

安阳市新东产业集聚区管理委员会 区域性地震安全性评估项目评价报告

中国地震局地球物理勘探中心
二〇二二年九月

河南省地震局

河南省地震局关于开展安阳市新东产业集聚区 区域性地震安全性评价验收工作的通知

各有关单位、专家：

中国地震局地球物理勘探中心承担的安阳市新东产业集聚区区域性地震安全性评价项目已经完成成果报告编制，并形成数据库及技术服务系统。按照《河南省区域性地震安全性评价工作管理办法（试行）的通知》（豫震防发〔2020〕25号）规定，现组织专家对该项目进行审查验收。具体事项通知如下：

一、时间地点

（一）时间

2022年9月9日（星期五）

（二）地点

河南省地震局 606 会议室，省外专家通过视频参加会议。

二、工作内容

审查安阳市新东产业集聚区区域性地震安全性评价报告。

三、专家组组成

吕悦军 应急管理部国家自然灾害防治研究院 研究员

李文巧 中国地震局预测研究所 高级工程师

陈时军 山东省地震局 研究员

潘纪顺 华北水利水电大学 教授

郭德科 河南省地震局 研究员

王勤忠 河南省地震局 高级工程师

张 扬 河南省地震局 高级工程师

王学军 安阳市防震减灾中心 高级工程师

卫 超 焦作市防震减灾中心 高级工程师

四、联系人

王一鸣 0371-68109019 18737118565





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

震情速递

2022-09-25 19:16:31.0在印尼塔劳群岛发生5.4级地震

搜索

当前位置：首页 - 政务公开 - 信息公告

河南省区域性地震安全性评价报告技术审查通过情况公示（2022年第九次公示）

时间：2022-09-28 09:31:24 来源：震害防御处（公共服务处）荆琳

序号	项目名称	委托方	承担单位	技术审查情况
1				
2				
3	安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目	安阳市新东产业集聚区管理委员会	中国地震局地球物理勘探中心	2022年9月9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。
4				
5				

（责任校对：赵璇）

相关链接
上一篇：许昌、周口、信阳地震灾害风险普查地震地质钻孔钻探谈判结果公示
下一篇：最后一页

安阳市新东产业集聚区区域性 地震安全性评价报告技术审查意见

2022年9月9日，河南省地震局组织专家（名单附后）在郑州以现场和视频会议形式对中国地震局地球物理勘探中心承担的《安阳市新东产业集聚区区域性地震安全性评价报告》进行了技术审查。评审专家在审阅报告的基础上，听取了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、报告在搜集整理区域地震地质、地球物理、地震活动等资料的基础上，评价了区域地震构造环境和地震活动性。

2、在已有资料的基础上，补充开展了近场区地震地质调查，评价了近场区地震构造和地震活动性。

3、通过浅层地震勘探和野外地震地质调查，在目标区开展了活动断层勘查和活动性鉴定，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%基岩地震动峰值加速度和反应谱。

5、在目标区开展了场地地震工程地质条件勘测，通过土层地震反应分析计算，确定了目标区各控制点场地地震动

参数,并编制了目标区多概率水准下的地震动参数区划图。

6、初步评价了目标区地震地质灾害。

7、建立了目标区区域性地震安全性评价技术服务系统。

评审认为,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: 吕悦军

2022年9月9日

**《安阳市新东产业集聚区
区域性地震安全性评价报告》
技术专家名单**

序号	姓名	单位	职称/职务	签名
1	吕悦军	应急管理部国家自然灾害防治研究院	研究员	吕悦军
2	李文巧	中国地震局预测研究所	高级工程师	李文巧
3	陈时军	山东省地震局	研究员	陈时军
4	潘纪顺	华北水利水电大学	教授	潘纪顺
5	郭德科	河南省地震局	研究员	郭德科
6	王勤忠	河南省地震局	高级工程师	王勤忠
7	张杨	河南省地震局	高级工程师	张杨
8	王学军	安阳市防震减灾中心	高级工程师	王学军
9	卫超	焦作市防震减灾中心	高级工程师	卫超

