 8 级时，则震级上限就采用历史地震震级。

(2) 根据活动构造规模和活动性确定不同震级上限的潜在震源区：

a. 8.5 级地震仅发生在挤压走滑型的活动块体边界深大断裂上，如沂沭断裂带上晚更新世和全新世有明显活动的断裂。

b. 8 级地震仅发生在大型活动断裂带和断陷盆地带上，如鄂尔多斯断块周边断陷带、郯庐断裂带、北京—渤海断裂带，其发震构造大多为北北东走向的全新世或晚更新世的活断裂。该断裂多斜穿断陷带或作为控制盆地发育的主断裂。

c. 7.5 级地震的发震条件是除在上述具备发生大于、等于 8 级地震的地区内可以发生 7.5 级地震外，在华北平原和山区交接地带的断裂上也能发生这类地震，如 1830 年的磁县地震。此外在一些规模较大、活动性较强的次一级断块周边活动带上，如内黄隆起和渤中断陷周边地带，也可发生 7.5 级地震。7.5 级潜在震源区和 ≥ 8 级潜在震源区均分布在潜在震源带上，在潜在震源带之外几乎无这些高震级上限的潜在震源区。

d. 7 级地震的发生有较大的局限性，基本上都发生在潜在震源带上，它与 7.5 级地震的构造条件差别在于构造规模、构造活动性和具体的构造部位，如内黄隆起周边断裂带大多划为 6.5 级和 7 级潜在震源区，而两组断裂带交汇区则定为 7.5 级潜在震源区。在断陷盆地内主要考虑断陷盆地第四纪以来的沉降速率和盆地构造的复杂性。在燕山、河淮等地区也有少数震级上限为 7 级的潜在震源区。

e. 6.5 级地震的构造条件也具有一定的局限性，大多数这类地震都发生在 $\geq$ 级地震活动的强震带内，少数 6.5 级地震发生在燕山、河淮、辽东地区。在 ≥ 7 级地震活动的强震带内，6.5 级地震大多发生在构造活动相对较弱的地带或地段。相反，在前述燕山、河淮、辽东等几个地区内，6.5 级地震又往往发生在区内构造活动相对较强、结构较复杂的地区，尤其是构造交汇处。

f. 6 级地震分布的范围比较广泛，在强震带内和弱震区内都有分布。在华北地区地震活动性相对较弱的鲁西地区、河淮地区、甚至在太行山隆起区都有 6 级左右地震发生，这显然与这些地区的局部活动构造有关。

(3) 根据地球物理场特点确定潜在震源区：

a. $M \geq 7$ 级地震多发生在以下的地球物理场变异带：

①上地壳高导层隆起两侧和隆起宽度发生急剧变化地带；

②下地壳和莫霍面显著变化地带，莫霍面隆起的斜坡带或莫霍面区域性倾斜方向发生变化的地带；

③上地幔温度横向变化较大的地带；

④区域重力异常梯度带和磁异常梯度带；

⑤壳内低速层明显加厚地带。

b. $M < 7$ 级地震除发生在上述地带内，也可发生在地球物理场变化平稳、结构较均一的地区。

4.2.3 潜在震源区划分结果

以第五代地震动参数区划图潜在震源划分综合方案的基础上，依照新一代全国地震动参数区划图潜在震源划分方案对本地区潜在震源区划分进行了修订，形成了本次工作地震危险性分析中所使用的潜在震源区划分方案，给出了区域范围内潜在震源区分布图（图 4.2-1）。

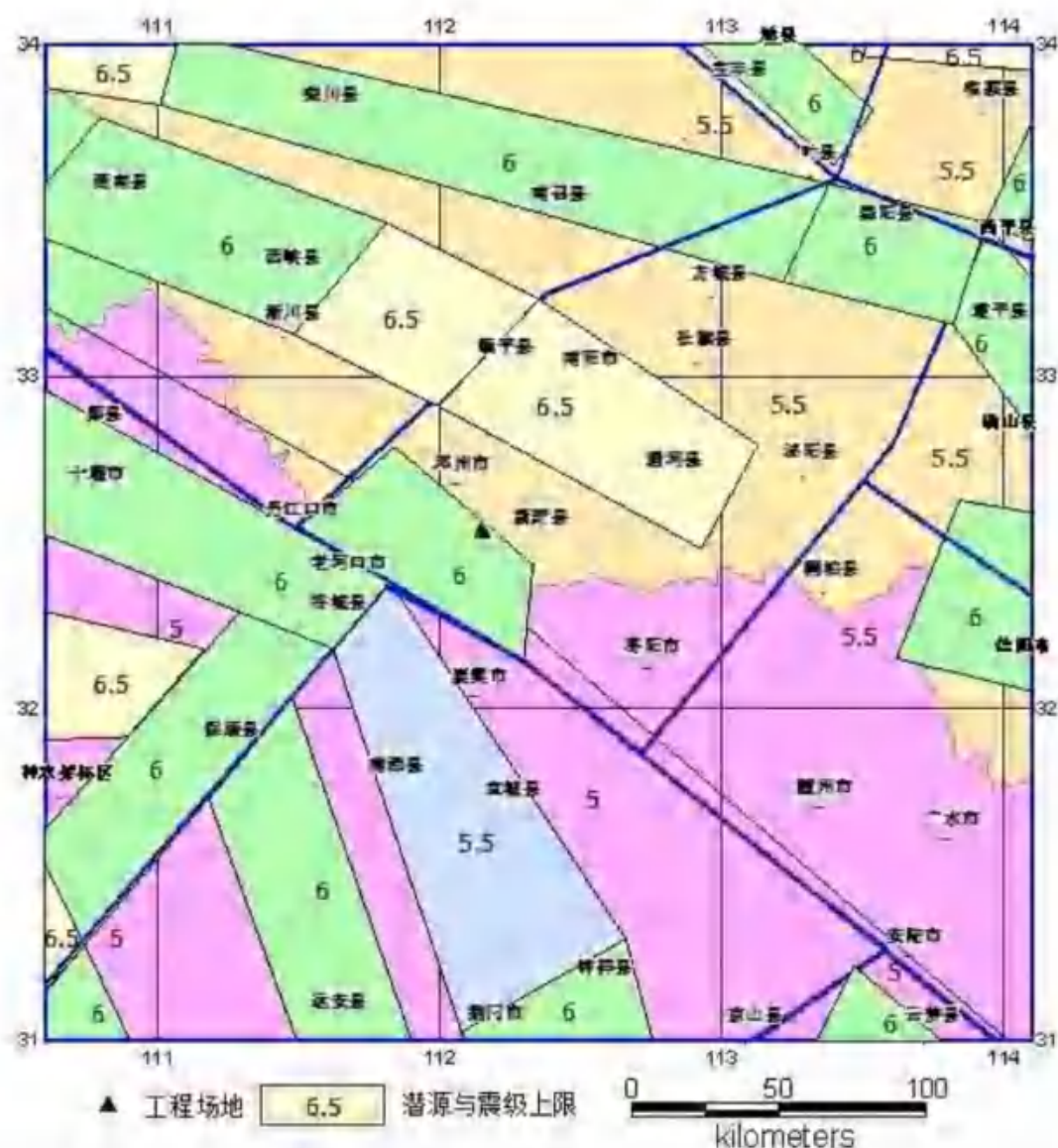


图 4.2-1 区域范围内潜在震源区分布图

对场地影响较大的几个潜在震源区特征简述如下：

(1) 南阳潜在震源区和内乡潜在震源区（潜源区编号 1、2）

在潜源区内第四纪断裂主要存在北西向的朱阳关 - 南阳 - 桐柏断裂、尚南 - 南阳断裂和西峡 - 内乡断裂。朱阳关 - 南阳 - 桐柏断裂是一条规模较大的深大断裂。西起兰田，向东经朱阳关、南阳，止于桐柏大河一带，长约 350km，走向 290-310°。该断裂的南阳断陷以西，倾向多变，倾角 60-80° 南阳断陷以东，断面主要倾向北东，倾角 40-80°。在朱阳关、夏馆附近分别控制了二个北西向狭长的带状盆地。根据浅层地震勘探资料，断裂断至为中更新世地层，为中更新世中晚期活动断裂；尚南 - 南阳断裂由陕西丹凤、尚南入境经云彩山、黄柳店至鱼关口，没入南阳盆地。区内走向北西西，倾向南西，倾角 70-80° 以上，正断层。该断裂形成于加里东期，并具长期，多次活动

的特点。根据浅层地震勘探资料，断裂断至为中更新世地层，为中更新世中晚期活动断裂；西峡－内乡断裂由陕西入境，经重阳、丁河店、西峡、西关至内乡，没入南阳盆地。断裂走向北西，倾向北东，正断层。该断裂形成于中条运动末期，晋宁期－王屋山期表现为张性特征。整个断裂地貌反映明显，航卫片线性异常清晰。南阳断陷以西，为南北秦岭褶皱带的分界断裂。走向 $280-310^{\circ}$ ，倾向北，倾角 $35-70^{\circ}$ 。根据该断裂的演化历史、最新活动情况以及测年样品综合分析，该断裂为早更新世断裂。

此外，潜源区内曾于公元 46 年发生一次 6 级地震，另外在南阳南于 1575 年发生一次 5 级地震。根据历史地震活动重复和构造类别的原则，南阳潜在震源区和内乡潜在震源区的震级上限定为 6.5 级。

（2）老河口 6.0 级潜在震源区

本区控震构造为北西向两郧断裂带东延推测隐伏段、白河—谷城断裂东端段和襄樊—广济断裂带近东西向襄阳段。它们在南襄盆地南缘深部呈复合关系，并受扬子地块和南秦岭断块间相互作用的影响。新构造期两郧断裂具有显著的陡倾角左旋走滑运动特征，切割新近系和早-中更新统。后二者喜马拉雅期经历了二幕从逆断转变为正倾滑的折返运动，切割新近系掇刀石组（N2），并使早更新世云梦期剥夷面（Q1）产生 50-100m 正倾滑变形。襄樊汉江北侧第四系最厚约 160m，其下为新近系厚约 100-200m，而汉江南侧新近系（N2）顶面高程为 120-200m。中更新世以来，南襄盆地呈现向南掀斜的运动特征，盆地南缘水系汇聚、堆积旺盛，具有枢纽性沉降状态。该潜源区内历史和现代有感震时有发生。鉴于盆地北缘已发生公元 46 年南阳 $6\frac{1}{2}$ 级地震事件，并且其南西近邻存在北西向房县—安康强震构造带，按照构造类比原则将本区划定为 6.0 级潜在震源区。

（3）背景源

此次工程场地位于 5.5 级背景源内，此背景源对工程场地影响较大。

4.3 地震活动性参数的确定

目前所用的地震危险性分析方法，假设地震活动符合泊松模型，大小地震之间满足 G-R 震级频度关系。这样，要求地震活动性参数必须反映地震活动在空间及时间上的规律性。

地震活动性参数包括了地震统计单元和潜在震源区的地震活动性参数两部分。由于地震带内的地震活动在构造上同属于一个构造活动带，具有类似的构造成因，所以

在本次研究中，以地震带作为确定地震活动性参数的基本统计单元。

地震带的地震活动性参数指震级上限 M_{uz} 、起算震级 M_0 、震级频度关系式中的 b 值、采用“泊松模型”描述地震活动过程所需的地震年平均发生率 v 。为了恰当地把地震带的年平均发生率分配到每个潜在震源区去，还要确定在地震带内各潜在震源区的空间分布函数 $f_{i, \theta j}$ ，以及各潜在震源区等震线椭圆长轴走向分布函数 $f_i(\theta)$ 。

4.3.1 地震带地震活动性参数的确定

工作区主要涉及华北地震区的华北平原地震带和长江中游地震带。下面介绍各地震带地震活动性参数的确定：

(1) 震级上限 M_{uz}

地震带的震级上限是指地震带内可能发生的地震震级的上限值，达到和超过该震级地震的概率趋于 0。其数值应该等于带内各潜在震源区震级上限的最大值。

当认为历史上发生的大地震足以代表该地震带的最大地震时，则可以将历史上发生过的最大地震震级定为该地震带的震级上限；当从构造条件出发，认为该地震带已发生的最大地震不足以代表可能发生的最大地震时，则根据构造情况，将历史上已经发生过的最大地震震级加 $\uparrow$ 、 $\ominus$ 或 1 作为该地震带的震级上限。

在华北平原地震带历史最大地震为 1679 年的河北三河平谷 8 级地震，长江中游地震带历史最大地震为 1631 年 8 月 14 日湖南常德 6 $\frac{1}{4}$ 级地震，而在汾渭地震带，历史上记载的最大地震是 1556 年 2 月 2 日陕西华县 8 $\frac{1}{4}$ 级地震。华北平原地震带和长江中游地震带震级上限分别定为 8.0 级和 7.0 级（表 4.3.1）。

(2) 起算震级 M_0

M_0 是指对工程场点有影响的最小震级。在我国大陆地区，震级为 4 级的地震在震中附近就能造成 VI 度以上的影响。所以，在大多数情况下，将起算震级 M_0 定为 4.0 级。在本项研究中，也将各地震带的起算震级 M_0 定为 4.0 级。

(3) 震级频度关系式中的 b 值、年平均发生率 v

b 值反映了地震带内不同大小地震频数之间的比例关系，它和地震带内的应力状态及地壳破裂强度有关。在地震危险性分析中， b 值是一个重要的参量，它的作用在于可以确定地震带内有效震级范围内地震震级的分布密度函数和各级地震的年平均发生率。

由于 b 值是由实际地震资料统计得到的，故它与资料的可靠性、完整性、取样时

空范围、样本起始震级、震级间隔等因素有关。

地震年平均发生率，是指一定统计区（地震带）范围内，平均每年发生等于和大于起算震级 M_0 以上的地震次数。地震年平均发生率的大小，对地震危险性分析的结果影响较大。因此，年平均发生率也是地震危险性分析中的重要参数。对年平均发生率的主要影响因素是 b 值和选取资料的统计时段。要求被统计时段的地震活动性代表未来百年内地震活动水平。据黄玮琼等(1989)的研究结果，本报告取震级间隔为 0.5 级。

本次工作中采用了新一代全国地震动参数区划图编制中确定 b 值和 v_4 的方法，在不同方案进行统计分析后确定的 b 值和 v_4 作为初值的基础上，根据地震带（地震统计区）内实际地震的发生率、地震带（地震统计区）未来地震活动趋势分析结果、1970 年以来近 40 年的仪器记录地震资料所反映的中强地震发生次数的分布特点等因素，并基于对未来地震危险性给予合理保守考虑的原则，进行必要的调整，最终确定地震统计区 v_4 与 b 值的结果。本次工作最终使用的 b 和 v_4 数值，直接采用了新一代全国地震动参数区划图编制中确定 b 值和 v_4 的结果。

（1）华北平原地震带

华北平原地震带自 1484 年 $M \geq 5.0$ 级地震记录基本完整，1950 年以来 $M \geq 4.0$ 级地震记录较全。公元 1485 和公元 1791 年是两个地震活动相对密集期的开始，未来地震活动水平不应低估长期的平均地震活动水平。对 v_4 与 b 值进行调整，重点考虑以下控制：

- ① $M \geq 4.0$ 地震年发生率应大致相当 1950 年以来地震活动水平；
- ② $M \geq 5.0$ 级地震年发生率应大致相当 1484 年、1791 年以来地震活动水平；
- ③ 较大震级发生率应重点考虑 1484 年以来地震活动情况；

经调整，确定华北平原地震带地震活动性参数为 $b=0.82$ ， $v_4=4.6$ 。图 4.3-1 给出了理论计算值与实际统计数据点的比较，结果可以看出，所得 b 、 v_4 参数计算得到的理论发生率在小震级段，与 1950 年以来的水平大致相当；在中强震级段与 1791 年以来的平均地震活动水平相当，该活动期以中强地震活动为主要特征；而在高震级段，以 1484 年以来的发生率控制。

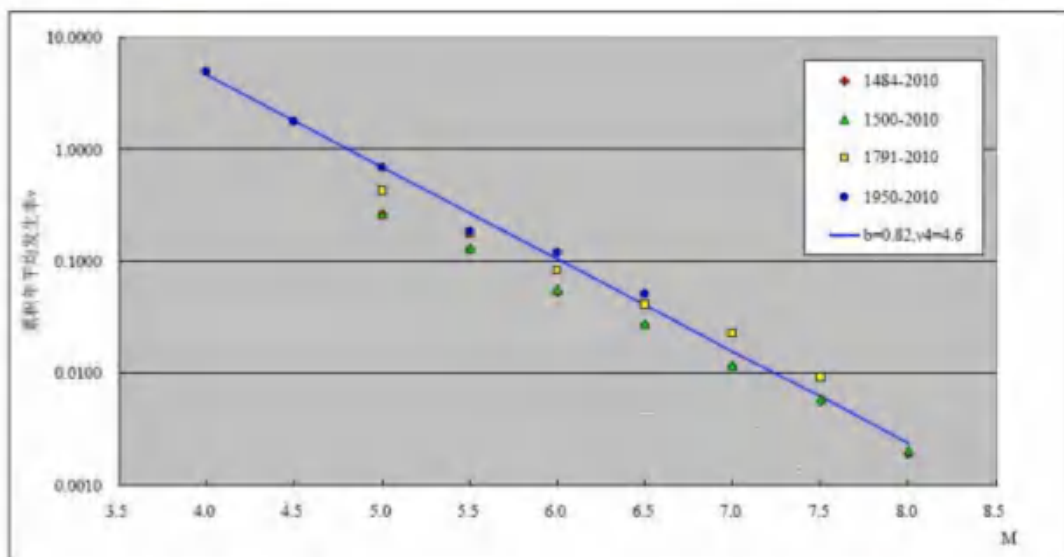


图4.3-1 华北平原地震统计区各时段实际统计与理论结果对比

(2) 长江中游地震带

长江中游地震统计区，地震活动相对较弱，记载到的历史地震以5级左右地震为主，6级以上地震非常稀少。最早历史地震记载始于公元前143年6月7日竹山5级地震。该区1300年之前地震资料遗失较多，1300年以来 $M \geq 5.5$ 级发生地震较为平稳，1500年以后 $M \geq 5$ 地震较为完整，1900年以后4.7级以上地震相对完整，1970年以来4级以上地震记录较全。在历史阶段，地震活动较密集的时段分别始于公元1467和公元1813年。未来活动水平应不低于长期的平均地震活动水平。

补充了该地震带2011年1月至2012年12月地震资料，新增 $M \geq 4$ 级地震9次，其中 $4.0 \leq M < 4.5$ 级地震7次， $4.5 \leq M < 5.0$ 级地震2次。采用多方案统计，剔除样本分布明显不合理的方案后统计结果表明，地震带 b 值介于1.3和1.5之间， v_4 介于3.7和4.2之间，初步确定地震带 $b=1.3$ ， $v_4=3.9$ ，相关系数差为0.9999。理论计算值与实际统计数据点的比较可以看出（图4.3-2）， b 、 v_4 参数计算得到的理论发生率在小震级段，与1970年以来的水平大致相当；在中强震级段较为保守。与五代图（ $b=1.2$ ， $v_4=3.2$ ）相比，低震级段偏高，高震级段偏低，出于与五代图的协调性和保守性考虑，该地震带参数最终选用五代图结果，即 $b=1.2$ ， $v_4=3.2$ 。

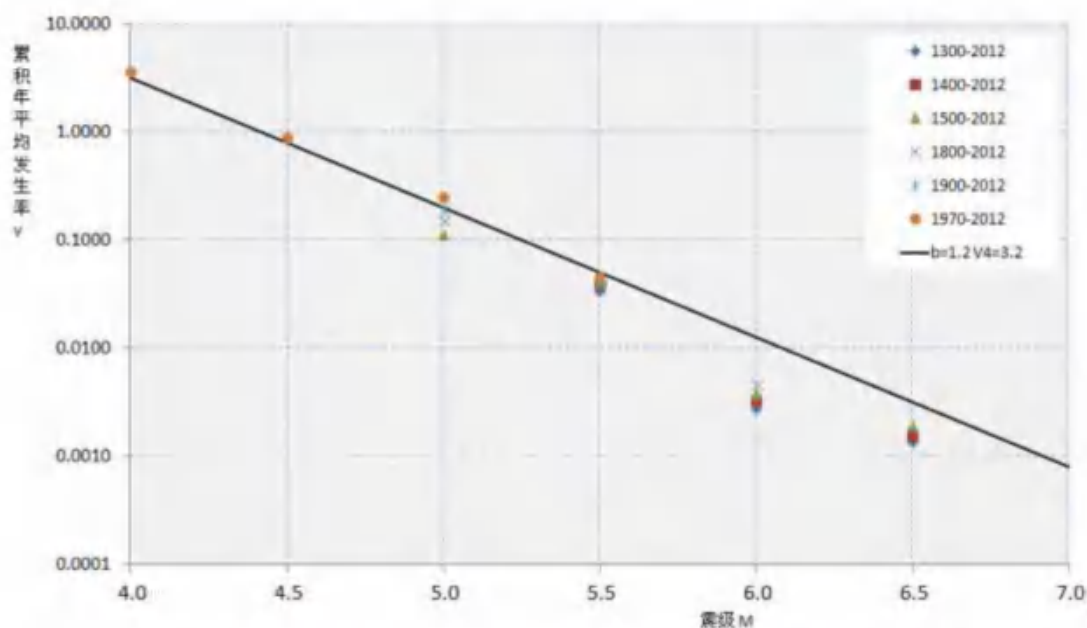


图4.3-2 长江中游地震统计区各时段实际统计与理论结果对比

表 4.3.1 地震带地震活动性参数

地震带	震级上限	b	V_4
华北平原地震带	8.0	0.82	4.6
长江中游地震带	7.0	1.2	3.2

4.3.2 确定潜在震源区的地震活动性参数

1. 潜在震源区的震级上限 M_u

潜在震源区的震级上限 M_u 是指该潜在震源区内可能发生的最大震级，并预期未来发生超过该震级的概率趋于 0，潜在震源区的震级上限主要由该潜在震源区本身的地震活动性和地质构造特点来确定。

本工作区各潜在震源区的震级上限见表 4.2.1。

2. 空间分布函数 f_{i,m_j}

空间分布函数 f_{i,m_j} 是一个地震统计区内发生的 m_j 档震级的地震落在第 i 个潜在震源区内的概率。在同一地震统计区内 f_{i,m_j} 满足归一条件：

$$\sum_{j=1}^n f_{i,m_j} = 1 \quad (\text{对不同震级档 } m_j)$$

这里 n 为地震统计区内第 m_j 档潜在震源区的总数。

确定空间分布函数时，主要通过多因子加权综合评定的方法加以确定。

对 6 级以下的低档潜在震源区，主要考虑的因子是小地震空间分布密度。对 6.5

级以上的高档潜在震源区，主要考虑的影响因子包括：①长期地震活动背景；②具备发生 7 级以上地震的构造上的空段；③中国东部和中部 8 级大震减震效应；④潜在震源的可靠程度。

本工作分不同地震统计区计算出区内潜在震源区各自的空间分布函数。

表 4.3.2 主要潜在震源区的空间分布函数和方向函数

潜源	Mu	4.0-4.9	5.0-5.4	5.5-5.9	6.0-6.4	6.5-6.9	7.0-7.4	≥7.5	θ_1	P_1	θ	P_2
南阳	6.5	0.00357	0.01559	0.01926	0.01696	0.0000	0.0000	0.000	135	1	0	0
老河口	6.0	0.00465	0.00679	0.01409	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	135	1	0	0
内乡	6.5	0.00595	0.00328	0.00888	0.0189	0.0000	0.0000	0.000	140	1	0	0
背景源	5.5	0.02616	0.03131	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000	0.000	90	0.5	0	0.5

3. 方向性函数

目前在我国地震危险性分析的衰减模型通常采用椭圆衰减模型，而等震线的长轴取向则因地而异。一个地区等震线长轴的取向主要来源于对该地区地震等震线几何形状的统计研究。根据对研究区等震线长轴取向的分析结果，绝大部分 6 级以上地震的极震区长轴走向与区域活动断裂带的走向一致。因此，可按区域构造走向来预测未来地震等震线长轴走向。

在计算中，等震线取向与相应潜在震源区的构造走向有关，其方向性函数可表示为：

$$f(\theta)=p_1(\theta_1)+p_2(\theta_2)$$

式中的 θ 为潜在震源区内构造走向与正东方向的夹角。 p_1 和 p_2 为相应的取向概率。具体确定时，按以下三种情况分别取值。

①单一断层性质

主破裂面沿区域构造走向，特别是一些新生的断裂构造走向发育。潜在震源区的长轴方向取区域构造走向，取向概率为 1。

②共轭断层性质

如果两组断裂构造相互交汇呈共轭断层形式，难以分清哪一组为主。则两个方向的权重各占 50%。

③ 一组断层为主，另一组断层为辅

对于某些位于区域主干断裂和分支断裂交汇地区的潜在震源区。按前述的统计分析结果，则取主干断裂走向的概率为 70%，分支断裂走向的概率为 30%。

4.4 地震动衰减关系

地震动衰减关系与震源机制和地震波传播介质相关，具有区域特征。在我国中强以上地震的等震线形状，特别是 7 级以上的大地震的等震线，大多为椭圆形状。因此地震学界通常采用考虑长、短轴的椭圆衰减模型。

目前，我国所用的地震动衰减关系主要是通过转换方法得到的，而参考地区的地震动衰减关系是由模拟记录的统计回归而得出的。一般认为，模拟记录只在短周期部分较为可靠，在大于 2~3 秒的长周期部分是不可靠的。为了得出合理的长周期地震动衰减关系，本工作使用了具有可靠长周期信息的数字宽频带记录作为数据而统计得出的地震动衰减关系的长周期部分（见 Hu and Yu, 2000；汪素云等，1998）。周期小于 1.7 秒的短周期部分，采用了中国地震局地球物理研究所在山东海阳核电厂厂址地震安全性评价报告中所给出的我国华北地区的衰减关系。这一衰减关系已在多个项目的工程场地地震震安全性评价工作中得到了应用。基岩地震动水平加速度峰值和反应谱衰减关系的形式为：

$$\lg A = C_1 + C_2 M + C_3 M^2 - C_4 \lg(R + C_5 e^{C_6 M}) \quad (4.4.1)$$

转换得到基岩水平加速度峰值和反应谱的长短轴衰减关系如表 4.4.1 所示。水平向基岩峰值及加速度反应谱衰减关系见图 4.4-1。

转换得到基岩水平加速度峰值和反应谱的长短轴衰减关系如表 4.4.1 所示。水平向基岩峰值及加速度反应谱衰减关系见图 4.4-1 和图 4.4-2。

表 4.4.1a 基岩地震动水平向峰值加速度和反应谱的衰减关系(长轴)(俞言祥)

周期	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	σ
PGA	2.027	.548	.000	-1.902	1.700	.425	0.240
.040	2.115	.539	.000	-1.907	1.700	.425	0.225
.050	2.139	.540	.000	-1.912	1.700	.425	0.223
.070	2.296	.538	.000	-1.957	1.700	.425	0.224
.100	2.575	.526	.000	-2.004	1.700	.425	0.229
.120	2.525	.533	.000	-1.979	1.700	.425	0.242
.140	2.526	.538	.000	-1.979	1.700	.425	0.253
.160	2.511	.548	.000	-1.990	1.700	.425	0.245
.180	2.407	.559	.000	-1.969	1.700	.425	0.248
.200	2.322	.555	.000	-1.901	1.700	.425	0.261
.240	2.163	.562	.000	-1.845	1.700	.425	0.260
.260	2.125	.572	.000	-1.865	1.700	.425	0.263
.300	2.196	.547	.000	-1.823	1.700	.425	0.282
.340	2.096	.574	.000	-1.855	1.700	.425	0.309
.360	2.022	.579	.000	-1.839	1.700	.425	0.320
.400	1.876	.591	.000	-1.820	1.700	.425	0.325
.440	1.716	.600	.000	-1.784	1.700	.425	0.333
.500	1.433	.635	.000	-1.786	1.700	.425	0.338
.600	1.108	.649	.000	-1.698	1.700	.425	0.357
.700	.849	.697	.000	-1.755	1.700	.425	0.372
.800	.709	.705	.000	-1.740	1.700	.425	0.380
1.000	.375	.747	.000	-1.753	1.700	.425	0.388
1.200	.216	.760	.000	-1.766	1.700	.425	0.381
1.500	-.319	.824	.000	-1.794	1.700	.425	0.336
1.700	-.534	.833	.000	-1.753	1.700	.425	0.330
2.000	-.749	.834	.000	-1.700	1.700	.425	0.327
2.400	-1.008	.857	.000	-1.700	1.700	.425	0.322
3.000	-1.327	.882	.000	-1.697	1.700	.425	0.306
4.000	-1.531	.901	.000	-1.726	1.700	.425	0.307
5.000	-1.858	.913	.000	-1.673	1.700	.425	0.324
6.000	-2.127	.924	.000	-1.631	1.700	.425	0.328

表 4.4.1b 基岩地震动水平向峰值加速度和反应谱的衰减关系(短轴)

周期	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	σ
PGA	1.035	.519	.000	-1.465	.381	.525	0.240
.040	1.120	.510	.000	-1.468	.381	.525	0.225
.050	1.142	.511	.000	-1.472	.381	.525	0.223
.070	1.275	.509	.000	-1.507	.381	.525	0.224
.100	1.530	.496	.000	-1.543	.381	.525	0.229
.120	1.493	.503	.000	-1.524	.381	.525	0.242
.140	1.494	.508	.000	-1.524	.381	.525	0.253
.160	1.474	.518	.000	-1.532	.381	.525	0.245
.180	1.381	.530	.000	-1.516	.381	.525	0.248
.200	1.331	.526	.000	-1.464	.381	.525	0.261
.240	1.200	.535	.000	-1.421	.381	.525	0.260
.260	1.153	.544	.000	-1.436	.381	.525	0.263
.300	1.245	.520	.000	-1.404	.381	.525	0.282
.340	1.128	.546	.000	-1.428	.381	.525	0.309
.360	1.063	.552	.000	-1.416	.381	.525	0.320
.400	.927	.564	.000	-1.401	.381	.525	0.325
.440	.786	.573	.000	-1.374	.381	.525	0.333
.500	.501	.608	.000	-1.375	.381	.525	0.338
.600	.222	.624	.000	-1.307	.381	.525	0.357
.700	-.066	.671	.000	-1.351	.381	.525	0.372
.800	-.199	.679	.000	-1.339	.381	.525	0.380
1.000	-.539	.720	.000	-1.349	.381	.525	0.388
1.200	-.706	.734	.000	-1.359	.381	.525	0.381
1.500	-1.255	.798	.000	-1.380	.381	.525	0.336
1.700	-1.449	.807	.000	-1.349	.381	.525	0.330
2.000	-1.636	.809	.000	-1.308	.381	.525	0.327
2.400	-1.895	.831	.000	-1.308	.381	.525	0.322
3.000	-2.213	.857	.000	-1.306	.381	.525	0.306
4.000	-2.432	.875	.000	-1.328	.381	.525	0.307
5.000	-2.731	.888	.000	-1.287	.381	.525	0.324
6.000	-2.979	.899	.000	-1.254	.381	.525	0.328

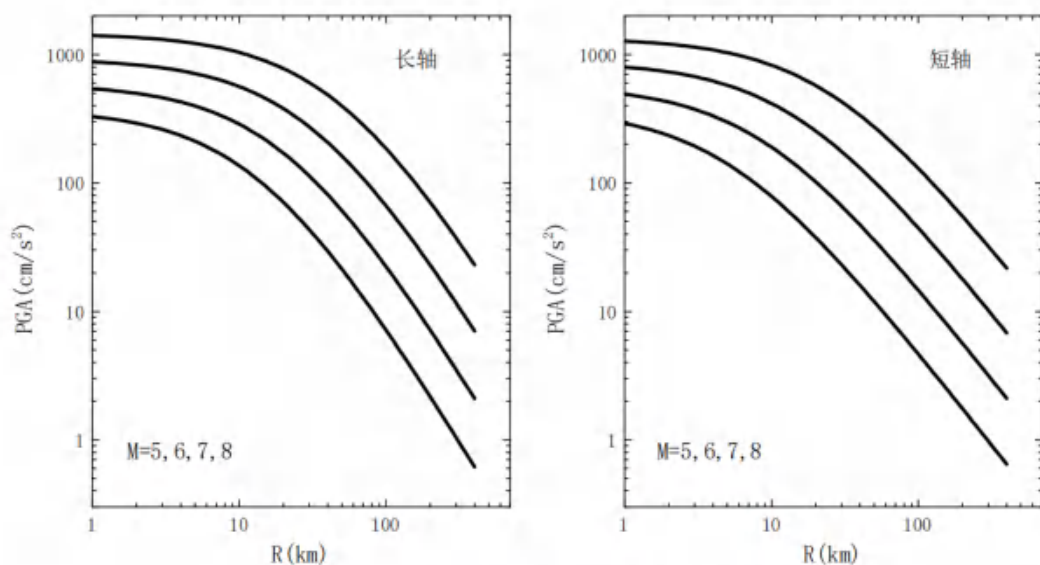


图 4.4-1 水平向基岩峰值加速度衰减关系图

4.5 工程场地地震危险性分析结果

根据本章前几节研究确定的潜在震源区、地震活动性参数、地震动衰减关系，采用编制《中国地震动参数区划图(2001)》的计算程序(ESE)，完成本工程场地的地震危险性分析计算。

4.5.1 基岩水平峰值加速度

采用基岩地震加速度峰值衰减关系，通过地震危险性概率分析计算，可以得到工程场地基岩水平加速度危险性分析结果。50 年超越概率 63%、10%、2% 和 100 年超越概率 63%、5%、2% 的基岩水平加速度峰值分别为：23.7、66.7、112.0、33.5、105.5、134.5gal。基岩水平加速度超越概率曲线示于图 4.5-1。对场地基岩水平峰值加速度贡献主要为南阳潜在震源，其次为背景源、老河口源和内乡源等（见表 4.5.1）。表明场地基岩加速度主要受中近场中强地震影响，这与工程场地所处的区域地震环境是一致的。

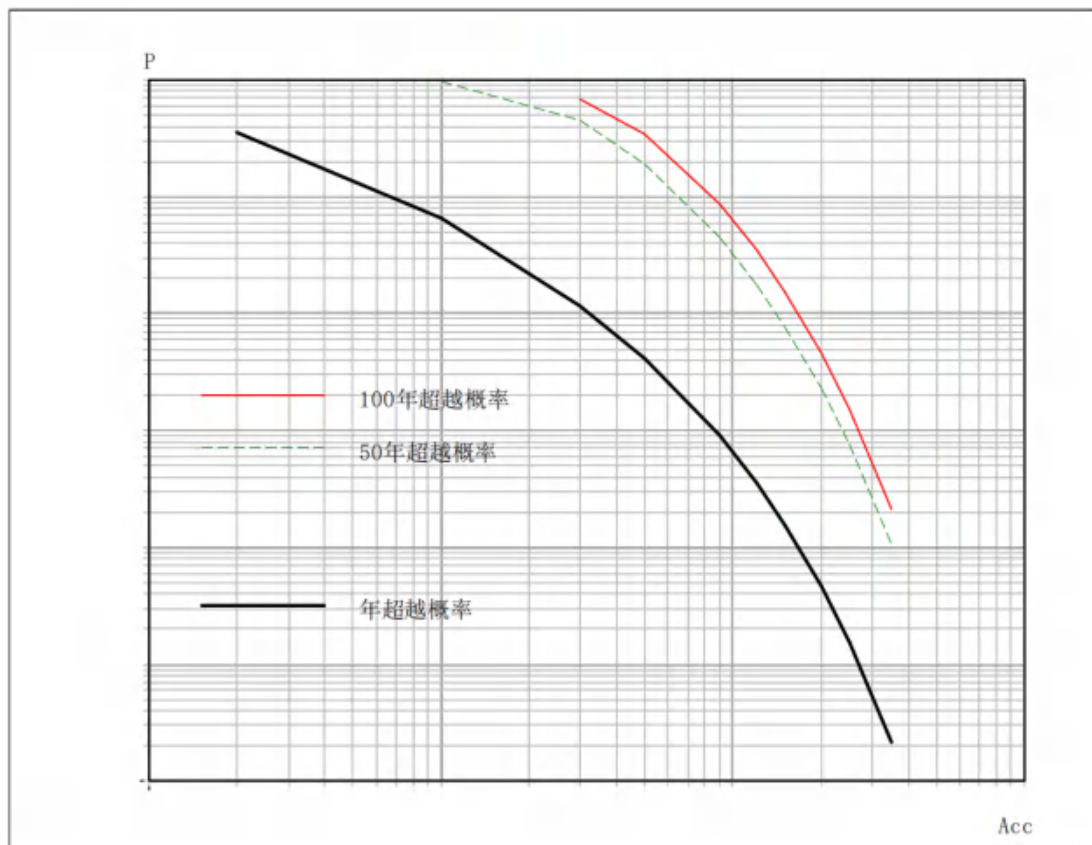


图4.5-1 基岩水平加速度超越概率曲线

表 4.5.1 潜在震源区贡献率 (%)

潜源 名称	50 年超越概率			100 年超越概率		
	63%	10%	2%	63%	5%	2%
南阳源	54.4	41.5	100	54.9	100	100
老河口源	16.9	16.1	0	17.0	0	0
内乡源	3.7	1.7	0	3.2	0	0
背景源	22.9	37.5	0	23.1	0	0

4.5.2 基岩水平地震加速度反应谱

采用基岩水平地震加速度反应谱衰减关系，通过地震危险性概率分析对每个周期点进行计算，可以得到工程场地的基岩水平地震加速度反应谱（图 4.5-2，表 4.5.2）。

表 4.5.2 基岩水平加速度反应谱值(gal)

周期 (s)	50 年超越概率			100 年超越概率		
	63%	10%	2%	63%	5%	2%
0	23.7	66.7	112.0	33.5	105.5	134.5
0.04	24.9	69.0	113.8	35.2	107.5	136.0
0.05	26.0	72.8	119.8	37.0	112.9	143.9
0.07	30.0	85.4	141.6	44.1	132.8	168.3
0.10	41.8	117.2	195.7	61.2	183.8	224.1
0.12	46.7	131.2	215.7	67.9	205.9	249.3
0.14	51.0	144.9	235.6	74.3	223.7	276.7
0.16	52.3	150.1	242.0	76.5	229.5	285.3
0.18	51.8	150.0	243.1	76.0	230.4	287.2
0.20	55.2	159.5	260.1	80.7	245.7	310.6
0.24	53.2	153.8	251.7	77.6	238.0	299.5
0.26	50.6	148.1	245.0	74.1	231.7	291.5
0.30	54.9	160.4	266.5	80.2	250.9	321.4
0.34	54.9	169.9	293.7	81.7	274.3	363.0
0.36	54.2	170.7	300.0	81.1	279.5	373.9
0.40	49.0	156.0	276.8	73.5	258.3	343.4
0.44	44.0	144.1	259.6	67.0	242.4	321.3
0.50	33.9	117.7	223.2	53.4	208.6	275.2
0.60	29.3	105.9	209.0	46.4	193.4	260.8
0.70	22.9	88.8	184.4	36.1	168.5	236.3
0.80	20.1	78.8	166.1	31.3	151.9	216.0
1.00	14.4	61.9	138.3	23.6	125.1	184.8
1.20	10.9	47.4	107.1	17.9	97.1	143.9
1.50	5.1	25.0	61.5	9.1	55.1	85.7
1.70	4.0	20.5	51.2	7.0	45.4	71.9
2.00	3.1	15.4	40.1	5.2	35.3	58.4
2.40	2.3	11.6	30.8	3.8	27.2	45.6
3.00	1.6	7.4	21.3	2.5	18.6	31.9
4.00	1.2	5.3	15.4	1.8	13.5	22.7
5.00	0.7	4.4	13.9	1.4	12.1	21.2
6.00	0.3	3.4	11.0	1.1	9.5	17.0

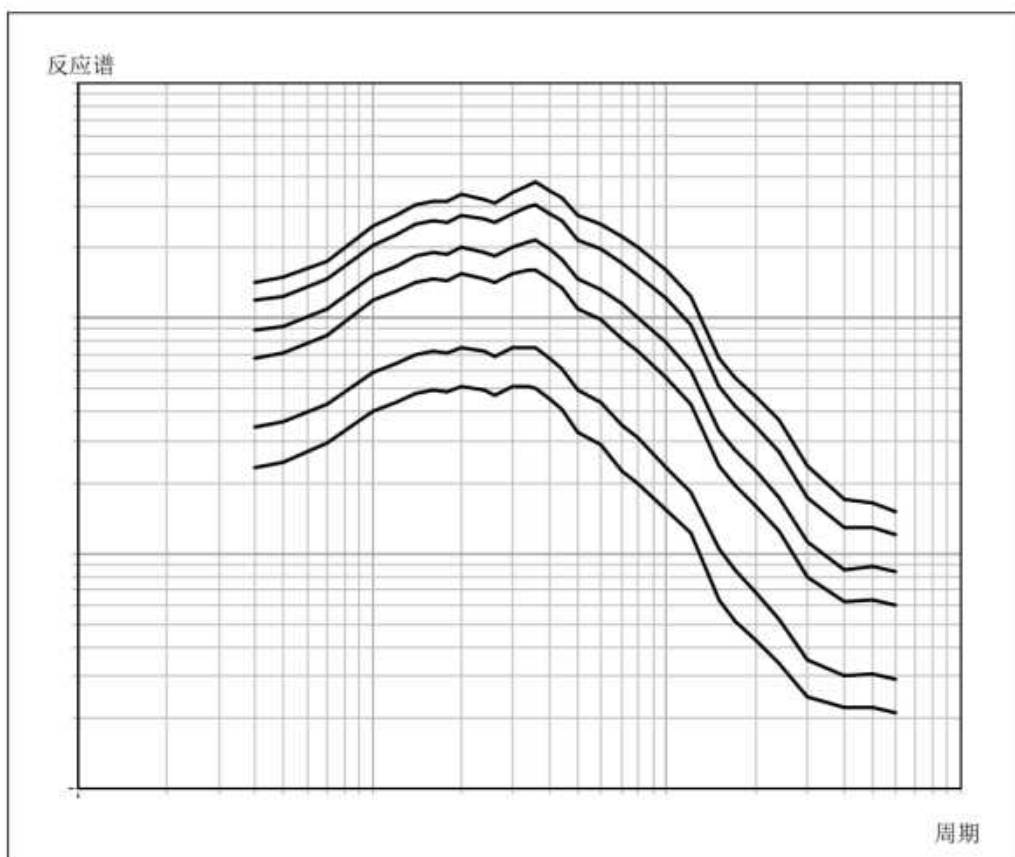


图 4.5-2 基岩水平加速度反应谱

5 场地工程地震地质条件

场地工程地震地质条件勘测是为进行场地地震动参数计算和地震地质灾害评估提供资料和数据。为了查明场地工程地震条件，在工程场区布设钻孔进行勘测，勘测的主要内容为：查明该勘察区域内的地基土层的组成、分布规律及其物理、力学性质指标等。对工程场地地形、地貌、工程地质及水文地质条件进行现场调查，收集周边已有工程地质工作资料，分析确定所属地貌及工程地质单元；对控制性钻孔进行分层和加密剪切波速测试；对有代表性地层取常规土工试验样品和动三轴试验样品；对场地各地层进行岩性、物理状态描述；室内进行剪切模量与剪切应变关系，阻尼比与剪切应变关系试验、土工常规试验、剪切波速数据处理等；对场地地震地质灾害进行评价。

本项目在工程场地进行了工程地震地质条件现场勘察，场地范围内地形平坦。本项目拟建建筑物为标准化厂房，根据《河南省地震局关于加强工程场地地震安全性评价现场工作有关事项的通知》（豫震防发[2014]36号）文件相关要求，在工程场地布置了7个钻孔，钻孔孔位分布见图5.1。在综合分析钻探、测试资料基础上对场地工程地震条件进行了综合评价，对场地地震地质灾害进行了评估。



图 5.1 钻孔位置示意图

5.1 场地地形地貌

新野县产业集聚区西区位于新城大道与纬二路交叉口西侧。工程场地所处地貌单元为黄淮冲积平原，场地地形平坦，无地下埋藏物。

5.2 岩土构成与特征

根据钻探结果及室内土工试验，场地钻探深度内地层按其时代成因、工程地质特征划分为9个主单元土层，即①杂填土；②粉质粘土；③含泥细砂；④含泥粗砂；⑤粉质粘土；⑥含泥中砂；⑦粉质粘土；⑧含泥粗砂；⑨粉质粘土；

现将各地层主要岩性特征自上而下分述如下：

第①层杂填土：褐黄色、松散、稍湿，以粘性土为主，含少量植物根系、砖块、石子等。

第②层粉质粘土：褐黄色，湿，可塑，切面光滑，无摇震反应，有光泽，干强度及韧性中等，含少量灰白泥质条纹及钙质结核。

第③层含泥细砂：黄褐色，稍密，散粒结构，层状构造，主要矿物成分为石英和长石。

第④层含泥粗砂：黄褐色，稍密，散粒结构，层状构造，主要矿物成分为石英和长石。

第⑤层粉质粘土：黄褐色为主，湿，硬塑，团粒结构，层状构造，含有铁锰结核和少量礞石。

第⑥层含泥中砂：灰白-黄褐色，湿，坚硬，切面光滑，含少量黑色铁锰质结核及钙质结核。钙质结核部分地段富集，局部含泥质粗砂透镜体。

第⑦层粉质粘土：浅黄色-灰白色、中密、饱和，上部颗粒较细，含少量泥质成分，局部含少量砾石成分，泥质成分含量在30%左右，砂粒成分主要以长石、石英为主。

第⑧层含泥粗砂：浅黄色-灰白色、密实、饱和，上部颗粒较细，局部泥质含量较大，局部卵砾石成分富集，砂粒成分主要以长石、石英为主。

第 ⑨ 层粉质粘土:灰白,湿,坚硬,含少量黑色铁锰质结核及钙质结核,局部含少量泥质粗砂透镜体。

7 个钻孔柱状图如下:



5.2-1 工程场地 1 号钻孔柱状图

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		新野县产业集聚区西区工程场地地震安全性评价										
工程编号		20211017				钻孔编号		zk2				
孔口高程(m)		81.50		坐标 (m)		开工日期		2021.8.27		稳定水位深度(m)		
孔口直径(mm)		127.00				竣工日期		2021.8.28		测量水位日期		
地质 编号	岩 性	层 号	层 底 深 (m)	层 底 高 (m)	柱状图	岩土名称及其特征				取 样 点	样 长 (m)	
					比例尺 1:400							
①						粉质粘土:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。						
②			11.300	70.20	25.20							
③			18.300	63.20	17.20							
④			25.300	56.20	10.20							
⑤							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑥							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑦							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑧			40.300	41.50	16.50		粉质粘土:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑨							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑩							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑪			71.500	30.00	8.50		中砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑫			78.500	23.00	1.50		中砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑬							中砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑭							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑮							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑯							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑰			31.500	48.00	8.00		粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑱			38.500	41.00	1.00		粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑲							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
⑳							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉑							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉒							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉓			71.500	30.00	7.50		粉质粘土:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉔							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉕							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉖							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉗							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉘							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉙							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉚							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉛							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉜							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉝							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉞							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㉟							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊱							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊲							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊳							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊴							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊵							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊶							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊷							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊸							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊹							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊺							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊻							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊼							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊽							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊾							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
㊿							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					
							粉砂:黄褐色,稍湿~湿,稍硬,含少量有机质及炭屑,干强度中等,韧性中等。					

设计单位	河南城安衡测工程技术有限公司	校对	周春雷	审核	刘国华	图号	02	日期	2021.10
------	----------------	----	-----	----	-----	----	----	----	---------

设计单位:河南城安衡测工程技术有限公司 校对:周春雷 审核:刘国华 图号:02 日期:2021.10

5.2-2 工程场地 3 号钻孔柱状图

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		新野县产业集聚区西区工程场地地震安全性评价									
工程编号		20211017				钻孔编号		zk3			
孔口高程(m)		81.50		坐标 (m)	X = 32.0856934 Y = 112.2947126	开工日期		2021.8.27		稳定水位深度(m)	
孔口直径(mm)		117.00				竣工日期		2021.8.28		测量水位日期	
深度 (m)	深度 (m)	深度 (m)	深度 (m)	深度 (m)	柱状图 1:400	岩土名称及其特征				深度 (m)	备注 (由)
①		62.800	64.70	66.50		粉质粘土:粉质粘土,黄褐、褐黄、灰褐色,可塑状,含少量块状黄白砂及黄泥,干强度中等,韧性中等。					
②	Q ₄	68.200	69.20	70.20		细砂:黄褐、黄褐色,稍湿-湿,稍湿状,分选性较好,颗粒不均,成分主要以长石、石英为主。					
③		75.300	76.20	77.10		细砂:黄褐、黄褐色,湿-饱和,稍湿状,局部含少量泥质及中砂,下部含少量砾石,分选性较好,颗粒不均,成分主要以长石、石英为主。					
④		80.500	81.50	82.50		粉质粘土:黄褐色,硬塑状,含少量黑色块状黄泥,砂质细粒及灰白,灰褐色泥质胶结,局部含砂砾石,无膨胀反应,稍有光泽,干强度中等,韧性中等。					
⑤		85.700	86.70	87.70		中砂:黄褐、黄褐、灰褐色,湿、稍湿状,上部颗粒不均,含少量泥质成分,局部含少量砾石成分,颗粒成分主要以长石、石英为主,分选性较好,颗粒不均。					
⑥	Q ₄	91.900	92.90	93.90		粉质粘土:黄褐色,硬塑状,含少量黑色块状黄泥,砂质细粒及灰白,灰褐色泥质胶结,局部含砂砾石,无膨胀反应,稍有光泽,干强度中等,韧性中等。					
⑦		97.100	98.10	99.10		中砂:黄褐、灰白色,湿、稍湿,分选性一般,颗粒不均,砂粒成分主要以长石、石英为主,含20%左右的泥质,局部含少量砾石。					
⑧		103.300	104.30	105.30		粉质粘土:黄褐、灰褐、灰白色,湿、硬塑状,稍有光泽,无膨胀反应,有光泽,干强度中等,韧性高,含少量黑色块状黄泥及黄泥,土中夹大量灰白,灰褐色泥质胶结。					
⑨		109.500	110.50	111.50							
⑩	Q ₄	115.700	116.70	117.70							
⑪		121.900	122.90	123.90							
⑫		128.100	129.10	130.10							
⑬		134.300	135.30	136.30							
⑭		140.500	141.50	142.50							
⑮		146.700	147.70	148.70							
⑯		152.900	153.90	154.90							
⑰		159.100	160.10	161.10							
⑱		165.300	166.30	167.30							
⑲		171.500	172.50	173.50							
⑳		177.700	178.70	179.70							
㉑		183.900	184.90	185.90							
㉒		190.100	191.10	192.10							
㉓		196.300	197.30	198.30							
㉔		202.500	203.50	204.50							
㉕		208.700	209.70	210.70							
㉖		214.900	215.90	216.90							
㉗		221.100	222.10	223.10							
㉘		227.300	228.30	229.30							
㉙		233.500	234.50	235.50							
㉚		239.700	240.70	241.70							
㉛		245.900	246.90	247.90							
㉜		252.100	253.10	254.10							
㉝		258.300	259.30	260.30							
㉞		264.500	265.50	266.50							
㉟		270.700	271.70	272.70							
㊱		276.900	277.90	278.90							
㊲		283.100	284.10	285.10							
㊳		289.300	290.30	291.30							
㊴		295.500	296.50	297.50							
㊵		301.700	302.70	303.70							
㊶		307.900	308.90	309.90							
㊷		314.100	315.10	316.10							
㊸		320.300	321.30	322.30							
㊹		326.500	327.50	328.50							
㊺		332.700	333.70	334.70							
㊻		338.900	339.90	340.90							
㊼		345.100	346.10	347.10							
㊽		351.300	352.30	353.30							
㊾		357.500	358.50	359.50							
㊿		363.700	364.70	365.70							
1		369.900	370.90	371.90							
2		376.100	377.10	378.10							
3		382.300	383.30	384.30							
4		388.500	389.50	390.50							
5		394.700	395.70	396.70							
6		400.900	401.90	402.90							
7		407.100	408.10	409.10							
8		413.300	414.30	415.30							
9		419.500	420.50	421.50							
10		425.700	426.70	427.70							
11		431.900	432.90	433.90							
12		438.100	439.10	440.10							
13		444.300	445.30	446.30							
14		450.500	451.50	452.50							
15		456.700	457.70	458.70							
16		462.900	463.90	464.90							
17		469.100	470.10	471.10							
18		475.300	476.30	477.30							
19		481.500	482.50	483.50							
20		487.700	488.70	489.70							
21		493.900	494.90	495.90							
22		500.100	501.10	502.10							
23		506.300	507.30	508.30							
24		512.500	513.50	514.50							
25		518.700	519.70	520.70							
26		524.900	525.90	526.90							
27		531.100	532.10	533.10							
28		537.300	538.30	539.30							
29		543.500	544.50	545.50							
30		549.700	550.70	551.70							
31		555.900	556.90	557.90							
32		562.100	563.10	564.10							
33		568.300	569.30	570.30							
34		574.500	575.50	576.50							
35		580.700	581.70	582.70							
36		586.900	587.90	588.90							
37		593.100	594.10	595.10							
38		599.300	600.30	601.30							
39		605.500	606.50	607.50							
40		611.700	612.70	613.70							
41		617.900	618.90	619.90							
42		624.100	625.10	626.10							
43		630.300	631.30	632.30							
44		636.500	637.50	638.50							
45		642.700	643.70	644.70							
46		648.900	649.90	650.90							
47		655.100	656.10	657.10							
48		661.300	662.30	663.30							
49		667.500	668.50	669.50							
50		673.700	674.70	675.70							
51		679.900	680.90	681.90							
52		686.100	687.10	688.10							
53		692.300	693.30	694.30							
54		698.500	699.50	700.50							
55		704.700	705.70	706.70							
56		710.900	711.90	712.90							
57		717.100	718.10	719.10							
58		723.300	724.30	725.30							
59		729.500	730.50	731.50							
60		735.700	736.70	737.70							
61		741.900	742.90	743.90							
62		748.100	749.10	750.10							
63		754.300	755.30	756.30							
64		760.500	761.50	762.50							
65		766.700	767.70	768.70							
66		772.900	773.90	774.90							
67		779.100	780.10	781.10							
68		785.300	786.30	787.30							
69		791.500	792.50	793.50							
70		797.700	798.70	799.70							
71		803.900	804.90	805.90							
72		810.100	811.10	812.10							
73		816.300	817.30	818.30							
74		822.500	823.50	824.50							
75		828.700	829.70	830.70							
76		834.900	835.90	836.90							
77		841.100	842.10	843.10							
78		847.300	848.30	849.30							
79		853.500	854.50	855.50							
80		859.700	860.70	861.70							
81		865.900	866.90	867.90							
82		872.100	873.10	874.10							
83		878.300	879.30	880.30							
84		884.500	885.50	886.50							
85		890.700	891.70	892.70							
86		896.900	897.90	898.90							
87		903.100	904.10	905.10							
88		909.300	910.30	911.30							
89		915.500	916.50	917.50							
90		921.700	922.70	923.70							
91		927.900	928.90	929.90							
92		934.100	935.10	936.10							
93		940.300	941.30	942.30							
94		946.500	947.50	948.50							
95		952.700	953.70	954.70							
96		958.900	959.90	960.90							
97		965.100	966.10	967.10							
98		971.300	972.30	973.30							
99		977.500	978.50	979.50							
100		983.700	984.70	985.70							
101		989.900	990.90	991.90							
102		996.100	997.10	998.10							
103		1002.300	1003.30	1004.30							
104		1008.500	1009.50	1010.50							
105		1014.700	1015.70	1016.70							
106		1020.900	1021.90	1022.90							
107		1027.100	1028.10	1029.10							
108		1033.300	1034.30	1035.30							
109		1039.500	1040.50	1041.50							
110		1045.700	1046.70	1047.70							
111		1051.900	1052.90	1053.90							
112		1058.100	1059.10	1060.10							
113		1064.300	1065.30	1066.30							
114		1070.500	1071.50	1072.50							
115		1076.700	1077.70	1078.70							
116		1082.900	1083.90	1084.90							
117		1089.100	1090.10	1091.10							
118		1095.300	1096.30	1097.30							
119		1101.500	1102.50	1103.50							
120		1107.700	1108.70	1109.70							
121		1113.900	1114.90	1115.90							
122		1120.100	1121.10	1122.10							
123		1126.300	1127.30	1128.30							
124		1132.500	1133.50	1134.50							
125		1138.700	1139.70	1140.70							
126		1144.900	1145.90	1146.90							
127		1151.100	1152.10	1153.10							
128		1157.300	1158.30	1159.30							
129		1163.500	1164.50	1165.50							
130											

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		新野县产业集聚区西区工程场地地震安全性评价							
工程编号		20211017				钻孔编号		zk5	
孔口高程(m)		81.50		坐标 (m)	X = 32.0856884 Y = 112.3967194	开工日期		2021.8.29	
孔口直径(mm)		127.00				竣工日期		2021.8.30	
						稳定水位深度(m)			
						测量水位日期			
深度 (m)	深度 (m)	深度 (m)	深度 (m)	深度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		备注	备注
①						粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 夹褐色, 可塑, 含少量铁锰质结核及虫孔, 干强度中等, 韧性中等。			
②		93.300	18.20	18.20					
③		91.400	20.10	1.90		粉砂: 黄褐色, 稍湿, 夹褐色, 稍湿状态, 分选性较好, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主。			
④		90.300	21.20	1.10		粉砂: 黄褐色, 稍湿, 夹褐色, 稍湿状态, 分选性较好, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主。			
⑤		87.300	24.20	4.20		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑥		85.300	26.20	1.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑦		83.300	28.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑧		81.300	30.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑨		79.300	32.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑩		77.300	34.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑪		75.300	36.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑫		73.300	38.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑬		71.300	40.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑭		69.300	42.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑮		67.300	44.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑯		65.300	46.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑰		63.300	48.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑱		61.300	50.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑲		59.300	52.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
⑳		57.300	54.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉑		55.300	56.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉒		53.300	58.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉓		51.300	60.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉔		49.300	62.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉕		47.300	64.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉖		45.300	66.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉗		43.300	68.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉘		41.300	70.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉙		39.300	72.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉚		37.300	74.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉛		35.300	76.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉜		33.300	78.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉝		31.300	80.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉞		29.300	82.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㉟		27.300	84.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊱		25.300	86.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊲		23.300	88.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊳		21.300	90.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊴		19.300	92.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊵		17.300	94.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊶		15.300	96.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊷		13.300	98.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊸		11.300	100.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊹		9.300	102.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊺		7.300	104.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊻		5.300	106.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊼		3.300	108.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊽		1.300	110.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊾		0.300	112.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			
㊿		0.300	114.20	2.00		粉质粘土: 黄褐色, 稍湿, 含少量铁锰质结核, 颗粒不均, 成分主要为石英, 石英为主, 分选性较好, 颗粒不均。			

设计单位	河南城安衡测工程技术有限公司	校对	高攀	审核	刘国华	图号	05	日期	2021.10
------	----------------	----	----	----	-----	----	----	----	---------

设计单位: 河南城安衡测工程技术有限公司 校对: 商海阔 审核: 周国华 图号: 05 日期: 2021.10

5.2-5 工程场地 5 号钻孔柱状图

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		新野县产业集聚区西区工程场地地震安全性评价									
工程编号		20211017				钻孔编号		zk7			
孔口高程(m)		82.00		坐标 (m)		X = 32.4904815		开工日期		2021.8.30	
孔口直径(mm)		127.00				Y = 112.3094357		竣工日期		2021.9.1	
								稳定水位深度(m)			
								测量水位日期			
地层 编号	时代 或 组	层 底 深 度 (m)	层 顶 深 度 (m)	层 厚 度 (m)	柱状图 1:400	岩土名称及其特征				取 样 点	标 贯 击数 (击)
①	Q ₄	81.800	29.20	29.20		粉质粘土:粉质粘土,黄褐、褐黄、灰褐色,可塑状,含少量铁锰质结核及炭迹,干强度中等,韧性中等。					
②		59.300	22.50	2.11		细砂:褐黄、黄褐色,微湿-湿,稍密状,分选性较好,填胶不良,成分主要以长石、石英为主。					
③		40.500	41.70	18.60		粉质粘土:黄褐色,硬塑状,含少量褐色铁锰质炭迹,钙质结核及灰白、灰褐色泥质团块,局部含粗砂颗粒,无摇震反应,稍有光泽,干强度中等,韧性中等。					
④		36.300	45.70	4.44		中砂:黄褐、褐黄、浅黄色,湿,稍密状,上部颗粒较细,含少量泥质成分,局部含少量砾石成分,砂粒成分主要以长石、石英为主,分选性较好,填胶不良。					
⑤	Q ₄	23.200	34.20	8.88		粉质粘土:灰绿、灰绿、灰白色,湿,硬塑状,切面光滑,无摇震反应,有光泽,干强度高,韧性高,含少量黑色铁锰质炭迹及炭迹,土中含大量灰白、灰褐色泥质团块。					
⑥		15.200	46.80	12.10		细砂:灰黄、灰褐色,湿,稍密,分选性一般,填胶良好,砂粒成分以长石、石英为主,含45%左右的泥质,局部含少量砾石。					
⑦		13.700	36.20	1.79		粘土:灰绿、灰绿、灰白色,湿,硬塑状,切面光滑,无摇震反应,有光泽,干强度高,韧性高,含少量黑色铁锰质炭迹及炭迹,土中含大量灰白、灰褐色泥质团块。					
⑧		10.500	71.50	3.78		粉质粘土:灰黄、灰褐色,湿,稍密,分选性一般,填胶良好,砂粒成分以长石、石英为主,含45%左右的泥质,局部含少量砾石。					
⑨	Q ₄	5.888	73.80	1.58		粉质粘土:灰黄、灰褐色,湿,稍密,分选性一般,填胶良好,砂粒成分以长石、石英为主,含45%左右的泥质,局部含少量砾石。					
设计单位 河南城安衡测工程技术有限公司 项目负责人 刘国华 图号 07 日期 2021.10											

设计单位 河南城安衡测工程技术有限公司 校核 康登贵 制图 刘国华 图号 07 日期 2021.10

5.2-7 工程场地 7 号钻孔柱状图

5.3 波速测试和场地类别

5.3.1 剪切波速测试结果

场地土层剪切波速是划分场地土类型和场地类别的基本参数,是确定场地覆盖层厚度的依据,是地震反应模型建立的基础。本场地采用单孔检层法对场地进

行了 7 个钻孔的剪切波速测试。

河北省廊坊开发区大地工程检测技术开发有限公司生产的 XG-I 悬挂式波速测井仪（图 5.3-1），仪器主要技术指标如下：



图 5.3-1 XG-I 型波速测井仪

动态范围：96dB；

前放增益：18～60dB（8～1000 倍）；通道数：1 至3 道可选；

采样间隔：0.003～10ms 可调；

采样次数：512～16k 可调；

仪器接收信号的探头采用悬挂式井中检波器（图3）主要技术指标如下：水平检波器的固有频率为 60Hz，灵敏度为 30V/m/s。



图 5.3-2 探头组成示意图

电磁式激振源指标：供电电压直流 48V，电流 $\leq 6A$ 。

工作时将悬挂式探头（即振源和检波器）放入孔中，用孔中的泥浆液作为震源和检波器与井壁耦合介质。震源为水平激振（垂直井壁）激发产生 P、S 波，S 波沿井壁地层传播，由两个相距 1m 的检波器接收沿井壁传播的 S 波振动信号并把 S 波的振动信号转换成电信号，通过电缆由主机记录显示存储。主机对信号进行数据处理后采用两道互相关分析方法，自动计算 S 波在两道检波器间传播的时间差，从而计算出两道间的 S 波传播速度。测试顺序自下而上逐点进行，测点深度间 1.0m。

为准确确定场地土的类型，场地覆盖层厚度及建筑场地类别，在 1#至 7#孔进行了剪切波速测试，结果详见“波速柱状图”。从工程场区内 7 个钻孔的剪切波速测试成果可见表 1 工程地震钻孔的土层等效剪切波速、建筑场地类别划分波速测试成果显示，场地覆盖层厚度分别为 40m，39m，45m，43m，42m，40m，39m，因此，覆盖层厚度属于 3-50m 范围。依据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版）第 4.1.3 条、第 4.1.6 条规定，判定本项目场地类别为 II 类。

5.3.2 场地土类型、建筑场地类别确定

根据钻孔波速测试结果和工程勘察资料，依照《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）和《公路桥梁抗震设计规范》JTG/T B02-2008 规定，综合判定工

程场地土类型为中硬场地土，建筑场地类别为Ⅱ类，见表 5.3.1。

表 5.3.1 工程场地综合判定汇总表

钻孔编号	20 米等效剪切波速 v_{se} (m/s)	覆盖层厚 (m)	建筑场地类别
Zk1	234	40	Ⅱ
Zk2	184	39	Ⅱ
Zk3	206	45	Ⅱ
Zk4	197	43	Ⅱ
Zk5	192	42	Ⅱ
Zk6	196	40	Ⅱ
Zk7	206	39	Ⅱ

工程场地内 7 个钻孔的土层剪切波速测试结果如下。

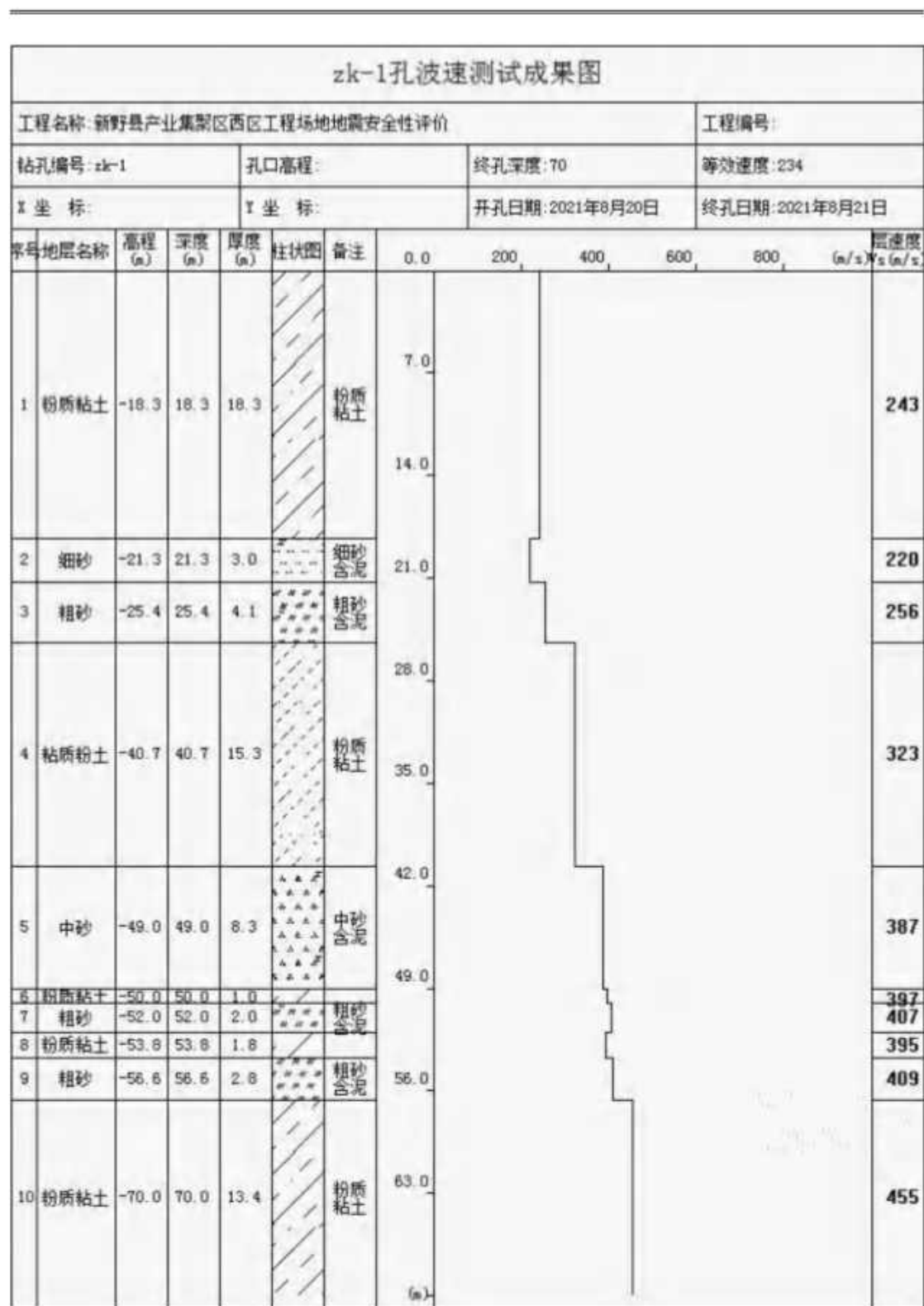


图 5-3-3 工程场地 1 号波速测试孔剪切波速测试结果

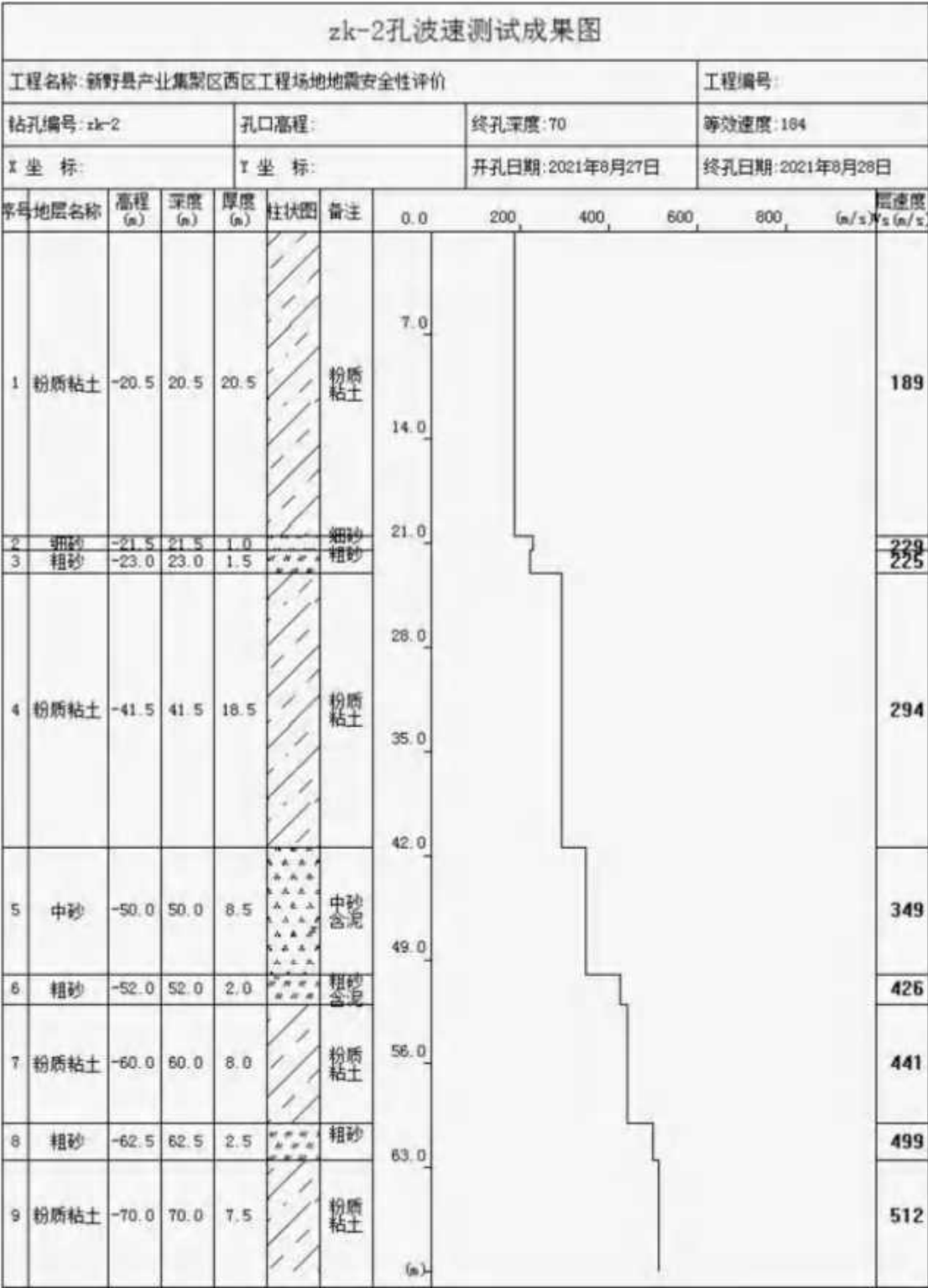


图 5-3-4 工程场地 2 号波速测试孔剪切波速测试结果

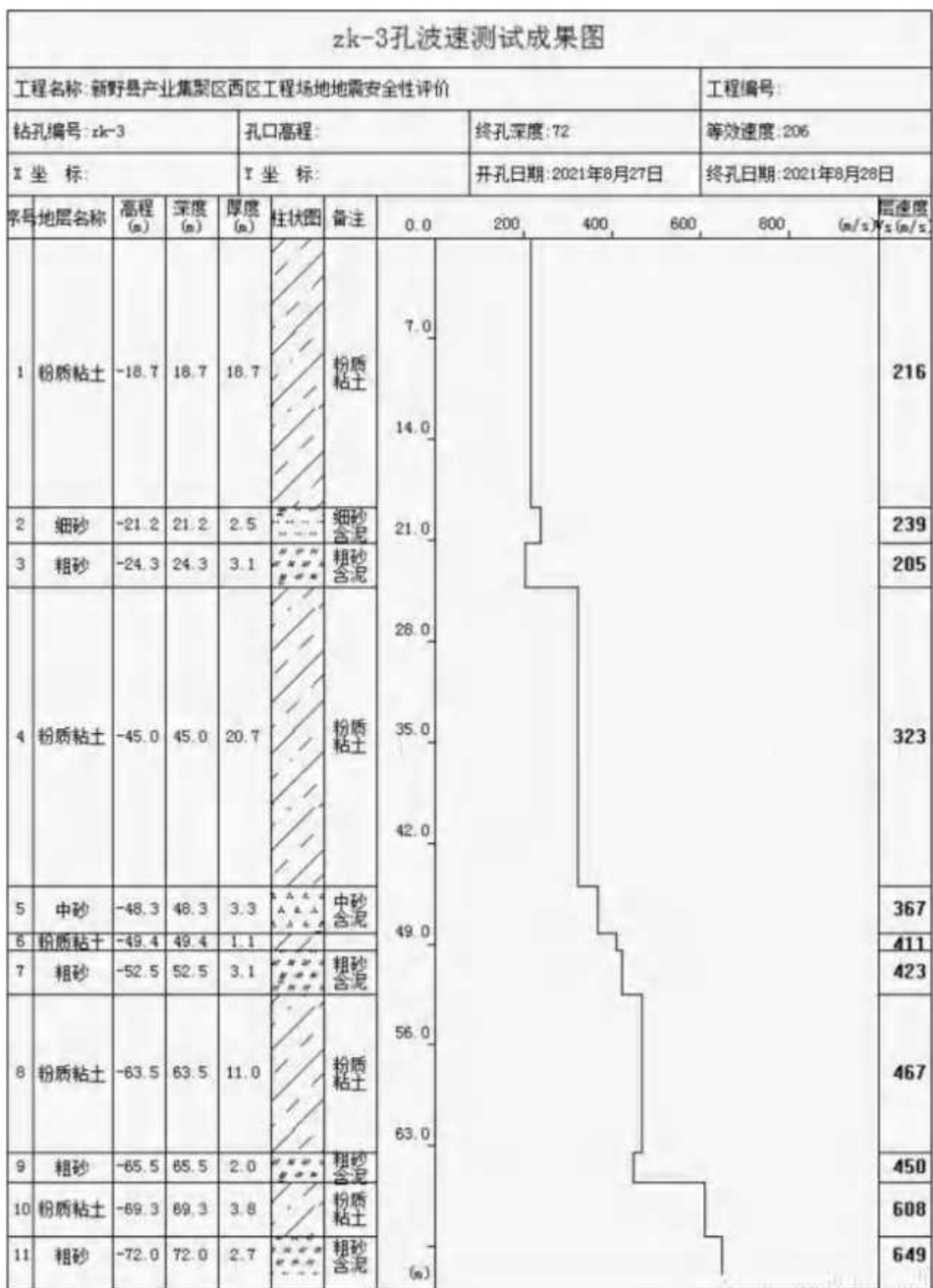


图 5-3-5 工程场地 3 号波速测试孔剪切波速测试结果

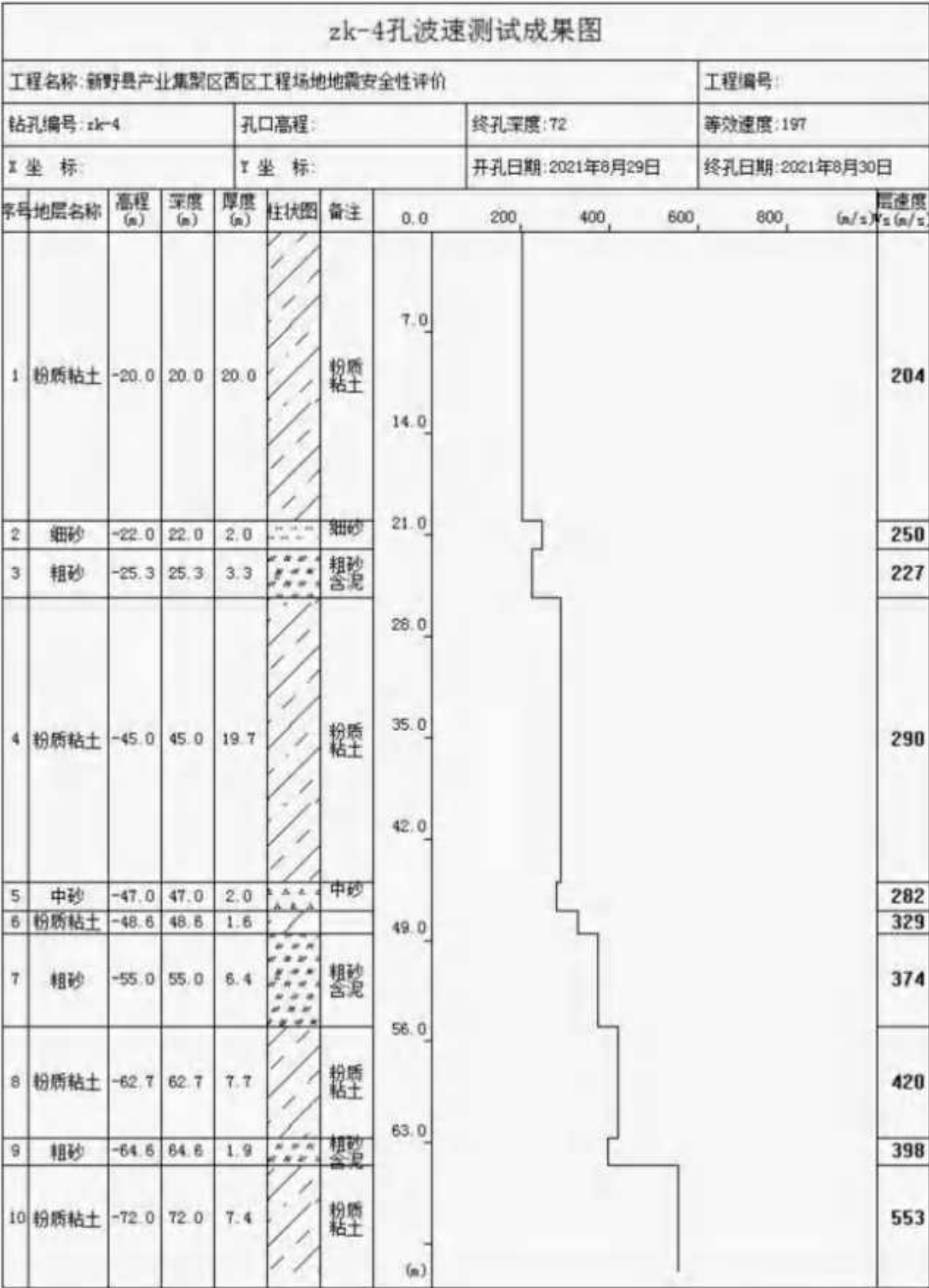


图 5-3-6 工程场地 4 号波速测试孔剪切波速测试结果

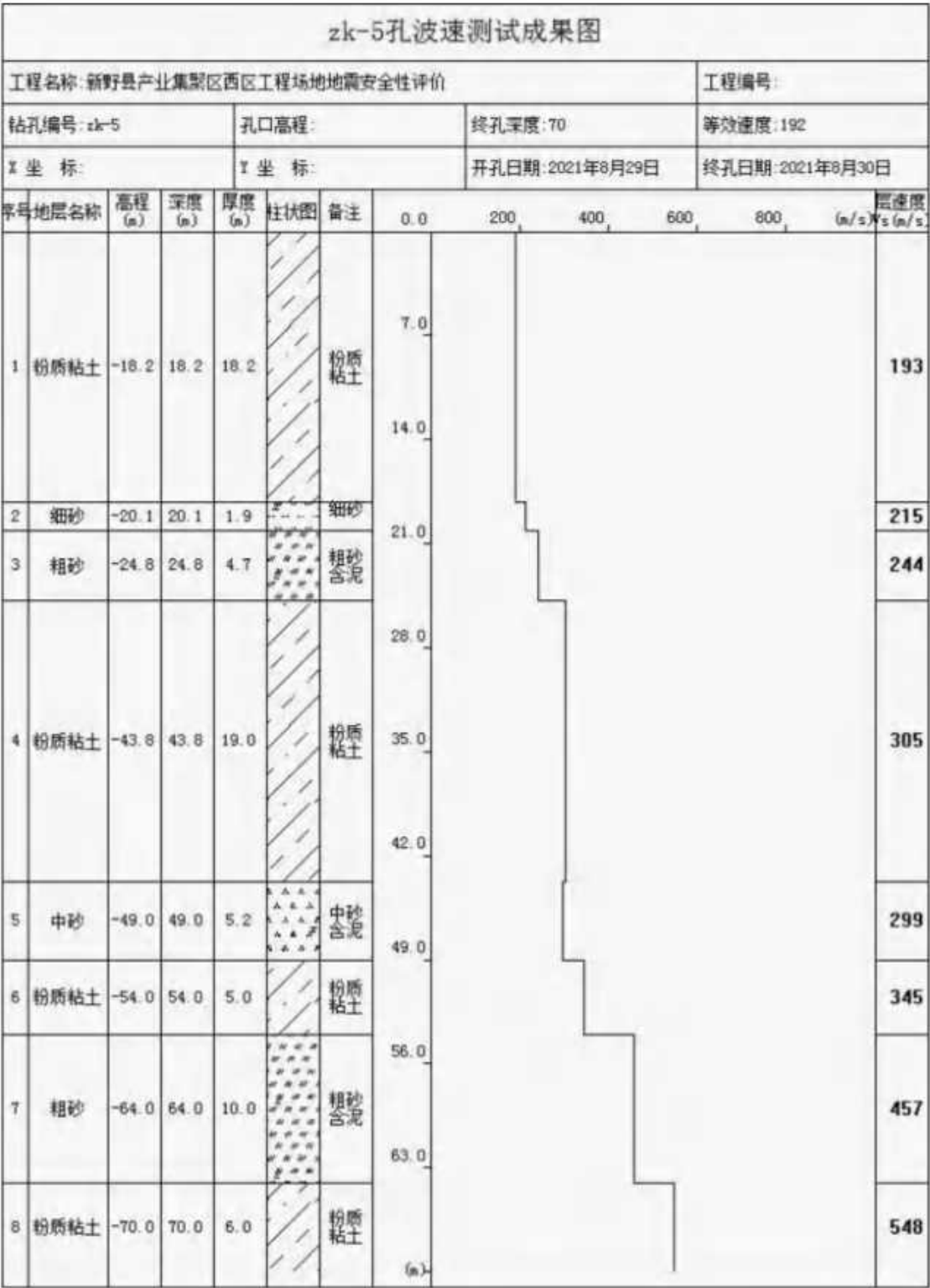


图 5-3-7 工程场地 5 号波速测试孔剪切波速测试结果

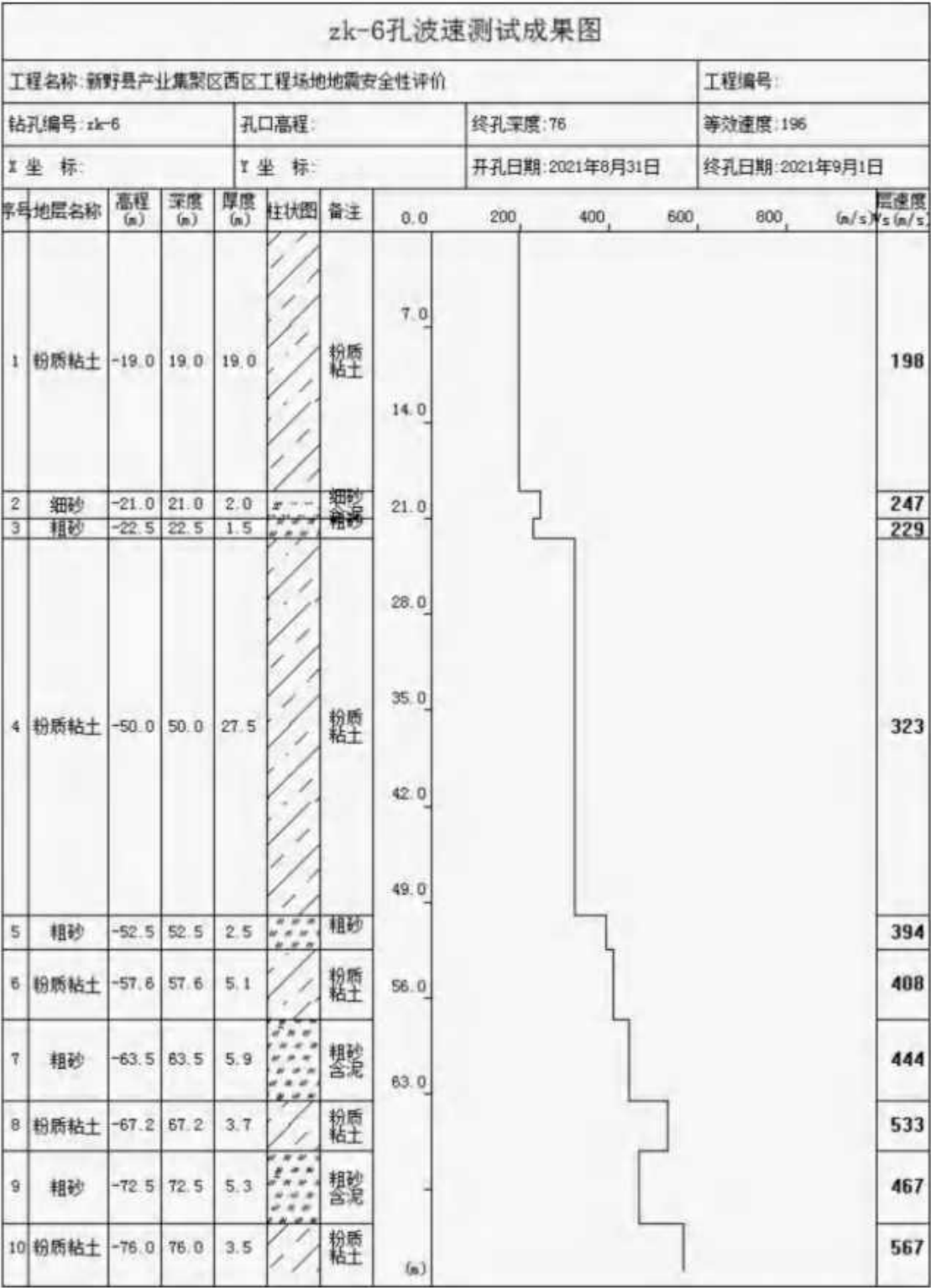


图 5-3-8 工程场地 6 号波速测试孔剪切波速测试结果

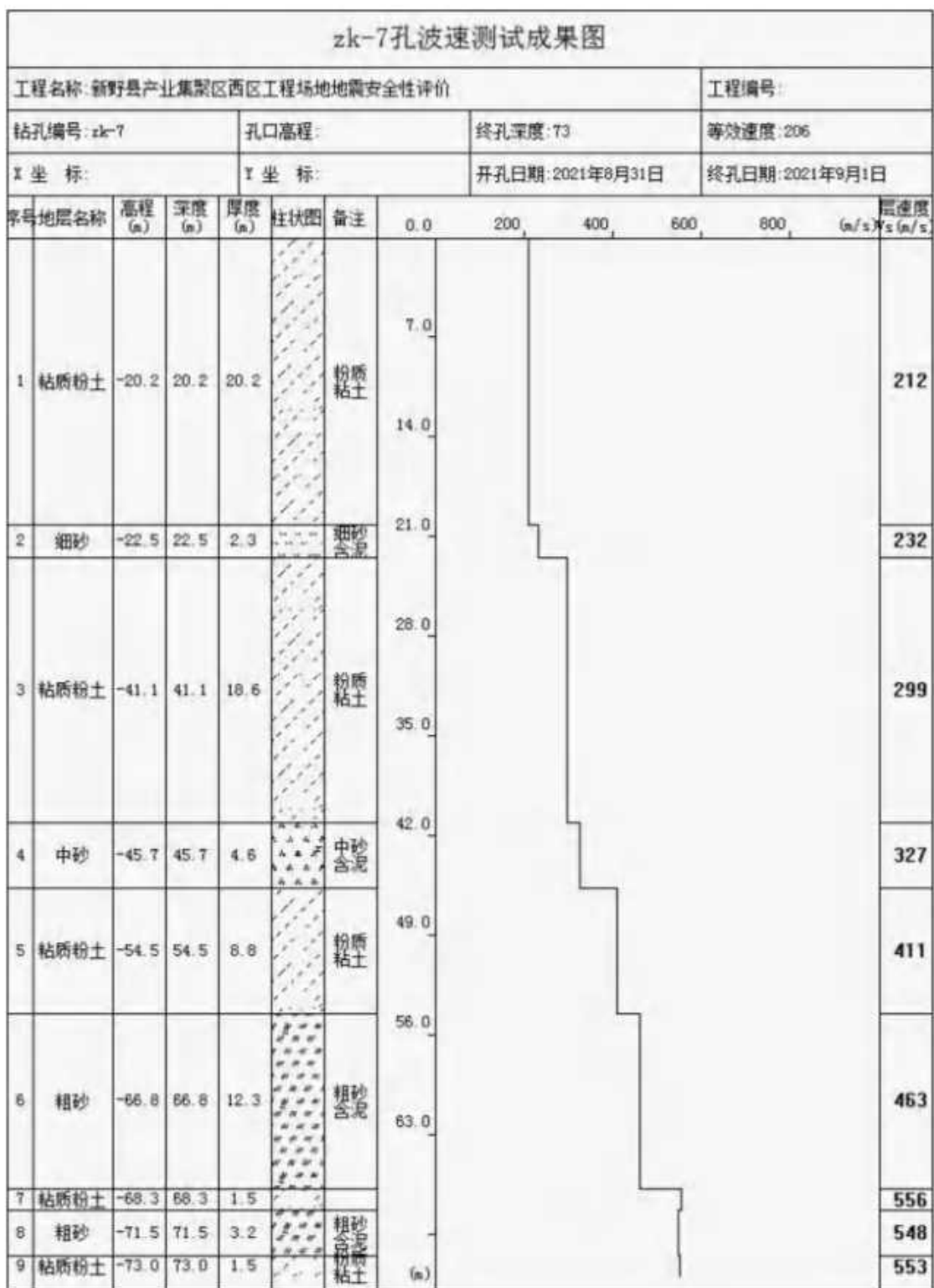


图 5-3-9 工程场地 7 号波速测试孔剪切波速测试结果

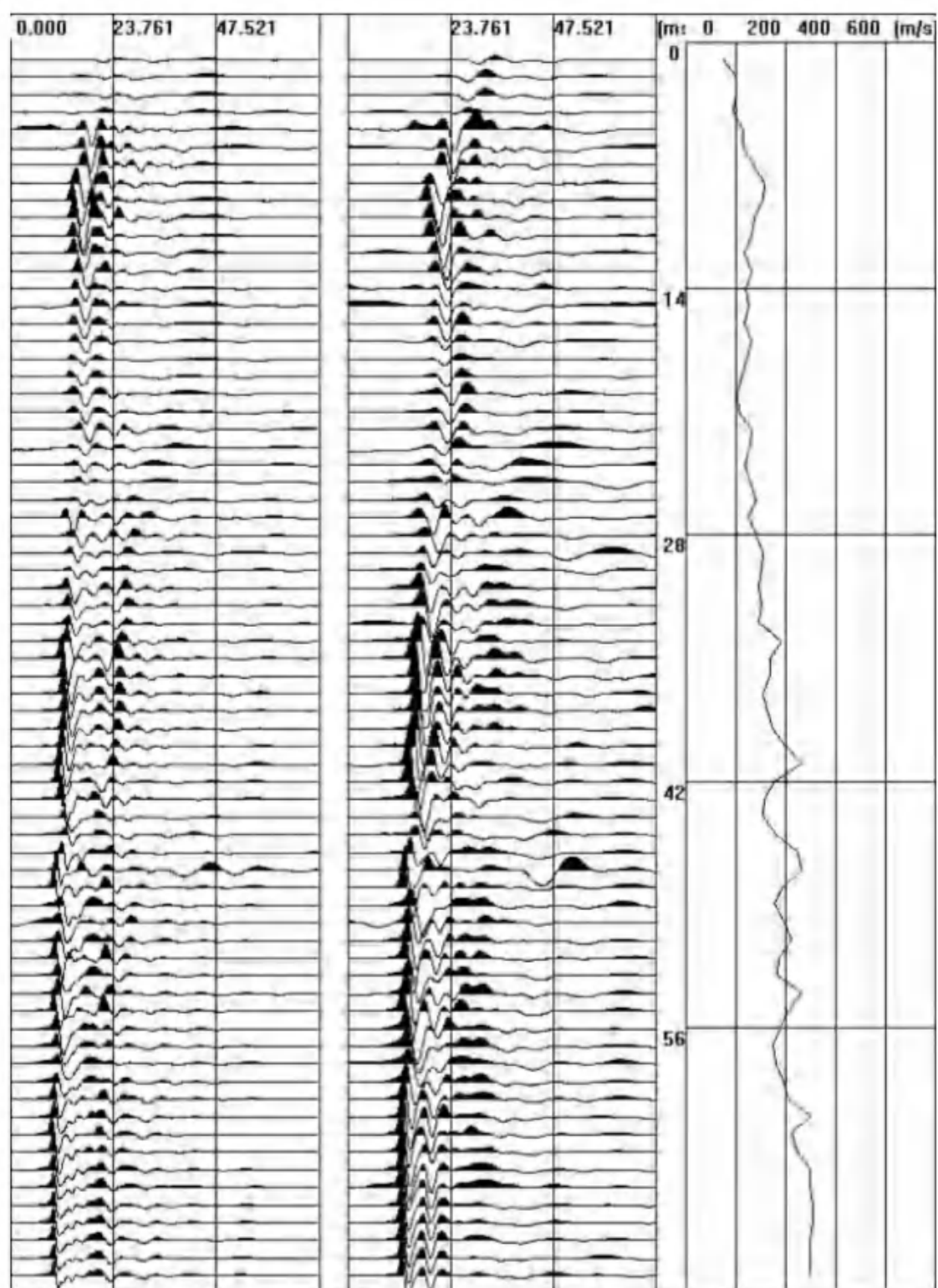


图 5-3-10 工程场地 1 号钻孔波速波列曲线图

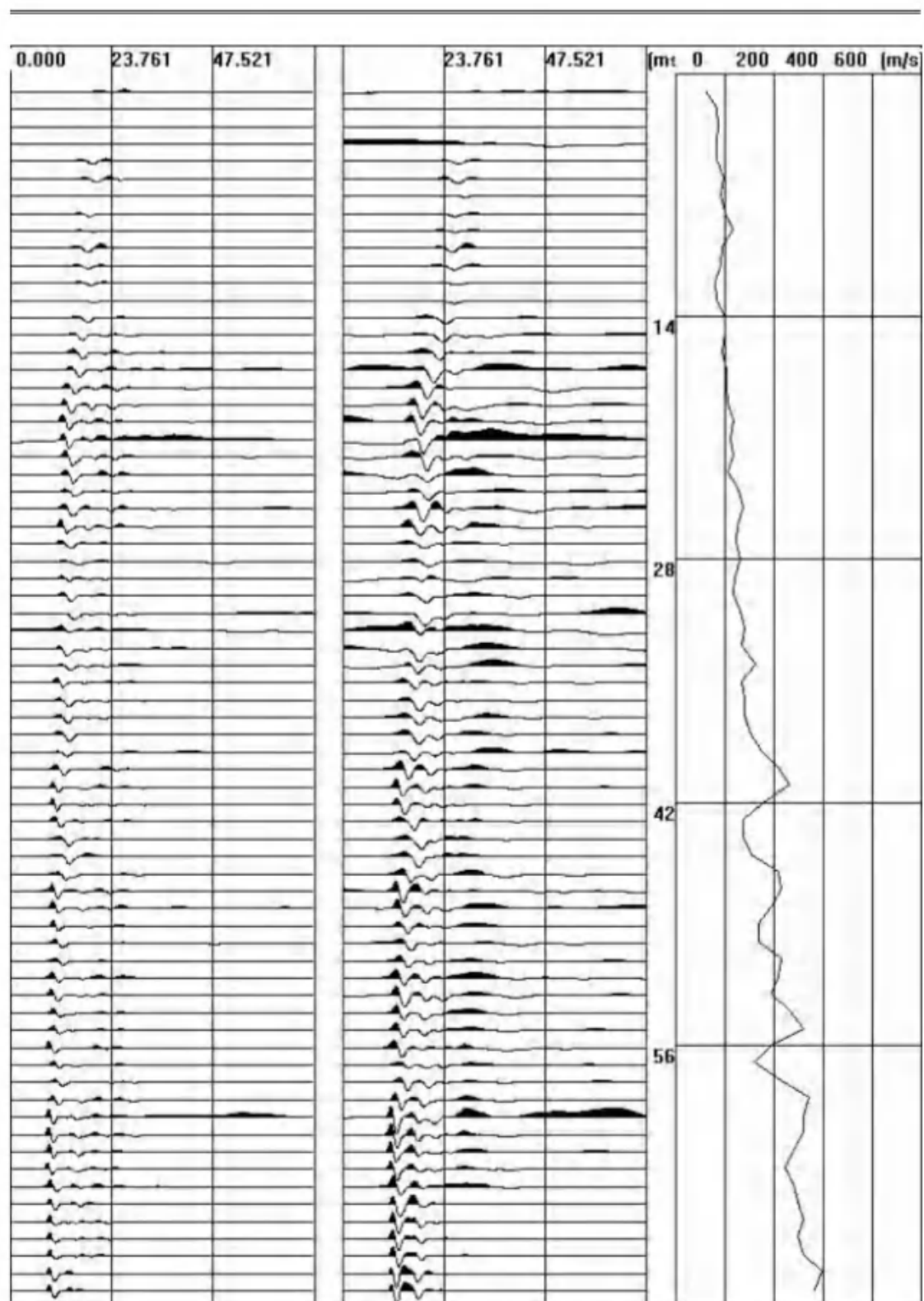


图 5-3-11 工程场地 2 号钻孔波速波列曲线图

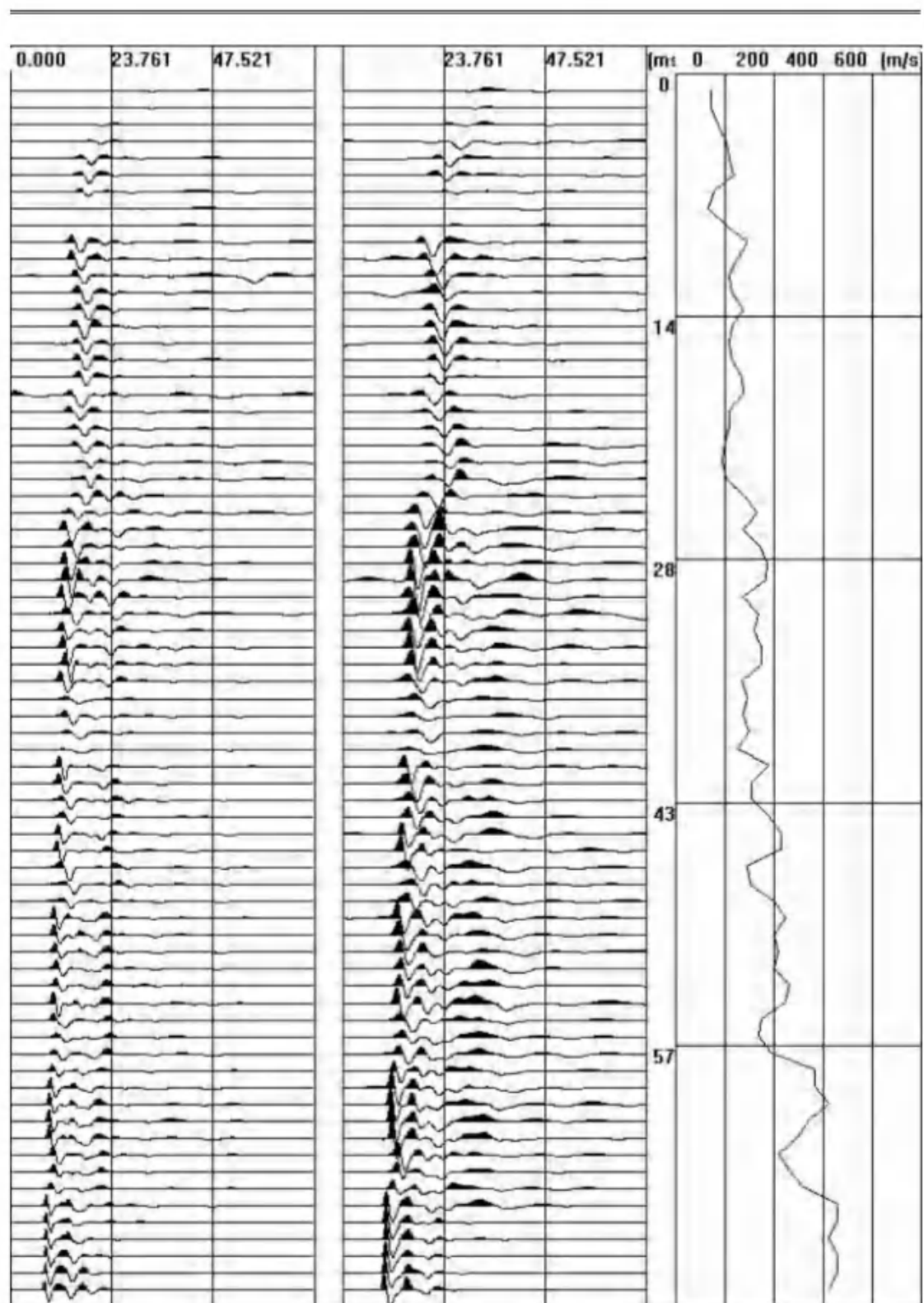


图 5-3-12 工程场地 3 号钻孔波速波列曲线图

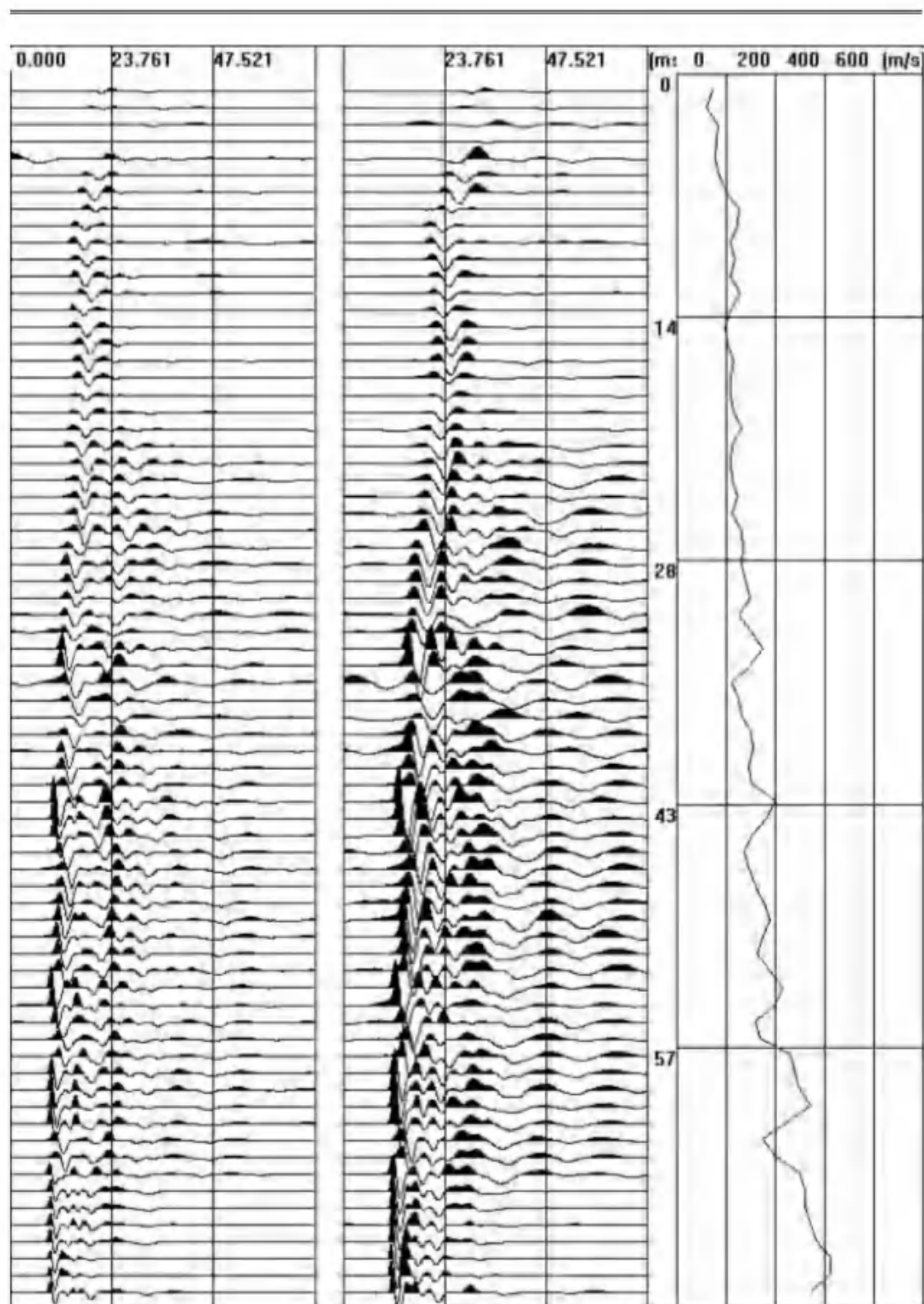


图 5-3-13 工程场地 4 号钻孔波速波列曲线图

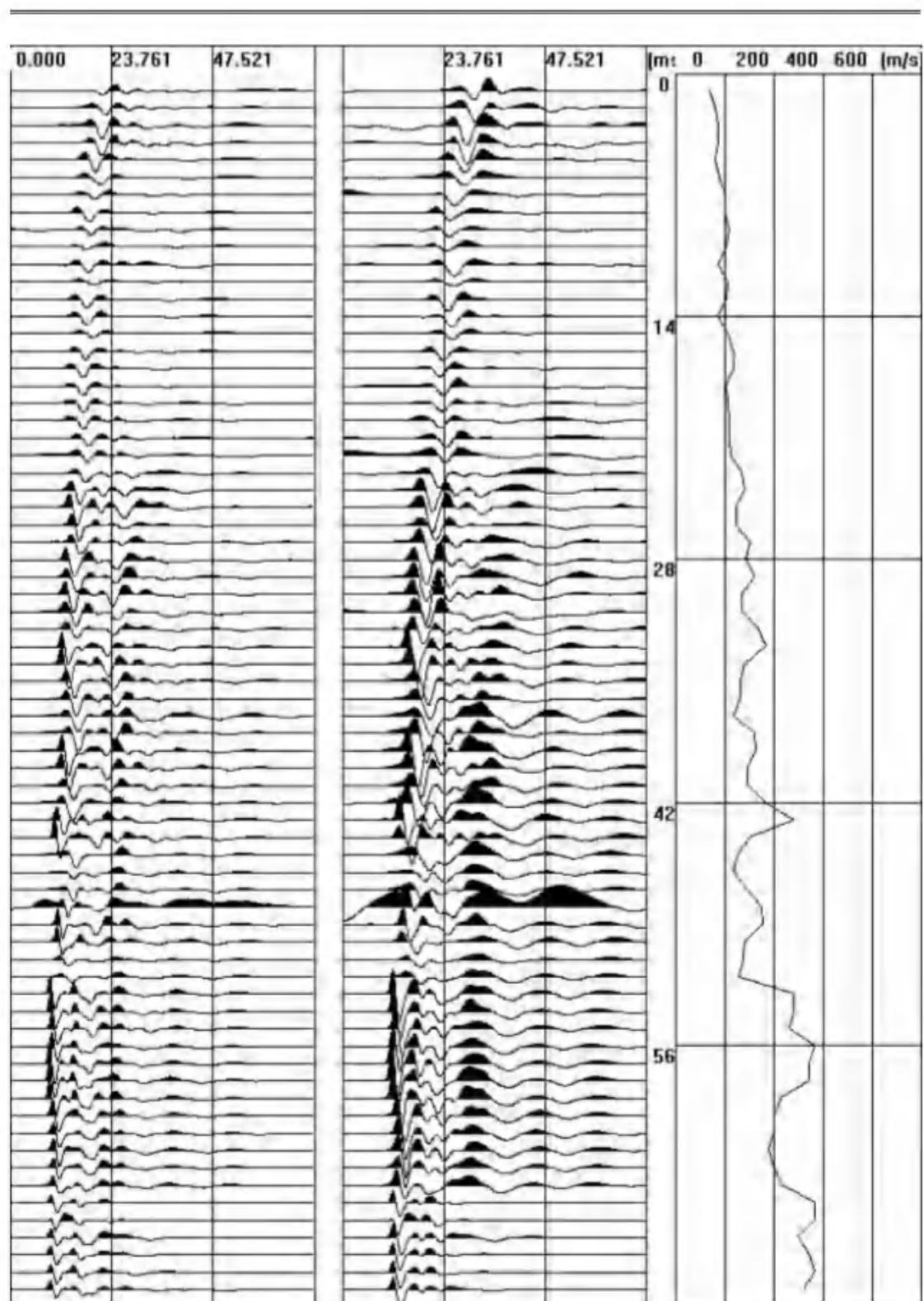


图 5-3-14 工程场地 5 号钻孔波速波列曲线图

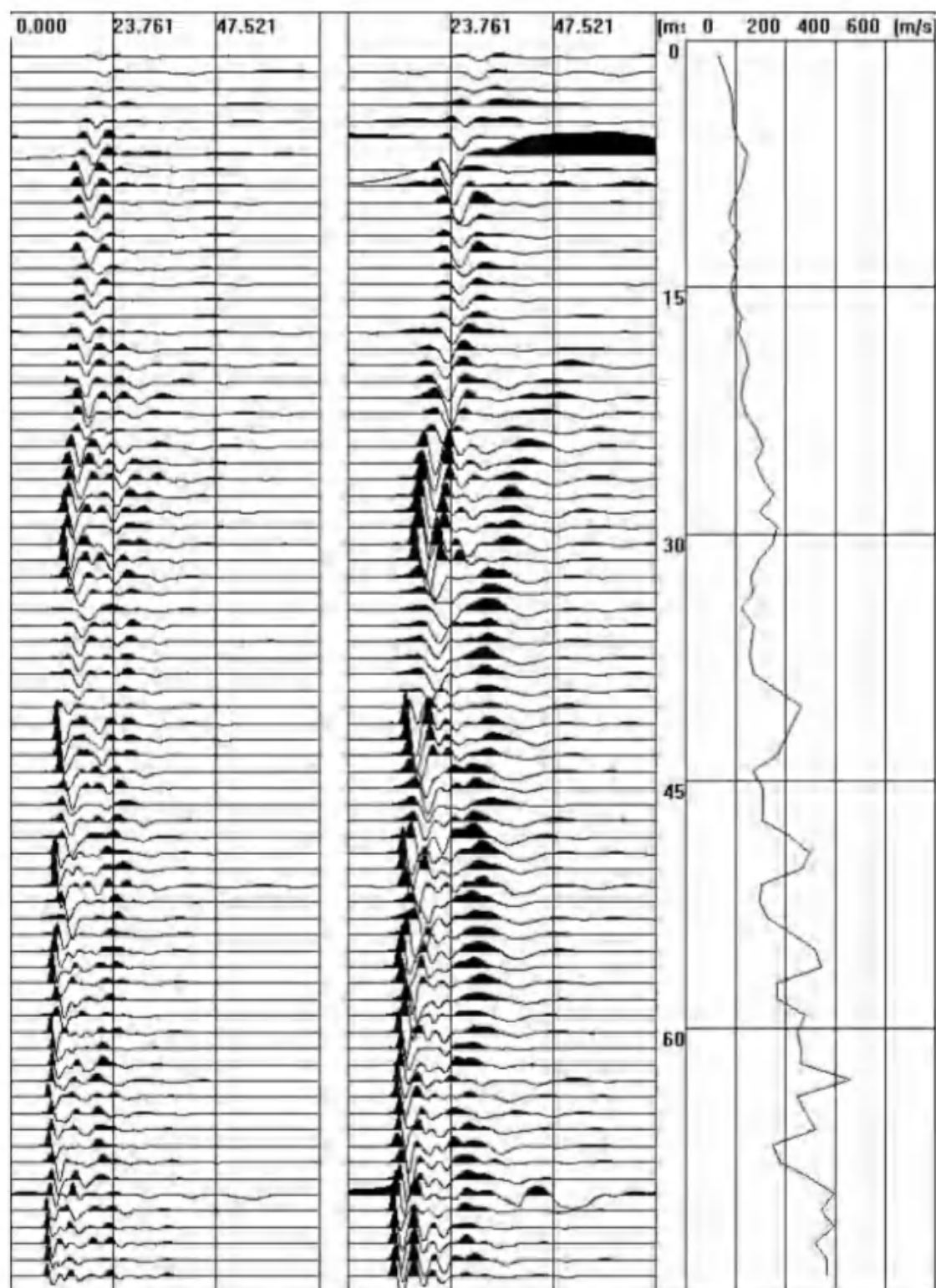


图 5-3-15 工程场地 6 号钻孔波速波列曲线图

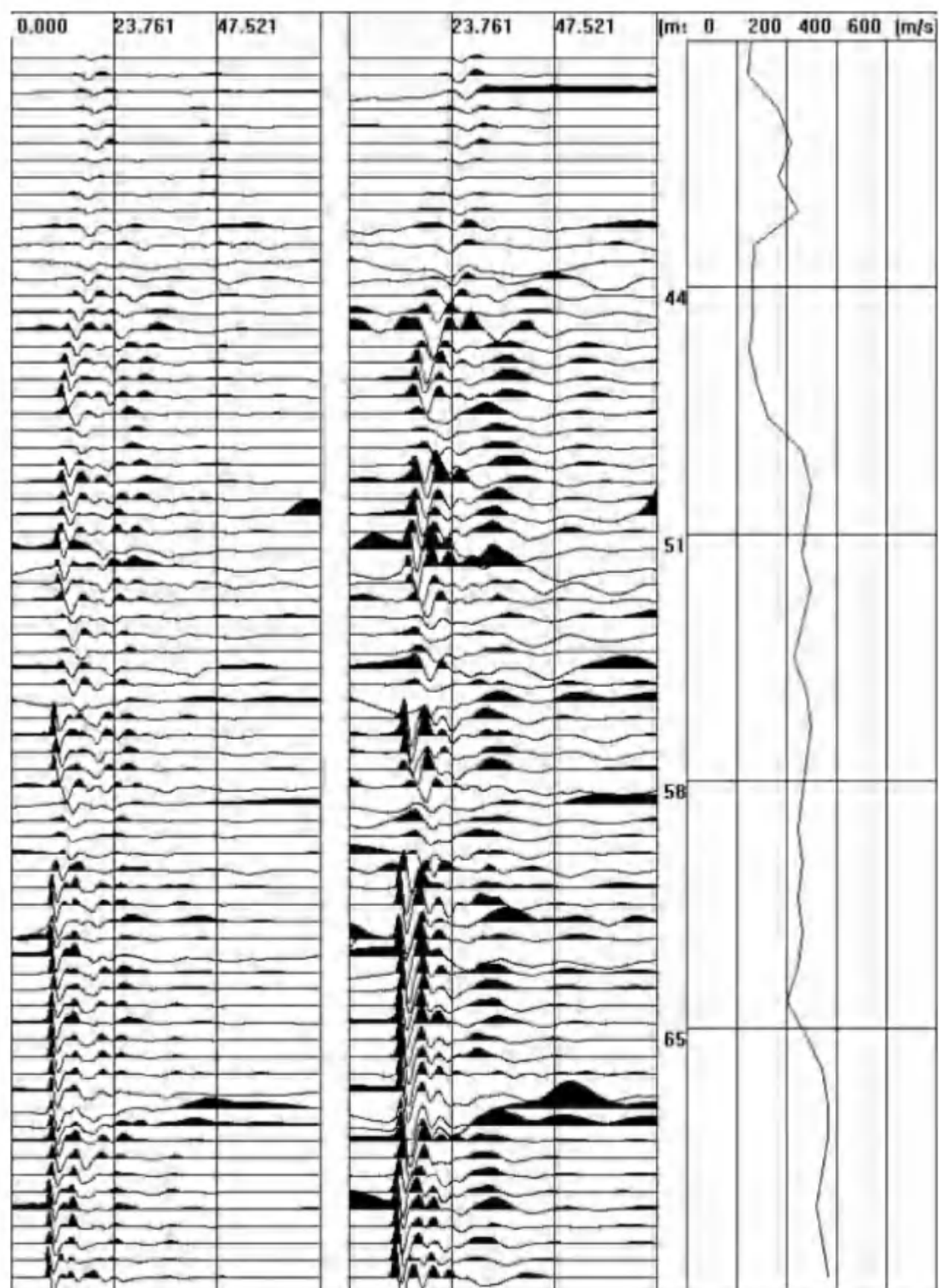


图 5-3-16 工程场地 7 号钻孔波速波列曲线图

5.3 土体动力非线性参数

为了获取工程场地各代表性土层的动力学特性，并为土层地震动反应分析提供土层动力学数据，委托山东省地震工程研究院对新野县产业集聚区西区工程场地地震安全性评价的地基土样进行了动三轴试验工作，试验土样为原状土样，试验的成样、试验方法及试验资料整理均按《土工试验规程》(GB/T50123-2019)中的有关规定进行。

项目提供的土样有64个，试验室对其进行编号，见表1所示。

表 1 试样编号、物理性质指标以及相关试验参数

土样编号		取土深度 (m)	土样 定名	容重 (kN/m ³)	含水率 (%)	施加围压 (kPa)
试验室 编号	野外编号					
1	Zk-1-1	4.8	粉质粘土	18.1	30.3	100
2	Zk-1-2	9.8	粉质粘土	18.8	34.1	100
3	Zk-1-3	14.8	粉质粘土	20.0	22.2	150
4	Zk-1-4	28.8	粉质粘土	19.5	24.8	300
5	Zk-1-5	35.8	粉质粘土	20.0	23.9	350
6	Zk-1-6	49.8	粉土	19.9	20.4	500
7	Zk-1-7	53.3	粉质粘土	19.0	21.2	550
8	Zk-1-8	56.6	粉质粘土	20.1	20.9	600
9	Zk-1-9	64.8	粉质粘土	20.4	20.3	600
10	Zk-1-10	66.8	粉质粘土	20.6	24.1	600
11	zk-3-1	4.8	粉质粘土	19.0	24.3	100
12	zk-3-2	10.5	粉质粘土	18.9	24.2	100
13	zk-3-3	14.8	粉质粘土	19.5	21.1	150
14	zk-3-4	20.8	粉质粘土	18.5	29.3	200
15	zk-3-5	24.8	粉质粘土	19.4	23.4	250
16	zk-3-6	29.8	粉质粘土	19.1	26.3	300
17	zk-3-7	34.8	粉质粘土	19.2	28.8	350
18	zk-3-8	39.8	粉质粘土	19.1	24.6	400
19	zk-3-9	44.8	粉质粘土	19.7	25.7	450

土样编号		取土深度 (m)	土样定名	容重 (kN/m ³)	含水率 (%)	施加围压 (kPa)
试验室 编号	野外编号					
20	zk-3-10	49.4	粉质粘土	19.8	31.1	500
21	zk-3-11	54.8	粉质粘土	20.0	22.3	550
22	zk-3-12	59.8	粉质粘土	19.6	20.4	600
23	zk-3-13	65.5	粉质粘土	19.9	31.2	600
24	zk-3-14	68.8	粉质粘土	21.0	34.9	600
25	zk-4-1	4.8	粉质粘土	18.8	29.9	450
26	zk-4-2	9.8	粉质粘土	19.4	25.9	550
27	zk-4-3	14.8	粉质粘土	19.3	26.3	600
28	zk-4-4	19.8	粉质粘土	20.0	21.1	600
29	zk-4-5	25.4	粉质粘土	18.9	19.6	600
30	zk-4-6	29.8	粉质粘土	19.4	35.6	100
31	zk-4-7	34.8	粉质粘土	19.5	24.7	100
32	zk-4-8	39.8	粉质粘土	18.8	29.7	100
33	zk-4-9	44.8	粉质粘土	19.3	24.1	150
34	zk-4-10	48.3	粉质粘土	19.3	23.8	200
35	zk-4-11	55.8	粉质粘土	18.5	31.1	300
36	zk-4-12	62.3	粉质粘土	19.7	25.9	500
37	zk-4-13	64.7	粉质粘土	20.2	24.7	550
38	zk-4-14	71.7	粉质粘土	19.8	25.0	600
39	zk-6-1	4.8	粉质粘土	18.9	19.9	100
40	zk-6-2	9.8	粉质粘土	18.9	24.5	100
41	zk-6-3	14.8	粉质粘土	19.2	24.8	150
42	zk-6-4	25.8	粉质粘土	19.6	26.2	250
43	zk-6-5	30.8	粉质粘土	19.2	26.4	300
44	zk-6-6	35.8	粉质粘土	19.4	31.2	350
45	zk-6-7	43.8	粉质粘土	19.3	34.2	450
46	zk-6-8	48.8	粉质粘土	20.3	22.1	500
47	zk-6-9	53.5	粉质粘土	20.7	24.1	500
48	zk-6-10	66.8	粉质粘土	20.4	30.4	600
49	zk-6-11	74.8	粉质粘土	20.0	23.9	600
50	Zk-7-1	4.7	粉质粘土	18.9	20.4	100

土样编号		取土深度 (m)	土样定名	容重 (kN/m ³)	含水率 (%)	施加围压 (kPa)
试验室 编号	野外编号					
51	Zk-7-2	9.7	粉质粘土	19.3	23.5	100
52	Zk-7-3	14.7	粉质粘土	18.6	27.7	100
53	Zk-7-4	19.6	粉质粘土	19.4	19.0	200
54	Zk-7-5	22.6	粉质粘土	19.5	24.7	250
55	Zk-7-6	24.7	粉质粘土	19.5	23.2	250
56	Zk-7-7	29.7	粉质粘土	18.5	34.3	300
57	Zk-7-8	34.6	粉质粘土	20.0	24.4	350
58	Zk-7-9	39.7	粉质粘土	19.8	24.3	400
59	Zk-7-10	40.5	粉质粘土	19.8	27.2	400
60	Zk-7-11	45.7	粉质粘土	20.5	24.6	450
61	Zk-7-12	49.6	粉质粘土	19.4	26.9	500
62	Zk-7-13	53.7	粗砂	19.7	26.7	550
63	Zk-7-14	67.3	粉质粘土	19.4	31.7	600
64	Zk-7-15	71.6	粉质粘土	19.9	27.0	600

试样首先按《土工试验方法标准(GB / T50123-2019)》第 19.3.1 条的方法制备, 试样高为 80mm, 直径为 39.1mm, 然后将制备好的试样进行饱和。试验时在一定的固结比应力下固结, 待固结完成后, 在不排水的条件下施加动应力进行动弹模试验。

试验中, 土样在各级荷载下轴向应力 P 和轴向应变 ε 的时间历程将被记录下来, 由应力应变时程绘出应力应变滞回曲线, 由滞回曲线 B 点的应力应变值可求得试样的轴向模量 E , 由 E 可求得土样在该级荷载下模量:

$$E = \frac{P_B}{\varepsilon_B} \qquad G = \frac{E}{2(1+\nu)} \tag{1}$$

式中, P_B 、 ε_B 分别为滞回线 B 点所对应的应力应变值, ν 为泊松比, 由土类而定。对所求得各级荷载下不同幅值的模量, 进行统计分析时, 应力应变关系用双曲线函数表示:

$$\tau = \frac{\gamma}{A + B\gamma} \tag{2}$$

式中, τ 和 γ 为剪应力和剪应变幅值, A 和 B 为回归常数, 若令 $\tau/\gamma = G$, 则:

$$\frac{1}{G} = A + B_\gamma \tag{3}$$

如果以 $1/G$ 为纵坐标, γ 为横坐标, 将实验结果标在该图中, 近似用一条直线来表示它们的关系, 显然当 $\gamma \rightarrow 0$ 时, 可以得到系数 A 等于最大剪切模量的倒数, 即 $1/G_{\max}$, 因此可得到对应不同应变模量与最大模量的比值和应变的关系:

$$G/G_{\max} = 1/(1 + \gamma B/A) \quad (4)$$

继而, 求出动三轴试样的不同剪应变下的动剪切模量比。

试样在荷载下的阻尼比 D 可用下式求得:

$$D = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\Delta W}{W} \quad (5)$$

式中, ΔW 为一个循环消耗的能量, 用应力应变滞回曲线所围的面积表示, W 为施加的最大应变能。根据 Hardin-Drnevich 模型, 阻尼比与剪应变的关系可写为 $D=D_{\max}(1-G/G_{\max})$ 。依此关系式, 可回归阻尼比与剪应变的关系。从而, 也同样求出动三轴试样的不同剪应变下的阻尼比值。

将试验所求得动剪切模量比和阻尼比的结果进行曲线拟合, 即可得出各试样的拟合曲线, 如图 1-64 所示。从而得到各试样的剪应变标准点的动剪切模量比和阻尼比:

表 2 各试样剪应变标准点的动剪切模量比和阻尼比值

土样编号	剪应变 γ_d 参数	5×10^{-6}	1×10^{-5}	5×10^{-5}	1×10^{-4}	5×10^{-4}	1×10^{-3}	5×10^{-3}	1×10^{-2}
1	$G/G_{\max}$	0.9901	0.9805	0.9095	0.8340	0.5013	0.3345	0.0913	0.0478
	λ_d	0.0034	0.0063	0.0252	0.0435	0.1177	0.1528	0.2025	0.2113
2	$G/G_{\max}$	0.9946	0.9892	0.9484	0.9019	0.6479	0.4791	0.1554	0.0842
	λ_d	0.0222	0.0302	0.0607	0.0807	0.1426	0.1697	0.2104	0.2181
3	$G/G_{\max}$	0.9972	0.9943	0.9723	0.9461	0.7783	0.6371	0.2599	0.1493
	λ_d	0.0083	0.0118	0.0264	0.0370	0.0759	0.0976	0.1402	0.1505
4	$G/G_{\max}$	0.9974	0.9949	0.9750	0.9511	0.7956	0.6606	0.2802	0.1629
	λ_d	0.0012	0.0022	0.0090	0.0163	0.0577	0.0903	0.1753	0.2002
5	$G/G_{\max}$	0.9957	0.9914	0.9582	0.9198	0.6965	0.5343	0.1867	0.1029
	λ_d	0.0076	0.0104	0.0210	0.0281	0.0511	0.0619	0.0795	0.0831
6	$G/G_{\max}$	0.9973	0.9947	0.9741	0.9494	0.7897	0.6524	0.2729	0.1580
	λ_d	0.0114	0.0163	0.0371	0.0524	0.1098	0.1425	0.2089	0.2254
7	$G/G_{\max}$	0.9968	0.9936	0.9690	0.9399	0.7577	0.6099	0.2382	0.1352
	λ_d	0.0153	0.0196	0.0349	0.0443	0.0736	0.0875	0.1116	0.1168
8	$G/G_{\max}$	0.9980	0.9961	0.9808	0.9623	0.8362	0.7185	0.3379	0.2033
	λ_d	0.0148	0.0199	0.0398	0.0534	0.1010	0.1278	0.1852	0.2007
9	$G/G_{\max}$	0.9981	0.9962	0.9813	0.9633	0.8401	0.7244	0.3445	0.2081
	λ_d	0.0141	0.0191	0.0388	0.0523	0.1003	0.1277	0.1874	0.2038
10	$G/G_{\max}$	0.9971	0.9942	0.9717	0.9449	0.7744	0.6319	0.2556	0.1465
	λ_d	0.0198	0.0262	0.0497	0.0651	0.1151	0.1403	0.1865	0.1971
11	$G/G_{\max}$	0.9939	0.9879	0.9423	0.8909	0.6203	0.4496	0.1404	0.0755
	λ_d	0.0025	0.0043	0.0152	0.0253	0.0691	0.0932	0.1334	0.1414

12	G/Gmax λd	0.9959 0.0029	0.9918 0.0050	0.9605 0.0169	0.9239 0.0280	0.7083 0.0789	0.5484 0.1105	0.1954 0.1726	0.1083 0.1868
13	G/Gmax λd	0.9962 0.0053	0.9925 0.0081	0.9636 0.0215	0.9298 0.0323	0.7258 0.0749	0.5697 0.0989	0.2093 0.1441	0.1169 0.1543
14	G/Gmax λd	0.9974 0.0388	0.9948 0.0479	0.9743 0.0778	0.9500 0.0953	0.7916 0.1472	0.6550 0.1716	0.2752 0.2152	0.1596 0.2251
15	G/Gmax λd	0.9973 0.0041	0.9946 0.0062	0.9735 0.0161	0.9483 0.0240	0.7857 0.0562	0.6471 0.0759	0.2683 0.1175	0.1549 0.1281
16	G/Gmax λd	0.9973 0.0086	0.9947 0.0128	0.9741 0.0313	0.9495 0.0455	0.7898 0.1017	0.6526 0.1350	0.2731 0.2048	0.1581 0.2224
17	G/Gmax λd	0.9970 0.0047	0.9939 0.0073	0.9704 0.0202	0.9426 0.0310	0.7665 0.0765	0.6215 0.1045	0.2472 0.1627	0.1410 0.1772
18	G/Gmax λd	0.9978 0.0063	0.9956 0.0096	0.9783 0.0253	0.9575 0.0380	0.8185 0.0916	0.6928 0.1259	0.3108 0.2054	0.1840 0.2276
19	G/Gmax λd	0.9979 0.0188	0.9959 0.0251	0.9798 0.0489	0.9604 0.0648	0.8290 0.1194	0.7079 0.1494	0.3265 0.2118	0.1951 0.2282
20	G/Gmax λd	0.9940 0.0057	0.9880 0.0096	0.9428 0.0312	0.8919 0.0505	0.6226 0.1295	0.4520 0.1715	0.1416 0.2405	0.0762 0.2542
21	G/Gmax λd	0.9965 0.0016	0.9931 0.0029	0.9663 0.0119	0.9348 0.0213	0.7415 0.0721	0.5891 0.1085	0.2229 0.1906	0.1254 0.2116
22	G/Gmax λd	0.9962 0.0092	0.9924 0.0134	0.9632 0.0315	0.9291 0.0450	0.7238 0.0942	0.5672 0.1202	0.2077 0.1669	0.1159 0.1771
23	G/Gmax λd	0.9965 0.0038	0.9930 0.0062	0.9659 0.0188	0.9341 0.0298	0.7392 0.0779	0.5862 0.1076	0.2208 0.1674	0.1241 0.1817
24	G/Gmax λd	0.9966 0.0238	0.9932 0.0316	0.9669 0.0606	0.9359 0.0795	0.7448 0.1403	0.5934 0.1698	0.2260 0.2213	0.1274 0.2324
25	G/Gmax λd	0.9959 0.0252	0.9919 0.0329	0.9608 0.0606	0.9246 0.0780	0.7103 0.1314	0.5508 0.1557	0.1969 0.1949	0.1092 0.2029
26	G/Gmax λd	0.9970 0.0170	0.9939 0.0234	0.9703 0.0491	0.9424 0.0669	0.7658 0.1287	0.6205 0.1612	0.2464 0.2221	0.1405 0.2361
27	G/Gmax λd	0.9970 0.0306	0.9940 0.0354	0.9708 0.0493	0.9433 0.0566	0.7688 0.0759	0.6244 0.0840	0.2495 0.0971	0.1425 0.0998
28	G/Gmax λd	0.9977 0.0045	0.9955 0.0071	0.9779 0.0200	0.9568 0.0311	0.8159 0.0803	0.6890 0.1132	0.3071 0.1913	0.1814 0.2133
29	G/Gmax λd	0.9977 0.0166	0.9954 0.0223	0.9774 0.0439	0.9558 0.0584	0.8123 0.1082	0.6839 0.1351	0.3020 0.1892	0.1779 0.2029
30	G/Gmax λd	0.9953 0.0013	0.9907 0.0025	0.9552 0.0111	0.9142 0.0204	0.6807 0.0702	0.5159 0.1037	0.1757 0.1711	0.0963 0.1865
31	G/Gmax λd	0.9974 0.0123	0.9948 0.0170	0.9746 0.0363	0.9505 0.0498	0.7933 0.0982	0.6574 0.1249	0.2773 0.1780	0.1610 0.1911
32	G/Gmax λd	0.9953 0.0016	0.9907 0.0031	0.9553 0.0127	0.9145 0.0229	0.6814 0.0754	0.5167 0.1100	0.1762 0.1782	0.0966 0.1937
33	G/Gmax λd	0.9966 0.0023	0.9932 0.0041	0.9667 0.0143	0.9355 0.0242	0.7437 0.0726	0.5920 0.1052	0.2249 0.1753	0.1267 0.1928
34	G/Gmax λd	0.9974 0.0047	0.9949 0.0072	0.9749 0.0198	0.9510 0.0302	0.7951 0.0748	0.6599 0.1032	0.2796 0.1661	0.1625 0.1828
35	G/Gmax	0.9947	0.9894	0.9493	0.9035	0.6518	0.4835	0.1577	0.0856

	λd	0.0203	0.0263	0.0474	0.0603	0.0974	0.1129	0.1356	0.1399
36	G/Gmax	0.9979	0.9958	0.9793	0.9594	0.8254	0.7028	0.3211	0.1912
	λd	0.0098	0.0138	0.0304	0.0424	0.0874	0.1138	0.1714	0.1869
37	G/Gmax	0.9983	0.9966	0.9830	0.9666	0.8529	0.7435	0.3669	0.2247
	λd	0.0132	0.0181	0.0372	0.0505	0.0986	0.1267	0.1904	0.2087
38	G/Gmax	0.9976	0.9953	0.9769	0.9548	0.8085	0.6786	0.2969	0.1743
	λd	0.0070	0.0101	0.0235	0.0335	0.0720	0.0948	0.1436	0.1564
39	G/Gmax	0.9980	0.9960	0.9801	0.9609	0.8310	0.7109	0.3297	0.1974
	λd	0.0092	0.0117	0.0204	0.0259	0.0431	0.0520	0.0697	0.0743
40	G/Gmax	0.9981	0.9962	0.9814	0.9636	0.8410	0.7256	0.3460	0.2092
	λd	0.0067	0.0102	0.0266	0.0399	0.0970	0.1348	0.2275	0.2550
41	G/Gmax	0.9929	0.9859	0.9331	0.8747	0.5826	0.4110	0.1225	0.0652
	λd	0.0154	0.0221	0.0497	0.0689	0.1291	0.1546	0.1903	0.1967
42	G/Gmax	0.9944	0.9888	0.9464	0.8982	0.6383	0.4688	0.1500	0.0811
	λd	0.0253	0.0341	0.0677	0.0896	0.1560	0.1846	0.2267	0.2346
43	G/Gmax	0.9966	0.9933	0.9674	0.9368	0.7477	0.5970	0.2286	0.1290
	λd	0.0106	0.0153	0.0360	0.0515	0.1087	0.1400	0.1988	0.2123
44	G/Gmax	0.9974	0.9947	0.9743	0.9498	0.7910	0.6542	0.2745	0.1591
	λd	0.0010	0.0020	0.0086	0.0159	0.0590	0.0938	0.1857	0.2128
45	G/Gmax	0.9975	0.9951	0.9760	0.9532	0.8028	0.6706	0.2893	0.1691
	λd	0.0252	0.0323	0.0571	0.0726	0.1216	0.1462	0.1927	0.2038
46	G/Gmax	0.9984	0.9967	0.9839	0.9682	0.8591	0.7529	0.3787	0.2336
	λd	0.0036	0.0057	0.0163	0.0255	0.0678	0.0979	0.1794	0.2059
47	G/Gmax	0.9980	0.9959	0.9801	0.9609	0.8310	0.7108	0.3296	0.1973
	λd	0.0194	0.0254	0.0478	0.0624	0.1115	0.1380	0.1925	0.2067
48	G/Gmax	0.9978	0.9956	0.9786	0.9580	0.8204	0.6954	0.3135	0.1859
	λd	0.0124	0.0171	0.0363	0.0499	0.0990	0.1271	0.1865	0.2021
49	G/Gmax	0.9982	0.9964	0.9822	0.9650	0.8465	0.7339	0.3555	0.2162
	λd	0.0131	0.0183	0.0399	0.0554	0.1137	0.1487	0.2287	0.2516
50	G/Gmax	0.9980	0.9960	0.9803	0.9614	0.8327	0.7133	0.3323	0.1993
	λd	0.0027	0.0045	0.0139	0.0224	0.0632	0.0926	0.1686	0.1917
51	G/Gmax	0.9978	0.9956	0.9783	0.9575	0.8184	0.6926	0.3106	0.1839
	λd	0.0069	0.0104	0.0266	0.0395	0.0933	0.1274	0.2054	0.2270
52	G/Gmax	0.9956	0.9913	0.9579	0.9193	0.6949	0.5324	0.1855	0.1022
	λd	0.0008	0.0016	0.0077	0.0146	0.0541	0.0822	0.1419	0.1561
53	G/Gmax	0.9969	0.9939	0.9700	0.9418	0.7641	0.6182	0.2446	0.1394
	λd	0.0009	0.0017	0.0069	0.0126	0.0441	0.0679	0.1253	0.1408
54	G/Gmax	0.9975	0.9951	0.9759	0.9529	0.8018	0.6692	0.2880	0.1682
	λd	0.0246	0.0299	0.0470	0.0568	0.0853	0.0986	0.1225	0.1280
55	G/Gmax	0.9977	0.9954	0.9774	0.9558	0.8122	0.6838	0.3019	0.1778
	λd	0.0072	0.0108	0.0272	0.0401	0.0930	0.1258	0.1992	0.2190
56	G/Gmax	0.9970	0.9940	0.9708	0.9433	0.7689	0.6246	0.2497	0.1427
	λd	0.0117	0.0169	0.0397	0.0567	0.1206	0.1566	0.2272	0.2441
57	G/Gmax	0.9977	0.9955	0.9778	0.9566	0.8150	0.6878	0.3058	0.1805
	λd	0.0328	0.0407	0.0670	0.0827	0.1301	0.1532	0.1967	0.2071
58	G/Gmax	0.9974	0.9949	0.9749	0.9511	0.7953	0.6602	0.2799	0.1627
	λd	0.0401	0.0496	0.0811	0.0998	0.1553	0.1816	0.2291	0.2400

59	G/Gmax	0.9981	0.9962	0.9813	0.9633	0.8401	0.7243	0.3445	0.2081
	λd	0.0143	0.0191	0.0374	0.0497	0.0923	0.1161	0.1671	0.1809
60	G/Gmax	0.9982	0.9963	0.9819	0.9644	0.8442	0.7304	0.3514	0.2131
	λd	0.0039	0.0057	0.0138	0.0200	0.0455	0.0617	0.1005	0.1119
61	G/Gmax	0.9982	0.9964	0.9821	0.9648	0.8457	0.7326	0.3540	0.2150
	λd	0.0239	0.0308	0.0553	0.0709	0.1219	0.1492	0.2062	0.2214
62	G/Gmax	0.9986	0.9971	0.9857	0.9718	0.8734	0.7753	0.4083	0.2565
	λd	0.0258	0.0324	0.0551	0.0690	0.1137	0.1375	0.1897	0.2046
63	G/Gmax	0.9981	0.9963	0.9816	0.9638	0.8419	0.7269	0.3474	0.2102
	λd	0.0241	0.0310	0.0556	0.0712	0.1222	0.1493	0.2054	0.2202
64	G/Gmax	0.9984	0.9968	0.9841	0.9686	0.8606	0.7553	0.3817	0.2359
	λd	0.0187	0.0250	0.0487	0.0646	0.1206	0.1526	0.2249	0.2457

5.4 工程场地地震地质灾害综合评价

地震地质灾害指的是在地震作用下，地质体遭到破坏而引起的地质灾害，如软土震陷、崩塌和滑坡、砂土液化和断裂错断等灾害。本节根据场地的工程地质条件和地震危险性分析的结果，分析场地在遭受基本烈度的地震作用时可能出现的地震地震灾害类型。

5.4.1 场地地震液化

场地位于地震烈度Ⅵ度区。根据《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）规定，本场地可不考虑地震液化影响。

5.4.2 软土震陷

依照《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001），软土判定条件为：天然孔隙比大于或等于 1.0，且天然含水量大于液限的细粒土应判定为软土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。场地位于地震基本烈度Ⅵ度区。根据钻孔资料，本场地无软弱土层；场地平均等效剪切波速为 202m/s。根据以上分析，本场地地基土可不考虑震陷影响。

5.4.3 断裂错断

场地位于地震基本烈度Ⅵ度区，本工程采用浅层地震勘探方法探测工程场地是否存在断裂，如果存在断层，则查清断层分布及其属性。采用国勘数字地球

(北京)科技有限公司智能节点地震仪,通过野外现场试验,正确选取生产中使用的各项参数,完成浅层地震勘探剖面3条:测线1剖面长度2200m,生产激发点550个,共接收点1100个;测线2-1剖面长度2300m,生产激发点575个,共接收点1150个;测线2-2剖面长度900m,生产激发点225个,共接收点450个(详见报告附件2)。

项目组织技术人员进行了野外踏勘,在对每条测线进行详细踏勘的基础上,根据有关行业技术规范,详细设计了浅层地震勘探方案,在此基础上,于2021年8月19日-2021年8月26日对设计的测线进行浅层人工地震勘探,完成了整个测区的数据采集工作。数据野外采集工作完成后,对获得的地震数据进行处理。在此基础上,对获得的地震时间剖面进行了解释和图件绘制工作,编写了“新野县产业集聚区工程场地地震安全性评价项目浅层地震勘探成果报告”。

本次浅震探测工作在场址西侧布置一条由南向北测线1,测线长度为2200米;在场址中侧布置一条由西向东测线2-1,测线长度为2300米;在场址中侧另布置一条由东向西测线2-2,测线长度为900米测线,具体位置见图5.4-1所示。



图 5.4-1 项目场地位置示意图

场地地势基本平坦，位于南阳盆地的中心，在地质构造上属于秦岭褶皱带的东延部分。中生代晚期由于受燕山运动的影响形成凹陷；新生代时期喜马拉雅运动使凹陷继续沉降，形成了厚达 2700 米的沉积层，在沉积层中储存有丰富的石油资源。出露地层主要为新生代河湖沉积层，并多为现代冲积物所覆盖。县境内地貌形态单一，为冲积河谷平原。第四纪以来，本区无大的构造活动发生，属构造稳定地块。

根据不同测线的探测目的，采用道间距 5m 和 25 次覆盖的浅层地震反射技术，共完成 3 条地震剖面测线，测线剖面长度 5.4km，生产激发点 1350 个，共接收点 2700 个。

在资料处理过程中，根据测区各干扰波特征，个别测线原始记录信噪比较低等不利因素，通过采用叠前叠后去噪、静校正、动校正、偏移等一系列有针对性的数据处理方法，获得了高信噪比的反射波叠加剖面图。资料解释中，在参考已有地质资料、初勘成果的基础上，对地震反射剖面进行分析和解释，得到了每条测线的深度解释剖面图，从而得到地质解释结果，综合以上对各地震勘探测线剖面的分析解释结果，本次浅层地震勘探的主要探测结果概述如下：

场地西侧布置一条由南向北测线 1，测线长度为 2200 米；在场地中侧布置一条由西向东测线 2-1，测线长度为 2300 米；在场地中侧另布置一条由东向西测线 2-2，测线长度为 900 米测线。图 5.4-2 至图 5.4-4 为数据处理后的地震反射时间剖面及地质解释图，在图 5.4-2 至图 5.4-4 地震反射时间剖面中，剖面中来自地下介质波阻抗差异界面的地震反射信息出现在 200ms 的时间范围内，根据各波组特征及波组间的相互关系，根据反射波震相特征对比，解释了第四系内部 3 组界面反射，分别用 TQ1、TQ2、TQ3 标识。

（1）I 测线

TQ3 呈近水平状展布，双程走时在 86~90ms 毫秒左右，反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。时深转换后 TQ3 反射界面埋深为 70~72m。根据地层资料、时-深转换剖面对比，TQ3 对应全新统 Q4 至上更新统 Q3 地层之间。

TQ2-1 呈近水平状展布，双程走时在 138~142ms 毫秒左右，反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。时深转换后 TQ2 反射界面埋深为 121~123m。根据地

层资料、时-深转换剖面对比, TQ2-1 对应上更新统 Q3 至中更新统 Q_2^{gl} 地层之间。

TQ2-2 呈近水平状展布, 双程走时在 215~218ms 毫秒左右。在剖面 CDP100-140 处, 呈近台阶状变浅, 反射能量略显较弱外, 其它段 TQ1 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪, 在剖面 CDP140 以南, 深度缓慢变浅。双程反射时间为 215~218ms, 时深转换后 TQ1 反射界面埋深为 200~203m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, TQ2-1 对应上更新统 Q3 至中更新统 Q_2^{gl} 地层之间。

从剖面中反射波同相轴的横向连续性来看, TQ3、TQ2-1、TQ2-2 在整个剖面中可连续追踪, 工程场地内没有第四系全新统 (Q4)、上更新统 (Q3)、中更新统 (Q2) 断裂存在。(备注: 工程场地位于南阳盆地西缘, 缺失第四系下更新统 Q1。)

(2) 2-1 测线

TQ3 呈近水平状展布, 双程走时在 90~92ms 毫秒左右, 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪。时深转换后 TQ3 反射界面埋深为 71~73m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, TQ3 对应全新统 Q4 至上更新统 Q3 地层之间。

TQ2-1 呈近水平状展布, 双程走时在 144~158ms 毫秒左右, 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪。时深转换后 TQ2 反射界面埋深为 123~140m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, TQ2 对应上新统 Q3 至中更新统 Q2 地层之间。

TQ2-2 呈近水平状展布, 双程走时在 220~246ms 毫秒左右。在剖面 CDP95-120、CDP215-330 处, 反射能量略显较弱外, 呈近台阶状变浅外, 其它段反射波能量基本均衡, 同相轴基本能被连续追踪。时深转换后 TQ1 反射界面埋深为 202~208m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, TQ1 对应中更新统 Q2 至下更新统 Q1 地层之间。

从剖面中反射波同相轴的横向连续性来看, TQ3、TQ2-1、TQ2-2 在整个剖面中可连续追踪, 工程场地内没有第四系全新统 (Q4)、上更新统 (Q3)、中更新统 (Q2) 断裂存在。(备注: 工程场地位于南阳盆地西缘, 缺失第四系下更新统 Q1。)

(3) 2-2 测线

TQ3 呈近水平状展布, 双程走时在 135~145ms 毫秒左右, 在剖面右侧桩号 1600 米 (CDP800) 以东段, 反射能量略显较弱外, 其它段 TQ3 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪。双程反射时间为 135~145ms, 时深转换后 TQ1 反射界面埋深为 91~105m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, TQ3 对应全新统 Q4 至上

更新统 Q3 地层之间。

TQ2-1 呈近水平状展布，双程走时在 172~186ms 毫秒左右，在剖面右侧桩号 450 米（CDP180）以东段，缓慢变深，TQ2 反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。双程反射时间为 172~186ms，时深转换后 TQ2 反射界面埋深为 130~136m。根据地层资料、时-深转换剖面对比，TQ2 对应上更新统 Q3 至中更新统 Q2 地层之间。

TQ2-2 呈西低东高状展布，双程走时在 275~290ms 毫秒左右，在剖面由西至左侧 CDP0-CDP40 处，反射波形显得较为零乱，震相对比较困难，则呈波状起伏，反映了响应地层成层性的横向差异变化，其它段 TQ1 反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。双程反射时间为 275~290ms，时深转换后 TQ1 反射界面埋深为 222~226m。根据地层资料、时-深转换剖面对比，TQ1 对应中更新统 Q2 至下更新统 Q1 地层之间。

从剖面中反射波同相轴的横向连续性来看，TQ3、TQ2-1、TQ2-2 在整个剖面中可连续追踪，工程场地内没有第四系全新统（Q4）、上更新统（Q3）、中更新统（Q2）断裂存在。（备注：工程场地位于南阳盆地西缘，缺失第四系下更新统 Q1。）

据近场区地震地质图，结合场地人工地震勘探成果，根据建筑抗震设计规范，本项目可不考虑地震时断裂错动对场地的影响。根据 GB50011—2010《建筑抗震设计规范》中第 4.1.7 条规定，可忽略发震断裂错动对工程场地的影响。

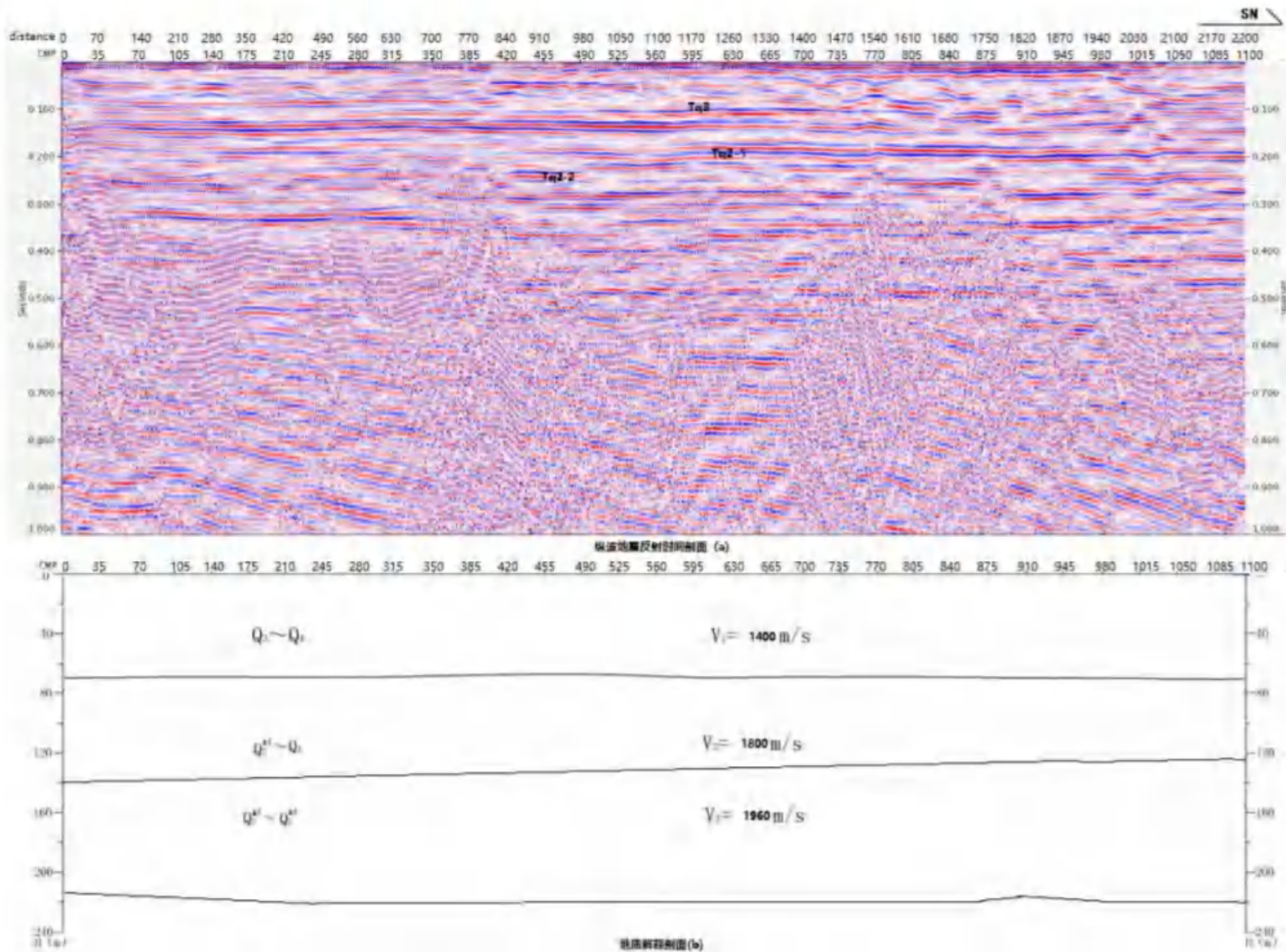


图 5.4-2 地震勘探 1 测线纵波地震反射时间与地质解释剖面

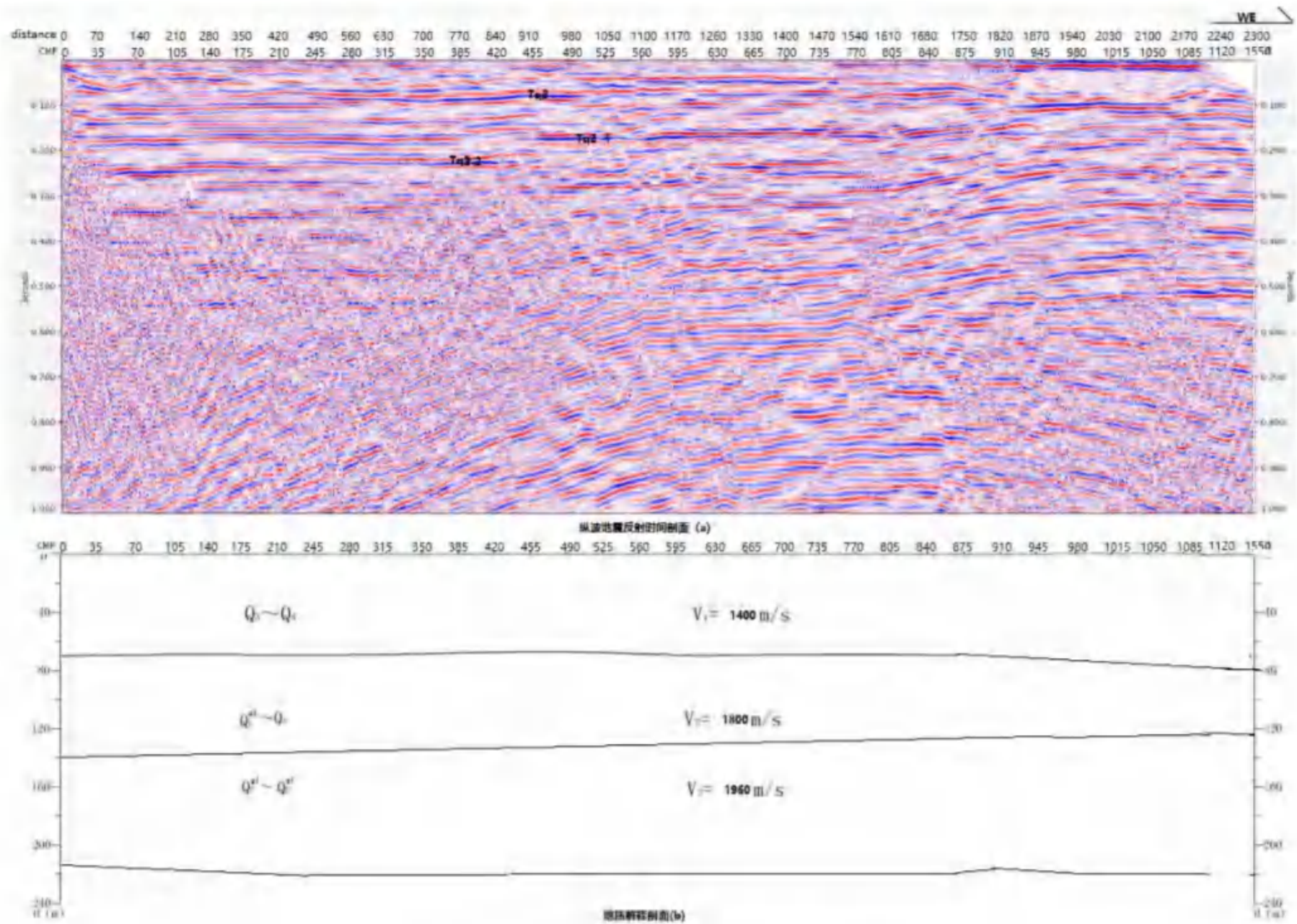


图 5.4-3 地震勘探 2-1 测线纵波地震反射时间与地质解释剖面图

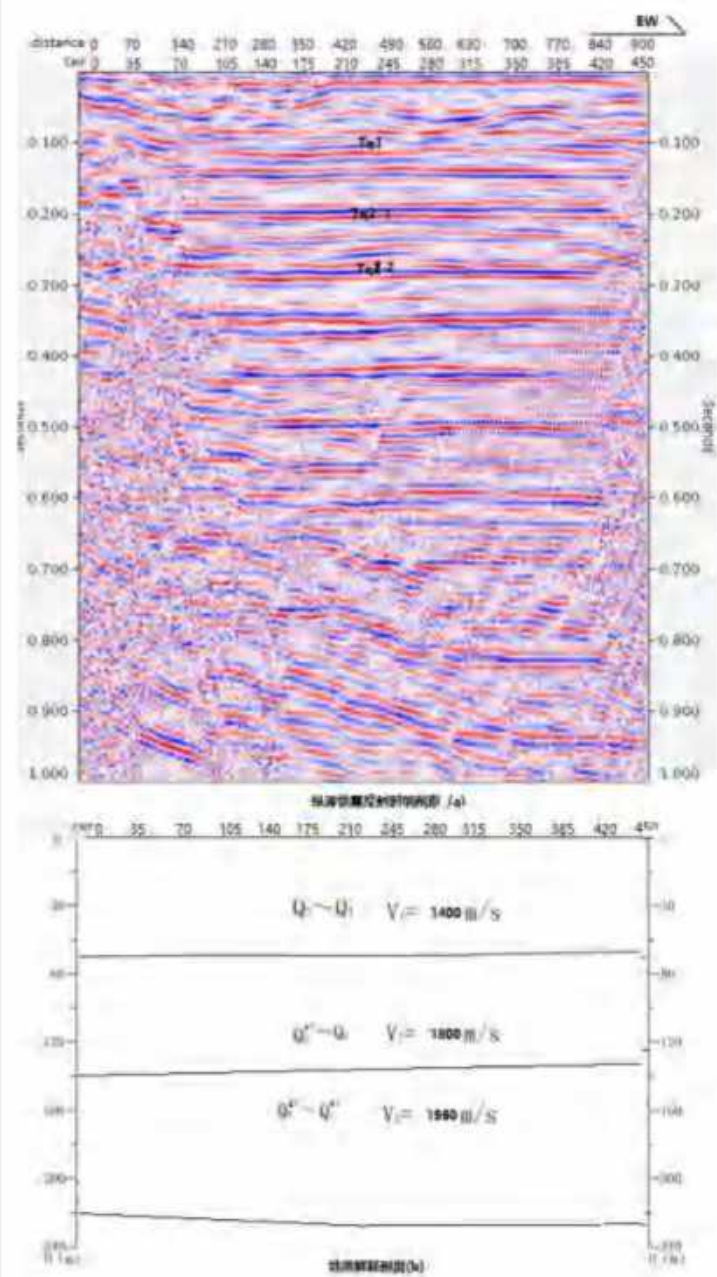


图 5.4-4 地震勘探 2-2 测线纵波地震反射时间与地质解释剖面图

5.4.4 崩塌与滑坡

工程场地所处地貌单元为平原区，场地地形平坦。在遭遇地震基本烈度（Ⅵ度）影响的地震时，不会产生地震崩塌、滑坡地震地质灾害。

6 工程场地地震动参数确定

6.1 数学模型的选用

地震时震源的震动能量是以波动形式向外传播的，地震过程实质上就是一个波动过程。地震震源产生的地震波首先传播至工程场地下部基岩，然后通过上覆土层到达地表，场地地震动效应除与场址所处的地震环境有关外，还取决于场地上覆土层的厚度及土层性状。不同的场地条件及不同的地震环境，场地的地震动效应存在很大差异。

场地地震动效应研究需在工程场地地震危险性分析基础上，根据工程场地土层静、动力特性参数原位测试和试验室试验结果，采用合适的波动模型进行场地地震反应分析。对水平成层的横向均匀土层，其波动问题的求解相对简单，目前已有许多行之有效的解析及数值方法。当场地存在局部不规则地形、局部地质构造以及土层介质横向不均匀性较大时，波在介质中的传播过程十分复杂，这类问题称为波的散射问题，其数学处理方法有两种：解析法及数值计算方法。由于所研究区域边界的复杂性及其介质的非均匀性，解析法的应用非常困难，在理论上至今还没有一种成熟的方法可直接应用。而数值法如有限元法（FEM）、有限差分法（FDM）及边界单元法（BEM）等，以其灵活、方便在工程中得到了广泛应用。

本工程场地内地势平坦，上覆土层水平成层分布，采用一维波动模型进行场地地震动效应研究具有足够的工程应用精度。

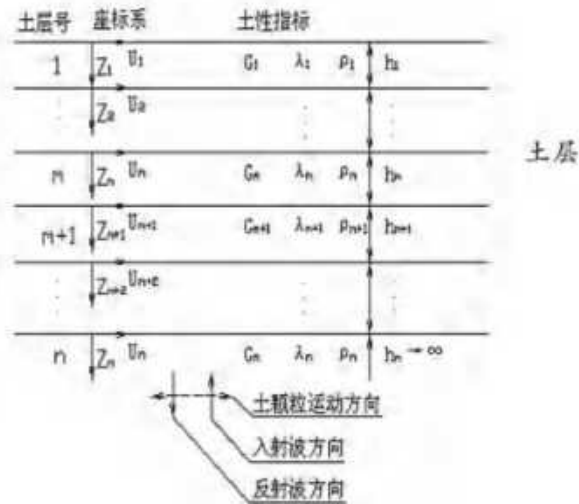
6.1.1 确定场地地震动参数的一维波动模型

目前，对水平成层的土层，通常采用一维波动模型并用等效线性化的方法考虑土体非线性特性的影响进行场地土层地震反应分析。

S波在图6.1.1体系中垂直向上传播时，满足一维波动方程：

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = S \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (6-1)$$

式中： ρ —质量密度； η —粘滞阻尼系数； u —位移； S —土体刚度。



(a) S波垂直入射

图6.1.1 一维波动模型

当S波垂直入射时，水平成层的土层中仅产生水平向位移，S就是土的剪切模量G。

对频率为 ω 的谐波 $e^{i\omega t}$ ，方程（6-1）的解为：

$$u(z, t) = Ee^{i(Kz + \omega t)} + Fe^{-i(Kz - \omega t)} \quad (6-2)$$

其中： $K^2 = \frac{\rho \omega^2}{S^*}$ ； S^* 为复刚度， $S^* = S + i2\lambda G$ ； λ 为阻尼比。

式（6-2）适用于每一土层。式中第一项为向上的入射波，第二项为向下的反射波。

对第m土层及第m+1土层，在其界面处满足应力及位移连续条件。由此可得到入射波及反射波幅值的递推公式：

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} (1 + \alpha_m) E_m e^{iK_m h_m} + \frac{1}{2} (1 - \alpha_m) F_m e^{-iK_m h_m} \quad (6-3)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} (1 - \alpha_m) E_m e^{iK_m h_m} + \frac{1}{2} (1 + \alpha_m) F_m e^{-iK_m h_m} \quad (6-4)$$

式中：

$$\alpha_m = \frac{K_m S_m^*}{K_{m+1} S_{m+1}^*} \quad (6-5)$$

第一层土入射波幅值及反射波幅值的关系可由地表处的应力条件确定。S波垂直入射时，土层表面的剪应力为零。由应力、应变的关系有：

$$\left. \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{z=0} = 0 \quad (6-6)$$

将式（6-2）代入式（6-6）中，可得：

$$F_1 = E_1 \quad (6-7)$$

据此就可以计算各土层顶面的加速度时程和各土层中点的应变时程。

考虑土的非线性特性时采用等效线性化方法，按下述几个步骤进行。

①对各土层，首先假定初始应变 γ_m 或 ε_m 。

②由土层S波波速及共振柱（动三轴）试验结果确定 S_m 或 λ_m 。

③计算各土层的稳态地震反应。

④在频域中计算各土层中点的等效应变 γ'_m 或 ε'_m ：

$$\gamma'_m \text{ (或 } \varepsilon'_m \text{)} = 0.65 \frac{\sum_{j=0}^{N/2} |\Gamma_{n,m}(\omega_j) A_{j1}|^2}{\sum_{j=0}^{N/2} |A_{j1}|^2} \cdot A_{\max} \quad (6-8)$$

式中， $A_{\max}$ 为输入加速度峰值； A_j 为输入加速度时程对应于频率 ω_j 的富氏谱值。

⑤对所有土层，计算得到的等效应变与初始应变或上一次迭代计算得到的等效应变间的相对误差 δ 是否满足：

$$\delta \leq 0.05 \quad (6-9)$$

如果式（6-9）不满足，以计算得到的等效应变代替初始应变，重复步骤②-⑤，这样反复迭代，直到满足式（6-9）所要求的精度。

6.1.2 确定地震动输入层

根据工程地质勘探和剪切波速测试结果，工程场地各土层基本上水平展布，地面平坦，因此适合采用一维等效线性化方法进行土层地震反应计算。

确定地震动输入面，并对土层进行分层，其主要依据是工程地质勘察结果和土层剪切波速测试结果。根据《工程场地地震安全性评价（GB17741—2005）》，本报告场地基岩地震动输入面取 $V_s \geq 500\text{m/s}$ 的层位。

根据钻探结果，场地广泛分布着素填土、粉质粘土、粗砂、中砂和细砂层。考虑其岩性、成因、物性及其埋深，本次工作不同深度的粉质粘土层的土动力学参数采用相邻报告的实际测试结果；其中浅部3的粉质粘土层的计算土类编号为2；中部3的粉质粘土层的计算土类编号为3；深部3的粉质粘土层的计算土类编号为5；素填土层、粗砂层、中砂层和细砂层的土动力学参数采用中国地震局行业标准提供的值，计算土类编号分别为1和4，如表6.1.1所示。

表 6.1.1 动剪切模量比和阻尼比

土类 编号	土类	参数	剪 应 变 γ (10^{-4})							
			0.05	0.1	0.5	1	5	10	50	100
1	素填土	G/G _{max}	0.9600	0.9500	0.8000	0.7000	0.3000	0.2000	0.1500	0.1000
		ξ	0.0250	0.0280	0.0300	0.0350	0.0800	0.1000	0.1100	0.1200
2	粘土	G/G _{max}	0.9873	0.9787	0.9556	0.9424	0.8205	0.6130	0.1583	0.1023
		ξ	0.0140	0.0173	0.0280	0.0363	0.0668	0.0874	0.1376	0.1493
3	粉土	G/G _{max}	0.9831	0.9721	0.9392	0.9161	0.7612	0.5273	0.1155	0.0759
		ξ	0.0190	0.0223	0.0338	0.0437	0.0799	0.1038	0.1491	0.1607
4	粗砂	G/G _{max}	0.980	0.965	0.885	0.805	0.560	0.448	0.220	0.174
		ξ	0.005	0.007	0.020	0.035	0.080	0.100	0.120	0.124
5	粘土	G/G _{max}	0.9812	0.9688	0.9324	0.9095	0.7349	0.4944	0.1023	0.0628
		ξ	0.0239	0.028	0.0412	0.0528	0.0931	0.1162	0.1574	0.1689
6	基岩	G/G _{max}	1	1	1	1	1	1	1	1
		ξ	0.004	0.008	0.010	0.015	0.021	0.030	0.036	0.046

6.1.3 一维等效线性化方法的数学模型

根据场地土层的划分情况及土层的物理力学参数，建立了本场地的场地土层地震反应分析模型（表 6.1.2 至表 6.1.3）

表 6.2.1 工程场地钻孔 1 号孔计算场地模型资料

序号	层底(m)	岩性	土类号	层厚(m)	波速(m/s)	密度(g/cm ³)
1	1.5	粉质粘土 1	1	1.5	165	1.81
2	3	粉质粘土 1	1	1.5	200	1.81
3	5	粉质粘土 1	1	2.0	206	1.81
4	8	粉质粘土 2	2	3.0	267	1.88
5	10	粉质粘土 2	2	2.0	292	1.88
6	13	粉质粘土 3	3	3.0	253	2
7	15	粉质粘土 3	3	2.0	247	2
8	18.3	粉质粘土 4	4	3.3	248	2
9	21.3	中细砂	16	3.0	217	1.95
10	23	粗砂	17	1.7	259	1.97
11	25.4	粗砂	17	2.4	251	1.97
12	28	粉质粘土 6	6	2.6	271	1.95
13	30	粉质粘土 6	6	2.0	306	1.95
14	33	粉质粘土 7	7	3.0	297	2
15	35	粉质粘土 7	7	2.0	360	2
16	37	粉质粘土 8	8	2.0	324	2
17	40.7	粉质粘土 8	8	3.7	373	2

18	44	中细砂	16	3.3	335	2.01
19	46	中细砂	16	2.0	400	2.01
20	49	中细砂	16	3.0	399	2.01
21	50	粉质粘土 10	10	1.0	397	1.99
22	52	中细砂	16	2.0	397	2.01
23	53.8	粉质粘土 11	11	1.8	405	1.9
24	56.6	中细砂	16	2.8	388	2.01
25	60	粉质粘土 12	12	3.4	382	2.04
26	63	粉质粘土 13	13	3.0	455	2.04
27	65	粉质粘土 13	13	2.0	500	2.06
28	66	粉质粘土 14	14	1.0	510	2.06

表 6.2-2 工程场地钻孔 2 号孔计算场地模型资料

序号	层底(m)	岩性	土类号	层厚(m)	波速(m/s)	密度(g/cm ³)
1	1.5	粉质粘土 1	1	1.5	135	1.9
2	3	粉质粘土 1	1	1.5	170	1.9
3	5	粉质粘土 1	1	2	166	1.9
4	8	粉质粘土 2	2	3	192	1.89
5	10	粉质粘土 2	2	2	211	1.89
6	13	粉质粘土 3	3	3	172	1.95
7	15	粉质粘土 3	3	2	200	1.96
8	18	粉质粘土 4	4	3	200	1.85
9	20.5	中细砂	16	2.5	224	1.85
10	21.5	粗砂	17	1	230	2.01
11	23	粗砂	17	1.5	219	1.97
12	25	粉质粘土 6	6	2	267	1.94
13	28	粉质粘土 6	6	3	254	1.95
14	30	粉质粘土 7	7	2	239	1.91
15	33	粉质粘土 7	7	3	274	1.92
16	35	粉质粘土 8	8	2	298	1.92
17	38	粉质粘土 8	8	3	291	1.91
18	41.5	中细砂	16	3.5	396	1.91
19	44	中细砂	16	2.5	291	2.01

20	47	中细砂	16	3	379	2.01
21	50	粉质粘土 10	10	3	354	2.01
22	52	中细砂	16	2	424	1.97
23	55	粉质粘土 11	11	3	452	1.9
24	58	中细砂	16	3	375	2.01
25	60	粉质粘土 12	12	2	532	2.04
26	62.5	粉质粘土 13	13	2.5	488	2.04
27	65	粉质粘土 13	13	2.5	481	2.04
28	66	粉质粘土 14	14	1	521	2.04

表 6.2-3 工程场地钻孔 3 号孔计算场地模型资料

序号	层底(m)	岩性	土类号	层厚(m)	波速(m/s)	密度(g/cm ³)
1	1.5	粉质粘土 1	1	1.5	147	1.9
2	3	粉质粘土 1	1	1.5	163	1.9
3	5	粉质粘土 1	1	2	211	1.9
4	8	粉质粘土 2	2	3	164	1.89
5	10	粉质粘土 2	2	2	241	1.89
6	13	粉质粘土 3	3	3	234	1.95
7	15	粉质粘土 3	3	2	250	1.96
8	18.7	粉质粘土 4	4	3.7	245	1.85
9	21.2	中细砂	16	2.5	222	2.01
10	24.3	粗砂	17	3.1	205	1.97
11	26	粉质粘土 5	5	1.7	309	1.94
12	28	粉质粘土 6	6	2	307	1.95
13	30	粉质粘土 6	6	2	369	1.91
14	33	粉质粘土 7	7	3	310	1.92
15	35	粉质粘土 7	7	2	347	1.92
16	38	粉质粘土 8	8	3	280	1.91
17	41	粉质粘土 8	8	3	303	1.91
18	45	粉质粘土 8	8	4	352	1.91
19	48.3	中细砂	16	3.3	337	2.01
20	49.4	粉质粘土 10	10	1.1	418	1.98
21	52.5	粗砂	17	3.1	415	1.97

22	55	粉质粘土 11	11	2.5	443	2
23	58	粉质粘土 12	12	3	357	2
24	60	粉质粘土 12	12	2	568	1.96
25	63.5	粉质粘土 13	13	3.5	527	1.99
26	65.5	粗砂	17	2	463	1.97
27	66	粉质粘土 14	14	0.5	521	1.99

表 6.2-4 工程场地钻孔 4 号孔计算场地模型资料

序号	层底(m)	岩性	土类号	层厚(m)	波速(m/s)	密度(g/cm ³)
1	1.5	粉质粘土 1	1	1.5	138	1.9
2	3	粉质粘土 1	1	1.5	150	1.88
3	5	粉质粘土 1	1	2	161	1.88
4	8	粉质粘土 2	2	3	205	1.88
5	10	粉质粘土 2	2	2	231	1.94
6	13	粉质粘土 3	3	3	236	1.93
7	15	粉质粘土 3	3	2	206	1.96
8	18	粉质粘土 4	4	3	218	2
9	20	粉质粘土 4	4	2	223	2
10	22	中细砂	16	2	243	2.01
11	25.3	粗砂	17	3.3	229	1.97
12	28	粉质粘土 6	6	2.7	255	1.94
13	30	粉质粘土 6	6	2	273	1.94
14	33	粉质粘土 7	7	3	284	1.95
15	35	粉质粘土 7	7	2	321	1.95
16	38	粉质粘土 8	8	3	247	1.88
17	41	粉质粘土 8	8	3	302	1.88
18	45	粉质粘土 8	8	4	342	1.93
19	47	中细砂	16	2	284	2.01
20	48.6	粉质粘土 10	10	1.6	334	1.93
21	52	粗砂	17	3.4	351	1.97
22	55	粗砂	17	3	403	1.97
23	58	粉质粘土 12	12	3	364	1.85
24	60	粉质粘土 12	12	2	490	1.97

25	62.7	粉质粘土 13	13	2.7	443	1.97
26	64.6	粗砂	17	1.9	418	1.97
27	66	粉质粘土 14	14	1.4	515	2.02

表 6.2-5 工程场地钻孔 5 号孔计算场地模型资料

序号	层底(m)	岩性	土类号	层厚(m)	波速(m/s)	密度(g/cm ³)
1	1.5	粉质粘土 1	1	1.5	146	1.9
2	3	粉质粘土 1	1	1.5	170	1.88
3	5	粉质粘土 1	1	2	167	1.88
4	8	粉质粘土 2	2	3	193	1.88
5	10	粉质粘土 2	2	2	214	1.94
6	13	粉质粘土 3	3	3	196	1.93
7	15	粉质粘土 3	3	2	191	1.96
8	18.2	粉质粘土 4	4	3.2	223	2
9	20.1	中细砂	16	1.9	217	2.01
10	22	粗砂	17	1.9	221	1.97
11	24.8	粗砂	17	2.8	267	1.97
12	28	粉质粘土 6	6	3.2	277	1.94
13	30	粉质粘土 6	6	2	295	1.94
14	33	粉质粘土 7	7	3	321	1.95
15	35	粉质粘土 7	7	2	275	1.95
16	38	粉质粘土 8	8	3	270	1.88
17	41	粉质粘土 8	8	3	303	1.88
18	43.8	粉质粘土 8	8	2.8	377	1.93
19	46	中细砂	16	2.2	250	2.01
20	49	中细砂	16	3	329	2.01
21	51	粉质粘土 11	11	2	281	1.93
22	54	粉质粘土 11	11	3	375	1.93
23	56	粗砂	17	2	510	1.97
24	59	粗砂	17	3	500	1.85
25	62	粗砂	17	3	395	1.97
26	64	粗砂	17	2	417	1.97
27	66	粉质粘土 14	14	2	568	2.02

表 6.2-6 工程场地钻孔 6 号孔计算场地模型资料

序号	层底(m)	岩性	土类号	层厚(m)	波速(m/s)	密度(g/cm ³)
1	1.5	粉质粘土 1	1	1.5	142	1.89
2	3	粉质粘土 1	1	1.5	170	1.89
3	5	粉质粘土 1	1	2	189	1.89
4	8	粉质粘土 2	2	3	228	1.89
5	10	粉质粘土 2	2	2	202	1.89
6	13	粉质粘土 3	3	3	188	1.92
7	15	粉质粘土 3	3	2	194	1.92
8	17	粉质粘土 4	4	2	206	1.92
9	19	粉质粘土 4	4	2	225	1.92
10	21	中细砂	16	2	242	2.01
11	22.5	粗砂	17	1.5	231	1.97
12	25	粉质粘土 5	5	2.5	285	1.96
13	28	粉质粘土 6	6	3	312	1.96
14	30	粉质粘土 6	6	2	331	1.92
15	33	粉质粘土 7	7	3	298	1.92
16	35	粉质粘土 7	7	2	247	1.94
17	38	粉质粘土 8	8	3	268	1.94
18	41	粉质粘土 8	8	3	354	1.94
19	45	粉质粘土 8	8	4	357	1.93
20	47	粉质粘土 10	10	2	312	2.03
21	50	粉质粘土 10	10	3	395	2.03
22	52.5	粗砂	17	2.5	351	1.97
23	55	粉质粘土 11	11	2.5	355	2.07
24	57.6	粉质粘土 12	12	2.6	482	2.07
25	60	粗砂	17	2.4	408	1.97
26	63.5	粗砂	17	3.5	478	1.97
27	65	粉质粘土 13	13	1.5	500	2.04
28	67.2	粉质粘土 14	14	2.2	521	2.04
29	70	粗砂	17	2.8	500	1.97

表 6.2-7 工程场地钻孔 7 号孔计算场地模型资料

序号	层底(m)	岩性	土类号	层厚(m)	波速(m/s)	密度(g/cm ³)
1	1.5	粉质粘土 1	1	1.5	161	1.89
2	3	粉质粘土 1	1	1.5	202	1.89
3	5	粉质粘土 1	1	2	175	1.89
4	8	粉质粘土 2	2	3	188	1.93
5	10	粉质粘土 2	2	2	222	1.93
6	13	粉质粘土 3	3	3	233	1.86
7	15	粉质粘土 3	3	2	200	1.86
8	18	粉质粘土 4	4	3	228	1.94
9	20.2	粉质粘土 4	4	2.2	260	1.94
10	22.5	中细砂	16	2.3	224	2.01
11	25	粉质粘土 5	5	2.5	276	1.95
12	28	粉质粘土 6	6	3	310	1.95
13	30	粉质粘土 6	6	2	335	1.85
14	33	粉质粘土 7	7	3	286	2
15	35	粉质粘土 7	7	2	250	2
16	38	粉质粘土 8	8	3	257	1.98
17	41.1	粉质粘土 8	8	3.1	385	1.98
18	43	中细砂	16	1.9	334	2.01
19	45.7	中细砂	16	2.7	263	2.01
20	48	粉质粘土 10	10	2.3	297	1.94
21	52	粉质粘土 11	11	4	476	1.94
22	54.5	粉质粘土 11	11	2.5	470	1.94
23	58	粗砂	17	3.5	478	1.97
24	60	粗砂	17	2	454	1.97
25	63	粗砂	17	3	463	1.97
26	66.8	粗砂	17	3.8	539	1.97

因本工程场地地势平坦，地质结构单一，故根据 7 个钻孔分层情况，确定工程场地分层模型如下：

表 6.2-8 工程场地平均模型资料

序号	层底(m)	岩性	土类号	层厚(m)	波速(m/s)	密度(g/cm ³)
1	1.5	粉质粘土 1	1	1.5	161	1.89

2	3	粉质粘土 1	1	1.5	202	1.89
3	5	粉质粘土 1	1	2	175	1.89
4	8	粉质粘土 2	2	3	188	1.93
5	10	粉质粘土 2	2	2	222	1.93
6	13	粉质粘土 3	3	3	233	1.86
7	15	粉质粘土 3	3	2	200	1.86
8	18	粉质粘土 4	4	3	228	1.94
9	20.2	粉质粘土 4	4	2.2	260	1.94
10	22.5	中细砂	16	2.3	224	2.01
11	25	粉质粘土 5	5	2.5	276	1.95
12	28	粉质粘土 6	6	3	310	1.95
13	30	粉质粘土 6	6	2	335	1.85
14	33	粉质粘土 7	7	3	286	2
15	35	粉质粘土 7	7	2	250	2
16	38	粉质粘土 8	8	3	257	1.98
17	41.1	粉质粘土 8	8	3.1	385	1.98
18	43	中细砂	16	1.9	334	2.01
19	45.7	中细砂	16	2.7	263	2.01
20	48	粉质粘土 10	10	2.3	297	1.94
21	52	粉质粘土 11	11	4	476	1.94
22	54.5	粉质粘土 11	11	2.5	470	1.94
23	58	粗砂	17	3.5	478	1.97
24	60	粗砂	17	2	454	1.97
25	63	粗砂	17	3	463	1.97
26	66.8	粗砂	17	3.8	539	1.97

6.2 基岩的人造地震动时程

以基岩加速度反应谱和峰值为目标，用数值模拟的方法合成地震动时程，作为场地土层地震动力反应分析的地震动输入值。

6.2.1 方法简介

地震动合成方法的主要思路为：

(1) 用反应谱与功率谱的近似转换关系，将目标反应谱转换成相应的功率谱，转换关系为：

$$S(\omega) = \frac{\varepsilon}{\pi\omega} S_a^2(\omega) \left\{ -Ln \left[-\frac{\pi}{\omega T} Ln(1-r) \right] \right\} \quad (6-10)$$

其中：

$S(\omega)$ ：功率谱； ε ：阻尼比；

$S_a(\omega)$ ：目标反应谱；

T ：持续时间；

r ：超过目标反应谱值的概率。

(2) 用三角级数叠加法，生成零均值的平稳高斯过程。

$$X(t) = \sum_{i=0}^n A_i \cos(\omega_i t + \phi_i) \quad (6-11)$$

其中： $A_i = [4S(\omega_i)\Delta\omega]^{0.5}$ ，初相位 ϕ_i 为 $[0-2\pi]$ 均匀分布的随机变量。

(3) 将平稳时程乘以非平稳强度包线，得到非平稳的加速度时程。

$$a(t) = \Psi(t) \cdot X(t) \quad (6-12)$$

非平稳包线函数为如下形式：

$$\Psi(t) = \begin{cases} \left(\frac{t}{t_1}\right)^2 & 0 < t \leq t_1 \\ 1 & t_1 < t \leq t_2 \\ e^{-c(t-t_2)} & t_2 < t \leq T \end{cases} \quad (6-13)$$

其中： t_1 ：峰值的上升段；

$t_2 - t_1$ ：峰值的平稳段；

T ：持续时间；

c ：峰值的衰减系数。

由于式(6-10)表示的反应谱与功率谱的关系是近似关系，所以按初始时程 $a(t)$ 计算出来的反应谱一般只近似于目标谱，符合的程度也是概率平均的。为了提高拟合精度，还需要进行迭代调整。通用的方法是按下式调整式(6-11)中的傅氏幅值谱。

$$A^{i+1}(\omega_k) = \frac{S_a^T(\omega_j)}{S_a(\omega_j)} A^i(\omega_k) \quad N_{1j} < k \leq N_{2j} \quad (6-14)$$

式中 $A^i(\omega_k)$ 和 $A^{i+1}(\omega_k)$ 分别为第 i 和 $i+1$ 次迭代的结果， $S_a^T(\omega_j)$ 和 $S_a(\omega_j)$ 为第 j 个控制点的目标谱和计算反应谱。采用上述方式对幅值谱调整仅局限在控制频率 ω_j 附

近的 $N_{1j}-N_{2j}$ 个傅里叶分量。通常 ω_{1j} 和 ω_{2j} 按下述方法选取：

$$\omega_{1j} = \frac{1}{2}(\omega_{j-1} + \omega_j) \qquad \omega_{2j} = \frac{1}{2}(\omega_j + \omega_{j+1}) \qquad (6-15)$$

频段 $\omega_{1j}-\omega_{2j}$ 被称为 ω_j 的主控频段。对于目标谱控制点 ω_j ，迭代运算时只改变主控频段的幅值谱，这是因为在整个频段中，由于共振原理主控频段频率分量的改变对 ω_j 反应谱的变化最为敏感，另一方面调整幅值谱时，应尽量将幅值谱变化的影响局限在特定的控制频率 ω_j 附近，以避免在拟合 ω_j 频率处目标反应谱时对其邻近控制频率处的反应谱带来过大的影响，对幅值谱进行多次迭代修正，即可使其反应谱向目标谱逼近。在对幅值谱进行迭代修正的同时，还对相位谱进行迭代修正。

6.2.2 持时参数的确定

本文的地震动持续时间参数的确定见下式：

$$LgY_e = C_1 + C_2M + C_3Lg(R + C_4) + \varepsilon \qquad (6-16)$$

式中， Y_e 可以是 t_1 、 t_s 和 C 三者之一。根据霍俊荣的研究（1989）成果，式中的系数，根据物理量的不同可分别取表 6.2.1 中的数值。

表 6.2.1 计算地震动强度包络函数的特征参数系数

特征参数	C_1	C_2	C_3	C_4	ε
t_1	-1.074	0	1.005	10	0.31
t_s	-2.268	0.3262	0.5815	10	0.16
C	1.941	-0.2817	-0.5670	10	0.10

根据概率地震危险性分析求得的等效震级和等效距离，利用（6-16）和表 6.2.1 求得包络函数的特征参数见表（表 6.2.2）。

表 6.2.2 等效震级、等效距离和包络函数的特征参数

超越概率	等效震级	等效距离(km)	t_1 (s)	t_2 (s)	C
50 年 63%	5.2	38	8.4	12.0	0.424
50 年 10%	5.8	31	7.3	12.5	0.315
50 年 2%	5.9	25	6.2	11.6	0.309
100 年 63%	5.4	36	8.1	12.3	0.375
100 年 5%	5.9	27	6.3	11.7	0.312
100 年 2%	6.1	25	6.2	12.0	0.289

6.2.3 目标谱及基岩地震动时程的合成

在合成工程场地基岩地震动时程时，50 年和 100 年超越概率所对应的目标峰值加速度和反应谱取前面危险性分析得到的结果。根据所给参数分别合成 6 个超越概率的

地震动时程。为了考虑相位随机性的影响，对于每一重现期都分别合成三个不同随机相位的地震动时程样本。合成的时程均以 0.02 秒为间隔。

目标反应谱在 0.04~6.0 秒内取 56 个控制点，以保证合成地震动时拟合目标反应谱的精度。在合成过程中，利用逐步逼近目标谱的方法，使合成的加速度时程精确满足目标峰值加速度，并近似满足目标加速度反应谱。本项目中拟合目标加速度反应谱时其拟合相对误差小于 5%。图 6.2-1 至图 6.2-6 是工程场地 6 个超越概率目标谱拟合的基岩水平加速度时程。

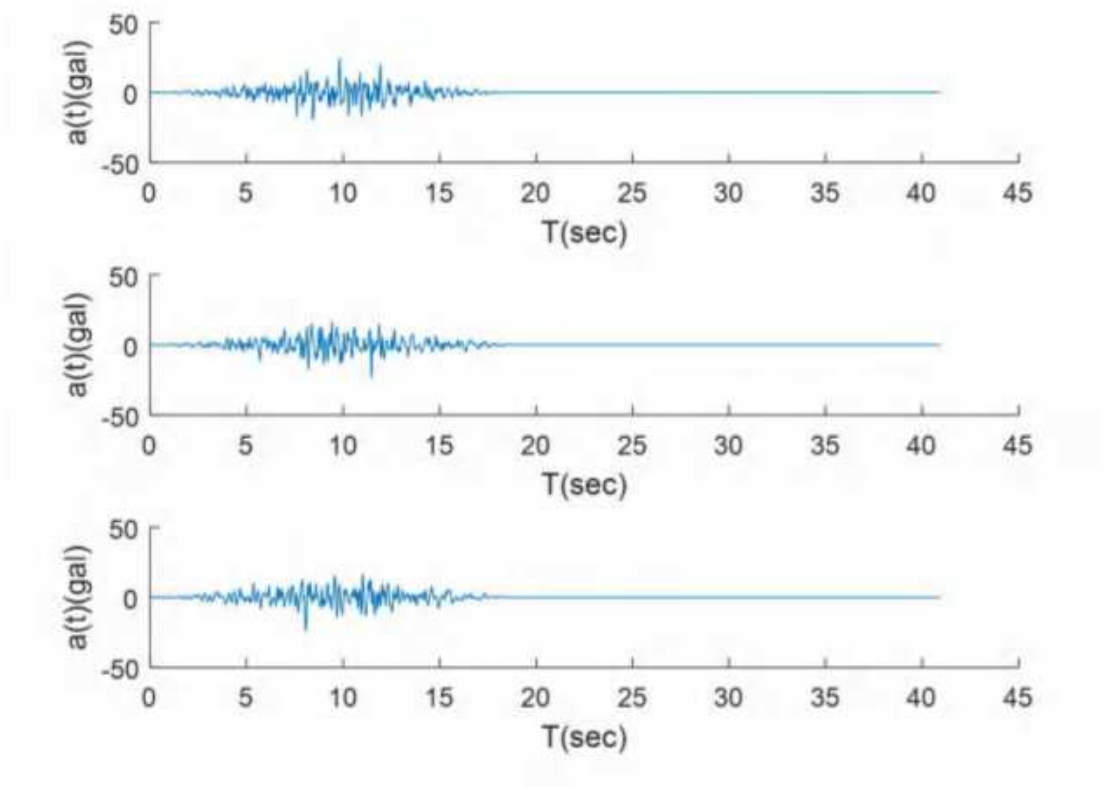


图 6.2-1 50 年超越概率 63%基岩加速度时程

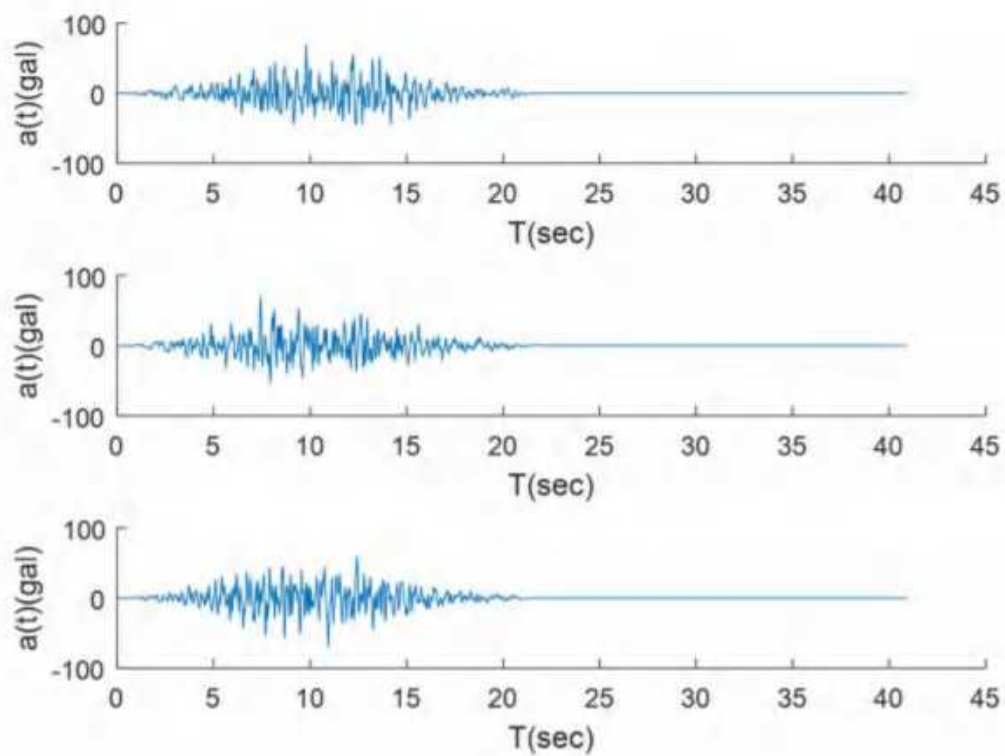


图 6.2-2 50 年超越概率 10% 基岩加速度时程

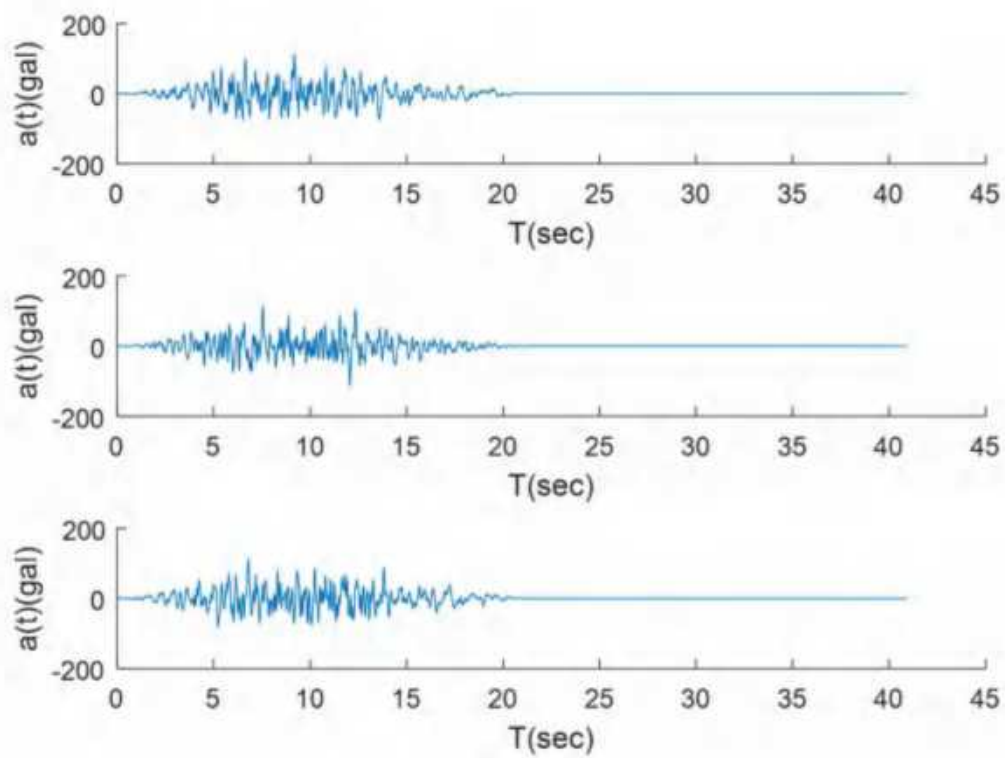


图 6.2-3 50 年超越概率 2% 基岩加速度时程

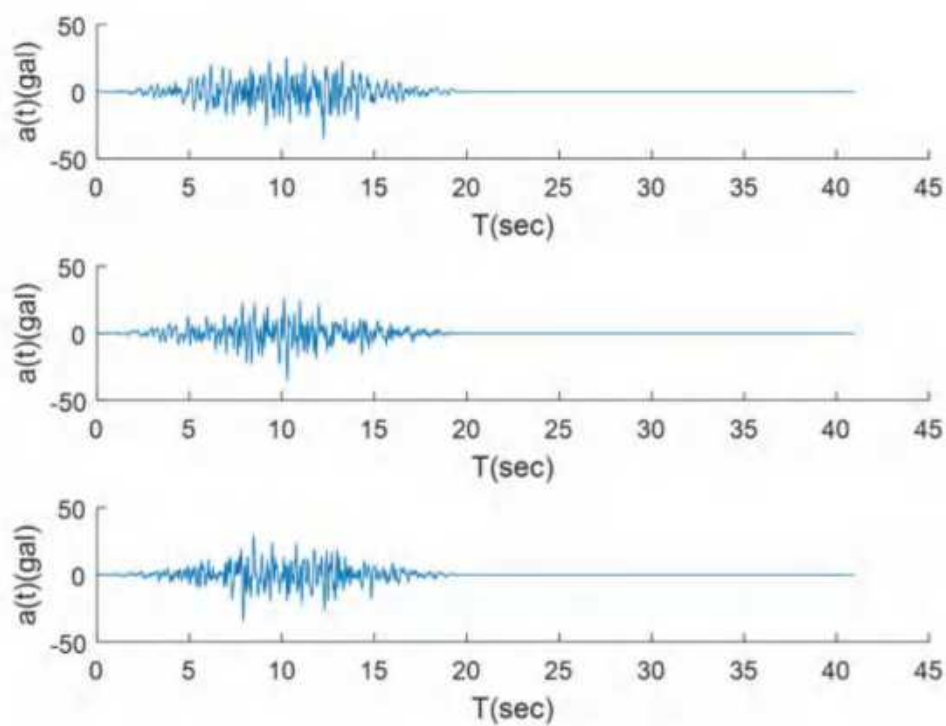


图 6.2-4 100 年超越概率 63%基岩加速度时程

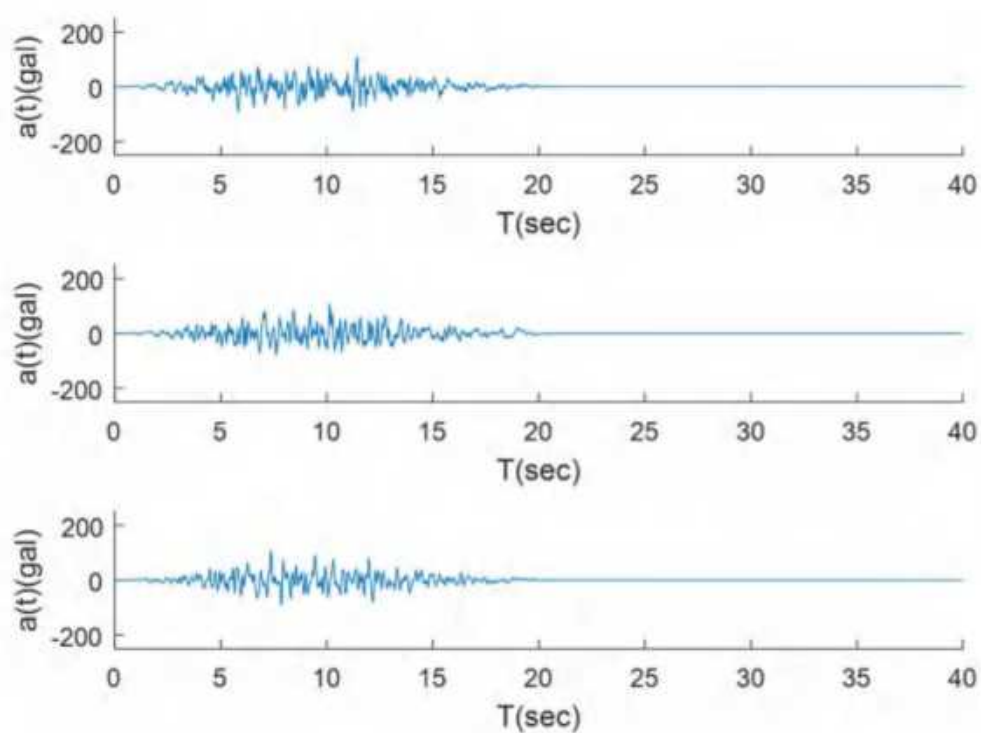


图 6.2-5 100 年超越概率 5%基岩加速度时程

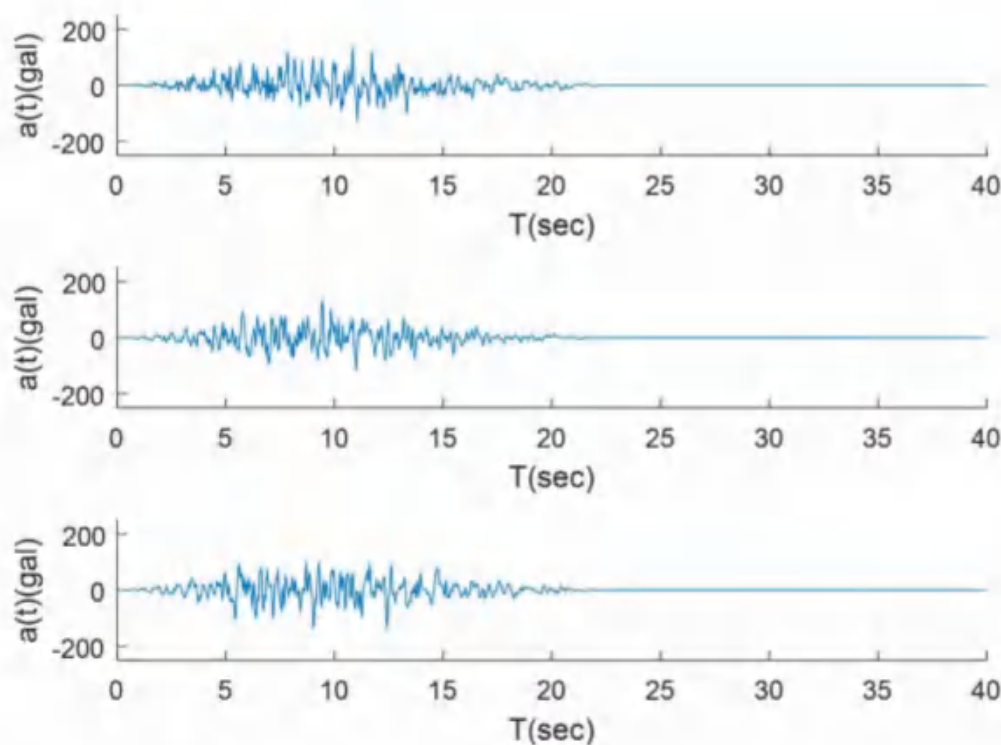


图 6.2-6 100 年超越概率 2%基岩加速度时程

6.3 地震反应分析计算结果

以上一节得到的本工程场地 6 个超越概率的基岩加速度时程(每一超越概率各 3 条时程),按幅值减少一半确定一维土层分析模型的计算基底入射波输入量,对每一种情况分别进行水平向地震反应计算得到了场地自由表面地震动参数,计算结果如下。

6.3.1 水平向地震峰值加速度

经分析计算,得到的工程场地 6 个超越概率的地表各三个不同随机相位的水平峰值加速度及平均值,分别列于表 6.3.1。表中所列数据表明,随机相位存在一定的影响。本工程中,地震动参数中的水平加速度峰值可以取三个不同随机相位反应计算的平均值。

表 6.3.1 地面水平峰值加速度计算结果(gal)

超越概率	50 年 63%	50 年 10%	50 年 2%	100 年 63%	100 年 5%	100 年 2%
时程 1	29.6	96	159.6	37.6	138.4	208.2
时程 2	34.0	91.6	176.7	45.8	169.7	221.8
时程 3	32.0	85.6	157.6	49.5	148.1	220.0

6.3.2 水平向地震动加速度反应谱及场地设计地震动参数的确定

由土层反应计算得到场地土层动力反应谱曲线和归准谱见图 6.3-1 至图 6.3-2。工程场地每一超越概率的地表水平峰值加速度取 2 个孔各三条时程计算的平均值，其结果见表 6.3.2。

工程场地设计地震动加速度反应谱取为：

$$S_a(T)=A_{max} \beta(T)$$

$$\alpha_{max}=A_{max} \beta_m/980$$

其中， A_{max} 为设计地震动加速度峰值， $\beta(T)$ 为设计地震动加速度放大系数反应谱， α_{max} 为地震影响系数最大值，并有：

$$\beta(T)=\begin{cases} 1+(\beta_m-1)\frac{T}{T_1} & 0.04 < T < T_1 \\ \beta_m & T_1 \leq T < T_g \\ \beta_m \times \left(\frac{T_g}{T}\right)^{\gamma} & T_g \leq T < 6.0 \end{cases}$$

式中，T 为反应谱周期， β_m 为反应谱最大值， T_g 为反应谱特征周期。

采用上述公式结合工程场地地表不同超越概率的水平向地震加速度反应谱（5%阻尼比）的计算结果，得到相应的拟合曲线，乘上对应概率的峰值加速度值可作为对应场地地表的水平向设计地震动加速度反应谱（5%阻尼比）曲线。如图 6.3.1 至 6.3.6 中的红粗实线所示。

表 6.3.2 及图 6.3.1 到 6.3.6 给出了工程场地不同重现期地表的设计地震动加速度反应谱参数值及相应曲线。

表 6.3.2 场地地表水平向地表设计地震动加速度反应谱参数值

超越概率	Amax (gal)	α_{max}	T_1 (秒)	T_g (秒)	β_m	r
50 年 63%	29.7	0.032	0.10	0.50	2.5	0.90
50 年 10%	73.6	0.078	0.10	0.65	2.5	0.90
50 年 2%	123.3	0.135	0.10	0.65	2.8	0.90
100 年 63%	42.9	0.11	0.10	0.45	2.5	0.90
100 年 5%	146.5	0.37	0.10	0.50	2.5	0.90
100 年 2%	204.8	0.52	0.10	0.50	2.5	0.90