项目名称：安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目评价报告

委托单位：安阳市新东产业集聚区管理委员会

承担单位：中国地震局地球物理勘探中心

法人代表：王合领

单位地址：郑州市文化路 75 号

邮编：450002

项目负责人：王唯俊（高工、二级安评师）

地震构造评价评价专业技术负责人：张建志（高工、一级安评师）

工程场地地震影响评价专业技术负责人：范建（高工）、虎喜凤（高工、一级安评师）、孙印（高工、二级安评师）

地震活动性评价专业技术负责人：王旭（高工）

地震地质灾害评价专业技术负责人：王唯俊、范建

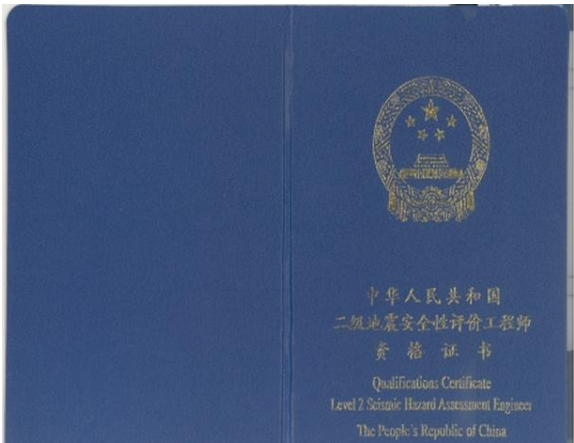
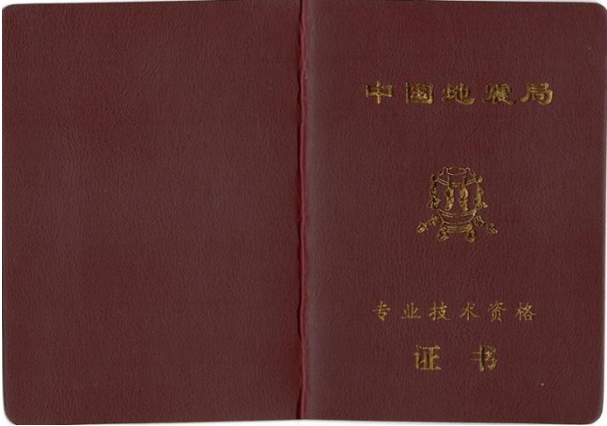
数据库及技术服务系统技术负责人：王宁（工程师）

浅层地震勘探专项负责人：宋金跃（高工、一级安评师）、刘增祺（工程师）

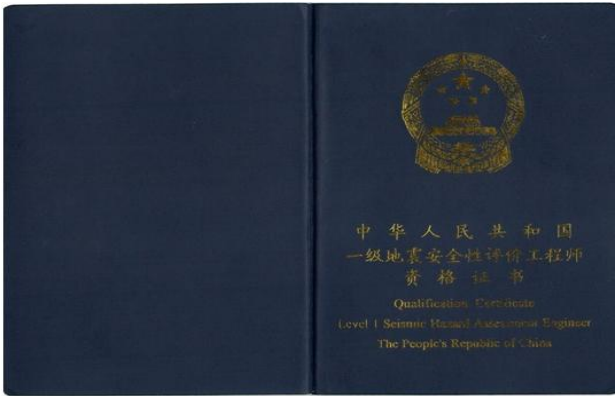
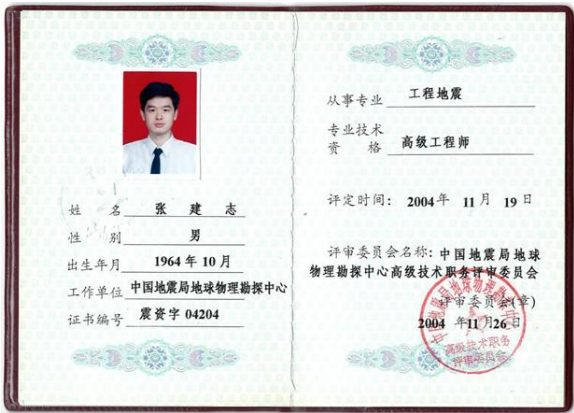
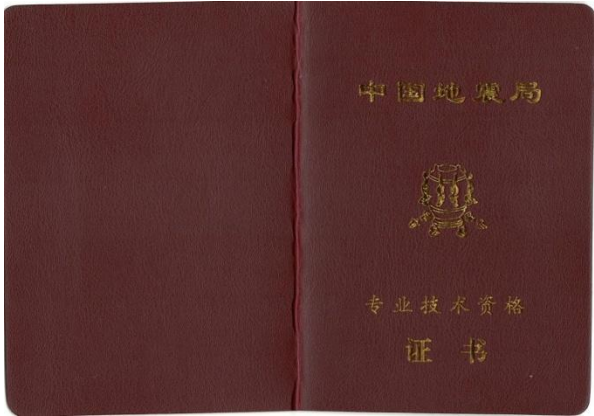
主要完成人：王宁、刘露洋、沈冠豪、刘增祺、韩健、秦晶晶、李忠良、杨磊、
王唯俊、范建、孙印、王旭、张建志、虎喜凤、宋金跃

审核：袁洪克（高工）、孙印

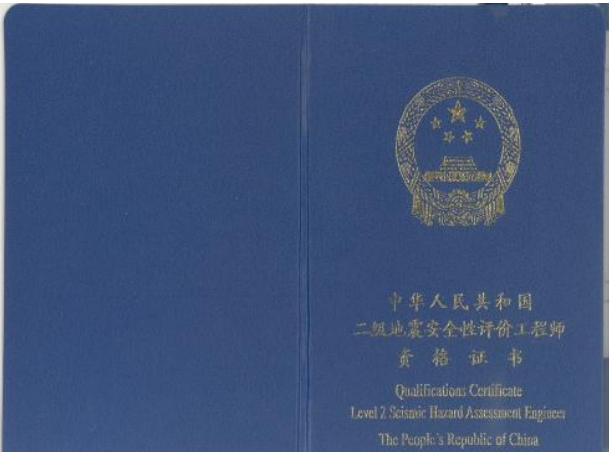
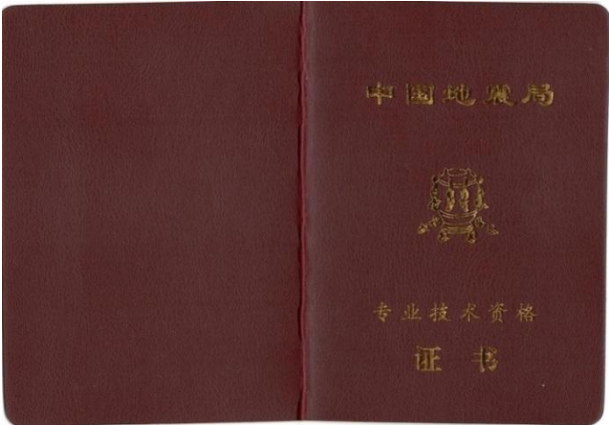
项目负责人：王唯俊（高工、二级安评师）证书