表 6.3.2 所给的地震影响系数参数是在结构阻尼比为 5%时得到的。

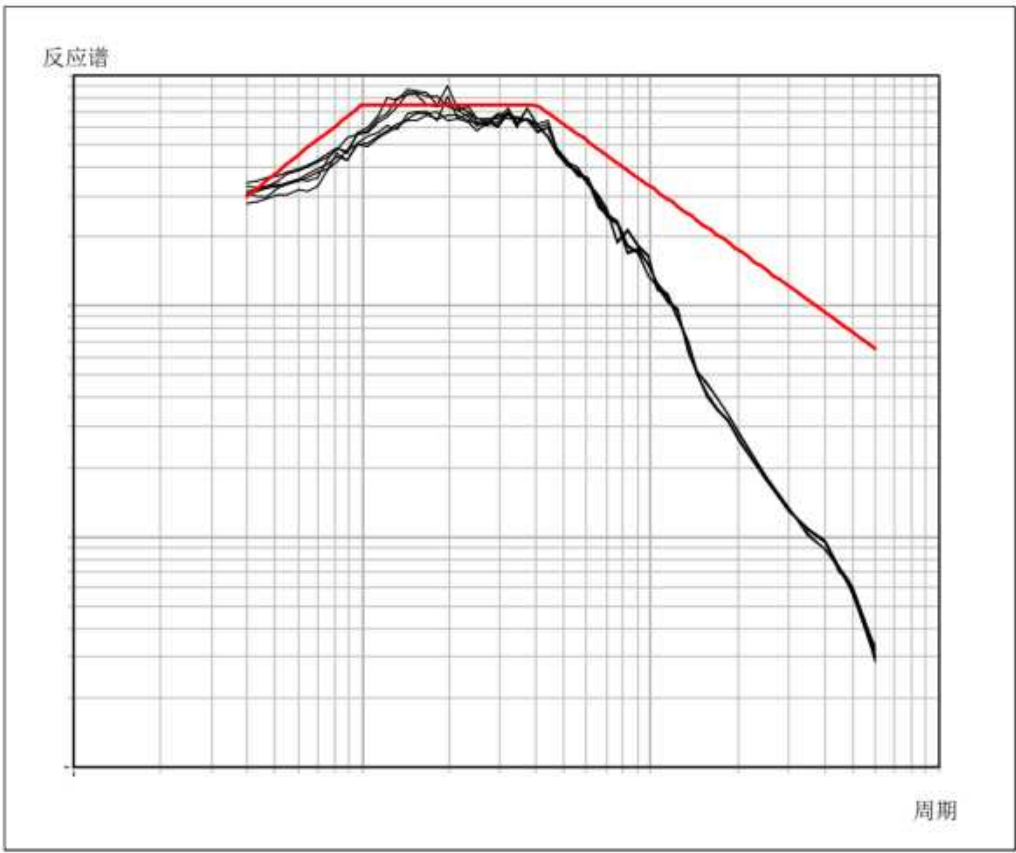


图 6.3-1 工程场地地表 50 年超越概率 63%反应谱曲线

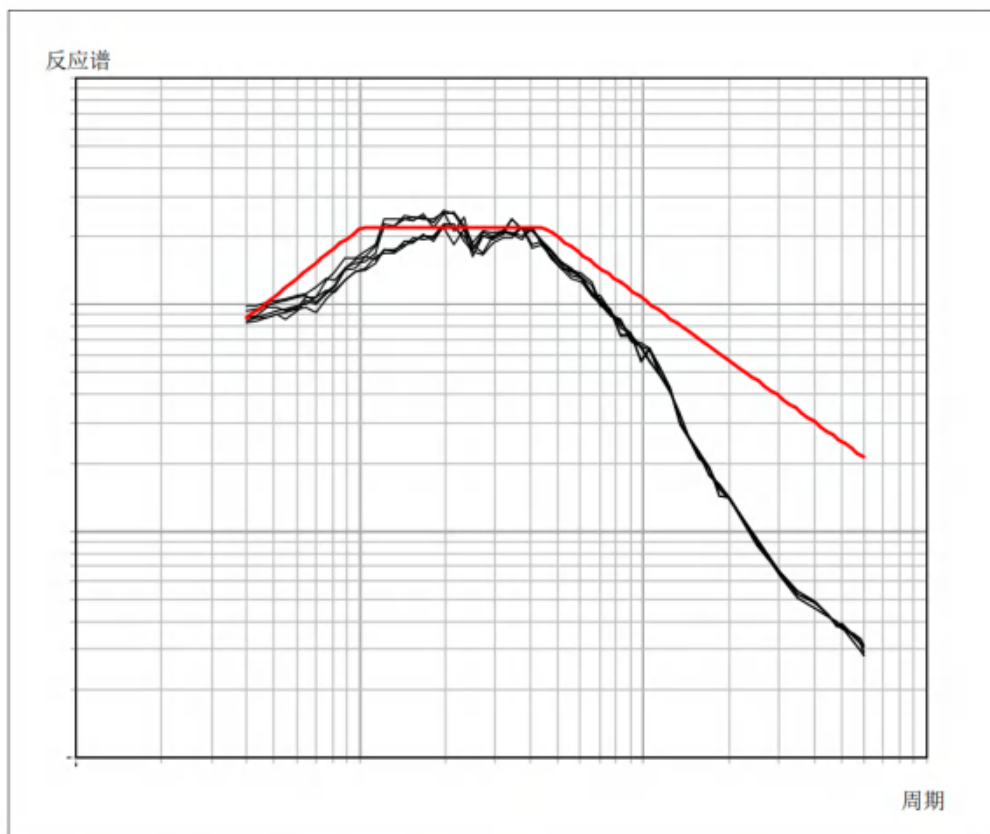


图 6.3-2 工程场地地表 50 年超越概率 10% 反应谱曲线

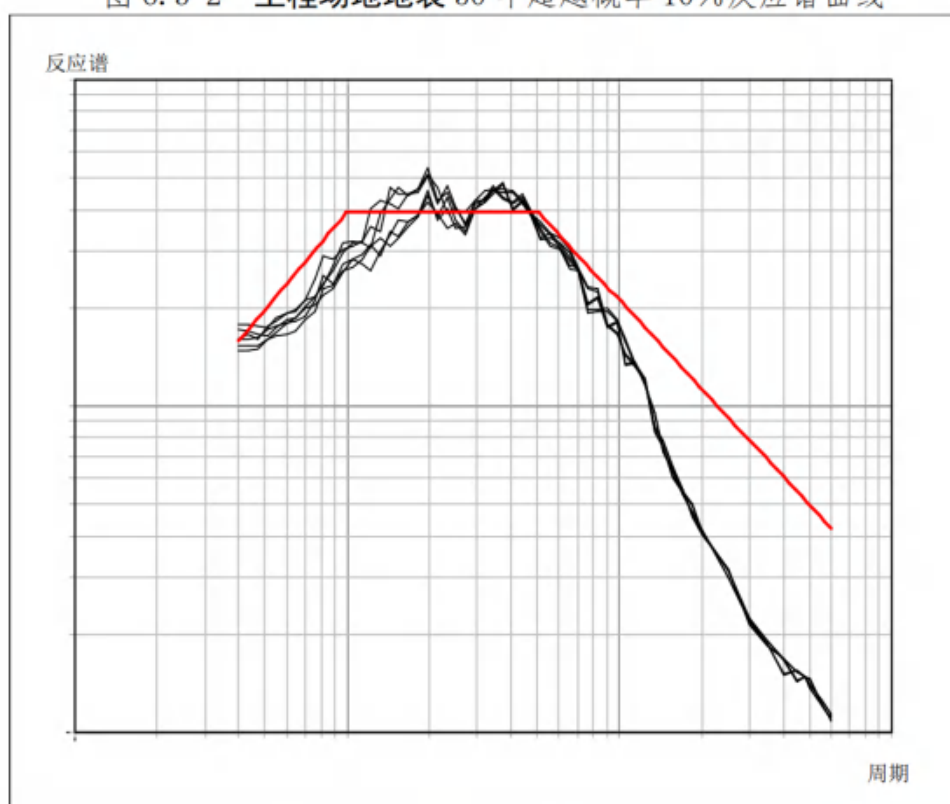


图 6.3-3 工程场地地表 50 年超越概率 2% 反应谱曲线

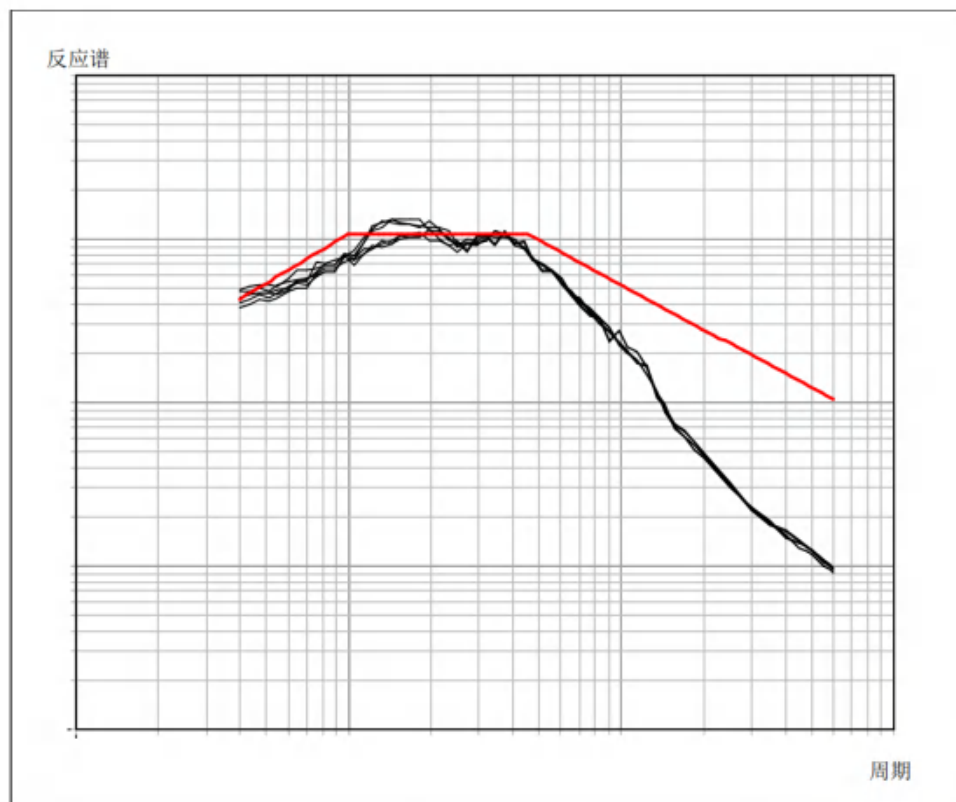


图 6.3-4 工程场地地表 100 年超越概率 63%反应谱曲线

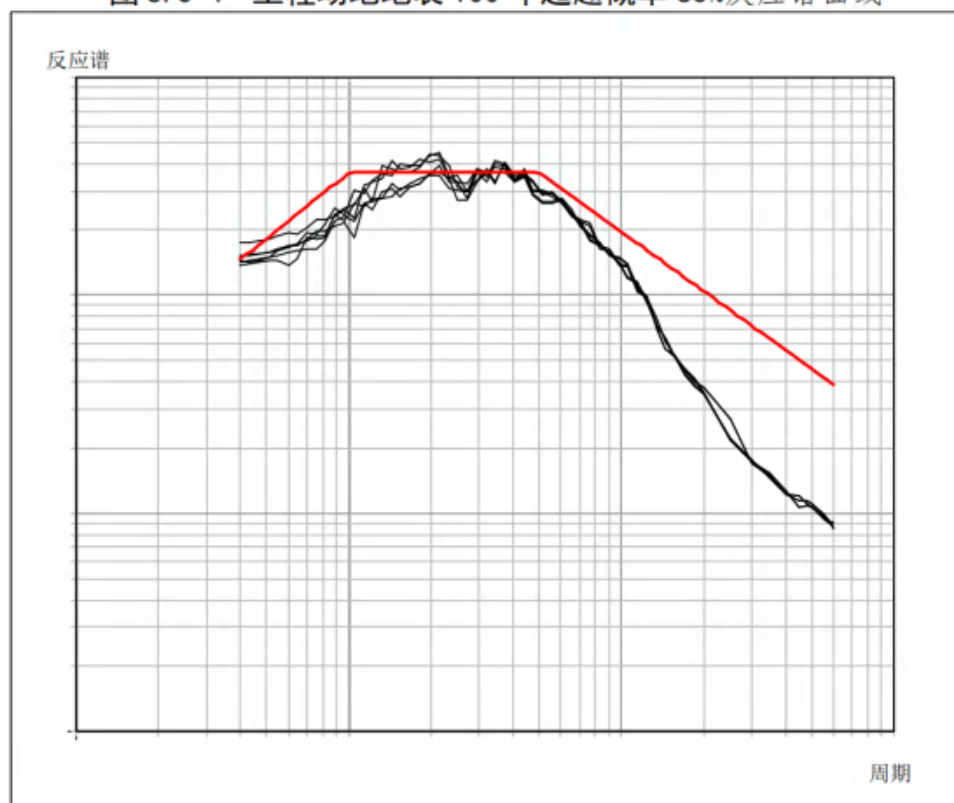


图 6.3-5 工程场地地表 100 年超越概率 5%反应谱曲线

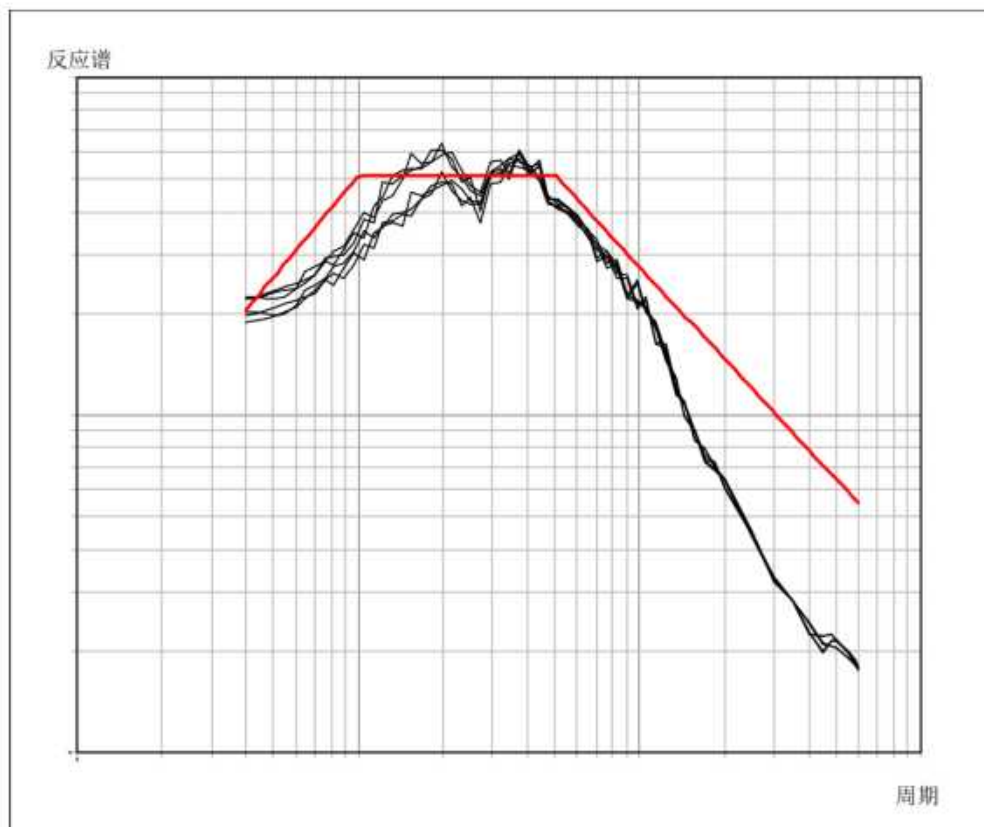


图 6.3-6 工程场地地表 100 年超越概率 2% 反应谱曲线

7 结论与使用说明

7.1 区域及近场地震活动性评价

区域地震活动较弱，没有 7 级以上地震记录。区域破坏性地震在空间分布上呈现出不均匀性，地震活动北强南弱；区域现代地震在空间分布上也表现出不均匀性。区域主要涉及华北平原地震带和长江中游地震带，华北平原地震带未来百年地震活动趋势应以平均活动水平来估计；长江中游地震带以该带地震较活跃水平来估计。工程场地在历史上曾多次遭受过破坏性地震地震的影响，历史地震最大影响烈度达Ⅵ度。

近场区历史上记录过一次 5 $\frac{1}{4}$ 级破坏地震。1970 年至 2021 年 7 月共记录到 $ML \geq 2.0$ 级地震 11 次，最大震级为 $ML 2.7$ 级。近场区现代地震活动具有频率低、强度小的特点，地震分布不均匀，地震活动水平较低。综合现代及历史地震活动性分析认为，近场区存在发生中强地震的背景。

7.2 区域地震地质研究结果

区内早、中更新世以来活动的北西-北西西向活动断裂，主要包括有朱夏断裂、商丹断裂、鲁山-漯河断裂、白河-谷城断裂等具有发生 6.0~6.9 级地震的背景。而北北东向或近东西向的断裂主要对孕震部位有影响，即北西-北西西向断裂与北北东向断裂的交汇部位是发生强震的有利部位。

7.3 近场地震构造研究结果

近场区均为第四系所覆盖。近场区新构造单元主要涉南襄拗陷，近场区新构造活动以较弱的差异升降运动为主。

场区以北西向断裂为主，存在两条第四纪活动断裂，分别是商丹断裂和内乡断裂，它们均为早中更新世活动断裂。近场区外围历史上发生了南阳 6 Θ 级破坏性地震。结合区域地震条件分析及新构造环境，认为近场区存在发生 6 级左右地震的构造条件。

7.4 地震危险性分析

工程场 50 年和 100 年不同超越概率的六种危险水平的基岩水平峰值加速度分别为：23.7、66.7、112.0、33.5、105.5、134.5gal。对场地基岩水平峰值加速度贡

献主要为南阳潜在震在震源区和老河口潜在震源区。

7.5 场地工程地震条件及地震地质灾害评价

工程场地所处地貌单元为黄淮冲积平原。在钻孔揭露范围内（70m）地层均为第四纪地层。工程场地平均等效剪切波速为 238m/s，场地覆盖层厚度为 50m。本项目场地土类型为中硬场地，建筑场地类别为Ⅱ类。

通过对工程场地软土震陷、砂土液化、崩塌与滑坡、断裂错断等地震地质灾害的判定，场地可不考虑以上地震地质灾害的影响。

7.6 工程场地设计地震动参数

工程场地设计地震动加速度反应谱取为：

$$S_a(T)=A_{max} \beta (T), \quad \alpha_{max}= A_{max} \beta_m/980$$

其中， A_{max} 为设计地震动加速度峰值， $\beta (T)$ 为设计地震动加速度放大系数反应谱， α_{max} 为地震影响系数最大值，并有：

$$\beta (T) = \begin{cases} 1 + (\beta_m - 1) \frac{T}{T_1} & 0.04 < T < T_1 \\ \beta_m & T_1 \leq T < T_g \\ \beta_m \times \left(\frac{T_g}{T} \right)^{\gamma} & T_g \leq T < 6.0 \end{cases}$$

式中，T 为反应谱周期， β_m 为反应谱最大值， T_g 为反应谱特征周期。

工程场地的设计标准谱的特征参数由表 7. 1 列出，其曲线见图 6. 3-1 至图 6. 3-6。

表 7.1 工程场地自由地表设计地震动峰值加速度反应谱参数值

超越概率	Amax (gal)	α_{max}	T_1 (秒)	T_g (秒)	β_m	r
50 年 63%	29.7	0.032	0.10	0.50	2.5	0.90
50 年 10%	73.6	0.078	0.10	0.65	2.5	0.90
50 年 2%	123.3	0.135	0.10	0.65	2.8	0.90
100 年 63%	42.9	0.11	0.10	0.45	2.5	0.90
100 年 5%	146.5	0.37	0.10	0.50	2.5	0.90
100 年 2%	204.8	0.52	0.10	0.50	2.5	0.90

7.7 使用说明

本项目 50 年超越概率 10%的峰值加速度为该场址设计基本地震动加速度，峰值加速度为 73.6gal。100 年超越概率 5%的地震动参数值为 146.5gal。

本报告结论仅适用于新野县产业集聚区西区项目工程场地。。

8 主要参考文献

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会,2005,工程场地地震安全性评价(GB17741-2005),中国标准出版社。

国家质量技术监督局,2001,中国地震动参数区划图(GB18306-2001)。

胡聿贤,2006,地震工程学(第二版),北京,地震出版社。

国家地震局震害防御司《中国历史强震目录》(公元前23世纪—公元1911年)。

中国地震局震害防御司《中国近代地震目录》(公元1912年—1990年 $M_s \geq 4.7$)

河南省地质局,1981,河南省地质图及说明书(1:50万)。

河南省地震局,南阳市地震局等,2012,南阳市活断层探测与地震危险性评价

河南省地震局,2012,河南省南水北调受水区南阳供水配套工程工程场地地震安全性评价报告

石油工业部地球物理勘探局解释中心,1984,南华北盆地主要构造带及煤或气聚集条件初步分析

吴利任,徐贵忠,1998,东秦岭—大别山碰撞造山带的地质演化,北京:科学出版社

中国地震局地球物理研究所,2005,河南核电项目初步可行性研究阶段地震地质专题工作报告

中国地震局地球物理研究所,2007,河南南阳核电厂可行性研究阶段地震安全性评价报告

河南省地质矿产局,1989,河南省区域地质志,地质出版社。

李国鹏,1973,中国东部中、新生代地质构造发展与地震,地质科学,第3期。

地质部航空物探大队904队,1957,华北平原南部及周围山区航空磁测结果报告。

赵景珍,刘永泉,张香荣等,1991,岩石圈动力学区域各论(河南省),中国岩石圈动力学概论,地震出版社。

赵景珍,刘永泉,张香荣等,1989,河南地震构造,中国岩石圈动力学地图集,中国地图出版社。

中国地震局地质研究所等,2001,西气东输工程场地地震安全性评价。

地质部河南省地质局,1965,临汝幅地质图及说明书(1/200000)。

地质部西北地质局,1965,鲁山幅地质图及说明书(1/200000)。

应绍奋, 沈永坚, 黄立人等, 1997, 中国大陆形变场及中长期地震危险区划分, 中国大陆 2005 年前强震危险性预测研究, 地震出版社。

马杏垣, 1987, 中国岩石圈动力学纲要 (1:400 万中国及邻近海域岩石圈动力学说明书), 地质出版社。

张祖胜等, 1991, 现代地壳形变, 中国岩石圈动力学概论, 地震出版社。

国家地震局, 1996, 中国地震烈度区划图(1990)概论, 地震出版社

霍俊荣, 1989, 近场强地面运动衰减规律的研究, 博士论文, 中国地震局工程力学研究所。

蒋溥, 王启鸣等, 1990, 地震小区划概论, 地震出版社。

时振梁、鄢家全、高孟潭, 1991, 地震区划原则和方法的研究—以华北地区为例, 地震学报, 13(2):179-188。

汪素云、俞言祥、高阿甲、阎秀杰, 2000, 中国分区地震动衰减关系的确定, 中国地震, 16(2):99-106。

鄢家全、贾素娟, 我国东北和华北地区中强地震潜在震源区的划分原则和方法, 中国地震, Vol. 12, No. 2, 173-194。

张裕明, 1993, 在确定潜在震源区中地震和地质资料的应用, 地震地质, Vol. 15, No. 2, 275-278。

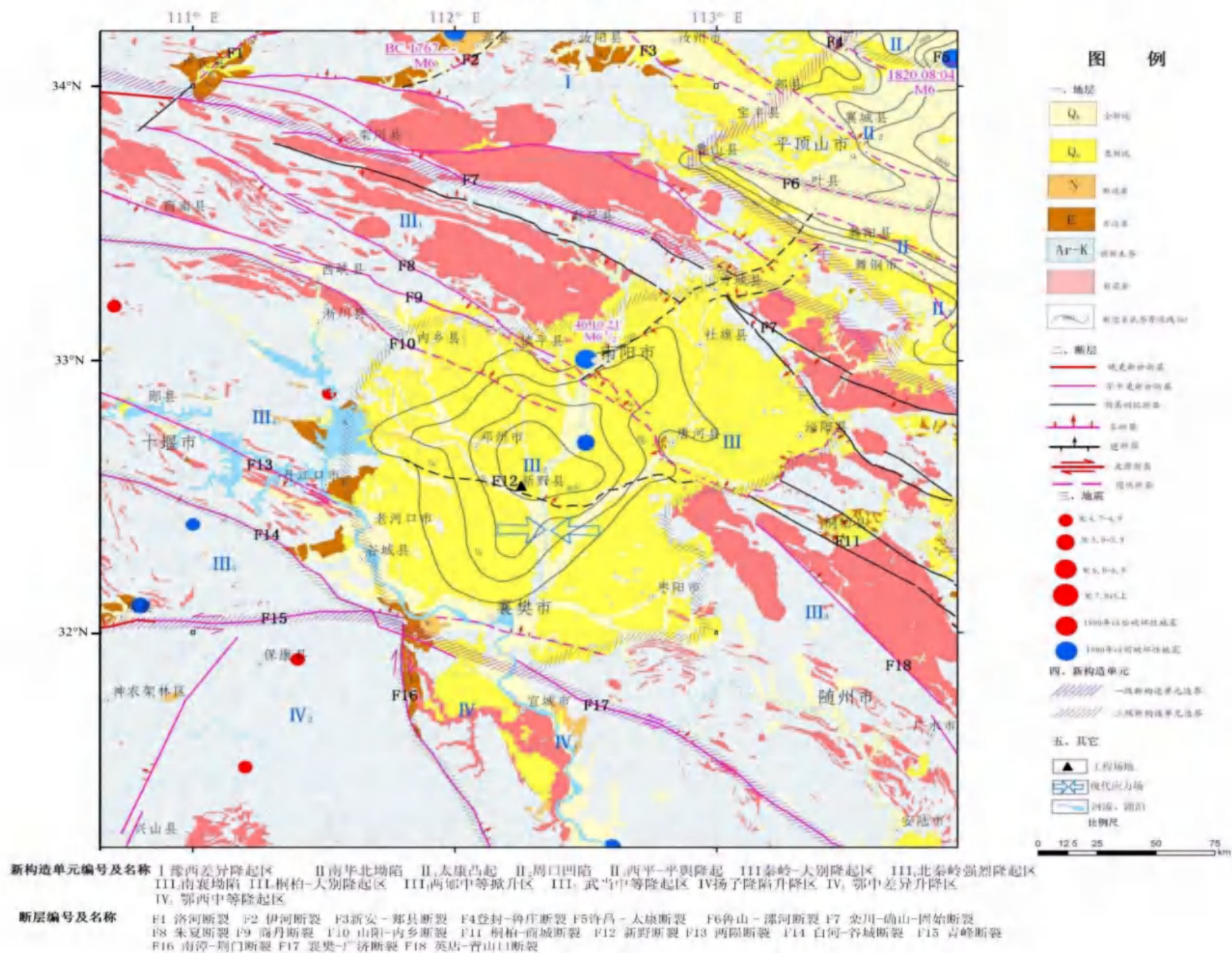
周本刚、张裕明、董瑞树等, 1997, 划分潜在震源区的地震地质规则研究, 中国地震, Vol. 13, No. 3, 241-252。

赵凤新, 1996, 地震动反应谱与相位差谱的关系, 地震学报, 18(3)

李小军, 1992, 场地土层对地震地面运动影响的分析方法, 世界地震工程, 2 期。

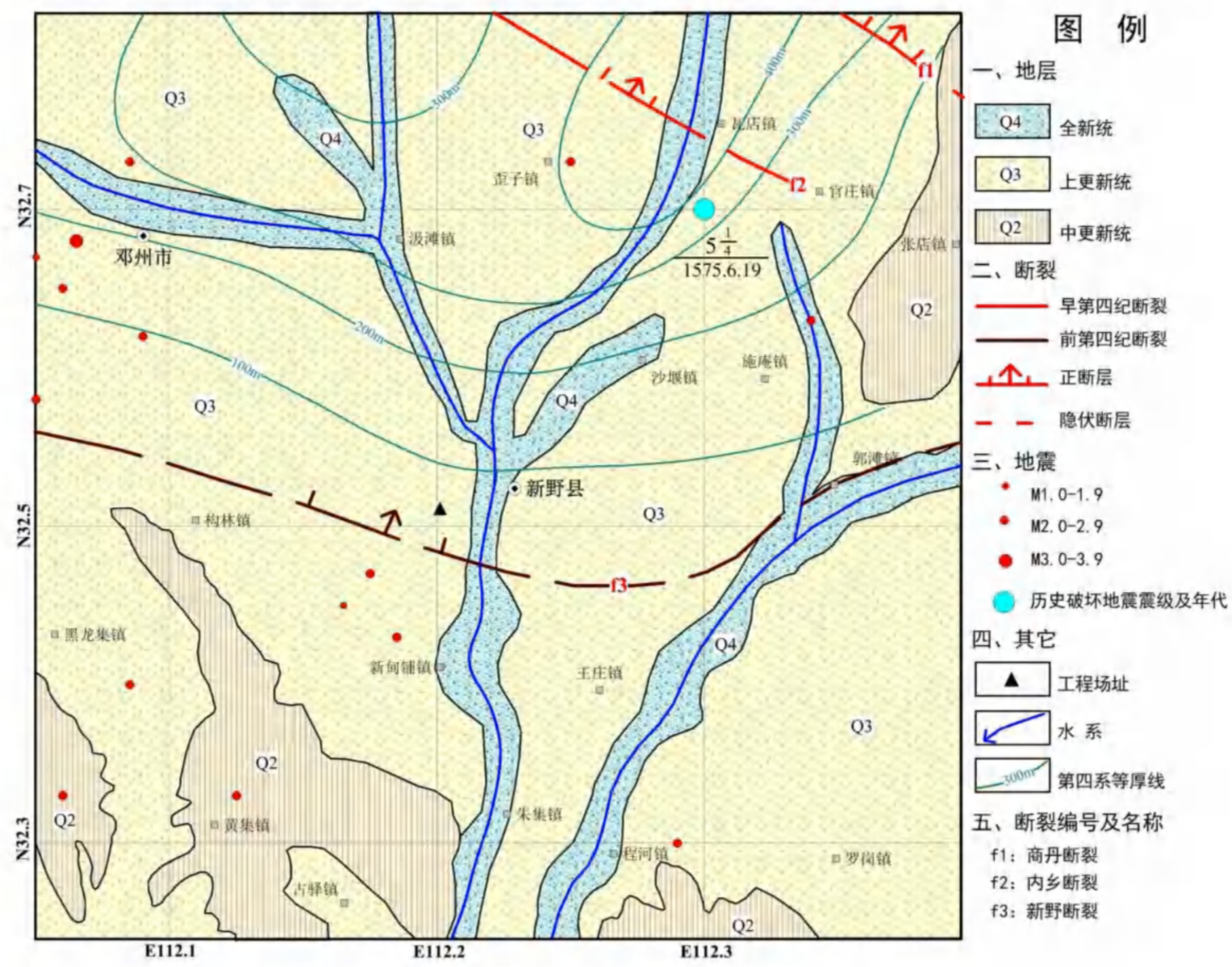
附图 1 区域地震构造图

区域地震构造图



附图 2 近场区地震构造图

近场区地震构造图



新野县产业集聚区西区工程场地
地震安全性评价土动三轴试验报告

山东省地震工程研究院
土力学与年代学试验室
二〇二一年九月

报告编号：DTM2021-147

报告名称：新野县产业集聚区西区工程场地

地震安全性评价土动三轴试验报告

试验项目：动弹模与阻尼比

试样名称：土

执行规范：《土工试验规范》(GB/T50123-2019)

项目负责人：

审 核：

报告编写：

试验人员：

完成日期：二〇二一年九月

土层动三轴试验报告

为了获取工程场地各代表性土层的动力学特性，并为土层地震动反应分析提供土层动力学数据，山东省地震工程研究院对新野县产业集聚区西区工程场地地震安全性评价的地基土样进行了动三轴试验工作，试验土样为原状土样，试验的成样、试验方法及试验资料整理均按《土工试验规程》(GB/T50123-2019)中的有关规定进行。

1. 试样的制备

新野县产业集聚区工程场地地震安全性评价项目提供的土样有64个，试验室对其进行编号，见表1所示。

表1 试样编号、物理性质指标以及相关试验参数

土样编号		取土深度 (m)	土样 定名	容重 (kN/m ³)	含水率 (%)	施加围压 (kPa)
试验室 编号	野外编号					
1	Zk-1-1	4.8	粉质粘土	18.1	30.3	100
2	Zk-1-2	9.8	粉质粘土	18.8	34.1	100
3	Zk-1-3	14.8	粉质粘土	20.0	22.2	150
4	Zk-1-4	28.8	粉质粘土	19.5	24.8	300
5	Zk-1-5	35.8	粉质粘土	20.0	23.9	350
6	Zk-1-6	49.8	粉土	19.9	20.4	500
7	Zk-1-7	53.3	粉质粘土	19.0	21.2	550
8	Zk-1-8	56.6	粉质粘土	20.1	20.9	600
9	Zk-1-9	64.8	粉质粘土	20.4	20.3	600
10	Zk-1-10	66.8	粉质粘土	20.6	24.1	600
11	zk-3-1	4.8	粉质粘土	19.0	24.3	100
12	zk-3-2	10.5	粉质粘土	18.9	24.2	100

土样编号		取土深度 (m)	土样定名	容重 (kN/m ³)	含水率 (%)	施加围压 (kPa)
试验室 编号	野外编号					
13	zk-3-3	14.8	粉质粘土	19.5	21.1	150
14	zk-3-4	20.8	粉质粘土	18.5	29.3	200
15	zk-3-5	24.8	粉质粘土	19.4	23.4	250
16	zk-3-6	29.8	粉质粘土	19.1	26.3	300
17	zk-3-7	34.8	粉质粘土	19.2	28.8	350
18	zk-3-8	39.8	粉质粘土	19.1	24.6	400
19	zk-3-9	44.8	粉质粘土	19.7	25.7	450
20	zk-3-10	49.4	粉质粘土	19.8	31.1	500
21	zk-3-11	54.8	粉质粘土	20.0	22.3	550
22	zk-3-12	59.8	粉质粘土	19.6	20.4	600
23	zk-3-13	65.5	粉质粘土	19.9	31.2	600
24	zk-3-14	68.8	粉质粘土	21.0	34.9	600
25	zk-4-1	4.8	粉质粘土	18.8	29.9	450
26	zk-4-2	9.8	粉质粘土	19.4	25.9	550
27	zk-4-3	14.8	粉质粘土	19.3	26.3	600
28	zk-4-4	19.8	粉质粘土	20.0	21.1	600
29	zk-4-5	25.4	粉质粘土	18.9	19.6	600
30	zk-4-6	29.8	粉质粘土	19.4	35.6	100
31	zk-4-7	34.8	粉质粘土	19.5	24.7	100
32	zk-4-8	39.8	粉质粘土	18.8	29.7	100
33	zk-4-9	44.8	粉质粘土	19.3	24.1	150
34	zk-4-10	48.3	粉质粘土	19.3	23.8	200
35	zk-4-11	55.8	粉质粘土	18.5	31.1	300
36	zk-4-12	62.3	粉质粘土	19.7	25.9	500
37	zk-4-13	64.7	粉质粘土	20.2	24.7	550
38	zk-4-14	71.7	粉质粘土	19.8	25.0	600
39	zk-6-1	4.8	粉质粘土	18.9	19.9	100
40	zk-6-2	9.8	粉质粘土	18.9	24.5	100
41	zk-6-3	14.8	粉质粘土	19.2	24.8	150
42	zk-6-4	25.8	粉质粘土	19.6	26.2	250
43	zk-6-5	30.8	粉质粘土	19.2	26.4	300

土样编号		取土深度 (m)	土样定名	容重 (kN/m ³)	含水率 (%)	施加围压 (kPa)
试验室编号	野外编号					
44	zk-6-6	35.8	粉质粘土	19.4	31.2	350
45	zk-6-7	43.8	粉质粘土	19.3	34.2	450
46	zk-6-8	48.8	粉质粘土	20.3	22.1	500
47	zk-6-9	53.5	粉质粘土	20.7	24.1	500
48	zk-6-10	66.8	粉质粘土	20.4	30.4	600
49	zk-6-11	74.8	粉质粘土	20.0	23.9	600
50	Zk-7-1	4.7	粉质粘土	18.9	20.4	100
51	Zk-7-2	9.7	粉质粘土	19.3	23.5	100
52	Zk-7-3	14.7	粉质粘土	18.6	27.7	100
53	Zk-7-4	19.6	粉质粘土	19.4	19.0	200
54	Zk-7-5	22.6	粉质粘土	19.5	24.7	250
55	Zk-7-6	24.7	粉质粘土	19.5	23.2	250
56	Zk-7-7	29.7	粉质粘土	18.5	34.3	300
57	Zk-7-8	34.6	粉质粘土	20.0	24.4	350
58	Zk-7-9	39.7	粉质粘土	19.8	24.3	400
59	Zk-7-10	40.5	粉质粘土	19.8	27.2	400
60	Zk-7-11	45.7	粉质粘土	20.5	24.6	450
61	Zk-7-12	49.6	粉质粘土	19.4	26.9	500
62	Zk-7-13	53.7	粗砂	19.7	26.7	550
63	Zk-7-14	67.3	粉质粘土	19.4	31.7	600
64	Zk-7-15	71.6	粉质粘土	19.9	27.0	600

试样首先按《土工试验方法标准(GB / T50123-2019)》第 19.3.1 条的方法制备,试样高为 80mm,直径为 39.1mm,然后将制备好的试样进行饱和。试验时在一定的固结比应力下固结,待固结完成后,在不排水的条件下施加动应力进行动弹模试验。

2. 试验仪器

本次试验仪器采用 DDS-70 微机控制电磁式多功能静动三轴试验系统。该系统主要由主机、电控系统、静压控制系统和微机系统等组成。其工作原理是将圆柱形土试样置于三轴室内上下活塞之间。通过气体压力对试样施加轴、侧向静压力。激振器和功率放大器将微机系统提供的一定频率、幅值的电讯号转换为轴向激振力,经下活塞施加至土

试样上。测量系统将振动过程中的力、位移、孔隙水压力值记录下来。微机系统对试验进行控制和对试验数据进行处理并输出成果报告。

系统主要技术指标：

试样尺寸：直径 39.1mm，高 80mm

轴向最大动出力：1370N (p-p)

侧向压力：0—0.6 MPa

反压：0—0.3 Mpa

波形：正弦波、三角波、方波

频率范围：1—10 Hz

最大允许轴向位移：20 mm (p-p)

3. 试验采用的参数

测定各试样的容重、含水率如表 1 所示。固结比取值为 1，围压大小根据试样所处土层深度对应的有效应力确定，具体取值见表 1。按照土工试验规程的固结稳定标准，根据试样土质类型不同，试样固结时间取值见表 1。振动频率为 1HZ，循环次数为 10 次，振动总次数控制在 200 次以内。

4. 试验过程与方法

将真空饱和好的试样置于三轴室内上下活塞之间，采取一定的固结比，通过气体压力对试样施加轴、侧向静压力，使其固结。待土样固结完成后，在不排水的条件下，对试样施加由小到大的轴向激振力进行动弹模试验。试验期间，测量系统将振动过程中的力、位移、孔隙水压力值记录下来。微机系统对试验进行控制和对试验数据进行处理并输出成果报告。

5. 试验计算方法与结果

试验中，土样在各级荷载下轴向应力 P 和轴向应变 ε 的时间历程将被记录下来，由应力应变时程绘出应力应变滞回曲线，由滞回曲线 B 点的应力应变值可求得试样的轴向模量 E ，由 E 可求得土样在该级荷载下模量：

$$E = \frac{P_B}{\varepsilon_B} \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

(1)

式中， P_B 、 ε_B 分别为滞回线 B 点所对应的应力应变值， ν 为泊松比，由土类而定。对所求得各级荷载下不同幅值的模量，进行统计分析时，应力应变关系用双曲线函数表示：

$$\tau = \frac{\gamma}{A + B\gamma} \quad (2)$$

式中， τ 和 γ 为剪应力和剪应变幅值， A 和 B 为回归常数，若令 $\tau/\gamma = G$ ，则：

$$\frac{1}{G} = A + B\gamma$$

(3)

如果以 $1/G$ 为纵坐标， γ 为横坐标，将实验结果标在该图中，近似用一条直线来表示它们的关系，显然当 $\gamma \rightarrow 0$ 时，可以得到系数 A 等于最大剪切模量的倒数，即 $1/G_{\max}$ ，因此可得到对应不同应变模量与最大模量的比值和应变的关系：

$$G/G_{\max} = 1/(1 + \gamma B/A)$$

(4)

继而，求出动三轴试样的不同剪应变下的动剪切模量比。

试样在荷载下的阻尼比 D 可用下式求得：

$$D = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\Delta W}{W}$$

(5)

式中， ΔW 为一个循环消耗的能量，用应力应变滞回曲线所围的面积表示， W 为施加的最大应变能。根据 Hardin-Drnevich 模型，阻尼比与剪应变的关系可写为 $D = D_{\max}(1 - G/G_{\max})$ 。依此关系式，可回归阻尼比与剪应变的关系。

从而，也同样求出动三轴试样的不同剪应变下的阻尼比值。

因此，将试验所求得动剪切模量比和阻尼比的结果进行曲线拟合，即可得出各试样的拟合曲线，如图 1-64 所示。从而得到各试样的剪应变标准点的动剪切模量比和阻尼比，见表 2。

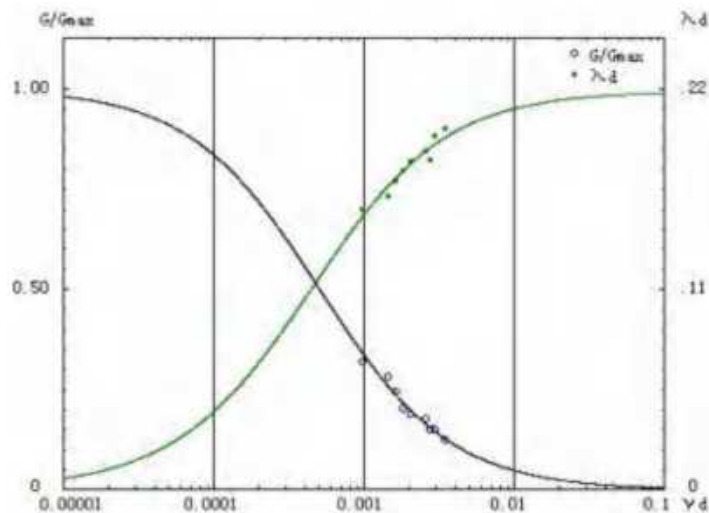


图 1 试样 1 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

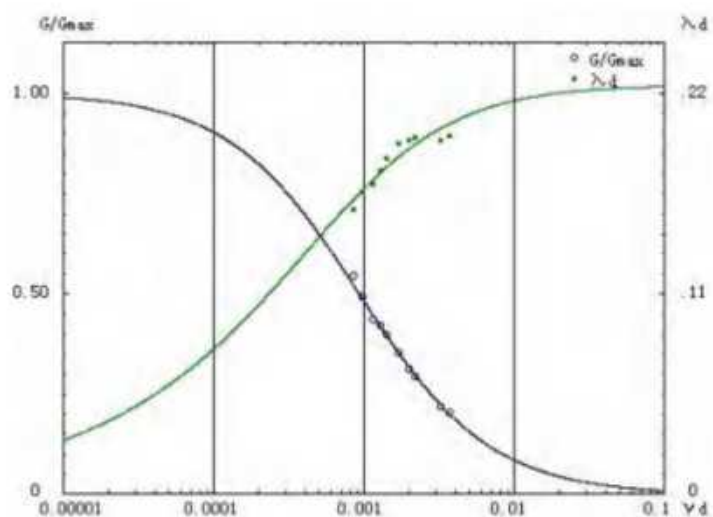


图 2 试样 2 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

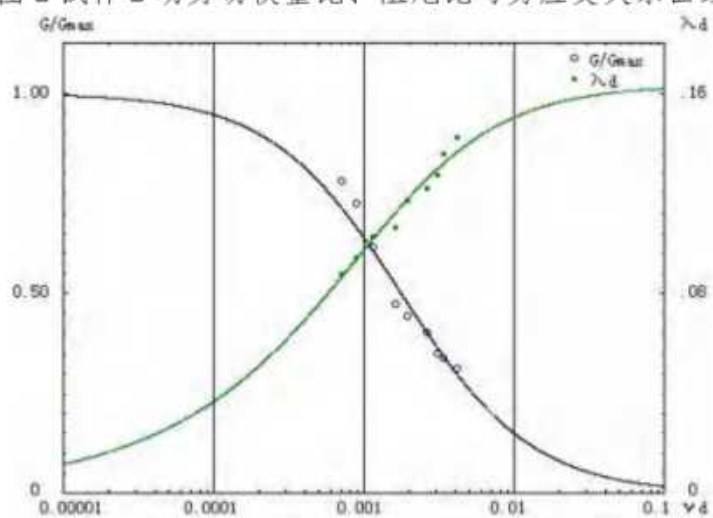


图 3 试样 3 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

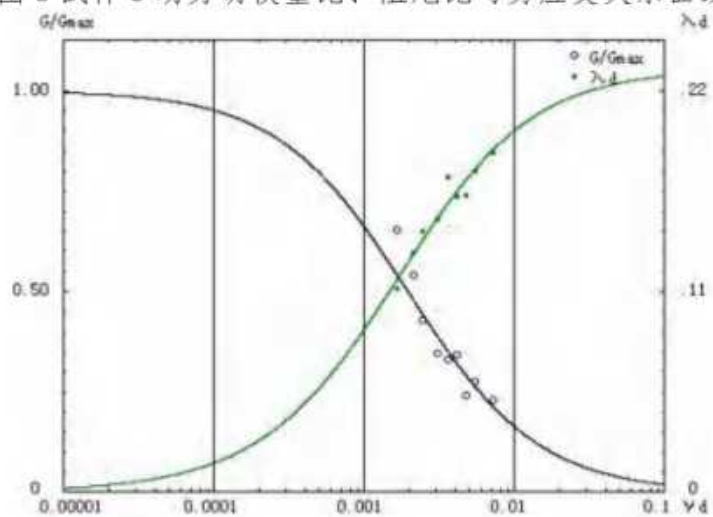


图 4 试样 4 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

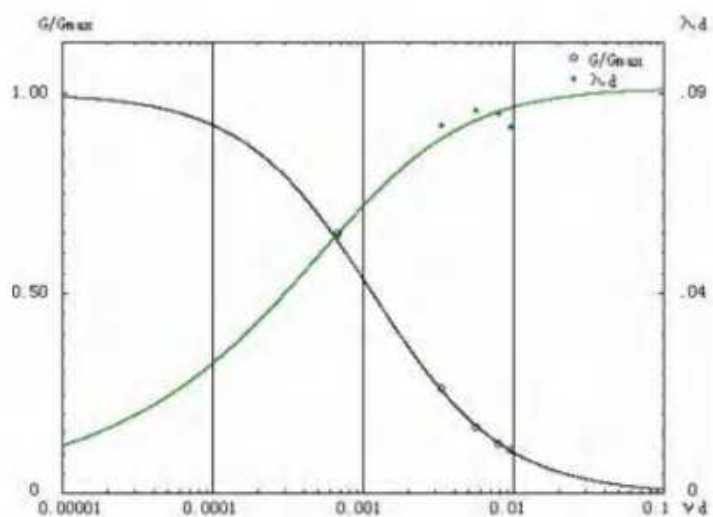


图 5 试样 5 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

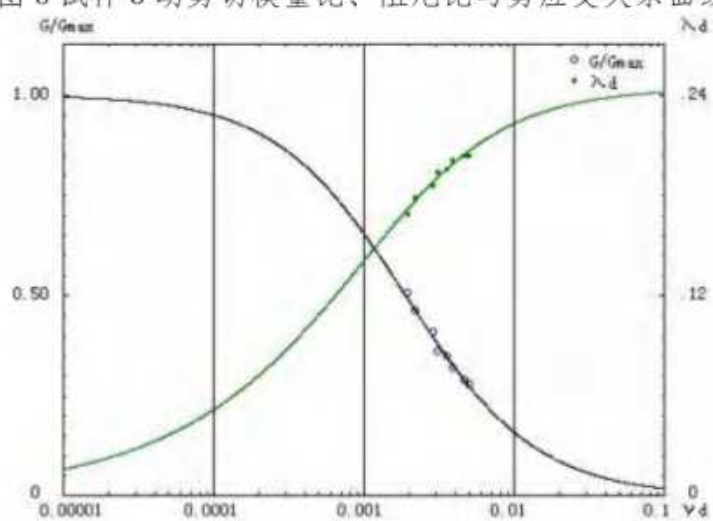


图 6 试样 6 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

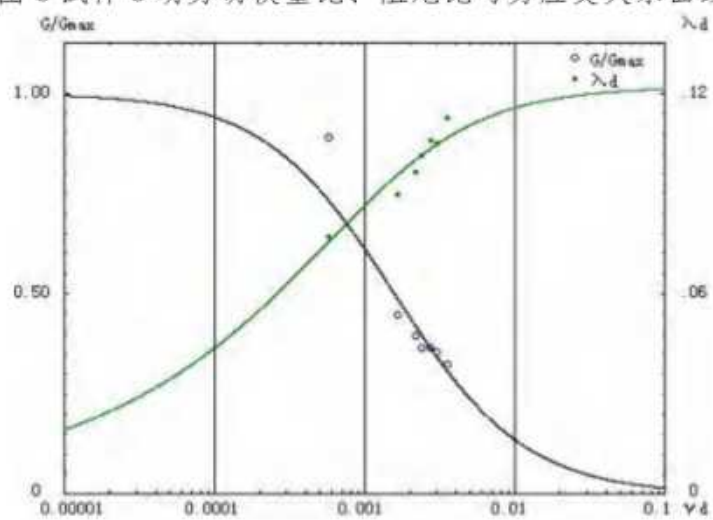


图 7 试样 7 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

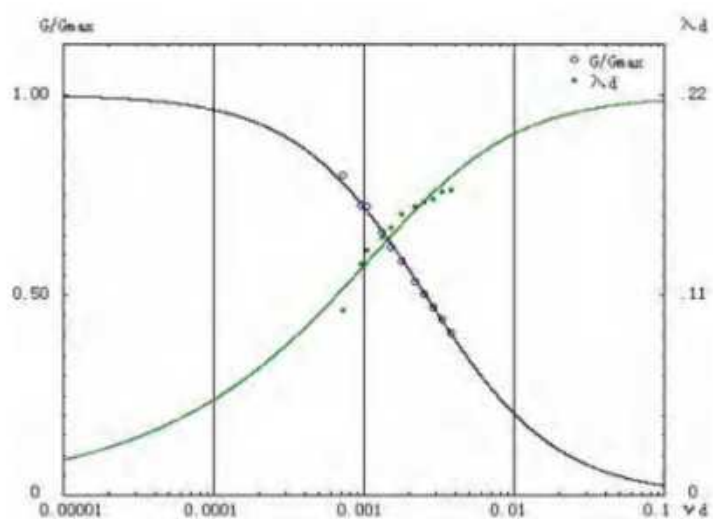


图 8 试样 8 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

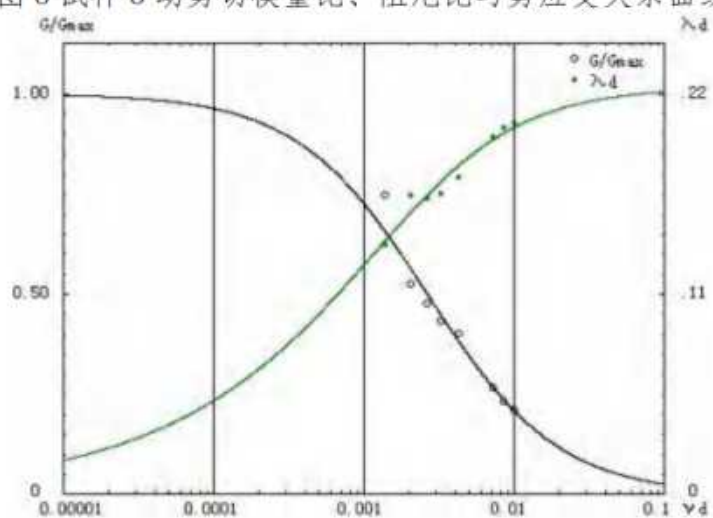


图 9 试样 9 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

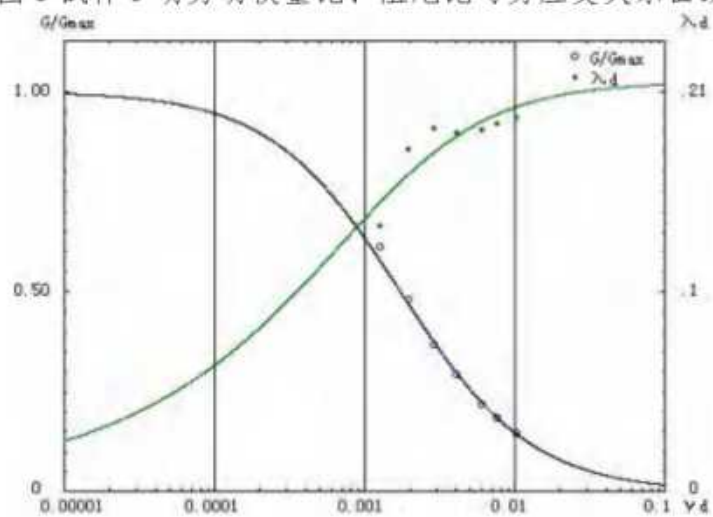


图 10 试样 10 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

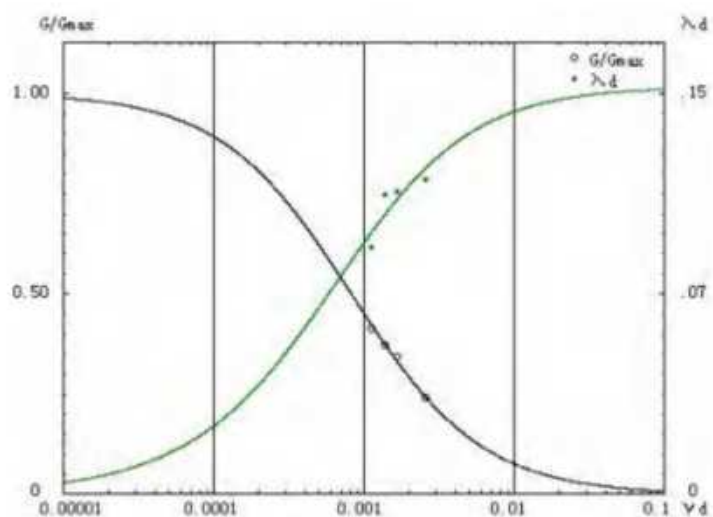


图 11 试样 11 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

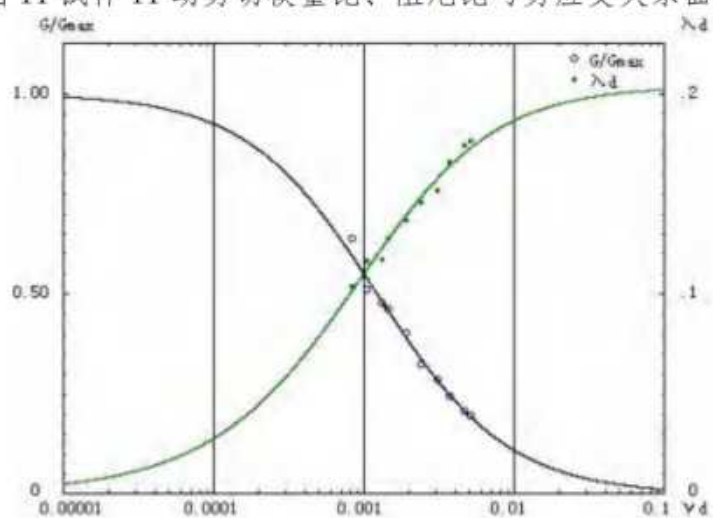


图 12 试样 12 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

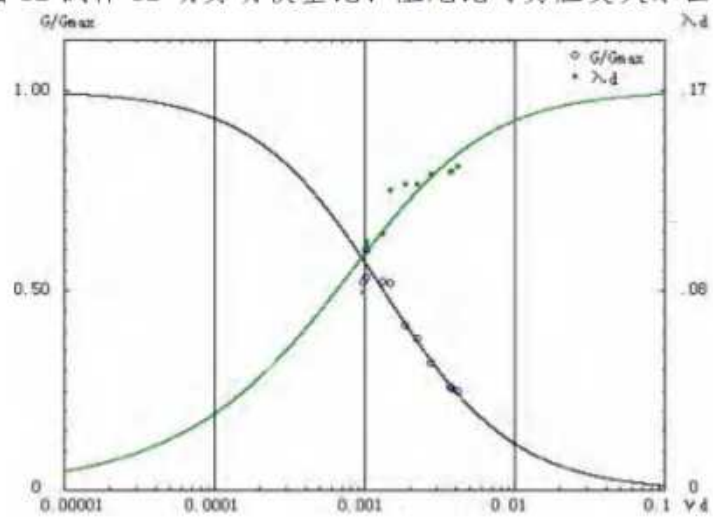


图 13 试样 13 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

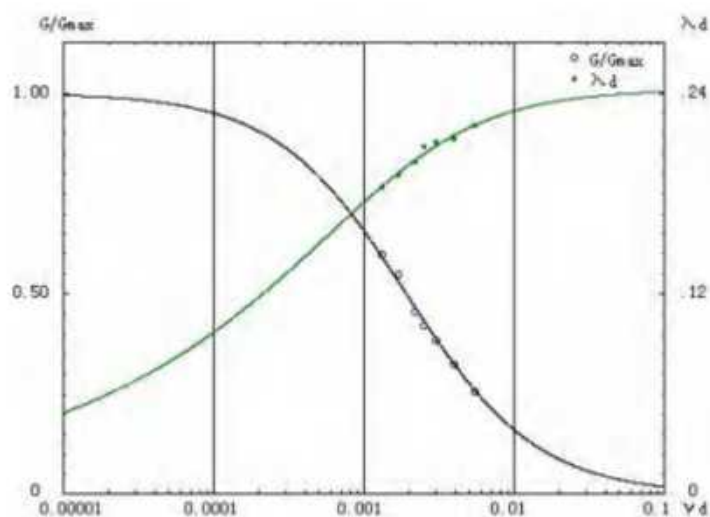


图 14 试样 14 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

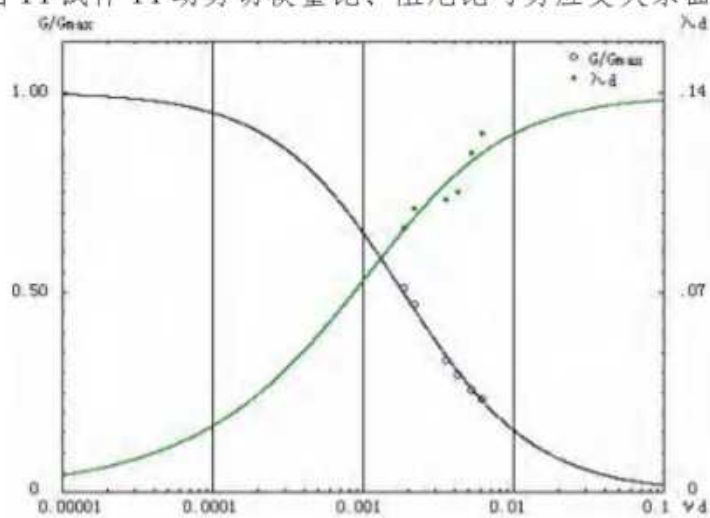


图 15 试样 15 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

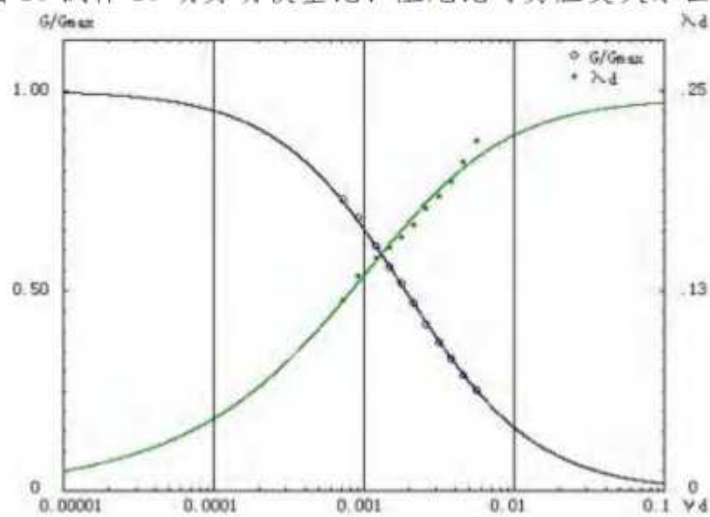


图 16 试样 16 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

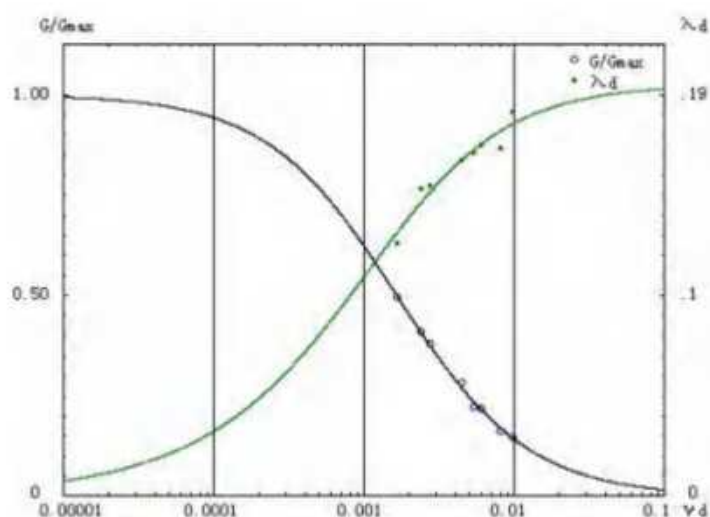


图 17 试样 17 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

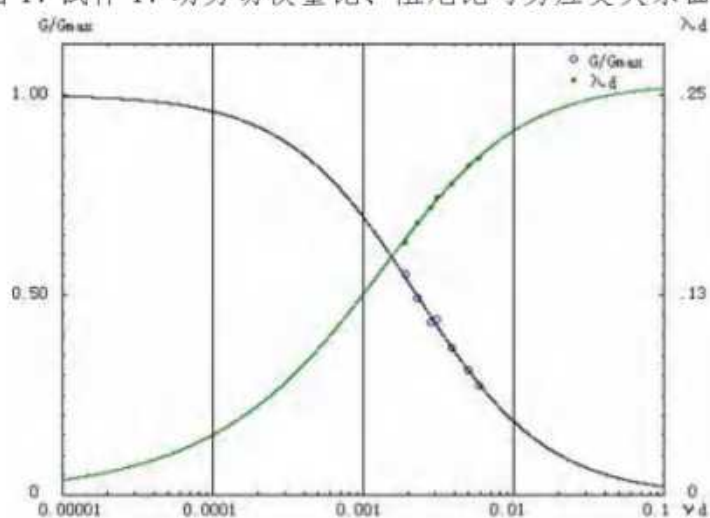


图 18 试样 18 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

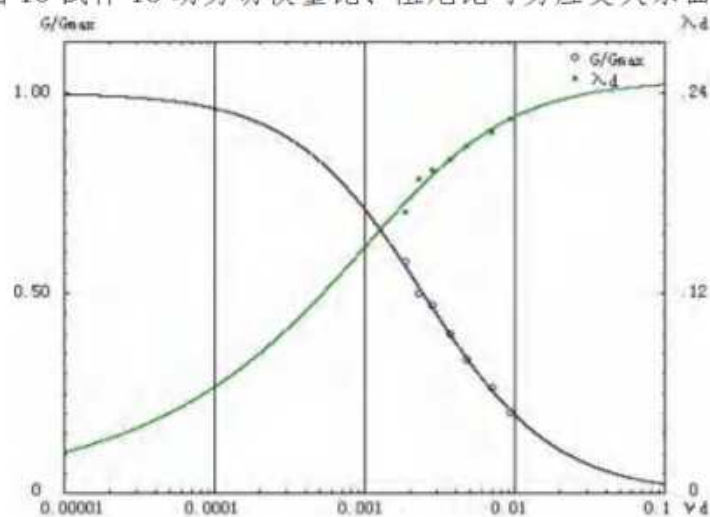


图 19 试样 19 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

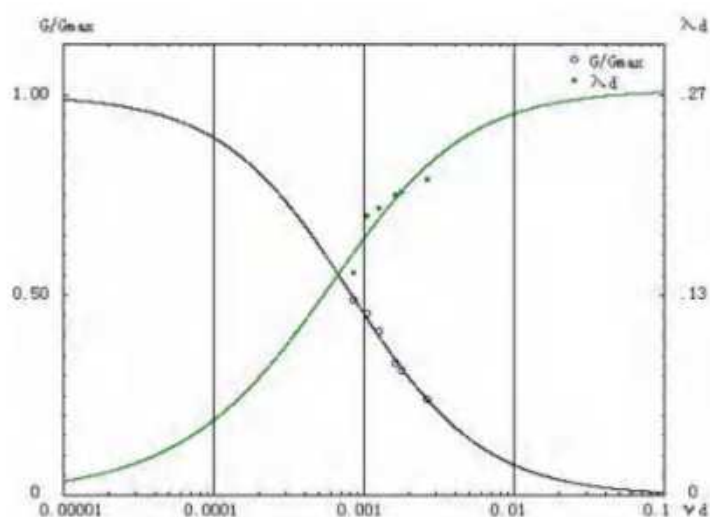


图 20 试样 20 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

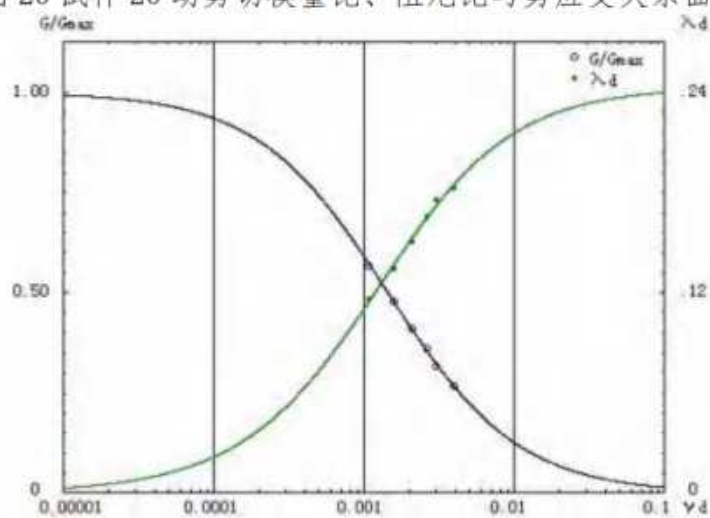


图 21 试样 21 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

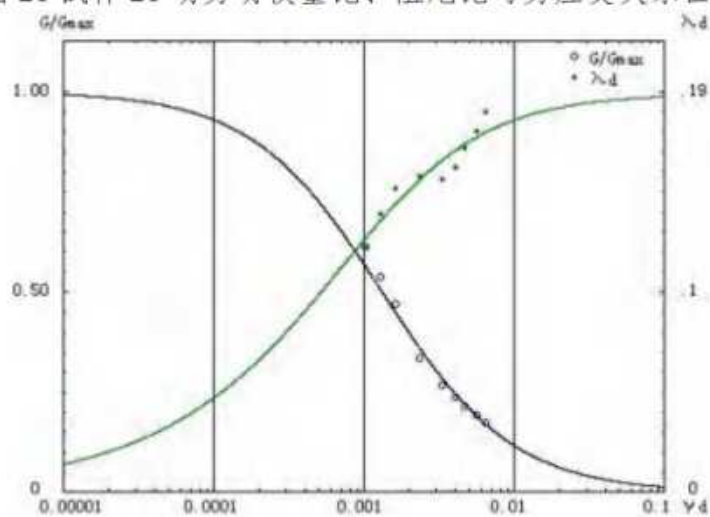


图 22 试样 22 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

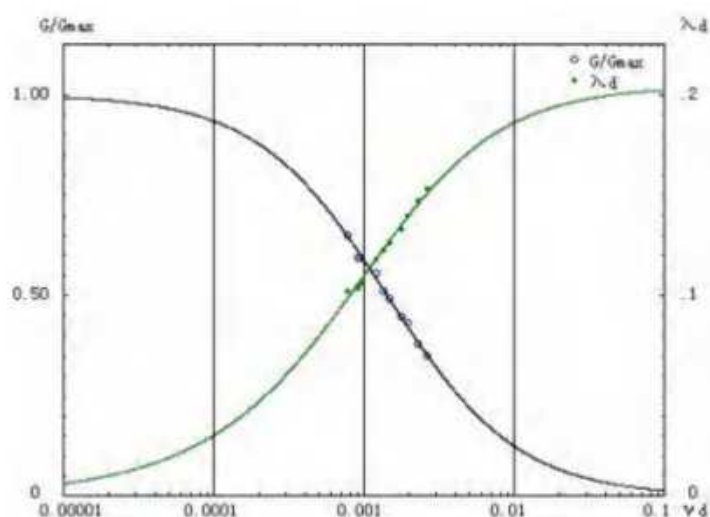


图 23 试样 23 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

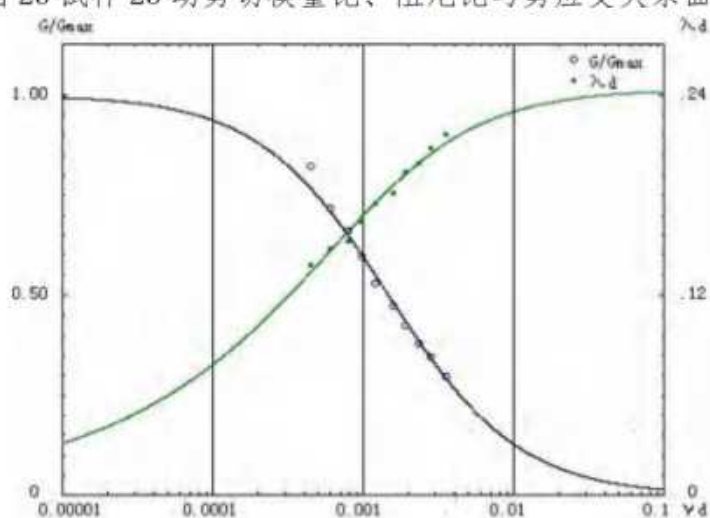


图 24 试样 24 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

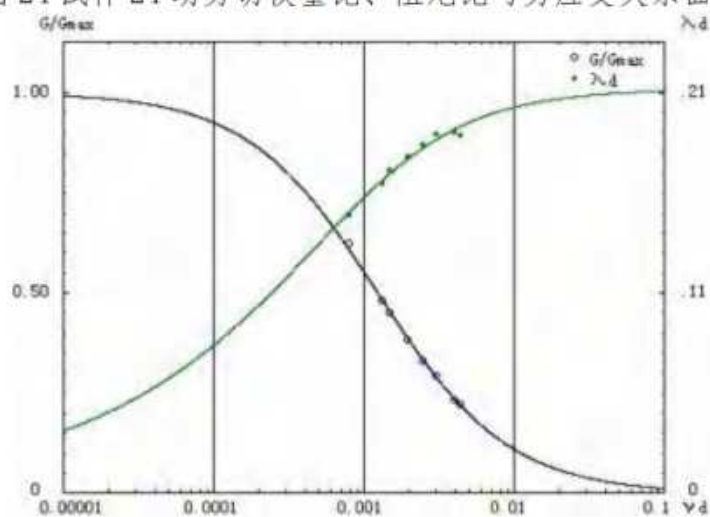


图 25 试样 25 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

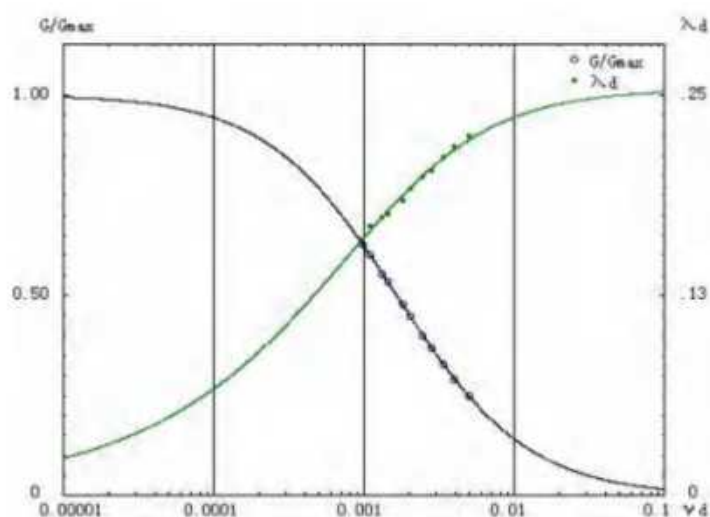


图 26 试样 26 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

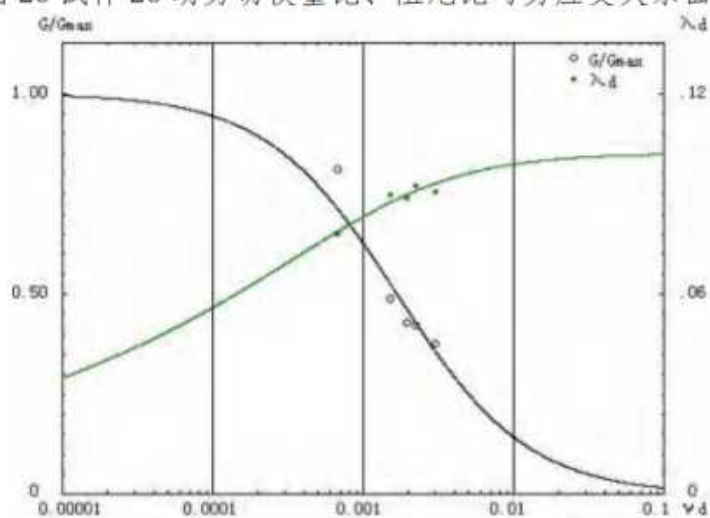


图 27 试样 27 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

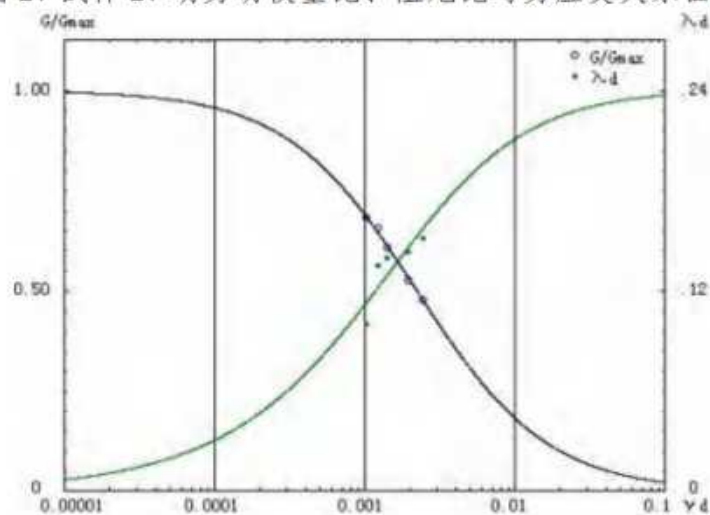


图 28 试样 28 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

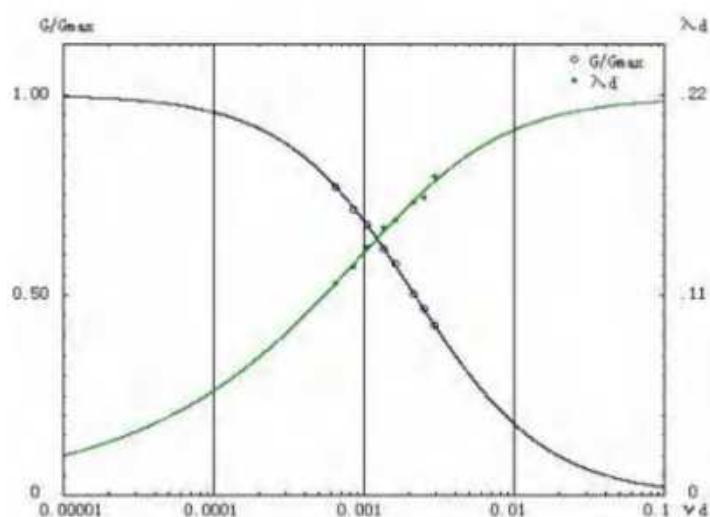


图 29 试样 29 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

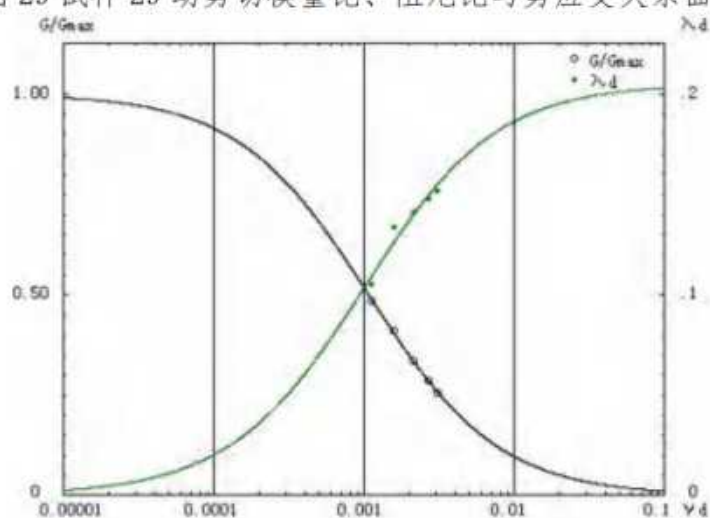


图 30 试样 30 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

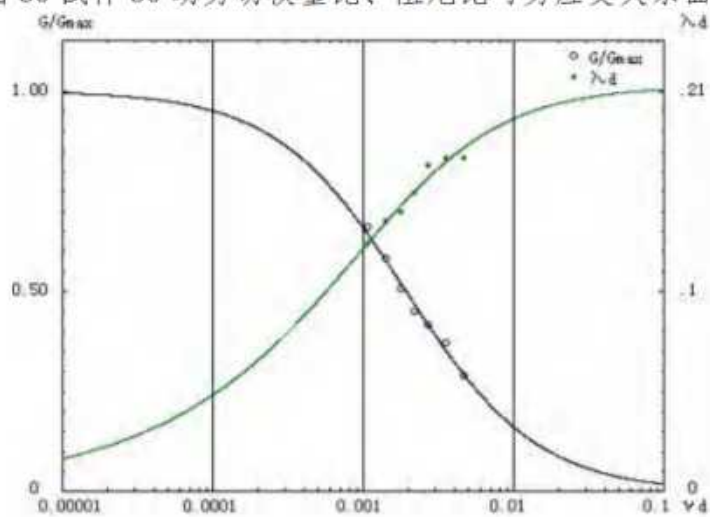


图 31 试样 31 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

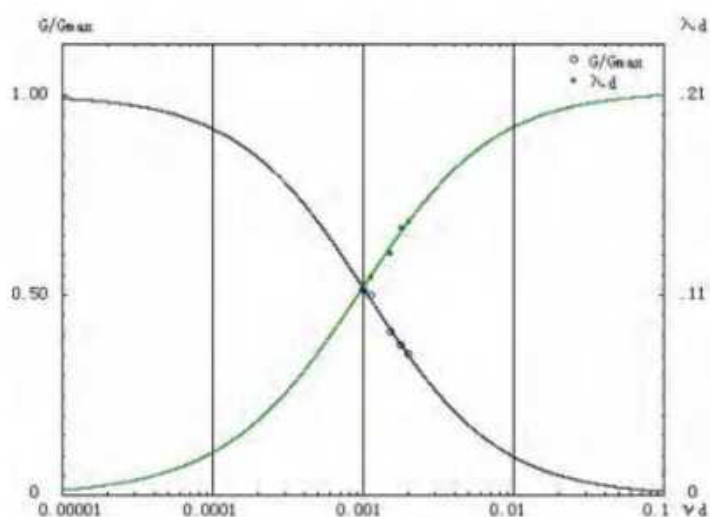


图 32 试样 32 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

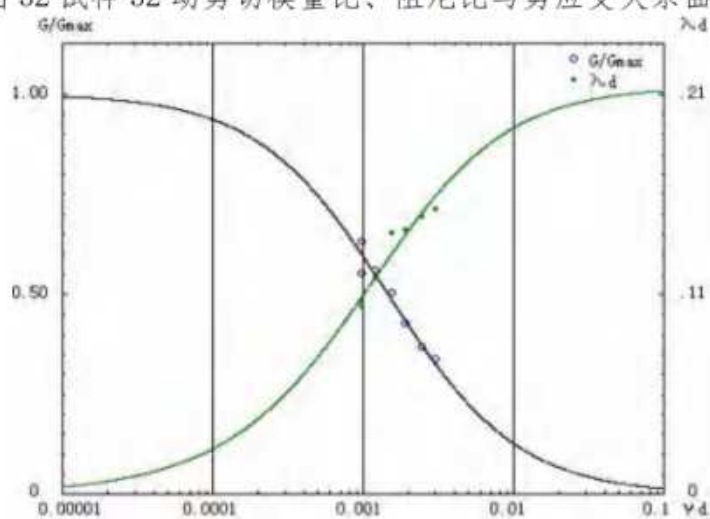


图 33 试样 33 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

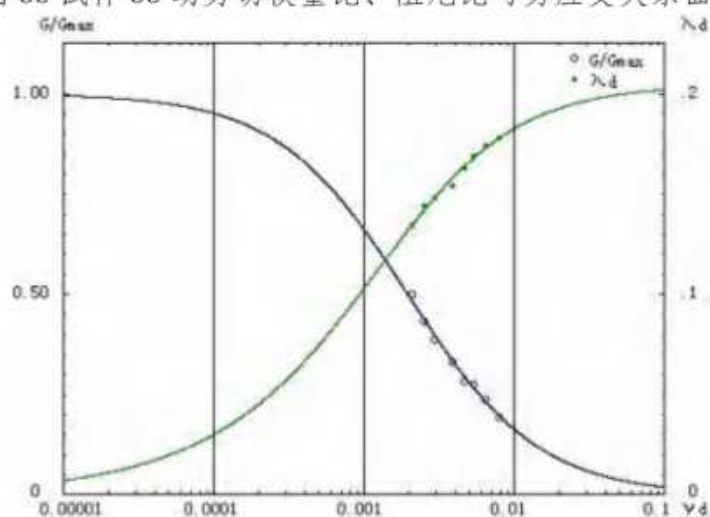


图 34 试样 34 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

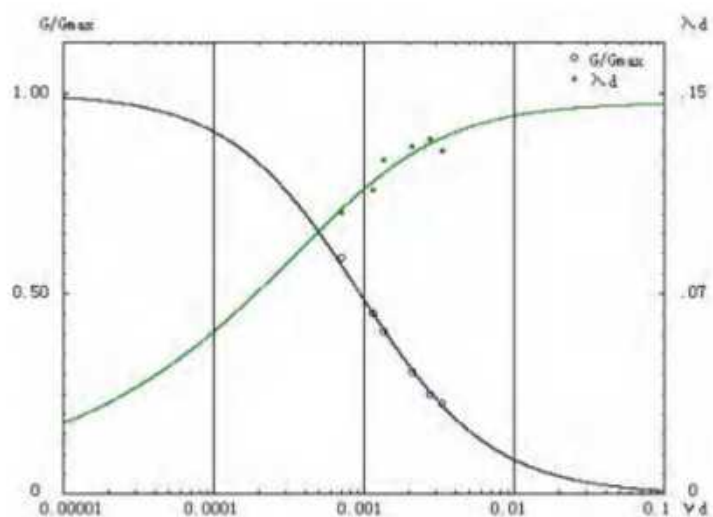


图 35 试样 35 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

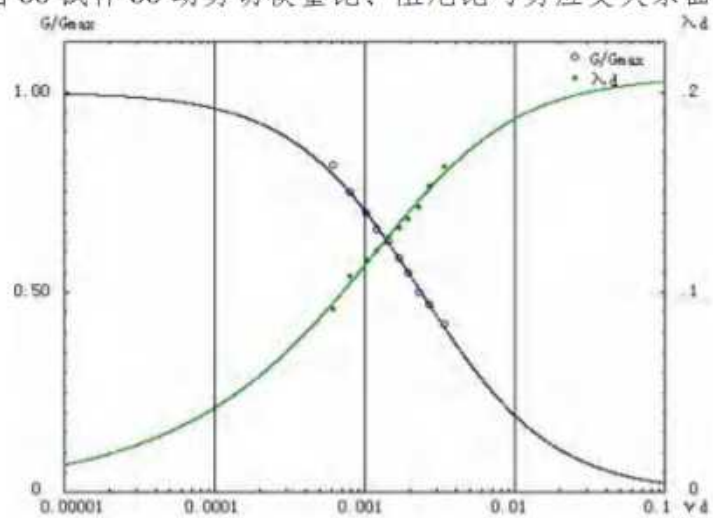


图 36 试样 36 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

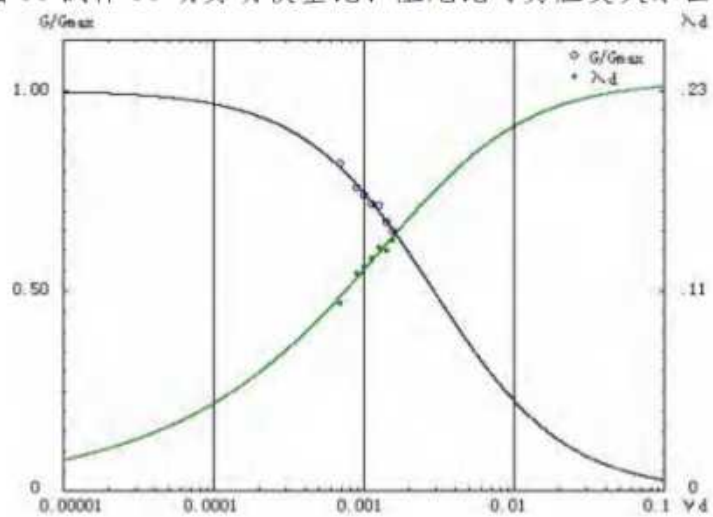


图 37 试样 37 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

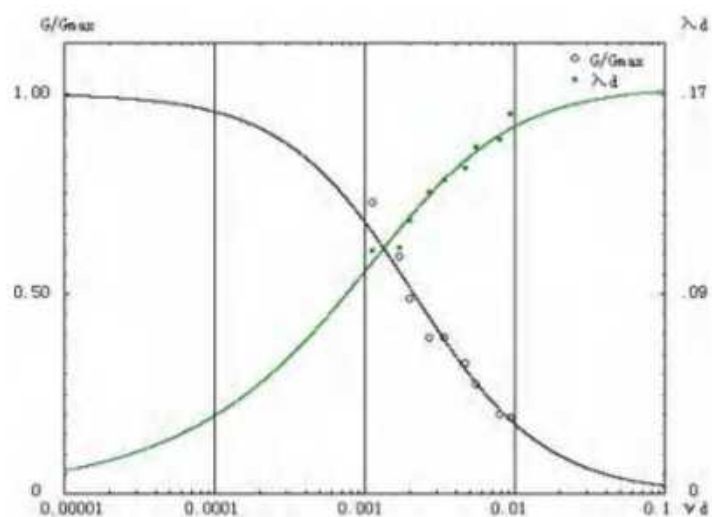


图 38 试样 38 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

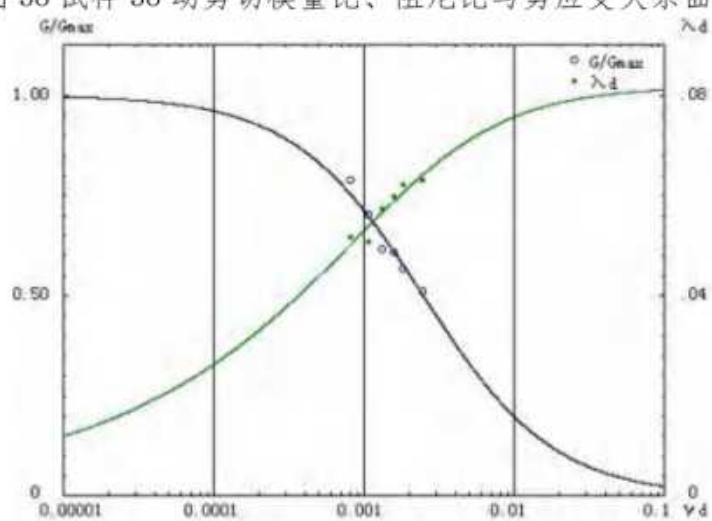


图 39 试样 39 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

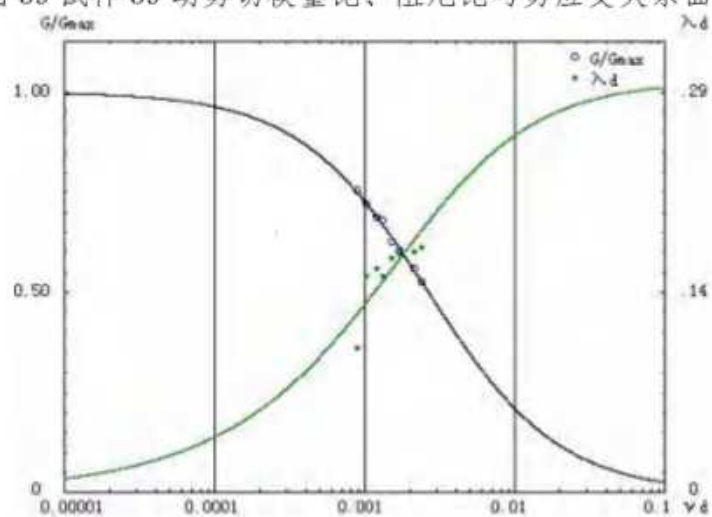


图 40 试样 40 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

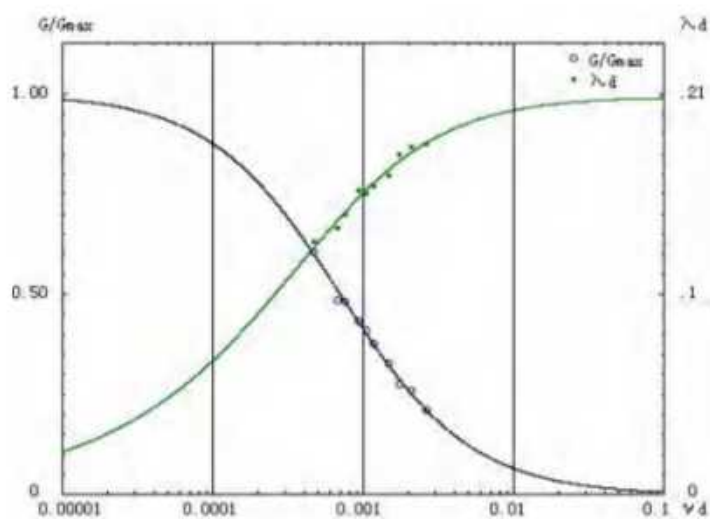


图 41 试样 41 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

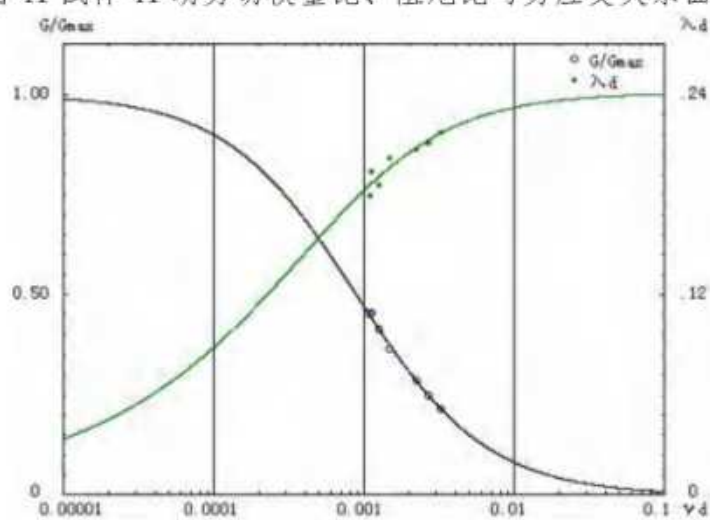


图 42 试样 42 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

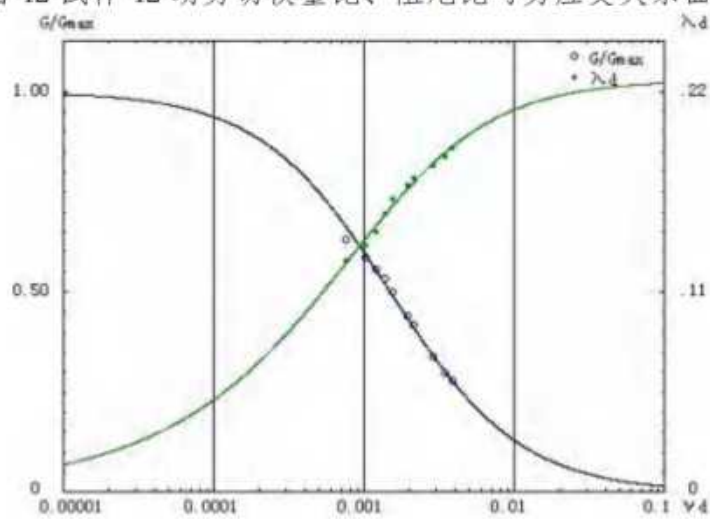


图 43 试样 43 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

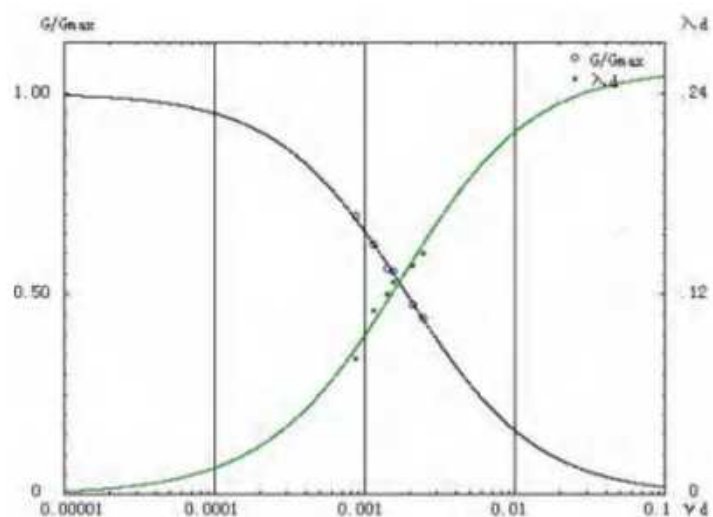


图 44 试样 44 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

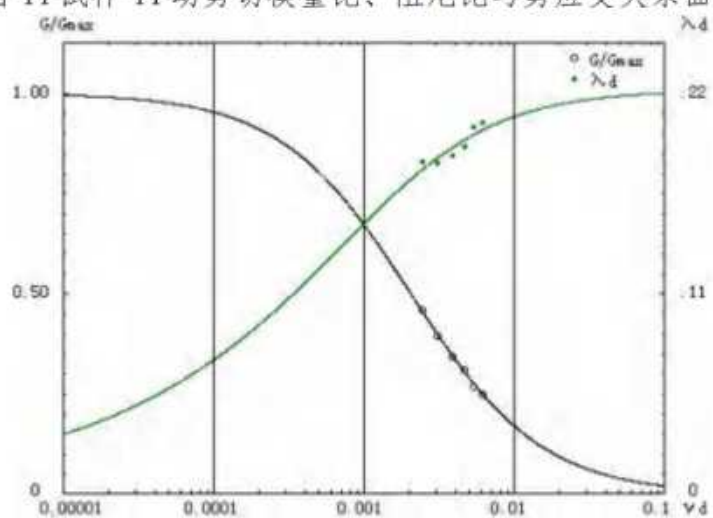


图 45 试样 45 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

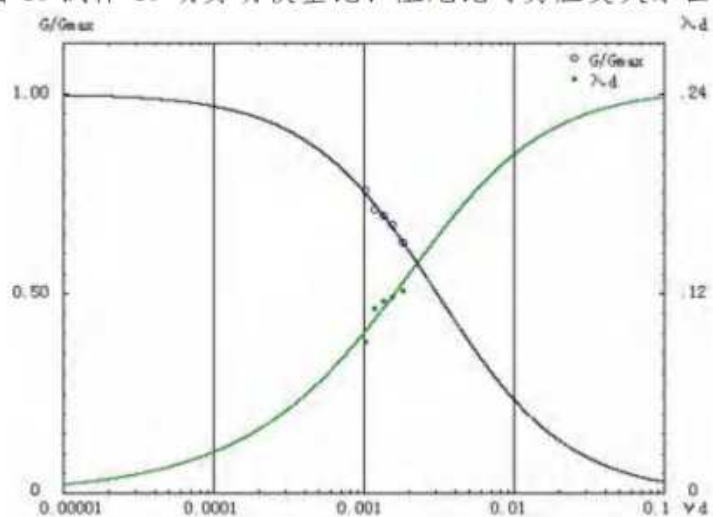


图 46 试样 46 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

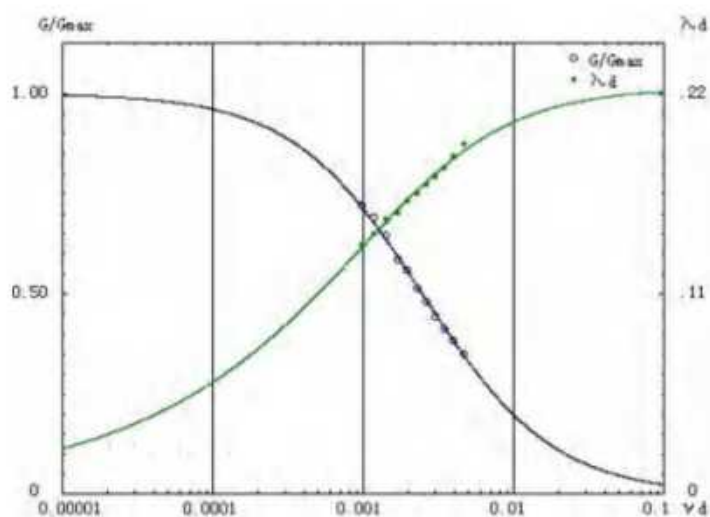


图 47 试样 47 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

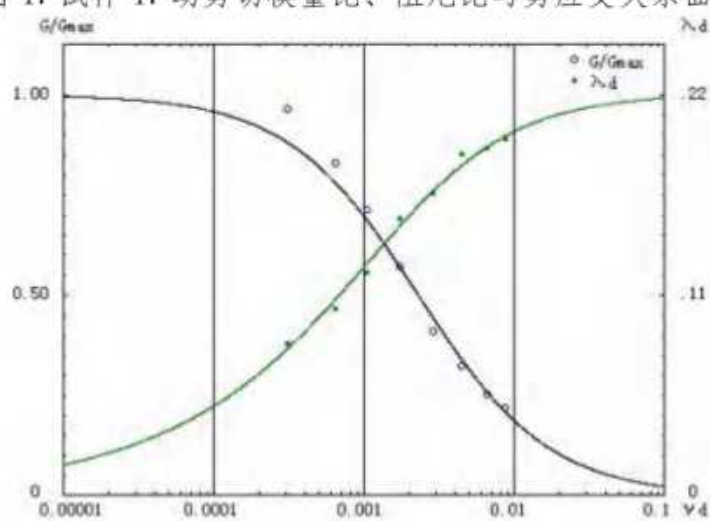


图 48 试样 48 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

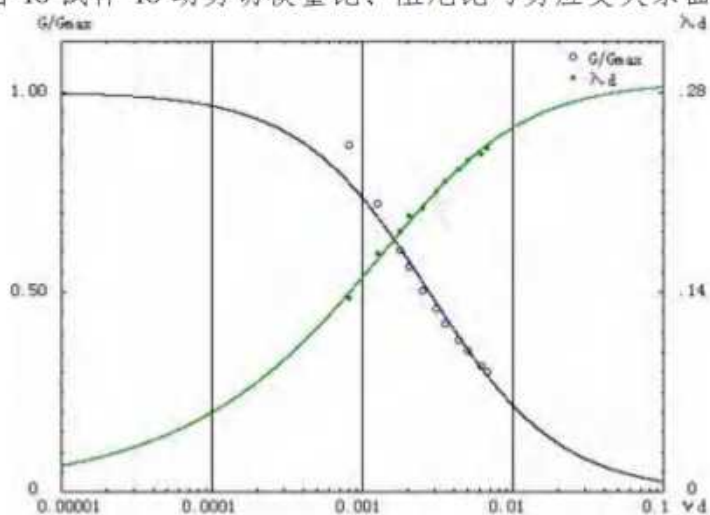


图 49 试样 49 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

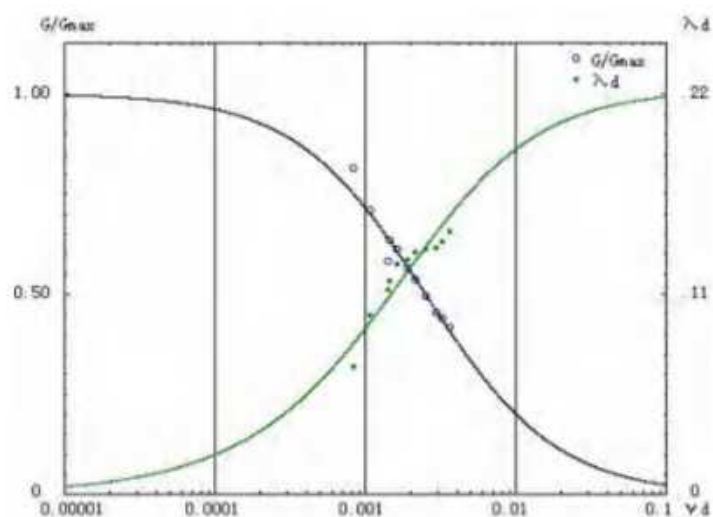


图 50 试样 50 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

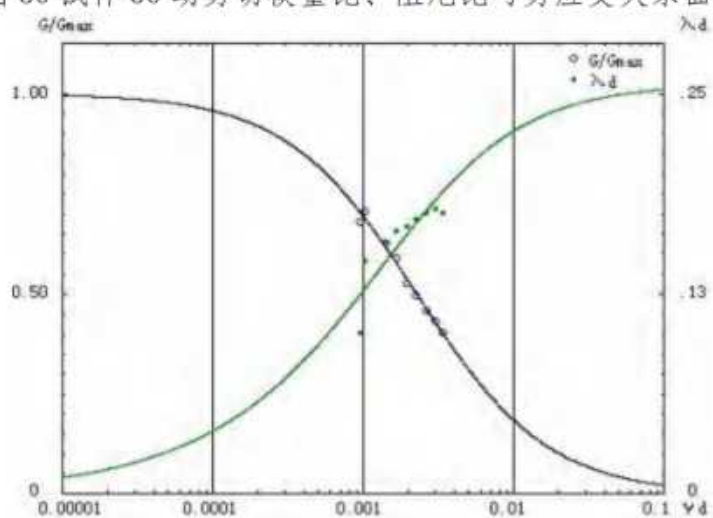


图 51 试样 51 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

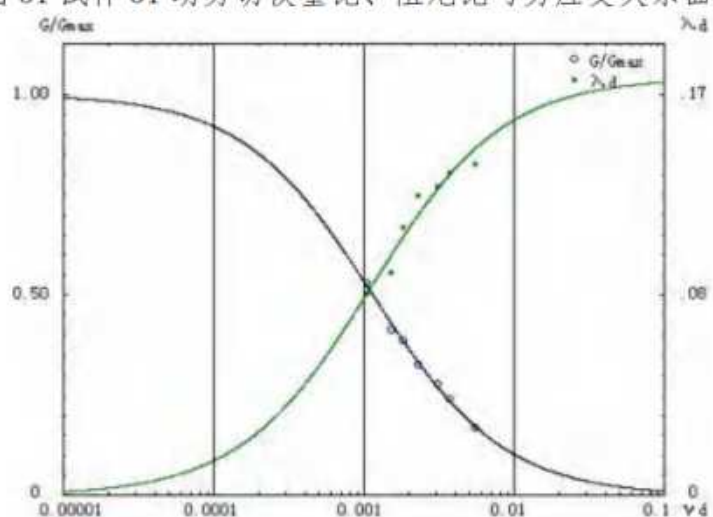


图 52 试样 52 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

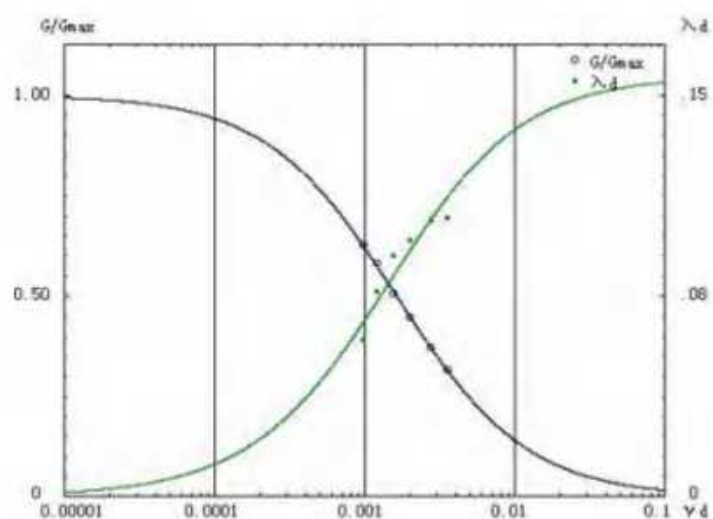


图 53 试样 53 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

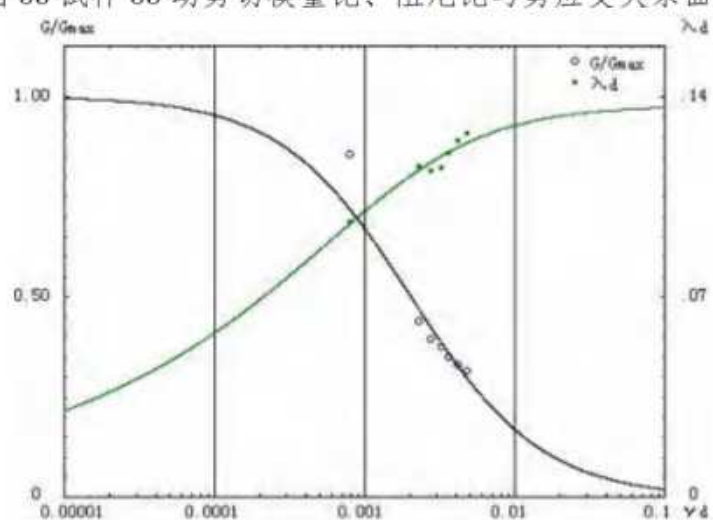


图 54 试样 54 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

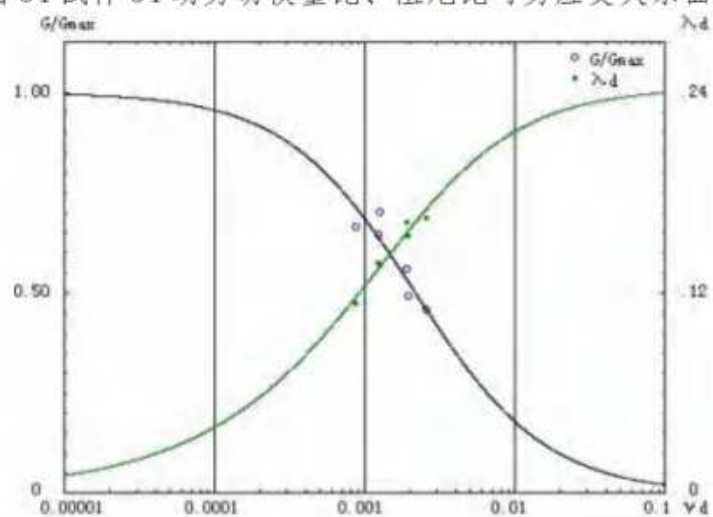


图 55 试样 55 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

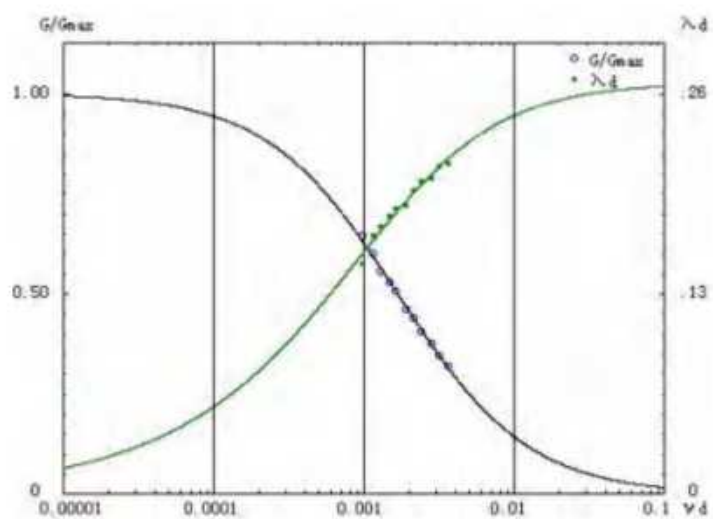


图 56 试样 56 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

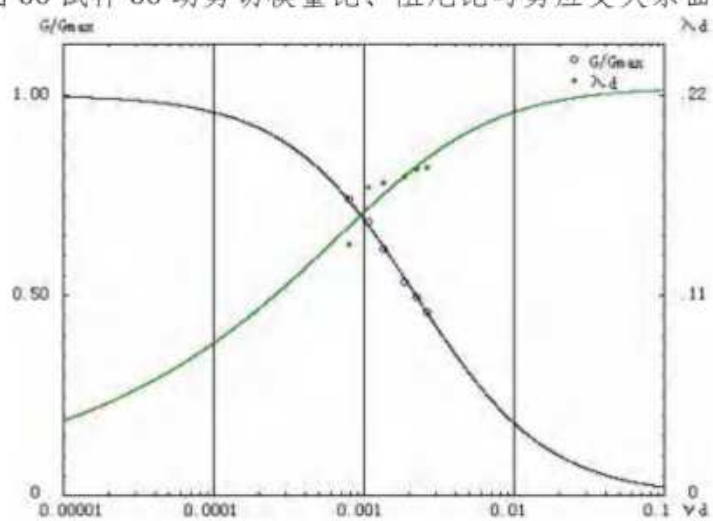


图 57 试样 57 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

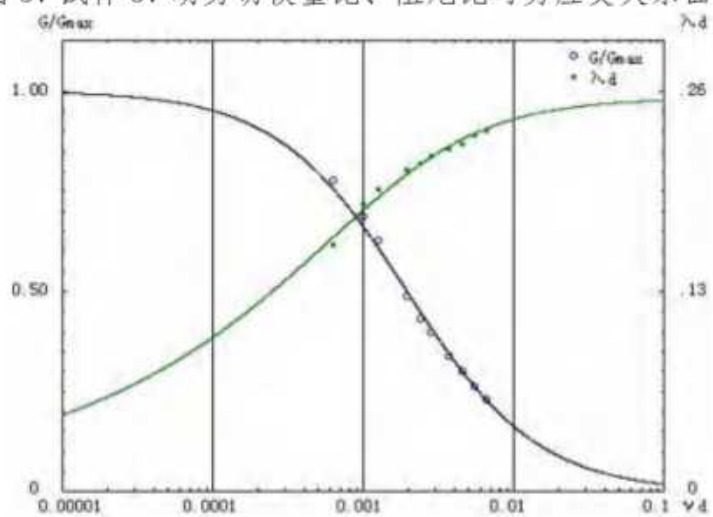


图 58 试样 58 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

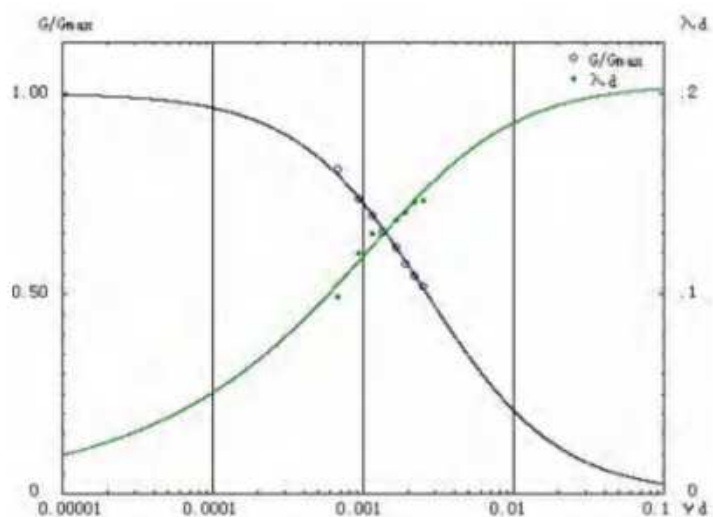


图 59 试样 59 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

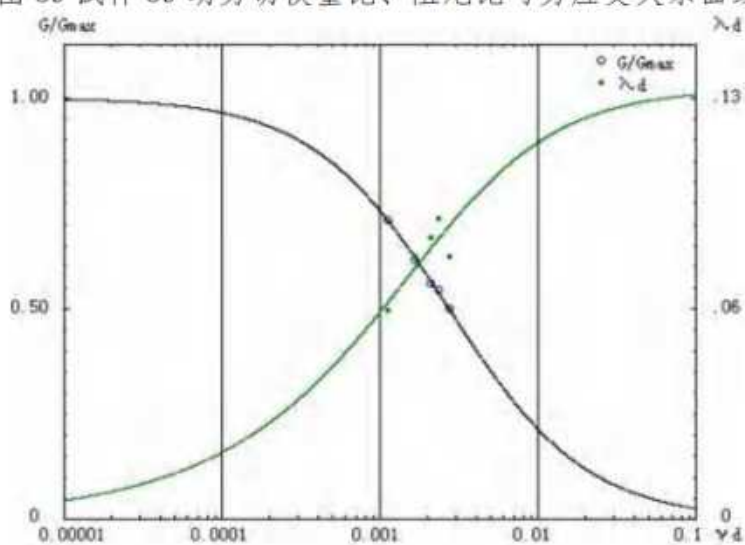


图 60 试样 60 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

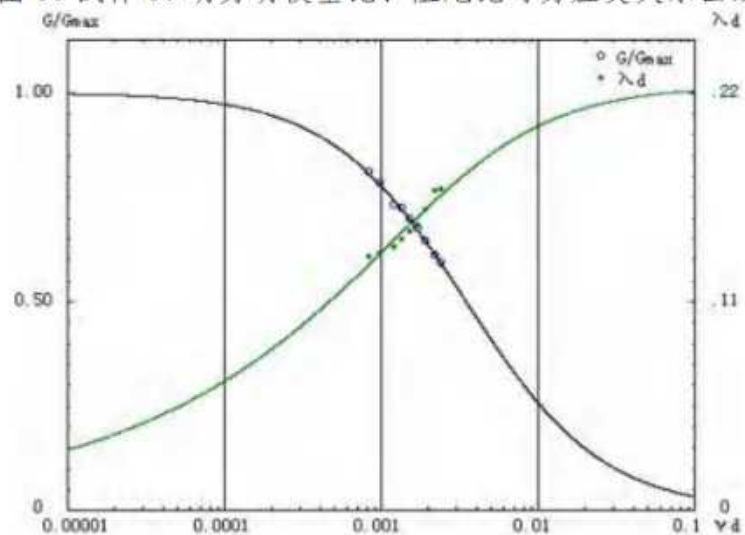


图 61 试样 61 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

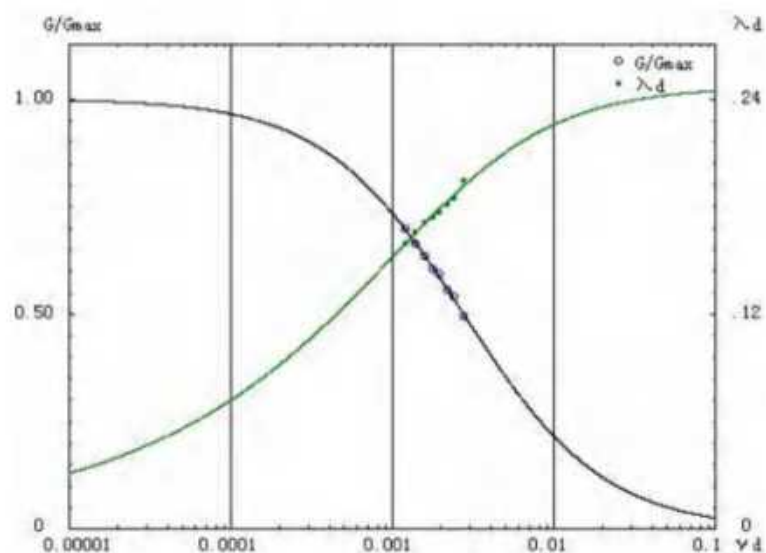


图 62 试样 62 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

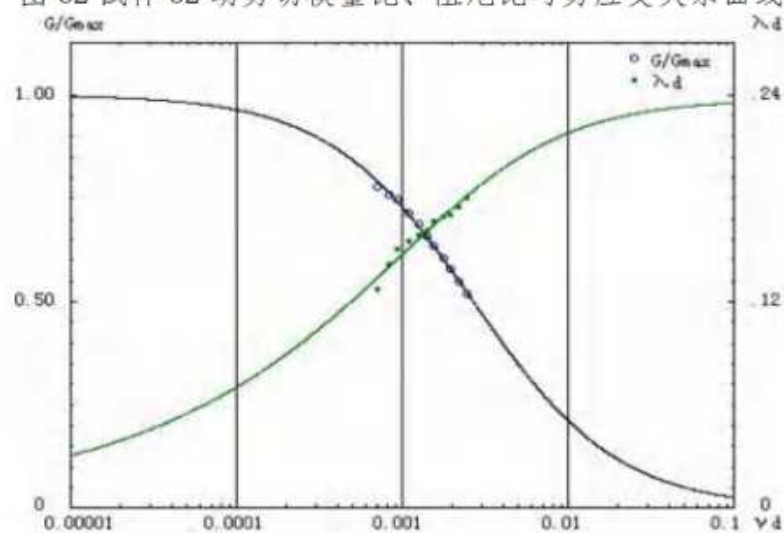


图 63 试样 63 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

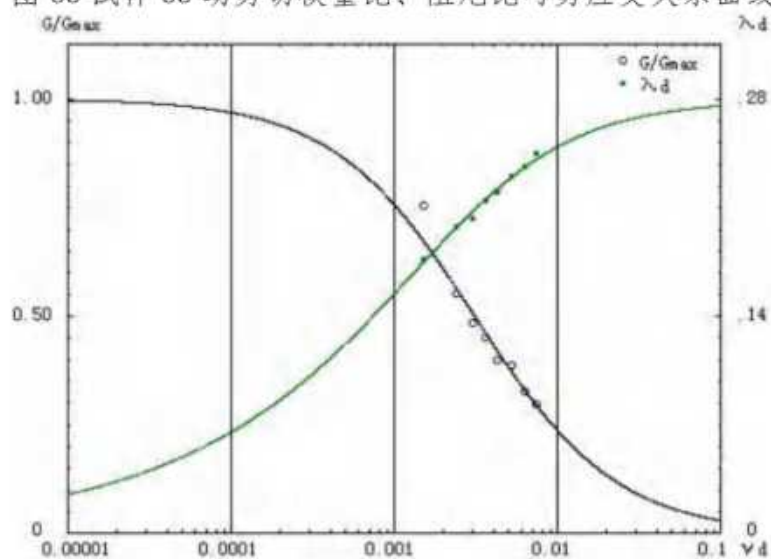


图 64 试样 64 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

表 2 各试样剪应变标准点的动剪切模量比和阻尼比值

土样编号	剪应变 γ_d								
	参数	5×10^{-6}	1×10^{-5}	5×10^{-5}	1×10^{-4}	5×10^{-4}	1×10^{-3}	5×10^{-3}	1×10^{-2}
1	G/Gmax	0.9901	0.9805	0.9095	0.8340	0.5013	0.3345	0.0913	0.0478
	λ_d	0.0034	0.0063	0.0252	0.0435	0.1177	0.1528	0.2025	0.2113
2	G/Gmax	0.9946	0.9892	0.9484	0.9019	0.6479	0.4791	0.1554	0.0842
	λ_d	0.0222	0.0302	0.0607	0.0807	0.1426	0.1697	0.2104	0.2181
3	G/Gmax	0.9972	0.9943	0.9723	0.9461	0.7783	0.6371	0.2599	0.1493
	λ_d	0.0083	0.0118	0.0264	0.0370	0.0759	0.0976	0.1402	0.1505
4	G/Gmax	0.9974	0.9949	0.9750	0.9511	0.7956	0.6606	0.2802	0.1629
	λ_d	0.0012	0.0022	0.0090	0.0163	0.0577	0.0903	0.1753	0.2002
5	G/Gmax	0.9957	0.9914	0.9582	0.9198	0.6965	0.5343	0.1867	0.1029
	λ_d	0.0076	0.0104	0.0210	0.0281	0.0511	0.0619	0.0795	0.0831
6	G/Gmax	0.9973	0.9947	0.9741	0.9494	0.7897	0.6524	0.2729	0.1580
	λ_d	0.0114	0.0163	0.0371	0.0524	0.1098	0.1425	0.2089	0.2254
7	G/Gmax	0.9968	0.9936	0.9690	0.9399	0.7577	0.6099	0.2382	0.1352
	λ_d	0.0153	0.0196	0.0349	0.0443	0.0736	0.0875	0.1116	0.1168
8	G/Gmax	0.9980	0.9961	0.9808	0.9623	0.8362	0.7185	0.3379	0.2033
	λ_d	0.0148	0.0199	0.0398	0.0534	0.1010	0.1278	0.1852	0.2007
9	G/Gmax	0.9981	0.9962	0.9813	0.9633	0.8401	0.7244	0.3445	0.2081
	λ_d	0.0141	0.0191	0.0388	0.0523	0.1003	0.1277	0.1874	0.2038
10	G/Gmax	0.9971	0.9942	0.9717	0.9449	0.7744	0.6319	0.2556	0.1465
	λ_d	0.0198	0.0262	0.0497	0.0651	0.1151	0.1403	0.1865	0.1971
11	G/Gmax	0.9939	0.9879	0.9423	0.8909	0.6203	0.4496	0.1404	0.0755
	λ_d	0.0025	0.0043	0.0152	0.0253	0.0691	0.0932	0.1334	0.1414
12	G/Gmax	0.9959	0.9918	0.9605	0.9239	0.7083	0.5484	0.1954	0.1083
	λ_d	0.0029	0.0050	0.0169	0.0280	0.0789	0.1105	0.1726	0.1868
13	G/Gmax	0.9962	0.9925	0.9636	0.9298	0.7258	0.5697	0.2093	0.1169
	λ_d	0.0053	0.0081	0.0215	0.0323	0.0749	0.0989	0.1441	0.1543
14	G/Gmax	0.9974	0.9948	0.9743	0.9500	0.7916	0.6550	0.2752	0.1596
	λ_d	0.0388	0.0479	0.0778	0.0953	0.1472	0.1716	0.2152	0.2251
15	G/Gmax	0.9973	0.9946	0.9735	0.9483	0.7857	0.6471	0.2683	0.1549
	λ_d	0.0041	0.0062	0.0161	0.0240	0.0562	0.0759	0.1175	0.1281
16	G/Gmax	0.9973	0.9947	0.9741	0.9495	0.7898	0.6526	0.2731	0.1581
	λ_d	0.0086	0.0128	0.0313	0.0455	0.1017	0.1350	0.2048	0.2224
17	G/Gmax	0.9970	0.9939	0.9704	0.9426	0.7665	0.6215	0.2472	0.1410
	λ_d	0.0047	0.0073	0.0202	0.0310	0.0765	0.1045	0.1627	0.1772
18	G/Gmax	0.9978	0.9956	0.9783	0.9575	0.8185	0.6928	0.3108	0.1840
	λ_d	0.0063	0.0096	0.0253	0.0380	0.0916	0.1259	0.2054	0.2276
19	G/Gmax	0.9979	0.9959	0.9798	0.9604	0.8290	0.7079	0.3265	0.1951
	λ_d	0.0188	0.0251	0.0489	0.0648	0.1194	0.1494	0.2118	0.2282
20	G/Gmax	0.9940	0.9880	0.9428	0.8919	0.6226	0.4520	0.1416	0.0762
	λ_d	0.0057	0.0096	0.0312	0.0505	0.1295	0.1715	0.2405	0.2542
21	G/Gmax	0.9965	0.9931	0.9663	0.9348	0.7415	0.5891	0.2229	0.1254
	λ_d	0.0016	0.0029	0.0119	0.0213	0.0721	0.1085	0.1906	0.2116
22	G/Gmax	0.9962	0.9924	0.9632	0.9291	0.7238	0.5672	0.2077	0.1159
	λ_d	0.0092	0.0134	0.0315	0.0450	0.0942	0.1202	0.1669	0.1771
23	G/Gmax	0.9965	0.9930	0.9659	0.9341	0.7392	0.5862	0.2208	0.1241

	λd	0.0038	0.0062	0.0188	0.0298	0.0779	0.1076	0.1674	0.1817
24	G/Gmax	0.9966	0.9932	0.9669	0.9359	0.7448	0.5934	0.2260	0.1274
	λd	0.0238	0.0316	0.0606	0.0795	0.1403	0.1698	0.2213	0.2324
25	G/Gmax	0.9959	0.9919	0.9608	0.9246	0.7103	0.5508	0.1969	0.1092
	λd	0.0252	0.0329	0.0606	0.0780	0.1314	0.1557	0.1949	0.2029
26	G/Gmax	0.9970	0.9939	0.9703	0.9424	0.7658	0.6205	0.2464	0.1405
	λd	0.0170	0.0234	0.0491	0.0669	0.1287	0.1612	0.2221	0.2361
27	G/Gmax	0.9970	0.9940	0.9708	0.9433	0.7688	0.6244	0.2495	0.1425
	λd	0.0306	0.0354	0.0493	0.0566	0.0759	0.0840	0.0971	0.0998
28	G/Gmax	0.9977	0.9955	0.9779	0.9568	0.8159	0.6890	0.3071	0.1814
	λd	0.0045	0.0071	0.0200	0.0311	0.0803	0.1132	0.1913	0.2133
29	G/Gmax	0.9977	0.9954	0.9774	0.9558	0.8123	0.6839	0.3020	0.1779
	λd	0.0166	0.0223	0.0439	0.0584	0.1082	0.1351	0.1892	0.2029
30	G/Gmax	0.9953	0.9907	0.9552	0.9142	0.6807	0.5159	0.1757	0.0963
	λd	0.0013	0.0025	0.0111	0.0204	0.0702	0.1037	0.1711	0.1865
31	G/Gmax	0.9974	0.9948	0.9746	0.9505	0.7933	0.6574	0.2773	0.1610
	λd	0.0123	0.0170	0.0363	0.0498	0.0982	0.1249	0.1780	0.1911
32	G/Gmax	0.9953	0.9907	0.9553	0.9145	0.6814	0.5167	0.1762	0.0966
	λd	0.0016	0.0031	0.0127	0.0229	0.0754	0.1100	0.1782	0.1937
33	G/Gmax	0.9966	0.9932	0.9667	0.9355	0.7437	0.5920	0.2249	0.1267
	λd	0.0023	0.0041	0.0143	0.0242	0.0726	0.1052	0.1753	0.1928
34	G/Gmax	0.9974	0.9949	0.9749	0.9510	0.7951	0.6599	0.2796	0.1625
	λd	0.0047	0.0072	0.0198	0.0302	0.0748	0.1032	0.1661	0.1828
35	G/Gmax	0.9947	0.9894	0.9493	0.9035	0.6518	0.4835	0.1577	0.0856
	λd	0.0203	0.0263	0.0474	0.0603	0.0974	0.1129	0.1356	0.1399
36	G/Gmax	0.9979	0.9958	0.9793	0.9594	0.8254	0.7028	0.3211	0.1912
	λd	0.0098	0.0138	0.0304	0.0424	0.0874	0.1138	0.1714	0.1869
37	G/Gmax	0.9983	0.9966	0.9830	0.9666	0.8529	0.7435	0.3669	0.2247
	λd	0.0132	0.0181	0.0372	0.0505	0.0986	0.1267	0.1904	0.2087
38	G/Gmax	0.9976	0.9953	0.9769	0.9548	0.8085	0.6786	0.2969	0.1743
	λd	0.0070	0.0101	0.0235	0.0335	0.0720	0.0948	0.1436	0.1564
39	G/Gmax	0.9980	0.9960	0.9801	0.9609	0.8310	0.7109	0.3297	0.1974
	λd	0.0092	0.0117	0.0204	0.0259	0.0431	0.0520	0.0697	0.0743
40	G/Gmax	0.9981	0.9962	0.9814	0.9636	0.8410	0.7256	0.3460	0.2092
	λd	0.0067	0.0102	0.0266	0.0399	0.0970	0.1348	0.2275	0.2550
41	G/Gmax	0.9929	0.9859	0.9331	0.8747	0.5826	0.4110	0.1225	0.0652
	λd	0.0154	0.0221	0.0497	0.0689	0.1291	0.1546	0.1903	0.1967
42	G/Gmax	0.9944	0.9888	0.9464	0.8982	0.6383	0.4688	0.1500	0.0811
	λd	0.0253	0.0341	0.0677	0.0896	0.1560	0.1846	0.2267	0.2346
43	G/Gmax	0.9966	0.9933	0.9674	0.9368	0.7477	0.5970	0.2286	0.1290
	λd	0.0106	0.0153	0.0360	0.0515	0.1087	0.1400	0.1988	0.2123
44	G/Gmax	0.9974	0.9947	0.9743	0.9498	0.7910	0.6542	0.2745	0.1591
	λd	0.0010	0.0020	0.0086	0.0159	0.0590	0.0938	0.1857	0.2128
45	G/Gmax	0.9975	0.9951	0.9760	0.9532	0.8028	0.6706	0.2893	0.1691
	λd	0.0252	0.0323	0.0571	0.0726	0.1216	0.1462	0.1927	0.2038
46	G/Gmax	0.9984	0.9967	0.9839	0.9682	0.8591	0.7529	0.3787	0.2336
	λd	0.0036	0.0057	0.0163	0.0255	0.0678	0.0979	0.1794	0.2059

47	G/Gmax λd	0.9980 0.0194	0.9959 0.0254	0.9801 0.0478	0.9609 0.0624	0.8310 0.1115	0.7108 0.1380	0.3296 0.1925	0.1973 0.2067
48	G/Gmax λd	0.9978 0.0124	0.9956 0.0171	0.9786 0.0363	0.9580 0.0499	0.8204 0.0990	0.6954 0.1271	0.3135 0.1865	0.1859 0.2021
49	G/Gmax λd	0.9982 0.0131	0.9964 0.0183	0.9822 0.0399	0.9650 0.0554	0.8465 0.1137	0.7339 0.1487	0.3555 0.2287	0.2162 0.2516
50	G/Gmax λd	0.9980 0.0027	0.9960 0.0045	0.9803 0.0139	0.9614 0.0224	0.8327 0.0632	0.7133 0.0926	0.3323 0.1686	0.1993 0.1917
51	G/Gmax λd	0.9978 0.0069	0.9956 0.0104	0.9783 0.0266	0.9575 0.0395	0.8184 0.0933	0.6926 0.1274	0.3106 0.2054	0.1839 0.2270
52	G/Gmax λd	0.9956 0.0008	0.9913 0.0016	0.9579 0.0077	0.9193 0.0146	0.6949 0.0541	0.5324 0.0822	0.1855 0.1419	0.1022 0.1561
53	G/Gmax λd	0.9969 0.0009	0.9939 0.0017	0.9700 0.0069	0.9418 0.0126	0.7641 0.0441	0.6182 0.0679	0.2446 0.1253	0.1394 0.1408
54	G/Gmax λd	0.9975 0.0246	0.9951 0.0299	0.9759 0.0470	0.9529 0.0568	0.8018 0.0853	0.6692 0.0986	0.2880 0.1225	0.1682 0.1280
55	G/Gmax λd	0.9977 0.0072	0.9954 0.0108	0.9774 0.0272	0.9558 0.0401	0.8122 0.0930	0.6838 0.1258	0.3019 0.1992	0.1778 0.2190
56	G/Gmax λd	0.9970 0.0117	0.9940 0.0169	0.9708 0.0397	0.9433 0.0567	0.7689 0.1206	0.6246 0.1566	0.2497 0.2272	0.1427 0.2441
57	G/Gmax λd	0.9977 0.0328	0.9955 0.0407	0.9778 0.0670	0.9566 0.0827	0.8150 0.1301	0.6878 0.1532	0.3058 0.1967	0.1805 0.2071
58	G/Gmax λd	0.9974 0.0401	0.9949 0.0496	0.9749 0.0811	0.9511 0.0998	0.7953 0.1553	0.6602 0.1816	0.2799 0.2291	0.1627 0.2400
59	G/Gmax λd	0.9981 0.0143	0.9962 0.0191	0.9813 0.0374	0.9633 0.0497	0.8401 0.0923	0.7243 0.1161	0.3445 0.1671	0.2081 0.1809
60	G/Gmax λd	0.9982 0.0039	0.9963 0.0057	0.9819 0.0138	0.9644 0.0200	0.8442 0.0455	0.7304 0.0617	0.3514 0.1005	0.2131 0.1119
61	G/Gmax λd	0.9982 0.0239	0.9964 0.0308	0.9821 0.0553	0.9648 0.0709	0.8457 0.1219	0.7326 0.1492	0.3540 0.2062	0.2150 0.2214
62	G/Gmax λd	0.9986 0.0258	0.9971 0.0324	0.9857 0.0551	0.9718 0.0690	0.8734 0.1137	0.7753 0.1375	0.4083 0.1897	0.2565 0.2046
63	G/Gmax λd	0.9981 0.0241	0.9963 0.0310	0.9816 0.0556	0.9638 0.0712	0.8419 0.1222	0.7269 0.1493	0.3474 0.2054	0.2102 0.2202
64	G/Gmax λd	0.9984 0.0187	0.9968 0.0250	0.9841 0.0487	0.9686 0.0646	0.8606 0.1206	0.7553 0.1526	0.3817 0.2249	0.2359 0.2457

附件 2

新野县产业集聚区工程场地
地震安全性评价项目浅层地震勘探成果报告

北京怡源厚利科技有限公司

2021 年 8 月

新野县产业集聚区工程场地 地震安全性评价项目浅层地震勘探成果报告

承担单位：北京怡源厚利科技有限公司

法人：王丽丽

项目负责：刘善华

技术负责：刘善华

报告编写：安贺海

报告审核：高江

主要人员：邹贵建 王崇义 王佳庆 李龙彪

提交单位：北京怡源厚利科技有限公司

工作时间：2021 年 8 月 19 日-26 日

目 录

1. 前 言.....	1
2. 场区地形地貌及地层构造特征.....	3
3. 地震测线布置与定位.....	4
4. 方法原理与工作难点.....	6
5. 野外数据采集.....	10
6. 地 震 数 据 处 理	22
7. 资料分析与解释方法.....	30
8. 结 论	32

附图:测线地震勘探成果图 (3幅)

附图:现场工作照 (4幅)

1. 前言

地震是一种破坏性最大、危害最严重的突发性自然灾害之一。由于城市的人口和建(构)筑物高度集中,一旦发生较强地震,其人员伤亡和经济损失要远远高于农村。因此,在开展小区地震安全性评价项目工作时候,需查清小区近场范围内是否存在隐伏性活动断层,而浅层地震勘探技术是探测地下断层等地质构造的最有效最直接的有效手段之一,而探测隐伏断裂目前所采用的地震方法主要为地震反射波法。

这是因为采用该方法不但有利于在干扰背景较强的条件下利用多次覆盖技术压制干扰、提高资料的信噪比,而且利用地震反射剖面上丰富的反射地震响应也有助于判定断裂的存在与形态。

新野县产业集聚区工程场地位于河南省南阳市新野县新城大道与纬3路交叉口西侧,地理位置隶属于河南省南阳市新野县,其地理坐标为:北纬 $33^{\circ}2'8''$,东经 $112^{\circ}22'32''$,详细见图1.1所示。

本次勘探目的为:采用浅层地震勘探方法探测工程场地是否存在断裂,如果存在断层,则查清断层分布及其属性,具体任务是:

(1) 采用国勘数字地球(北京)科技有限公司智能节点地震仪,此节点仪是一款高精度智能地震勘探监测系统,可通过Wifi和4G/5G网络进行参数配置和实时监测,无人值守自主采集,内置速度传感器(加速度传感器可选)、无线通讯模块、GPS、电池和大容量存储器。整个系统轻便、耐用,采用紧凑的外观设计,适用于野外苛刻环境。通过野外现场试验,正确选取生产中使用的各项参数,完成浅层地震勘探剖面3条:测线1剖面长度2200m,生产激发点550个,共接收点1100个;测线2-1剖面长度2300m,生产激发点575个,共接收点1150个;测线2-2剖面长度900m,生产激发点225个,共接收点450个。

(2) 查明工程场地浅地表是否存在断裂,以及断层的走向、产状、上断点埋深及其在地表的垂直投影位置及其空间展布特征。

(3) 广泛收集有关地质、物探、钻孔资料,深化认识,为地震资

料的处理和解释提供参考。

为更好地完成该项任务，承担该项目的技术人员进行了野外踏勘，在对每条测线进行详细踏勘的基础上，根据有关行业技术规范，详细设计了浅层地震勘探方案，在此基础上，于2021年8月19日-2021年8月26日对设计的测线进行浅层人工地震勘探，完成了整个测区的数据采集工作。

数据野外采集工作完成后，对获得的地震数据进行处理。在此基础上，对获得的地震时间剖面进行了解释和图件绘制工作，编写了“新野县产业集聚区工程场地地震安全性评价项目浅层地震勘探成果报告”。



图 1.1 项目场地位置示意图

2. 场区地形地貌及地层构造特征

2.1 场区地形、地貌特征

拟建新野县产业集聚区地震安全性评价工程场地原为耕地，场地地势基本平坦，位于南阳盆地的中心，在地质构造上属于秦岭褶皱带的东延部分。中生代晚期由于受燕山运动的影响形成凹陷：新生代时期喜马拉雅运动使凹陷继续沉降，形成了厚达 2700 米的沉积层，在沉积层中储存有丰富的石油资源。出露地层主要为新生代河湖沉积层，并多为现代冲积物所覆盖。县境内地貌形态单一，为冲积河谷平原。第四纪以来，本区无大的构造活动发生，属构造稳定地块。

2.2 场区地层与第四系划分

区内第四系地层分布广泛，南阳盆地缺失下更新统，其它各统均有沉积。东部华北平原拗陷带的南部出露较全，各统都有分布。与下覆新近系及其以前的老地层均为角度不整合接触关系。根据岩性特征，地貌与第四系的沉积等资料，将区内第四系时代及成因类型划分如下。

(1) 下更新统冲积层(Q_1^{al})

该统出露在东部华北平原拗陷带内，地表只有零星分布，以灰绿色、黄绿色含砂粘土及斑块状砂砾石层，含锰质网纹及棕色锈斑。

(2) 中更新统(Q_2)

按其成因可划分为：冰碛及冰水堆积层，冲洪积层，残积和坡积层三种类型。

冰碛及冰水堆积层(Q_2^{gl})：此层为中更新统底部层，出露于区域西部北秦岭褶皱带的山前岗垅地带，由东至西断续分布。东自方城县城以北的胡岗经吴池庄、张半岗、阎岗，断续经秋树底、白砂咀、史岗，直至高丘、谢沟等地，厚度不等，与下伏新近系呈不整合接触。分布高程在 170~260m 之间，一般东部位位置较低。岩性为棕红色粘土杂砾卵石层，砾石成分随地而异。砾石具擦痕、刻沟、压坑，部分呈凹面石、马鞍石、香蕉石及受磨削成架形的砾石。泥砾主要为底碛。该冰碛及

冰水沉积物不整合于新近系之上，为2~6层棕红、棕黄色粉土质粘土层，此粘土层相当黄河中游普遍分布的中更新统离石黄土层，因此认为区域冰碛及冰水沉积物之时代相当于大姑冰期。

冲洪积层(Q_2^{al})：区内主要分布于南阳盆地的镇平、方城以北山前地带，及方城、社旗、唐河以东、唐河西大岗和唐河以北青台岗垌地区，次为南阳卧龙岗一带，华北平原拗陷带的淮河以南的岗丘以及北秦岭山麓边坡一带。下部岩性为棕红、褐红色粘土及粉土质重亚粘土。上部为桔红、橙黄色粉土质重亚粘土及桔红、棕红色砾质粉土质重亚砂土。根据已有的资料，本沉积类型沉积物应以河流形成为主，晚期有湖泊淤积特征。

坡积和残积层($Q_2^{dl,ol}$)：此类型沉积主要分布基岩山地的山坡、山麓地表以及基岩山区低凹地区。其岩性为黄褐色、棕红色亚粘土，山麓地带中多碎石岩块，含钙质结核及黑色豆状铁锰质结核，斜覆于新近系及其以前这地层上。其坡度随古地形而异，可8~10度，倾斜方向基本与现代地形一致。

(3) 上更新统冲积洪积层($Q_3^{al}-Q_3^{pl}$)

该沉积为淮河流域地区出露较广泛的地层。在南阳盆地广大平原区及各大河流两岸的Ⅱ级阶地，与下伏中更新统呈平行不整合接触。岩性为亚粘土，最上部为砾质亚粘土，最下部为砂砾石层。

(4) 全新统冲积层(Q_4^{al})

广泛分布在淮河以北的大片冲积平原上及淮河以南的沟谷中。在南阳盆地广泛分区内湍河、白河、唐河、潦河等河流两侧和支谷中，组成河流Ⅰ级阶地和河床。根据岩性和地貌特征，可将该沉积分为全新统下部冲积层、上部冲积层及全新统湖积和冲积层，现将本统岩性分别叙述如下：

全新统下部冲积层(Q_4^{lal})：从地貌形态来看，本统下部组成的近代河流Ⅰ级阶地，高于现代河床及河漫滩，地貌分界清楚。主要分布在白河、湍河、潦河、唐河、赵河和这些河的支流的两岸，构成这些河

流的 I 级阶地。

岩性单一，变化不大。岩性为灰黄色、淡黄色及褐黄色亚砂土夹砂层，浅褐色亚粘土层和砂质亚粘土，节理孔隙发育。均水平分布，与下伏上更新统黄土状重亚砂土和亚粘土呈平行不整合接触。

全新统上部冲积层(Q_4^{2al})：主要分布于淮河、白河、唐河、濉河、湍河、赵河及其各大河流支流的河床、河漫滩，岩性随地而异，主要为黄色粗砂、细砂、粉砂，局部夹有淤泥层及砂砾石层。

全新统湖积和冲积层(Q_4^{1l-al})：主要分布在华北坳陷(南部)的现代河流的两侧及整个淮河冲积平原。发育沉积厚度不大且均未见底，组成 I 级阶地。

下部为湖沼相沉积层，一般呈灰暗的色调，含有黑褐色锰膜及网纹、腐植泥等，上部为砂层冲积形式。

3. 地震测线布置与定位

3.1 地震测线布置

测线布置是根据探测任务、测区断裂构造走向，以及测区、地形地貌和人文环境等综合因素确定。测线布置的原则是：长短线结合、尽量增加控制测线、控制测区近北东向主体构造，地震测线便于施工，以及后期处理和解释。本次浅震探测工作在场子西侧布置一条由南向北测线1，测线长度为2200米；在场子中侧布置一条由西向东测线2-1，测线长度为2300米；在场子中侧另布置一条由东向西测线2-2，测线长度为900米测线，具体位置见图3.1所示。

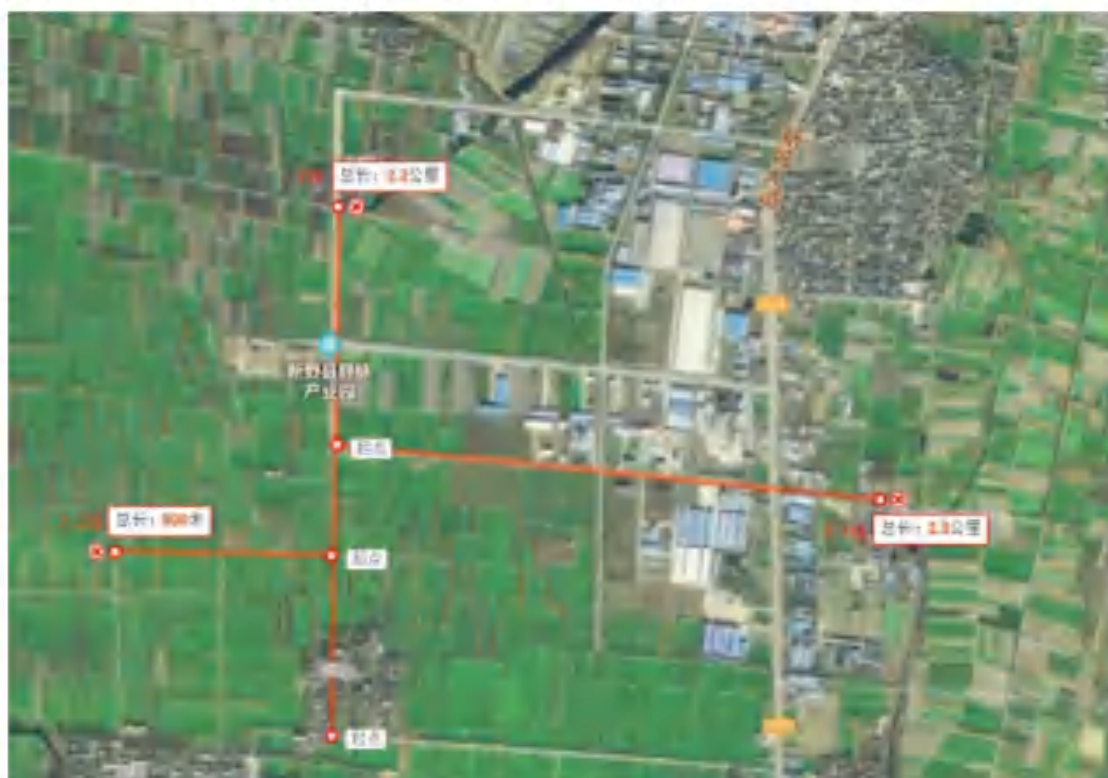


图 3.1 浅层地震勘探线布置示意图

3.2 测线及测点定位

野外测地工作以该项目规划地形图为基础，采用高精度全球定位系统 GPS 仪与测绳结合的方法完成。在实际测量过程中，用 GPS 定出测线端点，测绳量距，定点检查，每 4m 标出距离桩号，炮点桩号采用西小东大的标注方法。

4. 方法原理与工作难点

4.1 浅层地震勘探方法简介

地震反射波法利用地下介质物性差异界面上的地震反射波的运动学和动力学特征，探测地层或岩体的埋深及其速度结构，在油气、矿产资源及深部结构探测中得到了广泛而有效的应用，尤其是在断裂的探测方面起着重要作用。

地震反射波法通常采用共反射点多次覆盖观测系统，其工作原理示意图见图 4.1 所示。

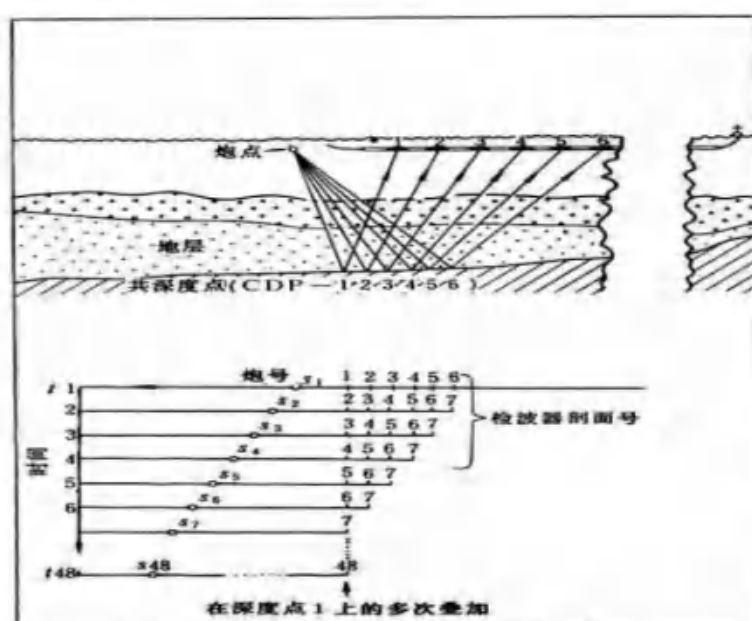


图 4.1 地震反射波法工作原理示意图

如图 4.2 所示，分别在测线上不同位置的 01、02、03，……等处进行激发，在相应的接收点 S1、S2、S3……等处接收来自地下反射界面 R 上同一点 A 的反射波，A 点称为共反射点或共深度点(CDP)，M 称为共中心点(CMP)，S1、S2、S3……叫做共反射点(CDP)叠加道，相应的旅行时为 t_1 、 t_2 、 t_3 ……。共深度点叠加道的集合叫做共深度点道集。根据附图 1 所示的简单几何关系，可求得共深度点叠加道集内反射波的时距曲线方程为：

$$t_k = \frac{1}{V} \sqrt{4H^2 + X_k^2} \quad (4-1)$$

式中, X_k 为炮检距, H 为界面埋深, V 为层速度。当 $X_k=0$ 时, $t_0=2H/v$, 是共中心点 M 处的法线旅行时。

在共反射点叠加中, 各叠加道中的第一个炮间距 (X_i) 称为最小偏移距, 相邻炮点的间距叫做炮点距 (d), 则叠加道间距为 $2d$ 。在水平层状均匀介质条件下, 共反射点时距曲线与共炮点反射波时距曲线是类似的, 区别在于共炮点反射波时距曲线反映的是来自地下反射界面上的一段, 而共反射点时距曲线仅反映来自地下反射界面上的一个点。由共炮点反射波时距曲线方程可以得到共反射点时距曲线方程的正常时差为:

$$\Delta t_k = t_k - t_0 = \sqrt{\left(\frac{X_k}{V}\right)^2 + t_0^2} - t_0 \quad (4-2)$$

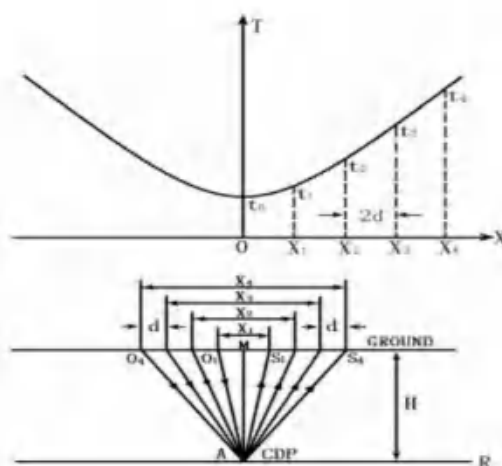


图 4.2 共反射点探测原理图

因此, 在数据处理时, 经过动校正 (即正常时差校正) 之后, 双曲线型的共反射点时距曲线被校正为一条直线, 然后进行多次叠加, 便得到了能量增强后的相当于在 M 点处自激自收的反射信号 (图 4.3), 将测线上多个测点的数据用上述方法处理后就可得到一组反映各点自激自收信息的叠加时间剖面。该方法对于压制干扰波、提高信噪比有明显的效果。地震反射波法可以直观地反映出地层界面的起伏变化,

对于探测地下隐伏断层、空洞及非均匀异常体十分有效。

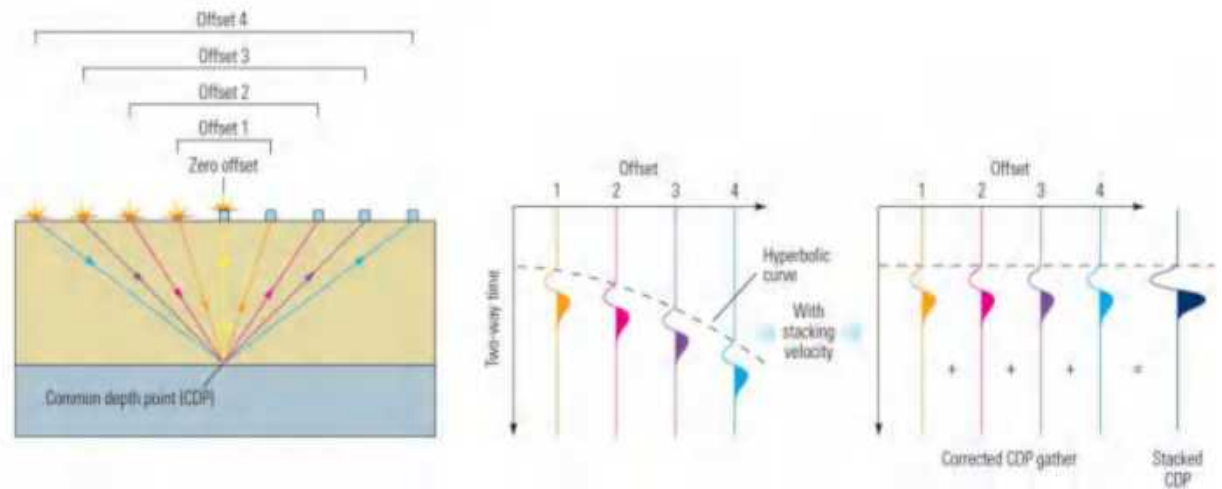


图 4.3 共反射点叠加示意图

4.2 地震勘探工作难点

工程场地测区位于河南省南阳市新野县新城大道与纬 3 路交叉口西侧，且距离马路距离较近，靠近马路时常常有交通车辆经过，噪音震动大，车辆的震动会给地震数据采集带来一定的困难和影响，进而给地震数据的后期处理带来一定的困难。

针对上述各种不利因素，在本次浅层地震勘探工作中，采取尽量躲开外界各种干扰对地震记录的强影响时间段，离马路较近的采用晚上开展采集工作，并提高数据叠加次数，压制噪声干扰，尽可能避开车辆震动带来的不利影响。

5. 野外数据采集

5.1 仪器设备

5.1.1 地震仪

高分辨率浅层地震勘探是指能分辨地壳浅部地层界面和较薄地层的一种浅层地球物理勘探方法，以便有效地确定地下构造的位置、形态。因此，要求地震勘探数据采集所用的仪器设备应具有高保真度、高采样率、宽频带、大动态范围等性能，另外，为了适应地震勘探的工作环境，所采用的地震仪器还应具有抗干扰能力强和能实时对环境干扰进行监控。

高分辨率地震勘探必须建立在高信噪比的基础上，影响地震记录信噪比的因素主要有：地震波激发源噪声、现场环境干扰以及仪器本身的噪声等，众多噪声（如环境干扰、激发噪声）可以通过人为因素和数据处理得到改善，然而，仪器本身的噪声必须通过采用先进的技术装备来克服。采用地震数据在地震仪的采集站数字化，数字信号在传输过程中是不会引进噪声的。

根据本项目断层探测的目标和测区环境特点，本次浅层地震勘探采集上主要采用宽频冲击震源激发、无缆地震节点接收，高密度炮点激发，高密度单点高精度检波器接收的国勘数字地球（北京）科技有限公司智能节点地震仪，野外数据采集选用的仪器参数如下详细说明。

● 仪器参数

仪器：无缆地震采集节点（见图 5-1 所示）

采样间隔：1ms；记录不间断；

记录格式：SEG-Y；

前方增益：10dB。

- 接收因素



图 5.1 无缆地震采集节点

- a) 检波器配置：100Hz 地震检波器
- b) 数字化方案：32 位高精度 $\Delta-\Sigma$ 模数转换器，瞬时动态范围优于 144dB；
- c) 固态存储容量：32G；
- d) 供电：内部 160WH 可充电锂电池组，连续工作时长大于 600 小时；
- e) 卫星授时精度： $\pm 1 \mu s$ ；
- f) 卫星守时精度： $\pm 1ms$ （卫星信号失锁后 6 小时内）；
- g) 工作模式：自主采集+工业级平板电脑现场无线质控；
- h) 数据回收方式：数据回收电缆+无线数据回传；
- i) 工作温度范围： $-40^{\circ}C \sim +70^{\circ}C$ 。

- 采集指标

- a) ADC 分辨率：32 位；
- b) 采样间隔：2ms；
- c) 前置可编程放大：x1、x2、x4、x8、x16（0dB、6dB、12dB、18dB、24dB）；
- d) 增益精度：0.1%；
- e) 模拟信号输入： $\pm 2.5V_{p-p}@x1 \text{ gain}$ 、 $\pm 625mV_{p-p}@x4 \text{ gain}$ 、 $\pm 156mV_{p-p}@x16 \text{ gain}$ ；
- f) 实时动态范围@4ms：144dB @ x1 gain、140dB @ x4 gain、

133dB @ x16 gain;

g) 等效输入噪音: $0.1\mu\text{V}$ @ x1 gain、 $0.04\mu\text{V}$ @ x4 gain、 $0.025\mu\text{V}$ @ x16 gain;

h) 道间串扰: $<110\text{dB}$;

i) 共模抑制比: $>110\text{dB}$ 。

● 激发因素

采用锤击高效宽频激发震源, 通过高密度激发, 提高近道覆盖次数来改善浅层资料信噪比, 提高资料高频信号质量, 获得高分辨率结果。

宽频冲击震源, 如何激发高频地震波是高分辨率反射波勘探的一大关键环节。目前陆地用的激发震源主要有炸药, 液压可控震源, 电磁可控震源, 电火花, 重锤等; 由于目前炸药管制较严格, 也不环保, 已经逐渐被淘汰使用; 电磁可控震源的频率较高, 但由于出力太小, 探测深度通常只有几十米; 电火花的频带较宽, 小功率的探测深度较浅, 要达到一定的探测深度需要大功率激发, 同时需要挖坑, 注水, 效率较低。

针对上述情况, 结合多年的浅层勘探试验, 研制了高加速度的锤击震源(图 5.2), 多种参数可调, 锤重量从 40Kg-200Kg 可调, 弹簧能量分两档 400J-600J。从多地的运用看, 该震源频带宽, 穿透能力强, 破坏性小, 对硬化路面无破坏, 采集效率高等特点, 每天可以采集 1000 炮, 满足高密度激发的需求。



图 5.2 宽频冲击震源

图 5.3 为三种震源对比，电火花使用了 40000 焦耳的激发能量，锤击使用了 100kg 加速锤。从单炮资料谱分析可见，可控震源最高频在 100Hz，电火花和锤击震源达到了 400Hz；在低频段可控震源 8Hz 以下也较弱，而电火花的低频较强，但从初叠加剖面可见面波发育。从叠加剖面可见锤击震源的探测深度，信噪比较电火花要高。

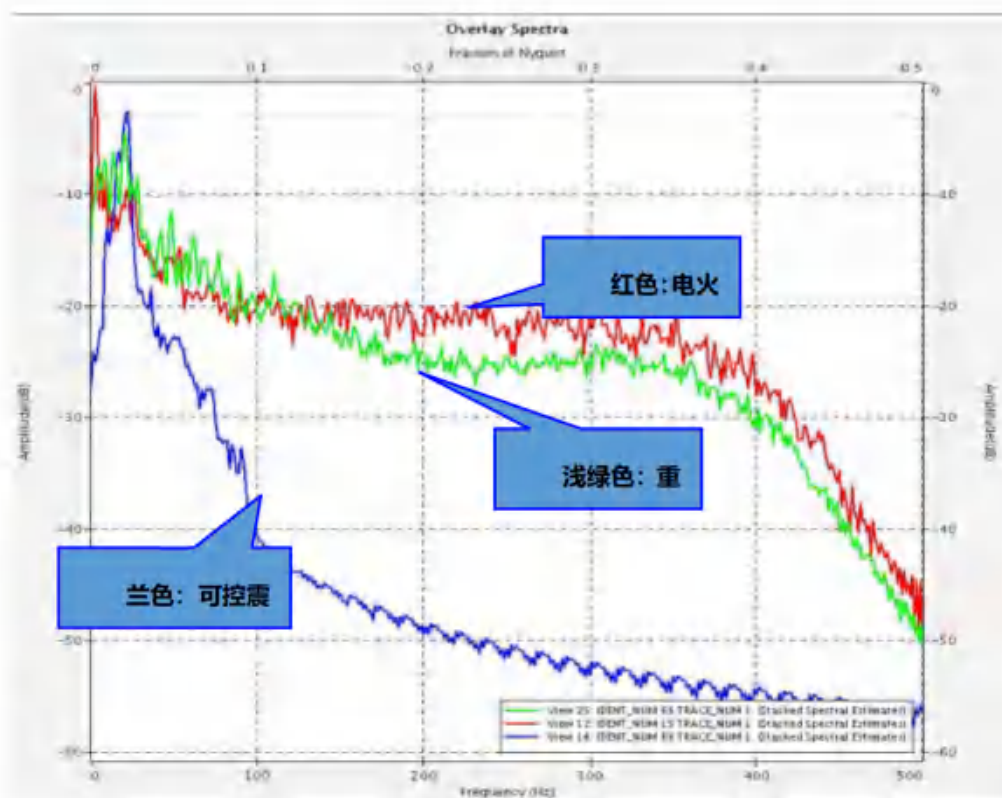


图 5.3 三种震源对比分析图

5.1.2 节点地震仪数据截取

本次智能节点地震仪野外观测数据的整理工作是使用国勘数字地球（北京）科技有限公司官方提供的时间序列数据处理软件软件，该软件可以实现时间序列数据下载、合并、管理、处理、图形显示，并导出后期地震处理、反演软件所需要的格式。本次野外施工采取滚动排列方式进行外业数据采集，通过在该软件的 Array 选项中 Roll Numbers 输入每次滚动的数量，根据现场施工选择 Roll up/down 移动，Rocket 可根据排列表参数自动生成滚动后的排列，然后根据触发时间提取并生成文件。如图 5.2 所示，触发器中通过“短接”检测方式自动记录下每次主动源激发的 UTC 时间戳，可在 Rocket 中选中对应的激发时间戳（毫秒级精度），软件可根据该时间自动切割出该排列在该时间戳后 0-1000ms 内的地震记录数据，并以 Seg2 的格式进行保存。

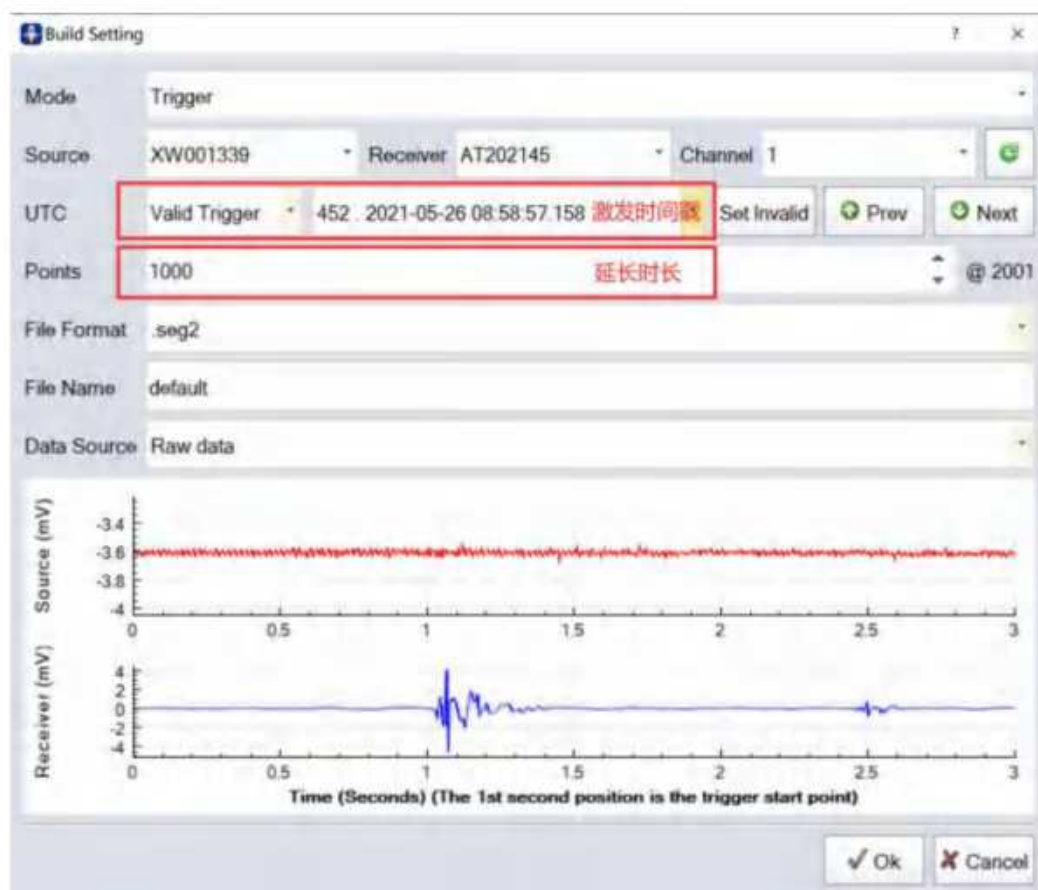


图 5.4 节点地震仪数据截取

5.2 试验工作

为了获得适合于测区浅层地震勘探的工作参数，在全面进行地震条件调查的基础上，选择代表性的地段进行现场试验工作，试验内容主要包括：低速带测定，干扰波调查等。

5.2.1 低速带测定及结果

根据工区地表覆盖层的分布特点，在测区选择有代表性的地段进行了低速带测定，目的是为了在数据处理中消除低速带厚度变化对测量结果的影响，提高剖面资料质量。低速带测定采用小折射相遇时距曲线观测系统。根据测区地表层低、降速带分布特点，为了较好地求准低速层的速度和厚度，选择了 0.5m 偏移距、32 道接收、1 m 道间距，每个小折射有 4 个记录。通过差数时距曲线法在拾取初至波的基础上生成图 5.5 的小折射测线相遇时距曲线图，然后按照差数时距曲线法计算低速带速度及厚度情况，如图 5.6。

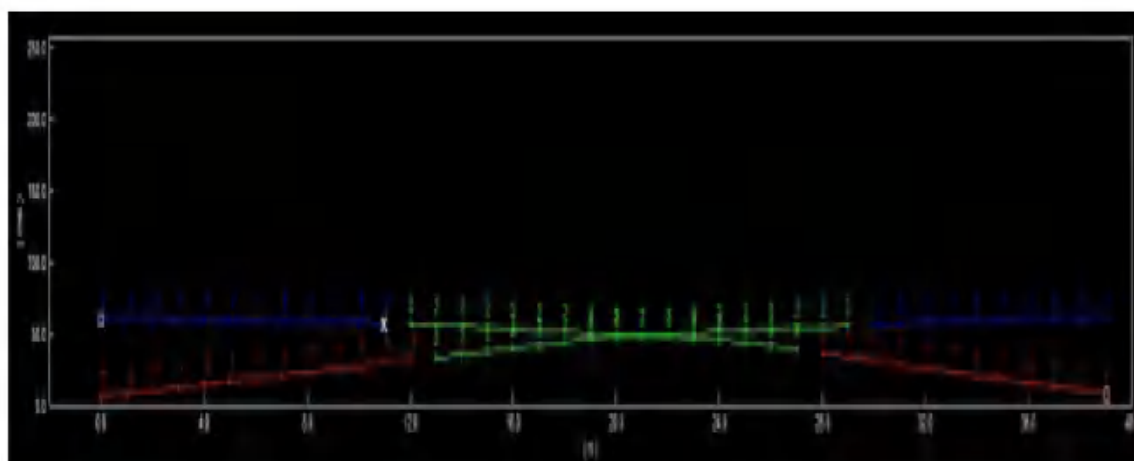


图 5.5 小折射相遇时距曲线图

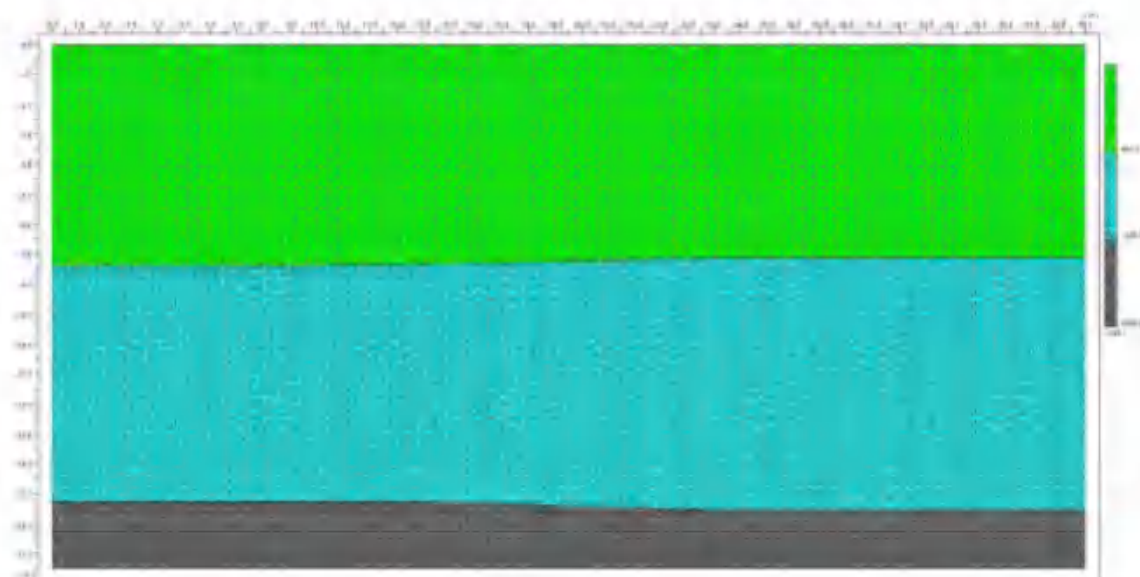


图 5.6 小折射反演结果图

低速带的波速 V_1 一般在 400m/s , V_2 为 1200m/s ; 低速层厚度 $7.0\sim 7.3\text{m}$ 。

5.2.2 最小偏移距

一般而言, 最小偏移距越小越好, 但浅层地震勘探干扰波较为发育, 主要表现为能量强的面波、直达波、浅层折射波。这样震源又不能拉的太近, 最小偏移距不可能太小。设计最小偏移距时主要考虑最小偏移距对浅层目的层的影响, 最小炮检距一般选择最浅反射层深度的 $1\sim 1.2$ 倍, 该工区为浅层地震勘探工区, 由图 5.7 小折射反演得到的最浅反射层厚度在 $7.0\sim 7.3\text{m}$ 左右, 因此选择时考虑尽可能多获得浅层覆盖次数而又尽量避免近道噪音为标准, 并尽可能增加浅部信息。

5.2.3 最大炮检距

设计最大偏移距时, 主要考虑以下几个因素:

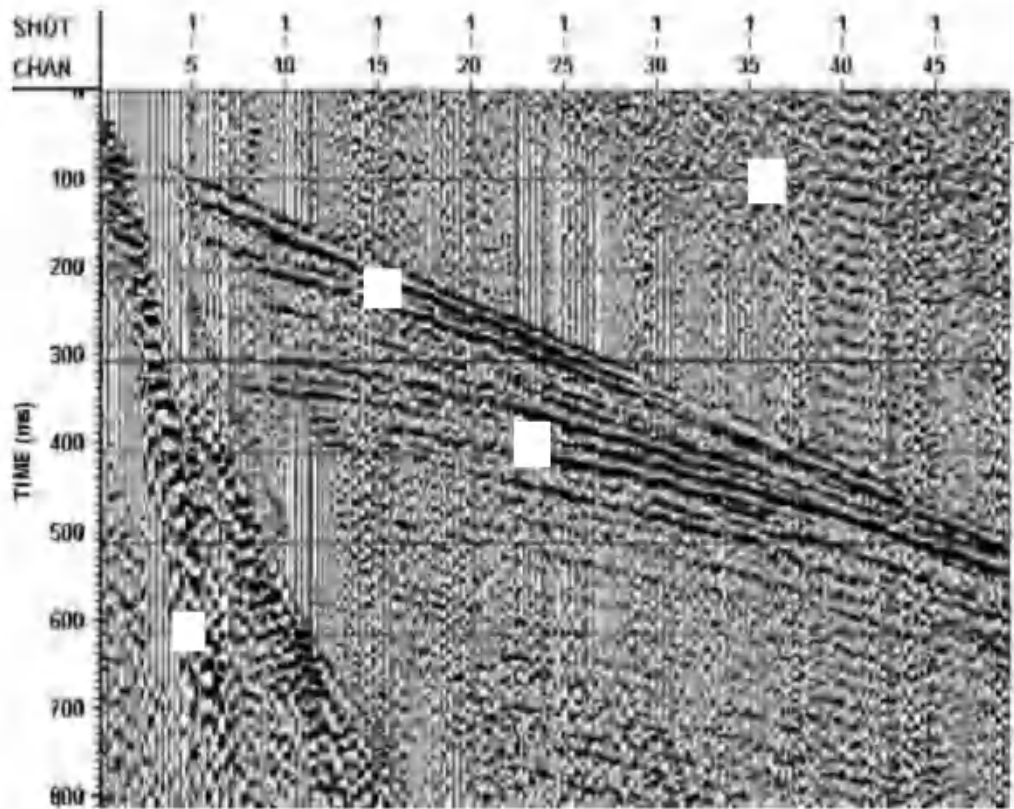
- (1) 最大炮检距应接近于最深目的层的深度。
- (2) 最深目的层不受直达波干扰。

5.2.4 干扰波调查

干扰波调查的目的是通过干扰波调查, 可以查清工区内主要干扰波的类型, 例如面波、浅层折射波、声波、高频干扰波和环境噪声等。

目的是为了采取有效措施压制干扰波，突出有效波，提高信噪比，增强资料品质。

图 5.7 为在 1 线（炮点桩号 0 处）上采用偏移距 0m、道间距 4m 展开接收的扩展排列原始记录图。从图中可以看到干扰波较为发育，主要表现为强的面波、直达波、浅层折射波。在 5 道 100ms 左右已有反射波出现，并与主要干扰波基本分离。为了尽可能增加浅部信息，近偏移距不宜过大，综合 5.2.2 的结论，本次选用 20m 偏移距。



①直达波；②反射波；③干扰波；④面波

图 5.7 扩展排列原始记录图

5.2.5 观测系统选择

合理选择地震勘探的观测系统是获得良好的探测结果的关键，本次反射地震勘探在综合考虑目的层埋深和能对近地表地层进行详细分层的情况下，通过试验工作，对测区的野外工作条件以及干扰波的情况有了清晰的了解，确定了道间距、最小和最大偏移距、覆盖次数以及仪器采集参数。为提高测量精度，使解释工作更准确，野外施工时

采用接收排列在后、激发炮点在前、下倾方向激发、上倾方向接收，采用 25 次覆盖，单边放炮，50 道接收，30 道备用，向前连续追踪的反射波法地震观测系统。

震源采用宽频冲击震源激发。采集参数为：道间距 4m、最小偏移距 20m，炮间距 4m，单点叠加 3 次以上。其采集参数为：0.25ms 采样率、记录长度 1024ms，仪器陷波 50 Hz，低截频率 10Hz，高截频率为 500Hz。

5.2.6 技术措施

为提高野外数据采集质量和完成野外生产任务，确保取得好的地质成果，根据有关规范要求，采取了下列技术保证措施。

(1) 地震勘探的炮点位置移动沿测线不超过道距的二分之一，垂直测线移动不超过一个道距。如果发现炮点位置超过规定要求的，在测量时必须做观测系统改变，以达到要求。

(2) 检波器位置要准确，清除周围杂草，去掉地表疏松层，做到插紧、插直。检波器的输送要轻取、轻放，防止乱撞，以避免检波器的损坏，影响数据的接收。

(3) 经常检查接收机、大线及检波器，发现问题及时处理，保证生产的顺利进行。

(4) 仪器操作员对每炮记录进行现场分析，决定取舍，发现哑炮、坏道及时采取补救措施，并认真填写野外记录。收工后及时对野外观测数据进行初步处理，以便掌握当天的数据质量情况。

5.3 质量评述

5.3.1 原始资料的质量评述

按照《浅层地震勘探技术规范》(DZ/T0170—1997)的要求，作如下质量评述：

(1) 地震仪器检测合理，仪器工作状态正常。

-
- (2) 地震试验工作地段选择合理，目的明确，内容翔实。
 - (3) 观测系统选择合理，仪器因素选择正确。
 - (4) 炮点、检波点位置准确。
 - (5) 地震记录现场显示、分析，现场发现问题，并能及时处理。
 - (6) 室内能及时提取资料，初步处理并能及时指导野外施工。
 - (7) 地震原始记录缺、坏道抽检合理、充分。

5.3.2 道一致性评价

根据有关技术规范要求，首先，是设备的一致性测试，如图 5.8 所示，对检波器进行了一致性试验。得到的测试数据如图 5.9 和图 5.10 所示，图 5.9 为仪器一致性试验采集到的数据，图 5.10 为图 5.9 的部分放大，可以看到，各检波器采集到的信号起跳时间基本一致，每道波形数据的一致性也较好。可以看出，本次野外数据采集的设备一致性良好。



图 5.8 仪器一致性试验

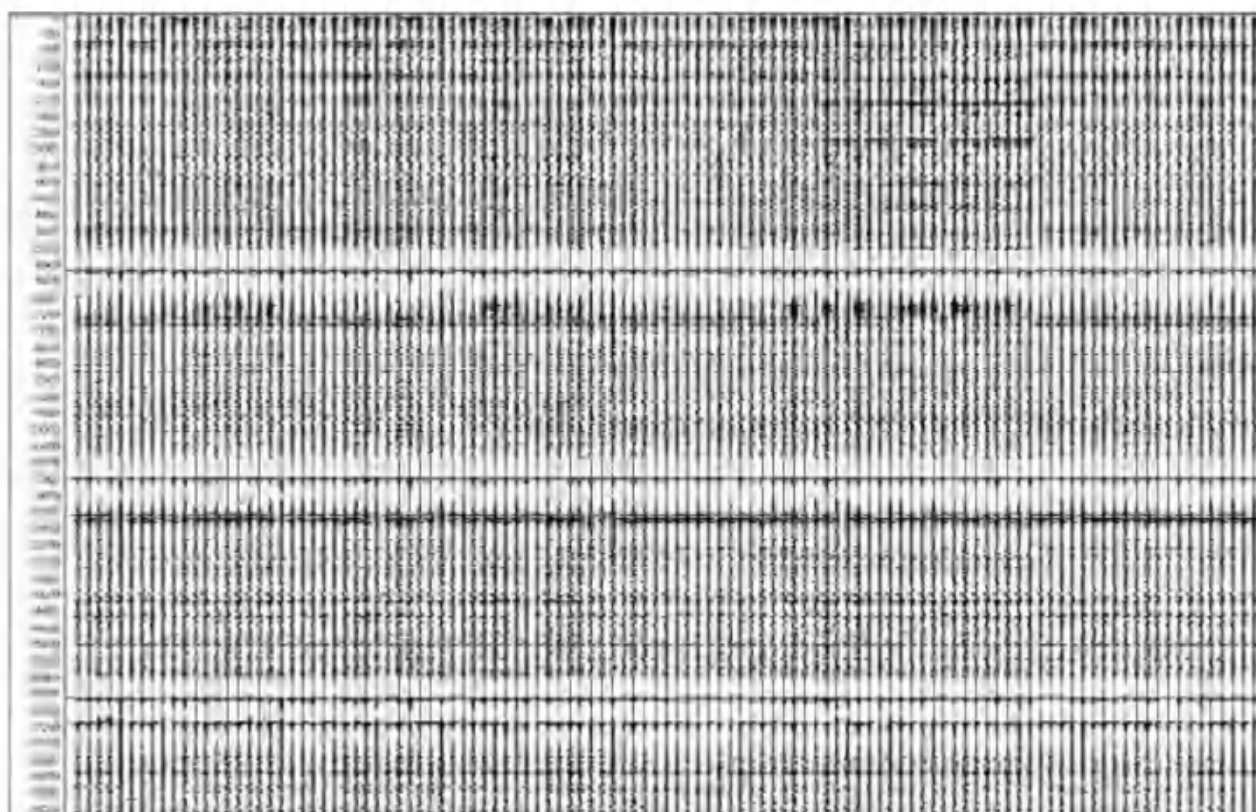


图 5.9 检波器一致性测试数据

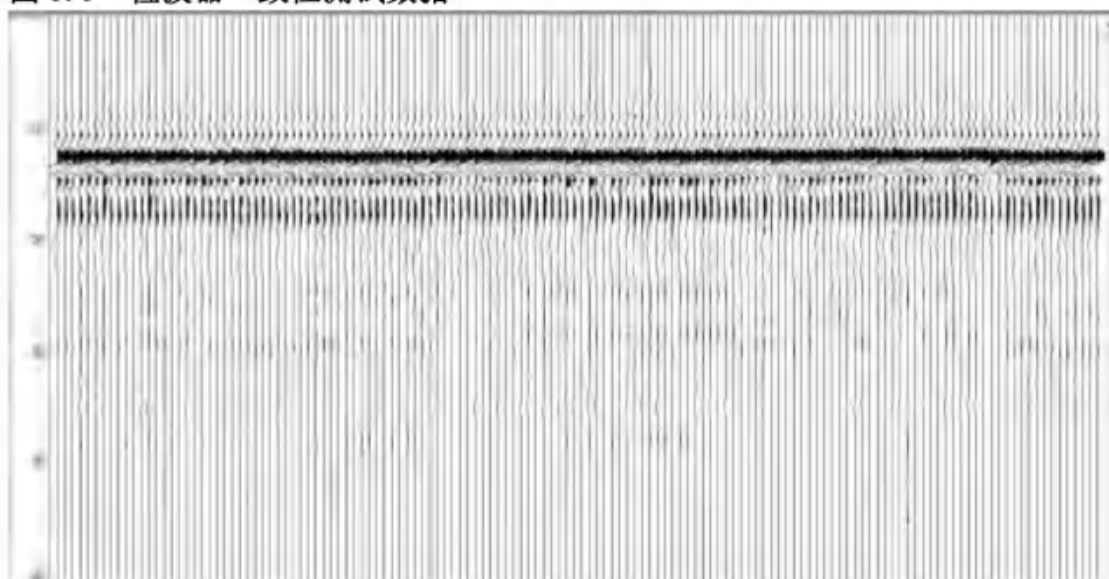


图 5.10 检波器一致性测试数据放大图

6. 地震数据处理

6.1 地震数据处理流程

6.1.1 浅层地震资料的基本特点

地震反射资料数据处理是地震勘探工作的中心环节，勘探结果受到原始记录质量的影响，不同地区、不同测线获得的原始记录特征可能会有很大的不同。因此，如何利用有效的数据处理方法得到能真实反映地下地质结构特征的探测结果是地震数据处理的主要任务。

浅层地震反射资料与石油系统中深层地震反射资料相比，大致具有以下几个特点：

(1) 浅层地震勘探为了获得更浅层的反射信息，保护有效高频成分，又常需要采用较小的道间距和偏移距，因此，记录中的震源干扰波通常较为严重。

(2) 当在各种干扰噪声较强的地区工作时，记录中的随机干扰波和其它干扰波对有效反射波的影响会更大。

(3) 浅层地震的探测对象大多为中生代较新地层，在某些地区地层土质、岩石较为疏松、物质成分变化不大，其波阻抗差异较小，界面弱反射极易被干扰噪声掩盖，因此，获得的记录信噪比较低。

(4) 浅层地震勘探的目标层较浅，要探测的地质异常体尺度小。因此，对探测结果的要求精度相对较高。

根据浅层地震反射资料的上述特点，在数据处理中，必须根据原始资料品质情况，采取有针对性的数据处理方法，压制干扰噪声，恢复地震记录中的有效高频成分，提高资料的信噪比和分辨率。

6.1.2 数据处理方法及参数

根据野外原始资料品质分析结果，并通过大量的处理方法和参数试验，最终选用了如下具有针对性的地震数据处理流程（图 6.1）。

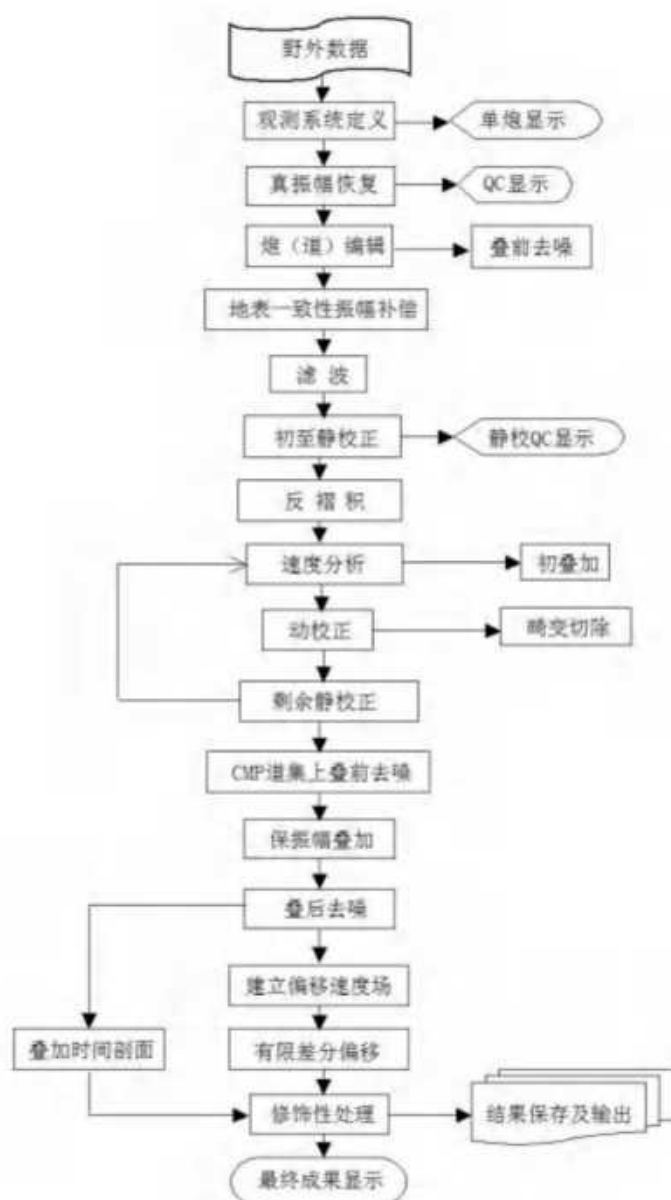


图 6.1 地震数据处理流程图

① 一维滤波

一维滤波也称为频率滤波。一般来说，当有效波与干扰波的频谱不发生重叠时，可采用频率滤波方法滤除记录中的干扰波成分。而当有效波与干扰波的频谱发生重叠时，采用频率滤波只能部分地压制记录中的干扰波。滤波参数选择的基本原则为：

a. 当有效波与干扰波的频谱不发生重叠时，滤波器频率特性的中心频率应该与有效波的中心频率相同，且频带宽度应与有效波的频带

宽度相同。b. 当有效波与干扰波的频谱发生重叠时，滤波器的主频应该与有效波与干扰波的频谱比值最大处的频率相同。

② 二维滤波

对于那些与有效波频率重叠范围较宽，但具有视速度差异的干扰波（如声波、面波或其它的低速线性干扰波），可采用二维滤波方法来压制。

③ 二维倾角滤波

有时有效反射波和干扰波的频带几乎完全重叠。采用二维倾角滤波方法，可有效地压制与有用信号频率相同但具有视速度差异的线性干扰波，有效反射波信号得到明显增强。

（2）静校正处理

因地表起伏不平、近地表速度变化等不规则影响，将使原始地震记录的初至出现不规则的时差变化、反射波同相轴的双曲线形态出现畸变，从而影响叠加效果。对浅层地震反射资料来说，因获得的反射波频率高、周期短，近地表不均匀性对反射波同相轴叠加的影响就会更大。因此，静校正处理在浅层地震反射资料处理中就显得更为重要。

本次在叠加前静校正时，对区内各测线分别进行了低速带和初至折射等各项校正。经静校正后，反射波同相轴连续性得到改善，基本消除了由近地表不规则变化等因素引起的初至波时差。

（3）剩余静校正处理

数据经过静校正处理后，不一定能完全消除表层因素的影响，另外，当动校正速度不准时，也会产生剩余静校正量。因此，在动校正处理后对数据进行剩余静校正是必要的。为了提高叠加剖面质量，本次采用 5 次高斯-塞德尔迭代处理方法来求取剩余静校正量。

（4）提高分辨率处理

高分辨率必须以高信噪比资料为前提，通过前面的各项去噪处理后，地震资料的信噪比得到了明显改善，这为提高地震资料的分辨率处理提供了条件。经试验，本次采用预测子波反褶积和时变谱白化处理后，明显地提高了地震资料的分辨率。

（5）速度分析

速度参数在地震数据处理和解释中是非常重要的参数，动校正准确与否关键在于动校正的速度。为了得到高质量的水平叠加剖面，如处理流程图 6.1 所示，在处理中反复进行了多次速度分析。

准确求取界面反射波的叠加速度是使其达到同相叠加提高信噪比的关键。为了获得精度较高的 NMO 速度参数，本次数据处理的速度分析工作分两步进行，第一步采取每 20 个 CMP 道集做一个速度谱，之后再根据初选的 NMO 速度对 CMP 道集进行动校正和剩余静校正处理，并将其结果应用于原始 CMP 道集。速度分析的第二步是在剩余静校正后的 CMP 道集上进行的，处理中除采用速度谱计算分析外，还采用了常速度扫描的速度分析方法，其速度扫描范围和速度扫描间隔分别为 $1000\sim 3000\text{m/s}$ 和 50m/s 。另外，对于纵向和横向的速度变化，处理中采用了线性内插法。

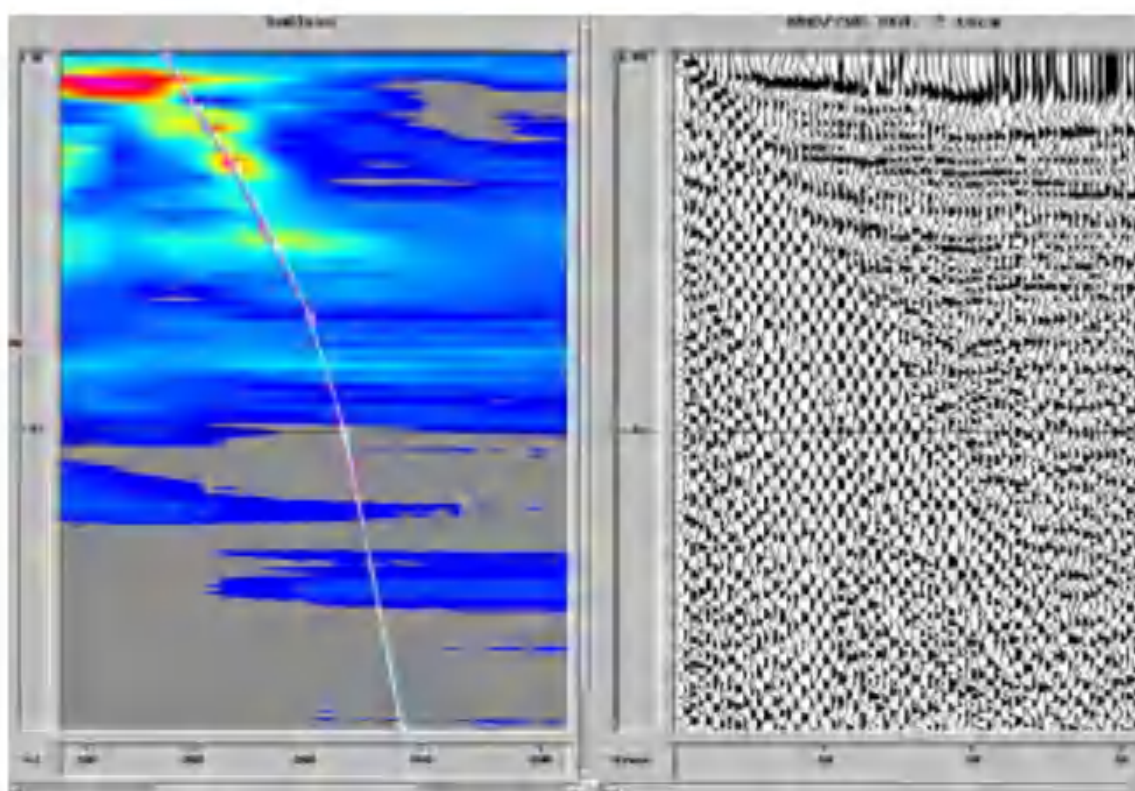


图 6.2 速度谱及速度拾取示意图

（6）动校正

动校正处理是针对共反射点道集的，它把炮点距不同的各道上来自同一界面、同一点的反射波到达时间，经正常时差校正后，使之成为在共深度点上的自激自收时间。相应地，共反射点时距曲线由校正前的双曲线变为水平直线，这时才能保证在叠加时为同相位叠加。

（7）叠加处理

经过上述一系列方法处理后，将自激自收的 CDP 道集记录进行叠加处理，形成能直观反映工区地下地质构造形态、可供解释的水平叠加时间剖面。

（8）解释性处理

解释性处理主要包括地震资料的偏移处理、时间剖面的时-深转换处理等基本内容。

当地下界面倾斜或地下界面起伏较大时，都需要进行偏移归位处理；反射时间剖面上的反射波组反映的是地下地层介质物性差异，为了得到能用于地质分析和解释的结果，还需要把时间剖面转换成深度剖面；为了增加资料解释的可靠性，需要尽可能地利用地震资料各种信息进行综合分析。为此，瞬时相位、瞬时振幅和瞬时频率的转换计算也是十分必要的。

① 偏移处理

在地震波传播过程中，地层凹陷会产生回转波，背斜会产生发散波，断层棱角点会产生绕射波，这些波严重地影响了地震记录的横向分辨率，为了将各个地震元素归位到产生波形的反射层或绕射点相应位置，必需对叠加时间剖面进行偏移归位处理，将水平叠加时间剖面上的同相轴从最初不正确的共中心点位置校正到正确位置，分解干扰波，收敛绕射波，改善时间剖面的横向分辨率。本次使用有限差分偏移、F-K 偏移和克希霍夫偏移进行了对比试验，结果表明有限差分偏移效果较好。

有限差分偏移方法是求解波动方程的一种近似数值解法，其原理

是差分近似微分。具体计算时，首先确定空间和时间差分间隔，空间差分间隔选为道距的一半(2.5m)，时间差分间隔选为采样间隔(0.2ms)。偏移速度：300ms 时为 97%的 NMO 速度，500ms 时为 102%的 NMO 速度，800ms 时为 105%的 NMO 速度。

② 时间—深度转换

地震波速度是地震勘探中一个十分重要的参数，只有知道了地震波速度值，才能够确定产生反射波的地层埋深度、倾角好地层的空间位置等参数。进行时深转换最重要的是求取时深转换速度，地震波测井是求取时深转换速度的最佳方法。另外由于速度与正常时差存在一定的关系，因此，也可用地面反射地震资料求取速度。尽管该方法求得的速度精度不如地震波测井，但在没有地震测井资料的工区，采用该方法求取地震波速度仍不失为一种有效手段。

通过反射波资料处理时获得的叠加速度（也称 NMO 速度）资料和时间剖面上不同界面反射波的双程垂直到时 t_0 ，由迪克斯(DIX)公式求不同地层反射界面以上的平均速度（ $\bar{V}$ ）和深度（ H ），由叠加速度（ V_a ）资料求取层速度（ V_i ）和平均速度（ $\bar{V}$ ）的计算公式分别为：

$$V_i = \sqrt{\frac{V_{a,n}^2 t_n - V_{a,n-1}^2 t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}}}, \quad \bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{i+1} - t_i) V_i}{\sum_{i=1}^n (t_{i+1} - t_i)} \quad (6-1)$$

将地震反射时间剖面转换成深度剖面的时—深转换公式为：

$$H = \frac{1}{2} \bar{V} t_0 \quad (6-2)$$

式中 H 为深度， $\bar{V}$ 为平均速度， t_0 为反射波双程垂直到时，通过以上速度转换公式，可以得到地下各层的平均速度参数。

6.2 数据处理质量控制

在地震数据处理过程中，为了保证最终获得精确、可靠的处理成果，对数据处理质量分以下几个阶段进行控制。

6.2.1 预处理阶段质量控制

(1) 观测系统定义：绘制的炮点、检波点位置图，显示线性动校

正后的初至，用这两种手段来检查野外提供或室内定义的观测系统是否正确。

(2) 绘制面元的彩色覆盖次数图、最小炮检距图、最大炮检距图，用于分析覆盖次数、炮检距的分布情况，并对观测系统的定义做进一步的检查。

6.2.2 初步叠加阶段质量控制

在该阶段，绘制了所有的叠加剖面，纵观全区叠加剖面的资料品质，找出资料品质的变化情况，并与本区的地形图、静校正数据平面图和现场处理剖面进行综合分析，判断前面处理是否存在问题，这也是对初叠以前各处理步骤的再次质量控制。

6.2.3 速度分析阶段质量控制

主要用动校正叠加效果来检验叠加速度的精度，采用速度谱拾取、常速扫描、变速扫描相结合的手段，并充分利用系统中先进的速度分析软件包，在速度分析的同时既可监视动校正前后的 CMP 道集，叠加剖面的扫描段和及时叠加段成像效果，在拾取速度的同时还可参照前后、左右的速度谱，最后从纵横两个方向的速度等值线图和速度切片图上来检查速度在空间上变化的合理性。

6.2.4 二维剩余静校正阶段质量控制

用动校正叠加检验其效果，以资料变好为原则，通过分析反射波同相轴特性以及显示剩余静校正量平面图来判断剩余静校正问题是否已解决。同时还要绘制全区的彩色剩余静校正平面图来检查剩余静校正量的分布情况。

6.3 处理效果分析

(1) 本次处理，通过对原始资料情况及野外采集因素进行了认真细致的调查和分析，有针对性地进行大量的试验，在此基础上精心设计了合理的处理流程，确定了正确的处理参数。

(2) 精确的速度分析和二维自动剩余静校正的多次迭代，很好的

解决了剩余静校正问题。

（3）振幅补偿很好的解决了野外数据采集过程中由于采集仪器、激发和接收条件及其它因素的变化而造成的能量差异，补偿后振幅相对关系保持较好，说明处理资料的保真度较高。

（4）主要目的层的层间信息较丰富、分辨率较高，深层资料的反射特征也很突出，反射波横向连续性较好。

（5）从整个处理效果看，波组特征清楚，断点、断面合理可靠。

7. 资料分析与解释方法

依据地震勘探剖面的反射波组特征，结合地质资料的对比分析，可以确定地震波组及其与地质层位的关系，对反射波组的分叉、合并、中断、尖灭等现象和上下地层反射波组的相互依赖关系的细致分析，能够判断这些变化与地层变化的关系，从而获得地层的纵、横向变化及构造情况，进而确定可能存在断错反射层的断裂的位置、产状和活动性。反射时间剖面解释包括以下主要内容：①确定主要地质层位与反射层的关系；②判定断层或破碎带等地质构造等。

原始地震记录经数据处理后，得到了反映地下介质结构特征的地震反射时间剖面。剖面的横坐标为地下共反射点序号（CDP 号），反射点（CDP）时距离为道间距的 $1/2$ ，本次工作采用的道间距为 4m，剖面上共反射点之间的距离为 2m。剖面的纵坐标为反射波的双程垂直旅行时间，单位为 ms（毫秒）。

对时间剖面上的不同反射波组，自上而下用 T1 在剖面上标出，通过反射波组的震相分析，结合地质资料，确定各个反射层组对应的地质时代，并用符号在剖面上标注，最终获得了地震反射时间与地质解释剖面图。

7.1 震相识别标准

（1）同相性：同一反射界面的反射波到达相邻接受点的传播路径是相近的，在相邻接受点得到的同一相位的到达时间也十分相近。通常，每个有效反射波都有几个相位，其所有相位的同相轴彼此平行，每个同向轴应有一定的长度，并且是平滑的。

（2）波形特征：相同激发条件下，由于传播路径和介质性质差别不大，同一反射界面的波形特征相对稳定，包括视周期、相位数目、包络形状、各极值间的振幅比等均具有相似性。

（3）标准层的确定和追踪：在资料解释时，主要依据剖面反射波组特征、附近地质或钻孔资料、地层层序和接触关系、以往物探成果

等综合确定标准层，然后把所选择的反射标准层对比、追踪到各个剖面上。在多数剖面上，这些反射波一般具有能量均衡、连续性好等震相特点，在测线上基本可以连续追踪。综合分析各测线的时间剖面图和测区地质资料以及初勘成果，在分析解释中把第四系下更新统(Q_{4+3+2})底反射界面 T1 作为本测区的反射标准层。

7.2 断层识别标志

断层的判别与解释是本次浅层地震勘探资料解释的重点。在对测区内的剖面进行反射波组对比、追踪和解释后，根据地震反射时间剖面上的反射波组特征，对断层存在重要标志是反射波同相轴的横行变化，主要的判别依据是：

①反射波同相轴的明显中断与错位；

②反射波同相轴的数目突然增减或消失，波组间隔突然变化，断层的下降盘地层变厚，而上升盘地层明显变薄，甚至缺失；

③反射波同相轴产状和反射波能量的突然变化；

④反射波同相轴发生分叉、合并、扭曲以及相位转换；

⑤绕射波、断层波等特殊波的出现，断层波对确定断层的存在具有重要意义，断层波的主要特征是一组产状很陡的波组出现在时间剖面上，而其周围的反射界面则比较平缓，产状往往相反，断面波两侧的界面不能连续对比。

8. 结论

在野外踏勘、地震勘探设计方案的基础上开展了沧州新野县产业集聚区工程场地地震安全性评价项目浅层地震勘探工作，工作中使用国勘数字地球（北京）科技有限公司智能节点 80 道地震仪，根据不同测线的探测目的，采用道间距 5m 和 25 次覆盖的浅层地震反射技术，共完成 3 条地震剖面测线，测线剖面长度 5.4km，生产激发点 1350 个，共接收点 2700 个。

为了获得适合本测区不同测线条件的工作方法和参数，工作中进行了大量的现场试验，通过试验取得了适合本测区的探测方法和工作参数，在资料处理过程中，根据测区各干扰波特征，个别测线原始记录信噪比较低等不利因素，通过采用叠前叠后去噪、静校正、动校正、偏移等一系列有针对性的数据处理方法，获得了高信噪比的反射波叠加剖面图。资料解释中，在参考已有地质资料、初勘成果的基础上，对地震反射剖面进行分析和解释，得到了每条测线的深度解释剖面图，从而得到地质解释结果，综合以上对各地震勘探测线剖面的分析解释结果，本次浅层地震勘探的主要探测结果概述如下：

场地西侧布置一条由南向北测线 1，测线长度为 2200 米；在场地中侧布置一条由西向东测线 2-1，测线长度为 2300 米；在场地中侧另布置一条由东向西测线 2-2，测线长度为 900 米测线。图 8 为数据处理后的地震反射时间剖面及地质解释图，在图 8 地震反射时间剖面中，剖面中来自地下介质波阻抗差异界面的地震反射信息出现在 200ms 的时间范围内，根据各波组特征及波组间的相互关系，根据反射波震相特征对比，解释了第四系内部 3 组界面反射，分别用 T_{q1} 、 T_{q2} 、 T_{q3} 标识。

（1）1 测线

T_{q3} 呈近水平状展布，双程走时在 86~90ms 毫秒左右，反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。时深转换后 T_{q3} 反射界面埋深为 70~72m。根据地层资料、时-深转换剖面对比， T_{q3} 对应全新统 Q_4 至上更新统 Q_3 地层之间。

T_{Q2-1} 呈近水平状展布, 双程走时在 138~142ms 毫秒左右, 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪。时深转换后 T_{Q2} 反射界面埋深为 121~123m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, T_{Q2-1} 对应上更新统 Q_3 至中更新统 $Q_2^{s'}$ 地层之间。

T_{Q2-2} 呈近水平状展布, 双程走时在 215~218ms 毫秒左右。在剖面 CDP100-140 处, 呈近台阶状变浅, 反射能量略显较弱外, 其它段 T_{Q1} 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪, 在剖面 CDP140 以南, 深度缓慢变浅。双程反射时间为 215~218ms, 时深转换后 T_{Q1} 反射界面埋深为 200~203m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, T_{Q2-1} 对应上更新统 Q_3 至中更新统 $Q_2^{s'}$ 地层之间。

从剖面中反射波同相轴的横向连续性来看, $TQ3$ 、 $TQ2-1$ 、 $TQ2-2$ 在整个剖面中可连续追踪, 工程场地内没有第四系全新统(Q_4)、上更新统(Q_3)、中更新统(Q_2)断裂存在。(备注: 工程场地位于南阳盆地西缘, 缺失第四系下更新统 Q_1 。)

(2) 2-1 测线

T_{Q3} 呈近水平状展布, 双程走时在 90~92ms 毫秒左右, 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪。时深转换后 T_{Q3} 反射界面埋深为 71~73m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, T_{Q3} 对应全新统 Q_4 至上更新统 Q_3 地层之间。

T_{Q2-1} 呈近水平状展布, 双程走时在 144~158ms 毫秒左右, 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪。时深转换后 T_{Q2} 反射界面埋深为 123~140m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, T_{Q2} 对应上新统 Q_3 至中更新统 Q_2 地层之间。

T_{Q2-2} 呈近水平状展布, 双程走时在 220~246ms 毫秒左右。在剖面 CDP95-120、CDP215-330 处, 反射能量略显较弱外, 呈近台阶状变浅外, 其它段反射波能量基本均衡, 同相轴基本能被连续追踪。时深转换后 T_{Q1} 反射界面埋深为 202~208m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, T_{Q1} 对应中更新统 Q_2 至下更新统 Q_1 地层之间。

从剖面中反射波同相轴的横向连续性来看, $TQ3$ 、 $TQ2-1$ 、 $TQ2-2$

在整个剖面中可连续追踪，工程场地内没有第四系全新统(Q4)、上更新统(Q3)、中更新统(Q2)断裂存在。（备注：工程场地位于南阳盆地西缘，缺失第四系下更新统Q1。）

（3）2-2 测线

T_{Q3} 呈近水平状展布，双程走时在 135~145ms 毫秒左右，在剖面右侧桩号 1600 米（CDP800）以东段，反射能量略显较弱外，其它段 T_{Q3} 反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。双程反射时间为 135~145ms，时深转换后 T_{Q1} 反射界面埋深为 91~105m。根据地层资料、时-深转换剖面对比， T_{Q3} 对应全新统 Q_4 至上更新统 Q_3 地层之间。

T_{Q2-1} 呈近水平状展布，双程走时在 172~186ms 毫秒左右，在剖面右侧桩号 450 米（CDP180）以东段，缓慢变深， T_{Q2} 反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。双程反射时间为 172~186ms，时深转换后 T_{Q2} 反射界面埋深为 130~136m。根据地层资料、时-深转换剖面对比， T_{Q2} 对应上更新统 Q_3 至中更新统 Q_2 地层之间。

T_{Q2-2} 呈西低东高状展布，双程走时在 275~290ms 毫秒左右，在剖面由西至左侧 CDP0-CDP40 处，反射波形显得较为零乱，震相对比较困难，则呈波状起伏，反映了响应地层成层性的横向差异变化，其它段 T_{Q1} 反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。双程反射时间为 275~290ms，时深转换后 T_{Q1} 反射界面埋深为 222~226m。根据地层资料、时-深转换剖面对比， T_{Q1} 对应中更新统 Q_2 至下更新统 Q_1 地层之间。

从剖面中反射波同相轴的横向连续性来看， T_{Q3} 、 T_{Q2-1} 、 T_{Q2-2} 在整个剖面中可连续追踪，工程场地内没有第四系全新统(Q4)、上更新统(Q3)、中更新统(Q2)断裂存在。（备注：工程场地位于南阳盆地西缘，缺失第四系下更新统Q1。）

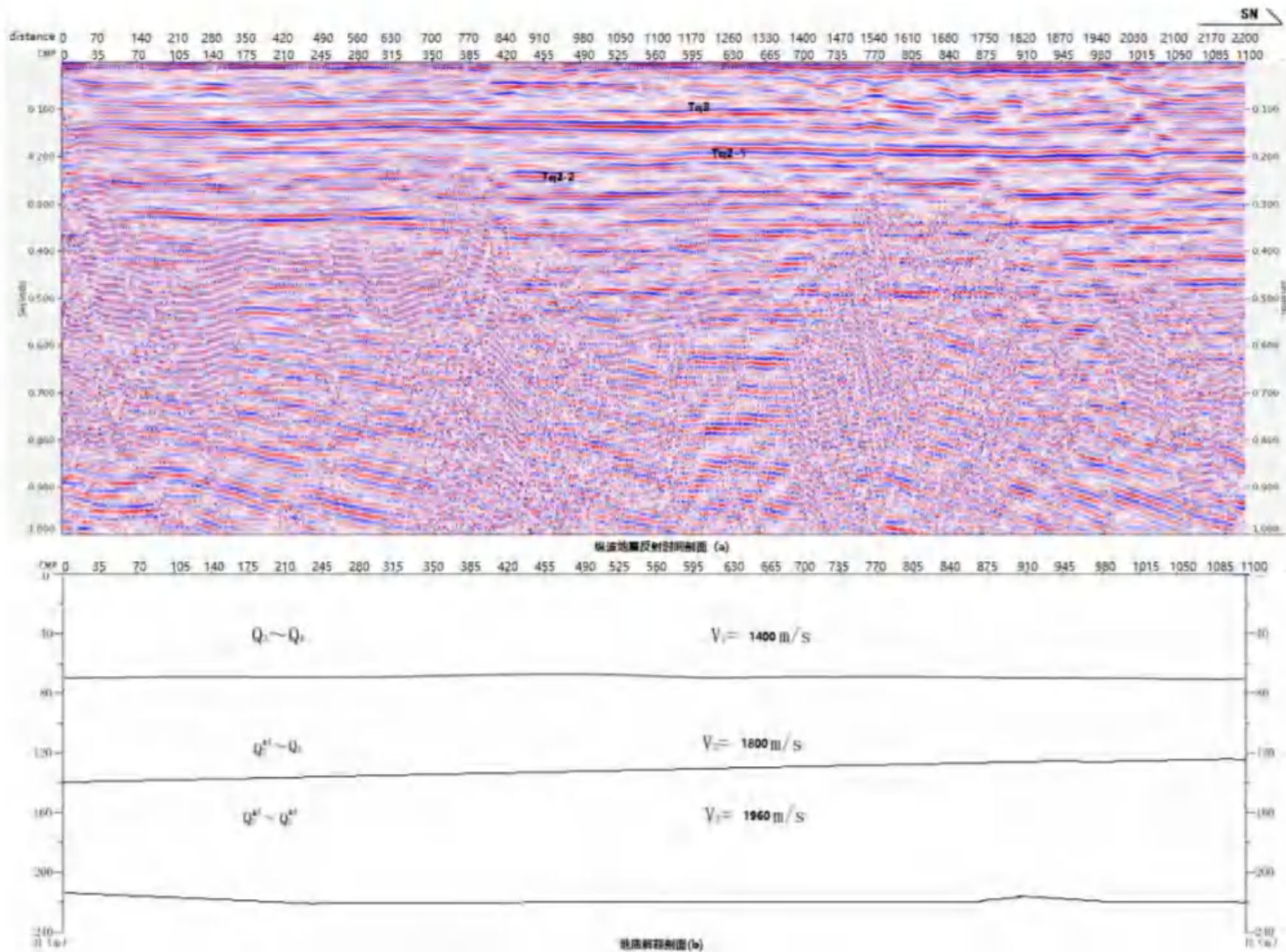


图 8.1 地震勘探 1 测线纵波地震反射时间与地质解释剖面图

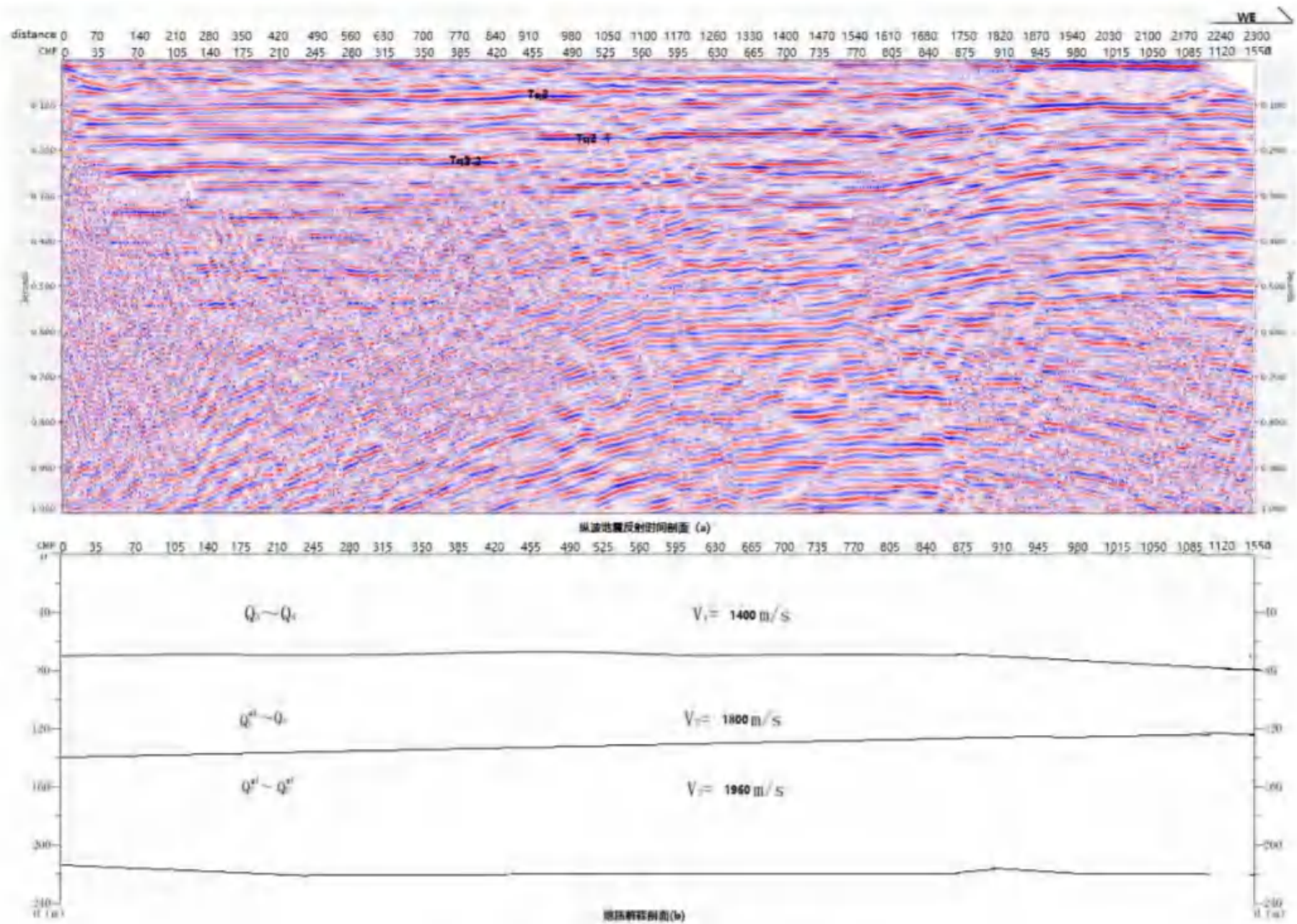


图 8.2 地震勘探 2-1 测线纵波地震反射时间与地质解释剖面图

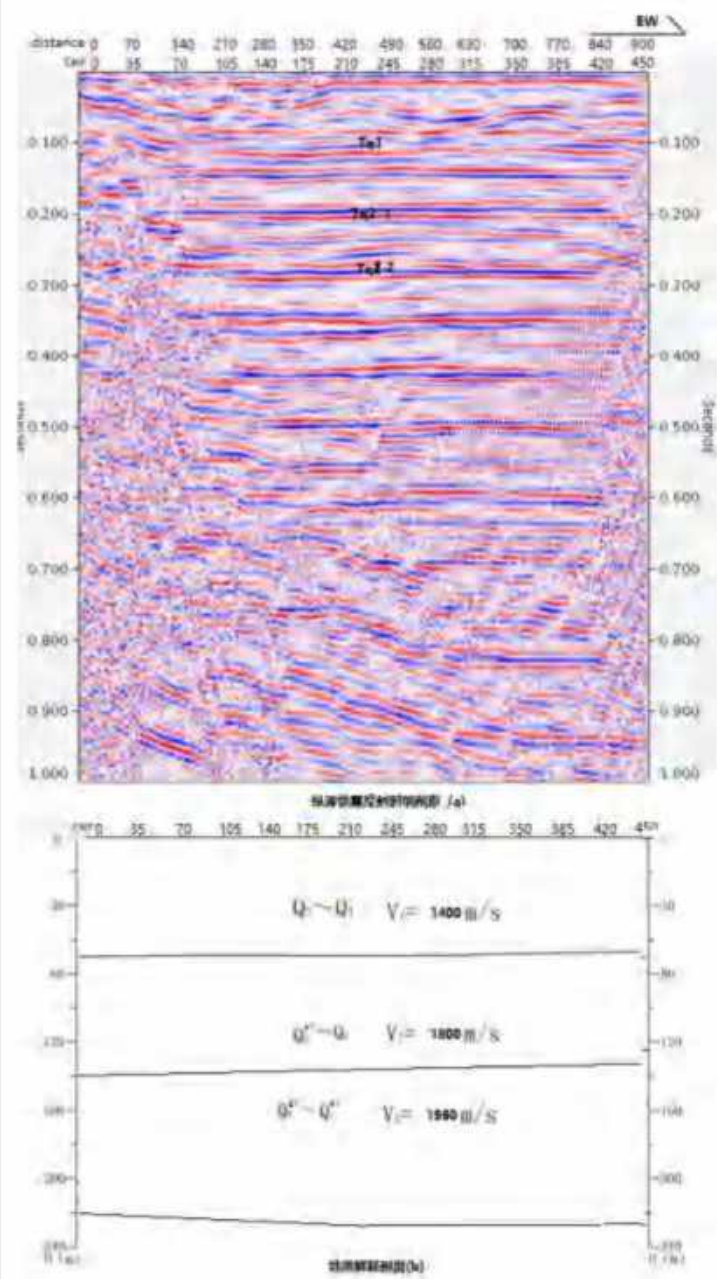


图 8.3 地震勘探 2-2 测线纵波地震反射时间与地质解释剖面图

野外工作照片集









新野县产业集聚区工程场地
地震安全性评价项目浅层地震勘探成果报告

北京怡源厚利科技有限公司

2021 年 8 月

新野县产业集聚区工程场地 地震安全性评价项目浅层地震勘探成果报告

承担单位：北京怡源厚利科技有限公司

法 人：王丽丽

项目负责：刘善华

技术负责：刘善华

报告编写：安贺海

报告审核：高江

主要人员： 邹贵建 王崇义 王佳庆 李龙彪

提交单位：北京怡源厚利科技有限公司

工作时间：2021 年 8 月 19 日-26 日

目 录

1. 前 言.....	1
2. 场区地形地貌及地层构造特征.....	3
3. 地震测线布置与定位.....	4
4. 方法原理与工作难点.....	6
5. 野外数据采集.....	10
6. 地 震 数 据 处 理	22
7. 资料分析与解释方法.....	30
8. 结 论	32
附图:测线地震勘探成果图 (3 幅)	
附图:现场工作照 (4 幅)	

2. 前言

地震是一种破坏性最大、危害最严重的突发性自然灾害之一。由于城市的人口和建(构)筑物高度集中,一旦发生较强地震,其人员伤亡和经济损失要远远高于农村。因此,在开展小区地震安全性评价项目工作时候,需查清小区近场范围内是否存在隐伏性活动断层,而浅层地震勘探技术是探测地下断层等地质构造的最有效最直接的有效手段之一,而探测隐伏断裂目前所采用的地震方法主要为地震反射波法。

这是因为采用该方法不但有利于在干扰背景较强的条件下利用多次覆盖技术压制干扰、提高资料的信噪比,而且利用地震反射剖面上丰富的反射地震响应也有助于判定断裂的存在与形态。

新野县产业集聚区工程场地位于河南省南阳市新野县新城大道与纬3路交叉口西侧,地理位置隶属于河南省南阳市新野县,其地理坐标为:北纬 $33^{\circ}2'8''$,东经 $112^{\circ}22'32''$,详细见图1.1所示。

本次勘探目的为:采用浅层地震勘探方法探测工程场地是否存在断裂,如果存在断层,则查清断层分布及其属性,具体任务是:

(1) 采用国勘数字地球(北京)科技有限公司智能节点地震仪,此节点仪是一款高精度智能地震勘探监测系统,可通过Wifi和4G/5G网络进行参数配置和实时监测,无人值守自主采集,内置速度传感器(加速度传感器可选)、无线通讯模块、GPS、电池和大容量存储器。整个系统轻便、耐用,采用紧凑的外观设计,适用于野外苛刻环境。通过野外现场试验,正确选取生产中使用的各项参数,完成浅层地震勘探剖面3条:测线1剖面长度2200m,生产激发点550个,共接收点1100个;测线2-1剖面长度2300m,生产激发点575个,共接收点1150个;测线2-2剖面长度900m,生产激发点225个,共接收点450个。

(2) 查明工程场地浅地表是否存在断裂,以及断层的走向、产状、上断点埋深及其在地表的垂直投影位置及其空间展布特征。

(3) 广泛收集有关地质、物探、钻孔资料,深化认识,为地震资

料的处理和解释提供参考。

为更好地完成该项任务，承担该项目的技术人员进行了野外踏勘，在对每条测线进行详细踏勘的基础上，根据有关行业技术规范，详细设计了浅层地震勘探方案，在此基础上，于2021年8月19日-2021年8月26日对设计的测线进行浅层人工地震勘探，完成了整个测区的数据采集工作。

数据野外采集工作完成后，对获得的地震数据进行处理。在此基础上，对获得的地震时间剖面进行了解释和图件绘制工作，编写了“新野县产业集聚区工程场地地震安全性评价项目浅层地震勘探成果报告”。



图 1.1 项目场地位置示意图

2. 场区地形地貌及地层构造特征

2.1 场区地形、地貌特征

拟建新野县产业集聚区地震安全性评价工程场地原为耕地，场地地势基本平坦，位于南阳盆地的中心，在地质构造上属于秦岭褶皱带的东延部分。中生代晚期由于受燕山运动的影响形成凹陷：新生代时期喜马拉雅运动使凹陷继续沉降，形成了厚达 2700 米的沉积层，在沉积层中储存有丰富的石油资源。出露地层主要为新生代河湖沉积层，并多为现代冲积物所覆盖。县境内地貌形态单一，为冲积河谷平原。第四纪以来，本区无大的构造活动发生，属构造稳定地块。

2.2 场区地层与第四系划分

区内第四系地层分布广泛，南阳盆地缺失下更新统，其它各统均有沉积。东部华北平原拗陷带的南部出露较全，各统都有分布。与下覆新近系及其以前的老地层均为角度不整合接触关系。根据岩性特征，地貌与第四系的沉积等资料，将区内第四系时代及成因类型划分如下。

(1) 下更新统冲积层(Q_1^{al})

该统出露在东部华北平原拗陷带内，地表只有零星分布，以灰绿色、黄绿色含砂粘土及斑块状砂砾石层，含锰质网纹及棕色锈斑。

(2) 中更新统(Q_2)

按其成因可划分为：冰碛及冰水堆积层，冲洪积层，残积和坡积层三种类型。

冰碛及冰水堆积层(Q_2^{gl})：此层为中更新统底部层，出露于区域西部北秦岭褶皱带的山前岗垅地带，由东至西断续分布。东自方城县城以北的胡岗经吴池庄、张半岗、阎岗，断续经秋树底、白砂咀、史岗，直至高丘、谢沟等地，厚度不等，与下伏新近系呈不整合接触。分布高程在 170~260m 之间，一般东部位位置较低。岩性为棕红色粘土杂砾卵石层，砾石成分随地而异。砾石具擦痕、刻沟、压坑，部分呈凹面石、马鞍石、香蕉石及受磨削成架形的砾石。泥砾主要为底碛。该冰碛及

冰水沉积物不整合于新近系之上，为2~6层棕红、棕黄色粉土质粘土层，此粘土层相当黄河中游普遍分布的中更新统离石黄土层，因此认为区域冰碛及冰水沉积物之时代相当于大姑冰期。

冲洪积层(Q_2^{al})：区内主要分布于南阳盆地的镇平、方城以北山前地带，及方城、社旗、唐河以东、唐河西大岗和唐河以北青台岗垌地区，次为南阳卧龙岗一带，华北平原拗陷带的淮河以南的岗丘以及北秦岭山麓边坡一带。下部岩性为棕红、褐红色粘土及粉土质重亚粘土。上部为桔红、橙黄色粉土质重亚粘土及桔红、棕红色砾质粉土质重亚砂土。根据已有的资料，本沉积类型沉积物应以河流形成为主，晚期有湖泊淤积特征。

坡积和残积层($Q_2^{dl,ol}$)：此类型沉积主要分布基岩山地的山坡、山麓地表以及基岩山区低凹地区。其岩性为黄褐色、棕红色亚粘土，山麓地带中多碎石岩块，含钙质结核及黑色豆状铁锰质结核，斜覆于新近系及其以前这地层上。其坡度随古地形而异，可8~10度，倾斜方向基本与现代地形一致。

(3) 上更新统冲积洪积层($Q_3^{al}-Q_3^{pl}$)

该沉积为淮河流域地区出露较广泛的地层。在南阳盆地广大平原区及各大河流两岸的Ⅱ级阶地，与下伏中更新统呈平行不整合接触。岩性为亚粘土，最上部为砾质亚粘土，最下部为砂砾石层。

(4) 全新统冲积层(Q_4^{al})

广泛分布在淮河以北的大片冲积平原上及淮河以南的沟谷中。在南阳盆地广泛分区内湍河、白河、唐河、潦河等河流两侧和支谷中，组成河流Ⅰ级阶地和河床。根据岩性和地貌特征，可将该沉积分为全新统下部冲积层、上部冲积层及全新统湖积和冲积层，现将本统岩性分别叙述如下：

全新统下部冲积层(Q_4^{lal})：从地貌形态来看，本统下部组成的近代河流Ⅰ级阶地，高于现代河床及河漫滩，地貌分界清楚。主要分布在白河、湍河、潦河、唐河、赵河和这些河的支流的两岸，构成这些河

流的 I 级阶地。

岩性单一，变化不大。岩性为灰黄色、淡黄色及褐黄色亚砂土夹砂层，浅褐色亚粘土层和砂质亚粘土，节理孔隙发育。均水平分布，与下伏上更新统黄土状重亚砂土和亚粘土呈平行不整合接触。

全新统上部冲积层(Q_4^{2al})：主要分布于淮河、白河、唐河、濉河、湍河、赵河及其各大河流支流的河床、河漫滩，岩性随地而异，主要为黄色粗砂、细砂、粉砂，局部夹有淤泥层及砂砾石层。

全新统湖积和冲积层(Q_4^{1l-al})：主要分布在华北坳陷(南部)的现代河流的两侧及整个淮河冲积平原。发育沉积厚度不大且均未见底，组成 I 级阶地。

下部为湖沼相沉积层，一般呈灰暗的色调，含有黑褐色锰膜及网纹、腐植泥等，上部为砂层冲积形式。

3. 地震测线布置与定位

3.1 地震测线布置

测线布置是根据探测任务、测区断裂构造走向，以及测区、地形地貌和人文环境等综合因素确定。测线布置的原则是：长短线结合、尽量增加控制测线、控制测区近北东向主体构造，地震测线便于施工，以及后期处理和解释。本次浅震探测工作在场地西侧布置一条由南向北测线1，测线长度为2200米；在场地中侧布置一条由西向东测线2-1，测线长度为2300米；在场地中侧另布置一条由东向西测线2-2，测线长度为900米测线，具体位置见图3.1所示。

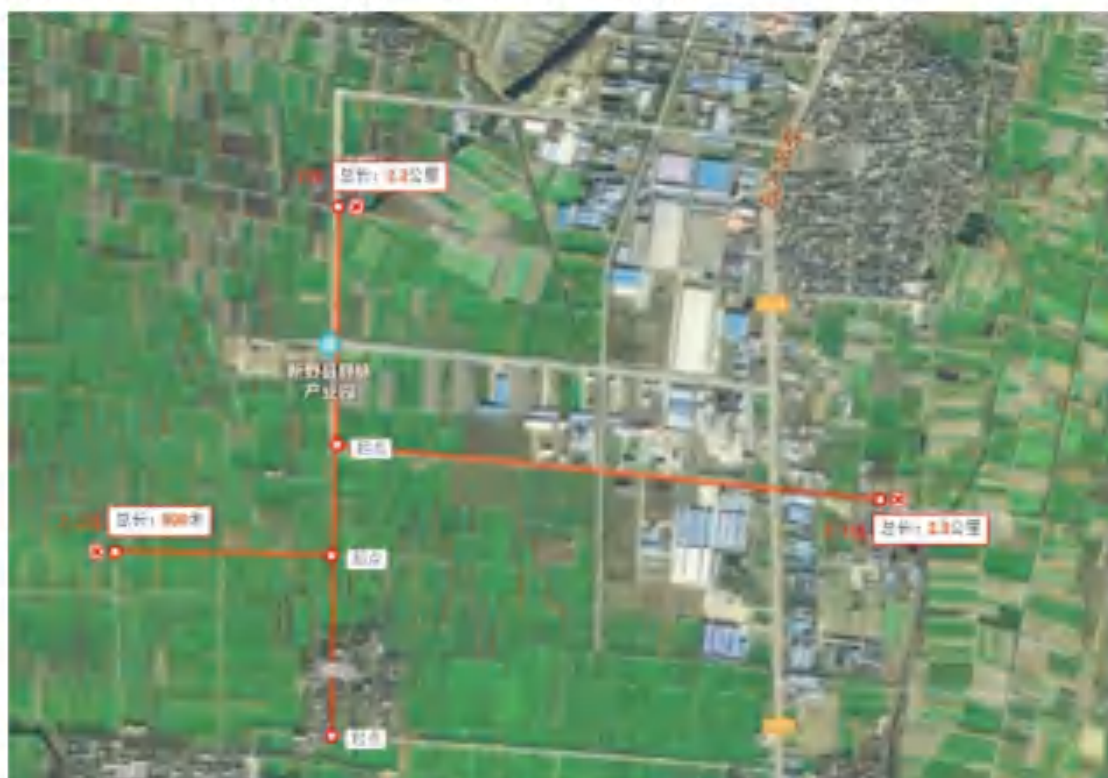


图 3.1 浅层地震勘探线布置示意图

3.2 测线及测点定位

野外测地工作以该项目规划地形图为基础，采用高精度全球定位系统 GPS 仪与测绳结合的方法完成。在实际测量过程中，用 GPS 定出测线端点，测绳量距，定点检查，每 4m 标出距离桩号，炮点桩号采用西小东大的标注方法。

4. 方法原理与工作难点

4.1 浅层地震勘探方法简介

地震反射波法利用地下介质物性差异界面上的地震反射波的运动学和动力学特征，探测地层或岩体的埋深及其速度结构，在油气、矿产资源及深部结构探测中得到了广泛而有效的应用，尤其是在断裂的探测方面起着重要作用。

地震反射波法通常采用共反射点多次覆盖观测系统，其工作原理示意图见图 4.1 所示。

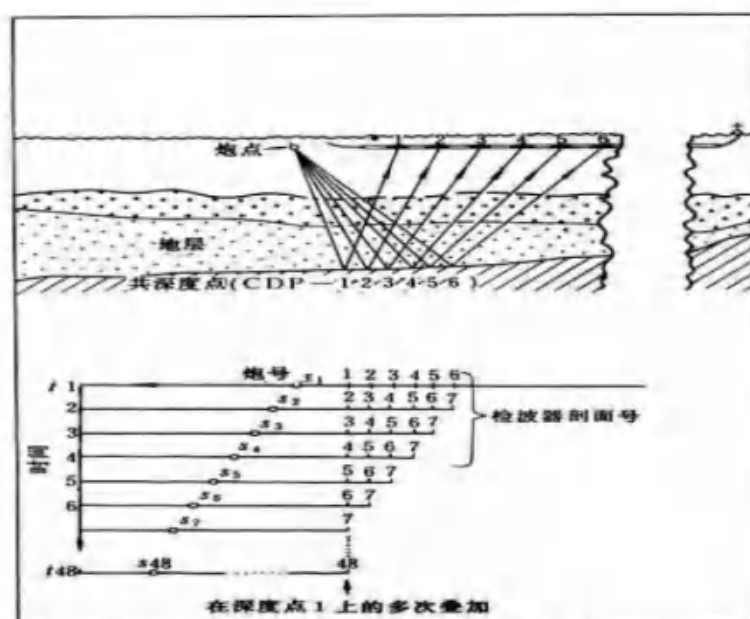


图 4.1 地震反射波法工作原理示意图

如图 4.2 所示，分别在测线上不同位置的 01、02、03，……等处进行激发，在相应的接收点 S1、S2、S3……等处接收来自地下反射界面 R 上同一点 A 的反射波，A 点称为共反射点或共深度点 (CDP)，M 称为共中心点 (CMP)，S1、S2、S3……叫做共反射点 (CDP) 叠加道，相应的旅行时为 t_1 、 t_2 、 t_3 ……。共深度点叠加道的集合叫做共深度点道集。根据附图 1 所示的简单几何关系，可求得共深度点叠加道集内反射波的时距曲线方程为：

$$t_k = \frac{1}{V} \sqrt{4H^2 + X_k^2} \quad (4-1)$$

式中, X_k 为炮检距, H 为界面埋深, V 为层速度。当 $X_k=0$ 时, $t_0=2H/v$, 是共中心点 M 处的法线旅行时。

在共反射点叠加中, 各叠加道中的第一个炮间距 (X_i) 称为最小偏移距, 相邻炮点的间距叫做炮点距 (d), 则叠加道间距为 $2d$ 。在水平层状均匀介质条件下, 共反射点时距曲线与共炮点反射波时距曲线是类似的, 区别在于共炮点反射波时距曲线反映的是来自地下反射界面上的一段, 而共反射点时距曲线仅反映来自地下反射界面上的一个点。由共炮点反射波时距曲线方程可以得到共反射点时距曲线方程的正常时差为:

$$\Delta t_k = t_k - t_0 = \sqrt{\left(\frac{X_k}{V}\right)^2 + t_0^2} - t_0 \quad (4-2)$$

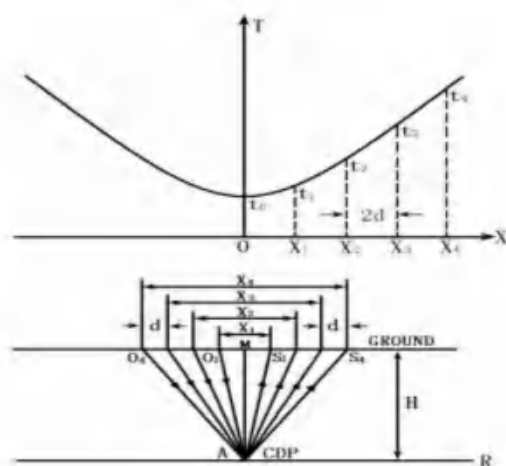


图 4.2 共反射点探测原理图

因此, 在数据处理时, 经过动校正(即正常时差校正)之后, 双曲线型的共反射点时距曲线被校正为一条直线, 然后进行多次叠加, 便得到了能量增强后的相当于在 M 点处自激自收的反射信号(图 4.3), 将测线上多个测点的数据用上述方法处理后就得到一组反映各点自激自收信息的叠加时间剖面。该方法对于压制干扰波、提高信噪比有明显的效果。地震反射波法可以直观地反映出地层界面的起伏变化,

对于探测地下隐伏断层、空洞及非均匀异常体十分有效。

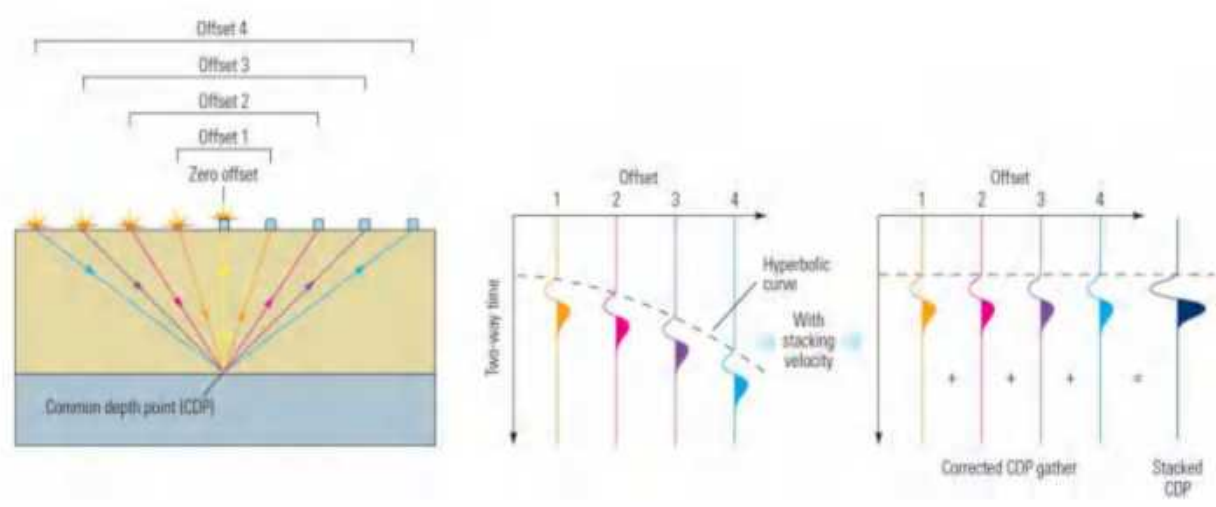


图 4.3 共反射点叠加示意图

4.2 地震勘探工作难点

工程场地测区位于河南省南阳市新野县新城大道与纬 3 路交叉口西侧，且距离马路距离较近，靠近马路时常常有交通车辆经过，噪音震动大，车辆的震动会给地震数据采集带来一定的困难和影响，进而给地震数据的后期处理带来一定的困难。

针对上述各种不利因素，在本次浅层地震勘探工作中，采取尽量躲开外界各种干扰对地震记录的强影响时间段，离马路较近的采用晚上开展采集工作，并提高数据叠加次数，压制噪声干扰，尽可能避开车辆震动带来的不利影响。

5. 野外数据采集

5.1 仪器设备

5.1.1 地震仪

高分辨率浅层地震勘探是指能分辨地壳浅部地层界面和较薄地层的一种浅层地球物理勘探方法，以便有效地确定地下构造的位置、形态。因此，要求地震勘探数据采集所用的仪器设备应具有高保真度、高采样率、宽频带、大动态范围等性能，另外，为了适应地震勘探的工作环境，所采用的地震仪器还应具有抗干扰能力强和能实时对环境干扰进行监控。

高分辨率地震勘探必须建立在高信噪比的基础上，影响地震记录信噪比的因素主要有：地震波激发源噪声、现场环境干扰以及仪器本身的噪声等，众多噪声（如环境干扰、激发噪声）可以通过人为因素和数据处理得到改善，然而，仪器本身的噪声必须通过采用先进的技术装备来克服。采用地震数据在地震仪的采集站数字化，数字信号在传输过程中是不会引进噪声的。

根据本项目断层探测的目标和测区环境特点，本次浅层地震勘探采集上主要采用宽频冲击震源激发、无缆地震节点接收，高密度炮点激发，高密度单点高精度检波器接收的国勘数字地球（北京）科技有限公司智能节点地震仪，野外数据采集选用的仪器参数如下详细说明。

● 仪器参数

仪器：无缆地震采集节点（见图 5-1 所示）

采样间隔：1ms；记录不间断；

记录格式：SEG-Y；

前方增益：10dB。

● 接收因素



图 5.1 无缆地震采集节点

- j) 检波器配置: 100Hz 地震检波器
- k) 数字化方案: 32 位高精度 $\Delta-\Sigma$ 模数转换器, 瞬时动态范围优于 144dB;
- l) 固态存储容量: 32G;
- m) 供电: 内部 160WH 可充电锂电池组, 连续工作时长大于 600 小时;
- n) 卫星授时精度: $\pm 1 \mu s$;
- o) 卫星守时精度: $\pm 1ms$ (卫星信号失锁后 6 小时内);
- p) 工作模式: 自主采集+工业级平板电脑现场无线质控;
- q) 数据回收方式: 数据回收电缆+无线数据回传;
- r) 工作温度范围: $-40^{\circ}C \sim +70^{\circ}C$ 。

● 采集指标

- j) ADC 分辨率: 32 位;
- k) 采样间隔: 2ms;
- l) 前置可编程放大: x1、x2、x4、x8、x16 (0dB、6dB、12dB、18dB、24dB);
- m) 增益精度: 0.1%;
- n) 模拟信号输入: $\pm 2.5V_{p-p}@x1 \text{ gain}$ 、 $\pm 625mV_{p-p}@x4 \text{ gain}$ 、 $\pm 156mV_{p-p}@x16 \text{ gain}$;
- o) 实时动态范围@4ms: 144dB @ x1 gain、140dB @ x4 gain、

133dB @ x16 gain;

p) 等效输入噪音: $0.1\mu\text{V}$ @ x1 gain、 $0.04\mu\text{V}$ @ x4 gain、 $0.025\mu\text{V}$ @ x16 gain;

q) 道间串扰: $<110\text{dB}$;

r) 共模抑制比: $>110\text{dB}$ 。

● 激发因素

采用锤击高效宽频激发震源, 通过高密度激发, 提高近道覆盖次数来改善浅层资料信噪比, 提高资料高频信号质量, 获得高分辨率结果。

宽频冲击震源, 如何激发高频地震波是高分辨率反射波勘探的一大关键环节。目前陆地用的激发震源主要有炸药, 液压可控震源, 电磁可控震源, 电火花, 重锤等; 由于目前炸药管制较严格, 也不环保, 已经逐渐被淘汰使用; 电磁可控震源的频率较高, 但由于出力太小, 探测深度通常只有几十米; 电火花的频带较宽, 小功率的探测深度较浅, 要达到一定的探测深度需要大功率激发, 同时需要挖坑, 注水, 效率较低。

针对上述情况, 结合多年的浅层勘探试验, 研制了高加速度的锤击震源(图 5.2), 多种参数可调, 锤重量从 40Kg-200Kg 可调, 弹簧能量分两档 400J-600J。从多地的运用看, 该震源频带宽, 穿透能力强, 破坏性小, 对硬化路面无破坏, 采集效率高等特点, 每天可以采集 1000 炮, 满足高密度激发的需求。



图 5.2 宽频冲击震源

图 5.3 为三种震源对比，电火花使用了 40000 焦耳的激发能量，锤击使用了 100kg 加速锤。从单炮资料谱分析可见，可控震源最高频在 100Hz，电火花和锤击震源达到了 400Hz；在低频段可控震源 8Hz 以下也较弱，而电火花的低频较强，但从初叠加剖面可见面波发育。从叠加剖面可见锤击震源的探测深度，信噪比较电火花要高。

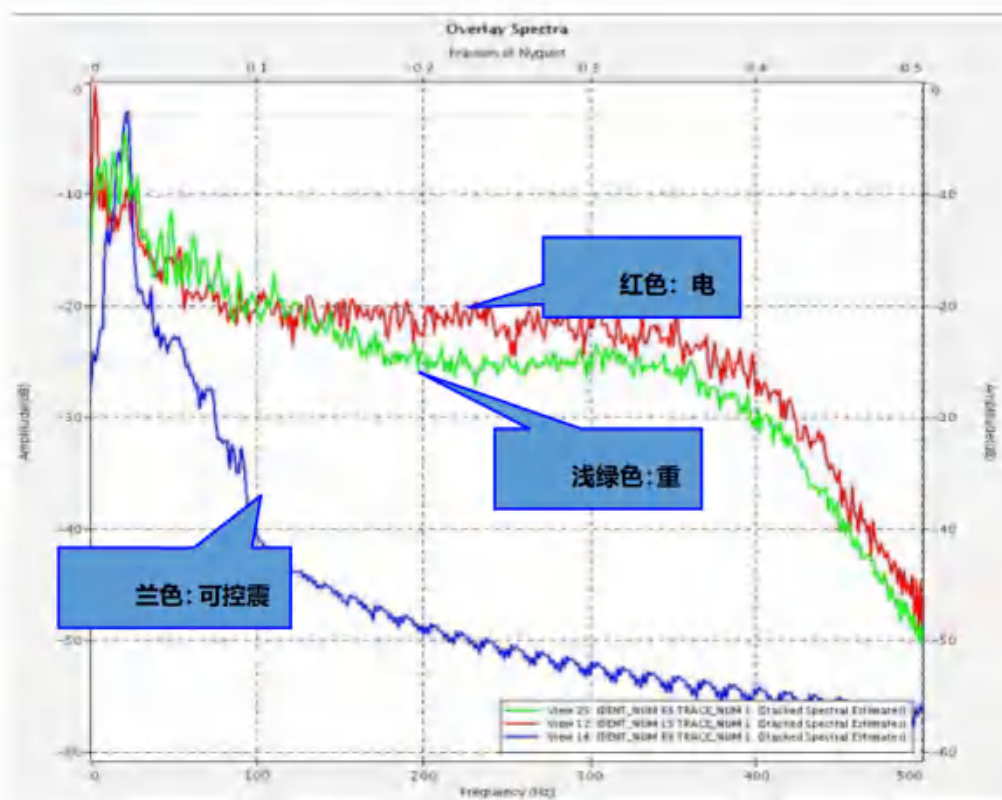


图 5.3 三种震源对比分析图

5.1.2 节点地震仪数据截取

本次智能节点地震仪野外观测数据的整理工作是使用国勘数字地球（北京）科技有限公司官方提供的时间序列数据处理软件软件，该软件可以实现时间序列数据下载、合并、管理、处理、图形显示，并导出后期地震处理、反演软件所需要的格式。本次野外施工采取滚动排列方式进行外业数据采集，通过在该软件的 Array 选项中 Roll Numbers 输入每次滚动的数量，根据现场施工选择 Roll up/down 移动，Rocket 可根据排列表参数自动生成滚动后的排列，然后根据触发时间提取并生成文件。如图 5.2 所示，触发器中通过“短接”检测方式自动记录下每次主动源激发的 UTC 时间戳，可在 Rocket 中选中对应的激发时间戳（毫秒级精度），软件可根据该时间自动切割出该排列在该时间戳后 0-1000ms 内的地震记录数据，并以 Seg2 的格式进行保存。

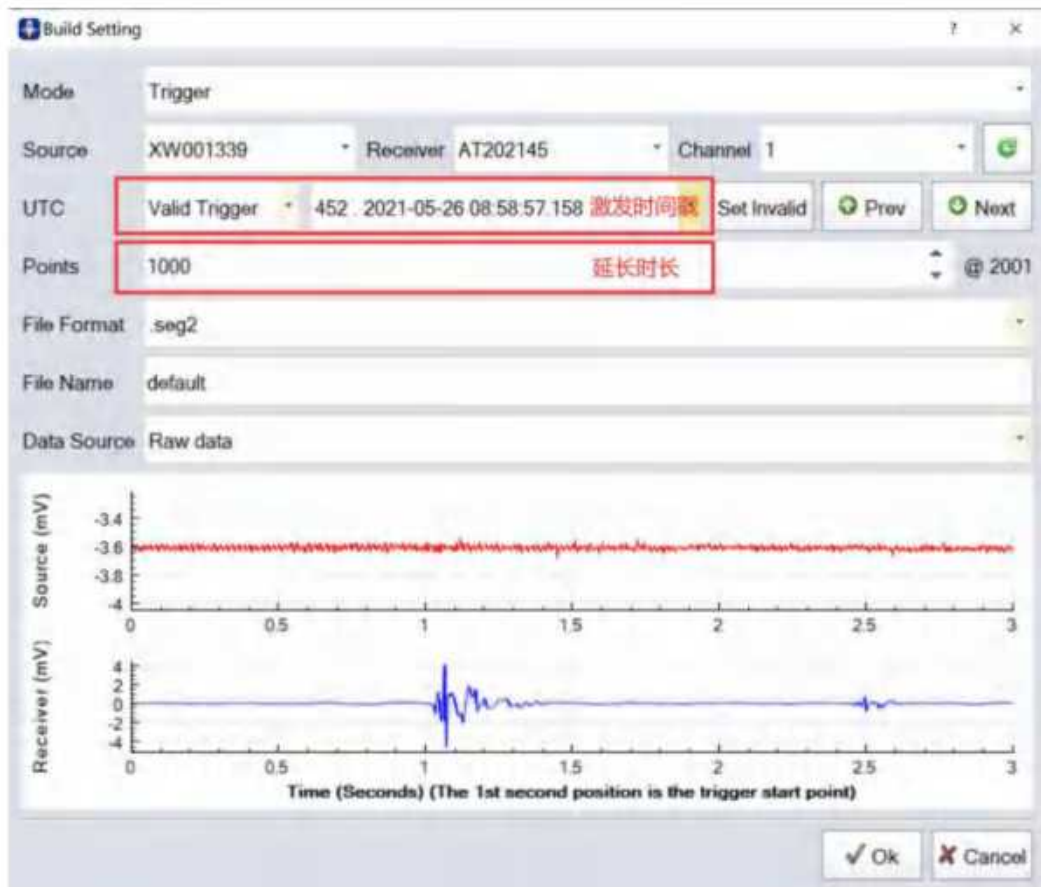


图 5.4 节点地震仪数据截取

5.2 试验工作

为了获得适合于测区浅层地震勘探的工作参数，在全面进行地震条件调查的基础上，选择代表性的地段进行现场试验工作，试验内容主要包括：低速带测定，干扰波调查等。

5.2.1 低速带测定及结果

根据工区地表覆盖层的分布特点，在测区选择有代表性的地段进行了低速带测定，目的是为了在数据处理中消除低速带厚度变化对测量结果的影响，提高剖面资料质量。低速带测定采用小折射相遇时距曲线观测系统。根据测区地表层低、降速带分布特点，为了较好地求准低速层的速度和厚度，选择了 0.5m 偏移距、32 道接收、1 m 道间距，每个小折射有 4 个记录。通过差数时距曲线法在拾取初至波的基础上生成图 5.5 的小折射测线相遇时距曲线图，然后按照差数时距曲线法计算低速带速度及厚度情况，如图 5.6。

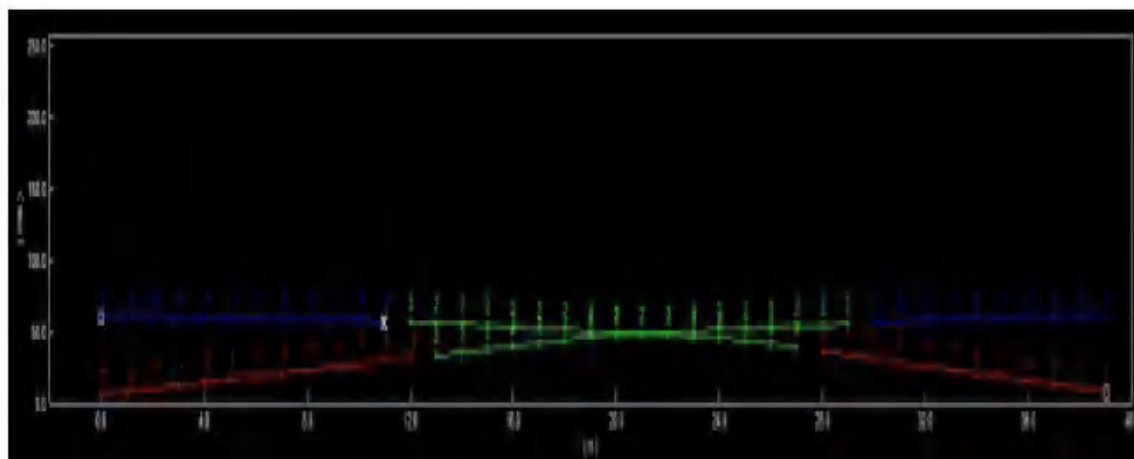


图 5.5 小折射相遇时距曲线图

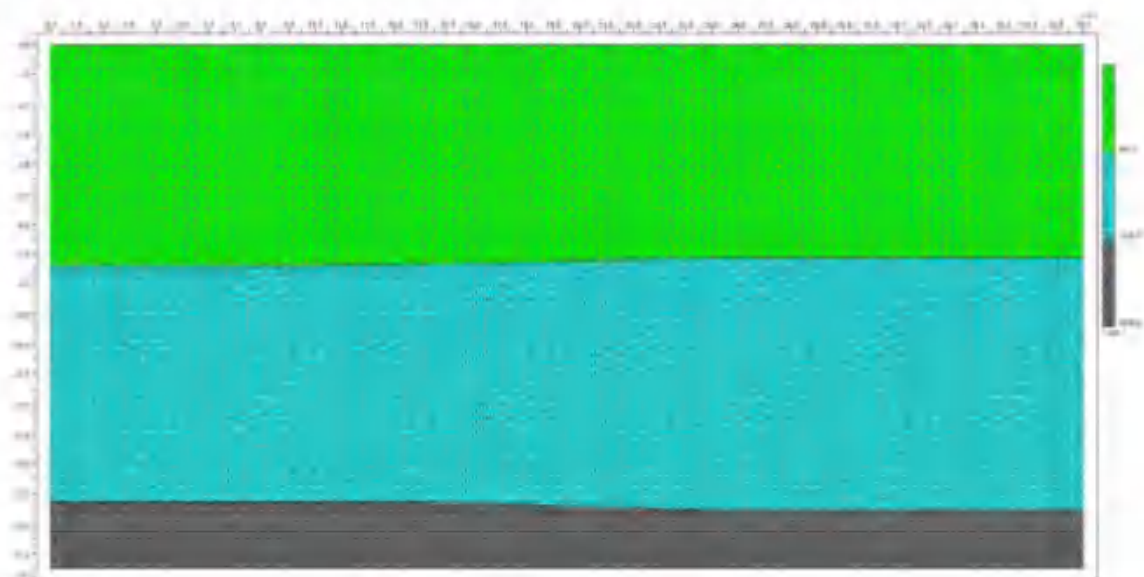


图 5.6 小折射反演结果图

低速带的波速 V_1 一般在 400m/s , V_2 为 1200m/s ; 低速层厚度 $7.0\sim 7.3\text{m}$ 。

5.2.2 最小偏移距

一般而言, 最小偏移距越小越好, 但浅层地震勘探干扰波较为发育, 主要表现为能量强的面波、直达波、浅层折射波。这样震源又不能拉的太近, 最小偏移距不可能太小。设计最小偏移距时主要考虑最小偏移距对浅层目的层的影响, 最小炮检距一般选择最浅反射层深度的 $1\sim 1.2$ 倍, 该工区为浅层地震勘探工区, 由图 5.7 小折射反演得到的最浅反射层厚度在 $7.0\sim 7.3\text{m}$ 左右, 因此选择时考虑尽可能多获得浅层覆盖次数而又尽量避免近道噪音为标准, 并尽可能增加浅部信息。

5.2.3 最大炮检距

设计最大偏移距时, 主要考虑以下几个因素:

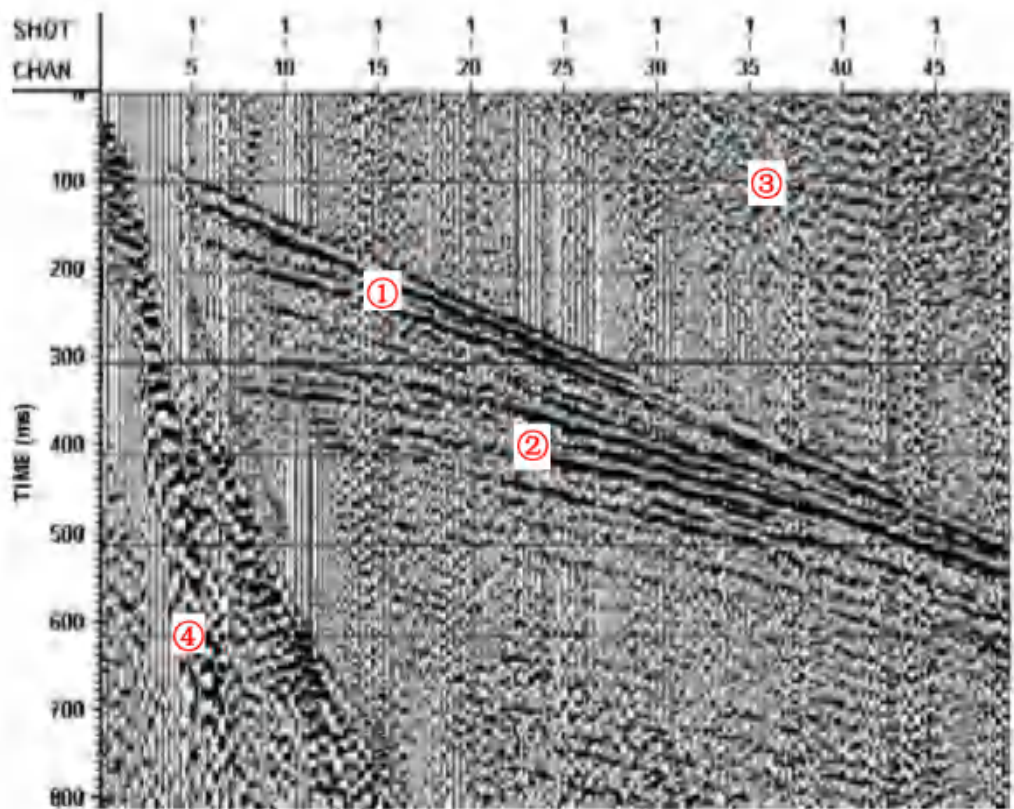
- (1) 最大炮检距应接近于最深目的层的深度。
- (2) 最深目的层不受直达波干扰。

5.2.4 干扰波调查

干扰波调查的目的是通过干扰波调查, 可以查清工区内主要干扰波的类型, 例如面波、浅层折射波、声波、高频干扰波和环境噪声等。

目的是为了采取有效措施压制干扰波，突出有效波，提高信噪比，增强资料品质。

图 5.7 为在 1 线（炮点桩号 0 处）上采用偏移距 0m、道间距 4m 展开接收的扩展排列原始记录图。从图中可以看到干扰波较为发育，主要表现为强的面波、直达波、浅层折射波。在 5 道 100ms 左右已有反射波出现，并与主要干扰波基本分离。为了尽可能增加浅部信息，近偏移距不宜过大，综合 5.2.2 的结论，本次选用 20m 偏移距。



①直达波；②反射波；③干扰波；④面波

图 5.7 扩展排列原始记录图

5.2.5 观测系统选择

合理选择地震勘探的观测系统是获得良好的探测结果的关键，本次反射地震勘探在综合考虑目的层埋深和能对近地表地层进行详细分层的情况下，通过试验工作，对测区的野外工作条件以及干扰波的情况有了清晰的了解，确定了道间距、最小和最大偏移距、覆盖次数以及仪器采集参数。为提高测量精度，使解释工作更准确，野外施工时

采用接收排列在后、激发炮点在前、下倾方向激发、上倾方向接收，采用 25 次覆盖，单边放炮，50 道接收，30 道备用，向前连续追踪的反射波法地震观测系统。

震源采用宽频冲击震源激发。采集参数为：道间距 4m、最小偏移距 20m，炮间距 4m，单点叠加 3 次以上。其采集参数为：0.25ms 采样率、记录长度 1024ms，仪器陷波 50 Hz，低截频率 10Hz，高截频率为 500Hz。

5.2.6 技术措施

为提高野外数据采集质量和完成野外生产任务，确保取得好的地质成果，根据有关规范要求，采取了下列技术保证措施。

(1) 地震勘探的炮点位置移动沿测线不超过道距的二分之一，垂直测线移动不超过一个道距。如果发现炮点位置超过规定要求的，在测量时必须做观测系统改变，以达到要求。

(2) 检波器位置要准确，清除周围杂草，去掉地表疏松层，做到插紧、插直。检波器的输送要轻取、轻放，防止乱撞，以避免检波器的损坏，影响数据的接收。

(3) 经常检查接收机、大线及检波器，发现问题及时处理，保证生产的顺利进行。

(4) 仪器操作员对每炮记录进行现场分析，决定取舍，发现哑炮、坏道及时采取补救措施，并认真填写野外记录。收工后及时对野外观测数据进行初步处理，以便掌握当天的数据质量情况。

5.3 质量评述

5.3.1 原始资料的质量评述

按照《浅层地震勘探技术规范》(DZ/T0170—1997)的要求，作如下质量评述：

(1) 地震仪器检测合理，仪器工作状态正常。

-
- (2) 地震试验工作地段选择合理，目的明确，内容翔实。
 - (3) 观测系统选择合理，仪器因素选择正确。
 - (4) 炮点、检波点位置准确。
 - (5) 地震记录现场显示、分析，现场发现问题，并能及时处理。
 - (6) 室内能及时提取资料，初步处理并能及时指导野外施工。
 - (7) 地震原始记录缺、坏道抽检合理、充分。

5.3.2 道一致性评价

根据有关技术规范要求，首先，是设备的一致性测试，如图 5.8 所示，对检波器进行了一致性试验。得到的测试数据如图 5.9 和图 5.10 所示，图 5.9 为仪器一致性试验采集到的数据，图 5.10 为图 5.9 的部分放大，可以看到，各检波器采集到的信号起跳时间基本一致，每道波形数据的一致性也较好。可以看出，本次野外数据采集的设备一致性良好。



图 5.8 仪器一致性试验

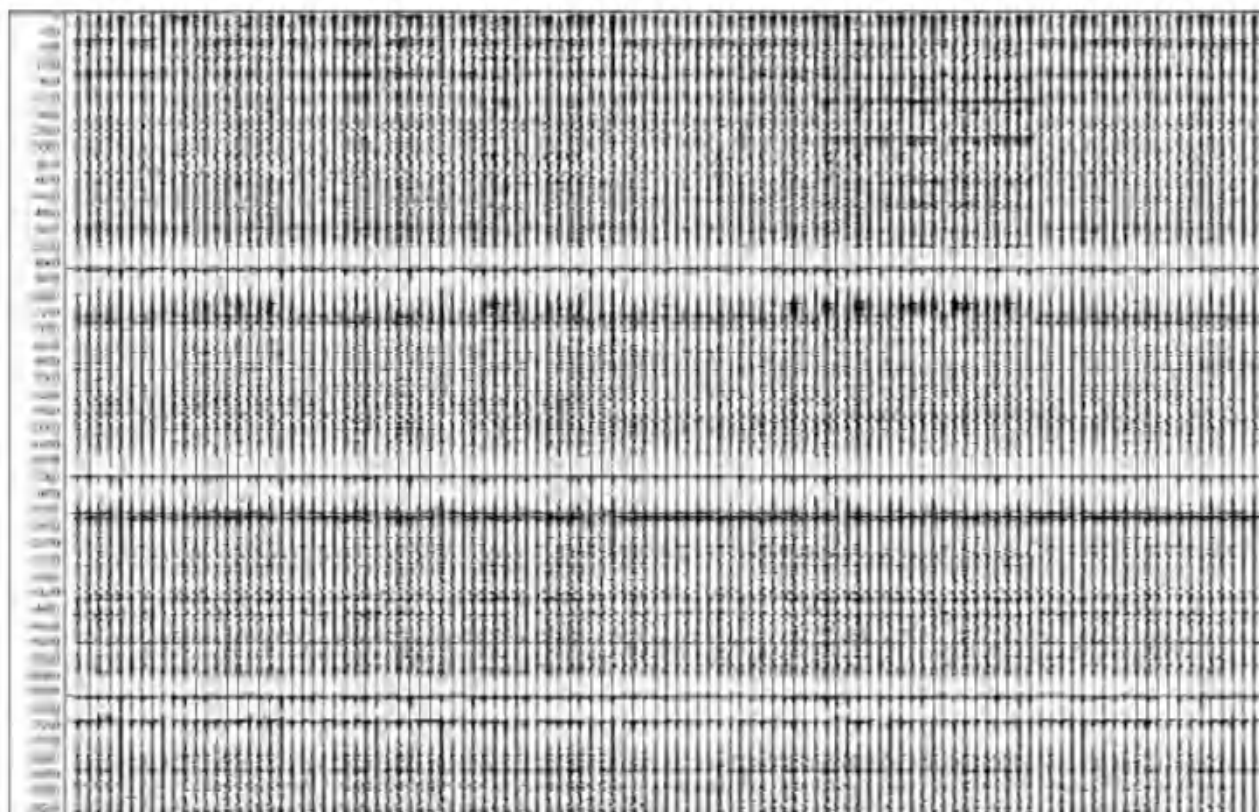


图 5.9 检波器一致性测试数据

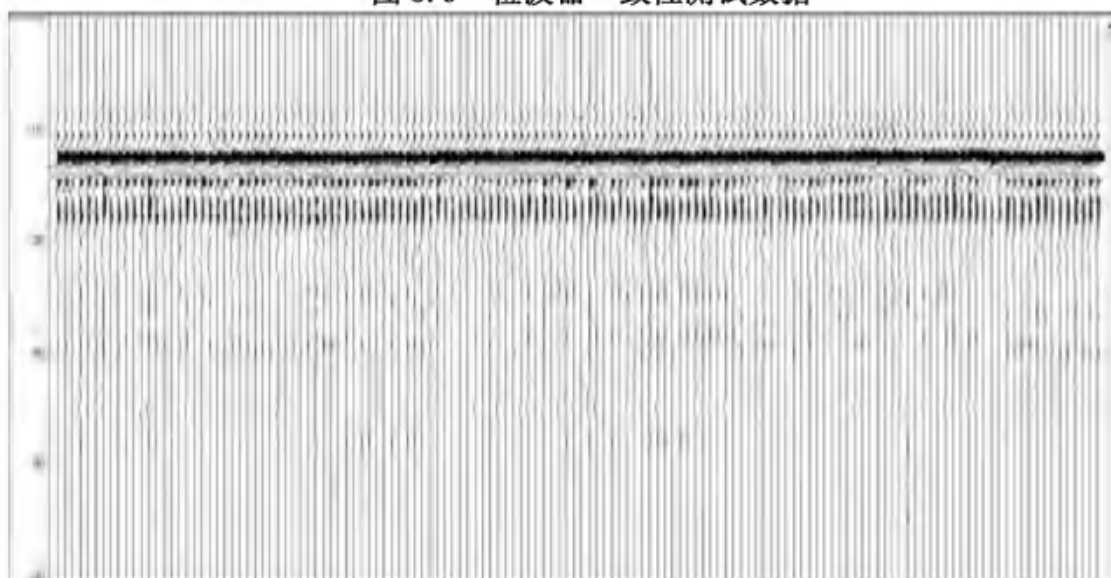


图 5.10 检波器一致性测试数据放大图

6. 地震数据处理

6.1 地震数据处理流程

6.1.1 浅层地震资料的基本特点

地震反射资料数据处理是地震勘探工作的中心环节，勘探结果受到原始记录质量的影响，不同地区、不同测线获得的原始记录特征可能会有很大的不同。因此，如何利用有效的数据处理方法得到能真实反映地下地质结构特征的探测结果是地震数据处理的主要任务。

浅层地震反射资料与石油系统中深层地震反射资料相比，大致具有以下几个特点：

（1）浅层地震勘探为了获得更浅层的反射信息，保护有效高频成分，又常需要采用较小的道间距和偏移距，因此，记录中的震源干扰波通常较为严重。

（2）当在各种干扰噪声较强的地区工作时，记录中的随机干扰波和其它干扰波对有效反射波的影响会更大。

（3）浅层地震的探测对象大多为中生代较新地层，在某些地区地层土质、岩石较为疏松、物质成分变化不大，其波阻抗差异较小，界面弱反射极易被干扰噪声掩盖，因此，获得的记录信噪比较低。

（4）浅层地震勘探的目标层较浅，要探测的地质异常体尺度小。因此，对探测结果的要求精度相对较高。

根据浅层地震反射资料的上述特点，在数据处理中，必须根据原始资料品质情况，采取有针对性的数据处理方法，压制干扰噪声，恢复地震记录中的有效高频成分，提高资料的信噪比和分辨率。

6.1.2 数据处理方法及参数

根据野外原始资料品质分析结果，并通过大量的处理方法和参数试验，最终选用了如下具有针对性的地震数据处理流程（图 6.1）。

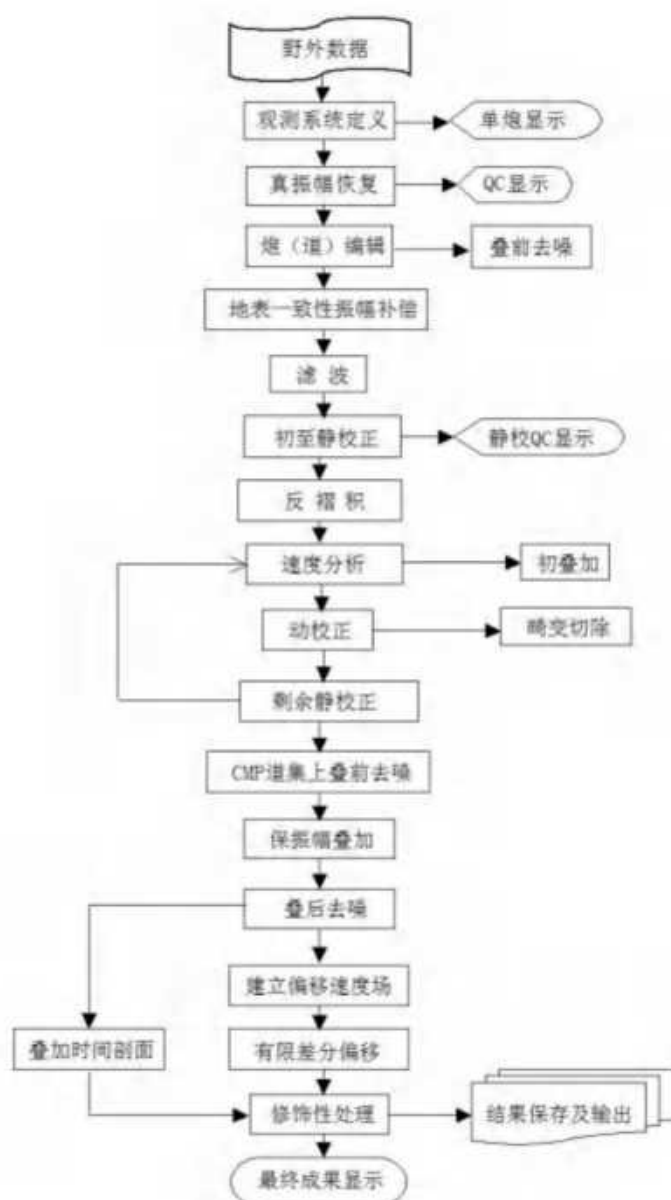


图 6.1 地震数据处理流程图

① 一维滤波

一维滤波也称为频率滤波。一般来说，当有效波与干扰波的频谱不发生重叠时，可采用频率滤波方法滤除记录中的干扰波成分。而当有效波与干扰波的频谱发生重叠时，采用频率滤波只能部分地压制记录中的干扰波。滤波参数选择的基本原则为：

a. 当有效波与干扰波的频谱不发生重叠时，滤波器频率特性的中心频率应该与有效波的中心频率相同，且频带宽度应与有效波的频带

宽度相同。b. 当有效波与干扰波的频谱发生重叠时，滤波器的主频应该与有效波与干扰波的频谱比值最大处的频率相同。

② 二维滤波

对于那些与有效波频率重叠范围较宽，但具有视速度差异的干扰波（如声波、面波或其它的低速线性干扰波），可采用二维滤波方法来压制。

③ 二维倾角滤波

有时有效反射波和干扰波的频带几乎完全重叠。采用二维倾角滤波方法，可有效地压制与有用信号频率相同但具有视速度差异的线性干扰波，有效反射波信号得到明显增强。

（2）静校正处理

因地表起伏不平、近地表速度变化等不规则影响，将使原始地震记录的初至出现不规则的时差变化、反射波同相轴的双曲线形态出现畸变，从而影响叠加效果。对浅层地震反射资料来说，因获得的反射波频率高、周期短，近地表不均匀性对反射波同相轴叠加的影响就会更大。因此，静校正处理在浅层地震反射资料处理中就显得更为重要。

本次在叠加前静校正时，对区内各测线分别进行了低速带和初至折射等各项校正。经静校正后，反射波同相轴连续性得到改善，基本消除了由近地表不规则变化等因素引起的初至波时差。

（3）剩余静校正处理

数据经过静校正处理后，不一定能完全消除表层因素的影响，另外，当动校正速度不准时，也会产生剩余静校正量。因此，在动校正处理后对数据进行剩余静校正是必要的。为了提高叠加剖面质量，本次采用 5 次高斯-塞德尔迭代处理方法来求取剩余静校正量。

（4）提高分辨率处理

高分辨率必须以高信噪比资料为前提，通过前面的各项去噪处理后，地震资料的信噪比得到了明显改善，这为提高地震资料的分辨率处理提供了条件。经试验，本次采用预测子波反褶积和时变谱白化处理后，明显地提高了地震资料的分辨率。

（5）速度分析

速度参数在地震数据处理和解释中是非常重要的参数，动校正准确与否关键在于动校正的速度。为了得到高质量的水平叠加剖面，如处理流程图 6.1 所示，在处理中反复进行了多次速度分析。

准确求取界面反射波的叠加速度是使其达到同相叠加提高信噪比的关键。为了获得精度较高的 NMO 速度参数，本次数据处理的速度分析工作分两步进行，第一步采取每 20 个 CMP 道集做一个速度谱，之后再根据初选的 NMO 速度对 CMP 道集进行动校正和剩余静校正处理，并将其结果应用于原始 CMP 道集。速度分析的第二步是在剩余静校正后的 CMP 道集上进行的，处理中除采用速度谱计算分析外，还采用了常速度扫描的速度分析方法，其速度扫描范围和速度扫描间隔分别为 1000~3000m/s 和 50m/s。另外，对于纵向和横向的速度变化，处理中采用了线性内插法。

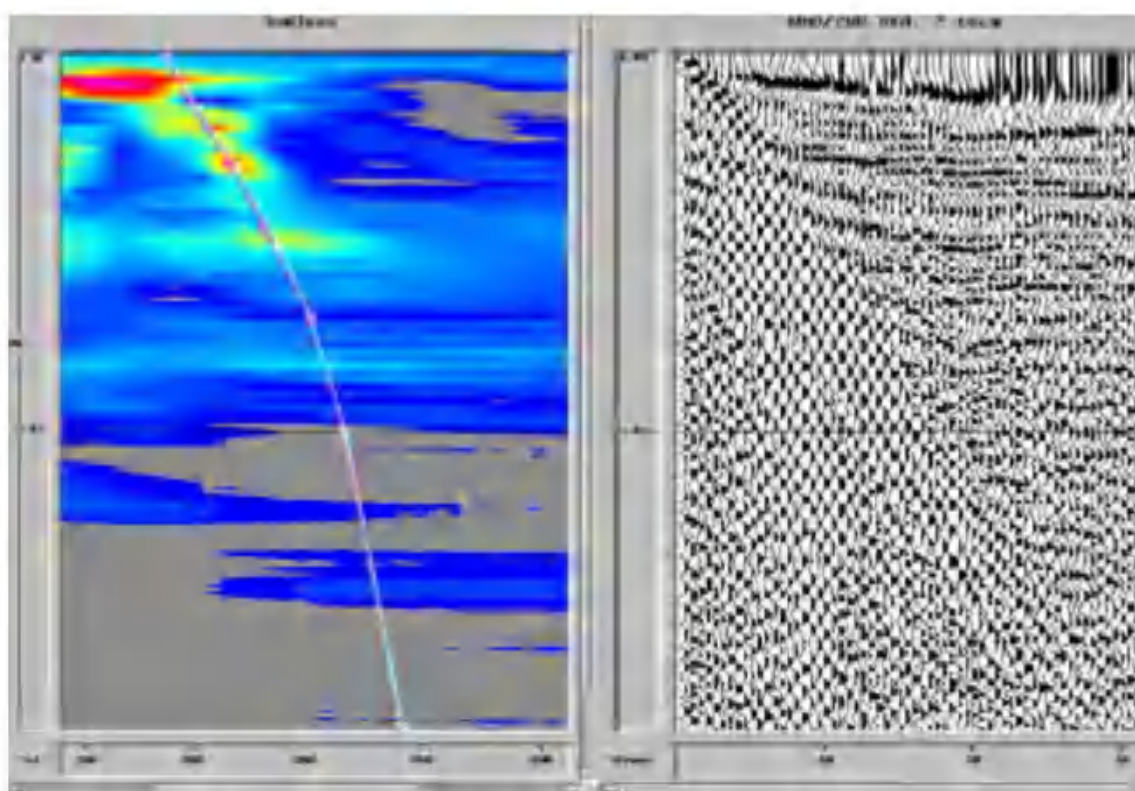


图 6.2 速度谱及速度拾取示意图

（6）动校正

动校正处理是针对共反射点道集的，它把炮点距不同的各道上来自同一界面、同一点的反射波到达时间，经正常时差校正后，使之成为在共深度点上的自激自收时间。相应地，共反射点时距曲线由校正前的双曲线变为水平直线，这时才能保证在叠加时为同相位叠加。

（7）叠加处理

经过上述一系列方法处理后，将自激自收的 CDP 道集记录进行叠加处理，形成能直观反映工区地下地质构造形态、可供解释的水平叠加时间剖面。

（8）解释性处理

解释性处理主要包括地震资料的偏移处理、时间剖面的时-深转换处理等基本内容。

当地下界面倾斜或地下界面起伏较大时，都需要进行偏移归位处理；反射时间剖面上的反射波组反映的是地下地层介质物性差异，为了得到能用于地质分析和解释的结果，还需要把时间剖面转换成深度剖面；为了增加资料解释的可靠性，需要尽可能地利用地震资料各种信息进行综合分析。为此，瞬时相位、瞬时振幅和瞬时频率的转换计算也是十分必要的。

① 偏移处理

在地震波传播过程中，地层凹陷会产生回转波，背斜会产生发散波，断层棱角点会产生绕射波，这些波严重地影响了地震记录的横向分辨率，为了将各个地震元素归位到产生波形的反射层或绕射点相应位置，必需对叠加时间剖面进行偏移归位处理，将水平叠加时间剖面上的同相轴从最初不正确的共中心点位置校正到正确位置，分解干扰波，收敛绕射波，改善时间剖面的横向分辨率。本次使用有限差分偏移、F-K 偏移和克希霍夫偏移进行了对比试验，结果表明有限差分偏移效果较好。

有限差分偏移方法是求解波动方程的一种近似数值解法，其原理

是差分近似微分。具体计算时，首先确定空间和时间差分间隔，空间差分间隔选为道距的一半(2.5m)，时间差分间隔选为采样间隔(0.2ms)。偏移速度：300ms 时为 97%的 NMO 速度，500ms 时为 102%的 NMO 速度，800ms 时为 105%的 NMO 速度。

② 时间—深度转换

地震波速度是地震勘探中一个十分重要的参数，只有知道了地震波速度值，才能够确定产生反射波的地层埋深度、倾角好地层的空间位置等参数。进行时深转换最重要的是求取时深转换速度，地震波测井是求取时深转换速度的最佳方法。另外由于速度与正常时差存在一定的关系，因此，也可用地面反射地震资料求取速度。尽管该方法求得的速度精度不如地震波测井，但在没有地震测井资料的工区，采用该方法求取地震波速度仍不失为一种有效手段。

通过反射波资料处理时获得的叠加速度（也称 NMO 速度）资料和时间剖面上不同界面反射波的双程垂直到时 t_0 ，由迪克斯(DIX)公式求不同地层反射界面以上的平均速度（ $\bar{V}$ ）和深度（ H ），由叠加速度（ V_a ）资料求取层速度（ V_i ）和平均速度（ $\bar{V}$ ）的计算公式分别为：

$$V_i = \sqrt{\frac{V_{a,n}^2 t_n - V_{a,n-1}^2 t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}}}, \quad \bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{i+1} - t_i) V_i}{\sum_{i=1}^n (t_{i+1} - t_i)} \quad (6-1)$$

将地震反射时间剖面转换成深度剖面的时—深转换公式为：

$$H = \frac{1}{2} \bar{V} t_0 \quad (6-2)$$

式中 H 为深度， $\bar{V}$ 为平均速度， t_0 为反射波双程垂直到时，通过以上速度转换公式，可以得到地下各层的平均速度参数。

6.2 数据处理质量控制

在地震数据处理过程中，为了保证最终获得精确、可靠的处理成果，对数据处理质量分以下几个阶段进行控制。

6.2.1 预处理阶段质量控制

(1) 观测系统定义：绘制的炮点、检波点位置图，显示线性动校

正后的初至，用这两种手段来检查野外提供或室内定义的观测系统是否正确。

(2) 绘制面元的彩色覆盖次数图、最小炮检距图、最大炮检距图，用于分析覆盖次数、炮检距的分布情况，并对观测系统的定义做进一步的检查。

6.2.2 初步叠加阶段质量控制

在该阶段，绘制了所有的叠加剖面，纵观全区叠加剖面的资料品质，找出资料品质的变化情况，并与本区的地形图、静校正数据平面图和现场处理剖面进行综合分析，判断前面处理是否存在问题，这也是对初叠以前各处理步骤的再次质量控制。

6.2.3 速度分析阶段质量控制

主要用动校正叠加效果来检验叠加速度的精度，采用速度谱拾取、常速扫描、变速扫描相结合的手段，并充分利用系统中先进的速度分析软件包，在速度分析的同时既可监视动校正前后的 CMP 道集，叠加剖面的扫描段和及时叠加段成像效果，在拾取速度的同时还可参照前后、左右的速度谱，最后从纵横两个方向的速度等值线图和速度切片图上来检查速度在空间上变化的合理性。

6.2.4 二维剩余静校正阶段质量控制

用动校正叠加检验其效果，以资料变好为原则，通过分析反射波同相轴特性以及显示剩余静校正量平面图来判断剩余静校正问题是否已解决。同时还要绘制全区的彩色剩余静校正平面图来检查剩余静校正量的分布情况。

6.3 处理效果分析

(1) 本次处理，通过对原始资料情况及野外采集因素进行了认真细致的调查和分析，有针对性地进行大量的试验，在此基础上精心设计了合理的处理流程，确定了正确的处理参数。

(2) 精确的速度分析和二维自动剩余静校正的多次迭代，很好的

解决了剩余静校正问题。

（3）振幅补偿很好的解决了野外数据采集过程中由于采集仪器、激发和接收条件及其它因素的变化而造成的能量差异，补偿后振幅相对关系保持较好，说明处理资料的保真度较高。

（4）主要目的层的层间信息较丰富、分辨率较高，深层资料的反射特征也很突出，反射波横向连续性较好。

（5）从整个处理效果看，波组特征清楚，断点、断面合理可靠。

7. 资料分析与解释方法

依据地震勘探剖面的反射波组特征，结合地质资料的对比分析，可以确定地震波组及其与地质层位的关系，对反射波组的分叉、合并、中断、尖灭等现象和上下地层反射波组的相互依赖关系的细致分析，能够判断这些变化与地层变化的关系，从而获得地层的纵、横向变化及构造情况，进而确定可能存在断错反射层的断裂的位置、产状和活动性。反射时间剖面解释包括以下主要内容：①确定主要地质层位与反射层的关系；②判定断层或破碎带等地质构造等。

原始地震记录经数据处理后，得到了反映地下介质结构特征的地震反射时间剖面。剖面的横坐标为地下共反射点序号（CDP 号），反射点（CDP）时距离为道间距的 $1/2$ ，本次工作采用的道间距为 4m，剖面上共反射点之间的距离为 2m。剖面的纵坐标为反射波的双程垂直旅行时间，单位为 ms（毫秒）。

对时间剖面上的不同反射波组，自上而下用 T1 在剖面上标出，通过反射波组的震相分析，结合地质资料，确定各个反射层组对应的地质时代，并用符号在剖面上标注，最终获得了地震反射时间与地质解释剖面图。

7.1 震相识别标准

（1）同相性：同一反射界面的反射波到达相邻接受点的传播路径是相近的，在相邻接受点得到的同一相位的到达时间也十分相近。通常，每个有效反射波都有几个相位，其所有相位的同相轴彼此平行，每个同向轴应有一定的长度，并且是平滑的。

（2）波形特征：相同激发条件下，由于传播路径和介质性质差别不大，同一反射界面的波形特征相对稳定，包括视周期、相位数目、包络形状、各极值间的振幅比等均具有相似性。

（3）标准层的确定和追踪：在资料解释时，主要依据剖面反射波组特征、附近地质或钻孔资料、地层层序和接触关系、以往物探成果

等综合确定标准层，然后把所选择的反射标准层对比、追踪到各个剖面上。在多数剖面上，这些反射波一般具有能量均衡、连续性好等震相特点，在测线上基本可以连续追踪。综合分析各测线的时间剖面图和测区地质资料以及初勘成果，在分析解释中把第四系下更新统(Q_{4+3+2})底反射界面 T1 作为本测区的反射标准层。

7.2 断层识别标志

断层的判别与解释是本次浅层地震勘探资料解释的重点。在对测区内的剖面进行反射波组对比、追踪和解释后，根据地震反射时间剖面上的反射波组特征，对断层存在重要标志是反射波同相轴的横行变化，主要的判别依据是：

①反射波同相轴的明显中断与错位；

②反射波同相轴的数目突然增减或消失，波组间隔突然变化，断层的下降盘地层变厚，而上升盘地层明显变薄，甚至缺失；

③反射波同相轴产状和反射波能量的突然变化；

④反射波同相轴发生分叉、合并、扭曲以及相位转换；

⑤绕射波、断层波等特殊波的出现，断层波对确定断层的存在具有重要意义，断层波的主要特征是一组产状很陡的波组出现在时间剖面上，而其周围的反射界面则比较平缓，产状往往相反，断面波两侧的界面不能连续对比。

8. 结论

在野外踏勘、地震勘探设计方案的基础上开展了沧州新野县产业集聚区工程场地地震安全性评价项目浅层地震勘探工作，工作中使用国勘数字地球（北京）科技有限公司智能节点 80 道地震仪，根据不同测线的探测目的，采用道间距 5m 和 25 次覆盖的浅层地震反射技术，共完成 3 条地震剖面测线，测线剖面长度 5.4km，生产激发点 1350 个，共接收点 2700 个。

为了获得适合本测区不同测线条件的工作方法和参数，工作中进行了大量的现场试验，通过试验取得了适合本测区的探测方法和工作参数，在资料处理过程中，根据测区各干扰波特征，个别测线原始记录信噪比较低等不利因素，通过采用叠前叠后去噪、静校正、动校正、偏移等一系列有针对性的数据处理方法，获得了高信噪比的反射波叠加剖面图。资料解释中，在参考已有地质资料、初勘成果的基础上，对地震反射剖面进行分析和解释，得到了每条测线的深度解释剖面图，从而得到地质解释结果，综合以上对各地震勘探测线剖面的分析解释结果，本次浅层地震勘探的主要探测结果概述如下：

场地西侧布置一条由南向北测线 1，测线长度为 2200 米；在场地中侧布置一条由西向东测线 2-1，测线长度为 2300 米；在场地中侧另布置一条由东向西测线 2-2，测线长度为 900 米测线。图 8 为数据处理后的地震反射时间剖面及地质解释图，在图 8 地震反射时间剖面中，剖面中来自地下介质波阻抗差异界面的地震反射信息出现在 200ms 的时间范围内，根据各波组特征及波组间的相互关系，根据反射波震相特征对比，解释了第四系内部 3 组界面反射，分别用 T_{q1} 、 T_{q2} 、 T_{q3} 标识。

（1）1 测线

T_{q3} 呈近水平状展布，双程走时在 86~90ms 毫秒左右，反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。时深转换后 T_{q3} 反射界面埋深为 70~72m。根据地层资料、时-深转换剖面对比， T_{q3} 对应全新统 Q_4 至上更新统 Q_3 地层之间。

T_{Q2-1} 呈近水平状展布, 双程走时在 138~142ms 毫秒左右, 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪。时深转换后 T_{Q2} 反射界面埋深为 121~123m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, T_{Q2-1} 对应上更新统 Q_3 至中更新统 $Q_2^{s/}$ 地层之间。

T_{Q2-2} 呈近水平状展布, 双程走时在 215~218ms 毫秒左右。在剖面 CDP100-140 处, 呈近台阶状变浅, 反射能量略显较弱外, 其它段 T_{Q1} 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪, 在剖面 CDP140 以南, 深度缓慢变浅。双程反射时间为 215~218ms, 时深转换后 T_{Q1} 反射界面埋深为 200~203m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, T_{Q2-1} 对应上更新统 Q_3 至中更新统 $Q_2^{s/}$ 地层之间。

从剖面中反射波同相轴的横向连续性来看, $TQ3$ 、 $TQ2-1$ 、 $TQ2-2$ 在整个剖面中可连续追踪, 工程场地内没有第四系全新统(Q_4)、上更新统(Q_3)、中更新统(Q_2)断裂存在。(备注: 工程场地位于南阳盆地西缘, 缺失第四系下更新统 Q_1 。)

(2) 2-1 测线

T_{Q3} 呈近水平状展布, 双程走时在 90~92ms 毫秒左右, 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪。时深转换后 T_{Q3} 反射界面埋深为 71~73m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, T_{Q3} 对应全新统 Q_4 至上更新统 Q_3 地层之间。

T_{Q2-1} 呈近水平状展布, 双程走时在 144~158ms 毫秒左右, 反射波能量均衡, 同相轴能被连续追踪。时深转换后 T_{Q2} 反射界面埋深为 123~140m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, T_{Q2} 对应上新统 Q_3 至中更新统 Q_2 地层之间。

T_{Q2-2} 呈近水平状展布, 双程走时在 220~246ms 毫秒左右。在剖面 CDP95-120、CDP215-330 处, 反射能量略显较弱外, 呈近台阶状变浅外, 其它段反射波能量基本均衡, 同相轴基本能被连续追踪。时深转换后 T_{Q1} 反射界面埋深为 202~208m。根据地层资料、时-深转换剖面对比, T_{Q1} 对应中更新统 Q_2 至下更新统 Q_1 地层之间。

从剖面中反射波同相轴的横向连续性来看, $TQ3$ 、 $TQ2-1$ 、 $TQ2-2$

在整个剖面中可连续追踪，工程场地内没有第四系全新统(Q4)、上更新统(Q3)、中更新统(Q2)断裂存在。（备注：工程场地位于南阳盆地西缘，缺失第四系下更新统Q1。）

（3）2-2 测线

T_{Q3} 呈近水平状展布，双程走时在 135~145ms 毫秒左右，在剖面右侧桩号 1600 米（CDP800）以东段，反射能量略显较弱外，其它段 T_{Q3} 反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。双程反射时间为 135~145ms，时深转换后 T_{Q1} 反射界面埋深为 91~105m。根据地层资料、时-深转换剖面对比， T_{Q3} 对应全新统 Q_4 至上更新统 Q_3 地层之间。

T_{Q2-1} 呈近水平状展布，双程走时在 172~186ms 毫秒左右，在剖面右侧桩号 450 米（CDP180）以东段，缓慢变深， T_{Q2} 反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。双程反射时间为 172~186ms，时深转换后 T_{Q2} 反射界面埋深为 130~136m。根据地层资料、时-深转换剖面对比， T_{Q2} 对应上更新统 Q_3 至中更新统 Q_2 地层之间。

T_{Q2-2} 呈西低东高状展布，双程走时在 275~290ms 毫秒左右，在剖面由西至左侧 CDP0-CDP40 处，反射波形显得较为零乱，震相对比较困难，则呈波状起伏，反映了响应地层成层性的横向差异变化，其它段 T_{Q1} 反射波能量均衡，同相轴能被连续追踪。双程反射时间为 275~290ms，时深转换后 T_{Q1} 反射界面埋深为 222~226m。根据地层资料、时-深转换剖面对比， T_{Q1} 对应中更新统 Q_2 至下更新统 Q_1 地层之间。

从剖面中反射波同相轴的横向连续性来看， T_{Q3} 、 T_{Q2-1} 、 T_{Q2-2} 在整个剖面中可连续追踪，工程场地内没有第四系全新统(Q4)、上更新统(Q3)、中更新统(Q2)断裂存在。（备注：工程场地位于南阳盆地西缘，缺失第四系下更新统Q1。）

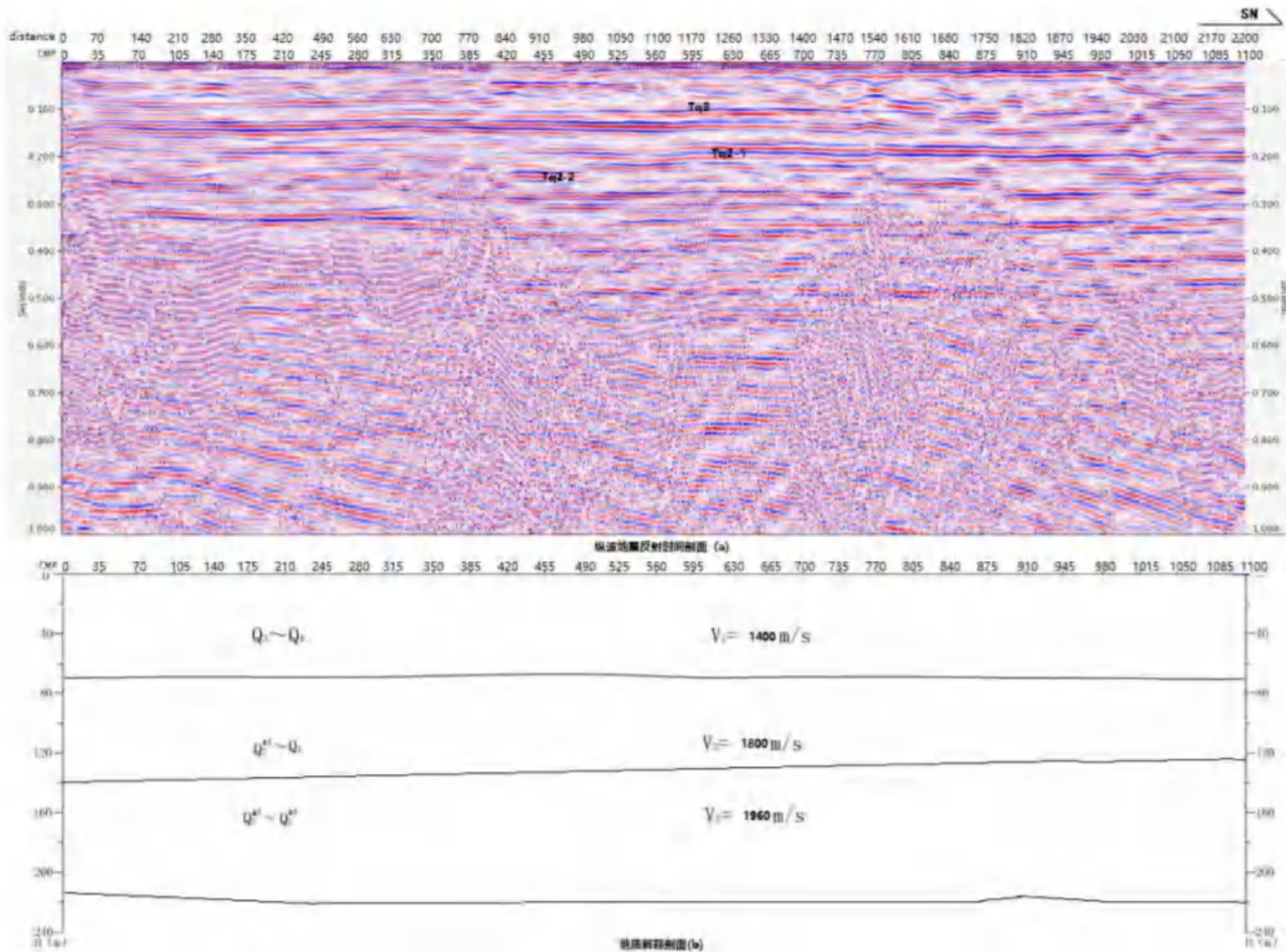


图 8.1 地震勘探 1 测线纵波地震反射时间与地质解释剖面图

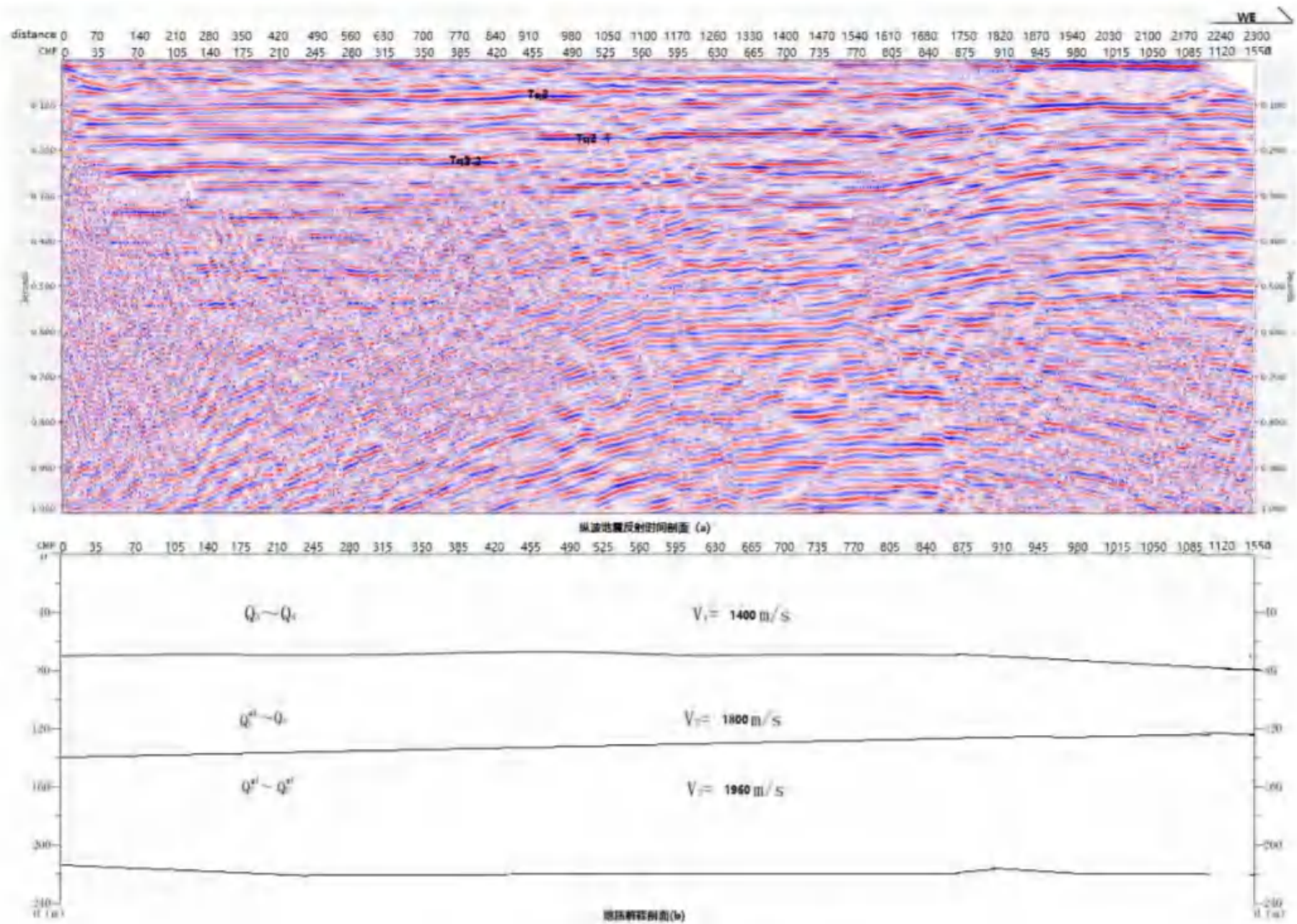


图 8.2 地震勘探 2-1 测线纵波地震反射时间与地质解释剖面图

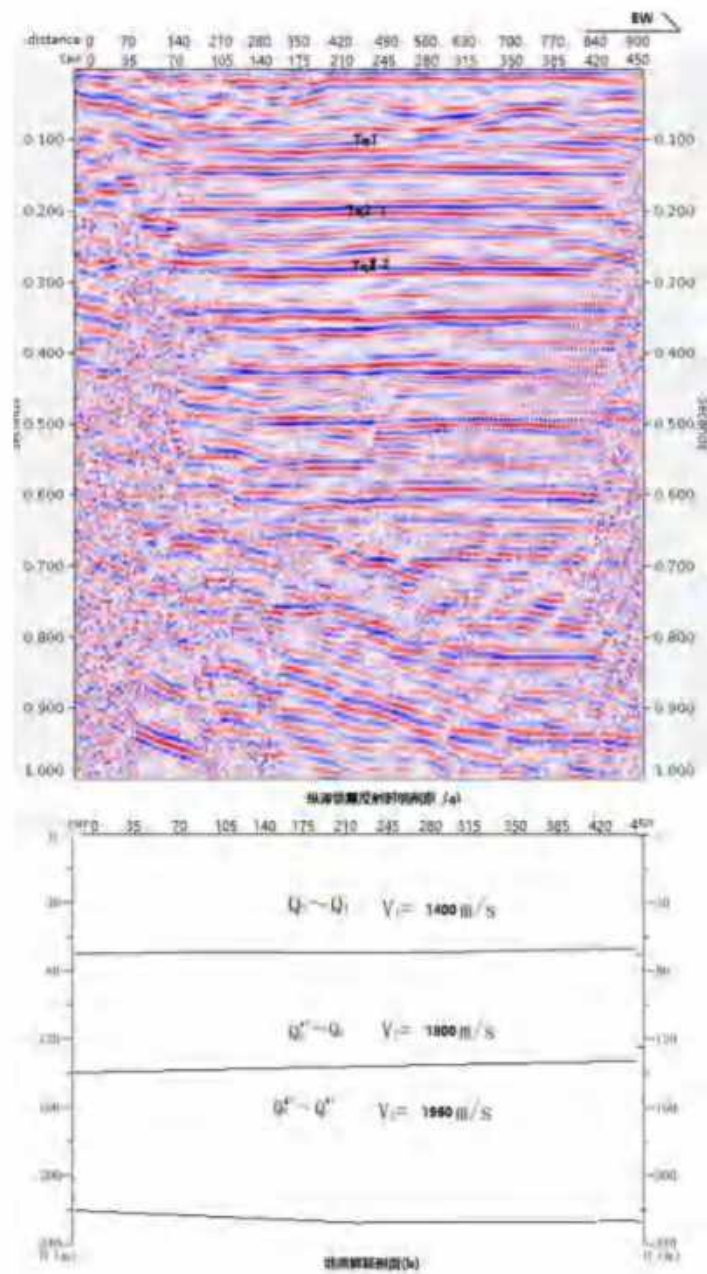


图 8.3 地震勘探 2-2 测线纵波地震反射时间与地质解释剖面图

野外工作照片集









附件 3:

新野县产业集聚区西区工程场地钻孔及波速测试报告

河南城安衡测工程技术有限公司

2021 年 9 月

目 录

1.	现场工作概况.....
2.	仪器设备及测试方法.....
3.	地震钻孔施工.....
4.	场地工程地质条件.....
5.	波速测试成果.....

附件

①	、工程场地钻孔波速柱状图.....
②	、工程场地波速波列曲线图.....

(1) 现场工作概况

新野县产业集聚区西区位于新城大道与纬二路交叉口西侧。工程场地所处地貌单元为黄淮冲积平原，场地地形平坦。依据地震安全性评价设计要求和场地的现有条件，我公司完成了工程场地地震安全性评价的钻孔及波速测试工作。在工程场地布设了 7 个地震波速测试钻孔（见图 1），编号分别为 zk1~zk7，用于控制场地地震工程地质条件。



图 1 工程场地地震钻孔平面位置分布示意图

(2) 仪器设备及测试方法

使用仪器为河北省廊坊开发区大地工程检测技术开发有限公司生产的 XG-I 悬挂式波速测井仪（图 2），仪器主要技术指标如下：



图 2 XG-I 型波速测井仪

动态范围：96dB；

前放增益：18~60dB（8~1000 倍）；通道数：1
至3 道可选；

采样间隔：0.003~10ms 可调；

采样次数：512~16k 可调；

仪器接收信号的探头采用悬挂式井中检波器（图3），主要技术指标如下：水平检波器的固有频率为 60Hz，灵敏度为 30V/m/s。



图 3 探头组成示意图

电磁式激振源指标：供电电压直流 48V，电流 $\leq 6A$ 。

工作时将悬挂式探头（即振源和检波器）放入孔中，用孔中的泥浆液作为震源和检波器与井壁耦合介质。震源为水平激振（垂直井壁）激发产生 P、S 波，S 波沿井壁地层传播，由两个相距 1m 的检波器接收沿井壁传播的 S 波振动信号并把 S 波的振动信号转换成电信号，通过电缆由主机记录显示存储。主机对信号进行数据处理后采用两道互相关分析方法，自动计算 S 波在两道检波器间传播的时间差，从而计算出两道间的 S 波传播速度。测试顺序自下而上逐点进行，测点深度间 1.0m。

（3）地震钻孔施工

本次波速测试孔采用钻探方法揭露地层，并在钻孔中取土试样。室内资料整理采用《岩土工程勘察软件》进行工程地质编图。报告编写执行《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）2016 版。

（1）钻探施工共投入 DPP100-3E 型车装工程钻机 2 台。地下水位以上采用干法钻进，地下水位以下采用泥浆护壁回转钻进；

（2）现场原状土试样的采取，采用薄壁取土器静力连续压入取土法，原状土样质量等级 I 级；

（3）标准贯入试验采用自动脱钩落锤装置，操作严格遵守《标准贯入试验操作规程》；

（4）场地勘探点测量根据波速孔平面位置图，使用 TDJ6 型经纬仪视距法结合钢尺测设到位。

（4）场地工程地质条件

1、该场地位于新城大道与纬二路交叉口西侧。程场地所处地貌单元为黄淮冲积平原，场地地形平坦，无地下埋藏物。

2、水文地质条件

勘察期间在勘察深度内没有发现地下水。可不考虑地下水对基础的影响。地基土对钢结构具弱腐蚀性，对砼、钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

3、地层岩性描述

根据钻探结果及室内土工试验，场地钻探深度内地层按其时代成因、工程地质特征划分为 9

个主单元土层，即①杂填土；②粉质粘土；③含泥细砂；④含泥粗砂；⑤粉质粘土；⑥含泥中砂；⑦粉质粘土；⑧含泥粗砂；⑨粉质粘土；详细分述如下：

现将各地层主要岩性特征自上而下分述如下：

第①层杂填土：褐黄色、松散、稍湿，以粘性土为主，含少量植物根系、砖块、石子等。

第②层粉质粘土：褐黄色，湿，可塑，切面光滑，无摇震反应，有光泽，干强度及韧性中等，含少量灰白泥质条纹及钙质结核。

第③层含泥细砂：黄褐色，稍密，散粒结构，层状构造，主要矿物成分为石英和长石。

第④层含泥粗砂：黄褐色，稍密，散粒结构，层状构造，主要矿物成分为石英和长石。

第⑤层粉质粘土：黄褐色为主，湿，硬塑，团粒结构，层状构造，含有铁锰结核和少量礞石。

第⑥层含泥中砂：灰白-黄褐色，湿，坚硬，切面光滑，含少量黑色铁锰质结核及钙质结核。钙质结核部分地段富集，局部含泥质粗砂透镜体。

第⑦层粉质粘土：浅黄色-灰白色、中密、饱和，上部颗粒较细，含少量泥质成分，局部含少量砾石成分，泥质成分含量在30%左右，砂粒成分主要以长石、石英为主。

第⑧层含泥粗砂：浅黄色-灰白色、密实、饱和，上部颗粒较细，局部泥质含量较大，局部卵砾石成分富集，砂粒成分主要以长石、石英为主。

第⑨层粉质粘土：灰白，湿，坚硬，含少量黑色铁锰质结核及钙质结核，局部含少量泥质粗砂透镜体。

各层地基土的分布及埋藏条件见波速柱状图（见附件①）。

（5）波速测试成果

根据本次勘察测试数据，汇集于剪切波速柱状图中，统计计算及场地类别划分如下：

1、工程场地钻孔波速柱状图（见附件①）

2、场地类别的划分

为准确确定场地土的类型，场地覆盖层厚度及建筑场地类别，在1#至7#孔进行了剪切波速测试，结果详见“波速柱状图”。从工程场区内7个钻孔的剪切波速测试成果可见表1 工程地震钻孔的土

层等效剪切波速、建筑场地类别划分波速测试结果显示，场地覆盖层厚度分别为 40m，39m，45m，43m，42m，40m，39m，因此，覆盖层厚度属于 3-50m 范围。依据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版）第 4.1.3 条、第 4.1.6 条规定，判定本项目场地类别为 II 类。

钻 孔编号	20 米等效剪切波 速 v_{se} (m/s)	覆 盖 层 厚 (m)	建筑场地类 别
Zk1	234	40	II
Zk2	184	39	II
Zk3	206	45	II
Zk4	197	43	II
Zk5	192	42	II
Zk6	196	40	II
Zk7	206	39	II

表 1 工程地震钻孔的土层等效剪切波速、建筑场地类别划分

附件① 工程场地钻孔波速柱状图

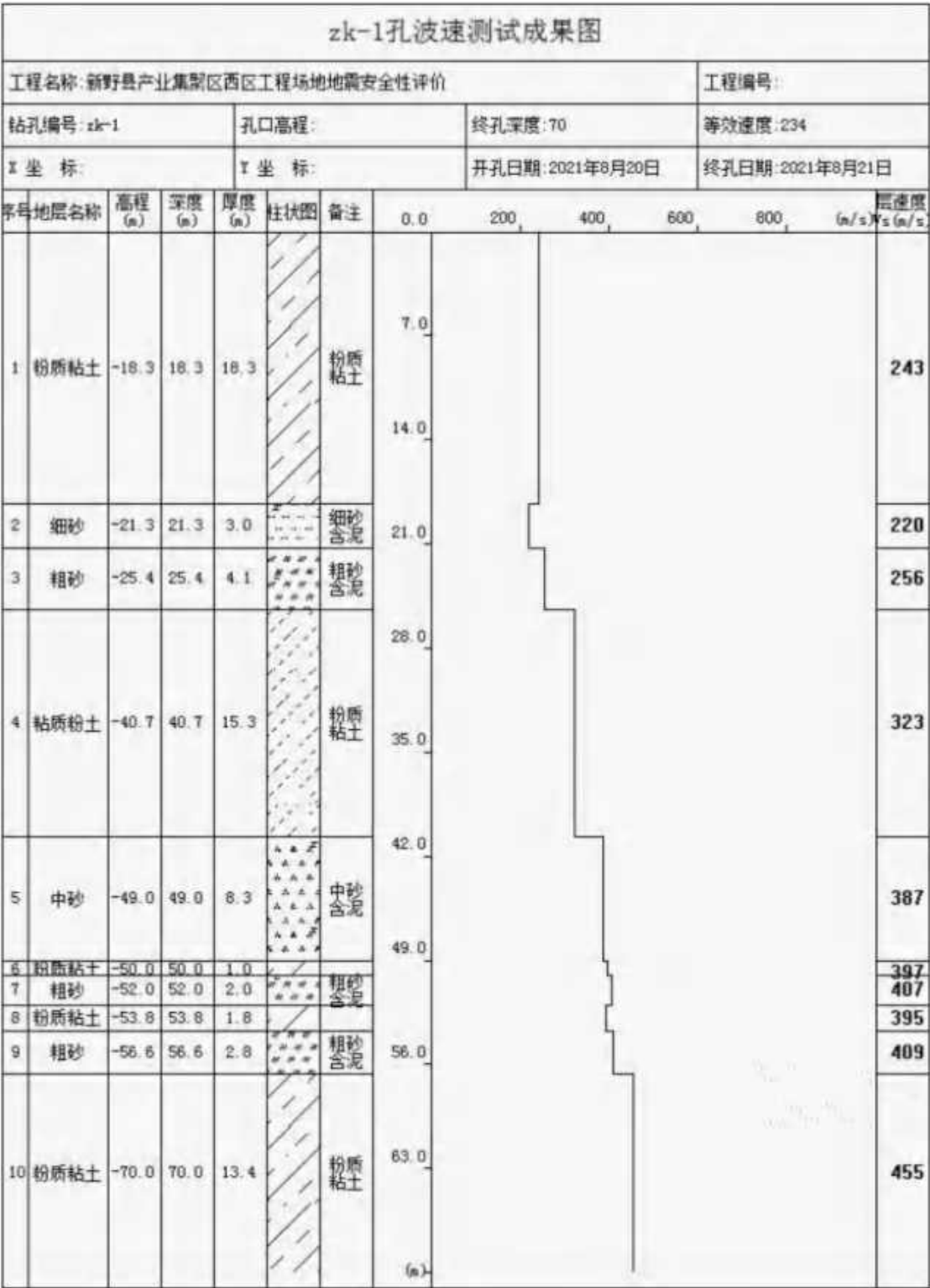


图1 工程场地 1 号波速测试孔剪切波速测试结果

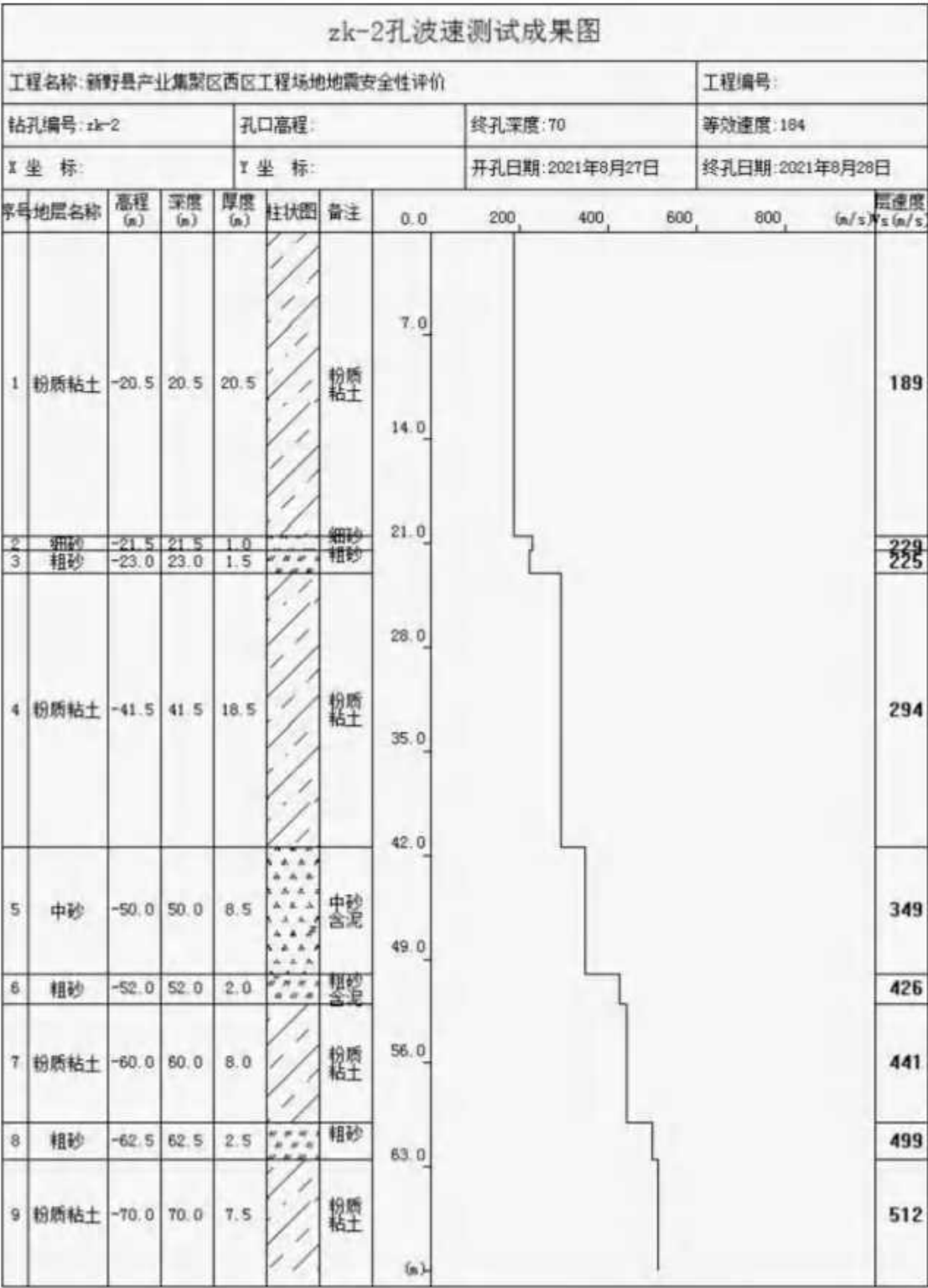


图 2 工程场地 2 号波速测试孔剪切波速测试结果

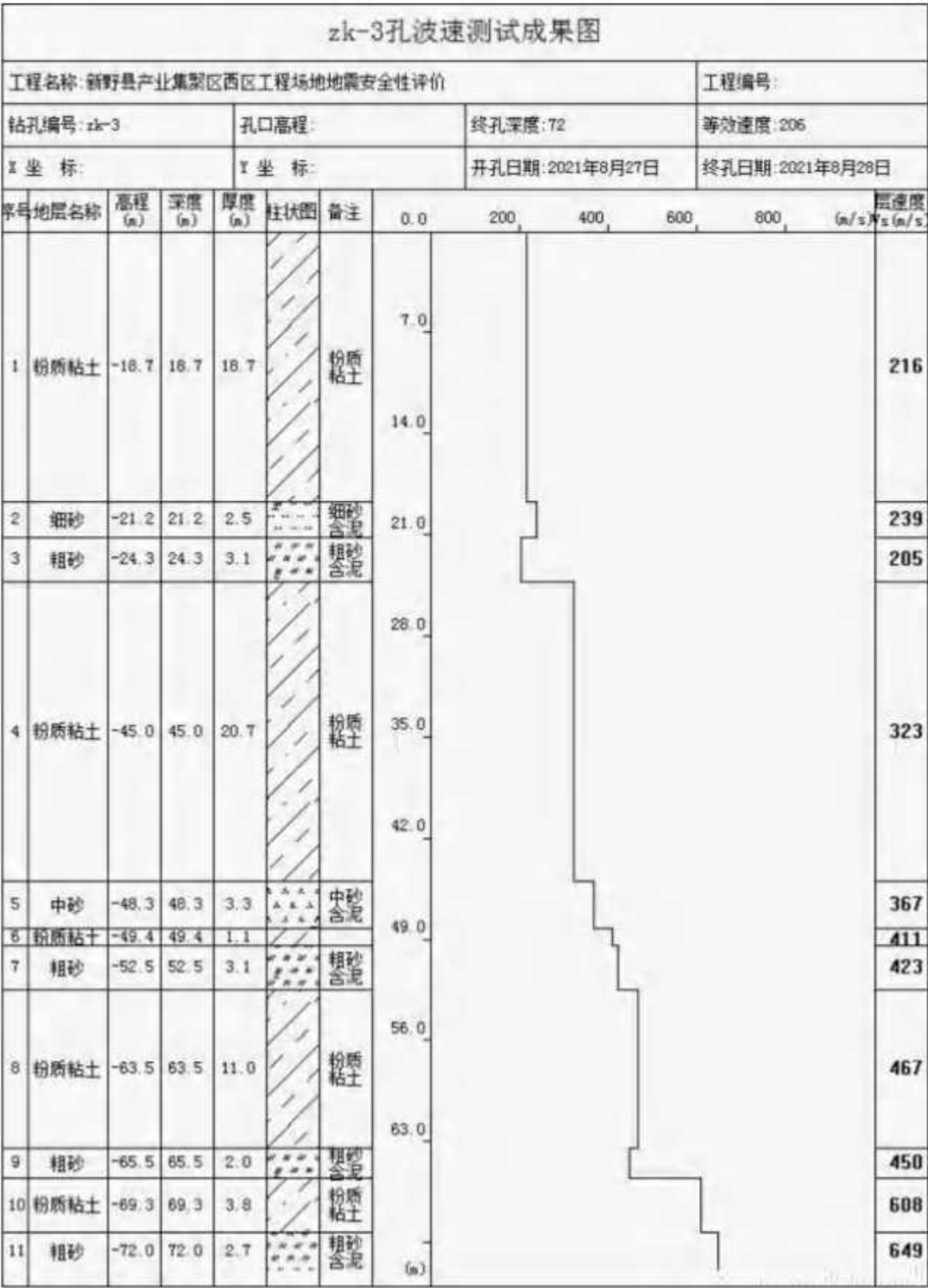


图 3 工程场地 3 号波速测试孔剪切波速测试结果

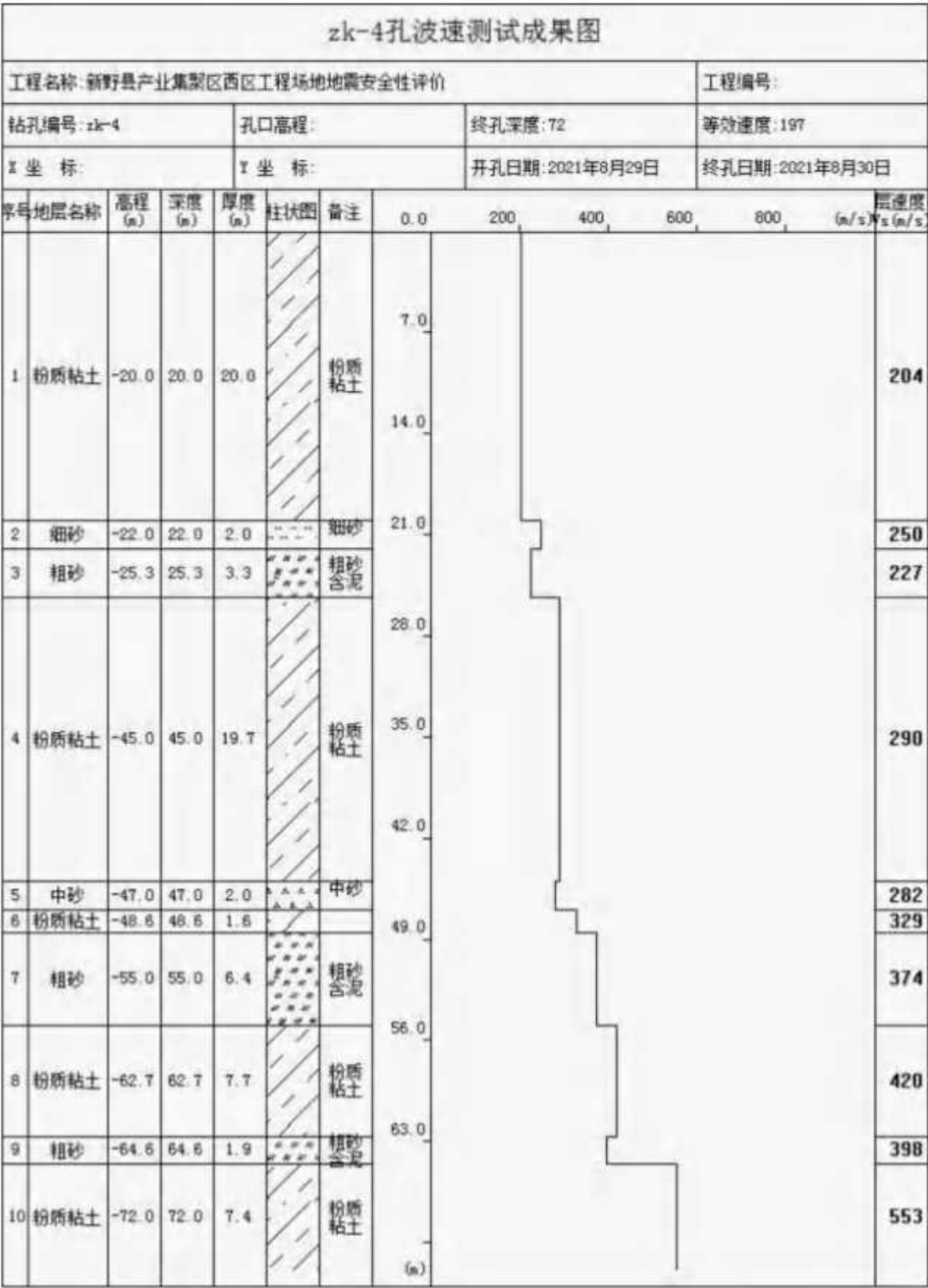


图 4 工程场地 4 号波速测试孔剪切波速测试结果

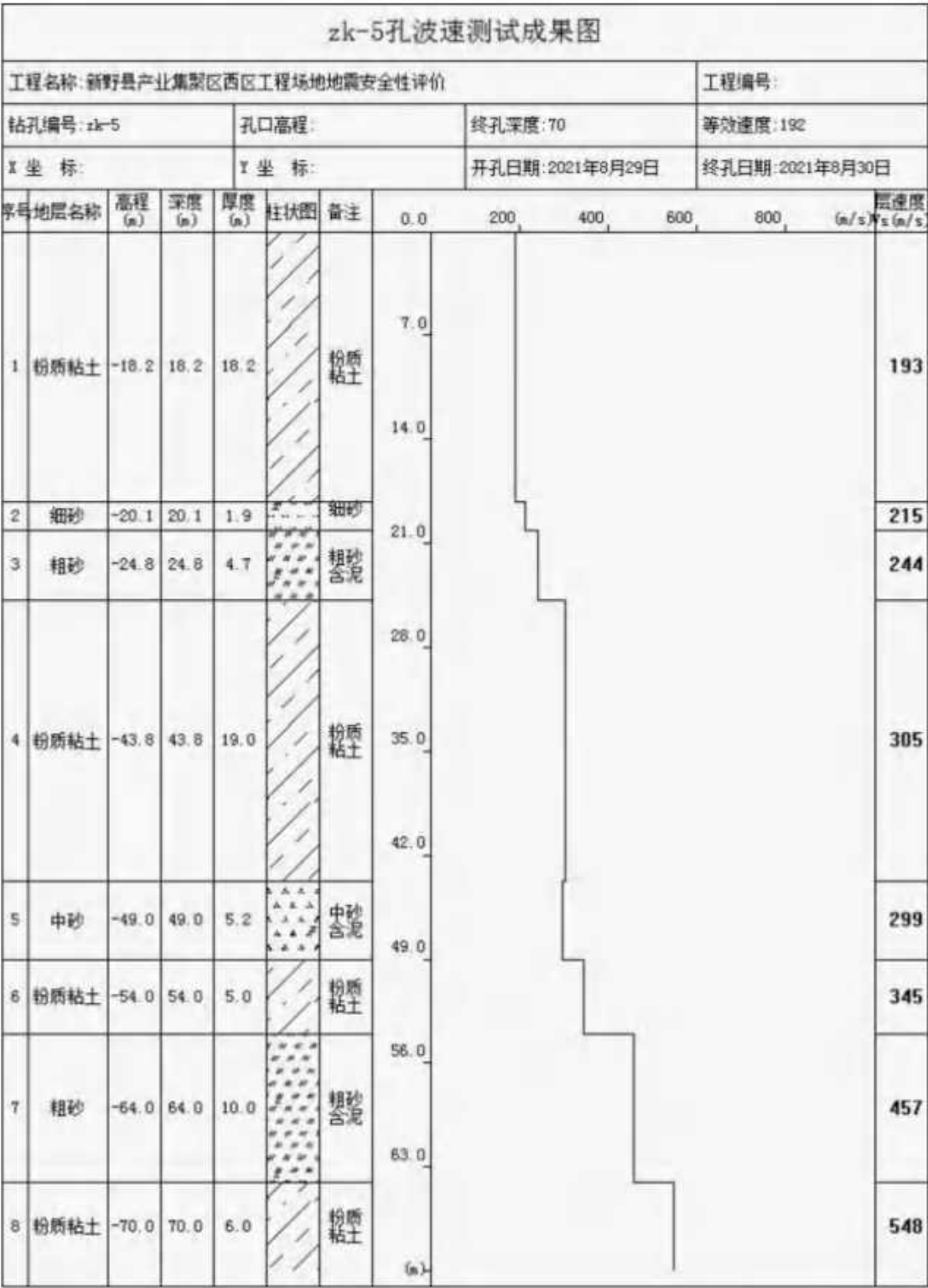


图 5 工程场地 5 号波速测试孔剪切波速测试结果

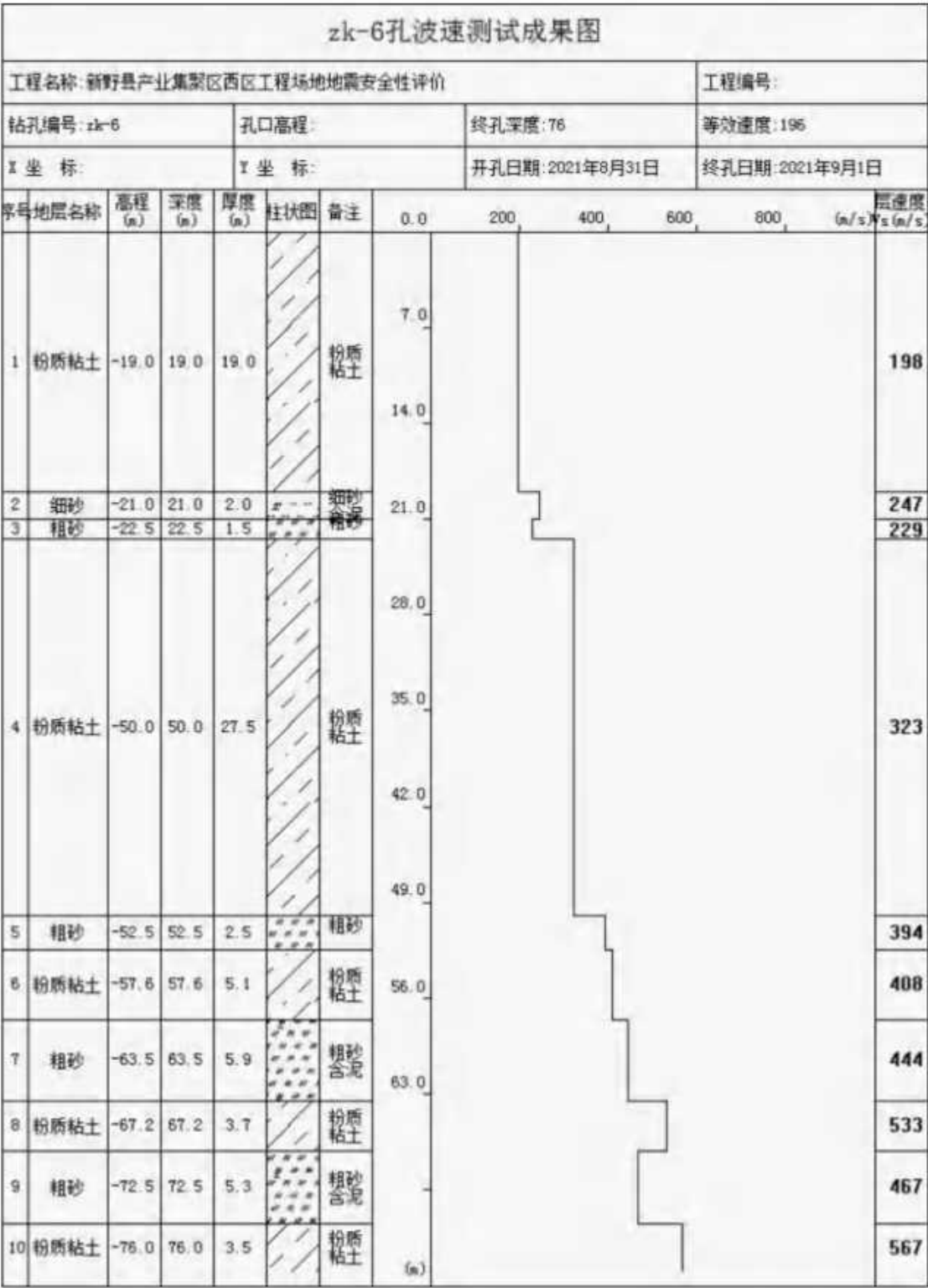


图 6 工程场地 6 号波速测试孔剪切波速测试结果

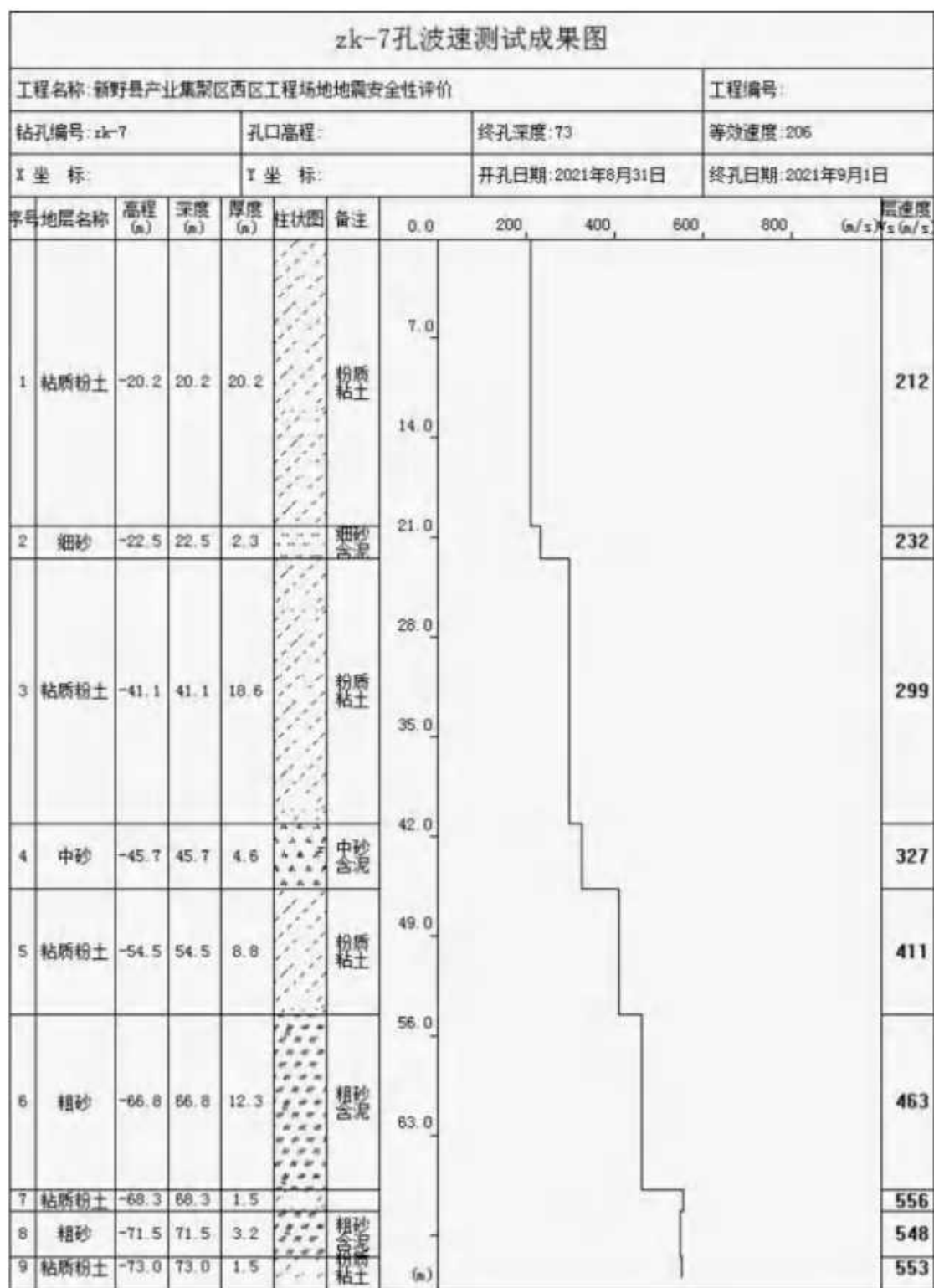


图 7 工程场地 7 号波速测试孔剪切波速测试结果

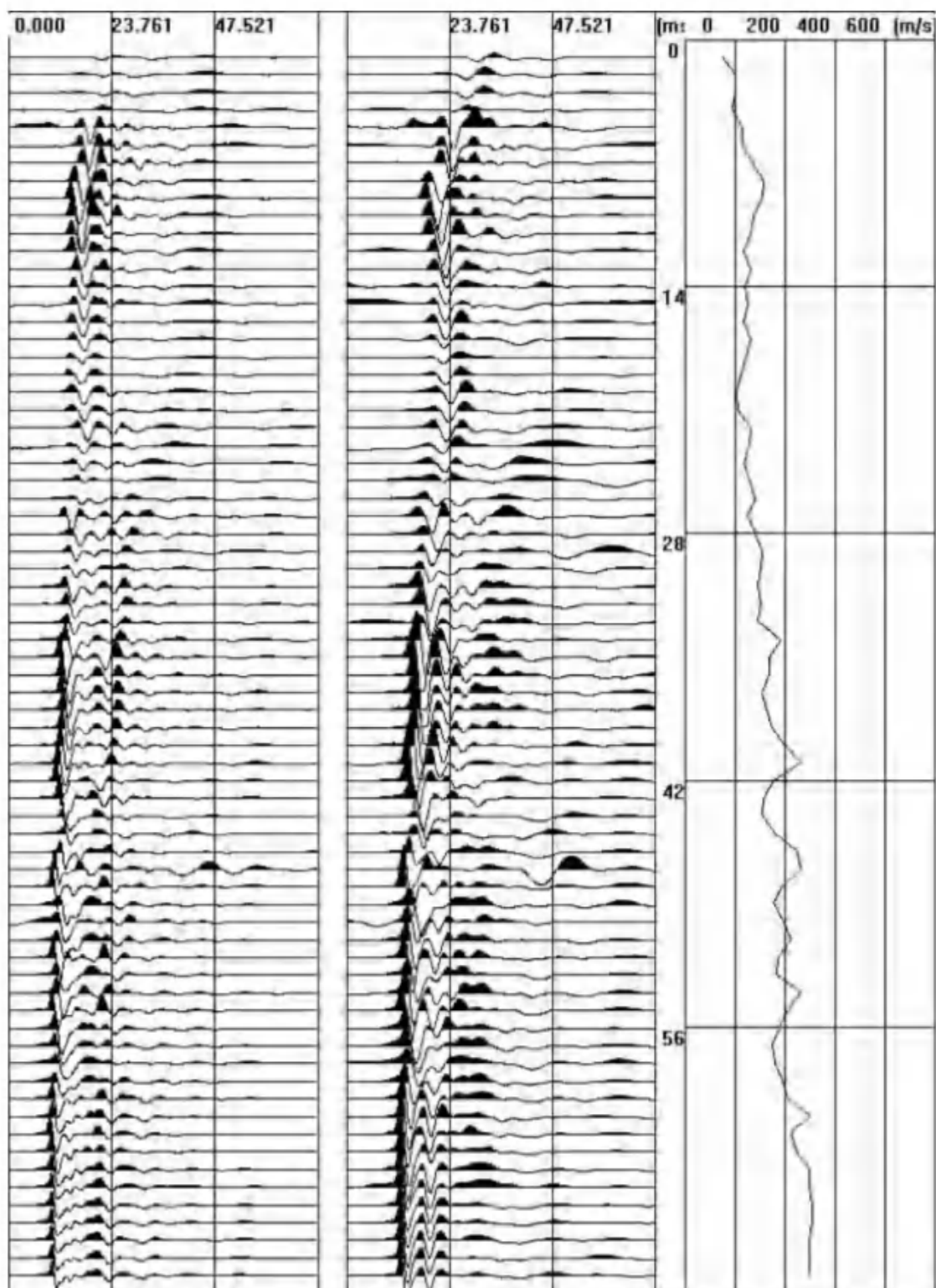


图 1 工程场地 1 号钻孔波速波列曲线图

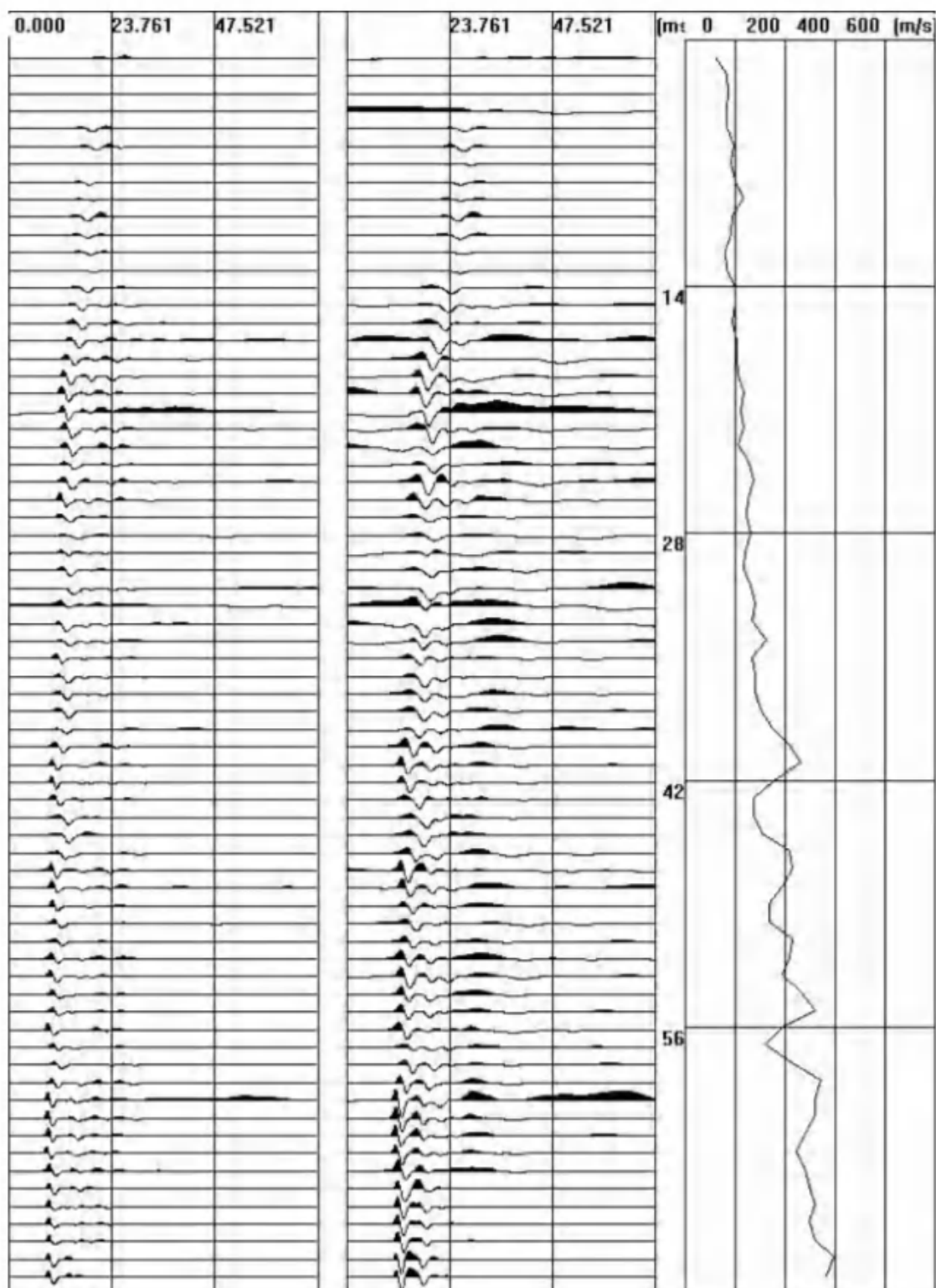


图 2 工程场地 2 号钻孔波速波列曲线图

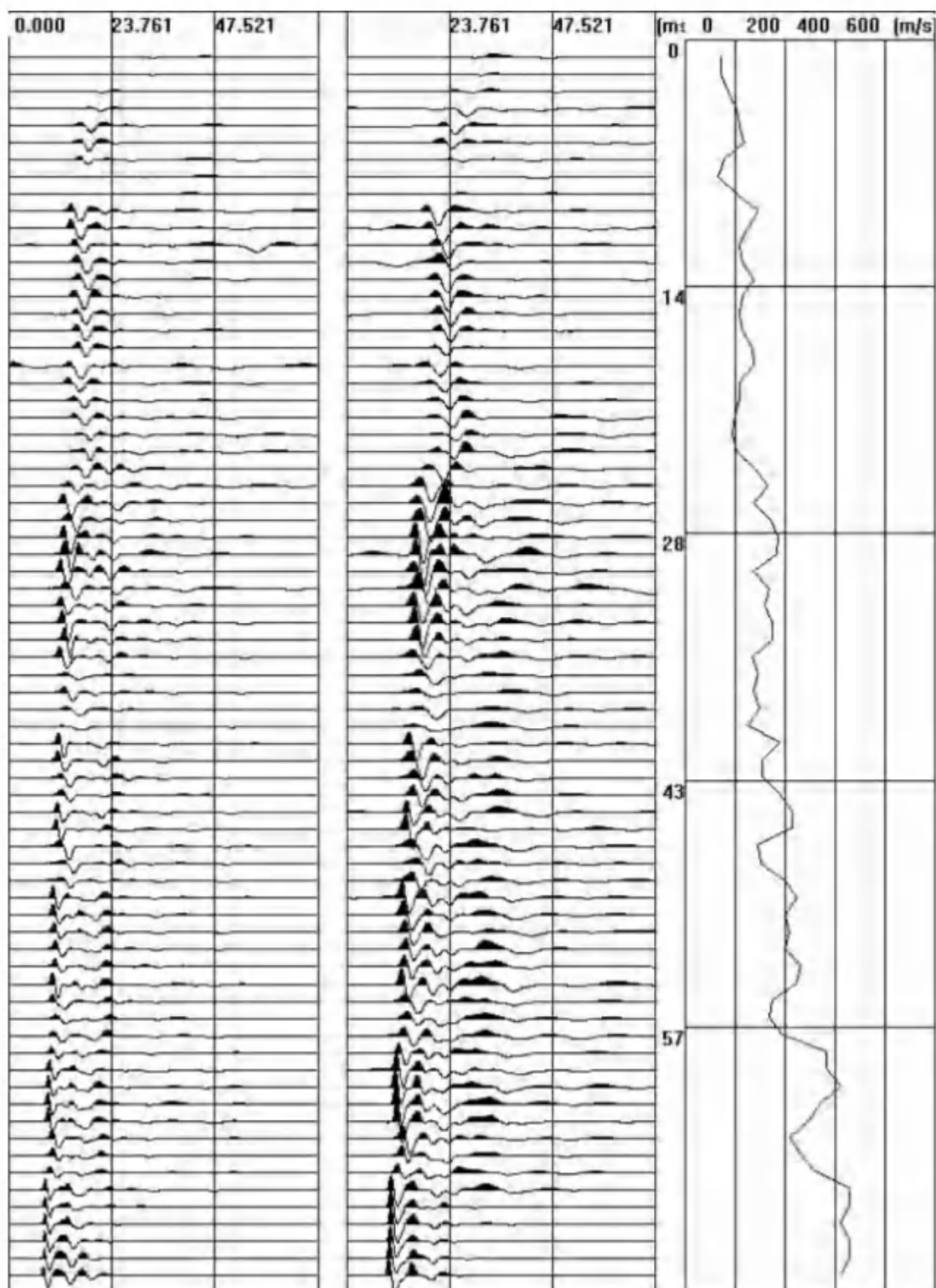


图 3 工程场地 3 号钻孔波速波列曲线图

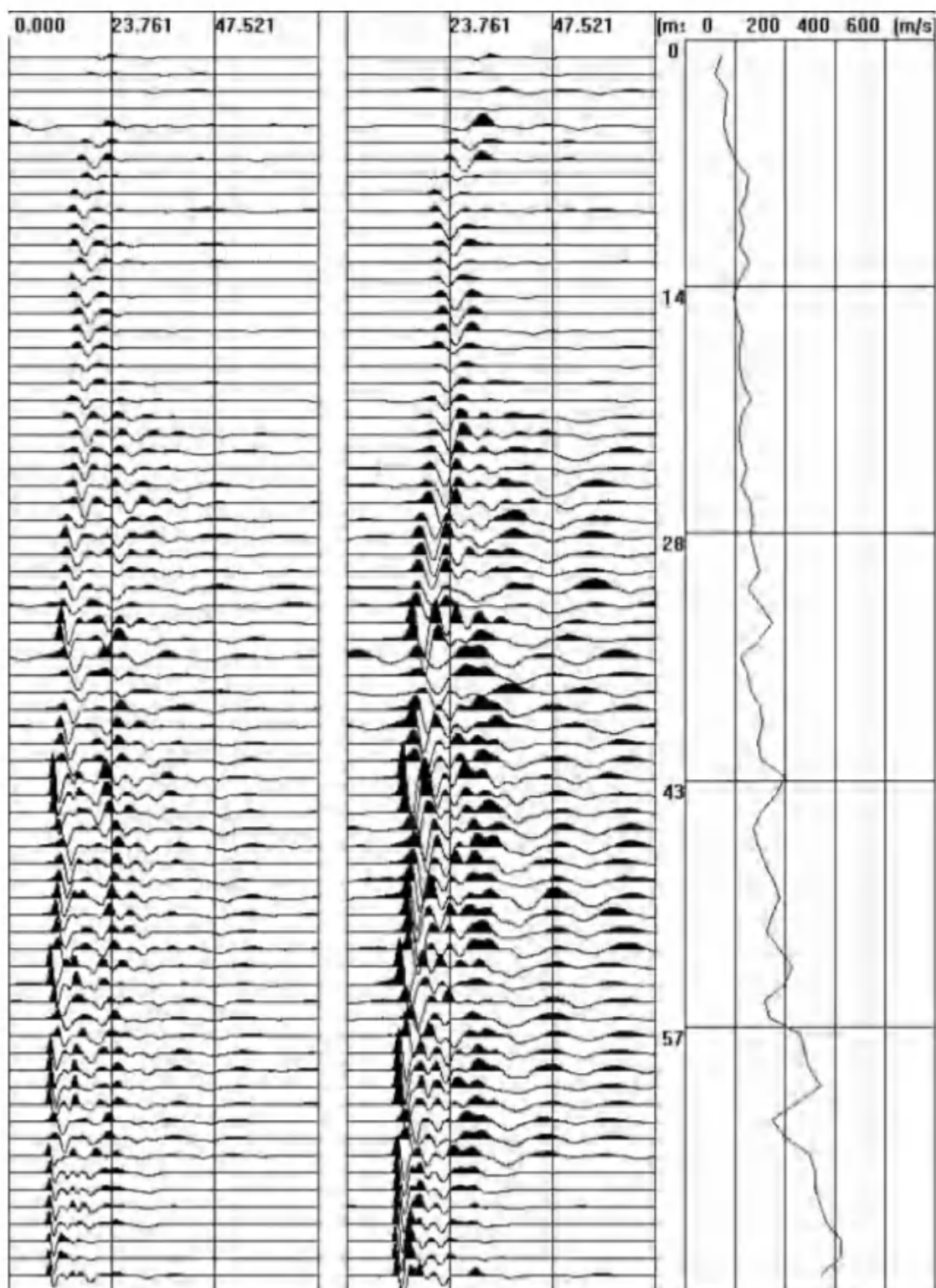


图 4 工程场地 4 号钻孔波速波列曲线图

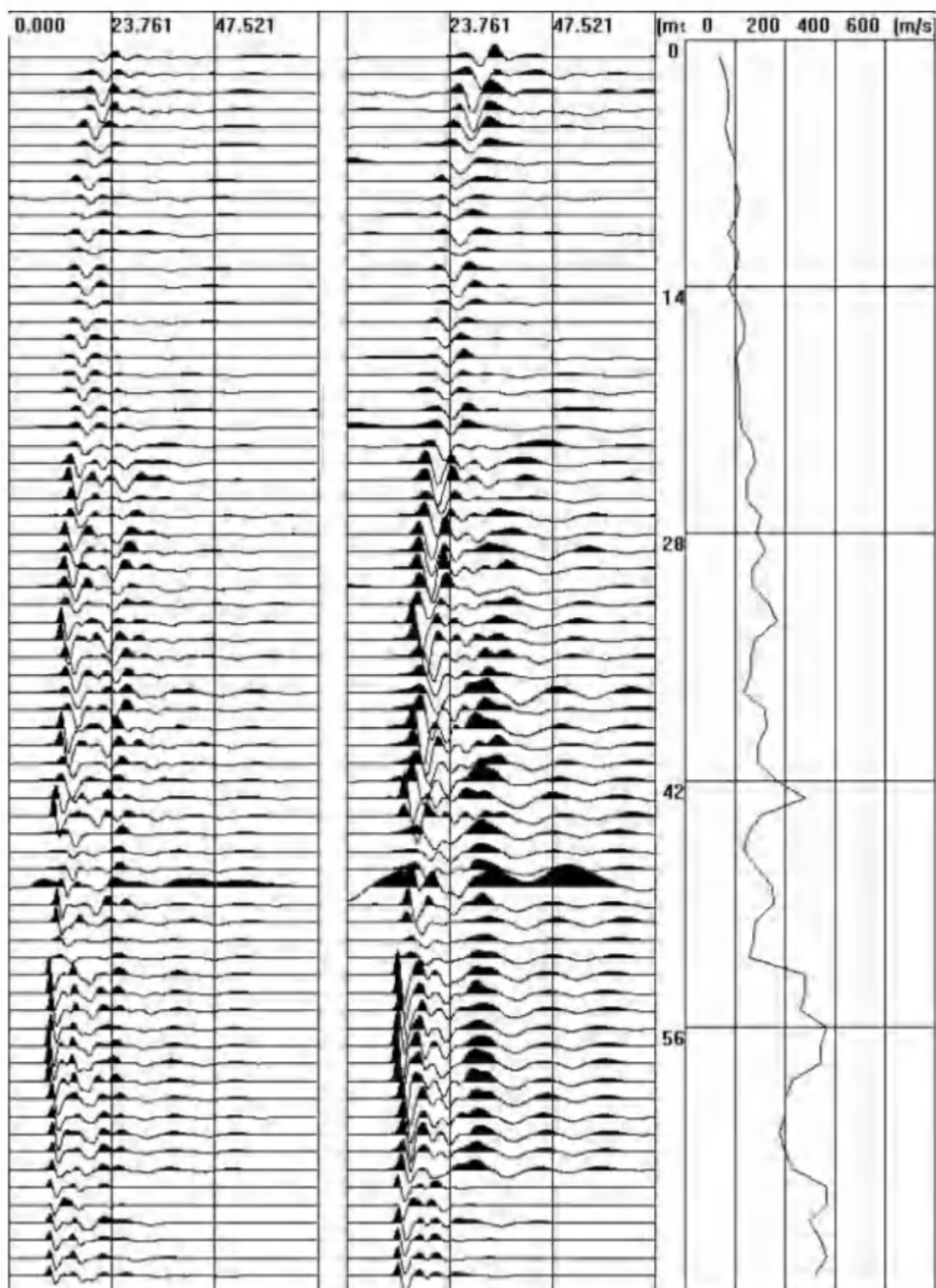


图 5 工程场地 5 号钻孔波速波列曲线图

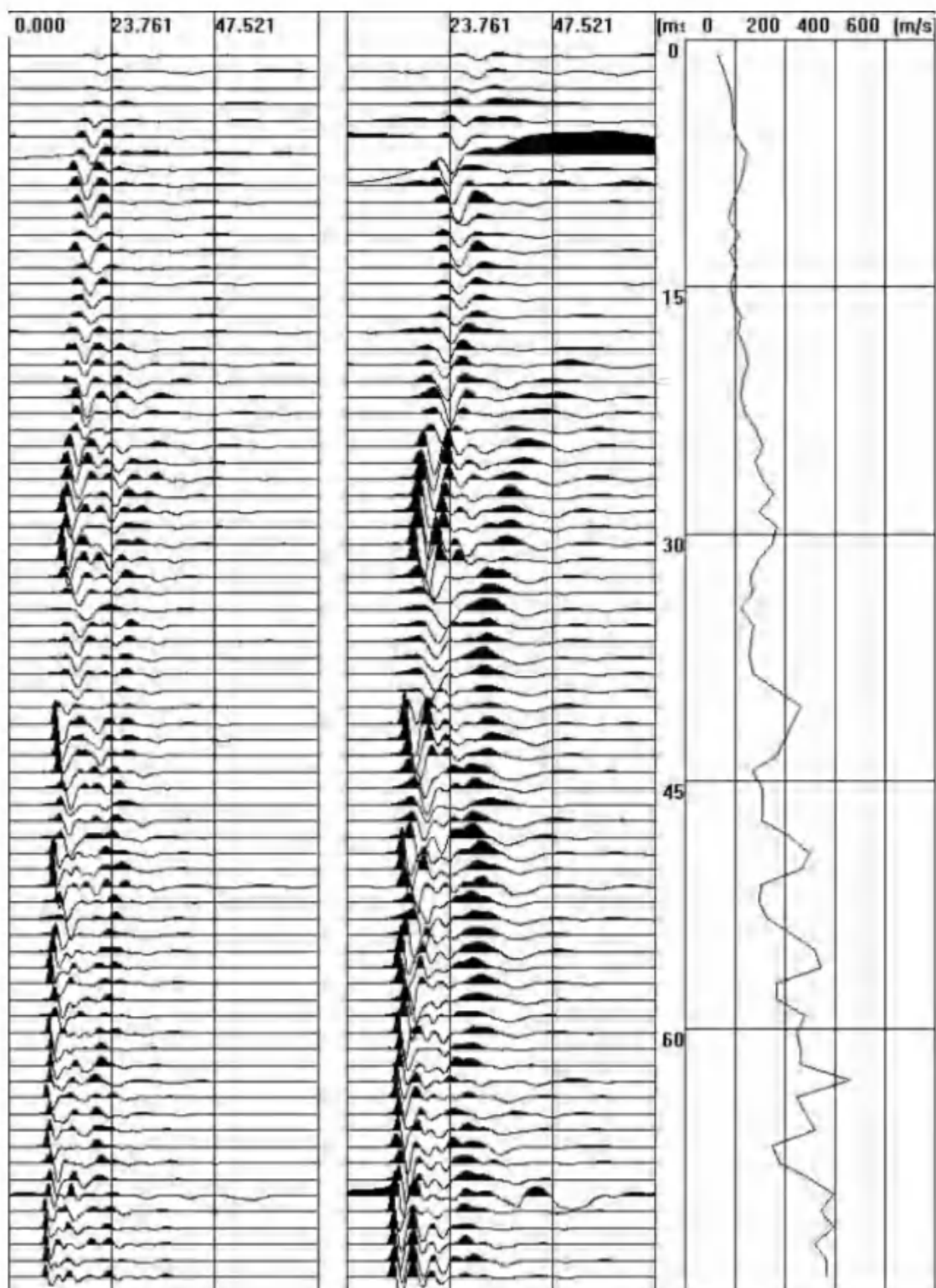


图 6 工程场地 6 号钻孔波速波列曲线图

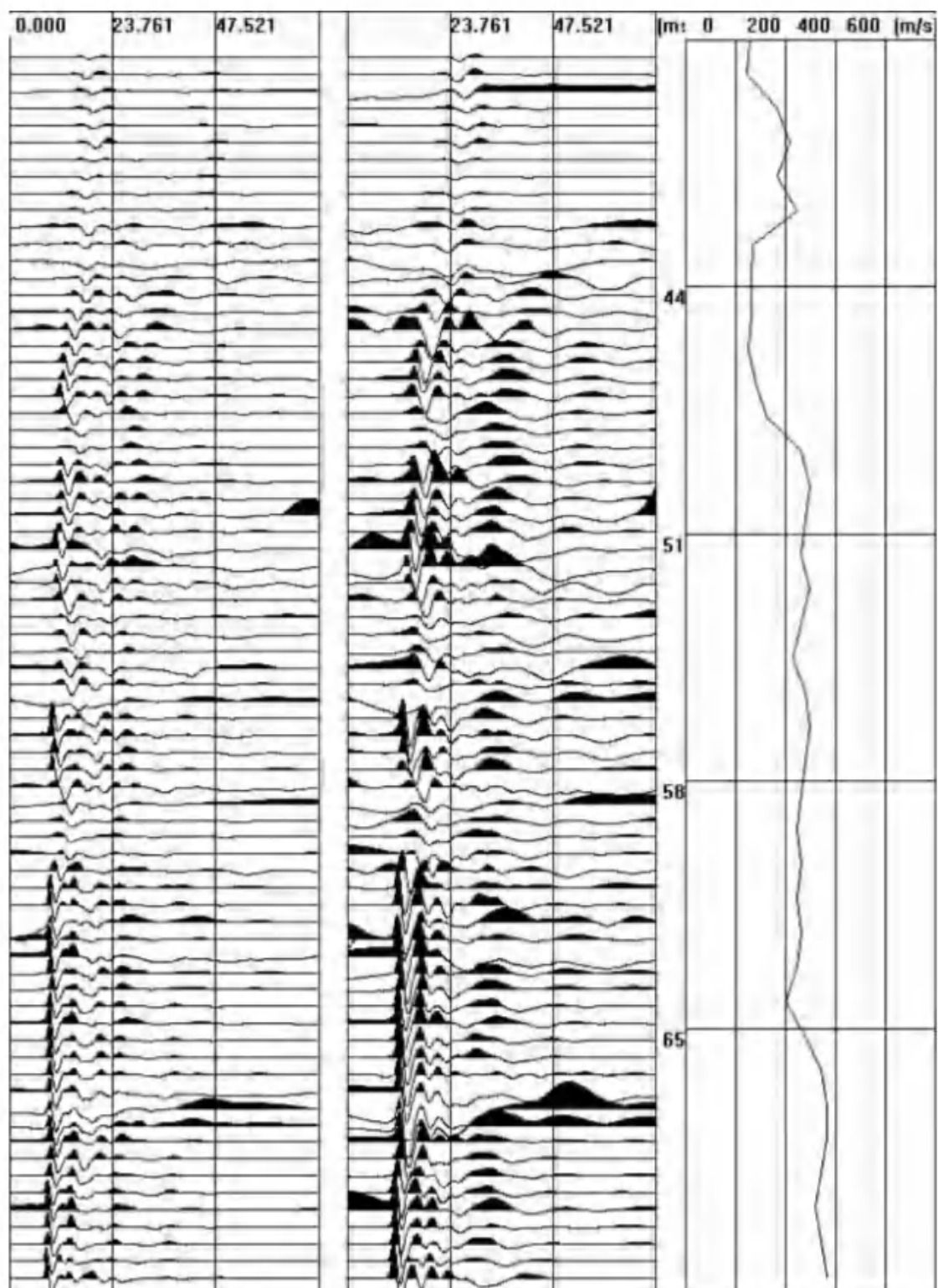


图 7 工程场地 7 号钻孔波速波列曲线图

附件 4:

新野县产业集聚区西区工程场地地震安全性评价
工程场地现场工作照

河南城安衡测工程技术有限公司

2021 年 9 月



图 1 工程场地 1 号钻孔现场工作照



纬度:32.4948863
经度:112.2949658
时间:2021-08-21 18:37:08
地址:河南省南阳市新野县靠近中
棉集团河南物流园新野库区
描述:点我编辑

图 2 工程场地 1 号钻孔现场工作照



图 3 工程场地 2 号钻孔现场工作照



图 4 工程场地 2 号钻孔现场工作照



图 5 工程场地 3 号钻孔现场工作照



图 6 工程场地 3 号钻孔现场工作照



图 7 工程场地 4 号钻孔现场工作照



图 8 工程场地 4 号钻孔现场工作照



图 9 工程场地 5 号钻孔现场工作照



图 10 工程场地 5 号钻孔现场工作照



图 11 工程场地 6 号钻孔现场工作照



图 12 工程场地 6 号钻孔现场工作照



图 13 工程场地 7 号钻孔现场工作照



图 14 工程场地 7 号钻孔现场工作照

新野县产业集聚区（东区）区域性 地震安全性评价报告



中国地震灾害防御中心
河南城安衡测工程技术有限公司

二〇二一年十二月



项目名称：新野县产业集聚区区域地震安全评估报告

委托方：新野县应急管理局

承担方：中国地震灾害防御中心

河南城安衡测工程技术有限公司

项目负责人：杨彩红 高级工程师

杨彩红

总技术负责人：罗浩 高级工程师 缙亚森 工程师 刘志成 工程师

罗浩

缙亚森

刘志成

专业技术负责人：

地震构造评价：罗浩 高级工程师 缙亚森 工程师 刘志成 工程师

罗浩

缙亚森

刘志成

地震活动性评价：王继 高级工程师 张效亮 高级工程师

易佳 工程师

王继

张效亮

易佳

工程场地地震影响评价：吴昊 高级工程师 杨彩红 高级工程师

阚文亮 工程师

吴昊

阚文亮

新野县产业集聚区（东区） 区域性地震安全性评价报告技术审查意见

2022 年 1 月 7 日，河南省地震局组织专家（名单附后）在郑州以视频会议形式对中国地震灾害防御中心、河南城安衡测工程技术有限公司联合承担的《新野县产业集聚区（东区）区域性地震安全性评价报告》进行了技术审查。专家组在审阅报告的基础上，听取承担单位的成果汇报，经质询和讨论，形成技术审查意见如下：

1、在搜集区域地质、地球物理、地震资料的基础上，评价了区域地震活动和地震构造环境。

2、在搜集地震活动与地震地质资料的基础上，评价了近场区主要断层活动性和地震活动特征。

3、通过在目标区开展的断层勘查，确定目标区无活动断层通过。

4、通过概率地震危险性分析，给出了目标区各控制点 50 年超越概率 63%、10%、2%和 100 年超越概率 63%、10%、2%、1%基岩地震动峰值加速度和加速度反应谱。

5、在目标区开展场地地震工程地质条件勘测的基础上，通过土层地震反应分析，得到了目标区各控制点 50 年超越概率 63%、10%、2%和 100 年超越概率 63%、10%、2%、1%场地地震动参数。进而对目标区地震地质灾害进行了初步评价。

6、建立了目标区区域性地震安全性评价技术服务系统。报告技术路线正确，资料齐全，工作方法恰当，结论可

信，符合 GB 17741—2005《工程场地地震安全性评价》、《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》（中震防函〔2019〕21号）的规定，专家组同意报告通过技术审查。

专家组组长：傅海

2022年1月7日

专家签到表

项目名称: 新野县产业集聚区区域地震安全评估项目

[illegible]



河南省地震局
Henan Earthquake Agency

防震减灾



政务公开

新闻资讯

公共服务

地震科普

专题栏目

政务服务

震情速报

2022-03-14 02:28:48.0在广东惠州市惠东县海域发生4.1级...

搜索

搜索

当前位置：首页 > 政务公开 > 信息公开

河南省区域性地震安全性评价技术审查情况的公示（2022年第一次）

索引号：2022-03-11-31-20001 来源：防震减灾处（公共服务处） 发布日期：

[河南省区域性地震安全性评价技术审查情况的公示（2022年第一次）.doc](#)

（责任校对：刘健）

相关链接

上一篇：河南省地震局2021年政府信息公开工作年度报告

下一篇：河南省区域性地震安全性评价技术审查情况的公示（2022年第二次）

河南省区域性地震安全性评价 技术审查情况的公示（2022 年第一次）

2022 年 1 月，河南省地震局按照《河南省区域性地震安全性评价工作管理办法（试行）》（豫震防发〔2020〕25 号），共组织开展了 2 个区域性地震安全性评价项目的技术审查工作，现就有关情况公示如下：

序号	项目名称	委托方	承担单位	项目情况
1	新野县产业集聚区（东区）区域性地震安全性评价报告	新野县应急管理局	中国地震灾害防御中心、河南城安衡测工程技术有限公司联合承担	2022 年 1 月 7 日，报告经河南省地震安全性评价技术审查专家库专家技术审查通过。
2	社旗县产业集聚区管理委员会社旗县产业集聚区纬三路至纬六路区域性地震安全性评价报告	社旗县产业集聚区管理委员会	中国地震灾害防御中心、河南城安衡测工程技术有限公司联合承担	2022 年 1 月 7 日，报告经河南省地震安全性评价技术审查专家库专家技术审查通过。

目 录

前 言.....	1
第一章 区域与近场区地震活动性	7
1.1 地震资料概况	7
1.2 区域地震活动性	10
1.3 历史地震对目标区的影响烈度	18
1.4 区域现代构造应力场特征	28
1.5 近场区地震活动性	31
1.6 区域和近场区地震活动环境评价	32
第二章 区域地震构造环境评价	34
2.1 区域大地构造特征	34
2.2 区域新构造运动特征及其分区	42
2.3 区域地球物理场与深部构造	49
2.4 区域主要断裂活动性	57
2.5 区域地震地质环境分析	85
第三章 近场区地震构造环境	87
3.1 近场区地质构造概况	87
3.2 近场区地貌特征和新构造特征	88
3.3 近场区主要断裂	90
3.4 近场区地震构造评价	94
3.5 目标区断层勘查与活动性鉴定	95
第四章 地震危险性分析	103
4.1 地震危险性分析方法概述	103
4.2 潜在震源区划分	104
4.3 地震活动性参数确定	109
4.4 地震动预测方程	115
4.5 地震危险性计算结果	117
第五章 场地地震工程地质条件	125
5.1 场地概况及地层岩性	128
5.2 土层波速测试	148

5.3 场地类别划分	164
5.4 场地土动力特征	167
5.5 目标区场地地震工程地质条件评价	205
第六章 场地土层地震反应分析	206
6.1 场地基岩的人造地震动时程	206
6.2 场地土层地震反应计算	245
第七章 场地地震动参数的确定	305
7.1 规准化场地地震动加速度反应谱	305
7.2 场地地震动参数	305
7.3 场地地震动参数等值线分布图	308
7.4 场地地震动时程合成	314
第八章 地震地质灾害评价	325
第九章 区域性地震安全性评价技术服务系统	339
9.1 区评技术服务系统架构设计	339
9.2 主要功能说明及应用展示	340
9.3 设定场点工程场地地震动参数确定	346
9.4 场地地震动参数使用说明	347
第十章 结论	349
10.1 地震活动环境评价	349
10.2 区域地震构造背景	349
10.3 近场地震构造环境与目标区活动断层勘查	350
10.4 地震危险性分析	350
10.5 地震工程地质条件和地震地质灾害评价	352
10.6 场地设计地震动参数	352
10.7 区域性地震安全性评价技术服务系统	355
参考文献	357

前 言

一、项目概况

受新野县应急管理局委托，中国地震灾害防御中心、河南城安衡测工程技术有限公司承担新野县产业集聚区（东区）区域性地震安全性评价报告工作。

新野县产业集聚区总规划面积 13 平方公里，分为白河西和白河东两个片区，以县城为依托，以白河为轴线，形成了“一体两翼”发展格局，河西区位于县城西南部，以发展纺织服装为主导产业；河东区位于县城东南部，以发展光电、电子等高新技术为主导产业。本次区域地震安全性评价目标区在产业集聚区的河东区，评价总面积约 3.28 平方公里。

近年来，新野县始终把调结构、促转型作为重中之重来抓，加快产业结构调整，改变产业结构单一、抗风险能力不强的现状。坚持“项目为王、招商为要、落地为金”，围绕“三高四新”加大招商引资力度，重点培育智能制造产业，先后招引建成了鼎泰高科、旭润光电、利博精密传动、新正方智能玻璃、金辉铝业等 10 多个智能制造项目，形成了以鼎泰高科、旭润光电等 26 家企业为群体的智能制造产业，形成了一批具有较强竞争力的产业集群。



图 0-1 新野县产业集聚区东区区域地震安全性评价目标区位置图

根据《中国地震动参数区划图》(GB18036-2015)资料,本次评价目标区位于地震动峰值加速度 0.05g 区,特征周期为 0.35s 区。本次评价目标区轮廓四个角的坐标分别为:西北角: E112°21'50.15", N 32°30'10.31"; 东北角: E 112°23'20.80", N 32°30'5.86"; 西南角: E112°22'11.81", N 32°29'9.74"; 东南角: E 112°22'57.75", N 32°28'56.76"。

二、任务要求

本项目为区域性地震安全性评价项目。根据《区域性地震安全性评价工作大纲(试行)》(中震防函〔2019〕21号)、《河南省区关于加强地震安全性评价现场检查工作的通知》和“新野县产业集聚区(东区)区域性地震安全性评价报告”项目的实施方案,本次评价工作的主要内容包括:区域地震活动性和地震构造评价、近场区地震活动性和地震构造评价、目标区主要断层勘查和活动性鉴定、地震工程地质条件勘测、地震动预测方程确定、概率地震危险性评价、场地地震动参数确定、地震地质灾害评价和数据库及技术服务系统建设等内容。

三、执行规范

本项目满足下列现行相关法律法规、标准和规范的基本要求:

- 1、《中华人民共和国防震减灾法》(2008年修订版)
- 2、《地震安全性评价管理条例》(2017年修正本)
- 3、《区域性地震安全性评价工作大纲(试行)》(中震防函〔2019〕21号)
- 4、《河南省区关于加强地震安全性评价现场检查工作的通知》
- 5、《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005)
- 6、《中国地震动参数区划图》(GB18036-2015)
- 7、《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版)
- 8、《岩土工程勘察规范》(GB50021-2017)
- 9、《活动断层探测》(GB/T36072-2018)
- 10、《地质灾害危险性评估规范》(DZ/T 0286-2015)

四、工作区范围

根据中国地震局《区域性地震安全性评价工作大纲(试行)》(中震防函〔2019〕21号)及《河南省区关于加强地震安全性评价现场检查工作的通知》,确定本项目区域、近场区及目标区工作范围:

- (1) 区域范围:根据规范要求和评价对象所处地震活动与构造环境,应不

小于评价对象（目标区）外延 150 千米。因此区域范围按目标区外延 150 千米范围确定；

（2）近场区范围：根据规范要求，为查清评价对象（目标区）及其邻近地区地震构造和地震活动特征所需调查研究的地域称为近场区，应不小于目标区外延 25 千米。本项目近场区外围附近并无特殊的活动断裂、发震构造和破坏性历史地震，因此近场区范围按目标区外延 25 千米范围确定；

（3）目标区范围：新野县产业集聚区（东区）区域性地震安全性评价报告总面积约 3.28 平方公里（图 0.1）。

五、重点工作内容和技术思路

详细收集国家和湖北、河南等地地震台网观测资料，充分分析和吸收各级科研项目在地震构造环境、地震活动性、地球物理场等方面的调查资料和研究成果；编制地震目录，进行地震活动性分析，确定潜在震源区划分方案及活动性参数；对区域范围内开展地震地质补充调查和系统性地震构造背景分析；开展近场区地震地质调查和断裂活动性鉴定，判定主要发震构造；对目标区及邻近地区的断层、地层和介质特性进行地质-地貌调查和浅层地球物理勘探；建立或选取适合目标区的地震动预测方程；合理确定场地控制计算点空间位置，对各控制点进行地震概率危险性计算，确定不同超越概率水平下的基岩场地地震动参数及时程；进行场地地质条件调查，确定勘察方案，进而开展钻孔勘测、钻孔剪切波速测试、标贯及土动力试验等，确定场地工程地震地质条件，划分不同工程地质单元；建立土层地震动反应模型，开展不同超越概率水准的土层地震反应计算；根据测试及计算结果编制地震动参数等值线图 and 地震地质灾害分区图；建立区域性地震安全性评价技术服务系统。详细的技术路线见图 0-2。

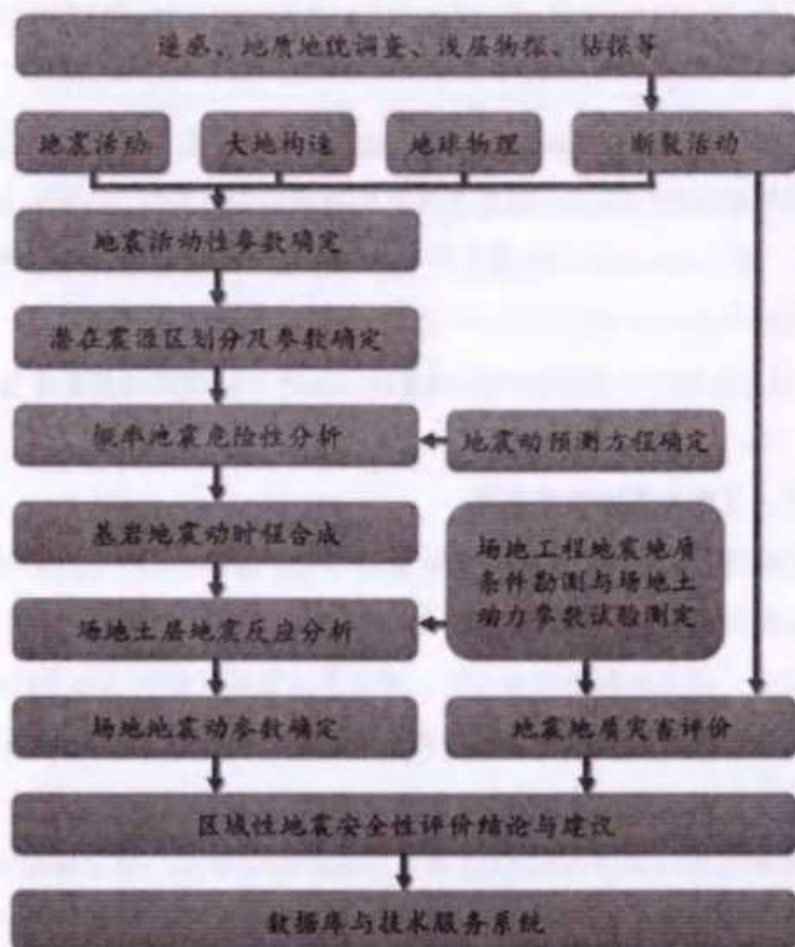


图 0-2 技术路线图

六、主要工作量

本项目近场区及目标区地震地质资料较少,为此项目组开展了大量的野外地震地质调查和钻孔勘测工作,其主要工作量见下表。

表 0-1 野外和钻探主要工作量表

项目	内容	规模及数量
野外地质考察	布设野外观察路线,进行 野外定点考察	观察和观测点近 20 个
目标区浅层地球物理勘测	针对目标区开展浅层地震 测线	勘测线路共 2 条,测线总长度约 9.6 千米
目标区工程地质条件勘察	开展钻孔测试剪切波速, 取土样进行动三轴试验	场地勘测钻孔 12 个,采集样品并进行动三 轴试验共计 73 组

七、项目组织实施

1、项目负责

项目顾问: 赵凤新 研究员

项目负责人：杨彩虹 副研究员

项目技术负责：罗浩 副研究员；缙亚森 工程师；刘志成 工程师；

2、项目任务划分

（1）地震活动性调查与分析组

开展历史地震调查与分析、震源机制分析和地震活动特征分析。

负责人：王继 高级工程师； 主要人员：刘志成 工程师

（2）地震地质调查与评价组

开展地质构造背景、新构造运动、地球物理场分布特征分析，判识区域地震构造背景，开展近场区主要断裂活动性调查与鉴定，组织实施目标区地球物理勘测，编制地震构造图等。

负责人：罗浩 副研究员； 主要人员：刘志成 工程师

（3）目标区地球物理勘测

开展目标区浅层地震勘测工作等。

负责人：缙亚森 工程师； 主要人员：吴昊 高级工程师

（4）地震动危险性分析组

根据地震活动性参数和确定地震动衰减关系，采用概率法计算地震危险性。

负责人：张效亮 高级工程师； 主要人员：易佳 高级工程师

（5）场地工程地震地质条件勘测组

开展场地调查，记录和判定场地基本条件，划分场地类别，组织开展场地工程地震地质条件现场勘测等。

负责人：吴昊 高级工程师； 主要人员：杨彩虹 副研究员、罗浩 副研究员、缙亚森 工程师、阚文亮 助理研究员

野外工作组：

钻探单位：河南城安衡测工程技术有限公司

野外技术负责：刘国华 高级工程师

项目负责：王树成

钻探人员：穆武辉 闫西进 陈志胜 陈玉朝

数据分析：周春雷 陈琛

（6）土层地震反应和设计地震动参数计算组

开展基岩地震动时程合成和场地土层地震反应计算，确定设计地震动参数。

负责人：郝明辉 高级工程师；主要人员：闫静茹 工程师；陈三红 工程师

(7) 技术系统服务组

负责人：张效亮 高级工程师；主要人员：闫静茹 工程师

(8) 报告通稿与校核

负责人：吴昊 高级工程师；主要人员：杨彩红 副研究员、缙亚森 工程师、
阚文亮 助理研究员

(9) 项目质保组：

负责人：李丽媛 高级工程师

八、致谢

在项目开展过程中，项目组参考了湖北省地震局、河南省地震局、中国地震局地质研究所和中国地震局地球物理勘探中心等单位的技术资料；为保证项目进度与质量，河南省地震局、南阳市应急管理局和新野应急局等单位领导给予了项目组悉心指导；在组织实施过程中，项目组得到了新野县产业集聚区管理委员会领导和技术人员的大力支持与协助，浅层地震勘探工作得到了中国地震局地球物理勘探中心大力支持。在此，一并向上述单位和个人表示衷心的感谢。

第一章 区域与近场区地震活动性

本章依据历史地震资料 and 现代地震观测资料,开展地震活动性分析。其目的在于通过对地震活动在空间、时间和强度上的分布特征,历史地震对场地的影响及地震震源机制与现代构造应力场的分析和研究,为场地及周围地区的地震活动趋势和地震环境做出评价,为合理划分潜在震源区和确定地震活动性参数提供依据。

根据《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005)规定,确定场地外围 150km 作为区域研究的范围,具体经纬度范围为经度 110.2° - 114.5° , 纬度 30.7° - 34.2° ; 场地外围 25km 作为近场区研究范围,其经纬度范围是经度 112.03° - 112.70° , 纬度 32.20° - 32.78° 。

1.1 地震资料概况

1.1.1 地震资料来源

连续、完整的地震目录是地震活动性分析必不可少的基础资料,是分析结果可靠性的保证。区域历史地震活动性分析主要参考以下地震目录。

1. 中国历史强震目录(BC23 世纪-AD1911 年),国家地震局震害防御司编,地震出版社,1995。

2. 中国近代地震目录(1912 年-1990 年),中国地震局震害防御司编,中国科学技术出版社出版,1999。

3. 1991 年 1 月-2021 年 10 月 $M_s \geq 4.7$ 地震资料来源于中国地震局台网中心正式目录。

4. 1970 年 1 月-2021 年 10 月小震目录来源于中国地震局台网中心整理汇编的全国地震目录。

本章所述收录的地震数据分为 M_s 震级和 M_L 震级,在进行地震空间、时间及强度特征分析时,为保证数据可靠性进行了分别统计。根据《中国地震动参数区划图》(18306-2015)的研究成果,对 M_s 、 M_L 的关系利用现代大量记录的地震资料进行了重新的统计分析(汪素云等,2009),给出了 1990-2007 年间震源深度 $< 70\text{km}$ 的 6577 个地震数据点分布及其拟合曲线,考虑到数据点的离

散型以及拟合关系的不确定性较大等因素，可以大致认为 $M_s=M_L$ 关系。本次地震活动性参数统计中，现代小震的震级 M_L 将不再转换为 M_s ，将 M_s 与 M_L 直接使用且表示成 M 。

1.1.2 地震资料完整性

据黄玮琼等（1994）的研究结果，区域范围 1484 年以来 $M \geq 6.0$ 级地震资料基本完整，1970 年以后的地震，以仪器记录测定的震级为准。（图 1.1-1）。

对于现代地震，区域范围主要涉及到河南省与湖北省，从 1966 年至 1982 年，河南省逐步建成一个基本能够覆盖全省的地震监测台网，经优化改造，在地震监测能力上，对豫西、豫北等大部分地区可以记录、定位 $ML2.5$ 级以上地震，但对豫南、豫东地区的测震监测能力偏低，经过“九五”至“十一”升级后，河南省的地震监测能力有了较大的提高，河南省测震台网对全省绝大部分地区地震的监测能力可达到 $ML2.5$ 级，局部地区可达到 $ML2.0$ 级以上的地震。图 1.1-2 给出 1990 年监测能力图（焦远碧，1990），区域监测能力达到 3.0 级，绝大多数地方达到 2.5 级，局部达到 1.5 级。

河南省地震预警系统是中国地震预警系统的一部分，为实现“震时预警”，河南省地震局规划新建 23 个预警地震台（卫强，2017），同时纳入河南省地震监测台网。

根据河南省测震台网“十二五”期间已建设台网及中国地震局分配到河南信息结点的邻省地震台站地震数字化资料，利用震级排序法，绘制该台网地震监控能力图，见图 1.1-2，可见“十二五”期间，除河南南部局地外，河南测震台网均已达 $M1.7$ 以上地震监测能力，且西部与北部地区总体监测能力较强。根据河南省测震台网“十二五”期间已建设台网、地震预警系统新规划台站及中国地震局分配到河南信息结点的邻省台站资料，利用震级排序法，绘制河南省地震预警系统建成后地震监控能力，规划预警台站后，豫西北、豫中、豫东地区地震监测能力得到进一步加强，特别是豫西北地区，基本达到 $M1.5$ 以上，不仅与台站密度增加有关，更与该区域地震地质环境密不可分。2015 年以来，除青藏高原、贵州一级内蒙古北部和西部等边疆地区的我国大部分陆上区域，可实现 2.0 级地震的监测能力（王亚文，蒋长胜：2017）。

综上所述，1970 年至 1990 年间监测能力 3~4 级地震，1991 至 2015 年 3.0 级地震，2016 年以来至今 2.0 级地震，局部地区可达 1.5 级地震（例如近场区）。



112°	113°
------	------

1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 26

1.2 区域地震活动性

1.2.1 地震目录

区域范围内记录到破坏性地震共 25 次，最早的地震是公元 46 年河南南阳 6½ 级地震，6 级以上地震 3 个，分别是公元 46 年河南南阳 6½ 级地震、1524 河南许昌、张潘店一带 6 级地震、1820 河南许昌东北 6 级地震。最近一次破坏性地震是 2019 年湖北应城 4.9 级地震（表 1.2-1，表 1.2-2）。

表 1.2-1 区域破坏性地震频次统计表

震级	4.7-4.9	5.0-5.9	6.0-6.9	总数
频次	8	14	3	25

表 1.2-2 区域 M≥4.7 破坏性地震目录（公元 46 年-2021 年 10 月）

序号	时间			震中位置			震级	震源深度	震中烈度	观测精度
	年	月	日	纬度	经度	地点				
1	46	10	21	33	112.5	河南南阳	6½	-	VIII	4
2	294	12	0	33.7	114.2	河南襄城东	5½	-		5
3	1407	0	0	31.2	112.6	湖北钟祥	5½	-	VII	2
4	1469	11	13	31.2	112.6	湖北钟祥	5½	-	VII	2
5	1519	11	23	33.5	114.1	河南临颖、上蔡间	5	-		3
6	1524	2	14	34	114.1	河南许昌、张潘店一带	6	-	≥VII	3
7	1575	6	19	32.7	112.5	河南南阳南	5¾	-		4
8	1603	5	30	31.2	112.6	湖北钟祥	5	-	VI	3
9	1605	6	8	30.8	113	湖北钟祥东南	5	-		3
10	1620	3	5	31.1	112.7	湖北钟祥东南	5	-		3
11	1742	0	0	32.1	110.8	湖北房县	5	-	VI	2
12	1820	8	4	34.1	113.9	河南许昌东北	6	-	VIII	2
13	1887	0	0	32.4	111	湖北武当山	4¾	-	VI	2
14	1913	2	7	32.2	114.1	河南信阳	5	-	VI	0
15	1948	2	19	31.9	111.4	湖北保康	4¾	-	VI	0
16	1964	9	5	33.2	110.7	湖北郢西	4.9	9	VII	2
17	1969	1	2	31.5	111.2	湖北保康	4.8	-	VI	2
18	1973	11	29	32.88	111.52	河南淅川	5.1			2
19	1973	11	29	32.88	111.52	河南淅川	4.7			2
20	1973	11	30	32.87	111.52	河南淅川	5			2
21	1979	5	22	31.08	110.5	湖北秭归	5.1	16	VII	-
22	2000	4	29	33.22	112.05	河南内乡-镇平	4.7	16	VI	1
23	2006	10	27	31.48	113.08	湖北随州	4.7	9		1
24	2013	12	16	31.1	110.45	湖北巴东	5.1	10	-	1
25	2019	12	26	30.85	113.4	湖北应城	4.9	10	-	1

注：1900 年以前的地震是依据宏观震害确定震中位置的，无震源深度，震级精度是½，观测精度的分类标准是：1 类震中误差≤10km、2 类震中误差≤25km、3 类震中误差≤50km、4 类震中误差≤100km、5 类震中误差>100km。1900 年以来多为仪器记录，震级精度是 0.1，观测精度的分类标准是：1 类震中误

差 $\leq 5\text{km}$ 、2类震中误差 $\leq 10\text{km}$ 、3类震中误差 $\leq 30\text{km}$ 、4类震中误差 $> 30\text{km}$ 。

1.2.2 区域地震空间分布特征

由区域破坏性地震震中分布图（图 1.2-1）可以看出，地震活动空间分布不均匀，总体呈北强南弱，其中多次发生在区域东北部的许昌一带，最大地震为 1524 河南许昌、张潘店一带 6 级地震和 1820 年河南许昌东北 6 级；区域中部最大地震为公元 46 年南阳 6 $\frac{1}{2}$ 级；少数发生在区域西南部，最大地震为 1407 年钟祥 5 $\frac{1}{2}$ 级，区域的其它地区破坏性地震分布稀少、震级低，甚至无破坏性地震。总体来说地震虽然记载时间长达 2000 年，但频度较低，强度不大，没有发生过 7 级及以上地震，属于中强地震区。图 1.2-2 为研究区近代地震震中分布图。从图中可以看出，近代 2.0 级以上地震较为频繁，共计发生为 1901 次（表 1.2-3）。从分布空间特点上可以看出，中小地震主要分布有两个地方，区域东北部的许昌一带，另一个是湖北襄阳、钟祥一带，例如巴东-宜昌之间有较密集的地震条带。

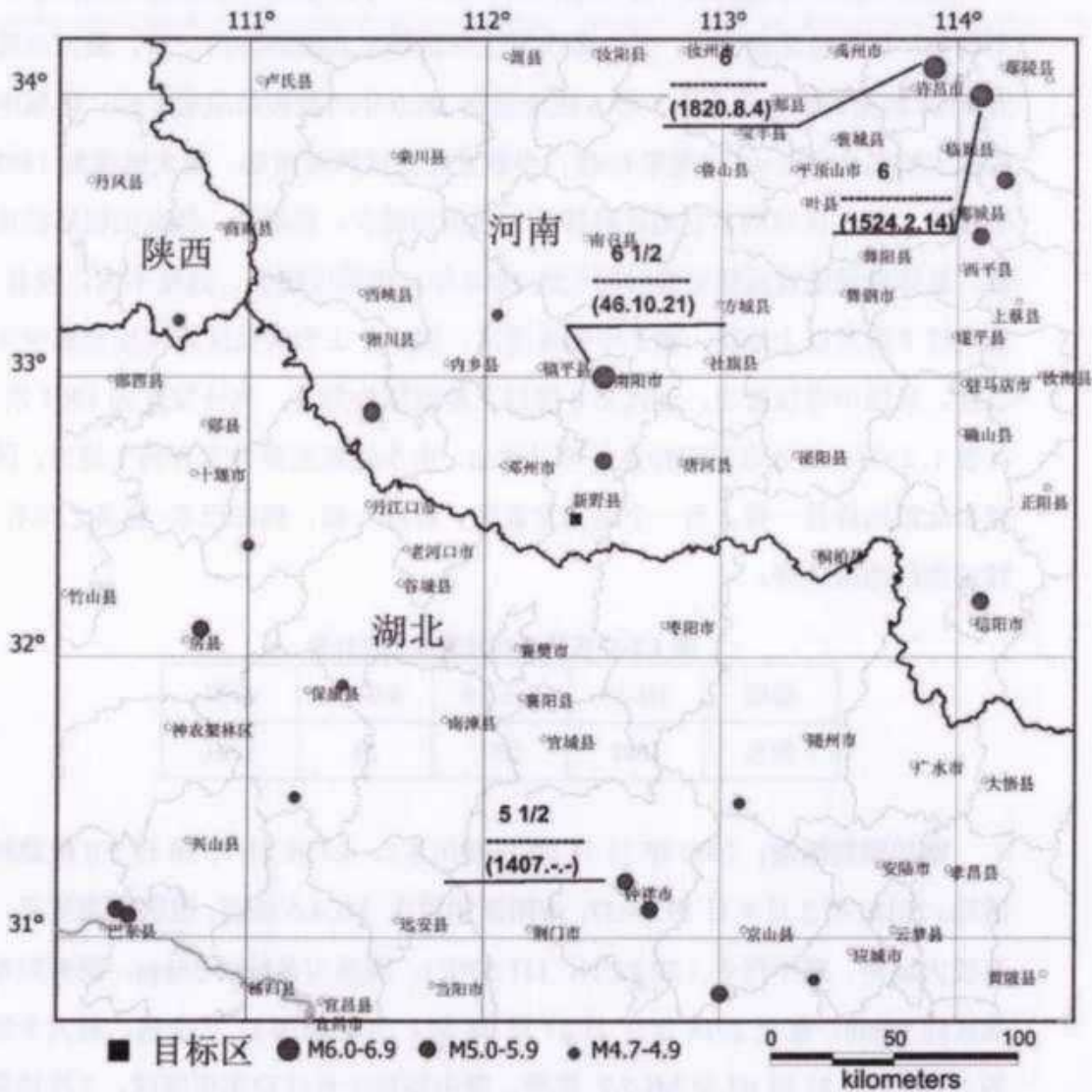
表 1.2-3 区域近代地震频次统计表

震级	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.6	总数
频次	1581	297	23	1901

淅川震群活动：1973 年 11 月 29 日淅川 5.1、4.7 及 11 月 30 日 5.0 级震群活动。2018 年 2 月 9 日 19:00:37，南阳淅川发生 ML4.6 地震，震区震感明显，有较大地声，震中位于（32.82°N，111.53°E），距淅川县城约 35km，距南阳市城区约 90km，截至 2018 年 2 月 27 日 08 时，共记录到 51 次余震，最大余震为 2 月 13 日 21 时 07 分 ML2.7 地震。震中均位于丹江口水库库区，2 次地震均发生在水库蓄水位下降阶段，初步认为，地震的发生与水库蓄放水有关（刘晓锋，2019；吴亚锋，2020）。1958 年 9 月 1 日到 1974 年，丹江口水利枢纽初期工程全部完成，此时的丹江口大坝总长 2.5 公里，坝顶高程 162 米，装机容量 90 万千瓦，相应库容为 174 亿立方米；大坝加高工程于 2005 年 9 月开工，历经 8 年的建设，丹江口大坝“长”高了近 15 米，从 162 米加高至 176.6 米，库容 290.5 亿立方米。1973 年的震群活动和 2018 年至 2019 年淅川的震群活动都发生在两次大坝加高蓄水的后期，地震的发生与水库蓄放水有关。

总体上区域近代中-小地震活动与历史地震活动的空间分布特征基本一

致，总体仍为北南强，中间弱，地震多集中密集分布在历史破坏性地震附近。
历史地震和近代小震的集中活动区，仍是未来中强地震活动的主要场所。



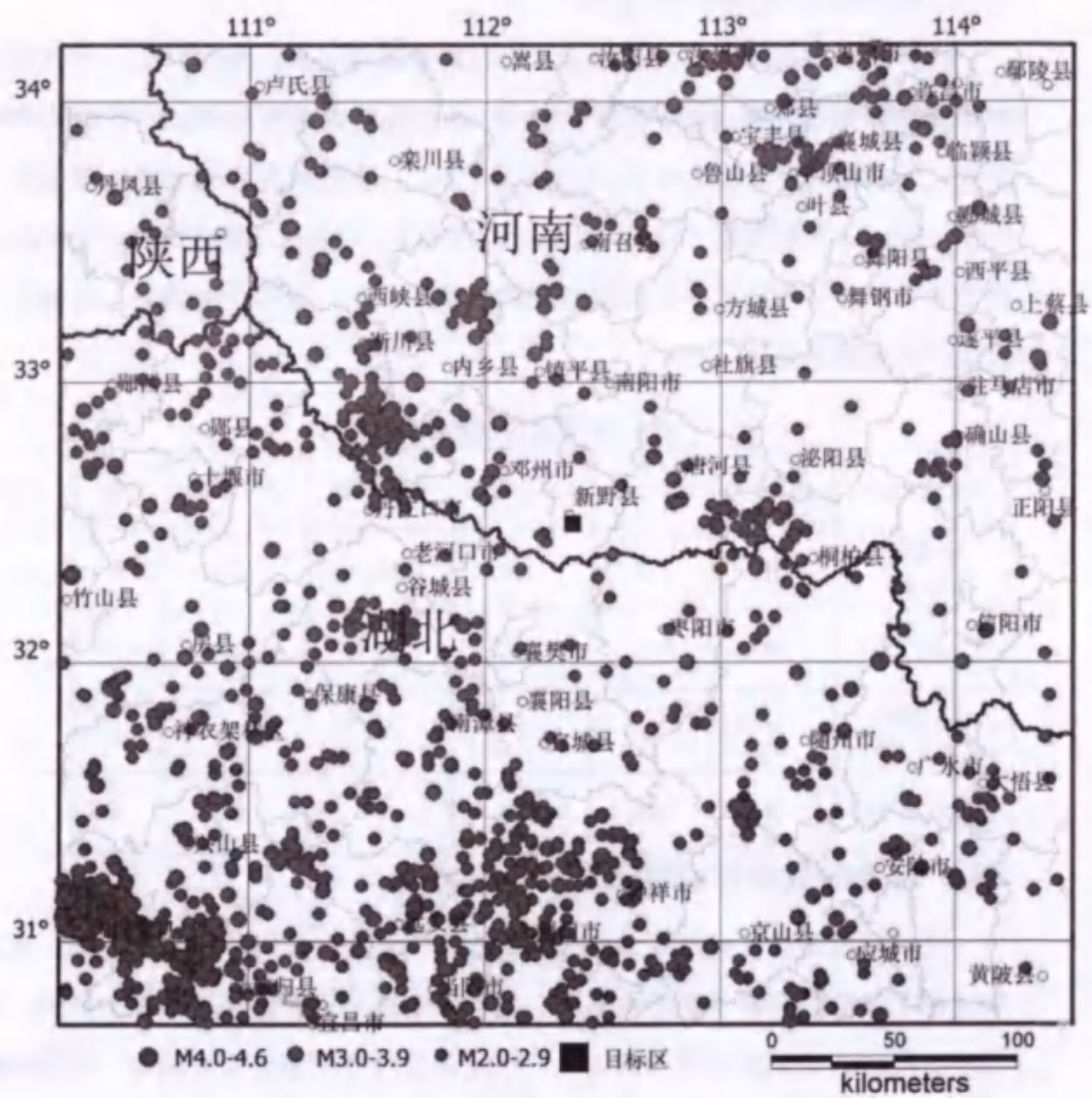


图 1.2-2 区域近代地震震中分布图 (1970 年 1 月-2021 年 10 月)

1.2.3 地震震源深度分布特征

历史地震资料来源于文献记载，没有震源深度记录，因此分析了近代地震的震源深度分布情况。1970 年至 2021 年 10 月区域内共发生 $M \geq 2$ 级地震 1900 余次，其中有深度记录的有 1117 次（表 1.2-4），研究区内 99% 地震的深度小于等于 30km，，平均深度 7.8km，其中优势分布是 5-20km，属地壳中上层的浅源构造地震。破坏性地震中有深度纪录的地震共 5 个，深度 5~20km，属地壳中上层的浅源构造地震。

表 1.2-4 研究区域震源深度分布

深度 (km)	$1 \leq h < 5$	$5 \leq h < 10$	$10 \leq h < 20$	$20 \leq h < 25$	$25 \leq h < 30$	≥ 30	全部
地震数 (M2-4.6)	61	824	221	5	2	4	1117
百分比 (%)	5%	74%	20%	0.5%	0.1%	0.4%	
地震数 (M4.7-6.5)	0	1	4	0	0	0	5
百分比 (%)	0	20%	80%	0	0	0	

1.2.4 地震时间分布特征和未来活动趋势

我国地震活动有密集成带分布的特点，不同地区地震活动特征不同。在地震区划工作中，地震学者对地震区、地震带的划分已作过相当系统的研究。为反映地震活动的这种空间不均匀性，在地震危险性概率分析方法中，用划分地震带来体现。

1、地震带的划分

地震带划分采取的是第五代区划图的区带划分方案。图 1.2-3 给出了区域所属地震带划分图，区域主要位于华北平原地震带和长江中游地震带之间，主体位于华北平原地震带。

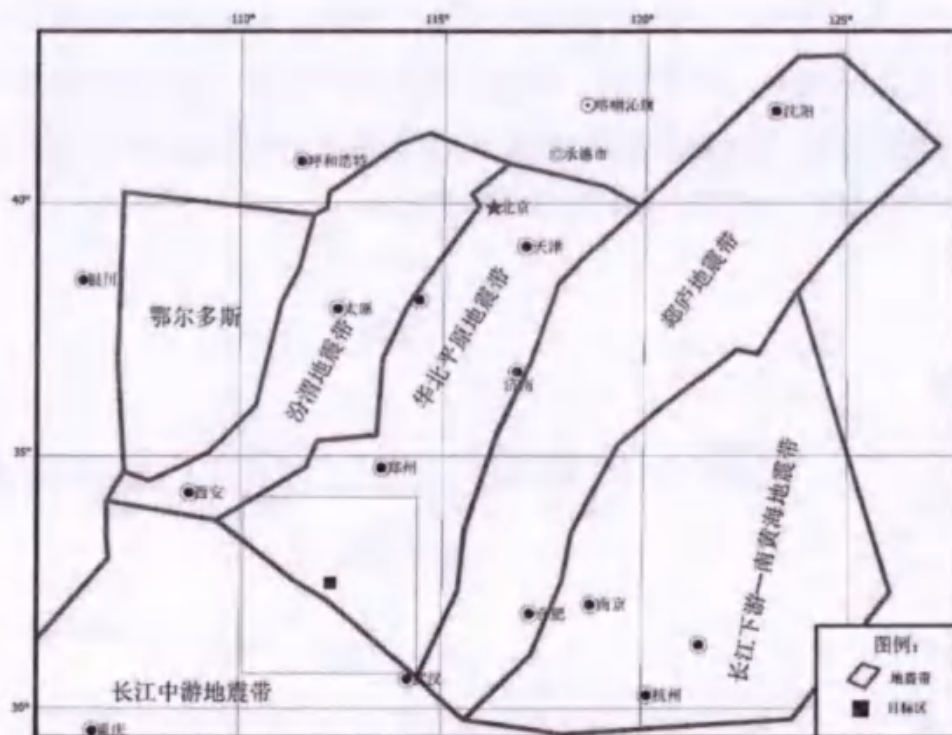


图 1.2-3 区域地震带划分图

2. 各地震带地震时间分布特征及未来趋势

1) 华北平原地震带

华北平原地震带范围包括太行山以东、燕山以南、鲁西山地以西的大面积平原地区，地震活动频度高、强度大，是华北地震区内一个重要的强震活动带。

据历史记载，该地震带自史料记载以来至 2021 年 10 月共记录到大于 4.7 级地震 244 次，其中 8 级地震 1 次(即 1679 年三河-平谷 8 级地震)、7.0-7.9 级地震 5 次、6.0-6.9 级地震 30 次、5.0-5.9 级地震 119 次、4.7-4.9 级地震 89 次。

区域位于该带的北部，构造活动强烈，发生的最大的历史地震是 1679 年三河-平谷 8 级地震，较大地震有 1976 年唐山 7.8 级地震。

华北平原地震带 1400 年以来 M4.7 级以上的地震的 M-T 图与应变释放曲线如图 1.2-4 所示。从图中可以看出，存在约为 300 年的活动周期，目前已经经历了两个完整的活跃期和一个平静期。具体分期是：1484 年-1679 年为活跃期；1680-1829 年为平静期；1830 年至今为又一个活跃期。第一活跃期共 194 年，以 1 次 8 级地震、8 次 6 级地震的形式出现；第二活跃期至今已接近第一活跃期时间长度，以 5 次 7.0-7.9 级地震、14 次 6.0-6.9 级地震的形式出现。1966-1976 年之间曾发生多次 7 级以上地震，1976 年以后地震活动转入衰减阶

段。自 1984 年以来，该带没有出现 6 级以上地震，1996 年以来仅发生过 3 次 4.7~4.9 级地震，4 次 5.0~5.6 级地震，最大 5.6 级地震。目前地震活动处于活跃期末的剩余应变释放调整阶段或下一活动期的应变积累阶段，从保守角度出发，未来百年地震活动趋势以平均水平为宜。

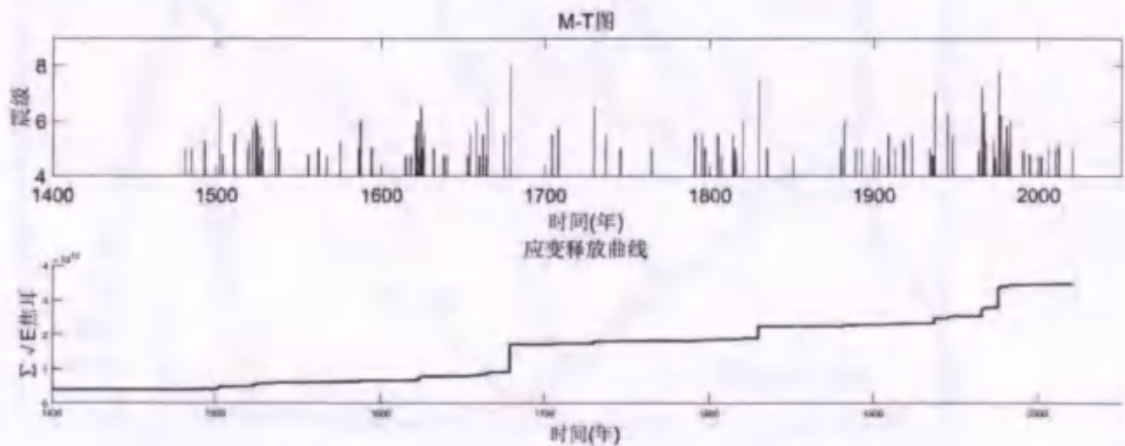


图 1.2-4 华北平原地震带 M-T 图和应变释放曲线图

2) 长江中游地震带

本带为北西向展布。包括汉水和长江中游流域。该带位于扬子地台内，基底以元古代变质岩为主。地壳厚度 33~40km，山区明显增厚，盆地区明显减薄。重力场总趋势表现为由东向西重力值由高变低的趋势，武陵山重力梯度带（太行-武陵梯度带南段）大致可作为东部重力高和西部重力低分界线，也是地壳陡变界线。磁场分布零散，强度比较均一平稳，没有出现明显的区域磁异常。

本区新构造运动表现为大面积抬升的基础上，沿断裂带产生规模大小不等的断陷，其中以江汉—洞庭湖断陷规模最大，堆积为厚达 500~800m 的古近系。古近纪末的区域性地壳抬升运动使许多中生代盆地结束拗陷的历史，缺失新近系，只有江汉盆地继续下沉，堆积了不厚的新近系，山区因地壳抬升，形成 1500~2000m 的高原面。第四纪时，江汉—洞庭盆地同时下沉，连成一体，堆积了 100~300m 厚的第四系。

本区新构造发育，具有明显的分区性。西部大巴山、武当山主要发育北西向西向断裂，东部和南部主要发育北东—北北东向断裂。断裂规模都比较大，而且在第四纪时期均有不同程度的活动。

长江中游地震带是中强地震带，地震活动相对较弱，自公元前 143 年以来，

本地震带记录到 6.0~6.9 级地震 4 次，最大地震为 1631 年湖南常德 6 $\frac{3}{4}$ 级地震。

从公元前 143 年至 2021 年 10 月该带共记载到 $M \geq 4.7$ 级地震 148 次，图 1.2-5 是长江中游地震带 1400 年以来的 $M \geq 4.7$ 级地震的 M-T 图和应变释放曲线图，可以看出，1400 年以来该带经历有两个地震活跃期（1407~1636 年，1819 年至今）。1407~1636 年历时 230 年，其间共发生 $M \geq 5.0$ 级地震 22 次，其中 $M \geq 5\frac{1}{2}$ 级地震 11 次，最大震级 6 级；以 1819 年 5 $\frac{1}{2}$ 级地震为标志，进入目前所处的地震活跃期，现已经历 200 余年，其间共发生 $M \geq 5$ 级地震 50 次，其中 $M \geq 5\frac{1}{2}$ 级地震 17 次，最大震级 6 $\frac{1}{4}$ 级。与前一个地震活跃期相比，本活跃期历时未超过前一活跃期历时，地震次数已超过，而地震强度并未超过前一活跃期。因此，今后百年该带地震活动水平总体处于 1400 年以来的平均水平，不排除发生 6 级以上地震的可能性。

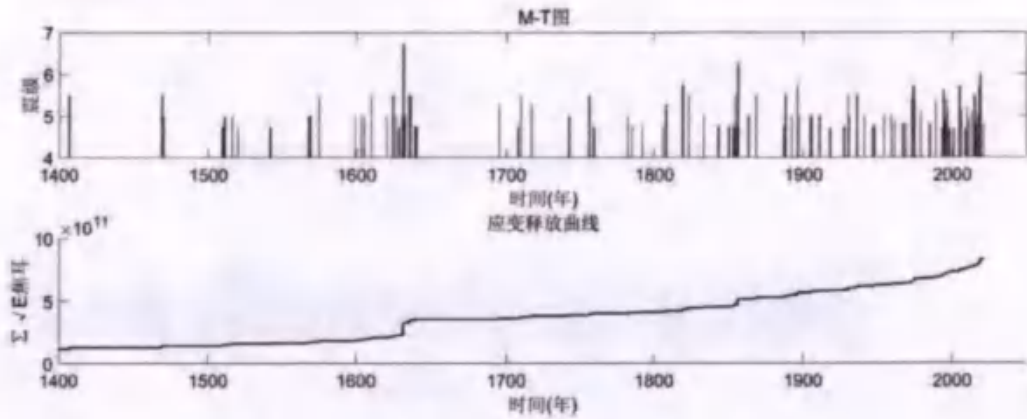


图 1.2-5 长江中游地震带 M-t 图和应变释放曲线

3. 区域未来地震活动趋势分析

图 1.2-6 是区域历史地震有史料以来地震（上图）和 1400 年以来地震（下图）的 M-t 图。从图中可以看出，由于历史地震的缺失严重，地震活动在时间上分布极不均匀，1500 年之前仅有 4 次地震记录，活跃周期部明显；1500 年以来有明显的活跃与平静之分，大约有 300 年的活跃周期，未来 100 年地震位于公元 1800 年以来的活跃周期末期，未来仍有可能发生 6 级左右地震。因此，在确定地震带的地震活动参数时，可以考虑地震活动平均趋势确定统计时段。图 1.2-7 给出是区域中小地震 1970 年以来 2 级以上地震的 M-t 和应变释放图，可以肯出 1976 年至 2006 年左右，应变释放基本平稳；2007 年值 2011 年有一个加速释放的过程，可能受 2008 年汶川地震的影响；2012 年以来释放基本平稳，没有大的变化。

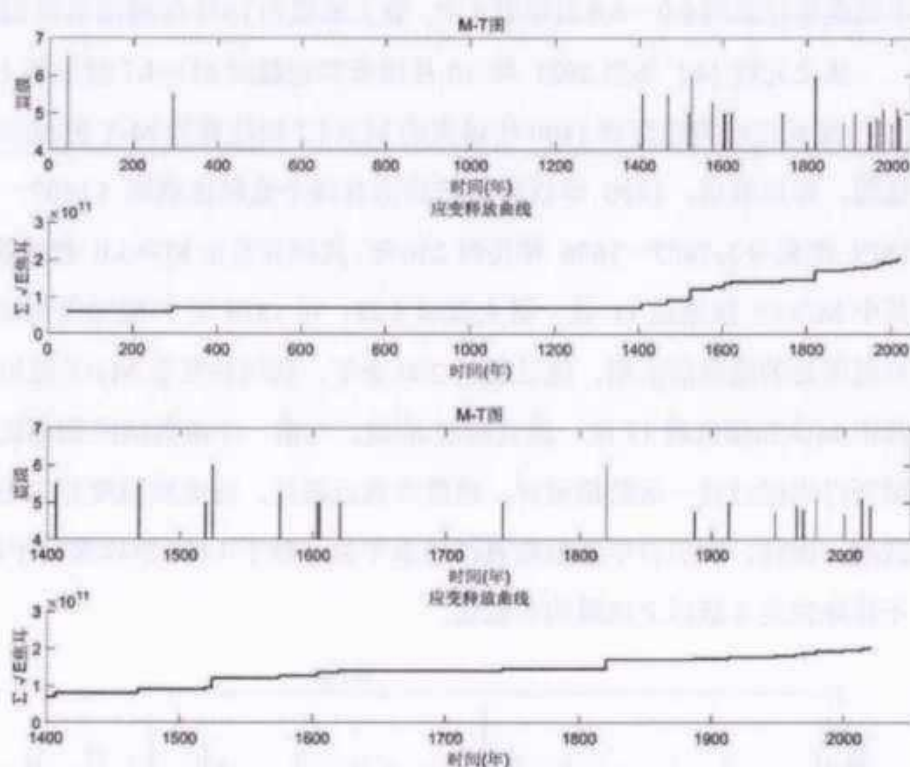


图 1.2-6 区域历史地震 M-T 和应变释放图

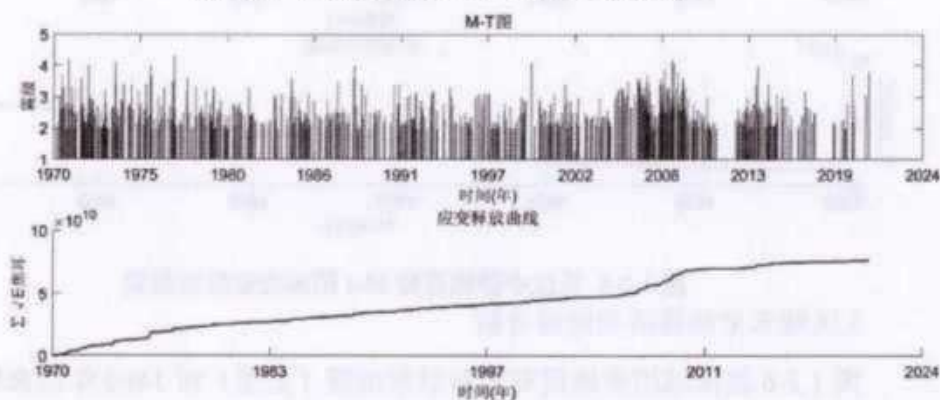


图 1.2-7 区域中小地震 M-T 和应变释放图

(1970 年 1 月—2021 年 10 月, $2.0 \leq M < 4.7$)

1.3 历史地震对目标区的影响烈度

历史地震影响烈度分析,是评定目标区地震危险性的重要组成部分。本节通过对历史地震的影响分析,为目标区的地震安全性评价提供依据。

统计影响烈度时,有宏观烈度资料的以宏观资料为准,无宏观资料的采用中国华北地区地震烈度沿平均轴的衰减关系(汪素云等,1994):

$I = 2.429 + 1.499M - 1.391 \ln(R + 11)$ 计算地震对目标区的影响烈度。

下面我们对目标区影响较大的一些地震进行阐述和讨论。

1、46 年 10 月 23 日河南南阳 6%级地震

据《后汉书·光武帝记》记载“郡国四十二地震，南阳尤甚，地裂压杀人。诏令南阳勿输当年田租刍藁，赐郡中居人压死者棺钱，人三千。其口赋逋税而庐宅尤破坏者，勿收责。吏人死亡，或在坏垣毁屋之下，而家羸弱不能收拾者，其以见钱谷取佣，为寻求之”。震中距烈度为Ⅷ度，距目标区 56km，对目标区的影响烈度达到Ⅵ度（无图）。

2、1303 年 9 月 25 日山西赵城、洪洞 8 级地震

1303 年洪洞发生 8 级强烈地震，史称河东地震。洪洞、霍县一带村堡移徙，地裂成渠，官房民舍荡然无遗，伤亡惨重。受灾范围，北到忻州、定襄，南到运城、永济及陕西、河南的部分地区，西到黄河东部的左权、潞城一带，山西、陕西、河南三个省 51 个州县记载了这次地震的受灾情况。压死 20 余万人，伤者十万人。震中烈度Ⅺ，目标区距震中 390km，目标区附近没有史料记载，经烈度衰减公式计算和分析，目标区烈度为Ⅳ度。

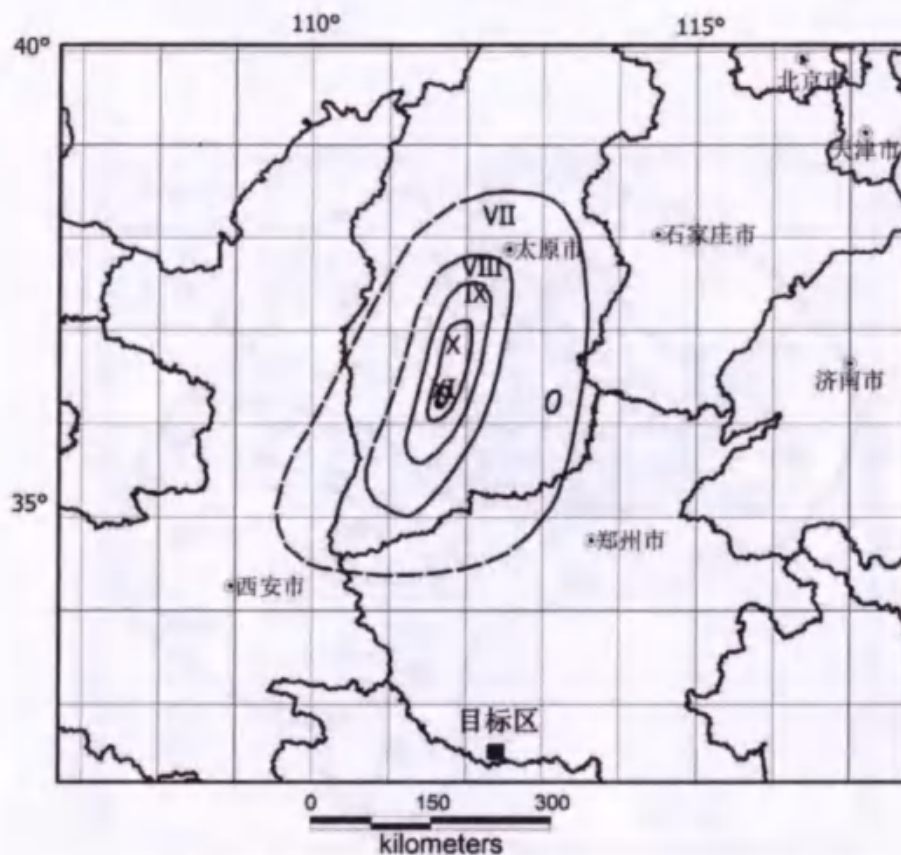


图 1.3-1 1303 年 9 月 25 日山西赵城、洪洞 8 级地震等震线

3、1556 年 2 月 2 日陕西华县 8 $\frac{1}{2}$ 级地震

此次地震史称关中大地震，不仅在中国大陆，而且在全球是因地震死亡人数最多的一次地震。《嘉靖实录》载：“压死官吏军民奏报有名者八十三万有余，其不知名未奏报者复不可数计。”

“秦晋之交，地忽大震，声如万雷，川原坼裂，郊墟迁移，道路改观，树木倒置，阡陌更反。五岳动摇，寰宇震殆遍。陵谷变迁，起者成阜，下者成壑，或岗阜陷入平地，或平地突起山阜，涌者成泉，裂者成涧，地裂纵横如画，裂之大者水火并出。井泉涸废，新泉涌流，喷高丈余。山移河徙四五里，涌沙、陷没亘数千里。”“华县、渭南、华阴及朝邑、蒲州等处尤甚。郡城邑镇皆陷没，塔崩、桥毁、碑折断，城垣、庙宇、官衙、民庐倾颓摧圮，一望丘墟，人烟几绝两千里；四处起火，数日火烟未灭；民天寒露处，抢掠大起。”

陕西、山西、河南三省 97 州县遭受破坏。波及甘肃、河北、山东、湖北、湖南、江苏、安徽等省 130 余县。震中烈度为 XI 度，目标区距震中 350km，南阳有史料记载，经烈度衰减公式计算和分析，对目标区的影响烈度达 V 度(图 1.3-2)。



图 1.3-1 1556 年 2 月 2 日陕西华县 8 $\frac{1}{2}$ 级地震等震线

4、1654 年 7 月 21 日甘肃天水南 8 级地震

本次地震西安、延安、汉中、平凉、庆阳、陇西府属地震，天水为甚。倾倒城垣，楼堞、堤坝、庐舍，压死兵民 31000 余人，牛马牲畜无算。破坏达 47 个县、市；波及陕西、山东等 9 个省（区）158 个县市（图 1.3-3）。震中烈度 XI，目标区距震中 690km，目标区附近没有史料记载，经烈度衰减公式计算和分析，目标区烈度为 IV 度。