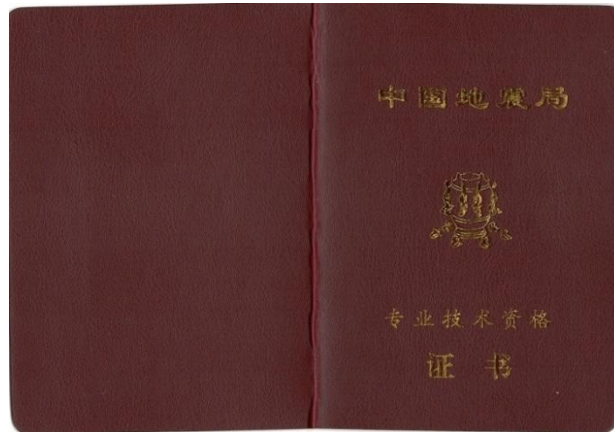


地震构造评价评价专业技术负责人：张建志（高工、一级安评师）证书

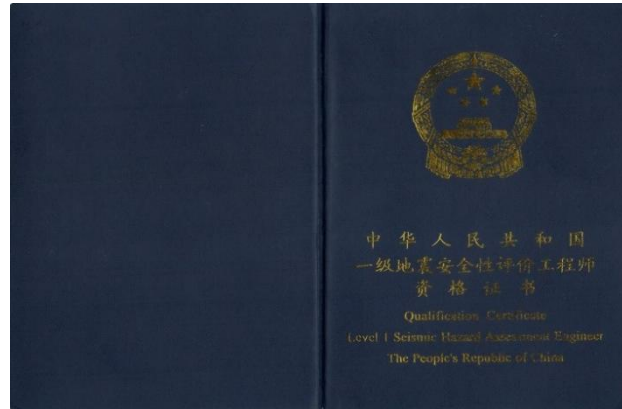


工程场地地震影响评价专业技术负责人：孙印（高工、二级安评师）、虎喜凤（高工、一级安评师）、范建（高工）证书：

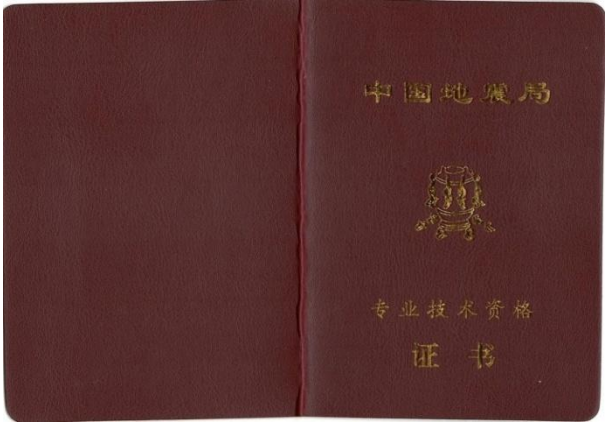




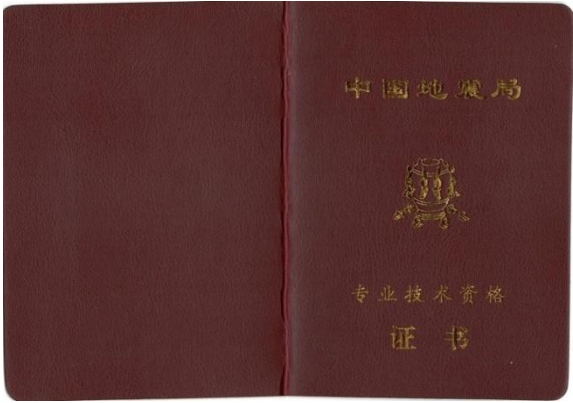
	从事专业 <u>地球物理</u>
姓名 <u>虎喜凤</u>	专业技术 资格 <u>高级工程师</u>
性别 <u>女</u>	评定时间: 2006 年 12 月 29 日
出生年月 <u>1968 年 09 月</u>	评审委员会名称: <u>中国地震局地球物理勘探中心高级技术职务评审委员会</u>
工作单位 <u>中国地震局地球物理勘探中心</u>	评审委员会(章)
证书编号 <u>震资字 06201</u>	2006 年 12 月 30 日



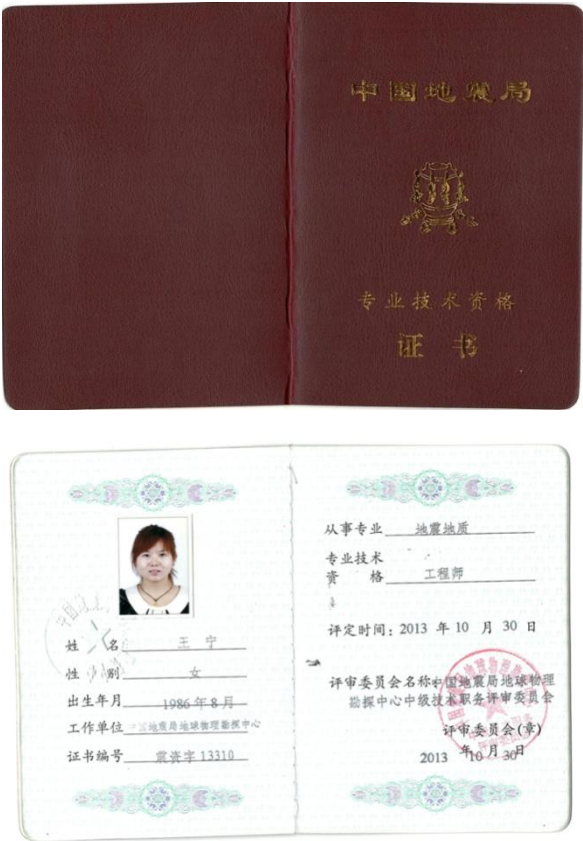
	姓名: <u>虎喜凤</u>
持证人签名: Signature of the Bearer <u>虎喜凤</u>	Full Name 性别: <u>女</u>
管理号 <u>08191130322012116</u> File No.:	Sex 出生年月: <u>1968. 09</u>
	Date of Birth 专业类别: <u>工程场地地震影响评价</u>
	Professional Type 批准日期: <u>2009年2月2日</u>
	Approval Date 签发单位盖章: Issued by
	签发日期: <u>2009 年 8 月 8 日</u> Issued on



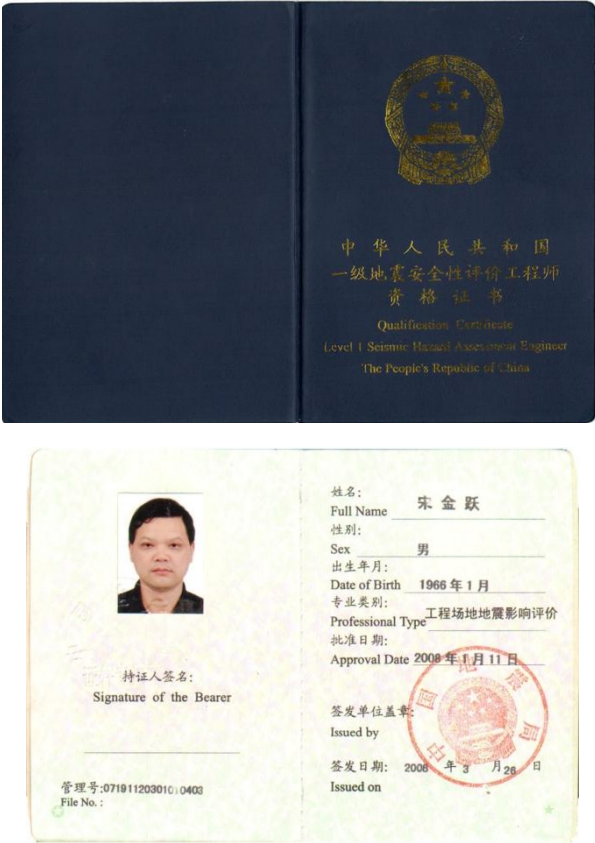
地震活动性评价专业技术负责人: 王旭 (高工) 证书

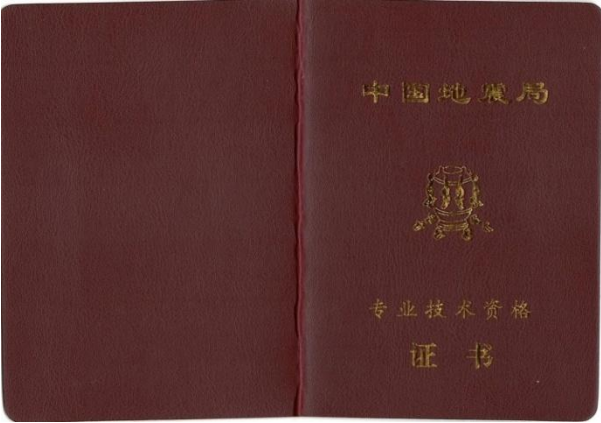


数据库及技术服务系统技术负责人：王宁（工程师）证书

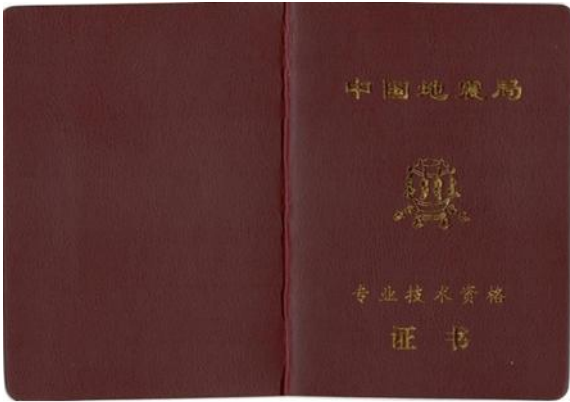



浅层地震勘探专项负责人：宋金跃（高工、一级安评师）、刘增祺（工程师）证书





	从事专业 <u>地球物理</u>
姓名 <u>宋金跃</u>	专业技术 资格 <u>高级工程师</u>
性别 <u>男</u>	评定时间: 1999年 12月 17日
出生年月 <u>1966年 01月</u>	评审委员会名称: 中国地震局地球 物理勘探中心中级技术职务评审委员会
工作单位 <u>中国地震局地球物理勘探中心</u>	评审委员会(章) 1999年 12月 30日
证书编号 <u>震资字 99205</u>	