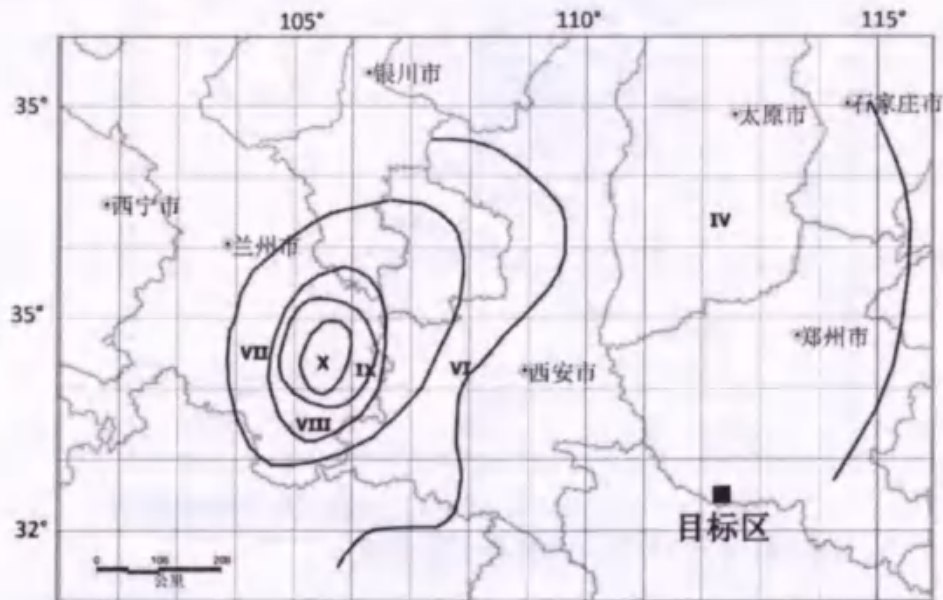


图 1.3-3 1654 年 7 月 21 日甘肃天水南 8 级地震等震线

5、1668 年 7 月 25 日山东郯城 8½ 级地震

据记载：“鲁、苏、浙、皖、赣、鄂、豫、冀、晋、辽、陕、闽诸省及朝鲜同时地震。山东郯城、沂州、莒州破坏最重。50 多万平方公里范围内的 150 多个州县遭受不同程度的破坏，有感半径 800 多公里。极震区内城廓、公廨、官民庐舍、庙宇等一时尽毁，郯城倒塌如平地，莒州百里无存屋，并伴有大规模的山崩地裂、地陷、涌水喷沙等现象。震时如舟覆，如桔棒上下，崩为堑，游为渊，沙涌并湮，地侧树偃，百谷陨箨。共压毙 5 万余人，死尸遍野，不能殓葬者甚多，凡值村落之处，腥臭之气达于四处。暴雨烈日，瘟疫随作，人民流散。”

“内黄：圯城堞 60 余所。滑县：兴国寺浮图圯。夏邑：房屋有倾圯者。开州(今濮阳)：楼房倾颓，人几不能立。”

震中位于山东郯城北，震中烈度 $\geq XI$ 。目标区位于有感范围，综合烈度分布图和烈度衰减关系计算，对目标区的影响烈度达 IV 度(图 1.3-4)。

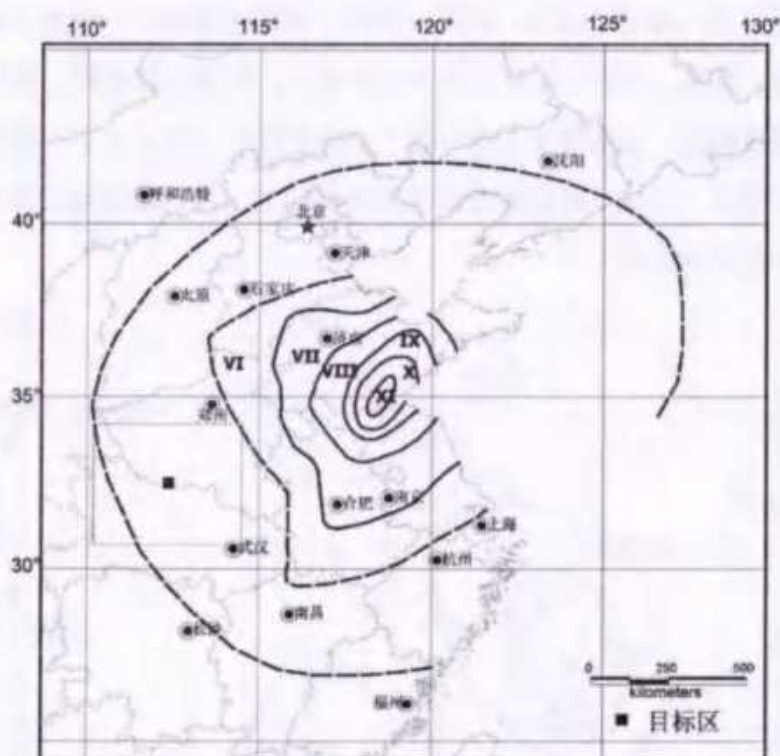


图 1.3-4 1668 年 7 月 25 日山东郯城 $8\frac{1}{2}$ 级地震等震线图
6、1695 年 5 月 18 日山西临汾 $7\frac{1}{2}$ 级地震

据史料记载：“平阳（治临汾）地震，临、襄、洪、浮四邑较彼一时，临汾尤甚，浮山三邑，城廓房舍存无二三（一说倾倒公私廨舍房屋 4 万余间），居民死伤十有七八（一说死毙人 52600 余名），有阖门尽毙不留一人者。地裂涌水，哮哭惊声日夜不绝，民皆露处，黠暴乘间剽掠。”

“临汾：府城并东关城垣、楼堞、衙署、神佛、庙宇、民舍、仓库尽行倒塌，压死城乡人民 27846 人。有阖门尽毙不留一人者、城内东关压死尤多。烈火烧天，黑水涌地。”

“延津：城堞崩颓数十丈，坏屋舍数十余间。获嘉：塘水涌出，庐舍倾颓。沁阳：屋瓦摇落，城东南西三面门楼皆损。温县：墙屋间有倾颓者。汤阴：房屋有坏者。洛阳：地大震，屋壁皆倾。”

震中烈度为 X 度，震中距目标区 370km，综合衰减关系计算和分析，对目标区的影响烈度达 IV 度，见图 1.3-5。

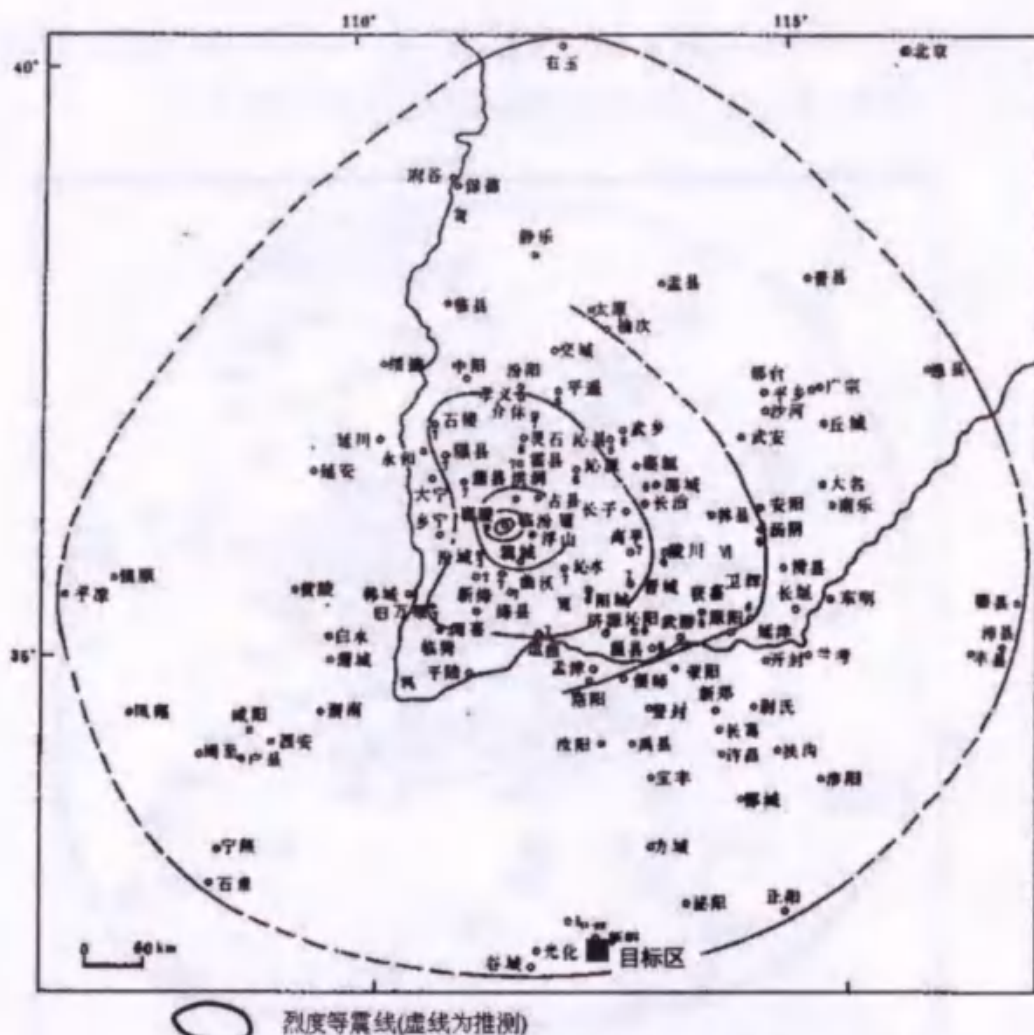


图 1.3-5 1695 年 5 月 18 日山西临汾 7 $\frac{1}{2}$ 级地震等震线图
7、1830 年 6 月 12 日河北磁县 7 $\frac{1}{2}$ 级地震

据记载：“冀豫之间同时地大震，磁州尤甚，官民房屋倒塌殆尽，人物压毙无算。城关及西乡最重，南乡次之，东北二乡稍轻。山陵分崩，河渠翻凸，桥梁尽折，茔墓皆平，村庄道路不复可辩。章溢两河水尽涸见底，平地坼裂，水涌出，其色黑白不等，水尽继以沙，沙尽继之以寒气。”

“磁县：城垣倾圮过甚，十仅存一二，其存者亦岌岌若将仆。街署、仓监、庙宇、民房倒塌殆尽(或谓倾覆十之七八)。城内及四乡彭城、漳村、路村、南城等 9 村镇之仓廩尽皆坍塌。”

“安阳：衙署、民房坍塌过半，间有压伤人口。城郊有地裂。林县：毁坏民房无数，杨家泊南地裂，涌出黑水。汤阴：城垣、衙署、仓廩、监狱均有坍塌。南乐：河水溢，房台倾圮无数。内黄：平地崩裂 2 尺许，喷出黑水(记四月)。濮阳、清丰：抚恤磁、邯郸、肥乡、清丰、南乐、开州(今涿州)十一州县地震

灾民(光绪《开州志》记地大震)。”“波及冀、豫、鲁、晋、苏、皖诸省广大地区。”震中烈度为X度,目标区宏观影响烈度为IV度(图1.3-6)。

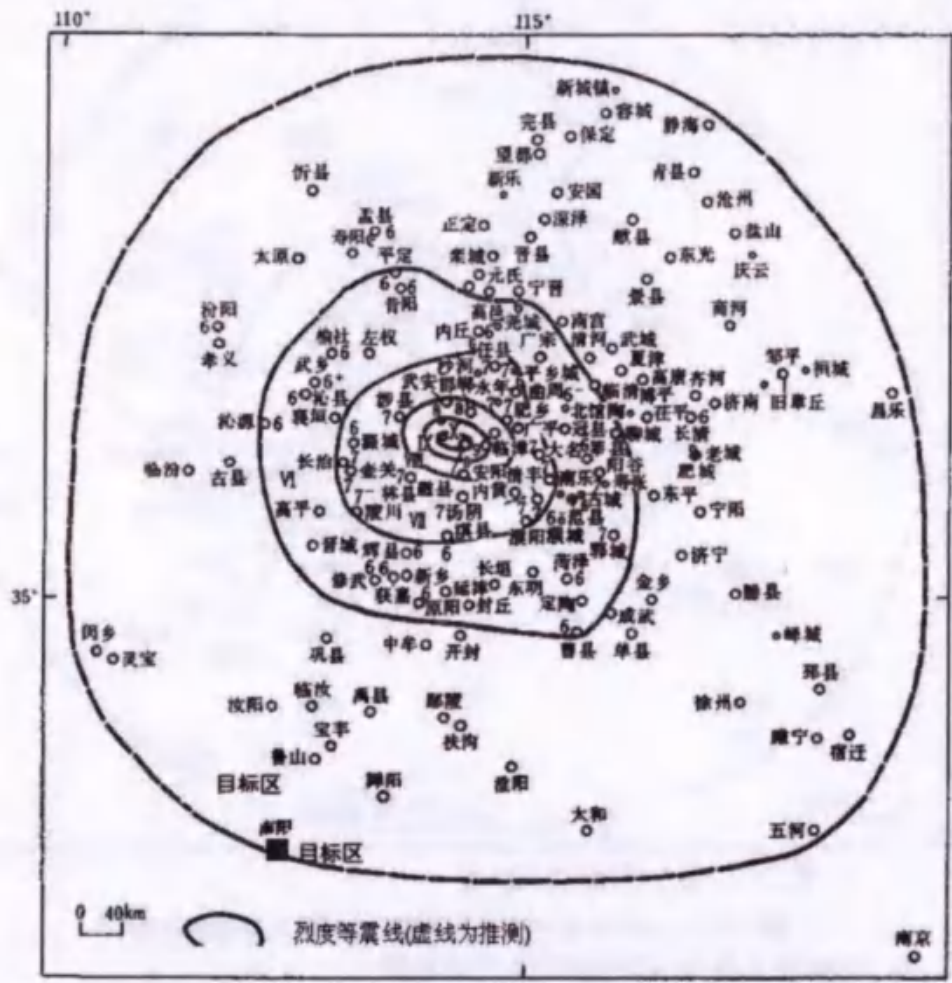


图 1.3-6 1830 年 6 月 12 日河北磁县 7½ 级地震等震线
8、1879 年 6 月 29 日甘肃武都南 8 级地震

清光绪五年五月十二日寅时,甘肃武发生 8 级大地震,地震波及到甘、陕、川、晋、豫、冀、湘、鲁等 15 省、区。震中武都城中突起土石,周二里许,各处山飞走石,地裂水出,附近地区死亡 9881 人。武都附近的东乡牲畜房屋压坏十分之二、南乡牲畜房屋压坏十分之六、西乡牲畜房屋压坏十分之四、北乡牲畜房屋压坏十分之六,四乡共计死亡 7800 余人。河南多地有记载,震中距目标区 750km,综合衰减关系计算和分析,对目标区的影响烈度达IV度,见图 1.3-7。

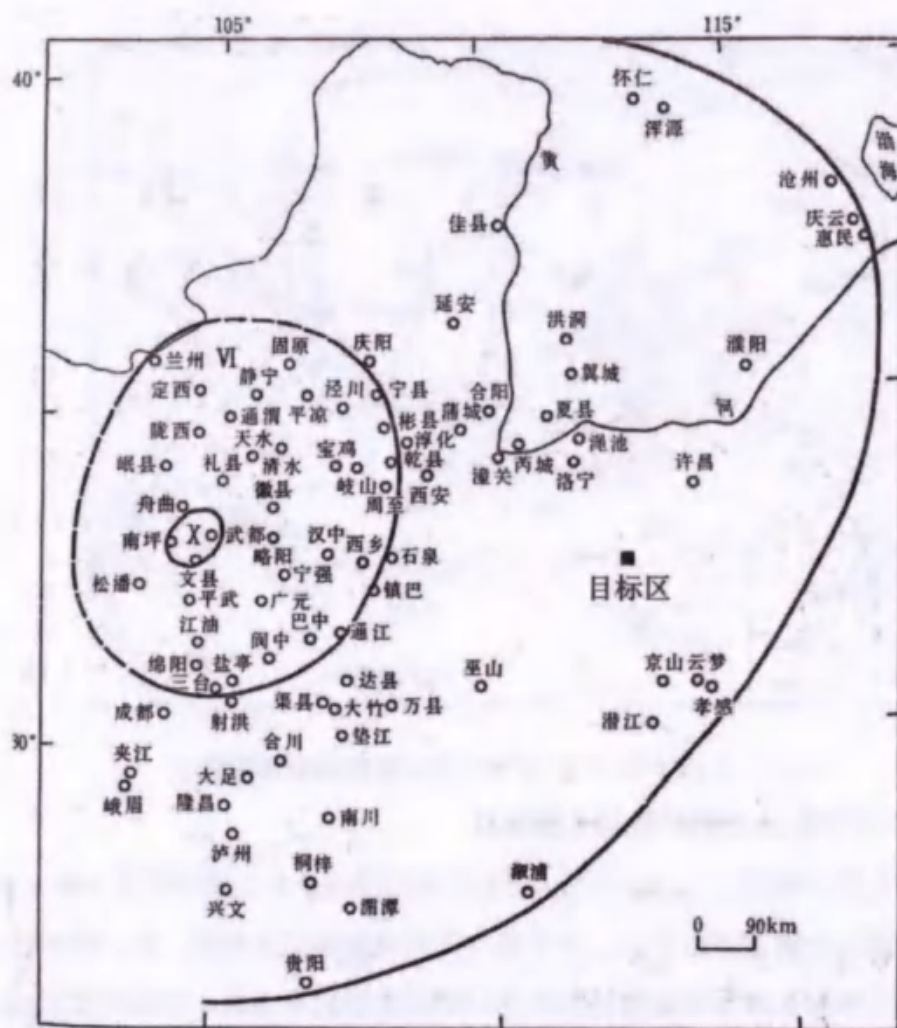


图 1.3-7 1879 年 6 月 29 日甘肃武都南 8 级地震等震线

9、1920 年 12 月 16 日宁夏海原 8 级地震

总情况：东六盘山地区村镇埋没、地面或成陵或陷深谷，山崩地裂，黑水横流，海原、固原等四城全毁。只海原一县死 73604 人，死亡为 59%。全区因地震死者不下 20 万人。与目标区相关的地区，秦安：村镇房屋倒塌殆尽，山陷四处，死 10000 人，压死牲畜 30000 余头，坏房屋 69054 间，窑洞 477 座。天水：城堞圯落，城楼、房屋倒塌，山崩地裂，黑水横流。王家、草包家两山崖塌陷无余，两岸居民被压死者过半，马跑泉镇摇出大川，水能行舟，城内死亡 243 人，城外死亡 2081 人。兰州：倒塌房屋十分之三。死 3000 余人，畜 7000 余头。河南多地有记载，震中距目标区 810km，综合衰减关系计算和分析，对目标区的影响烈度达 V 度，见图 1.3-8。

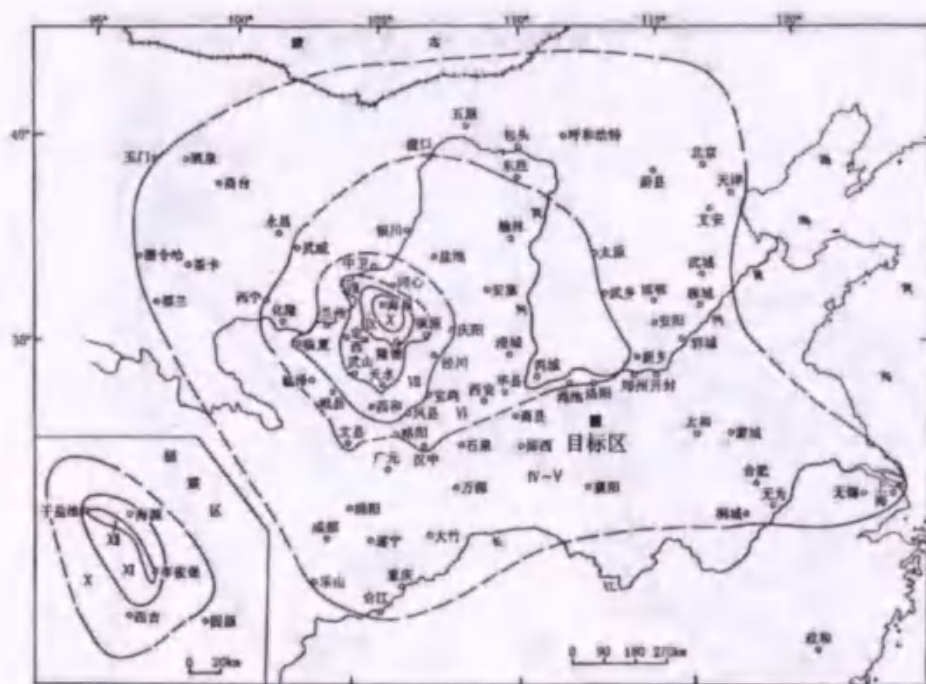


图 1.3-8 1920 年 12 月 16 日宁夏海原 8½ 级地震等震线

10、2008 年 5 月 12 日四川汶川 8 级地震

中国地震台网测定 5·12 汶川大地震的震级为 8.0 级，震源深度 14km。到五月底已发生余震 13000 多次，其中最大强余震震级达 6.4 级，位于青川县，余震主要分布在从映秀镇到青川县的龙门山断裂带的中北段，形成长达 300km 的余震带，其中的 220 多公里有地表破裂，破裂带通过的山脊、水系及建筑均被错断，并形成滑坡、山崩等地质灾害，大的滑坡使河流阻塞，形成众多的堰塞湖。这次地震是新中国成立以来破坏性最强、地震灾害最重、救灾难度最大、波及范围最广的大地震，造成惨重人员伤亡和巨大的经济损失。全国除黑龙江、吉林、新疆三省（区）外其它省市均有震感，四川、甘肃等 6 个省区遭受严重破坏。截至 7 月 6 日 12 时，灾区有 69196 人死亡，18379 人失踪。据中国地震局进行的汶川地震灾害损失评估初步结果称，直接经济损失达 6900 多亿，约占四川省 2007 年 GDP 的 66%，约占全国 2007 年 GDP 的 3%。

本次震中最大地震烈度达到 XI 度，极震区呈北东向的狭长条带。由于这次地震的能量主要沿断裂带释放，使垂直于断裂的方向上地震衰减很快，这次地震对成都平原地区没有造成太大的破坏。图 1.4—9 为本次地震的等震线分布图，目标区的影响为 IV 度。

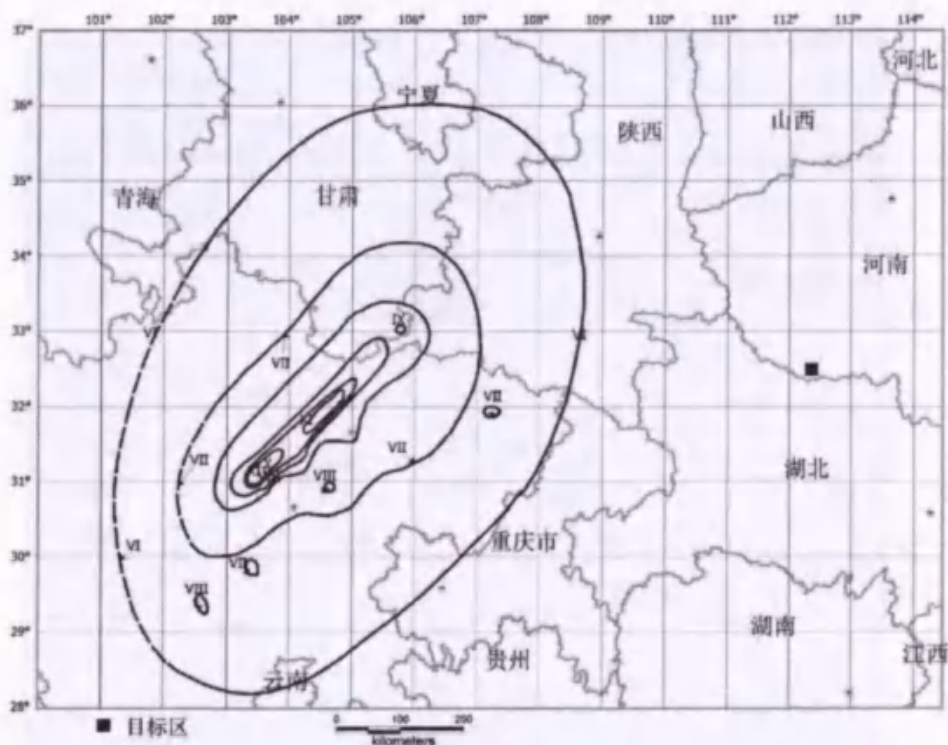


图 1.3-9 2008 年 5 月 12 日四川汶川 8 级地震等震线

综上所述：有史以来对目标区的影响烈度为Ⅳ度以上的地震有 10 次，其中Ⅵ度 1 次，Ⅴ度 2 次，Ⅳ度 7 次，其中对目标区影响最大的是公元 46 年河南南阳 6½级地震，影响烈度达Ⅵ度，其余的都是远震，影响烈度小于Ⅵ，见表 1.3-1。图 1.3-10 给出目标区综合烈度图，目标区位于<Ⅵ度区。

表 1.3-1 目标区地震影响烈度一览表

序号	时间			震中位置			震级	震中距	影响烈度
	年	月	日	纬度	经度	地点			
1	46	10	21	33	112.5	河南南阳	6½	56	Ⅵ
2	1303	9	25	36.3	111.7	山西赵城、洪洞	8	390	Ⅳ
3	1556	2	2	34.5	109.7	陕西华县	8¼	350	Ⅴ
4	1654	7	21	34.3	105.5	甘肃天水南	8	690	Ⅳ
5	1668	7	25	34.8	118.5	郾城	8½	570	Ⅳ
6	1695	5	18	36.0	111.5	山西临汾	7¼	390	Ⅳ
7	1830	6	12	36.4	114.3	河北磁县	7½	415	Ⅳ
8	1879	6	29	33.2	104.7	甘肃武都南	8	770	Ⅳ
9	1920	12	16	36.7	104.9	宁夏海原	8½	810	Ⅴ
10	2008	5	12	31.0	103.4	四川汶川	8	895	Ⅳ

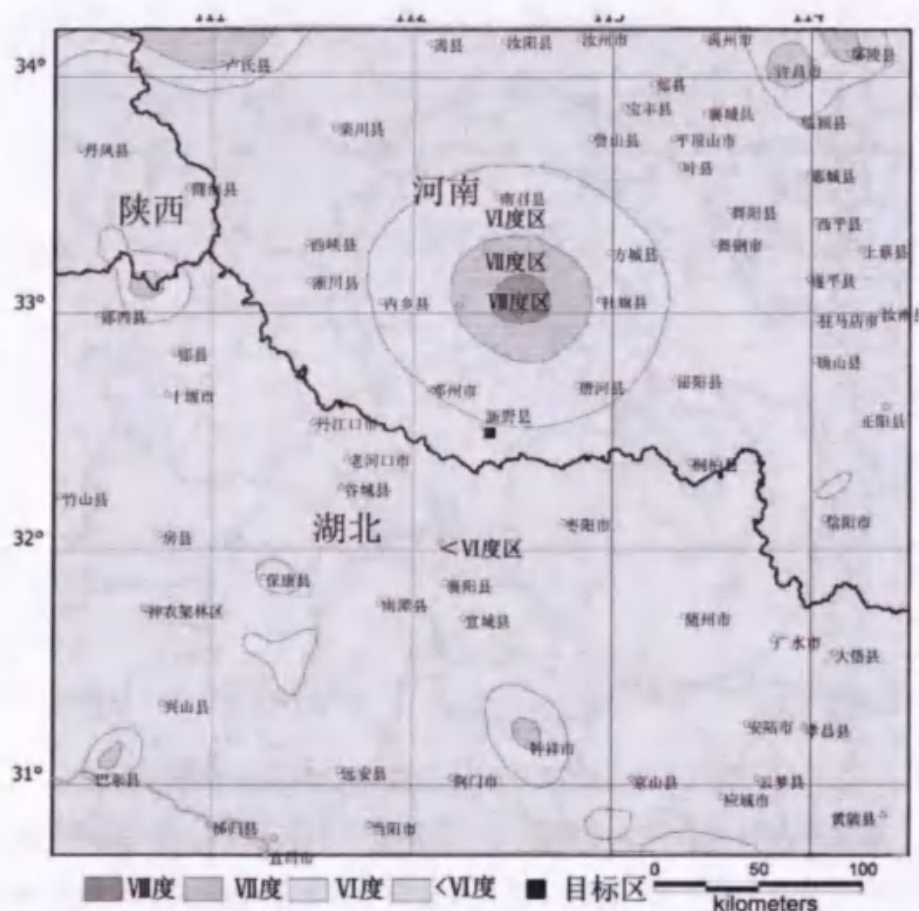


图 1.3-10 目标区综合烈度图

1.4 区域现代构造应力场特征

现代构造应力场是驱动地壳断裂构造活动并孕育发生地震的基本原因，不同方向的断裂活动的性质及其发生地震的震源力学特性，反映了区域构造应力场的特征，因此，根据地震的震源机制解反推地震发生地区的现代构造应力场，是目前常用的有效方法。

根据谢智、刘尧兴等对河南及邻区地震的震源机制解资料分区统计计算结果（2002），鄂豫皖交界平均 P 轴走向为 86° 。

本项目收集到区域内 25 个地震的震源机制解资料（表 1.4-1），图 1.4-1 为区域地震震源机制解分布图，可以看出，区域内地震断层多为走滑型断层类型，也有个别正断层和逆断层活动。

在一定区域内，用较多地震的主压应力方向求得的平均值，代表了该区的现代构造应力场的方向。图 1.4-2 是区域震源应力场 P、T 轴的方位角与仰角分

布图。从图中可以看出，主压应力轴主要为近东西向，主张应力轴主要为北北西向，说明区域主要处于以近东西走向的水平压应力和北北西走向的水平张应力为特征的构造应力场作用之下；P、T轴的仰角大部分小于40°，说明区域构造应力场的方向主要为近水平向。

表 1.4-1 区域地震震源机制解参数

编号	地震日期 年月日	地名	震中位置		震级 MS	深度 (km)	节面 A			节面 B			P 轴		T 轴	
			北纬 (°)	东经 (°)			走向	滑动角	倾角	走向	滑动角	倾角	方位	仰角	方位	仰角
1	1965.01.13	山西垣曲	35.10	111.60	5.5	21	65	157	100	70	27	239	33	331	4	1
2	1972.04.03	河南邓州	32.65	111.60	3.5	6	70	57	251	42	153	120	17	240	50	2
3	1973.11.29	河南淅川	32.88	111.58	4.1	230	71	158	328	68	22	279	2	189	30	3
4	1973.11.29	河南淅川	32.88	111.52	4.7	50	70	156	148	68	21	99	2	9	30	4
5	1976.02.14	河南内乡	33.25	111.97	3.5	43	70	136	114	50	27	165	10	266	44	5
6	1977.08.06	河南淅川	32.90	111.60	3.2	91	35	36	329	71	119	272	55	38	22	6
7	1977.08.06	河南邓州	32.67	111.55	3.8	45	40	155	157	80	53	249	41	3	26	7
8	1978.05.28	河南内乡	33.20	111.90	2.4	258	50	10	161	82	139	113	33	217	20	8
9	1978.05.28	河南内乡	33.25	111.97	3.0	78	50	169	161	82	40	293	33	37	20	9
10	1980.07.15	湖北宣城	31.56	112.46	2.3	218	85	90	38	5	90	128	50	307	40	10
11	1980.07.15	湖北枣阳	31.93	112.77	2.2	38	85	90	218	5	89	308	50	127	40	11
12	1983.12.30	湖北谷城	32.20	111.37	2.2	317	60	90	317	30	90	228	15	48	75	12
13	1984.01.06	湖北谷城	32.07	111.26	2.5	192	65	168	287	80	25	57	12	153	27	13
14	1984.01.06	湖北谷城	32.11	111.43	2.4	12	65	11	287	80	154	237	12	333	27	14
15	1992.01.14	河南登封	34.38	113.28	4.2	46	75	164	132	75	15	269	22	179	1	15
16	2000.01.28	湖北随州	32.00	113.60	3.6	28	81	154	142	82	25	231	40	12	57	16
17	2000.04.29	河南内乡	33.22	112.05	4.2	21	65	163	104	75	25	60	28	154	7	17
18	2006.10.27	湖北随州	31.50	113.10	4.7	343	56	107	109	22	47	352	74	310	60	18
19	2017.04.21	河南襄城	33.79	113.42	3.2	138	23	91	316	67	89	47	22	226	68	19
20	2017.05.19	河南唐河	32.58	112.80	3.7	131	39	22	23	76	126	86	22	331	45	20
21	2017.07.10	河南南阳	32.97	112.42	3.4	242	68	140	349	53	27	298	9	200	43	21
22	2017.12.23	河南西平	33.38	113.90	3.1	269	31	262	98	59	274	21	75	184	14	22
23	2018.02.09	河南淅川	32.83	111.57	4.6	10	21	129	149	73	76	249	27	40	59	23
24	2018.05.29	河南舞阳	33.41	113.57	3.2	187	48	102	349	43	77	268	2	163	80	24
25	2019.11.30	河南淅川	32.79	111.57	4.1	40	67	163	136	74	23	267	4	359	27	25

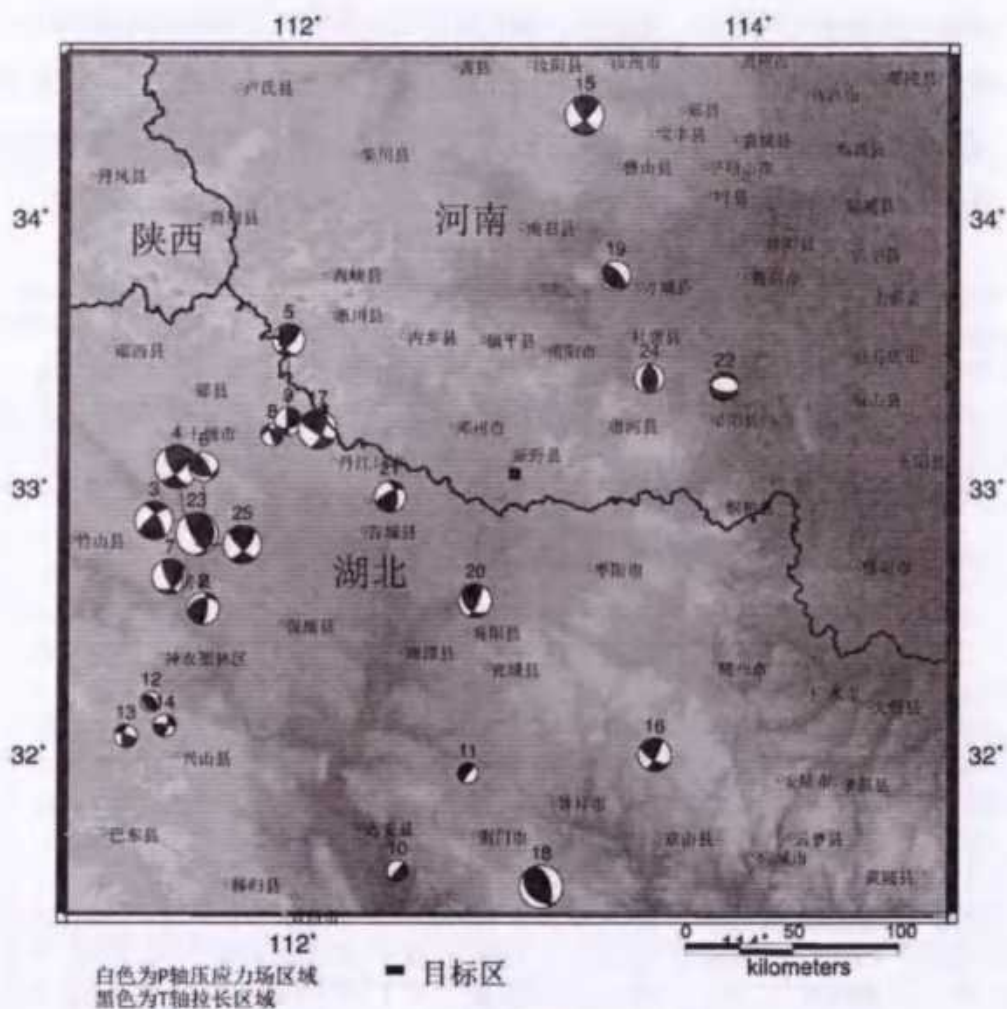


图 1.4-1 区域地震震源机制解分布图

(震源球投影中阴影区表示膨胀区，黑点为P轴出头点)

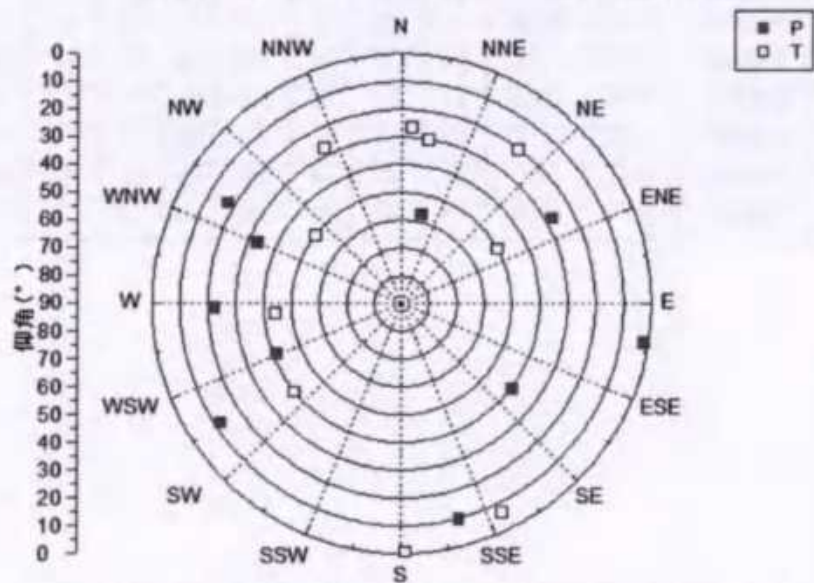


图 1.4-2 区域地震震源机制解 P、T 轴的方位角与仰角分布图

1.5 近场区地震活动性

近场区记载到 1 次历史地震，即公元 1575 年河南南阳南 5¼ 级地震（表 1.5-1）；自 1970 年 1 月至 2021 年 10 月共记录到 $M \geq 1.0$ 级地震 17 次（图 1.5.1），其中 2.0-2.9 级地震 14 次，1.0-1.9 级地震 3 次，最大地震 2.8 级，地震目录见表 1.5-2。

总体上看，历史上发生过的最大地震是 1575 年河南南阳南 5¼ 级，近代小震在近场区分布较为分散，活动频度较低且强度较弱，综合以上历史地震和现代中小震活动情况，未来地震活动最大不超过 6 级地震。

表 1.5-1 区域 $M \geq 4.7$ 破坏性地震目录（公元 46 年-2021 年 10 月）

序号	时间			震中位置			震级	震源深度	震中烈度	观测精度
	年	月	日	纬度	经度	地点				
7	1575	6	19	32.7	112.5	河南南阳南	5¼	-		4

注：1900 年以前的地震是依据宏观震害确定震中位置的，无震源深度，震级精度是¼，观测精度的分类标准是：1 类震中误差 $\leq 10\text{km}$ 、2 类震中误差 $\leq 25\text{km}$ 、3 类震中误差 $\leq 50\text{km}$ 、4 类震中误差 $\leq 100\text{km}$ 、5 类震中误差 $> 100\text{km}$ 。1900 年以来多为仪器记录，震级精度是 0.1，观测精度的分类标准是：1 类震中误差 $\leq 5\text{km}$ 、2 类震中误差 $\leq 10\text{km}$ 、3 类震中误差 $\leq 30\text{km}$ 、4 类震中误差 $> 30\text{km}$ 。

表 1.5-2 近场区中小地震目录（公元 1970 年-2021 年 10 月）

序号	时间	震中位置			震级	震源深度	观测精度
	年月日	纬度	经度	地点			
1	19711015	32.23	112.53	枣阳	2.8	-	1
2	19711015	32.23	112.53	枣阳	2.7	-	1
3	19711016	32.23	112.53	枣阳	2.3	-	1
4	19790816	32.33	112.15	襄阳	2.1	-	1
5	19791024	32.46	112.25	邓州	2.2	-	1
6	19801120	32.61	112.08	邓州	2	-	1
7	19860211	32.43	112.26	新野	2.3	-	1
8	19880502	32.3	112.48	襄阳	2.5	-	1
9	19920423	32.61	112.11	邓州	1.8	-	1
10	19971030	32.73	112.4	新野	2.1	10	1
11	20010424	32.73	112.06	邓州	2.1	8	1
12	20020814	32.4	112.06	襄阳	2	8	1
13	20040528	32.63	112.58	唐河	2	8	1
14	20080812	32.45	112.23	邓州	2.4	4	1
15	20150202	32.38	112.54	枣阳	2.7	6	1
16	20160309	32.78	112.69	唐河	1.6	7	1
17	20200331	32.46	112.52	新野	1.9	-	1

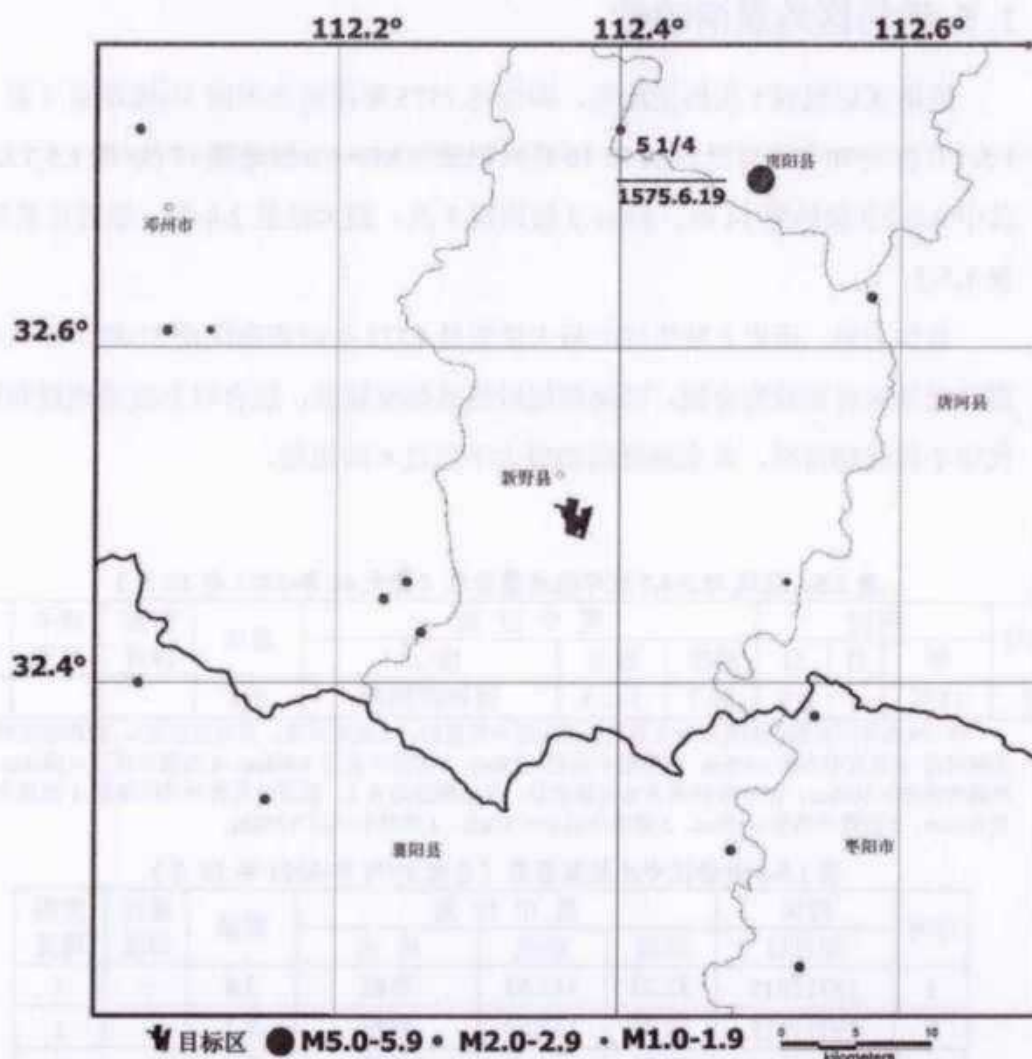


图 1.5-1 近场区地震震中分布图（公元 1575 年-2021 年 10 月， $M \geq 4.7$ （4%）；1970 年-2021 年 10 月 $M \geq 1.0$ ）

1.6 区域和近场区地震活动环境评价

综上所述，目标区所处的区域及近场区地震环境评价如下：

1、区域主要位于区域主要位于华北平原地震带和长江中游地震带之间，主体位于华北平原地震带。未来 100 年地震位于公元 1800 年以来的活跃周期末期，未来仍有可能发生 6 级左右地震。

2、区域范围内记录到破坏性地震共 25 次，6 级以上地震 3 个，分别是公元 46 年河南南阳 6 级地震、1524 河南许昌、张潘店一带 6 级地震、1820 河南许昌东北 6 级地震。有史以来对目标区的影响烈度为 IV 度以上的地震有 10 次，

其中VI度1次，V度2次，IV度7次，其中对目标区影响最大的是公元46年河南南阳6¼级地震，影响烈度达VI度，其余的都是远震，影响烈度小于VI。

3、河南及邻区地震的震源机制解资料分区统计计算结果，鄂豫皖交界平均P轴走向为86°；区域地震震源机制解分布图可以看出，区域内地震断层多为走滑型断层类型，也有个别正断层和逆断层活动。由区域震源应力场P、T轴的方位角与仰角分布可以得出，主压应力轴主要为近东西向，主张应力轴主要为北北西向，区域构造应力场的方向主要为近水平向。

4、近场区记载到1次历史地震，即公元1575年河南南阳南5¼级地震。自1970年1月至2021年10月共记录到 $M \geq 1.0$ 级地震17次，其中2.0-2.9级地震14次，1.0-1.9级地震3次，最大地震2.8级。历史上发生过的最大地震是1575年河南南阳南5¼级，近代小震在近场区分布较为分散，活动频度较低且强度较弱，综合以上历史地震和现代中小震活动情况，未来地震活动最大不超过6级地震。

震级	震级	震级	震级	震级
1.0-1.9	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-4.9	5.0-5.9
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25
26	27	28	29	30
31	32	33	34	35
36	37	38	39	40
41	42	43	44	45
46	47	48	49	50
51	52	53	54	55
56	57	58	59	60
61	62	63	64	65
66	67	68	69	70
71	72	73	74	75
76	77	78	79	80
81	82	83	84	85
86	87	88	89	90
91	92	93	94	95
96	97	98	99	100

第二章 区域地震构造环境评价

2.1 区域大地构造特征

大地构造单元划分是为了了解在不同构造阶段的地质构造特点及同一构造阶段不同构造单元的构造特征,以及各构造单元空间展布范围及其分布规律,从而全面揭示区域总的构造特点及其发展规律。

划分大地构造单元主要依据下述原则:将地质构造发展的质变旋回时代(也就是地槽转化为地台的时代)作为划分一级大地构造单元最基本的准则;以地质发展史中的构造特点作为划分二级构造单元的依据。

按照上述原则,在综合分析研究各构造阶段沉积岩相与建造组合、岩浆活动、构造变动、区域变质程度及成矿作用等特征的基础上,将本区划分为3个一级、9个二级大地构造单元(表2.1-1、图2.1-1),本次工作的目标区位于南阳-襄樊拗陷(Ⅱ₄)。

表 2.1-1 区域大地构造单元划分一览表

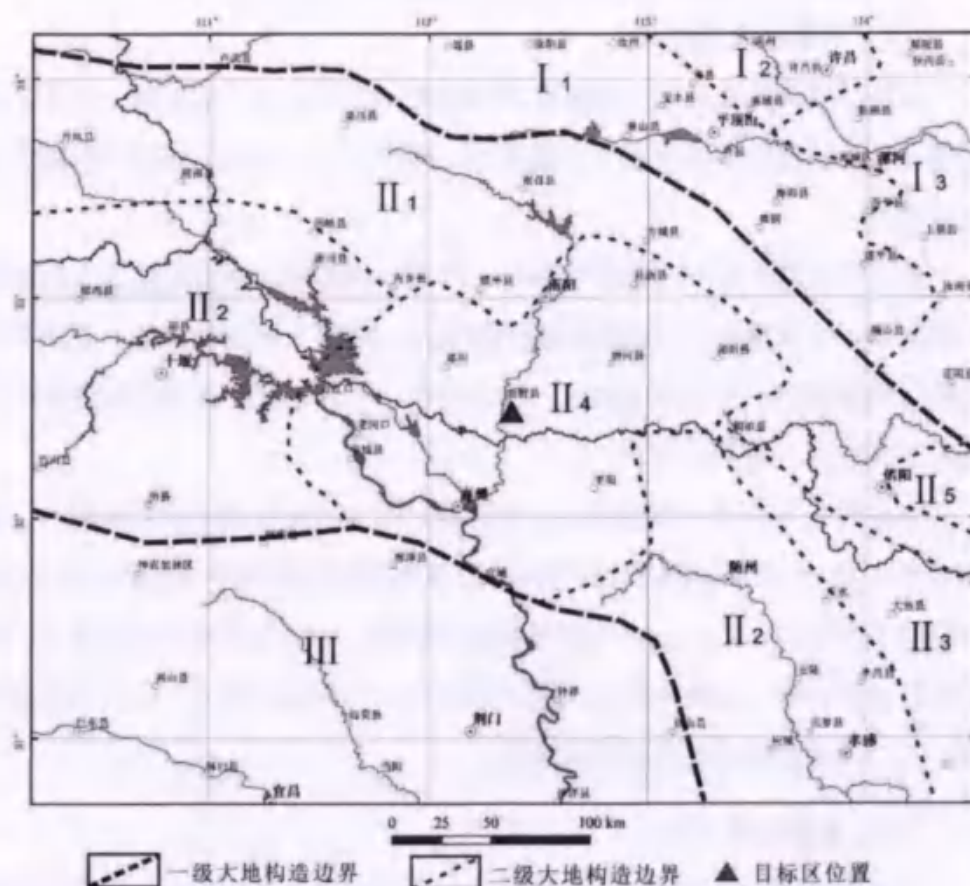
一级构造单元	基底形成时代	盖层形成时代	构造线方向	二级构造单元名称
中朝准地台 (I)	太古代-下元古 代	中元古代至中生 代	北西西、近 东西	华熊台缘拗陷(I ₁) 嵩箕台隆(I ₂) 华北拗陷(I ₃)
秦岭褶皱系 (II)	古生代、早中生 代	晚中生代	北西向为主	北秦岭褶皱带(Ⅱ ₁) 南秦岭褶皱带(Ⅱ ₂) 桐柏-大别山褶皱带(Ⅱ ₃) 南阳-襄樊拗陷(Ⅱ ₄) 潢川拗陷(Ⅱ ₅)
扬子准地台 (III)	前震旦纪	震旦纪、古生代	北西向为主	

2.1.1 中朝准地台(I)

区域淮河流域北部广大地区隶属于中朝准地台南部,南以栾川-确山-固始深断裂为界。

1、中朝准地台的形成和演化

中朝准地台的发生、发展和演化经历了漫长历程。太古界登封群、太华群优地槽基性、中酸性火山岩-复理石建造、下元古界嵩山群冒地槽陆源碎屑夹镁质碳酸盐建造，经嵩阳运动和中条运动，强烈褶皱与变质，构成该区中朝准地台区结晶基底。中元古代形成的巨厚的熊耳群偏基性中性-酸性火山岩系，经王屋山运动发生褶皱，组成中朝准地台基底与盖层之间的过渡层(暂划为第一盖层)。熊耳期过渡之后，为中、晚元古界浅海相陆源碎屑岩-镁质碳酸盐岩建造、下古生界寒武系-中奥陶统碳酸盐岩夹泥砂岩建造和中石炭统-三叠系海陆交互相-陆相含煤建造，缺失上奥陶统-下石炭统，总厚度达 8000m 以上。该区在盖层发展阶段所经历的构造运动主要为升降运动，造成震旦系底界、寒武系底界、中石炭统底界三个区域性平行不整合面。燕山运动使盖层产生褶皱和断裂，形成台褶断带，造成准地台活化，支解为新的活动带和新的稳定区。



I-中朝准地台：I₁-华熊台缘拗陷 I₂-高箕台隆 I₃-南华北拗陷 II-秦岭褶皱系：II₁-北秦岭褶皱带 II₂-南秦岭褶皱带 II₃-桐柏-大别山褶皱带 II₄-南襄拗陷 II₅-潢川拗陷 III-扬子准地台

图 2.1-1 区域大地构造分区图

2、中朝准地台的地质和构造特征

燕山旋回-喜马拉雅旋回早期，表现为强烈的断块差异运动，在先前构造基础上，西部断块上升，东部作不均衡沉降，形成大小不同、方向各异的断块隆起和断（拗）陷盆地。在不同的断（拗）陷盆地内，分别堆积了陆相侏罗系含煤建造、白垩系火山岩-红色复陆屑建造和古近系复陆建造。在此期间伴有广泛的燕山期中酸性岩浆侵入活动和有关金属矿产形成。喜马拉雅旋回晚期，大型褶皱运动使西部继续隆起，形成低山丘陵，仅在断拗盆地内接受沉积；东部普遍大幅度沉陷，广泛沉积了新近系、第四系陆相碎屑物，并有少量新近纪基性岩浆喷发和超基性岩浆侵入活动。据物探资料分析，整个中新界各种陆相碎屑岩在东部华北拗陷内最大厚度达 8200m 以上。

3、区域内次级构造单元划分

中朝准地台在研究区内包括三个二级大地构造单元。

（1）华熊台缘拗陷（I₁）

本区是中朝准地台侵入岩最发育的地区，计有嵩阳、王屋山、晋宁、燕山四期，其中以燕山期酸性侵入岩最发育，而且与本区内生金属矿产形成关系极为密切。

燕山运动使盖层产生褶皱和断裂，形成台褶断带。燕山运动及其以后断裂活动强烈，沿规模较大的断裂形成断陷盆地，控制中生代沉积。其中北东向断陷盆地如洛河、伊河断陷盆地，横贯全区，使本区在北西西向构造基础上形成北东向三隆三拗构造面貌。

本区构造方向为北西西向或近东西向，但各部分构造形态差别较大。基底褶皱形态复杂，组成紧闭或倒转褶皱。过渡层熊耳群形成中等倾斜北斜和向斜。岭褶皱系和栾川-确山-固始深断裂带活动影响，构造形态显得比较复杂。区内发育有近东西向、北西向和北东向三组断裂，燕山运动以来，表现为高度正断层，其中后两组断裂兼具有平推性质。

（2）嵩箕台隆（I₂）

位于河南省中部嵩山、箕山地区，北面和东面是华北拗陷，西面及南面与华熊台缘拗陷相连。

盖层演化阶段表现为升降运动，造成部分地层缺失和地层间的平行不整合接触。燕山运动使盖层发生褶皱和断裂，造成台褶断带上隆。燕山运动以来，本区继续隆起，并被断裂切割成菱形断块，形成今日之构造面貌。

(3) 华北拗陷 (I₃)

位于京广线以东、确山-固始以北，包括河南省东部和安徽省西部广大平原区。西面与华熊台缘拗陷相连，南以栌川-确山-固始深断裂为界，与潢川山前拗陷相邻。

拗陷区地表广为第四系覆盖，仅在边缘地带带有基岩零星出露。相邻构造单元地质特征和区内有关研究成果及物探、钻探资料表明，燕山旋回早期及其以前，华北拗陷与相邻构造单元为统一的整体，地质构造特征基本相似。自燕山期旋回晚期开始，西部地区隆起，本区下沉，形成拗陷。燕山旋回晚期-喜马拉雅旋回早期，由于基底构造及断裂活动影响，拗陷内部作不均匀下沉，形成一系列次级断（拗）陷盆地和断块凸起。焦作-商丘深断裂以南地区，由于近东西向基底构造和断裂影响，次级拗陷和凸起则多呈东西或北西西向。次级凸起区缺失侏罗纪-古近纪沉积。次级断（拗）陷盆地内，堆积了中生代中、晚期陆相碎屑岩及少量火山碎屑岩，古近世为以湖相为主的次稳定型暗色-红色复陆屑建造，厚度可达 5000m 以上。古近纪以后，本区与潢川拗陷连成一体，继续大幅度下沉接受沉积，堆积了厚约 500~1000m 以上的新近系、第四系以河湖相为主的次稳定型杂色复陆屑建造，形成今日的华北拗陷。

2.2.2 秦岭褶皱系 (II)

区域中部伏牛山、桐柏山、大别山地区属秦岭地槽褶皱系东延部分，北以栌川-确山-固始深断裂为界与中朝准地台相邻。

1、秦岭褶皱系的形成和演化

它是一个中生代以前典型的长期多旋回发展的地槽褶皱系。在长期不均衡多旋回演化过程中，大致以中条、晋宁、华力西运动为主要转折，将其划分为原始优地槽、断陷地槽和优地槽、冒地槽、断（拗）陷四个发展阶段。

太古代-早元古代原始优地槽发展阶段：太古代洋壳全面活动，形成大别群优地槽型基性火山岩建造、中酸性火山岩建造、复理石建造系列，最大厚度

大于 5746m，并有深断裂生成，奠定本区北西西向构造格架，并使岩石发生强烈区域变质和混合岩化作用，形成以角闪岩相为主，局部达麻粒岩相中深变质岩和混合岩系。伏牛山-白云山和灵山地区出现规模较大的混合花岗岩体。

中元古代-晚元古代早期断陷地槽和优地槽发展阶段：中元古代本区大部分隆起，在地壳引张和深断裂作用下，西峡-信阳南湾地区裂陷成断陷地槽，其内沉积了厚 7000m 以上的信阳群复理石夹火山岩建造。

震旦纪-石炭纪冒地槽发展阶段：南秦岭地区经早震旦世隆起之后，自晚震旦世初开始下沉，沉积了上震旦统-中石炭统冒地槽型陆源碎屑岩-碳酸盐岩夹火山岩建造，最大厚度大于 8000m。石炭纪末的华力西运动，使区内秦岭地槽最后回返，随着南秦岭地槽褶皱隆起，区内秦岭地槽全部封闭，结束地槽发展史，转为褶皱系隆起。

中生代断（拗）陷发展阶段：由于强烈的断块差异运动，沿断裂形成北西西向断（拗）陷盆地，其内堆积了河湖相、山麓相次稳定型复陆屑建造和大陆中酸性火山岩建造，燕山旋回晚期酸性岩浆侵入活动强烈，形成大量的花岗岩体，同时伴有重要的内生金属矿产形成。

2、秦岭褶皱系的地质和构造特征

（1）自中条运动之后，本区长期活动的深断裂，对区域地质构造发展起着重要的控制作用。由于区内秦岭褶皱系经历了复杂的演化过程，所以区内岩浆岩、变质岩和混合岩比较发育，构造极为复杂。

（2）本区侵入岩岩石类型比较齐全，超基性、中基性、酸性侵入岩皆有，但以花岗岩类最发育。侵入岩受构造控制比较明显，超基性-中基性侵入岩和酸性小岩体多沿深断裂带，呈北西西向带状展布，大致以五条深断裂为界，形成五个复杂的构造岩浆岩带。

（3）本区震旦纪及其以前地层全部发生变质，并具有多期变质特征。不同时期的变质岩、混合岩呈北西西向带状分布。

（4）本区构造极为复杂，褶皱、断裂都很发育，总体呈北西西向。褶皱自北而南作有规律变化，分别为北秦岭、桐柏-大别和南秦岭褶皱带。断裂以北西西向深大断裂为主，具有规模大、长期活动、性质多变的特征。在信阳以东发育有北北东向横向断裂。中生代断（拗）陷盆地皆沿深断裂带呈北西西

向狭长带状展布。上述不同时期各种类型的构造交织迭置在一起，构成区内秦岭褶皱系现今复杂的构造面貌。

3、区域内次级构造单元划分

秦岭褶皱系在区内划分为五个二级构造单元。

(1) 北秦岭褶皱带 (II₁)

位于秦岭褶皱系北部，木家垭-内乡-桐柏-商城深断裂以北，北以栾川-确山-固始深断裂为界，与中朝准地台相邻，呈北西向展布在伏牛山区和桐柏山、大别山区北部。

本区经中条旋回优地槽、王屋山旋回断陷优地槽、晋宁旋回早期断陷优地槽发展演化之后，转变为褶皱带隆起，与桐柏-大别山褶皱带连在一起，成为分隔我国南北的北西西向古陆。区内长期活动的深断裂带对褶皱带起着相当重要的控制作用。

本区构造方向为北西西向，地层、构造岩浆岩带、变质相带、混合岩带和更次级的构造单元及山脉走向皆呈北西西向带状展布。断裂以北西西向深大断裂带为主，在信阳以东地区发育有燕山期北北东向断裂。上述构造组合在一起，构成褶皱带现今复杂面貌。

(2) 南秦岭褶皱带 (II₂)

本区构造线呈北西向。褶皱表现为背斜紧闭，北翼缓，南翼倒转；向斜相对宽缓，总体呈隔档式褶皱。断裂主要为北西西向，区域北部比较发育，多形成于华力西以前各期，具规模较大、长期活动、性质多变的特征，并控制各期岩浆活动和矿产形成。此外，区内发育一些规模较小的北东向和北西向走滑断层，在北部常与北西西向断裂共同控制燕山期花岗斑岩及喷发角砾岩形成。

(3) 桐柏-大别褶皱带 (II₃)

位于桐柏-大别山地区。北以山阳-内乡-桐柏-商城深断裂为界，与北秦岭褶皱带相邻，在桐柏县平氏西没入南阳拗陷之下，南与南秦岭褶皱带相接。

本区地层为太古界大别群和下元古界苏家河群，两者之间为角度不整合接触。大别群变质程度较深，以角闪岩相为主，局部出现麻粒岩相，混合岩化普遍而强烈，最大厚度达 5746m 以上。苏家河群分布于大别群北侧，厚 4410m，

变质程度为角闪岩相，下部混合岩化普遍。区内侵入岩除印支、喜马拉雅两期外，其余各期均有发育，以燕山期花岗岩最发育，次为中条期混合花岗岩、加里东期基性-超基性岩，构成巨大的桐柏山-大别山构造岩浆岩带。嵩阳运动使大别群强烈褶皱变质，形成大别陆核，成为本区最早的陆壳。经中条旋回优地槽发展阶段，强烈的中条运动使苏家河群褶皱变质，结束地槽发展史，褶皱隆起。此后，长期处于隆起状态，成为横亘于豫、鄂、皖三省交界地带的北西西向古陆，控制着周围地区沉积和发展。

桐柏-大别隆起区是江淮之间中强震最活跃的地区，曾发生 $6 \leq M \leq 6\frac{1}{4}$ 级较大中强震三次和十余次 5 级左右较小中强震。

(4) 南阳-襄樊拗陷 (II₄)

位于河南省南阳-湖北省襄樊一带，面积近 1000km²。

拗陷内磁场为北西西向正负航磁场。在北部社旗-泌阳和中部内乡-唐河县黑龙镇平行展布有串珠状北西西向正航磁异常带。重力主要为重力低区，但在东北部社旗-泌阳一带则为重力高区。正航磁异常带和重力高区一方面反映社旗-泌阳一带基底埋藏较浅，另一方面反映下部可能有基性-超基性岩带存在。

此拗陷是叠置在秦岭褶皱系之上的近南北向中新生代拗陷。多为第四系覆盖区，但在其边缘地带零星分布有上白垩统、古近系和新近系地层。据周围区地质构造特征和区内物探、钻孔资料分析，本区基底为秦岭区元古界-古生界地层。燕山旋回以前，南阳-襄樊拗陷与秦岭褶皱系是统一的整体，地质构造特征基本相似。自燕山旋回开始，周围地区上升隆起，本区下陷，成为叠置在秦岭褶皱系之上的断（拗）陷盆地。燕山旋回晚期-喜马拉雅旋回早期，本区在原有北西西向断裂和新生的北北东向断裂活动影响下，作不均衡下降，形成北西西向两个断（拗）陷和一个隆起，构成一隆两拗的构造格局。隆起区缺失白垩纪-古近纪沉积。拗陷内则沉积了上白垩统山麓河流相-湖相红色砾岩、砂砾岩、砂岩及粘土岩。古近系为以各种湖相为主的暗红色或红色粘土岩、砂岩夹少量砂砾岩、泥灰岩组成的次稳定型复陆屑建造。古近纪以后，大型褶皱运动使本区普遍大幅度沉陷，接受沉积，堆积了新近系、第四系河湖相碎屑岩系。形成了现今叠置在北西西向秦岭褶皱系之上的近南北向展布的南阳-襄樊拗陷面貌。

中新界最大厚度达 7000m 以上。公元 46 年在断陷北缘曾发生南阳 ($6\frac{1}{2}$ 级) 地震。本次工作的目标场地位于该区内。

(5) 潢川坳陷(Ⅱs)

本区位于北秦岭褶皱带东部, 栎川-确山-固始和西官庄-镇平-龟山-梅山两大深断裂之间, 呈近东西向展布在信阳-潢川-固始一带, 东入安徽省, 是一叠加在北秦岭褶皱带之上的中新生代山前坳陷。

燕山旋回以前, 潢川坳陷与北秦岭褶皱带原为统一的整体, 地质构造特征基本相似。自燕山旋回开始, 在栎川-确山-固始和西官庄-镇平-龟山-梅山两大深断裂强烈活动影响下, 其南、西两面迅速上升隆起, 本区则大幅度陷落, 与北秦岭褶皱带分开, 成为叠置在北秦岭褶皱带东段之上的中新生代山前坳陷。燕山旋回-喜马拉雅旋回早期, 断陷内中侏罗统厚 1393~2200m, 上侏罗统厚 1448~2800m, 下白垩统厚 306~1200m, 上白垩统厚 400~2200m。古近纪晚期以后, 本区与华北坳陷连成一体, 普遍下沉并接受沉积, 堆积了新近系、第四系河湖相(部分边缘地带为山麓相)杂色砾质、砂质、砂泥质及泥质碎屑物, 最大厚度达 300m, 成为黄淮平原一部分。

潢川坳陷构造线为近东西向, 由兰青店隆起、平昌关-罗山坳陷、仙居隆起和固始坳陷组成, 坳陷内北西西向和北北东向断裂比较发育, 规模比较大。物探资料表明, 燕山旋回以来断层多表现为高角度正断层, 其中北北东向断裂呈明显的走滑性质, 具长期活动特点, 构成坳陷边界, 控制坳陷的形成、发展及其沉积岩相变化。北西西向断裂有北侧的栎川-确山-固始深断裂, 南侧有西官庄-镇平-龟山-梅山深断裂。北北东向断裂主要有罗山-大悟断裂、潢川-新县断裂、麻城-商城断裂、霍山-罗田断裂等。

2.2.3 扬子准地台(Ⅲ)

1、扬子准地台的形成和演化

青峰-襄樊-广济断裂以南属扬子准地台范围, 是在晚元古代扬子旋回末形成的。它的演化经历了地台基底形成、地台盖层发育和大陆边缘活动带发展三个阶段。

扬子准地台基底是由前震旦纪不同时期的褶皱带组成的，具三层结构特征。它的形成经历了大别、扬子两大构造旋回和大别、神农、花山三次主要构造运动的演化过程，是多旋回构造作用的结果。

地台沉积盖层发育，厚近 7000m，分为震旦系、志留系和泥盆系至中三叠统两大套。

晚三叠世以来，地台基本结束海相为主的沉积，除几次短暂的海侵外，均为陆相沉积。早期为河湖相含煤碎屑岩沉积，晚期发育受断陷控制的红色建造和生油岩-蒸发岩建造。

2、扬子准地台的地质和构造特征

在燕山运动以来的大陆边缘活动带发展阶段，全区相继经历了燕山和喜马拉雅运动的强烈改造。构造运动的特点，从性质上讲，是从挤压（褶皱）作用向引张（断陷）作用转化；从空间上看，呈南、北强，中间弱的趋势。燕山运动影响全区，使前白垩系地层普遍褶皱，形成台褶皱带。北西-北西西向的褶皱带和北东-北东东向的褶皱带构成两个向西敞开的喇叭口。北部台缘变形强烈，多呈由向南倒转的紧密线状褶皱和一系列北倾的断裂带组成的叠瓦状构造。上扬子地区表层褶皱比较和缓，形成过渡型隔档式-隔槽式褶皱。晚侏罗世开始的局部断陷活动在燕山晚期至喜马拉雅期占居主导地位。受张性断裂控制的断陷盆地，上叠在台褶皱带上。

燕山旋回中期(J_3-K_1)，下扬子准地台地区有强烈的、中酸性为主的岩浆活动。燕山旋回晚期和喜马拉雅旋回由于断块活动的加剧，有多次橄榄玄武岩和玄武岩喷溢。

2.2 区域新构造运动特征及其分区

2.2.1 区域新构造期的构造演化

经过燕山运动，特别是燕山晚期至新生代早期的大规模断陷活动以后，本期的地质构造格局大局已定，地壳活动的断块运动形式更为显著。其时，地壳活动发生了新的分异。原先稳定的中朝准地台转为活动较强的构造单元，其西南及西北部急剧上升，东部及东北部大幅度拗陷，大华北拗陷、豫西南阳山间拗陷盆地及江汉盆地拗陷带基本形成，并且卷入中国东部大陆边缘活动带的范

围之内。原来较为活动的秦岭褶皱系却相对稳定下来，只在局部山区发生断陷盆地。由燕山晚期和新生代早期运动形成的断陷盆地成为新构造期的沉积场所，但这时断陷活动已逐渐消失，被更大范围的拗陷活动所代替。

由于喜马拉雅运动的影响，新近纪时，本区东部以大范围的拗陷为主陷落，西部则以断块上升。华北断拗突破了中期准地台与秦岭褶皱系的边界线，越过新蔡高地，向南扩展到了大别山北麓；在西部，它与豫西南阳山间盆地大面积沟通。此时，在秦岭区仅有南阳盆地孤立存在，南部的江汉盆地拗陷带进一步扩大。

新近纪时，南秦岭地区原有的白垩纪红盆地如西峡盆地、滔河盆地、郧县盆地等间歇隆升，成为南秦岭隆起区内的蚀余盆地；北秦岭地区则间歇性抬升，长期遭受剥蚀，形成伏牛山脉，最高海拔超过 2000m。

新近纪时，上述拗陷带盆地主要为河湖相粗陆屑沉积与粘土岩互层。在太行山东麓及嵩山西缘常有基性-超基性岩浆沿断裂带喷发，形成玄武岩层和金伯利岩体。南阳盆地比较稳定，为河湖相陆源碎屑岩与粘土岩相间沉积。该盆地边缘其沉积厚度为 100~300m，盆地中心厚度 300~800m。华北断拗内可分三个拗陷，即濮阳拗陷、开封拗陷和周口拗陷。各拗陷内均为浅湖相砂岩、粘土岩沉积，局部间有河流相砂砾岩和沼泽相粘土岩夹层。周口拗陷沉积厚度为 1000~1450m，最厚达 2000m，开封拗陷沉积厚度为 850~2340m。

新构造运动在本区主要表现为升降运动和断裂走滑运动，致使各地层之间多为平行不整合接触。沿活动的深断裂带局部有基性火山喷发。

该区第四纪基本上继承了新近纪的构造格局和地貌景观，但也有一些新的发展。豫西山地及秦岭-大别山地、神农架山地更加抬升；黄河、淮河、卫河三大水系和长江水系的区内主要分支唐河、白河、湍河等水系基本定型；华北断拗经过巨厚的古近纪-新近纪沉积物充填，总体上已平原化。宏观地貌上，此时本区境内可分属两个地貌台阶：由秦岭、大别山、熊耳山神农架等构成的中山山地属第二级地貌台阶；大体在京广线以东的华北平原区属第三地貌台阶。中山山地前缘边坡的丘陵地带则成为第三级与第二级台阶的过渡地带。第四纪的沉积受断块构造和上述地貌形态控制。

2.2.2 区域新构造运动特征

1. 差异隆起与拗陷运动

新近纪至第四纪，本区由于西部受到印度洋板块对青藏高原的碰撞挤压的影响，东部受到太平洋板块运动的影响，使本区的地壳构造运动与前期相比发生了明显的差异。构造运动由前期的强烈张性隆起和断陷转化为块状差异隆起和拗陷。秦岭、大别和武当山地区仍有不同程度的隆起，形成了高达 1000-2000m 的高山；南阳盆地和华北拗陷则由白垩纪—古近纪时期的张性断陷转化为拗陷。南阳盆地沉积了厚达 600-1000 米厚的新近纪—第四纪地层；华北拗陷（南部）沉积厚达 1000 米以上的新近纪至第四纪地层，其中周口拗陷最大厚度达 2000 米。

2. 断裂活动的东西差异

断裂活动的性质也由前期的张性断块运动转化为走滑活动，并且出现了明显的东西差异。西部地区一些北西西向断裂受到青藏高原的影响，沿老断裂挤压破碎带。

再次发生新的左旋走滑运动，一系列山脊水系被左旋水平错移，但这种运动比青藏高原和西秦岭地区已明显减弱。左旋走滑运动只局限在少数北西西向断裂带上，如黑沟大断裂等，其他大多数断裂已无明显活动。研究区域的东部，青藏高原运动的影响已不明显，北西西向断裂未见新的活动。由于受到滨太平洋北北东向构造运动的影响，一些早期形成的北北东向断裂再次发生右旋走滑运动。再往西，北北东向断裂活动也明显减弱。可见研究区域的东部和西部新近纪以来的构造运动性质明显不同。

2.2.3 区域新构造单元的划分

根据区域及邻区新构造垂直差异运动的不同，区域内划分出 4 个一级新构造单元。根据其间新构造活动的差异又可细分出 9 个二级构造单元（表 2.2-1、图 2.2-1），本次工作的目标区位于南襄拗陷（III₂）。

表 2.2-1 区域新构造单元划分一览表

一级新构造单元	二级新构造单元
豫西差异隆起（I）	

南华北坳陷 (II)	太康凸起 (II ₁) 周口凹陷 (II ₂) 西平-平舆隆起 (II ₃) 驻马店-淮滨凹陷 (II ₄)
秦岭-大别隆起区 (III)	北秦岭强烈隆起 (III ₁) 南襄坳陷 (III ₂) 桐柏-大别隆起区 (III ₃) 两郧中等掀升区 (III ₄)
扬子隆起区 (IV)	鄂中差异升降区 (IV ₁) 鄂西中等隆起区 (IV ₂)

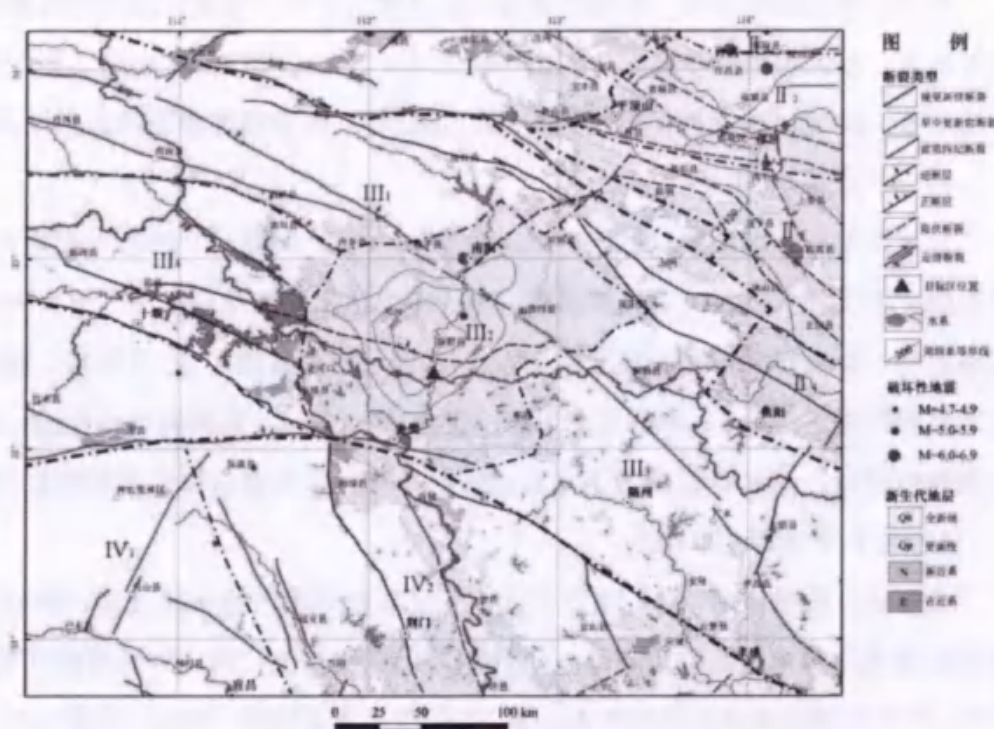


图 2.2-1 区域新构造分区

1. 豫西差异隆起 (I)

位于区域北部, 为大面积抬升隆起区, 该区广泛出露震旦系及燕山期花岗岩, 仅在隆起边缘有第四纪地层分布, 主要受北西和北东向两组断裂控制。由于新生代断裂活动, 使隆起区切割成隆升程度不同的次级块体。

2. 南华北坳陷 (II)

该区位于秦岭和大别山隆起区以北, 华熊差异隆起区以东, 以大面积沉降为特征。侏罗纪-古近纪都为断陷盆地, 沉积了数千米厚的沉积。新构造期以来由前期的断陷转化为更大范围的坳陷, 构成现今的华北平原坳陷带。华北坳陷(南部)沉积了厚达 1000m 以上的新近纪至第四纪地层, 其中周口坳陷最大厚度达 2000m。

该区第四系均为冲积-湖积相沉积, 沉积厚度 50~300m, 具有华南与华北过渡的性质, 而且在沉积特征上也有其独特之处。该区全新世为冲积成因和风积成因沉积类型, 局部有湖沼相沉积。

1) 太康凸起 (II₁)

其总体走向呈近东西。基底主要为太古界和古生界, 其上有新近系河湖相陆屑堆积, 南、北两侧厚度大, 达 1300m 左右, 中间仅为 400m 左右。第四系厚达 100~200m。南北两侧受断裂控制, 凸起内发育北西和北东向两组断裂。

2) 周口凹陷 (II₂)

位于区域东北部的周口凹陷, 其基底为古生界、三叠系、局部为太古界。凹陷内主要沉积古近系河湖相碎屑层。新近纪、第四纪继承性下沉, 也为河湖相堆积物。新生代沉积最大厚度达 7000m 以上 (河南省地矿局, 1989)。凹陷东部第四系厚达 260m, 向西逐渐变薄, 仅为 40~60m, 具掀斜运动性质。凹陷内断裂发育, 主要有北西西、北东向两组, 对凹陷的形成起重要控制作用。

3) 西平-平舆隆起 (II₃)

位于周口坳陷以南, 隆起之上广泛沉积了新近系湖相杂色粘土岩、砂岩夹煤线组成的次稳定型复陆屑建造, 第四系为河湖相粘土、砂、砂砾等碎屑物。此外, 在北部边缘地带尚发育有古近系。新生界最大厚度约 1500m, 西薄东厚。断裂以北西或北西西向为主, 次为北东或北北东向。地震活动水平较弱, 以中小地震活动为主。

4) 驻马店-淮滨凹陷 (II₄)

位于西平-平舆隆起以南, 华北断块区南缘断裂以北, 坳陷内新近系为河湖相杂色砾岩、砂砾岩、砂岩、粘土岩等组成的复陆屑建造, 南厚北薄, 厚约 300~900m。第四系为河湖相粘土、砂、砂砾石层, 厚度一般在 100~200m。断裂以北西或北西西向为主, 次为北东或北北东向。

3. 秦岭-大别隆起区(Ⅲ)

1) 北秦岭强烈隆起(Ⅲ₁)

北秦岭伏牛山区,新构造期主要表现为间歇性强烈隆起。其西侧邻近的现代秦岭主峰(太白山)高程 3600m,比古近纪夷平面(2500-2600m)高 1000-1100m 左右,说明喜马拉雅运动 I 幕之后隆起幅度很大。新近纪初该区经过长时间的剥蚀夷平又形成了高程 1100-1200m 的夷平面。第四纪发育五级阶地,下更新统第五级阶地比高约 200m。中更新世以来,秦岭一直处于急剧隆升状态,其上升幅度西部大于东部,北部大于南部,显示出东西差异和由北向南掀斜的特点。区内发育更新世继承性活动北西向断裂,商丹断裂晚更新世左旋走滑活动尤为典型,公元 46 年南阳(6½级)地震事件与其密切关联。

2) 南襄拗陷(Ⅲ₂)

本单元是燕山运动晚期形成的伸展断陷盆地,晚白垩世以来的最大沉积厚度约 5000m。盆地基底由于受北西西、北东等多组断裂切割、控制。古近纪红层岩相带因此产生北东向分异现象。新近纪河湖相地层沉积过程中,由于新野断裂等活动影响,沉积中心呈近东西向分布,断裂南、北侧沉积厚度差异明显。如邓县、新野附近,新近系厚达 800m,而南侧一般小于 600m。

南襄盆地早更新世以河湖相沉积为主。中更新世晚期,该盆地普遍抬升,现今盆缘所见的冲洪积低丘或垄岗即为此期的产物。晚更新世以来,整个盆地呈现由北向南的掀斜运动,使前期的水系变成总体同向的近平行水系并形成 2-3 级阶地。总之,第四纪时期南襄断陷沉降幅度不大,沉降中心在新野东北和社旗北侧,沉积厚度最大仅百余米,等厚线呈北东向延伸。公元 46 年在断陷北缘曾发生南阳(6½级)地震事件。

3) 桐柏-大别隆起区(Ⅲ₃)

本区东缘被郟城-庐江带分割,北界为洛南-明港-合肥断裂,南界为襄樊-广济断裂,内部还被麻城-团风断裂等切割,具有由南向北翘升的断块差异活动特征。该隆起是在中生代两度抬升、剥蚀的基础上,古近纪中、后期再次强烈隆起的背景下,继承性抬升的。新近纪显著抬升,但据生物化石的性质和分布推断,此期以大面积的夷平作用为主,隆起幅度不大。桐柏-大别山区发育与东秦岭相类似的五级夷平面,即 1100m±、900m±、450m±、300m±和 100m±。早更新世末期,该区再次表现幅度较大的垂直运动。由于受到在边界断裂的分割,

这类抬升极不均匀。在地貌上桐柏、商城至岳西一线，抬升量最大，呈低中山地貌。由此线向北至六安-合肥，迅速阶变成低山、丘陵和岗地，甚至河湖冲积平原。郧庐带附近，形成断层陡坎地貌，由西侧的低山突变为河湖低平原。其内部麻城-团风断裂带东西两侧也有类似的地貌显示。

桐柏-大别隆起区是江淮之间中强震最活跃的地区，曾发生 $6 < M \leq 6\frac{1}{4}$ 级较大中强震三次和十余次 5 级左右较小中强震。

4) 两郧中等掀升区 (III₄)

两郧条状断块区的新构造运动主要表现为中等强度的掀升活动，并迭加有次级的拱隆和拗折以及区域北西西向断裂的活动。区内普遍发育 4 级夷平面，汉水河谷发育 4 级阶地，李官桥盆地边缘丘陵、低山出现 5 层溶洞。山势地形和层状地貌都显示出新构造上升是由北西向南东掀斜的。区内自西而东存在三个南北向隆起带，即漫川关与郧西盆地间的黄云铺隆起、郧西与郧县间的白龙洞隆起和老均县与丹江口之间的隆起。与北西西向断裂活动有关的新构造形迹，主要见于郧西火车岭一带山脊上。该处新近纪上新世泥灰岩和早更新世钙泥质砾岩 (TL140.3 万年) 受两郧断裂左旋压剪性活动影响被抬升到 650m 高程，其抬升速率为 0.3mm/a。1964 年郧西 4.9 级地震，是这组断裂系统的最新活动表现。

4、扬子隆起区 (IV)

1) 鄂中断块差异升降区 (IV₁)

本单元以一系列北北西向断块隆起和断块沉陷为基础，形成相应的低山丘陵、岗地和河谷盆地。西部和西北部和东北部抬升幅度大，中间汉水槽地沉陷。汉水槽地新近系厚 100-300m，第四系最大厚度百余米。荆山、大洪山抬升高程一般在 500-700m，河谷深切成“V”形嶂谷或峡谷，相对高度一般在 200-300m。沉陷区内，地势开阔、阶地发育。总体表现为伸展性断块差异抬升与沉降活动，垂直抬升的速率处于中等或较低水平，然而构成垒、堑边界的主要断裂，在新构造期却显示较明显的水平位移，更新世水系右旋水平扭动在远安断裂带、荆门-南漳断裂和胡集-沙洋断裂较大，这也许就是本单元中等地震和小震活动相对频繁的原因之一。

2) 鄂西中等隆起区 (IV₂)

本工作区仅涉及鄂西隆起区东北部神农架-黄陵地块上升区。具有自北西向

南东倾斜的地貌形态，由中低山逐渐递变为低山、丘陵，显示了自北西向南东掀升的运动特征。该区发育五级夷平面，即 2200m、1700~1800m、1300~1500m、900~1000m、500~800m；长江发育六级阶地；呈现间歇性整体隆升的新构造运动状态。值得指出：黄陵地块东缘发育北北西向远安地堑断裂带，新构造时期地貌特征为箱形槽谷与西高东低的地形陡变带。

2.3 区域地球物理场与深部构造

地球物理场是地壳、上地幔物质组成、结构构造、地热和应力场状态等的综合反映。研究分析地球物理场的特征，可以揭示地壳，上地幔的物质组成和构造特征及其与强震之间的关系。区域位于不同大地构造单元的结合地带。这种构造格局在各种地球物理场上均有反映，主要为大地构造边界和断块的边界带，往往表现为一定走向的重力梯度带、航磁异常带和地壳厚度变化带。

2.3.1 重力异常特征

布格重力异常是地壳结构、物质组成和深部状态的综合反映。布格重力异常的空间展布、梯度变化和异常形态可以不同程度地反映地壳上部构造和深部背景。图 2.3-1 是研究区布格重力异常图。

区域范围内重力异常为大面积的相对负异常区；重力异常总体呈现西部低、东部高的特征，西部负异常较大，最低达 $-105 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ，东部负异常区相对较小，最低仅 $-10 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。区域中部南阳北为重力异常变化剧烈区，异常值相对较高，且呈北西向分布，大致为秦岭褶皱系分布范围；而东北和东南则为重力异常变化相对平缓区，对应中朝准地台和扬子准地台区。区域重力异常分布另一个显著的特点是深大断裂两侧等值线形态存在明显的差异，显示断裂对基底或构造起着相当的控制作用。区域存在三个重力异常特征不同的区域，即中朝准地台重力异常区、秦岭褶皱带重力异常区和扬子准地台重力异常区。

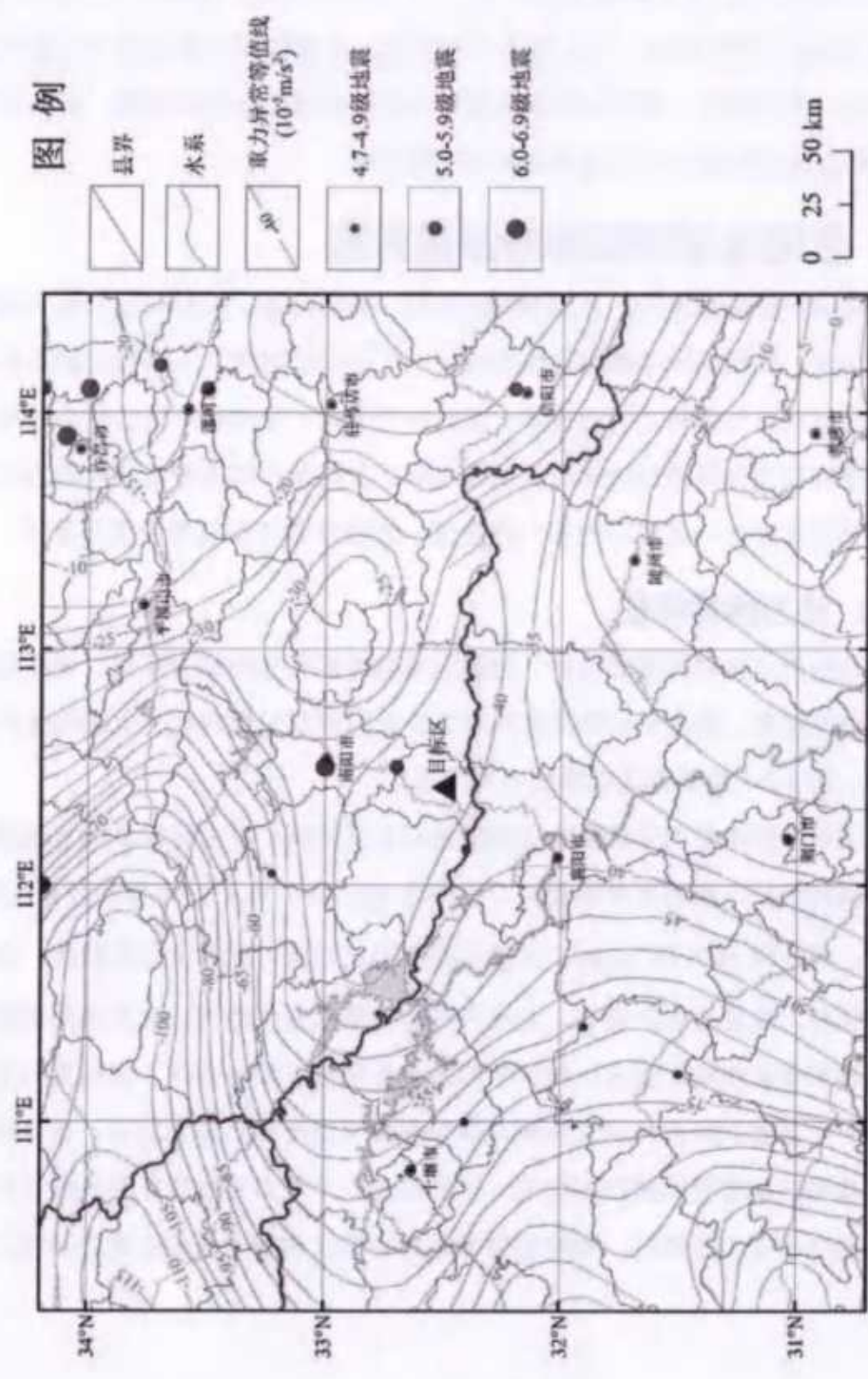


图 2.3-1 区域重力异常分布图

(1) 中朝准地台重力异常区

华熊台缘拗陷重力异常亚区：该区异常值在 $-100\sim-60\times 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 之间。异常走向西部为北东向，东部转为北西向，显然是受到北东向和北西向断裂的影响。重力异常的分布很好的反映了本区在北西西向构造基础上形成北东向三隆三拗构造面貌。

华北拗陷重力异常亚区：该区为宽缓的重力负异常分布区。异常值范围在 $-40\sim-10\times 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 之间。拗陷边缘由于基底埋藏较浅，等值线较密集，其它地方负异常等值线稀疏开阔变化较小，显示该地区盖层沉积较厚，而基底也相对较为完整，且起伏平缓。

(2) 秦岭褶皱带重力异常区

重力变化起伏较大。一个重要的特点是深断裂带附近为密集的重力梯度陡变带或梯度带。

北秦岭褶皱带重力异常亚区：该区重力异常梯度变化平稳。异常值西低东高，西部最低为 $-105\times 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ，而东部最低仅为 $-40\times 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 。受深大断裂影响，异常总体走向为北西西，局部北东—北东东向。该区断裂褶皱及岩浆岩比较发育，形成了重力低值。而靠近南阳-襄樊拗陷北部的重力高区，一方面反映基底埋藏较浅，另一方面反映下部可能有基性-超基性岩带存在。

南秦岭褶皱带重力异常亚区：该区重力为负异常，异常值范围为 $-100\sim-30\times 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 。除断裂的一侧有重力异常密集梯度带，其它区域重力线非常开阔稀疏。大致反映了本区的构造特征。

南阳-襄樊拗陷重力异常亚区：本区布格重力异常与拗陷内次级隆起和凹陷具有很好的对应关系，邓州凹陷、南阳拗陷和泌阳凹陷在重力图上均有显示。重力为负重力异常区。异常值在 $-40\sim-0\times 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 之间。区内重力异常变化剧烈且成紧闭团状分布。正重力异常一方面反映基底埋藏较浅，另一方面说明下部可能有基性-超基性岩带存在；而负重力异常区与本区巨厚的中新世沉积有关，团状分布的重力异常等值线反映了不同的沉积中心。

潢川拗陷重力异常亚区：该区为负重力异常区。异常值在 $-35\times 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}\sim-0\times 10^{-5}\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ 之间。拗陷西部为北西西向重力低区，局部出现重力高区；东部为近东西向重力高、低相间分布区；南北两侧为近东西向延伸的重力陡变带，大致反映了潢川拗陷构造面貌。

桐柏-大别褶皱带重力异常亚区：该区以负重力异常为特征，异常值范围

在 $-45 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \sim 0 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 之间。总的走向为北西向。重力线在北东向断层的作用下出现弯曲。显示出本地区北西西和北东两个方向的构造作用在同时控制着本地区的构造格局。

(3) 扬子准地台重力异常区

区域主要涉及到上扬子台隆重力异常亚区：该区以负异常为特征，异常值在 $-110 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \sim 0 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 之间，由西向东逐步增高，异常线变化平缓。反映了本区沉积岩变质岩基底大面积出露的构造地质特征。

2.3.2 地壳厚度特征

区域地壳厚度的分布表现出明显的分区性，很好的反映了本区大地构造特征。此外，地壳厚度与地形高差也具有明显的对应关系（图 2.3-2）。

中朝准地台区地壳厚度变化普遍较为缓慢，反映出地台区地壳较为稳定的特点。其中，华北拗陷北部地壳厚度最浅，最低只有 30km；嵩箕台隆地壳厚度为 34km；华熊拗陷地壳厚度在 34~36km 左右。

秦岭-大别地区则表现出地壳厚薄相间排列的格局。其中，秦岭褶皱带和桐柏-大别褶皱带地壳厚度较深，变化也较大，分别为 35~38、34~36km，反映了地壳由于褶皱带隆起而加厚的特征；潢川拗陷和南阳-襄樊盆地地壳厚度较浅，变化也较缓慢，分别为 32、30km，与盆地拗陷的地形相一致。扬子准地台区内的上扬子台隆区地壳厚度较深，变化较为剧烈，范围在 34~40km 之间。

本区深大断裂对地壳厚度的变化也有一定的影响，表现为地壳厚度等值线在一定程度上与断裂走向相一致。

2.3.3 航磁异常特征

航磁异常是地质构造磁性变化的综合表示,引起磁异常的磁性体包括各种性质和各个时代的地质体,磁场的差异表现在磁异常的符号、强度、梯度、异常形态和走向等方面。本次工作根据收集到的磁场资料,编制了区域航磁异常分布图(图 2.3-3)。

区域航磁异常显示磁场面貌较为复杂,区域间差异性较为突出,表现在区域北西-东南一线航磁异常变化强烈,而向两侧趋于平缓,磁异常分区与大地构造分区明显一致,反映了本区的大地构造特征。断裂对磁场有较好的控制作用,磁异常总体走向呈北西展布。另外一个显著的特点是栾川-确山-固始深断裂两侧在航磁异常上存在明显的区别,其北侧分布一沿断裂走向的负异常条带,而南侧则为正异常;断裂南北区域磁异常也存在很大的差异,北部磁场变化平缓,而南部变化比较剧烈。断裂带两侧 截然不同的磁场分区特征是区域性大型断裂带的反映。

根据航磁异常形态、强度和走向,将区域范围的异常分成三部分:中朝准地台正负航磁异常区、秦岭-大别山北西西向串珠状正负交替航磁异常区、扬子准地台正负航磁异常区,目标区位于南襄凹陷航磁异常平缓区内。



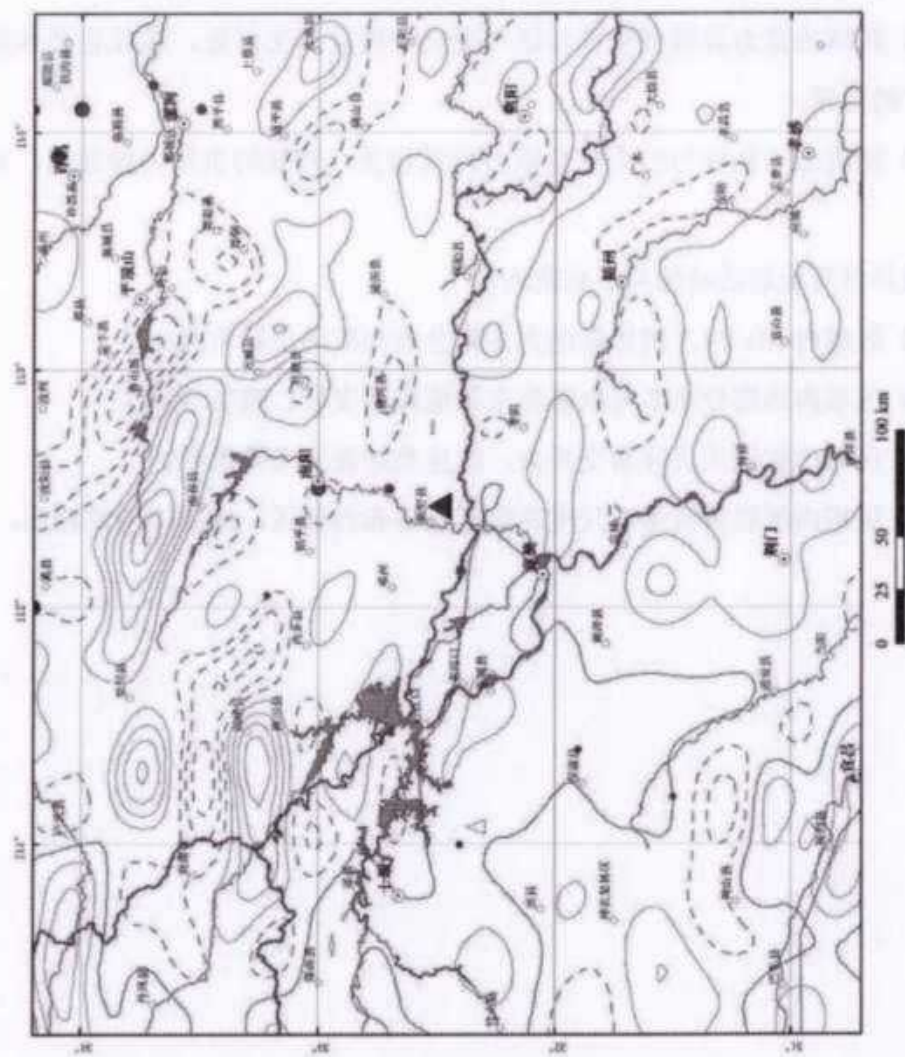


图 2.3-3 区域航磁异常等值线图 (实线为航磁正异常, 虚线为航磁负异常, 等值线间隔为 50nT)

2.3.4 地球物理场与地震活动的关系

区域地震的发生与重力梯度带、航磁异常带，地壳结构速度梯度带和上地幔变异带等有密切的关系。地震活动与地壳厚度特征也有一定关联，区域内地震活动主要分布于地壳厚度较浅盆地内部。

重力异常与地震活动的关系表现为：

- (1) 区域内地震分布多与重力异常等值线梯度带、畸变带相关；
- (2) 区域内重力异常变化剧烈区与变化平缓区的交界处，往往也是地震集中分布的地带；
- (3) 地震分布往往与较高的负重力异常相关，较低的负重力异常区，地震稀少。

航磁异常与地震活动的关系表现为：

- (1) 区域内 $M_s \geq 4.7$ 级地震绝大多数分布在航磁正异常区；
- (2) 区域内地震分布多与航磁异常等值线梯度带、畸变带相关；
- (3) 区域内航磁正负异常交界处，往往是地震分布的地带；
- (4) 区域内航磁异常呈小尺度珠状密集分布的地区，地震活动性较弱。

2.4 区域主要断裂活动性

区域范围跨越了中朝准地台南部、秦岭褶皱系、扬子准地台北部三大构造单元，本区域经历了多旋回复杂的构造变动，断裂构造极为发育。这些断裂主要为北西西向和北北东向两组方向，构成区域的主要断裂格架。在新构造时期，由于受到印度洋板块对青藏高原的碰撞挤压和太平洋板块俯冲推挤的影响，本区地壳构造运动由前期的强烈张性隆起和断陷转化为块状差异隆起和拗陷，断裂活动也由前期的张性断块运动转化为走滑活动，并且出现东西差异。区域西部受到青藏高原盖层挤出物质向东推挤影响，一些老北西西向断裂沿其挤压破碎带再次发生新的左旋走滑运动，但这种运动比青藏高原和西秦岭地区明显减弱，只局限在少数北西西向断裂带上，其他大多数断裂已无明显活动。

区域的东部，青藏高原运动的影响已不明显，北西西向断裂已未见新的活动，但受到滨太平洋北北东向构造运动的影响，一些早期形成的北北东向断裂再次发生右旋走滑运动，但这种运动同样比华北地区明显减弱，且越往西，北北东向断裂活动越弱（图 2.4-1）。区域内的主要北西西向和北北东向断裂及其主要特征列于表 2.4-1。下面分别就区域内两组方向主要断裂构造进行论述。

表 2.4-1 区域主要断裂特征一览表

断层序号	断层名称	断裂的长度	产 状			最新活动时代	最新活动性质	相关地震活动性简述
			走向	倾向	倾角			
F1	洛河断裂	108km	NE	NW	70°	Q ₁₋₂	正断	
F2	铁炉子-栾川-确山-固始断裂	400km	NWW	SW/NE	60~70°	Q ₃ /Q ₁₋₂ , / 前 Q	左旋走滑	
F3	伊川断裂	140km	NE	NW	50~60°	前 Q	正断	
F4	新安-郏县断	180km	NW	NE/SE	60~70°	Q ₂	左旋正断	

	裂							
F5	封门口-五指岭断裂	100km	310°	NE/SW	40°~90°	Q ₂	左旋走滑	
F6	许昌-太康断裂	190km	NW	NE	陡°	Q ₂	左旋走滑	
F7	鲁山-漯河断裂	130km	NWW	SW	70~80°	Q ₁₋₂	正断	
F8	上蔡岗断裂	30km	NNW	NEE	60°	Q ₁₋₂	逆断	
F9	宿鸭湖断裂	140km	NE	50~60°	前 Q	正断	NE	
F10	驻马店-息县断裂	125km	NW	SW	50~60°	前 Q	正断	
F11	朱夏断裂	230km	NW	SW/NE	50~60°	Q ₂	正走滑	
F12	商丹断裂	350km	NWW	SW/NE	70~87°	Q ₂	正走滑	46 年 M ₄ 级地震
F13	西峡-内乡断裂	245km	NWW	NE	35~75°	Q ₁₋₂	正断	
F14	淅川断裂	110km	NWW	SW	50~60°	Q ₃	正断	1973 年宋湾 4.7 级震群
F15	新野断裂	150km	NWW	NE	60°-75°	前 Q/Q ₁₋₂	隐伏正断	邓县附近有微震
F16	两郧断裂	250km	120°	NE/SW	45~75°	Q ₁₋₂	左旋	西段 4.9 级地震, 东段有微震
F17	白河-谷城断	320km	120~135°	NE	50~75°	Q ₂	左旋	5 级左右地震 6 次, 谷城一带小震频繁

	裂							
F18	青峰 断裂	210km	NW-NE -NWW	NW/N	50~80°	房县段 Q ₃ 其它 Q ₁₋₂	左旋正 断	西段零星小 震，房县段 1742 年 5 级 地震
F19	南漳 -荆 门断 裂	180km	340~350°	SE/NW	50~80°	Q ₁₋₂	走滑	
F20	襄樊 -广 济断 裂	330km	300~310°	NE	40~75°	Q ₁₋₂	正断	黄冈一带 3 次 4.5 级左右 地震
F21	英店 -青 山口 断裂	80km	NW	NE	50~75°	Q ₁	走滑	
F22	南阳 -方 城断 裂	31km	NE	NW	50~60°	前 Q	正断	

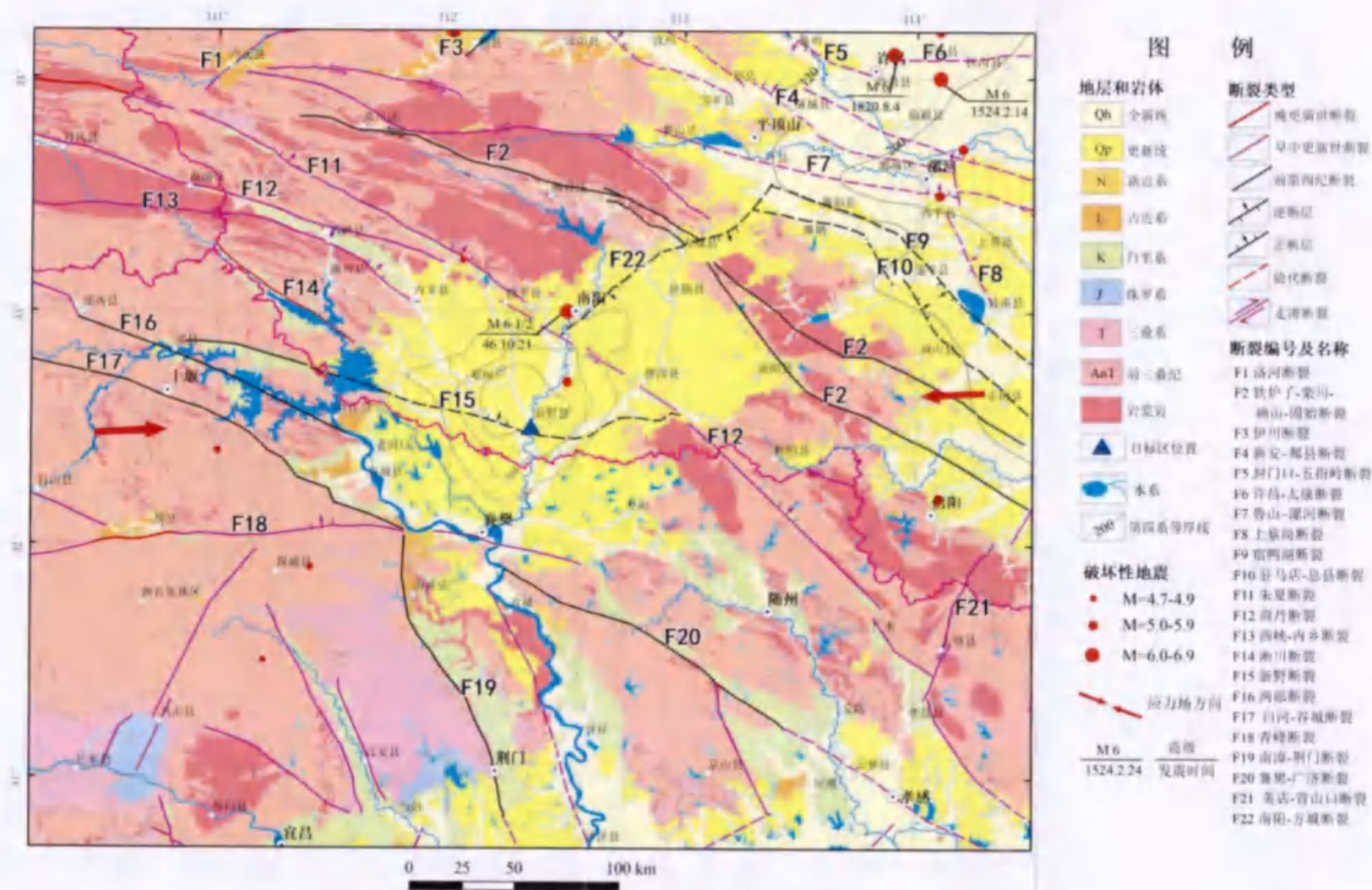


图 2.4-1 区域地震构造图

2.4.1 洛河断裂 (F1)

洛河断裂走向 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，倾向 NW，倾角约 70° 。从卫星影像上看，断裂地貌特征明显，连续性较好，断裂两盘落差明显，断裂南盘为北东东走向的熊耳山，北侧为洛河盆地，表现为古近系与下元古界火山岩和太古界片麻岩正断层接触，大部分被 Q_{p2} 淡黄色、棕黄色—红色黄土覆盖。

兴华镇上高村见一断裂剖面，太古界片麻岩与新近系砂砾岩正断层接触，断层被厚约 5m 的砾石层覆盖，砾石磨圆很好，大小混杂，粒径最大者约 30cm，相对洛河高度约 80m，可能为洛河高阶地，区域地貌时代对比分析为早、中更新世。在上述剖面西侧约 50m 见另一剖面，太古界片麻岩与新近系砂砾岩正断层接触，断层被厚约 5m 的砾石层覆盖，砾石磨圆很好，大小混杂，粒径最大者约 30cm，相对洛河高度约 80m，为洛河高阶地，区域地貌时代对比分析为中更新世。

西冷沟发育二级阶地， T_1 高约 2m， T_2 高约 10~15m，都为第四纪冲洪积砾石层，阶地横跨断裂，但没有被断错。在 T_2 阶地顶部取一热释光样品 XL-TL，经测试，其年龄为 $8.94\pm 0.67\text{ka}$ 。

洛河断裂是洛河盆地的南边界断裂，盆地边界地层的展布与断裂迹线展布较为一致，说明断裂较为严格地控制了盆地内第四系地层的沉积。综合遥感影像解译、野外地质调查获得的剖面特征和盆地沉积与断裂的控制关系，可以判断，洛河断裂应为第四纪早期活动断裂，中更新世以来活动较弱。

2.4.2 铁炉子-栾川-确山-固始断裂 (F2)

该断裂带是中朝准地台与秦岭褶皱系两个一级大地构造单元的分界断裂带，走向主要为北西西向，西段为陕西的铁炉子断裂，中段沿栾川-鲁山-确山-固始一线分布，向东与安徽省肥中深断裂相连，是一长期活动的岩石圈断裂。仅方城以西其长度超过 400km，它由四条主要断裂组成，各次级断裂呈斜列状分布，每条次级断裂又由若干条更次一级的断裂斜列组合而成，具有走滑型发震构造的斜列状结构特征。方城以东为隐伏深断裂。

该带断裂构造岩带宽有数百米，由构造角砾岩、碎裂岩、千糜岩、糜棱岩等组成。它可能开始形成于古元古代末期，而且在以后屡次构造运动中皆有强度不同的活动。新构造期亦有明显活动，为新构造分区的界线。

新构造时期活动为左旋走滑运动性质，具有明显的分段活动特征，活动强度由西向东逐渐减弱。

杨晓平等 2005 年的野外地震地质工作表明，陕西的铁炉子段为洛南新生代盆地的南界，地貌特征明显，断裂陡崖直线状延伸，错断晚更新世地层，为晚更新世早期断裂，走滑活动速率约为 1.25mm/a ；洛南盆地以东段发育于秦岭隆起内部，没有控制新生代盆地，卫星影像上具有一带线性特征，但没有直线状陡崖地貌，水系也没有明显位错。

2009 年北京中震创业工程科技研究院对卢氏盆地南部进行了野外调查。该段落从洛南盆地东端的东湾到卢氏盆地南端的七村街，长约 48km。它在卫星影像上有一定线性特征，东湾至前坪段断裂陡崖直线状延伸，而前坪至七村街断裂顺沟谷分布，线状特征不明显。

2007 年，中国地震局地球物理研究所对该断裂和的杨村庄至南召一带作过调查研究。在南召县北回龙沟高速公路隧道口工程开挖揭露出断裂剖面中，断裂上覆有总厚 8~10m 的第四系砂砾粘土和含砂砾土层，其中下部层位砖红色，半胶结，时代属于中更新世；上部层位是黄棕色，较为致密，半胶结，时代应为晚更新世。这套第四系堆积层无断错变形迹象。另外，在瓦房河右岸和东北湾以东开挖了三个探槽，断裂上覆有 TL 测年属晚更新世的沉积层，此层未见断错迹象。

卢氏西至方城的关山段（中国地震局地球物理研究所 2007，2009；北京中震创工程技术研究院，2009）为走滑性质，其活动时代为早中更新世；关山以东，野外地震地质调查结果显示其为前第四纪断裂。

2.4.3 伊川断裂（F3）

该断裂大部分沿伊河分布，其南段近东西走向，北段走向为北东 45° ，倾向北—北西，长约 140km。

该断裂控制了伊川凹陷的发育，凹陷中堆积的古近系和新近系厚度约 2000m（李国玉等，2002）。由于它是一条隐伏断裂，未能确定断裂的具体位置、产状和上断点埋深等。北京中震创业工程科技研究院 2009 年委托有关单位开展了浅层地震勘探工作，结果表明断裂发育于第四系之下，上断点均未进入第四系，因此认为该断裂为一条前第四纪断裂。

2.4.4 新安-邙县断裂 (F4)

断裂呈北西向展布,断裂自新安西北段村起,向东南经新安、伊川、临汝、邙县,全长约 130km。由新安-伊川断裂和汝河断裂组成。断裂控制了伊川盆地,临汝盆地的发育历史,成为盆地的边界断裂,盆地形成于古近纪,新近纪、第四纪继续活动(地质部河南地质局,1965),为正断层。从断裂对盆地和河流的控制作用分析,为早、中更新世断裂。

在新安县陈岭村西北见断层露头点,断裂影响带宽达 60m,下盘中元古界石英砂岩、泥灰岩、页岩产状陡立,上盘寒武系灰岩近断裂处产状倒转,沿断裂面发育宽约 5m 的断层角砾岩带,据断层泥 TL 年代测定,该断裂在距今 34.0 ± 6.8 万年有过活动。但断裂带之上覆盖的上更新统黄土(TL 年龄为距今 27.86 ± 4.18 万年)未见变动形迹。

2.4.5 封门口-五指岭断裂 (F5)

总体走向北西,由数条断层组成。据河南省地震局(1989)研究,该断裂基本上以黄河为界分为两段,北西段为封门口断裂,南东段为五指岭断裂,全长约 100km。

封门口断裂:北起封门口以北,向南东方向延伸,经清虚宫,阳台宫,济源,西承留,孟州南,出露长度 32km。走向 310° ,倾向北东,倾角 $40\sim 70^\circ$ 。断层下盘出露下元古界,上盘为二叠系和三叠系。从地层对比分析,垂直断距可达 2000m。沿断裂带有 500~800m 宽的动力变质带。卫星影像线性构造特征明显,界线清楚。断裂早期具张性,晚期具压扭(左旋运动)性质。断裂带地貌界线十分清楚,断层崖及断层三角面发育。活向南东方向延伸隐伏于第四纪冲、洪积物之下,成为济源盆地的西南边界,继续向南东方向延伸与五指岭断裂相接。

五指岭断裂:由北西向南东方向延伸,经偃师县境内、巩义涉村、登封卢京、新密,隐伏于第四纪松散沉积物之下,延伸至长葛一带,出露长度 20 余千米。断裂走向 315° ,倾向南西(局部倾向北东),倾角 $75\sim 90^\circ$ 。航磁 ΔT 向上延拓 10km 和 20km 后,有一北西向磁异常梯级带与五指岭断裂相吻合。

在断裂带内嵩山群的石英岩被挤压成构造透镜体及片理化带,破碎带宽 10m~100 余米。断裂晚期发生扭性活动,可见到平直的扭断面切过早期的挤压

带，并将北东盘的元古界向北西方向推移了 7km。断裂截断了嵩山山脉，破坏了完整的嵩北背斜。该断裂在第四纪时期活动亦较明显，在登封县塔水磨北见到中更新统地层被错断。在断裂附近历史上曾发生过中等强度的地震，如 1814 年荥阳贾峪 5 级地震以及现今的小震活动。

综上所述，封门口-五指岭断裂形成时间早，遭受多次构造运动的影响，规模较大，基性岩浆沿断裂带附近分布表明切割深度已达上地幔。犹豫期最新活动断错了中更新统地层，因此该断裂为一条中更新世活动断裂。

2.4.6 许昌-太康断裂 (F6)

许昌-太康断裂又称新郑-太康断裂，该断裂西起新郑市，向东南方向经鄢陵县北，扶沟县北，至太康县南后继续向北东东方向延伸，新近系底界平面延长长度 190km 左右。断裂为太康隆起和周口凹陷的分界断裂，由东西两支断裂构成，断层倾角较大，新近系底界断点清晰。在断裂不同位置，断层走向、倾向、垂向断距不同，剖面上断层性质有正有逆，呈现走滑运动特点。

河南省构造编图项目中，通过对比分析太康地区 7 口预探井所获得的各种测井资料的基础上，对区内新近系底界进行了界定，由此对本地区 101 条二维地震剖面进行了追踪解释，厘定了新郑-太康断裂的新生代活动行迹(图 2.4-15)

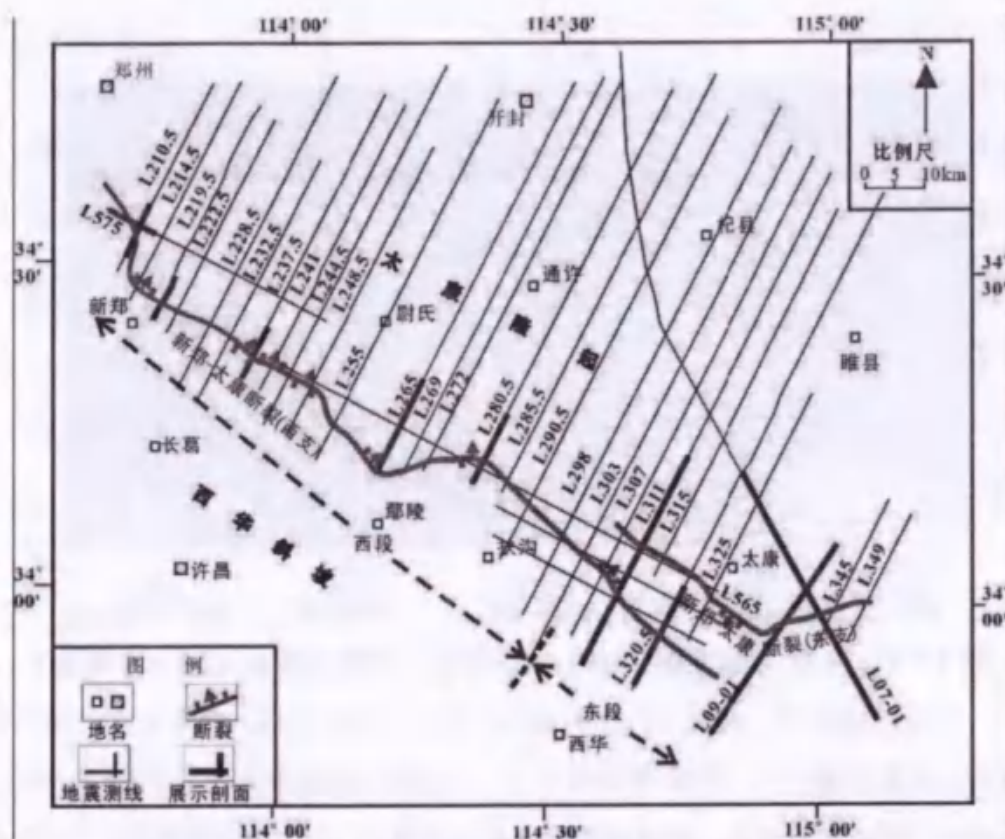


图 2.4-15a 太康地区典型二维地震剖面与主要断裂分布图

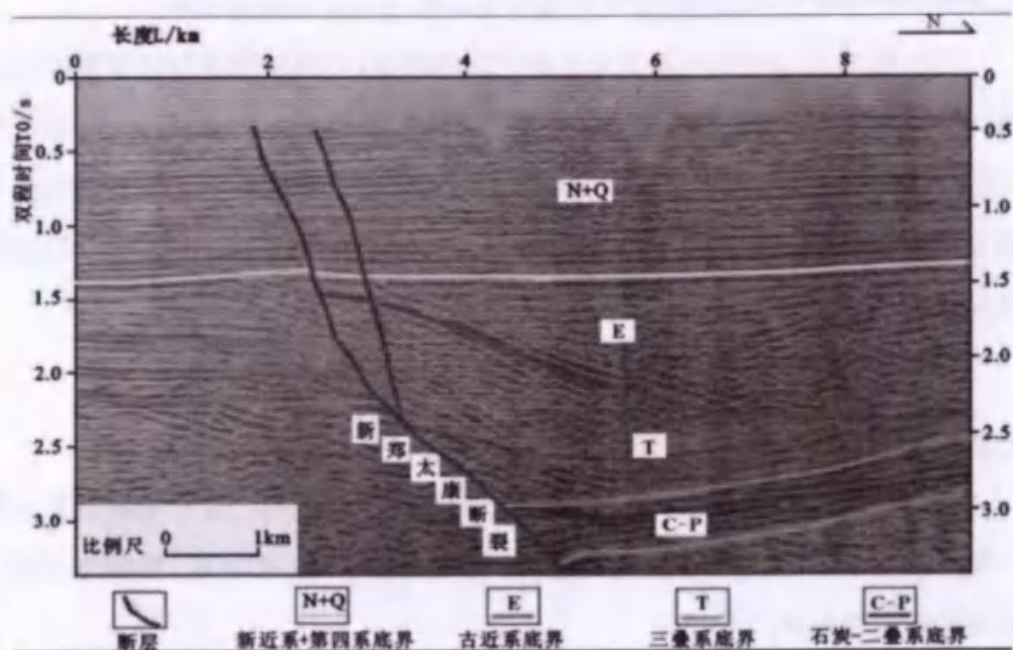


图 2.4-15b 新郑-太康断裂（许昌-太康断裂）西支剖面图（L331 测线）

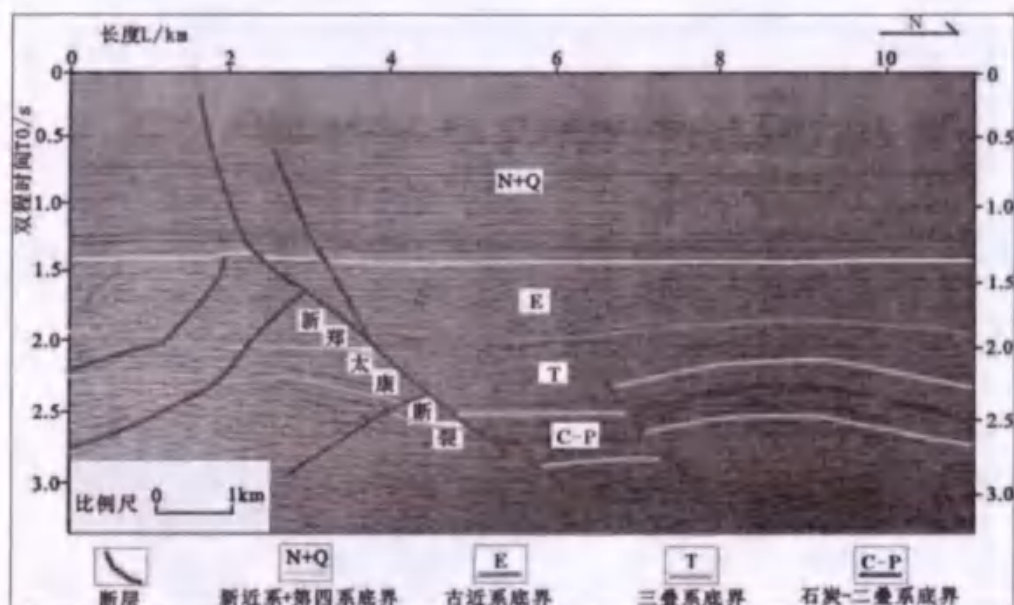


图 2.4-15c 新郑-太康断裂（许昌-太康断裂）西支剖面图（L320.5 测线）

许昌-太康断裂（西支）位于太康地区南部，走向 NW，倾向北，从新郑向东南延伸到太康以南，长度 150km 左右，为分割太康隆起和西华斜坡的边界走滑断裂。该断裂倾角大，在部分地震剖面上近直立，自下而上错断古生界-新生界地层。该断裂主要活动时期为古近纪。新近纪-第四纪该断裂进一步活动，在不同的地震剖面上表现为新近系和第四系地震反射同相轴的错断。

L311 测线显示断裂有向上延入第四系的趋势，反映断裂第四纪早期仍有活动。L320.5 地震剖面在浅层因为村庄等障碍物出现缺口，但缺口两端仍然表现出明显同相轴错断的趋势，可能为断裂第四纪早期活动的影响。断裂西支在剖面上呈现“正”断、“逆”断交互出现的现象，反映断裂新生代活动性质可能以走滑为主。

综上所述，许昌-太康断裂为早-中更新世活动断裂。

2.4.7 鲁山-漯河断裂（F7）

西起栾川经鲁山西北，向东经叶县、郾城，漯河东南，止于安徽太和。是一条区域性大断裂。总体走向北西西，倾向南南西，倾角 60° 左右，长度约 120km，是鲁叶断陷的北界。

断裂西段有露头。在鲁山坡断裂走向 300° ，南盘为震旦系马山口组石英岩，岩性坚硬，地形陡峭，坡度大于 25° ；北盘则为太古界下太华群片麻岩、角闪岩，岩性软弱，风化强烈，植被发育，地形坡角小于 7° 。在黄沟村附近，断裂

通过处表现为一北西向冲沟，沟南为寒武系朱砂碛组灰岩；沟北则为震旦系石英砂岩及寒武系罗圈组紫红色砾岩、页岩。在傅岭村附近，断裂被中更新统地层覆盖，在断裂通过处未见中更新统地层有任何变形迹象。由此推测，该断裂在新构造时期的新近纪有过活动。

在鲁山县三街村以东，整条断裂隐伏于第四系松散沉积物之下。但该断裂在布格重力异常图上反映为密集梯级带，地震及电法剖面反映清楚。据断裂两侧新生界地层等厚线分析，西段叶县-鲁山断距约 1000 多米，而东段叶县-漯河段可达 2000m 以上。另据曹镇-滚子营的钻孔资料分析，断裂下盘普 29 孔于 202.5m 就穿过第四系直达太古界地层，而上盘的普 28 孔于 796.26m 仍未穿过新近系。该断裂控制着上新生界；而从中更新统底板埋深图和上更新统、全新统等厚图看，它不控制中更新世以来的沉积。

综上所述，鲁山-漯河断裂是一条区域性大断裂，新生界最大断距超过 2000m，为一正断裂。该断裂至少在新近纪仍有强烈活动，地震勘探显示该断层错断第四系底界面。因此，将鲁山-漯河断裂定为早-中更新世活动断裂。

2.4.8 上蔡岗断裂（F8）

上蔡岗断裂为一隐伏逆断层，最新活动时代为第四纪。《驻马店市活断层探测与地震危险性评价服务》项目，跨该断裂布设高分辨率浅层地震测线 4 条。

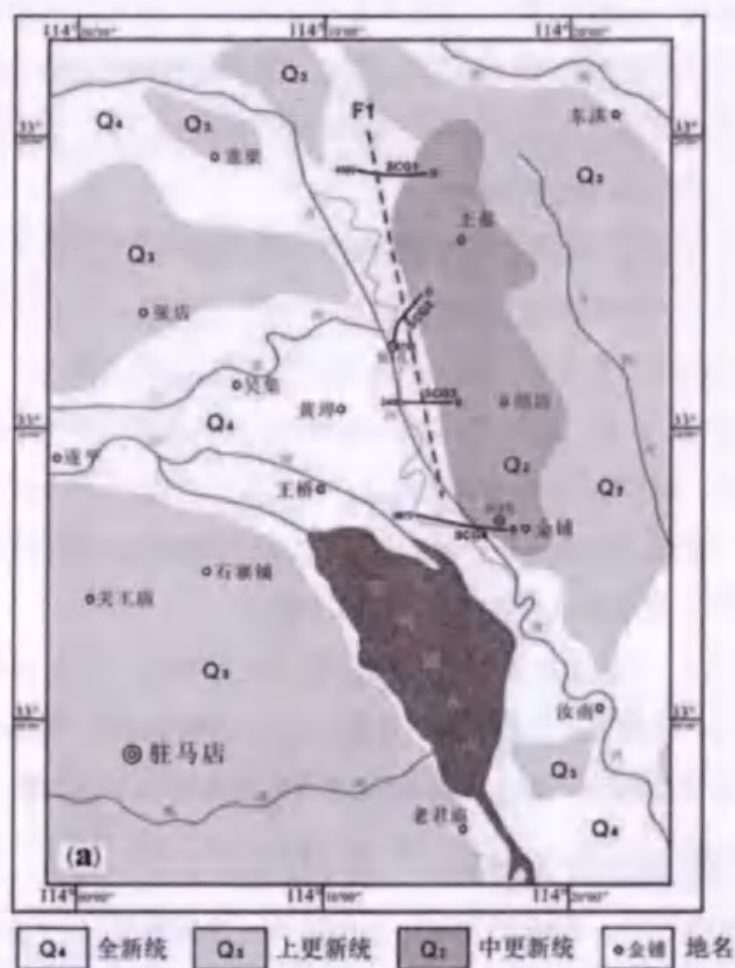


图 2.4-24 浅层地震勘探测线的布置

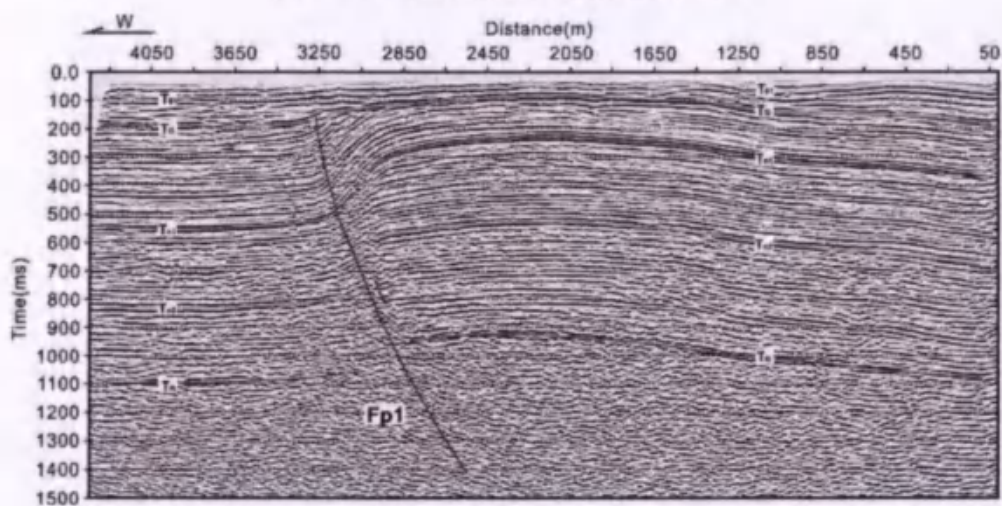


图 2.4-25 SCG1 测线地震反射时间剖面及解释

SCG1 测线近东西向布设于上蔡县北部的蔡州大道上，测线全长 4500 米。
图 2.4-25 是 SCG1 测线的地震反射时间剖面，该剖面反射信息丰富，反射波能

量较强，剖面中段反射同相轴有明显上拱特征，与地表岗地特征基本一致。根据反射波震相特征和反射波组关系，在剖面上解释了5个反射同相轴，根据已有地质资料及驻1孔、驻2孔等钻孔数据，同相轴TQ、TN分别解释为第四系、新近系底界面反射，同相轴T01为第四系内部反射，同相轴TN1、TN2为新近系内部反射。在剖面桩号3270m附近，TQ及以下各反射同相轴有明显的扭曲或错断，应为断层在剖面上的反映，在桩号3267m处解释了1个视倾向东的逆断点，用Fp1标示，可分辨上断点埋深约100~105m，向上错断了第四系底界面。

SCG2测线近北东-南西向布设于上蔡县去往驻马店市区的省道上，测线全长3798米。图2.4-26是SCG2测线的地震反射时间剖面。该剖面反射信息丰富，反射波能量较强，根据反射波震相特征和反射波组关系，在剖面上解释了5个反射同相轴。在桩号1300~2250m间有明显的同相轴缺失和错断，应为断层在剖面上的表现，在剖面上解释了4个断点，以Fp2、Fp2-1、Fp2-2和Fp3标示。Fp2为逆断层，视倾向北东，可分辨上断点位于测线桩号2188m，埋深约185~190m。Fp2-1为逆断层，视倾向北东，可分辨上断点位于测线桩号1881m，埋深约50~55m，断距较大。Fp2和Fp2-1在剖面上呈反“y”字形，其间可明显看到同相轴的扭曲。Fp2-2为正断层，视倾向南西，可分辨上断点位于测线桩号1805m，埋深约40~45m。Fp3为正断层，视倾向北东，可分辨上断点位于测线桩号1364m，埋深约120~125m。Fp2-2和Fp3应为逆断层上升盘膝折带受力作用生成的正断层。Fp2和Fp3未错断第四系底界面，Fp2-1和Fp2-2错断了第四系内反射同相轴T01。

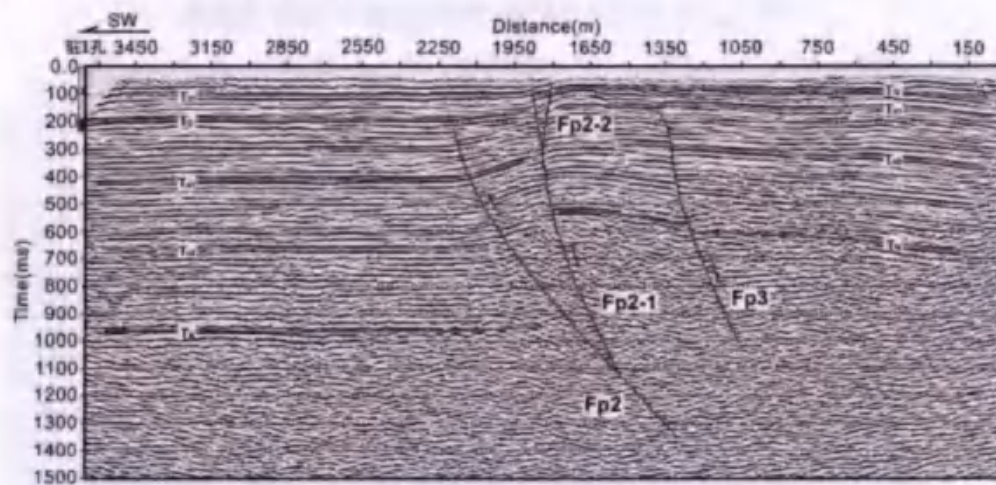


图 2.4-26 SCG2 测线地震反射时间剖面及解释

SCG3 测线近东-西向布设于上蔡县邵店乡去往黄埠镇的水泥路上,测线全长 2400 米。图 2.4-27 是 SCG3 测线的地震反射时间剖面,该剖面较短,整体形态与 SCG2 相似。该剖面反射信息丰富,反射波能量较强,解释了 5 个反射同相轴。反射时间剖面桩号 950~1250m 间有明显的同相轴缺失和错断,应为断层的表现,在剖面上解释了 2 个断点,以 Fp4 和 Fp4-1 标示。Fp4 为逆断层,视倾向东,可分辨上断点位于测线桩号 1193m,埋深约 222~227m。Fp4-1 为逆断层,视倾向东,可分辨上断点位于测线桩号 1011m,埋深约 45~50m,断距较大。Fp4 和 Fp4-1 在剖面上呈反“y”字形分布,其间可明显看到同相轴的扭曲和减少。对比 SCG2 剖面,SCG3 剖面上逆断层上升盘埋深明显变浅、同相轴连续性变差,仅剩 TQ、TN2 和 TN 三个同相轴可追踪,推测断点 Fp4 和 Fp4-1 应该是 SCG2 剖面上断点 Fp2 和 Fp2-1 在该剖面上的反映。断点 Fp4 未错断第四系底界面,断点 Fp4-1 错断了第四系内反射同相轴 T01。

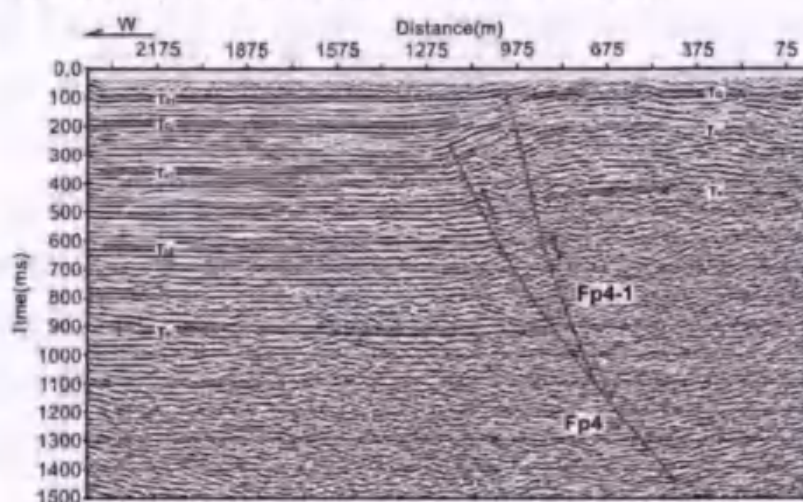


图 2.4-27 SCG3 测线地震反射时间剖面及解释

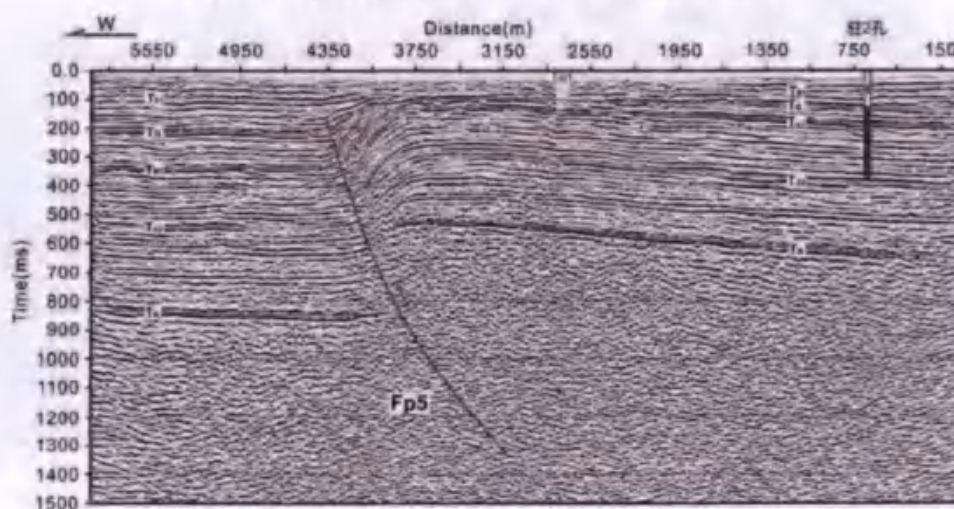


图 2.4-28 SCG4 测线地震反射时间剖面及解释

SCG4 测线近东-西向布设于汝南县金铺镇去往张楼乡的县道上，测线全长 5973 米。图 2.4-28 是 SCG4 测线的地震反射时间剖面。该剖面反射信息丰富，反射波能量较强，解释了 5 个反射同相轴。反射同相轴 T01 连续性较好，反射界面横向起伏不大，基本呈水平状，从图 1 上可以看出该测线已至岗地边界，地表起伏较小。在剖面桩号 4370m 附近，反射同相轴 TQ 及以下有明显的扭曲或错断，应为断层在剖面上的反映，在桩号 4365m 处解释了 1 个视倾向东的逆断层，用 Fp5 标示，可分辨上断点埋深约 125~130m，向上错断了第四系底界面。

基于以上浅层地震剖面资料，上蔡岗断裂最新活动时代早、中更新世。

2.4.9 宿鸭湖断裂（F9）

该断裂为北—南东向正断层，南起新蔡西南，北止于西平县西南，全长约 140km。该断裂与驻马店—息县断裂为一组共生断裂，断裂东北盘为平舆—西平隆起为上升盘，西南盘为驻马店—淮滨凹陷为下降盘。该断裂控制了一系列的现代河湖走向，在北端控制了洪河在吕店到杨庄一段的河流走向，中部控制了宿鸭湖的长轴方向，南端则控制了汝河近 80km 的河流走向。据河床两岸阶地发育状况对比可明显看出该断裂在第四纪有活动。中国地震局地球物理勘探中心（2018）借“驻马店市活动断层探测与地震危险性评价”项目针对宿鸭湖断裂开展多条浅层人工地震勘探线，见图 2.4-30。根据以上各剖面认为该断裂未向上延伸至第四系内，故该断裂为前第四纪断裂（中国地震局地球物理勘探中心，2018）

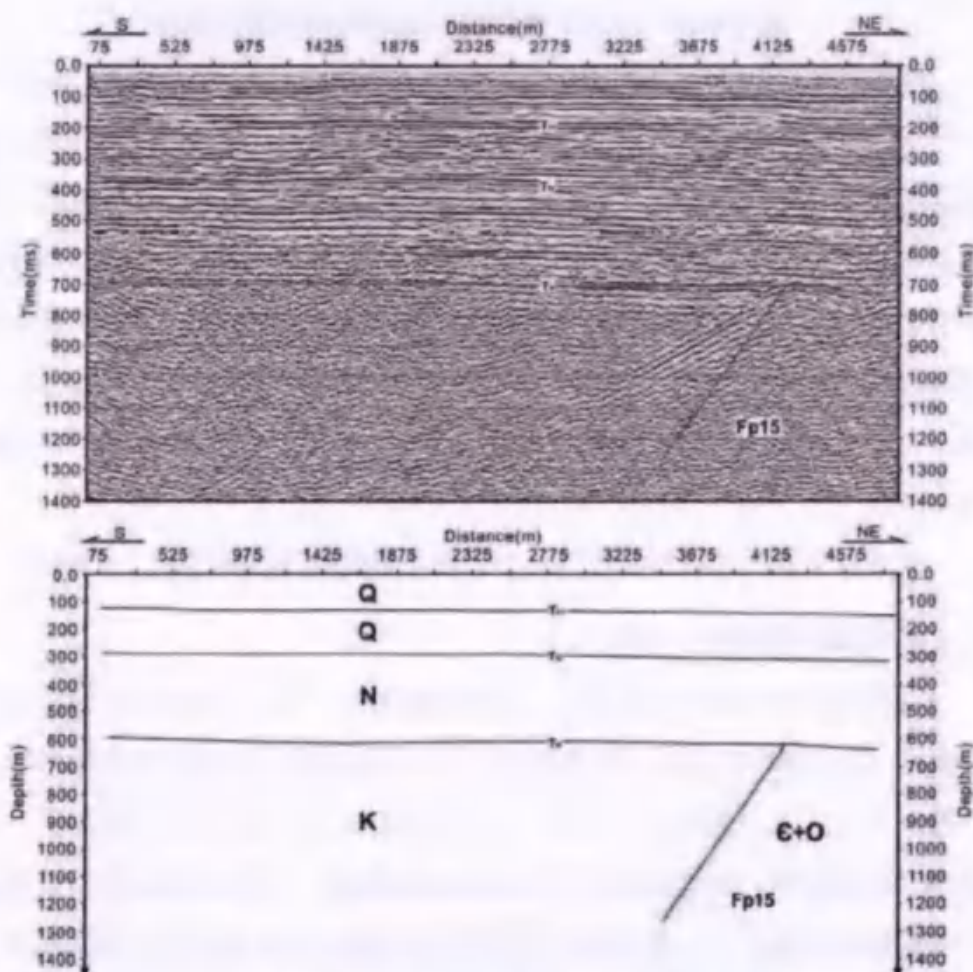


图 2.4-30 宿鸭湖断裂浅层人工地震勘探剖面

2.4.10 驻马店-息县断裂（F10）

该断裂起自舞阳东南，经遂平县西北、东风镇、驻马店市区、正阳东，止于息县，全长约 125km。其走向为北北西向，为正断层，倾向北东。据卫星图片资料分析，该断裂向北西方向延伸可与新安县西北的城崖地断裂相连，影象上显示为一较宽的线性带。该断裂在漯河以西以一连串的低地形式产出，如泥河洼滞洪区，老王坡滞洪区等一系列北西向低地。在临汝有一系列的热水分分布。

根据 2018 年中国地震局地球物理勘探中心驻马店城市活断层探测资料，控制驻马店-息县断裂的 3 条浅层测线 DZ1-1、ZX1、ZX4 测线上有解释断点。在驻马店市区北部至遂平段断层倾向翻转为南西西向，控制着诸市乡的沉积盆地。驻马店-息县断裂在近场区内分为两段：北段为走向近北北西，倾向南西西的正断层，上断点错断至新近系底界面，并延伸至新近纪地层内；南段为走向近北

北西，倾向北东东的正断层，上断点错断至第四系底界面。

驻马店-息县断裂上浅层地震勘探的上断点埋深为 300-420 米。据钻孔资料，第四系底界埋深 200 余米，新近系底界埋深 500-600 米。可以认为这些断点错断了新近系底界甚至新近系上部，但未错断第四系底界。因此，可以认为，驻马店-息县断裂为前第四纪断裂，其最新活动时代为新近纪。

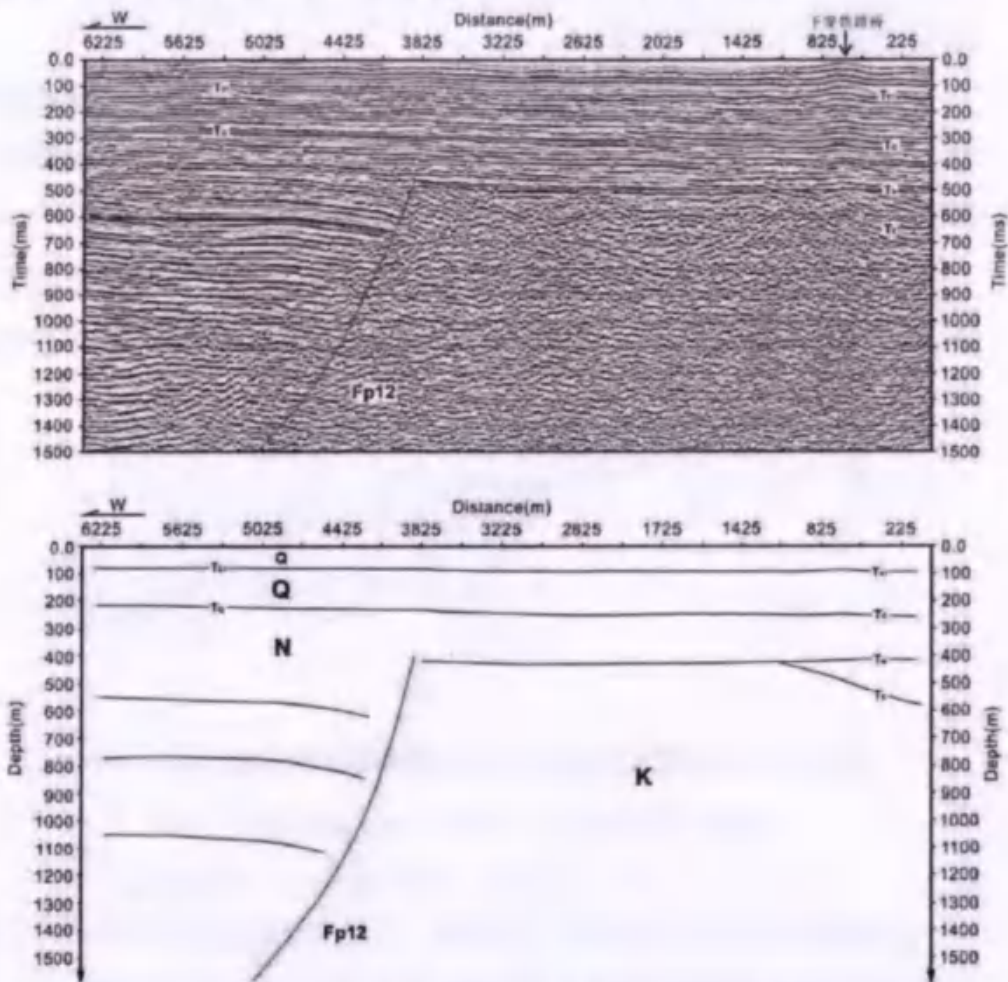


图 2.4-29 驻马店-息县断裂在浅层人工地震勘探剖面的显示
(据中国地震局地球物理勘探中心，2018)

2.4.11 朱夏断裂 (F11)

该断裂是一条规模较大的深大断裂。西起兰田，向东经朱阳关、夏馆、镇平，向东南隐伏于南阳盆地，盆地内与商丹断裂伴生,两者无法区分，组成堑垒结构(二者无法区分)。该断裂可确认的总长度在 230km 左右，总体走向北西，倾向时南时北，控制了北西向狭长的条带状白垩纪断陷盆地，如五里川盆地、

夏馆盆地、白湾盆地等。

该断裂发育于加里东褶皱带中，断裂北侧为秦岭群，南侧主要为二郎坪群和秦岭群，断裂沿线断续分布有上三叠统、白垩系和下古生界。这些地层的岩石都有不同程度的破碎，形成较宽的动力破碎带，它具有多期活动的特点。该段断裂在卫星影像上线性特征明显，特别是夏馆至马山口段，地貌上表现为深切河谷、断崖和三角面山。

中国地震局地球物理研究所（2007）在马山口一带开展的野外地震地质调查工作，在马山口以西的毛家营（图 2.4-5）和马山口以东的竹园，断裂断错于秦岭群大理岩与上白垩统红色砾岩之间，下盘秦岭群大理岩显示破碎，上盘的上白垩砾岩地层强烈破碎和片理化，压性特征明显，剖面顶部覆有第四纪坡积层，都未见被断裂错动迹象，在金庄河东岸、青山前村的断裂剖面也类似现象。



图 2.4-5 马山口西毛家营剖面（中国地震局地球物理研究所，2007）

白垩统紫红色片理化泥岩，揉皱发育；②上白垩统砾岩，片理化；

③砂土，坡积无层理；④(中元古界)碎裂岩化大理岩；⑤杂色角砾岩

在赵湾水库以东的地震地质调查表明（南阳泓瑞科技咨询有限公司，2014），断层并没有明显断错中更新世上部地层，南阳城市活断层探测结果证实，朱夏断裂最新活动时代为中更新世（中国地震局地质研究所、河南省地震局、南阳市地震局，2012）。

2.4.12 商丹断裂（F12）

该断裂西起商洛以东，经丹凤、商南，富水、西坪北、阳城、马山口镇，向东隐伏于南阳盆地。总体走向北西，以走滑为主，倾向多变。

南襄盆地以西倾角 $60\sim 80^\circ$ ，构成秦岭群与信阳群、白垩系分界线；内乡余关以东，该断裂表现为多个分支，而北支沿山前呈近西向延伸，经伏牛山地

质公园北、马山口镇地质公园，马山口至高丘水库北的大陈营一线。而南支自报事滩镇向东呈北西向隐伏过湍河后经高丘南过遮山后，进入第四系隐伏区，大致经潦河、桐寨铺、唐河、平氏后进入基岩区，向南过桐柏后转为近东西向。

商丹断裂基岩段构成秦岭群与信阳群、白垩系分界线，并控制西峡中生代盆地北部边界，断裂两盘具有较大落差，断裂地貌特征明显，卫星线性影像清晰，走滑断面平直平直贯通，倾向多变，并形成有规模可观的多个连续的断层槽谷，因此断裂具有明显的水平走滑特征；多个剖面显示其上覆第四系中-上统没有明显变形；一系列河流由北而南穿过该断裂，较大河流多发于有Ⅰ～Ⅱ级阶地（其中Ⅱ级阶地根据区域地层对比，形成时代为中-晚更新世）均未被断裂断错（北京中震创工程技术研究院，2009；南阳泓瑞科技咨询有限公司，2014），表明商丹断裂最新活动时代为中更新世。隐伏区 2012 年南阳活断层项目探测结果显示其最新活动时代为中更新世。

2.4.13 西峡-内乡断裂（F13）

该断裂西起陕西省柞水县西北，经山阳县、西峡、内乡，向东隐伏于南阳盆地，总体上呈北西西向展布。西坪以西称山阳断裂，呈近东西向波状延伸，西坪以东习惯上称为西峡-内乡断裂或者木家桠-内乡断裂，该段平面上呈折线状，由北西向逐渐向南偏转为北南向，西峡西至内乡东，该断裂控制了西峡红色盆地的南界，在卫星影像上表现较为明显。

该断裂的山阳段在卫星影像上线性特征明显，尤其在山阳盆地分为南北两支，控制山阳盆地的南北边界，山阳至竹林关段槽探工作表明该段最新活动时代为中更新世（陕西省地震局，中国地震局地质研究所，2011）

2009 年，中国地震局地球物理研究所西峡以东对该断裂开展了野外地震地质调查工作，西峡火车站与黄家营村（图 2.4-6）附近获得的断层剖面均显示该断裂没有断错中-上更新统地层（中国地震局地球物理研究所，2009）。基岩区该断裂以正断为主，断面北倾，断裂多被中-上更新统或上更新统覆盖。

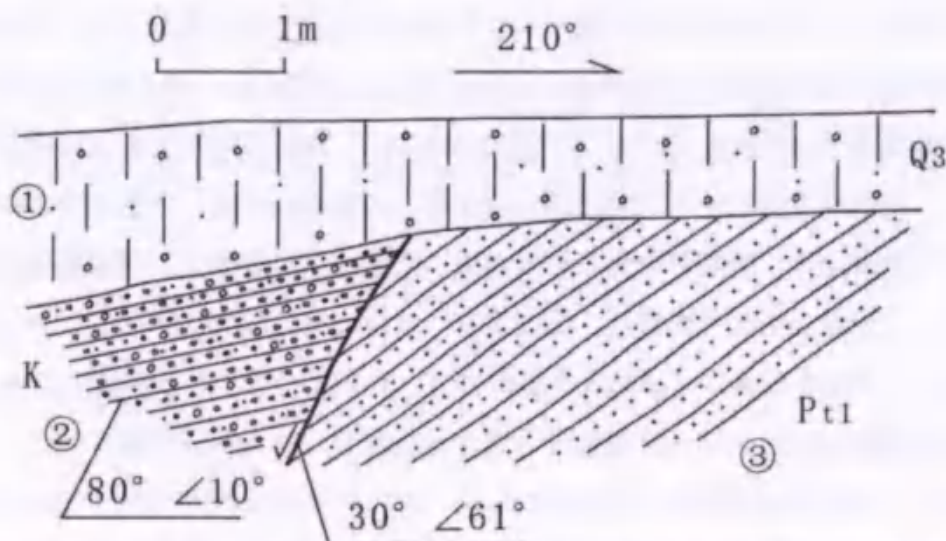


图 2.4-6 黄家营村剖面素描（中国地震局地球物理研究所，2009）

该断裂西峡至内乡段控制中生代盆地发育，断裂两盘地貌具有一定落差，依据地质、地貌及区域新构造运动特征，综合判断山阳-内乡断裂为早、中更新世断裂。南阳盆地内该断裂在石油地震剖面上有一定的显示，上断点可能进入第四系底部。

2.4.14 浙川断裂（F14）

浙川断裂带从北西端的荆紫关至南东最远出露点周山长约 110km，宽 5-8km。它在西北端与山阳内乡断裂斜接，南东延伸段隐伏于南襄盆地之中，近场区部分属于其东南段。浙川断裂带内次级断层右行右阶排布所形成的浙川右旋走滑拉分盆地，由二个右行右阶展布的条状菱形盆地组成，成生于晚白垩纪-古近纪。古近纪末，浙川断裂带呈左旋走滑，盆地上升，上白垩统古近系形成轴向北西的平缓向斜褶皱。然而，新近纪以来，原右行右阶展布的盆地被断裂的左旋走滑改造成两雁行透镜状狭窄张性槽地，但此种张性结构远小于前期规模，其宽度不足早期盆地的一半，现为丹江口水库的浙库蓄水。在构造地貌方面，由次级断层控制的盆地边界均呈鲜明的构造地貌陡坎，其北侧支流淇河、老灌河穿越断裂时呈左旋扭动，这暗示断裂第四纪呈左旋走滑趋向。

浙川断裂带总体活动性较强，北西段未发现错断晚更新世地层迹象，为早中更新世断裂；其东南段延伸至南襄盆地内部揭露出两条次级断裂，分别为

周山断裂和厚坡断裂，控制一系列密集小震的发育动。

周山断裂位于厚坡镇周山村一带，其西段通过周山丘陵地区，东段隐伏与第四系之下。在周家沟牛蛋岗剖面上，断裂破碎带有断层泥和角砾岩构成，宽约 2m，取其中断层泥做 TL 测试，结果为 $153.46 \pm 13.06\text{ka}$ ，标明断裂在中更新世有过明显活动，可能活动之晚更新世早期。

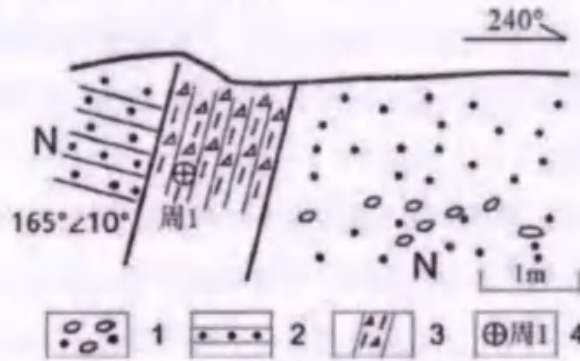


图 2.4-22 周山牛蛋岗剖面图

厚坡断裂位于周山断层东侧，据田昌骏现场调查该断裂在厚坡—南唐庄一线第四系与新近系呈正断层接触，断距约 150m，断层破裂带至少宽 2m，具片状泥质构造岩；断层走向 NW，陡倾 NE，已查明长度为 5km，但是，依据南唐庄往南东刁河两岸地貌及地层有较大差异，断层可能向东延至姚岩。从图 2.4.23 可以看出，断层错断了全新世以前的地层，垂直断距约 150m.其显著活动时代应该为晚更新世（Q3）。

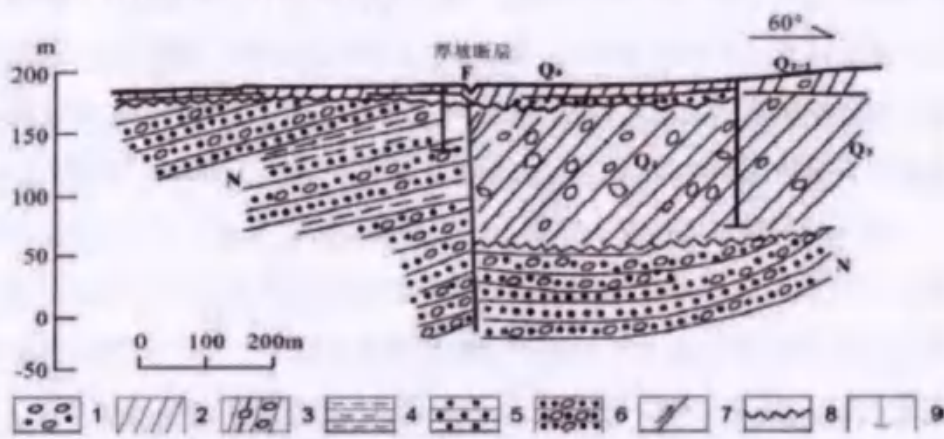


图 2.4-23 厚坡断裂勘探剖面图

综上所述，浙川断裂带最新活动时代为晚更新世。

2.4.15 新野断裂（F15）

该断裂隐伏于南襄盆地内的邓县、新野一带，走向北西西—北东东，向南

凸出呈弧形分布，为一倾向北的张性正断层，长约 120km。是南阳凹陷与新野凸起的分界断裂。该断裂呈“之”字型，古近纪伴随南阳凹陷强烈断陷构造环境下追踪基底断层而形成，在石油剖面上陡下缓，呈铲形，交于盆地基底之中。断裂两侧地层差异明显，白垩—古近系在北盘厚 5000m，南盘仅 500~1000m。据钻孔资料，断裂北侧新近系厚 600~800m 以上，第四系 100m 左右；南侧新近系厚 400~600m，第四系在 100m 以下。可见该断裂新构造期有一定的活动性，但第四纪活动不明显。邓县附近曾有过弱震活动，不过断裂与现代中强以上地震关系不明显。

综合分析认为，新野断裂为南阳盆地与襄樊盆地的分界断裂，为一前第四纪张性正断层，从整个新生代断裂的活动趋势下看，古近纪为其强烈活动期，新系纪明显已趋于稳定，第四纪断层活动已经不明显，尽管现代地震空间分布上显示期西段邓县附近曾有过弱震活动，但与现代中强以上地震关系不明显，依据四代潜源图及南阳核电地震安全性评价对区内发震构造条件的总结分析，该断裂带在工作区仅具有 5.5 级地震的发震背景。

2.4.16 两郧断裂 (F16)

西起漫川关盆地西北，东延经郧西、郧县、均县没入南襄盆地内，走向 120°，呈北西西-南东东向延伸约 250km，区内长约 140km，主断面倾向北，倾角 45-75°。断裂带大部分发育在耀岭河群内部，变形带由数条平行断层组成。晚燕山期时具有强烈的逆走滑或推覆特征，形成宽大的韧性剪切带，重磁资料有明显反映。喜马拉雅期断裂上盘新元古界地层逆于古近系、新近系之上。主断层灰白色构造破碎带宽约 60-100m。第四纪以来可能承袭了这种运动体制并在构造-地貌有一定显示：①沿带总体呈负向低山、丘陵或河谷，形成近百公里的山间廊道。廊道之内又依次出现反差分明的斜（横）向地貌隆起和洼地。其中由新近纪晚期泥灰岩（TL 测年为 $270 \times 10^4 \text{a}$ ）上复构成的隆起（火车岭），现已高出郧西河谷近 400m，抬升速率约 $0.2 \text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$ ；②断裂东延在南襄盆地西缘由汉江、周山和上寺等断层等组成发散状断裂束，据长委会勘测一队在陶岔一带探槽揭示，发现在中、上更新统中有产状 $300^\circ/\text{NE} \angle 70^\circ$ 的断层，工程揭露长 240m、垂向断距 8-10m，并兼有左旋逆走滑分量；③第四纪年代学样品（SEM 法）测定，该断裂在新近纪上新世、早更新世和中更新世也有强烈活动。TL 法测定在 24、

25、40 和 $45 \times 10^4 \text{a}$ 也曾强烈活动，丹江水库地区的震群活动可能与此有关。表明该断裂是在中更新世中期强烈活动的断裂带，而东段的活动时代可能更晚。

2.4.17 白河-谷城断裂 (F17)

西起白河，沿武当山北麓东南向延伸，经十堰止于谷城东。走向北西 $60 \sim 70^\circ$ ，倾向北东，倾角 $45 \sim 80^\circ$ 。

该带由许多平行的断裂组成，在十堰一带被武当隆起内发育的一系列北东向斜滑断层切割。断裂多发育在元古界、古生界地层中，仅在断裂东南段发育在中-新生界与元古界地层之间，局部地段呈隐伏状。自早元古代形成后，断裂多期活动，断裂在印支-燕山早期具有压剪力学性质。主断裂表现为由北东向南西的冲断。新构造期以来，表现为断裂具有左旋走滑位移，断裂不同段落活动性质、活动方式有较大差异。断裂中段西起白河蜀河，东至浪河，发育在元古界变质岩系中，形成宽广的破碎带，带内发育挤压片理、糜棱岩等。在十堰的六里坪一带，断裂对地貌控制明显，因断裂左旋走滑运动作用，沿断裂形成断续分布的第四纪盆地、洼地。断层物质经 TL 法测定，其最晚活动年龄为 150 万年（中国地震局地球物理研究所，2002）。据形变资料分析，断裂垂直形变速率为 0.26mm/年 。西段出露于基岩中，未见第四纪活动。东段控制了襄樊盆地的发育。中段是一条中更新世活动断裂。

2.4.18 青峰断裂 (F18)

在区域内，该断裂由陕西省城口县西延入，总体由北西向转成近东西向，经丰溪、房县、青峰，在石花街与白河-谷城断裂相汇后，东延出图。它是南秦岭断隆变形带和上扬子褶皱变形带的大地构造分界线。主断裂倾向北，倾角 $50 \sim 80^\circ$ ，由一系列平行断片组成 $3 \sim 5 \text{km}$ 的宽带。新构造期以来，该断裂的活动方式和强度各地有明显差异。房县盆地以西，总体表现为左旋逆走滑或继承性挤压变形。强烈抬升形成深切河谷和陡峻的断崖。盆地南缘发育多期次后退性断层三角面，地貌反差千余米；温泉群沿盆地南缘出露，水温 $26^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$ ；灰白色断层碎粉岩宽达百余米，松散的紫红色片理化断层泥间夹岩屑，宽 40cm 。受北西向房县-安康断裂带左旋走滑控制，房县盆地以较典型的左旋走滑拉分为特征，跨断层更新世水系左旋扭动。第四纪年代学断层泥 SEM 法测定值分布于晚更新世时段，TL 法测定在 $5 \sim 7 \times 10^4 \text{a}$ ，本段其最新活动时代为晚更新世，

其余部段为早、中更新世断裂。1742 年曾在房县盆地西缘发生 5 级地震，小震活动亦集中在此段。

2.4.19 南漳-荆门断裂 (F19)

该断裂走向北北西，全长 180km，构成白垩—古近纪南漳—荆门地堑西缘边界。其南端段切割新近系，并与潜北断裂截切，中段断裂地貌反差鲜明，跨断层水系大多呈右旋扭动形态，松散未胶结破裂带宽约 10 余米，断层泥片理化，SEM、TL 法断层泥测年值分布于早、中更新世。微震、有感地震沿断裂展布地带密集分布。

在襄阳后庄坪南承恩寺西去南漳的公路旁，见寒武系灰岩与古近系砾岩呈断层接触，断层走向近南北向，断面产状为 $0^{\circ}/E \angle 35-45^{\circ}$ ，该观察点处为断层破裂带，地貌显示坡面微冲沟（图 2.4-8）。F 断面下端部粗糙无光滑面，断面上棕红色断层泥状物质未见片理化，但其断裂东缘即地貌陡坎，落差达百余米，因此其最新正倾滑断面可能向上盘东侧迁移。断层对地貌控制较为明显，红层与寒武系地层以断层接触，地貌上形成垭口和达百米的陡坎。

在石门水库主渠北岸见有剖面，主断面发育在志留系与古近系之间，逆断几何结构，断裂产状为倾向 290° ，倾角 67° （图 2.4-9）。断裂面及其内部结构完全出露，构造岩带宽 20m，由边缘向内部可分为明显的几个部分：由下古近系组成的暗棕红色碎裂岩，宽 13m；细粒碎屑、粘土状断层泥宽 1.5-2m；以志留系页岩成分为主浅灰色碎裂岩带，宽约 3m；浅灰、褐黄色断层泥夹同色碎裂透镜体，未胶结，呈左行斜列排布，显示断裂早第四纪正倾滑活动性状。

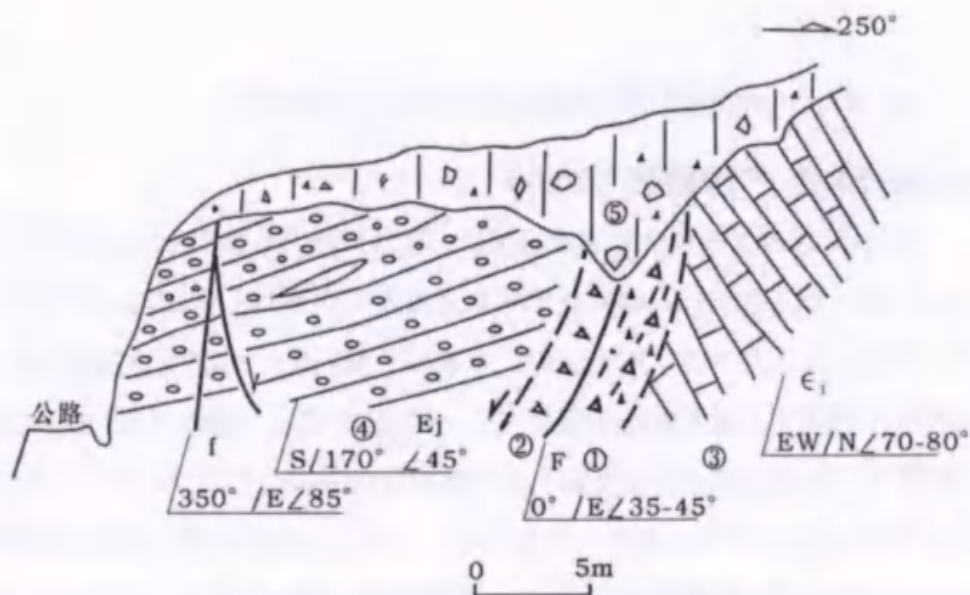


图 2.4-8 南漳—荆门断裂后庄坪南承恩寺西剖面

- ① 断层下盘为灰黄色断层泥、碎粉岩、碎块岩，可见宽度约 3m，呈胶结状；② 砖红色碎裂岩，可见宽度约 2m；③ 寒武系 E_1 深灰色厚层状灰岩，走向东西，高角度向北陡倾；④ 古近系 Ej 古新统砾岩，岩层产状 $170^\circ \angle 45^\circ$ ，发育高角度逆冲断层 f；⑤ 土红色粘土坡积层，未被断层切割，时代可能为 Q2~Q3。

②

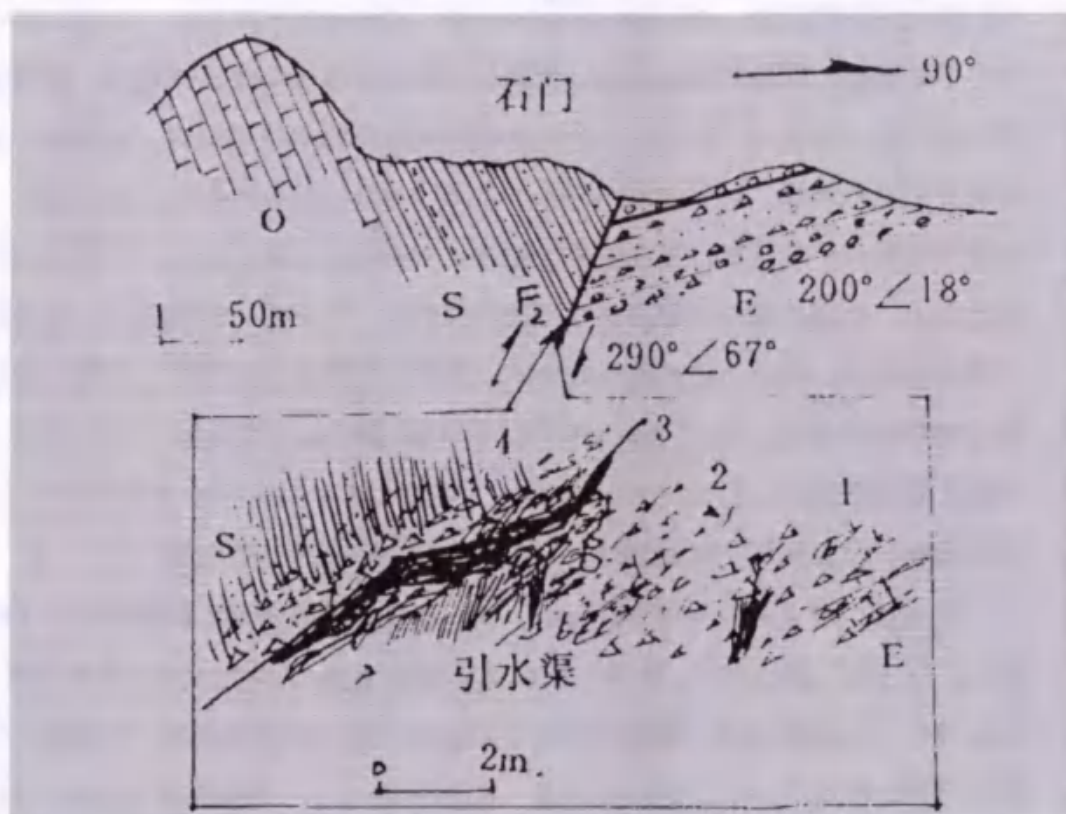


图 2.4-9 南漳—荆门断裂石门北水库旁剖面（据刘锁旺，1994）

- 1、由古近系组成的碎裂岩；2、主要由志留系组成的碎裂岩；3、断层泥夹碎裂透镜体；4、志留系，上图中 E、古近系；S、志留系；O、奥陶系；F₂、主断层

综上所述，南漳-荆门断裂为第四纪早-中更新世断裂。

2.4.20 襄樊-广济断裂 (F20)

襄樊-广济深大断裂西起襄樊庙滩西，经襄樊南、随州三里岗、孝感、黄冈，止于广济，长约 330km，构成扬子地块（板块）与秦岭-大别造山褶皱系之边界。断裂总体走向 NW，倾向 NE，呈陡倾，第四纪以来表现为正断性质。其黄冈以东段历史上曾有较小中强震发生，断层泥（TL、SEM、ESR 法）测年值分布于早、中更新世；武汉段显示为中更新世地貌面差异达 20-35m，次级断层 SEM 法测年值分布于上新世一早更新世；大洪山北缘段切割早更新世坡积层，断层泥 SEM、ESR 法测年值分布于早、中更新世。2006 年随州三里岗发生 $M_L 4.7$ 级轻破坏地震。它们均显示早第四纪断层活动特征。

该断裂西段，在襄樊西卧龙白土坡采料厂的人工剖面中，断裂带发育在上新世（ N_2 ）泥灰岩中，有 6—8cm 宽断层密集破裂带，发育高角度、走向东西、但微倾向北的断层组，断层带中发育碎粉岩、微角砾岩和碎裂岩。在该断面上见有厚铁锰层，构造岩多已胶结，断面呈锯齿状，多遭受侵蚀成直沟。断面出露处也见有与断面同产状的钙质胶结状流劈理群，隐现片理结构。该剖面中还发育多条次级断层，断面被深褐色粘土充填（ Q_1 ），无明显变形，呈硬塑状。次级断层可见铲状结构，上端为侵蚀槽地，或深 5m 的侵蚀深沟，下部充填深褐色粘土，断层上部仍残留有钙质胶结的碎粉岩、角砾岩，断面曲折，表现剪张性充填特征。断层上盘可见 60-100cm 胶结状的断层角砾与碎裂岩块，第四纪早更新世粘土（ Q_1 ）充填于破裂面中，厚约 30-200cm，有较为轻微引张变形，断面上有胶结状黄白色相间片状构造岩，可见厚度 3-5cm。 Q_1 为深褐色粘土，呈硬塑状，发育强风化铁锰淋漓层，粘土中富含铁锰核及铁锰膜。

在盛糠西南龙家堰剖面（图 2.4-7）中，断裂发育在震旦系灯影组中，主断裂面产状 $300^\circ \text{NE} \angle 80^\circ$ ，主要由紫红色碎裂岩组成。后期的破裂（产状 $320^\circ \text{NE} \angle 75^\circ$ ）切割碎裂岩，裂面上残留有暗紫红色的片理化泥质物。上盘被上更新统浅黄、褐黄色砾石和粘土层掩盖。该层厚约 10m，顶面高程 100m，与南盘有 50-70m 的地貌反差，显示较弱的活动。

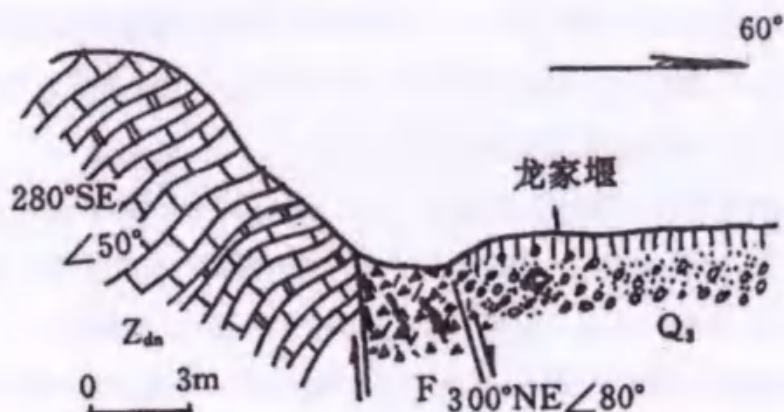


图 2.4-7 庙滩龙家堰襄樊—广济断裂剖面（据刘锁旺，2002 年）

Q₃: 上更新统; Zdn: 震旦系灯影组; F: 主断裂

综上所述，判定襄樊-广济断裂襄樊段为早第四纪断裂。

2.4.21 英店-青山口断裂（F21）

该断裂是分隔桐柏-大别褶皱带和南秦岭褶皱带的区域性大断裂。呈北西向经新城、英店、青山口、黄陂、武湖，向南东可能与扬子北缘断裂相交，向北西可能与山阳-内乡深断裂带交汇。

该断裂倾向变化较大，地表产状多见南倾，(据湖北省物探大队资料)地下 0~500m 倾向北东，500~1000m 倾向南西，1000~2000m 倾向北东，因此其包络面比较陡立。

该断裂由数条断层组成，断裂带中广泛发育糜棱岩系列和碎裂岩系列构造岩，出露宽 250~3200m。断裂总体保留有早期显压或压剪性性质。其旁侧或断裂带内有燕山期花岗岩侵入，花园、李集、黄陂和武湖等地有晚白垩世橄榄玄武岩呈北西向沿断裂展布，断裂两侧地球物理场等特征上均有明显差异，断裂东侧为正磁场和负布格重力异常，断裂西规则 为负磁异常和由负向正的布格重力异常梯度带。

断裂两侧在地形地貌有明显差异：东段青山口、黄陂一带，断裂控制了江汉盆地的北部边界，两侧地貌景观明显不同，北为群峰兀立的山地，南是略有起伏的准平原。

因此，断裂具有多次活动并较为复杂的演化历史，主要形成于印支-燕山期，为长期活动、性质多变的岩石圈断裂。而晚近时期断裂复活现象明显，表现为

变质岩系逆冲在白垩-新近系之上，并因断裂活动导致附近红层发生显著褶皱。

第四纪，断裂两侧表现为不平衡的断块运动，地貌上北侧总体显示上升趋势，南侧则表现为轻度的向南掀斜的特点。

大该断裂南段，阳逻长江公路大桥水下人工地震探测与钻探工作表明，该断裂切了白垩系-古近系，形成南低北高断坎或陡坡，高约 5~7m。断层破碎带宽约 20m。断裂性质为一高角度倾滑断层，倾向南西，倾角约 82° ，其上覆近 40m 的第四系，测年结果显示其该第四系底部为中-下更新统，表明其最新活动为第四纪早期（武汉地震工程勘察研究院，2000）。

此外断裂两侧第四纪形成的阶地的不对称性发育，也反映了该断裂第四纪早期的活动性。断裂北侧阳逻一带岗地的下更新统、中更新统阶地明显高于江南武昌一侧相应阶地的高度，而且断裂南侧下、中更新统埋深可至 30-40m（图 2.4-10）。

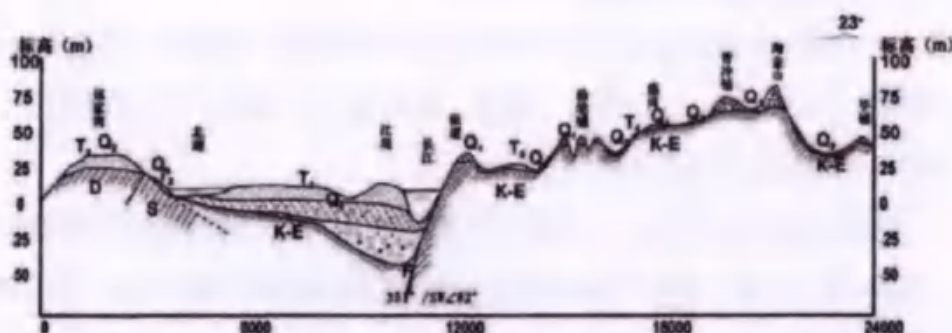


图 2.4-10 阳逻附近长江两岸第四纪阶地与断裂关系示意图

此外，该断裂在卫片上线性特征明显，从西部顺断裂延伸的水系所反映的左旋扭动变形及历史上断裂附近有弱震发生来看，英店-青山口断裂在第四纪早期。

2.4.22 南阳-方城断裂（F22）

该断裂为隐伏断裂，分为南北两支，北支南起南阳，向北东延伸经红泥湾、方城至保安以东，倾向南西；南支出近场区西起方城西南，向东至杨楼东，略呈南凸的弧形，走向北东，倾向北东为一正断层，两支断层成为控制方城地堑的边界断层，地貌上表现比较明显，卫星线性影像清晰，航磁异常非常清楚，断层控制并切割了中生代地层。

据《河南省干江河燕山水库工程场地地震安全性评价报告》（中国地震局

地球物理勘探中心, 2004) 所进行的工作, 地形地貌和地层的年代测定结果, 显示该断裂分支至少经历过两期大的活动, 即在古近纪前断裂破碎带之主体形成, 从构造结构、水文地质实验及角砾岩薄片鉴定结果情况看, 其性质属压扭性; 进入古近纪后, 断裂沿上盘产生断陷活动; 从第四纪地貌、地层分析, 该断裂自新近纪以来已趋稳定, 为前第四纪断裂。

2.5 区域地震地质环境分析

2.5.1 区域地震地质环境特点

区域内涉及 3 个一级大地构造单元, 即中朝准地台、秦岭褶皱系和扬子准地台。其中, 中朝准地台是最为活动的构造单元, 但其南部活动性又相对较弱; 秦岭褶皱系虽属强烈活动的构造单元, 但其东段又相对稳定, 扬子准地台是其中较稳定的单元, 特别是北部地区稳定性更好, 从所处的大地构造部位而言, 区域没有 7 级以上地震发生。

从地球物理场方面看, 区域内重磁异常和地壳厚度三者有较好的一致性, 且与地震的空间分布有较好的对应关系。区内存在北西、北西西、近东西向的重、磁异常梯度带和地壳厚度转折带, 发生的地震多与这些异常带有关。

新构造时期, 区域内不同地区构造运动强烈程度, 断裂活动的方式、地震活动等方面有着明显的差别。根据这些差异, 本区域划分出 4 个一级新构造单元和 11 个二级构造单元。根据两级构造单元活动特征及其与地震的关系分析, 二者有密切的联系: 一、二级新构造分区界线是地震发生的主要场所, 凹陷内下沉最强烈的部位是地震发生的场所, 如南阳发生的 6½ 级地震与该区的强烈下沉有关; 凸起内局部下沉的部位也是地震发生的场所。

2.5.2 中强震发生的构造条件

不同强度地震发生的构造条件有着明显的差异。根据区域及邻区内的新构造、地球物理场、断裂活动性特征等, 归纳出下面区域内地震发生的构造条件。

1) $M=6\sim 6.9$ 级地震发生的构造条件:

①具备发生 $M\geq 7$ 级地震的构造条件, 同样会发生 6~6.9 级地震;

②重、磁异常带和地壳厚度转折带容易发生这一级别的地震, 如南阳 6½ 级地震;

③一、二级新构造分区界线是这一级别地震的发生带;

④晚更新世断裂是这一级别地震发生的重要条件；

⑤少数早、中更新世断裂历史上也曾发生过强震，如许昌-太康断裂上曾发生过许昌 6 级地震。

2) M=5~5.9 级地震发生的构造条件：

①发生过 $M \geq 6$ 级地震的地区容易发生这一级别的地震；

②地球物理异常带是这一级别地震发生的重要场所，如鄢陵 5%级地震、项城 5%级地震等即发生在这类异常带上；

③新构造运动差异带；

④早、中更新世活动的隐伏断裂可能与这一级别的地震有关；

⑤中、新生盆地的沉降中心特别是第四系沉降中心也会发生这一级别地震。

2.5.3 区域地震构造综合分析

(1) 区域内涉及 3 个一级大地构造单元，即中朝准地台、秦岭褶皱系和扬子准地台。中朝准地台是最为活动的构造单元，但区域涉及到的华熊台缘拗陷活动性又相对较弱；扬子准地台北部的扬子台隆区是一个相对稳定的地块；秦岭褶皱系虽属强烈活动的构造单元，但其东段又相对稳定，目标区所处的区域稳定性较好，没有 7 级以上强震发生。

(2) 地球物理场方面看，区域内重、磁异常和地壳厚度三者有较好的一致性，且与地震的空间分布有较好的对应关系。区内存在北北东、北西西、近东西向的重、磁异常梯度带和地壳厚度转折带，发生的地震多与这些异常带有关。

(3) 本区新构造运动具有明显的分区特点，这些新构造单元的界线多以断裂为界，构造单元活动特征与地震活动关系密切。因此控制一、二级新构造分区界线的断裂带往往是地震发生的主要场所。

(4) 区域内中强震大多发生在北西向和北西西向第四纪活动断裂与近东西向或北东向第四纪活动断裂的交汇部位。区域地震构造中，商丹断裂、朱夏断裂、铁炉子—栾川—确山—固始断裂、新郑—太康断裂、青峰断裂（房县盆地）等具有发生 6.0 级以上地震的背景，但最大震级不超过 6.5 级。而北北东向或近东西向的断裂主要对孕震部位有影响，即北西-北西西向断裂与北北东向断裂的交汇部位是发生强震的有利部位。

第三章 近场区地震构造环境

根据《工程场地地震安全性评价》(GB 17741-2005)有关规定,本项目近场区取工程目标区外延 25km 的范围。本章依据南阳城市活断层探测、南阳幅 (I-49-29)1/20 万调查报告等工作取得的基础成果资料,结合野外地质地貌调查,对近场区的地质构造概况、主要断裂活动性和地震构造环境进行论述。

3.1. 近场区地质构造概况

本区属于华北地层区,第四系分布广泛,主要包括中更新统、上更新统及全新统地层,其中中更新统分布于平原冲洪积扇及带状河流的高阶地上,上更新统以洪冲积物为多见,全新统主要为沿河道发育的冲积物。

1、中更新统 (Qp2)

主要分布于近场区西北部山前地带及南阳卧龙岗一带,主要为河流冲积相成因,岩性为橙黄色、棕红色粘土,结构致密、坚硬,含铁锰质结构。西部山前岗陇地带有少部分冰碛及冰水堆积层(Q₂^{al})和残积-坡积层(Q₂^{dl+el})。冰碛及冰水堆积层厚度较小,0.2 至 0.5m 不等,岩性为棕红色(粉质粘土)杂色砾卵石层,厚 0.5m 到 5~8m,一般厚 1~2m,含钙质结核及铁锰质结核。

2、上更新统 (Qp3)

主要分布于近场区西南部到东北部广大平原区及区内较大河流两侧,形成平坦的 II 级阶地,冲积相沉积。岩性下部为灰褐色砂石层、砂层及粉砂层,局部为粉质粘土夹钙质结核。上部为褐黄色黄土状粉土、粉质粘土及灰褐-灰黑色粉质粘土,局部为粘土,含钙质结核或钙质层。

3、全新统 (Qh)

广泛分布于白河、唐河、潦河、湍河、桐河及其它河流两侧及支流中,构成河流 I 级阶地和河床,属冲积相成因,下部岩性为褐黄色及褐色砂土地及粉质粘土,局部含小砾石和粗砂层。上部岩性为黄色粗砂、细砂、粉砂。局部夹有淤泥及砂砾石层。

3.2 近场区地貌特征和新构造特征

近场区位于南阳盆地的南部,在地貌上主要为平原地貌(图 3.5-1),地势平坦,整体海拔低于 200m,仅在目标区西南部的中更新世坡积物覆盖区存在一定的地形起伏,海拔最高约为 150m,位于西南部的黄集镇一带。

近场区位于南阳盆地中南部,近场区和目标区均位于南襄拗陷内,从横纵地形剖面上看(图 3.5-2),目标区附近地形以平坦的晚更新世冲击平原为主,起伏较小。

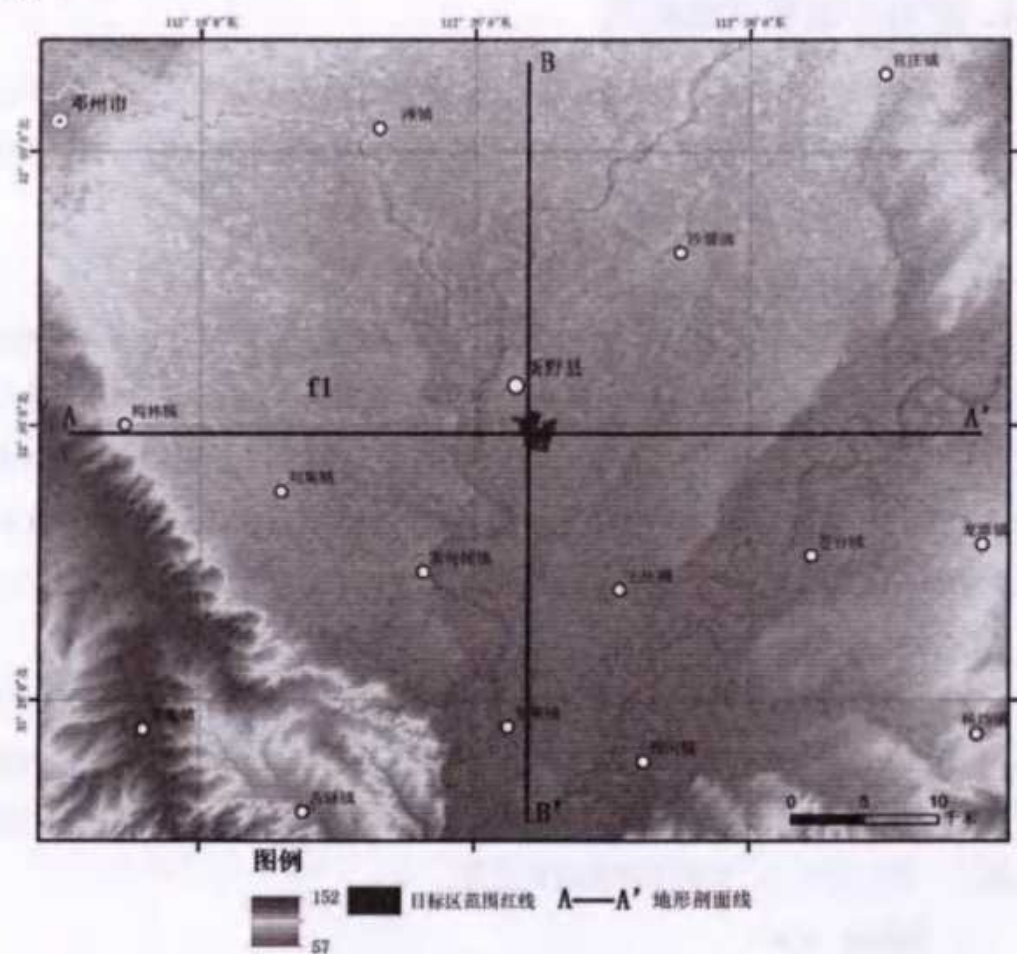


图 3.2-1 近场区地貌特征

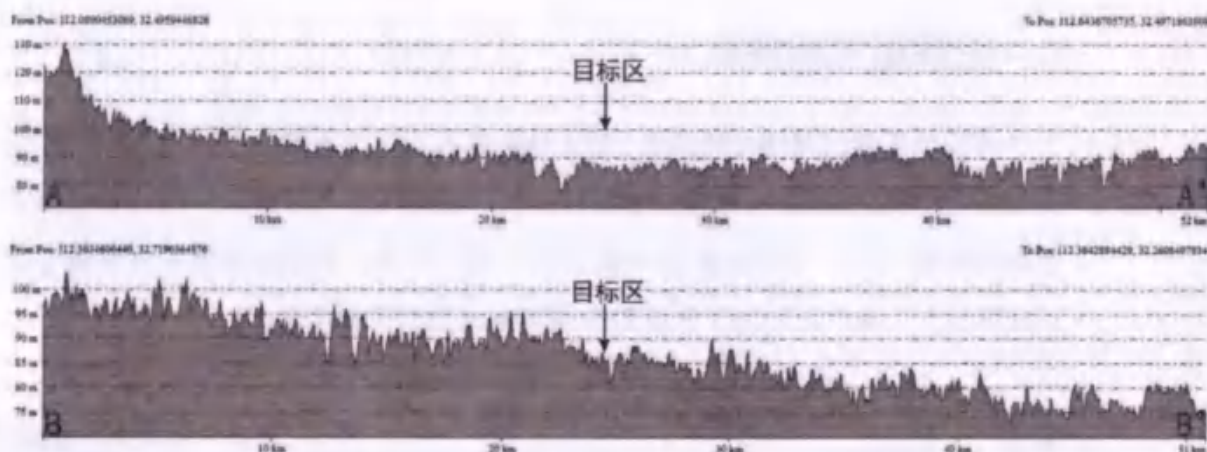


图 3.2-2 近场区地形剖面 (A-A' 和 B-B')

近场区主要分布在南阳盆地内, 该盆地为南深北浅的箕状盆地。盆地内绝大部分被第四系覆盖。盆地由白垩系上统胡岗组、古近系玉皇顶组、大仓房组、核桃园组、寥庄组和新近系组成。白垩系上统胡岗组沿盆地边缘出露。新、古近系在区内零星分布, 地表主要出露新近系, 分布于盆地北缘山前地带。地层均向南倾斜, 倾角一般在 15° 以下。

南襄拗陷

南阳襄樊盆地是形成于白垩纪至古近纪的张性断陷, 新近纪-第四纪转变为拗陷, 拗陷幅度变小。南阳盆地沉积了厚达 600-800m 以上厚的新近纪、第四纪地层, 拗陷边缘较浅, 盆地中部较深, 最厚处达 1000m, 拗陷带主要由北西西向断裂控制, 南阳-襄樊盆地的两次破坏性地震都发生在拗陷中心的北西西向断裂之上。

南阳襄樊盆地第四纪沉积物主要为冲积-湖积相沉积, 其边缘尚有冲积-洪积和坡积洪积层分布, 沉积厚度 10-30m, 盆地中心厚 30-100m, 中更新世尚有洞穴堆积, 含丰富的旧石器。

近区域新生代以来以差异运动为主, 在地壳间歇性差异运动的背景上, 发育一些断陷盆地。古近纪断陷作用, 沿一些规模较大的断裂形成断陷盆地(凹陷), 控制了新生代沉积。它们结束于新近纪, 断陷中堆积了河流冲积-洪积相碎屑岩。第四纪以来该区基本处于缓慢的差异运动状态, 最低一级剥夷面分布广泛, 阶地级数少, 相对高度不大, 反映出本区地壳垂直运动较弱。

3.3 近场区主要断裂

近场区全部为第四系覆盖区，本项目对前人工作成果进行了系统的收集和吸收利用，特别是 2012 年完成的南阳城市活动断层探测项目成果。场区范围内的主要断层有 1 条，为新野断裂（图 3.3-1，表 3.3-1），该断裂距离目标区南边界的距离约为 4.8km。近场区地质构造图和地质剖面图见图 3.3-2。

表 3.3-1 近场区主要断裂基本特征表

断层编号	断层名称	产 状			活动性质	近场区规模	最新活动时代
		走向	倾向	倾角			
f1	新野断裂	NWW-EW	NE	60° ~75°	正断	50km	前 Q

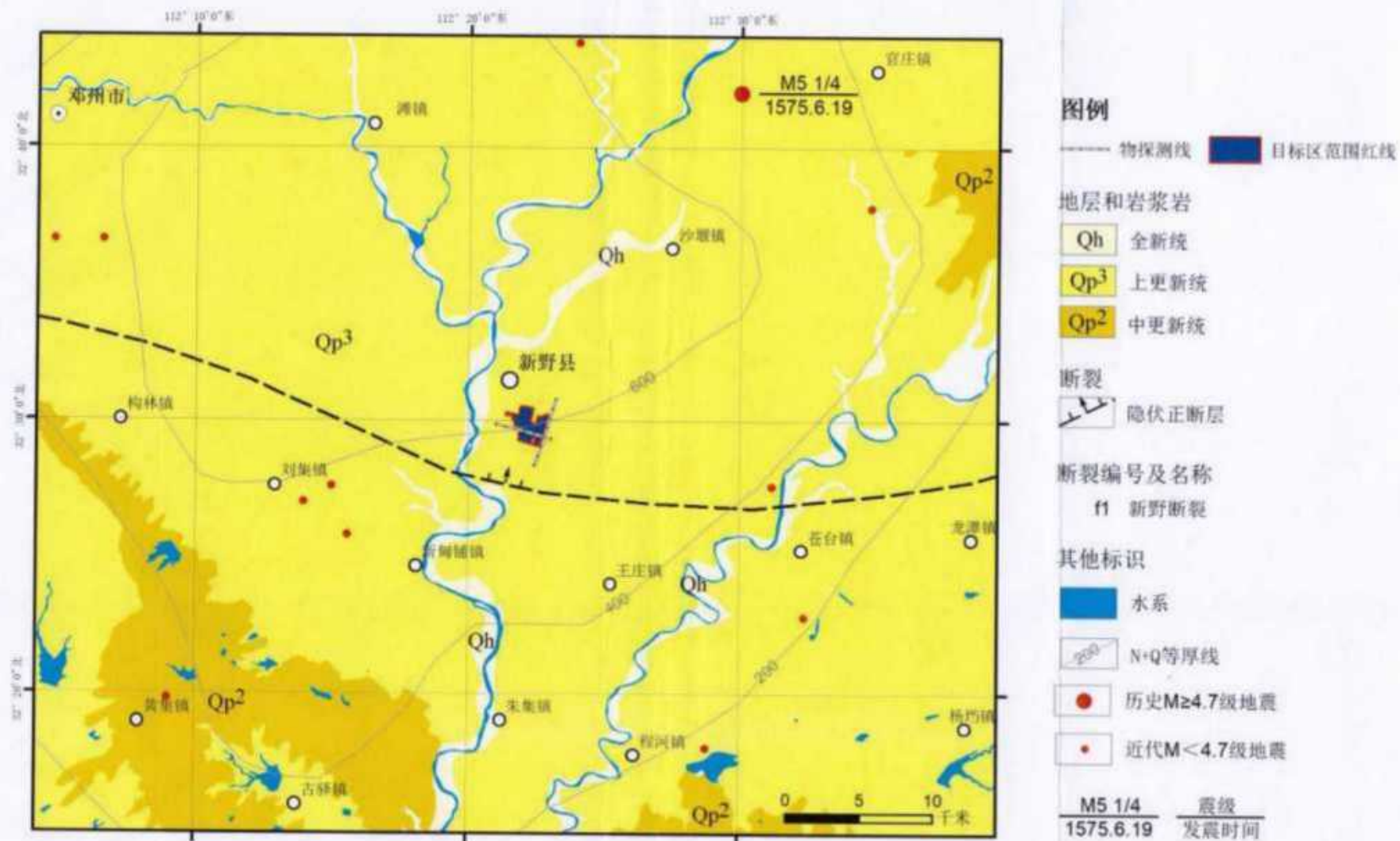
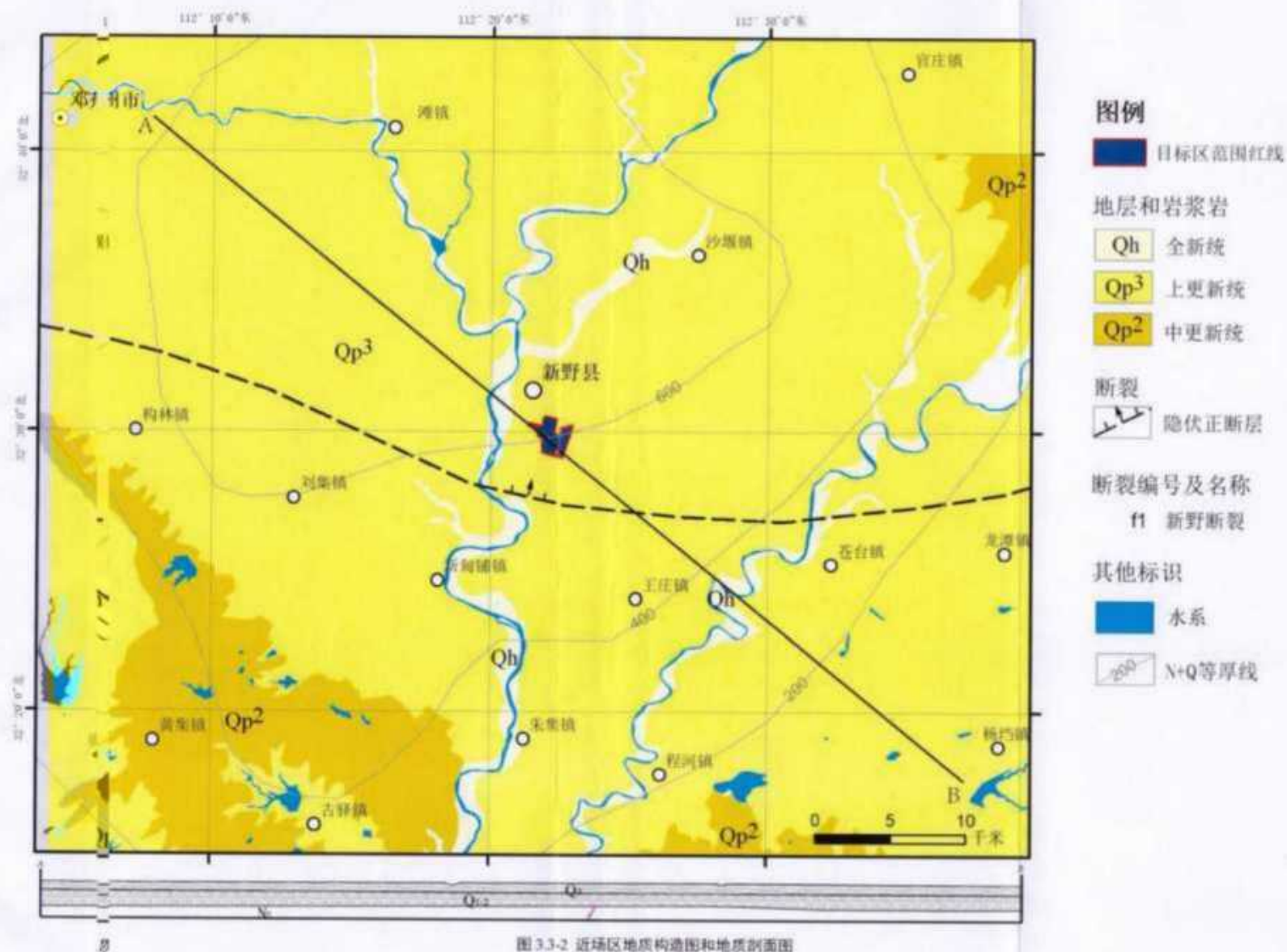


图 3.3-1 近场区地震构造图



3.3.1 新野断裂 (f1)

该断裂为隐伏断裂，分布在南襄盆地内的邓县、新野一带，走向北西西—北东东，向南凸出呈弧形分布，为一倾向北的张性正断层，长约 120km。该断裂是南阳凹陷与新野凸起的分界，断裂断裂总体呈“之”字型，古近纪伴随南阳凹陷强烈断陷构造环境下追踪基底断层而形成。

根据河南油田勘探开发研究院资料显示，在石油测线时间剖面上，新野断裂总体为上陡下缓的铲形，交于盆地基底之中（图 3.3-2a、图 3.2-2b、图 3.3-2c）。

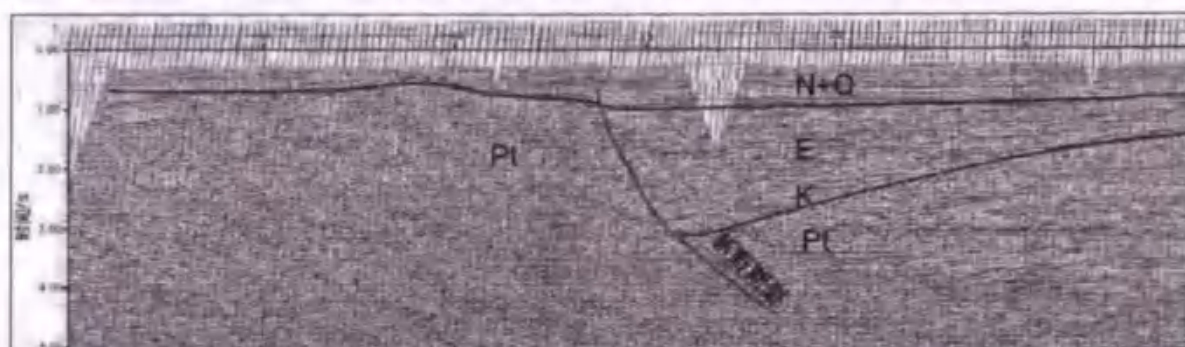


图3.3-2a NE-1 号 石油测线时间剖面(河南油田勘探开发研究院资料)

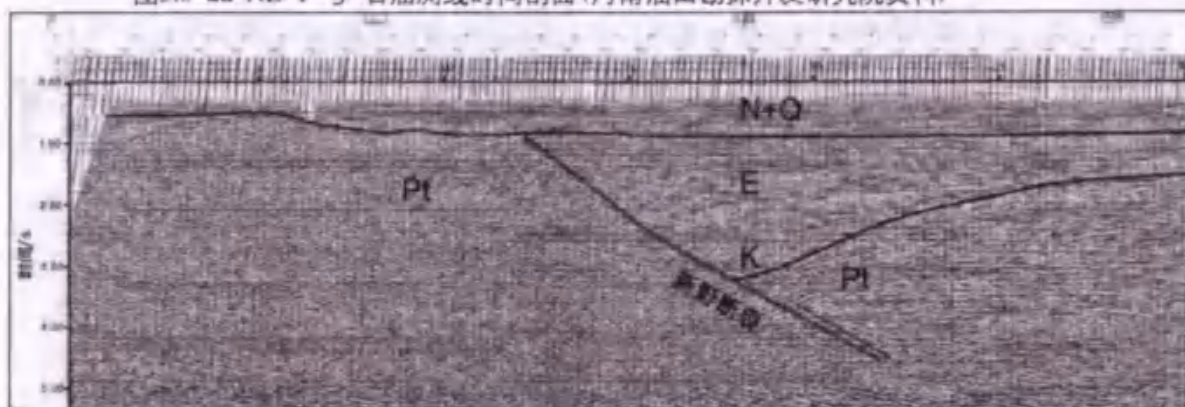


图3.3-2b NE-2 号 石油测线时间剖面(河南油田勘探开发研究院资料)

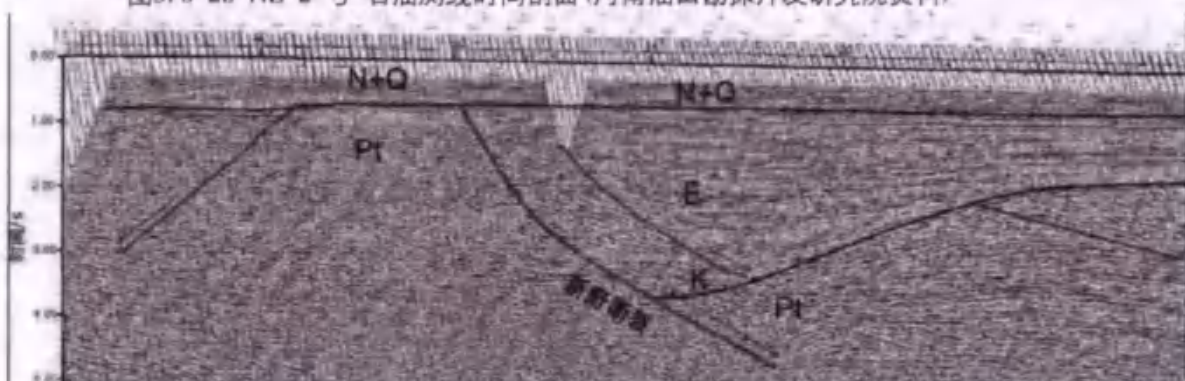


图3.3-2c NE-3 号 石油测线时间剖面(河南油田勘探开发研究院资料)

断裂两侧地层差异明显,白垩—古近系在北盘厚 5000m,南盘仅 500~1000m。据钻孔资料,断裂北侧新近系厚 600~800m 以上,第四系 100m 左右;南侧新近系厚 400~600m,第四系在 100m 以下。可见该断裂新构造期有一定的活动性,但第四纪活动不明显,从石油剖面上看,除西部最新上断点进入新近系外(图 3.3-2a),其余上断点没有进入新近系(图 3.3-2b、图 3.3-2c)。邓县附近曾有过弱震活动,不过断裂与现代中强以上地震关系不明显。

综合分析认为,新野断裂为南阳盆地与襄樊盆地的分界断裂,为一前第四纪张性正断层,从整个新生代断裂的活动趋势下看,古近纪为其强烈活动期,新系纪明显已趋于稳定,第四纪断层活动已经不明显,为前第四纪断裂。新野断裂在孙庄街刁河大桥附近穿过。

3.4 近场区地震构造评价

根据近场区地震地质、新构造单元分区特征和近场区主要断裂活动特征的分析,结合区域地震构造研究成果,对近场区地震构造综合评价如下:

1、近场区主要涉及到南襄拗陷,近场区新构造活动以较弱的差异升降运动为主。目标区位于南襄拗陷南部。

2、场区有 1 条主要断裂,新野断裂为前第四纪断裂,结合区域地震条件分析及新构造环境,认为近场区存在发生中强地震的构造条件。

3.5 目标区断层勘查与活动性鉴定

3.5.1 勘察方法

浅层地震反射法是在厚覆盖层地区进行断层及地质结构探测最有效的方法，已经广泛的应用于石油勘探、煤田勘探、活断层探测以及工程勘察中。

在本次地震探测工作中，我们采用的多次覆盖浅层地震反射波法不但有利于压制干扰、提高地震资料的信噪比，而且反射剖面图像对地下构造直观形象的特点也有助于判定断层的存在与形态，以便对目标区断层分布情况进行调查，查明目标区主要断层的分布及断层特征。

地震勘探方法的前提是地下必须存在有波阻抗差异的地层界面。如图 3.5-1 所示，当在测线上的 O_1 、 O_2 、.....等处激发地震波时，可以在一系列的地面观测点 S_1 、 S_2 、.....上接收到来自地下反射界面 R 上不同反射点的反射波，我们把每次激发得到的各地面观测点的记录集合在一起就可形成一个共炮点道集。由图可以看出，地下反射数据的有效范围实际上是地表检波器排列长度的一半。因此，地下反射点间距实际上是地表检波器间隔(道间距)的一半。

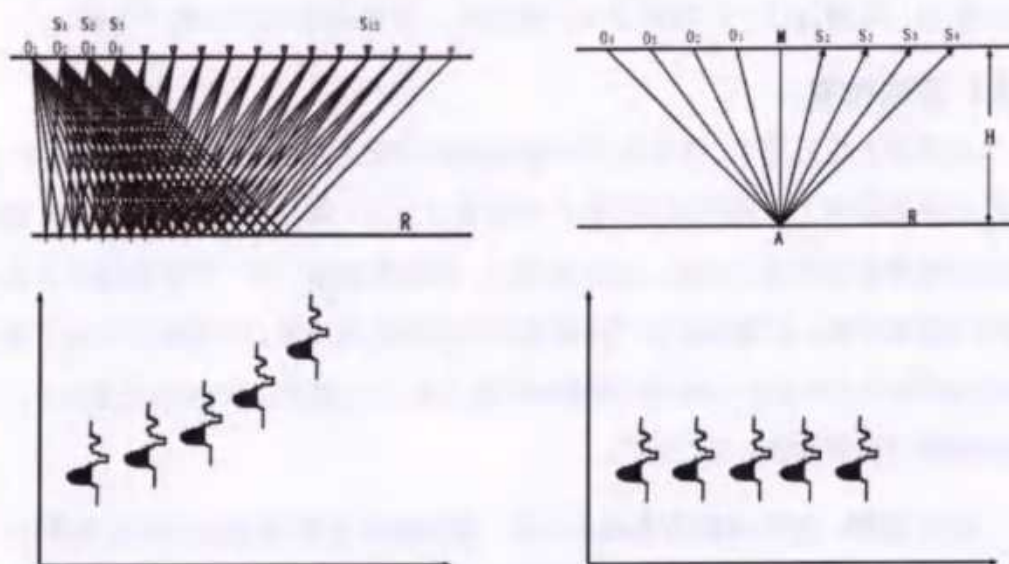


图 3.5-1 反射波方法探测原理示意图

在室内资料处理时,把来自不同炮点、相同反射点的数据从原始共炮点道集中抽出并集合在一起,就可形成共反射点道集,图中 A 点称为共反射点, M 点称为共中心点。共反射点时距曲线方程为:

$$t_k = \sqrt{4h^2 + x_k^2} / v = \sqrt{x_k^2 / v^2 + t_0^2}$$

式中: $t_0 = 2h/v$

由上式可以看出,它与普通反射波时距曲线方程的区别在于共反射点时距曲线反映的是地下反射界面上的一点,而普通反射波时距曲线反映的则是地下反射界面上的一段,对比普通反射波时距曲线方程,便可得到共反射点时距曲线方程的正常时差为:

$$\Delta t_k = t_k - t_0 = \sqrt{x_k^2 / v^2 + t_0^2} - t_0$$

通过以上分析可知,在资料处理时,我们可以通过正常时差(NMO)校正,把双曲线型的共反射点时距曲线校正成为一条直线,然后对其进行同相叠加,便可得到 M 点处相当于自激自收的反射信息。同理,对获得的其它各共反射点道集数据采用相同的方法进行处理,便可得到一条反映各点自激自收反射信息的叠加时间剖面。理想情况下,数据经 n 次叠加后,信噪比(S/N)可提高 $\sqrt{n}$ 倍。

3.5.2 测线位置

在测线布设过程中,主要考虑所要探测的构造走向以及测区的地理环境。本次浅层地震勘探工作范围为新野县产业集聚区东区,据已有地质构造资料,测区可能有新野断层通过。因此,设计测线时,我们考虑按“十”字型测线对工作区域进行有效控制。根据新野县产业集聚区东区的地理环境、交通情况及地下管线情况,横跨产业集聚区共布设地震勘探测线 2 条,总长度约 9.606km(见表 3.5-1)。地震测线的位置如图 3.2-1 所示。

XY1 测线:沿东环路由南向北布设,南端起于东环路与郭庄的交叉路口,北端止于上亿广场向北 200 米处,测线全长 5997m,测线起点经纬度坐标为 32°27'45.09246"N, 112°22'17.23713"E,测线终点经纬度坐标为 32°30'54.28146"N, 112°23'7.54141"E。

XY2 测线：沿河园路由西到东布设，西端起于张营社区居委会向西 50m，东端止于过东环路约 600 米，新野县城郊乡胡营村小学向北 350 米处，测线全长 3609m，测线起点经纬度坐标为 32°30'0.70365"N，112°20'57.51551"E，测线终点经纬度坐标为 32°29'28.43186"N，112°23'10.27287"E。

表 3.5-1 浅层地震勘探工作量表

序号	测线名称	测线方向	道间距(m)	接收道数	炮数	测线长度(m)
1	XY1 测线	S-N	3	400	429	5997
2	XY2 测线	W-E	3	400	230	3609
合计					659	9606

各测线均采用GPS定位与测尺结合的方法确定测点点位。地震测线的GPS定位采用中海达公司生产的RTKV30Plus型定位仪(见图3.5-2)，定位仪采用了WGS84坐标系统。测线起点和终点均采用GPS定位仪进行了定位。一般情况下，测线上每15m左右测量一个GPS数据，当地震测线出现弯折时，弯折处的接收点进行了GPS测点（各条测线的测量结果见附表1）。

激发和接收点采用测尺量距定位，考虑到地震测线较长，为保证工作人员能迅速而准确地找到激发和接收点，每个激发和接收点上采用记号笔或油漆作标记，同时在相应点位的固定物上做标识。为便于地震资料的室内数据处理与解释，测量人员在进行测线定位和观测点测量的同时，还绘制了测线经过地段的实际地形地物草图，主要包括交叉路口及路名、河流、一些主要的工厂或大型的建构物以及村镇等，并对测线的起点和终点的位置进行描述。

本次浅层地震勘探工作，根据现场试验情况，不同测线所采用的观测系统参数见表5.5-2。

仪器采集参数：采样间隔1ms，记录长度2s。

可控震源参数：扫描频率20~120Hz，扫描长度16s，起始和终了斜坡取0.5s，垂直叠加次数8-10次。

表 3.5-2 浅层地震勘探观测系统参数表

序号	测线名称	道间距 (m)	炮间距 (m)	接收 道数	观测系统	覆盖 次数
1	XY1 测线	3	12/15	400	1—200（炮点）—400	40/50

2	XY2 测线	3	12/15	400	1—200（炮点）—400	40/50
---	--------	---	-------	-----	---------------	-------



图3.5-2 新野产业集聚区测线位置示意图

3.5.3 剖面分析

(1) XY1 测线地震剖面

图3.5-3是XY1浅层地震反射波叠加时间剖面与深度解释剖面。该剖面揭示的反射震相比较丰富，反射能量也较强。剖面双程走时900ms以上的地层呈近水平形态展布，反射能量强，能够连续且可靠的追踪。在该剖面双程走时800ms以上共解释了5组特征明显的地层反射。

由区域地质资料可知，新野县第四系底界面埋深大于100m，新近系界面埋深大约在500~700m。根据地震剖面上反射波震相特征，结合《新野县产业集聚区区域地震安全性评估项目钻孔勘探与波速测试工作报告》里近XY1测线布设的三个钻孔ZK1、ZK3、ZK4对浅层反射地震剖面XY1进行了层位标定，解释了TQ3、

TQ2两组反射震相。根据地震剖面上反射波震相特征，在时间剖面双程到时TWT 160ms左右的地震反射波能量较强，同相轴连续性好，因此推断其可能是来自第四系底界面的反射，在剖面中用TQ1标出。

根据地震剖面上反射波震相特征，在时间剖面双程到时TWT 750ms左右的地震反射波能量较强，同相轴连续性好，同时从深度解释剖面上可知其埋深在650m左右，因此推断其可能是来自新近系底界面的反射，在剖面中用TN标出。在TQ1与TN之间还解释了一组同相轴连续性较好的地层反射界面，标识为T1，T1为新近系内部的地层反射。界面反射波TN以上，地层界面反射波能量强，反射波同相轴连续性好，纵向上地层成层性较好，横向上地层基本呈水平展布，表现出明显的沉积地层特征。界面反射波TN以下，为一系列短小的、弱的、不连续的、凌乱的反射震相，其下应为基岩。

从图3.5-3地震反射波叠加时间剖面上看，反射同相轴横向连续性较好，不存在波形畸变、同相轴扭曲、错断与波形异常变化等断层特征。因此，认为在该测线控制范围内没有断层通过。

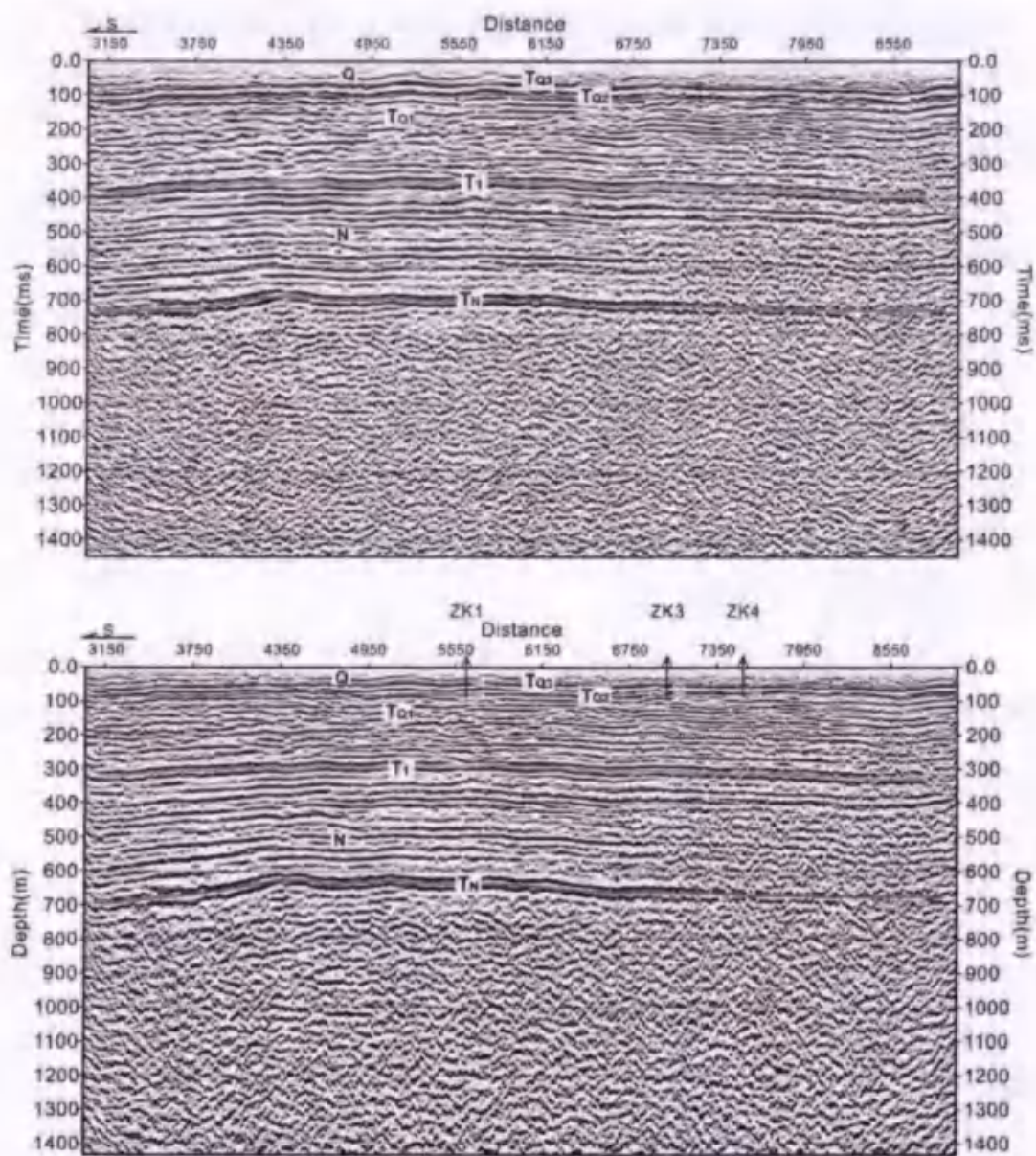


图 3.5-3 XY1 测线浅层地震反射波叠加时间剖面与深度解释剖面

(二) XY2 测线地震剖面

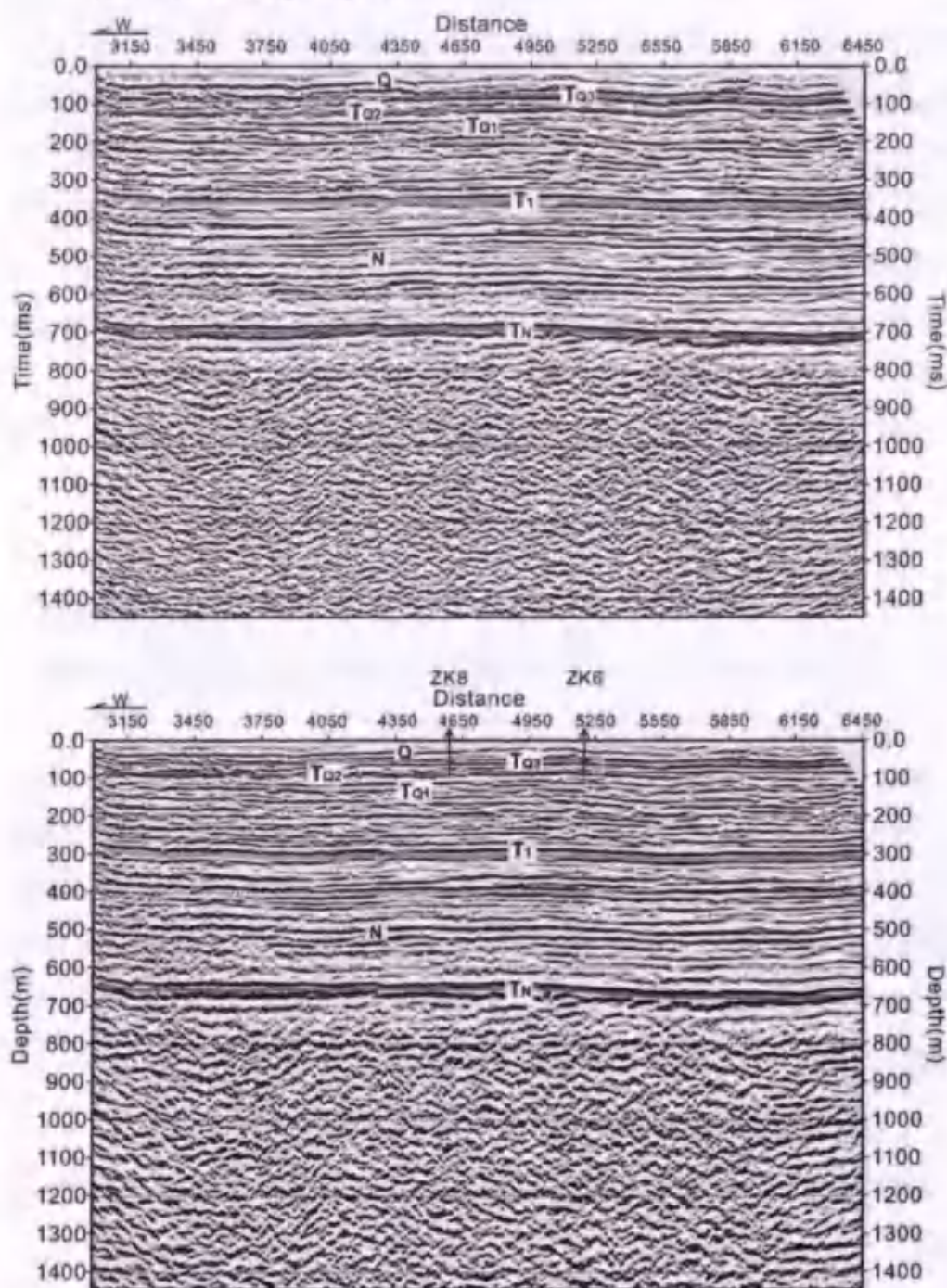


图 3.5-4 XY2 测线浅层地震反射波叠加时间剖面与深度解释剖面

图3.5-4是XY2测线的浅层地震反射波叠加时间剖面与深度解释剖面。该剖面揭示的反射震相比较丰富，反射能量也较强。剖面双程走时900ms以上的地层呈近水平形态展布，反射能量强，能够连续且可靠的追踪，共解释了5组特征明显的地层反射。

从图3.5-4中可以看出，剖面上地震反射波震相特征与图3.5-3东西向测线的地震反射波震相较为相似。结合《新野县产业集聚区区域地震安全性评估项目钻孔勘探与波速测试工作报告》里近XY2测线布设的两个钻孔ZK8、ZK6对浅层反射地震剖面XY2进行了层位标定，解释了TQ3、TQ2两组反射震相。根据地震剖面上反射波震相特征，在时间剖面双程到时TWT 160ms左右的地震反射波能量较强，同相轴连续性好，因此推断其可能是来自第四系底界面的反射，在剖面中用TQ1标出。地震剖面中TN界面埋深约为675m，与资料揭示的新近系底界面有较好的对应关系。在新近系内部还解释了一个地层的强反射，标识为T1。

从图 3.5-4 地震反射波叠加时间剖面上看，未发现同向轴扭曲、错断与波形异常变化等现象，因此认为该条地震剖面上没有断层。

3.5.4 探测成果

本次新野县产业集聚区东区区域性地震安全性评价工作采用浅层地震反射波法，在新野县经济开发区完成了 2 条浅层地震勘探线，总长度为 9.606km，获得了较好的原始记录和探测结果，达到了预计的目的。

探测工作采用了先进的仪器设备，通过现场试验选择合理的观测系统参数和施工方法，获得了质量优良的原始地震记录，经过室内地震数据处理取得了高信噪比、高分辨率的地震反射波叠加时间剖面。经过综合分析本次探测所获得的各测线的地震反射时间剖面特征，剖面上探测范围内反射波组连续特征明显，分层结构清晰，不存在断裂构造引起的地震反射波形的畸变和同相轴扭曲、错断等现象，因此认为在本次选定测线的探测控制范围内没有断裂通过。

3.5.5 目标区地震构造评价

根据浅层物探、区域构造、地形地貌、地震活动等分析结果，目标区内未发现活动断层。

第四章 地震危险性分析

按《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005)的要求,本章采用地震危险性概率分析方法,依据区域及近场区地震地质和地震活动性研究结果,对工程场区进行地震危险性分析,其内容包括划分潜在震源区、确定地震活动性参数和地震动预测方程、进行地震危险性概率计算。

4.1 地震危险性分析方法概述

地震危险性分析的基本技术思路和计算方法概述如下:

1、首先确定地震统计单元(地震带),以此作为考虑地震活动时间非均匀性、确定未来百年地震活动水平和地震危险性空间相对分布概率的基本单元。地震统计区内部地震活动在空间和时间上都是不均匀的。

假定地震统计区内地震时间过程符合分段的泊松过程。令地震带的震级上限为 M_{uz} ,震级下限为 M_0 , t 年内 $M_0 \sim M_{uz}$ 之间地震年平均发生率 v_0 , v_0 由未来的地震活动趋势来确定。则统计区内 t 年内发生 n 次地震的概率:

$$P(n) = \frac{(v_0 t)^n}{n!} e^{-v_0 t}$$

同时假定地震统计区内地震活动性遵从修正的震级频度关系,相应的震级概率密度函数为:

$$f(m) = \frac{\beta \exp[-\beta(m - m_0)]}{1 - \exp[-\beta(m_{uz} - m_0)]}$$

其中, $\beta = b \ln 10$, b 为震级频度关系的斜率。实际工作中,震级 m 分成 N_m 档, m_j 表示震级范围为 $(m_j \pm \frac{1}{2} \Delta m)$ 的震级档。则地震统计区内发生 m_j 档地震的概率:

$$P(m_j) = \frac{2}{\beta} f(m_j) \text{Sh}(\frac{1}{2} \beta \Delta m)$$

2、在地震统计区内部划分潜在震源区,并以潜在震源区的空间分布函数 f_{i,m_j} 来反映各震级档地震在各潜在震源区上分布的空间不均匀性,而潜在震源区内部地震活动性假定是一致的。假定地震带内共划分出 N_s 个潜在震源区 $\{S_1, S_2, \dots, S_{N_s}\}$ 。

3、根据分段泊松分布模型和全概率公式，地震统计区内部发生的地震，影响到场点地震动参数值 A 超越给定值 a 的年超越概率为：

$$P_k(A \geq a) = 1 - \exp \left\{ -\frac{2v_0}{\beta} \sum_{j=1}^{N_m} \sum_{i=1}^{N_s} \iiint P(A \geq a|E) f(\theta) \frac{f_{i,m_j}}{A(S_i)} f(m_j) \text{Sh}\left(\frac{1}{2}\beta\Delta m\right) dx dy d\theta \right\}$$

$A(S_i)$ 为地震统计区内第 i 个潜在震源区的面积， $P(A \geq a|E)$ 为地震统计区内第 i 个潜在震源区内发生某一特定地震事件（震中 (x, y) ，震级 $m_j \pm \frac{1}{2}\Delta m$ ，破裂方向 θ ）时场点地震动超越 a 的概率， $f(\theta)$ 为破裂方向的概率密度函数。

4、假定共有 N_z 个地震统计区对场点有影响，则综合所有地震统计区的影响得：

$$P(A \geq a) = 1 - \prod_{k=1}^{N_z} [1 - P_k(A \geq a)]$$

下文将就本次概率地震危险性分析各环节所需参数的确定进行论述，并根据本次工作所得到的计算参数，给出场地概率地震危险性分析的结果。其中地震统计区（地震带）划分在前面有关章节已经论述，这里将仅就研究区域内潜在震源区划分、地震统计区及潜在震源区地震活动性参数的确定进行详细论述。

4.2 潜在震源区划分

潜在震源区的判断和划分是地震危险性分析中的一项重要基础工作。潜在震源区的含义一般定义为未来可能发生破坏性地震的地区。本项目采用三级划分的潜在震源区模型，由地震统计区（地震带）、背景地震活动潜在震源区（简称背景源）和构造潜在震源区（简称构造源）构成。地震统计区是根据地震分区带的地震活动特征确定的，它用以反映地震活动的总体统计特征；背景源的划分，重点依据了地震区带中的不同部分和段落在地震构造背景上的差异，及其对地震活动性的影响，用以反映不同地震构造环境中中小震级地震活动特征的差异；构造源是依据局部构造条件及其地震活动特征划分，重点考虑了构造条件对中强地震的控制作用，用以反映局部构造相关的中强震级地震活动特征。地震统计区内地震活动性的不均匀性，由构造源上的中强地震活动性和背景源上中小地震活动性共同表现出来。

4.2.1 潜在震源区划分原则与方法

潜在震源区划分的原则可概括为历史地震重演和构造类比两条基本原则：

1、历史地震重演原则。该原则认为历史上发生过大地震的地方，将来还可能发生类似的地震。对历史上已发生过强震的地段或地区，可以划分为具有同类震级或高于原最大震级的潜在震源区；此外，地震活动在空间上的迁移、填空特点，有时也被用于作为划分潜在震源区的辅证。

2、地震构造类比原则。该原则是根据已发生强震的地区发震构造条件的研究，外推到具有相同或类似构造条件的区域。当某地区历史上虽然没有强烈地震或有中等地震记载，但与已发生过强震地区的构造条件具有类似特点，可以划分具有同类震级上限的潜在震源区；或者是虽无强震记载，但已发现有古地震遗迹的地段，也可以划分为相当于最大古地震震级的潜在震源区。

在具体应用上述两条原则时，主要注意把握以下三点：

1、采用历史地震重复原则为主进行潜源划分时，辅以地震构造类比原则进行不确定性和充分性论证。

2、采用地震构造类比原则为主进行潜源划分时，辅以地震活动强度（包括古地震）及潜在发震能力方面的论证。

3、不同地震构造区内判定的潜在震源区在整个地震带内进行协调（包括最大潜在地震、不同震级档潜在震源区个数等）。

划分潜在震源区的步骤归纳如下：

1、根据地震活动、构造活动和地球物理场特征，划分出地震活动不同的地震区和地震带。其中地震带的划分对潜在震源区的确定具有重要意义，它将地震活动强烈、具有明显成带特点的地带与地震活动不强烈、分布零散、没有明显空间分布特点的地区分开。

2、分析地震区、带内地震活动空间分布特点和各级地震的发震构造条件，划分出具有不同震级上限的潜在源区，它进一步反映出地震带内地震活动的空间不均匀特征。

4.2.2 潜在震源区划分结果

本项目采用《中国地震动参数区划图 GB18306-2015》潜在震源区划分方案，区域范围内共划分出背景潜在震源区 8 个，构造潜在震源区 22 个，其中震级上

限 7.0 级构造源 1 个,震级上限 6.5 级构造源 5 个,震级上限 6.0 级构造源 15 个,震级上限 5.5 级构造源 1 个。潜在震源区划分结果见图 4.2-1, 对本目标区影响较大的潜在震源区划分依据见表 4.2-1。

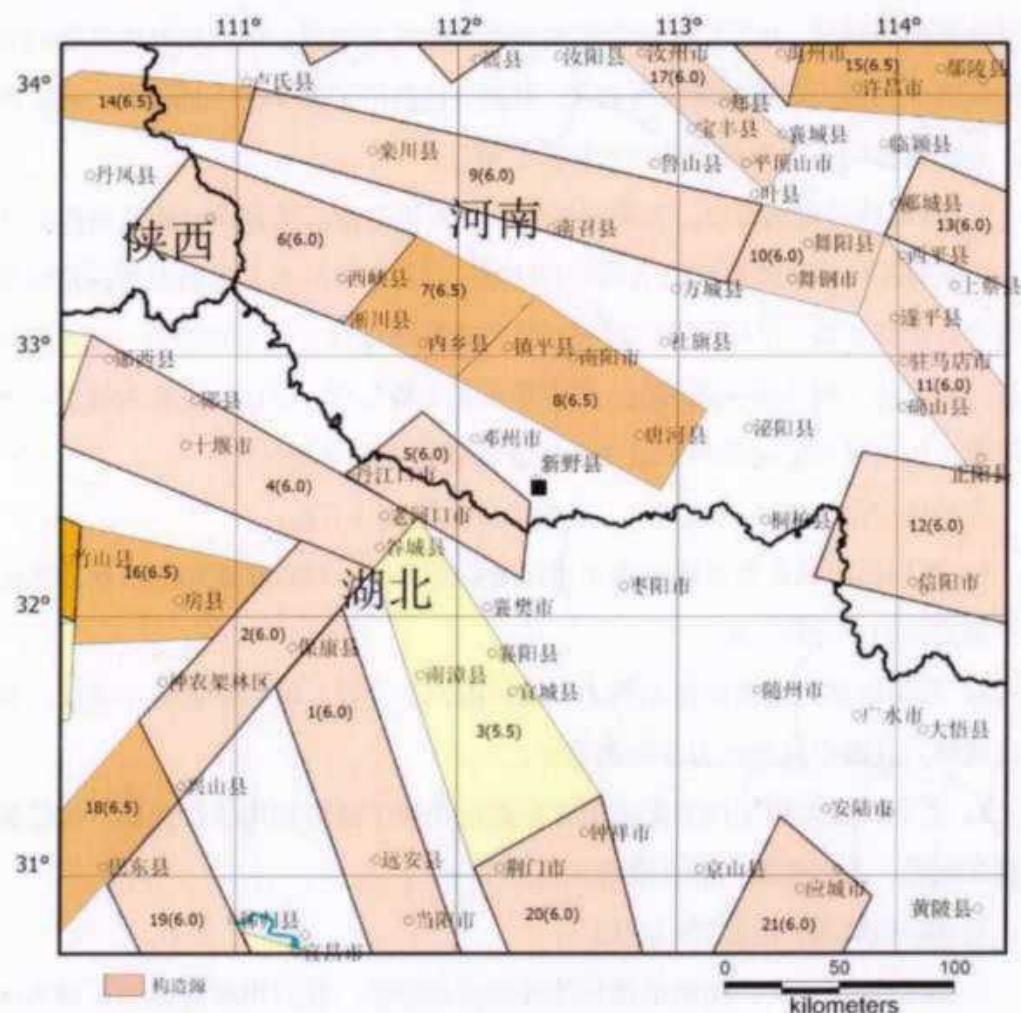


图 4.2-1a 区域构造潜在震源区分布图

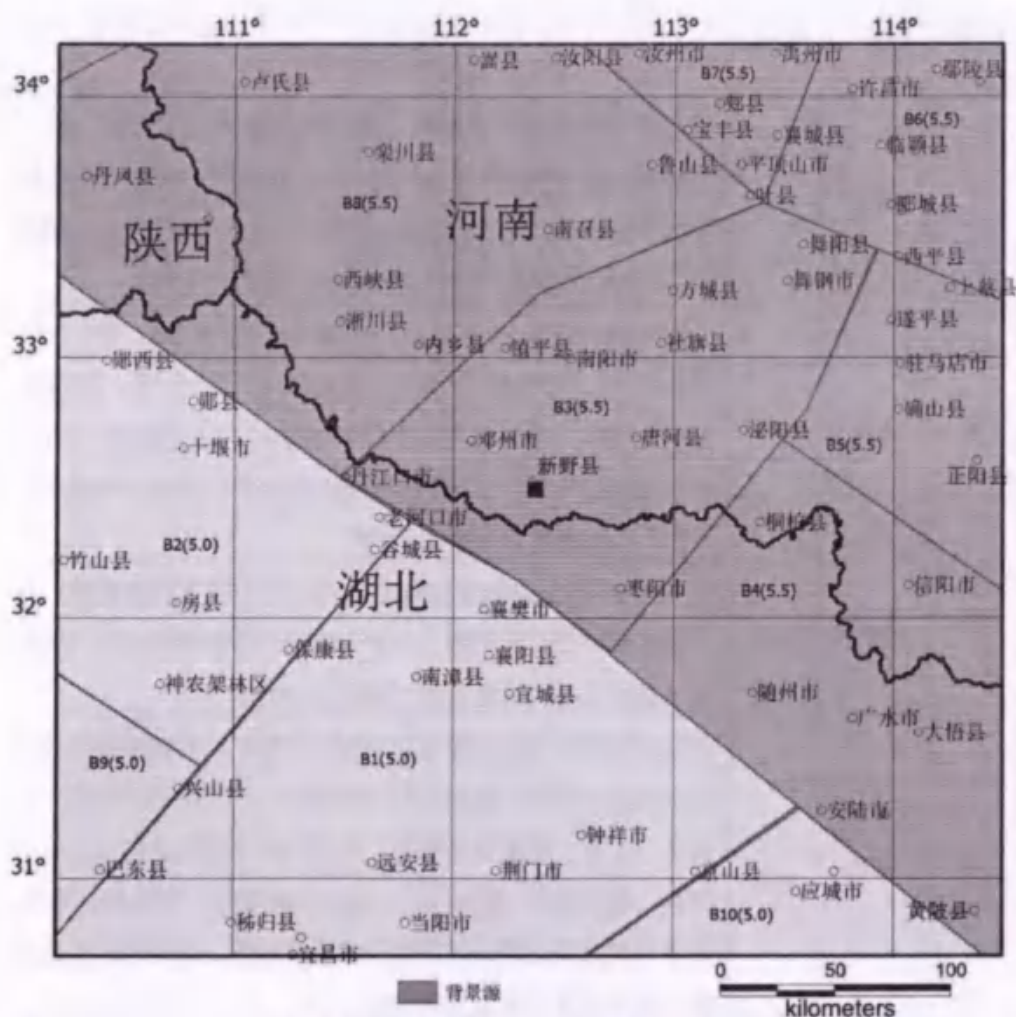


图 4.2-1b 区域背景潜在震源区分布图

表 4.2-1 区域主要潜在震源区划分一览表

潜源编号	潜源名称	震级上限	潜源划分依据
3	南漳	5.5	沿北北西方向荆门地堑和汉水地堑划分，汉水地堑西界胡集—沙阳断裂第四纪早期活动强烈，现今中小地震沿地堑西部较为密集。根据构造类比原则，确定震级上限为 5.5 级。
5	老河口	6.0	沿两郢断裂划分，该断裂走向北北东，右旋走滑，为中更新世断裂，历史上未发生破坏性地震，根据构造类比原则，将其震级上限定为 6.0 级。
6	商南	6.0	沿商丹断裂和山阳-内乡断裂划分，商丹断裂走向为北西西向，长约 170 公里；山阳-内乡断裂走向为北西西向，长约 250 公里，两条断裂均为早、中更新世断裂。历史上未发生破坏性地震，现代小震活动较频繁。根据构造类比原则，将其震级上限定为 6.0 级。

潜源 编号	潜源 名称	震级 上限	潜源划分依据
7	内乡	6.5	沿夏馆-镇平断裂划分潜源, 该断裂走向北西西, 倾向 NE, 倾角 60 度, 长约 70 公里, 为中更新世断裂。历史上未发生过破坏性地震, 现代小震活动较频繁, 最大地震为 M4.7 级地震。根据构造类比原则, 将其震级上限定为 6.5 级。
8	南阳	6.5	沿南阳-唐河断裂划分潜源, 该断裂走向为北西向, 倾向 SW, 倾角 75 度, 长约 60 公里, 左旋走滑, 为第四纪早、中更新世活动断裂, 1575 年在河南南阳南发生了 5¼ 级地震, 46 年在河南南阳发生了 6½ 级地震。根据构造类比及历史地震重复原则, 将其震级上限定为 6.5 级。
9	栾川	6.0	沿栾川-鲁山-保安断裂和维摩寺-白云山大断裂划分潜源, 为第四纪早中更新世断裂, 历史上未发生过破坏性地震, 根据构造类比原则, 将其震级上限定为 6.0 级。
10	舞阳	6.0	沿宿鸭湖断裂西段和驻马店断裂西段划分, 宿鸭湖断裂西段走向为北西西向, 倾向 SW, 倾角 65°, 长约 180 公里, 正断层, 为早、中更新世断裂。驻马店断裂西段走向为北西西向, 倾向 SW, 倾角 70°, 长约 190 公里, 正断层, 为早、中更新世断裂。历史上未发生破坏性地震。根据构造类比原则, 将其震级上限定为 6.0 级。
11	驻马店	6.0	沿宿鸭湖断裂东段和驻马店断裂东段划分, 宿鸭湖断裂东段走向为北西向, 倾向 SW, 倾角 65°, 断裂全长约 180 公里, 正断层, 为早、中更新世断裂。驻马店断裂走向东段为北西向, 倾向 SW, 倾角 70°, 断裂全长约 190 公里, 正断层, 为早、中更新世断裂。历史上未发生破坏性地震。根据构造类比原则, 将其震级上限定为 6.0 级。
12	信阳	6.0	沿潢川-新县断裂、罗山-大悟断裂、信阳-金寨断裂交汇部位划分, 这三条断裂均为第四纪早、中更新世活动, 历史上发生过 1654 年河南息县西北 5 级地震和 1913 年河南信阳 5 级地震。根据构造类比及历史地震重复原则, 将其震级上限定为 6.0 级。
13	漯河	6.0	沿鲁山-漯河断裂与北西向遂平-汝南断裂划分, 两条断裂均为早、中更新世断裂, 历史上发生过 1519 年 5 级地震和 1662 年 5½ 级地震。该潜在震源区震级上限为 6.0 级。

潜源 编号	潜源 名称	震级 上限	潜源划分依据
15	许昌	6.5	沿禹县-太康断裂划分, 该断裂断裂呈北西西向-近东西向展布, 大部分隐伏于第四系之下, 为早、中更新世断裂, 沿断裂有多次中强震发生, 如 1820 年、1524 年许昌两次 6 级地震和太康 5 级地震等。考虑到区内的历史地震活动及断裂的规模, 该潜在震源区的震级上限定为 6.5 级。
17	平顶山	6.0	沿襄城断裂和新安-郟县断裂划分, 这两条断裂均为早、中更新世断裂, 历史上发生过 1638 年河南新安东南 4 $\frac{1}{4}$ 级地震。根据构造类比原则, 将其震级上限定为 6.0 级。

4.3 地震活动性参数确定

为反映地震活动的空间不均匀性, 本次工作采用两级原则确定地震活动性参数。第一级为地震带(地震统计区)活动性参数, 它反映不同地区孕震条件和地震时、空活动特征的差异; 第二级是地震带内各个潜在震源区的参数, 反映地震带内地震活动的空间非均匀性。

地震带(地震统计区)的地震活动参数指震级上限 M_{uz} , 起算震级 M_0 , 震级频度关系式中的 b 值, 采用“泊松模型”描述地震活动过程所需的地震年平均发生率 ν 。为了恰当地把地震带的年平均发生率分配到每个潜在震源区, 还要确定各个地震带中各潜在震源区的空间分布函数 f_{l,m_j} 以及各潜在震源区等震线椭圆长轴走向分布函数 $f(\theta)$ 。

4.3.1 确定地震活动性参数的原则

1、以地震带为基本统计单元

目前使用的地震危险性分析方法, 要求地震活动符合泊松模型, 大小地震之间的频次关系满足修正的古登堡-里克特震级频度关系式。这就是说, 研究中所确定的地震活动参数必须反映地震活动在空间和时间上的群体性。由于地震带内地震活动在空间上同属一个最新活动带的控制, 构造成因具有相似性, 地震活动在时间过程也有一定的规律性。因此, 以地震带作为确定地震活动性参数的基本统计单元。

2、为了保持地震事件的独立性和随机性, 消除大地震的余震和群震活动的影响。大地震序列中的前震、主震和余震之间不是独立的随机事件, 因而应尽可能

能的删除前震和余震。在一些特定的地区，常在很短的时间内发生若干次震级相差不大（1级之内）的群震，对于这样的地震群，只保留其中最大的一次地震。

3、由地震活动趋势分析的结果，来衡量和评价未来的地震活动水平，对年平均发生率 ν 进行调整。研究表明，一个地震带中的地震活动出现相对平静与显著活动交替出现的周期性。分析地震带中地震活动的历史，判断目前和未来百年内可能处的活动阶段，可以对地震带总的地震活动水平做出评价，这种评价可以用来对表征地震活动水平的年平均发生率 ν 进行某些限制。

4、按震级区间来分配年平均发生率

在某一个地震活动带内可以分出若干个具有不同震级上限的潜在震源区。在将地震带内的地震年平均发生率分配到各潜在震源区去时，常常按历史地震频度或面积加权原则来进行分配，由于各潜在震源区地震上限不同，特别是具有高震级上限的潜在震源区个数很少，上述分配方法将导致低估大地震的影响。为了保证高震级的影响不被低估，采用按震级分档进行年平均发生率的分配，并采用空间分布函数来描述地震活动的时空不均匀性。

5、用综合评定法确定空间分布函数

在确定对各潜在震源区分配年平均发生率空间分布函数 f_{i,m_j} 时，不是用某一单项判别因子来决定，而是采用多项因子的综合评定方法来确定。各项因子的选择既要各潜在震源区存在的可靠性，也要考虑到地震活动的时空非均匀性，还要尽量吸收长期地震预报研究的结果。

4.3.2 地震统计单元的地震活动性参数

确定地震活动性参数首先需要划分地震统计单元。地震统计单元是地震活动具有完整性和时序性的相对独立的基本单元。地震统计单元一般与地震活动区或活动带一致，并与地震构造区或地震构造带的划分一致。工作区域涉及到华北平原地震带和汾渭地震带。

1、震级上限 M_{uz}

震级上限 M_{uz} 是指震级—频度关系式中，累积频度趋于零的震级极限值。地震带的震级上限 M_{uz} 与地震带的历史最大地震震级，地震活动水平以及最大地震的重现周期有关，是地震危险性分析中的重要参数之一。

华北平原地震带的震级上限取为 $M_{uz}=8.0$ 级, 长江中游地震带的震级上限取为 $M_{uz}=7.0$ 级。

2、起算震级 M_0

M_0 是指对工程场点有影响的最小震级。在我国大陆地区, 震级为 4 级的地震在震中附近就能造成一定程度的影响。所以, 在大多数情况下, 均将起算震级 M_0 定为 4.0 级。在本项研究中, 也将起算震级 M_0 定为 4.0 级。

3、震级频度关系式中的 b 值和年平均发生率 v_4

b 值代表着地震带内不同大小地震频数的比例关系, 在地震危险性分析中, b 值是一个重要的参数, 它的作用在于可以确定地震带内有效震级范围内地震震级的概率密度函数和各级地震的年平均发生率。其统计表达式为 $\lg N = a - bM$ 。由于 b 值是实际资料统计得到的, 因此它与实际资料的完整性、可靠性、统计样本量的大小有关。地震年平均发生率 v_4 , 是指一定统计区 (地震带) 内, 平均每年发生等于和大于起算震级 M_0 的地震次数。年平均发生率的主要影响因素是 b 值和选取资料的统计时段, 要求被统计时段的地震能代表未来百年内地震活动水平。

《中国地震动参数区划图 GB18306—2015》给出了区带参数的研究方法, 在不同方案进行统计分析后确定的 b 值和 v_4 作为初值的基础上, 根据地震带 (地震统计区) 内实际地震的年发生率、地震带 (地震统计区) 未来地震活动趋势分析结果、1970 年以来 40 年的仪器记录地震资料所反映的中强地震发生次数的分布特点等因素, 并基于对未来地震危险性给予合理保守考虑的原则, 进行必要的调整, 最终确定地震带 (地震统计区) b 值和 v_4 的结果。本项目采用了《中国地震动参数区划图 GB18306—2015》编制确定的 b 值和 v_4 结果。

(1) 华北平原地震带

根据对历史地震资料完整性的分析和对未来百年地震活动水平的估计, 华北平原地震带 1484 年之前地震缺失较多, 1484 年 5 级以上地震记录基本完整, 1950 年以来 4 级以上地震记录较全。1485 年和 1791 年是两个地震活动相对密集期的开始, 未来地震活动水平不应低估长期的平均地震活动水平。对 b 值和 v_4 进行调整, 重点考虑以下控制:

- ① $M_{4.0}$ 级以上地震年发生率大致相当于 1950 年以来地震活动水平;
- ② $M_{5.0}$ 级以上地震年发生率大致相当于 1484 年、1971 年地震活动水平;
- ③ 较大地震年发生率重点考虑 1484 年以来地震活动情况

经调整，确定华北平原地震带地震活动性参数为 $b=0.86$ ， $v_4=4.6$ 。图 4.3-1 给出了理论计算值与实际统计数据点的比较，从结果可以看出， b 、 v_4 参数计算得到的理论发生率在小震级段，与 1950 年以来的水平大致相当；在中强震级段与 1791 年以来的平均地震活动水平相当，该活动期以中强地震活动为主要特征；而在高震级段，以 1484 年以来的发生率控制。

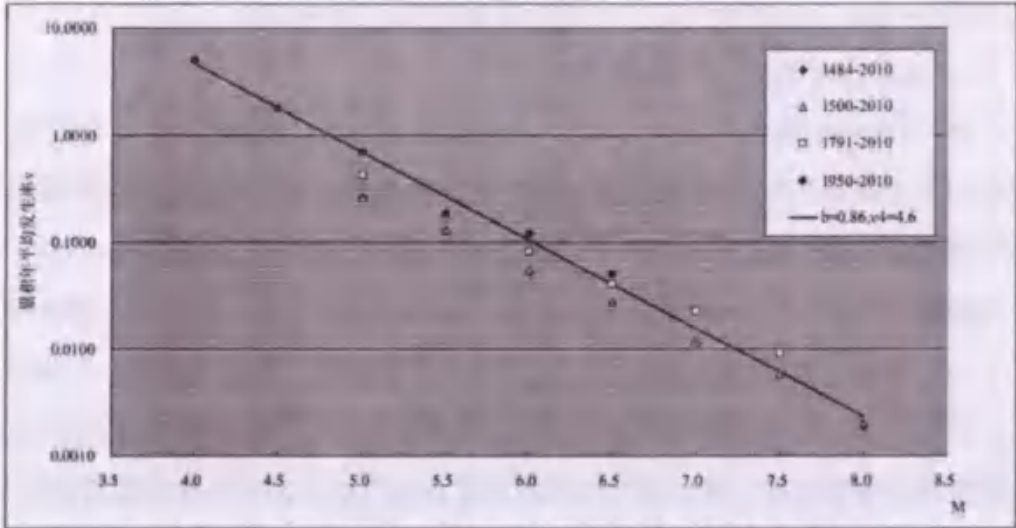


图 4.3-1 华北平原地震带各时段实际统计与理论结果对比

（2）长江中游地震带

长江中游地震带，地震活动相对较弱，记载到的历史地震以 5 级左右地震为主，6 级以上地震非常稀少。最早历史地震记载始于公元前 143 年 6 月 7 日竹山 5 级地震。该区 1300 年之前地震资料遗失较多，1300 年以来 $M \geq 5.5$ 发生地震较为平稳，1500 年以后 $M \geq 5.0$ 地震较为完整，1900 年以后 4.7 级以上地震相对完整，1970 年以来 4 级以上地震记录较全。在历史阶段，地震活动较密集的时段分别始于公元 1467 和公元 1813 年。未来活动水平应不低于长期的平均地震活动水平。对 v_4 与 b 值进行调整，重点考虑以下控制：

- ① $M4$ 级以上地震年发生率应大致相当 1970 年以来地震活动水平；
- ② $M5$ 级以上地震年发生率应大致相当 1900 年以来地震活动水平；
- ③ 较大震级发生率应重点考虑 1300 年以来地震活动情况；

经调整，确定长江中游地震带地震活动性参数为 $b=1.2$ ， $v_4=3.2$ 。图 4.3-2 给出了理论计算值与实际统计数据点的比较，结果可以看出， $M6$ 以上震级段理论值较为保守，这主要是考虑到长江中游地震统计区所覆盖地区面积较大，6 级以上地震历史记载很少，而区划图潜在震源区划分方案对该地区 6 级左右地震的地震危险性较为重视，划分较多的新区，地震活动性需要对此有所反映。

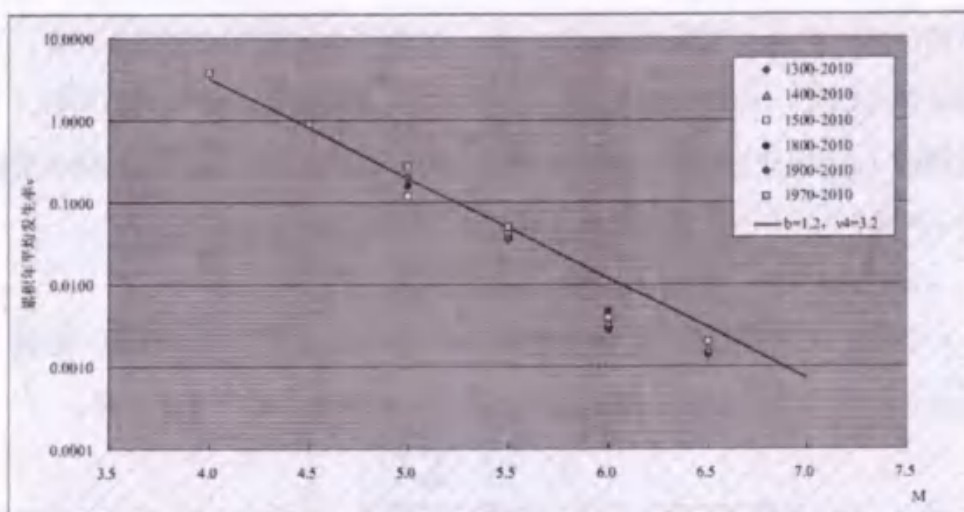


图 4.3-2 长江中游地震带各时段实际统计与理论结果对比

4.3.3 潜在震源区的地震活动性参数

潜在震源区活动性参数包括：震级上限 M_u ，空间分布函数 f_{i,m_j} ，椭圆等震线长轴取向及其方向性函数。

1、潜在震源区的震级上限 M_u

潜在震源区的震级上限 M_u 是指该潜在震源区内可能发生的最大震级，并预期未来发生超过该震级的概率趋于 0，本研究区各潜在震源区的震级上限见图 4.2-1。

2、空间分布函数 f_{i,m_j}

在地震统计区内，须把地震统计区各震级档地震的年平均年发生率分配给各相应的潜在震源区。这里采用空间分布函数，根据各潜在震源区发生不同震级档地震可能性的大小，对统计区各震级档的地震年平均发生率进行不等权分配。地震带内第 i 个潜在震源区， M_j 震级档的地震年平均发生率 v_{i,m_j} 可以表示为：

$$v_{i,m_j} = \begin{cases} \frac{2ve^{-\beta(M_j-M_0)\sin(\beta\Delta M/2)}}{1-e^{-\beta(M_u-M_0)}} f_{i,m_j} \\ 0 \end{cases}$$

式中， v 为地震带 $M \geq 4$ 地震的年平均发生率，即 v_4 ； M_{u2} 为地震带的震级上限； M_0 为潜在震源区的震级上限； ΔM 为震级分当间隔； M_j 为分档间隔中心对应的震级值； $\beta = b \ln 10$ ； $\sin(\beta\Delta M/2)$ 为正弦双曲函数。

由于地震带内地震活动是一个复杂的物理过程，必须从各个可能的方面来描述才能避免片面性，所以要采用多因子的综合评判方法来确定空间分布函数 f_{i,m_j} 。

《中国地震动参数区划图 GB18306—2015》选用潜在震源区的可靠程度、中长期地震预报成果、大震的减震作用、小震活动、强震复发间隔与构造空段、面积因素等因子,分 4.0~4.9 级、5.0~5.4 级、5.5~5.9 级、6.0~6.4 级、6.5~6.9 级、7.0~7.4 级、7.5 以上 7 个震级档,综合评判确定 f_{i,m_j} 。

(1) 4.0~4.9, 5.0~5.4, 5.5~5.9 震级档

6 级以下地震受构造因素的控制不明显,其随机性表现得比较强。因此,在确定 6 级以下地震的空间分布函数时,采用面积等权分配的方法。即:

$$f_{i,m_j} = S_i / \sum S_i$$

式中, S_i 为地震带内第 i 个潜在震源区的面积,单位为 km^2 ; $\sum S_i$ 是整个地震带所有潜在震源区面积求和。

(2) 6.0~6.4, 6.5~6.9, 7.0~7.4 震级档

对于 6 至 7.4 级震级档的空间分布函数,有前述五个因子赋值,再用等权求和的方法来确定其值大小。具体分析时,先由所选用的因子 (K) 单独对地震带内能够发生相应震级档 (m_j) 地震的潜在震源区 (i) 赋值 (W_{i,m_j}); 对每一个因子 (K) 在地震带内归一化,得到因子载荷 ($Q_{i,m_j,k} = W_{i,m_j,k} / \sum W_{i,m_j,k}$); 由各因子载荷之和得到总载荷量 ($R_{i,m_j} = \sum Q_{i,m_j}$); 由总载荷量 (R_{i,m_j}) 在地震带内归一化,即可以得到各潜在震源区各震级档的空间分布函数 ($f_{i,m_j} = R_{i,m_j} / \sum R_{i,m_j}$)。该函数 (f_{i,m_j}) 可以反映出地震带内各潜在震源区 (i) 发生 m_j 档地震的相对危险程度。

(3) ≥ 7.5 震级档

由于能够发生 7.5 级以上地震的潜在震源区个数很少,而这种潜在震源区对目标区的地震危险性贡献较大,无论是历史地震重复还是古地震重复的研究结果表明,在同一个潜在震源区或者同一个断层上,7.5 级以上地震的重复间隔都在百年至千年的量级范围内。为了得到更加符合实际情况的潜在震源区高震级档空间分布函数,必须使用历史地震或古地震复发间隔数据,取其较保守的下限,按照均匀分布模式得到 7.5 级以上地震的年平均发生率 $V_{i,7.5}$ 。再用这个潜在震源区的年平均发生率 $V_{i,7.5}$ 与整个地震带的 $V_{7.5}$ 相比,即可得到该潜在震源区 7.5 级以上震级档的空间分布函数 $f_{i,7.5}$ 。

本工程场区各潜在震源区不同震级档对应的空间分布函数见下表。

表 4.3-2 主要潜在震源区的空间分布函数

潜在震源区	Mu	空间分布函数 $f_{i,mj}$							方向性函数			
		4.0-5.0	5.0-5.4	5.5-5.9	6.0-6.4	6.5-6.9	7.0-7.4	≥ 7.5	01	P1	02	P2
5 号老河口	6.0	0.00465	0.00679	0.01409	0.000	0.000	0.000	0.000	135	1	0	0
7 号内乡	6.5	0.00595	0.00328	0.00888	0.0189	0.000	0.000	0.000	140	1	0	0
8 号南阳	6.5	0.00357	0.01559	0.01926	0.01696	0.000	0.000	0.000	135	1	0	0
9 号栾川	6.0	0.00881	0.01285	0.02565	0.000	0.000	0.000	0.000	150	1	0	0
背景源 B3	5.5	0.02616	0.03131	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.5	90	0.5

4.4 地震动预测方程

地震动预测方程的确定是地震危险性分析中的重要环节。地震动预测方程通常需要利用强震观测记录资料回归分析来得到，但对于我国大部分地区（也包括本项目工程所在地区）由于缺少足够多的强震记录，无法直接基于强震记录资料来确定相应的地震动预测方程。为此，一般采用胡聿贤等（1984）提出的缺乏强震资料地区地震动预测方程的确定方法来确定本区地震动预测方程，即利用本区的地震烈度等震线资料，确定地震烈度衰减关系，然后选择既有丰富的强震记录又有烈度衰减关系的美国西部地区作为参考区，转换得到本区的地震动预测方程。

肖亮（2011）和俞言祥等（2013）采用美国用于其全国区划图而开展的“下一代地震动衰减关系（NGA）项目”的加速度记录记录数据库，并补充了国内包括 2008 年汶川地震在内的 5 次地震的加速度记录，建立了我国不同地区烈度衰减关系和地震动预测方程，已经应用到第五代全国地震区划图编制工作中。基岩地震动水平向峰值加速度预测方程采用考虑大震近场饱和特征的分段线性模型，其衰减模型为：

$$\lg S_a(T) = \begin{cases} A_1(T) + B_1(T)M - C(T)\lg[R + D(T)e^{E(T)M}] + \varepsilon & M \leq M_c \\ A_2(T) + B_2(T)M - C(T)\lg[R + D(T)e^{E(T)M}] + \varepsilon & M > M_c \end{cases}$$

其中， M 为震级， R 为震中距（单位：km）， $S_a(T)$ 为某一周期点处的地震动加速度反应谱谱值， $A_1(T)$ 、 $B_1(T)$ 、 $A_2(T)$ 、 $B_2(T)$ 、 $C(T)$ 、 $D(T)$ 、 $E(T)$ 为不同周期点处的回归系数， ε 为满足正态分布的随机变量，其均值为零，方差为 σ ，分段震级 $M_c=6.5$ 。《关于征求《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》意见的函》（中震防函（2019）21 号）附录，给出了东部活跃区地震预测方程系数，如表 4.4-1

所示。

表 4.4-1a 东部活跃区地震动加速度预测方程系数（长轴）

周期(s)	A_1	B_1	A_2	B_2	C	D	E	σ
PGA	2.024	0.673	3.565	0.435	2.329	2.088	0.399	0.245
0.04	2.048	0.674	3.617	0.432	2.322	2.088	0.399	0.261
0.05	2.205	0.654	3.706	0.423	2.319	2.088	0.399	0.266
0.07	2.315	0.650	3.774	0.425	2.307	2.088	0.399	0.265
0.10	2.456	0.640	3.903	0.417	2.297	2.088	0.399	0.261
0.12	2.493	0.637	3.855	0.427	2.294	2.088	0.399	0.261
0.16	2.617	0.632	3.798	0.449	2.306	2.088	0.399	0.261
0.20	2.558	0.643	3.680	0.470	2.309	2.088	0.399	0.261
0.24	2.320	0.675	3.632	0.472	2.290	2.088	0.399	0.264
0.26	2.094	0.696	3.541	0.472	2.249	2.088	0.399	0.270
0.30	1.878	0.715	3.426	0.477	2.211	2.088	0.399	0.274
0.34	1.852	0.715	3.304	0.491	2.212	2.088	0.399	0.273
0.40	1.501	0.765	3.262	0.494	2.214	2.088	0.399	0.274
0.50	1.358	0.776	3.026	0.519	2.214	2.088	0.399	0.276
0.60	1.004	0.814	2.885	0.524	2.187	2.088	0.399	0.283
0.80	0.650	0.847	2.608	0.545	2.174	2.088	0.399	0.291
1.00	0.226	0.895	2.409	0.559	2.157	2.088	0.399	0.300
1.20	0.006	0.917	2.227	0.574	2.159	2.088	0.399	0.315
1.50	-0.095	0.909	1.843	0.610	2.154	2.088	0.399	0.330
1.70	-0.196	0.909	1.621	0.629	2.143	2.088	0.399	0.338
2.00	-0.666	0.936	1.247	0.641	2.047	2.088	0.399	0.342
2.40	-0.781	0.917	0.709	0.687	2.011	2.088	0.399	0.343
3.00	-1.014	0.920	0.279	0.720	1.972	2.088	0.399	0.340
4.00	-1.244	0.909	-0.368	0.773	1.937	2.088	0.399	0.336
5.00	-1.417	0.900	-0.880	0.817	1.906	2.088	0.399	0.333
6.00	-1.432	0.859	-1.432	0.859	1.857	2.088	0.399	0.333

表 4.4-1b 东部活跃区地震动加速度预测方程系数（短轴）

周期(s)	A_1	B_1	A_2	B_2	C	D	E	σ
PGA	1.204	0.664	2.789	0.420	2.016	0.944	0.447	0.245
0.04	1.241	0.663	2.837	0.418	2.010	0.944	0.447	0.261
0.05	1.393	0.645	2.933	0.408	2.007	0.944	0.447	0.266
0.07	1.517	0.639	3.005	0.411	1.997	0.944	0.447	0.265
0.10	1.665	0.629	3.140	0.402	1.988	0.944	0.447	0.261
0.12	1.707	0.625	3.091	0.412	1.985	0.944	0.447	0.261
0.16	1.814	0.622	3.053	0.431	1.997	0.944	0.447	0.261
0.20	1.779	0.628	2.918	0.454	1.999	0.944	0.447	0.261
0.24	1.533	0.662	2.868	0.457	1.983	0.944	0.447	0.264

0.26	1.309	0.685	2.786	0.458	1.948	0.944	0.447	0.270
0.30	1.095	0.707	2.677	0.464	1.915	0.944	0.447	0.274
0.34	1.068	0.706	2.558	0.477	1.916	0.944	0.447	0.273
0.40	0.698	0.759	2.501	0.482	1.919	0.944	0.447	0.274
0.50	0.557	0.769	2.265	0.507	1.919	0.944	0.447	0.276
0.60	0.196	0.810	2.122	0.514	1.897	0.944	0.447	0.283
0.80	-0.162	0.844	1.851	0.535	1.887	0.944	0.447	0.291
1.00	-0.599	0.895	1.644	0.550	1.873	0.944	0.447	0.300
1.20	-0.815	0.915	1.455	0.567	1.875	0.944	0.447	0.315
1.50	-0.910	0.907	1.087	0.600	1.871	0.944	0.447	0.330
1.70	-1.000	0.906	0.869	0.619	1.861	0.944	0.447	0.338
2.00	-1.449	0.934	0.516	0.632	1.779	0.944	0.447	0.342
2.40	-1.524	0.911	0.002	0.677	1.748	0.944	0.447	0.343
3.00	-1.733	0.912	-0.414	0.710	1.716	0.944	0.447	0.340
4.00	-1.932	0.898	-1.038	0.761	1.686	0.944	0.447	0.336
5.00	-2.075	0.887	-1.532	0.804	1.659	0.944	0.447	0.333
6.00	-2.041	0.841	-2.041	0.841	1.617	0.944	0.447	0.333

4.5 地震危险性计算结果

根据前面所确定的潜在震源区、地震活动性参数及地震动加速度预测方程，利用概率分析方法，对本项目工程场点进行地震危险性分析计算。根据《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》（中震防函〔2019〕21号）第三十条规定“控制点间隔宜不大于700m，且各控制孔所在位置应作为控制点”的要求，计算了12个控制点，50年超越概率63%、10%、2%和100年超越概率63%、10%、2%、1%共7个概率水准的基岩地震动水平向峰值加速度和反应谱，计算结果如表4.5-1。不同概率水平地震动峰值加速度的变化如表4.5-2。不同概率水平地震动峰值加速度的空间变化如图4.5-1至4.5-7所示。

表 4.5-1 所有钻孔的基岩地震动峰值加速度（gal）

钻孔编号	50年超越概率 63%	50年超越概率 10%	50年超越概率 2%	100年超越概率 63%	100年超越概率 10%	100年超越概率 2%	100年超越概率 1%
1	18.9	63.3	115.1	29.4	81.7	141.6	170.8
2	18.9	63.3	115.0	29.4	81.7	141.3	170.3
3	18.9	63.3	114.9	29.4	81.7	141.1	169.9
4	18.9	63.4	114.9	29.5	81.8	141.0	169.7
5	18.9	63.5	115.7	29.5	82.1	142.4	171.8
6	18.9	63.5	115.5	29.5	82.1	142.1	171.3
7	19.0	63.7	116.1	29.5	82.4	142.9	172.4
8	19.0	63.8	116.1	29.6	82.4	142.8	172.2
9	19.0	63.7	115.7	29.6	82.3	142.2	171.3

10	19.0	63.8	115.7	29.7	82.3	142.0	171.0
11	19.1	64.0	116.3	29.7	82.6	143.0	172.4
12	19.1	63.9	116.1	29.7	82.6	142.7	171.9

表 4.5-2 控制点基岩水平向地震动峰值加速度变化区间 (gal)

概率水准 不同周期点	50 年超越概率			100 年超越概率			
	63%	10%	2%	63%	10%	2%	1%
峰值加速度	18.9-19.1	63.3-64.0	114.9-116.3	29.4-29.7	81.7-82.6	141.0-142.9	169.7-172.4

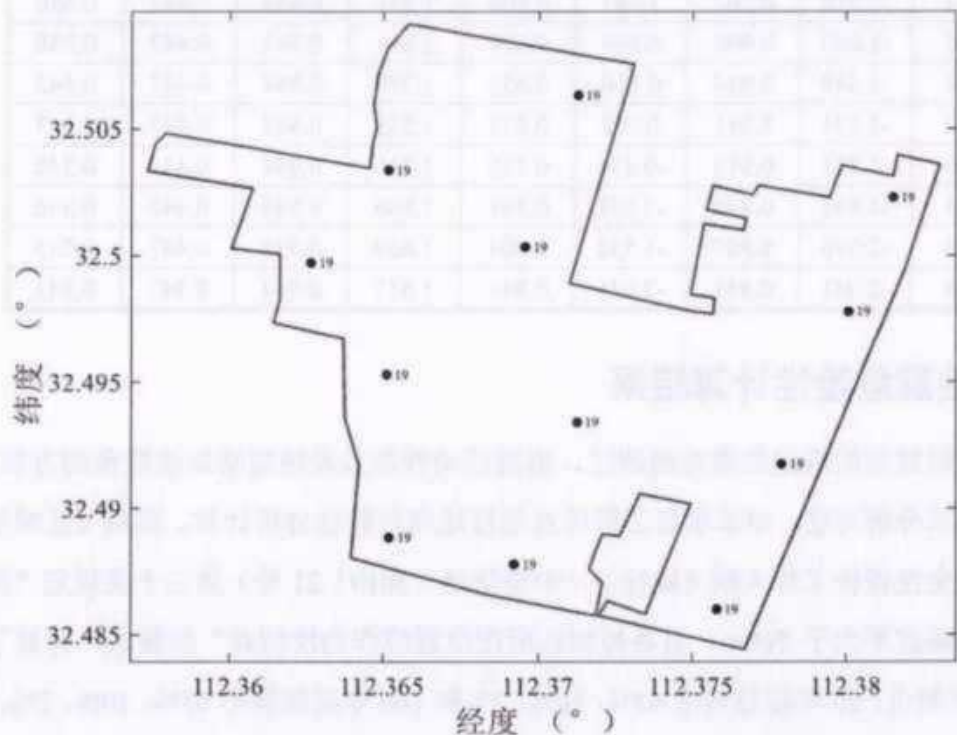


图 4.5-1 目标区峰值加速度分布 (单位: gal; 50 年超越概率 63%)

10	19.0	63.8	115.7	29.7	82.3	142.0	171.0
11	19.1	64.0	116.3	29.7	82.6	143.0	172.4
12	19.1	63.9	116.1	29.7	82.6	142.7	171.9

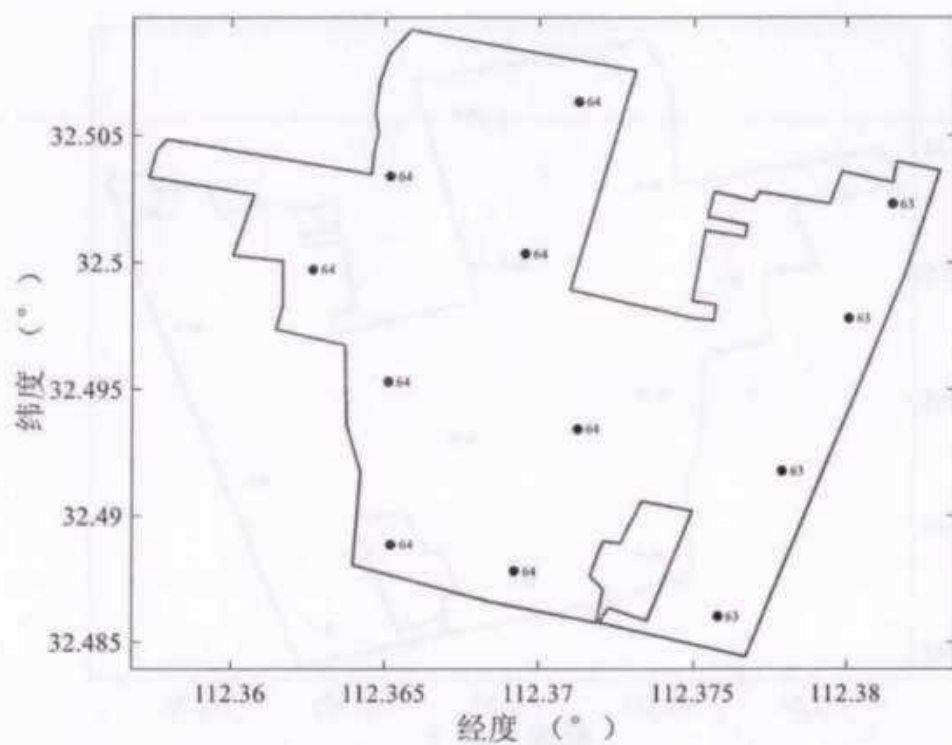


图 4.5-2 目标区峰值加速度分布 (单位: gal; 50 年超越概率 10%)

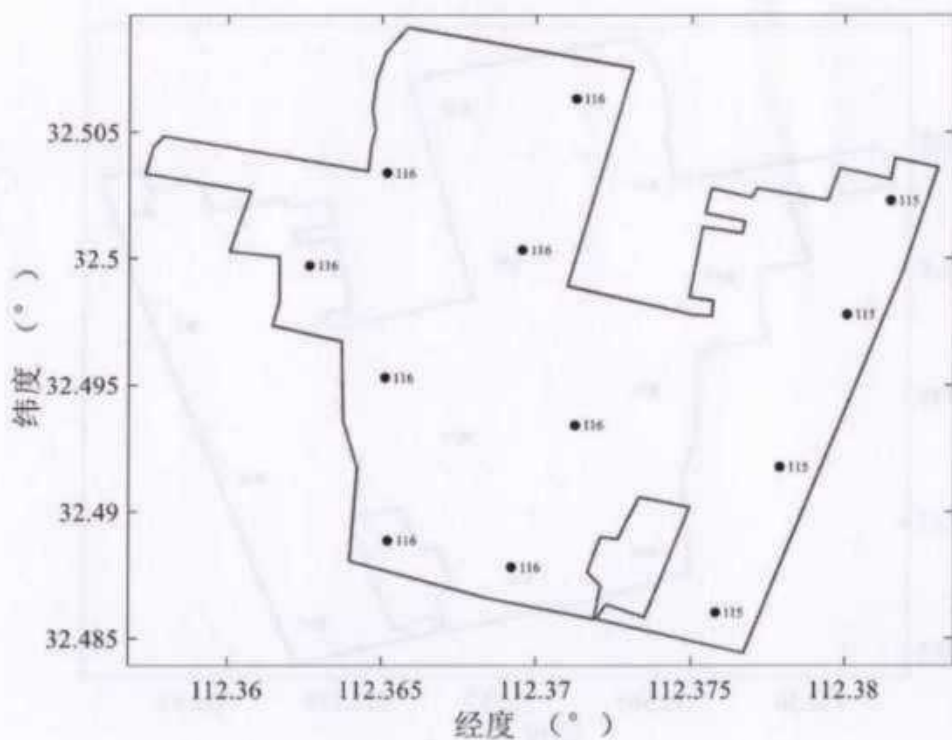


图 4.5-3 目标区峰值加速度分布 (单位: gal; 50 年超越概率 2%)

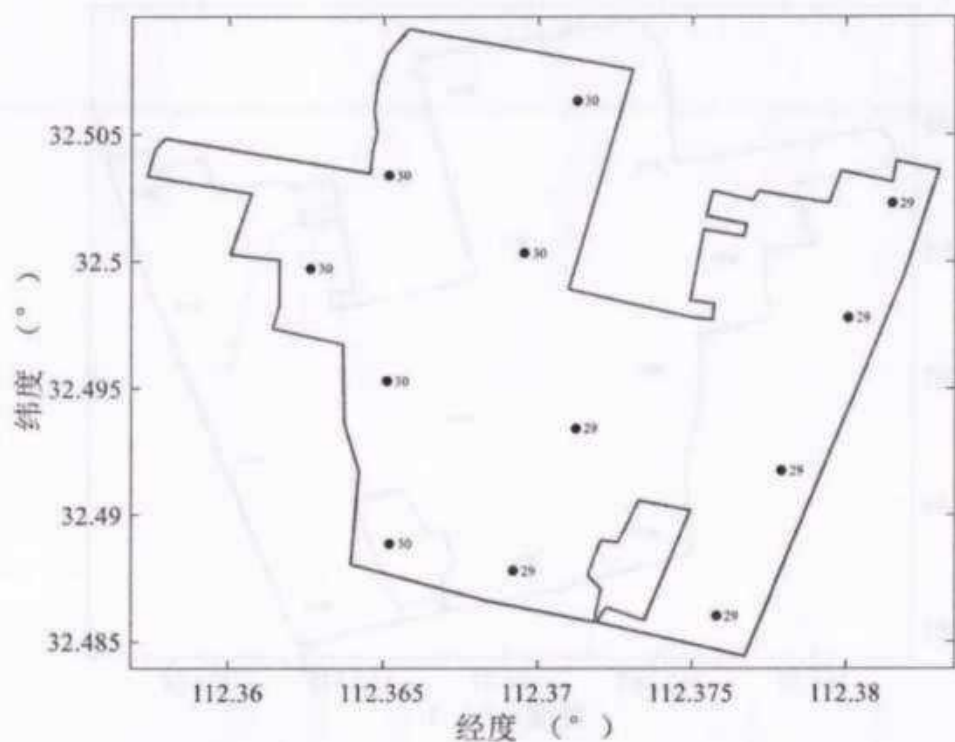


图 4.5-4 目标区峰值加速度分布 (单位: gal; 100 年超越概率 63%)

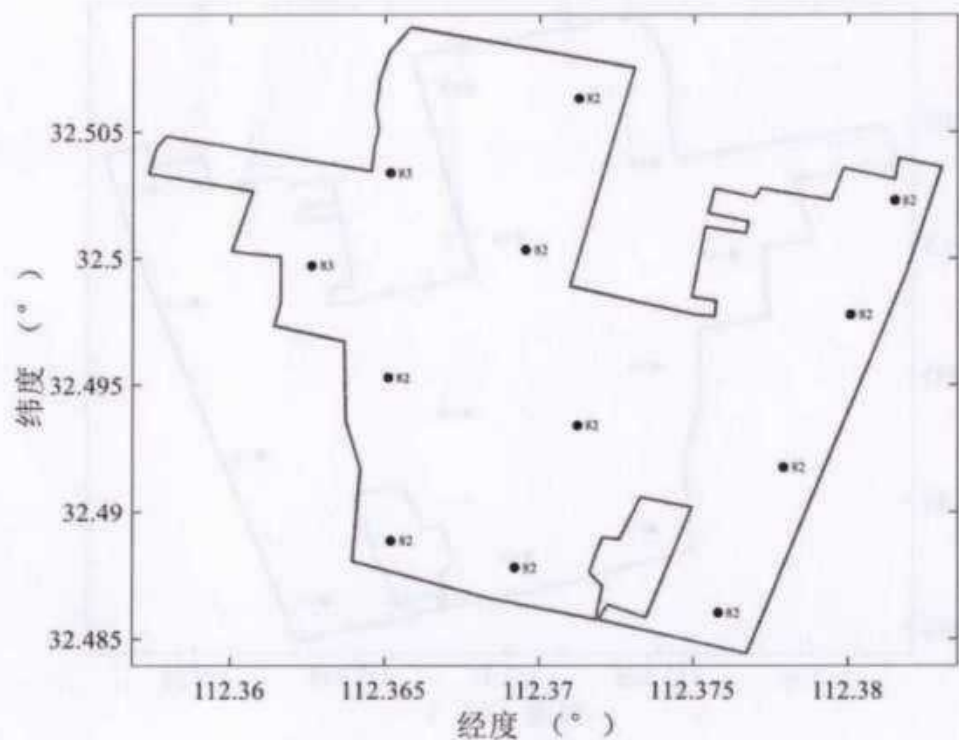


图 4.5-5 目标区峰值加速度分布 (单位: gal; 100 年超越概率 10%)

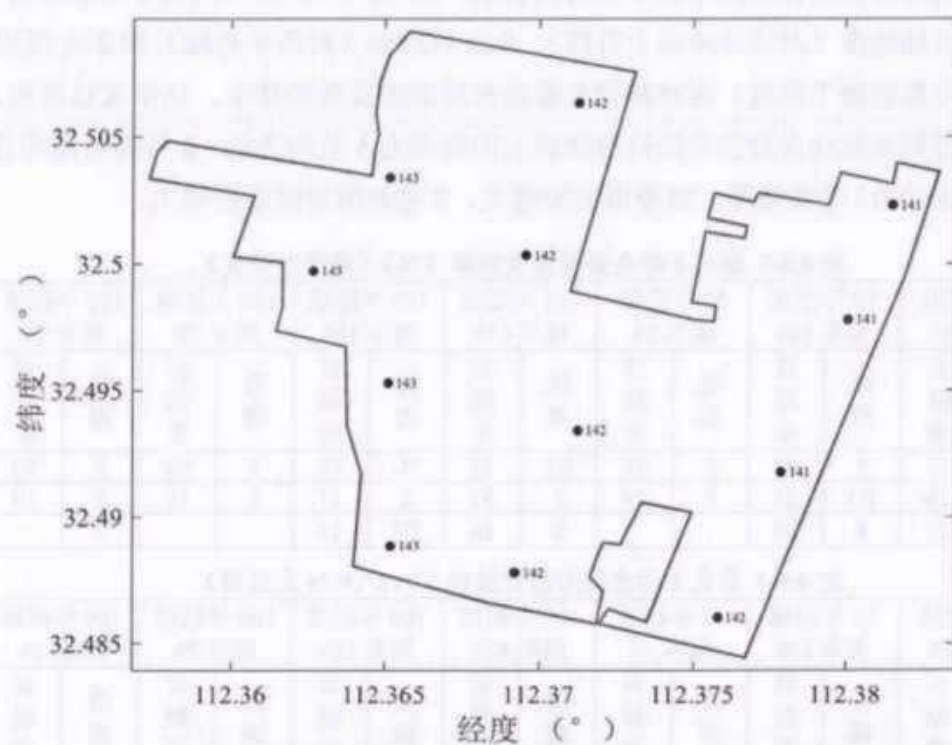


图 4.5-6 目标区峰值加速度分布 (单位: gal; 100 年超越概率 2%)

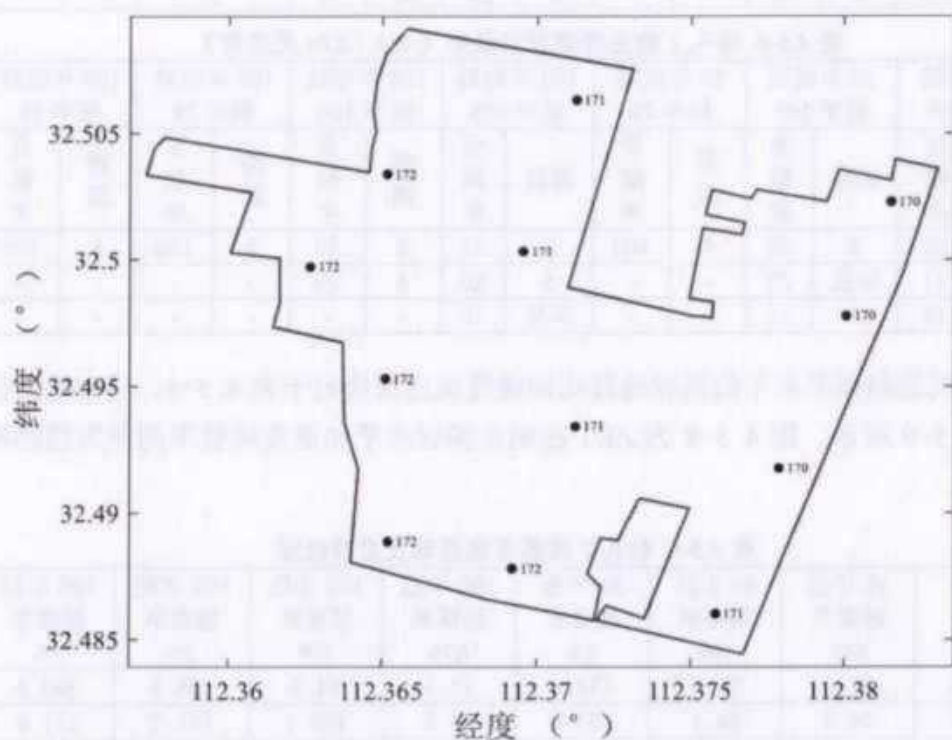


图 4.5-7 目标区峰值加速度分布 (单位: gal; 100 年超越概率 1%)

通过表 4.5-2 和图 4.5-1 至 4.5-7 可以看出, 目标区内地震动峰值加速度变化

不大。选择目标区控制点钻孔 1 作为代表点，表 4.5-3 至 4.5-5 列出了对其基岩水平峰值加速度（对应反应谱上升段）、0.2s 反应谱（对应平台段）和 2.0s 反应谱（对应基岩谱下降段）有贡献的主要潜在震源区及其贡献率。从中可以看出，对中短周期地震动参数的危险性贡献较大的潜源为 5 号构造源、8 号构造源和目标区所在的 B3 号背景源，随着周期的增大，8 号源的贡献逐渐增大。

表 4.5-3 钻孔 1 的主要潜源贡献率（%）（峰值加速度）

50 年超越 概率 63%		50 年超越 概率 10%		50 年超越 概率 2%		100 年超越 概率 63%		100 年超越 概率 10%		100 年超越 概率 2%		100 年超越 概率 1%	
潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率
B3	43	5	52	5	86	B3	38	5	68	5	90	5	90
5	26	B3	28	8	14	5	32	8	17	8	10	8	10
8	25	8	20	-	-	8	26	B3	15	-	-	-	-

表 4.5-4 钻孔 1 的主要潜源贡献率（%）（0.2s 反应谱）

50 年超越 概率 63%		50 年超越 概率 10%		50 年超越 概率 2%		100 年超越 概率 63%		100 年超越 概率 10%		100 年超越 概率 2%		100 年超越 概率 1%	
潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率
B3	44	5	48	5	93	B3	40	5	61	5	93	5	93
5	27	B3	34	8	7	5	34	8	25	8	7	8	7
8	24	8	18	-	-	8	24	B3	14	-	-	-	-

表 4.5-5 钻孔 1 的主要潜源贡献率（%）（2.0s 反应谱）

50 年超越 概率 63%		50 年超越 概率 10%		50 年超越 概率 2%		100 年超越 概率 63%		100 年超越 概率 10%		100 年超越 概率 2%		100 年超越 概率 1%	
潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率
8	26	8	38	8	100	8	31	8	70	8	100	8	100
5	21	华县	32	-	-	5	26	5	29	-	-	-	-
B3	18	5	25	-	-	华县	16	-	-	-	-	-	-

不同超越概率水平的基岩地震动加速度反应谱值列于表 4.5-6，反应谱曲线如图 4.5-9 所示。图 4.5-8 为 ZK1 控制点基岩水平加速度峰值不同年限超越概率曲线。

表 4.5-6 钻孔 1 的基岩地震动反应谱数据

周期 (sec)	50 年超 越概率 63%	50 年超 越概率 10%	50 年超 越概率 2%	100 年超 越概率 63%	100 年超 越概率 10%	100 年超 越概率 2%	100 年超 越概率 1%
0.040	21.2	72.5	133.9	33.1	94.0	165.6	200.5
0.050	24.9	84.1	154.6	38.8	109.1	191.2	231.6
0.070	32.1	107.8	197.4	49.8	139.3	243.9	295.0
0.100	41.3	136.7	248.8	63.9	176.2	306.5	369.8
0.120	44.0	144.8	262.8	68.0	186.5	323.5	390.6
0.160	52.2	171.7	311.7	80.6	220.9	383.5	462.1

0.200	51.2	169.4	308.2	79.2	218.2	379.5	457.8
0.240	46.2	156.6	289.0	71.9	203.7	357.6	433.4
0.260	41.7	144.2	269.5	65.2	188.3	334.8	407.4
0.300	37.8	132.7	250.6	59.2	173.7	312.6	381.3
0.340	35.1	122.7	231.1	55.0	161.0	287.9	350.9
0.400	27.9	101.9	196.0	44.3	134.9	245.7	300.9
0.500	23.0	84.6	163.5	36.5	112.1	205.1	251.7
0.600	18.3	69.5	136.4	29.3	92.6	172.0	212.1
0.800	13.1	50.6	101.0	21.0	68.1	128.3	158.9
1.000	9.8	39.4	80.2	16.0	53.4	102.5	127.7
1.200	7.9	32.5	67.6	13.0	44.5	87.0	109.1
1.500	6.0	25.2	52.8	9.9	34.5	68.4	86.3
1.700	5.1	21.6	46.0	8.5	29.9	59.5	75.1
2.000	3.8	16.4	35.0	6.4	22.6	45.6	57.8
2.400	2.7	11.9	25.6	4.6	16.5	33.4	42.5
3.000	1.9	8.8	19.1	3.3	12.2	25.1	32.2
4.000	1.2	5.4	12.1	2.0	7.5	16.1	20.9
5.000	0.8	3.8	8.9	1.4	5.4	12.1	16.1
6.000	0.6	2.6	6.6	0.9	3.8	9.1	12.4

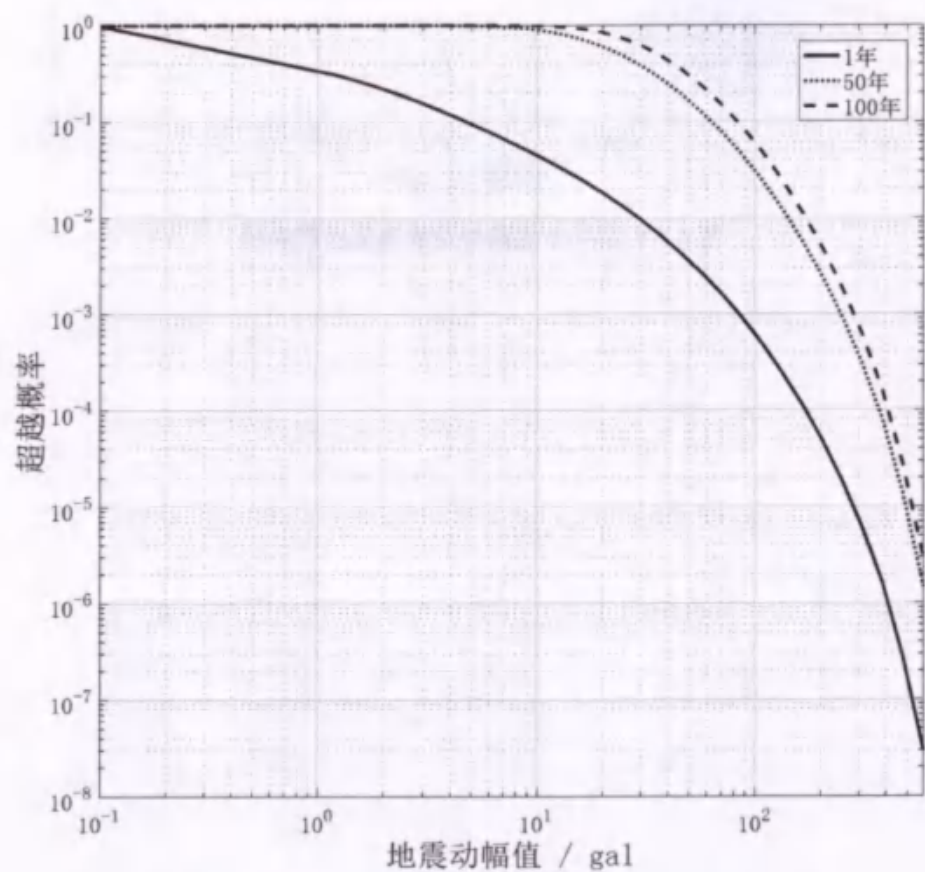


图 4.5-8 钻孔 1 的基岩地震动峰值加速度超越概率曲线

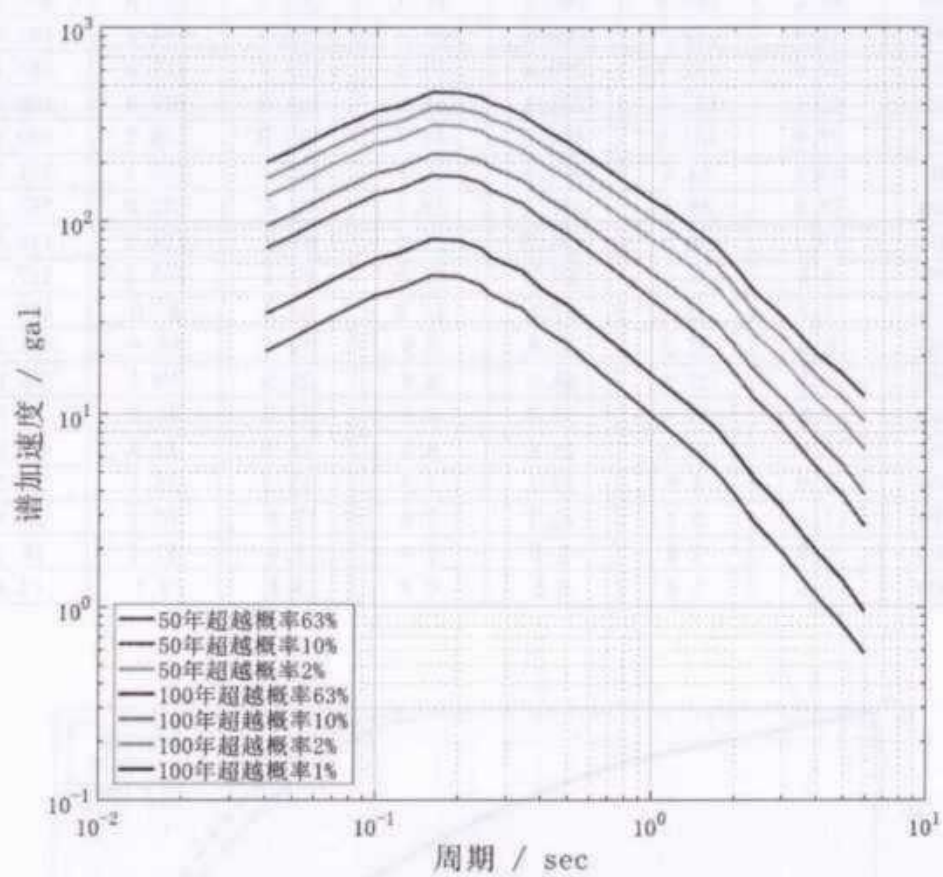


图 4.5-9 钻孔 1 的基岩地震动反应谱曲线

第五章 场地地震工程地质条件

为确定场地地震工程地质条件，需要在工程区布设钻孔进行勘测，按照《工程场地地震安全性评价》（GB17741-2005）要求，勘测主要包括土层随深度变化特征、各土层剪切波速测量、代表性土体动力非线性特性试验。

河南城安衡测工程技术有限公司负责实施场地工程地震勘察，山东省地震工程研究院测试中心负责土动力试验。采用两台 DPP100-3E 型车载钻机施工钻探取样，采用标准贯入试验手段对深度 30 米以上砂粉土地层进行原位测试，并在钻孔中取土试样，地下水位以上采用干法钻进，地下水位以下采用泥浆护壁回转钻进；现场原状土试样的采取，采用薄壁取土器静力连续压入取土法，原状土样质量等级 I 级；扰动土试样采用标准贯入取土器取土，塑料袋密封；钻探操作、回次进尺、钻进记录和岩土编录工作均符合规范要求，勘察工作布置按序进行。

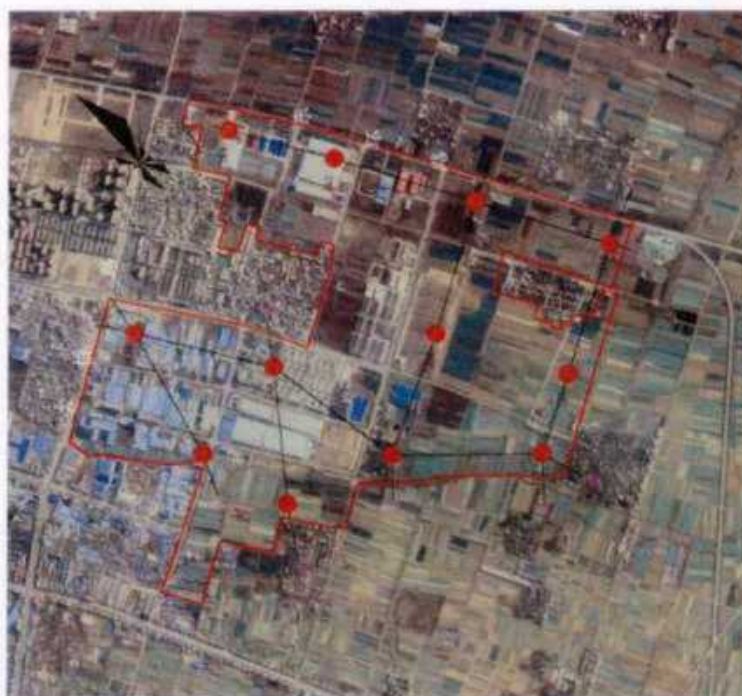
本次勘察共布设钻孔 12 个，编号为 ZK01~ZK12，钻孔按网格状进行布置，间距 700m，满足大纲要求。钻孔分布位置见图 5.0-1，部分钻孔现场工作照见图 5.0-2。外业勘察工作于 2021 年 9 月 8 日开始，至 9 月 20 日止历时 17 天，完成钻孔 12 个。钻孔位置等信息见表 5.0-1。

表 5.0-1 地震勘测钻孔一览表

孔号	纬度	经度	孔号	纬度	经度
ZK1	32.48600587	112.3757863	ZK7	32.48885872	112.365207
ZK2	32.49175653	112.3779106	ZK8	32.49528529	112.3650997
ZK3	32.49778614	112.3800778	ZK9	32.50032784	112.3695629
ZK4	32.50229225	112.381494	ZK10	32.50633599	112.3712581
ZK5	32.48778583	112.3692196	ZK11	32.49972311	112.36265
ZK6	32.49341847	112.3712366	ZK12	32.50337091	112.3651606

新野县产业集聚区区域地震安评项目钻孔平面布置图

比例尺 1: 13000



图例: ● 钻孔位置 — 场地边界 1-1' 地质剖面线及编号

制图: 陈琛 审核: 刘国华 日期: 2021年10月

图 5.0-1 钻孔分布位置图



图 5.0-2 地震钻孔现场施工、岩芯、波速测试工作照（部分）

5.1 场地概况及地层岩性

1、场地概况

该拟建场地位于新野县东环路以西、大桥路以南。场地交通便利，地理位置优越，现状地貌为已落成的工厂企业、已征用的待建地块和农田。根据甲方提供的场地河园路与创业路中心线的高程为 80.40 米，其余各钻孔高程以此引测，钻孔孔口地面高程在 77.10-83.20 米，场地内相对高差 6.1 米。

2、地形、地貌及地下水

目标区所属地貌单元为南襄盆地的南部，地势平坦，地貌类型单一。场地地下水上部属潜水，下部砂层中的地下水属微承压水，勘察期间场地地下水稳定水位情况：水位埋深 3.5~5.1m。地下水受地表水和大气降雨补给，地下水年变幅 1.0~2.0m。

3、地基土的地质特征

本次勘察在钻探深度范围内，其主要岩性为杂填土、粉质粘土、细砂、中砂等。根据地层的埋藏条件、岩性特征和物理力学性质指标，将场地土自上而下分为 10 个标准层，16 个亚层，现分述如下：

第（1）层杂填土（ Q^m ）：杂色，稍湿，松散，成分以粉质粘土主，表层含植物根系。局部含建筑和生活垃圾，场区普遍分布。

第（2）层粉质粘土（ Q_3^{al+pl} ）：灰褐~黄褐色，软塑，含铁锈斑点，干强度中等，韧性中等，局部夹淤泥质粉质粘土薄层。

第（3）层细砂（ Q_3^{al+pl} ）：褐黄色，饱和，稍密~中密。主要矿物成份为石英、长石、云母等。磨圆度中等，颗粒级配一般。

第（4）层粉质粘土（ Q_3^{al+pl} ）：灰褐~黄褐色，软塑，含铁锈斑点，干强度中等，韧性中等，局部夹淤泥质粉质粘土薄层。

第（4-1）层细砂（ Q_3^{al+pl} ）：褐黄色，饱和，稍密~中密。主要矿物成份为石英、长石、云母等。磨圆度中等，颗粒级配一般。

第（4-2）层细砂（ Q_3^{al+pl} ）：褐黄~浅黄色，饱和，密实。主要矿物成份为石英、长石、云母等。磨圆度中等，颗粒级配一般，夹粉土薄层。

第（5）层中砂（ Q_3^{al+pl} ）：褐黄色，湿，稍密，干强度低，韧性低，含铁质氧化物等，摇振反应中等。

第(5-1)层粉质粘土(Q_3^{al+pl}): 灰褐~黄褐色, 软塑, 含铁锈斑点, 干强度中等, 韧性中等, 局部夹淤泥质粉质粘土薄层。

第(5-2)层粉质粘土(Q_3^{al+pl}): 灰褐~黄褐色, 软塑, 含铁锈斑点, 干强度中等, 韧性中等, 局部夹淤泥质粉质粘土薄层。

第(6)层粉质粘土(Q_2^{al+pl}): 灰褐、黄褐色、灰白色, 湿, 坚硬状, 含铁锈斑点, 干强度中等, 韧性中等, 局部夹少量粗砂颗粒, 无摇震反应, 稍有光泽, 干强度中等, 韧性中等。

第(7)层中砂(Q_2^{al+pl}): 褐黄色, 湿, 稍密, 干强度低, 韧性低, 含铁质氧化物等, 摇振反应中等。

第(8)层粉质粘土(Q_2^{al+pl}): 灰褐、黄褐色、灰白色, 湿, 坚硬状, 含铁锈斑点, 干强度中等, 韧性中等, 局部夹少量粗砂颗粒, 无摇震反应, 稍有光泽, 干强度中等, 韧性中等。

第(8-1)层细砂(Q_2^{al+pl}): 褐黄色, 饱和, 稍密~中密。主要矿物成份为石英、长石、云母等。磨圆度中等, 颗粒级配一般。

第(9)层中砂(Q_2^{al+pl}): 褐黄色, 湿, 稍密, 干强度低, 韧性低, 含铁质氧化物等, 摇振反应中等。

第(10)层粉质粘土(Q_1^{fcl}): 灰褐、黄褐色、灰白色, 湿, 坚硬状, 含铁锈斑点, 干强度中等, 韧性中等, 局部夹少量粗砂颗粒, 无摇震反应, 稍有光泽, 干强度中等, 韧性中等。

各岩土层的分布、厚度等情况详见各钻孔(ZK1~ZK12)柱状图 5.1-1 至 5.1-12, 工程地质剖面图见图 5.1-13~5.1-24。

从工程地质剖面图中可以看出, 该场地地层分布基本稳定、连续。布设的地震钻孔能够代表整个场地的工程地震地质条件。

第 1 頁 共 1 頁

图 5.1-1 ZK1 钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

图 5.1-2 ZK2 钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

图 5.1-3 ZK3 钻孔柱状图

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		新野县产业集聚区区域地震安评项目							
工程编号		20211018			钻孔编号		zk4		
孔口高程(m)		82.40	坐标 (m)	X = 112.2814940	开工日期		2021.9.	稳定水位深度(m)	5.1
孔口直径(mm)		127.00		Y = 32.5032913	竣工日期		2021.9.	测量水位日期	2021.9.
深度 编号	深度 范围 (m)	深度 范围 (m)	深度 范围 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		深度 范围 (m)	备注	备注
①	0.00	0.00	0.00		杂填土:灰褐-黄褐色, 稍湿, 松散, 主要成分以建筑垃圾为主, 局部含少量植物根系, 全深处质不均。		0.00-0.00		▼(1) 77.180 2021.9.27
②	0.00	12.40	12.40		粉质粘土:黄褐, 稍湿, 灰褐色, 可塑状, 含少量植物根系及草根, 干强度中等, 韧性中等。		0.00-12.40		
③	12.40	16.40	16.40		粉砂:黄褐, 稍湿, 稍硬-硬, 中密状态, 分选性较好, 磨圆不良, 成分主要以外石, 不含泥质。		12.40-16.40		
④	16.40	24.00	24.00		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 含少量黑色铁质胶膜, 稍硬-硬, 灰褐色, 中密状态, 局部含粉砂颗粒, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度中等, 韧性中等。		16.40-24.00		
⑤	24.00	34.00	34.00		中砂:黄褐, 稍湿, 灰褐色, 湿, 密实状, 上部颗粒较粗, 含少量黑色成分, 局部含少量暗色成分, 砂粒成分主要以外石, 不含泥质, 分选性较好, 磨圆不良。		24.00-34.00		
					粉质粘土:黄褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		34.00-44.00		
⑥	44.00	44.00	44.00		粉质粘土:黄褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		44.00-54.00		
⑦	54.00	54.00	54.00		粉质粘土:黄褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		54.00-64.00		
⑧	64.00	64.00	64.00		中砂:黄褐, 稍湿, 灰褐色, 湿, 密实状, 上部颗粒较粗, 含少量黑色成分, 局部含少量暗色成分, 砂粒成分主要以外石, 不含泥质, 分选性较好, 磨圆不良。		64.00-74.00		
⑨	74.00	74.00	74.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		74.00-84.00		
⑩	84.00	84.00	84.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		84.00-94.00		
⑪	94.00	94.00	94.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		94.00-104.00		
⑫	104.00	104.00	104.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		104.00-114.00		
⑬	114.00	114.00	114.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		114.00-124.00		
⑭	124.00	124.00	124.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		124.00-134.00		
⑮	134.00	134.00	134.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		134.00-144.00		
⑯	144.00	144.00	144.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		144.00-154.00		
⑰	154.00	154.00	154.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		154.00-164.00		
⑱	164.00	164.00	164.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		164.00-174.00		
⑲	174.00	174.00	174.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		174.00-184.00		
⑳	184.00	184.00	184.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		184.00-194.00		
㉑	194.00	194.00	194.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		194.00-204.00		
㉒	204.00	204.00	204.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		204.00-214.00		
㉓	214.00	214.00	214.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		214.00-224.00		
㉔	224.00	224.00	224.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		224.00-234.00		
㉕	234.00	234.00	234.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		234.00-244.00		
㉖	244.00	244.00	244.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		244.00-254.00		
㉗	254.00	254.00	254.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		254.00-264.00		
㉘	264.00	264.00	264.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		264.00-274.00		
㉙	274.00	274.00	274.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		274.00-284.00		
㉚	284.00	284.00	284.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		284.00-294.00		
㉛	294.00	294.00	294.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		294.00-304.00		
㉜	304.00	304.00	304.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		304.00-314.00		
㉝	314.00	314.00	314.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		314.00-324.00		
㉞	324.00	324.00	324.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		324.00-334.00		
㉟	334.00	334.00	334.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		334.00-344.00		
㊱	344.00	344.00	344.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		344.00-354.00		
㊲	354.00	354.00	354.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		354.00-364.00		
㊳	364.00	364.00	364.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		364.00-374.00		
㊴	374.00	374.00	374.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		374.00-384.00		
㊵	384.00	384.00	384.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		384.00-394.00		
㊶	394.00	394.00	394.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		394.00-404.00		
㊷	404.00	404.00	404.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		404.00-414.00		
㊸	414.00	414.00	414.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		414.00-424.00		
㊹	424.00	424.00	424.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		424.00-434.00		
㊺	434.00	434.00	434.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		434.00-444.00		
㊻	444.00	444.00	444.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		444.00-454.00		
㊼	454.00	454.00	454.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		454.00-464.00		
㊽	464.00	464.00	464.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		464.00-474.00		
㊾	474.00	474.00	474.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		474.00-484.00		
㊿	484.00	484.00	484.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		484.00-494.00		
1	494.00	494.00	494.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		494.00-504.00		
2	504.00	504.00	504.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		504.00-514.00		
3	514.00	514.00	514.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		514.00-524.00		
4	524.00	524.00	524.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		524.00-534.00		
5	534.00	534.00	534.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		534.00-544.00		
6	544.00	544.00	544.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		544.00-554.00		
7	554.00	554.00	554.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		554.00-564.00		
8	564.00	564.00	564.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		564.00-574.00		
9	574.00	574.00	574.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		574.00-584.00		
10	584.00	584.00	584.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		584.00-594.00		
11	594.00	594.00	594.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		594.00-604.00		
12	604.00	604.00	604.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		604.00-614.00		
13	614.00	614.00	614.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		614.00-624.00		
14	624.00	624.00	624.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		624.00-634.00		
15	634.00	634.00	634.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		634.00-644.00		
16	644.00	644.00	644.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		644.00-654.00		
17	654.00	654.00	654.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		654.00-664.00		
18	664.00	664.00	664.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		664.00-674.00		
19	674.00	674.00	674.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		674.00-684.00		
20	684.00	684.00	684.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		684.00-694.00		
21	694.00	694.00	694.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		694.00-704.00		
22	704.00	704.00	704.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		704.00-714.00		
23	714.00	714.00	714.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		714.00-724.00		
24	724.00	724.00	724.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		724.00-734.00		
25	734.00	734.00	734.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		734.00-744.00		
26	744.00	744.00	744.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		744.00-754.00		
27	754.00	754.00	754.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		754.00-764.00		
28	764.00	764.00	764.00		粉质粘土:灰褐, 稍湿, 灰白色, 湿, 硬塑状, 切面光滑, 无层理构造, 稍有光泽, 干强度高, 韧性高, 含少量黑色铁质胶膜及泥质, 土中含少量灰白, 灰黑色泥质胶膜。		764.00-774.00		
29	774.00	774.00							

图 5.1-4 ZK4 钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

图 5.1-5 ZK5 钻孔柱状图

第 1 頁 共 1 頁

图 5.1-6 ZK6 钻孔柱状图

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		新野县产业集聚区区域地震安评项目												
工程编号		20211018				钻孔编号		zk7						
孔口高程(m)		78.20		坐标 (m)	X = 312.3652070		开工日期		2021.9.		稳定水位深度(m)		3.9	
孔口直径(mm)		127.00			Y = 32.4888187		竣工日期		2021.9.		测量水位日期		2021.9.	
地质 编号	时代 或 组	层 号	层 名	层 厚 (m)	柱状图 1:500	岩土名称及其特征				深度 (m)	备注	备注		
(1)	Q	78.400	1.00	1.00		粉质粘土:灰褐-黄褐色,稍湿,软塑,主要成分以粉性土为主,局部含少量植物根系,土质较均匀。				78.400		▼ (1) 78.200 2021.9.27		
(2)		78.200	0.00	0.00		粉质粘土:黄褐,稍湿,灰褐色,可塑状,含少量植物根系及杂质,干强度中等,韧性中等。				78.200				
(3)		80.100	16.10	6.10		粉质粘土:黄褐色,稍湿,中硬状态,含植物根系,成层状,成分主要以粘土,石英为主。				80.100				
(4)	Q ₂					粉质粘土:黄褐色,稍湿,含少量深色铁质胶结,成层状,成层状及层状,土质较均匀,局部含少量植物根系,无层状层状,成层状中等,韧性中等。				81.200				
(5)		81.200	11.00	16.00		中砂:黄褐,稍湿,灰黄色,湿,含植物根系,上部粉质胶结,含少量植物成分,局部含少量植物成分,粉质胶结主要成分以粘土,石英为主,分选性较差,层状不显。				81.200				
(6)		82.800	16.60	15.60		粉质粘土:黄褐,稍湿,灰白色,湿,可塑状,成层状,无层状层状,成层状,干强度中等,韧性中等,含少量植物根系及杂质,土中含少量灰白,灰褐色层状胶结。				82.800				
(7)	Q ₃					中砂:黄褐,稍湿,灰黄色,湿,可塑状,上部粉质胶结,含少量植物成分,局部含少量植物成分,粉质胶结主要成分以粘土,石英为主,分选性较差,层状不显。				83.900				
(8)		83.900	11.00	15.00		粉质粘土:灰褐,稍湿,灰白色,湿,可塑状,成层状,无层状层状,成层状,干强度中等,韧性中等,含少量植物根系及杂质,土中含大量灰白,灰褐色层状胶结。				83.900				
(9)		84.900	11.00	15.00		粉质粘土:灰褐,稍湿,灰白色,湿,可塑状,成层状,无层状层状,成层状,干强度中等,韧性中等,含少量植物根系及杂质,土中含大量灰白,灰褐色层状胶结。				84.900				
(10)		85.900	11.00	15.00		中砂:黄褐,稍湿,灰黄色,湿,可塑状,上部粉质胶结,含少量植物成分,局部含少量植物成分,粉质胶结主要成分以粘土,石英为主,分选性较差,层状不显。				85.900				

设计单位	河南城安衡测工程技术有限公司	校对	周春雷	审核	刘国华	图号	7	日期	2021.10
------	----------------	----	-----	----	-----	----	---	----	---------

设计单位 河南城安勘测工程技术有限公司 校对 周春雷 审核 刘国华 图号 7 日期 2021.10

图 5.1-7 ZK7 钻孔柱状图

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		新野县产业集聚区区域地震安评项目						
工程编号		20211018			钻孔编号		zk8	
孔口高程(m)		77.20		坐标 (m)	开工日期		2021.9.	
孔口直径(mm)		177.00			竣工日期		2021.9.	
				X = 112.2650997	2021.9.		稳定水位深度(m)	
				Y = 32.4932833	2021.9.		测量水位日期	
						2021.9.		
记录 编号	时代 成因	层 底 深 度 (m)	层 底 高 程 (m)	分 层 厚 度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		深度 (m)
①	Q ₄	15.40	6.80	8.60		杂填土:灰褐-深褐色, 稍湿, 松散, 主要成分以粘性土为主, 局部含少量块状物, 土质不均等。		0.00-4.20
②		18.20	4.00	4.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		4.20-10.00
③		19.20	3.00	1.00		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		10.00-15.00
④		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		15.00-21.20
⑤		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		21.20-21.20
⑥	Q ₄	21.20	1.00	0.20		杂填土:灰褐-深褐色, 稍湿, 松散, 主要成分以粘性土为主, 局部含少量块状物, 土质不均等。		0.00-4.20
⑦		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		4.20-10.00
⑧		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		10.00-15.00
⑨		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		15.00-21.20
⑩		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		21.20-21.20
⑪	Q ₄	21.20	1.00	0.20		杂填土:灰褐-深褐色, 稍湿, 松散, 主要成分以粘性土为主, 局部含少量块状物, 土质不均等。		0.00-4.20
⑫		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		4.20-10.00
⑬		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		10.00-15.00
⑭		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		15.00-21.20
⑮		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		21.20-21.20
⑯	Q ₄	21.20	1.00	0.20		杂填土:灰褐-深褐色, 稍湿, 松散, 主要成分以粘性土为主, 局部含少量块状物, 土质不均等。		0.00-4.20
⑰		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		4.20-10.00
⑱		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		10.00-15.00
⑲		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		15.00-21.20
⑳		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		21.20-21.20
㉑	Q ₄	21.20	1.00	0.20		杂填土:灰褐-深褐色, 稍湿, 松散, 主要成分以粘性土为主, 局部含少量块状物, 土质不均等。		0.00-4.20
㉓		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		4.20-10.00
㉕		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		10.00-15.00
㉗		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		15.00-21.20
㉙		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		21.20-21.20
㉚	Q ₄	21.20	1.00	0.20		杂填土:灰褐-深褐色, 稍湿, 松散, 主要成分以粘性土为主, 局部含少量块状物, 土质不均等。		0.00-4.20
㉔		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		4.20-10.00
㉖		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		10.00-15.00
㉘		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		15.00-21.20
㉞		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		21.20-21.20
㉟	Q ₄	21.20	1.00	0.20		杂填土:灰褐-深褐色, 稍湿, 松散, 主要成分以粘性土为主, 局部含少量块状物, 土质不均等。		0.00-4.20
㊱		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		4.20-10.00
㊳		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		10.00-15.00
㊵		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		15.00-21.20
㊷		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		21.20-21.20
㊹	Q ₄	21.20	1.00	0.20		杂填土:灰褐-深褐色, 稍湿, 松散, 主要成分以粘性土为主, 局部含少量块状物, 土质不均等。		0.00-4.20
㊻		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		4.20-10.00
㊽		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		10.00-15.00
㊿		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		15.00-21.20
㊿		21.20	1.00	0.20		粉质粘土:黄褐色, 稍湿, 中硬, 含少量块状物, 土质不均等。		21.20-21.20

设计单位	河南城安勘测工程技术有限公司	校对	周春雷	审核	刘国华	图号	8	日期	2021.10
------	----------------	----	-----	----	-----	----	---	----	---------

图 5.1-8 ZK8 钻孔柱状图

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称										新野县产业集聚区区域地震安评项目																																																																																																													
工程编号										20211018										钻孔编号										zk9																																																																																									
孔口高程(m)										86.49										坐标										X = 312.349529										开工日期										2021.9.										稳定水位深度(m)										3.4																																																	
孔口直径(mm)										121.06										Y = 32.5905279										竣工日期										2021.9.										测量水位日期										2021.9.																																																											
地质编号										时代或组别										层号										层名										层厚(m)										层底高程(m)										层顶高程(m)										岩土名称及其特征										深度编号										层底高程(m)										备注										备注									
①										Q ₄										①										粉质粘土-灰褐-黄褐色，稍湿，上部夹有以粘性土为主，局部含少量植物根系，土质较密实。										1										86.49										86.49										①										1175.838										2021.9.22																													
②										②										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										2										86.40										86.40										②										1175.838										2021.9.22																																							
③										③										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										3										86.30										86.30										③										1175.838										2021.9.22																																							
④										④										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										4										86.20										86.20										④										1175.838										2021.9.22																																							
⑤										⑤										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										5										86.10										86.10										⑤										1175.838										2021.9.22																																							
⑥										⑥										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										6										86.00										86.00										⑥										1175.838										2021.9.22																																							
⑦										⑦										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										7										85.90										85.90										⑦										1175.838										2021.9.22																																							
⑧										⑧										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										8										85.80										85.80										⑧										1175.838										2021.9.22																																							
⑨										⑨										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										9										85.70										85.70										⑨										1175.838										2021.9.22																																							
⑩										⑩										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										10										85.60										85.60										⑩										1175.838										2021.9.22																																							
⑪										⑪										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										11										85.50										85.50										⑪										1175.838										2021.9.22																																							
⑫										⑫										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										12										85.40										85.40										⑫										1175.838										2021.9.22																																							
⑬										⑬										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										13										85.30										85.30										⑬										1175.838										2021.9.22																																							
⑭										⑭										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										14										85.20										85.20										⑭										1175.838										2021.9.22																																							
⑮										⑮										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										15										85.10										85.10										⑮										1175.838										2021.9.22																																							
⑯										⑯										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										16										85.00										85.00										⑯										1175.838										2021.9.22																																							
⑰										⑰										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										17										84.90										84.90										⑰										1175.838										2021.9.22																																							
⑱										⑱										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										18										84.80										84.80										⑱										1175.838										2021.9.22																																							
⑲										⑲										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										19										84.70										84.70										⑲										1175.838										2021.9.22																																							
⑳										⑳										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										20										84.60										84.60										㉑										1175.838										2021.9.22																																							
㉑										㉑										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										21										84.50										84.50										㉒										1175.838										2021.9.22																																							
㉒										㉒										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										22										84.40										84.40										㉓										1175.838										2021.9.22																																							
㉓										㉓										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										23										84.30										84.30										㉔										1175.838										2021.9.22																																							
㉔										㉔										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										24										84.20										84.20										㉕										1175.838										2021.9.22																																							
㉕										㉕										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										25										84.10										84.10										㉖										1175.838										2021.9.22																																							
㉖										㉖										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										26										84.00										84.00										㉗										1175.838										2021.9.22																																							
㉗										㉗										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										27										83.90										83.90										㉘										1175.838										2021.9.22																																							
㉘										㉘										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										28										83.80										83.80										㉙										1175.838										2021.9.22																																							
㉙										㉙										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										29										83.70										83.70										㉚										1175.838										2021.9.22																																							
㉚										㉚										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										30										83.60										83.60										㉛										1175.838										2021.9.22																																							
㉛										㉛										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										31										83.50										83.50										㉜										1175.838										2021.9.22																																							
㉜										㉜										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										32										83.40										83.40										㉝										1175.838										2021.9.22																																							
㉝										㉝										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										33										83.30										83.30										㉞										1175.838										2021.9.22																																							
㉞										㉞										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										34										83.20										83.20										㉟										1175.838										2021.9.22																																							
㉟										㉟										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										35										83.10										83.10										㊱										1175.838										2021.9.22																																							
㊱										㊱										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										36										83.00										83.00										㊲										1175.838										2021.9.22																																							
㊲										㊲										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										37										82.90										82.90										㊳										1175.838										2021.9.22																																							
㊳										㊳										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										38										82.80										82.80										㊴										1175.838										2021.9.22																																							
㊴										㊴										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										39										82.70										82.70										㊵										1175.838										2021.9.22																																							
㊵										㊵										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										40										82.60										82.60										㊶										1175.838										2021.9.22																																							
㊶										㊶										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										41										82.50										82.50										㊷										1175.838										2021.9.22																																							
㊷										㊷										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										42										82.40										82.40										㊸										1175.838										2021.9.22																																							
㊸										㊸										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										43										82.30										82.30										㊹										1175.838										2021.9.22																																							
㊹										㊹										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										44										82.20										82.20										㊺										1175.838										2021.9.22																																							
㊺										㊺										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										45										82.10										82.10										㊻										1175.838										2021.9.22																																							
㊻										㊻										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										46										82.00										82.00										㊼										1175.838										2021.9.22																																							
㊼										㊼										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										47										81.90										81.90										㊽										1175.838										2021.9.22																																							
㊽										㊽										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										48										81.80										81.80										㊾										1175.838										2021.9.22																																							
㊾										㊾										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										49										81.70										81.70										㊿										1175.838										2021.9.22																																							
㊿										㊿										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										50										81.60										81.60										Ⓚ										1175.838										2021.9.22																																							
Ⓚ										Ⓚ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										51										81.50										81.50										Ⓛ										1175.838										2021.9.22																																							
Ⓛ										Ⓛ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										52										81.40										81.40										Ⓜ										1175.838										2021.9.22																																							
Ⓜ										Ⓜ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										53										81.30										81.30										Ⓨ										1175.838										2021.9.22																																							
Ⓨ										Ⓨ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										54										81.20										81.20										Ⓩ										1175.838										2021.9.22																																							
Ⓩ										Ⓩ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										55										81.10										81.10										ⓐ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓐ										ⓐ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										56										81.00										81.00										ⓑ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓑ										ⓑ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										57										80.90										80.90										ⓒ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓒ										ⓒ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										58										80.80										80.80										ⓓ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓓ										ⓓ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										59										80.70										80.70										ⓔ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓔ										ⓔ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										60										80.60										80.60										ⓕ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓕ										ⓕ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										61										80.50										80.50										ⓖ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓖ										ⓖ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										62										80.40										80.40										ⓗ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓗ										ⓗ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										63										80.30										80.30										ⓘ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓘ										ⓘ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										64										80.20										80.20										ⓙ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓙ										ⓙ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										65										80.10										80.10										ⓚ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓚ										ⓚ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										66										80.00										80.00										ⓛ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓛ										ⓛ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										67										79.90										79.90										ⓜ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓜ										ⓜ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										68										79.80										79.80										ⓞ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓞ										ⓞ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										69										79.70										79.70										ⓟ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓟ										ⓟ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										70										79.60										79.60										ⓠ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓠ										ⓠ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										71										79.50										79.50										ⓡ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓡ										ⓡ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										72										79.40										79.40										ⓢ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓢ										ⓢ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										73										79.30										79.30										ⓣ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓣ										ⓣ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										74										79.20										79.20										ⓤ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓤ										ⓤ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										75										79.10										79.10										ⓥ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓥ										ⓥ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										76										79.00										79.00										ⓦ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓦ										ⓦ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										77										78.90										78.90										ⓧ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓧ										ⓧ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系及杂质，干燥度中等，粘性中等。										78										78.80										78.80										ⓨ										1175.838										2021.9.22																																							
ⓨ										ⓨ										粉质粘土-黄褐，稍湿，灰褐色，可塑状，含少量植物根系																																																																																																			

图 5.1-9 ZK9 钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

图 5.1-10 ZK10 钻孔柱状图

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称										新野县产业集聚区区域地震安评项目																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
工程编号					20211018					钻孔编号					zk11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
孔口高程(m)					81.00					坐标 (m)		X = 312.362450					开工日期					2021.9.					稳定水位深度(m)					3.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
孔口直径(mm)					127.00							Y = 32.4997331					竣工日期					2021.9.					测量水位日期					2021.9.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
深度 编号		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围		深度 范围	

图 5.1-11 ZK11 钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

图 5.1-12 ZK12 钻孔柱状图

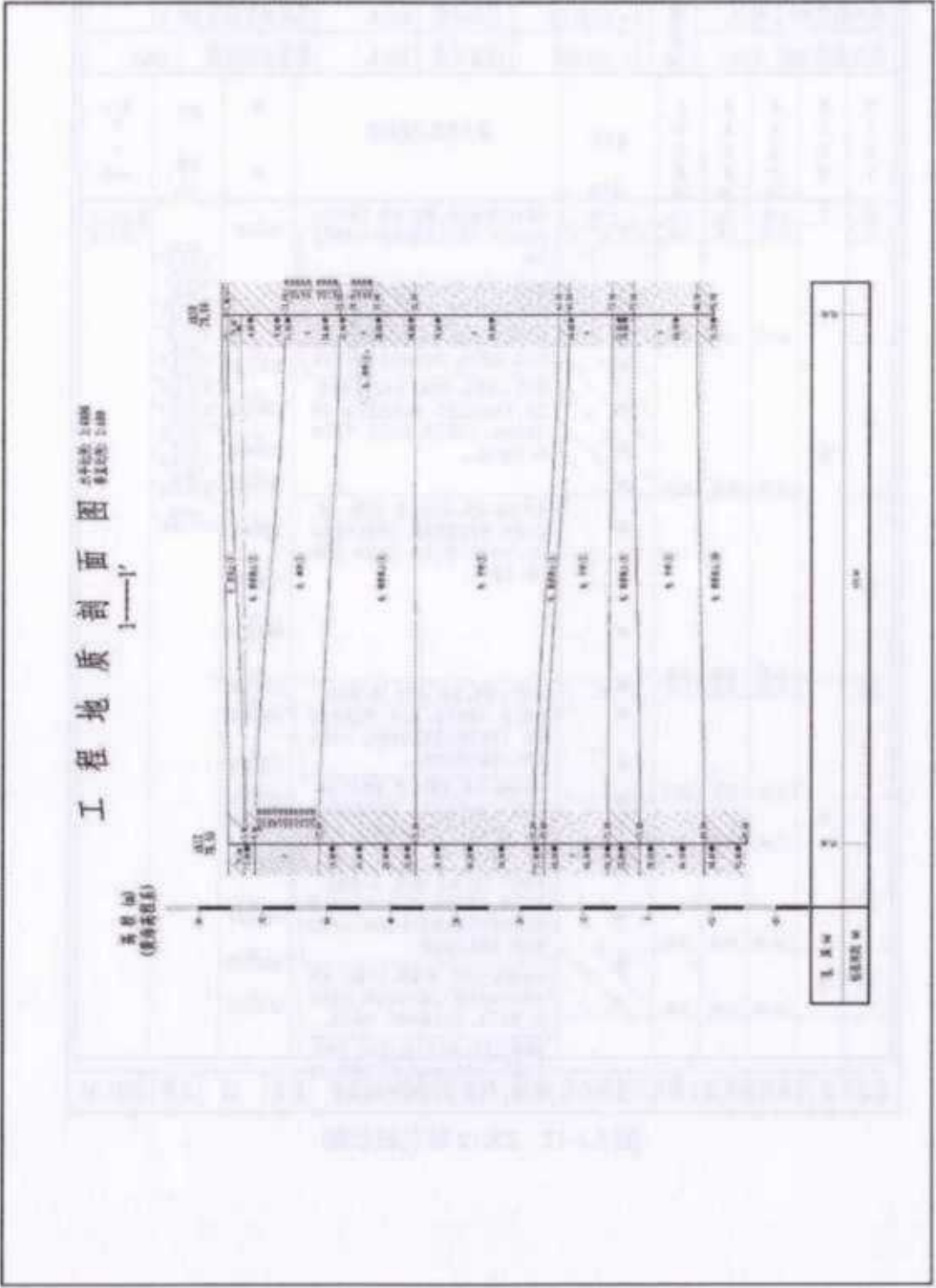


图 5.1-13 工程地质剖面图 1-1'

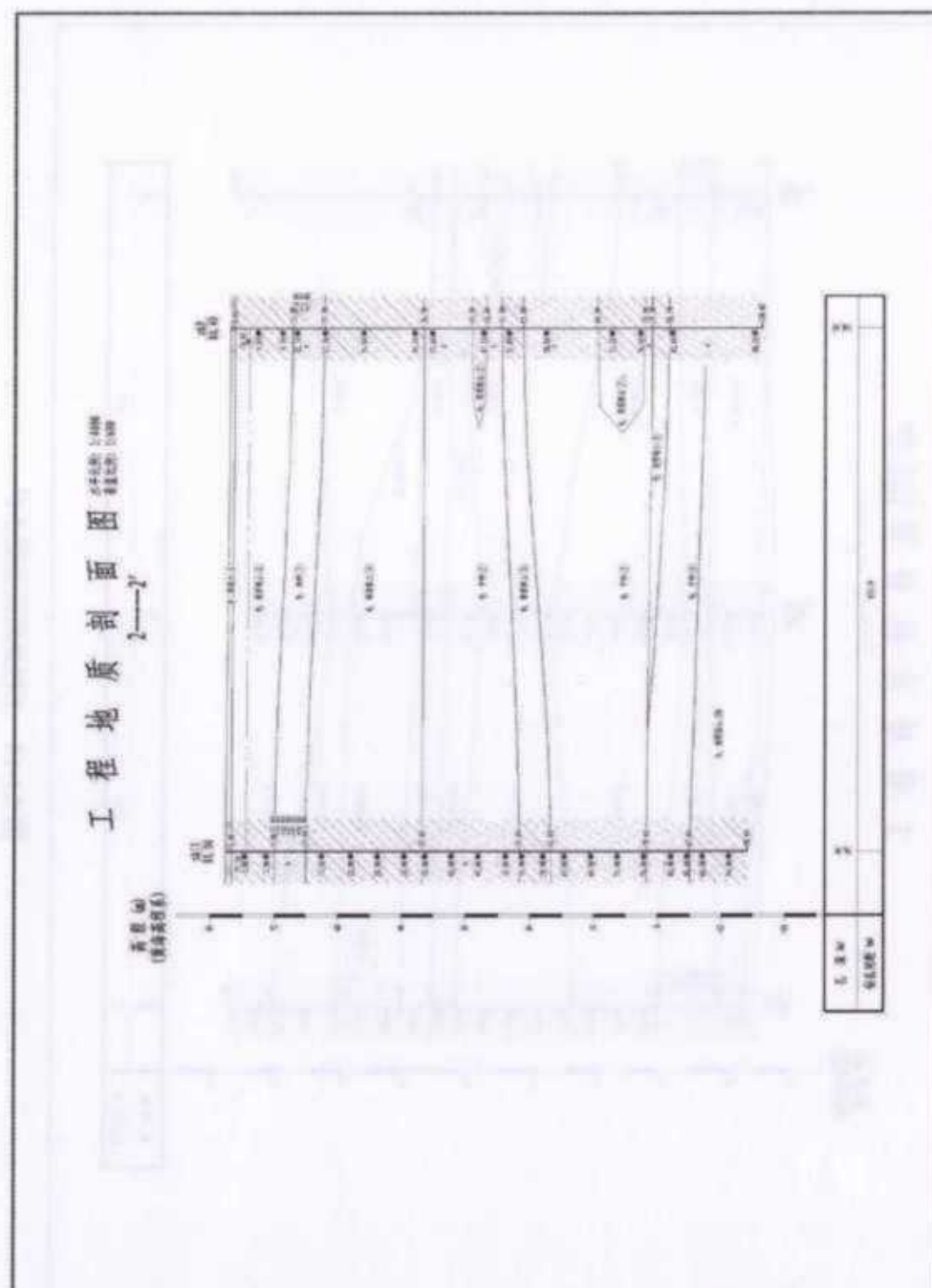


图 5.1-14 工程地质剖面图 2-2'

工程地质剖面图 3—3'

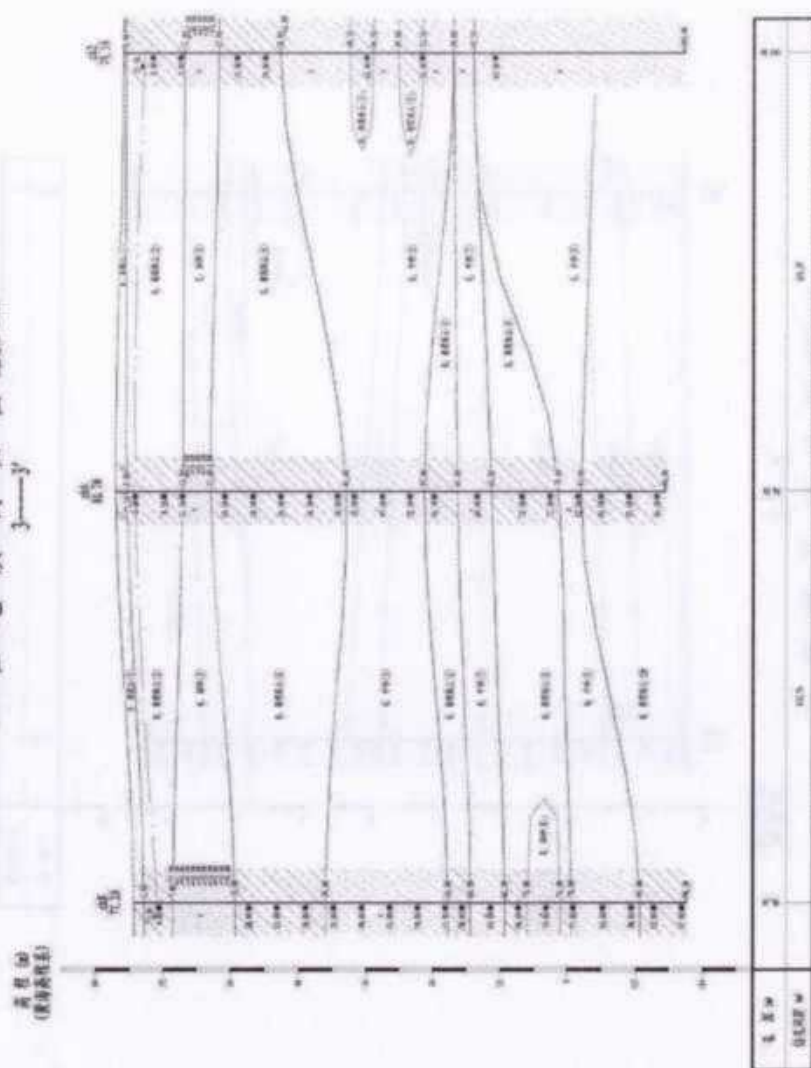


图 5.1-15 工程地质剖面图 3-3'

工程地质剖面图

比例尺: 1:1000
地质年代: 1:1000

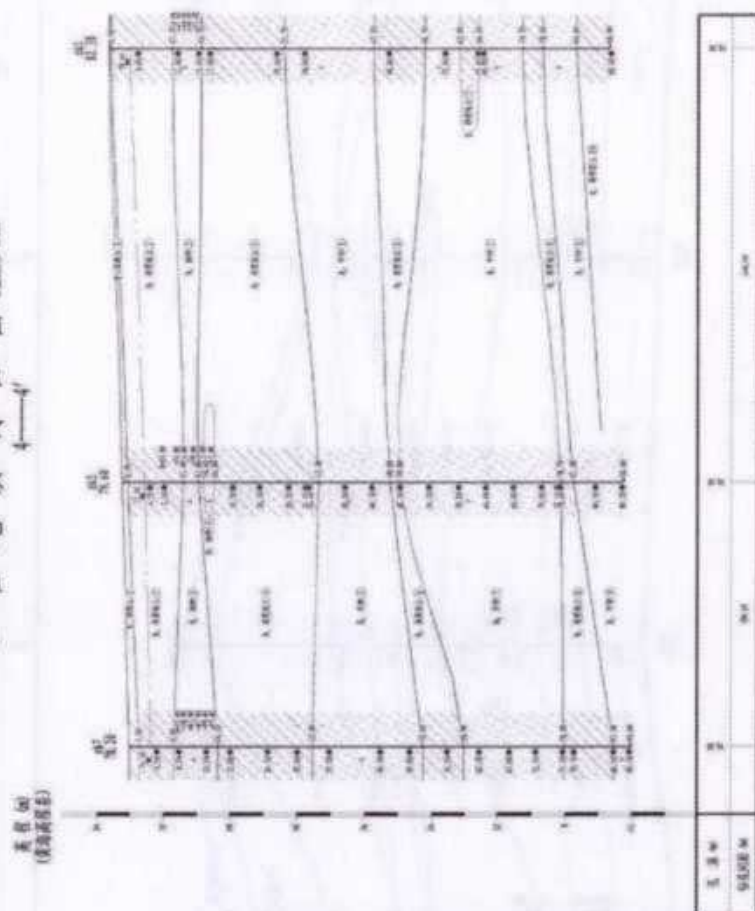


图 5.1-16 工程地质剖面图 4-4'

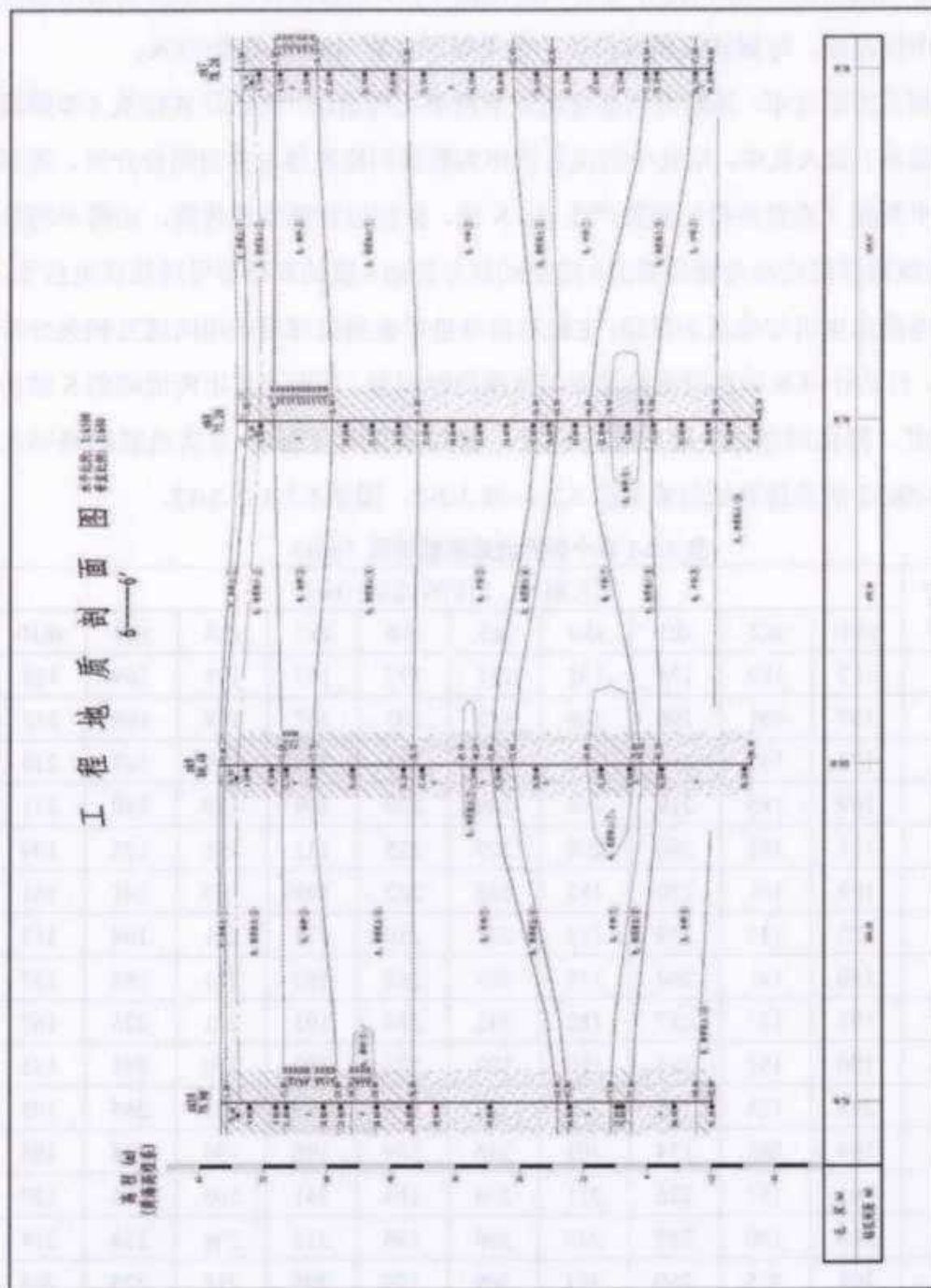


图 5.1-18 工程地质剖面图 6-6'

5.2 土层波速测试

本次波速试验采用 XG-I 悬挂式波速测井仪，仪器接收信号的探头采用悬挂式井中检波器，电磁式激振源指标：供电电压直流 48V，电流 $\leq 6A$ 。

测试方法技术：场地剪切波速测试采用单孔检层法。将悬挂式探头（即振源和检波器）放入孔中，用孔中的泥浆液作为震源和检波器与井壁耦合介质。震源为水平激振（垂直井壁）激发产生 P、S 波，S 波沿井壁地层传播，由两个相距 1m 的检波器接收沿井壁传播的 S 波振动信号并把 S 波的振动信号转换成电信号，通过电缆由主机记录显示存储。主机对信号进行数据处理后采用两道互相关分析方法，自动计算 S 波在两道检波器间传播的时间差，从而计算出两道间的 S 波传播速度。测试顺序自下而上逐点进行，测点深度间 1.0m。本次地震勘察钻孔 ZK1~ZK12 的波速测试结果见表 5.2-1~表 5.2-2。图见 5.2-1~5.2-12。

表 5.2-1 各个钻孔波速测试结果 (m/s)

深度 (m)	钻孔编号、剪切波速值 (m/s)									
	zk1	zk2	zk3	zk4	zk5	zk6	zk7	zk8	zk9	zk10
1	167	180	175	165	181	177	167	175	169	188
2	167	161	196	169	182	202	167	159	169	218
3	173	152	216	173	181	175	173	139	167	218
4	169	185	218	169	189	209	169	139	180	211
5	171	182	250	208	227	225	171	155	173	199
6	199	161	270	182	219	222	199	169	201	161
7	173	134	239	218	263	219	173	211	169	155
8	180	141	262	173	286	280	180	201	188	157
9	193	147	257	182	242	284	193	211	225	167
10	190	153	226	190	199	275	190	180	293	175
11	218	178	218	201	227	219	218	201	265	193
12	196	245	174	201	246	209	196	196	208	193
13	241	157	226	211	276	186	241	205	185	157
14	218	190	257	237	269	198	218	208	214	218
15	208	225	260	233	269	178	208	218	225	208
16	211	205	221	265	253	212	211	233	196	229
17	241	190	281	241	227	208	241	214	188	241
18	276	229	270	241	270	218	276	260	167	233
19	386	250	260	260	293	346	386	314	199	265

20	307	237	293	287	241	314	307	375	241	265
21	327	268	291	239	312	383	327	419	327	291
22	332	296	369	205	302	380	332	429	341	261
23	281	254	471	367	300	357	281	377	330	300
24	273	273	452	485	273	320	273	345	291	291
25	277	351	382	464	260	283	277	289	245	361
26	280	349	269	349	253	315	280	339	269	315
27	278	284	291	298	251	320	278	312	291	278
28	249	317	334	302	227	295	249	295	310	282
29	257	341	371	300	221	286	257	286	350	274
30	312	278	338	305	240	329	312	321	321	284
31	347	266	391	349	347	368	347	347	321	379
32	403	278	347	379	338	417	403	338	368	431
33	417	321	347	368	305	379	417	379	391	417
34	321	347	321	368	312	347	321	321	368	521
35	312	305	312	329	338	321	312	338	338	338
36	298	278	368	321	329	357	298	329	368	338
37	305	329	368	368	266	338	305	357	391	357
38	368	321	417	329	312	391	368	391	368	391
39	368	379	431	321	329	391	368	368	391	338
40	347	379	403	338	368	431	347	379	388	379
41	379	379	417	417	403	431	379	431	417	391
42	347	379	417	431	391	446	347	417	417	417
43	357	446	431	417	357	431	357	446	391	463
44	368	391	431	368	368	463	368	481	357	500
45	312	321	446	321	357	403	312	403	321	379
46	417	379	464	391	446	446	417	417	368	347
47	368	403	329	403	446	431	368	403	394	357
48	379	403	347	357	391	417	379	391	417	403
49	347	321	379	298	431	481	347	417	521	417
50	312	305	312	305	403	463	312	417	357	431
51	347	321	347	329	403	431	347	379	463	403
52	357	321	379	338	417	312	357	312	417	403
53	403	305	379	284	379	312	403	291	463	368
54	391	305	347	255	431	379	391	329	368	338
55	481	379	403	305	481	463	481	347	395	338
56	568	431	417	338	431	568	568	463	403	417
57	543	379	446	338	403	403	543	391	395	417

58	391	379	464	521	403	368	391	347	403	431
59	329	357	521	446	417	357	329	391	379	463
60	338	391	379	481	431	379	338	347	403	463
61	391	391	403	481	446	391	391	391	417	431
62	463	391	403	347	379	431	463	431	417	446
63	446	368	379	329	329	403	446	391	463	357
64	417	403	403	481	403	379	417	368	417	338
65	595	417	431	403	431	391	595	403	446	357
66	521	417	431	568	431	431	521	379	446	431
67	463	463	417	543	463	391	463	368	446	431
68	379	338	403	500	417	446	379	368	481	463
69	417	391	403	500	446	347	417	347	417	446
70	463	391	391	543	463	338	463	347	417	417
71	403	403	391	500	463	338	403	391	368	417
72	417	481	391	543	595	391	417	431	391	431
73	446	431	417	521	543	431	446	403	431	463
74	431	431	417	521	500	463	431	543	543	481
75	481	521	431	543	521	543	481	521	521	481
76	500	568	463	543	568	595	500	500	500	463
77	500	543	463	521	658	595	500	500	521	446
78	521	521	500	500	568	568	521	543	543	463
79	568	500	521	500	543	568	543	521	521	500
80	543	543	543	543	521	543	521	521	500	500
81	543	543	500	543	543	543	521	543	521	500
82	500	568	521	543	521	543	500	543	521	500
83	521	521	543	521	543	521	521	568	500	521
84	521	543	595	595	500	500	543	595	521	521
85	568	568	568	568	500	568	568	694	543	543
86	595	521	/	543	568	625	595	658	500	568
87	543	521	/	/	521	595	543	568	521	568
88	543	500	/	/	543	595	543	543	595	543
89	568	543	/	/	543	568	568	521	500	543
90	521	568	/	/	521	568	521	568	500	500
91	/	543	/	/	/	543	/	500	521	521
92	/	543	/	/	/	595	/	500	521	521
93	/	521	/	/	/	625	/	500	543	/
94	/	543	/	/	/	521	/	521	543	/
95	/	625	/	/	/	543	/	543	595	/

96	/	658	/	/	/	595	/	568	585	/
97	/	658	/	/	/	658	/	595	588	/
98	/	658	/	/	/	595	/	625	595	/
99	/	625	/	/	/	/	/	/	595	/
100	/	568	/	/	/	/	/	/	621	/

表 5.2-2 各个钻孔波速测试结果 (m/s)

深度 (m)	钻孔编号、剪切波速值 (m/s)									
	zk11	zk12		深度 (m)	zk11	zk12		深度 (m)	zk11	zk12
1	174	168		35	357	250		69	417	417
2	178	176		36	347	255		70	446	403
3	181	197		37	368	312		71	446	391
4	183	189		38	391	347		72	446	368
5	176	185		39	403	347		73	463	391
6	182	146		40	379	368		74	446	379
7	182	160		41	368	368		75	431	481
8	182	188		42	379	379		76	403	481
9	172	182		43	368	417		77	417	500
10	214	215		44	368	417		78	463	500
11	218	225		45	357	417		79	500	521
12	239	222		46	481	403		80	500	521
13	232	231		47	500	403		81	521	521
14	241	228		48	431	368		82	521	534
15	226	241		49	431	338		83	543	500
16	228	231		50	446	368		84	521	521
17	265	231		51	446	391		85	543	500
18	276	240		52	431	357		86	568	521
19	270	245		53	403	347		87	521	543
20	276	287		54	357	347		88	500	521
21	305	273		55	403	329		89	521	543
22	309	261		56	417	379		90	543	521
23	300	269		57	463	403		91	543	543
24	291	262		58	417	417		92	568	500
25	283	255		59	431	403		93	595	543
26	307	248		60	500	357		94	658	500
27	320	256		61	446	403		95	568	521
28	326	259		62	379	403		96	595	521
29	341	300		63	368	403		97	595	568
30	357	305		64	403	403		98	658	/
31	391	278		65	403	417		99	/	/
32	403	298		66	446	417		100	/	/
33	403	329		67	431	417		/	/	/
34	368	298		68	417	417		/	/	/

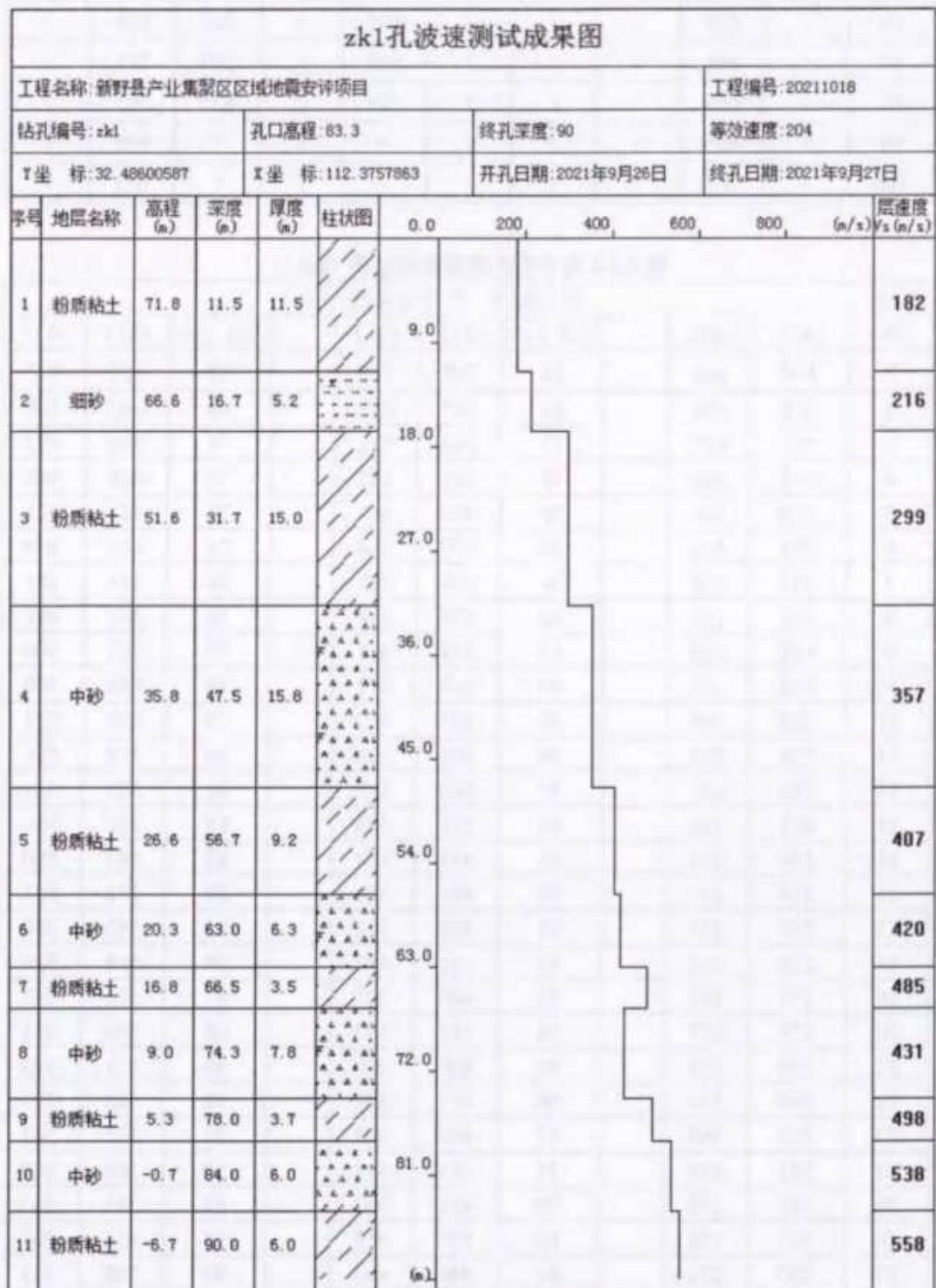


图 5.2-1 ZK1 钻孔波速图

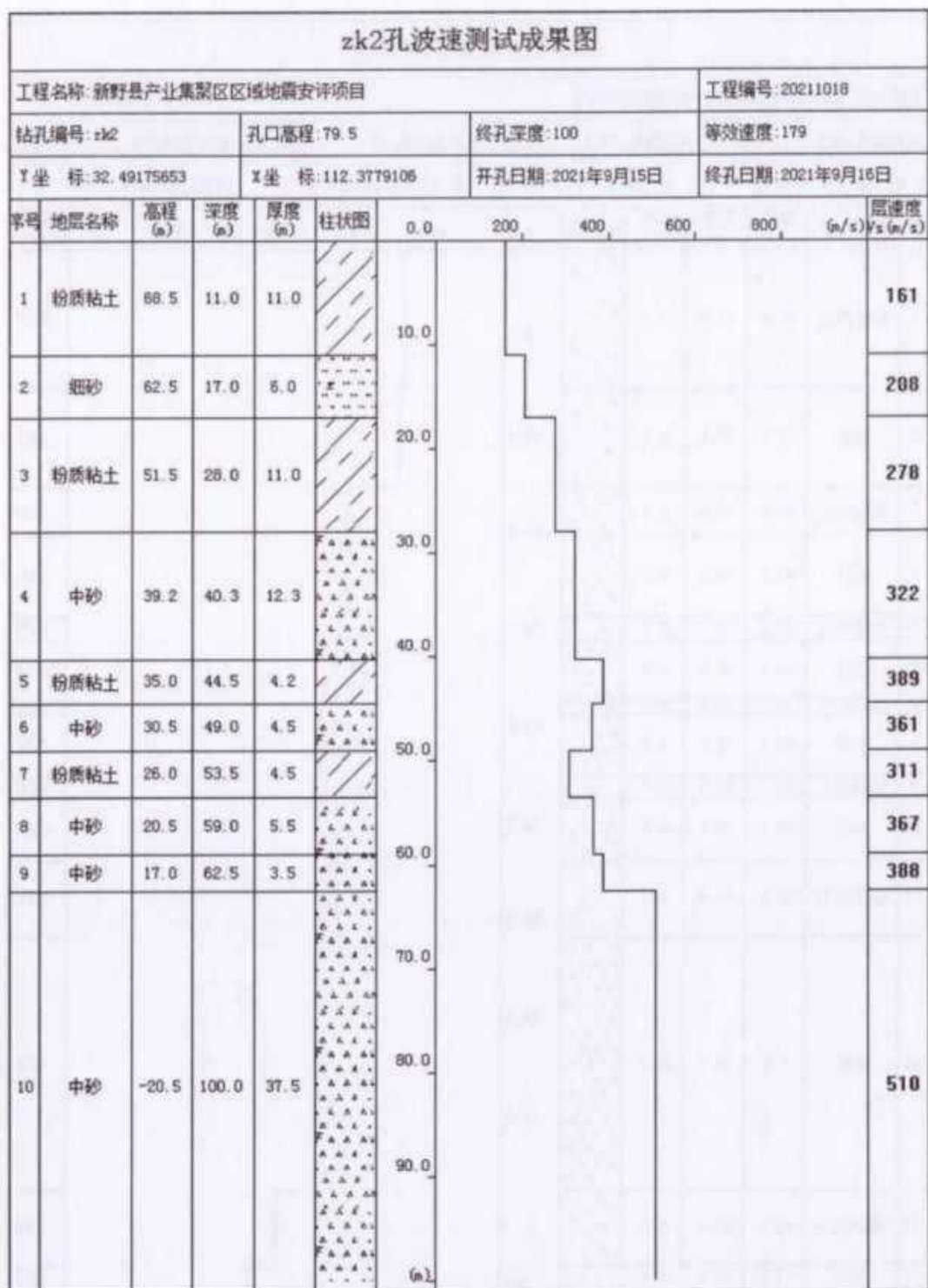


图 5.2-2 ZK2 钻孔波速图

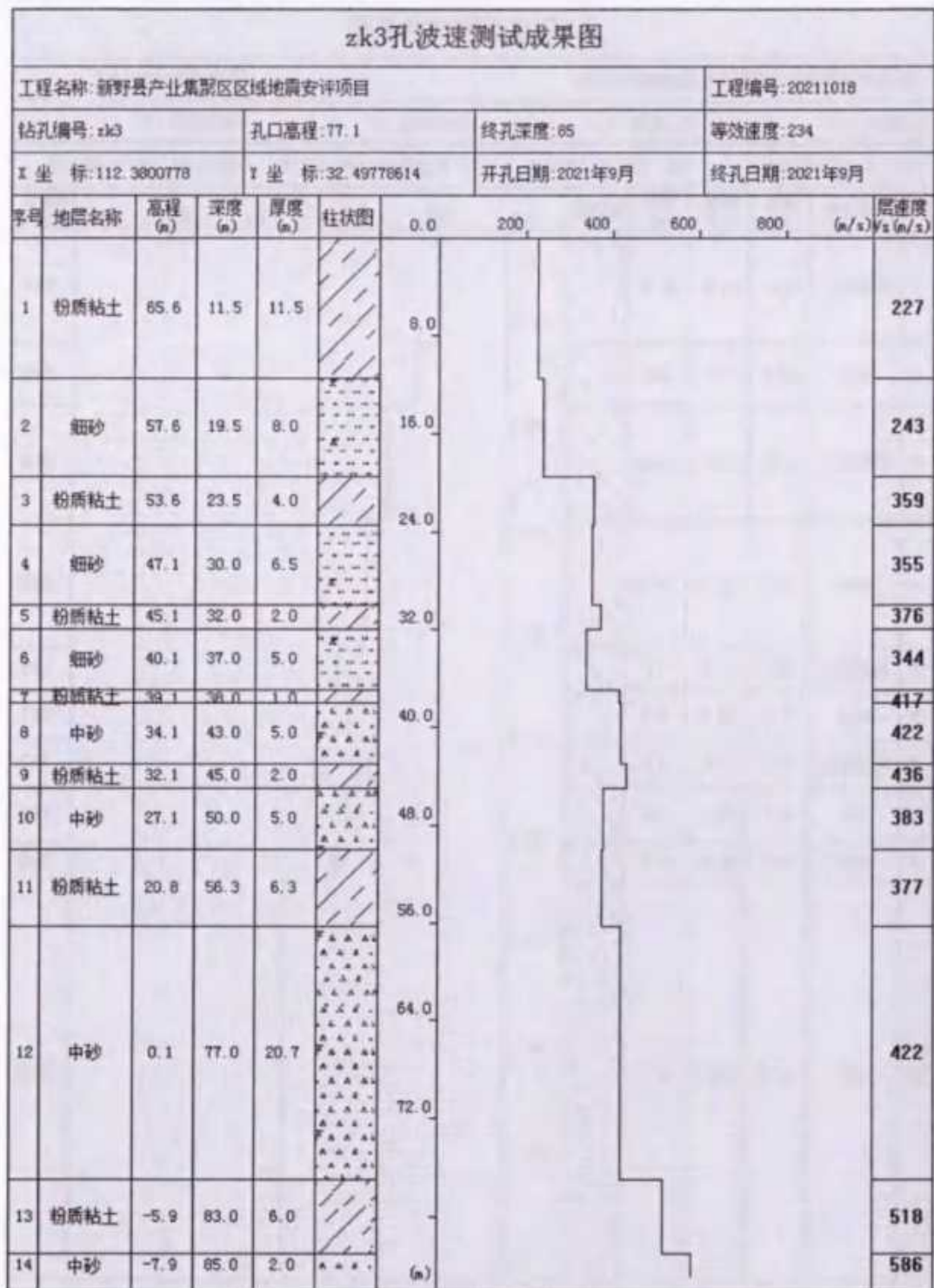


图 5.2-3 ZK3 钻孔波速图

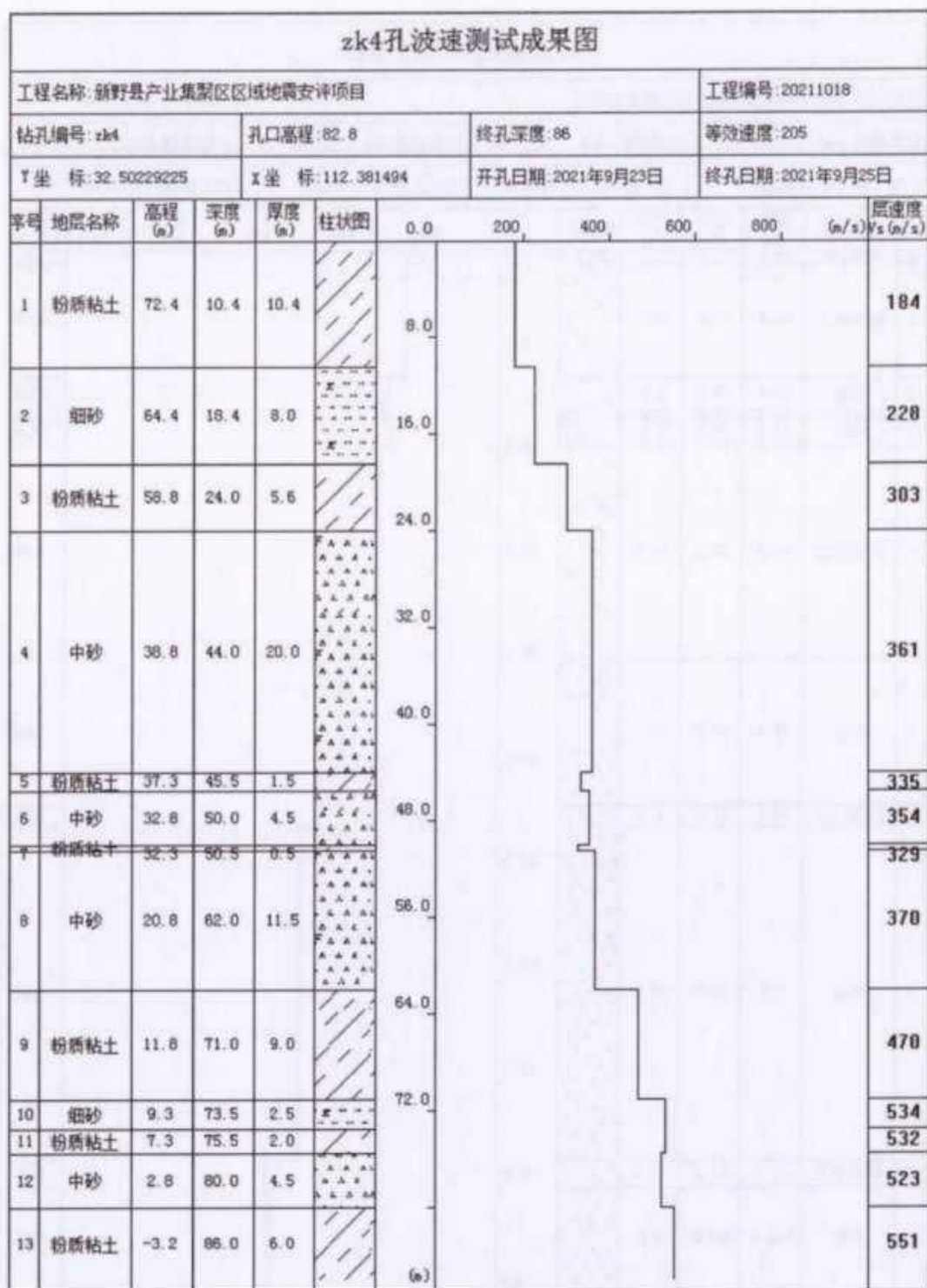


图 5.2-4 ZK4 钻孔波速图

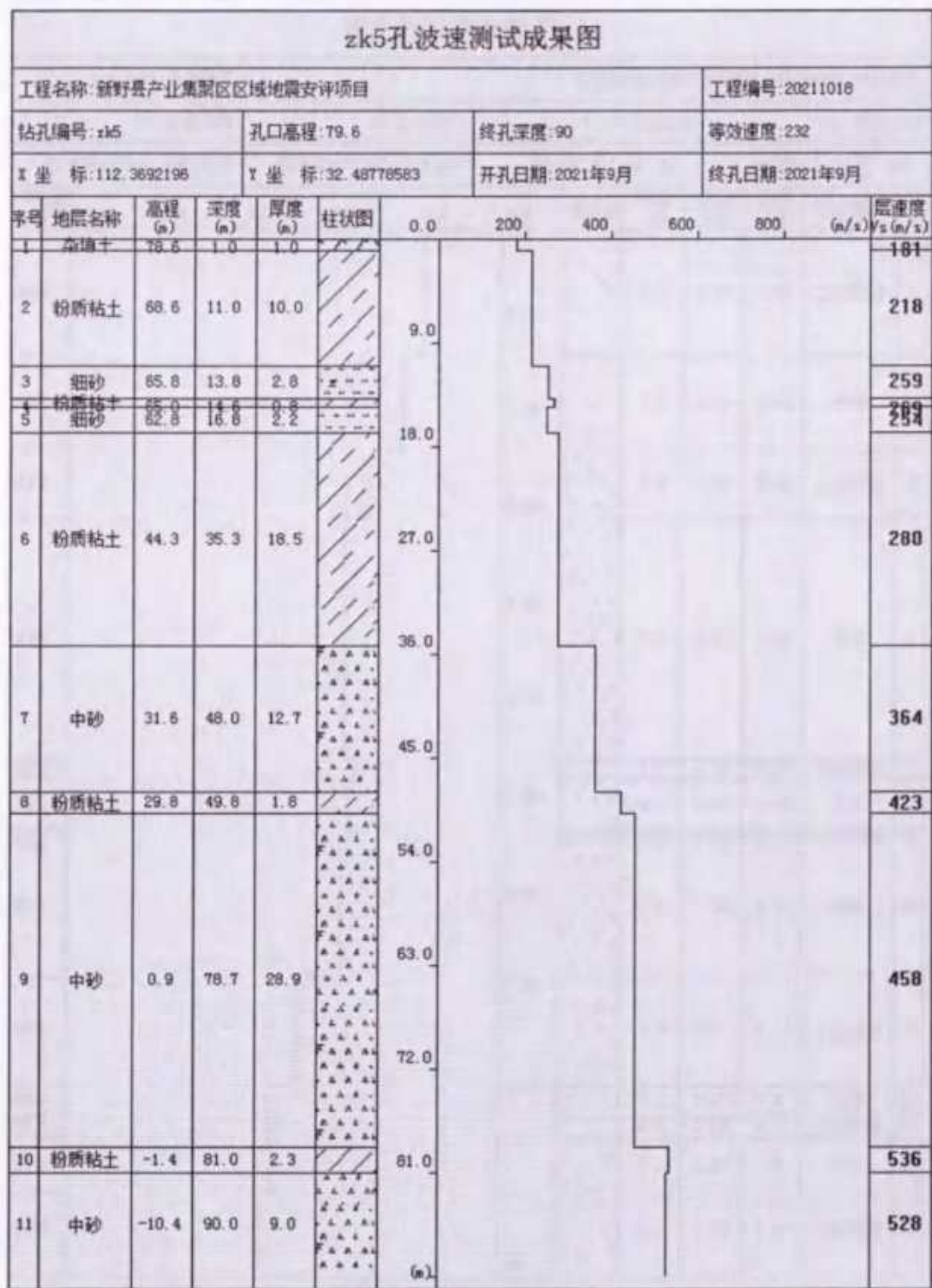


图 5.2-5 ZK5 钻孔波速图

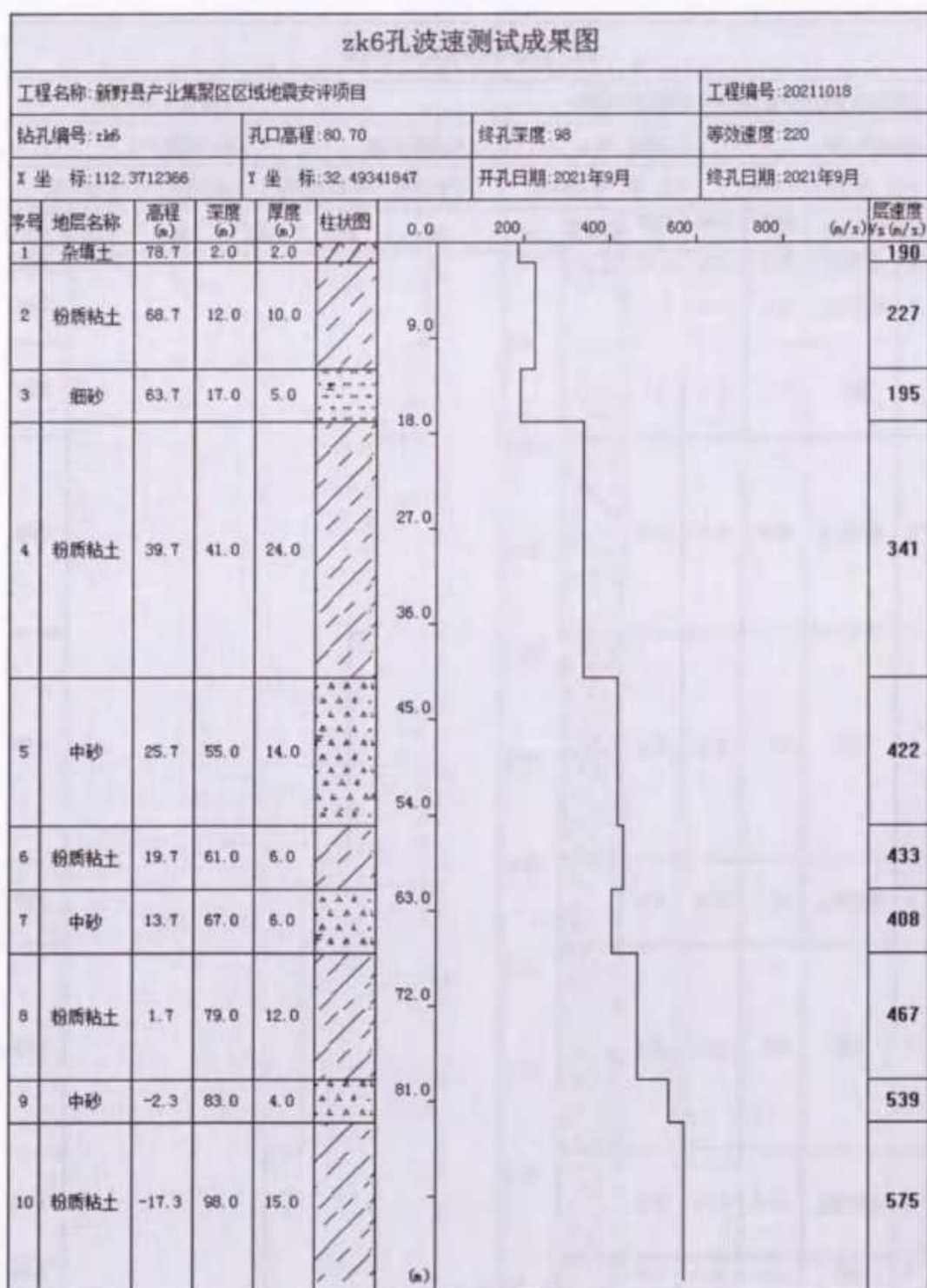


图 5.2-6 ZK6 钻孔波速图

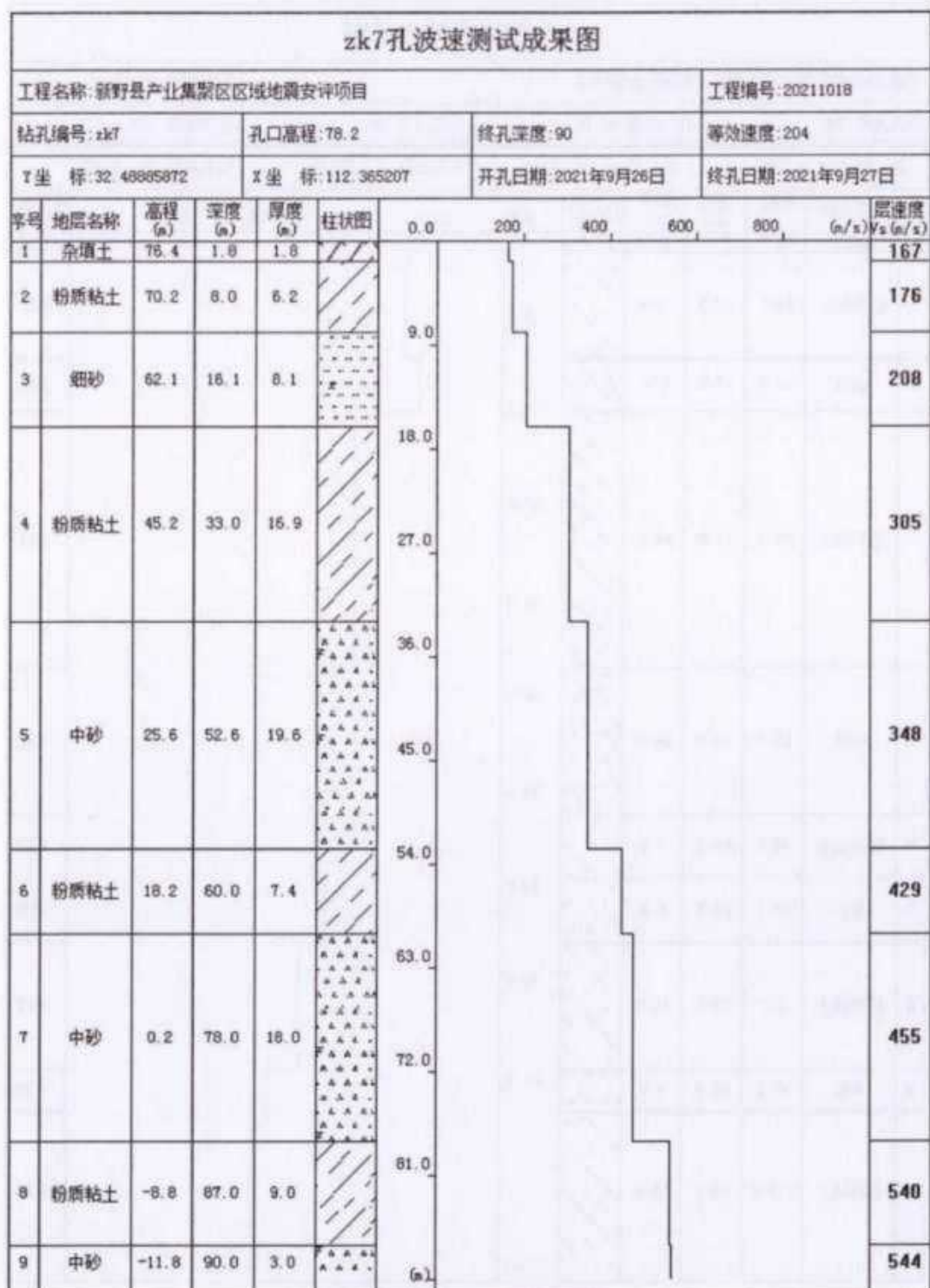


图 5.2-7 ZK7 钻孔波速图

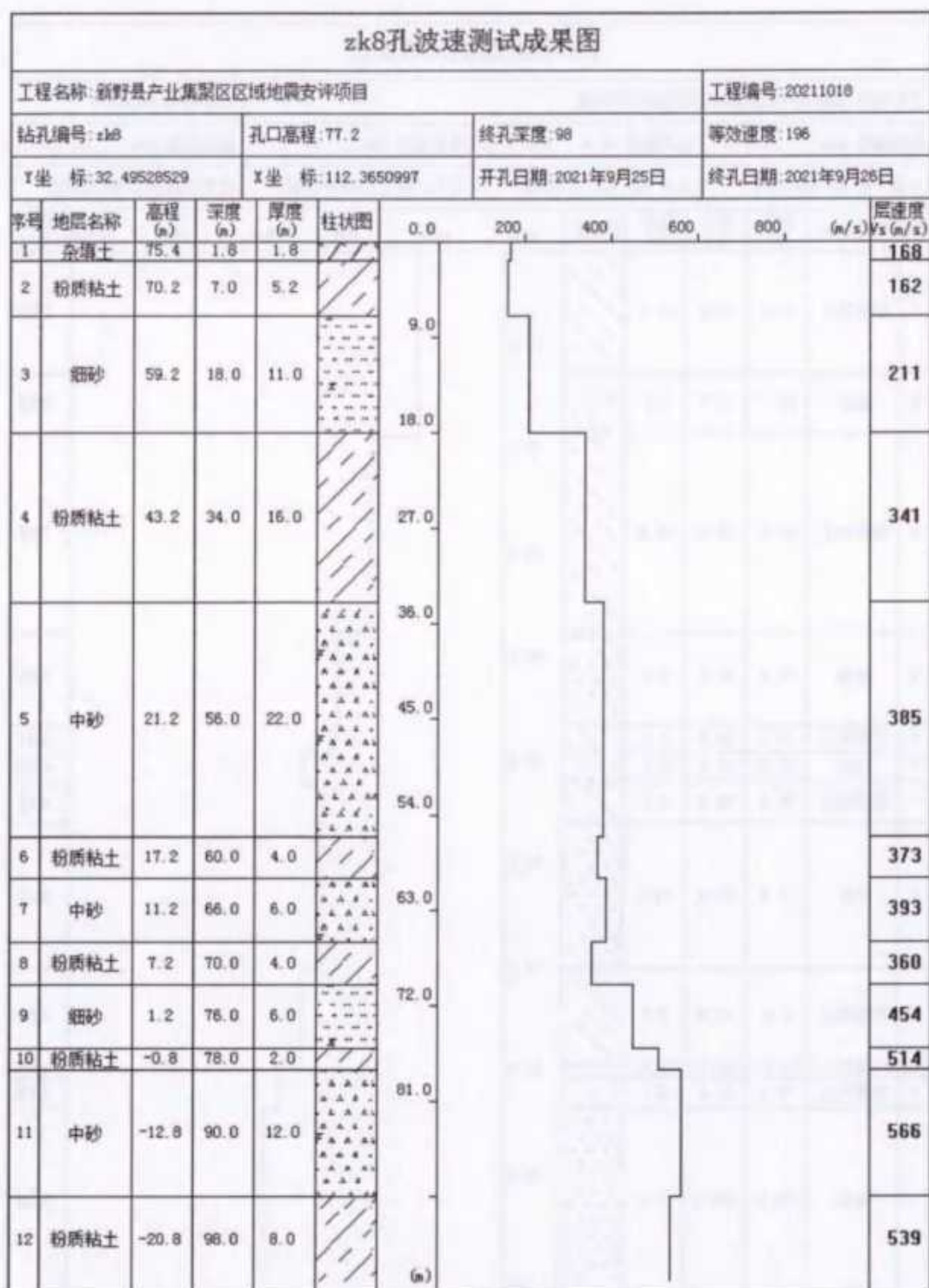


图 5.2-8 ZK8 钻孔波速图

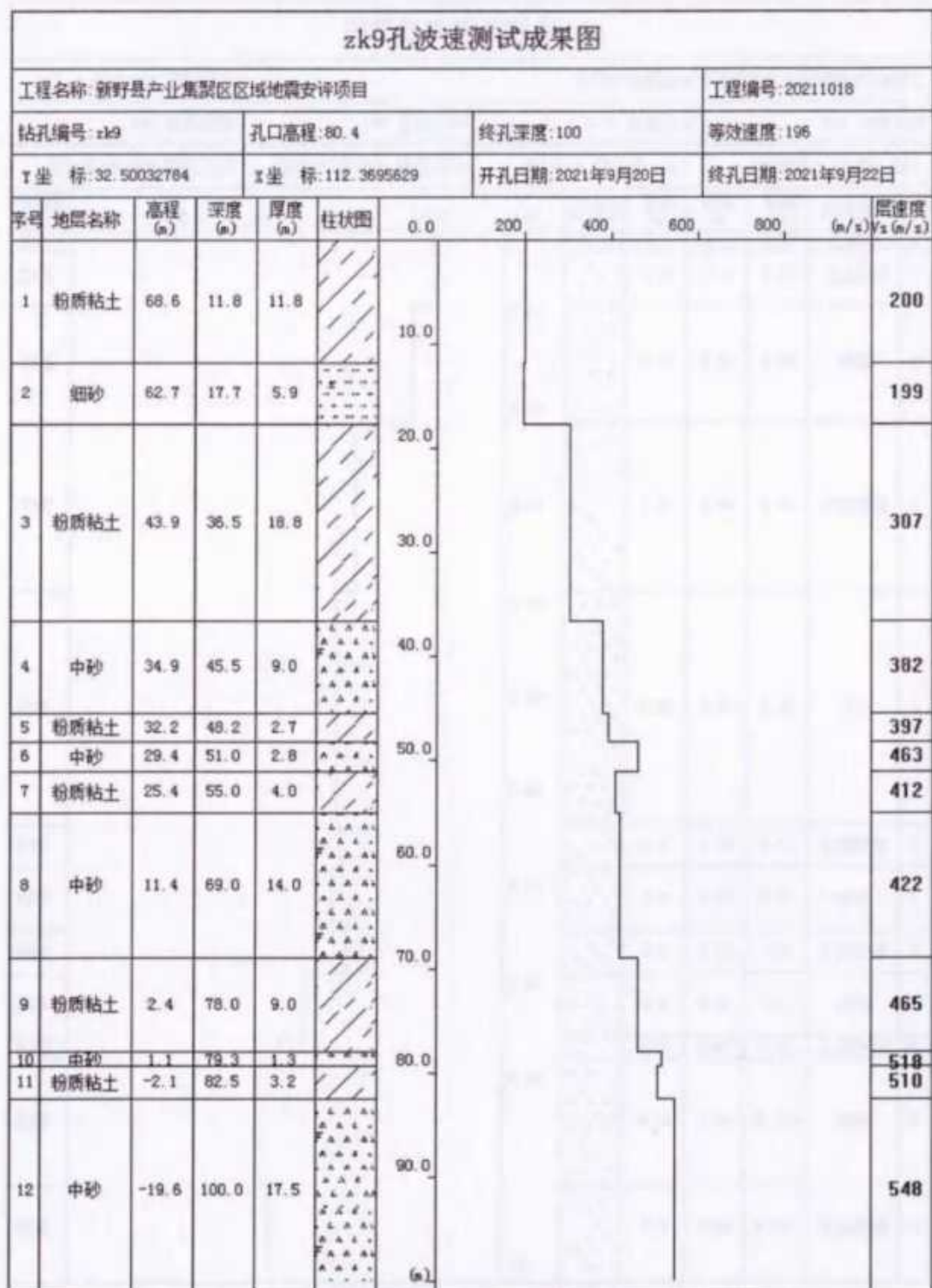


图 5.2-9 ZK9 钻孔波速图

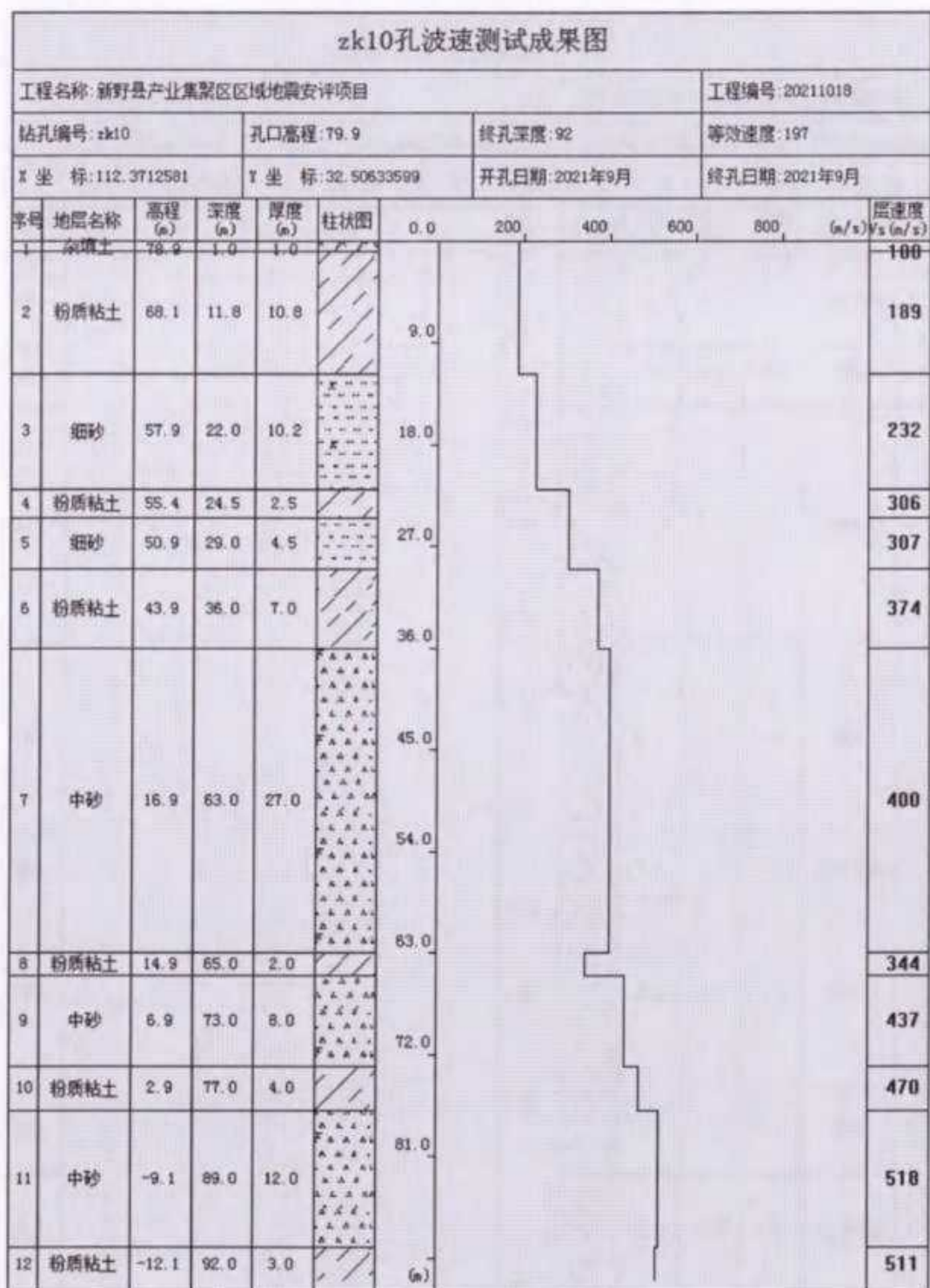


图 5.2-10 ZK10 钻孔波速图

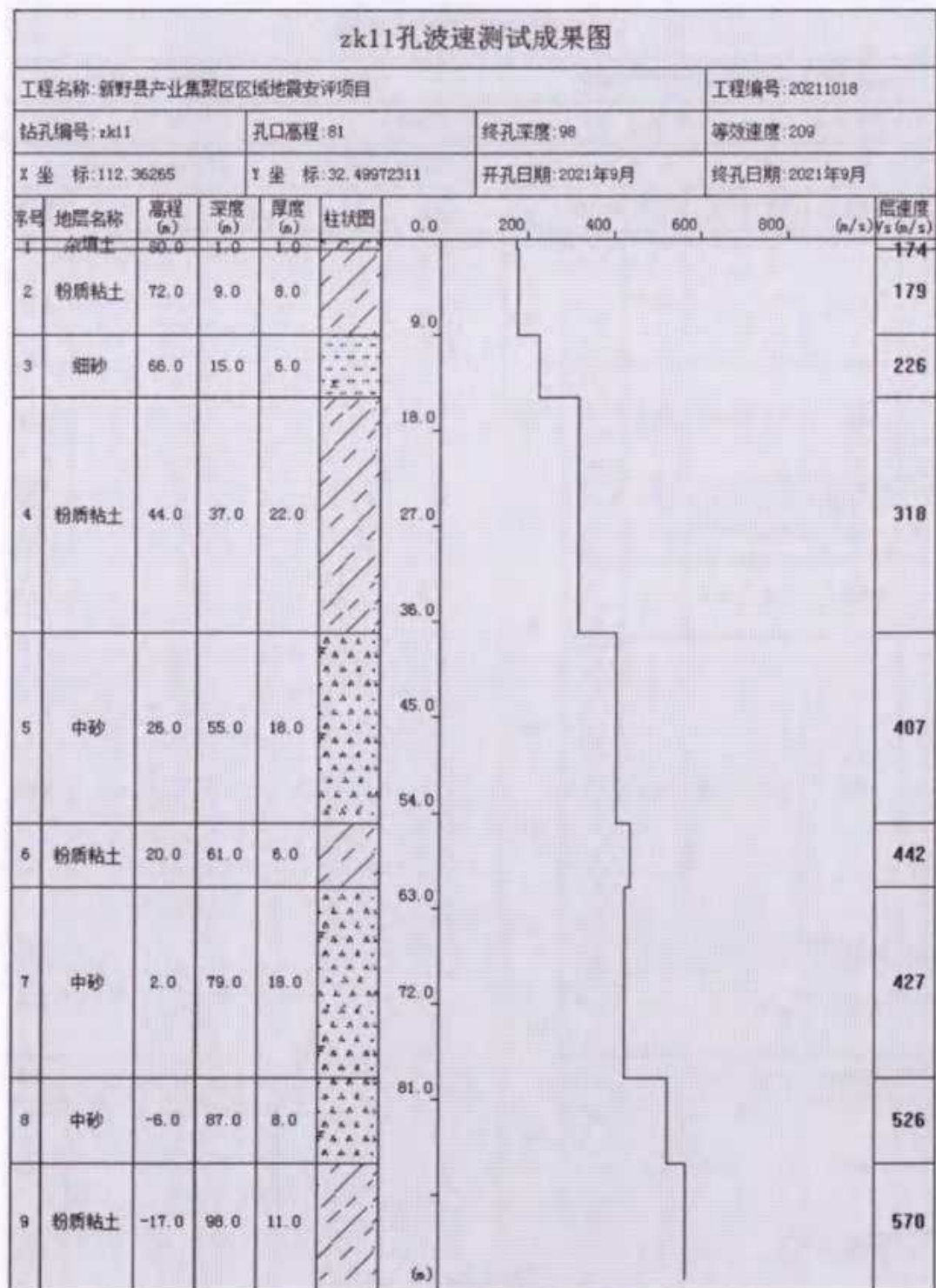


图 5.2-11 ZK11 钻孔波速图

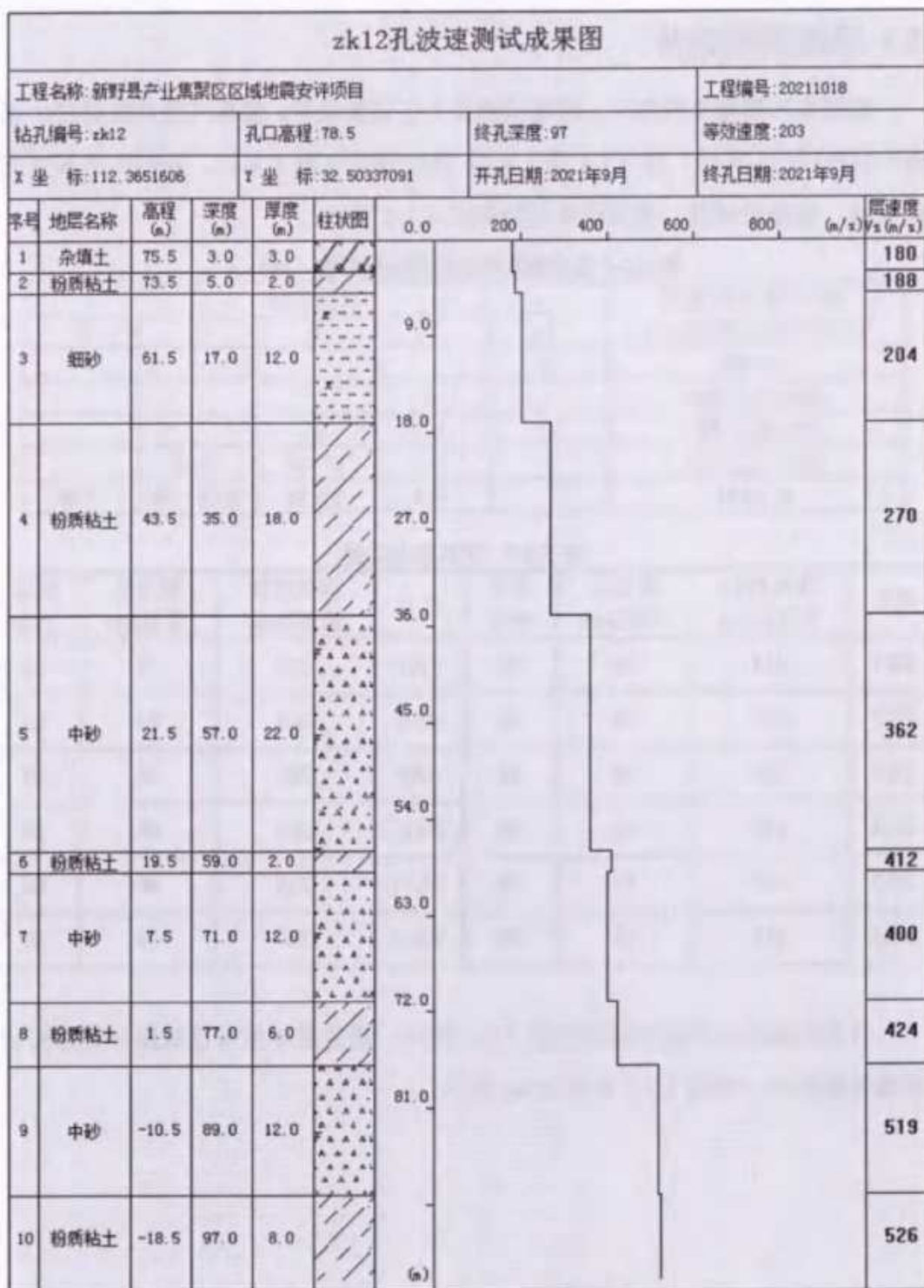


图 5.2-12 ZK12 钻孔波速图

5.3 场地类别划分

根据本次揭露地层情况、波速试验及土工试验结果,依据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)第 4.1.4 条、4.1.6 条中规定(表 5.3-1),各钻孔的等效剪切波速、覆盖层厚度、建筑场地类别如表 5.3-2 所示。

表 5.3-1 各类建筑场地的覆盖层厚度(m)

岩石的剪切波速或土的等效剪切波速(m/s)	场地类别				
	I ₀	I ₁	II	III	IV
$V_s > 800$	0				
$800 \geq V_{se} > 500$		0			
$500 \geq V_{se} > 250$		< 5	≥ 5		
$250 \geq V_{se} > 150$		< 3	3~50	> 50	
$V_{se} \leq 150$		< 3	3~15	$> 15 \sim 80$	> 80

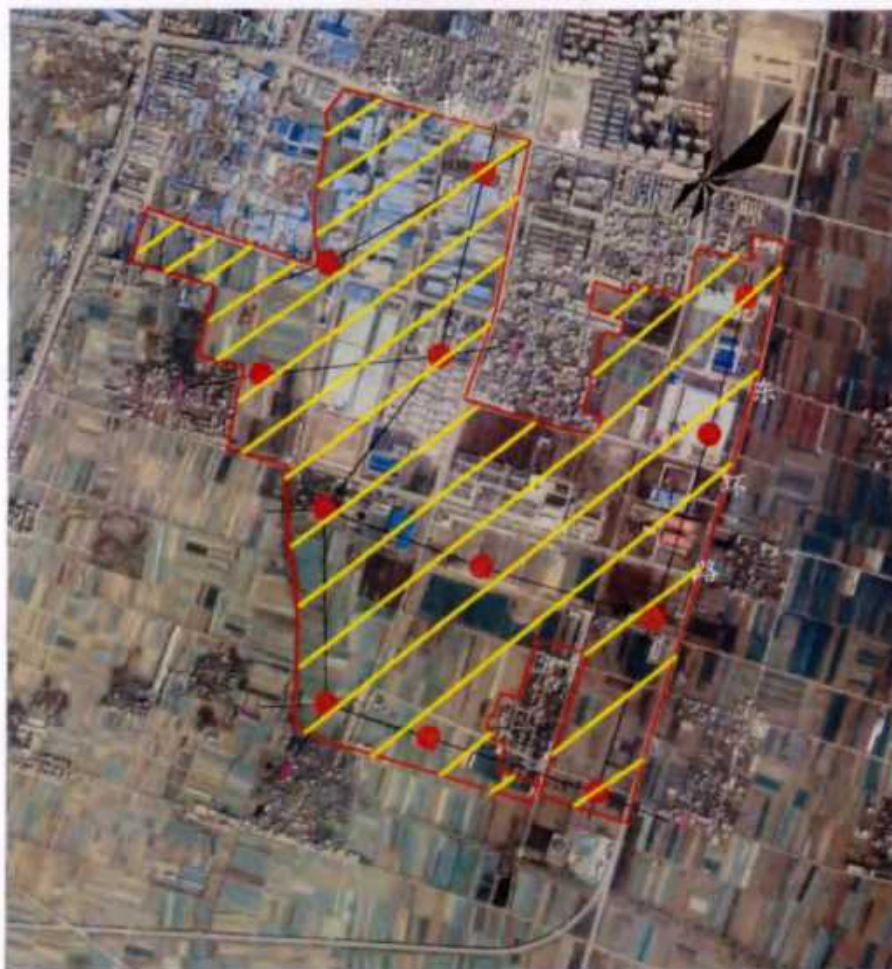
表 5.3-2 钻孔场地类别

孔号	等效剪切波速(m/s)	覆盖层厚度(m)	场地类别	孔号	等效剪切波速(m/s)	覆盖层厚度(m)	场地类别
ZK1	214	76	III	ZK7	214	77	III
ZK2	185	75	III	ZK8	208	74	III
ZK3	238	78	III	ZK9	201	74	III
ZK4	210	66	III	ZK10	203	80	III
ZK5	237	72	III	ZK11	215	80	III
ZK6	228	75	III	ZK12	209	78	III

目标区场地土类别分区图如图 5.3-1 所示,覆盖层厚度等值线图和等效剪切波速等值线图,如图 5.3-2 和图 5.5-3 所示。

新野县产业集聚区区域地震安评项目钻孔平面布置图

比例尺 1: 13000



图例: ● 钻孔位置 — 场地边界 1-1' 地质剖面线及编号
/// III类场地土
制图: 陈琛 审核: 刘国华 日期: 2021年10月

图 5.3-1 场地土类别分区图

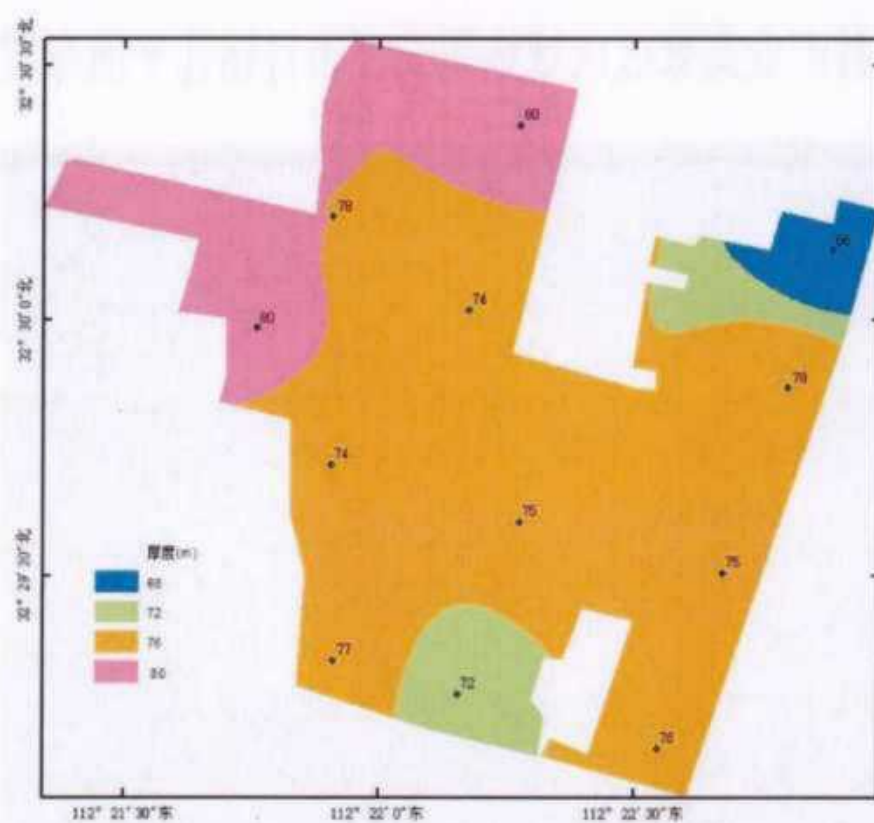


图 5.3-2 覆盖层厚度等值线图

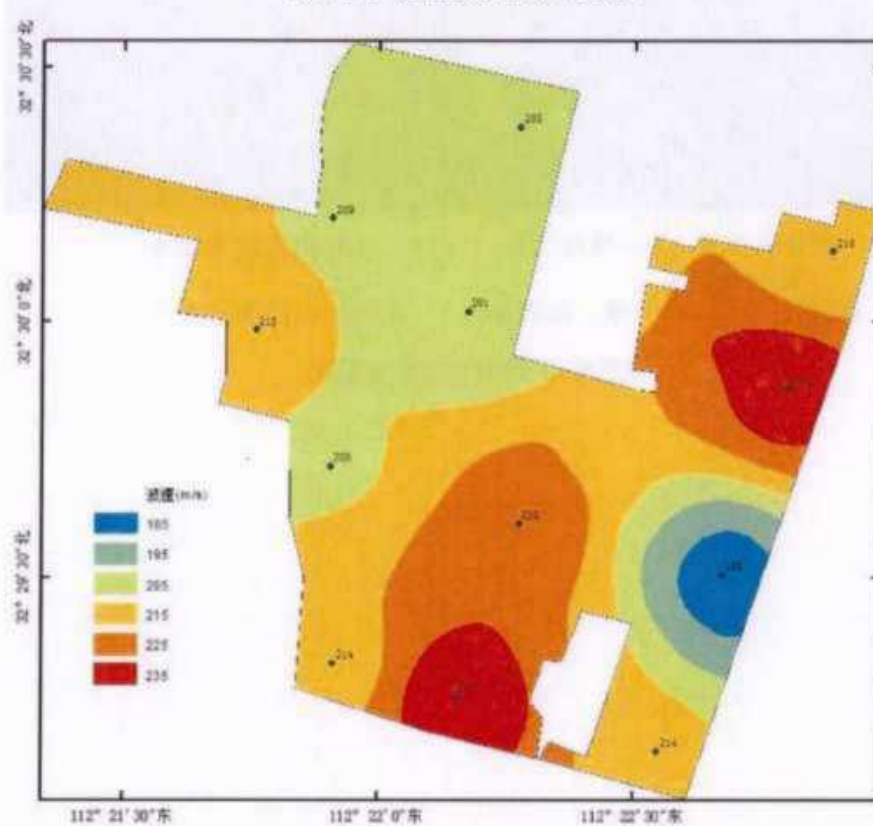


图 5.3-3 等效剪切波速等值线图

5.4 场地土动力特征

为了获取目标区各特征土层的动力学特性,并为土层地震动反应分析提供土层动力学数据,我院对新野县产业集聚区区域地震安全性评估项目的地基土样进行了动三轴试验工作,试验的成样、试验方法及试验资料整理均按《土工试验规范》(GB / T50123-2019)中的有关规定进行。

5.4.1 试样的制备

新野县产业集聚区区域地震安全性评估项目提供的土样有 73 个,试验室对其进行编号,见表 5.4-1 所示。

表 5.4-1 试样编号及其物理性质

土样编号		取土深度 (m)	土样定名	容重 (kN/m ³)	含水率 (%)	施加围压 (kPa)
试验室编号	野外编号					
1	zk-5-1	4.8-5	粉质粘土	18.5	25.5	100
2	zk-5-2	7.4-7.6	含泥中粗砂	18.9	24.4	100
3	zk-5-3	19.8-20	粉质粘土	19.2	27.9	200
4	zk-5-4	24.5-25	粉质粘土	19.5	27.6	250
5	zk-5-5	29.8-30	粉质粘土	19.5	21.0	300
6	zk-5-6	32.5-32.7	粉质粘土	19.8	22.2	350
7	zk-5-7	39.8-40	含泥中粗砂	20.1	24.6	400
8	zk-5-8	44.8-45	含泥中粗砂	20.4	30.0	450
9	zk-5-9	49.8-50	粉质粘土	20.2	27.7	500
10	zk-5-10	54.8-55	泥质细砂	19.8	23.8	550
11	zk-5-11	59.8-60	含泥中粗砂	19.8	28.8	600
12	zk-5-12	64.8-65	含泥中粗砂	20.1	24.8	600
13	zk-5-13	69.8-70	含泥中粗砂	20.7	25.9	600
14	zk-5-14	74.8-75	含泥中粗砂	21.0	27.2	600
15	zk-5-15	78.2-78.4	含泥中粗砂	20.8	31.9	600
16	zk-5-16	84.8-85	含泥中粗砂	20.4	18.7	600
17	zk-5-17	89.6-89.8	含泥中粗砂	21.0	19.3	600

18	zk-4-1	4.8-5	粉质粘土	18.5	21.8	100
19	zk-4-2	6.3-6.5	粉质粘土	19.1	20.4	100
20	zk-4-3	11.7-11.9	泥质细砂	19.3	25.4	150
21	zk-4-4	14.8-15	含泥中粗砂	19.6	28.1	150
22	zk-4-5	22.3-22.5	粉质粘土	20.2	19.4	250
23	zk-4-6	26.5-26.7	含泥细砂	19.8	20.3	300
24	zk-4-7	28.9-29.1	中粗砂	19.9	22.6	300
25	zk-4-8	35.8-36	含泥中砂	19.6	21.8	350
26	zk-4-9	43.8-44	含泥中砂	19.6	22.1	450
27	zk-4-10	44.8-45	粉质粘土	19.5	21.8	500
28	zk-4-11	49.8-50	泥质细砂	20.4	18.9	500
29	zk-4-12	53.8-54	粉质粘土	21.0	21.1	550
30	zk-4-13	62.8-63	粉质粘土	21.1	20.2	600
31	zk-4-14	67.8-68	粉质粘土	21.4	18.4	600
32	zk-4-15	71.8-72	含泥中粗砂	21.0	27.5	600
33	zk-4-16	77.8-78	泥质中粗砂	20.8	21.4	600
34	zk-4-17	84.8-85	粉质粘土	21.5	24.3	600
35	zk-6-1	3.2-3.4	粉质粘土	18.9	19.4	100
36	zk-6-2	8.2-8.4	粉质粘土	19.2	24.3	100
37	zk-6-3	11.7-11.9	粉质粘土	18.9	29.6	150
38	zk-6-4	19.2-19.4	粉质粘土	19.4	25.5	200
39	zk-6-5	24.2-24.4	粉质粘土	19.4	24.5	250
40	zk-6-6	29.2-29.4	粉质粘土	19.1	21.2	300
41	zk-6-7	34.2-34.4	粉质粘土	19.6	20.8	350
42	zk-6-8	39.2-39.4	粉质粘土	19.3	22.0	400
43	zk-6-9	56.3-56.5	粉质粘土	19.9	20.9	600
44	zk-6-10	72.2-72.4	粉质粘土	19.8	23.6	600
45	zk-6-11	86.2-86.4	粉质粘土	19.8	23.8	600
46	zk-6-12	91.2-91.4	粉质粘土	20.4	26.9	600
47	zk-6-13	96.2-96.4	粉质粘土	21.0	23.4	600
48	zk-7-1	4.8-5	粉质粘土	18.8	26.4	100
49	zk-7-2	8.7-8.9	含泥细砂	19.2	24.2	100
50	zk-7-3	13.8-14	含泥中砂	18.9	20.6	150
51	zk-7-4	17.8-18	粉质粘土	18.9	23.2	250
52	zk-7-5	24.8-25	粉质粘土	19.1	19.9	300
53	zk-7-6	29.8-30	粉质粘土	19.1	23.2	300
54	zk-7-7	35.8-36	含泥中砂	19.2	22.4	450
55	zk-7-8	44.8-45	含泥中砂	19.4	27.1	500
56	zk-7-9	49.8-50	含泥中砂	19.8	24.8	500

57	zk-7-10	56.8-57	粉质粘土	19.8	29.1	600
58	zk-7-11	62.8-63	含泥中粗砂	19.7	28.7	600
59	zk-7-12	67.8-68	含泥中粗砂	19.8	20.8	600
60	zk-7-13	72.8-73	含泥中粗砂	19.9	24.5	600
61	zk-7-14	77.3-77.5	含泥中粗砂	20.6	22.8	600
62	zk-7-15	79.5-79.7	粉质粘土	20.5	31.6	600
63	zk-7-16	86.8-87	粉质粘土	20.7	18.3	600
64	zk-7-17	89.7-89.9	含泥中粗砂	20.9	18.7	600
65	zk-12-1	3-3.2	粉质粘土	19.4	24.4	100
66	zk-12-2	19-19.2	粉质粘土	18.8	28.7	200
67	zk-12-3	24-24.2	粉质粘土	19.1	21.3	250
68	zk-12-4	29-29.2	粉质粘土	19.4	21.4	300
69	zk-12-5	33-33.2	粉质粘土	19.5	20.0	350
70	zk-12-6	57-57.2	粉质粘土	19.7	18.4	600
71	zk-12-7	73-73.2	粉质粘土	19.9	22.9	600
72	zk-12-8	90-90.2	粉质粘土	20.4	28.6	600
73	zk-12-9	95-95.2	粉质粘土	20.9	27.6	600

试样首先按规定的方法制备，试样高为 80mm，直径为 39.1mm，然后将制备好的试样进行饱和。试验时在一定的固结比应力下固结，待固结完成后，在不排水的条件下施加动应力进行动弹模试验。

5.4.2 试验仪器

本次试验仪器采用了北京市新技术研究所生产的 DDS-70 微机控制电磁式多功能静动三轴试验系统。该系统主要由主机、电控系统、静压控制系统和微机系统等组成。其工作原理是将圆柱形土试样置于充气的三轴室内上下活塞之间。通过气体压力对试样施加轴、侧向静压力。激振器和功率放大器将微机系统提供的一定频率、幅值的电讯号转换为轴向激振力，经下活塞施加至土试样上。测量系统将振动过程中的力、位移、孔隙水压力值记录下来。微机系统对试验进行控制和对试验数据进行处理并输出成果报告。

系统主要技术指标：

试样尺寸： 直径 39.1mm，高 80mm

轴向最大动出力： 1370N (p-p)

侧向压力:	0—0.6 MPa
反压:	0—0.3 Mpa
波形:	正弦波、三角波、方波
频率范围:	1—10 Hz
最大允许轴向位移:	20 mm (p—p)

5.4.3 试验采用的参数

各试样的土工试验成果报告见后附表 5.4-3。固结比取值为 1，固结压力按土层实际应力状态进行模拟。振动频率为 1Hz，循环次数为 10 次，振动总次数控制在 200 次以内。

5.4.4 试验过程与方法

将真空饱和好的试样置于三轴室内上下活塞之间，采取一定的固结比，通过气体压力对试样施加轴、侧向静压力，使其固结。待土样固结完成后，在不排水的条件下，对试样施加由小到大的轴向激振力进行动弹模试验。试验期间，测量系统将振动过程中的力、位移、孔隙水压力值记录下来。微机系统对试验进行控制和对试验数据进行处理并输出成果报告。

5.4.5 试验结果

试验中，土样在各级荷载下轴向应力 P 和轴向应变 ϵ 的时间历程将被记录下来，由应力应变时程绘出应力应变滞回曲线，由滞回曲线 B 点的应力应变值可求得试样的轴向模量 E ，由 E 可求得土样在该级荷载下模量：

$$E = \frac{P_B}{\epsilon_B} \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (5.4-1)$$

式中， P_B 、 ϵ_B 分别为滞回线 B 点所对应的应力应变值， ν 为泊松比，由土类而定。对所求得各级荷载下不同幅值的模量，进行统计分析时，应力应变关系用双曲线函数表示：

$$\tau = \frac{\gamma}{A + B\gamma} \quad (5.4-2)$$

式中, τ 和 γ 为剪应力和剪应变幅值, A 和 B 为回归常数, 若令 $\tau/\gamma = G$, 则:

$$\frac{1}{G} = A + B\gamma \quad (5.4-3)$$

如果以 $1/G$ 为纵坐标, γ 为横坐标, 将实验结果标在该图中, 近似用一条直线来表示它们的关系, 显然当 $\gamma \rightarrow 0$ 时, 可以得到系数 A 等于最大剪切模量的倒数, 即 $1/G_{\max}$, 因此可得到对应不同应变模量与最大模量的比值和应变的关系:

$$G/G_{\max} = 1/(1 + \gamma B/A) \quad (5.4-4)$$

继而, 求出动三轴试样的不同剪应变下的动剪切模量比。

试样在荷载下的阻尼比 D 可用下式求得:

$$D = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{\Delta W}{W} \quad (5.4-5)$$

式中, ΔW 为一个循环消耗的能量, 用应力应变滞回曲线所围的面积表示, W 为施加的最大应变能。根据 Hardin-Drnevich 模型, 阻尼比与剪应变的关系可写为 $D = D_{\max}(1 - G/G_{\max})$ 。依此关系式, 可回归阻尼比与剪应变的关系。

从而, 也同样求出动三轴试样的不同剪应变下的阻尼比值。

因此, 将试验所求得动剪切模量比和阻尼比的结果进行曲线拟合, 即可得出各试样的拟合曲线, 如图 5.4-1~5.4-73 所示。从而得到各试样的剪应变标准点的动剪切模量比和阻尼比, 见表 5.4-2。