	从事专业 <u>反射地震勘探</u>
姓名 <u>刘增增</u>	专业技术 资格 <u>工程师</u>
性别 <u>男</u>	评定时间: 2019年 12月 28日
出生年月 <u>1991年 1月</u>	评审委员会名称: 中国地震局地球物理 勘探中心中级技术职务评审委员会
工作单位 <u>中国地震局地球物理勘探中心</u>	评审委员会(章) 2020年 1月 17日
证书编号 <u>震资字 19304</u>	

目录

0 前言	1
0.1 项目简介	1
0.2 任务要求	3
0.3 技术思路	3
0.4 主要工作内容	4
0.5 工作依据	7
0.6 区域和近场区范围	7
0.7 工作概况	8
0.8 项目组成员	8
第一章 地震活动性	10
1.1 地震资料	10
1.1.1 地震资料的地域范围	10
1.1.2 资料来源	10
1.1.3 区域地震资料完整性和可靠性分析	11
1.1.4 区域地震资料的基本概况	13
1.2 区域地震的空间分布特征	16
1.2.1 震中分布特征	16
1.2.2 区域地震活动的时间分布特征	18
1.2.3 震源深度分布特征	19
1.3 地震区、带划分	19
1.3.1 概述	19
1.3.2 地震区、带划分的原则和依据	20
1.3.3 地震区、带的划分结果	20
1.4 各地震带的时间分布特征及活动趋势	24
1.4.1 华北平原地震带地震活动时间特征及未来趋势	24
1.4.2 汾渭地震带地震活动时间特征及未来趋势	25
1.4.3 郯庐地震带地震活动时间特征及未来趋势	26
1.5 历史破坏性地震对目标区的影响	27
1.5.1 历史破坏性地震影响	28
1.5.2 影响烈度的统计分析	37
1.6 区域现代构造应力场特征	38
1.7 近场区地震活动性	40
1.8 地震活动环境评价	43
第二章 区域地震地质环境评价	44
2.1 大地构造背景	44
2.2 地球物理场、深部构造及与地震的关系	46
2.2.1 区域布格重力异常特征	46
2.2.2 区域航磁异常特征	47
2.2.3 区域地壳厚度特征	48
2.2.4 地球物理场与地震活动的关系	49
2.3 区域新构造特征	50
2.3.1 新构造单元的划分	50
2.3.2 新构造运动与地震活动的关系	55
2.4 区域主要断裂活动特征	56
2.5 区域地震构造评价	84
2.5.1 地震发生的构造条件	84
2.5.2 区域地震构造综合分析	85
第三章 近场区地震构造	86

目录

3.1 近场区地质地貌特征.....	86
3.2 近场区新构造运动特征.....	87
3.3 地壳基本结构和断裂深浅构造特征.....	90
3.4 近场区主要断裂活动性.....	91
3.5 近场区地震构造环境评价.....	112
第四章 目标区活动断裂勘查和活动性鉴定.....	114
4.1 目标区地震地质调查.....	114
4.1.1 工作任务.....	114
4.1.2 工作完成情况.....	114
4.1.3 地质调查成果.....	116
4.2 目标区浅层地震勘探.....	117
4.2.1 工作任务.....	117
4.2.2 工作完成情况.....	117
4.2.3 资料分析与解释.....	118
4.2.4 探测结果.....	124
4.3 结论.....	124
第五章 地震危险性分析.....	125
5.1 地震危险性概率分析方法概述.....	125
5.2 地震区、带划分.....	126
5.3 潜在震源区划分.....	128
5.3.1 潜在震源区划分原则和方法.....	128
5.3.2 潜在震源区划分结果.....	129
5.4 地震活动性参数.....	133
5.4.1 地震统计单元的地震活动性参数.....	133
5.4.2 潜在震源区地震活动性参数的确定.....	137
5.5 地震动衰减关系.....	139
5.6 目标区地震危险性计算结果及分析.....	141
5.6.1 目标区地震危险性计算.....	141
5.6.2 目标区峰值加速度分布.....	165
第六章 目标区地震工程地质条件勘测.....	170
6.1 地形地貌特征.....	170
6.2 目标区地震地质钻孔探测和地层分布特征.....	171
6.2.1 目标区地震地质钻孔探测.....	171
6.2.2 地层分布特征.....	172
6.2.3 目标区三维地层结构模型.....	203
6.3 目标区水文地质条件.....	206
6.4 场地剪切波速测试及建筑场地类别分区.....	206
6.4.1 剪切波速测试.....	206
6.4.2 建筑场地类别分区和工程地质单元分区.....	231
6.5 目标区内典型土样的物理力学性能测试.....	234
6.5.1 动剪切模量试验及阻尼比试验.....	234
6.5.2 目标区内土体动力性能参数.....	240
第七章 目标区场地土层地震反应分析.....	246
7.1 场地基岩的人造地震动时程.....	246
7.1.1 方法简介.....	246
7.1.2 持时参数的确定.....	247
7.1.3 目标谱及基岩地震动时程的合成.....	253
7.2 场地土层地震反应计算.....	291
7.2.1 计算模型及方法简介.....	291
7.2.2 场地计算土层模型动力参数的确定.....	292
7.2.3 计算结果.....	303