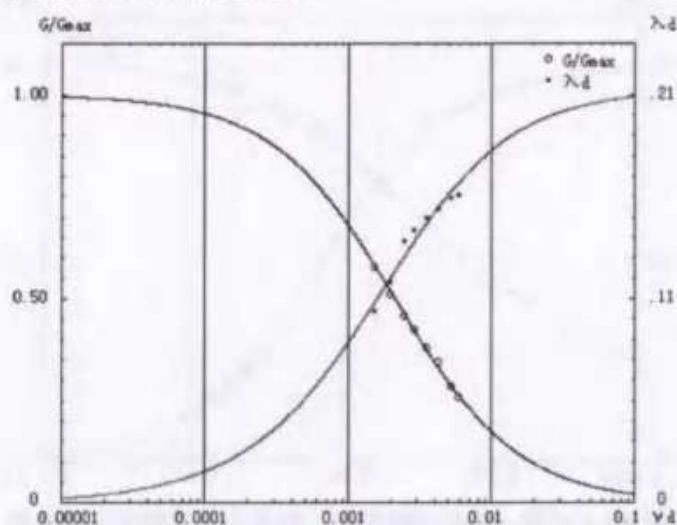


图 5.4-1 试样 1 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

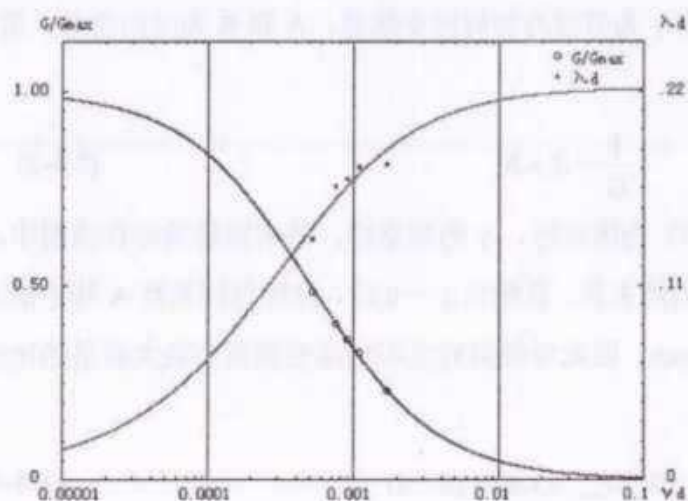


图 5.4-2 试样 2 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

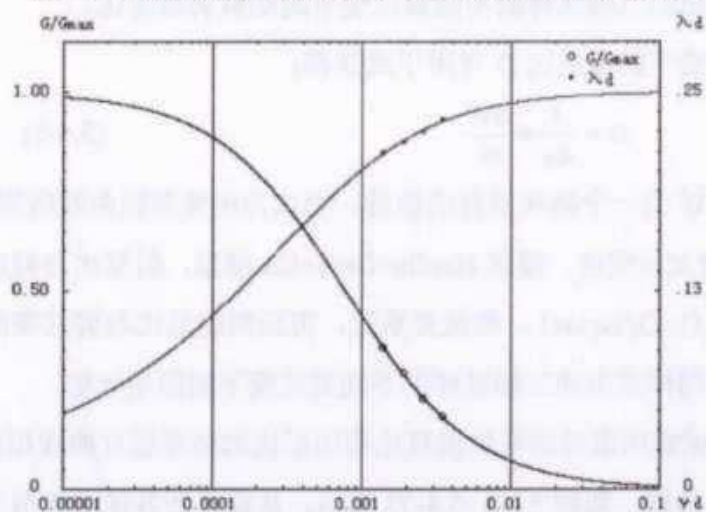


图 5.4-3 试样 3 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

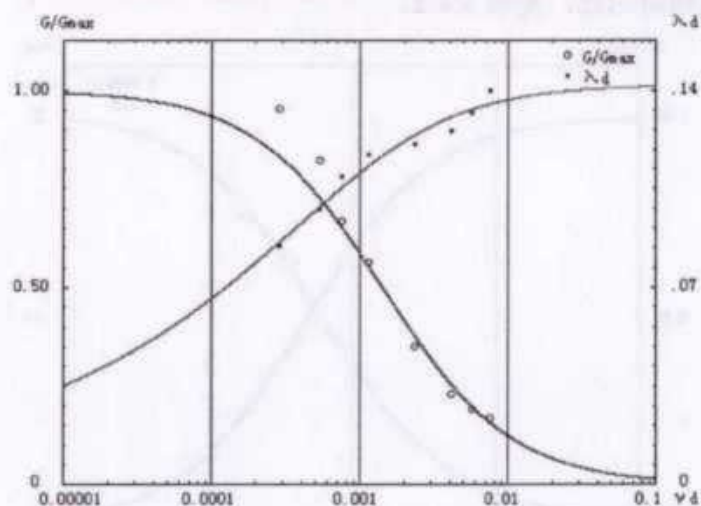


图 5.4-4 试样 4 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

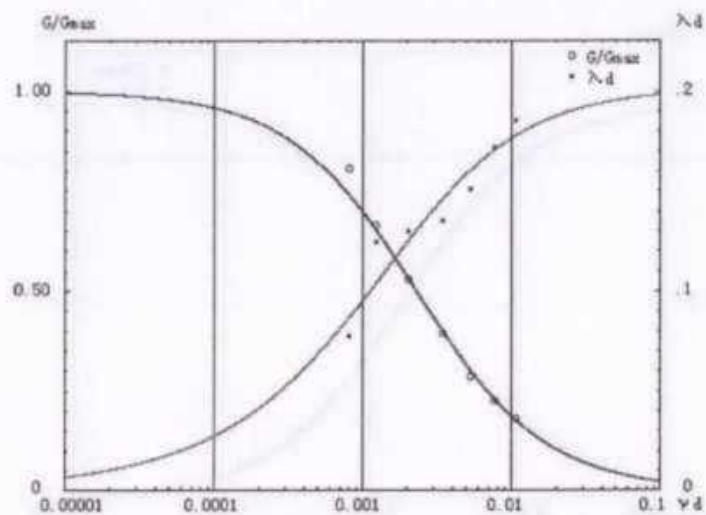


图 5.4-5 试样 5 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

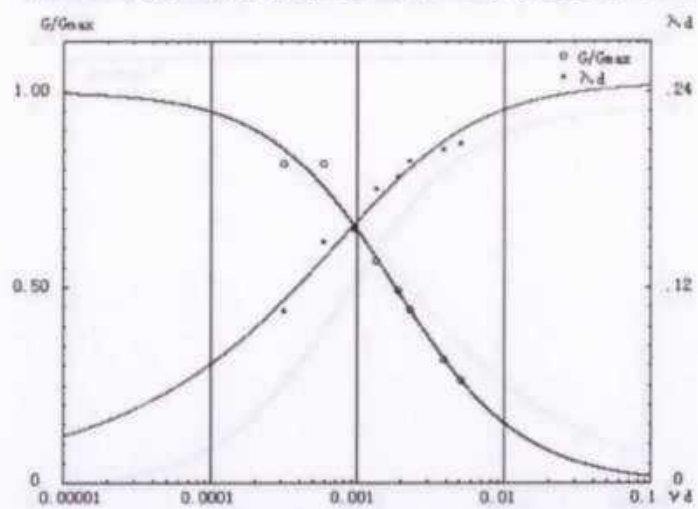


图 5.4-6 试样 6 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

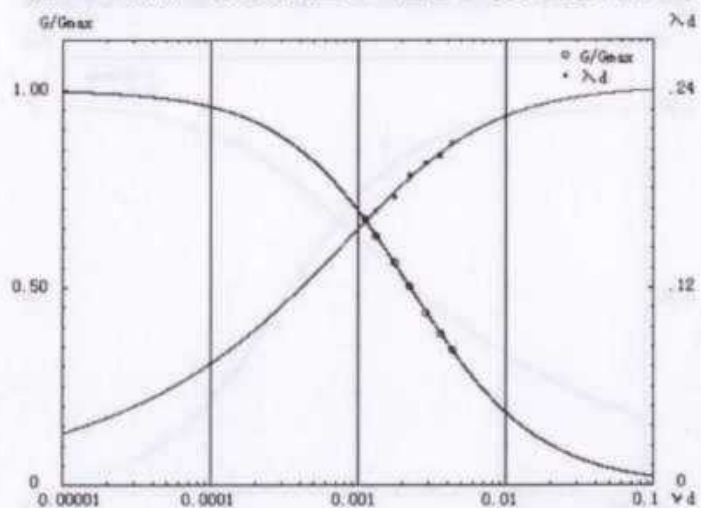


图 5.4-7 试样 7 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

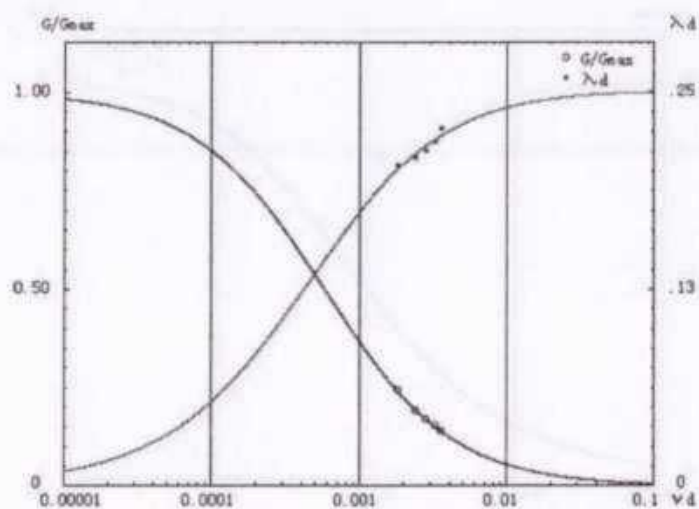


图 5.4-8 试样 8 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

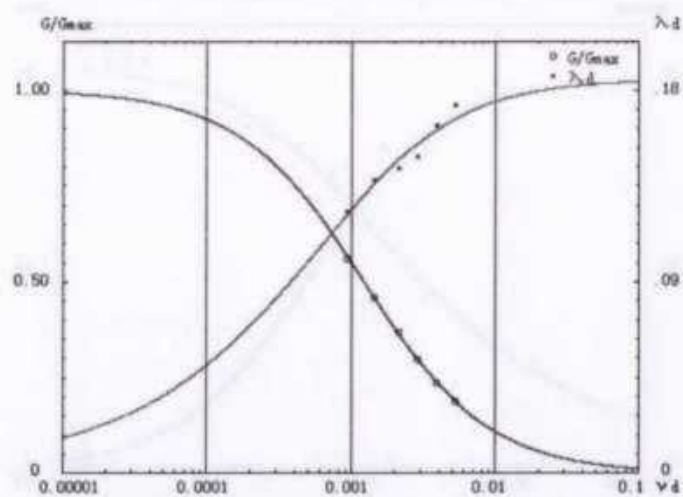


图 5.4-9 试样 9 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

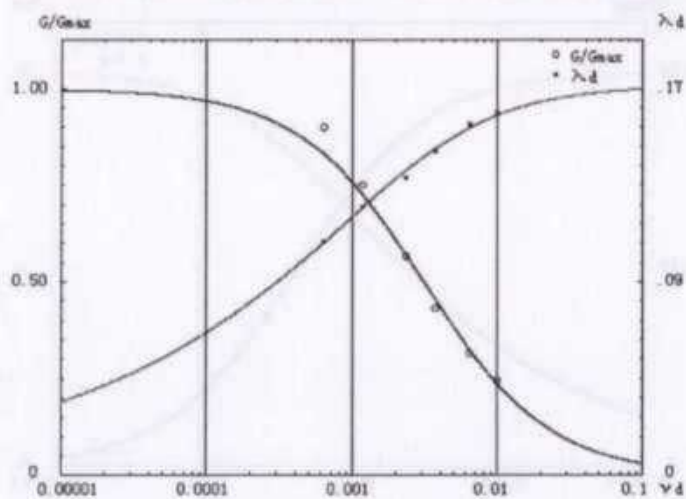


图 5.4-10 试样 10 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

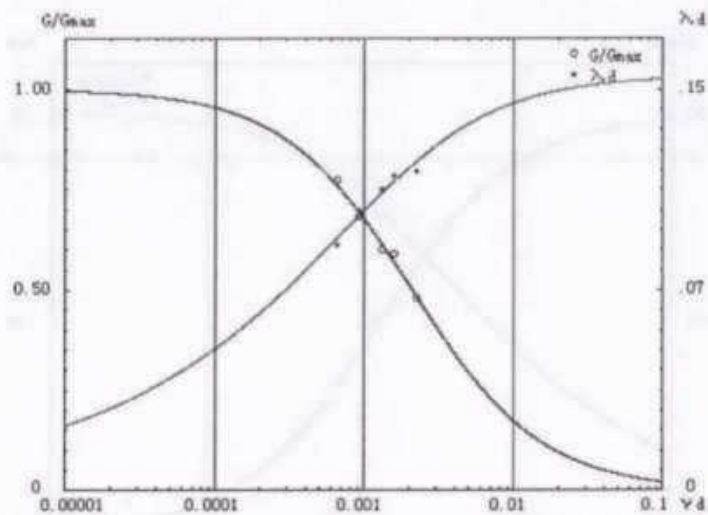


图 5.4-11 试样 11 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

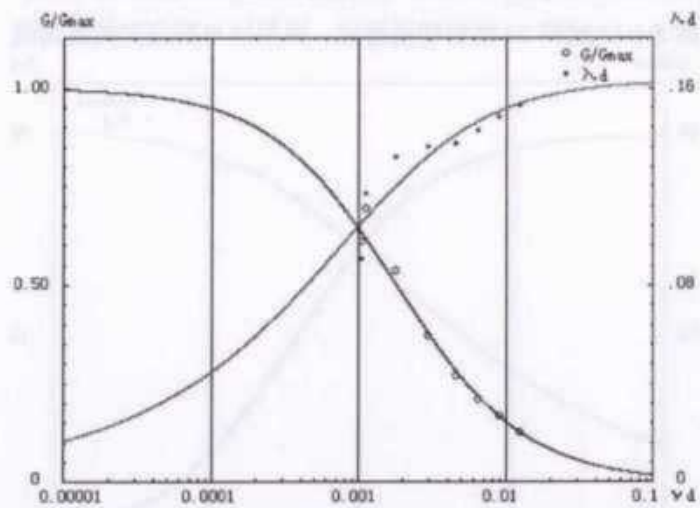


图 5.4-12 试样 12 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

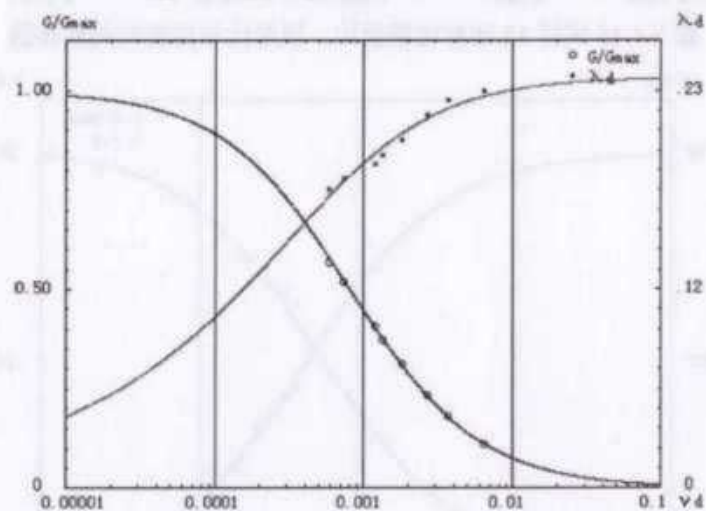


图 5.4-13 试样 13 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

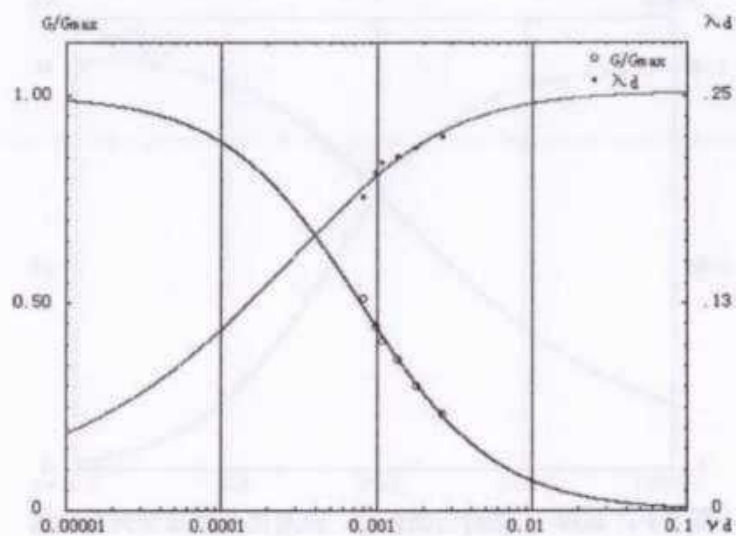


图 5.4-14 试样 14 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

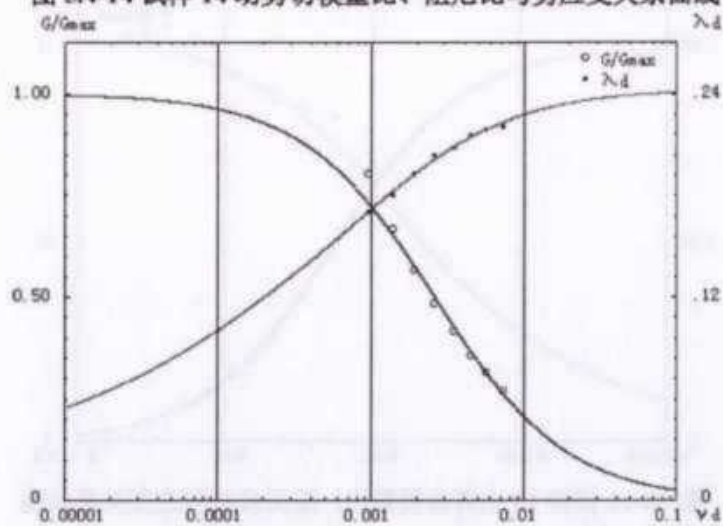


图 5.4-15 试样 15 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

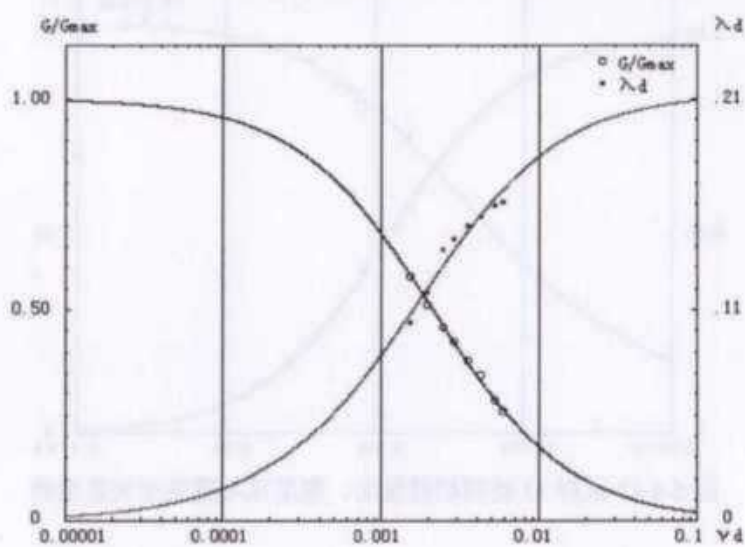


图 5.4-16 试样 16 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

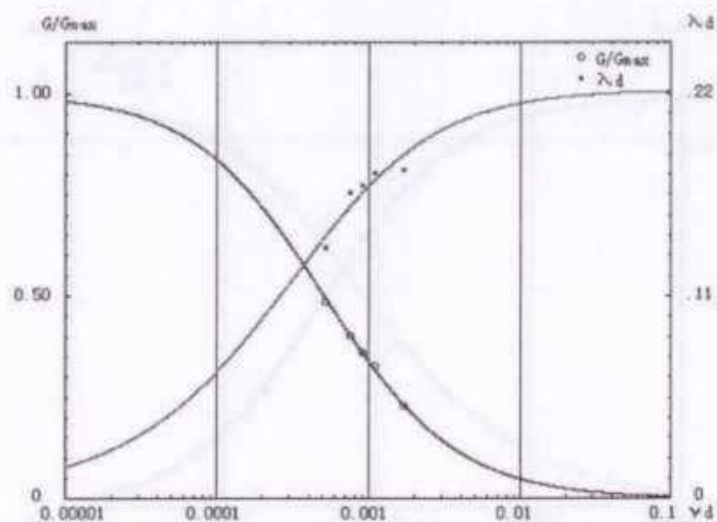


图 5.4-17 试样 17 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

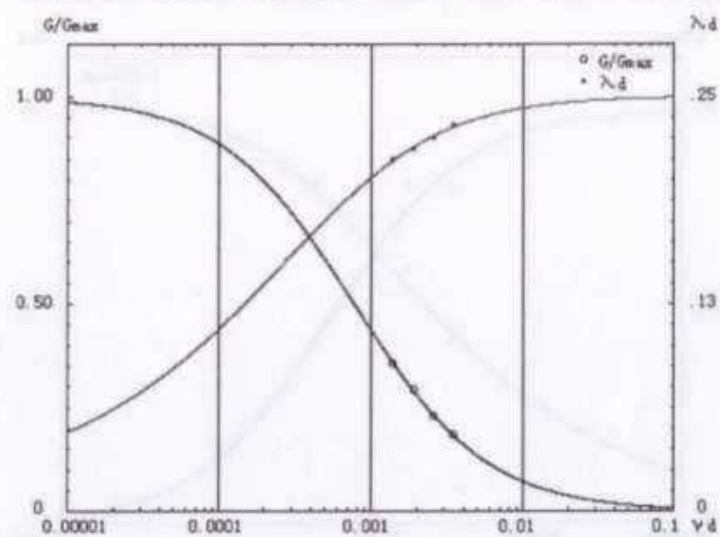


图 5.4-18 试样 18 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

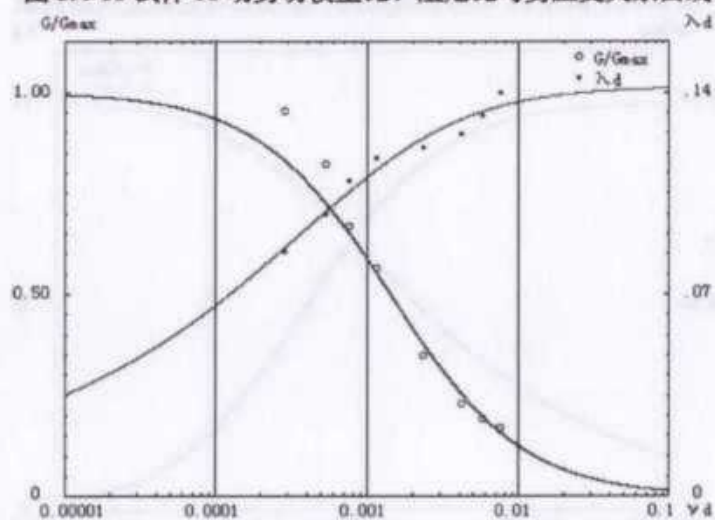


图 5.4-19 试样 19 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

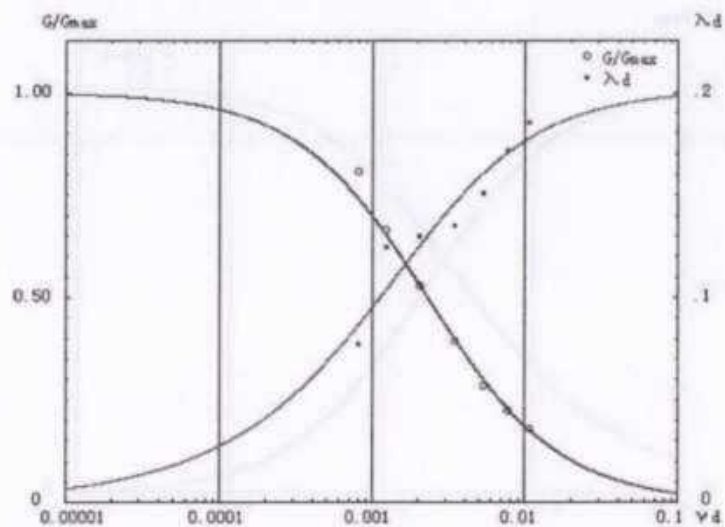


图 5.4-20 试样 20 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

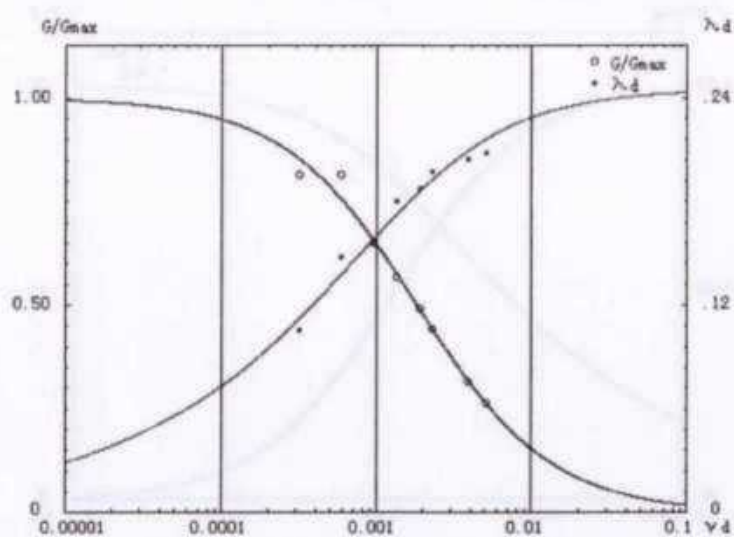


图 5.4-21 试样 21 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

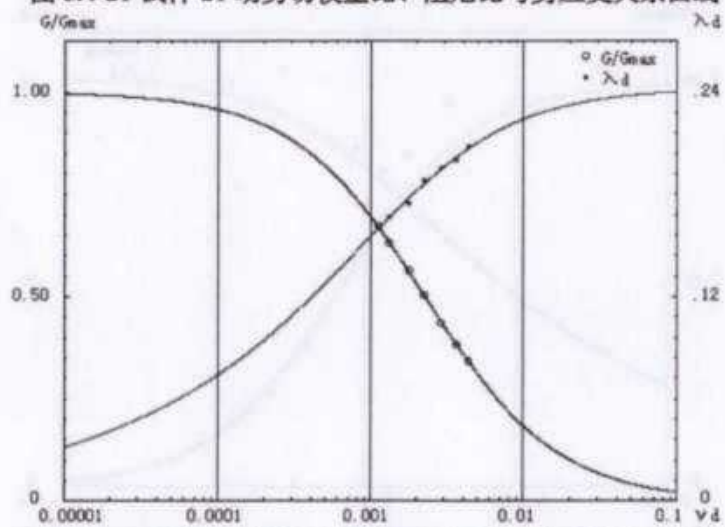


图 5.4-22 试样 22 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

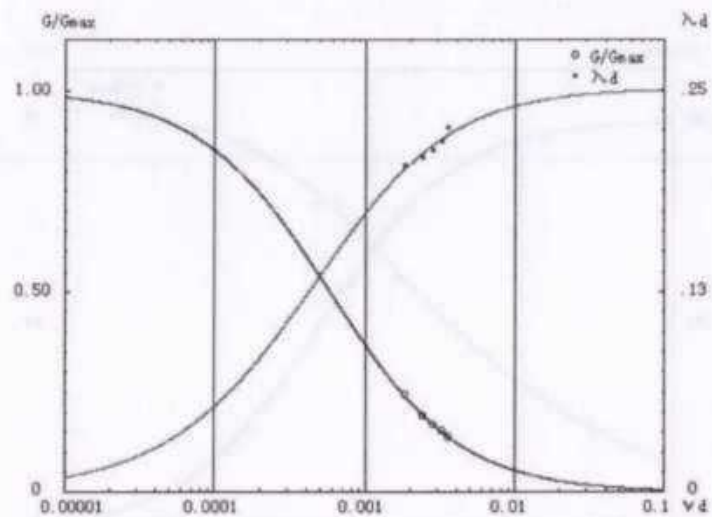


图 5.4-23 试样 23 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

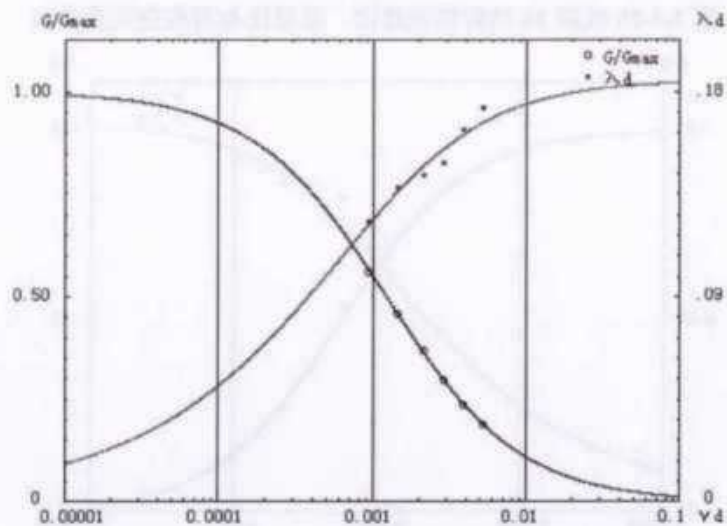


图 5.4-24 试样 24 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

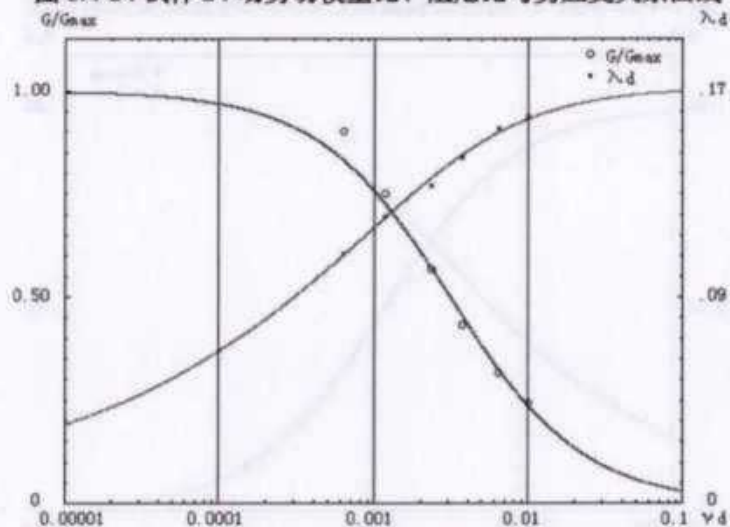


图 5.4-25 试样 25 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

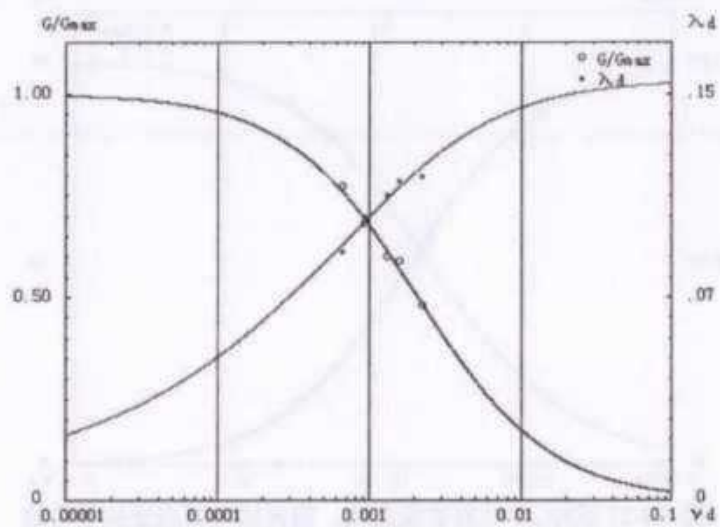


图 5.4-26 试样 26 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

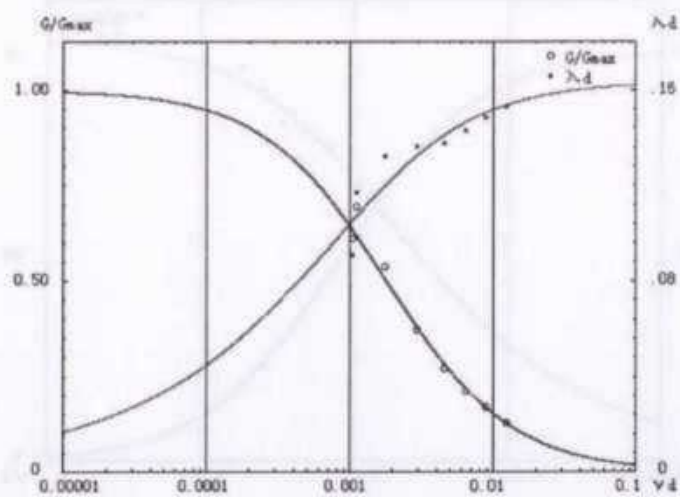


图 5.4-27 试样 27 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

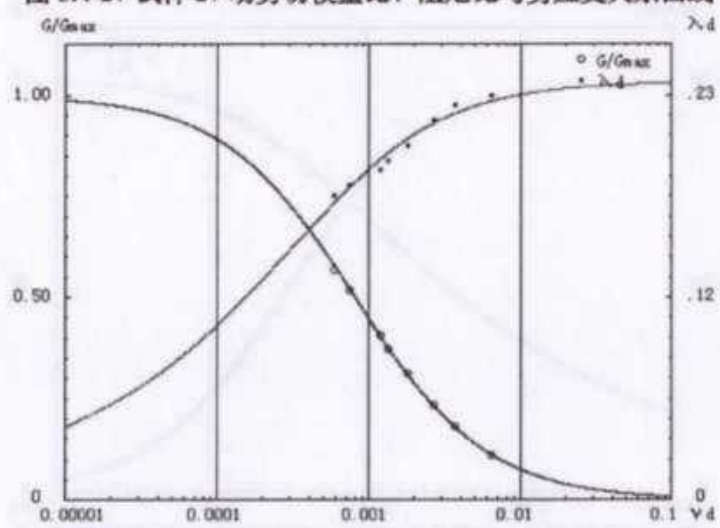


图 5.4-28 试样 28 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

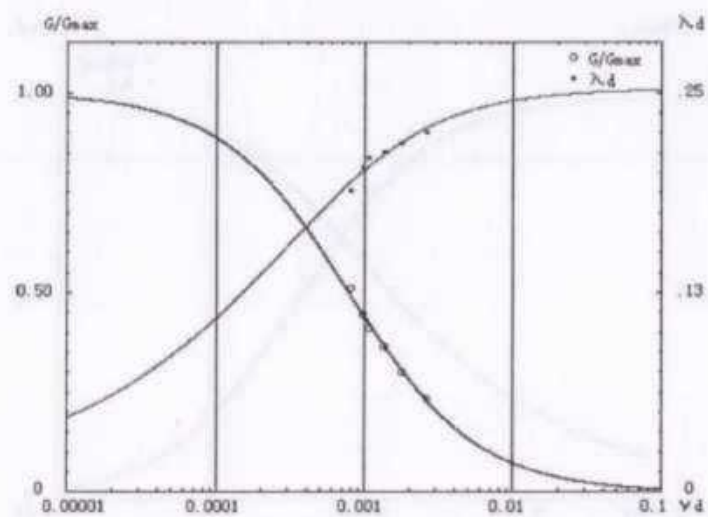


图 5.4-29 试样 29 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

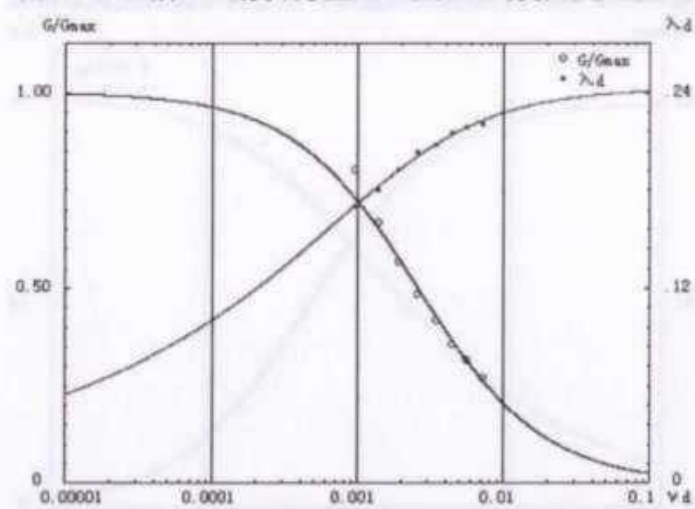


图 5.4-30 试样 30 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

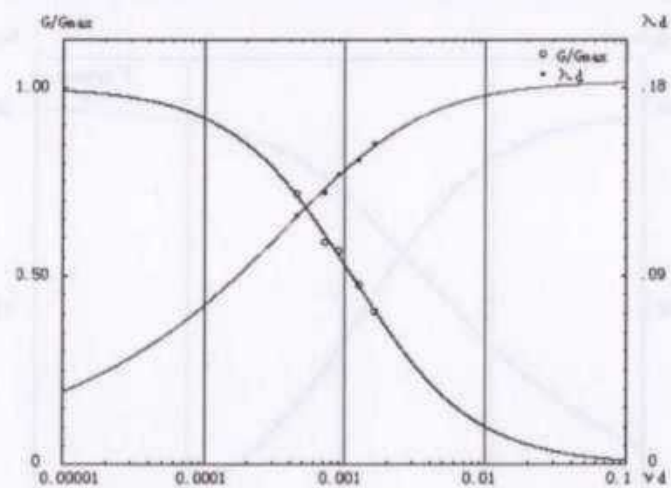


图 5.4-31 试样 31 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

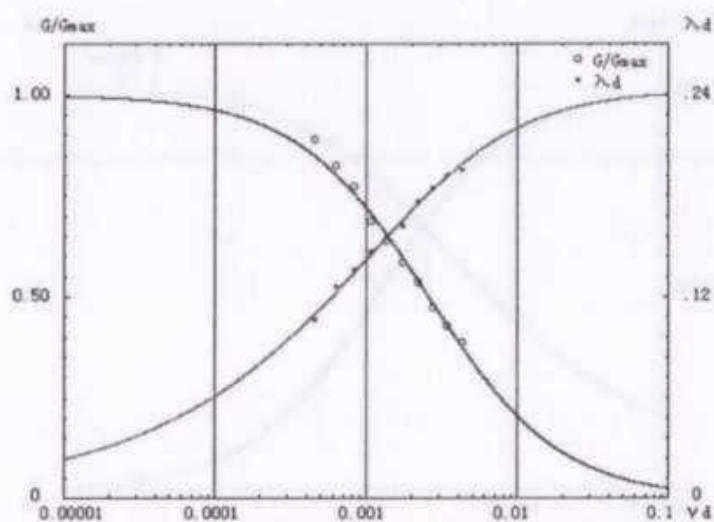


图 5.4-32 试样 32 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

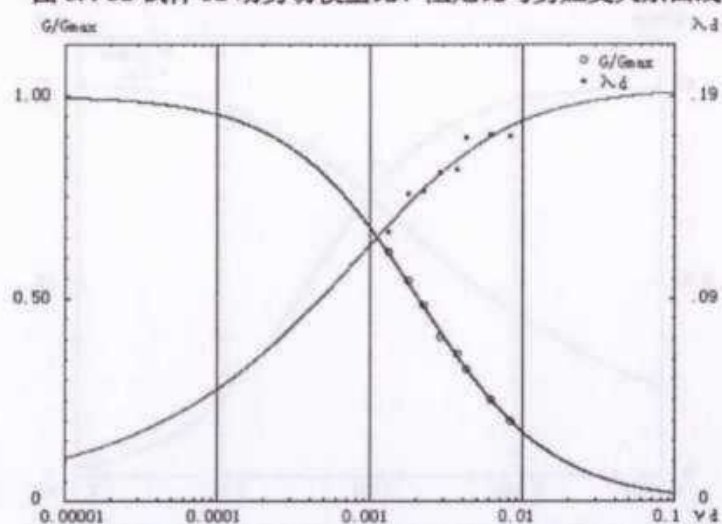


图 5.4-33 试样 33 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

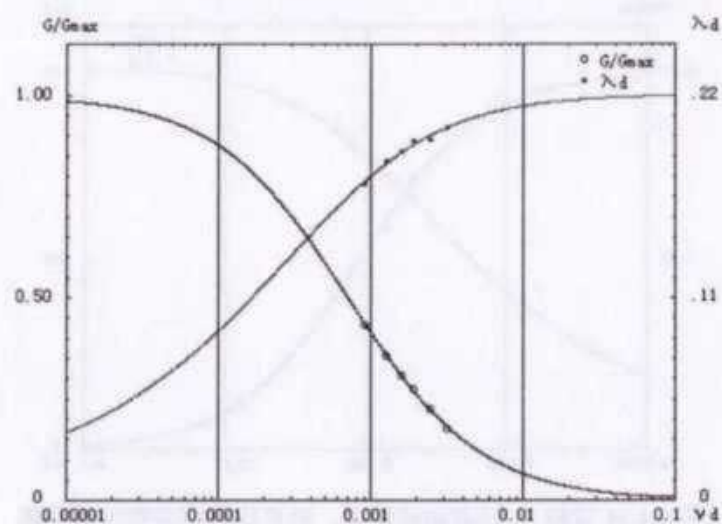


图 5.4-34 试样 34 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

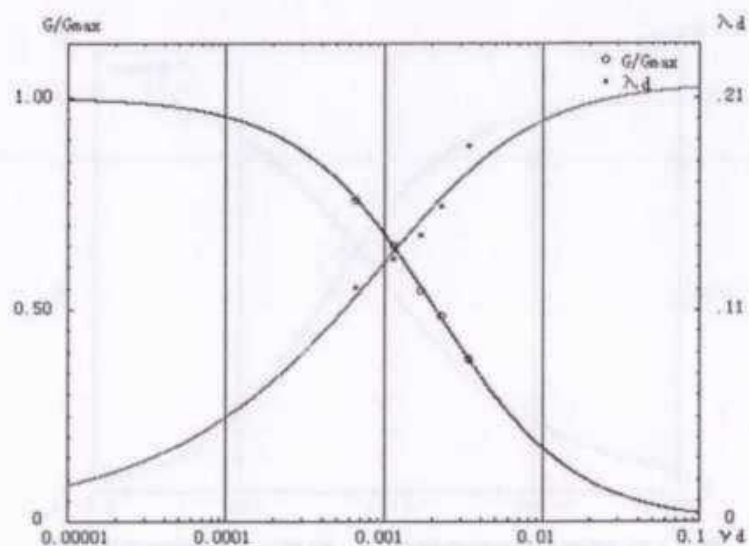


图 5.4-35 试样 35 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

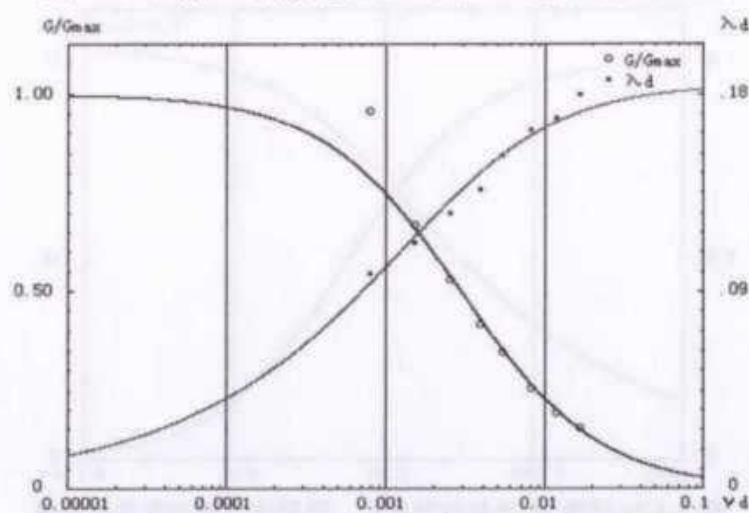


图 5.4-36 试样 36 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

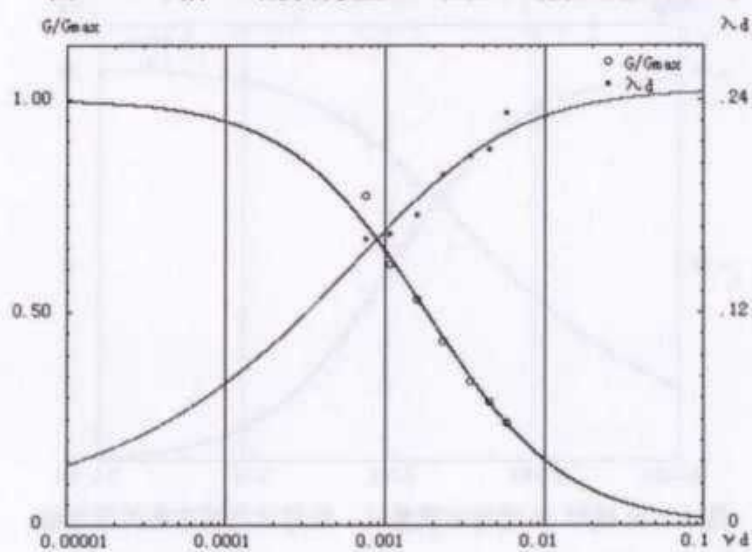


图 5.4-37 试样 37 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

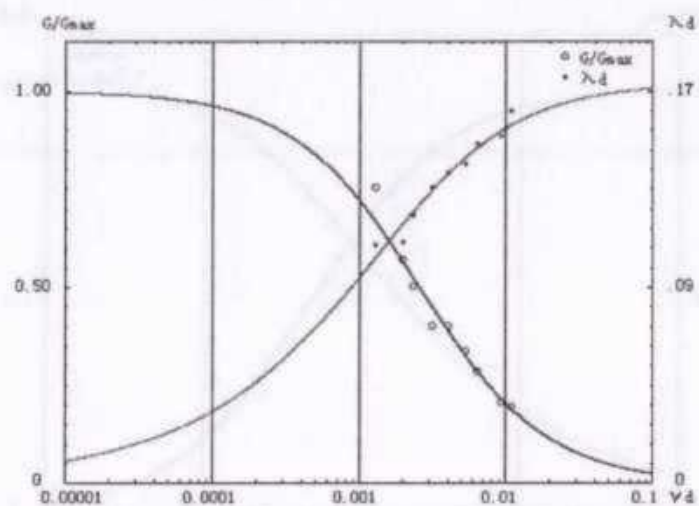


图 5.4-38 试样 38 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

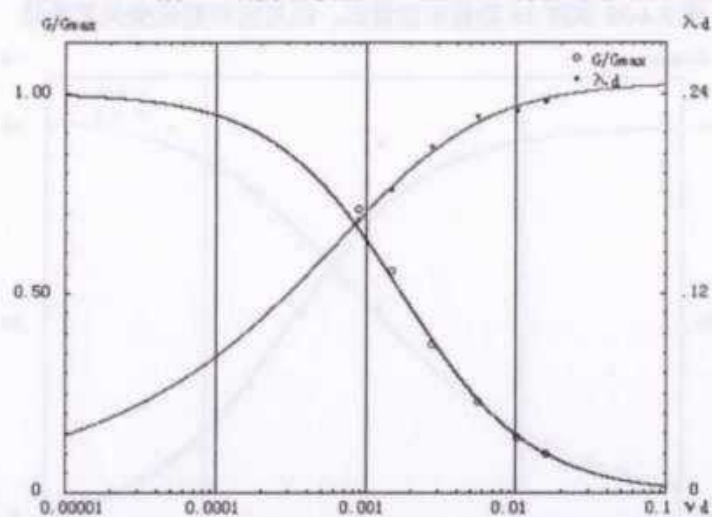


图 5.4-39 试样 39 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

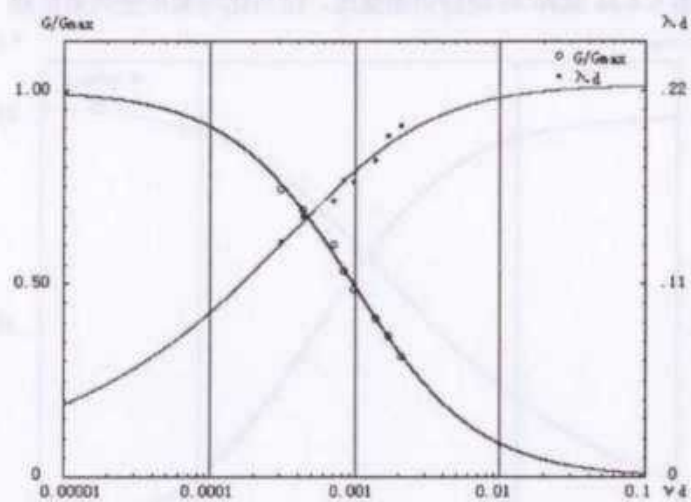


图 5.4-40 试样 40 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

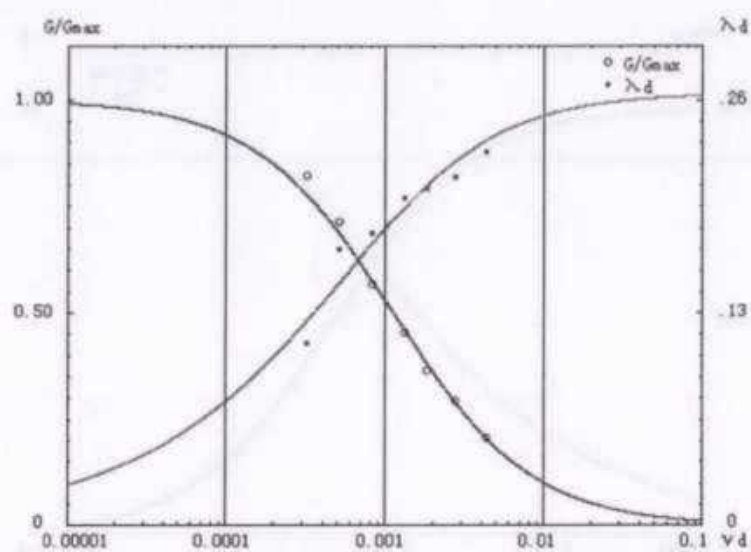


图 5.4-41 试样 41 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

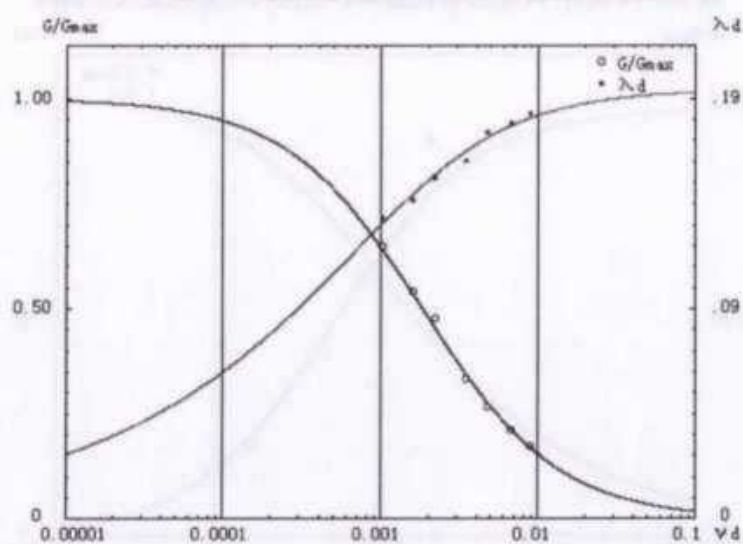


图 5.4-42 试样 42 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

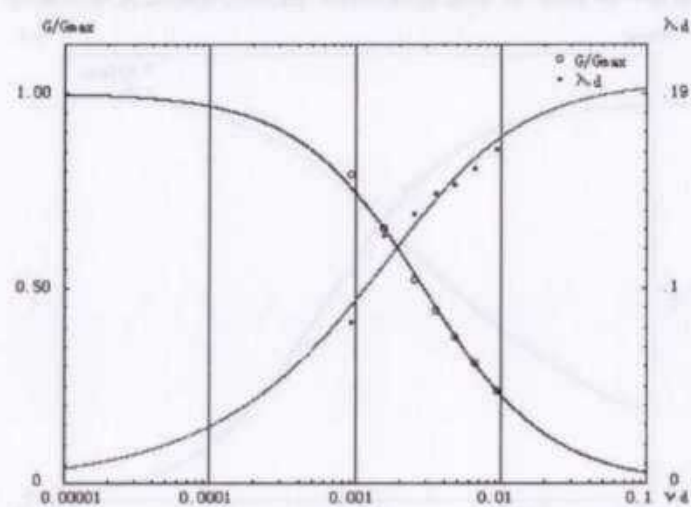


图 5.4-43 试样 43 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

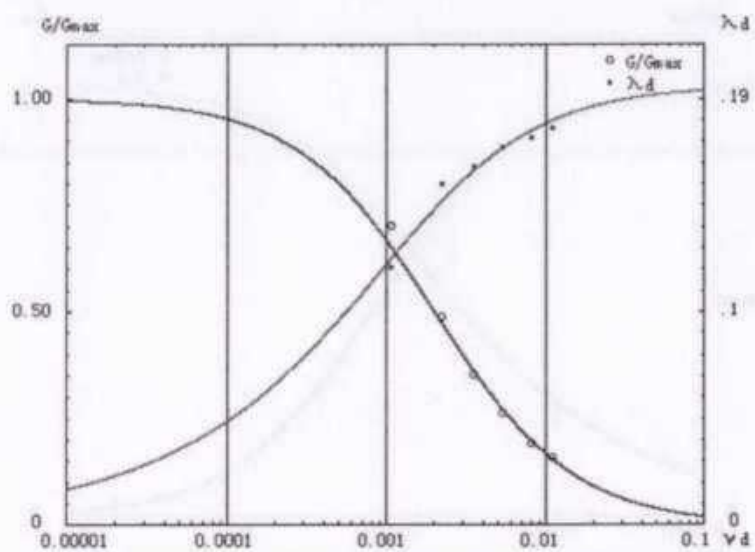


图 5.4-44 试样 44 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

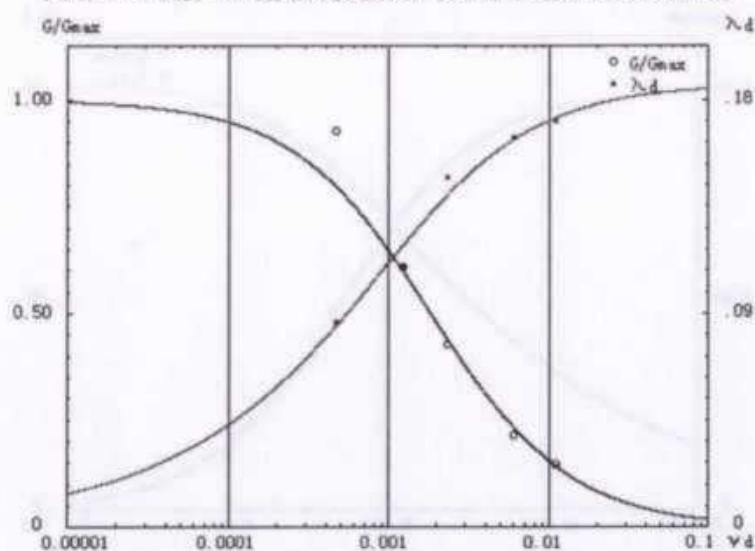


图 5.4-45 试样 45 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

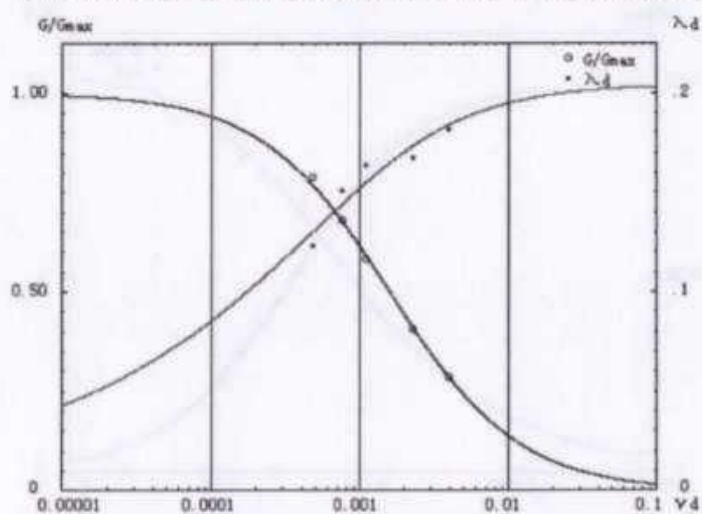


图 5.4-46 试样 46 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

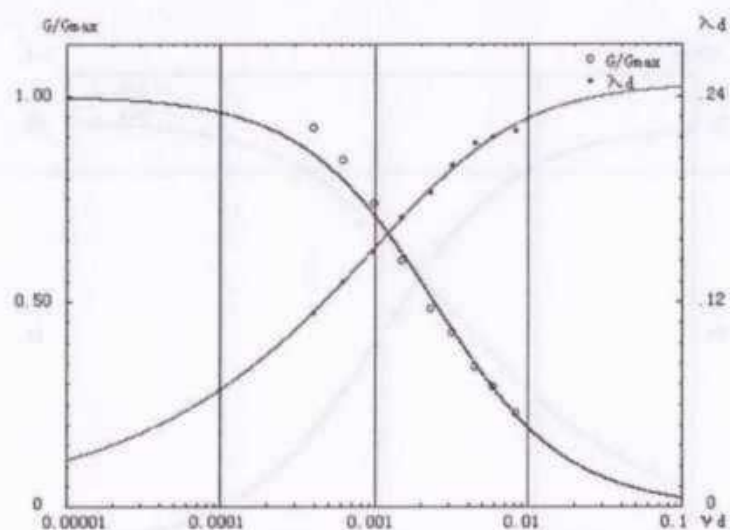


图 5.4-47 试样 47 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

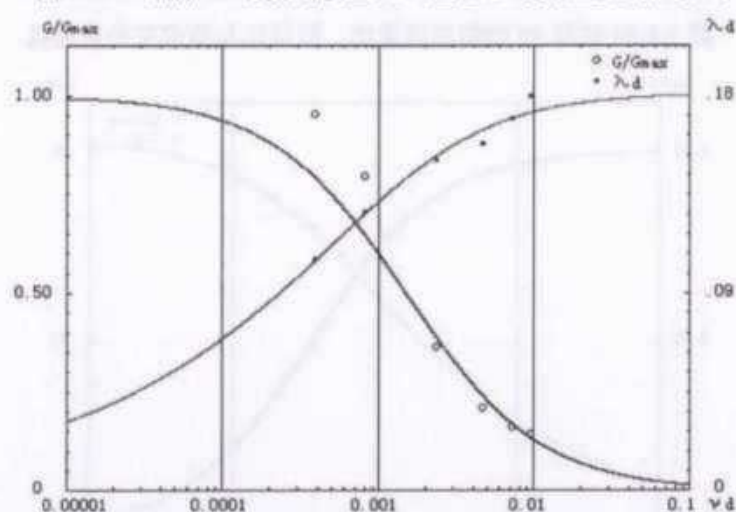


图 5.4-48 试样 48 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

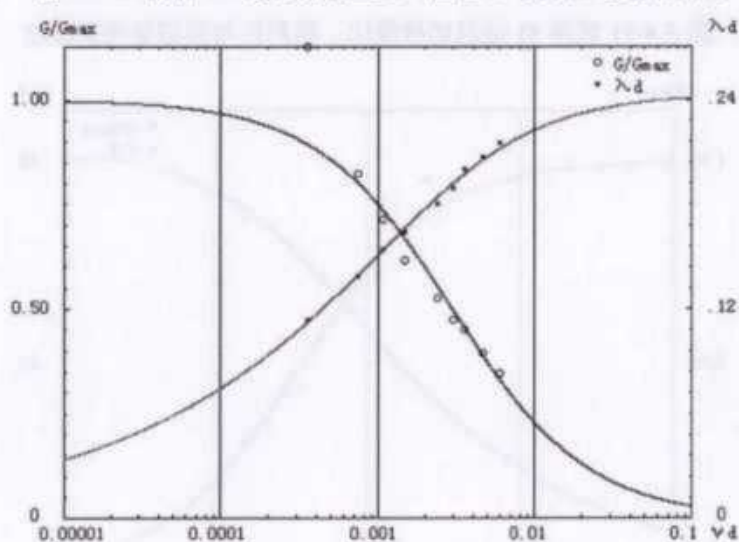


图 5.4-49 试样 49 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

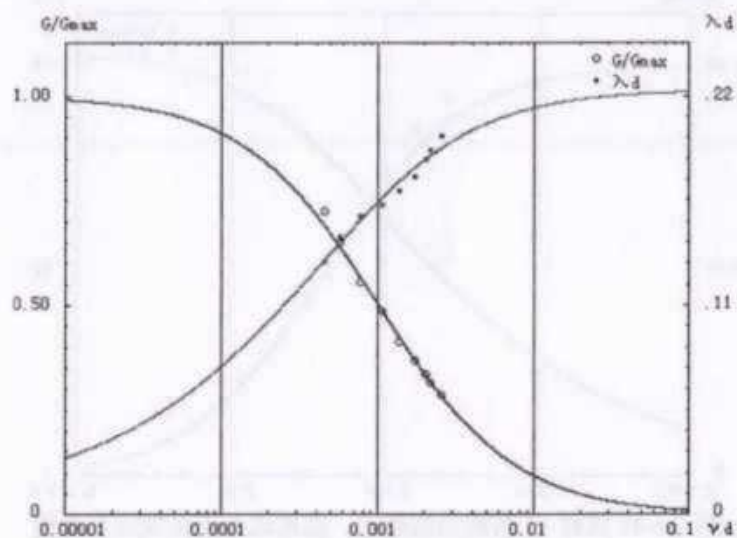


图 5.4-50 试样 50 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

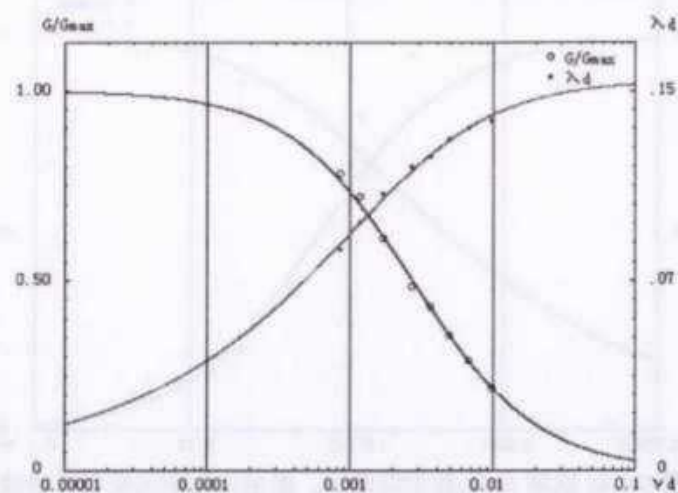


图 5.4-51 试样 51 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

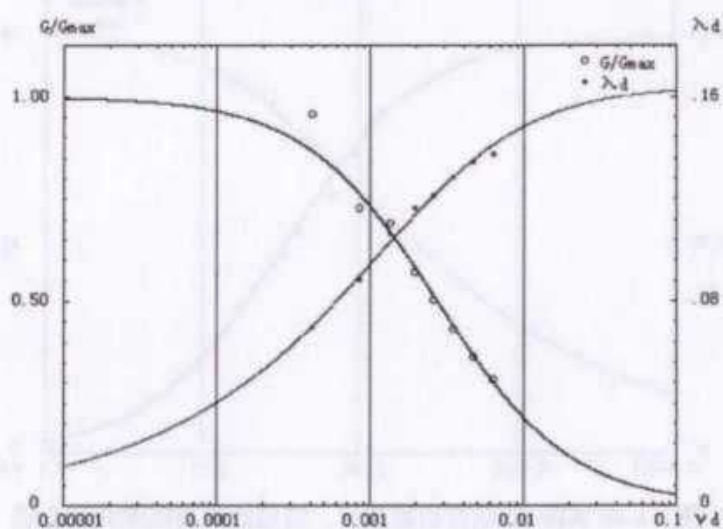


图 5.4-52 试样 52 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

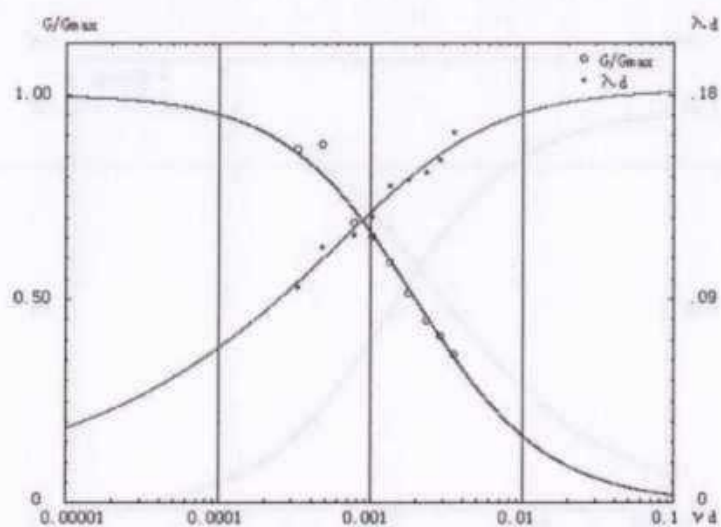


图 5.4-53 试样 53 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

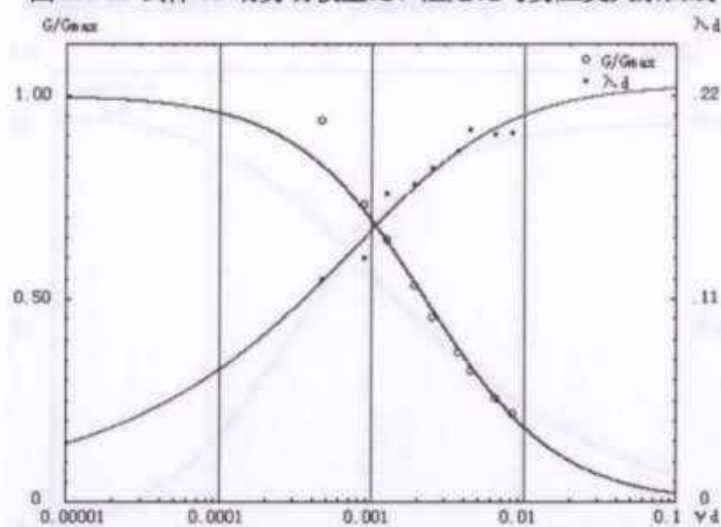


图 5.4-54 试样 54 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

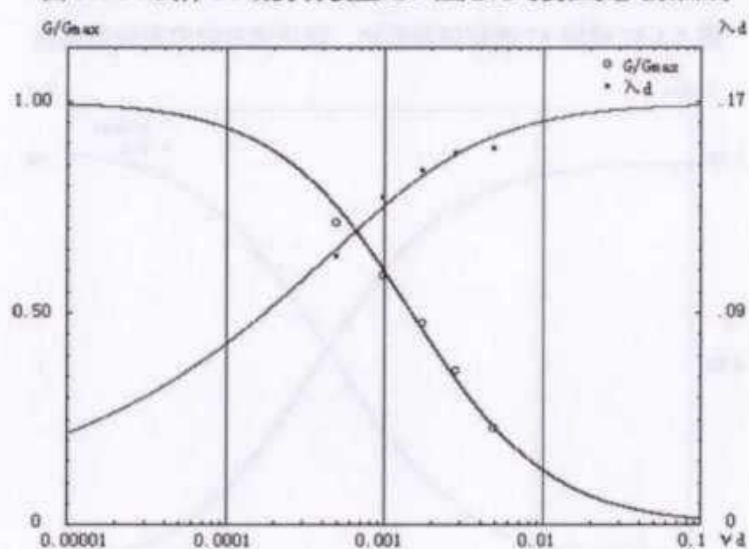


图 5.4-55 试样 55 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

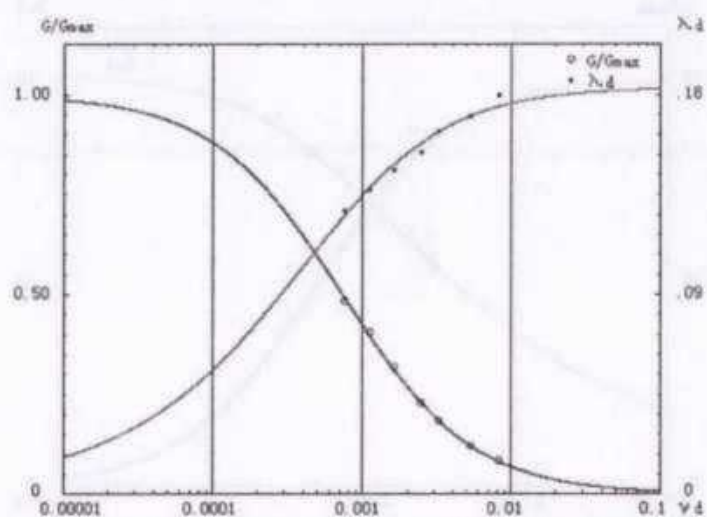


图 5.4-56 试样 56 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

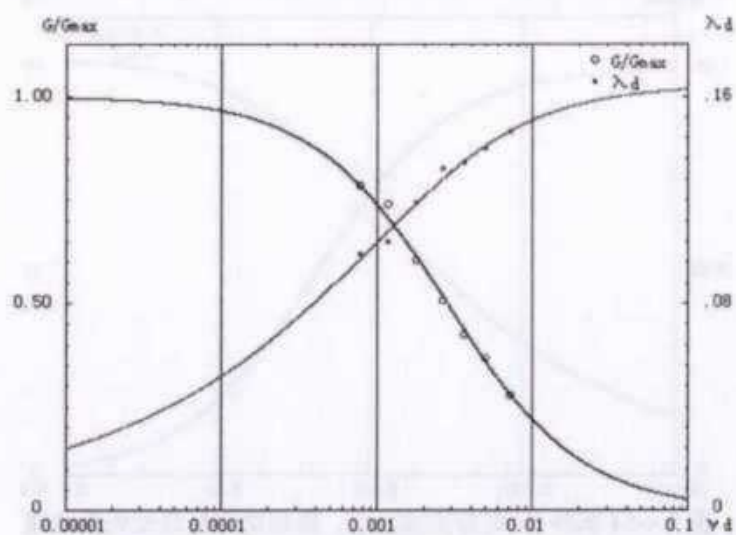


图 5.4-57 试样 57 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

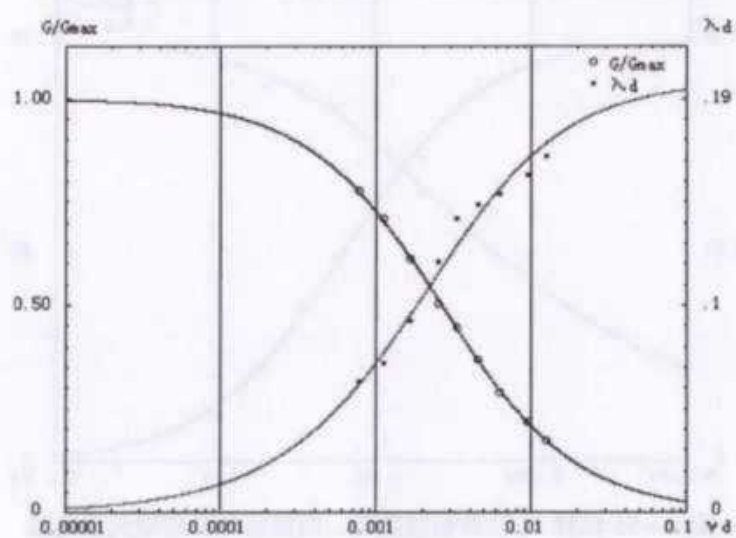


图 5.4-58 试样 58 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

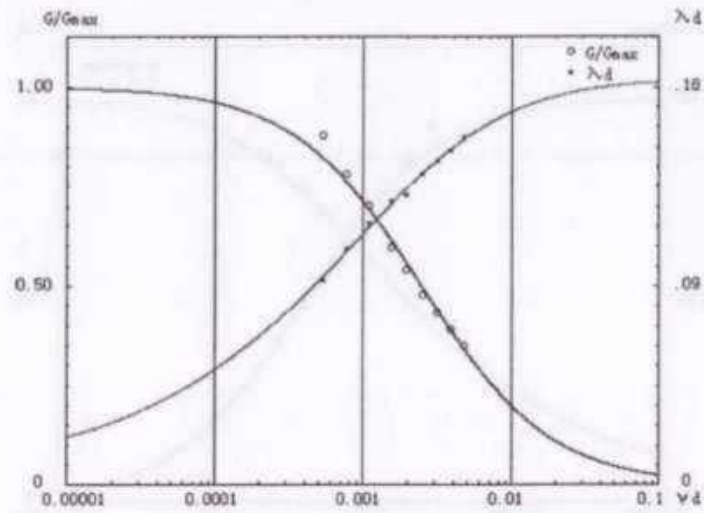


图 5.4-59 试样 59 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

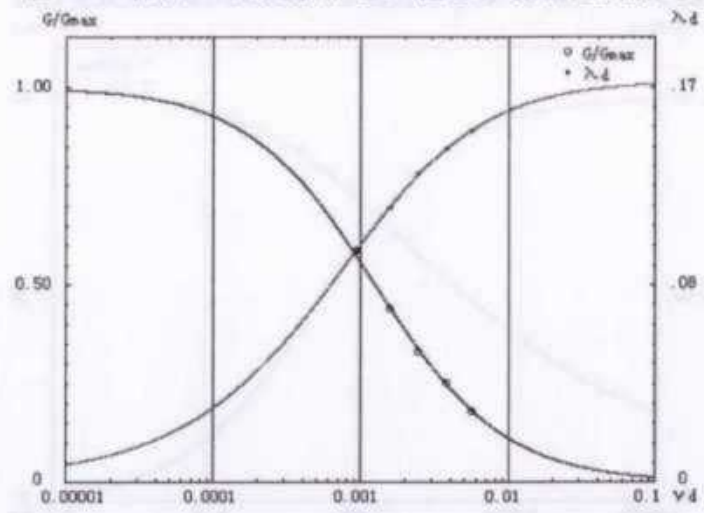


图 5.4-60 试样 60 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

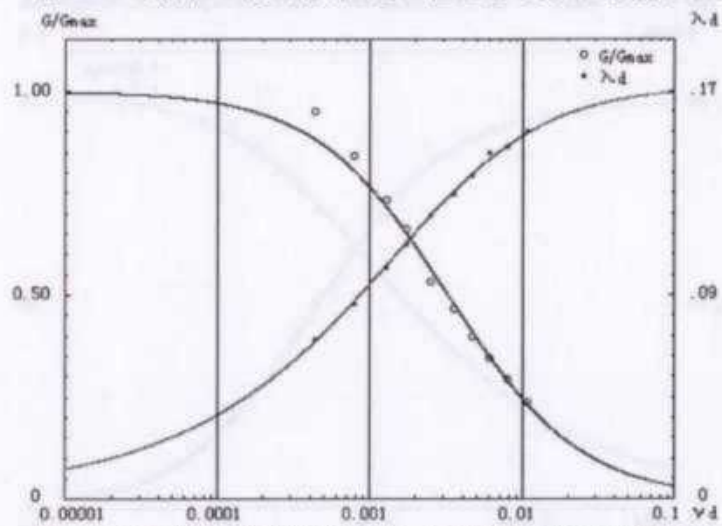


图 5.4-61 试样 61 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

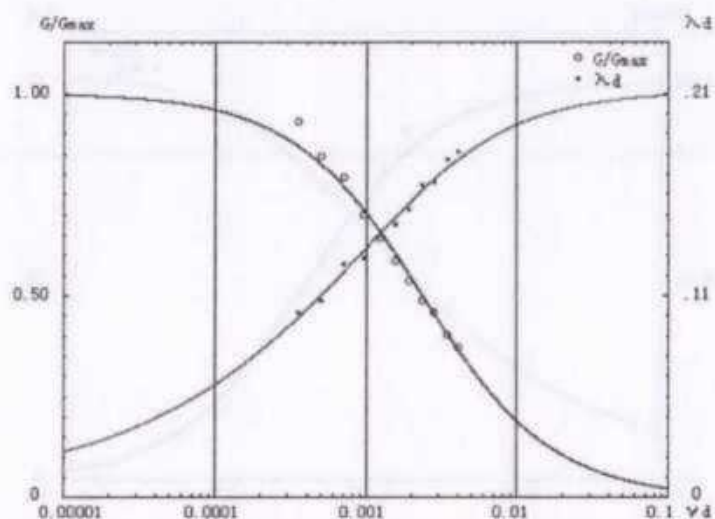


图 5.4-62 试样 62 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

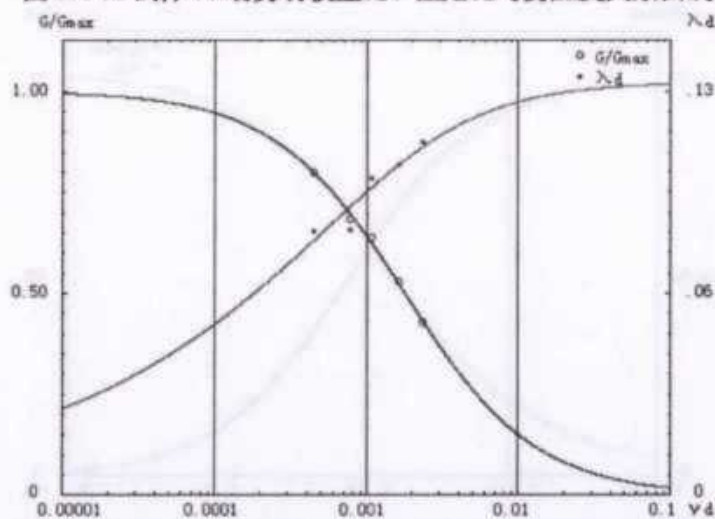


图 5.4-63 试样 63 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

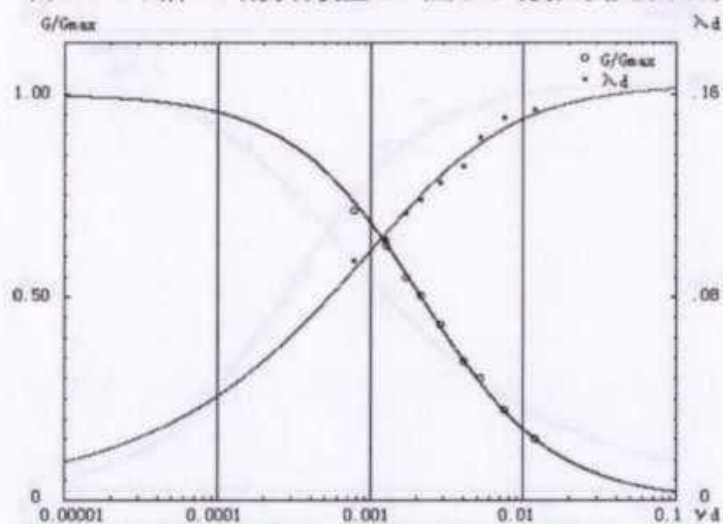


图 5.4-64 试样 64 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

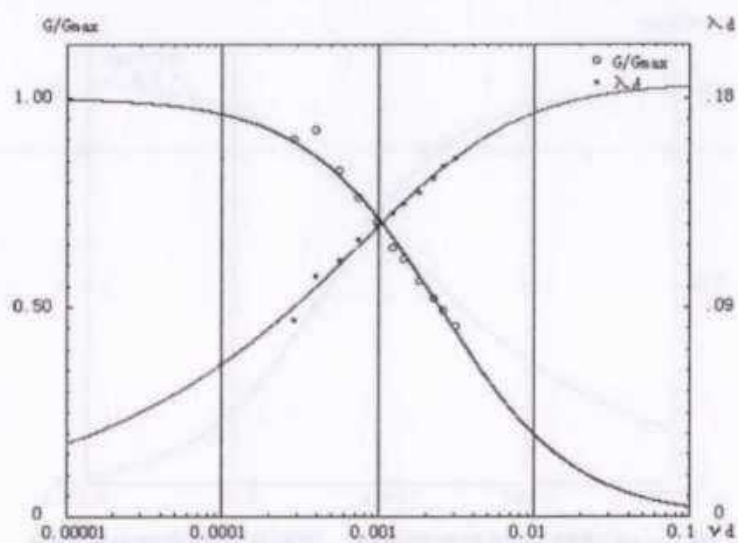


图 5.4-65 试样 65 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

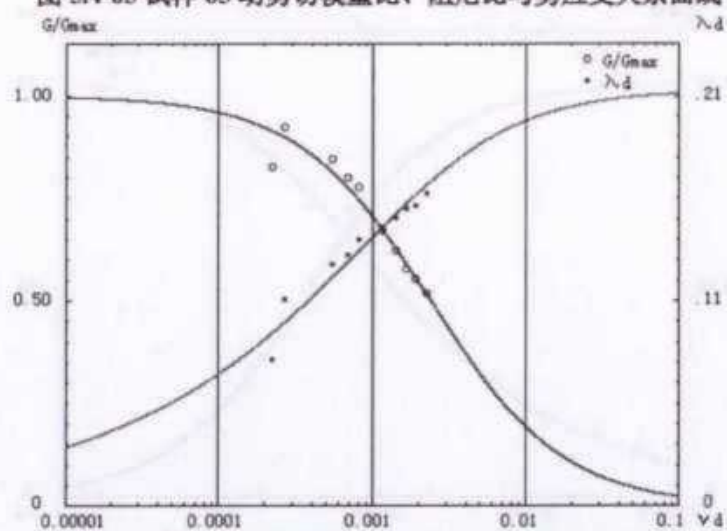


图 5.4-66 试样 66 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

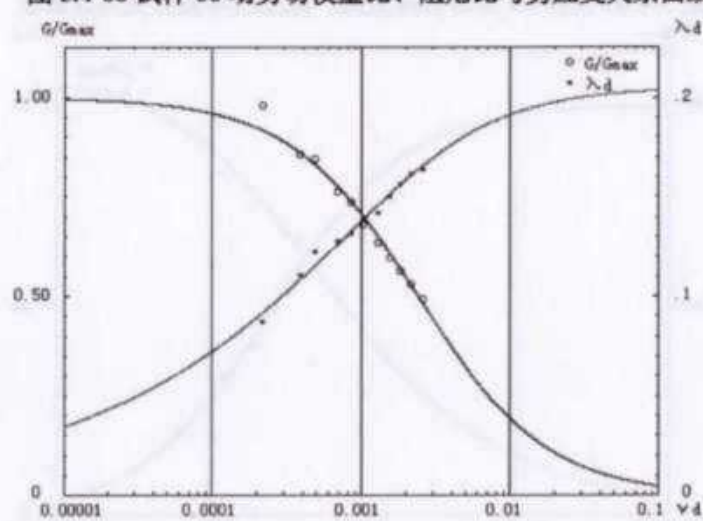


图 5.4-67 试样 67 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

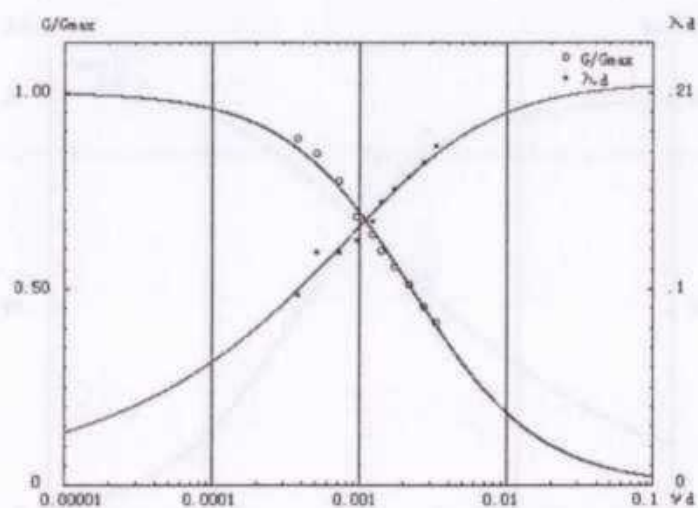


图 5.4-68 试样 68 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

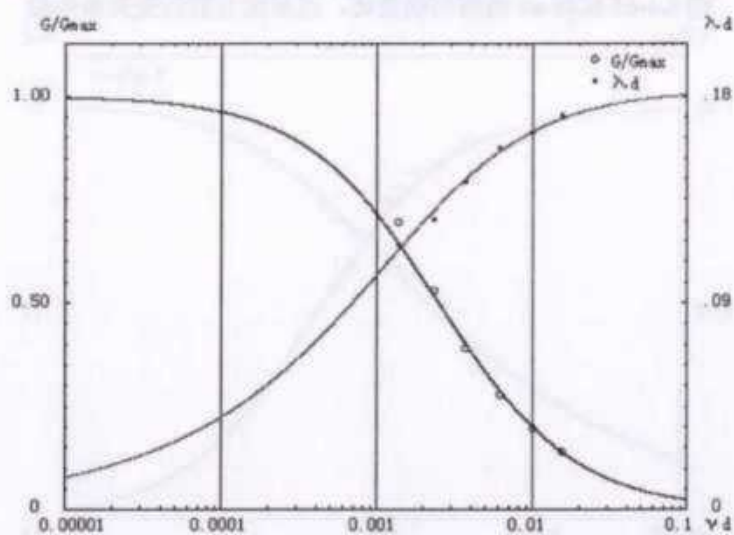


图 5.4-69 试样 69 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

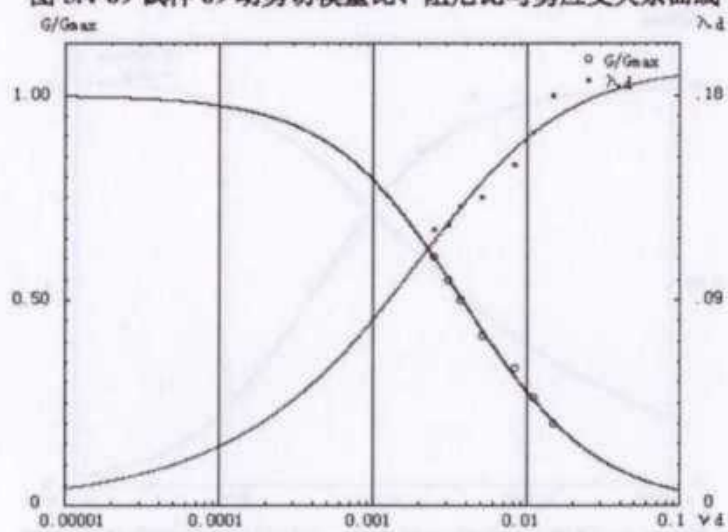


图 5.4-70 试样 70 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

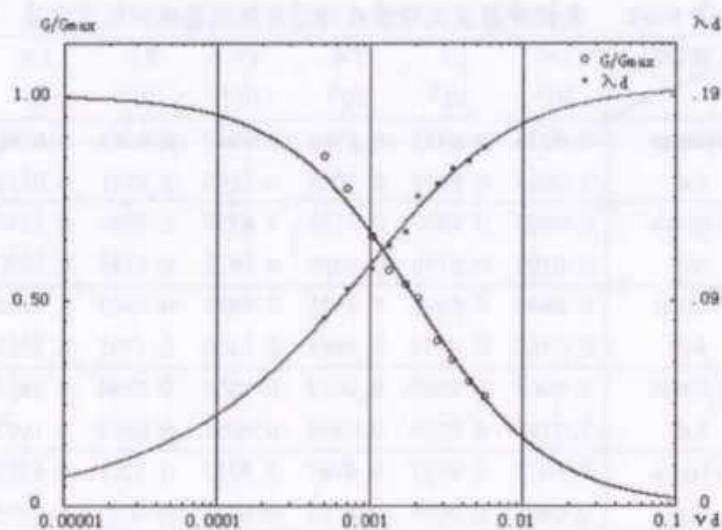


图 5.4-71 试样 71 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

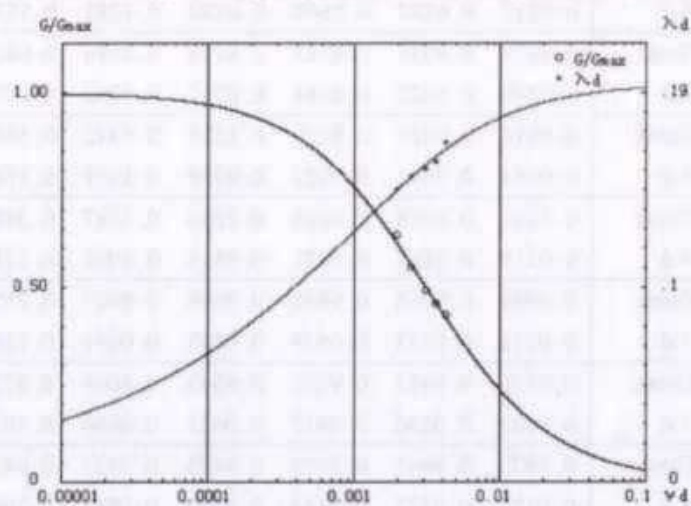


图 5.4-72 试样 72 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

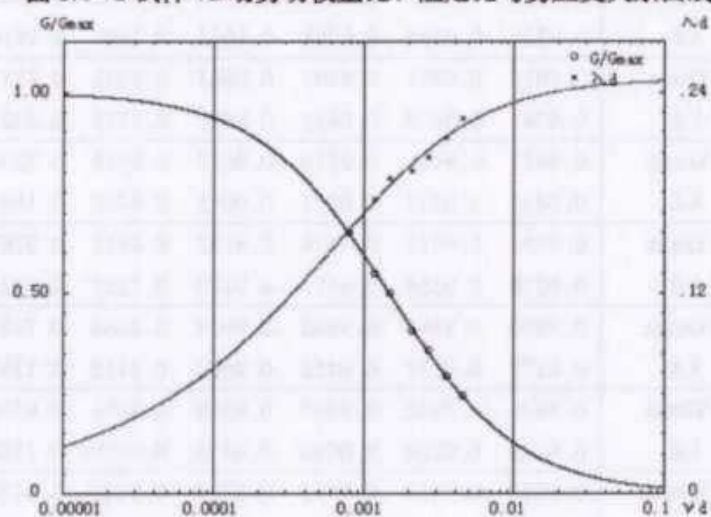


图 5.4-73 试样 73 动剪切模量比、阻尼比与剪应变关系曲线

表 5.4-2 各试样剪应变标准点的动剪切模量比和阻尼比值

土样编号	剪应变 γ_d 参数	5×10^{-6}	1×10^{-5}	5×10^{-5}	1×10^{-4}	5×10^{-4}	1×10^{-3}	5×10^{-3}	1×10^{-2}
1	G/Gmax	0.9976	0.9953	0.9768	0.9547	0.8081	0.6780	0.2963	0.1739
	λ_d	0.0014	0.0025	0.0094	0.0163	0.0541	0.0832	0.1593	0.1819
2	G/Gmax	0.9903	0.9807	0.9106	0.8359	0.5046	0.3374	0.0924	0.0485
	λ_d	0.0109	0.0170	0.0458	0.0678	0.1384	0.1670	0.2047	0.2110
3	G/Gmax	0.9936	0.9872	0.9391	0.8851	0.6065	0.4352	0.1335	0.0715
	λ_d	0.0368	0.0478	0.0864	0.1100	0.1755	0.2013	0.2368	0.2431
4	G/Gmax	0.9965	0.9930	0.9658	0.9338	0.7384	0.5853	0.2201	0.1237
	λ_d	0.0288	0.0349	0.0545	0.0655	0.0964	0.1097	0.1310	0.1354
5	G/Gmax	0.9978	0.9957	0.9787	0.9583	0.8213	0.6968	0.3149	0.1869
	λ_d	0.0044	0.0068	0.0182	0.0277	0.0687	0.0955	0.1588	0.1767
6	G/Gmax	0.9973	0.9945	0.9732	0.9479	0.7844	0.6452	0.2667	0.1539
	λ_d	0.0217	0.0287	0.0549	0.0720	0.1285	0.1574	0.2116	0.2244
7	G/Gmax	0.9978	0.9956	0.9783	0.9576	0.8186	0.6929	0.3109	0.1841
	λ_d	0.0249	0.0322	0.0584	0.0751	0.1292	0.1573	0.2128	0.2266
8	G/Gmax	0.9914	0.9829	0.9198	0.8515	0.5342	0.3645	0.1029	0.0542
	λ_d	0.0054	0.0094	0.0327	0.0538	0.1355	0.1742	0.2303	0.2403
9	G/Gmax	0.9959	0.9918	0.9605	0.9240	0.7087	0.5488	0.1957	0.1085
	λ_d	0.0119	0.0169	0.0371	0.0515	0.1008	0.1255	0.1676	0.1765
10	G/Gmax	0.9984	0.9968	0.9841	0.9686	0.8607	0.7554	0.3818	0.2360
	λ_d	0.0272	0.0333	0.0529	0.0643	0.0991	0.1166	0.1525	0.1621
11	G/Gmax	0.9976	0.9952	0.9766	0.9542	0.8065	0.6757	0.2942	0.1725
	λ_d	0.0189	0.0240	0.0417	0.0525	0.0866	0.1035	0.1355	0.1432
12	G/Gmax	0.9972	0.9945	0.9729	0.9473	0.7823	0.6424	0.2643	0.1523
	λ_d	0.0127	0.0172	0.0344	0.0460	0.0855	0.1062	0.1456	0.1549
13	G/Gmax	0.9938	0.9877	0.9416	0.8896	0.6172	0.4463	0.1388	0.0746
	λ_d	0.0324	0.0425	0.0788	0.1014	0.1658	0.1918	0.2284	0.2350
14	G/Gmax	0.9936	0.9873	0.9397	0.8863	0.6093	0.4381	0.1349	0.0723
	λ_d	0.0361	0.0470	0.0856	0.1093	0.1758	0.2021	0.2387	0.2452
15	G/Gmax	0.9981	0.9961	0.9810	0.9627	0.8378	0.7209	0.3406	0.2052
	λ_d	0.0446	0.0537	0.0823	0.0985	0.1460	0.1689	0.2125	0.2234
16	G/Gmax	0.9956	0.9912	0.9574	0.9182	0.6918	0.5289	0.1833	0.1009
	λ_d	0.0278	0.0354	0.0613	0.0770	0.1225	0.1421	0.1722	0.1781
17	G/Gmax	0.9980	0.9961	0.9808	0.9624	0.8364	0.7188	0.3383	0.2036
	λ_d	0.0173	0.0231	0.0452	0.0600	0.1112	0.1397	0.2001	0.2164
18	G/Gmax	0.9976	0.9952	0.9764	0.9538	0.8051	0.6738	0.2924	0.1712
	λ_d	0.0149	0.0200	0.0390	0.0518	0.0950	0.1180	0.1635	0.1748
19	G/Gmax	0.9929	0.9860	0.9335	0.8753	0.5840	0.4124	0.1231	0.0656
	λ_d	0.0272	0.0363	0.0696	0.0906	0.1500	0.1733	0.2050	0.2105
20	G/Gmax	0.9976	0.9953	0.9767	0.9545	0.8076	0.6773	0.2956	0.1735
	λ_d	0.0133	0.0183	0.0383	0.0521	0.1015	0.1289	0.1849	0.1991

21	G/Gmax λd	0.9983 0.0116	0.9966 0.0157	0.9832 0.0315	0.9669 0.0423	0.8540 0.0808	0.7452 0.1031	0.3690 0.1530	0.2263 0.1673
22	G/Gmax λd	0.9972 0.0258	0.9945 0.0336	0.9730 0.0613	0.9475 0.0788	0.7830 0.1350	0.6433 0.1629	0.2651 0.2142	0.1528 0.2261
23	G/Gmax λd	0.9981 0.0068	0.9961 0.0097	0.9810 0.0222	0.9626 0.0316	0.8374 0.0677	0.7203 0.0897	0.3400 0.1400	0.2048 0.1542
24	G/Gmax λd	0.9971 0.0265	0.9942 0.0344	0.9717 0.0627	0.9449 0.0807	0.7743 0.1376	0.6317 0.1656	0.2554 0.2161	0.1464 0.2276
25	G/Gmax λd	0.9948 0.0326	0.9897 0.0420	0.9505 0.0747	0.9057 0.0947	0.6576 0.1521	0.4898 0.1761	0.1611 0.2114	0.0876 0.2180
26	G/Gmax λd	0.9955 0.0178	0.9911 0.0250	0.9572 0.0547	0.9179 0.0756	0.6909 0.1462	0.5278 0.1805	0.1827 0.2370	0.1005 0.2486
27	G/Gmax λd	0.9973 0.0224	0.9945 0.0287	0.9732 0.0511	0.9478 0.0651	0.7842 0.1089	0.6450 0.1305	0.2665 0.1697	0.1537 0.1788
28	G/Gmax λd	0.9983 0.0051	0.9966 0.0076	0.9831 0.0190	0.9667 0.0280	0.8531 0.0654	0.7439 0.0899	0.3674 0.1507	0.2251 0.1693
29	G/Gmax λd	0.9975 0.0117	0.9950 0.0161	0.9756 0.0341	0.9524 0.0467	0.7999 0.0918	0.6665 0.1167	0.2856 0.1671	0.1666 0.1796
30	G/Gmax λd	0.9973 0.0103	0.9945 0.0144	0.9733 0.0315	0.9480 0.0438	0.7848 0.0882	0.6458 0.1127	0.2672 0.1613	0.1542 0.1731
31	G/Gmax λd	0.9968 0.0338	0.9937 0.0418	0.9694 0.0681	0.9405 0.0835	0.7598 0.1284	0.6126 0.1487	0.2403 0.1830	0.1366 0.1903
32	G/Gmax λd	0.9979 0.0209	0.9959 0.0275	0.9796 0.0517	0.9600 0.0676	0.8277 0.1207	0.7061 0.1493	0.3245 0.2077	0.1937 0.2228
33	G/Gmax λd	0.9966 0.0244	0.9933 0.0310	0.9674 0.0537	0.9368 0.0676	0.7478 0.1093	0.5972 0.1286	0.2287 0.1612	0.1291 0.1682
34	G/Gmax λd	0.9983 0.0263	0.9966 0.0334	0.9834 0.0580	0.9673 0.0732	0.8553 0.1224	0.7473 0.1484	0.3716 0.2033	0.2282 0.2183
35	G/Gmax λd	0.9951 0.0225	0.9902 0.0304	0.9529 0.0602	0.9101 0.0798	0.6693 0.1407	0.5030 0.1680	0.1683 0.2102	0.0919 0.2184
36	G/Gmax λd	0.9982 0.0141	0.9963 0.0183	0.9820 0.0334	0.9646 0.0431	0.8448 0.0753	0.7313 0.0926	0.3525 0.1291	0.2140 0.1388
37	G/Gmax λd	0.9982 0.0119	0.9963 0.0159	0.9819 0.0311	0.9645 0.0413	0.8444 0.0768	0.7307 0.0966	0.3518 0.1397	0.2135 0.1515
38	G/Gmax λd	0.9975 0.0263	0.9949 0.0328	0.9752 0.0547	0.9516 0.0679	0.7972 0.1077	0.6628 0.1268	0.2822 0.1618	0.1643 0.1699
39	G/Gmax λd	0.9978 0.0244	0.9956 0.0313	0.9782 0.0557	0.9574 0.0710	0.8181 0.1199	0.6922 0.1449	0.3102 0.1939	0.1836 0.2061
40	G/Gmax λd	0.9966 0.0305	0.9933 0.0377	0.9674 0.0610	0.9368 0.0746	0.7479 0.1137	0.5973 0.1311	0.2288 0.1598	0.1292 0.1659
41	G/Gmax λd	0.9932 0.0112	0.9865 0.0164	0.9361 0.0391	0.8799 0.0555	0.5943 0.1094	0.4228 0.1331	0.1278 0.1675	0.0683 0.1737
42	G/Gmax	0.9982	0.9965	0.9825	0.9656	0.8488	0.7373	0.3596	0.2192

	λd	0.0189	0.0240	0.0413	0.0520	0.0862	0.1041	0.1411	0.1510
43	G/Gmax	0.9981	0.9962	0.9814	0.9634	0.8404	0.7247	0.3449	0.2084
	λd	0.0012	0.0021	0.0076	0.0132	0.0442	0.0690	0.1405	0.1641
44	G/Gmax	0.9980	0.9960	0.9801	0.9609	0.8311	0.7110	0.3298	0.1975
	λd	0.0169	0.0220	0.0408	0.0530	0.0934	0.1149	0.1591	0.1706
45	G/Gmax	0.9960	0.9921	0.9615	0.9259	0.7141	0.5553	0.1998	0.1110
	λd	0.0049	0.0076	0.0208	0.0318	0.0757	0.1005	0.1466	0.1569
46	G/Gmax	0.9979	0.9958	0.9791	0.9591	0.8243	0.7011	0.3193	0.1900
	λd	0.0182	0.0240	0.0452	0.0591	0.1057	0.1307	0.1814	0.1944
47	G/Gmax	0.9972	0.9944	0.9725	0.9465	0.7798	0.6391	0.2615	0.1504
	λd	0.0219	0.0269	0.0434	0.0530	0.0812	0.0942	0.1168	0.1218
48	G/Gmax	0.9977	0.9953	0.9771	0.9552	0.8100	0.6806	0.2988	0.1757
	λd	0.0114	0.0155	0.0313	0.0422	0.0800	0.1007	0.1427	0.1533
49	G/Gmax	0.9980	0.9959	0.9800	0.9607	0.8302	0.7097	0.3284	0.1964
	λd	0.0257	0.0321	0.0535	0.0664	0.1064	0.1264	0.1655	0.1753
50	G/Gmax	0.9979	0.9958	0.9794	0.9596	0.8261	0.7038	0.3221	0.1920
	λd	0.0237	0.0303	0.0534	0.0679	0.1144	0.1383	0.1858	0.1979
51	G/Gmax	0.9979	0.9958	0.9794	0.9597	0.8265	0.7043	0.3226	0.1923
	λd	0.0277	0.0347	0.0582	0.0724	0.1162	0.1381	0.1807	0.1913
52	G/Gmax	0.9978	0.9956	0.9784	0.9577	0.8190	0.6935	0.3116	0.1845
	λd	0.0216	0.0280	0.0505	0.0648	0.1113	0.1353	0.1828	0.1947
53	G/Gmax	0.9980	0.9960	0.9803	0.9614	0.8327	0.7133	0.3323	0.1992
	λd	0.0105	0.0144	0.0300	0.0410	0.0807	0.1035	0.1529	0.1663
54	G/Gmax	0.9975	0.9950	0.9755	0.9522	0.7994	0.6658	0.2849	0.1661
	λd	0.0096	0.0135	0.0298	0.0417	0.0852	0.1099	0.1606	0.1734
55	G/Gmax	0.9984	0.9968	0.9841	0.9686	0.8605	0.7552	0.3816	0.2358
	λd	0.0241	0.0302	0.0507	0.0632	0.1026	0.1231	0.1664	0.1782
56	G/Gmax	0.9966	0.9932	0.9668	0.9357	0.7442	0.5926	0.2253	0.1270
	λd	0.0208	0.0280	0.0556	0.0740	0.1347	0.1648	0.2178	0.2294
57	G/Gmax	0.9983	0.9965	0.9830	0.9665	0.8523	0.7427	0.3660	0.2240
	λd	0.0340	0.0412	0.0642	0.0775	0.1171	0.1367	0.1757	0.1859
58	G/Gmax	0.9983	0.9966	0.9830	0.9666	0.8528	0.7434	0.3668	0.2246
	λd	0.0165	0.0216	0.0406	0.0530	0.0953	0.1187	0.1695	0.1836
59	G/Gmax	0.9983	0.9966	0.9831	0.9668	0.8534	0.7443	0.3680	0.2255
	λd	0.0424	0.0511	0.0784	0.0941	0.1403	0.1630	0.2079	0.2196
60	G/Gmax	0.9982	0.9964	0.9825	0.9655	0.8486	0.7370	0.3591	0.2189
	λd	0.0323	0.0387	0.0588	0.0702	0.1035	0.1197	0.1512	0.1593
61	G/Gmax	0.9981	0.9962	0.9812	0.9631	0.8394	0.7232	0.3432	0.2072
	λd	0.0276	0.0344	0.0572	0.0709	0.1133	0.1347	0.1774	0.1884
62	G/Gmax	0.9981	0.9961	0.9808	0.9624	0.8366	0.7191	0.3386	0.2038
	λd	0.0292	0.0359	0.0575	0.0703	0.1087	0.1276	0.1645	0.1738
63	G/Gmax	0.9978	0.9956	0.9785	0.9579	0.8199	0.6948	0.3129	0.1855
	λd	0.0048	0.0073	0.0189	0.0284	0.0681	0.0935	0.1524	0.1688

64	G/Gmax	0.9978	0.9955	0.9781	0.9571	0.8169	0.6904	0.3085	0.1824
	λd	0.0042	0.0065	0.0176	0.0268	0.0664	0.0922	0.1526	0.1694
65	G/Gmax	0.9981	0.9962	0.9811	0.9629	0.8383	0.7216	0.3414	0.2058
	λd	0.0288	0.0352	0.0561	0.0682	0.1047	0.1226	0.1575	0.1664
66	G/Gmax	0.9976	0.9951	0.9762	0.9535	0.8040	0.6722	0.2908	0.1702
	λd	0.0049	0.0073	0.0184	0.0272	0.0630	0.0850	0.1333	0.1461
67	G/Gmax	0.9968	0.9937	0.9693	0.9404	0.7594	0.6121	0.2399	0.1363
	λd	0.0099	0.0143	0.0333	0.0475	0.1002	0.1293	0.1853	0.1984
68	G/Gmax	0.9961	0.9923	0.9625	0.9277	0.7197	0.5621	0.2043	0.1138
	λd	0.0190	0.0254	0.0497	0.0657	0.1168	0.1411	0.1819	0.1904
69	G/Gmax	0.9977	0.9953	0.9771	0.9552	0.8102	0.6809	0.2991	0.1759
	λd	0.0211	0.0275	0.0510	0.0661	0.1157	0.1415	0.1919	0.2043
70	G/Gmax	0.9980	0.9960	0.9804	0.9616	0.8334	0.7144	0.3334	0.2001
	λd	0.0067	0.0098	0.0232	0.0335	0.0743	0.0996	0.1579	0.1743
71	G/Gmax	0.9975	0.9950	0.9755	0.9522	0.7995	0.6660	0.2851	0.1662
	λd	0.0056	0.0085	0.0220	0.0328	0.0774	0.1051	0.1656	0.1816
72	G/Gmax	0.9981	0.9962	0.9813	0.9632	0.8398	0.7238	0.3439	0.2077
	λd	0.0371	0.0455	0.0729	0.0890	0.1376	0.1616	0.2088	0.2207
73	G/Gmax	0.9970	0.9940	0.9708	0.9433	0.7690	0.6247	0.2497	0.1427
	λd	0.0166	0.0223	0.0437	0.0579	0.1050	0.1290	0.1731	0.1831

表 5.4.3 土工试验成果报告表

工程名称：新野县产业集聚区东区区域地震安评项目
报告日期：

野外	土样 编号	取样 深度 m	颗粒分析大小(mm)													土定名依规范 GB50021-2001 分 类
			石 粒			砾 粒			砂 粒				粉 粒	黏 粒		
			>100 %	100 ~ 60 %	60 ~ 40 %	40 ~ 20 %	20 ~ 10 %	10 ~ 5 %	5 ~ 2 %	2 ~ 0.5 %	0.5 ~ 0.25 %	0.25 ~ 0.075 %			0.075 ~ 0.005 %	
ZK1-扰 1		12.0-12.3								10.6	25.3	59.8	4.3		细砂	
ZK1-扰 2		13.0-13.3								8.6	22.8	64.4	4.2		细砂	
ZK1-3		15.8-16.0								14.1	17.3	65.8	2.8		细砂	
zk3-扰 1		12.7-13								9.6	17	68.6	4.8		细砂	
zk3-扰 2		13.7-14								9.3	24.6	61.8	4.3		细砂	
zk3-扰 3		14.7-15								13.1	22.7	60.5	3.7		细砂	
zk3-2		14.8-15								12.7	23.3	61.1	2.9		细砂	
zk3-扰 4		15.7-16								11	14.7	70.6	3.7		细砂	
zk3-扰 5		16.7-17								15.7	17.2	63.9	3.2		细砂	
zk3-扰 6		18.7-19								10.9	23.8	60.5	4.8		细砂	
zk3-扰 7		24.0-24.3								9	16.9	69.7	4.4		细砂	
zk3-扰 8		25.0-25.3								9.3	15.4	72.1	3.2		细砂	
zk4-3		11.3-11.5								11.4	10.8	73.3	4.5		细砂	
zk4-4		14.3-14.5								13.6	8.4	74.5	3.5		细砂	
zk4-7		25.1-25.3								20.6	39.8	36.8	2.8		中砂	

zk10-扰 4	15. 5-15. 8											10. 8	10. 4	74	4. 8		细砂
zk10-扰 5	16. 5-16. 8											11. 8	21. 4	62. 5	4. 3		细砂
zk10-扰 6	17. 5-17. 8											10. 8	14. 7	69. 9	4. 6		细砂
zk10-扰 7	18. 5-18. 8											10. 7	28	57	4. 3		细砂
zk10-扰 8	19. 5-19. 8											11. 9	19. 8	64	4. 3		细砂
zk10-扰 9	20. 5-20. 8											9. 8	21. 5	64. 3	4. 4		细砂
zk10-扰 10	21. 5-21. 8											9. 1	22. 4	63. 9	4. 6		细砂
zk10-扰 11	25. 0-25. 3											12. 7	24. 4	59	3. 9		细砂
zk10-扰 12	26. 0-26. 3											14. 2	23. 3	58. 7	3. 8		细砂
zk10-扰 13	27. 0-27. 3											15. 7	22. 9	58. 8	2. 6		细砂
zk10-扰 14	28. 0-28. 3											11. 4	26. 4	58. 5	3. 7		细砂
zk11 扰 1	9. 15-9. 45											12. 7	11. 5	71. 5	4. 3		细砂
zk11 扰 2	10. 15-10. 45											14. 2	6. 9	74. 4	4. 5		细砂
zk11 扰 3	11. 15-11. 45											14. 6	13. 9	67. 3	4. 2		细砂
zk11 扰 4	12. 15-12. 45											12. 8	13. 8	68. 8	4. 6		细砂
zk11 扰 5	13. 15-13. 15											9. 6	16. 7	70. 8	2. 9		细砂
zk11 扰 6	14. 15-14. 45											14. 5	15. 2	66. 8	3. 5		细砂
zk11 扰 7	15. 15-15. 45											11. 2	14	70. 9	3. 9		细砂
zk12-扰 1	6. 15-6. 45											14. 5	7	75. 1	3. 4		细砂
zk12-扰 2	7. 15-7. 45											11. 7	15. 4	68. 1	4. 8		细砂
zk12-扰 3	8. 15-8. 45											10. 5	22. 4	64. 1	3		细砂
zk12-扰 4	9. 15-9. 45											13. 2	12. 4	70. 8	3. 6		细砂
zk12-扰 5	10. 15-10. 45											11. 6	22. 8	61. 7	3. 9		细砂
zk12-扰 6	11. 15-11. 38											11. 5	20. 5	63. 7	4. 3		细砂

zk12-扰7	12.15-12.39									15	18.1	62	4.9		细砂
zk12-扰8	13.15-13.33									14.5	24	57.7	3.8		细砂
zk12-扰9	14.15-14.33									13.2	7.9	75.9	3		细砂
zk12-扰10	15.15-15.32									12	15.3	68.6	4.1		细砂
zk12-扰11	16.15-16.30									13.4	16.6	65.4	4.6		细砂

5.5 目标区场地地震工程地质条件评价

依据场地类别划分结果、钻孔揭示的土层分布特征,并结合野外考察资料、地形资料、地貌资料及水文地质资料对目标区工作范围的场地进行了工程地质分区,因为目标区场地类型单一,本次工作将目标区分为1个工程地质分区,即华南襄盆地区(图5.0-1);同时编制了目标区覆盖层厚度等值线图 and 等效剪切波速等值线图,如图5.3-2和图5.5-3所示。

依据勘探资料,得到成果如下:(1)新野县产业集聚目标区现状地貌为已落成的工厂企业、已征用的待建地块和农田。(2)钻孔揭示深度范围内,目标区土层主要有杂填土、粉质粘土、细砂、中砂等。(3)目标区划分为一个工程地质单元(区),为南襄盆地区。(4)目标区划分为Ⅲ类建筑目标区类别。(5)整个目标区土层覆盖层厚度介于66~79m之间,目标区地势较为平坦,覆盖层厚度变化不大。

第六章 场地土层地震反应分析

本章将进一步考虑局部场地条件的影响,进行场地土层地震反应分析。

6.1 场地基岩的人造地震动时程

以基岩加速度反应谱和峰值为目标,用数值模拟的方法合成地震动时程,作为场地土层地震动力反应分析的地震动输入值。

6.1.1 方法简介

本项目采用《工程场地地震安全性评价 GB 17741-2005》的宣贯教材所推荐的方法,该地震动合成方法的主要思路为:

1、用反应谱与功率谱的近似转换关系,将目标反应谱转换成相应的功率谱,转换关系为:

$$S(\omega) = \frac{\xi}{\pi\omega} \frac{S_T^2(\omega)}{-\ln[-\pi \ln(1-r)/(\omega T)]} \quad (6.1-1)$$

其中: $S(\omega)$: 功率谱;

ξ : 阻尼比;

$S_T(\omega)$: 目标反应谱;

T : 持续时间;

r : 超过目标反应谱值的概率。

2、用三角级数叠加法,生成零均值的平稳高斯过程。

$$X(t) = \sum_{j=0}^N A_j \cos(\omega_j t + \varphi_j) \quad (6.1-2)$$

其中: $A_0 = \sqrt{2\pi\Delta f P(\omega_j)}$, 初相位

φ_j 为 $[0, 2\pi]$ 均匀分布的随机变量。

3、将平稳时程乘以非平稳强度包线,得到非平稳的加速度时程。

$$a(t) = \Psi(t) * X(t) \quad (6.1-3)$$

非平稳包线函数为如下形式:

$$\psi(t) = \begin{cases} (t/t_1)^2, & t \leq t_1 \\ 1, & t_1 < t \leq t_2 \\ \exp[-c(t - t_2)], & t > t_2 \end{cases} \quad (6.1-4)$$

其中:

t_1 : 峰值的上升段;

$t_2 - t_1$: 峰值的平稳段;

T : 持续时间;

c : 峰值的衰减系数。

由于式(6.1-1)表示的反应谱与功率谱的关系是近似关系,所以按初始时程 $a(t)$ 计算出来的反应谱一般只近似于目标谱,符合的程度也是概率平均的。为了提高拟合精度,还需要进行迭代调整。通用的方法是按下式调整式(6.1-2)中的傅氏幅值谱。

$$A^{(i+1)}(\omega_k) = \frac{S_T(\omega_j)}{S_a^{(i)}(\omega_j)} A^{(i)}(\omega_k) \quad N_{1j} < k < N_{2j} \quad (6.1-5)$$

式中 $A^{(i)}(\omega_j)$ 和 $A^{(i+1)}(\omega_k)$ 分别为第 i 和 $i+1$ 次迭代的结果, $S_a^{(i)}(\omega_j)$ 和 $S_T(\omega_j)$ 为第 j 个控制点的目标谱和计算反应谱。采用上述方式对幅值谱调整仅局限在控制频率 ω_j 附近的 $N_{1j} - N_{2j}$ 个傅里叶分量。通常 ω_{1j} 和 ω_{2j} 按下述方法选取:

$$\begin{aligned} \omega_{1j} &= \frac{1}{2}(\omega_{j-1} + \omega_j) \\ \omega_{2j} &= \frac{1}{2}(\omega_j + \omega_{j+1}) \end{aligned} \quad (6.1-6)$$

频段 $\omega_{1j} - \omega_{2j}$ 被称为 ω_j 的主控频段。对于目标谱控制点 ω_j ,迭代运算时只改变主控频段的幅值谱,这是因为在整个频段中,由于共振原理主控频段频率分量的改变对 ω_j 反应谱的变化最为敏感,另一方面调整幅值谱时,应尽量将幅值谱变化的影响局限在特定的控制频率 ω_j 附近,以避免在拟合 ω_j 频率处目标反应谱时对其邻近控制频率处的反应谱带来过大的影响,对幅值谱进行多次迭代修正,即可使其反应谱向目标谱逼近。在对幅值谱进行迭代修正的同时,还对相位谱进行迭代修正。

6.1.2 持时参数的确定

本文的地震动持续时间参数的确定见下式（具体值参阅霍俊荣等[1988]的研究结果）。

$$\lg Y = a_1 + a_2 M + a_3 \lg (R + R_0) \quad (6.1-7)$$

其中：Y：持时参数，代表 t_1 ， T_s ， c

T_s ：峰值平稳段的持时，即 $t_2 - t_1$ ； M ：等效震级； R ：等效震中距。

参照地震危险性分析所得的等效震级、等效震中距及式 6.1-7，得到了本项目工程场点的场地基岩地震动持时参数，如表 6.1-1 所示。

表 6.1-1 基岩地震动包络参数值

概率水平	t_1 (sec)	T_s (sec)	t_2 (sec)	c
50 年 63%	3.0	10.0	13.0	0.10
50 年 10%	3.0	15.0	18.0	0.06
50 年 2%	3.0	20.0	23.0	0.05
100 年 63%	3.0	12.0	15.0	0.08
100 年 10%	3.0	18.0	21.0	0.06
100 年 2%	3.0	23.0	26.0	0.04
100 年 1%	3.0	25.0	28.0	0.02

6.1.3 目标谱及基岩地震动时程的合成

在合成基岩地震动时程时，目标反应谱分别取不同概率水平的基岩谱。根据基岩谱及表 6.1-1 所给参数合成地震动时程。为了考虑相位随机性的影响，分别合成 5 个不同随机相位的地震动时程样本。合成的时程均以 0.01s 为间隔，离散值点数为 8192。

目标反应谱在 0.04~6s 内取 77 个控制点，以保证合成地震动时拟合目标反应谱的精度。在合成过程中，利用逐步逼近目标谱的方法，使合成的加速度时程精确满足目标峰值加速度，并近似满足目标加速度反应谱。本项目中拟合目标加速度反应谱时其拟合相对误差小于 5%，见图 6.1-71。

图 6.1-1 至图 6.1-70 给出钻孔 ZK1 不同概率水准下各样本的基岩水平向加速度（速度、位移）时程以及样本时程的反应谱对目标谱的拟合情况；图 6.1-71、图 6.1-72 分别为基岩地震动样本相对误差和互相关系数。

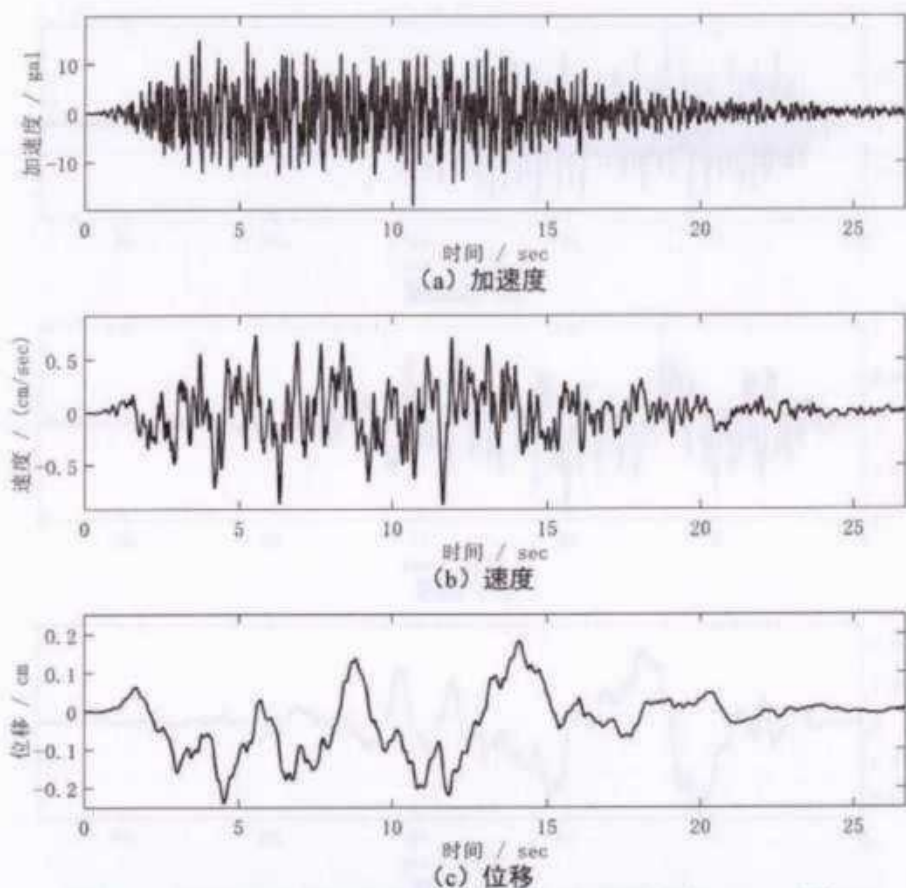


图 6.1-1 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 63%、样本 1)

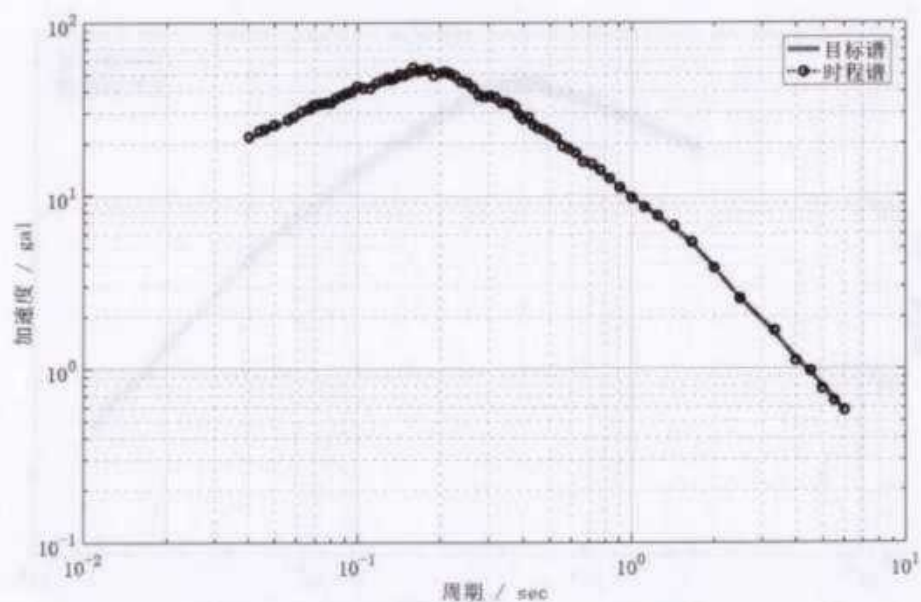


图 6.1-2 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 63%、样本 1)

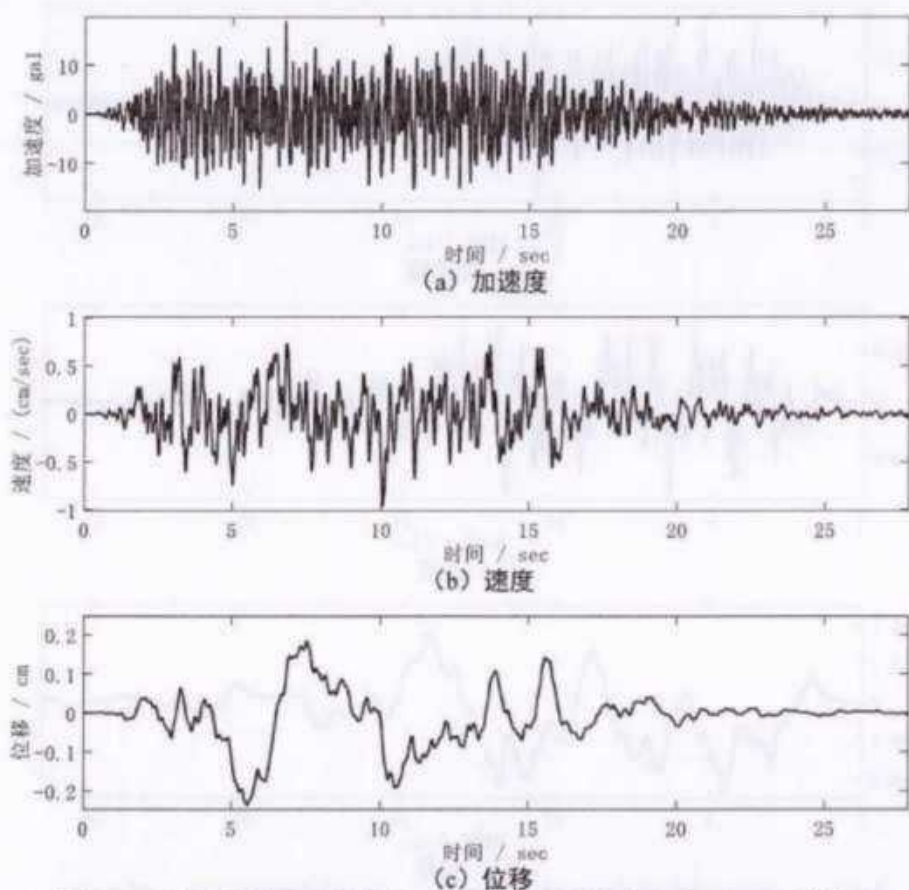


图 6.1-3 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 63%、样本 2)

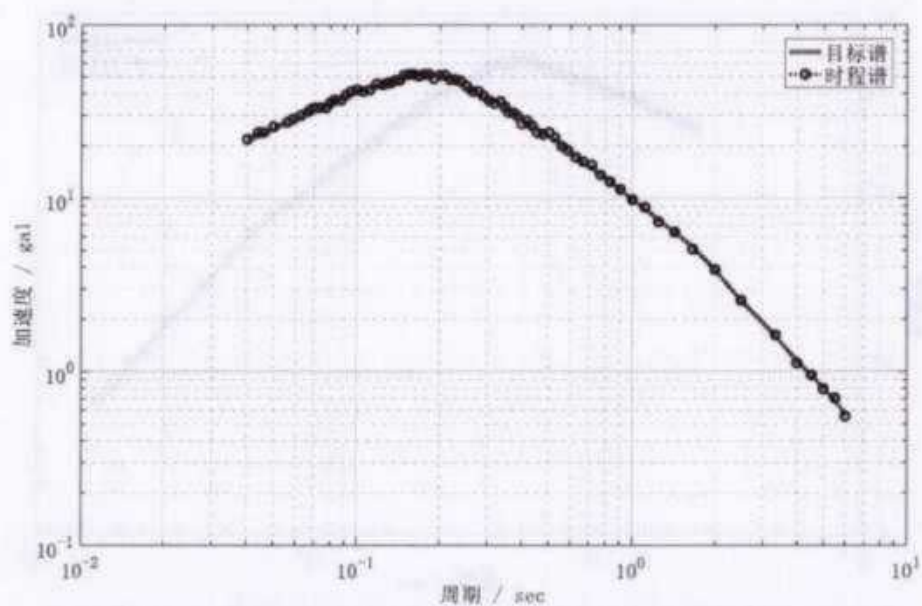


图 6.1-4 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 63%、样本 2)

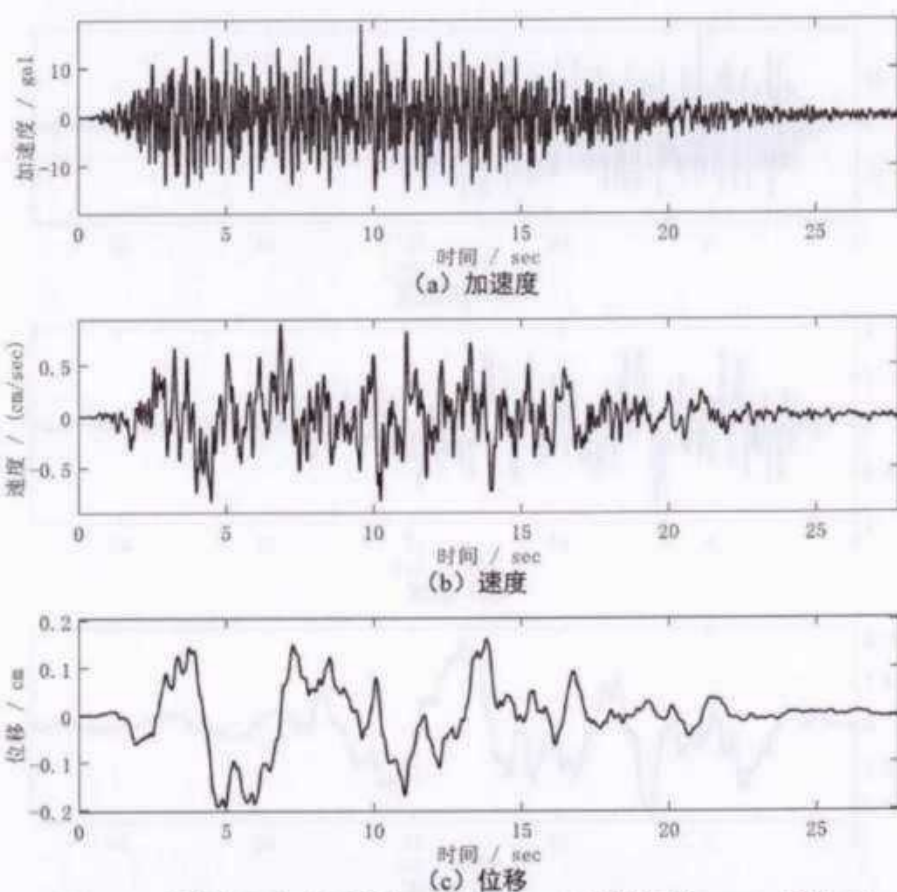


图 6.1-5 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 63%、样本 3)

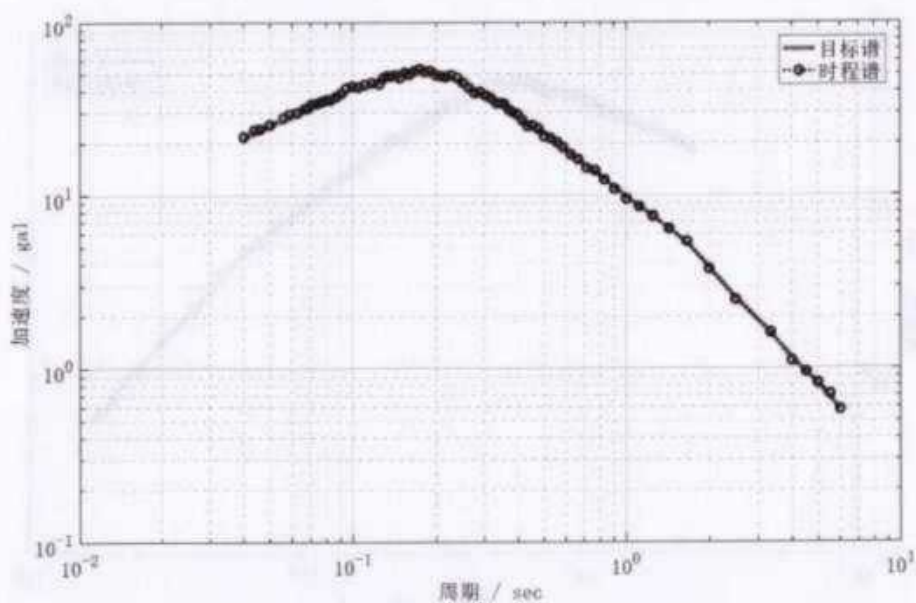


图 6.1-6 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 63%、样本 3)

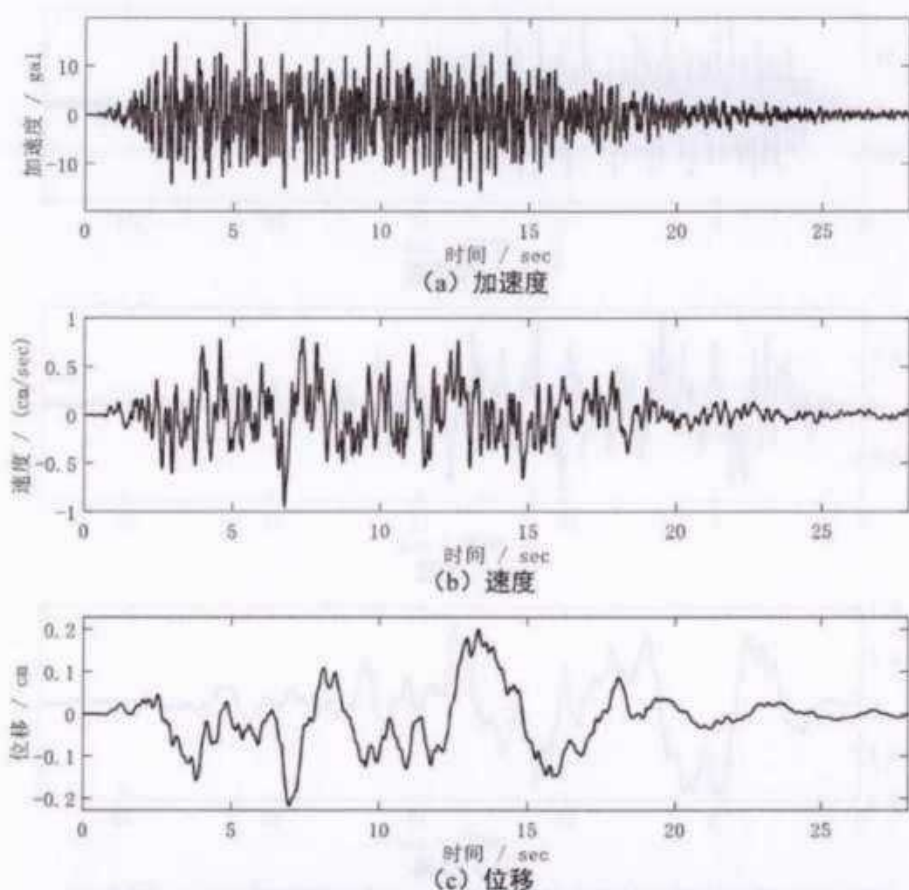


图 6.1-7 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 63%、样本 4)

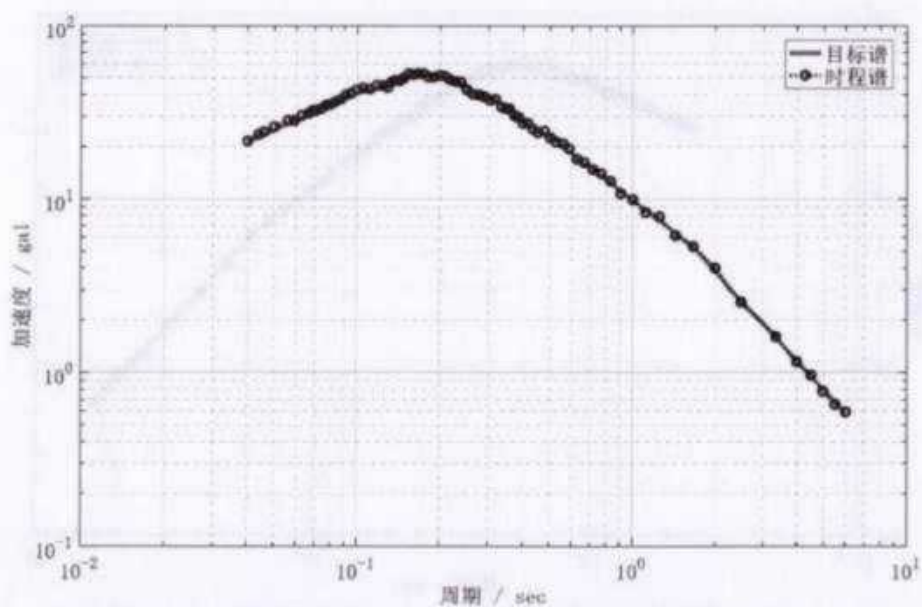


图 6.1-8 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 63%、样本 4)

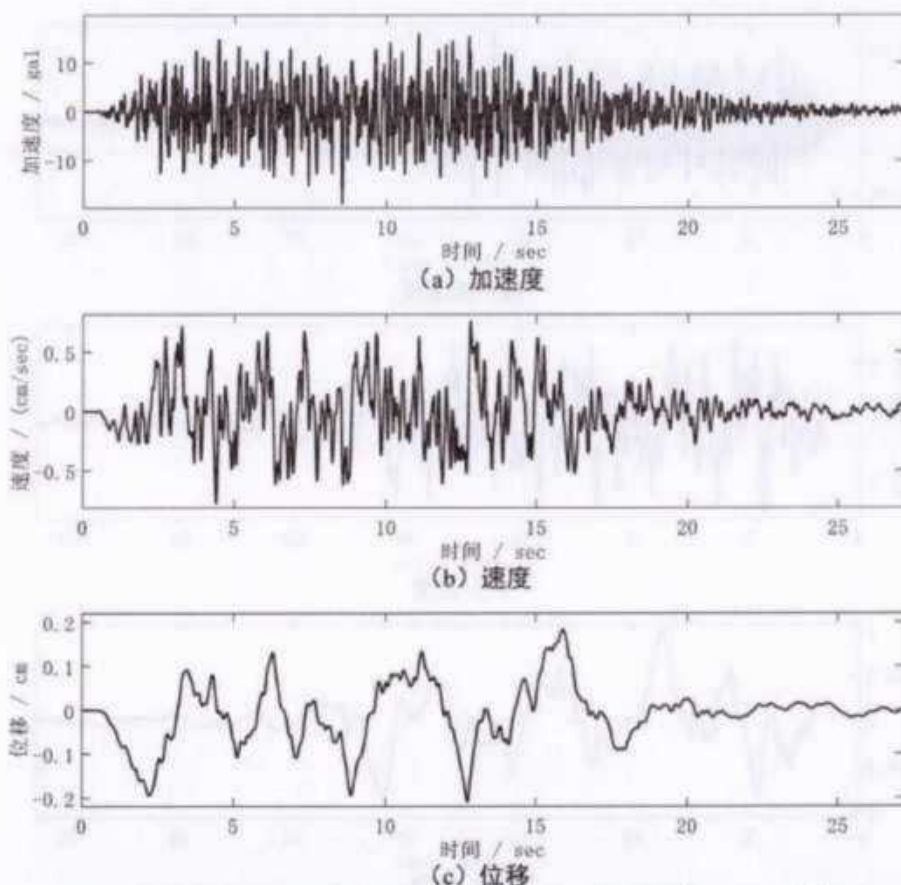


图 6.1-9 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 63%、样本 5)

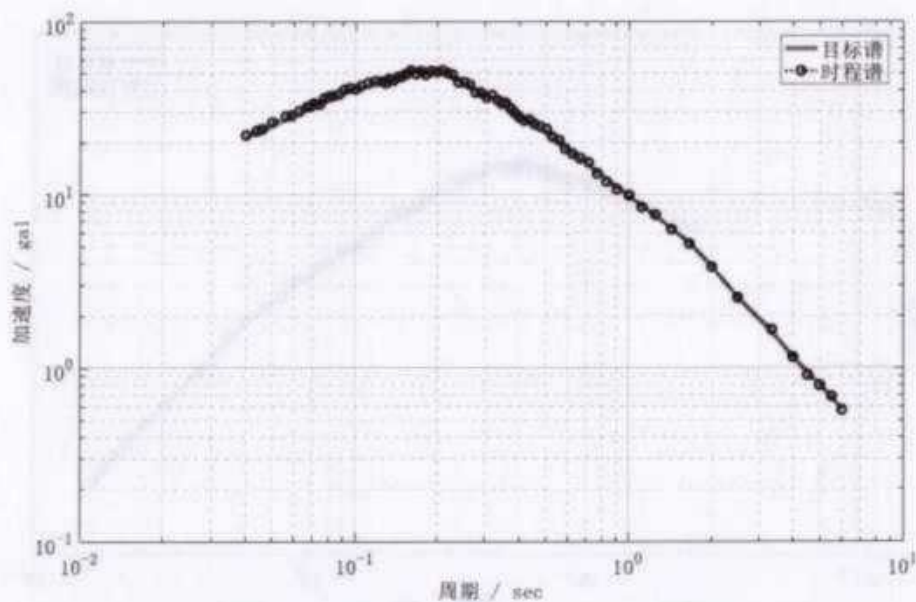


图 6.1-10 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 63%、样本 5)

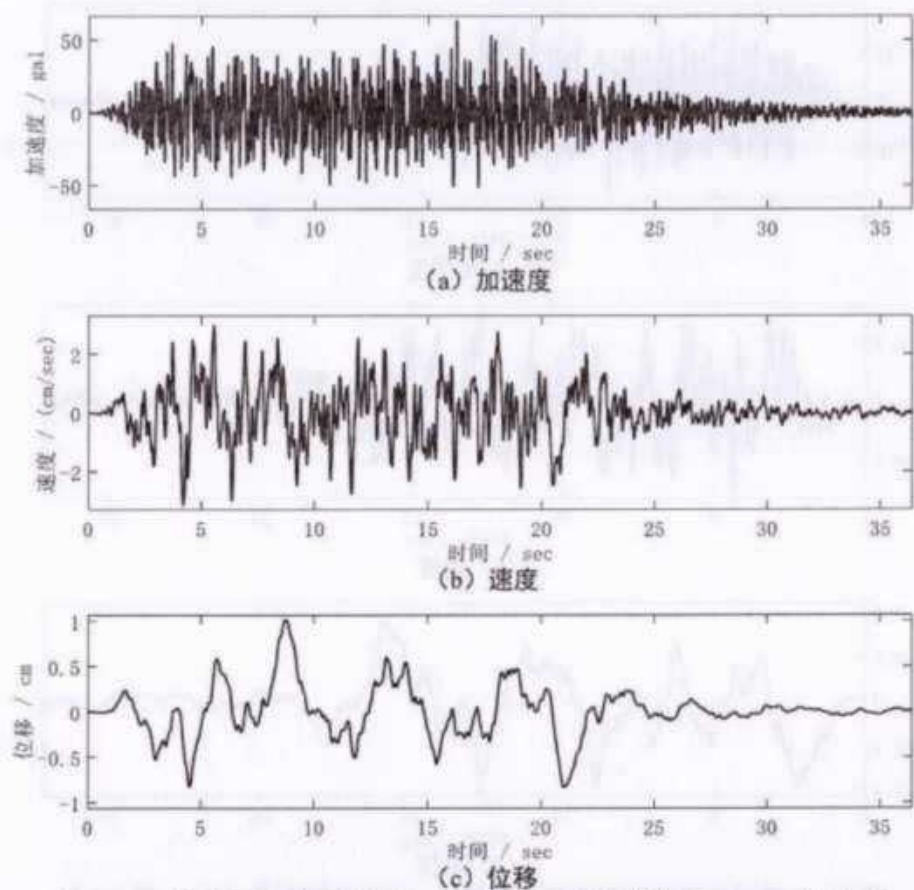


图 6.1-11 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 10%、样本 1)

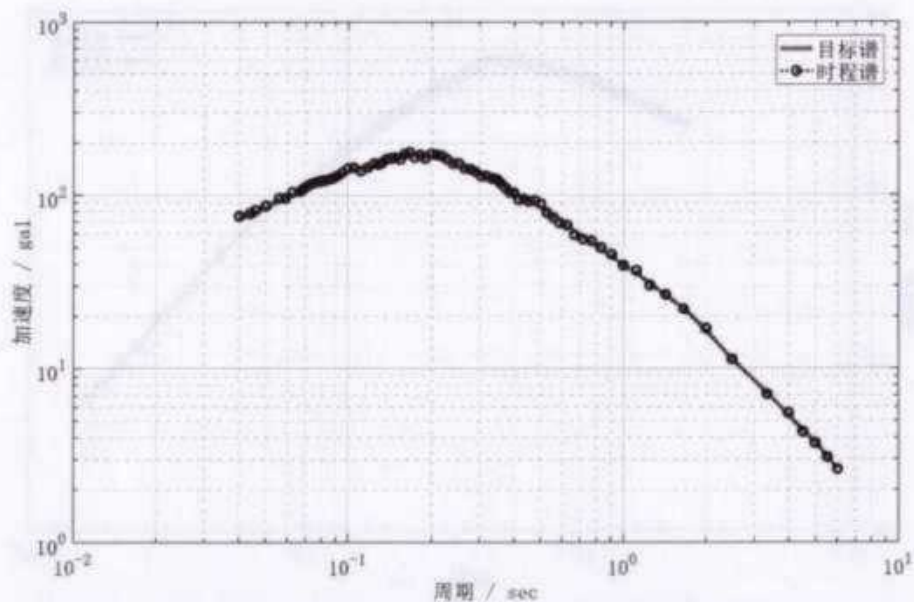


图 6.1-12 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 10%、样本 1)

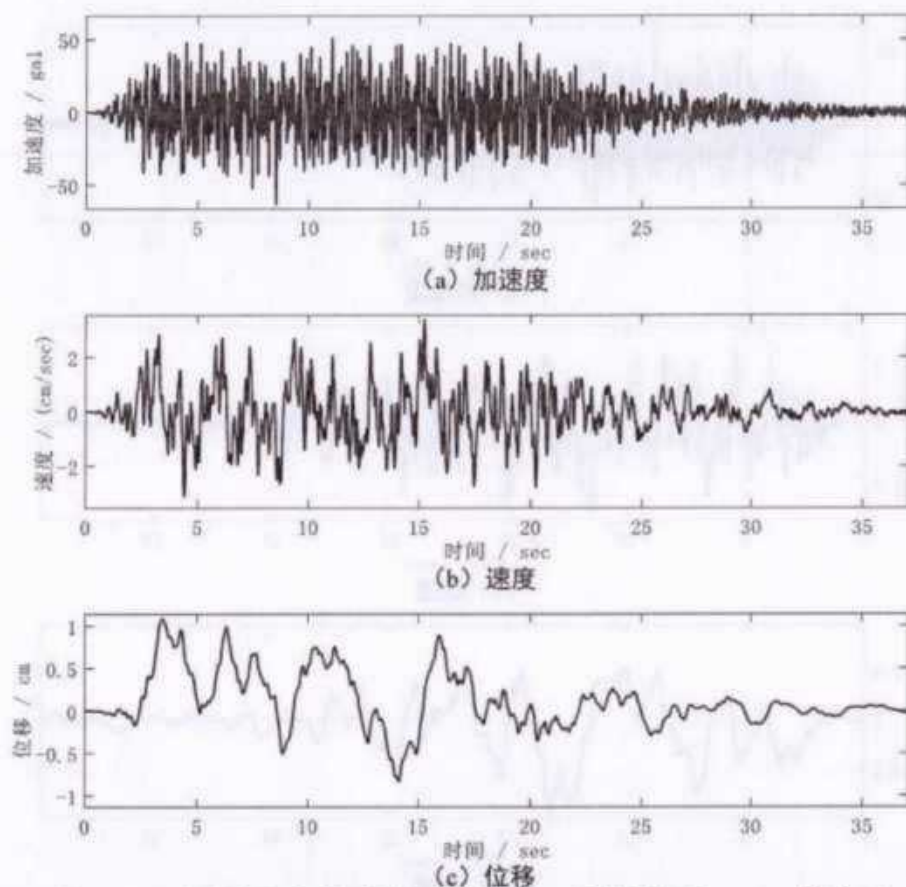


图 6.1-13 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 10%、样本 2)

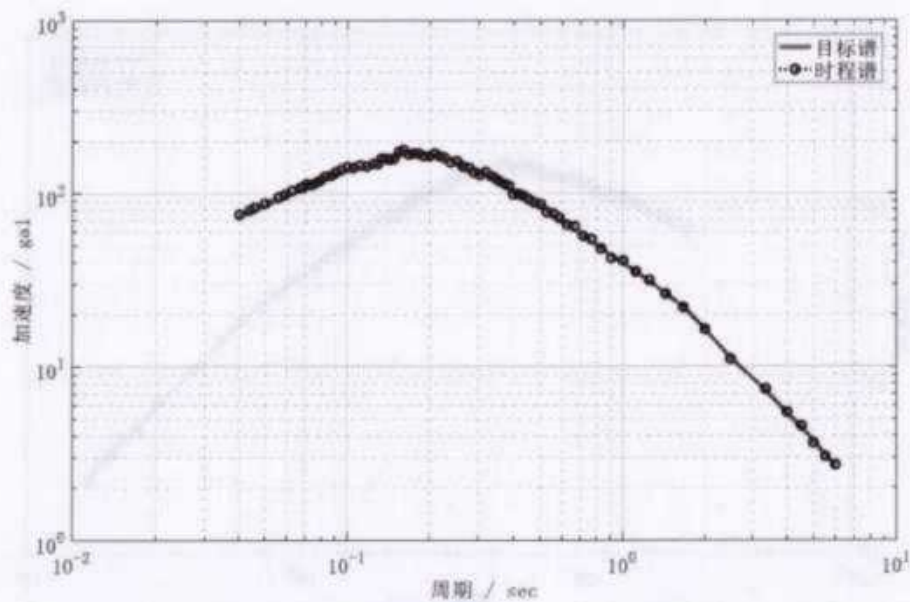


图 6.1-14 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 10%、样本 2)

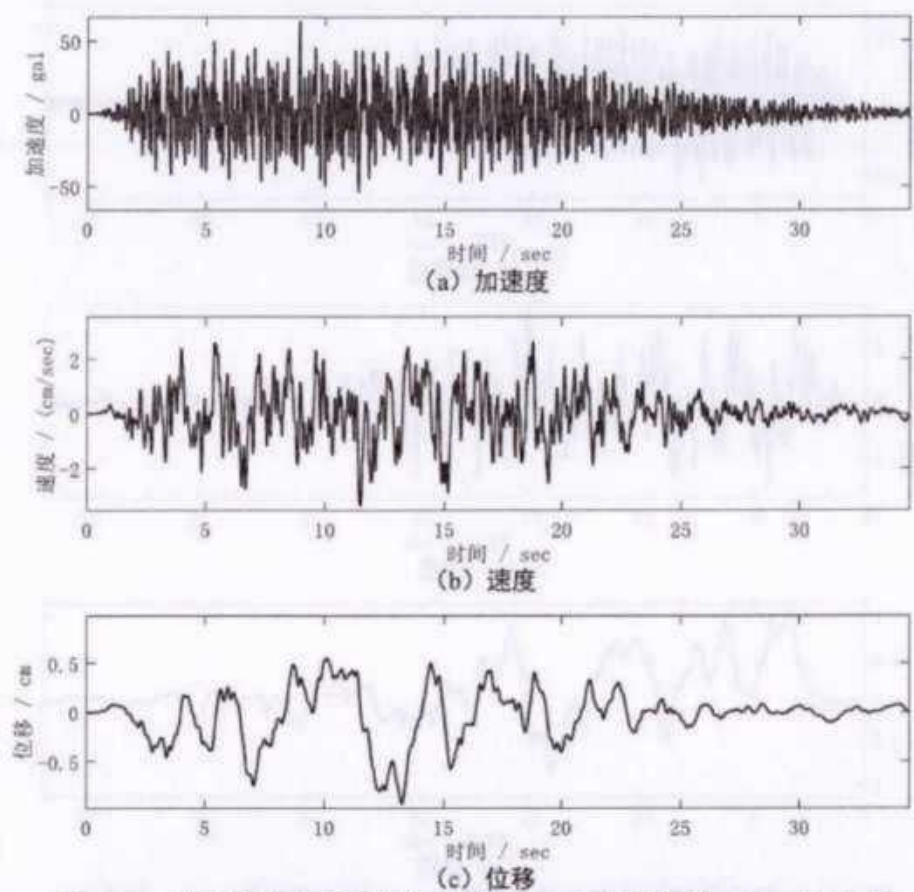


图 6.1-15 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 10%、样本 3)

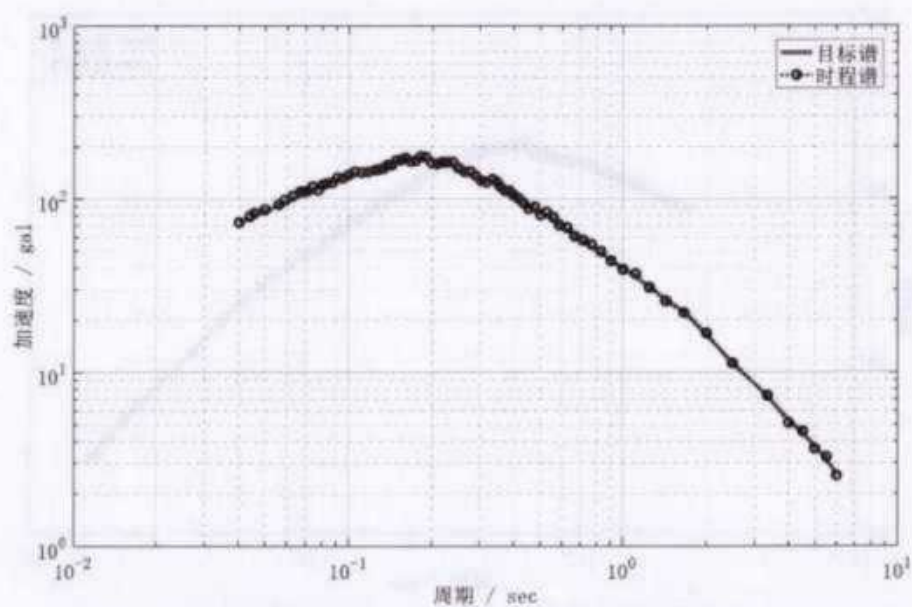


图 6.1-16 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 10%、样本 3)

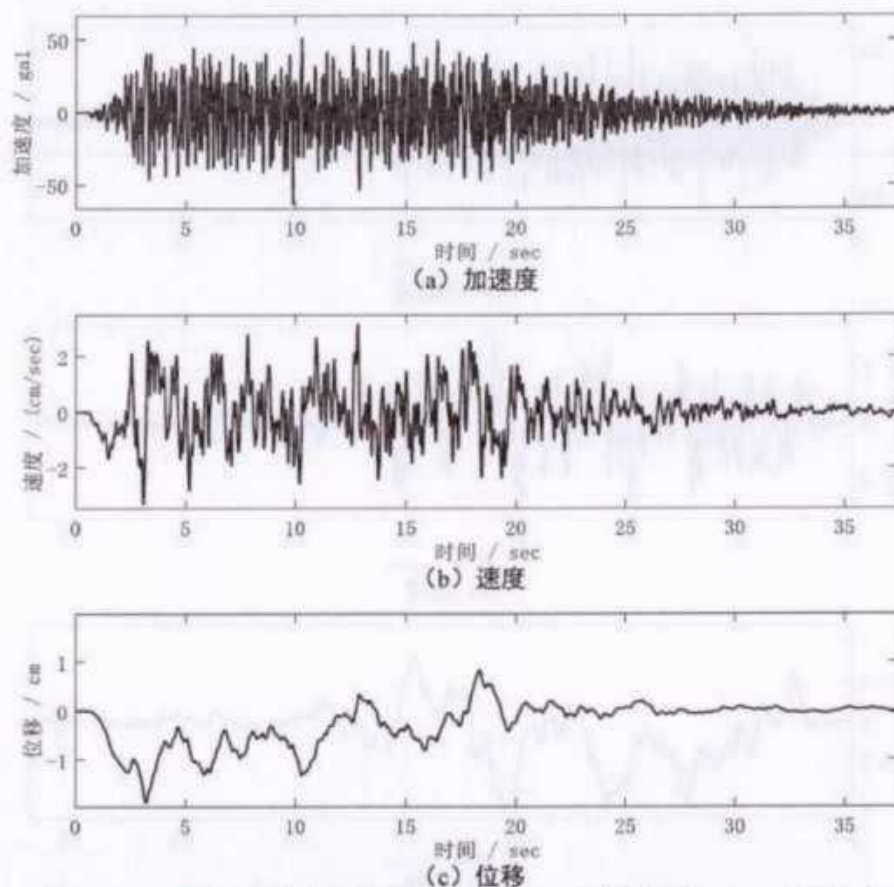


图 6.1-17 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 10%、样本 4)

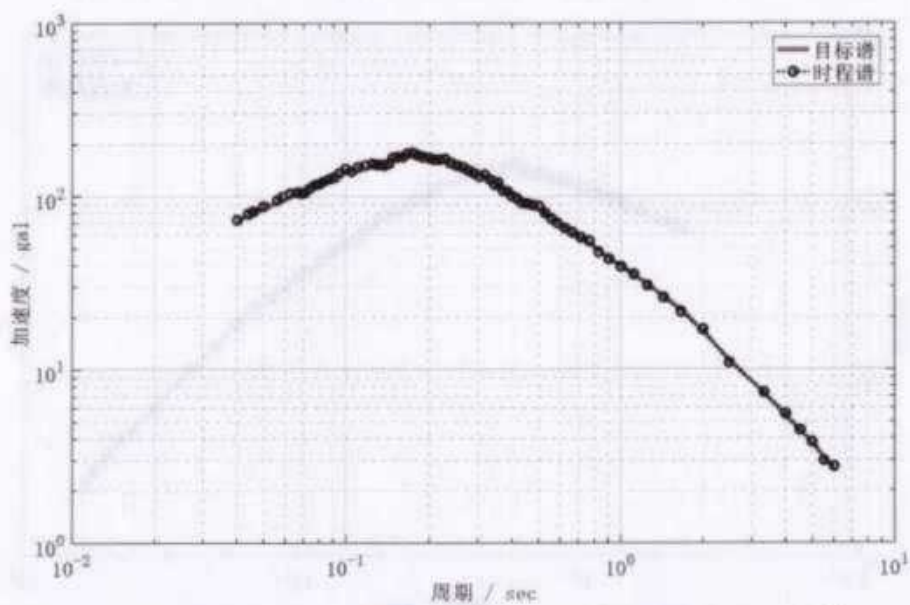


图 6.1-18 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 10%、样本 4)

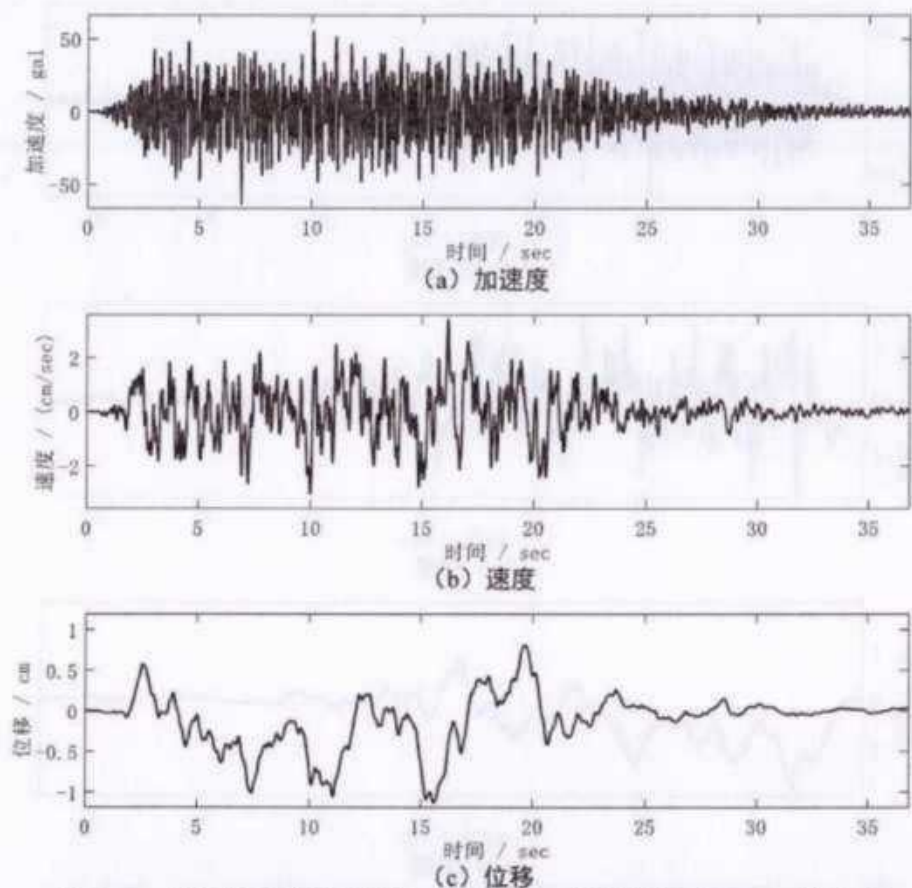


图 6.1-19 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 10%、样本 5)

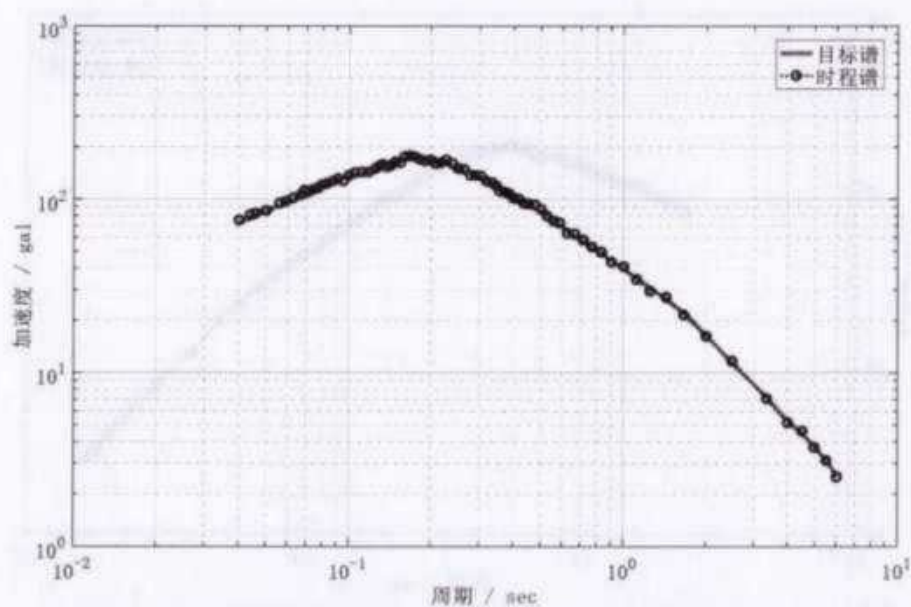


图 6.1-20 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 10%、样本 5)

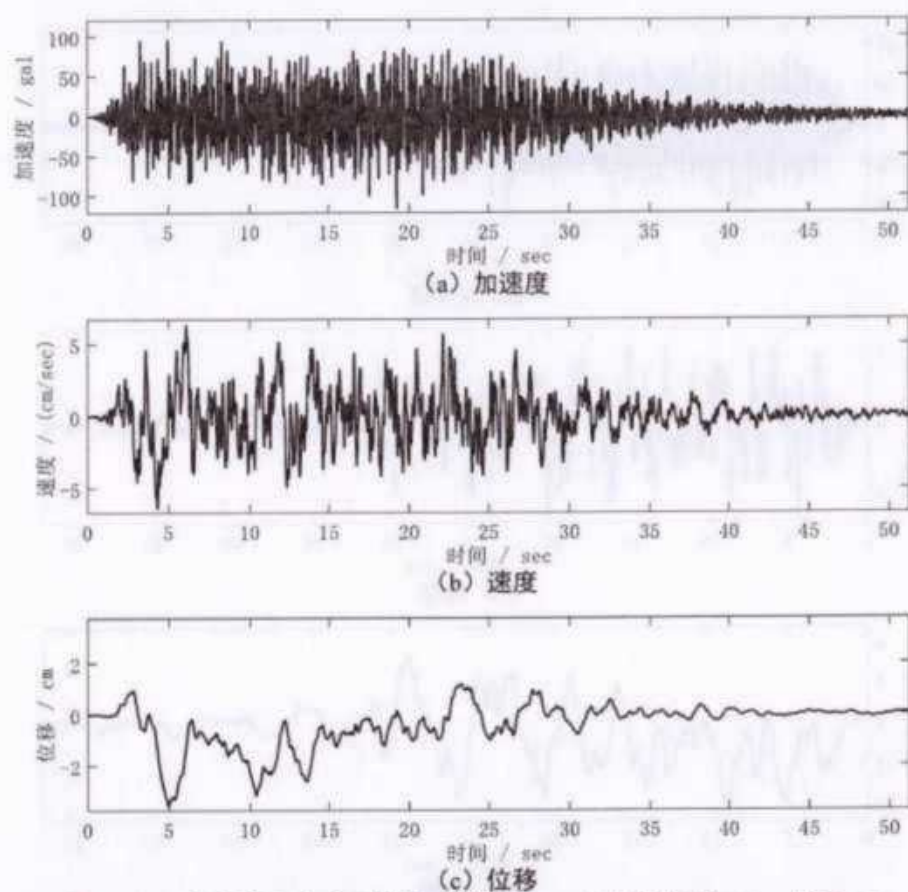


图 6.1-21 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 2%、样本 1)

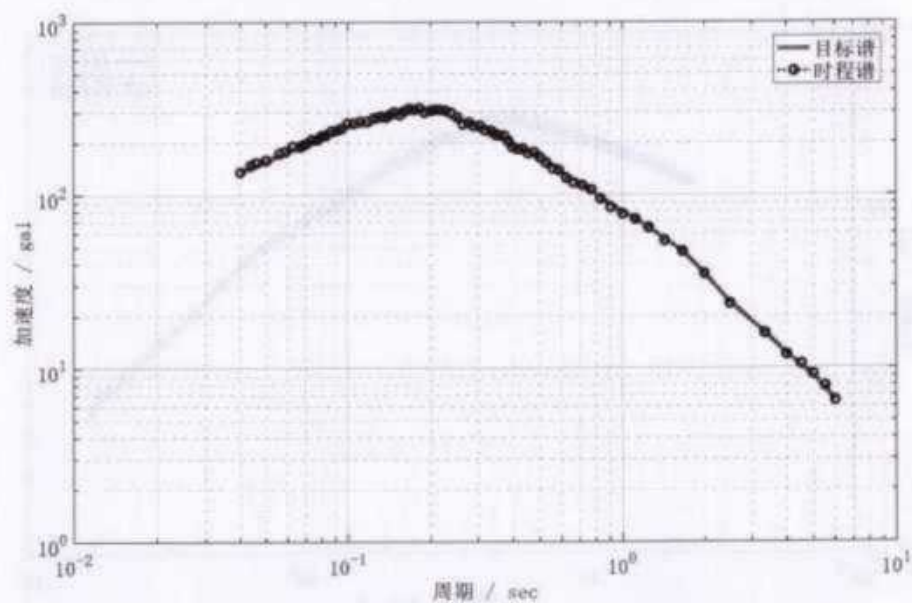


图 6.1-22 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 2%、样本 1)

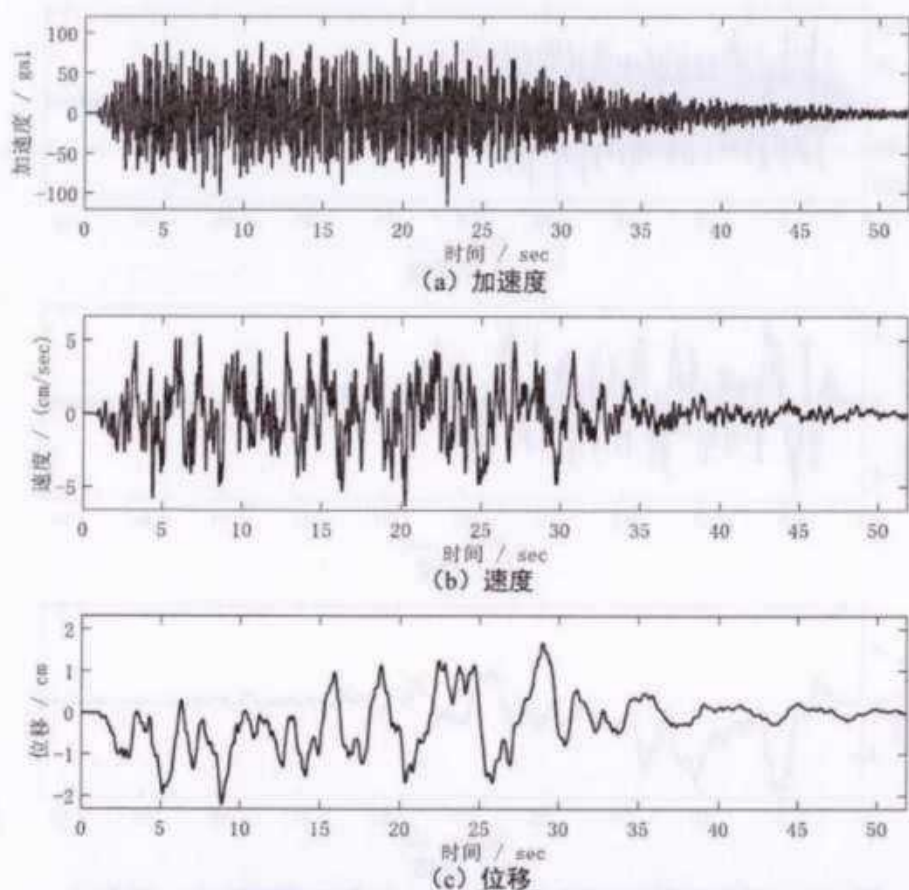


图 6.1-23 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 2%、样本 2)

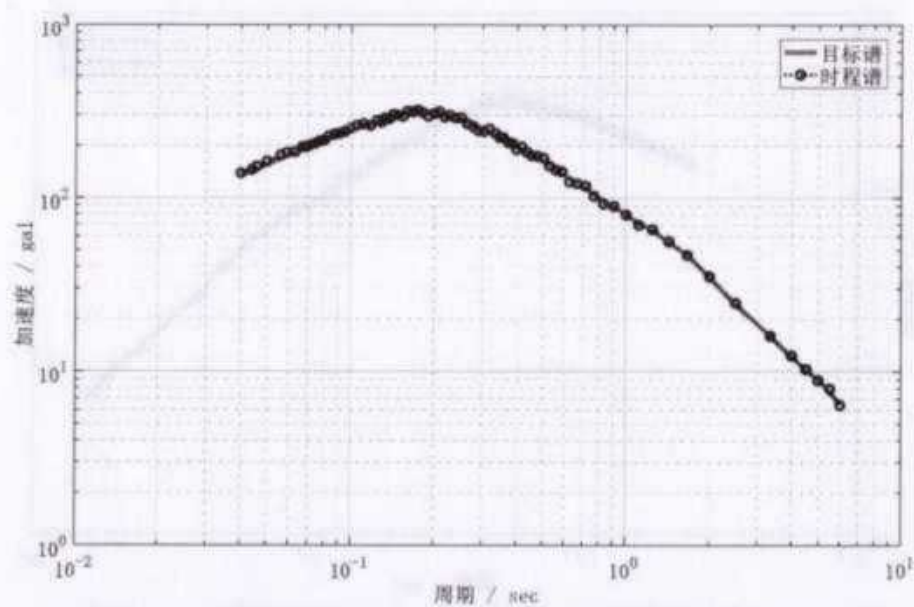


图 6.1-24 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 2%、样本 2)

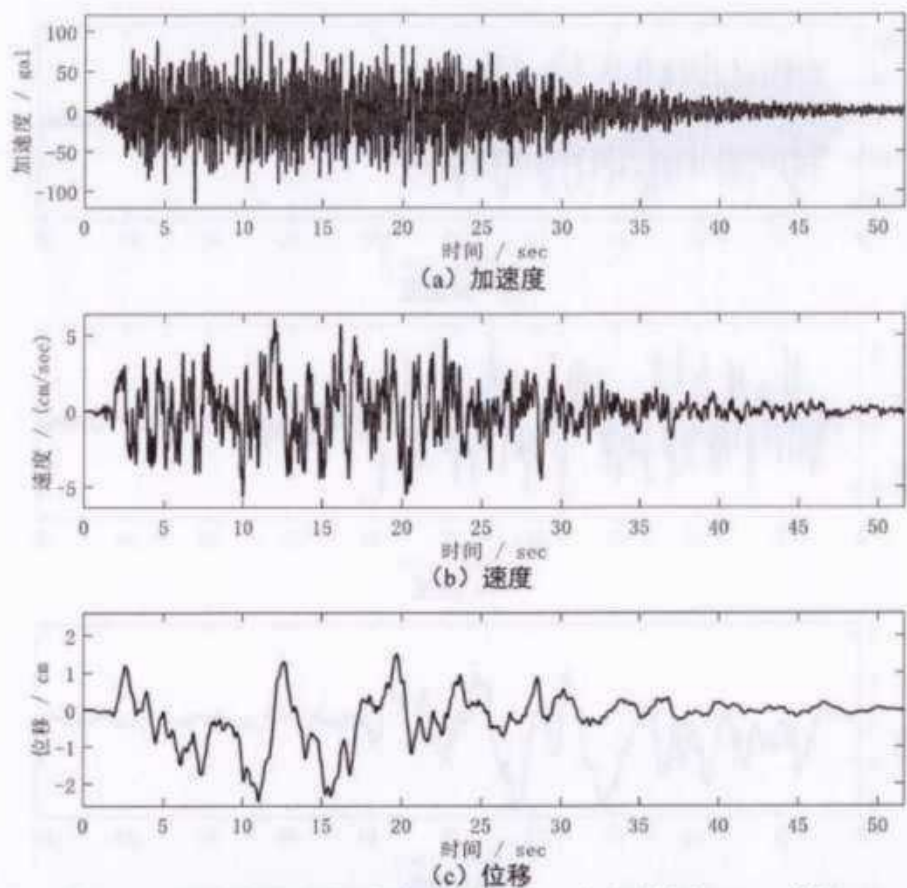


图 6.1-25 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 2%、样本 3)

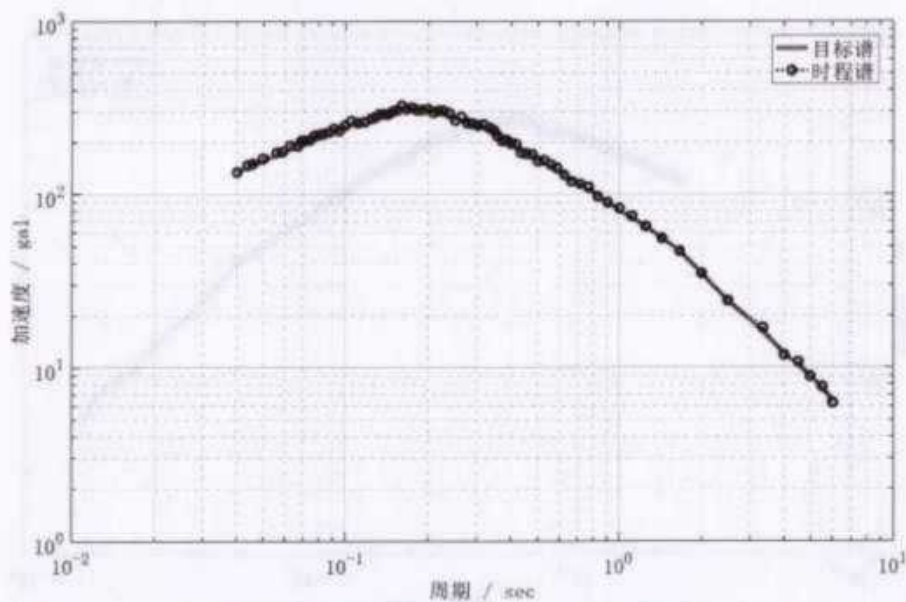


图 6.1-26 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 2%、样本 3)

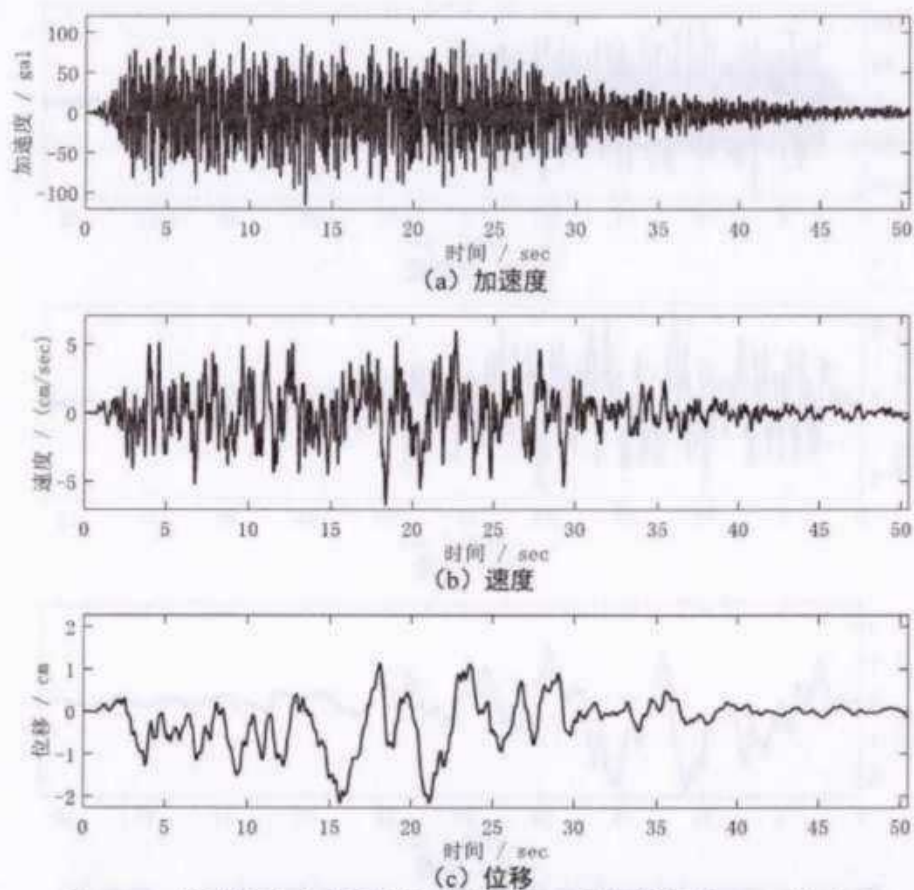


图 6.1-27 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 2%、样本 4)

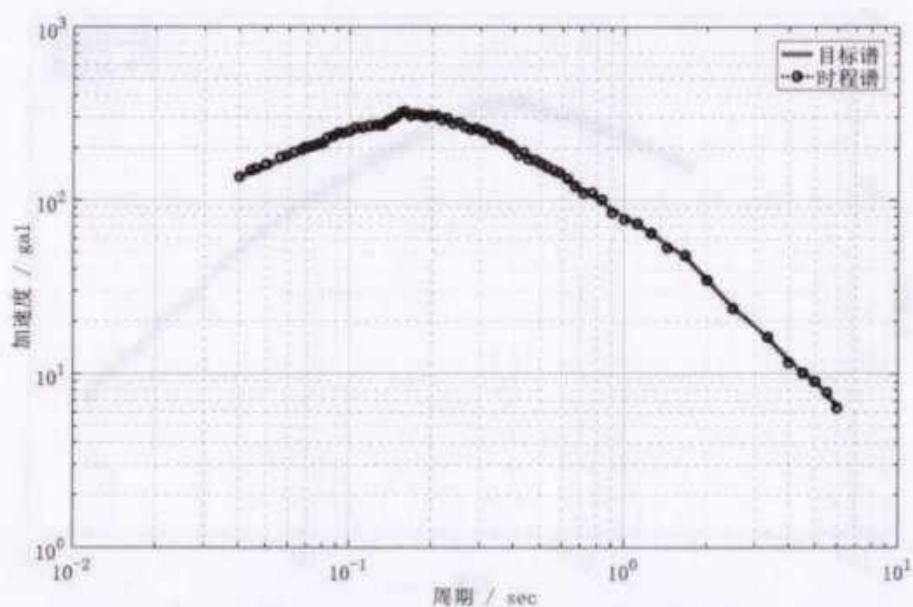


图 6.1-28 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 2%、样本 4)

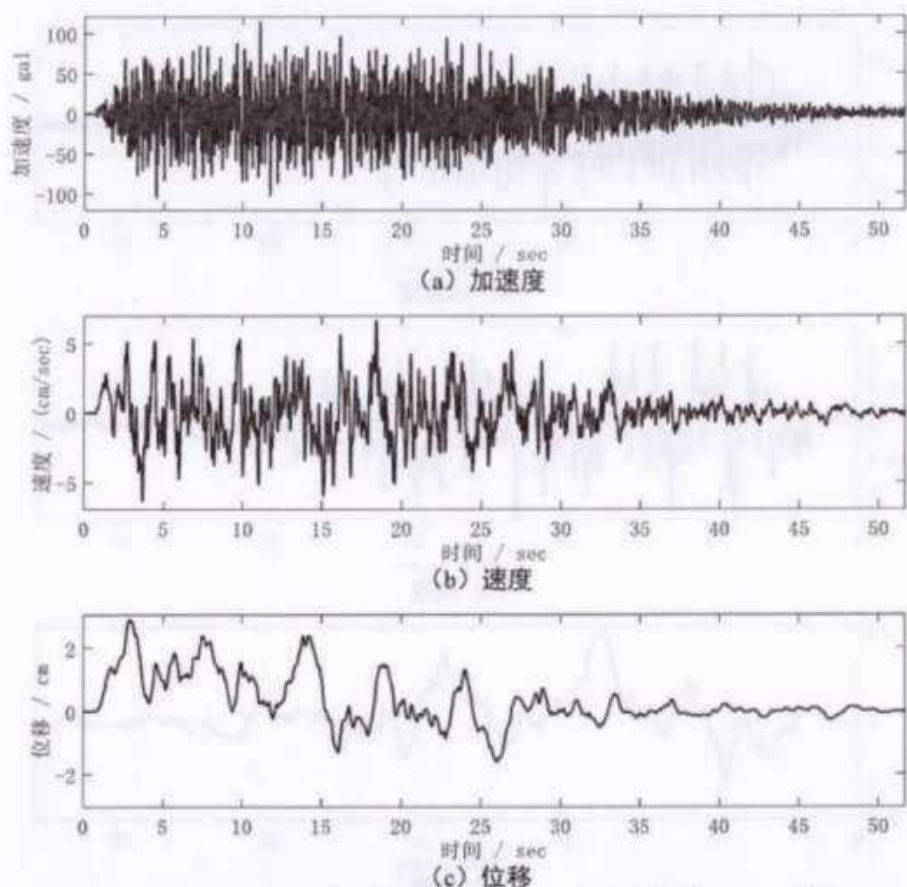


图 6.1-29 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 2%、样本 5)

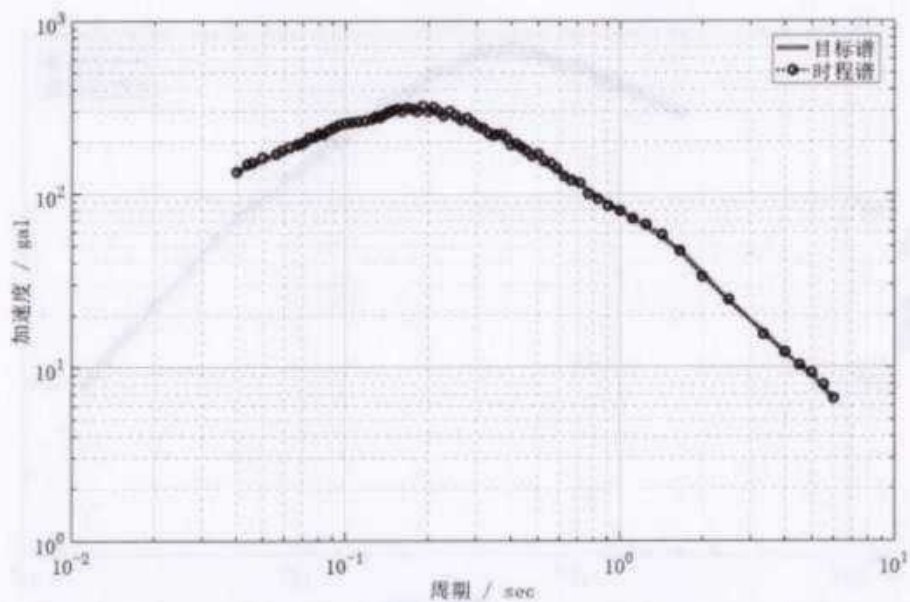


图 6.1-30 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、50 年超越概率 2%、样本 5)

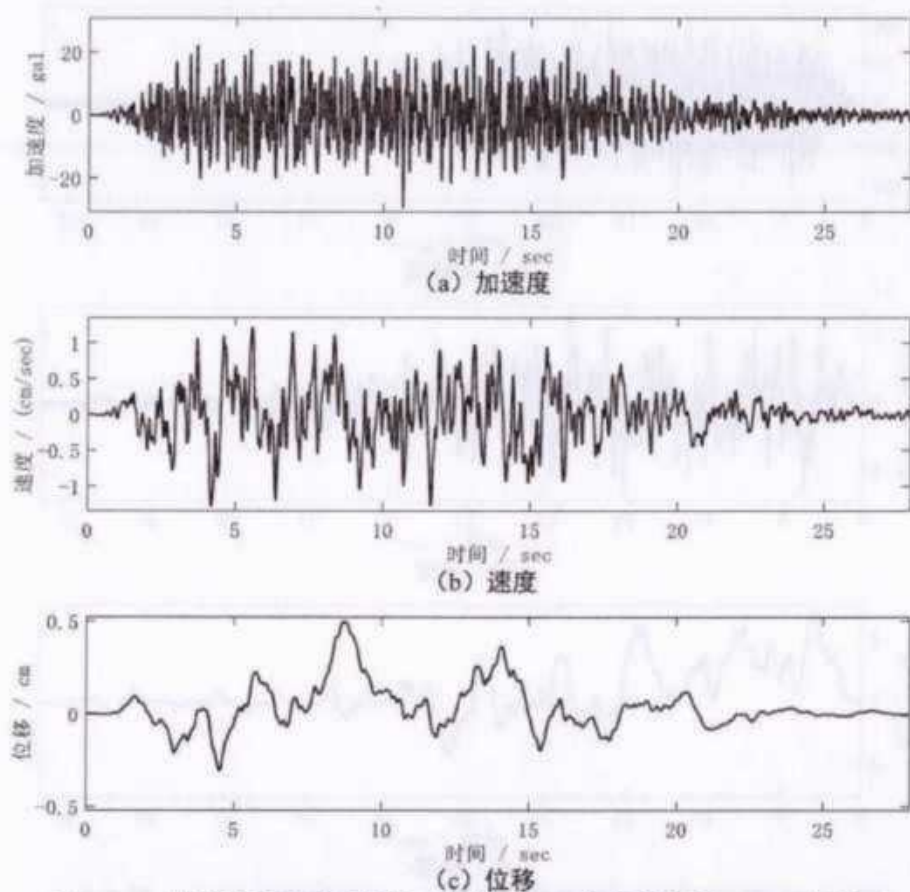


图 6.1-31 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 63%、样本 1)

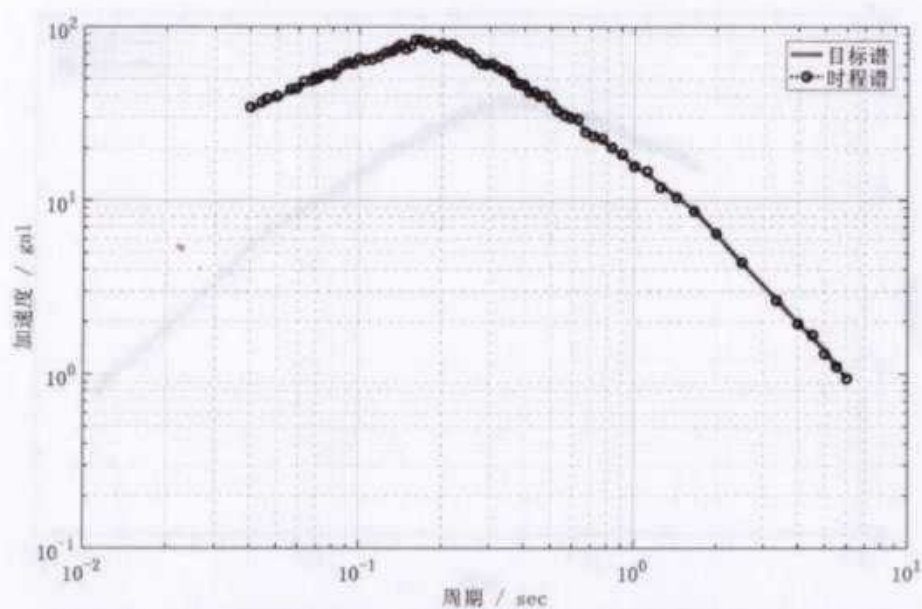


图 6.1-32 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 63%、样本 1)

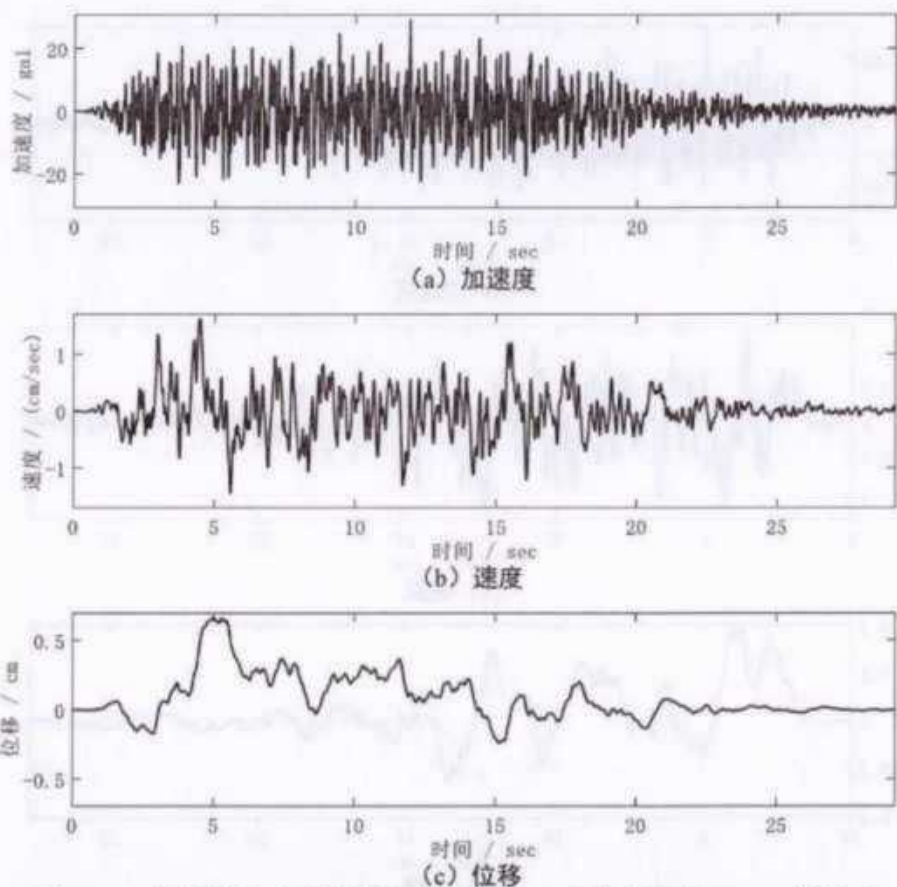


图 6.1-33 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 63%、样本 2)

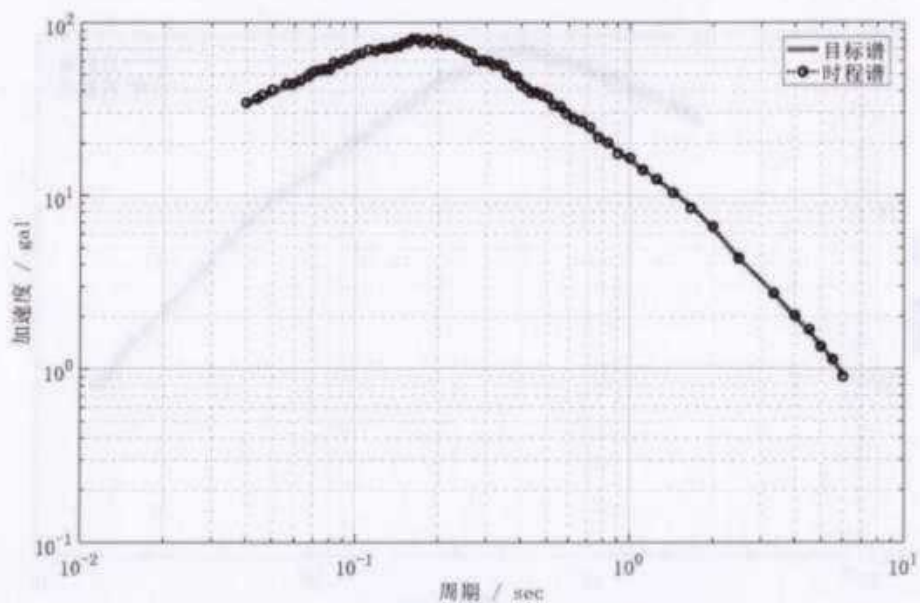


图 6.1-34 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 63%、样本 2)

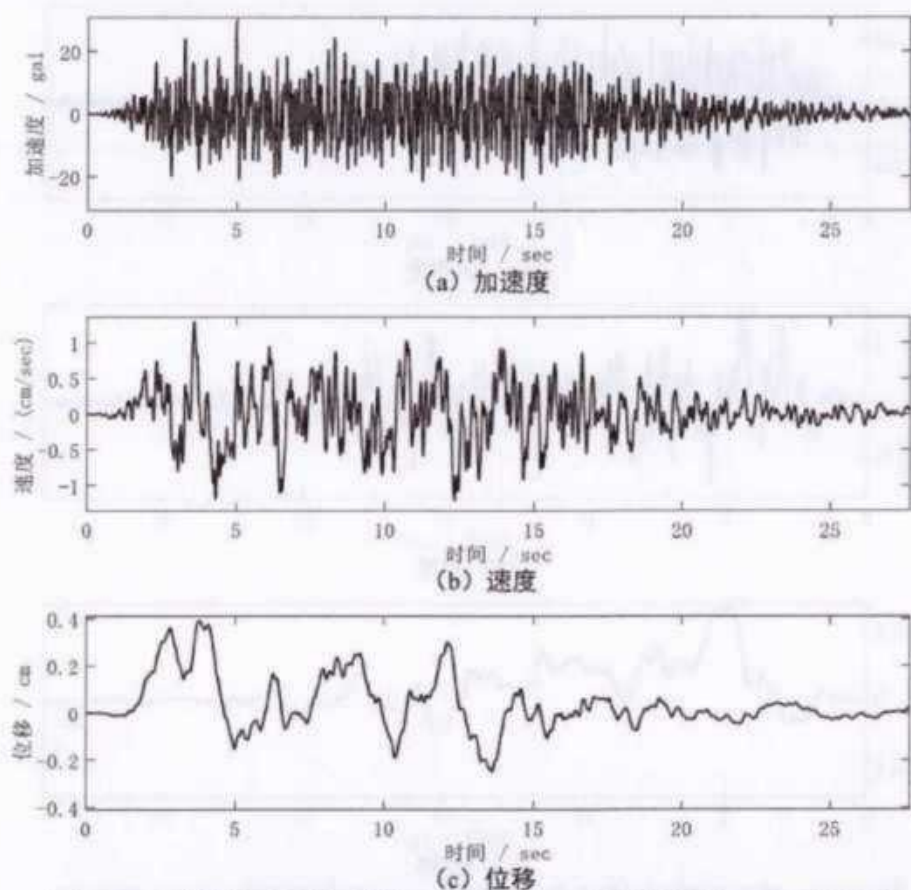


图 6.1-35 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 63%、样本 3)

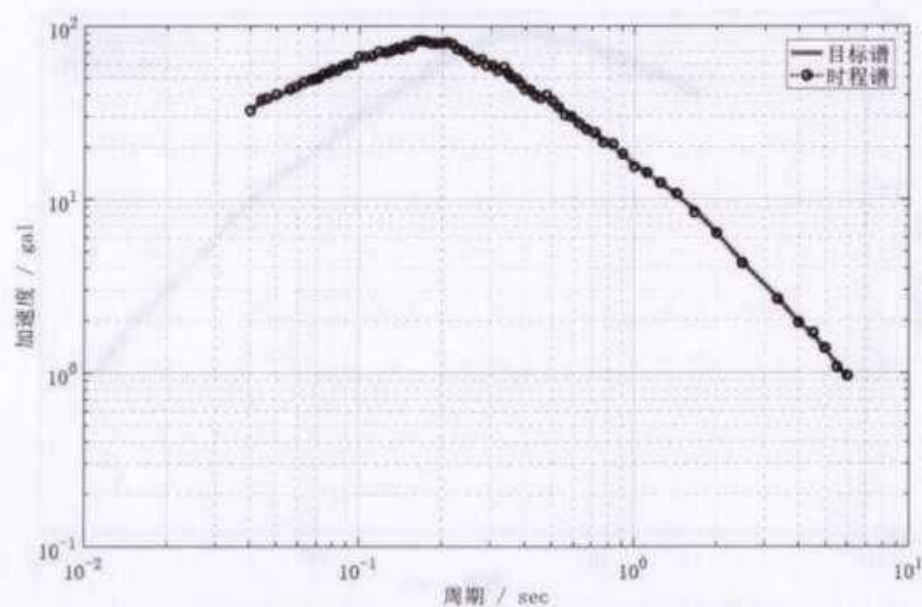


图 6.1-36 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 63%、样本 3)

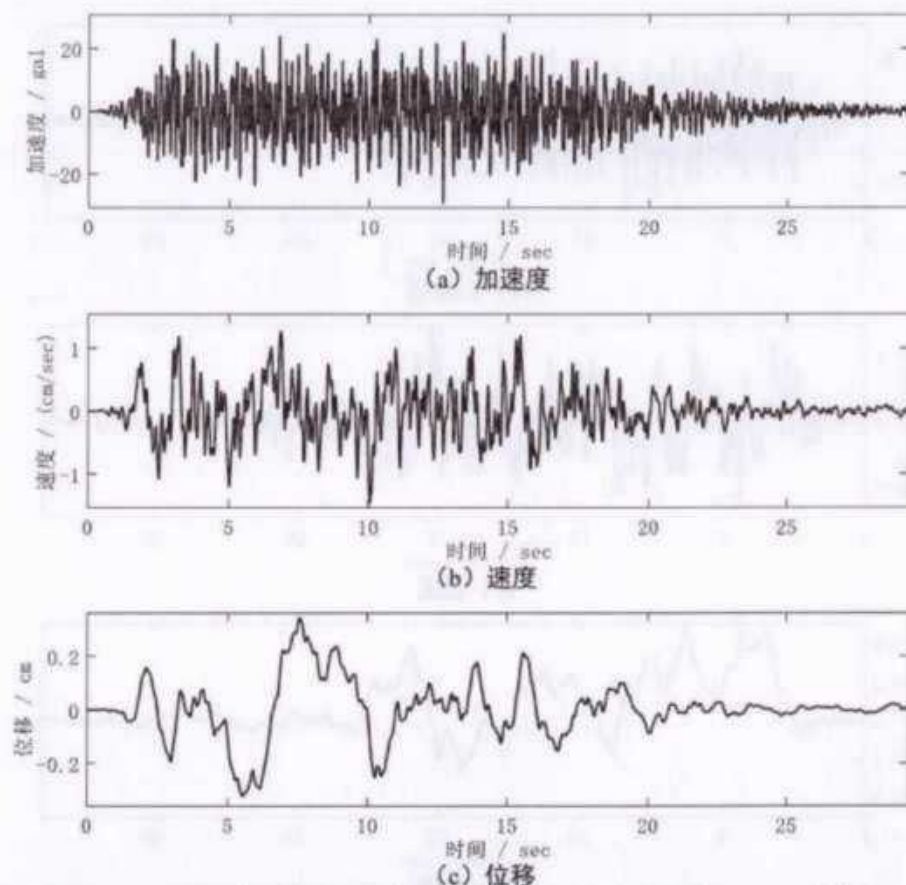


图 6.1-37 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 63%、样本 4)

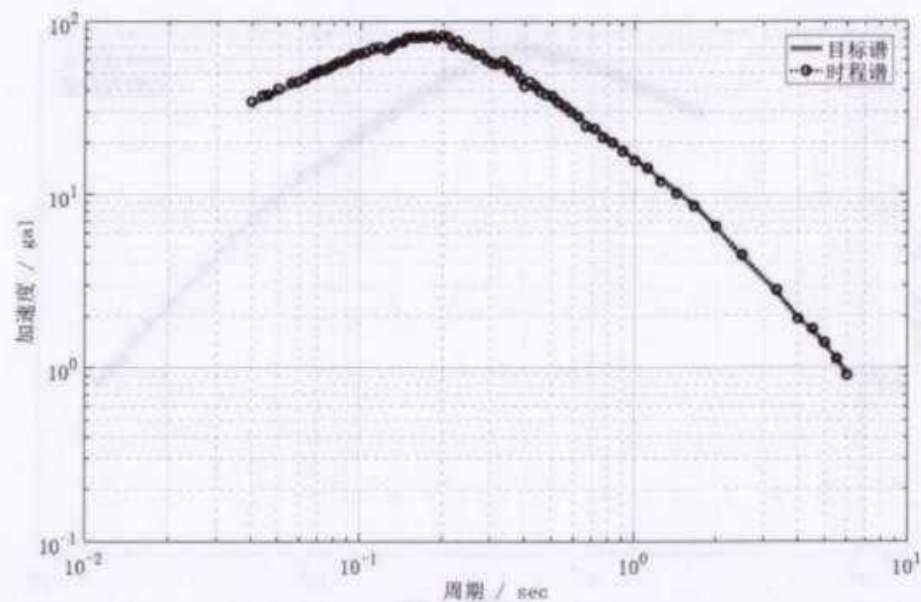


图 6.1-38 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 63%、样本 4)

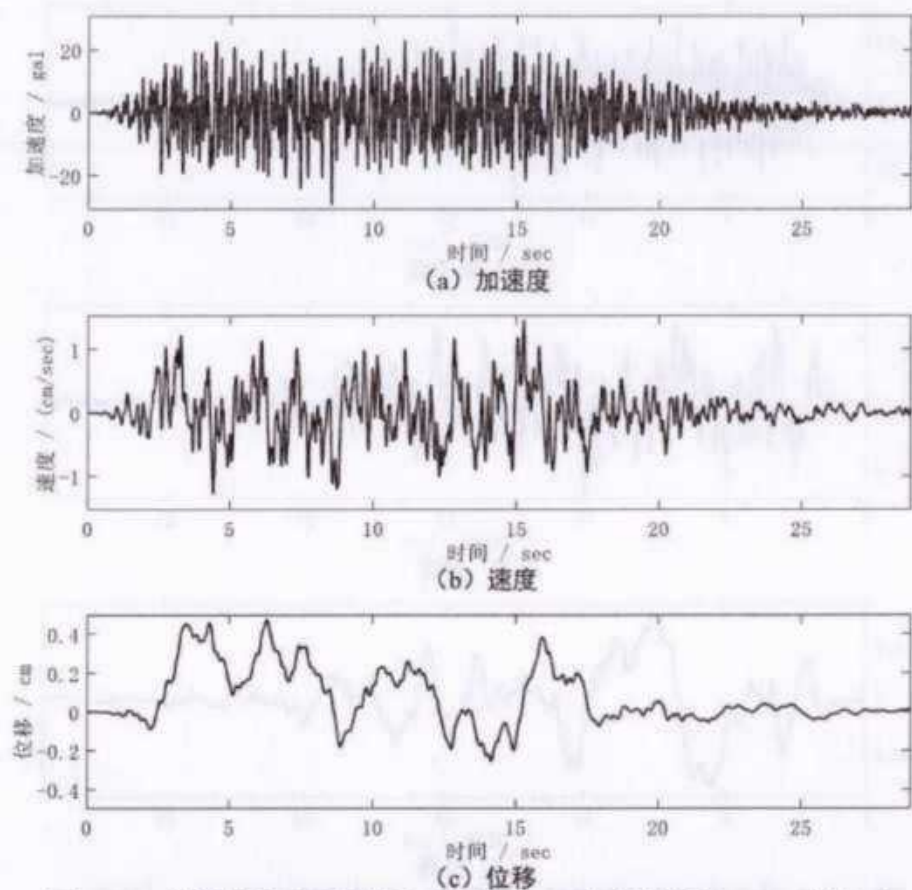


图 6.1-39 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 63%、样本 5)

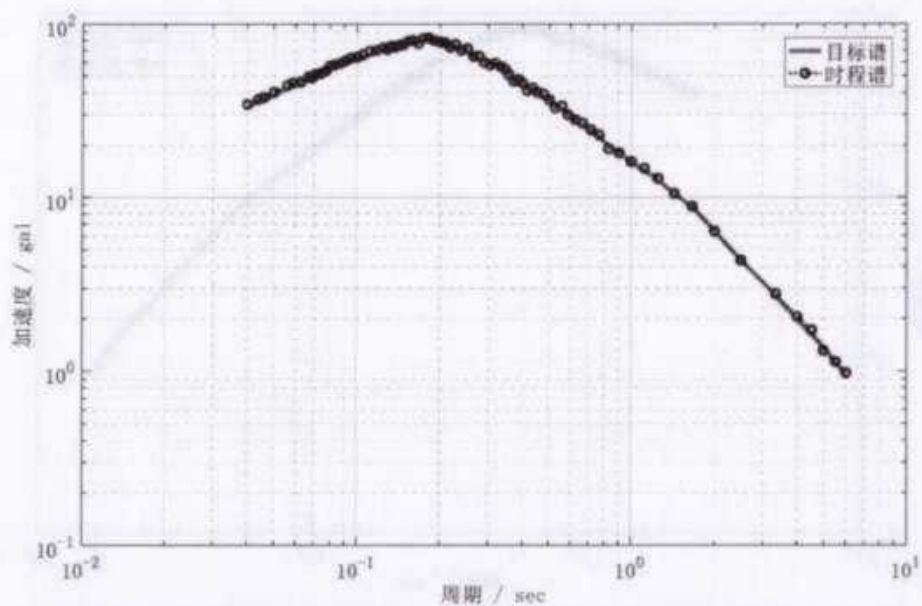


图 6.1-40 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 63%、样本 5)

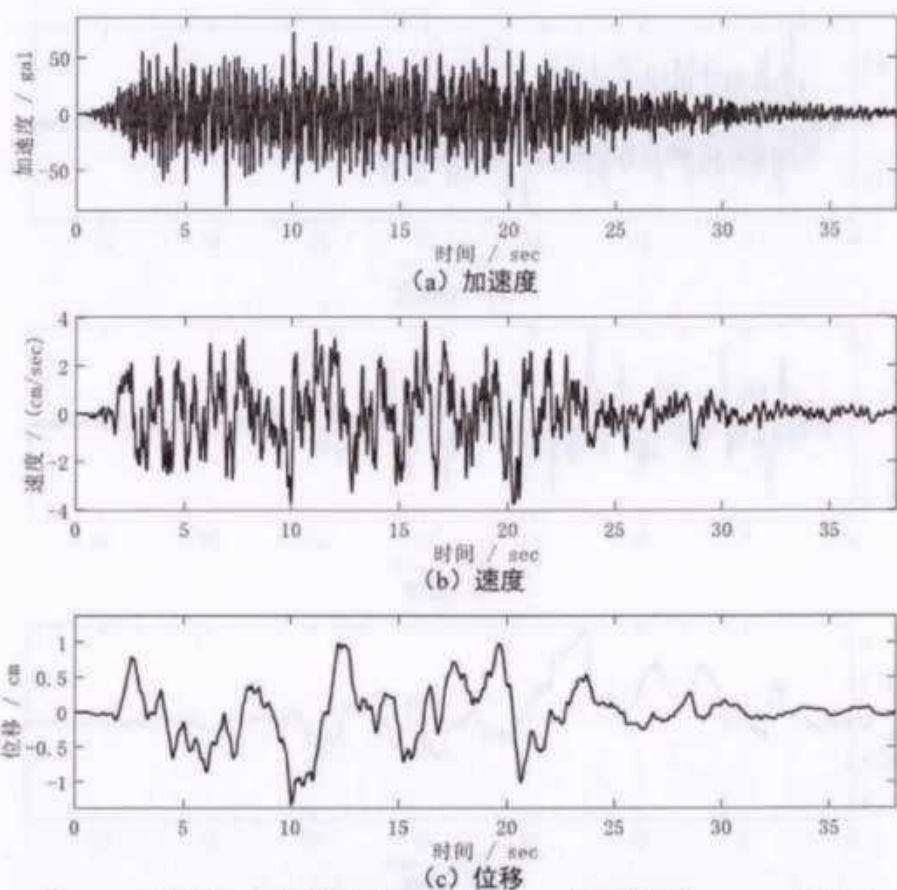


图 6.1-41 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 10%、样本 1)

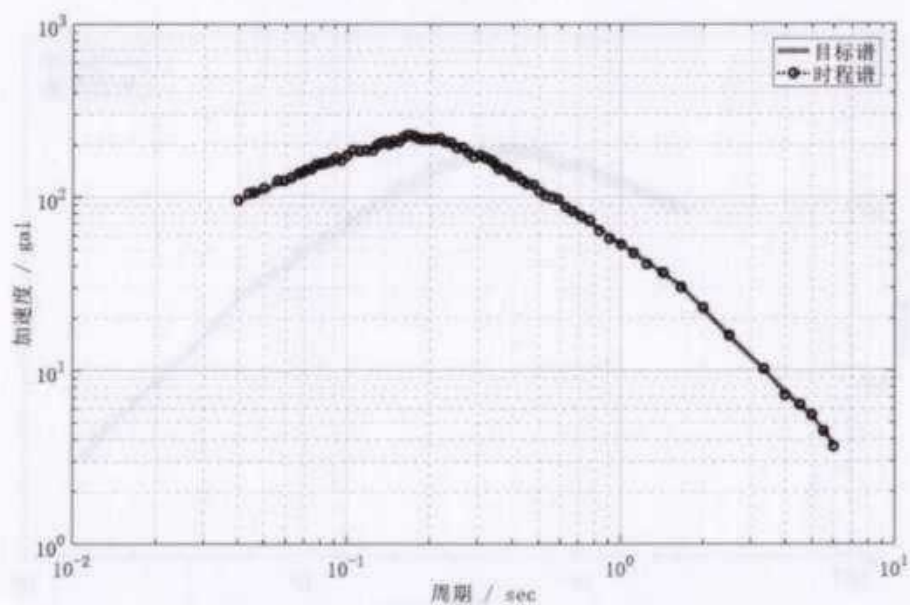


图 6.1-42 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 10%、样本 1)