目录

7.2.4 设计地震动参数确定	303
7.2.5 设计地震动峰值加速度分布图	377
7.2.6 目标区各控制点地表设计地震动时程	381
7.2.7 设计地震动参数区划	381
7.2.8 数据库及技术服务系统提取设计地震动参数原则	386
第八章 目标区地震地质灾害评价	387
8.1 砂土液化评价	387
8.2 软土震陷评价	399
8.3 断裂对目标区内工程影响	400
8.4 地震崩塌、滑坡评价	400
8.5 地震地质灾害评价结果	400
8.5.1 地震砂土液化	400
8.5.2 软土震陷评价	400
8.5.3 断层对目标区内工程影响	401
8.5.4 地震崩塌、滑坡评价	401
8.5.5 地震地质灾害综合评价结果	401
第九章 结论与使用说明	403
9.1 区域及近场区地震环境评价	403
9.2 区域及近场区地震构造环境评价	403
9.3 目标区活动断裂勘查和活动性鉴定	405
9.4 目标区范围内场地工程地震条件评价	405
9.5 目标区范围内场地地面设计地震动参数	406
9.6 目标区范围内场地地震地质灾害评价	413
9.7 使用说明	415

0 前言

0.1 项目简介

安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目位于河南省安阳市安阳县东部白壁镇、瓦店乡境内，评价面积约 7km²，具体位置见图 0.1-1，目标区主要拐点坐标见表 0.1-1。目标区内建筑物主要为现代化产业工业用房和办公楼。



图 0.1-1 目标区地理位置示意图

表 0.1-1 目标区拐点坐标

西北角坐标	114.51221	36.07231
	114.50925	36.06714
	114.50754	36.06277
	114.50676	36.05791
西南角坐标	114.50702	36.05604
东南角坐标	114.55912	36.05496
	114.55891	36.05920
	114.55886	36.06072
	114.56015	36.06426
	114.56161	36.06912
东北角坐标	114.56157	36.07158

为落实党中央、国务院和省委、省政府关于“放、管、服”改革、优化营商环境的各项决策部署，减少项目落地时间，减轻企业负担，节约投资成本和社会资源。

0 前言

安阳市新东产业集聚区管理委员会按照河南省人民政府办公厅关于实施工程建设项目区域评估的指导意见，结合集聚区自身实际需要，对安阳市新东产业集聚区内指定约 7 平方公里集中连片土地开展区域性地震安全性评价工作。通过目标区地震安全性评价，建立区域性地震安全性评价数据库和技术服务系统，供产业集聚区内建设项目使用，其成果将为目标区内除必须单独开展地震安全性评价的重大工程以外的新建、扩建、改建建设工程选址和抗震设防要求确定提供科学的依据，也可作为未来发展规划、土地空间规划及防震减灾对策制定等工作提供依据。

依据《中华人民共和国防震减灾法》、《地震安全性评价管理条例》(国务院 323 号令)、《国务院办公厅关于全面开展工程建设项目审批制度改革的实施意见》(国办发[2019]11 号)、《区域性地震安全性评价工作大纲(试行)》(2019)、《关于加强区域性地震安全性评价管理工作的通知》中震防函[2020]2 号文、《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005)、《河南省区域性地震安全性评价工作管理办法(试行)》(豫震发[2020]25 号)，本项目应按区域性地震安全性评价工作大纲要求开展地震安全性评价工作。根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)可知，目标区场地位于地震动峰值加速度 0.15g 分区，特征周期位于 0.40s 分区。

根据区域性地震安全性评价大纲工作要求，在目标区内设计了 21 个计算控制点(地质钻孔)和 2 条地震测线(其中 XD2 测线受场地条件限制，分为 2 个测段 XD2-1 测段和 XD2-2 测段)，控制点经纬度见表 0.1-1。

表 0.1-1 目标区内控制点经纬度

序号	控制点 (地质钻孔)	经度	纬度	序号	控制点 (地质钻孔)	经度	纬度
1	1 号	114.515223	36.069859	12	12 号	114.537224	36.069468
2	2 号	114.512191	36.064537	13	13 号	114.544685	36.069295
3	3 号	114.511350	36.058487	14	14 号	114.541987	36.063775
4	4 号	114.518647	36.058254	15	15 号	114.540625	36.057912
5	5 号	114.519719	36.064226	16	16 号	114.548146	36.056897
6	6 号	114.522622	36.069867	17	17 号	114.549433	36.062613
7	7 号	114.529729	36.069503	18	18 号	114.552100	36.068839
8	8 号	114.526908	36.063909	19	19 号	114.557808	36.068680
9	9 号	114.525990	36.057912	20	20 号	114.555506	36.062838
10	10 号	114.533350	36.058710	21	21 号	114.555173	36.056958
11	11 号	114.534611	36.063796				

受安阳市新东产业集聚区管理委员会的委托，中国地震局地球物理勘探中心于 2022 年 5 月 27 日承担了安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目评价工作；报告编制完成后，将成果报告送往河南省地震局进行技术审查。

0.2 任务要求

根据《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》、《工程场地地震安全性评价》（GB17741-2005）规定，招标书、投标书以及合同要求，本次工作应提供以下主要成果：

（1）区域及近场区地震活动性评价

提供区域范围内历史和近代震中及时序图，并分析其空间及时间分布特征，评价其地震活动性。

（2）区域及近场区地震构造评价

提供区域地震构造图，近场区地震构造图。确定工作区内重点活动断裂的活动性质、最新活动时代等，评价其地震影响。

（3）目标区设计地震动参数

提供目标区 50 年超越概率 63%、10%、2% 和 100 年超越概率 63%、10%、2% 六个概率水准的设计地震动参数；并对地震动参数分区。

（4）地震地质灾害评价

通过对目标区及邻近区工程地震条件的勘测，确定场地是否存在活动断裂，根据目标区内场地的地震工程地质研究结果及近场区范围的地震构造研究成果，对场地未来在遭受到相当于抗震设防烈度的地震动时可能产生的地震地质灾害类型（如地震砂土液化、地震软土震陷、崩塌、滑坡及断裂影响等）进行评价。