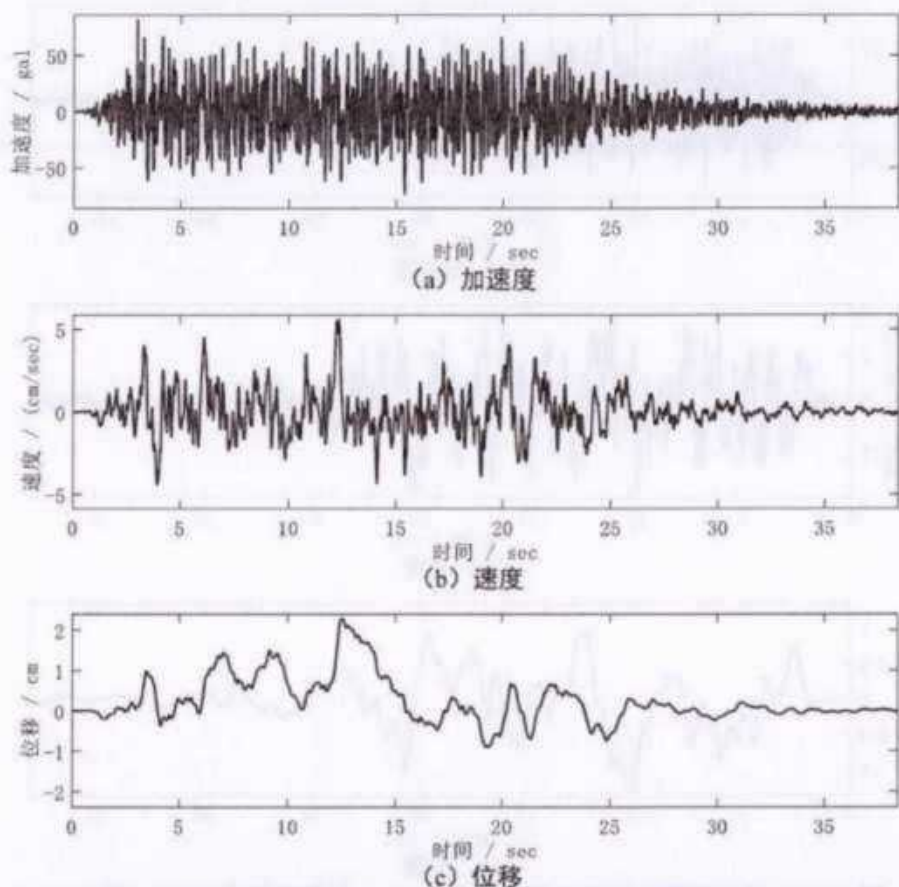


图 6.1-43 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 10%、样本 2)

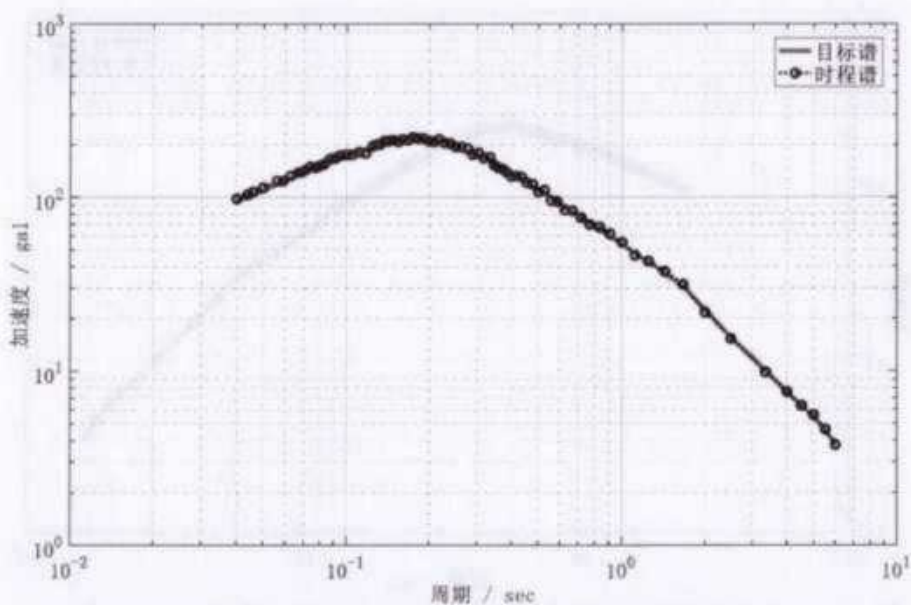


图 6.1-44 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 10%、样本 2)

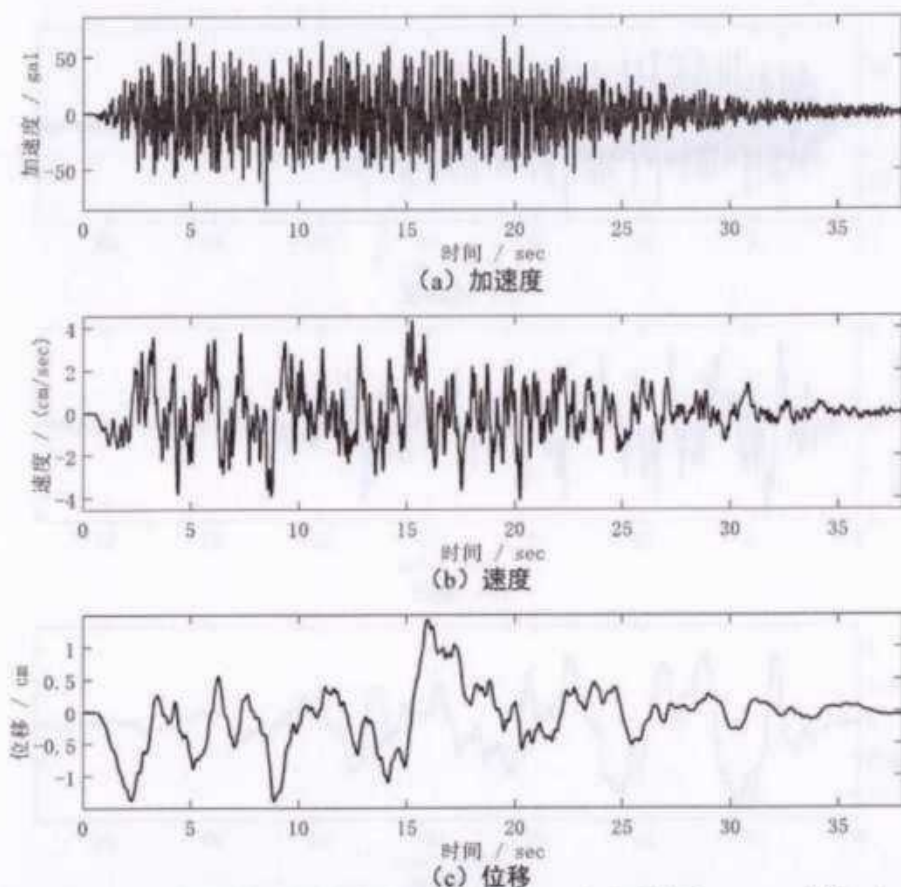


图 6.1-45 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 10%、样本 3)

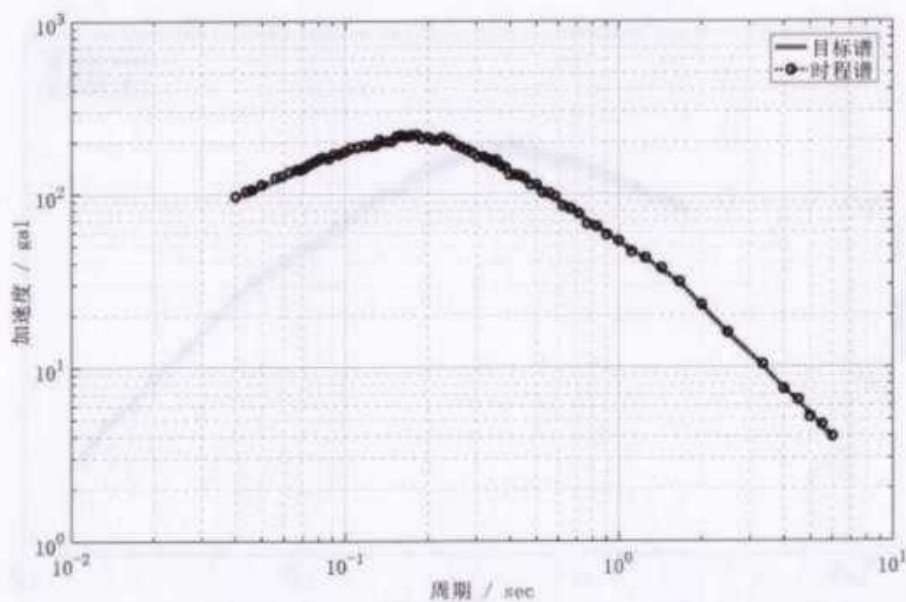


图 6.1-46 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 10%、样本 3)

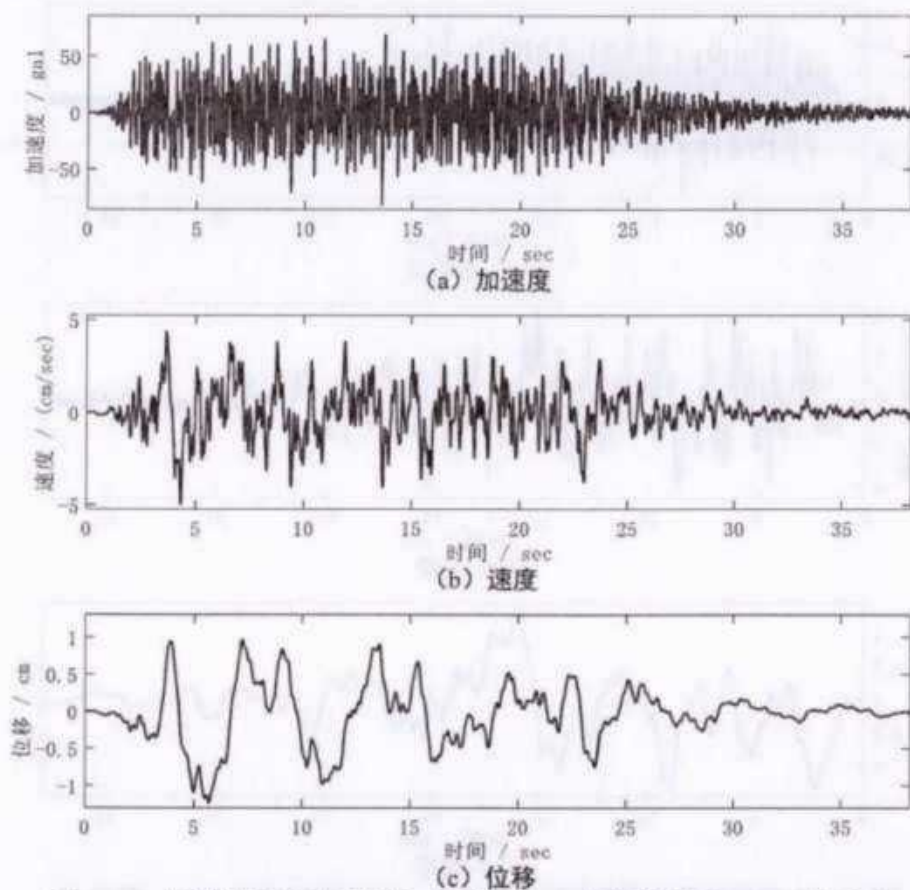


图 6.1-47 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 10%、样本 4)

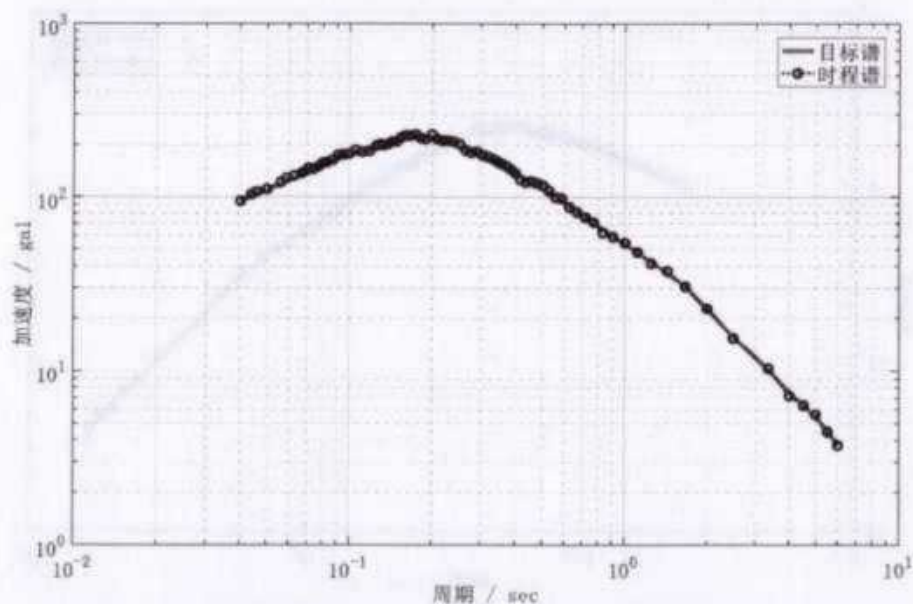


图 6.1-48 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 10%、样本 4)

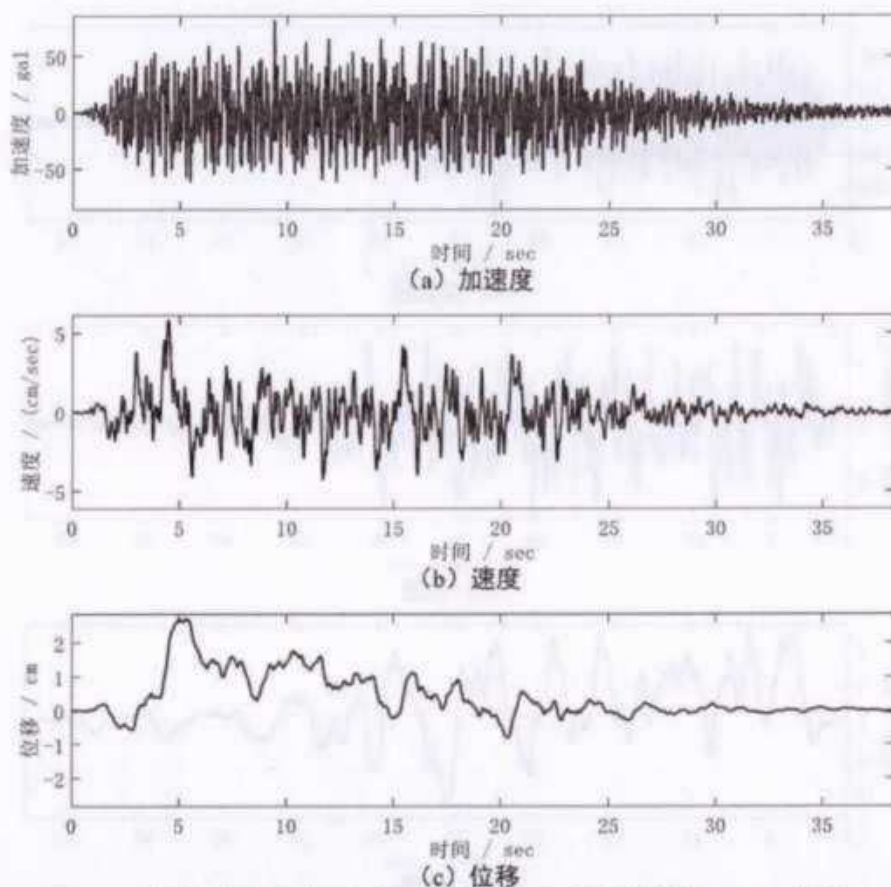


图 6.1-49 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 10%、样本 5)

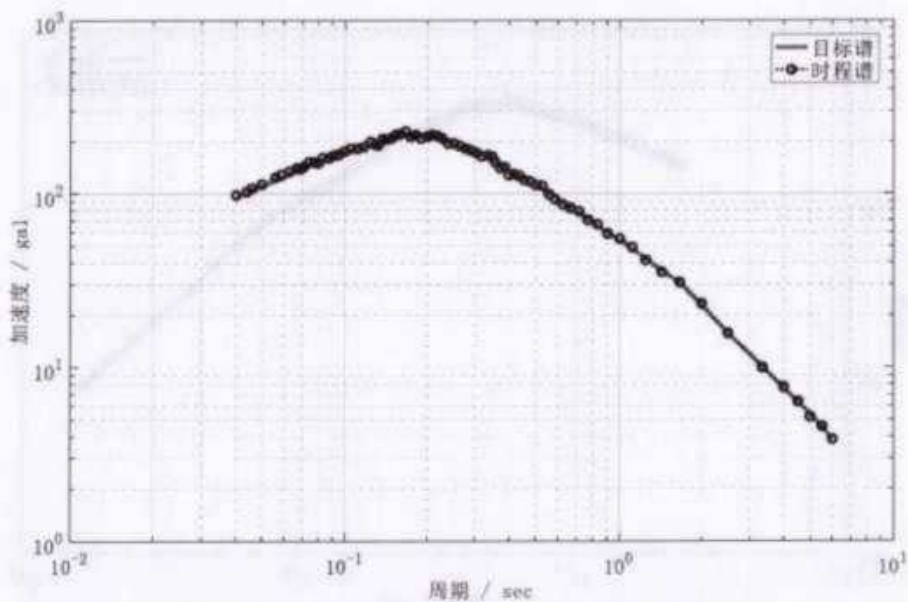


图 6.1-50 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 10%、样本 5)

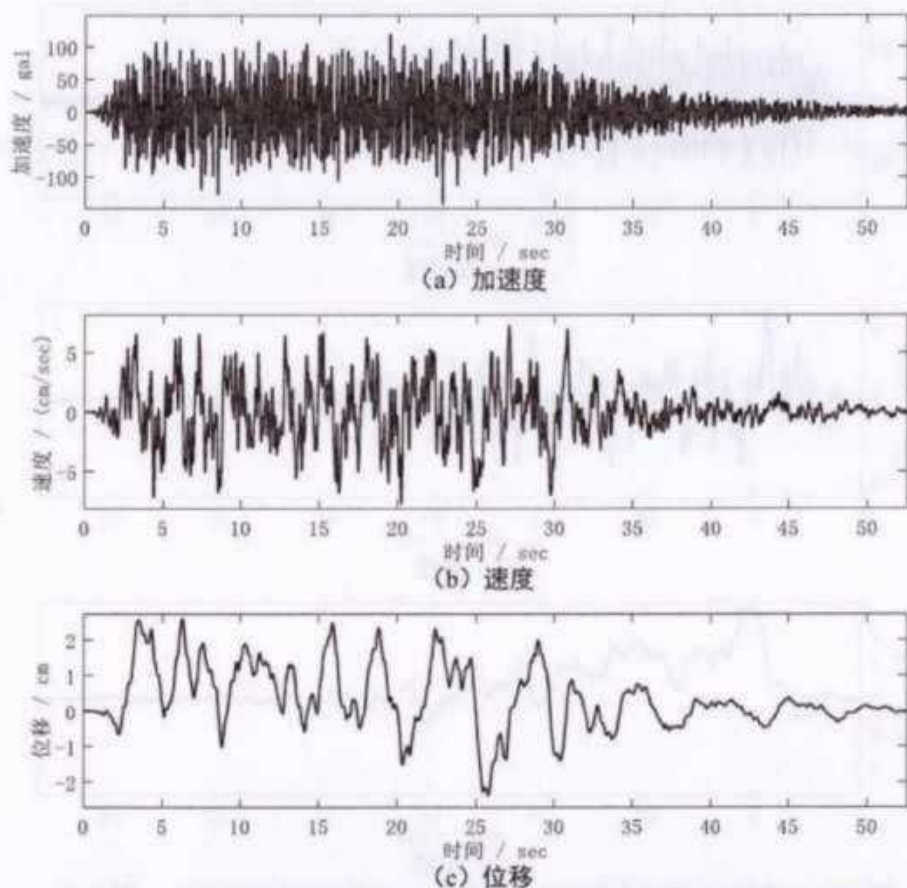


图 6.1-51 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 2%、样本 1)

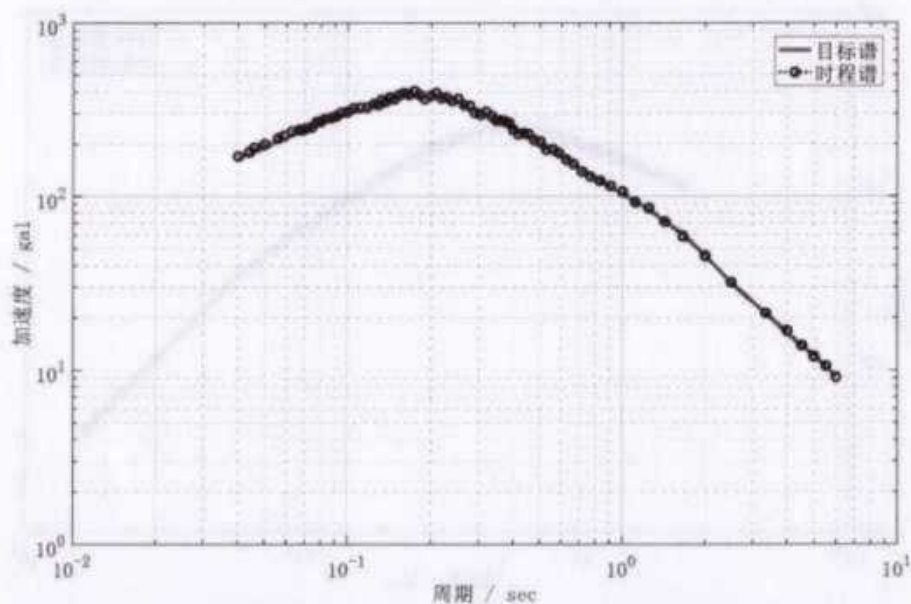


图 6.1-52 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 2%、样本 1)

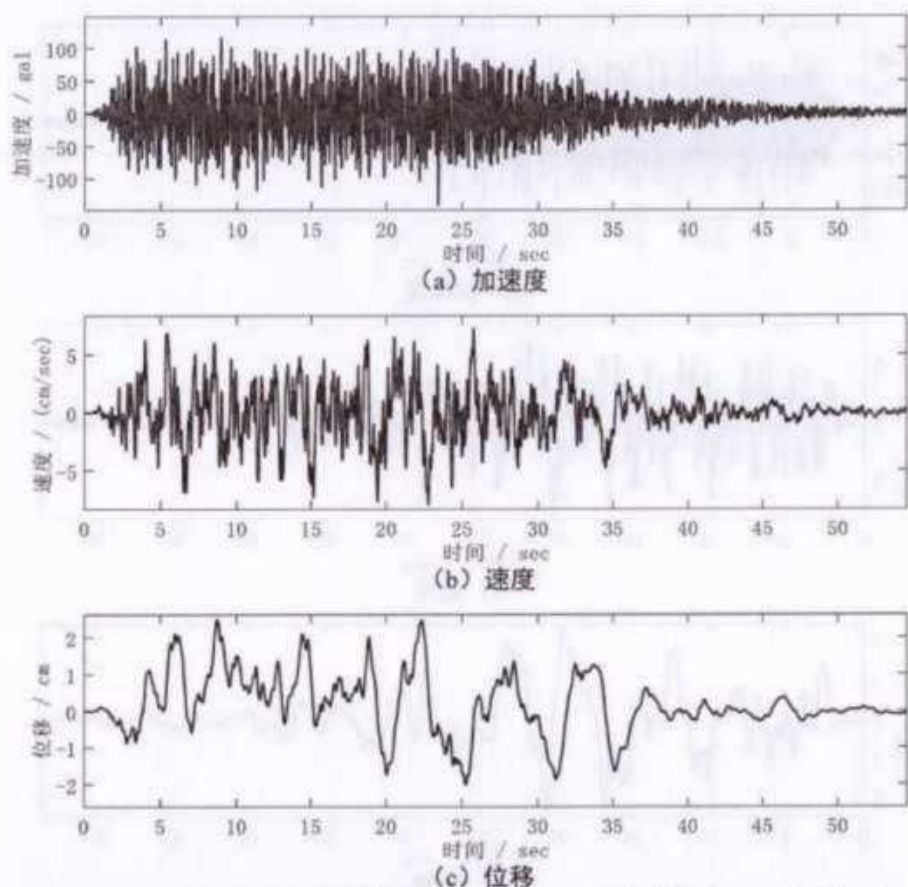
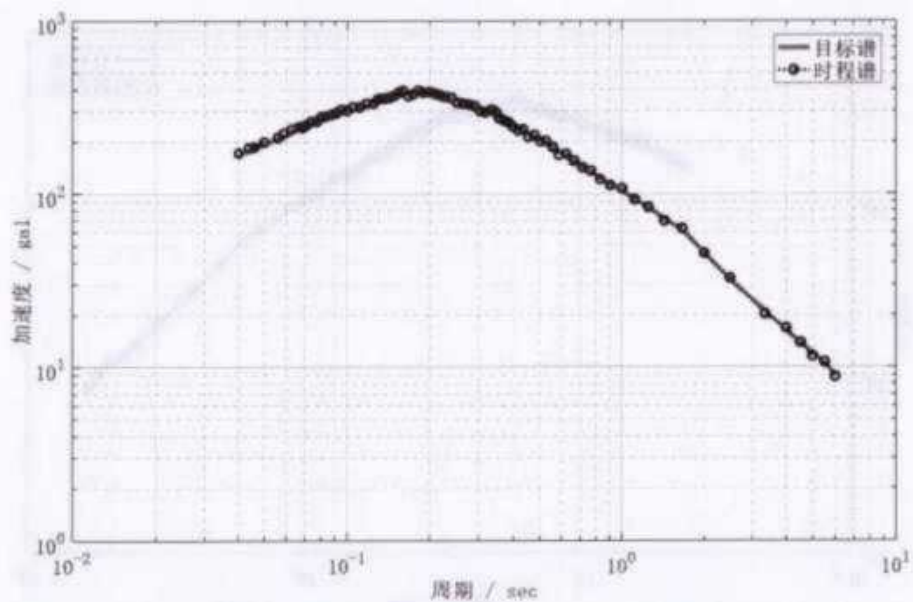


图 6.1-53 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 2%、样本 2)



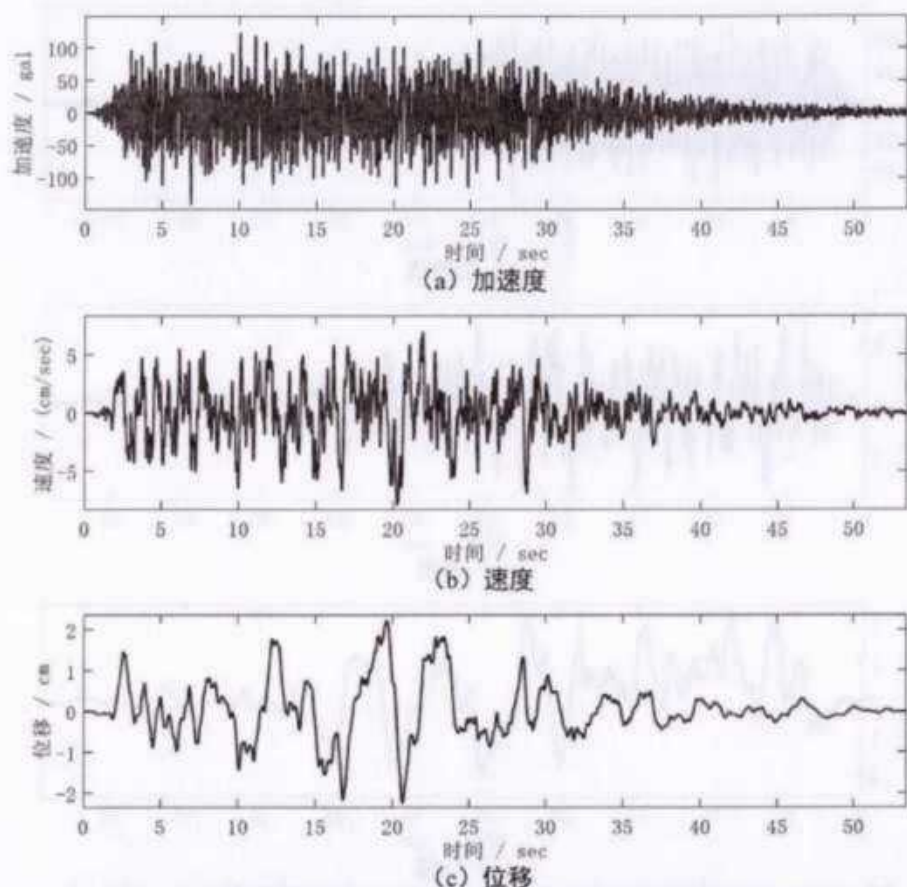


图 6.1-55 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 2%、样本 3)

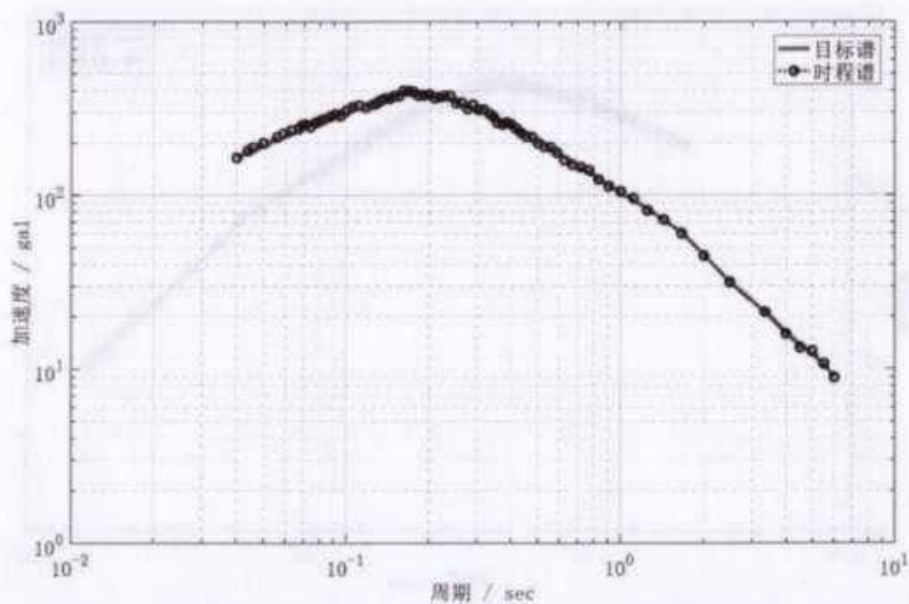


图 6.1-56 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 2%、样本 3)

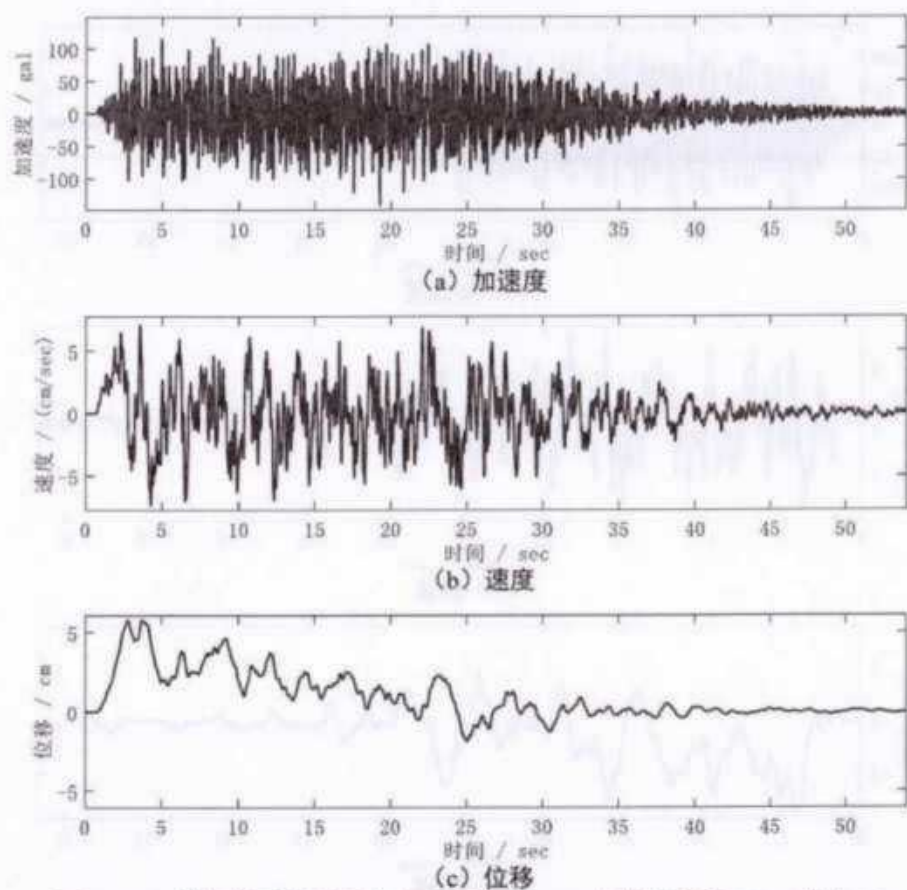


图 6.1-57 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 2%、样本 4)

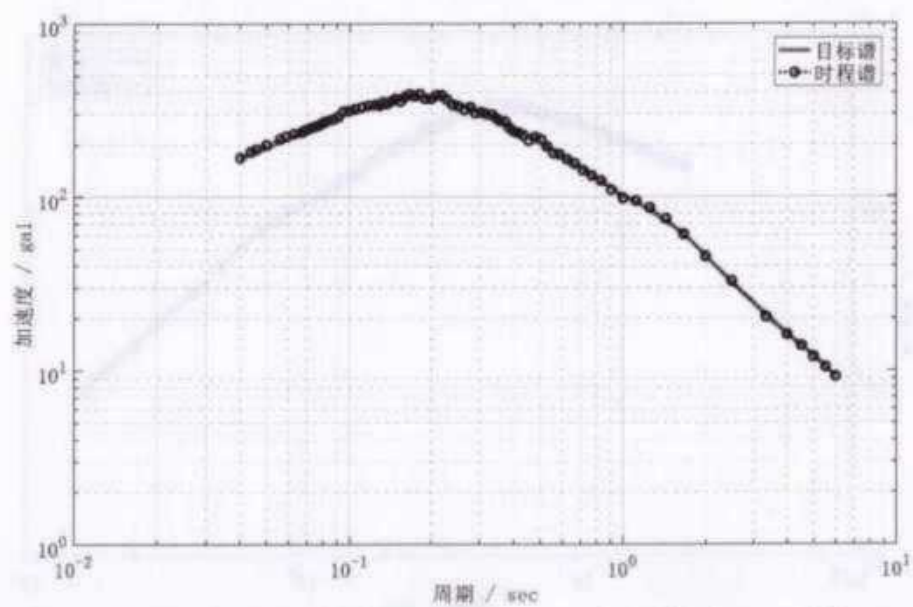


图 6.1-58 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 2%、样本 4)

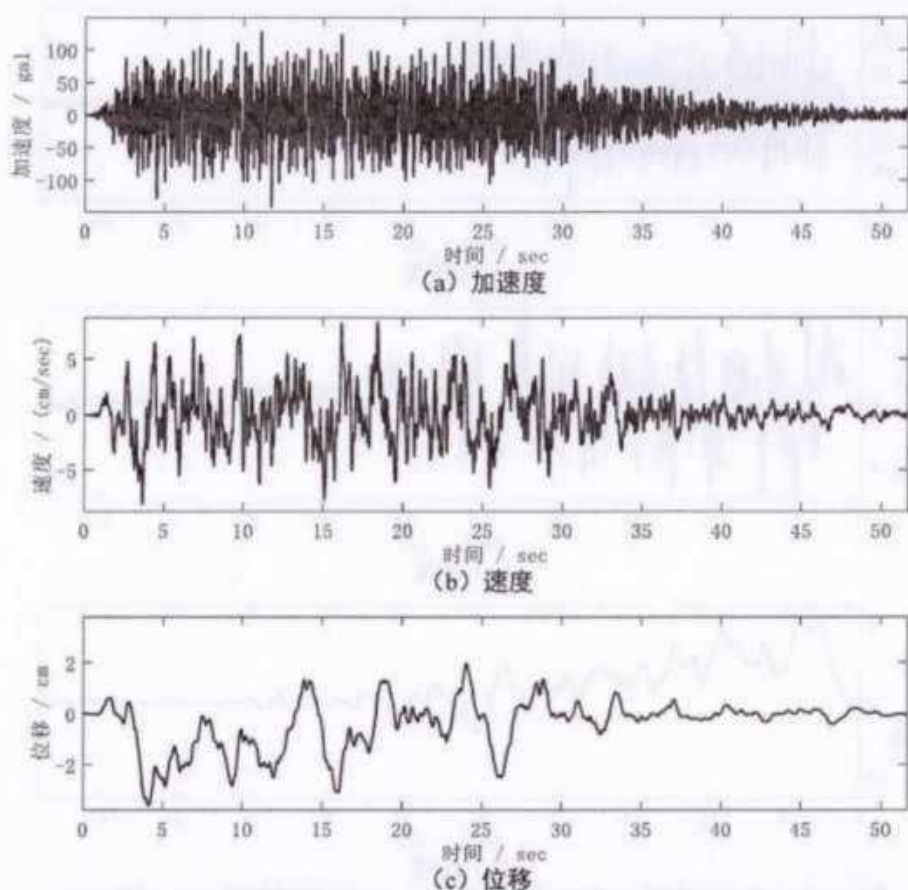


图 6.1-59 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 2%、样本 5)

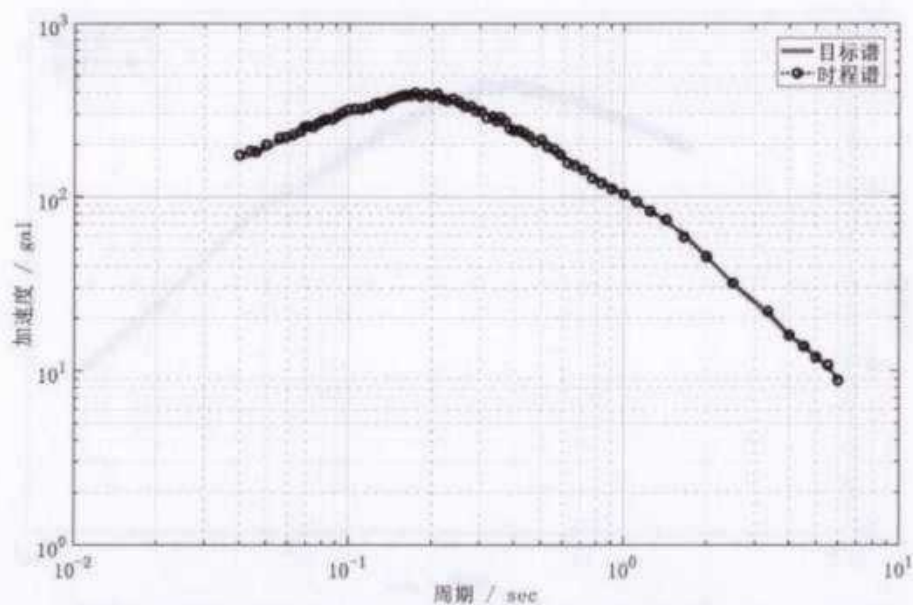


图 6.1-60 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 2%、样本 5)

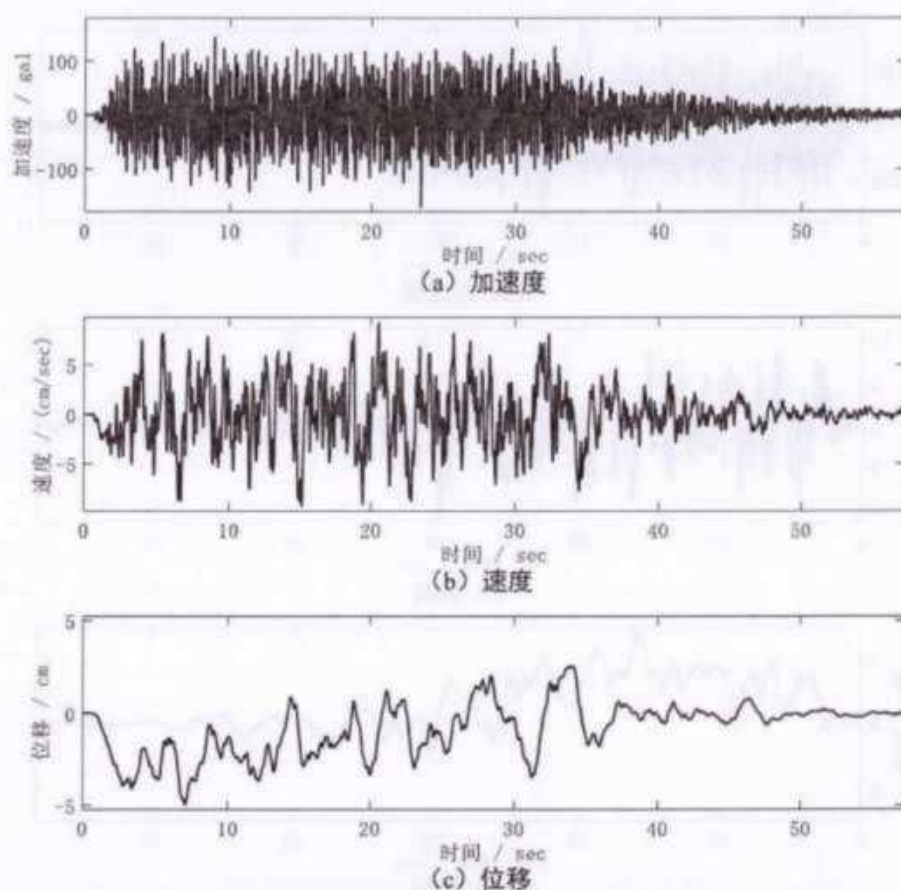


图 6.1-61 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 1%、样本 1)

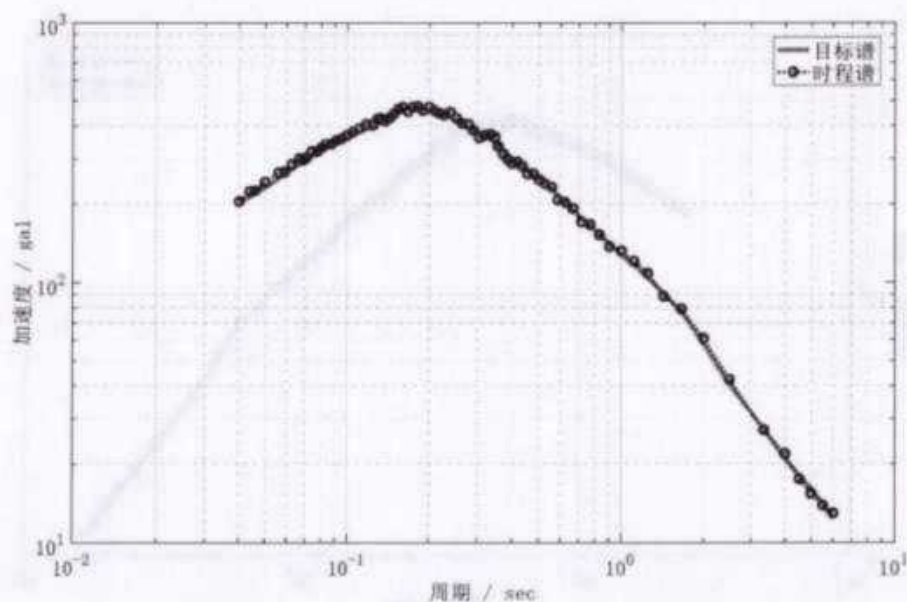


图 6.1-62 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 1%、样本 1)

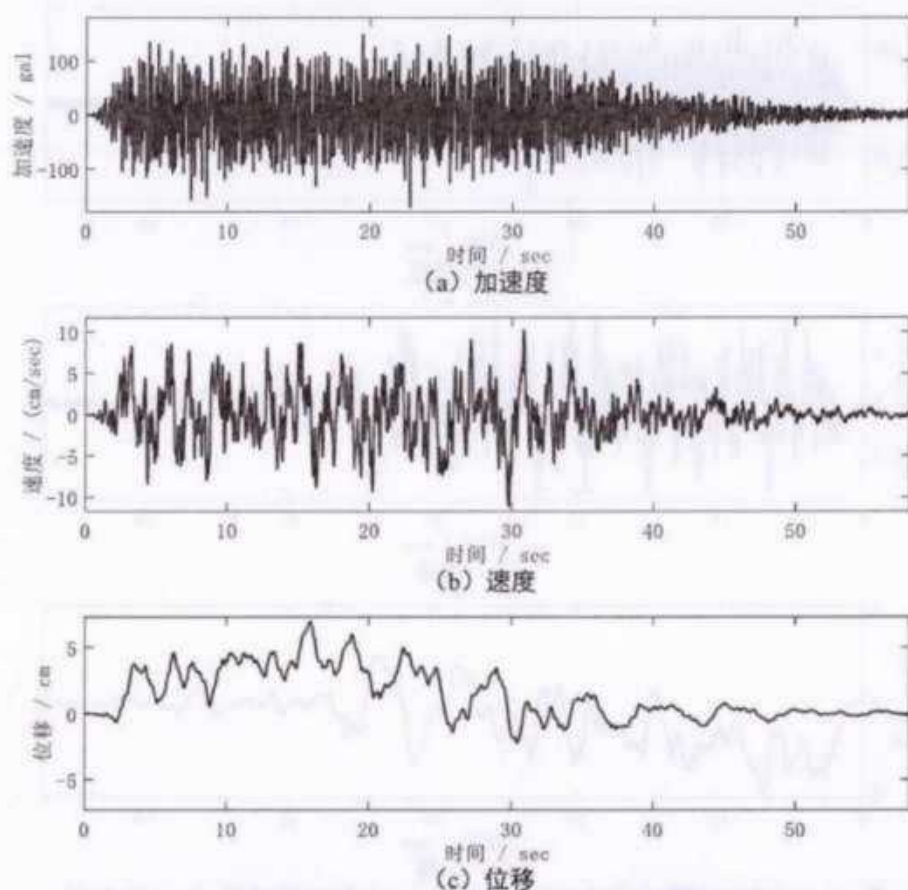


图 6.1-63 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 1%、样本 2)

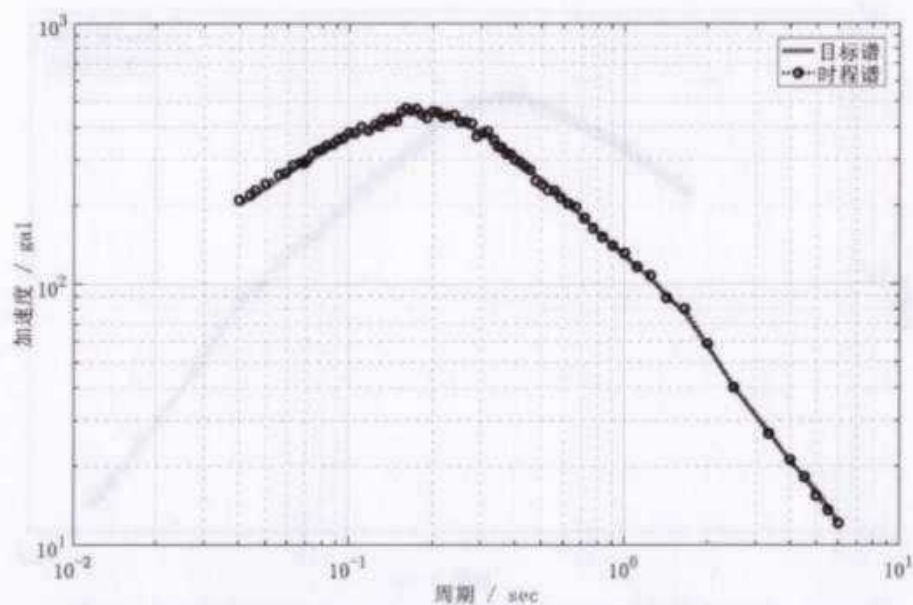


图 6.1-64 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 1%、样本 2)

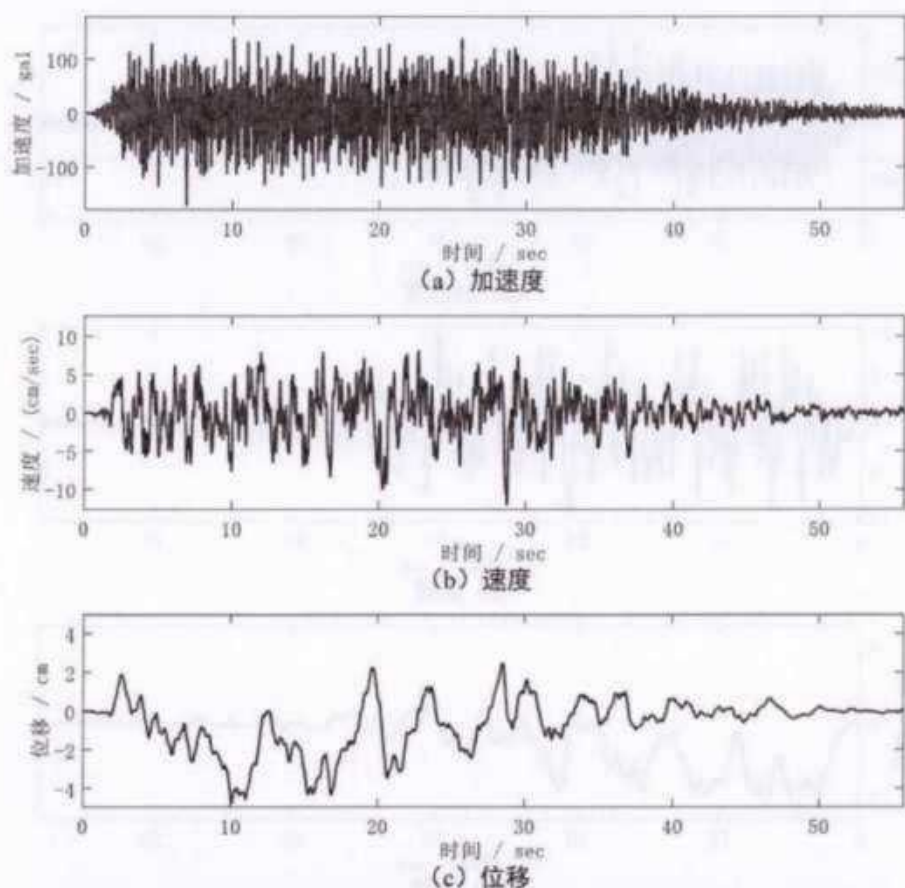


图 6.1-65 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 1%、样本 3)

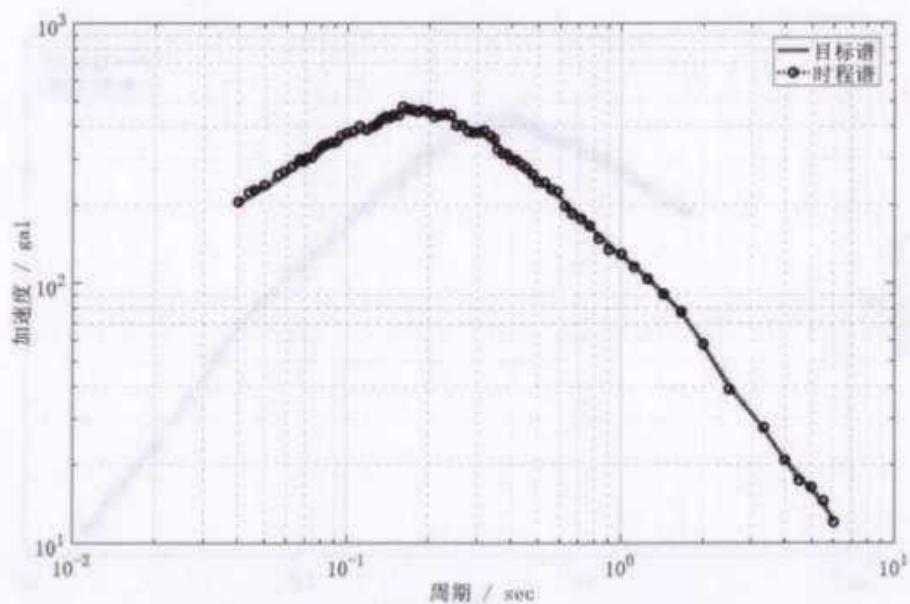


图 6.1-66 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 1%、样本 3)

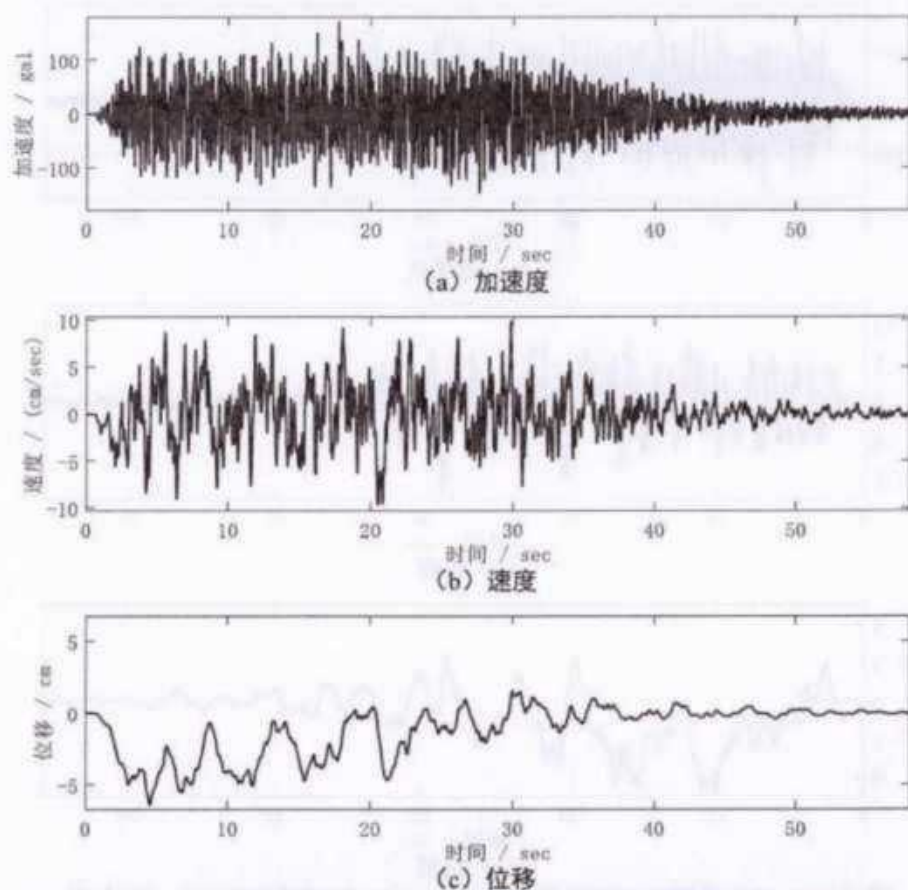


图 6.1-67 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 1%、样本 4)

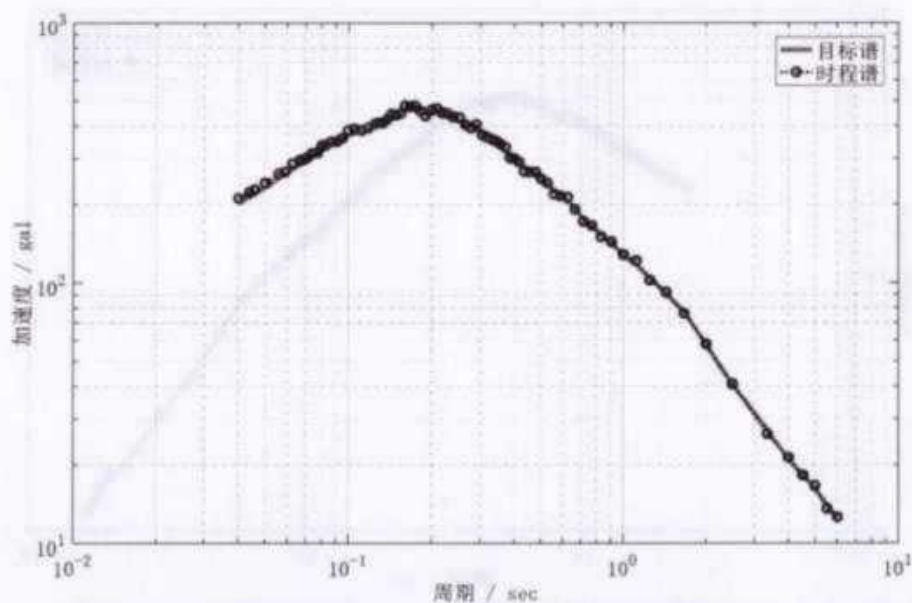


图 6.1-68 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 1%、样本 4)

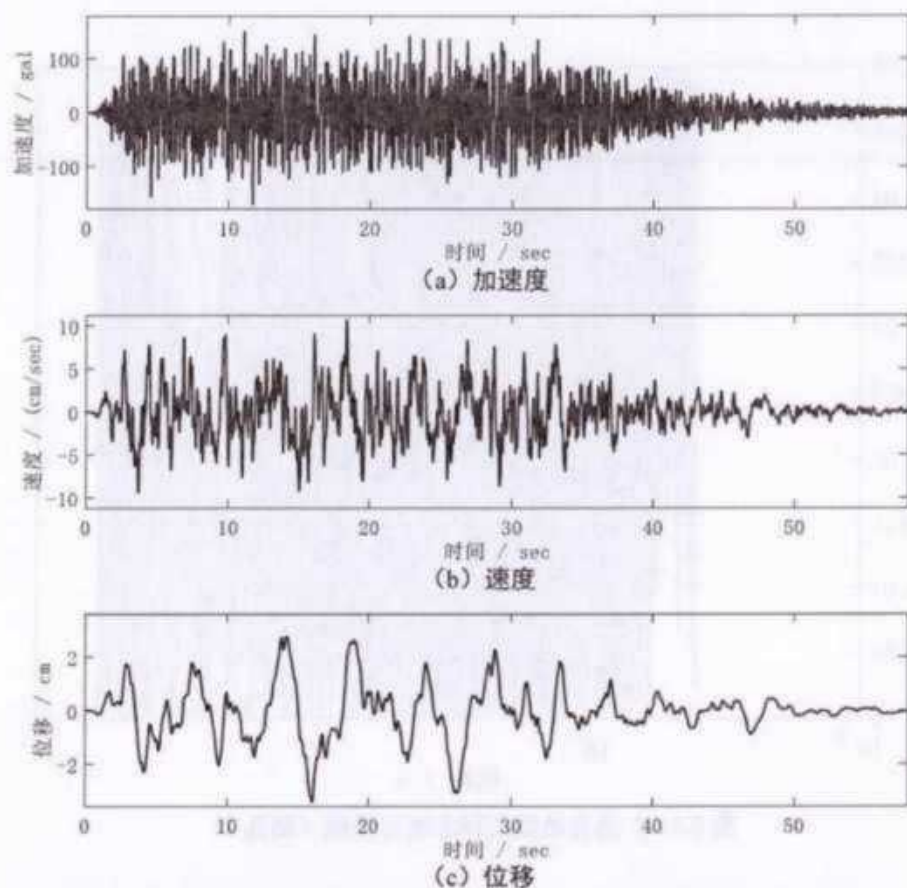


图 6.1-69 基岩地震动时程曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 1%、样本 5)

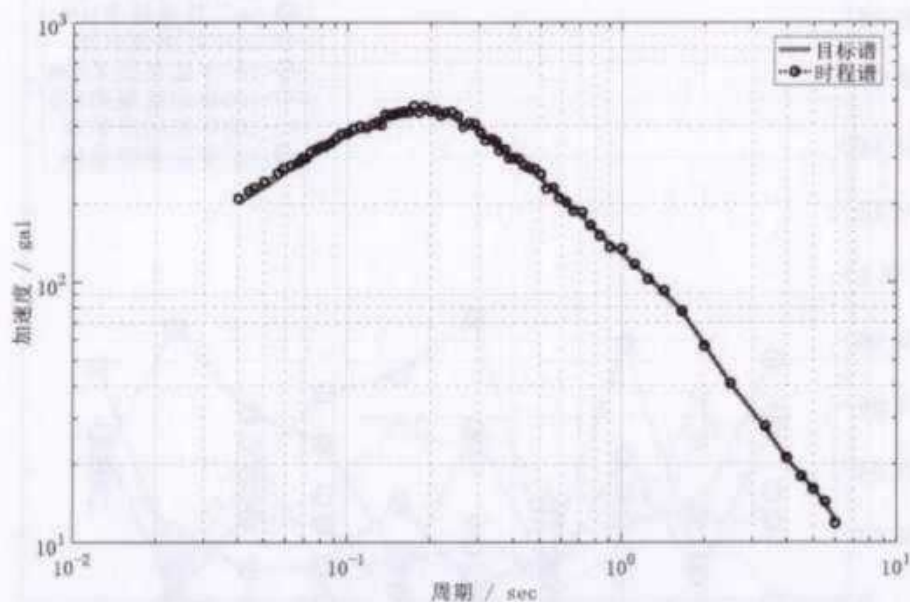


图 6.1-70 基岩地震动反应谱曲线 (钻孔 1、100 年超越概率 1%、样本 5)

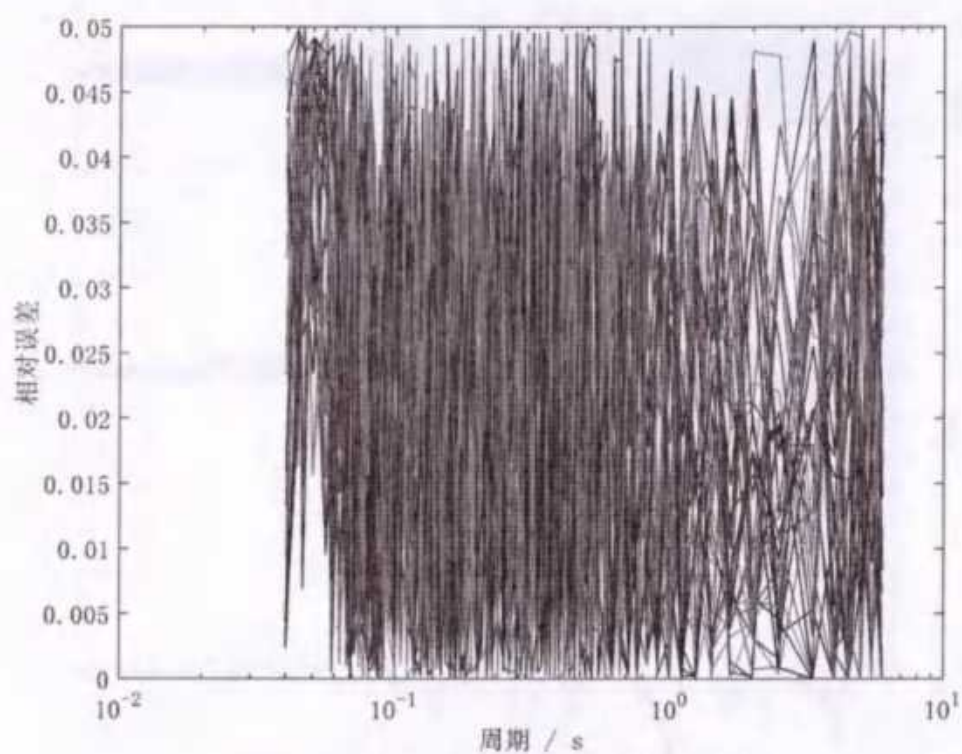


图 6.1-71 基岩地震动样本相对误差 (钻孔 1)

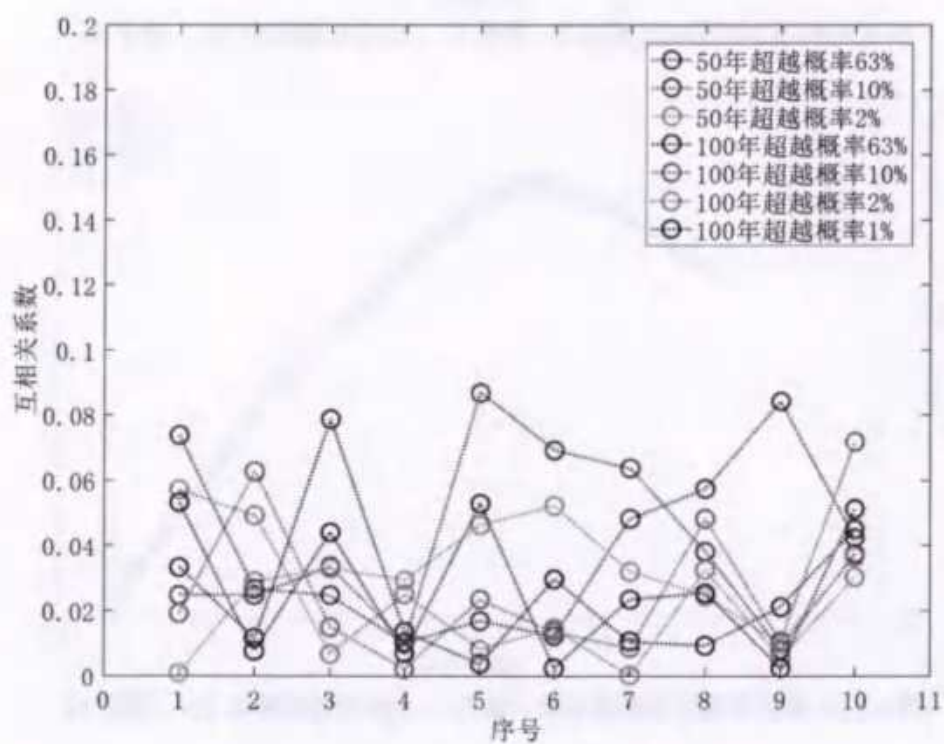


图 6.1-72 基岩地震动样本的互相关系数 (钻孔 1)

6.2 场地土层地震反应计算

6.2.1 计算模型及方法简介

场地工程地震条件结果表明,本项目场地区域范围内,介质特性变化及地形变化沿水平面方向并不十分显著。因此,在工作区域范围基于一维场地模型来考虑场地条件对地震地面运动的影响。一维场地模型地震地面运动影响的分析,采用《工程场地地震安全性评价》(GB 17744-2005)所推荐的一维土层剪切动力反应分析的等效线性化方法,其基本原理如下:

假设剪切波从粘弹性半无限基岩空间垂直入射到水平成层(N)非线性土体中,并上传传播。对于这一计算模型,根据波传播理论,利用时频变换技术(即傅氏变换法)结合土体非线性特性的复阻尼模拟及等效线性化处理方法可以计算出场地介质动力反应值。

设有一剪切谐波自计算基底垂直向上入射并在土层中传播,则根据波动理论及复阻尼理论可知,每一土层中介质运动必须满足波动方程:

$$\rho_j \frac{\partial^2 U_j(x,t)}{\partial t^2} = G_j^c \frac{\partial^2 U_j(x,t)}{\partial x^2} \quad (6.2-1)$$

式中, $U_j(x,t)$ 为第 j 土层中介质反应的位移值, ρ_j 为第 j 土层中介质的密度, G_j^c 为第 j 土层中介质的动力复剪切模量,由下式给出:

$$G_j^c = [1 + 2\lambda_j(\gamma_{e,j})i]G_{d,j}(\gamma_{e,j})G_{0,j} \quad (6.2-2)$$

其中, $i = \sqrt{-1}$, $G_{0,j}$ 为第 j 土层中介质的最大动力剪切模量, $G_{d,j}(\gamma_{e,j})$ 和 $\lambda_j(\gamma_{e,j})$ 分别为第 j 土层中介质的等效动力剪切模量比和滞回阻尼比, $\gamma_{e,j}$ 为第 j 土层中层中点介质的等效动力剪切应变值。

各土层之间介质运动满足位移连续条件和应力连续条件:

$$U_j(x,t)|_{x=H_j} = U_{j+1}(x,t)|_{x=0} \quad (6.2-3)$$

$$\tau_j(x,t)|_{x=H_j} = \tau_{j+1}(x,t)|_{x=0} \quad (6.2-4)$$

$$\tau_1(x,t)|_{x=0} = 0 \quad (6.2-5)$$

其中, H_j 为第 j 土层的层厚,且规定 x 坐标以垂直向下方向为正方向,坐标原点置于每一土层层顶面位置。求解方程式(6.2-1),并利用已知的计算基底入射波值得到土层中介质反应量的频域值,再利用傅氏变换方法可以得到土层中介质反应量的时域值。具体的求解过程及求解公式可以参见胡聿贤主编的《地震安全

性评价技术教程》一书中第 358 页至 363 页的内容。

考虑到土体的非线性特性，各土层的等效动力剪切模量的无量纲系数和滞回阻尼比都是等效剪应变的函数。因此，实际计算时，先假定每一土层层内介质反应的初始等效动力剪切应变，利用上述方法进行反应计算，并计算出相应的各土层内中点处介质的剪应变反应的最大值，而后取每一土层内层中点处介质反应的最大剪应变值乘以折减系数（这里取 0.65）的值作为该土层中介质的等效剪应变的计算值。比较计算所用等效剪切应变及计算所得等效剪切应变相对应的等效动力剪切模量和滞回阻尼比值，如果它们的相对误差都小于给定的允许误差（这里取 0.05），则认为土体的非线性特性的考虑满足了要求，否则，以最新计算所得等效剪切应变值取代初始等效剪切应变值，并重复上述计算过程，直到相对误差都小于允许误差为止。

在确定场地地震反应分析的地震输入时，地震输入界面处的输入地震波应按自由基岩地震动时程幅值的 50%确定。即由 6.1.3 节所得到的时程样本，按幅值缩小一半作为基底入射波幅值。

6.2.2 场地计算土层模型动力参数的确定

根据本项目场地工程地震条件调查工作，选择了不同工程地质钻孔(ZK1-ZK12)进行计算。工程地质钻孔资料包括土层分层厚度、土层土体性状描述等。钻孔剪切波波速测量详细结果见本报告的前述有关章节。计算场地模型的剖面与力学特性参数示于表 6.2-1 至表 6.2-12。

表 6.2-1 ZK1 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ^{3})
28	杂填土	0.4	167	1.85
1	粉质黏土	1.9	168	1.93
1	粉质黏土	1.9	171	1.93
1	粉质黏土	1.9	185	1.93
1	粉质黏土	1.9	177	1.93
1	粉质黏土	1.9	192	1.93
2	粉质黏土	1.6	209	1.93
29	细砂	1.7	223	1.99
29	细砂	1.7	213	1.99
29	细砂	1.8	222	1.99
2	粉质黏土	1.9	296	1.98
2	粉质黏土	1.9	326	1.98
3	粉质黏土	1.9	319	1.98
3	粉质黏土	1.9	276	1.98
3	粉质黏土	1.9	279	1.98

3	粉质黏土	1.9	261	1.98
3	粉质黏土	1.9	283	1.98
4	粉质黏土	1.7	368	1.98
30	中砂	2.0	376	2.01
30	中砂	2.0	308	2.01
30	中砂	2.0	323	2.01
30	中砂	2.0	360	2.01
30	中砂	2.0	362	2.01
30	中砂	2.0	359	2.01
30	中砂	2.0	351	2.01
30	中砂	1.8	378	2.01
5	粉质黏土	1.8	349	2.05
6	粉质黏土	1.8	333	2.05
6	粉质黏土	1.8	379	2.05
6	粉质黏土	1.8	422	2.05
6	粉质黏土	2.0	544	2.05
30	中砂	1.6	398	2.05
30	中砂	1.6	334	2.05
30	中砂	1.6	407	2.05
30	中砂	1.5	452	2.05
7	粉质黏土	1.8	481	2.17
7	粉质黏土	1.7	510	2.17
30	中砂	1.9	406	2.17
30	中砂	1.9	437	2.17
30	中砂	1.9	415	2.17
30	中砂	2.1	443	2.17
8	粉质黏土	1.9	493	2.05
8	粉质黏土	1.8	511	2.05
30	中砂	1.0	521	2.05
31	计算基底		521	2.05

表 6.2-2 ZK2 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ³)
28	杂填土	0.4	180	1.85
1	粉质黏土	1.8	166	1.93
1	粉质黏土	1.8	169	1.93
1	粉质黏土	1.8	172	1.93
1	粉质黏土	1.8	139	1.93
1	粉质黏土	1.8	147	1.93
2	粉质黏土	1.6	168	1.93
29	细砂	2.0	191	1.99
29	细砂	2.0	206	1.99
29	细砂	2.0	197	1.99
2	粉质黏土	1.8	238	1.98
2	粉质黏土	1.8	248	1.98
3	粉质黏土	1.8	279	1.98
3	粉质黏土	1.8	273	1.98
3	粉质黏土	1.8	350	1.98
3	粉质黏土	2.0	300	1.98
30	中砂	1.8	310	2.01
30	中砂	1.8	271	2.01

30	中砂	1.8	315	2.01
30	中砂	1.8	314	2.01
30	中砂	1.8	304	2.01
30	中砂	1.8	344	2.01
30	中砂	1.5	379	2.01
5	粉质黏土	1.4	379	2.03
5	粉质黏土	1.4	426	2.03
5	粉质黏土	1.4	363	2.03
30	中砂	1.5	357	2.01
30	中砂	1.5	403	2.01
30	中砂	1.5	344	2.01
5	粉质黏土	1.5	310	2.05
6	粉质黏土	1.5	321	2.05
6	粉质黏土	1.5	305	2.05
30	中砂	1.8	362	2.05
30	中砂	1.8	398	2.05
30	中砂	1.9	367	2.05
30	中砂	1.8	391	2.05
30	中砂	1.7	384	2.05
30	中砂	1.9	396	2.05
30	中砂	1.9	424	2.05
30	中砂	1.9	381	2.05
30	中砂	1.9	392	2.05
30	中砂	1.9	441	2.05
30	中砂	1.9	431	2.05
30	中砂	2.1	516	2.05
31	计算基底		516	2.05

表 6.2-3 ZK3 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ³)
28	杂填土	0.6	175	1.85
1	粉质黏土	1.8	195	1.93
1	粉质黏土	1.8	220	1.93
1	粉质黏土	1.8	261	1.93
1	粉质黏土	1.8	249	1.93
1	粉质黏土	1.8	246	1.93
2	粉质黏土	1.9	206	1.93
29	细砂	2.0	216	1.99
29	细砂	2.0	248	1.99
29	细砂	2.0	261	1.99
29	细砂	2.0	270	1.99
3	粉质黏土	2.0	308	1.98
3	粉质黏土	2.0	436	1.98
29	细砂	1.6	391	1.99
29	细砂	1.6	278	1.99
29	细砂	1.6	331	1.99
29	细砂	1.7	351	1.99
4	粉质黏土	2.0	368	2.00
29	细砂	1.7	336	1.99
29	细砂	1.7	325	1.99
29	细砂	1.6	368	1.99

4	粉质黏土	1.0	417	2.00
30	中砂	1.7	419	2.01
30	中砂	1.7	414	2.01
30	中砂	1.6	426	2.01
5	粉质黏土	2.0	438	2.03
30	中砂	1.7	397	2.03
30	中砂	1.7	351	2.03
30	中砂	1.6	334	2.03
6	粉质黏土	1.6	358	2.05
6	粉质黏土	1.6	375	2.05
6	粉质黏土	1.6	373	2.05
6	粉质黏土	1.5	421	2.05
30	中砂	1.9	462	2.05
30	中砂	1.9	430	2.05
30	中砂	1.9	403	2.05
30	中砂	1.9	390	2.05
30	中砂	1.9	429	2.05
30	中砂	1.9	413	2.05
30	中砂	1.9	399	2.05
30	中砂	1.9	391	2.05
30	中砂	1.9	410	2.05
30	中砂	1.9	431	2.05
30	中砂	1.7	463	2.05
8	粉质黏土	1.5	507	2.05
8	粉质黏土	1.5	521	2.05
31	计算基底		521	2.05

表 6.2-4 ZK4 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ³)
28	杂填土	0.5	165	1.85
1	粉质黏土	2.0	169	1.93
1	粉质黏土	2.0	178	1.93
1	粉质黏土	2.0	196	1.93
1	粉质黏土	2.0	185	1.93
1	粉质黏土	1.9	190	1.93
29	细砂	2.0	203	1.99
29	细砂	2.0	228	1.99
29	细砂	2.0	250	1.99
29	细砂	2.0	245	1.99
2	粉质黏土	1.9	270	1.98
3	粉质黏土	1.9	227	1.98
3	粉质黏土	1.8	424	1.98
30	中砂	2.0	398	2.01
30	中砂	2.0	300	2.01
30	中砂	2.0	302	2.01
30	中砂	2.0	363	2.01
30	中砂	2.0	368	2.01
30	中砂	2.0	325	2.01
30	中砂	2.0	347	2.01
30	中砂	2.0	329	2.01
30	中砂	2.0	424	2.01

30	中砂	2.0	391	2.01
5	粉质黏土	1.5	341	2.03
30	中砂	1.5	399	2.03
30	中砂	1.5	335	2.03
30	中砂	1.5	303	2.03
6	粉质黏土	0.5	329	2.05
30	中砂	1.9	323	2.05
30	中砂	1.9	271	2.05
30	中砂	1.9	325	2.05
30	中砂	1.9	421	2.05
30	中砂	1.9	464	2.05
30	中砂	2.0	403	2.05
7	粉质黏土	1.7	378	2.17
7	粉质黏土	1.7	446	2.17
7	粉质黏土	1.6	568	2.17
31	计算基底		568	2.17

表 6.2-5 ZK5 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ³)
28	杂填土	1.0	181	1.85
1	粉质黏土	2.0	181	1.93
1	粉质黏土	2.0	206	1.93
1	粉质黏土	2.0	239	1.93
1	粉质黏土	2.0	262	1.93
1	粉质黏土	2.0	212	1.93
29	细砂	1.4	254	1.99
29	细砂	1.4	272	1.99
2	粉质黏土	0.8	269	1.94
29	细砂	1.1	259	1.99
29	细砂	1.1	234	1.99
2	粉质黏土	1.8	271	1.98
2	粉质黏土	1.8	265	1.98
3	粉质黏土	1.8	305	1.98
3	粉质黏土	1.8	284	1.98
3	粉质黏土	1.8	257	1.98
3	粉质黏土	1.8	243	1.98
3	粉质黏土	1.8	226	1.98
4	粉质黏土	1.8	301	1.98
4	粉质黏土	1.8	319	1.98
4	粉质黏土	2.3	325	1.98
30	中砂	1.8	290	2.01
30	中砂	1.8	320	2.01
30	中砂	1.8	378	2.01
30	中砂	1.8	383	2.01
30	中砂	1.8	363	2.01
30	中砂	1.8	407	2.01
30	中砂	1.9	415	2.01
5	粉质黏土	1.8	418	2.03
30	中砂	1.9	408	2.03
30	中砂	1.9	400	2.03
30	中砂	1.9	456	2.03

30	中砂	1.9	410	2.03
30	中砂	1.9	415	2.03
30	中砂	1.9	432	2.03
30	中砂	1.9	352	2.03
30	中砂	1.9	417	2.03
30	中砂	1.9	446	2.03
30	中砂	1.9	431	2.03
30	中砂	1.9	461	2.03
30	中砂	2.3	574	2.03
31	计算基底		574	2.03

表 6.2-6 ZK6 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ³)
28	杂填土	2.0	189	1.85
1	粉质黏土	2.0	190	1.93
1	粉质黏土	2.0	223	1.93
1	粉质黏土	2.0	246	1.93
1	粉质黏土	2.0	279	1.93
2	粉质黏土	2.0	214	1.93
29	细砂	1.7	191	1.99
29	细砂	1.7	188	1.99
29	细砂	1.6	209	1.99
2	粉质黏土	2.0	267	1.98
2	粉质黏土	2.0	345	1.98
3	粉质黏土	2.0	368	1.98
3	粉质黏土	2.0	300	1.98
3	粉质黏土	2.0	317	1.98
3	粉质黏土	2.0	290	1.98
3	粉质黏土	2.0	347	1.98
4	粉质黏土	2.0	397	1.98
4	粉质黏土	2.0	333	1.98
4	粉质黏土	2.0	347	1.98
4	粉质黏土	2.0	391	1.98
4	粉质黏土	2.0	431	1.98
30	中砂	2.0	438	1.98
30	中砂	2.0	431	1.98
30	中砂	2.0	438	1.98
30	中砂	2.0	447	1.98
30	中砂	2.0	446	1.98
30	中砂	2.0	312	1.98
30	中砂	2.0	417	1.98
6	粉质黏土	2.0	471	2.05
6	粉质黏土	2.0	362	2.05
6	粉质黏土	2.0	385	2.05
30	中砂	2.0	417	2.05
30	中砂	2.0	385	2.05
30	中砂	2.0	410	2.05
7	粉质黏土	1.8	396	2.05
7	粉质黏土	1.8	339	2.05
8	粉质黏土	1.8	386	2.05
8	粉质黏土	1.8	459	2.05

8	粉质黏土	1.8	543	2.05
31	计算基底		543	2.05

表 6.2-7 ZK7 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ³)
28	杂填土	1.8	167	1.85
1	粉质黏土	1.6	171	1.93
1	粉质黏土	1.6	170	1.93
1	粉质黏土	1.6	188	1.93
1	粉质黏土	1.4	178	1.93
29	细砂	1.6	192	1.99
29	细砂	1.6	207	1.99
29	细砂	1.6	216	1.99
29	细砂	1.6	218	1.99
29	细砂	1.7	211	1.99
2	粉质黏土	1.9	258	1.98
2	粉质黏土	1.9	344	1.98
3	粉质黏土	1.9	328	1.98
3	粉质黏土	1.9	283	1.98
3	粉质黏土	1.9	277	1.98
3	粉质黏土	1.9	270	1.98
3	粉质黏土	1.9	265	1.98
4	粉质黏土	1.9	342	1.98
4	粉质黏土	1.7	411	1.98
30	中砂	2.0	316	2.01
30	中砂	2.0	301	2.01
30	中砂	2.0	368	2.01
30	中砂	2.0	362	2.01
30	中砂	2.0	352	2.01
30	中砂	2.0	338	2.01
30	中砂	2.0	391	2.01
30	中砂	2.0	362	2.01
30	中砂	2.0	329	2.01
30	中砂	1.6	373	2.01
6	粉质黏土	1.8	411	2.05
6	粉质黏土	1.8	533	2.05
6	粉质黏土	1.8	447	2.05
6	粉质黏土	2.0	333	2.05
30	中砂	2.0	424	2.05
30	中砂	2.0	431	2.05
30	中砂	2.0	556	2.05
30	中砂	2.0	417	2.05
30	中砂	2.0	439	2.05
30	中砂	2.0	410	2.05
30	中砂	2.0	438	2.05
30	中砂	2.0	490	2.05
30	中砂	2.0	500	2.05
8	粉质黏土	2.0	521	2.11
31	计算基底		521	2.11

表 6.2-8 ZK8 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ³)
------	------	---------	-----------	------------------------

28	杂填土	1.8	168	1.85
1	粉质黏土	1.7	141	1.93
1	粉质黏土	1.7	151	1.93
1	粉质黏土	1.8	190	1.93
29	细砂	1.8	205	1.99
29	细砂	1.8	190	1.99
29	细砂	1.8	199	1.99
29	细砂	1.8	208	1.99
29	细砂	1.8	226	1.99
29	细砂	2.0	235	1.99
2	粉质黏土	2.0	342	1.98
3	粉质黏土	2.0	424	1.98
3	粉质黏土	2.0	360	1.98
3	粉质黏土	2.0	312	1.98
3	粉质黏土	2.0	303	1.98
3	粉质黏土	2.0	302	1.98
4	粉质黏土	2.0	342	1.98
4	粉质黏土	2.0	348	1.98
30	中砂	2.0	333	2.01
30	中砂	2.0	373	2.01
30	中砂	2.0	373	2.01
30	中砂	2.0	424	2.01
30	中砂	2.0	463	2.01
30	中砂	2.0	410	2.01
30	中砂	2.0	397	2.01
30	中砂	2.0	417	2.01
30	中砂	2.0	342	2.01
30	中砂	2.0	309	2.01
30	中砂	2.0	397	2.01
6	粉质黏土	2.0	368	2.05
6	粉质黏土	2.0	368	2.05
30	中砂	2.0	410	2.05
30	中砂	2.0	379	2.05
30	中砂	2.0	391	2.05
7	粉质黏土	2.0	368	2.17
7	粉质黏土	2.0	347	2.17
29	细砂	1.7	407	2.17
29	细砂	1.7	434	2.17
29	细砂	1.6	543	2.17
31	计算基底		543	2.17

表 6.2-9 ZK9 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ³)
28	杂填土	0.8	169	1.85
1	粉质黏土	1.8	168	1.93
1	粉质黏土	1.8	175	1.93
1	粉质黏土	1.8	187	1.93
1	粉质黏土	1.8	179	1.93
1	粉质黏土	1.8	251	1.93
2	粉质黏土	2.0	241	1.93
29	细砂	2.0	198	1.99

29	细砂	2.0	211	1.99
29	细砂	1.9	180	1.99
2	粉质黏土	1.9	204	1.98
3	粉质黏土	1.9	307	1.98
3	粉质黏土	1.9	324	1.98
3	粉质黏土	1.9	262	1.98
3	粉质黏土	1.9	284	1.98
3	粉质黏土	1.9	330	1.98
4	粉质黏土	1.9	321	1.98
4	粉质黏土	1.9	379	1.98
4	粉质黏土	1.9	356	1.98
4	粉质黏土	1.7	371	1.98
30	中砂	1.8	378	2.01
30	中砂	1.8	391	2.01
30	中砂	1.8	417	2.01
30	中砂	1.8	378	2.01
30	中砂	1.8	339	2.01
5	粉质黏土	1.4	384	2.03
5	粉质黏土	1.3	428	2.03
30	中砂	1.4	435	2.03
30	中砂	1.4	427	2.03
6	粉质黏土	2.0	439	2.05
6	粉质黏土	2.0	381	2.05
30	中砂	2.0	399	2.05
30	中砂	2.0	391	2.05
30	中砂	2.0	410	2.05
30	中砂	2.0	439	2.05
30	中砂	2.0	431	2.05
30	中砂	2.0	446	2.05
30	中砂	2.0	447	2.05
7	粉质黏土	2.0	391	2.05
8	粉质黏土	2.0	410	2.05
8	粉质黏土	2.0	543	2.05
31	计算基底		543	2.05

表 6.2-10 ZK10 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ³)
28	杂填土	1.0	188	1.85
1	粉质黏土	1.8	218	1.93
1	粉质黏土	1.8	208	1.93
1	粉质黏土	1.8	167	1.93
1	粉质黏土	1.8	157	1.93
1	粉质黏土	1.8	171	1.93
2	粉质黏土	1.8	193	1.93
29	细砂	1.7	175	1.99
29	细砂	1.7	213	1.99
29	细砂	1.7	235	1.99
29	细砂	1.7	244	1.99
29	细砂	1.7	269	1.99
29	细砂	1.7	273	1.99
3	粉质黏土	1.3	298	1.98

3	粉质黏土	1.2	317	1.98
29	细砂	1.5	329	1.99
29	细砂	1.5	279	1.99
29	细砂	1.5	277	1.99
3	粉质黏土	1.8	320	2.00
4	粉质黏土	1.8	420	2.00
4	粉质黏土	1.8	443	2.00
4	粉质黏土	1.6	338	2.00
30	中砂	1.9	372	2.00
30	中砂	1.9	357	2.00
30	中砂	1.9	399	2.00
30	中砂	1.9	466	2.00
30	中砂	1.9	389	2.00
30	中砂	1.9	363	2.00
30	中砂	1.9	415	2.00
30	中砂	1.9	413	2.00
30	中砂	1.9	380	2.00
30	中砂	1.9	338	2.00
30	中砂	1.9	417	2.00
30	中砂	1.9	443	2.00
30	中砂	1.9	451	2.00
30	中砂	2.3	401	2.00
7	粉质黏土	2.0	347	2.17
30	中砂	2.0	431	2.17
30	中砂	2.0	454	2.17
30	中砂	2.0	417	2.17
30	中砂	2.0	446	2.17
8	粉质黏土	2.0	481	2.05
8	粉质黏土	2.0	463	2.05
30	中砂	2.0	454	2.05
30	中砂	2.0	500	2.05
30	中砂	2.0	500	2.05
30	中砂	2.0	521	2.05
31	计算基底		521	2.05

表 6.2-11 ZK11 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ³)
28	杂填土	1.0	174	1.85
1	粉质黏土	2.0	179	1.93
1	粉质黏土	2.0	179	1.93
1	粉质黏土	2.0	182	1.93
1	粉质黏土	2.0	177	1.93
29	细砂	2.0	216	1.99
29	细砂	2.0	235	1.99
29	细砂	2.0	233	1.99
2	粉质黏土	2.0	245	1.98
2	粉质黏土	2.0	273	1.98
2	粉质黏土	2.0	290	1.98
3	粉质黏土	2.0	304	1.98
3	粉质黏土	2.0	287	1.98
3	粉质黏土	2.0	313	1.98

3	粉质黏土	2.0	333	1.98
3	粉质黏土	2.0	373	1.98
4	粉质黏土	2.0	403	1.98
4	粉质黏土	2.0	362	1.98
4	粉质黏土	2.0	357	1.98
30	中砂	2.0	397	2.01
30	中砂	2.0	373	2.01
30	中砂	2.0	373	2.01
30	中砂	2.0	362	2.01
30	中砂	2.0	490	2.01
30	中砂	2.0	431	2.01
30	中砂	2.0	446	2.01
30	中砂	2.0	417	2.01
30	中砂	2.0	379	2.01
6	粉质黏土	2.0	439	2.05
6	粉质黏土	2.0	424	2.05
6	粉质黏土	2.0	471	2.05
30	中砂	2.0	373	2.05
30	中砂	2.0	403	2.05
30	中砂	2.0	438	2.05
30	中砂	2.0	417	2.05
30	中砂	2.0	446	2.05
30	中砂	2.0	454	2.05
30	中砂	2.0	438	2.05
30	中砂	2.0	403	2.05
30	中砂	2.0	439	2.05
30	中砂	2.0	500	2.05
30	中砂	2.0	521	2.05
31	计算基底		521	2.05

表 6.2-12 ZK12 的计算模型

土类编号	土类名称	土层厚度(m)	剪切波速(m/s)	密度(g/cm ³)
28	杂填土	1.5	171	1.85
28	杂填土	1.5	189	1.85
1	粉质黏土	2.0	187	1.93
29	细砂	2.0	153	1.99
29	细砂	2.0	185	1.99
29	细砂	2.0	220	1.99
29	细砂	2.0	226	1.99
29	细砂	2.0	234	1.99
29	细砂	2.0	231	1.99
2	粉质黏土	2.0	242	1.98
2	粉质黏土	2.0	280	1.98
3	粉质黏土	2.0	265	1.98
3	粉质黏土	2.0	258	1.98
3	粉质黏土	2.0	252	1.98
3	粉质黏土	2.0	278	1.98
3	粉质黏土	2.0	291	1.98
4	粉质黏土	2.0	313	1.98
4	粉质黏土	2.0	272	1.98
30	中砂	2.0	281	2.01

30	中砂	2.0	347	2.01
30	中砂	2.0	368	2.01
30	中砂	2.0	397	2.01
30	中砂	2.0	417	2.01
30	中砂	2.0	403	2.01
30	中砂	2.0	352	2.01
30	中砂	2.0	379	2.01
30	中砂	2.0	352	2.01
30	中砂	2.0	338	2.01
30	中砂	2.0	391	2.01
6	粉质黏土	2.0	410	2.05
30	中砂	2.0	379	2.05
30	中砂	2.0	403	2.05
30	中砂	2.0	410	2.05
30	中砂	2.0	417	2.05
30	中砂	2.0	417	2.05
30	中砂	2.0	397	2.05
8	粉质黏土	2.0	379	2.05
8	粉质黏土	2.0	424	2.05
8	粉质黏土	2.0	481	2.05
30	中砂	2.0	500	2.05
30	中砂	2.0	521	2.05
31	计算基底		521	2.05

本项目共进行了 73 个试样的土动力学试验，对于不同土类，按照不同深度范围（一般为 10m）取包含土样参数的数学平均值，具体见表 6.2-13 所示。其他土类参数中杂填土、细砂、中砂的动力非线性参数参照《地震小区划--理论与实践》中相应的经验值，最终得到的计算模型中各类土的动力非线性曲线参数详见表 6.2-14。

表 6.2-13 不同土类在不同埋深处的取值处理

土类	埋深(m)	试验样品数量(个)	土类	埋深(m)	试验样品数量(个)
粉质粘土	0-10	7	含泥中砂	13.8-14	1
	10-20	5		35.8-36	2
	20-30	8		40-50	3
	30-40	5			
	40-50	2	泥质细砂	11.7-11.9	1
	50-60	4		49.8-50	1
	60-70	2		54.8-55	1
	70-80	3			
	80-90	3	含泥中粗砂	8.7-8.9	1
	90-100	4			
含泥中粗砂	7.4-7.6	1			
	14.8-15	1			
	39.8-40	1			

	44.8-45	1		砂			
	59.8-60	1					
	60-70	4			26.5-26.7	1	
	70-80	6		中粗砂	28.9-29.1	1	1
	80-90	3					

表 6.2-14 计算模型采用的土体动力非线性特性参数

序号	样品 编号	模量比	剪应变 γ (10^{-4})							
		阻尼比	0.05	0.1	0.5	1	5	10	50	100
1	粉质粘土 (0-10m)	G/G_{max}	0.9967	0.9935	0.9685	0.9395	0.7657	0.6287	0.2675	0.1569
		λ	0.0172	0.0226	0.0427	0.0560	0.1000	0.1226	0.1668	0.1777
2	粉质粘土 (10-20m)	G/G_{max}	0.9970	0.9939	0.9704	0.9429	0.7757	0.6410	0.2762	0.1624
		λ	0.0215	0.0277	0.0498	0.0638	0.1078	0.1296	0.1705	0.1804
3	粉质粘土 (20-30m)	G/G_{max}	0.9972	0.9944	0.9726	0.9468	0.7822	0.6440	0.2697	0.1567
		λ	0.0194	0.0252	0.0460	0.0596	0.1047	0.1281	0.1734	0.1844
4	粉质粘土 (30-40m)	G/G_{max}	0.9967	0.9935	0.9684	0.9393	0.7644	0.6263	0.2640	0.1542
		λ	0.0189	0.0251	0.0482	0.0635	0.1137	0.1387	0.1847	0.1956
5	粉质粘土 (40-50m)	G/G_{max}	0.9966	0.9932	0.9669	0.9359	0.7465	0.5969	0.2311	0.1311
		λ	0.0172	0.0228	0.0441	0.0583	0.1049	0.1280	0.1687	0.1777
6	粉质粘土 (50-60m)	G/G_{max}	0.9980	0.9959	0.9801	0.9610	0.8315	0.7121	0.3325	0.1998
		λ	0.0134	0.0173	0.0323	0.0427	0.0819	0.1055	0.1603	0.1760
7	粉质粘土 (60-70m)	G/G_{max}	0.9971	0.9941	0.9714	0.9443	0.7723	0.6292	0.2538	0.1454
		λ	0.0221	0.0281	0.0498	0.0637	0.1083	0.1307	0.1722	0.1817
8	粉质粘土 (70-80m)	G/G_{max}	0.9979	0.9957	0.9788	0.9585	0.8224	0.6987	0.3178	0.1892
		λ	0.0172	0.0221	0.0401	0.0520	0.0932	0.1159	0.1631	0.1753
9	粉质粘土 (80-90m)	G/G_{max}	0.9974	0.9948	0.9745	0.9504	0.7964	0.6658	0.2948	0.1749
		λ	0.0120	0.0161	0.0326	0.0445	0.0887	0.1141	0.1674	0.1813
10	粉质粘土 (90-100m)	G/G_{max}	0.9976	0.9951	0.9759	0.9530	0.8032	0.6722	0.2936	0.1727
		λ	0.0235	0.0297	0.0513	0.0648	0.1074	0.1289	0.1700	0.1800
11	含泥中粗砂 (7.4-7.6m)	G/G_{max}	0.9903	0.9807	0.9106	0.8359	0.5046	0.3374	0.0924	0.0485
		λ	0.0109	0.0170	0.0458	0.0678	0.1384	0.1670	0.2047	0.2110
12	含泥中粗砂 (14.8-15m)	G/G_{max}	0.9983	0.9966	0.9832	0.9669	0.8540	0.7452	0.3690	0.2263
		λ	0.0116	0.0157	0.0315	0.0423	0.0808	0.1031	0.1530	0.1673
13	含泥中粗砂 (39.8-40m)	G/G_{max}	0.9978	0.9956	0.9783	0.9576	0.8186	0.6929	0.3109	0.1841

		λ	0.0249	0.0322	0.0584	0.0751	0.1292	0.1573	0.2128	0.2266
14	含泥中粗砂 (44.8-45m)	G/G_{max}	0.9914	0.9829	0.9198	0.8515	0.5342	0.3645	0.1029	0.0542
		λ	0.0054	0.0094	0.0327	0.0538	0.1355	0.1742	0.2303	0.2403
15	含泥中粗砂 (59.8-60m)	G/G_{max}	0.9976	0.9952	0.9766	0.9542	0.8065	0.6757	0.2942	0.1725
		λ	0.0189	0.0240	0.0417	0.0525	0.0866	0.1035	0.1355	0.1432
16	含泥中粗砂 (60-70m)	G/G_{max}	0.9969	0.9939	0.9702	0.9426	0.7764	0.6441	0.2845	0.1693
		λ	0.0260	0.0331	0.0581	0.0736	0.1217	0.1449	0.1879	0.1983
17	含泥中粗砂 (70-80m)	G/G_{max}	0.9971	0.9942	0.9719	0.9457	0.7851	0.6538	0.2885	0.1711
		λ	0.0310	0.0387	0.0649	0.0807	0.1281	0.1506	0.1915	0.2012
18	含泥中粗砂 (80-90m)	G/G_{max}	0.9971	0.9943	0.9721	0.9459	0.7817	0.6460	0.2767	0.1623
		λ	0.0164	0.0217	0.0414	0.0546	0.1000	0.1247	0.1750	0.1880
19	含泥中砂 (13.8-14m)	G/G_{max}	0.9979	0.9958	0.9794	0.9596	0.8261	0.7038	0.3221	0.1920
		λ	0.0237	0.0303	0.0534	0.0679	0.1144	0.1383	0.1858	0.1979
20	含泥中砂 (35.8-36m)	G/G_{max}	0.9962	0.9924	0.9630	0.9290	0.7285	0.5778	0.2230	0.1269
		λ	0.0211	0.0278	0.0523	0.0682	0.1187	0.1430	0.1860	0.1957
21	含泥中砂 (40-50m)	G/G_{max}	0.9968	0.9937	0.9694	0.9407	0.7652	0.6252	0.2632	0.1544
		λ	0.0209	0.0277	0.0537	0.0709	0.1278	0.1561	0.2071	0.2187
22	泥质细砂 (11.7-11.9m)	G/G_{max}	0.9976	0.9953	0.9767	0.9545	0.8076	0.6773	0.2956	0.1735
		λ	0.0133	0.0183	0.0383	0.0521	0.1015	0.1289	0.1849	0.1991
23	泥质细砂 (49.8-50m)	G/G_{max}	0.9983	0.9966	0.9831	0.9667	0.8531	0.7439	0.3674	0.2251
		λ	0.0051	0.0076	0.0190	0.0280	0.0654	0.0899	0.1507	0.1693
24	泥质细砂 (54.8-55m)	G/G_{max}	0.9984	0.9968	0.9841	0.9686	0.8607	0.7554	0.3818	0.2360
		λ	0.0272	0.0333	0.0529	0.0643	0.0991	0.1166	0.1525	0.1621
25	含泥细砂 (8.7-8.9m)	G/G_{max}	0.9980	0.9959	0.9800	0.9607	0.8302	0.7097	0.3284	0.1964
		λ	0.0257	0.0321	0.0535	0.0664	0.1064	0.1264	0.1655	0.1753
26	含泥细砂 (26.5-26.7m)	G/G_{max}	0.9981	0.9961	0.9810	0.9626	0.8374	0.7203	0.3400	0.2048
		λ	0.0068	0.0097	0.0222	0.0316	0.0677	0.0897	0.1400	0.1542
27	中粗砂 (28.9-29.1m)	G/G_{max}	0.9971	0.9942	0.9717	0.9449	0.7743	0.6317	0.2554	0.1464
		λ	0.0265	0.0344	0.0627	0.0807	0.1376	0.1656	0.2161	0.2276
28	杂填土	G/G_{max}	0.9600	0.9500	0.8000	0.7000	0.3000	0.2000	0.1500	0.1000
		λ	0.0250	0.0280	0.0300	0.0350	0.0800	0.1000	0.1000	0.1200
29	细砂	G/G_{max}	0.9800	0.9650	0.8850	0.8050	0.5600	0.4480	0.2200	0.1740
		λ	0.0050	0.0070	0.0200	0.0350	0.0800	0.1000	0.1200	0.1240

30	中砂	G/G_{max}	0.9650	0.9350	0.7750	0.6600	0.3000	0.2500	0.1050	0.0900
		λ	0.0060	0.0100	0.0300	0.0450	0.0880	0.1030	0.1240	0.1300
31	基岩	G/G_{max}	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
		λ	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500

6.2.3 计算结果

根据工程结构抗震设计的要求,对目标区进行场地地震反应计算时,分别以目标区 7 种概率水准的基岩地震动加速度时程(各 5 条样本),按幅值缩小一半确定一维土层反应分析模型的计算基底入射波输入量。对每一种情况分别计算出地表面处地震动反应的加速度时程和反应谱值。

目标区自由地表面处对应于各个概率水准的水平向地震动峰值加速度的计算值见表 6.2-14~表 6.2-25。水平向地震动加速度反应谱曲线(5%阻尼比)的计算结果分别如图 6.2-1 至图 6.2-13 所示(图中的细实线)。

表 6.2-14 ZK1 场地地震动峰值加速度 (gal)

超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	22.3	23.1	23.3	24.8	25.3	23.8
50 年 10%	66.2	69.2	69.4	71.4	71.7	69.6
50 年 2%	107.2	108.2	114.0	115.4	118.4	112.7
100 年 63%	33.6	34.5	34.5	35.0	37.1	34.9
100 年 10%	83.7	86.3	88.1	88.3	88.6	87.0
100 年 2%	124.2	124.7	131.1	131.9	132.5	128.9
100 年 1%	139.4	142.2	142.5	147.6	150.4	144.4

表 6.2-15 ZK2 场地地震动峰值加速度 (gal)

超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	21.6	22.1	24.3	24.5	24.8	23.5
50 年 10%	64.3	68.3	68.3	68.8	70.7	68.1
50 年 2%	102.2	102.9	103.6	109.7	111.4	106.0
100 年 63%	30.8	32.9	34.4	36.1	36.1	34.1
100 年 10%	83.2	84.7	86.1	86.2	87.5	85.5
100 年 2%	117.4	124.6	126.0	126.6	128.2	124.6
100 年 1%	136.8	138.7	139.0	140.1	146.8	140.3

表 6.2-16 ZK3 场地地震动峰值加速度 (gal)

超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	22.0	22.2	22.5	22.7	23.6	22.6
50 年 10%	65.5	65.6	65.7	66.8	67.7	66.3
50 年 2%	102.1	104.1	110.3	112.1	114.6	108.6
100 年 63%	32.8	33.2	33.7	34.5	35.4	33.9

100 年 10%	81.0	81.1	83.9	84.6	84.8	83.1
100 年 2%	118.9	125.6	126.5	127.6	131.5	126.0
100 年 1%	137.6	138.6	138.7	139.3	142.2	139.3

表 6.2-17 ZK4 场地地震动峰值加速度 (gal)

超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	23.6	25.2	26.5	26.6	26.9	25.7
50 年 10%	70.0	70.1	70.3	73.4	74.9	71.7
50 年 2%	106.8	110.8	111.2	117.0	118.7	112.9
100 年 63%	33.6	37.8	38.6	39.1	39.7	37.7
100 年 10%	86.0	86.8	89.8	91.1	94.1	89.6
100 年 2%	125.5	125.6	125.6	131.0	133.9	128.3
100 年 1%	137.3	137.3	139.2	143.6	150.8	141.6

表 6.2-18 ZK5 场地地震动峰值加速度 (gal)

超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	23.2	23.8	24.4	24.7	24.9	24.2
50 年 10%	62.2	66.0	68.5	69.9	71.1	67.5
50 年 2%	101.6	103.4	108.3	112.4	112.7	107.7
100 年 63%	33.5	34.8	35.1	35.5	36.2	35.0
100 年 10%	76.5	84.1	84.7	85.1	85.6	83.2
100 年 2%	116.2	122.8	127.1	128.4	130.5	125.0
100 年 1%	133.7	142.3	142.6	143.5	147.5	141.9

表 6.2-19 ZK6 场地地震动峰值加速度 (gal)

超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	20.8	23.0	23.1	23.5	23.6	22.8
50 年 10%	62.7	66.2	67.2	67.8	68.9	66.6
50 年 2%	103.8	104.1	107.8	112.0	112.4	108.0
100 年 63%	30.3	32.8	33.8	35.0	35.0	33.4
100 年 10%	79.6	82.0	83.6	84.5	84.8	82.9
100 年 2%	115.9	122.3	123.6	125.7	126.9	122.9
100 年 1%	129.9	133.8	139.1	140.1	141.5	136.9

表 6.2-20 ZK7 场地地震动峰值加速度 (gal)

超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	22.7	23.5	25.3	25.7	25.8	24.6
50 年 10%	70.1	72.1	72.6	72.8	74.7	72.5
50 年 2%	113.1	115.7	119.3	119.8	120.4	117.6
100 年 63%	35.3	35.5	36.1	36.4	37.7	36.2
100 年 10%	87.4	89.1	90.9	91.0	91.4	89.9
100 年 2%	130.2	136.4	136.6	137.7	138.1	135.8
100 年 1%	144.5	150.3	151.2	152.7	152.8	150.3

表 6.2-21 ZK8 场地地震动峰值加速度 (gal)

超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	26.2	26.5	26.7	27.4	27.8	26.9

50 年 10%	77.5	77.9	79.3	79.4	81.8	79.2
50 年 2%	120.3	121.0	122.8	128.7	131.2	124.8
100 年 63%	37.6	39.7	40.0	41.3	41.5	40.0
100 年 10%	93.2	94.1	95.8	100.2	100.6	96.8
100 年 2%	136.7	138.4	140.9	145.6	145.7	141.5
100 年 1%	150.3	154.8	157.3	158.2	160.2	156.2

表 6.2-22 ZK9 场地地震动峰值加速度 (gal)

超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	23.7	23.8	25.1	25.5	25.9	24.8
50 年 10%	68.8	69.2	71.0	71.5	71.7	70.4
50 年 2%	110.1	110.3	110.4	112.7	115.9	111.9
100 年 63%	32.5	33.9	35.8	35.9	36.5	35.0
100 年 10%	84.8	86.2	86.3	86.8	88.9	86.6
100 年 2%	124.3	125.0	128.3	128.8	129.6	127.2
100 年 1%	142.9	143.0	143.4	145.5	147.3	144.4

表 6.2-23 ZK10 场地地震动峰值加速度 (gal)

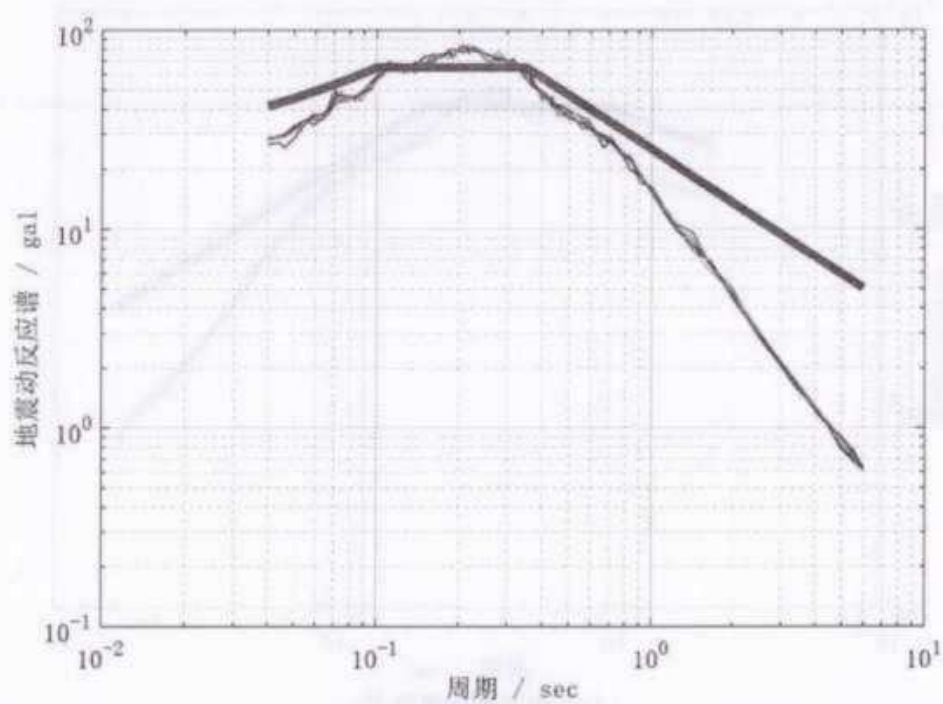
超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	22.5	22.6	23.1	23.1	23.9	23.1
50 年 10%	66.4	67.6	68.3	69.2	69.9	68.3
50 年 2%	99.1	106.4	110.9	111.0	115.0	108.5
100 年 63%	31.7	33.9	34.2	35.0	36.3	34.2
100 年 10%	80.7	84.0	85.8	86.1	87.4	84.8
100 年 2%	123.7	124.6	130.2	130.3	132.5	128.3
100 年 1%	131.5	139.4	142.9	147.4	150.6	142.3

表 6.2-24 ZK11 场地地震动峰值加速度 (gal)

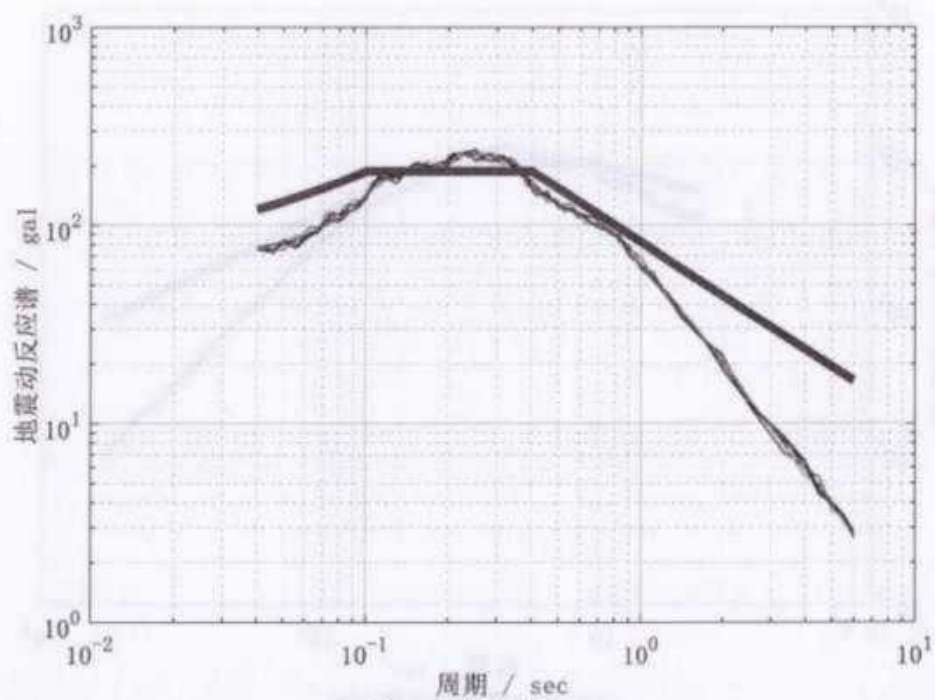
超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	22.5	23.7	24.4	24.9	25.2	24.2
50 年 10%	69.7	70.7	70.8	73.7	74.9	72.0
50 年 2%	112.3	113.1	117.3	118.6	122.5	116.8
100 年 63%	33.0	34.1	34.6	36.5	37.8	35.2
100 年 10%	82.5	88.0	88.1	88.8	90.5	87.6
100 年 2%	128.8	133.8	136.0	137.1	139.9	135.1
100 年 1%	148.8	151.6	155.1	156.0	159.7	154.3

表 6.2-25 ZK12 场地地震动峰值加速度 (gal)

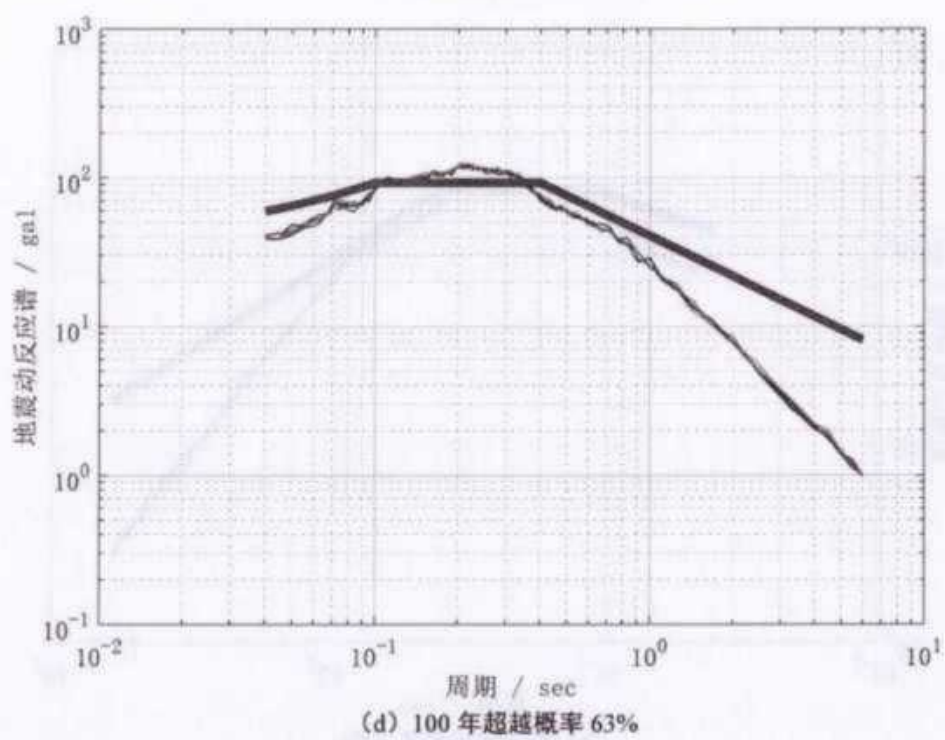
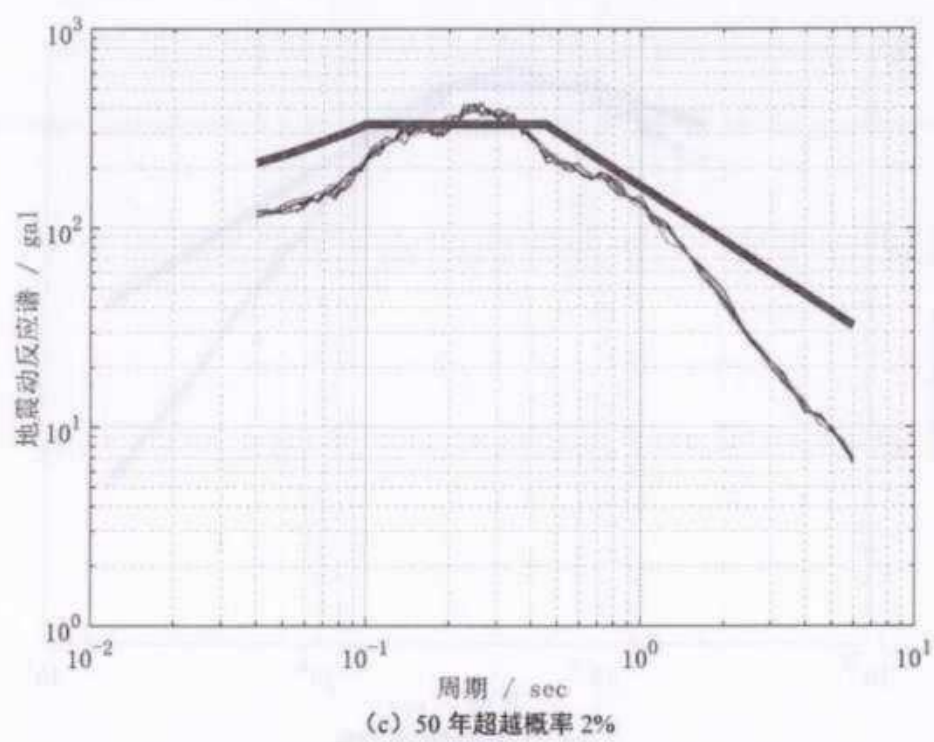
超越概率	不同地震动样本计算结果					均值
	样本 - 1	样本 - 2	样本 - 3	样本 - 4	样本 - 5	
50 年 63%	23.0	24.0	24.5	24.9	25.3	24.4
50 年 10%	68.7	71.3	74.2	74.9	75.1	72.8
50 年 2%	113.1	116.5	120.0	123.4	125.6	119.7
100 年 63%	32.7	34.4	35.5	36.0	37.6	35.2
100 年 10%	85.9	90.2	91.1	91.8	92.9	90.4
100 年 2%	130.2	131.4	136.5	140.5	142.4	136.2
100 年 1%	155.5	157.3	158.1	158.3	160.4	157.9

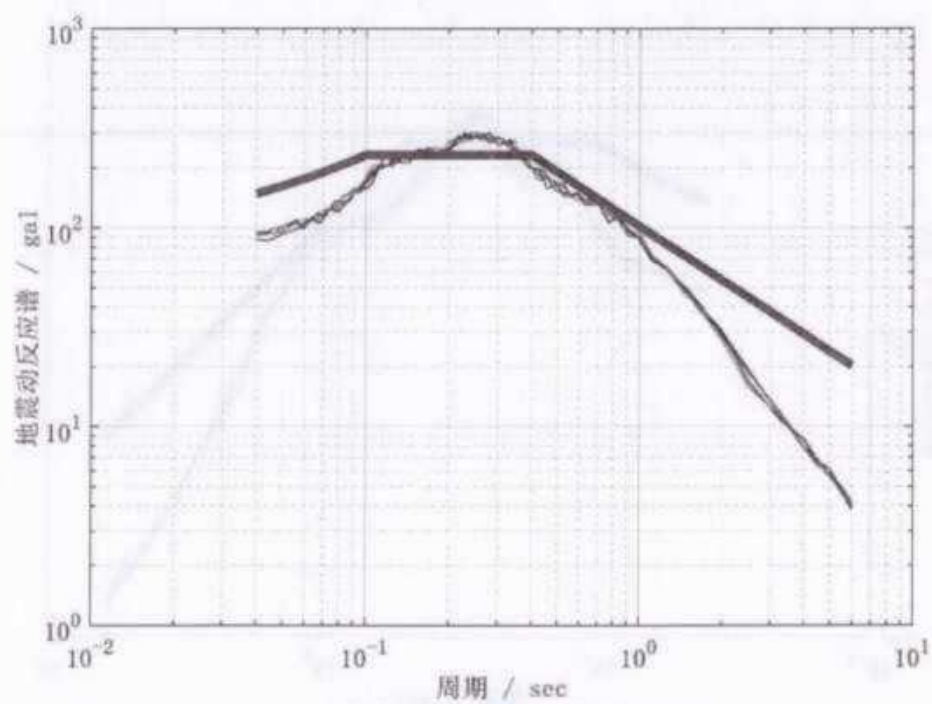


(a) 50 年超越概率 63%

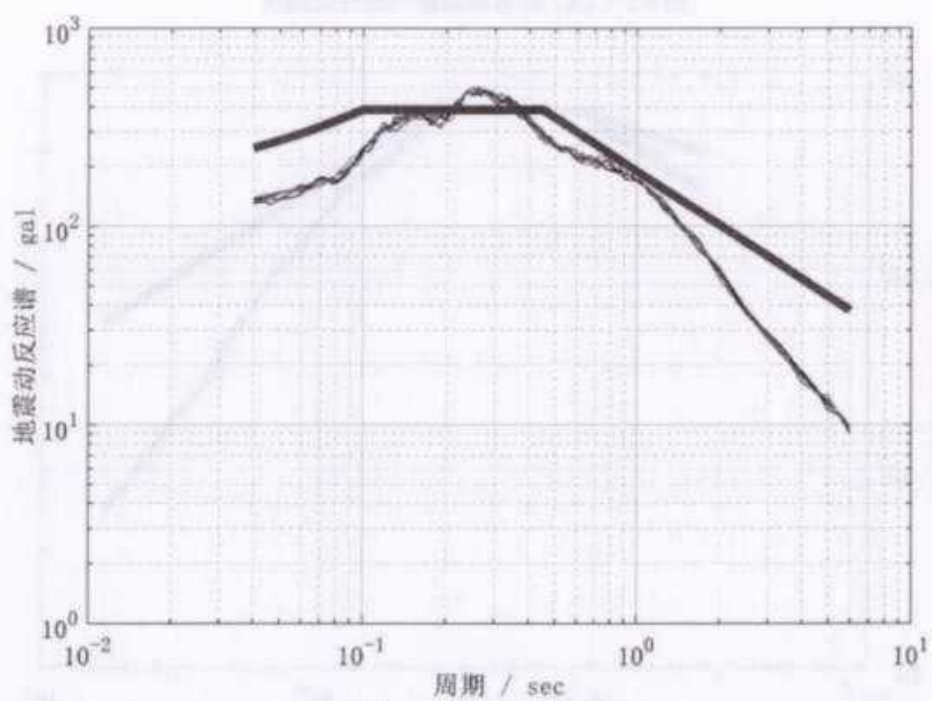


(b) 50 年超越概率 10%

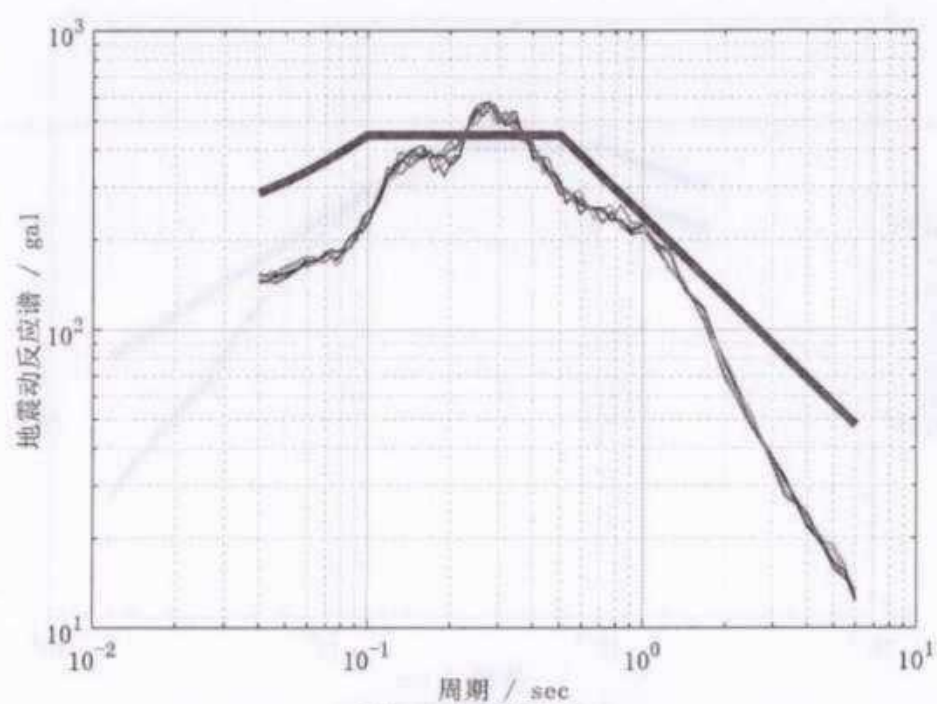




(e) 100 年超越概率 10%

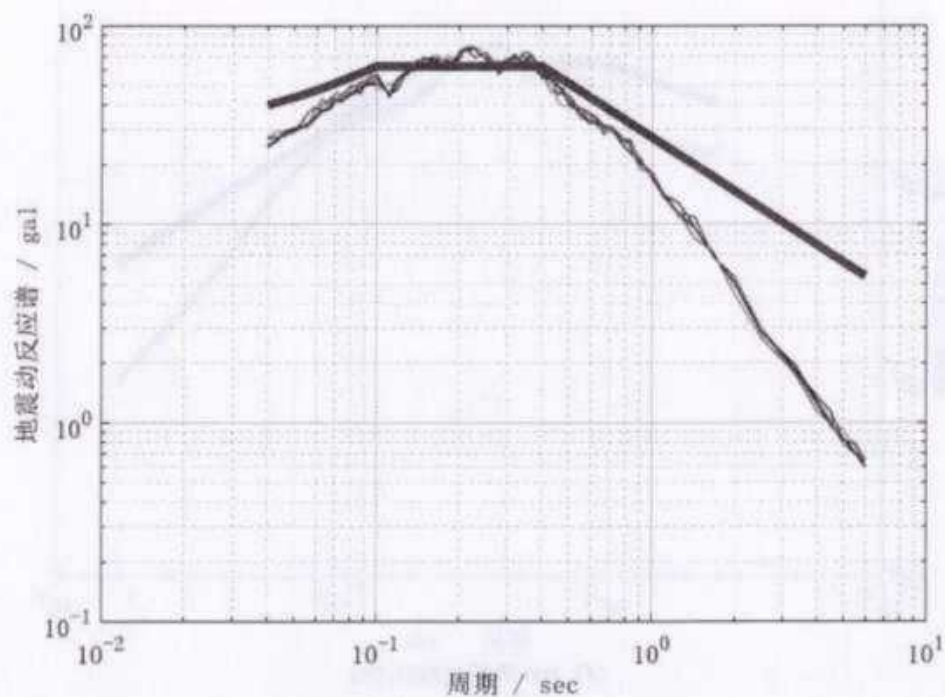


(f) 100 年超越概率 2%

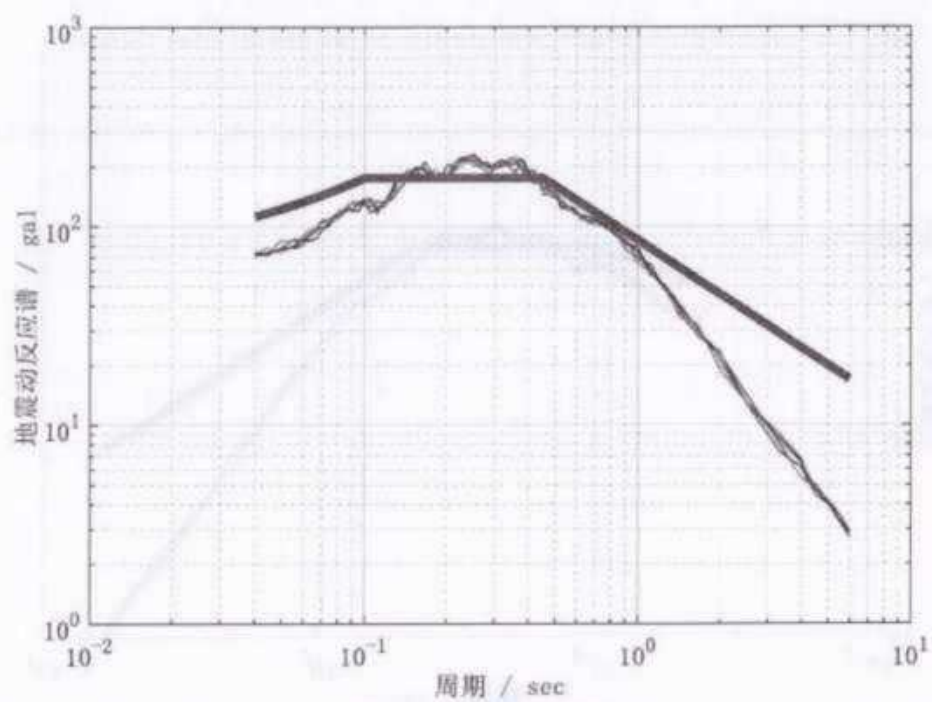


(g) 100 年超越概率 1%

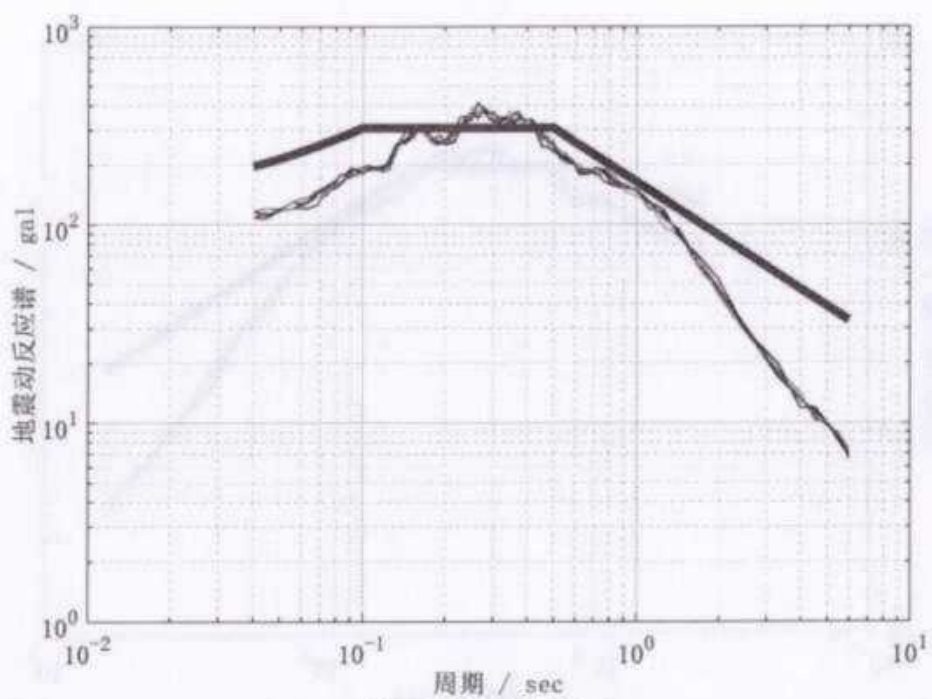
图 6.2-1 ZK1 的场地地震动反应谱曲线



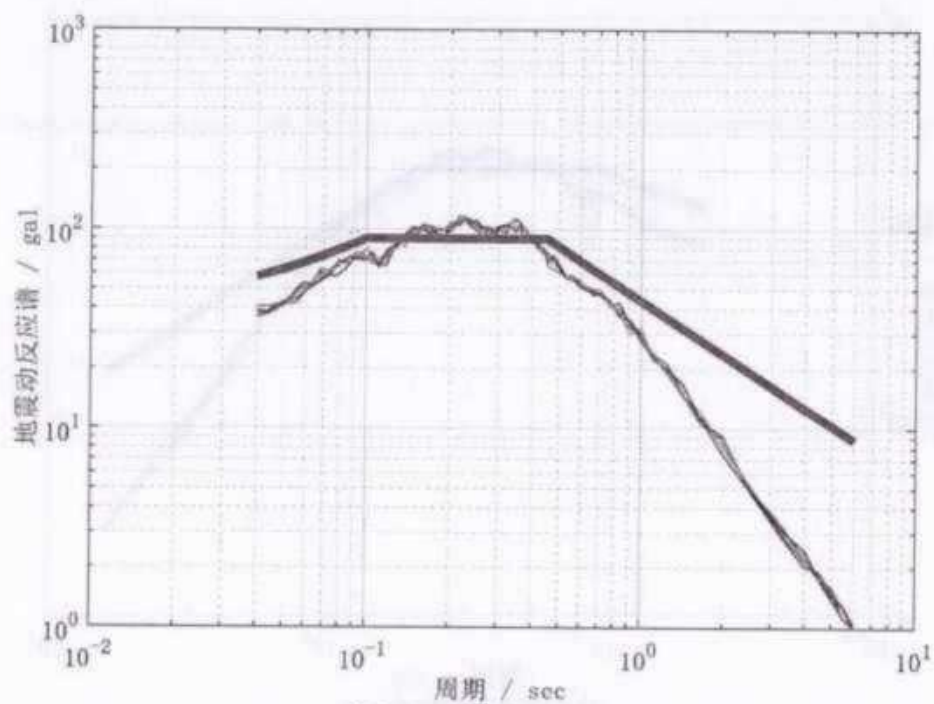
(a) 50 年超越概率 63%



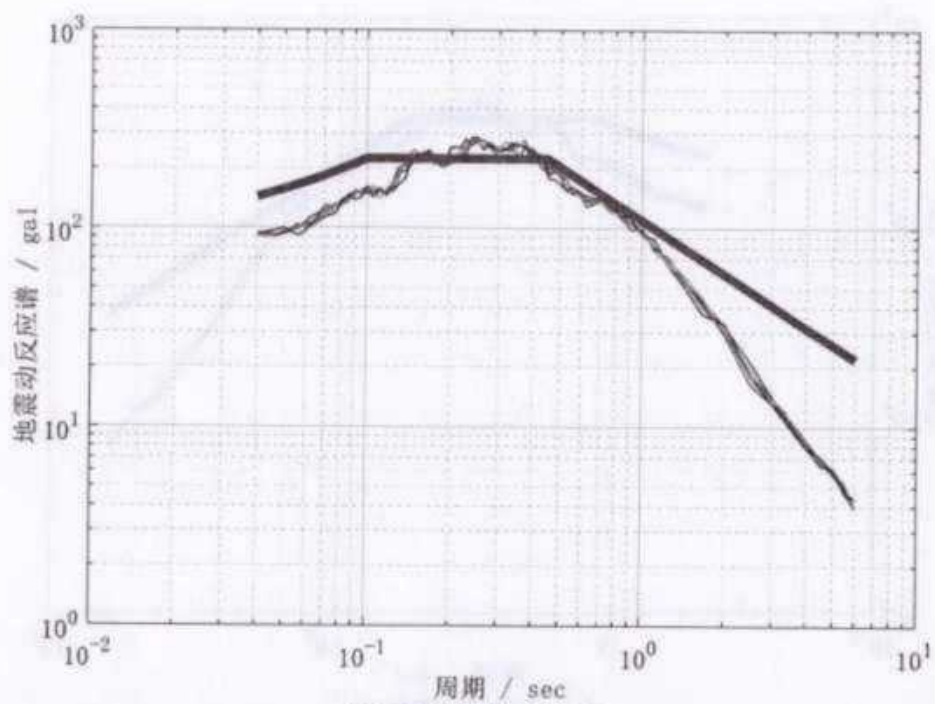
(b) 50 年超越概率 10%



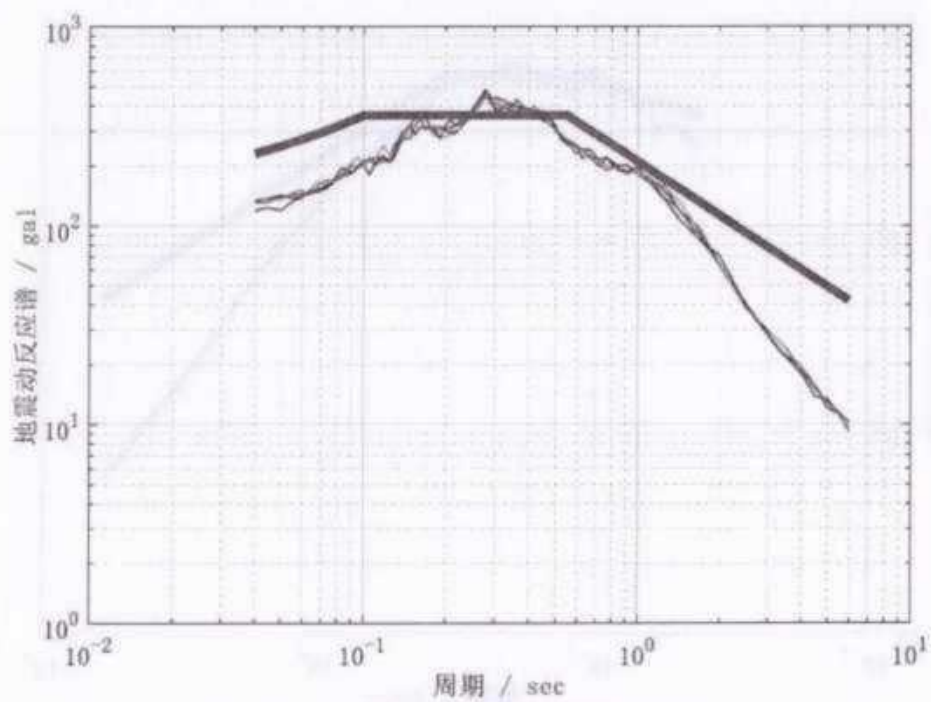
(c) 50 年超越概率 2%



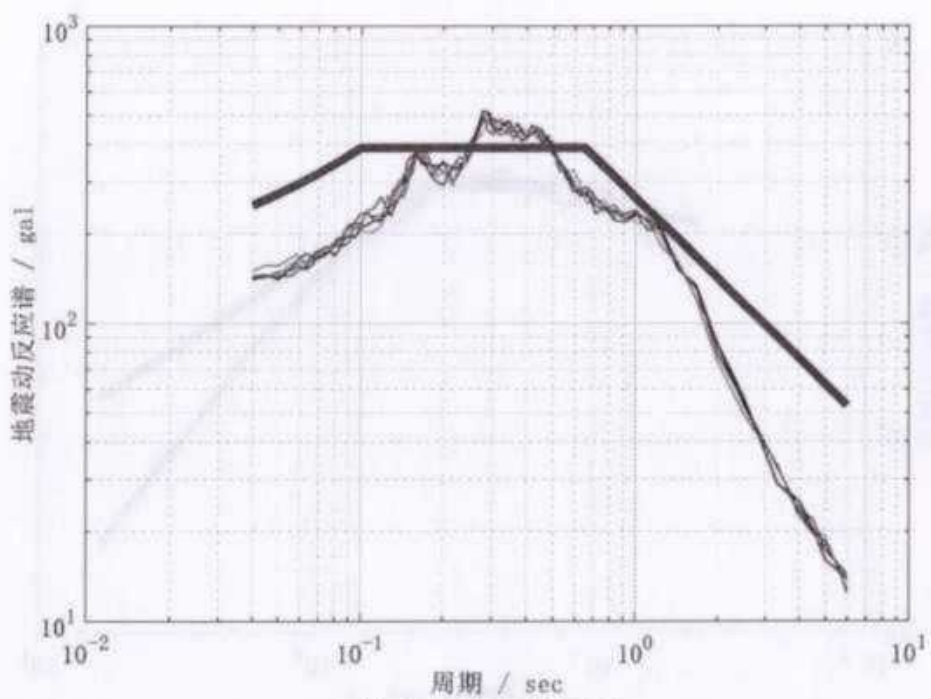
(d) 100 年超越概率 63%



(e) 100 年超越概率 10%

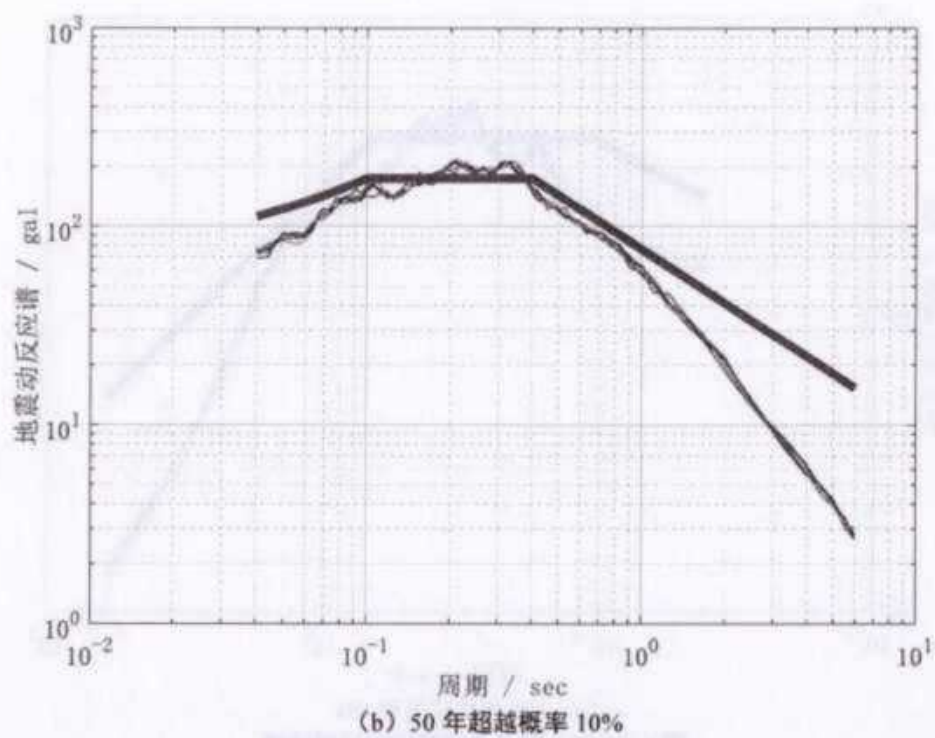
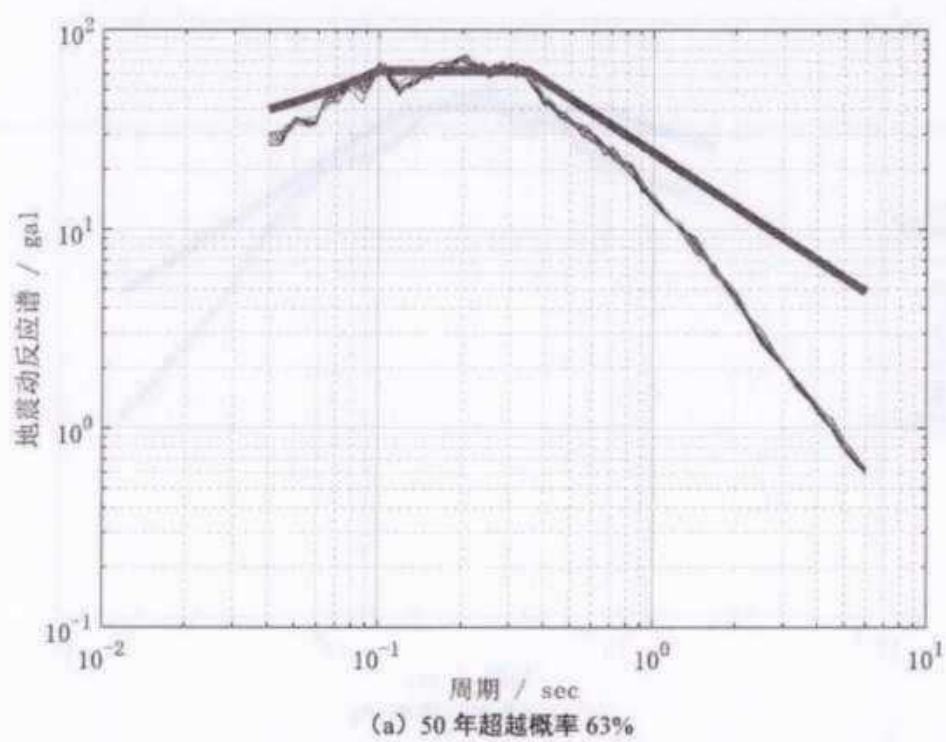


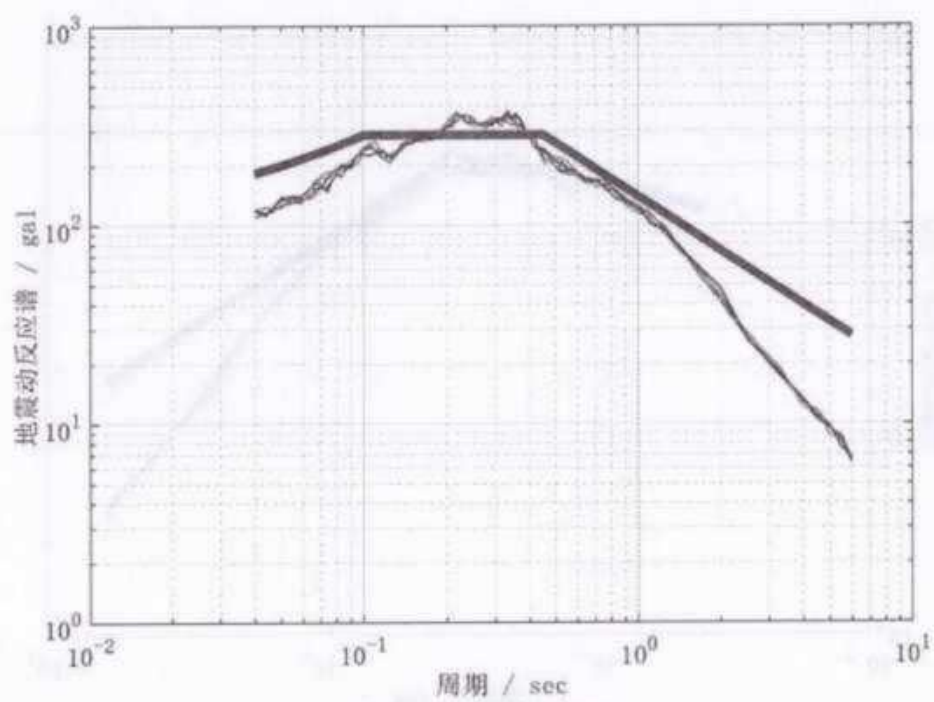
(f) 100 年超越概率 2%



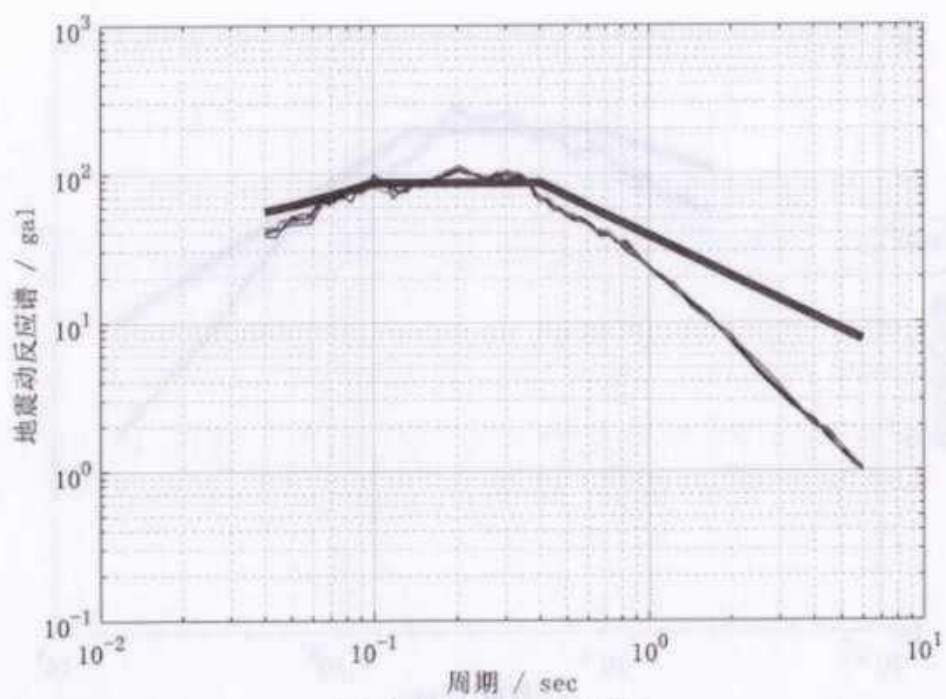
(g) 100 年超越概率 1%

图 6.2-2 ZK2 的场地地震动反应谱曲线

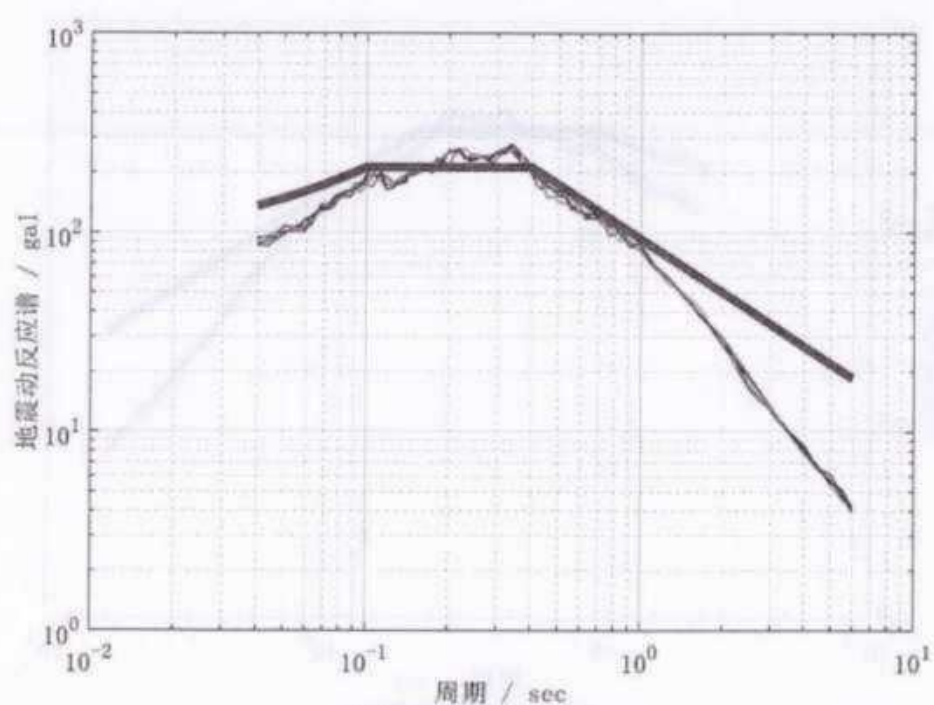




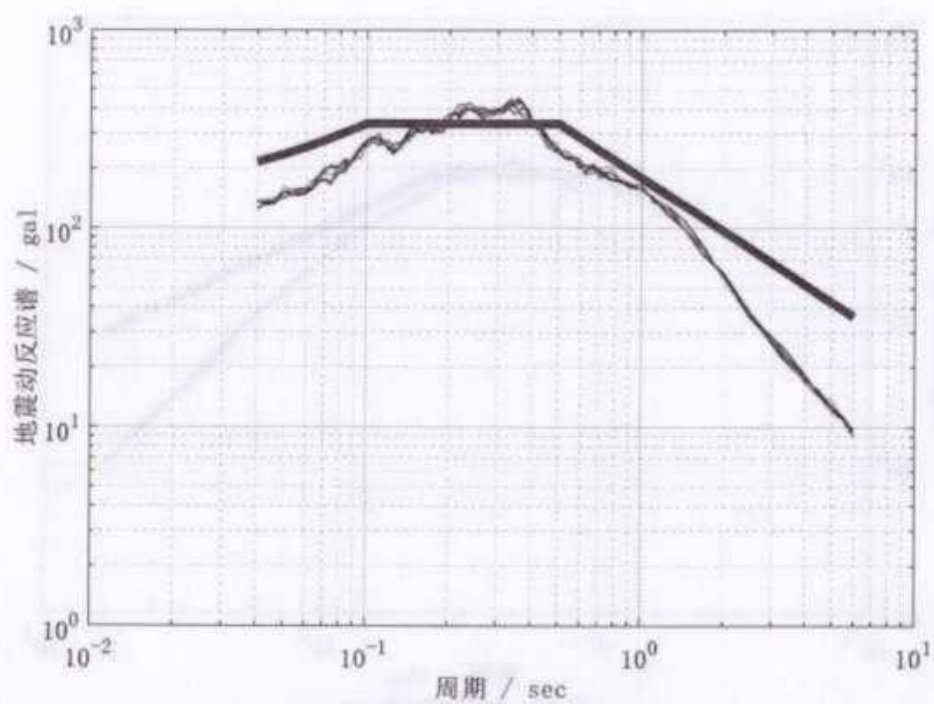
(c) 50 年超越概率 2%



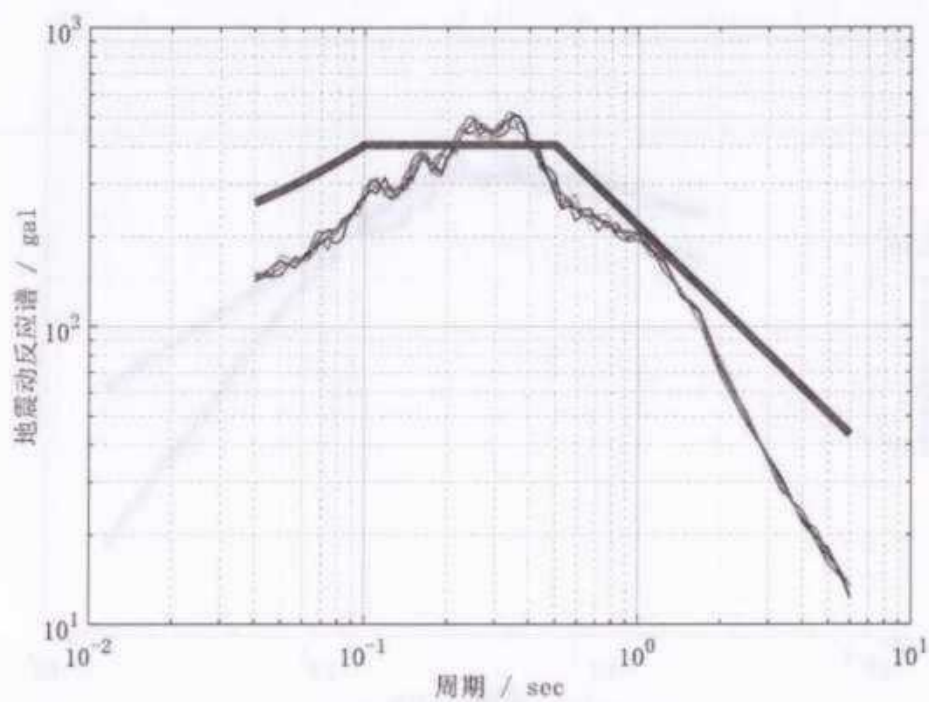
(d) 100 年超越概率 63%



(e) 100 年超越概率 10%

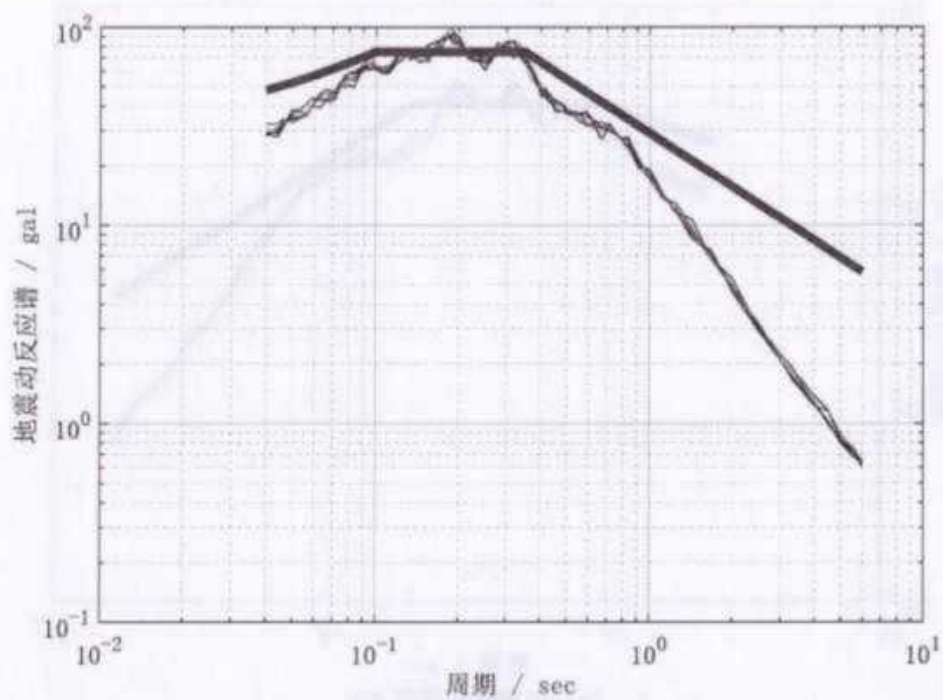


(f) 100 年超越概率 2%

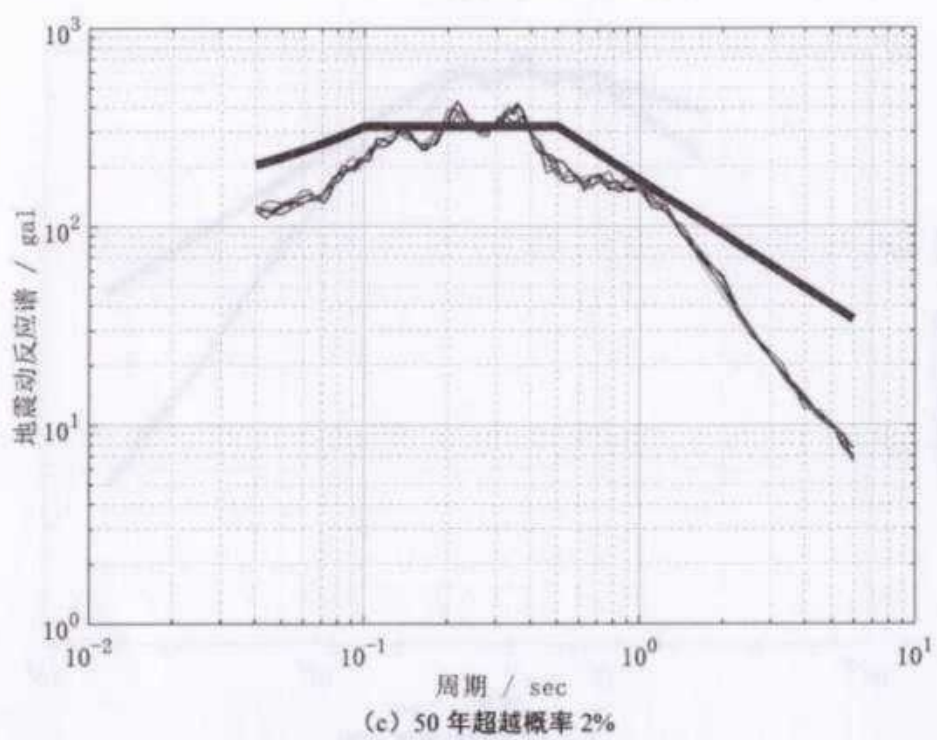
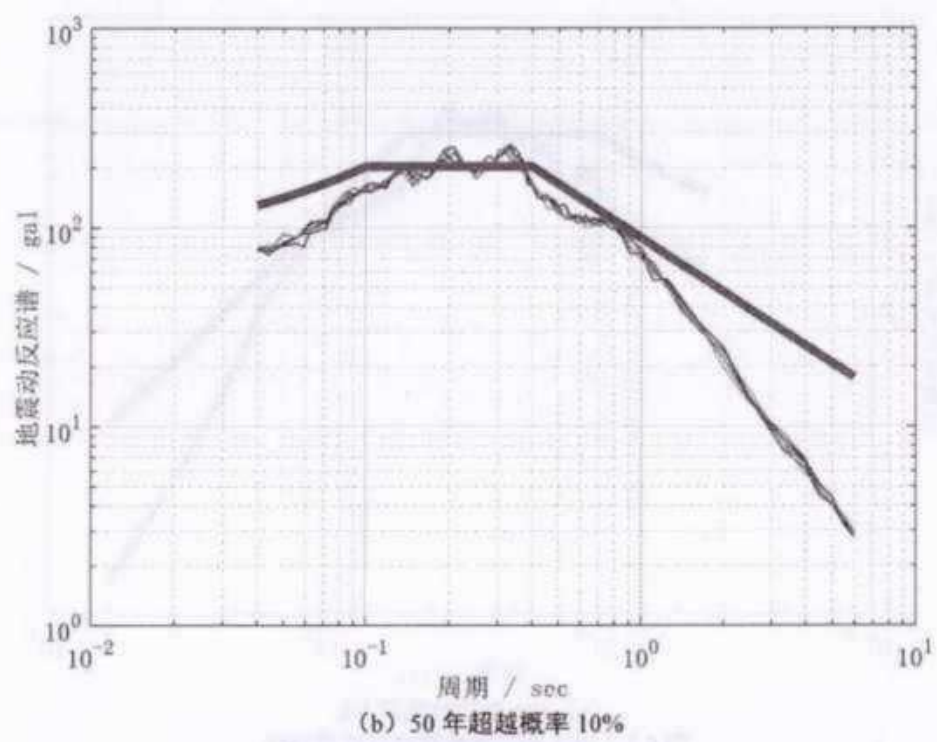


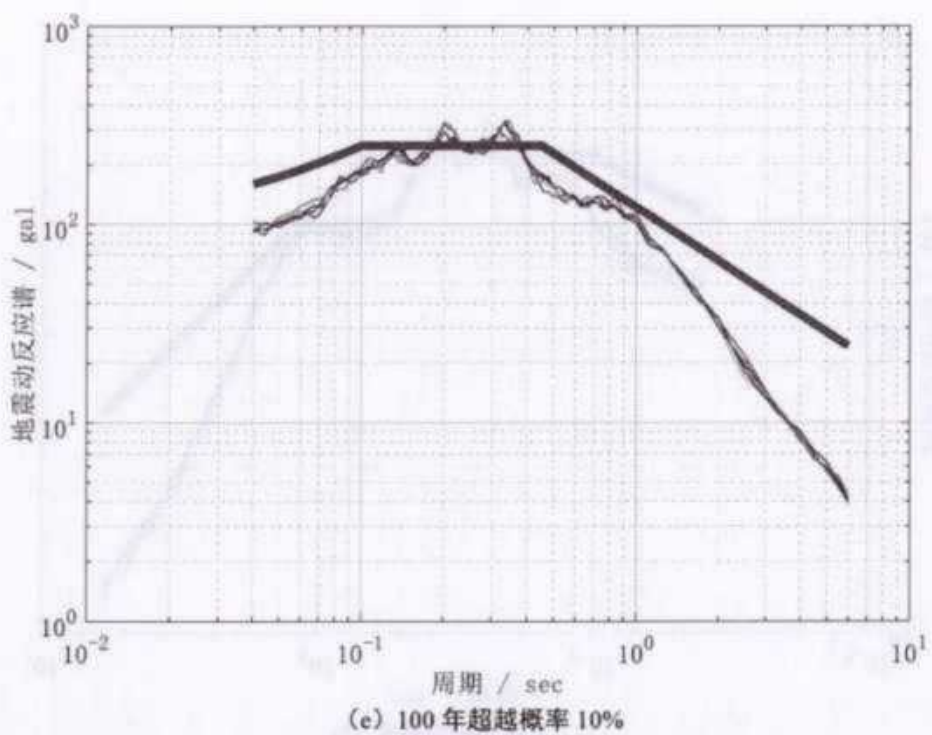
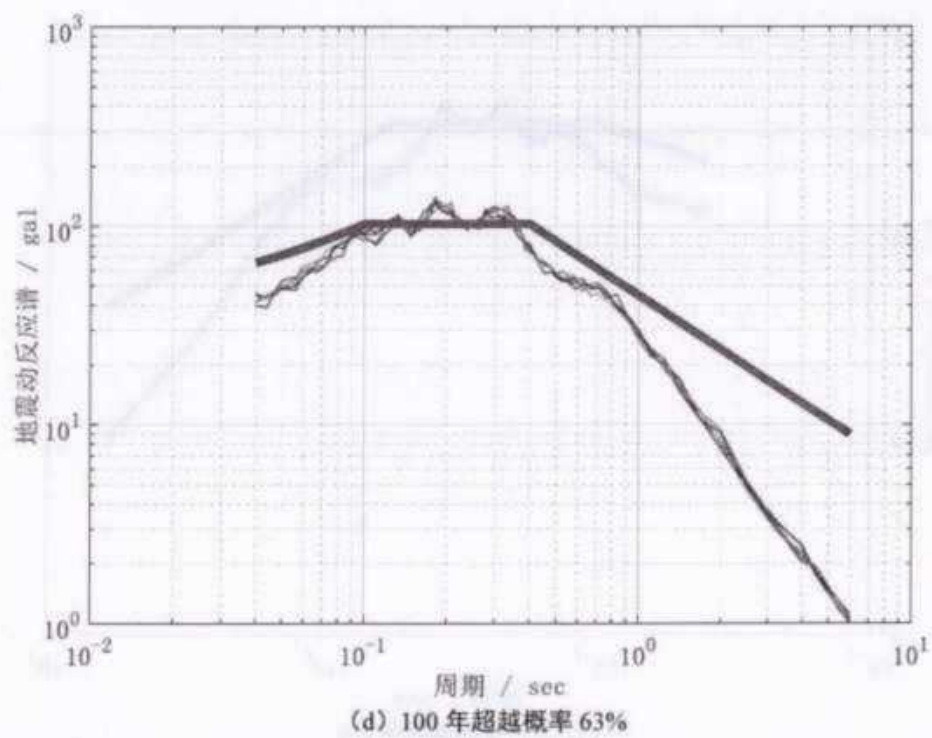
(g) 100 年超越概率 1%

图 6.2-3 ZK3 的场地地震动反应谱曲线



(a) 50 年超越概率 63%





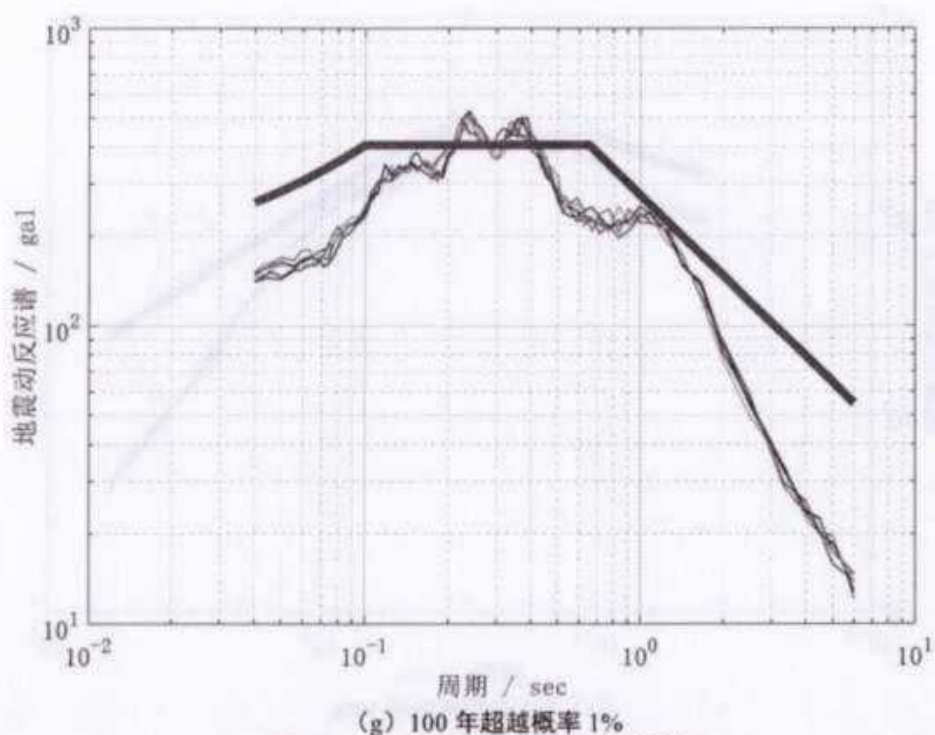
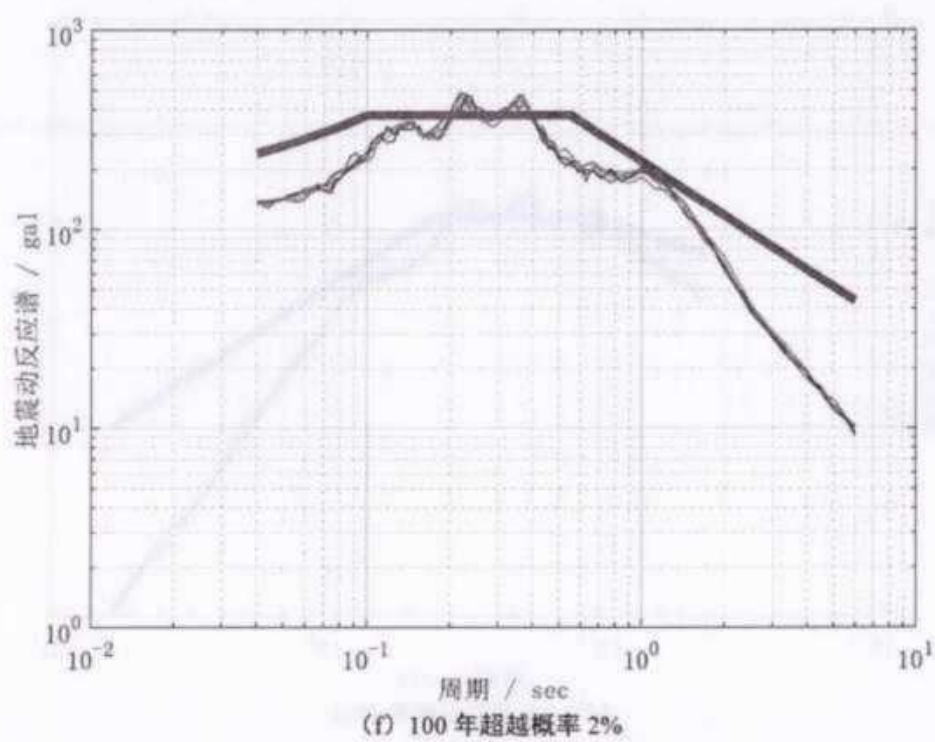
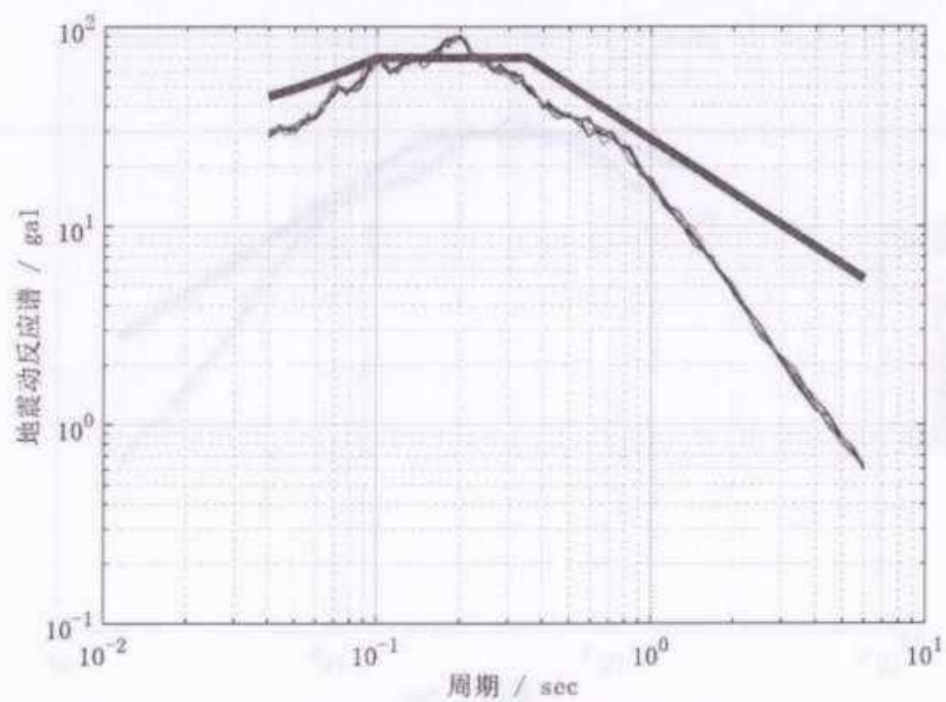
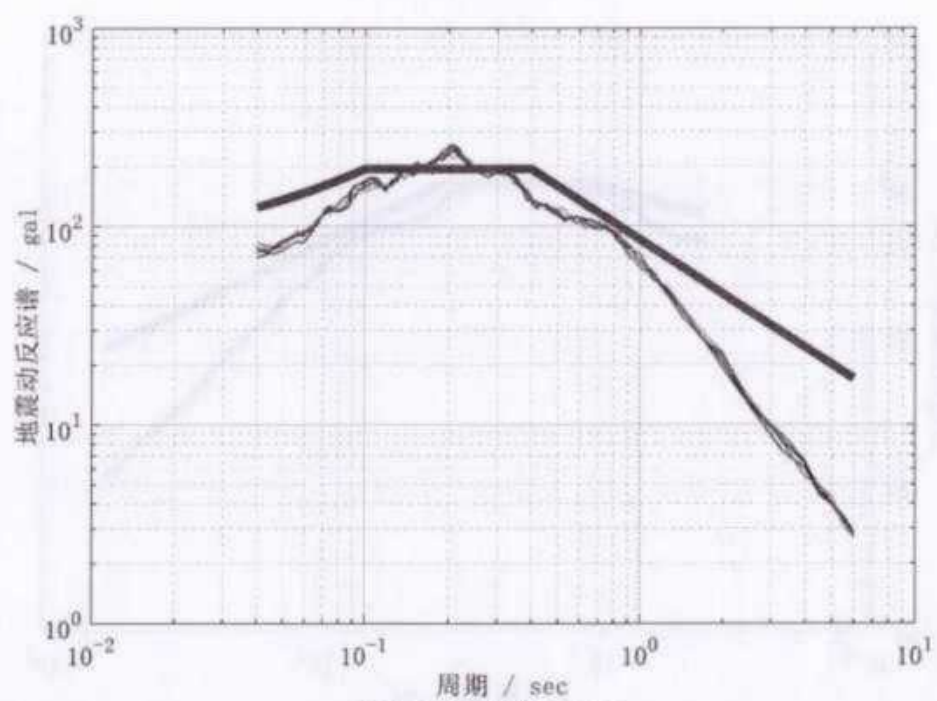


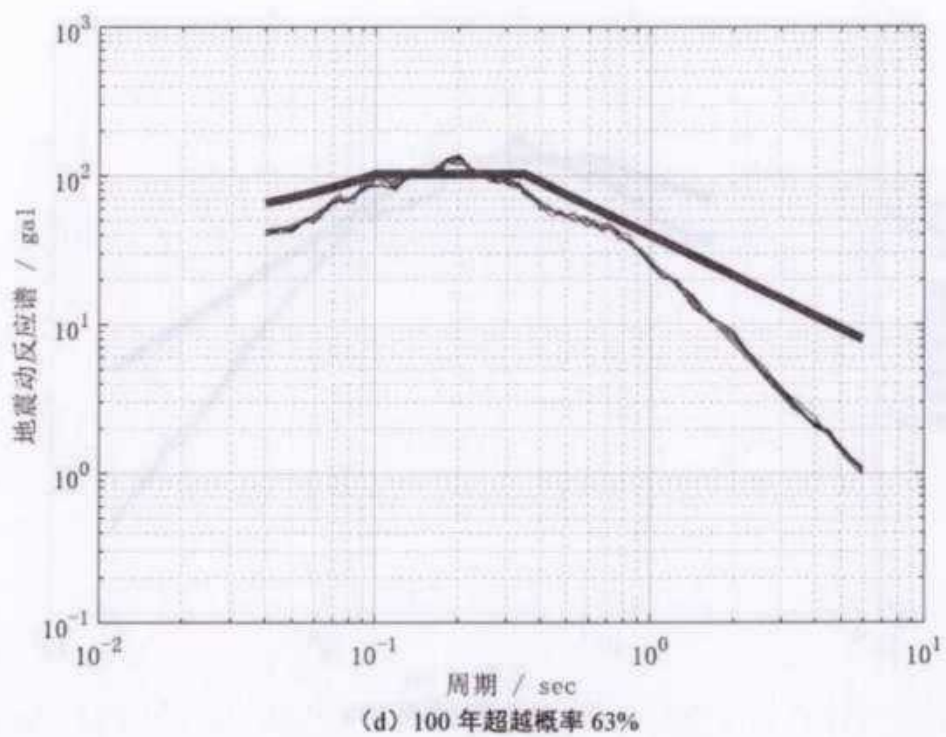
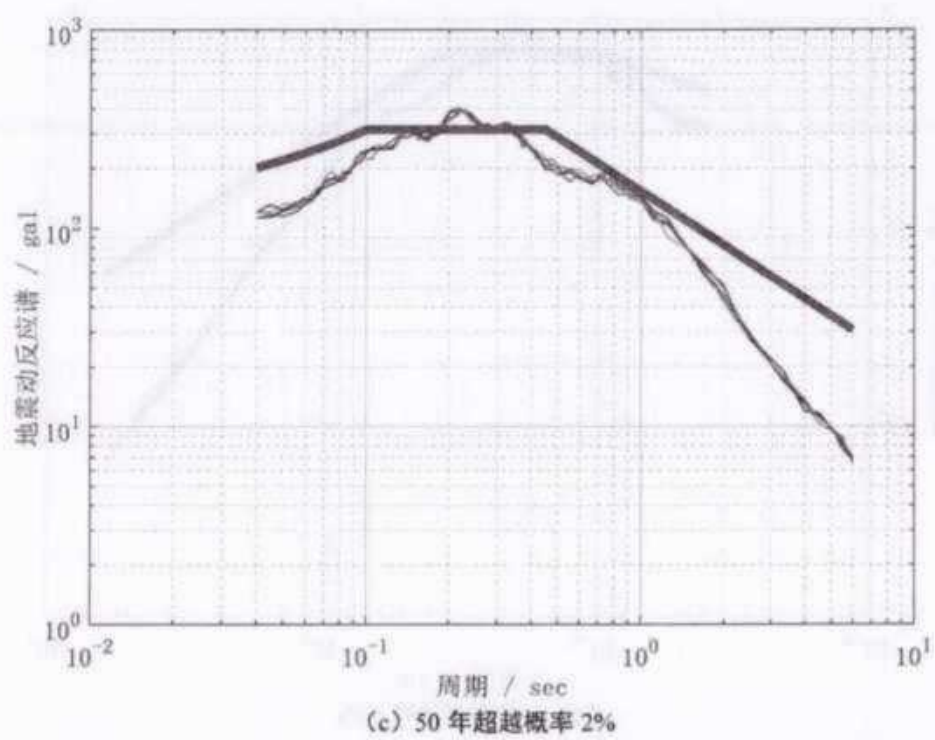
图 6.2-4 ZK4 的场地地震动反应谱曲线

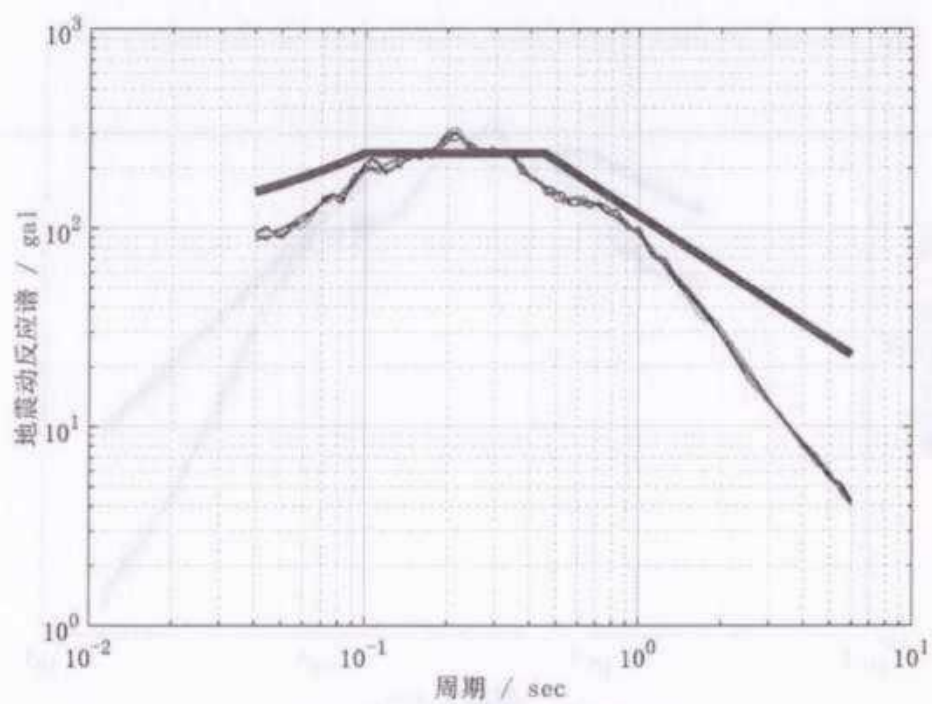


(a) 50 年超越概率 63%

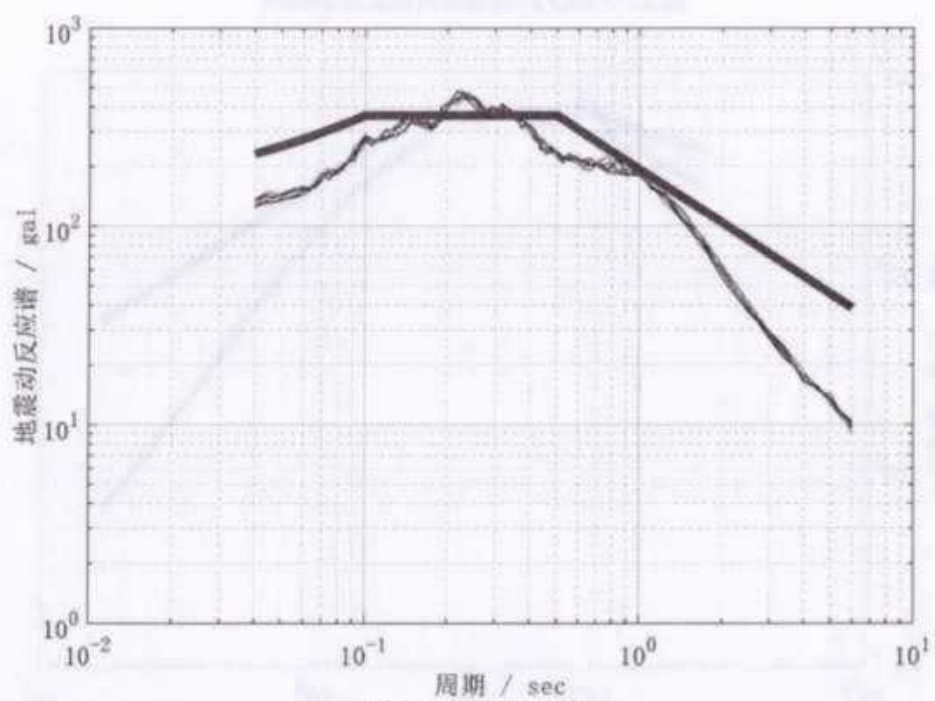


(b) 50 年超越概率 10%

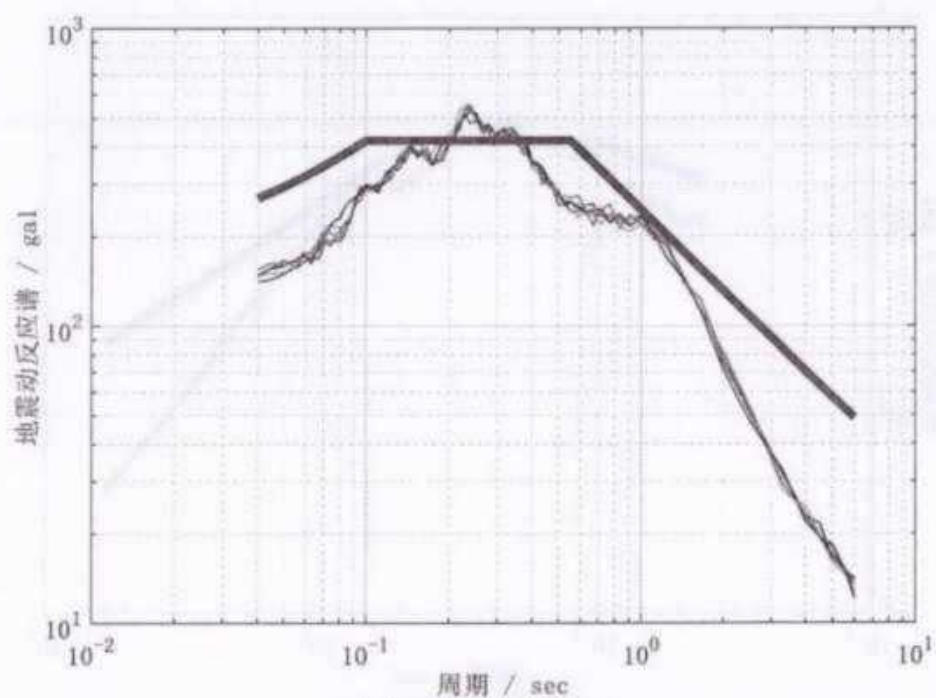




(e) 100 年超越概率 10%

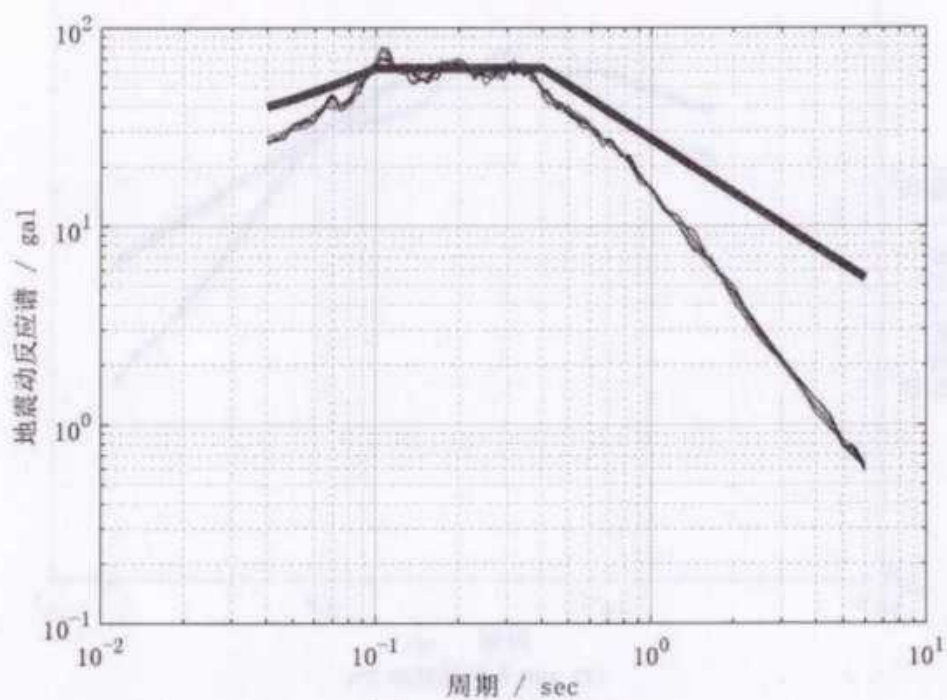


(f) 100 年超越概率 2%

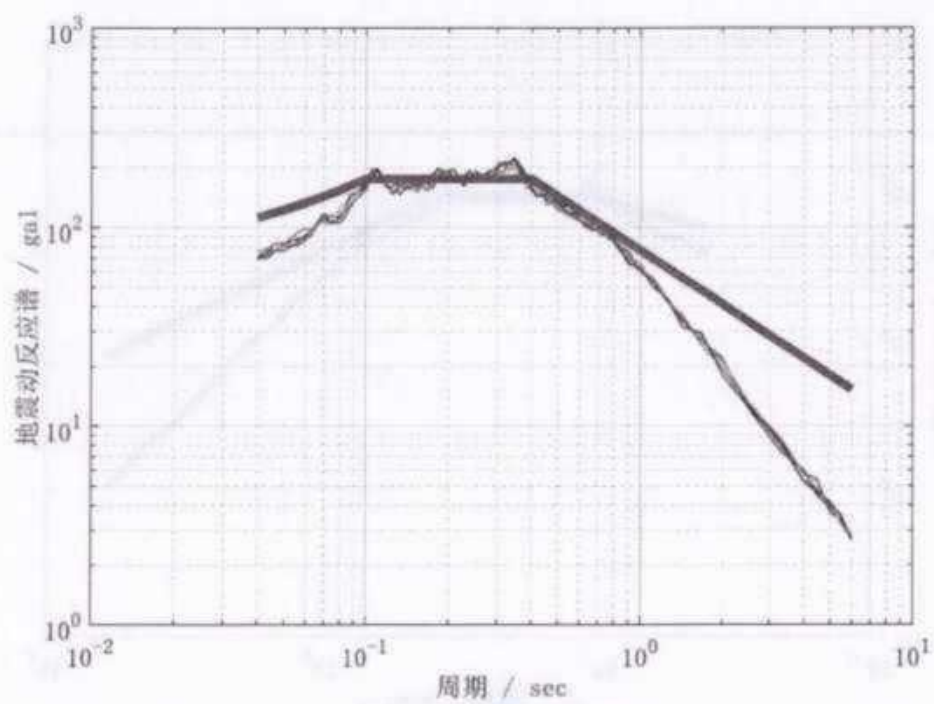


(g) 100 年超越概率 1%

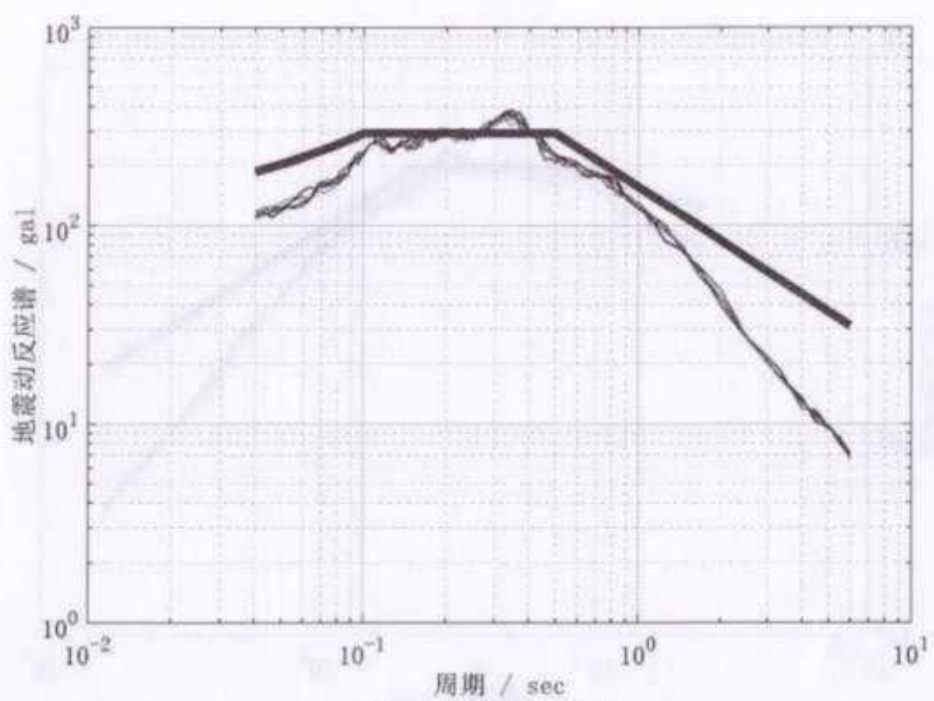
图 6.2-5 ZK5 的场地地震动反应谱曲线



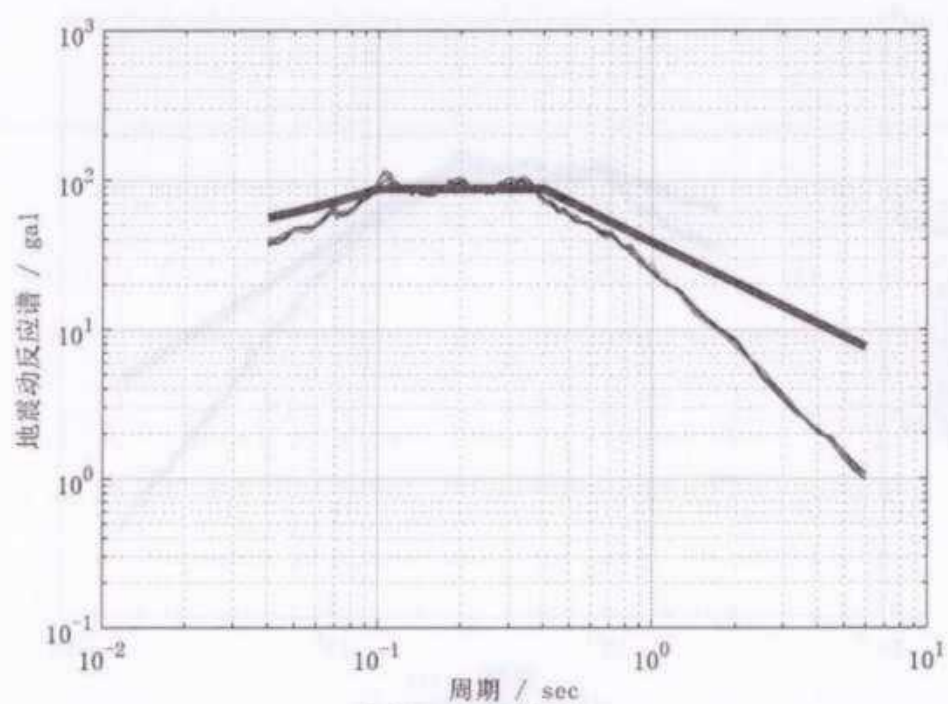
(a) 50 年超越概率 63%



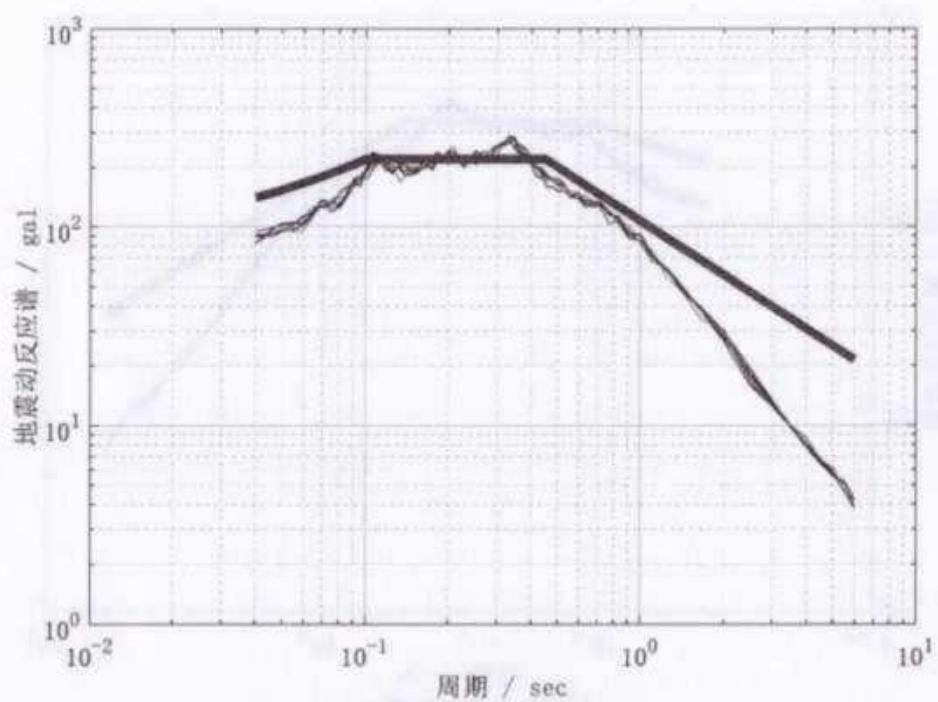
(b) 50 年超越概率 10%



(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%



(e) 100 年超越概率 10%

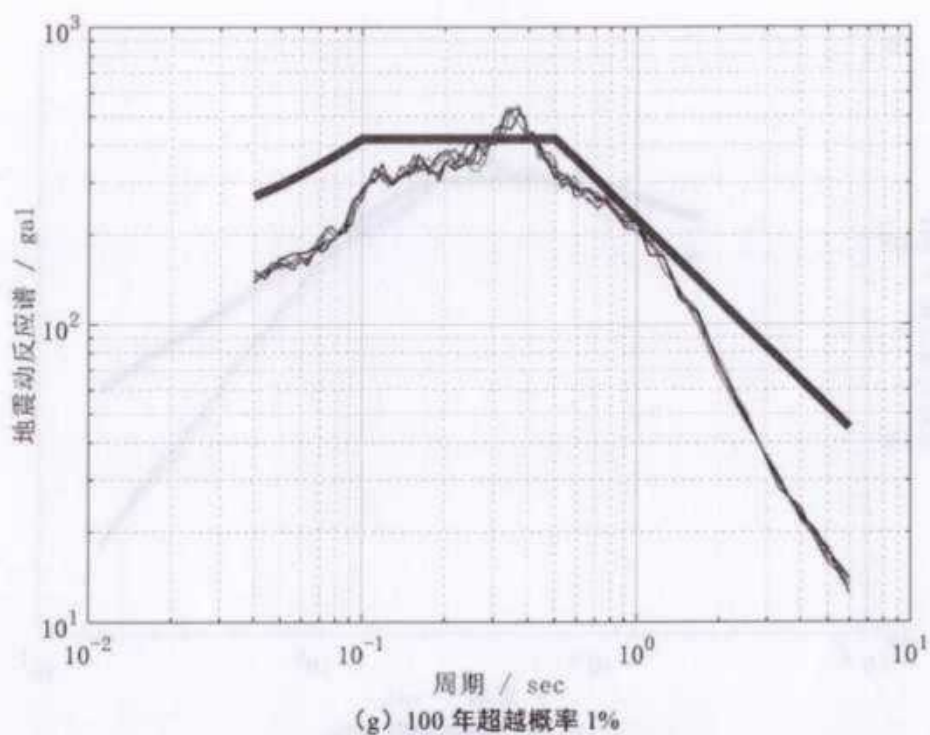
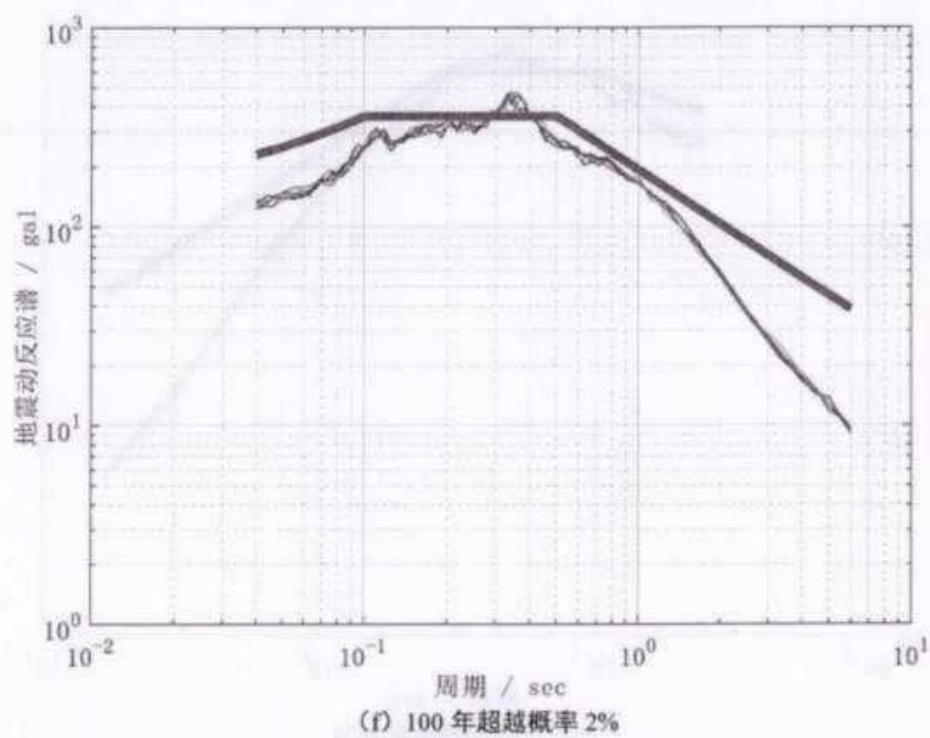
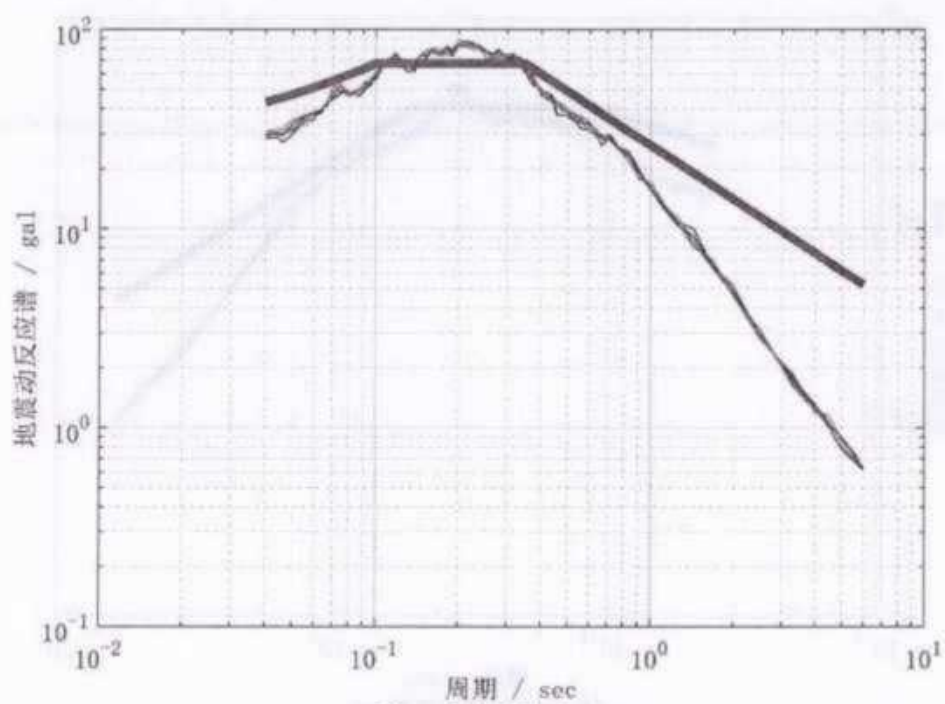
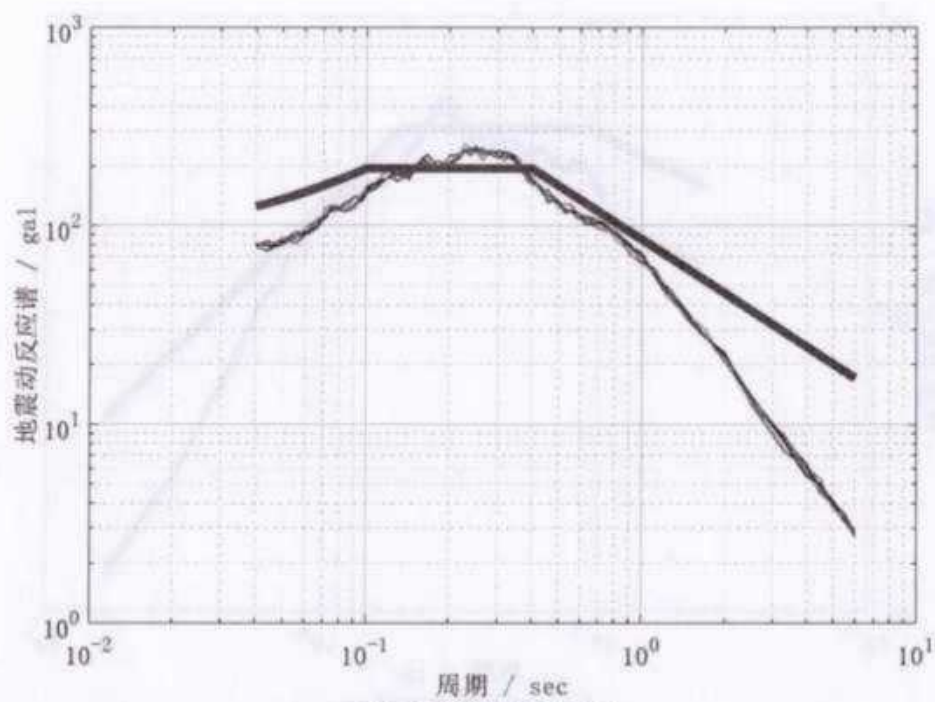