（5）数据库及技术服务系统建设

建设基于 GIS 平台的数据库和地理底图库，并具备相应服务功能的技术系统。

0.3 技术思路

本项工作通过区域及近场范围内地震地质及地震活动性研究，对潜在震源区进行划分，并确定其地震活动性参数。利用地震带活动参数、划分的潜在震源区及得到的地震动衰减关系，进行目标区控制点地震危险性分析，考虑工程特性及特殊要求得到控制点基岩地震动参数。结合工程特性确定控制点输入地震动的包络函数，合成得到输入的地震波。对目标区控制点进行地震工程地质条件勘测，评价地震效应及地震地质灾害，同时得到目标区场地三维土层模型和控制点场地的土动力学模型。根据目标区各控制点的地震地质灾害评价结果，对目标区进行地震地质灾害分区，依据 GB36072-2018《活动断层探测》，进行目标区断层勘查和活动性鉴定工作，查明目标区是否存在断层。利用合成得到的输入地震波及场地土动力学模型，用等效线性化方法进行场地土层反应分析，得到目标区各控制点抗震设计使用的地震动

参数。根据各控制点的地震动参数，对目标区进行地震动参数分区。利用建立的技术服务系统，结合 GB18306-2015《中国地震动参数区划图》、依据《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》确定目标区内某个工程的抗震设计地震动参数，图 0.3-1 为工作流程图。

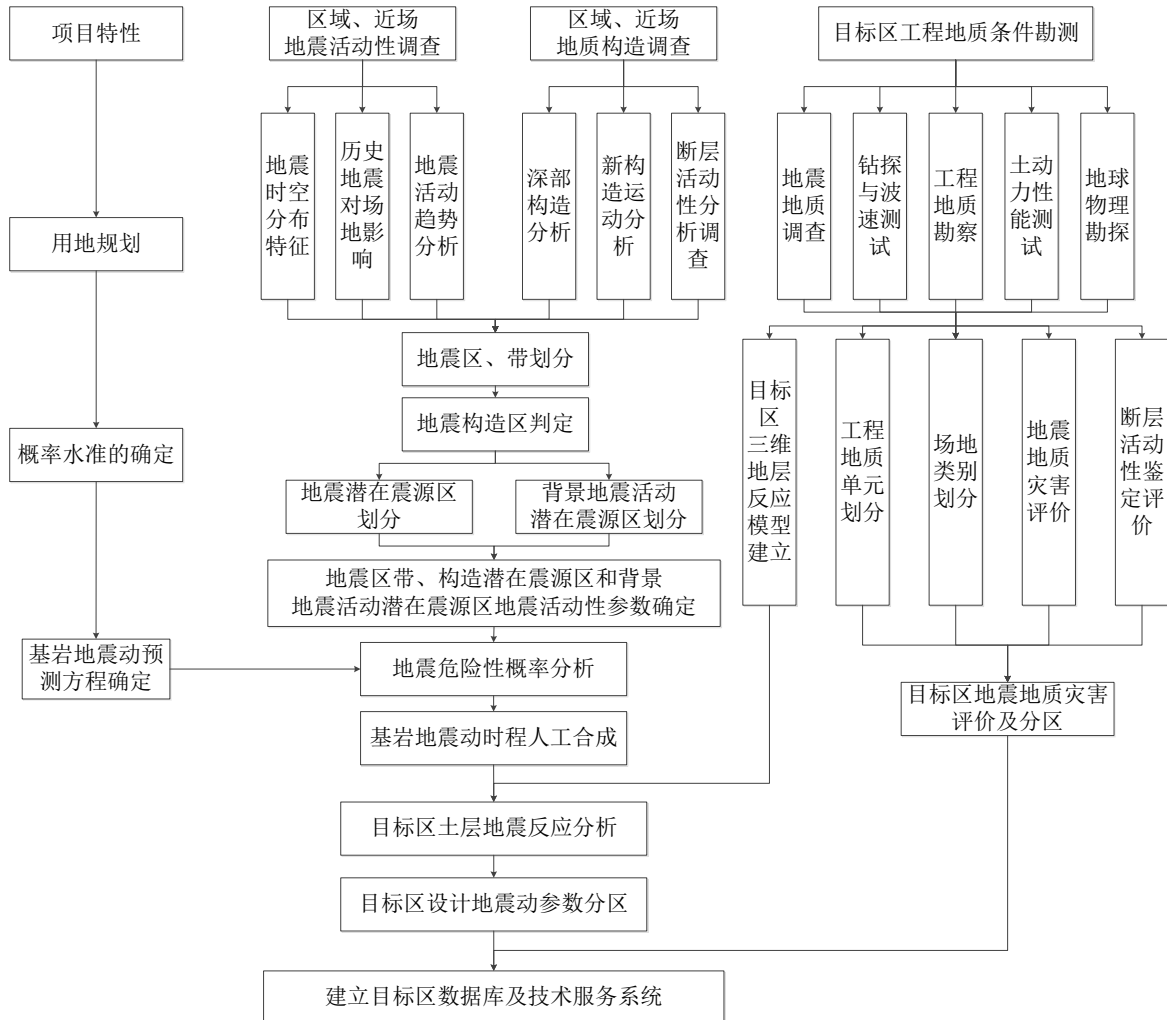


图 0.3-1 工作流程图

0.4 主要工作内容

（1）区域地震活动性和地震构造评价

编制区域破坏性地震目录，编制区域破坏性地震和现今中小地震震中分布图，分析地震活动时空特征、现代构造应力场特征，编制破坏性地震影响烈度图，评价目标区最大地震影响烈度。分析区域地震构造特征，评价地震构造条件，评估主要发震构造及其最大潜在地震。