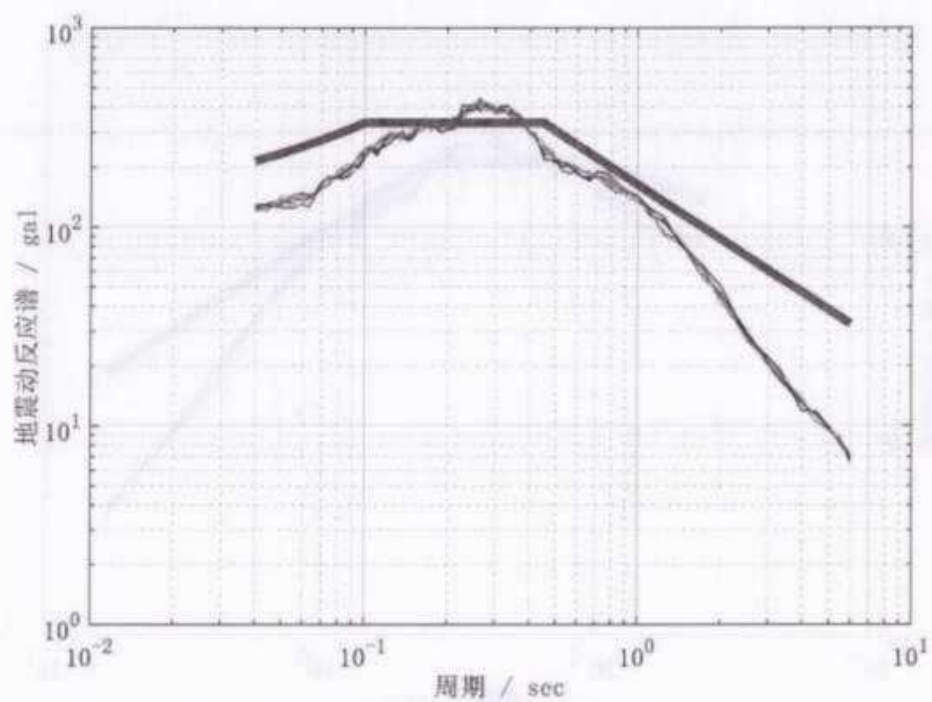
图 6.2-6 ZK6 的场地地震动反应谱曲线



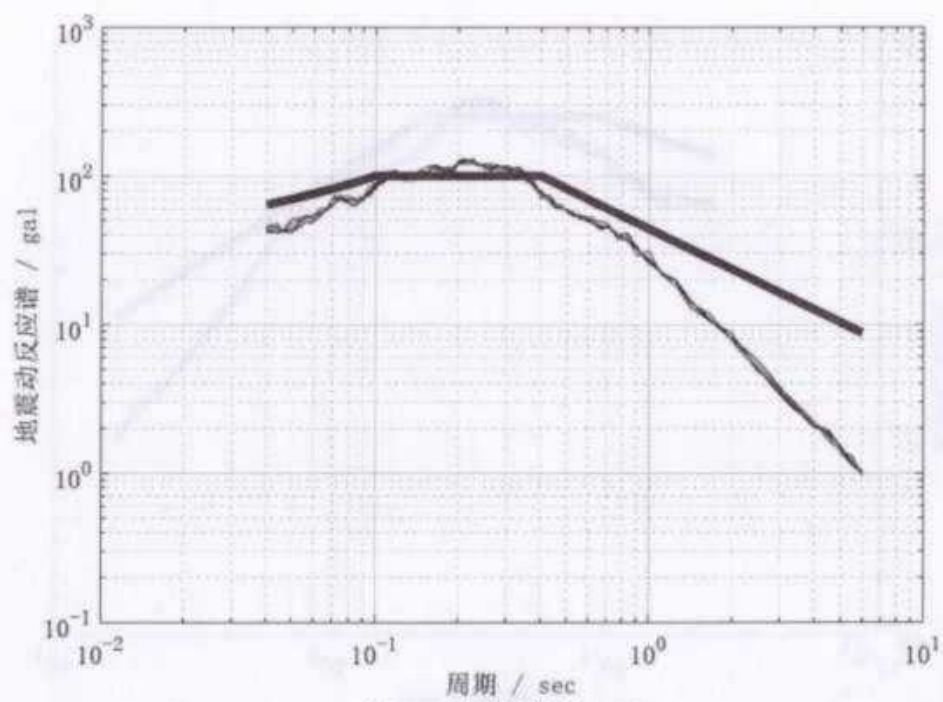
(a) 50 年超越概率 63%



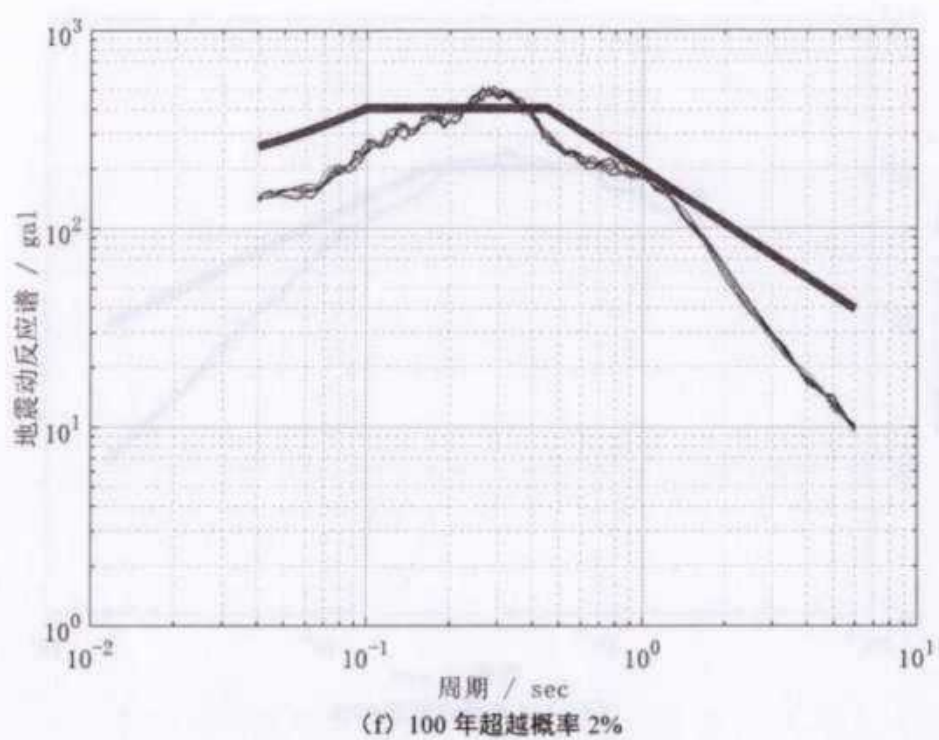
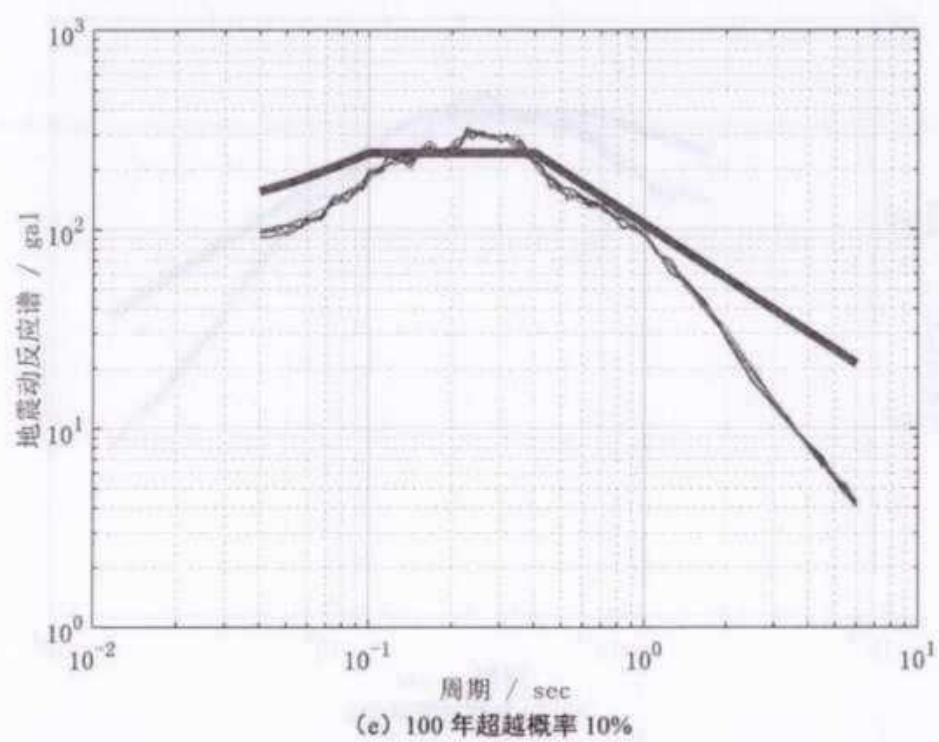
(b) 50 年超越概率 10%

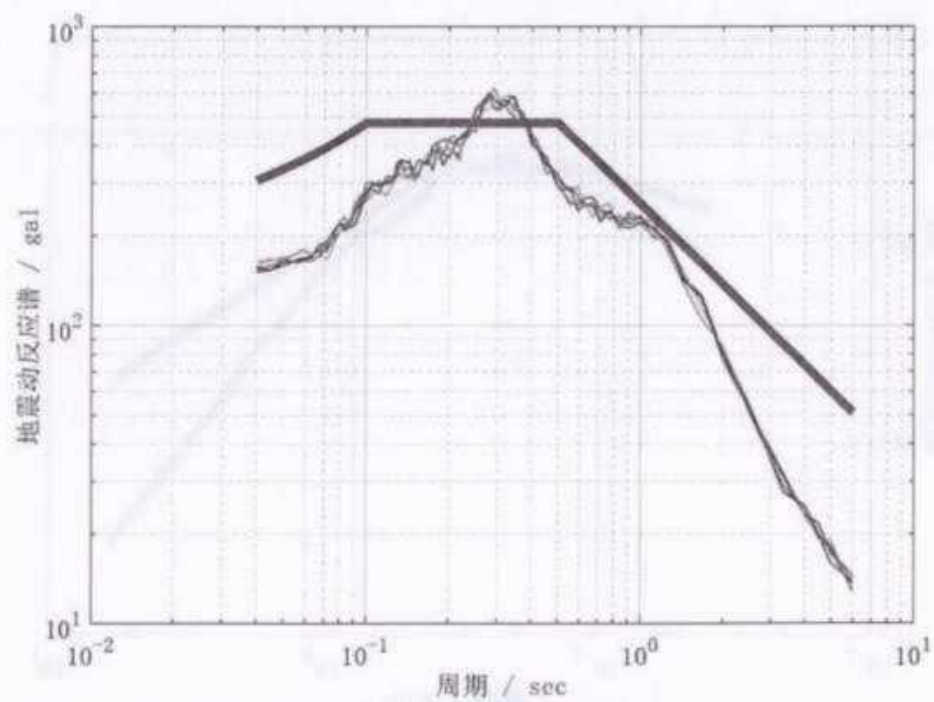


(c) 50 年超越概率 2%



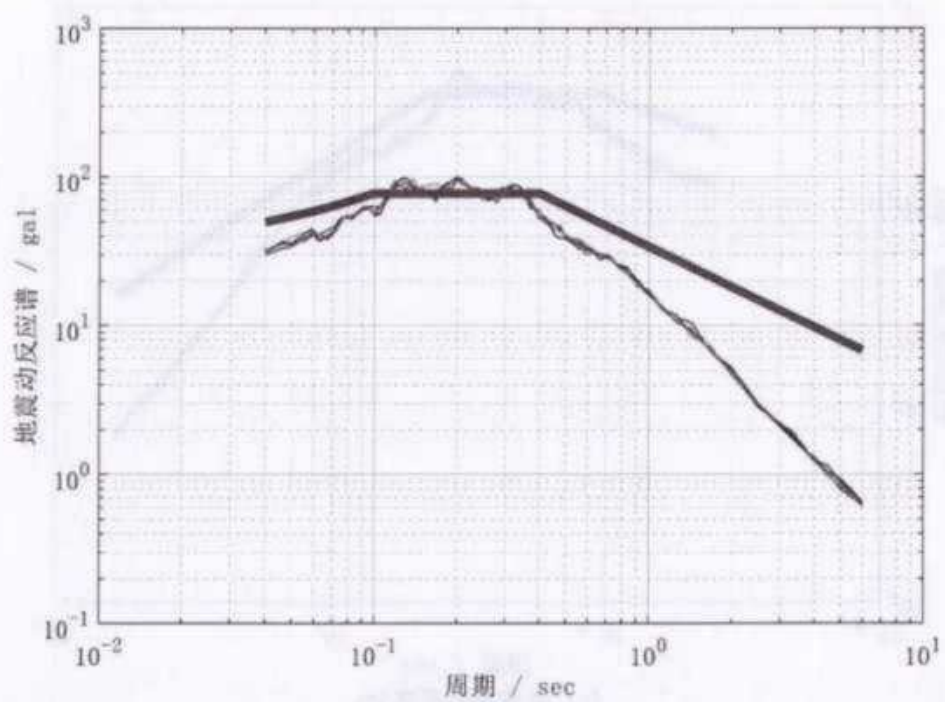
(d) 100 年超越概率 63%



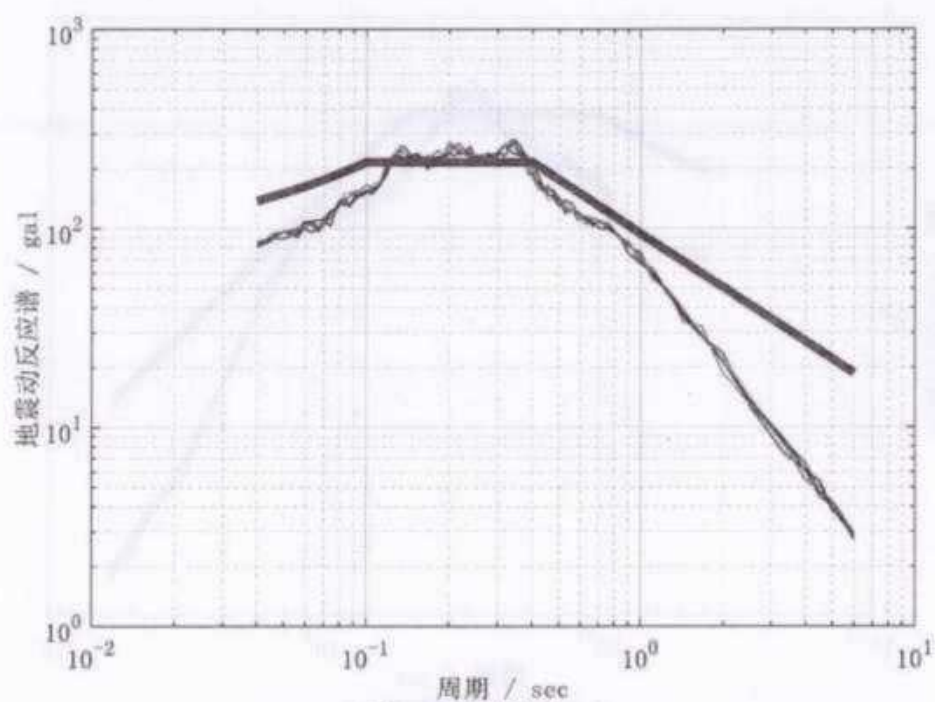


(g) 100 年超越概率 1%

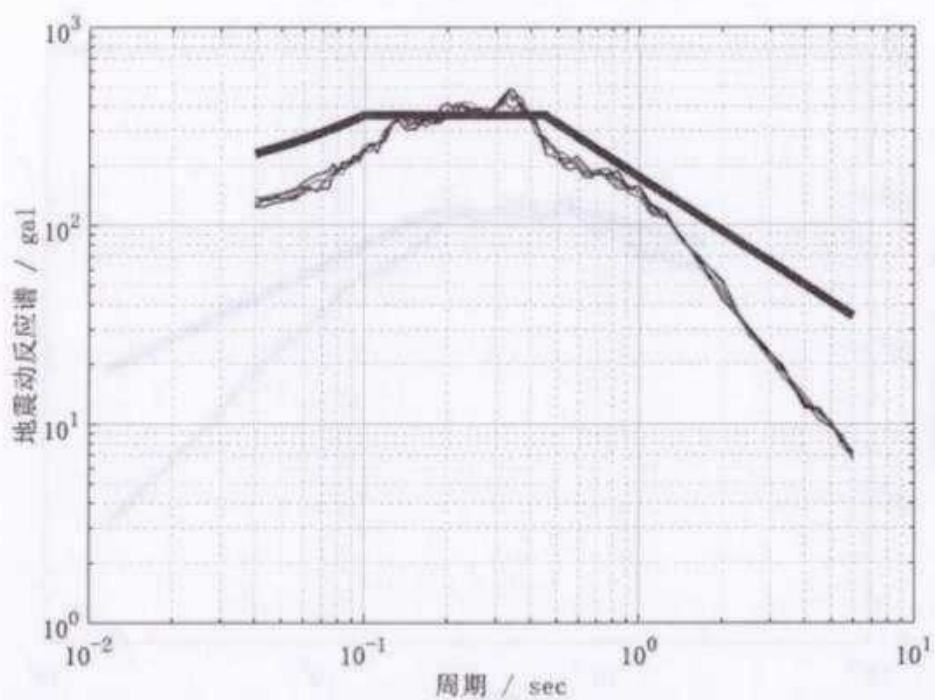
图 6.2-7 ZK7 的场地地震动反应谱曲线



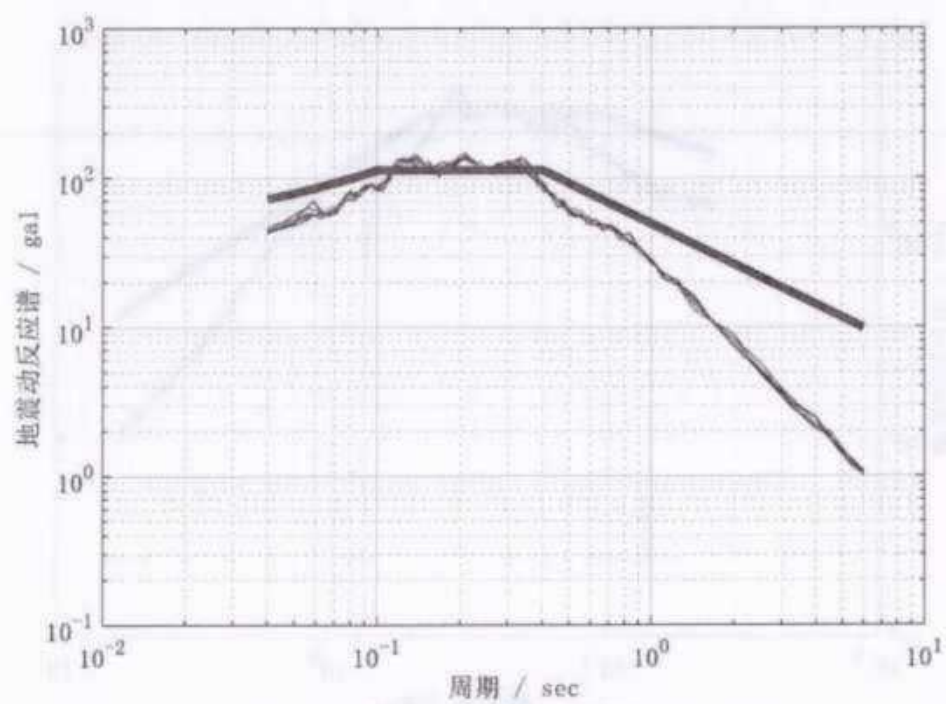
(a) 50 年超越概率 63%



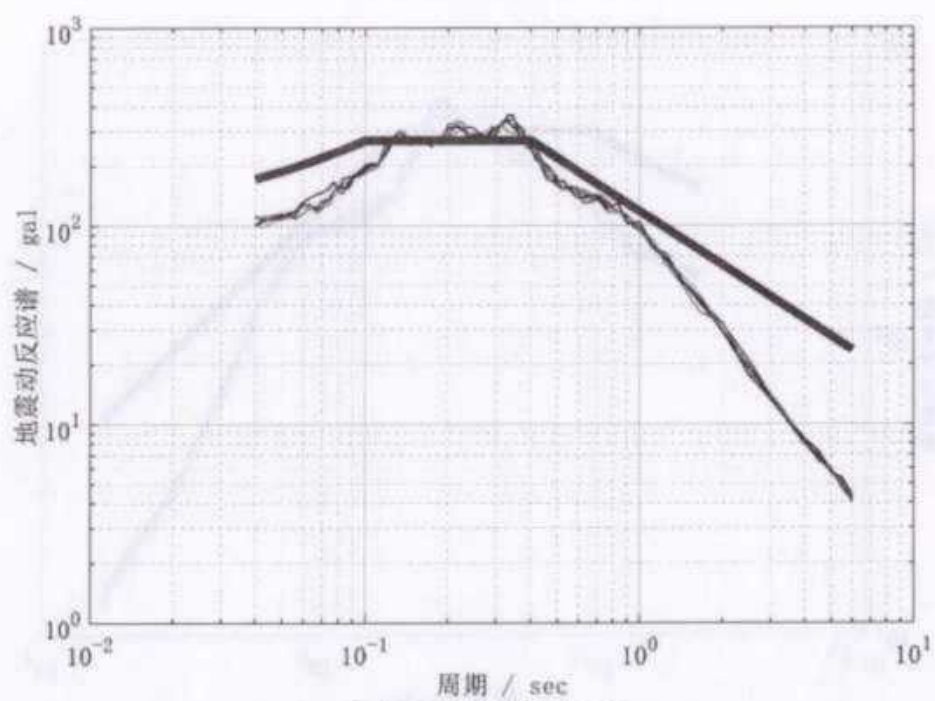
(b) 50 年超越概率 10%



(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%



(e) 100 年超越概率 10%

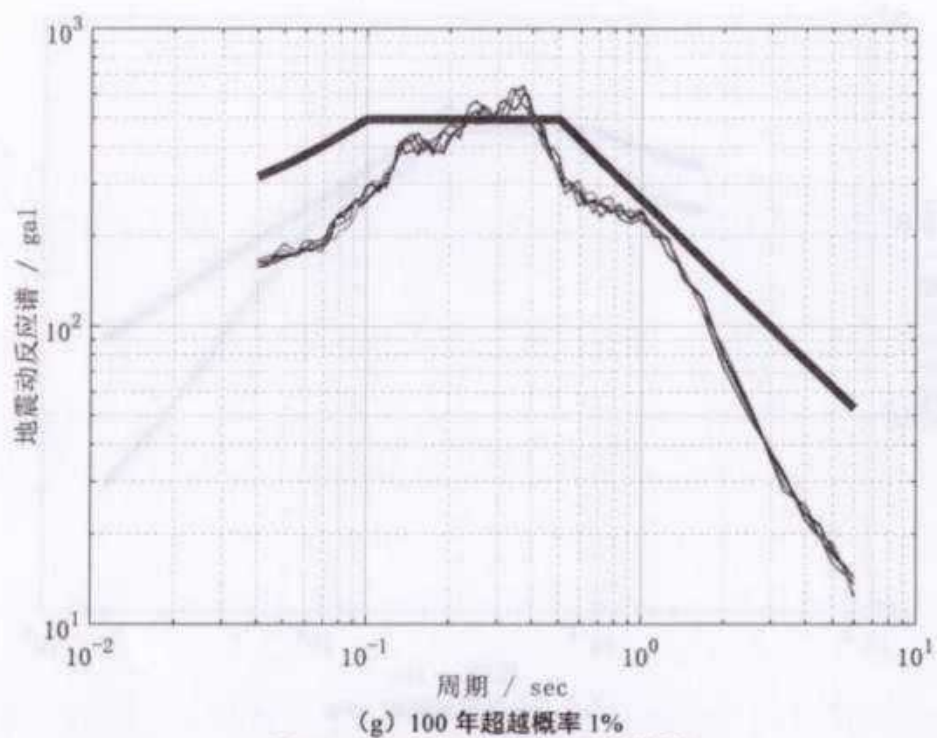
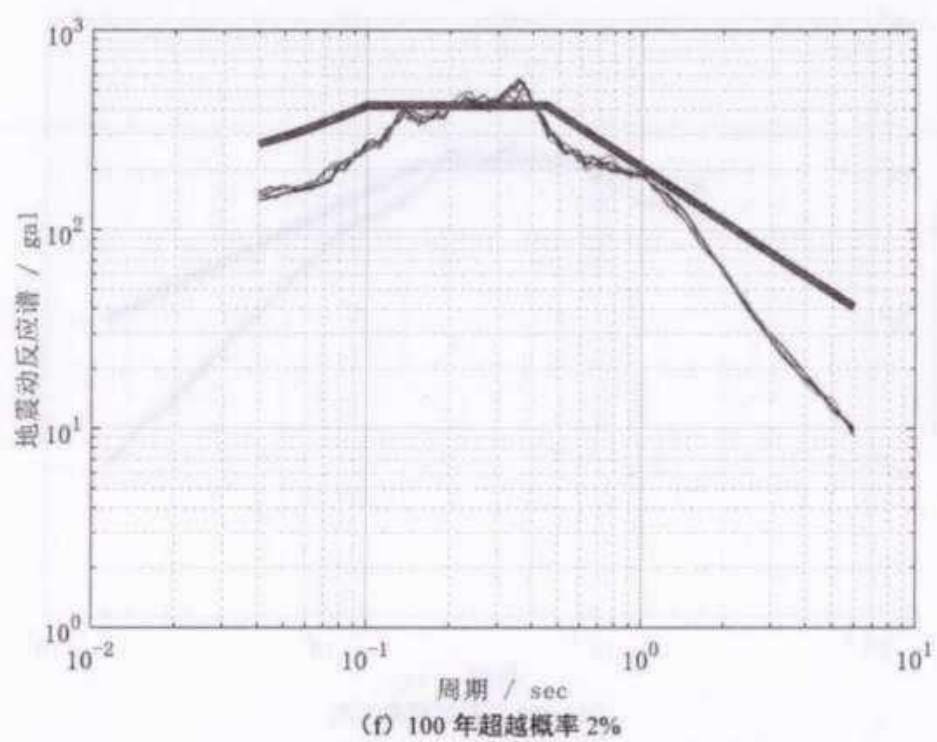
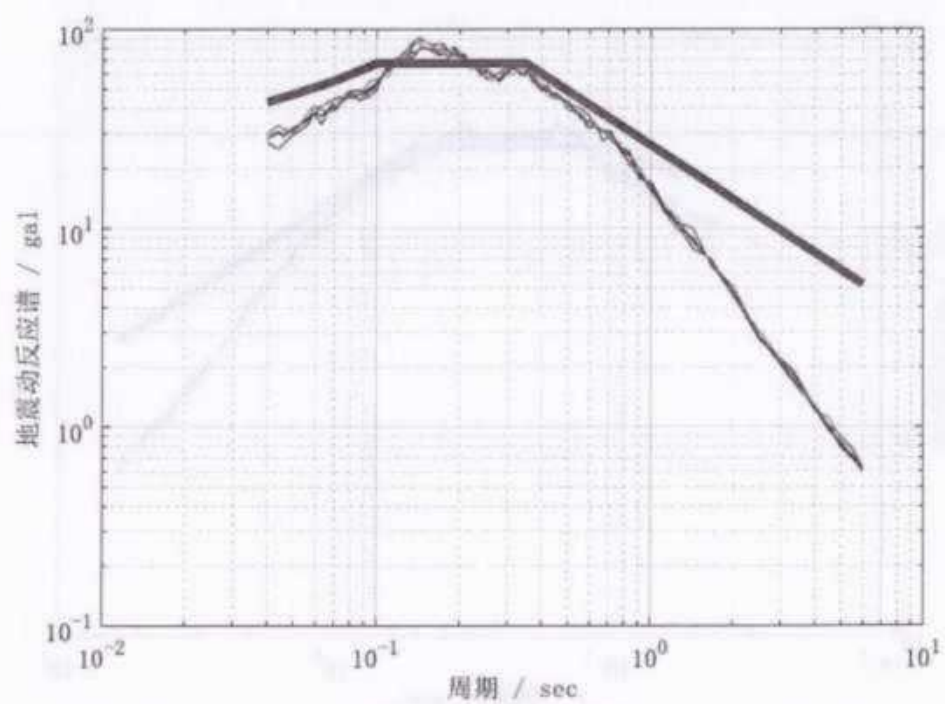
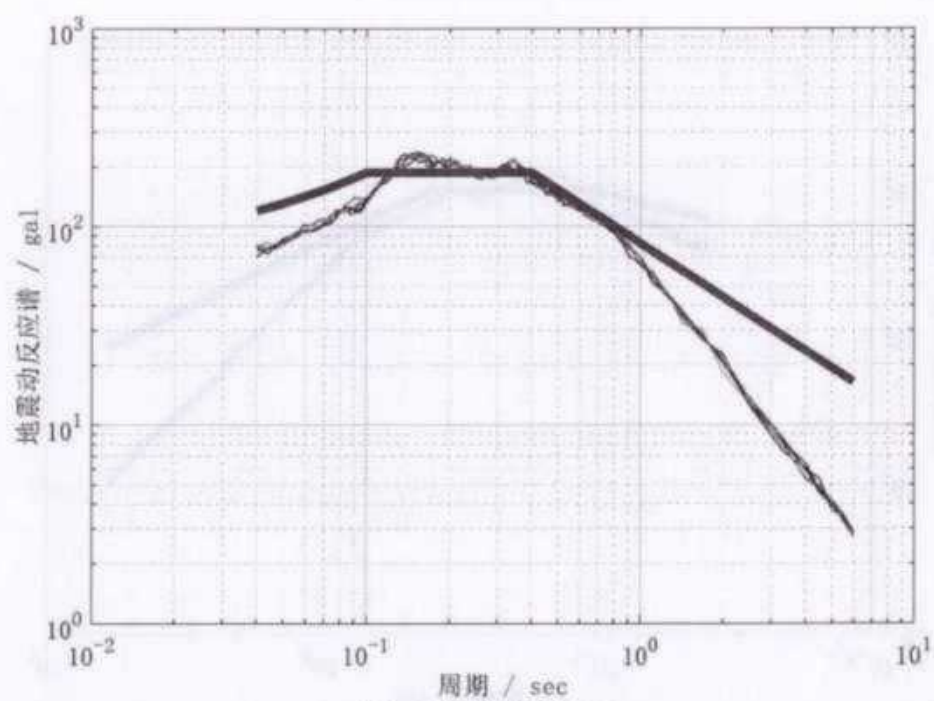


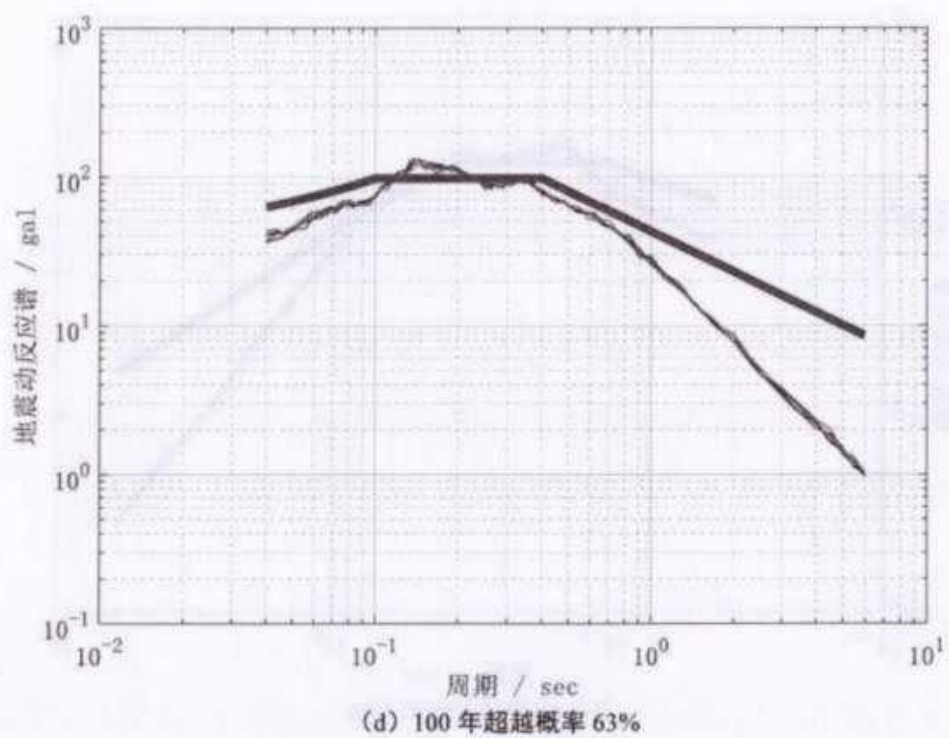
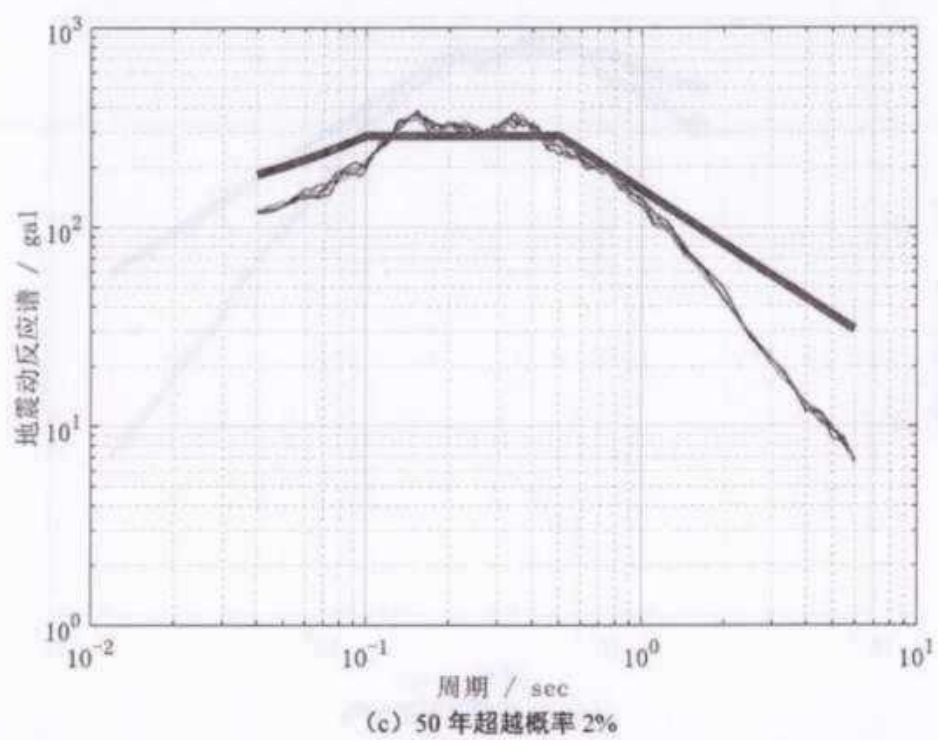
图 6.2-8 ZK8 的场地地震动反应谱曲线

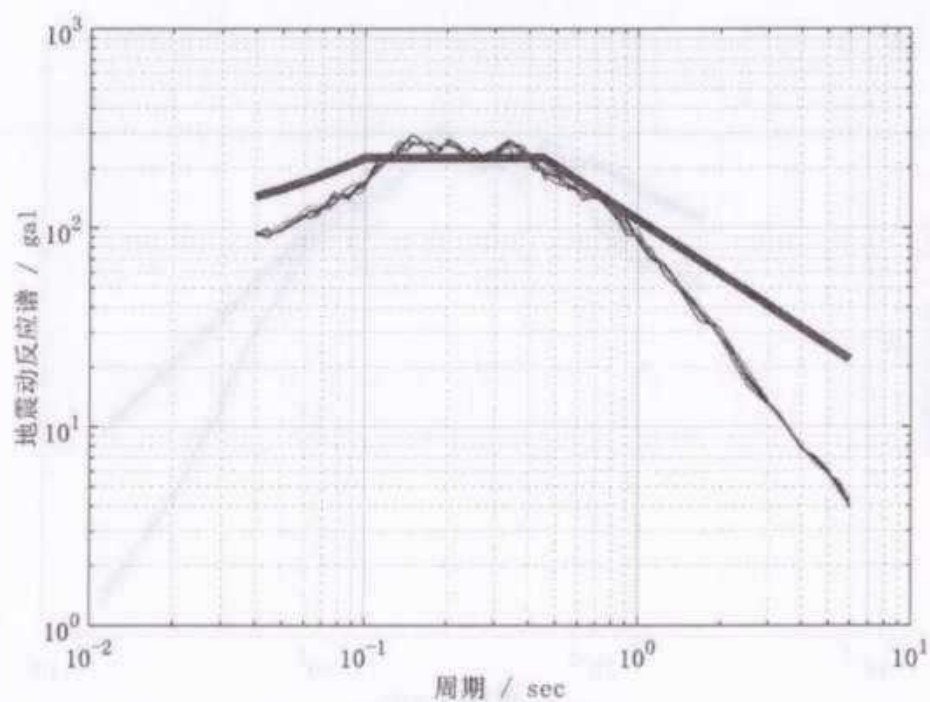


(a) 50 年超越概率 63%

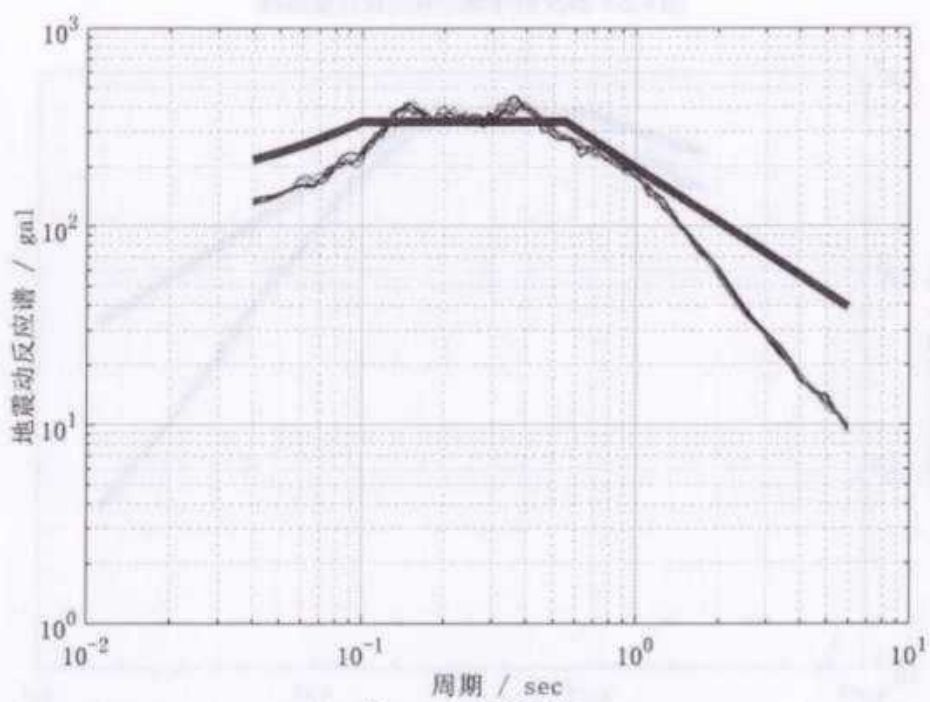


(b) 50 年超越概率 10%

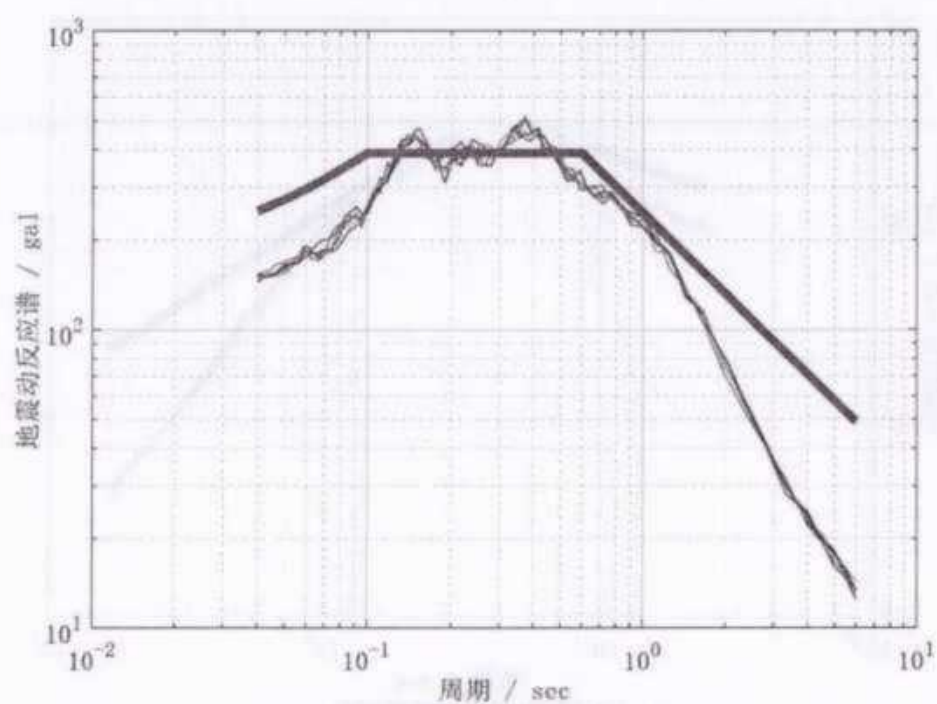




(e) 100 年超越概率 10%

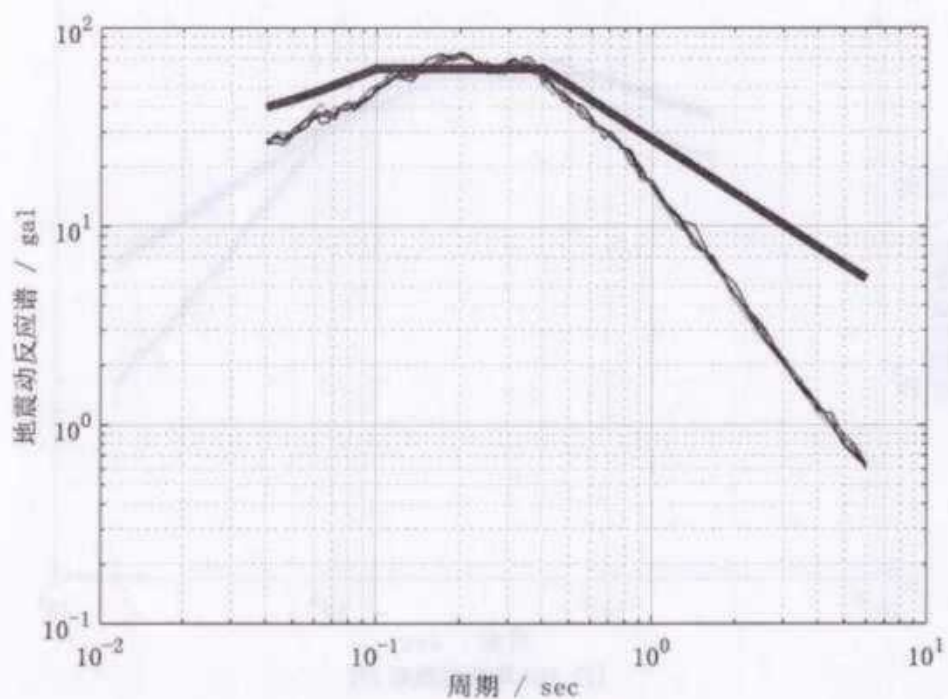


(f) 100 年超越概率 2%

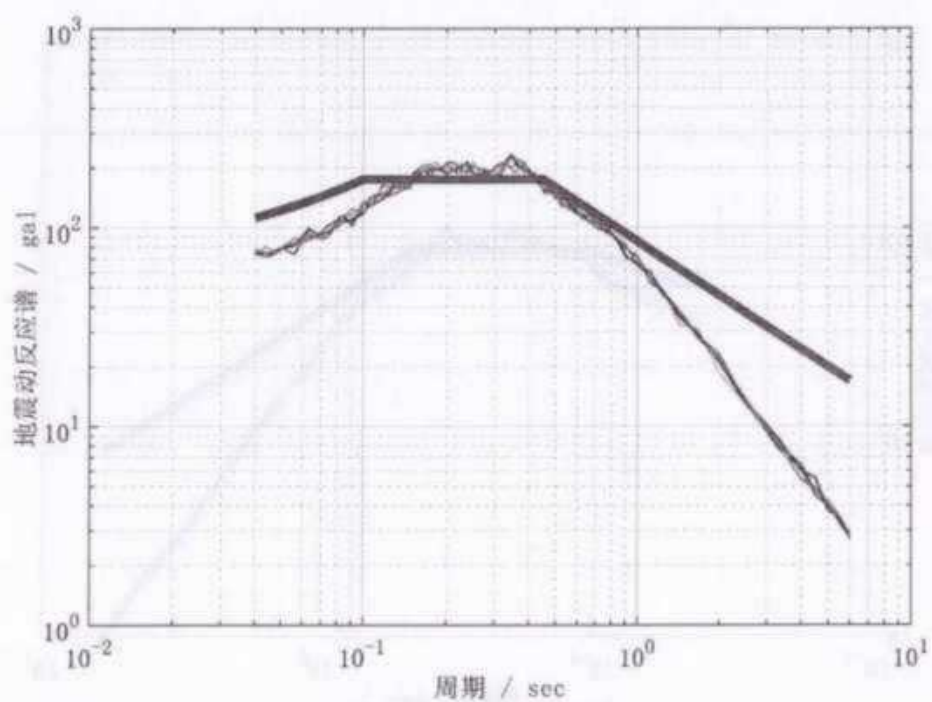


(g) 100 年超越概率 1%

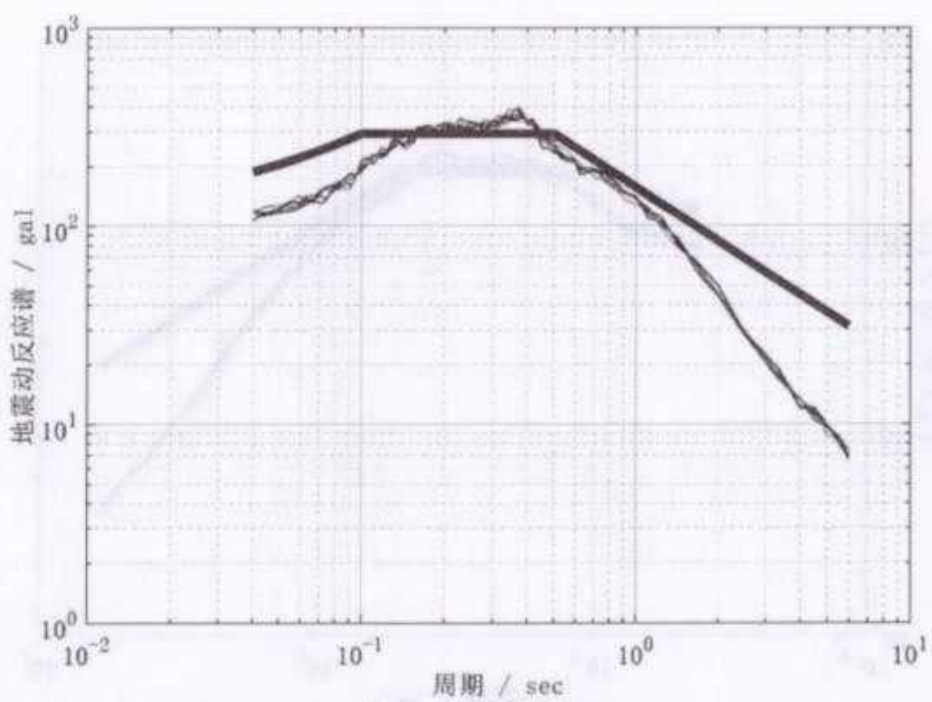
图 6.2-9 ZK9 的场地地震动反应谱曲线



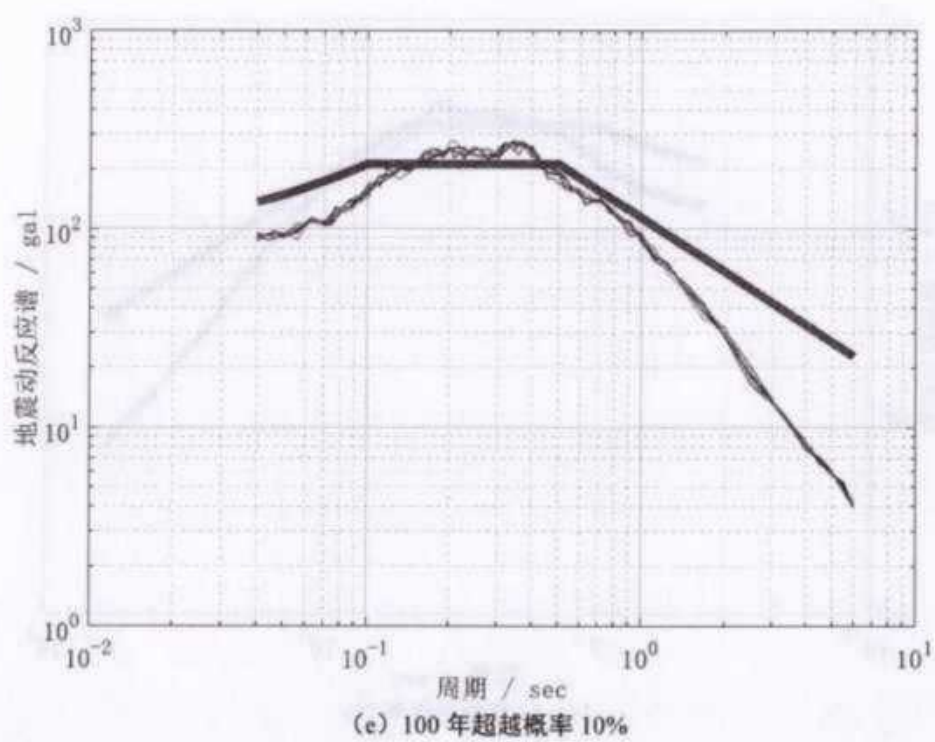
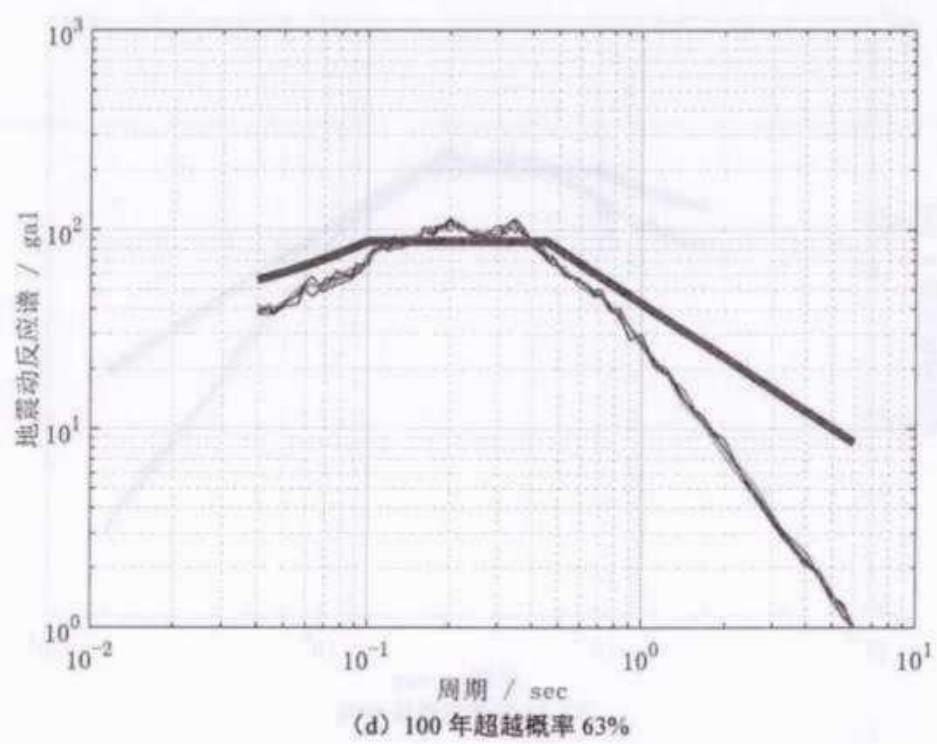
(a) 50 年超越概率 63%



(b) 50 年超越概率 10%



(c) 50 年超越概率 2%



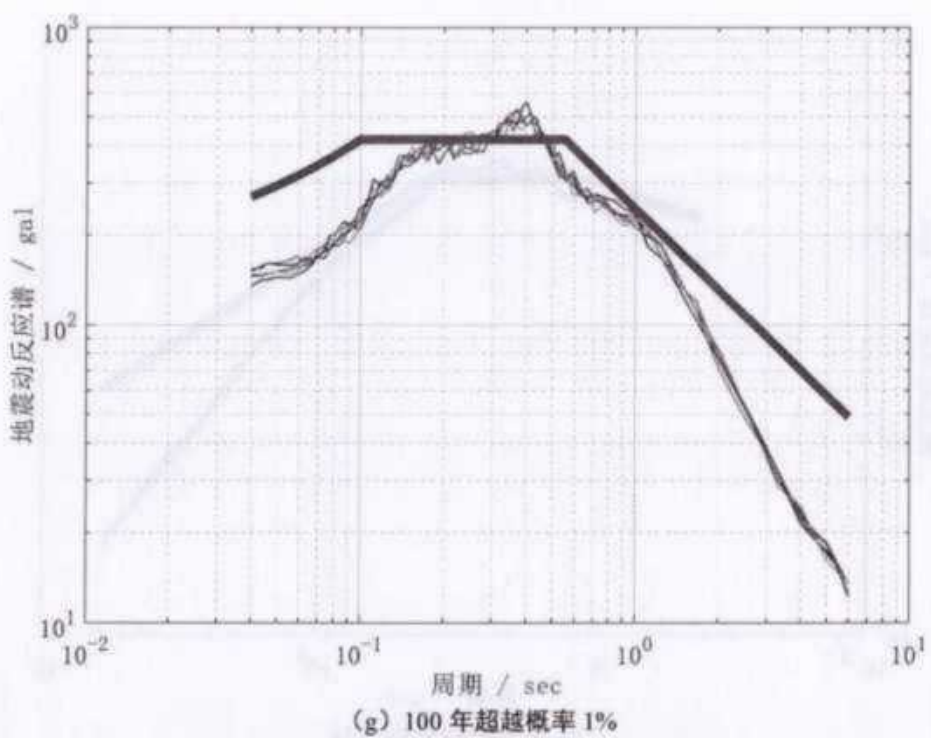
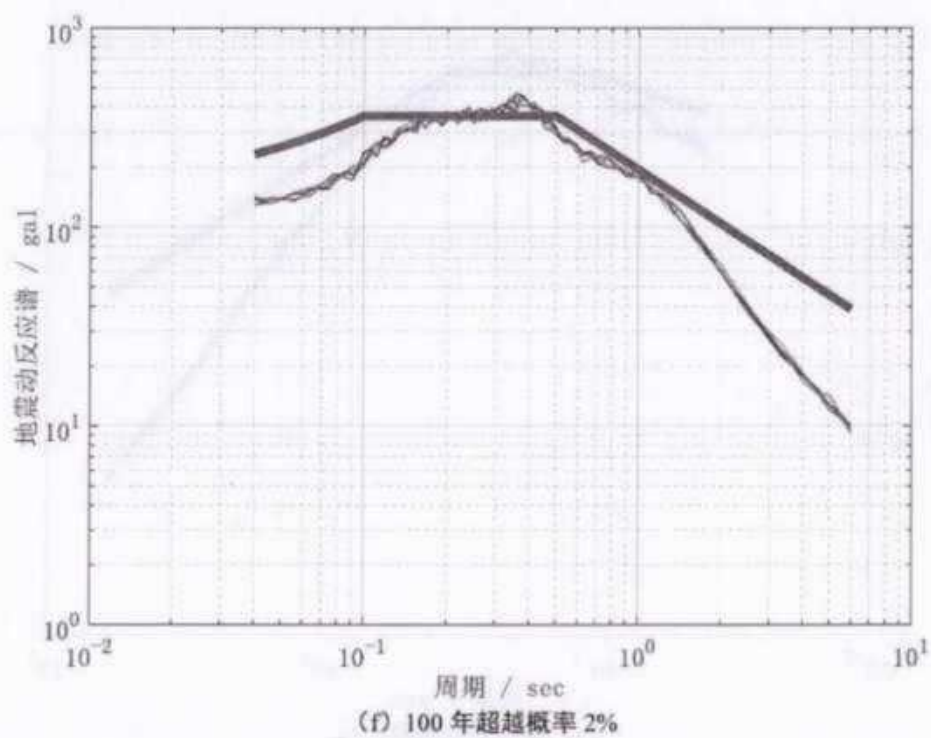
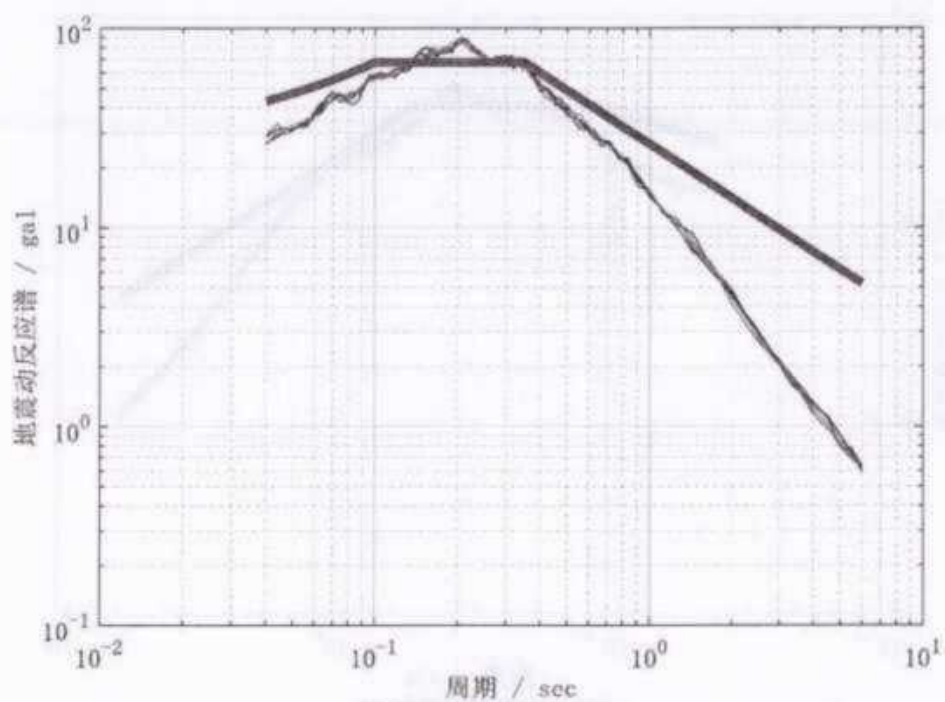
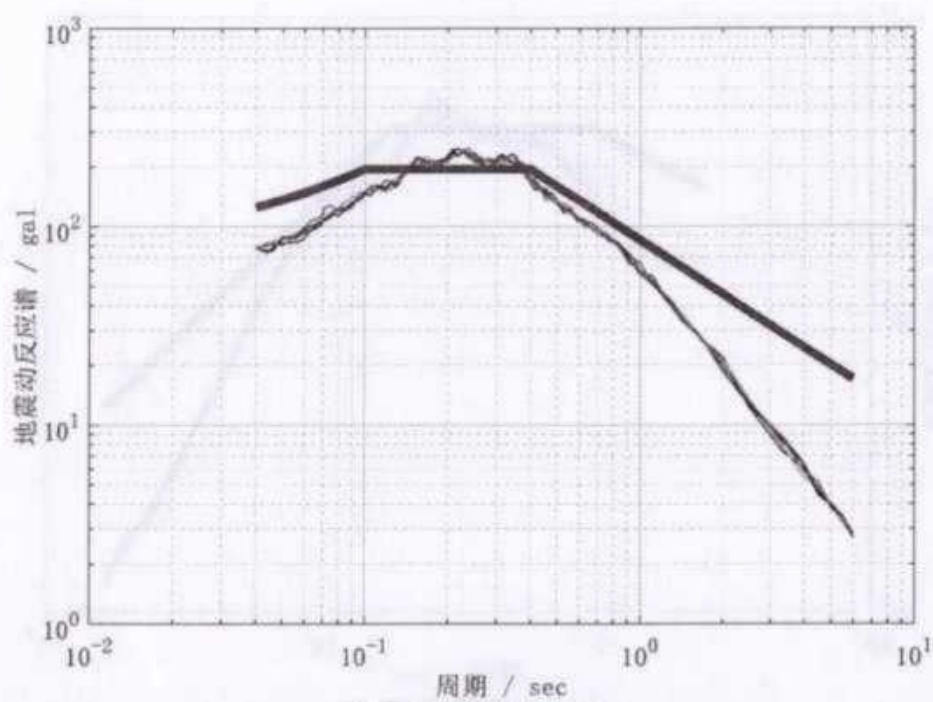


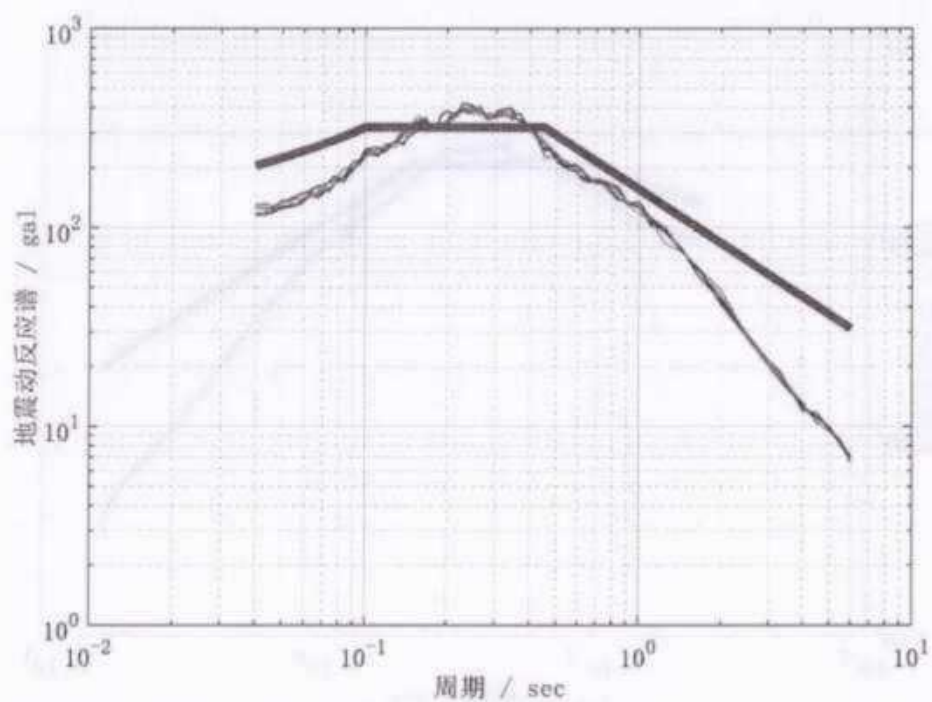
图 6.2-10 ZK10 的场地地震动反应谱曲线



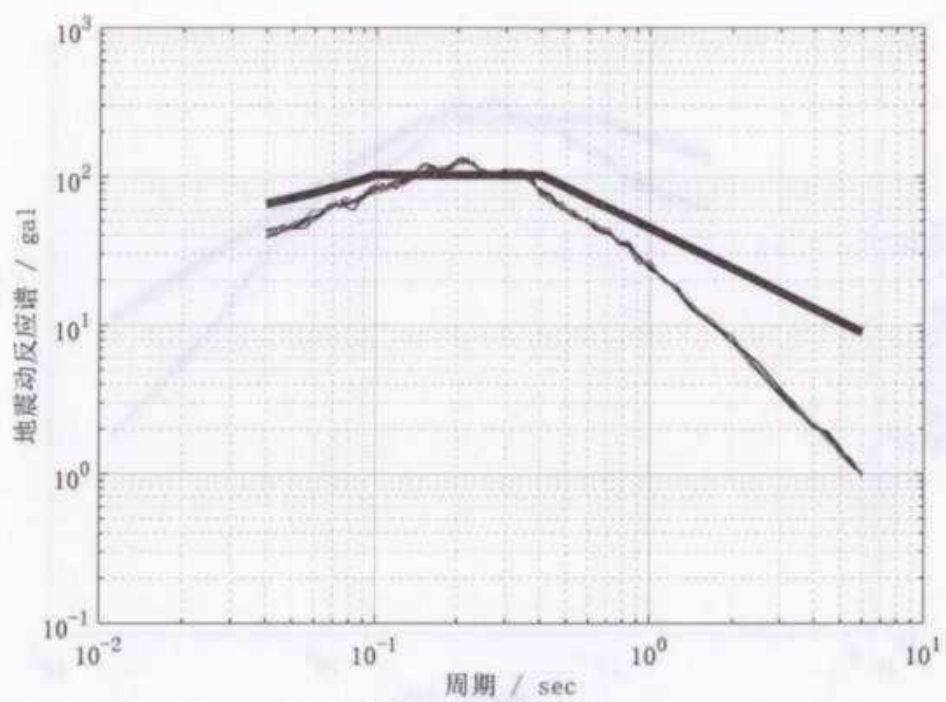
(a) 50 年超越概率 63%



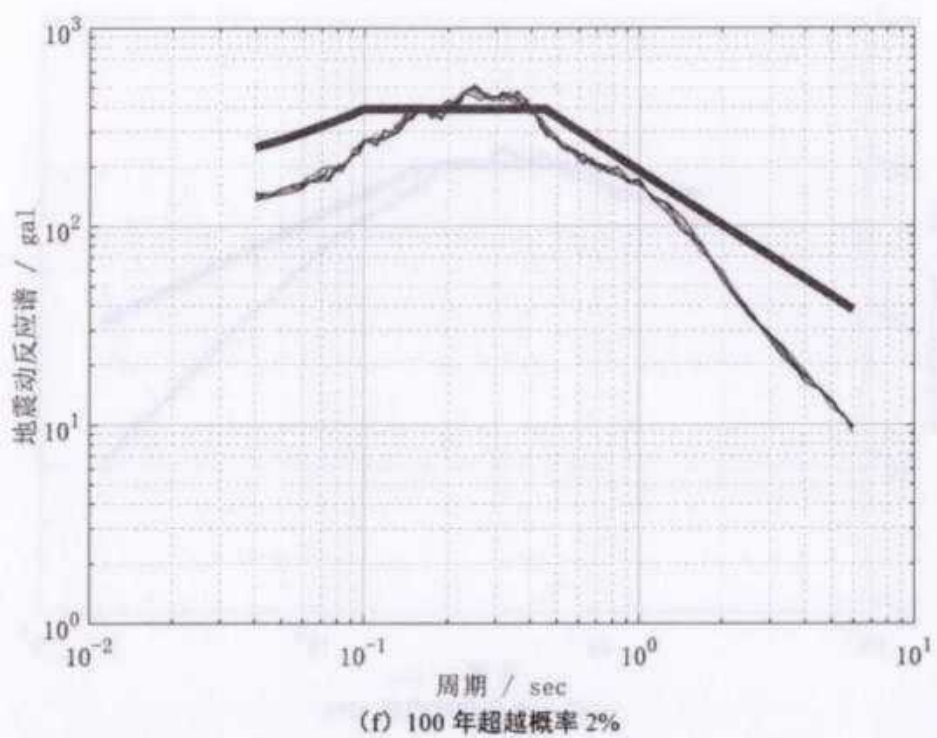
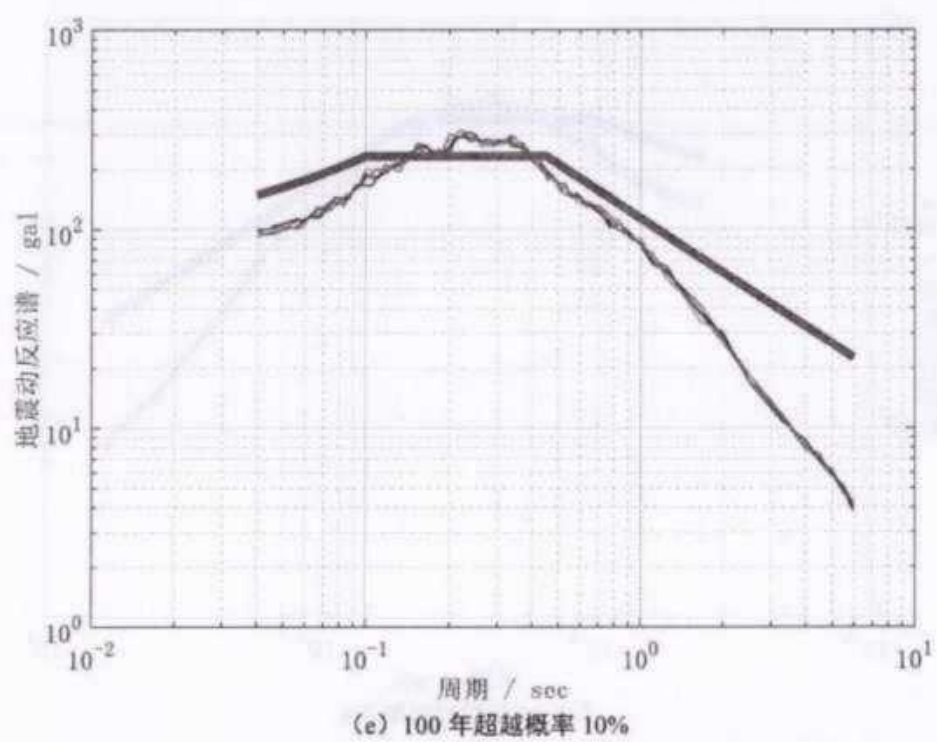
(b) 50 年超越概率 10%

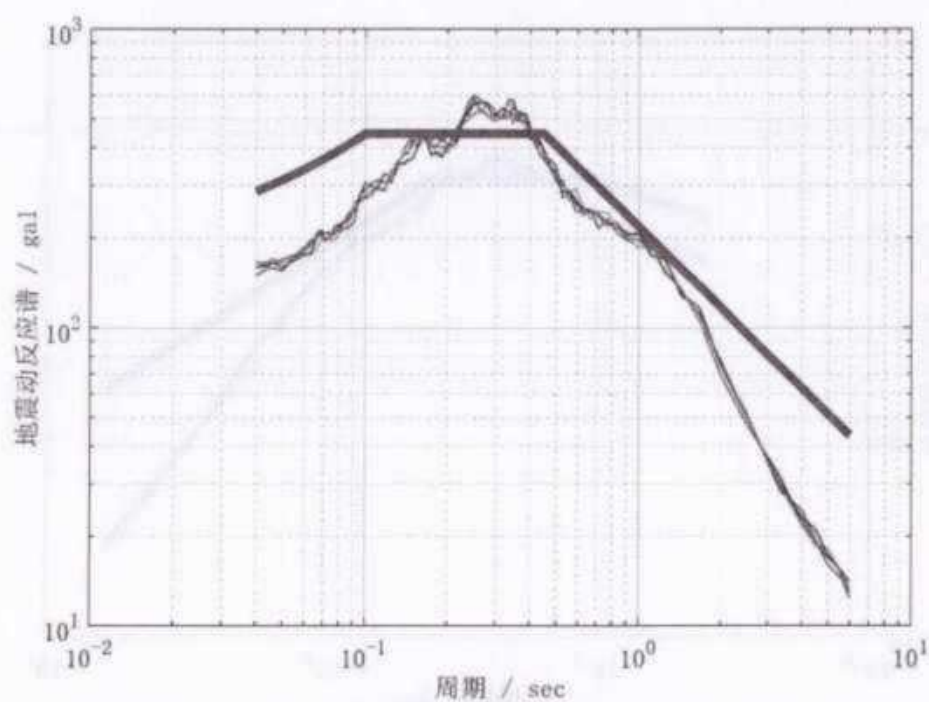


(c) 50 年超越概率 2%



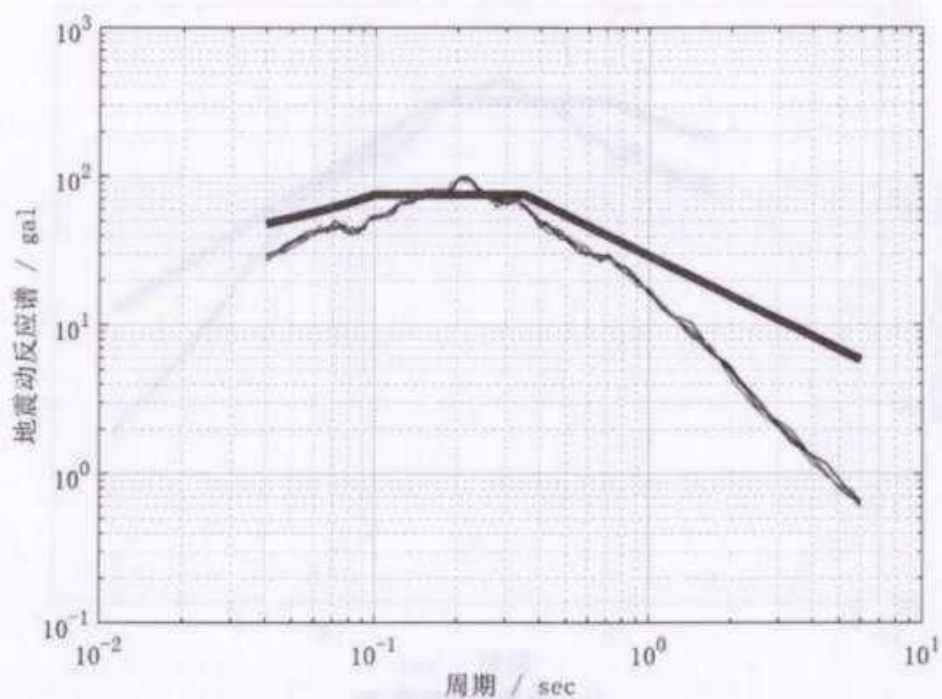
(d) 100 年超越概率 63%



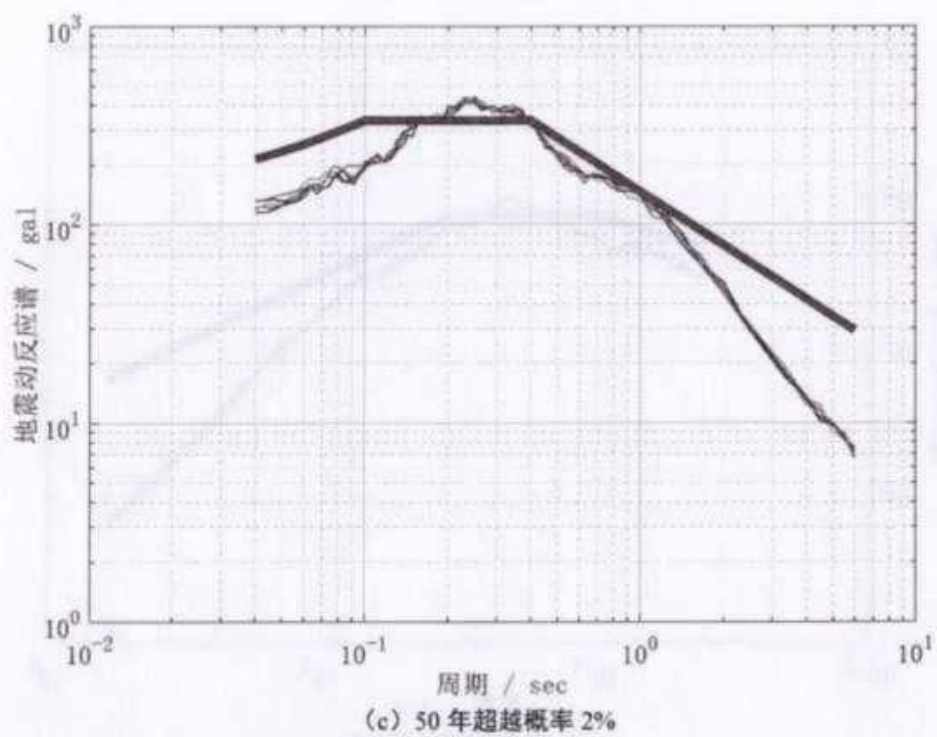
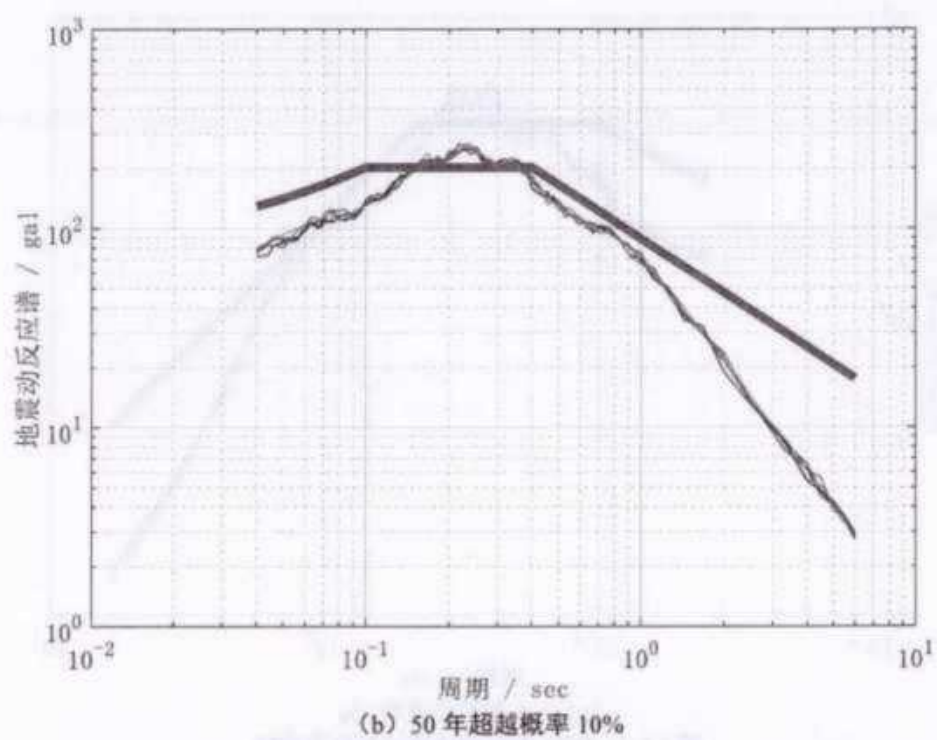


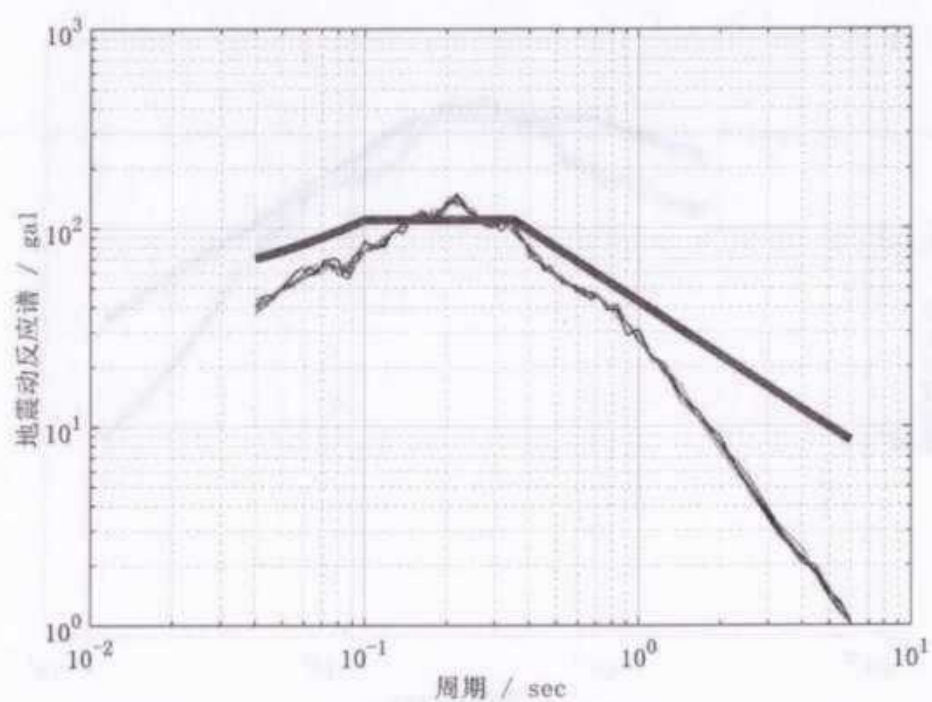
(g) 100 年超越概率 1%

图 6.2-11 ZK11 的场地地震动反应谱曲线

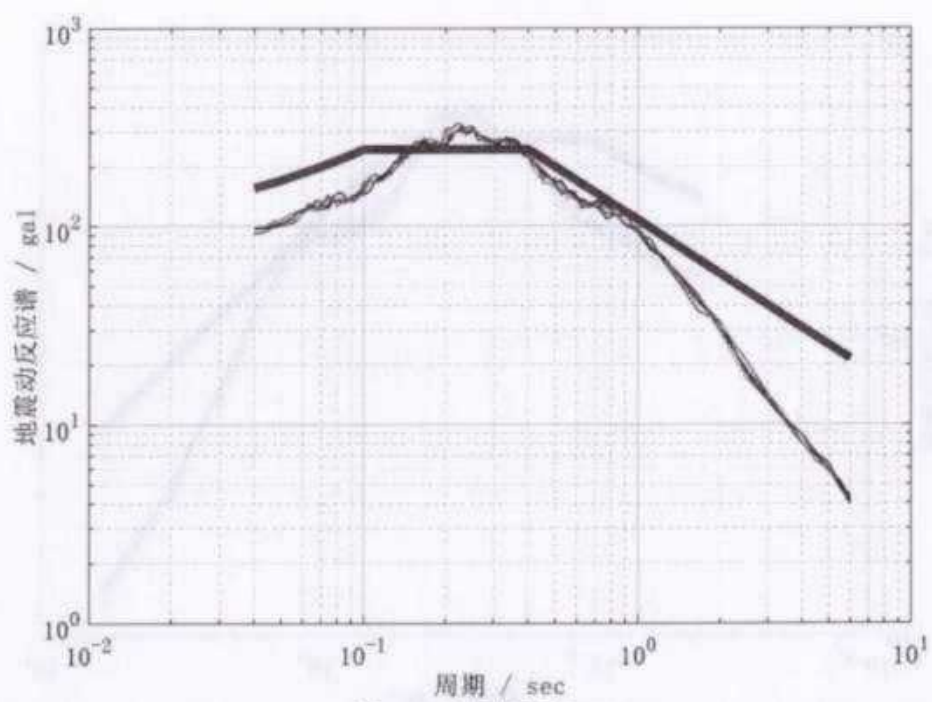


(a) 50 年超越概率 63%





(d) 100 年超越概率 63%



(e) 100 年超越概率 10%

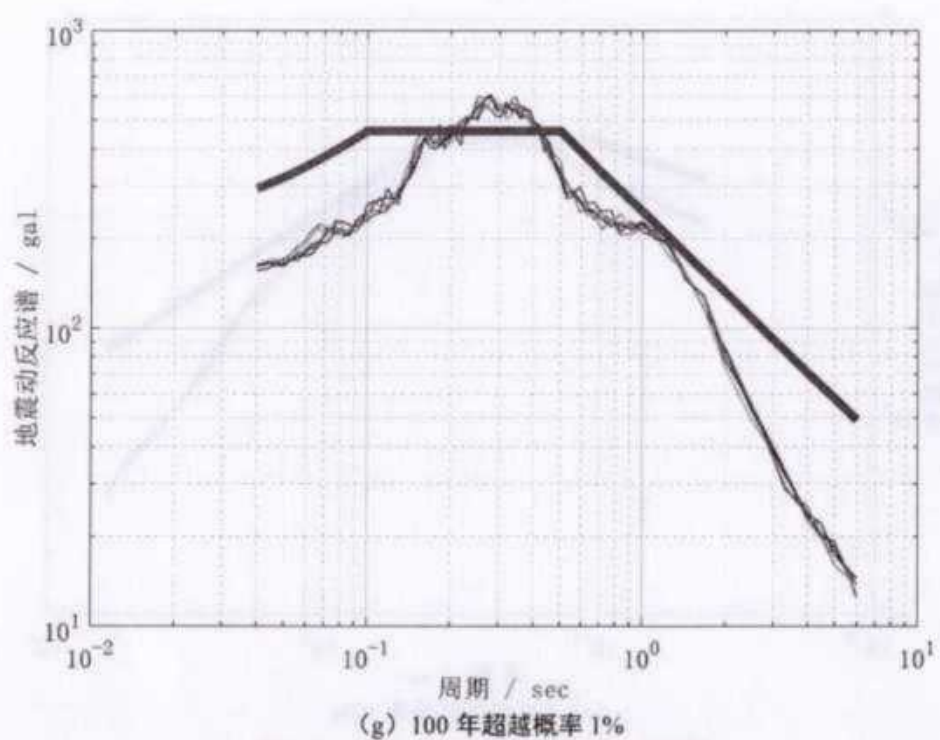
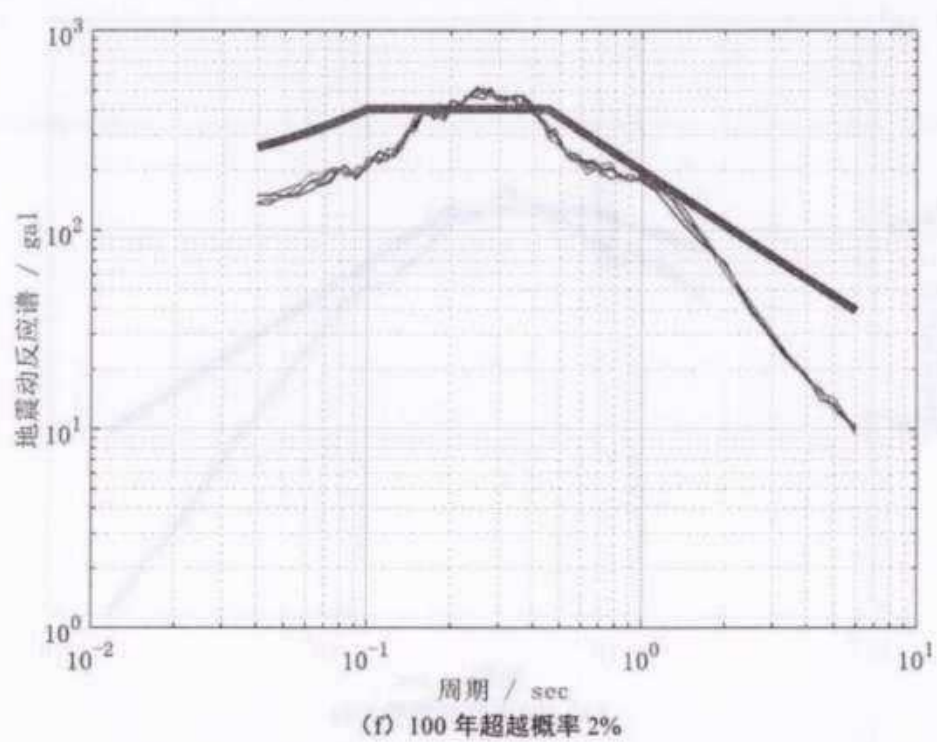


图 6.2-12 ZK12 的场地地震动反应谱曲线

第七章 场地地震动参数的确定

7.1 规准化场地地震动加速度反应谱

1、参照《建筑抗震设计规范 GB50011-2010》(2016 年修订版)所给定的地震影响系数曲线,本项目目标区设计地震动加速度反应谱取为:

$$S_a(T) = A_{max}\beta(T)$$

其中, A_{max} 为设计地震动峰值加速度, $\beta(T)$ 为设计地震动加速度放大系数反应谱。且有:

$$\beta(T) = \begin{cases} 1, & T = 0s \\ 1 + (\eta_2\beta_m - 1) \frac{T}{T_1}, & 0 < T \leq T_1 \\ \eta_2\beta_m, & T_1 < T \leq T_g \\ \eta_2\beta_m \left\{ \frac{T_g}{T} \right\}^\gamma, & T_g < T \leq 6s \end{cases} \quad (7.1-1)$$

2、当阻尼比 ζ 不等于 0.05 时,地震影响系数曲线的阻尼调整系数和形状参数应按照如下公式确定:

曲线下降段的衰减指数取为:

$$\gamma = 1 + \frac{0.05 - \zeta}{0.3 + 6\zeta} \quad (7.1-2)$$

其中, γ 为曲线下降段的衰减指数, ζ 为阻尼比。

阻尼调整系数应按式确定:

$$\eta_2 = 1 + \frac{0.05 - \zeta}{0.08 + 1.6\zeta} \quad (7.1-3)$$

其中, η_2 为阻尼调整系数,当小于 0.55 时,应取 0.55。

7.2 场地地震动参数

结合目标区地表处 50 年和 100 年超越概率 63%、10%、2% 及 100 年超越概率 1% 阻尼比 5% 的计算地震动加速度反应谱结果,得到相应的拟合曲线,作为目标区地表处水平向 5% 阻尼比规准化场地地震动加速度反应谱曲线,如图 6.2-1 至图 6.2-13 的粗实线(红色)所示。

场地地表水平向地震动参数如表 7.2-1~7.2-12 所示，竖向场地地震动参数按照如下取值：竖向地震动峰值加速度取对应的水平向地震动峰值的 1，其反应谱谱形参数与水平向的取值相同。

表 7.2-1 ZK1 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	26.0	2.5	0.07	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	75.0	2.5	0.19	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	133.0	2.5	0.34	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	37.0	2.5	0.09	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	93.0	2.5	0.24	0.10	0.40	0.90
100 年 2%	155.0	2.5	0.40	0.10	0.45	0.90
100 年 1%	179.0	2.5	0.46	0.10	0.50	0.90

表 7.2-2 ZK2 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	25.0	2.5	0.06	0.10	0.40	0.90
50 年 10%	70.0	2.5	0.18	0.10	0.45	0.90
50 年 2%	123.0	2.5	0.31	0.10	0.50	0.90
100 年 63%	36.0	2.5	0.09	0.10	0.45	0.90
100 年 10%	90.0	2.5	0.23	0.10	0.45	0.90
100 年 2%	144.0	2.5	0.37	0.10	0.55	0.90
100 年 1%	156.0	2.5	0.40	0.10	0.65	0.90

表 7.2-3 ZK3 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	25.0	2.5	0.06	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	70.0	2.5	0.18	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	114.0	2.5	0.29	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	35.0	2.5	0.09	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	85.0	2.5	0.22	0.10	0.40	0.90
100 年 2%	135.0	2.5	0.34	0.10	0.50	0.90
100 年 1%	162.0	2.5	0.41	0.10	0.50	0.90

表 7.2-4 ZK4 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	30.0	2.5	0.08	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	81.0	2.5	0.21	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	128.0	2.5	0.33	0.10	0.50	0.90
100 年 63%	41.0	2.5	0.10	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	100.0	2.5	0.26	0.10	0.45	0.90
100 年 2%	150.0	2.5	0.38	0.10	0.55	0.90
100 年 1%	162.0	2.5	0.41	0.10	0.65	0.90

表 7.2-5 ZK5 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	28.0	2.5	0.07	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	78.0	2.5	0.20	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	126.0	2.5	0.32	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	41.0	2.5	0.10	0.10	0.35	0.90
100 年 10%	95.0	2.5	0.24	0.10	0.45	0.90

100 年 2%	145.0	2.5	0.37	0.10	0.50	0.90
100 年 1%	168.0	2.5	0.43	0.10	0.55	0.90

表 7.2-6 ZK6 的规范化场地地震动反应谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	25.0	2.5	0.06	0.10	0.40	0.90
50 年 10%	70.0	2.5	0.18	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	117.0	2.5	0.30	0.10	0.50	0.90
100 年 63%	35.0	2.5	0.09	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	88.0	2.5	0.22	0.10	0.45	0.90
100 年 2%	144.0	2.5	0.37	0.10	0.50	0.90
100 年 1%	168.0	2.5	0.43	0.10	0.50	0.90

表 7.2-7 ZK7 的规范化场地地震动反应谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	27.0	2.5	0.07	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	78.0	2.5	0.20	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	134.0	2.5	0.34	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	40.0	2.5	0.10	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	97.0	2.5	0.25	0.10	0.40	0.90
100 年 2%	162.0	2.5	0.41	0.10	0.45	0.90
100 年 1%	191.0	2.5	0.49	0.10	0.50	0.90

表 7.2-8 ZK8 的规范化场地地震动反应谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	31.0	2.5	0.08	0.10	0.40	0.90
50 年 10%	86.0	2.5	0.22	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	144.0	2.5	0.37	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	45.0	2.5	0.11	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	108.0	2.5	0.28	0.10	0.40	0.90
100 年 2%	168.0	2.5	0.43	0.10	0.45	0.90
100 年 1%	198.0	2.5	0.51	0.10	0.50	0.90

表 7.2-9 ZK9 的规范化场地地震动反应谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	27.0	2.5	0.07	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	75.0	2.5	0.19	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	115.0	2.5	0.29	0.10	0.50	0.90
100 年 63%	39.0	2.5	0.10	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	90.0	2.5	0.23	0.10	0.45	0.90
100 年 2%	135.0	2.5	0.34	0.10	0.55	0.90
100 年 1%	156.0	2.5	0.40	0.10	0.60	0.90

表 7.2-10 ZK10 的规范化场地地震动反应谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	25.0	2.5	0.06	0.10	0.40	0.90
50 年 10%	70.0	2.5	0.18	0.10	0.45	0.90
50 年 2%	117.0	2.5	0.30	0.10	0.50	0.90
100 年 63%	35.0	2.5	0.09	0.10	0.45	0.90
100 年 10%	85.0	2.5	0.22	0.10	0.50	0.90
100 年 2%	145.0	2.5	0.37	0.10	0.50	0.90
100 年 1%	168.0	2.5	0.43	0.10	0.55	0.90

表 7.2-11 ZK11 的规范化场地地震动反应谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	27.0	2.5	0.07	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	78.0	2.5	0.20	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	128.0	2.5	0.33	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	41.0	2.5	0.10	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	93.0	2.5	0.24	0.10	0.45	0.90
100 年 2%	156.0	2.5	0.40	0.10	0.45	0.90
100 年 1%	179.0	2.5	0.46	0.10	0.45	0.90

表 7.2-12 ZK12 的规范化场地地震动反应谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	30.0	2.5	0.08	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	81.0	2.5	0.21	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	134.0	2.5	0.34	0.10	0.40	0.90
100 年 63%	44.0	2.5	0.11	0.10	0.35	0.90
100 年 10%	98.0	2.5	0.25	0.10	0.40	0.90
100 年 2%	162.0	2.5	0.41	0.10	0.45	0.90
100 年 1%	184.0	2.5	0.47	0.10	0.50	0.90

7.3 场地地震动参数等值线分布图

根据《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》要求，本项目采用钻孔控制点场地地震动参数作为目标区地震动参数区划的主要依据，编制目标区多概率水准的地震动参数区划图，并以等值线形式表示目标区地震动参数分区结果。

目标区多概率水准的地震动参数区划图包括峰值加速度区划图和反应谱特征周期区划图两类。这两类区划图的图件比例尺均为 1:20000。

地震动峰值加速度相邻等值线差异为 5gal 的整数倍，反应谱特征周期相邻等值线差异为 0.05s，且为 0.05s 的整数倍。钻孔控制点间的参数数值超过上述数值时采用线性差值方法给出。

1、地震动峰值加速度区划

以表 7.2-1 至 7.2-15 给出的各计算场点的场地地表水平向地震动峰值加速度参数值为基础，以 5gal 为间隔绘制了场地地震动参数等值线分区图，见图 7.3-1 至图 7.3-6。

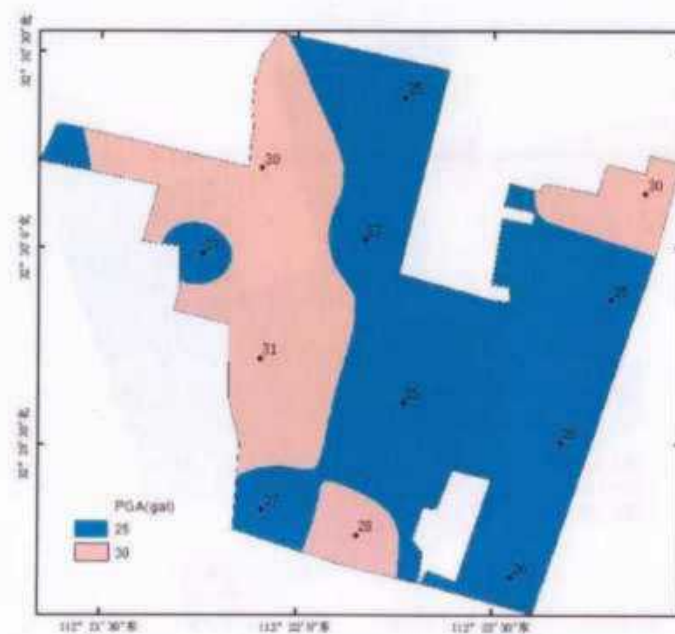


图 7.3-1 场地地震动峰值加速度等值线分布图 (50 年 63%)

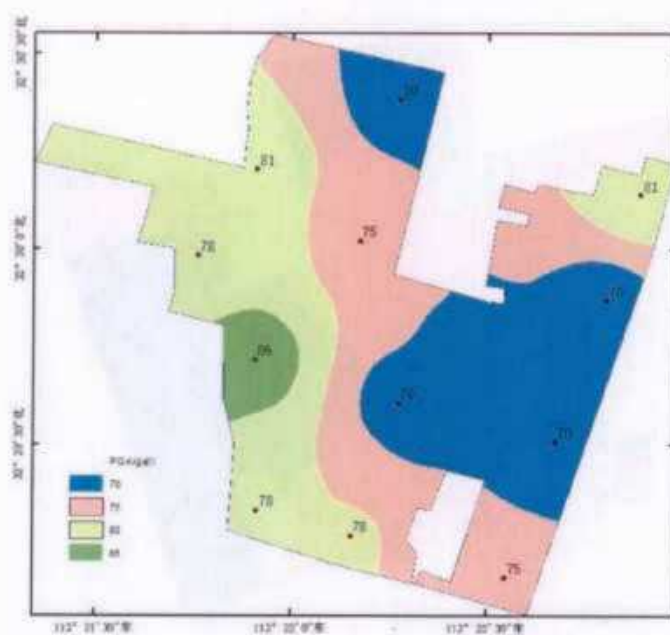


图 7.3-2 场地地震动峰值加速度等值线分布图 (50 年 10%)

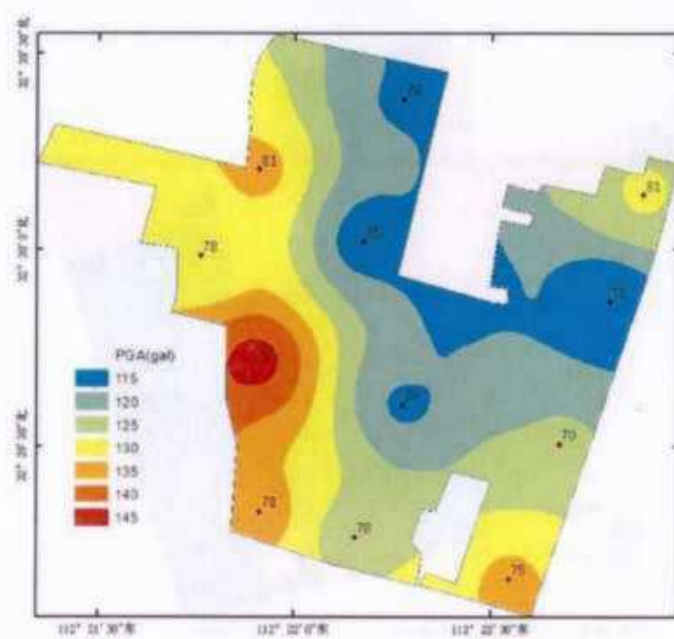


图 7.3-3 场地地震动峰值加速度等值线分布图 (50 年 2%)

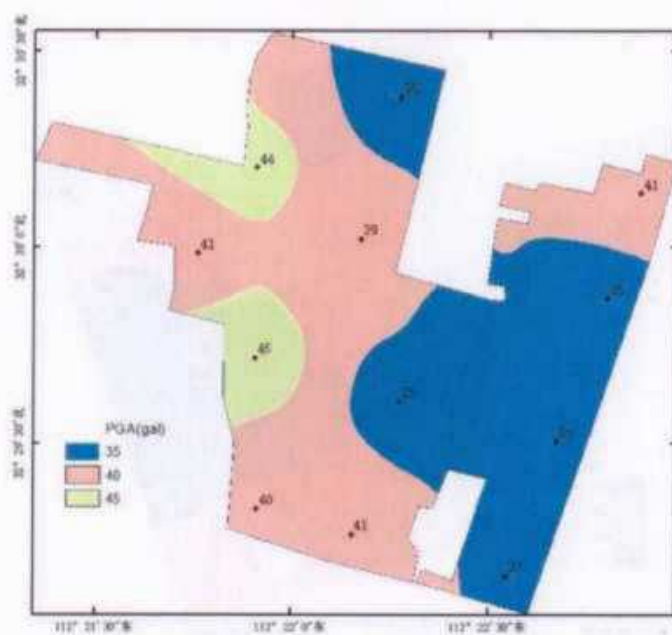


图 7.3-4 场地地震动峰值加速度等值线分布图 (100 年 63%)

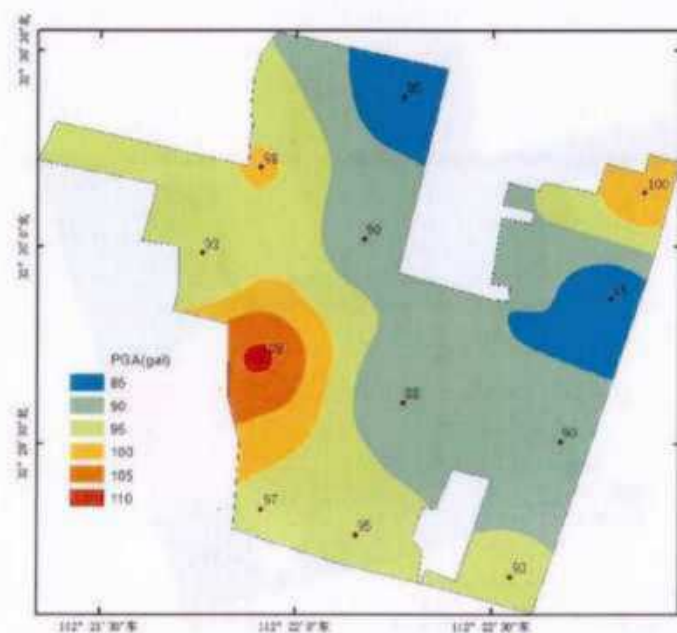


图 7.3-5 场地地震动峰值加速度等值线分布图 (100 年 10%)

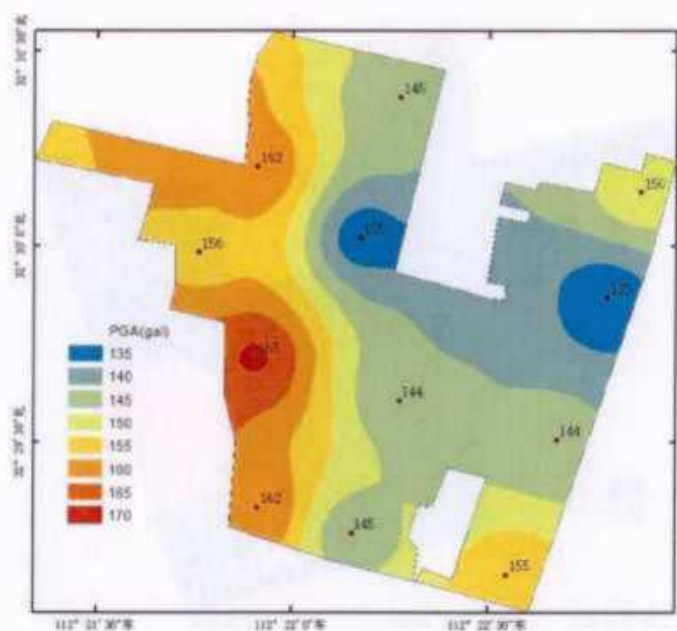


图 7.3-6 场地地震动峰值加速度等值线分布图 (100 年 2%)

2、反应谱特征周期区划

以表 7.2-1 至 7.2-15 给出的各计算场点的场地地表水平向地震动峰值加速度及加速度反应谱参数值为基础, 以 0.05s 为间隔绘制了场地地震动参数等值线分区图, 见图 7.3-7 至图 7.3-12。

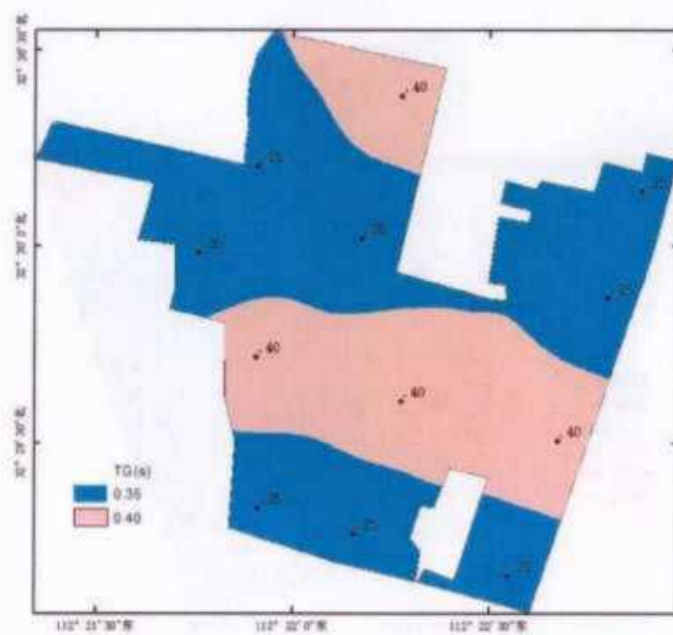


图 7.3-7 场地地震动反应谱特征周期等值线分布图 (50 年 63%)

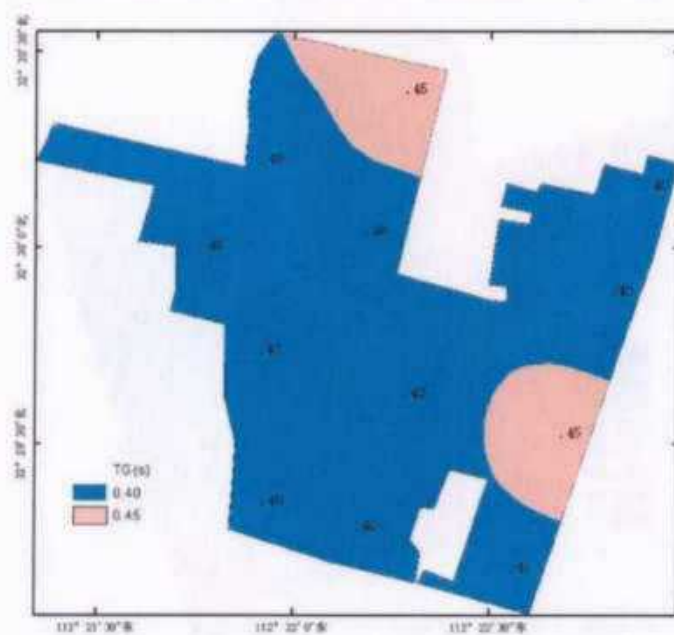


图 7.3-8 场地地震动反应谱特征周期等值线分布图 (50 年 10%)

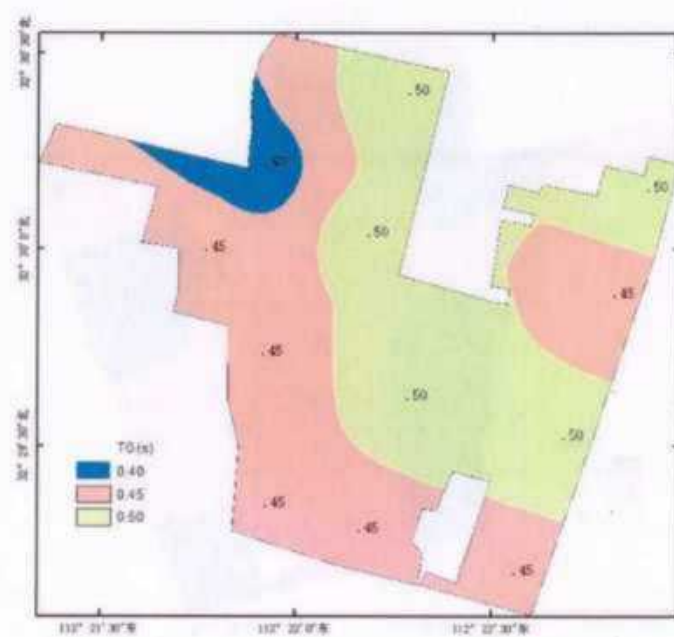


图 7.3-9 场地地震动反应谱特征周期等值线分布图 (50 年 2%)

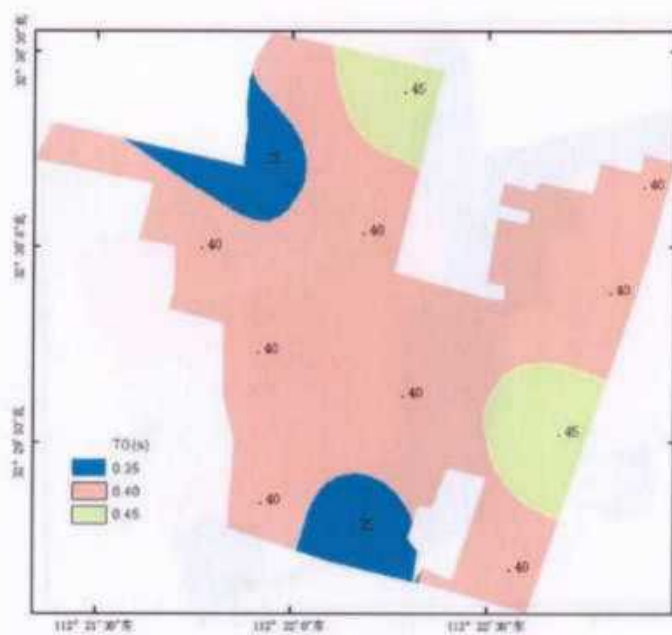


图 7.3-10 场地地震动反应谱特征周期等值线分布图 (100 年 63%)

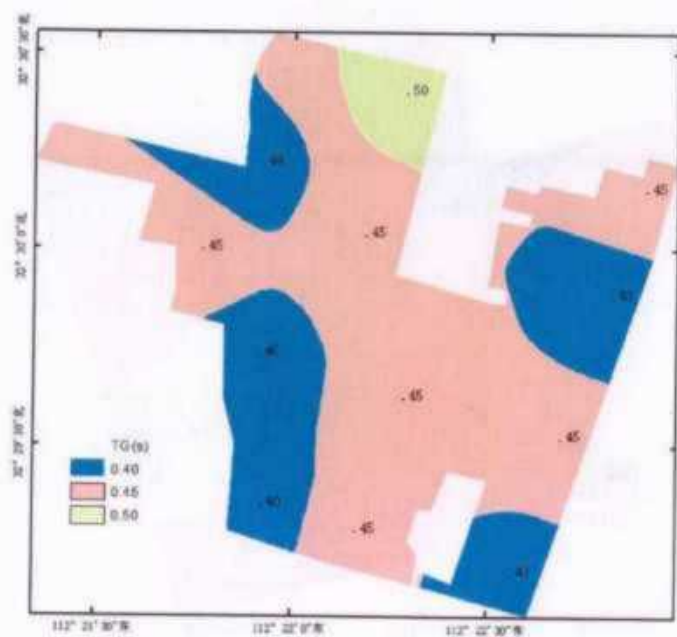


图 7.3-11 场地地震动反应谱特征周期等值线分布图 (100 年 10%)



图 7.3-12 场地地震动反应谱特征周期等值线分布图 (100 年 2%)

7.4 场地地震动时程合成

以各钻孔场地地震动参数和规准谱为目标,用数值模拟的方法合成场地地表地震动时程。

7.4.1 方法简介

本项目采用《工程场地地震安全性评价》(GB 17741-2005)的宣贯教材所推荐的方法,该地震动合成方法的主要思路为:

1、用反应谱与功率谱的近似转换关系,将目标反应谱转换成相应的功率谱,转换关系为:

$$S(\omega) = \frac{\varepsilon}{\pi\omega} S_a(\omega) \left\{ -\ln \left[-\frac{\pi}{\omega T} \ln(-r) \right] \right\} \quad (7.4-1)$$

其中: $S(\omega)$: 功率谱;

ε : 阻尼比;

$S_a(\omega)$: 目标反应谱;

T : 持续时间;

r : 超过目标反应谱值的概率。

2、用三角级数叠加法,生成零均值的平稳高斯过程。

$$X(t) = \sum_{i=0}^n A_i \cos(\omega_i t + \phi_i) \quad (7.4-2)$$

其中: $A_i = [4S(\omega_i)\Delta\omega]^{0.5}$, 初相位

ϕ_i 为 $[0 - 2\pi]$ 均匀分布的随机变量。

3、将平稳时程乘以非平稳强度包线,得到非平稳的加速度时程。

$$a(t) = \Psi(t) \cdot X(t) \quad (7.4-3)$$

非平稳包线函数为如下形式:

$$\Psi(t) = \begin{cases} \left(\frac{t}{t_1}\right)^2 & 0 < t \leq t_1 \\ 1 & t_1 < t \leq t_2 \\ e^{-c(t-t_2)} & t_2 < t \leq T \end{cases} \quad (7.4-4)$$

其中: t_1 : 峰值的上升段;

$t_2 - t_1$: 峰值的平稳段;

T : 持续时间;

c : 峰值的衰减系数。

由于式 (7.4-1) 表示的反应谱与功率谱的关系是近似关系, 所以按初始时程 $a(t)$ 计算出来的反应谱一般只近似于目标谱, 符合的程度也是概率平均的。为了提高拟合精度, 还需要进行迭代调整。通用的方法是按下式调整式 (7.4-2) 中的傅氏幅值谱。

$$A^{i+1}(\omega_k) = \frac{S_a^T(\omega_j)}{S_a(\omega_j)} A^i(\omega_k) \quad N_{1j} < k \leq N_{2j} \quad (7.4-5)$$

式中 $A^i(\omega_k)$ 和 $A^{i+1}(\omega_k)$ 分别为第 i 和 $i+1$ 次迭代的结果, $S_a^T(\omega_j)$ 和 $S_a(\omega_j)$ 为第 j 个控制点的目标谱和计算反应谱。采用上述方式对幅值谱调整仅局限在控制频率 ω_j 附近的 $N_{1j} - N_{2j}$ 个傅里叶分量。通常 ω_{1j} 和 ω_{2j} 按下述方法选取:

$$\omega_{1j} = \frac{1}{2}(\omega_{j-1} + \omega_j) \quad \omega_{2j} = \frac{1}{2}(\omega_j + \omega_{j+1}) \quad (7.4-6)$$

频段 $\omega_{1j} - \omega_{2j}$ 被称为 ω_j 的主控频段。对于目标谱控制点 ω_j , 迭代运算时只改变主控频段的幅值谱, 这是因为在整个频段中, 由于共振原理主控频段频率分量的改变对 ω_j 反应谱的变化最为敏感, 另一方面调整幅值谱时, 应尽量将幅值谱变化的影响局限在特定的控制频率 ω_j 附近, 以避免在拟合 ω_j 频率处目标反应谱时对其邻近控制频率处的反应谱带来过大的影响, 对幅值谱进行多次迭代修正, 即可使其反应谱向目标谱逼近。在对幅值谱进行迭代修正的同时, 还对相位谱进行迭代修正。

7.4.2 持时参数的确定

本文的地震动持续时间参数的确定见下式 (具体值参阅霍俊荣等[1988]的研究结果)。

$$\lg Y = a_1 + a_2 M + a_3 \lg(R + R_0) \quad (7.4-7)$$

其中: Y : 持时参数, 代表 t_1 , T_s , c

T_s : 峰值平稳段的持时, 即 $t_2 - t_1$; M : 等效震级; R : 等效震中距。

根据等效震级、等效震中距, 参考公式 7.4-7 的计算结果, 得到了本项目工程场点的基岩地震动持时参数, 如表 7.4-1 所示。

表 7.4-1 场地地震动包络参数值

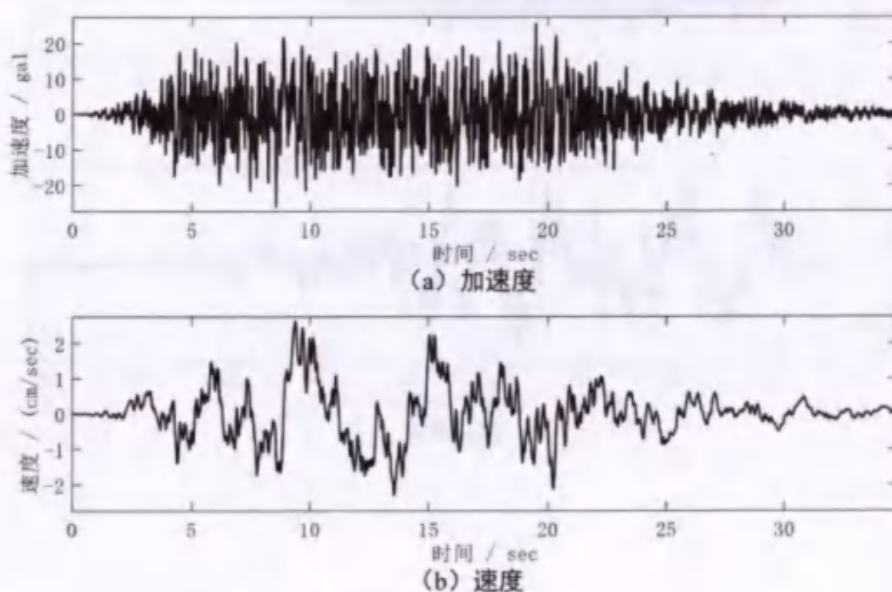
概率水平	t_1 (sec)	T_s (sec)	t_2 (sec)	c
50 年 63%	6.0	13.0	19.0	0.20
50 年 10%	6.0	18.0	21.0	0.15
50 年 2%	6.0	23.0	26.0	0.10
100 年 63%	6.0	15.0	18.0	0.18
100 年 10%	6.0	20.0	26.0	0.14
100 年 2%	6.0	25.0	31.0	0.08
100 年 1%	6.0	28.0	34.0	0.05

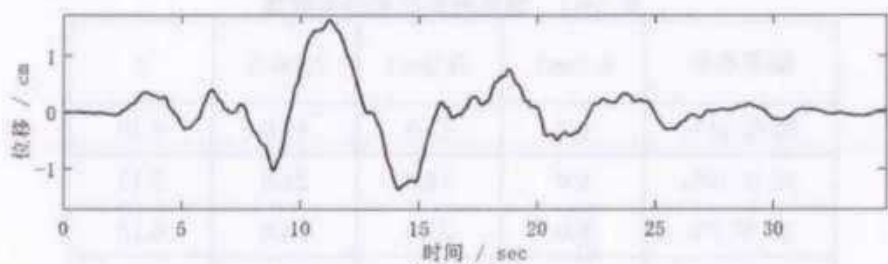
7.4.3 目标谱及场地地震动时程的合成

在合成各钻孔场地地震动时程时,目标反应谱分别取不同概率水平的场地地震动参数规准谱。根据各钻孔场地目标谱合成场地地表地震动时程。为了考虑相位随机性的影响,分别合成 5 个不同随机相位的地震动时程样本。合成的时程均以 0.01s 为间隔,离散值点数为 8192。

目标反应谱在 0.04~6s 内取 77 个控制点,以保证合成地震动时拟合目标反应谱的精度。在合成过程中,利用逐步逼近目标谱的方法,使合成的加速度时程精确满足目标峰值加速度,并近似满足目标加速度反应谱。本项目中拟合目标加速度反应谱时其拟合相对误差小于 5%。

图 7.4-1 至图 7.4-14 给出钻孔 ZK1 不同概率水准下各样本的场地水平向加速度(速度、位移)时程以及样本时程之一的反应谱对目标谱的拟合情况。





(c) 位移

图 7.4-1 场地地震动时程曲线 (ZK1、50 年超越概率 63%、样本 1)

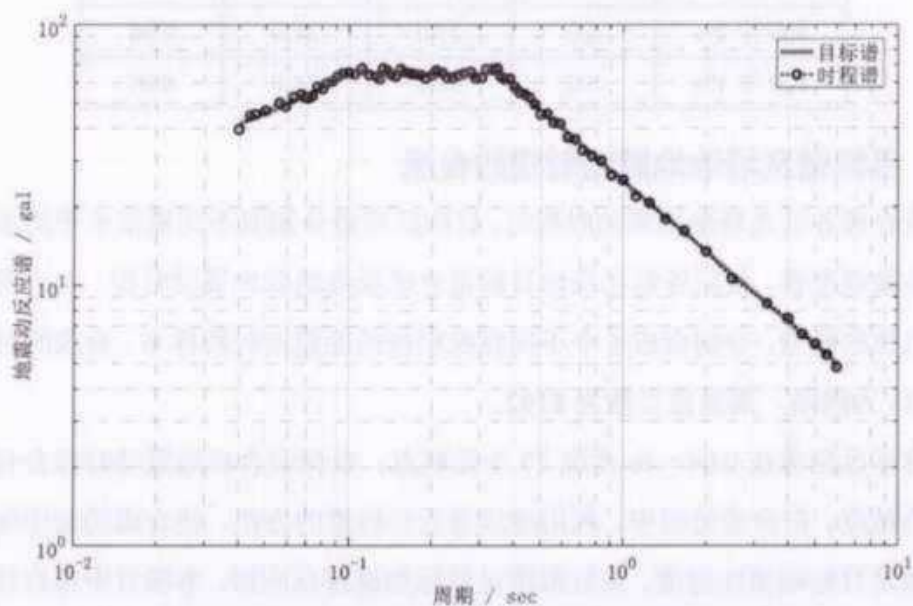
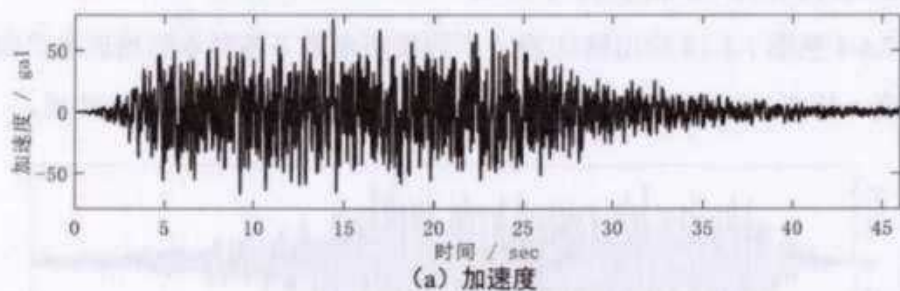
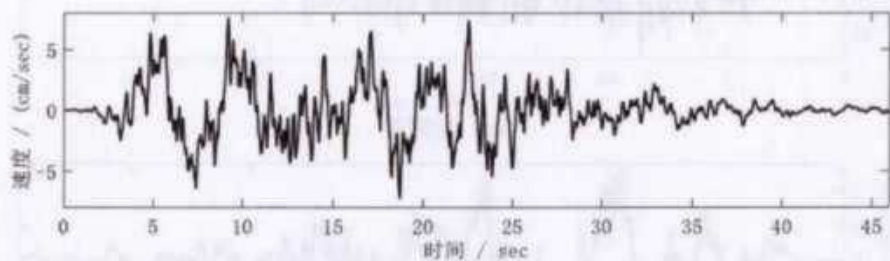


图 7.4-2 场地地震动反应谱曲线 (ZK1、50 年超越概率 63%、样本 1)



(a) 加速度



(b) 速度

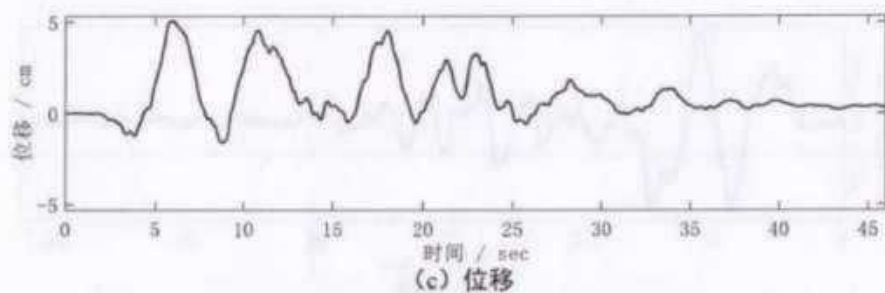


图 7.4-3 场地地震动时程曲线 (ZK1、50 年超越概率 10%、样本 1)

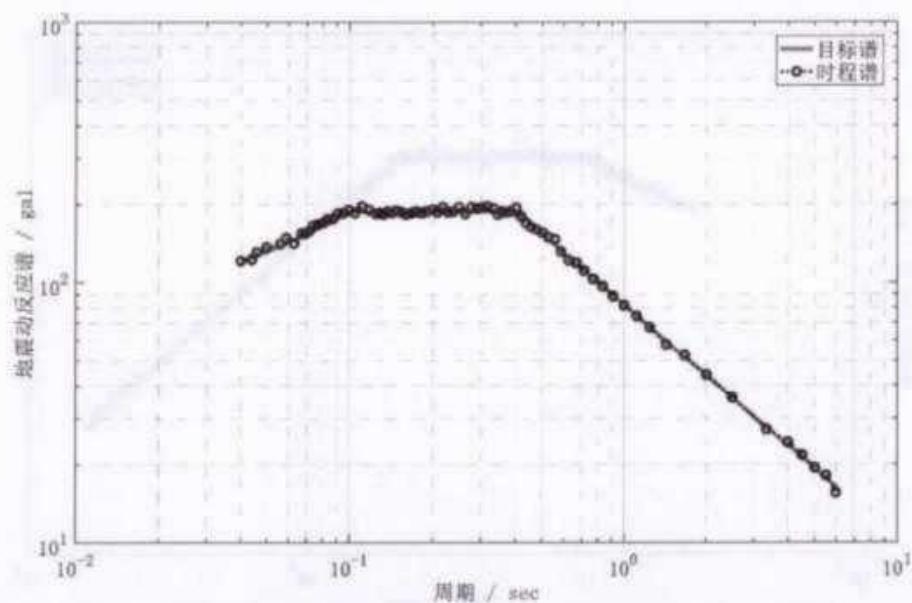
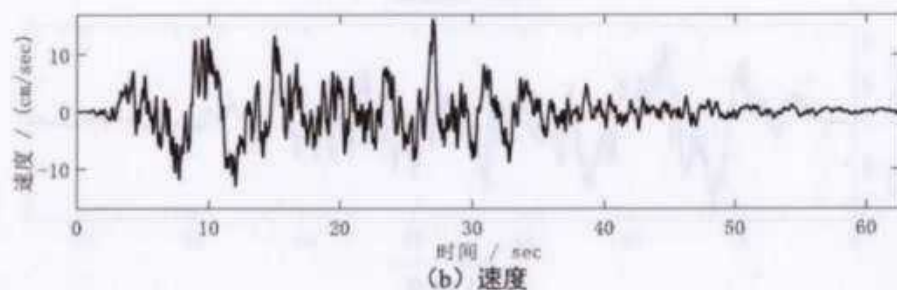
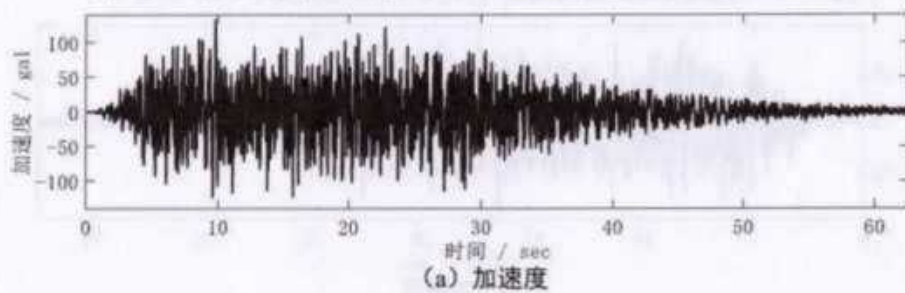


图 7.4-4 场地地震动反应谱曲线 (ZK1、50 年超越概率 10%、样本 1)



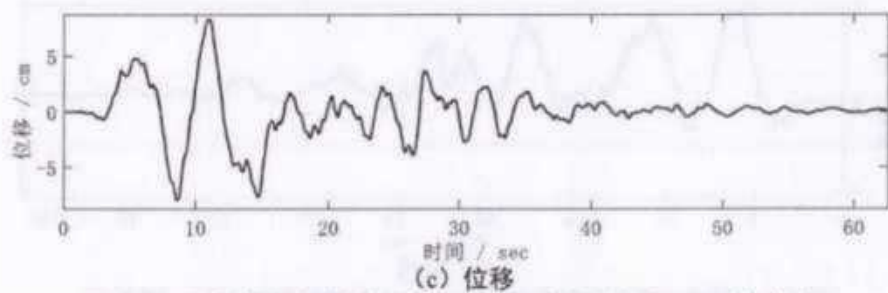


图 7.4-5 场地地震动时程曲线 (ZK1、50 年超越概率 2%、样本 1)

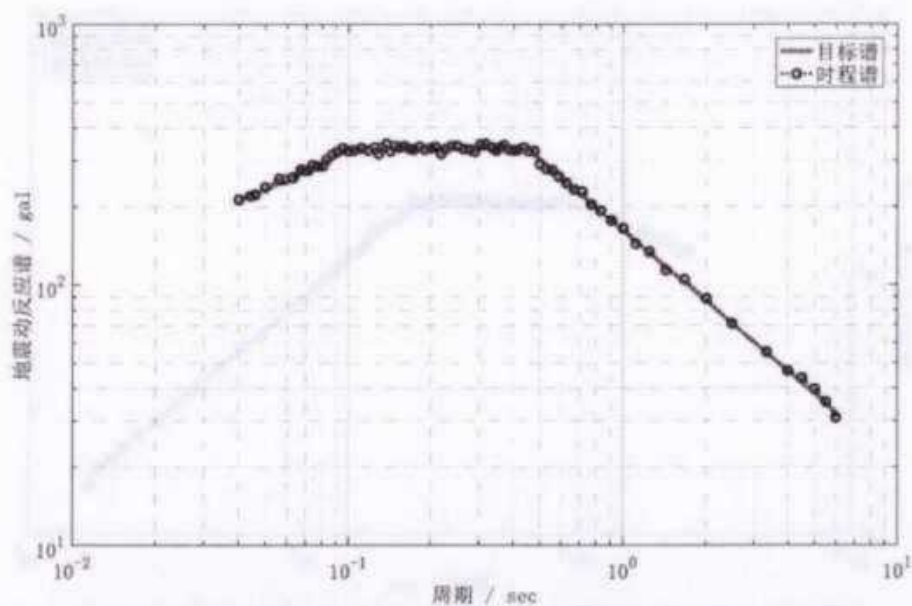
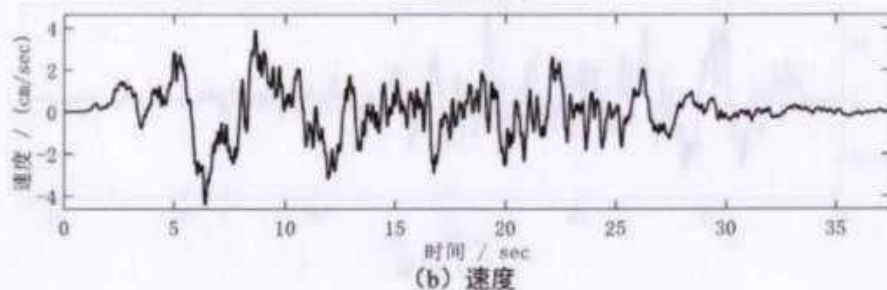
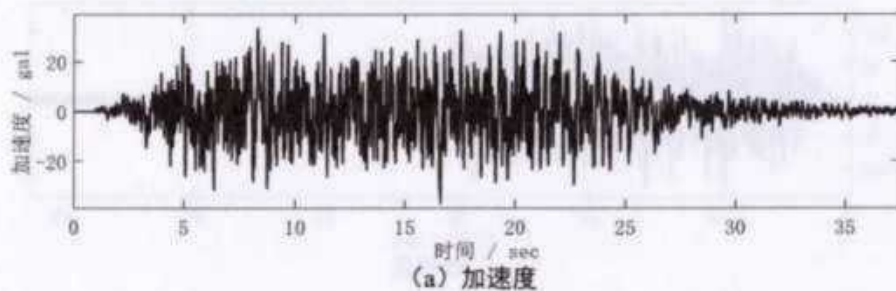


图 7.4-6 场地地震动反应谱曲线 (ZK1、50 年超越概率 2%、样本 1)



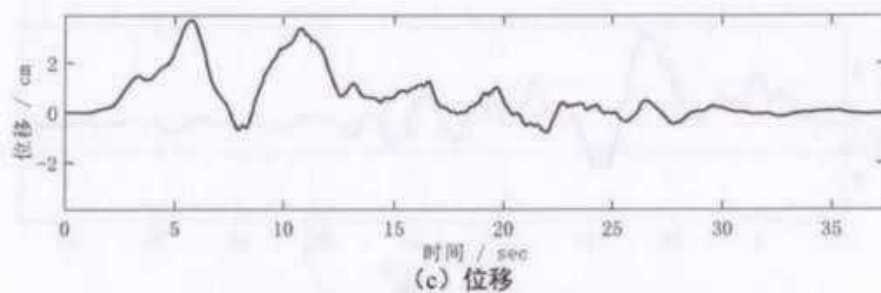


图 7.4-7 场地地震动时程曲线 (ZK1、100 年超越概率 63%、样本 1)

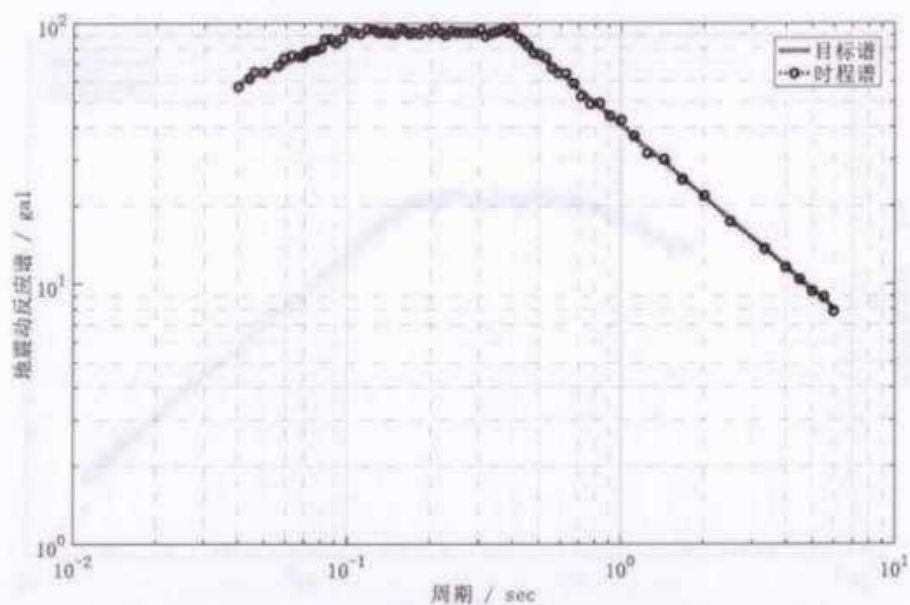
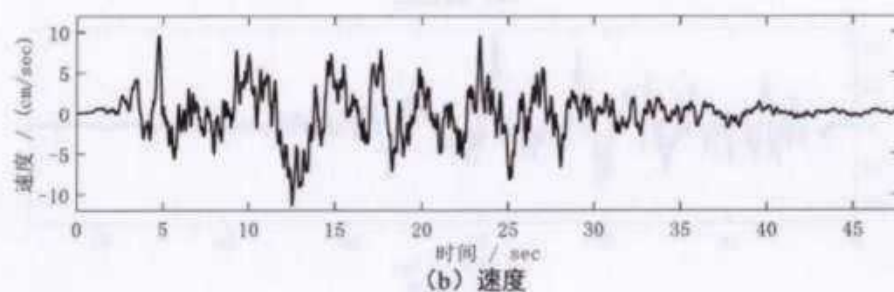
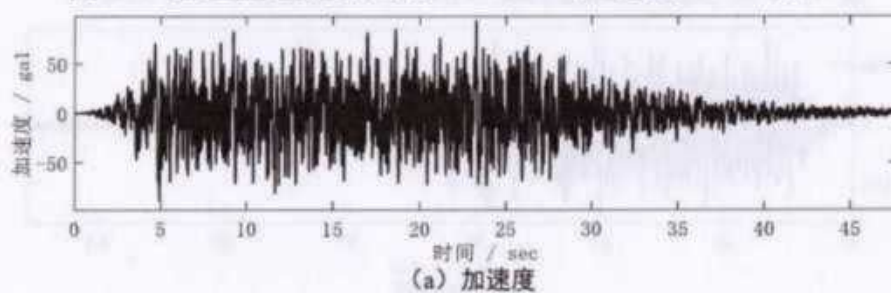


图 7.4-8 场地地震动反应谱曲线 (ZK1、100 年超越概率 63%、样本 1)



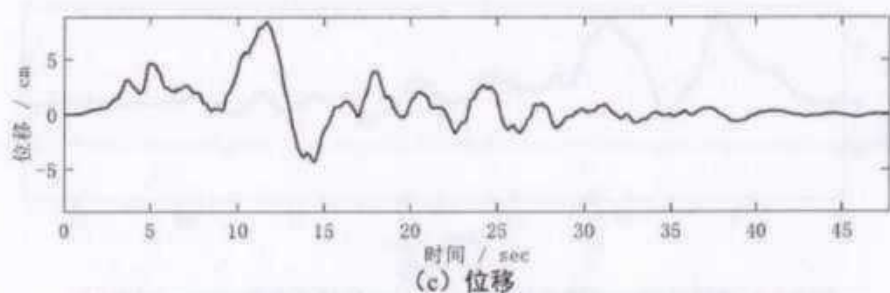


图 7.4-9 场地地震动时程曲线 (ZK1、100 年超越概率 10%、样本 1)

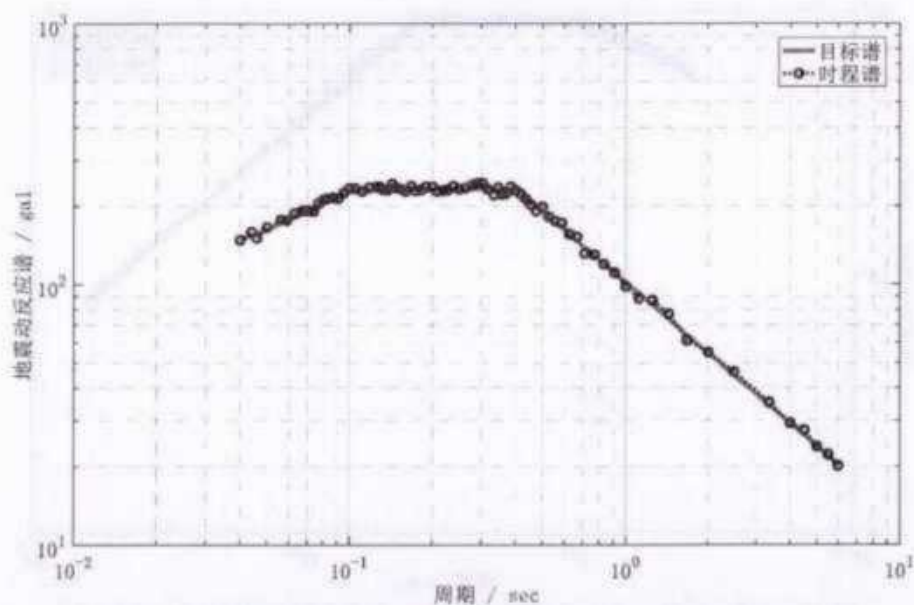
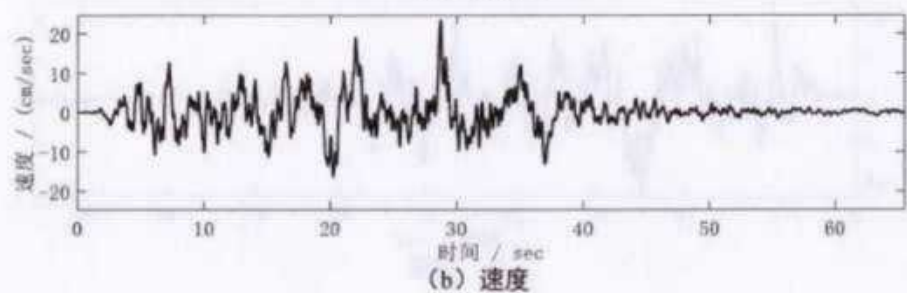
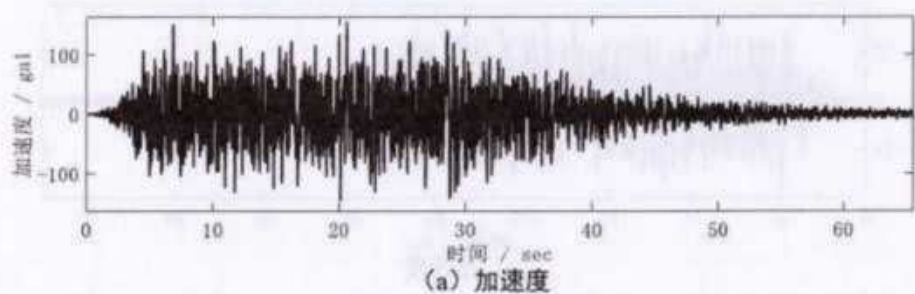


图 7.4-10 场地地震动反应谱曲线 (ZK1、100 年超越概率 10%、样本 1)



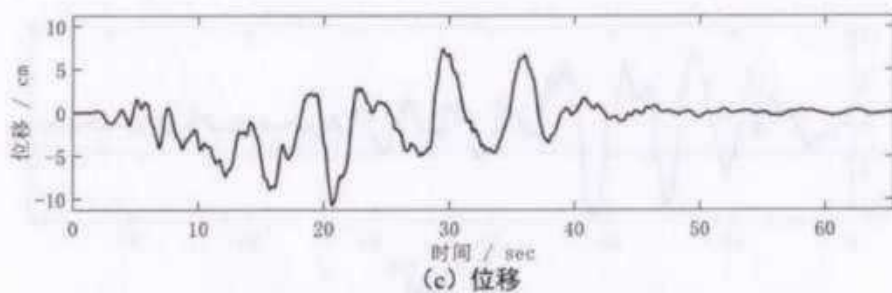


图 7.4-11 场地地震动时程曲线 (ZK1、100 年超越概率 2%、样本 1)

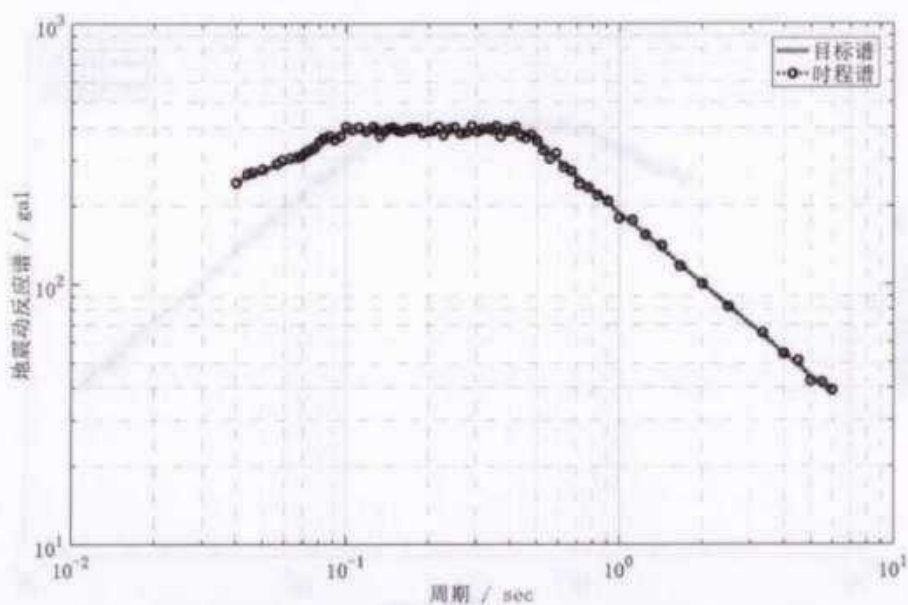
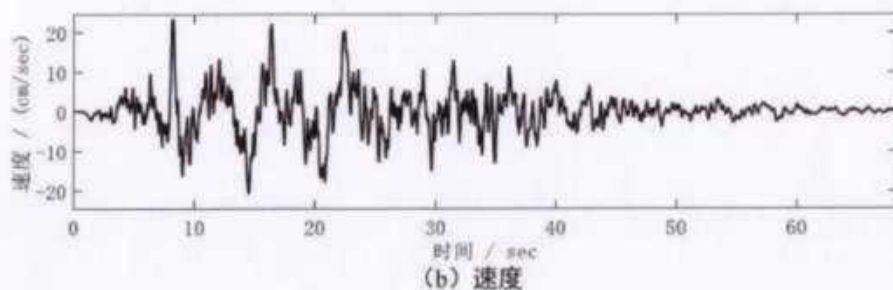
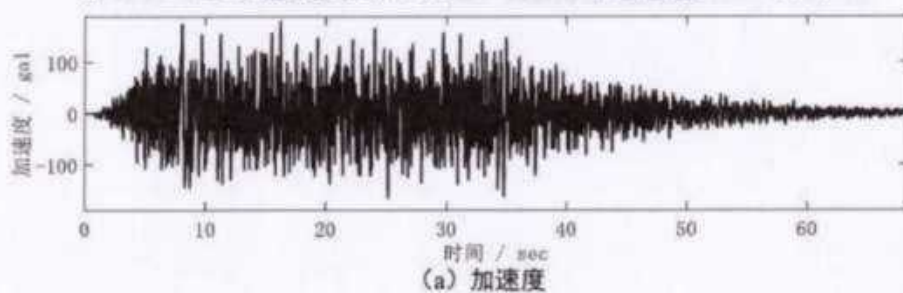


图 7.4-12 场地地震动反应谱曲线 (ZK1、100 年超越概率 2%、样本 1)



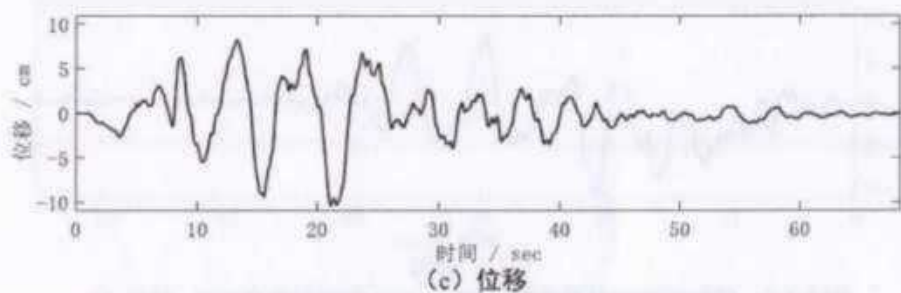


图 7.4-13 场地地震动时程曲线 (ZK1、100 年超越概率 1%、样本 1)

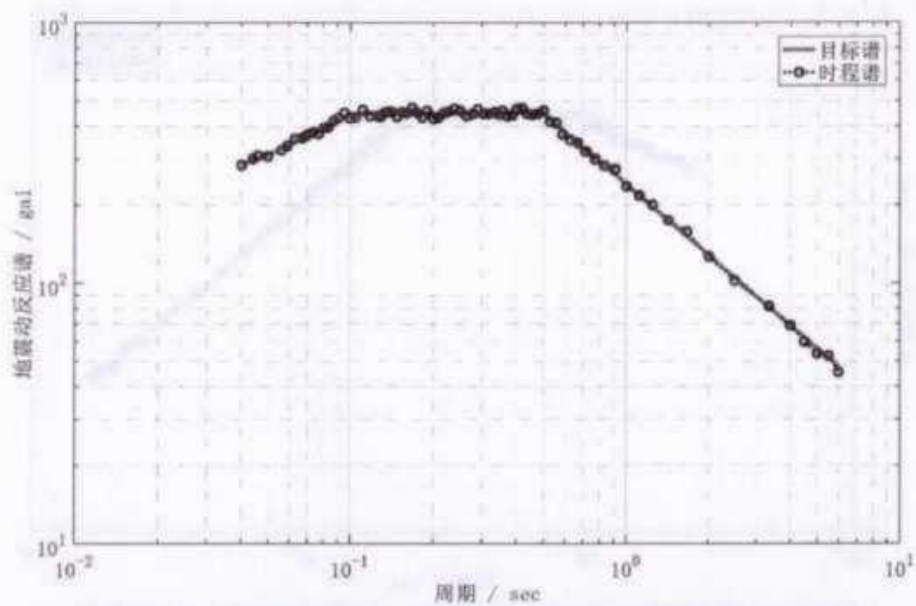


图 7.4-14 场地地震动反应谱曲线 (ZK1、100 年超越概率 1%、样本 1)

第八章 地震地质灾害评价

场地地震地质灾害是由地震动或断层错动引起的可能影响场地上工程性能的场地失效。常见的地震地质灾害有：砂土液化、软土震陷、岩体崩塌和开裂、岩土滑坡及地震断层作用导致地表错动、地裂缝与地面变形等。目标区场地位于河南省南阳市新野县东环路以西、大桥路以南，根据国家标准《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)和《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010, 2016 年版)，拟建场地抗震设防烈度为 6 度，场区为 III 类场地，基本地震动峰值加速度值为 0.05g，设计地震分组为第一组。

8.1 地震砂粉土液化判别

根据规范要求，可采用标准贯入试验判别法进行判别。按照《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》第三十九条，对地下 10m 内的砂粉土采用《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016 年版)第 4.3 节进行液化判别；对 10-30m 深度范围的砂粉土采用《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》第三十九条进行液化判别。本场地地下水稳定水位情况：水位埋深 2.1~4.5m，地震液化判别水位取 1.0m。

对 10-30m 深度范围的砂粉土液化判别标准贯入击数临界值可按下式计算：

$$N_{cr} = \gamma \beta_0 \frac{58a_{max}}{a_{max} + 0.4} \times (1 - 0.02d_w) \times \left(0.27 + \frac{d_s}{d_s + 6.2}\right) \times \sqrt{3/\rho_c}$$

上式中： N_{cr} ——液化判别标准贯入击数临界值；

γ ——工作等级系数，取 1.0。

β_0 ——调整系数，场地属内社旗县潘河街道，位于 GB18306-2015 中基本地震动加速度反应谱特征周期 0.35s 分区内场地。

a_{max} ——场地地震动峰值加速度 (gn)，场地位于 GB18306-2015 中基本地震动峰值加速度 0.05g 分区，且场地为 II 类，故场地在抗震设防烈度 VI 度时地震动峰值加速度分别采用：0.05g；

d_w ——地下水位深度，单位为米 (m)；

d_s ——可液化土层标准贯入点深度，单位为米 (m)；

ρ_c ——粘粒含量百分率，小于 3 或为砂土时采用 3；

该场地内土层地质时代均为第四纪晚更新世以前，抗震设防烈度为 6 度。

通过对 30.0m 深度内可能液化的饱和砂粉土层进行液化判别，判别结果如下：

场地分区	抗震设防烈度	液化土层	液化等级	说明
新野县产业集聚区	Ⅵ度	3 层细砂、4-1 层细砂、5 层中砂		不液化
	Ⅶ度	3 层细砂、4-1 层细砂、5 层中砂		不液化
	Ⅷ度	3 层细砂、4-1 层细砂、5 层中砂	轻微	

计算结果见表 8.1-1《砂粉土液化判别表》，液化分布图见图 8.1-1、图 8.1-2、

图 8.1-3。

液化范围分布图（6度）

比例尺 1: 13000



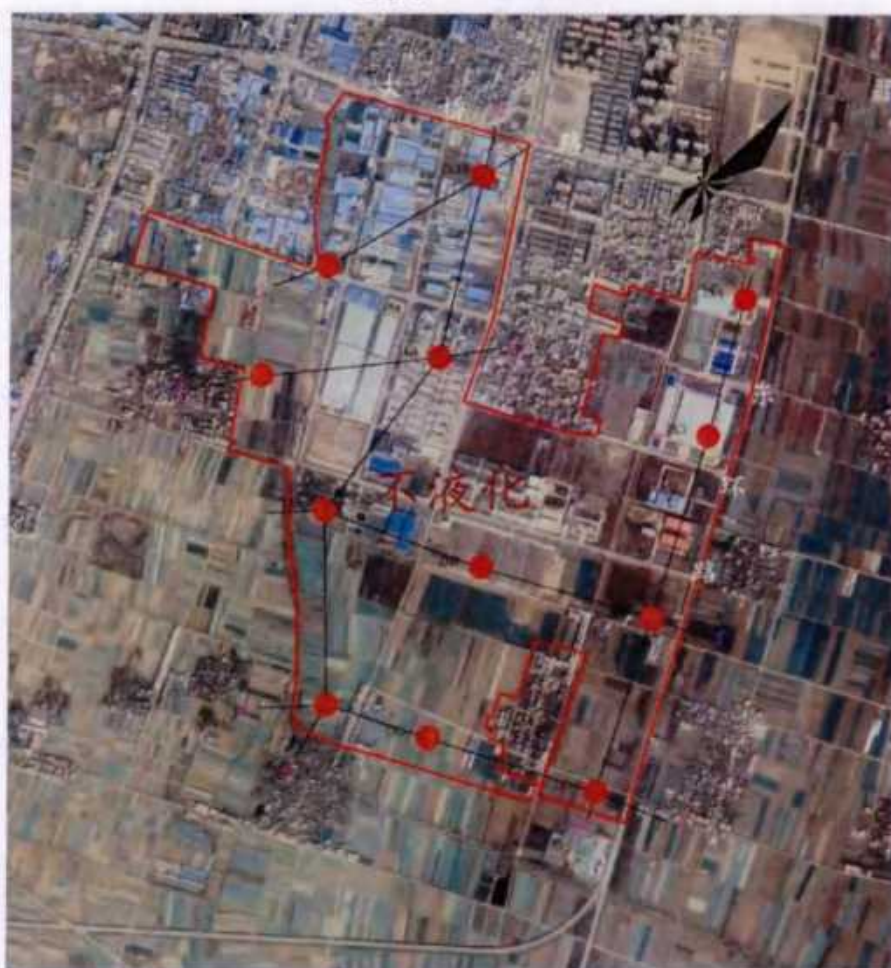
图例： ● 钻孔位置 — 场地边界 1-1' 地质剖面线及编号
 黄色阴影 抗震设防6度（0.05g）时，所判别的液化范围

制图：陈琛 审核：刘国华

图 8.1-1 液化范围分布图（6 度）

液化范围分布图 (7度)

比例尺 1: 13000



图例: ● 钻孔位置 — 场地边界 1-1' 地质剖面线及编号
▮ 抗震设防7度 (0.15g) 时, 所判别的液化范围

制图: 陈琛 审核: 刘国华

图 8.1-2 液化范围分布图 (7度)

液化范围分布图 (8度)

比例尺 1: 13000



图例: ● 钻孔位置 — 场地边界 1-1' 地质剖面线及编号
⚡ 抗震设防8度 (0.20g) 时, 所判别的液化范围

制图: 陈琛 审核: 刘国华

图 8.1-3 液化范围分布图 (8 度)

表 8.1-1 标准贯入试验液化判别及液化指数计算成果表（7 度）

工程名称:新野县产业集聚区区域地震安评项目

标贯击数基准值 N0: 7 击 抗震设防烈度: 7 度

液化判别最大深度: 30 米 调整系数 β : 0.8

孔号	层号	试验深度 (m)	岩土名称	液化判别						液化指数计算					N/N _{cr}
				地下水位 d _w (m)	黏粒含量 p _c (%)	实测击数 N (击)	临界击数 N _{cr} (击)	液化判别	液化区段	标贯点代表的土层厚度 d _i (m)	层位影响权数 W _i m ⁻¹	液化指数 I _{LEi}	液化指数 I _{LE}	液化等级	
ZK1	3	12.00-12.30	细砂	1.00		49	12.28	不液化							3.99
	3	13.00-13.30	细砂	1.00		47	12.61	不液化							3.73
	3	15.80-16.00	细砂	1.00		39	13.21	不液化							2.95
ZK3	3	12.70-13.00	细砂	1.00		31	12.28	不液化							2.52
	3	13.70-14.00	细砂	1.00		49	12.61	不液化							3.88
	3	14.70-15.00	细砂	1.00		33	12.92	不液化							2.55
	3	15.70-16.00	细砂	1.00		46	13.21	不液化							3.48
	3	16.70-17.00	细砂	1.00		47	13.49	不液化							3.48
	3	18.70-19.00	细砂	1.00		46	14.02	不液化							3.28
ZK4	4-1	24.00-24.30	细砂	1.00		44	15.34	不液化							2.87
	4-1	25.00-25.30	细砂	1.00		43	15.53	不液化							2.77
	3	12.15-12.45	细砂	1.00		37	12.28	不液化							3.01
	3	13.15-13.45	细砂	1.00		41	12.61	不液化							3.25

	3	14.15-14.45	细砂	1.00		45	12.92	不液化									3.48
	3	15.15-15.45	细砂	1.00		48	13.21	不液化									3.63
	3	16.15-16.45	细砂	1.00		47	13.49	不液化									3.48
	3	17.15-17.45	细砂	1.00		44	13.76	不液化									3.20
	3	18.15-18.45	细砂	1.00		30	14.02	不液化									2.14
	5	26.85-27.15	中砂	1.00		38	15.72	不液化									2.42
	5	27.25-27.55	中砂	1.00		49	15.91	不液化									3.08
	5	28.15-28.45	中砂	1.00		49	16.07	不液化									3.05
	5	29.25-29.55	中砂	1.00		50	16.24	不液化									3.08
	3	10.10-10.40	细砂	1.00		24	11.55	不液化									2.08
ZK5	3	11.50-11.80	细砂	1.00		24	11.93	不液化									2.01
	3	13.20-13.50	细砂	1.00		29	12.61	不液化									2.30
	4-1	14.90-15.20	细砂	1.00		45	12.92	不液化									3.48
	4-1	16.40-16.70	细砂	1.00		47	13.49	不液化									3.48
ZK6	3	13.15-13.45	细砂	1.00		17	12.61	不液化									1.35
	3	14.15-14.45	细砂	1.00		18	12.92	不液化									1.39
	3	15.15-15.45	细砂	1.00		16	13.21	不液化									1.21
	3	16.15-16.45	细砂	1.00		22	13.48	不液化									1.63
	3	17.15-17.45	细砂	1.00		24	13.76	不液化									1.74
	3	9.15-9.45	细砂	1.00		35	11.15	不液化									3.14
ZK7	3	10.20-10.50	细砂	1.00		38	11.55	不液化									3.29
	3	11.50-11.80	细砂	1.00		41	11.93	不液化									3.44
	3	12.95-13.25	细砂	1.00		47	12.28	不液化									3.83

	3	14.10-14.40	细砂	1.00		49	12.92	不液化									3.79
	3	15.50-15.80	细砂	1.00		41	13.21	不液化									3.10
ZK8	3	7.15-7.45	细砂	1.00		25	10.26	不液化									2.44
	3	8.15-8.45	细砂	1.00		41	10.72	不液化									3.82
	3	9.15-9.42	细砂	1.00		50	11.15	不液化									4.48
	3	10.15-10.40	细砂	1.00		50	11.55	不液化									4.33
	3	11.15-11.35	细砂	1.0		50	11.93	不液化									4.19
	3	12.15-12.35	细砂	1.0		50	12.28	不液化									4.07
	3	13.15-13.38	细砂	1.0		50	12.61	不液化									3.97
	3	14.15-14.32	细砂	1.0		50	12.92	不液化									3.87
	3	15.15-15.32	细砂	1.0		50	13.21	不液化									3.78
	3	16.15-16.31	细砂	1.00		50	13.49	不液化									3.70
ZK9	3	12.70-13.00	细砂	1.00		14	12.28	不液化									1.14
	3	13.80-14.10	细砂	1.00		15	12.61	不液化									1.19
	3	14.70-15.00	细砂	1.00		17	12.91	不液化									1.32
	3	12.50-12.80	细砂	1.00		33	12.28	不液化									2.69
ZK10	3	13.50-13.80	细砂	1.00		30	12.61	不液化									2.38
	3	14.50-14.80	细砂	1.00		32	12.92	不液化									2.48
	3	15.50-15.80	细砂	1.00		45	13.21	不液化									3.41
	3	16.50-16.80	细砂	1.00		47	13.49	不液化									3.48
	3	17.50-17.80	细砂	1.00		46	13.76	不液化									3.34
	3	18.50-18.80	细砂	1.00		38	14.02	不液化									2.71
	3	19.50-19.80	细砂	1.00		33	14.26	不液化									2.31
	3																

	3	20.50-20.80	细砂	1.00		46	14.49	不液化				3.17
	3	21.50-21.80	细砂	1.00		44	14.72	不液化				2.99
	4-1	25.00-25.30	细砂	1.00		45	15.53	不液化				2.90
	4-1	26.00-26.30	细砂	1.00		43	15.72	不液化				2.74
ZK11	3	9.15-9.45	细砂	1.00		17	11.15	不液化				1.52
	3	10.15-10.45	细砂	1.00		19	11.55	不液化				1.64
	3	11.15-11.45	细砂	1.00		18	11.93	不液化				1.51
	3	12.15-12.45	细砂	1.00		21	12.28	不液化				1.71
	3	13.15-13.15	细砂	1.00		21	12.61	不液化				1.67
	3	14.15-14.45	细砂	1.00		24	12.92	不液化				1.86
	3	15.15-15.45	细砂	1.00		31	13.21	不液化				2.35
	3	6.15-6.45	细砂	1.00		19	9.75	不液化				1.95
ZK12	3	7.15-7.45	细砂	1.00		23	10.26	不液化				2.24
	3	8.15-8.45	细砂	1.00		46	10.72	不液化				4.29
	3	9.15-9.45	细砂	1.00		47	11.15	不液化				4.21
	3	10.15-10.45	细砂	1.00		50	11.55	不液化				4.33
	3	11.15-11.38	细砂	1.00		50	11.93	不液化				4.19
	3	12.15-12.39	细砂	1.00		50	12.28	不液化				4.07
	3	13.15-13.33	细砂	1.00		50	12.61	不液化				3.97
	3	14.15-14.33	细砂	1.00		50	12.92	不液化				3.87
	3	15.15-15.32	细砂	1.00		50	13.21	不液化				3.78
	3	16.15-16.30	细砂	1.00		50	13.49	不液化				3.71

表 8.1-1 标准贯入试验液化判别及液化指数计算成果表 (8 度)

工程名称:新野县产业集聚区区域地震安评项目

标贯击数基准值 N0: 12 击 抗震设防烈度: 8 度 液化判别最大深度: 30 米 设计地震分组: 第一组

孔号	层号	试验深度 (m)	岩土名称	液化判别						液化指数计算					N/Ncr
				地下水位 dw (m)	黏粒含量 pc (%)	实测击数 N (击)	临界击数 Ncr (击)	液化判别	液化区段	标贯点代表的土层厚度 di (m)	层位影响权数 Wi	液化指数 ILEi	液化指数 ILE	液化等级	
ZK1	3	12.00-12.30	细砂	1.00		49	17.54	不液化							2.79
	3	13.00-13.30	细砂	1.00		47	18.01	不液化							2.61
	3	15.80-16.00	细砂	1.00		39	18.88	不液化							2.07
ZK3	3	12.70-13.00	细砂	1.00		31	17.54	不液化							1.76
	3	13.70-14.00	细砂	1.00		49	18.01	不液化							2.72
	3	14.70-15.00	细砂	1.00		33	18.46	不液化							1.79
	3	15.70-16.00	细砂	1.00		46	18.88	不液化							2.44
	3	16.70-17.00	细砂	1.00		47	19.28	不液化							2.44
	3	18.70-19.00	细砂	1.00		46	19.66	不液化							2.34
	4-1	24.00-24.30	细砂	1.00		44	21.91	不液化							2.01
ZK4	4-1	25.00-25.30	细砂	1.00		43	22.19	不液化							1.94
	3	12.15-12.45	细砂	1.00		37	17.51	不液化							2.11
	3	13.15-13.45	细砂	1.00		41	18.01	不液化							2.28
	3	14.15-14.45	细砂	1.00		45	18.46	不液化							2.43

	3	15.15-15.45	细砂	1.00		48	18.88	不液化									2.54
	3	16.15-16.45	细砂	1.00		47	19.28	不液化									2.44
	3	17.15-17.45	细砂	1.00		44	19.99	不液化									2.24
	3	18.15-18.45	细砂	1.00		30	20.02	不液化									1.50
	5	26.85-27.15	中砂	1.00		38	22.46	不液化									1.69
	5	27.25-27.55	中砂	1.00		49	22.71	不液化									2.16
	5	28.15-28.45	中砂	1.00		49	22.96	不液化									2.13
	5	29.25-29.55	中砂	1.00		50	23.21	不液化									2.15
ZK5	3	10.10-10.40	细砂	1.00		24	16.51	不液化									1.45
	3	11.50-11.80	细砂	1.00		24	17.04	不液化									1.41
	3	13.20-13.50	细砂	1.00		29	18.01	不液化									1.61
	4-1	14.90-15.20	细砂	1.00		45	18.46	不液化									2.43
ZK6	4-1	16.40-16.70	细砂	1.00		47	19.28	不液化									2.43
	3	13.15-13.45	细砂	1.00		17	18.01	液化	12.80-13.80	1							0.94
	3	14.15-14.45	细砂	1.00		18	18.41	液化	13.80-14.80	1							0.98
	3	15.15-15.45	细砂	1.00		16	18.88	液化	14.81-15.80	1							0.85
ZK7	3	16.15-16.45	细砂	1.00		22	19.28	不液化									1.14
	3	17.15-17.45	细砂	1.00		24	19.66	不液化									1.22
	3	9.15-9.45	细砂	1.00		35	15.93	不液化									2.20
	3	10.20-10.50	细砂	1.00		38	16.51	不液化									2.30
	3	11.50-11.80	细砂	1.00		41	17.04	不液化									2.41
	3	12.95-13.25	细砂	1.00		47	17.54	不液化									2.68
	3	14.10-14.40	细砂	1.00		49	18.46	不液化									2.66

	3	15.50-15.80	细砂	1.00		41	18.88	不液化									2.71
ZK8	3	7.15-7.45	细砂	1.00		25	14.65	不液化									1.71
	3	8.15-8.45	细砂	1.00		41	15.32	不液化									2.68
	3	9.15-9.42	细砂	1.00		50	15.93	不液化									3.14
	3	10.15-10.40	细砂	1.00		50	16.51	不液化									3.03
	3	11.15-11.35	细砂	1.0		50	17.04	不液化									2.93
	3	12.15-12.35	细砂	1.0		50	17.54	不液化									2.85
	3	13.15-13.38	细砂	1.0		50	18.01	不液化									2.78
	3	14.15-14.32	细砂	1.0		50	18.46	不液化									2.71
	3	15.15-15.32	细砂	1.0		50	18.88	不液化									2.65
	3	16.15-16.31	细砂	1.00		50	19.28	不液化									2.59
ZK9	3	12.70-13.00	细砂	1.00		14	17.54	液化	12.50-13.50	1							0.80
	3	13.80-14.10	细砂	1.00		15	18.01	液化	13.50-14.50	1							0.83
	3	14.70-15.00	细砂	1.00		17	18.46	液化	14.50-15.50	1							0.92
ZK10	3	12.50-12.80	细砂	1.00		33	17.54	不液化									1.88
	3	13.50-13.80	细砂	1.00		30	18.01	不液化									1.67
	3	14.50-14.80	细砂	1.00		32	18.46	不液化									1.73
	3	15.50-15.80	细砂	1.00		45	18.88	不液化									2.38
	3	16.50-16.80	细砂	1.00		47	19.28	不液化									2.44
	3	17.50-17.80	细砂	1.00		46	19.66	不液化									2.34
	3	18.50-18.80	细砂	1.00		38	20.02	不液化									1.90
	3	19.50-19.80	细砂	1.00		33	20.37	不液化									1.62
	3	20.50-20.80	细砂	1.00		46	20.70	不液化									2.22

ZK11	3	21.50-21.80	细砂	1.00		44	21.02	不液化						2.09
	4-1	25.00-25.30	细砂	1.00		45	22.19	不液化						2.03
	4-1	26.00-26.30	细砂	1.00		43	22.46	不液化						1.91
	3	9.15-9.45	细砂	1.00		17	15.91	不液化						1.07
	3	10.15-10.45	细砂	1.00		19	16.51	不液化						1.15
	3	11.15-11.45	细砂	1.00		18	17.04	不液化						1.06
	3	12.15-12.45	细砂	1.00		21	17.54	不液化						1.20
	3	13.15-13.15	细砂	1.00		21	18.01	不液化						1.17
	3	14.15-14.45	细砂	1.00		24	18.46	不液化						1.30
	3	15.15-15.45	细砂	1.00		31	18.88	不液化						1.64
	3	6.15-6.45	细砂	1.00		19	13.92	不液化						1.36
	3	7.15-7.45	细砂	1.00		23	14.65	不液化						1.57
ZK12	3	8.15-8.45	细砂	1.00		46	15.32	不液化						3.00
	3	9.15-9.45	细砂	1.00		47	15.93	不液化						2.95
	3	10.15-10.45	细砂	1.00		50	16.51	不液化						3.03
	3	11.15-11.38	细砂	1.00		50	17.04	不液化						2.93
	3	12.15-12.39	细砂	1.00		50	17.54	不液化						2.85
	3	13.15-13.33	细砂	1.00		50	18.01	不液化						2.78
	3	14.15-14.33	细砂	1.00		50	18.46	不液化						2.71
	3	15.15-15.32	细砂	1.00		50	18.88	不液化						2.65
	3	16.15-16.30	细砂	1.00		50	19.28	不液化						2.59

8.2 活动断层断错

断层地表错动包括非强震活动断层引起的错动和地震活动断层产生的地表断错、地裂缝及其它地面变形，一般前者影响范围较小，后者影响范围较大。

根据近场区地震地质资料分析结果，近场区内发育的主要断裂为新野断裂，为不活动断裂。考虑场地与断裂位置关系、断裂活动性等因素，分析认为目标区可不考虑该断裂错动对地面建筑的影响。综上分析认为，目标区范围内未发现活动断裂构造迹象，因此场地无活动断裂错动引起地表断错或变形地震地质灾害。

8.3 场地软土震陷评价

《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)第 6.3.1 条规定“天然孔隙比大于或等于 1.0，且天然含水量大于液限的细粒土应判定为软土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。”依据场地工程地质钻探结果，场地内未见软土分布，可不考虑软土震陷的影响。

8.4 其他地质灾害

(1) 崩塌是指斜坡上被陡倾裂面分割的岩土体在重力或地震力作用下，突然而快速坠落下来的现象。规模巨大的崩塌称山崩，个别岩块的崩落称为坠石。崩塌一般发生在厚层坚硬的岩体中，如灰岩、砂岩、石英岩以及火成岩中的结晶岩类。这些岩石由于坚硬性脆，常形成高陡的斜坡，其前缘（坡肩）常由于卸荷裂隙的发育形成陡而深的张裂缝，当在地震力的外力作用影响下，形成崩塌。

(2) 滑坡是指在重力、水压力、地震力或其它某种力的作用下，斜坡或边坡（人工边坡）岩土体向下滑移的现象。地震（以及人工爆破）对斜坡稳定的影响，主要表现为累计效应和触发效应两方面。研究表明，一般情况下地震触发滑坡的下限是在 VI 度烈度区，并且大多数滑坡发生在 30-50 度的斜坡上，发生部位主要集中在较软弱或软硬相间的岩土体。

(3) 泥石流是山区特有的一种突发性地质灾害现象，常发生于山区小流域，是一种饱含大量泥沙石块和巨砾的固液两相流体，呈黏性层流或稀性紊流等运动状态，是地质、地貌、水文、气象、植被等自然因素和人为因素综合作用的结果。自然活动中，地震活动、火山喷发都有可能成为泥石流发生的触发因素，而引发

破坏性极强的自然灾害。

泥石流形成条件概况起来主要表现为三个方面：①地表大量的松散固体物质；②充足的水源条件；③特定的地貌条件，泥石流一般发生在山地沟谷区，具有较大的坡降。

场地及其周边地区属平原地貌，地形较为平坦、开阔，场地及其周边地区不具备发生崩塌、滑坡和泥石流地震地质灾害发生的基本条件，故无需考虑此类地震地质灾害的发生。

8.5 综合评价

根据区域地质构造资料，拟建场地属于较稳定的地质构造单元，场地及其附近没有岩溶、采空区等不良地质作用；根据区域地质资料、地震地质调查及钻探揭露，目标区内未发现活动断层或滑移的裂隙面、结构面，不存在活动断层地震地表破裂的地震地质灾害；经地震地质调查和钻孔勘测判别，目标区不存在地震滑坡与崩塌等地震地质灾害。

第九章 区域性地震安全性评价技术服务系统

9.1 区评技术服务系统架构设计

“新野县产业集聚区（东区）区域性地震安全性评价技术服务系统”整合各类区域性地震安全性评价数据库，实现基于电子地图的各类数据查询和管理功能，方便用户基于已有安全性评价成果进行相关设定场点数据查询与地震动参数的计算，最终生成相关地震动参数查询报告。

一、设计思路

该系统是一个数据查询及业务计算系统，要想实现业务高效的处理，系统的设计是至关重要的问题，无论从硬件还是软件，都需要做好总体设计，我们在分析系统建设的需求基础之上，采用以下设计原则对系统进行设计工作：

首先，坚持以业务为主线、数据为基础、技术为手段的设计总纲，充分分析和理解业务，设计高效的数据存储结构，采用主流的技术来构建系统。

其次，严格按照相关行业标准和规范进行设计，主要是技术路线，技术路线的选择，将直接关系到系统的开发效率，以及系统的安全、性能和扩展升级的灵活性。

第三，充分考虑用户的使用感受，尽可能符合用户使用习惯，简化用户操作，提高用户的使用效率。

二、设计原则

系统不光只是提供网站人员的浏览，还同时需要提供给其它相关的部门及相关的项目进行对接，所以必须具备良好的开放性、安全性、稳定性、可用性、可伸缩性和可扩展性。由此系统建设的按照以下设计原则进行设计：

“统一规划、逐步实施”的含义是指系统的建设在统一规划的指引下进行，先打基础，建设好底层框架和数据库，然后逐步扩大系统的业务范围，优化用户界面。

开放性。系统的开放性涉及到网络、中间件和数据库、应用软件等，按照开放性、标准化原则来规划设计方案，使系统具有一定的适应性和可移植性。

安全性。信息安全很重要，为了达到系统的安全要求，本系统采用操作权限控制保证系统运行和数据访问的安全。

实用性。系统的建设是为了更好地提供业务服务，而不是一个独立的实体，因此，必须具有实用性。良好的用户界面，简单的业务操作，是吸引用户的重要手段，也是提高业务处理效率的基本要求，本系统将重点对系统易用性进行优化，力争做到简单实用。

三、 结构设计

基于 B/S 构架可以很方便各个园区的数据进行整合并方便后台的数据计算与处理，通过权限系统也能很好控制不同用户处理各自的数据，并方便管理员以及上级领导在网页地图上查看整合数据。



图 9.1-1 区域性地震安全性评价总体架构

9.2 主要功能说明及应用展示

“新野县产业集聚区（东区）区域性地震安全性评价报告技术服务系统”具有如下功能，可以通过 www.gb18306.net/qp 网站访问。

- （1）查询《区域性地震安全性评价报告》主要成果，包括地震构造、震中分布、钻孔柱状图、钻孔波速图、地质纵剖面图、地震动参数分区图、地震地质灾害分布图等主要图件以及主要结论等。
- （2）输出地层结构不同参数的数据表和图件（控制孔）。
- （3）输出不同概率水准基岩地震动参数结果表和图件（控制孔）。
- （4）输出不同概率水准地表地震动参数区划结果表和等值线形式的区划图。
- （5）输出不同概率水准地震地质灾害初步评价结果数据表和图件。

(6) 形成并输出设定场点设计地震动参数查询报告(简本)。

(7) 对设定场点地震动参数的确定,输入该点位置(场点经纬度或通过地理底图定点)、工程类型和场地类别后,具备能够给出基于区域性地震安全性评价结果、符合场地条件的地震动参数的功能,包括峰值加速度、加速度反应谱和地震动加速度时程。设定场点地震动参数的确定方法如下:

根据《区域性地震安全性评价工作大纲(试行)》(中震防函〔2019〕21号)等相关规范的要求,设定场点工程场地地震动参数,应根据工程结构特、场地工程地质条件和目标区地表地震动参数数据库、地震动时程数据库综合确定。

首先,根据场地类别,依据 GB18306-2015《中国地震动参数区划图》双参数调整要求,以 50 年超越概率 63%、10%、2%的地震动参数值,作为相应超越概率水准的区划标准地震动参数。

其次,依据工程结构所需的概率水准,选择距离场点 700m 范围内的控制点结果综合确定场地地震动参数。其中,场点距离控制点小于 200m 时,取该控制点地震动参数和区划标准地震动参数二者的高值作为该场点的场地地震动参数;场点距离控制点大于 200m 时,选择该场点周围 700m 范围内的多个控制点,取地震动参数大的控制点参数和区划标准地震动参数二者的高值作为该场点的场地地震动参数。

对需要地震动时程的建设工程,依据场点与选定控制点地震动参数结果差异,按比值法对选定的控制点地震动时程进行调整处理,作为该场点的场地地震动时程。



图 9.2-1 新野产业集聚区项目东区区域评价技术服务系统的钻孔位置展示图

区域性地震安全性评价技术服务系统

钻孔数据 土工力学试验参数 成果数据 照片 成果数据 标准规范实施情况 成果数据 规范实施情况 成果数据 规范实施情况

钻孔数据

序号	所属项目	钻孔综合编号	钻孔编号	省	市	区县	乡镇	钻孔坐标X轴	钻孔坐标Y轴	坐标系统	经度	纬度
1	新野县产业集聚区区域地震安全性评价	hmg3-001-ZK01	ZK01	河北省	廊坊市	新野县		112.3757863	32.4836			
2	新野县产业集聚区区域地震安全性评价	hmg3-001-ZK02	ZK02	河北省	廊坊市	新野县		112.3776106	32.4947			
3	新野县产业集聚区区域地震安全性评价	hmg3-001-ZK03	ZK03	河北省	廊坊市	新野县		112.3060776	32.4977			
4	新野县产业集聚区区域地震安全性评价	hmg3-001-ZK04	ZK04	河北省	廊坊市	新野县		112.361494	32.5022			
5	新野县产业集聚区区域地震安全性评价	hmg3-001-ZK05	ZK05	河北省	廊坊市	新野县		112.3062156	32.4871			
6	新野县产业集聚区区域地震安全性评价	hmg3-001-ZK06	ZK06	河北省	廊坊市	新野县		112.3712366	32.4934			
7	新野县产业集聚区区域地震安全性评价	hmg3-001-ZK07	ZK07	河北省	廊坊市	新野县		112.362017	32.4886			

图 9.2-2 新野产业集聚区项目东区区域评价技术服务系统的钻孔经纬度基本信息展示图

区域性地震安全性评价技术服务系统

钻孔数据 土工力学试验参数 成果数据 照片 成果数据 标准规范实施情况 成果数据 规范实施情况 成果数据 规范实施情况

土工力学试验参数

序号	所属项目	钻孔编号	钻孔深度/m	土质名称	密度	横置比阻(变)kN	横置比阻(变)kN	横置比阻(变)kN	横置比阻(变)kN	横置比阻(变)kN	横置比阻(变)kN
1	1	0	10	粉质黏土	0.967	0.5935	0.5935	0.5395	0.7657	0.6297	
2	2	10	10	粉质黏土	0.957	0.5939	0.5704	0.5429	0.7757	0.641	
3	3	20	30	粉质黏土	0.972	0.5944	0.5736	0.5466	0.7622	0.644	
4	4	30	40	粉质黏土	0.967	0.5835	0.5684	0.5383	0.7644	0.6263	
5	5	40	50	粉质黏土	0.965	0.5862	0.5669	0.5359	0.7465	0.5969	
6	6	50	60	粉质黏土	0.948	0.5910	0.5602	0.541	0.6315	0.7121	
7	7	60	70	粉质黏土	0.971	0.5941	0.5714	0.5443	0.7723	0.6282	

图 9.2-3 新野产业集聚区项目东区区域评价技术服务系统的钻孔土工力学参数展示图



图 9.2-4a 新野产业集聚区项目东区区域评价技术服务系统的成果照片展示图

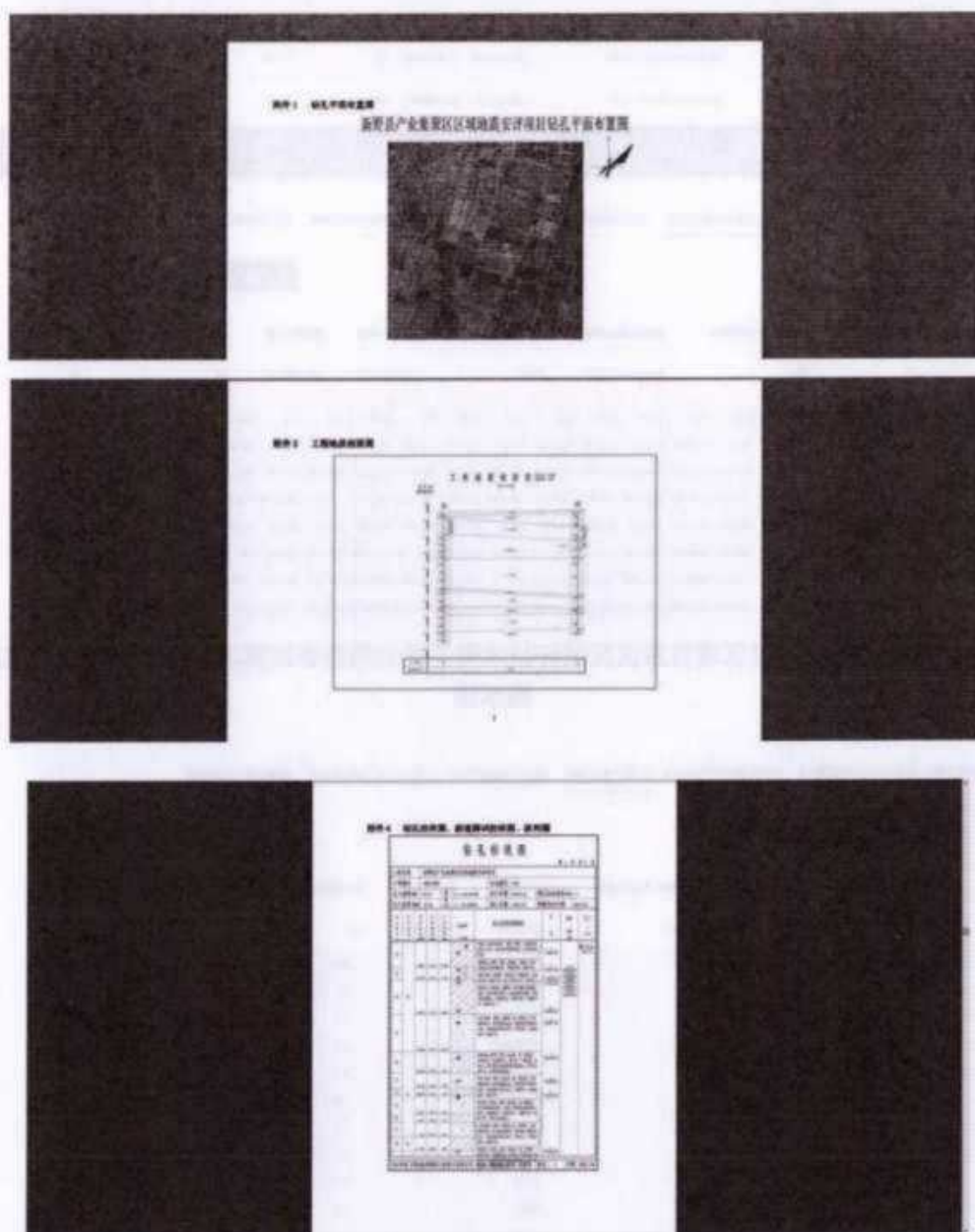


图 9.2-4b 新野产业集聚区项目东区区域评价技术服务系统的成果照片展示图（续）



图 9.2-5 新野产业集聚区项目东区区域评技术服务系统的基岩地震动加速度反应谱数据库展示图

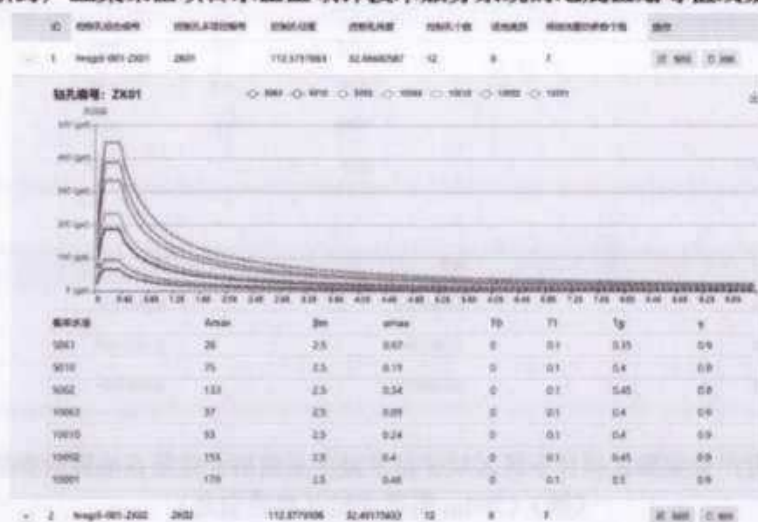


图 9.2-6 新野产业集聚区项目东区区域评技术服务系统的土层计算模型库展示图



ID	名称	文件位置	备注	操作
1	植物有效成分标准品对照品-5012	PGA-50-2.bmp		PC 编辑 PDF 导出 打印
2	植物有效成分标准品对照品-5010	PGA-50-10.bmp		PC 编辑 PDF 导出 打印
3	植物有效成分标准品对照品-5013	PGA-50-13.bmp		PC 编辑 PDF 导出 打印
4	植物有效成分标准品对照品-10012	PGA-100-12.bmp		PC 编辑 PDF 导出 打印
5	植物有效成分标准品对照品-10010	PGA-100-10.bmp		PC 编辑 PDF 导出 打印
6	植物有效成分标准品对照品-10013	PGA-100-13.bmp		PC 编辑 PDF 导出 打印

Downloaded from <http://ajphaphysocpharm.sagepub.com/> at 11:06 11 November 2014



© 2000 Blackwell Science Ltd *Journal of Internal Medicine* 247: 111–117

所属道路: 新野县产...
 指定场所的名称: 新野1号地
 工程类别: 住宅地
 经纬度坐标值: 112.87332, 49.76
 地理点选
 分幅里程(m): 700
 选择场地类别: 0

© 2007 The Authors
Journal compilation © 2007 Blackwell Publishing Ltd

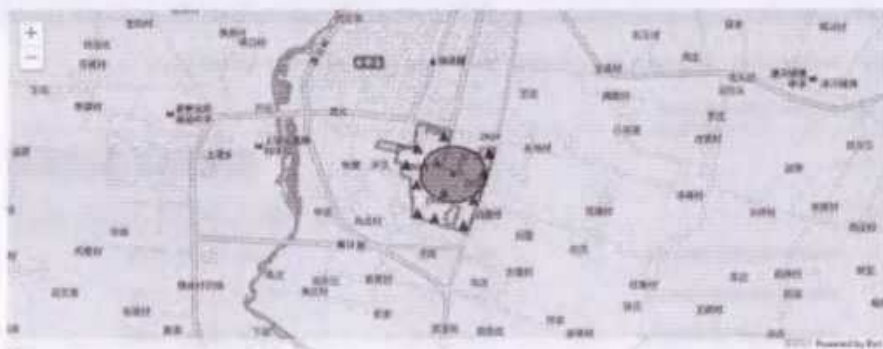


图 9.2-9b 新野产业集聚区项目东区区域评技术服务系统的设定场点地震动参数确定示意图
(续)

五代国标准地震参数				
概率水准	PGA		TG	
	PGA	TG	PGA	TG
多遇地震 (10年63%)	0.017	0.15	0.022	0.45
基本地震 (10年10%)	0.25	0.15	0.065	0.45
罕遇地震 (10年1%)	0.005	0.4	0.115	0.5
超罕遇地震 (100年1%)	0.15		0.172	

钻孔信息		
钻孔名称	经度	纬度
hmg3-001-ZK03	112.3600778	32.49778614
hmg3-001-ZK06	112.3712366	32.49341047
hmg3-001-ZK09	112.3695429	32.50532784

图 9.2-9c 新野产业集聚区项目东区区域评技术服务系统的设定场点地震动参数确定示意图
(续) (700m 范围内钻孔参数信息)

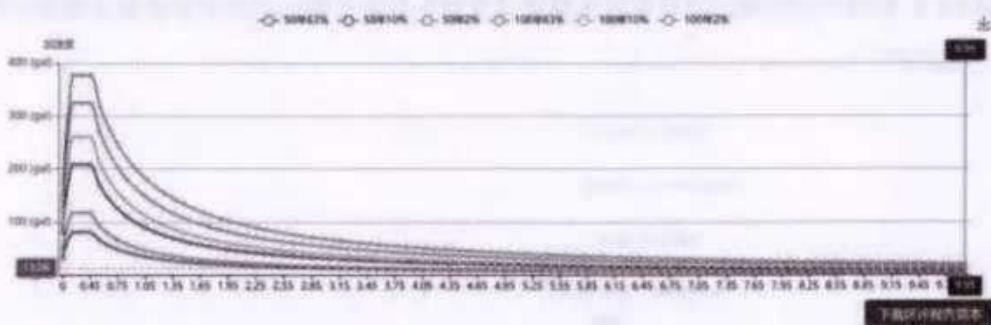


图 9.2-9d 新野产业集聚区项目东区区域评技术服务系统的设定场点地震动参数确定示意图
(续)
(设定场点地震动参数图)

9.3 设定场点工程场地地震动参数确定

按照《建筑抗震设计规范 GB50011-2010》(2016 年修订版)所给定的地震

影响系数曲线，本项目规准化场地地震动加速度反应谱取为：

$$S_a(T) = A_{max}\beta(T)$$

其中， A_{max} 为场地地震动峰值加速度， $\beta(T)$ 为场地地震动加速度放大系数反应谱，且有如下关系式：

$$\beta(T) = \begin{cases} 1, & T = 0s \\ 1 + (\eta_2\beta_m - 1)\frac{T}{T_1}, & 0 < T \leq T_1 \\ \eta_2\beta_m, & T_1 < T \leq T_g \\ \eta_2\beta_m\left\{\frac{T_g}{T}\right\}^\gamma, & T_g < T \leq 6s \end{cases}$$

阻尼调整系数应按式确定：

$$\eta_2 = 1 + \frac{0.05 - \zeta}{0.08 + 1.6\zeta}$$

其中， η_2 为阻尼调整系数，当小于 0.55 时，应取 0.55。

通过“新野县产业集聚区（东区）区域性地震安全评价”服务系统，查询得到设定场点**新野 1 号楼**(112.3734, 32.4976)阻尼比 5%的水平向地震动参数见表 9.3-1。竖向地震动峰值加速度可取对应概率水准的水平向地震动参数的 2/3。

表 9.3-1 设定场点场地地表水平向地震动参数（阻尼比 5%）

概率水准	A_{max} (gal)	β_m	α_{max}	T_0 (sec)	T_1 (sec)	T_g (sec)	γ
50 年 63%	27	2.5	0.069	0.04	0.1	0.45	0.9
50 年 10%	75	2.5	0.191	0.04	0.1	0.45	0.9
50 年 2%	117	2.5	0.298	0.04	0.1	0.50	0.9
100 年 63%	39	2.5	0.099	0.04	0.1	0.40	0.9
100 年 10%	90	2.5	0.230	0.04	0.1	0.45	0.9
100 年 2%	144	2.5	0.367	0.04	0.1	0.55	0.9

9.4 场地地震动参数使用说明

工程场点的地震动参数依据工程结构所需的概率水准，选择距离场点 700m 范围内的控制点结果综合确定。其中，场点距离控制点小于 200m 时，取该控制点地震动参数和区划标准地震动参数二者的高值作为该场点的场地地震动参数；场点距离控制点大于 200m 时，选择该场点周围 700m 范围内的多个控制点，取地震动参数大的控制点参数和区划标准地震动参数二者的高值作为该场点的场地地震动参数。

本项目获得的设计地震动参数,综合反映了场地附近一定范围内地震活动性、地震地质环境和局部场地条件对地震动的影响,具有较强的地区相关性,因此,仅适用于本目标区。

本报告中的 50 年超越概率 63%、10%、2%和年超越概率 10^{-4} ,分别对应于《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)中规定的多遇地震、设防地震、罕遇地震和极罕遇地震动。

本报告给出的地震动反应谱阻尼比(ξ)为 0.05,当构筑物机构的阻尼比(ξ)不等于 0.05 时,其水平地震影响系数曲线仍可按上图确定,形状参数按《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016 版)有关内容调整。

本报告给出的是水平向地震动反应谱,当需要考虑竖向地震作用时,竖向地震影响系数的最大值($V_{\max}$)可取水平地震影响系数最大值的 2/3。

关于目标区地基土砂土液化评价,建议参考场地岩土工程勘察结果。

报告所提供的地震动参数只针对于该目标区内一般建筑,如场地内设有幼儿园和中小学校应按国家相关规定进行抗震设防。

本报告结果综合反映了目标区附近一定范围内地震地质、地震活动性及局部场地条件等因素对地震动的影响,具有较强的针对性,本报告结果只能用于本项工程。

第十章 结论

10.1 地震活动环境评价

1、区域主要位于区域主要位于华北平原地震带和长江中游地震带之间，主体位于华北平原地震带。未来100年地震位于公元1800年以来的活跃周期末期，未来仍有可能发生6级左右地震。

2、区域范围内记录到破坏性地震共25次，6级以上地震3个，分别是公元46年河南南阳6½级地震、1524河南许昌、张潘店一带6级地震、1820河南许昌东北6级地震。有史以来对目标区的影响烈度为Ⅳ度以上的地震有10次，其中Ⅵ度1次，Ⅴ度2次，Ⅳ度7次，其中对目标区影响最大的是公元46年河南南阳6½级地震，影响烈度达Ⅵ度，其余的都是远震，影响烈度小于Ⅵ。

3、河南及邻区地震的震源机制解资料分区统计计算结果，鄂豫皖交界平均P轴走向为86°；区域地震震源机制解分布图可以看出，区域内地震断层多为走滑型断层类型，也有个别正断层和逆断层活动。由区域震源应力场P、T轴的方位角与仰角分布可以得出，主压应力轴主要为近东西向，主张应力轴主要为北北西向，区域构造应力场的方向主要为近水平向。

4、近场区记载到1次历史地震，即公元1575年河南南阳南5¼级地震。自1970年1月至2021年10月共记录到 $M \geq 1.0$ 级地震17次，其中2.0-2.9级地震14次，1.0-1.9级地震3次，最大地震2.8级。历史上发生过的最大地震是1575年河南南阳南5¼级，近代小震在近场区分布较为分散，活动频度较低且强度较弱，综合以上历史地震和现代中小震活动情况，未来地震活动最大不超过6级地震。

10.2 区域地震构造背景

(1) 区域内涉及3个一级大地构造单元，即中朝准地台、秦岭褶皱系和扬子准地台。中朝准地台是最为活动的构造单元，但区域涉及到的华熊台缘拗陷活动性又相对较弱；扬子准地台北部的扬子台隆区是一个相对稳定的地块；秦岭褶皱系虽属强烈活动的构造单元，但其东段又相对稳定，目标区所处的区域稳定性较好，没有7级以上强震发生。

(2) 地球物理场方面看,区域内重、磁异常和地壳厚度三者有较好的一致性,且与地震的空间分布有较好的对应关系。区内存在北北东、北西西、近东西向的重、磁异常梯度带和地壳厚度转折带,发生的地震多与这些异常带有关。

(3) 本区新构造运动具有明显的分区特点,这些新构造单元的界线多以断裂为界,构造单元活动特征与地震活动关系密切。因此控制一、二级新构造分区界线的断裂带往往是地震发生的主要场所。

(4) 区域内中强震大多发生在北西向和北西西向第四纪活动断裂与近东西向或北东向第四纪活动断裂的交汇部位。区域地震构造中,商丹断裂、朱夏断裂、铁炉子—栾川—确山—固始断裂、新郑—太康断裂、青峰断裂(房县盆地)等具有发生 6.0 级以上地震的背景,但最大震级不超过 6.5 级。而北北东向或近东西向的断裂主要对孕震部位有影响,即北西-北西西向断裂与北北东向断裂的交汇部位是发生强震的有利部位。

10.3 近场地震构造环境与目标区活动断层勘查

根据近场区地震地质、新构造单元分区特征和近场区主要断裂活动特征的分析,结合区域地震构造研究成果,对近场区地震构造综合评价如下:

1、近场区主要涉及到南襄拗陷,近场区新构造活动以较弱的差异升降运动为主。目标区位于南襄拗陷南部。

2、近场区有 1 条主要断裂,新野断裂为前第四纪断裂,结合区域地震条件分析及新构造环境,认为近场区存在发生中强地震的构造条件。。

3、根据浅层物探、区域构造、地形地貌、地震活动等分析结果,目标区内未发现活动断层。

10.4 地震危险性分析

计算了 12 个控制点,50 年超越概率 63%、10%、2%和 100 年超越概率 63%、10%、2%、1%共 7 个概率水准的基岩地震动水平向峰值加速度和反应谱,计算结果如下表。

表 10.4-1 所有钻孔的基岩地震动峰值加速度 (gal)

钻孔编号	50 年超越概率 63%	50 年超越概率 10%	50 年超越概率 2%	100 年超越概率 63%	100 年超越概率 10%	100 年超越概率 2%	100 年超越概率 1%
1	18.9	63.3	115.1	29.4	81.7	141.6	170.8
2	18.9	63.3	115.0	29.4	81.7	141.3	170.3
3	18.9	63.3	114.9	29.4	81.7	141.1	169.9
4	18.9	63.4	114.9	29.5	81.8	141.0	169.7
5	18.9	63.5	115.7	29.5	82.1	142.4	171.8
6	18.9	63.5	115.5	29.5	82.1	142.1	171.3
7	19.0	63.7	116.1	29.5	82.4	142.9	172.4
8	19.0	63.8	116.1	29.6	82.4	142.8	172.2
9	19.0	63.7	115.7	29.6	82.3	142.2	171.3
10	19.0	63.8	115.7	29.7	82.3	142.0	171.0
11	19.1	64.0	116.3	29.7	82.6	143.0	172.4
12	19.1	63.9	116.1	29.7	82.6	142.7	171.9

表 10.4-2 控制点基岩水平向地震动峰值加速度变化区间 (gal)

不同周期点 峰值水准	50 年超越概率			100 年超越概率			
	63%	10%	2%	63%	10%	2%	1%
峰值加速度	18.9-19.1	63.3-64.0	114.9-116.3	29.4-29.7	81.7-82.6	141.0-142.9	169.7-172.4

由表可见，控制点峰值加速度离散型很小，均不到 2%。

选择目标区控制点钻孔 1 作为代表点，表 10.4-2 列出了对其基岩水平峰值加速度有贡献的主要潜在震源区及其贡献率，由表 10.4-2 可见，对基岩水平向峰值加速度危险性贡献较大的为场址所在的 B3 号潜源，其次 5 号潜源、8 号潜源。

表 10.4-3 钻孔 1 的主要潜源贡献率 (%)

50 年超越 概率 63%		50 年超越 概率 10%		50 年超越 概率 2%		100 年超越 概率 63%		100 年超越 概率 10%		100 年超越 概率 2%		100 年超越 概率 1%	
潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率	潜源	贡献率
B3	43	5	52	5	86	B3	38	5	68	5	90	5	90
5	26	B3	28	8	14	5	32	8	17	8	10	8	10
8	25	8	20	-	-	8	26	B3	15	-	-	-	-

各控制点的基岩水平加速度峰值不同年限超越概率曲线、基岩地震动加速度反应谱曲线和谱值列表见附件一。

10.5 地震工程地质条件和地震地质灾害评价

依据场地类别划分结果、钻孔揭示的土层分布特征，并结合野外考察资料、地形资料、地貌资料及水文地质资料对目标区工作范围的场地进行了工程地质分区，因为目标区场地类型单一，本次工作将目标区分为 1 个工程地质分区，即华南襄盆地区；同时编制了目标区覆盖层厚度等值线图和等效剪切波速等值线图。

依据勘探资料，得到成果如下：（1）新野县产业集聚目标区现状地貌为已落成的工厂企业、已征用的待建地块和农田。（2）钻孔揭示深度范围内，目标区土层主要有杂填土、粉质粘土、细砂、中砂等。（3）目标区划分为一个工程地质单元（区），为南襄盆地区。（4）目标区划分为Ⅲ类建筑目标区类别。（5）整个目标区土层覆盖层厚度介于 66~79m 之间，目标区地势较为平坦，覆盖层厚度变化不大。

根据区域地质构造资料，拟建场地属于较稳定的地质构造单元，场地及其附近没有岩溶、采空区等不良地质作用；根据区域地质资料、地震地质调查及钻探揭露，目标区内未发现活动断层或滑移的裂隙面、结构面，不存在活动断层地震地表破裂的地震地质灾害；经地震地质调查和钻孔勘测判别，目标区不存在地震滑坡与崩塌等地震地质灾害。

10.6 场地设计地震动参数

场地地表水平向地震动参数如表 10.6-1~10.6-12 所示，竖向场地地震动参数按照如下取值：竖向地震动峰值加速度取对应的水平向地震动峰值的 2/3，其反应谱谱形参数与水平向的取值相同。

表 10.6-1 ZK1 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	$\beta_{\max}$	$\alpha_{\max}$	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	26.0	2.5	0.07	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	75.0	2.5	0.19	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	133.0	2.5	0.34	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	37.0	2.5	0.09	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	93.0	2.5	0.24	0.10	0.40	0.90
100 年 2%	155.0	2.5	0.40	0.10	0.45	0.90
100 年 1%	179.0	2.5	0.46	0.10	0.50	0.90

表 10.6-2 ZK2 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	25.0	2.5	0.06	0.10	0.40	0.90
50 年 10%	70.0	2.5	0.18	0.10	0.45	0.90
50 年 2%	123.0	2.5	0.31	0.10	0.50	0.90
100 年 63%	36.0	2.5	0.09	0.10	0.45	0.90
100 年 10%	90.0	2.5	0.23	0.10	0.45	0.90
100 年 2%	144.0	2.5	0.37	0.10	0.55	0.90
100 年 1%	156.0	2.5	0.40	0.10	0.65	0.90

表 10.6-3 ZK3 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	25.0	2.5	0.06	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	70.0	2.5	0.18	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	114.0	2.5	0.29	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	35.0	2.5	0.09	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	85.0	2.5	0.22	0.10	0.40	0.90
100 年 2%	135.0	2.5	0.34	0.10	0.50	0.90
100 年 1%	162.0	2.5	0.41	0.10	0.50	0.90

表 10.6-4 ZK4 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	30.0	2.5	0.08	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	81.0	2.5	0.21	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	128.0	2.5	0.33	0.10	0.50	0.90
100 年 63%	41.0	2.5	0.10	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	100.0	2.5	0.26	0.10	0.45	0.90
100 年 2%	150.0	2.5	0.38	0.10	0.55	0.90
100 年 1%	162.0	2.5	0.41	0.10	0.65	0.90

表 10.6-5 ZK5 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	28.0	2.5	0.07	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	78.0	2.5	0.20	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	126.0	2.5	0.32	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	41.0	2.5	0.10	0.10	0.35	0.90
100 年 10%	95.0	2.5	0.24	0.10	0.45	0.90
100 年 2%	145.0	2.5	0.37	0.10	0.50	0.90
100 年 1%	168.0	2.5	0.43	0.10	0.55	0.90

表 10.6-6 ZK6 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	25.0	2.5	0.06	0.10	0.40	0.90
50 年 10%	70.0	2.5	0.18	0.10	0.40	0.90

50 年 2%	117.0	2.5	0.30	0.10	0.50	0.90
100 年 63%	35.0	2.5	0.09	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	88.0	2.5	0.22	0.10	0.45	0.90
100 年 2%	144.0	2.5	0.37	0.10	0.50	0.90
100 年 1%	168.0	2.5	0.43	0.10	0.50	0.90

表 10.6-7 ZK7 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	27.0	2.5	0.07	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	78.0	2.5	0.20	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	134.0	2.5	0.34	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	40.0	2.5	0.10	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	97.0	2.5	0.25	0.10	0.40	0.90
100 年 2%	162.0	2.5	0.41	0.10	0.45	0.90
100 年 1%	191.0	2.5	0.49	0.10	0.50	0.90

表 10.6-8 ZK8 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	31.0	2.5	0.08	0.10	0.40	0.90
50 年 10%	86.0	2.5	0.22	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	144.0	2.5	0.37	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	45.0	2.5	0.11	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	108.0	2.5	0.28	0.10	0.40	0.90
100 年 2%	168.0	2.5	0.43	0.10	0.45	0.90
100 年 1%	198.0	2.5	0.51	0.10	0.50	0.90

表 10.6-9 ZK9 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	27.0	2.5	0.07	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	75.0	2.5	0.19	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	115.0	2.5	0.29	0.10	0.50	0.90
100 年 63%	39.0	2.5	0.10	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	90.0	2.5	0.23	0.10	0.45	0.90
100 年 2%	135.0	2.5	0.34	0.10	0.55	0.90
100 年 1%	156.0	2.5	0.40	0.10	0.60	0.90

表 10.6-10 ZK10 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	25.0	2.5	0.06	0.10	0.40	0.90
50 年 10%	70.0	2.5	0.18	0.10	0.45	0.90
50 年 2%	117.0	2.5	0.30	0.10	0.50	0.90
100 年 63%	35.0	2.5	0.09	0.10	0.45	0.90
100 年 10%	85.0	2.5	0.22	0.10	0.50	0.90

100 年 2%	145.0	2.5	0.37	0.10	0.50	0.90
100 年 1%	168.0	2.5	0.43	0.10	0.55	0.90

表 10.6-11 ZK11 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	27.0	2.5	0.07	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	78.0	2.5	0.20	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	128.0	2.5	0.33	0.10	0.45	0.90
100 年 63%	41.0	2.5	0.10	0.10	0.40	0.90
100 年 10%	93.0	2.5	0.24	0.10	0.45	0.90
100 年 2%	156.0	2.5	0.40	0.10	0.45	0.90
100 年 1%	179.0	2.5	0.46	0.10	0.45	0.90

表 10.6-12 ZK12 的规范化场地地震动反应谱谱参数

超越概率	Amax(gal)	β max	α max	T1(sec)	T2(sec)	γ
50 年 63%	30.0	2.5	0.08	0.10	0.35	0.90
50 年 10%	81.0	2.5	0.21	0.10	0.40	0.90
50 年 2%	134.0	2.5	0.34	0.10	0.40	0.90
100 年 63%	44.0	2.5	0.11	0.10	0.35	0.90
100 年 10%	98.0	2.5	0.25	0.10	0.40	0.90
100 年 2%	162.0	2.5	0.41	0.10	0.45	0.90
100 年 1%	184.0	2.5	0.47	0.10	0.50	0.90

10.7 区域性地震安全性评价技术服务系统

“新野县产业集聚区（东区）区域性地震安全评估”服务系统，具有以下功能：

（1）查询《区域性地震安全性评价报告》主要成果，包括地震构造、震中分布、钻孔柱状图、钻孔波速图、地质纵剖面图、地震动参数分区图、地震地质灾害分布图等主要图件以及主要结论等。

（2）输出地层结构不同参数的数据表和图件（控制孔）。

（3）输出不同概率水准基岩地震动参数结果表和图件（控制孔）。

（4）输出不同概率水准地表地震动参数区划结果表和等值线形式的区划图。

（5）输出不同概率水准地震地质灾害初步评价结果数据表和图件。

（6）形成并输出设定场点设计地震动参数查询报告（简本）。

（7）对设定场点地震动参数的确定，输入该点位置（场点经纬度或通过地

理底图定点)、工程类型和场地类别后,具备能够给出基于区域性地震安全性评价结果、符合场地条件的地震动参数的功能。

通过“新野县产业集聚区(东区)区域性地震安全评价”服务系统,查询得到设定场点**新野 1 号楼(112.3734, 32.4976)**阻尼比 5%的水平向地震动参数见表 10.7-1。竖向地震动峰值加速度可取对应概率水准的水平向地震动参数的 2/3。

表 10.7-1 设定场点场地地表水平向地震动参数(阻尼比 5%)

概率水准	$A_{\max}$ (gal)	β_n	$\alpha_{\max}$	T_0 (sec)	T_1 (sec)	T_g (sec)	γ
50 年 63%	27	2.5	0.069	0.04	0.1	0.45	0.9
50 年 10%	75	2.5	0.191	0.04	0.1	0.45	0.9
50 年 2%	117	2.5	0.298	0.04	0.1	0.50	0.9
100 年 63%	39	2.5	0.099	0.04	0.1	0.40	0.9
100 年 10%	90	2.5	0.230	0.04	0.1	0.45	0.9
100 年 2%	144	2.5	0.367	0.04	0.1	0.55	0.9

参考文献

- 高孟潭主编, 2015. GB18306-2015《中国地震动参数区划图》宣贯教材[M]. 北京: 中国标准出版社.
- 全国地震区划图编制地震活动性参数确定工作组. 2011. 中国地震动参数区划图地震活动性参数确定工作报告[R]. (内部报告).
- 潘华, 高孟潭, 谢富仁. 2013. 新版地震区划图地震活动性模型与参数确定[J]. 震灾防御技术, 8 (1): 11-23.
- 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 秦德于. 1980. 中国大地构造及其演化[M]. 北京: 科学出版社.
- 肖亮. 2011. 水平向基岩强地面运动参数衰减关系研究 [D]. 博士学位论文, 北京: 中国地震局地球物理研究所.
- 汪素云、James Ni、马宗晋, 1991. 华北强震断层面解和震源深度特征, 地球物理学报, 34 (1): 42-53.
- 谢毓寿. 1985. 中国地震历史资料汇编[M]. 科学出版社.
- 俞言祥, 李山有, 肖 亮. 2013. 为新区划图编制所建立的地震动衰减关系[J]. 震灾防御技术, 8 (1): 24~33.
- 俞言祥. 2002. 长周期地震动衰减关系研究[D]. 博士学位论文, 北京: 中国地震局地球物理研究所
- 袁晓铭, 孙锐, 孙静, 等. 2000. 常规土类动剪切模量比和阻尼比试验研究[J]. 地震工程与工程振动, 20 (4): 133-139
- 中国地震局地壳应力研究所. 2019. 新建郑州至济南铁路山东段地震安全性评价报告
- 中国地震局地球物理研究所. 2014. 保定市活动断层探测与地震危险性评价
- 中国地震局地质研究所. 2021. 河北邢台抽水蓄能电站工程场地地震安全性评价报告
- 中国地震局震害防御司. 1995. 中国历史强震目录 (公元前 23 世纪至公元 1911 年) [M]. 北京: 地震出版社.
- 中国地震局震害防御司. 1999. 中国近代地震目录 (公元 1912 年~1990 年, $M_s \geq 4.7$) [M]. 北京: 中国科学技术出版社.
- 中国地震台网中心. 中国数字地震台网观测报告[M]. 北京: 地震出版社.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 2015. 中国地震动参数区划图 (GB18306-2015) [S]. 北京: 中国标准出版社.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 2005. 工程场地地震安全性评价 (GB17741—2005) [S]. 北京: 中国标准出版社.
- 中华人民共和国建设部、国家质量监督检验检疫总局联合发布, 2010. 建筑抗震

- 设计规范(GB 50011-2010) [S]. 北京: 中国建筑工业出版社.
- 中国地震局震害防御司, 2019, 区域性地震安全性评价工作大纲(试行)(中震防函〔2019〕21号)
- 中国地震局地壳应力研究所和中国地震局地球物理研究所, 2008. 第五代区划图地震目录(公元1991年至2007年).
- 孙杰, 张扬, 马兴全, 等. 商丹断裂南阳盆地第四纪活动研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2020, 41(1): 48-55.
- 田一鸣, 刘保金, 石金虎, 等. 南阳盆地朱阳关-夏馆断裂的浅部特征及活动性[J]. 地震地质, 2018, 40(1): 87-96.
- 俞言祥, 李山有, 肖亮. 2013. 为新区划图编制所建立的地震动衰减关系[J]. 震灾防御技术, 8(1): 24~33.
- 俞言祥. 2002. 长周期地震动衰减关系研究[D]. 博士学位论文, 北京: 中国地震局地球物理研究所
- 袁晓铭, 孙锐, 孙静, 等. 2000. 常规土类动剪切模量比和阻尼比试验研究[J]. 地震工程与工程振动, 20(4): 133-139