（2）近场区地震活动性和地震构造评价

编制近场区地震目录和地震震中分布图,分析地震活动性,包括地震活动强度、频度水平,地震活动密集等空间分布特征,以及震源深度分布特征。对参数有疑问且可能影响目标区地震安全性评价的地震事件应进行核查。

搜集近场区地质构造资料,编制近场区地质构造图,分析近场区地质构造展布与发育特征。搜集近场区地貌、第四系资料,分析地貌和第四系特征,划分地质地貌单元。

(3) 目标区主要断层勘查和活动性鉴定

开展断层控制性调查与探测,查明目标区是否存在第四纪以来的断层、特别是晚更新世断层。目标区位于冲洪积平原,因此采用浅层地震勘探方法探测下伏地层是否存在第四纪断层。

分析目标区地震构造特征,评价目标区主要活动断层的性质、活动时代、位移和运动特征,分析目标区主要活动断层与近场区活动断层的构造联系,评价目标区范围内发震构造潜在地震活动产生地表断错的可能性。

(4) 地震工程地质条件勘测

目标区地震工程地质条件调查、钻探和原位测试工作应当满足综合评价目标区特性和初步评价地震地质灾害的需要。

调查目标区地貌、地层、岩性、地质构造、水文地质条件、场地土类型、场地类别等已有工程地质条件资料,通过资料收集或地球物理探测等方法研究场地第四纪沉积的不均匀性;调查地震造成的目标区及其附近砂土液化、软土震陷、地表破裂、滑坡、崩塌等地震地质灾害现象。

(5) 地震动预测方程确定

地震动预测方程应反映高频地震动的震级和距离饱和特性,地震动时程的强度包络函数应表现上升、平稳和下降三个阶段的特征。

采用由统计方法建立的地震动预测方程,或采用类比性方法确定地震动预测方程。应论证地震动预测方程的适用性。水平向基岩地震动加速度反应谱预测方程(本项目周期给至 10s)。

(6) 概率地震危险性评价

依据地震活动空间分布和地震与活动构造特征划分地震区、地震带和地震统计区。在地震统计区内划分背景地震活动潜在震源区,并在背景地震活动潜在震源区内划分构造潜在震源区。潜在震源区边界划分应考虑地震构造展布认识的不确定性,以及未来地震活动空间分布的不确定性。

计算目标区各计算控制点（或地质钻孔）多概率水准基岩水平向地震动峰值加速度和加速度反应谱（阻尼比 5%，概率水准宜不少于 50 年超越概率 63%、10%、2% 和 100 年超越概率 63%、10%、2% 六种超越概率）。分析基岩地震动参数的空间分布特征，建立目标区多概率水准的基岩地震动参数数据库。

（7）场地地震动参数确定

根据地震工程地质条件勘测结果，确定目标区场地分层土厚度、密度、波速及土动力学参数等场地土层模型参数，以钻探确定的基岩面、剪切波速不小于 500m/s 的土层顶面或钻孔深度超过 100m 且剪切波速有明显跃升的土层分界面或由其他方法确定的界面作为地震输入界面，建立各控制孔场地土层地震反应分析模型，并形成地震反应分析模型数据库。由于地表、土层界面均较平坦，所以本次工作采用一维土层反应分析模型。

人工合成地震动时程时不少于 5 条地震动时程样本，且样本之间相关系数不大于 0.16。合成自由基岩场地地震动时程时，采用目标谱控制地震特征的人工合成方法作为初始地震动时程，且合成地震动时程反应谱与目标谱在控制点频率处的相对误差的绝对值不超过 5%，合成地震动的加速度时程所对应的速度和位移时程应无基线漂移。建立目标区自由基岩场地地震时程数据库。按照不同概率水准合成的输入地震动时程，对目标区各控制孔场地进行土层地震反应计算，综合确定土层场地多概率水准的场地地表地震动参数。

编制目标区多概率水准的地震动峰值加速度、反应谱分区图，并以等值线形式表示目标区地震动参数分区结果。

设定场点工程场地地震动参数，应根据工程结构特征、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。

（8）场地地震地质灾害评价

根据目标区的地震工程地质研究结果及近场区范围的地震构造研究成果，对目标区内场地进行地震砂土液化、软土震陷、地震坡体稳定性、断裂对工程场地影响等地震地质灾害进行评价。

（9）数据库及技术服务系统建设

建设基于 GIS 平台的数据库和地理底图库，并具备相应服务功能的技术系统。实现数据、图件等相关资料的编辑、修改、查询、浏览、输出等功能，可完成区域地震活动性、地震危险性评价、抗震设防参数等数据的查询、输出工作，可以满足直接应用于目标区内除必须单独开展工程场地地震安全性评价的重大工程以外的新建、扩建、改建建设工程选址、抗震设防要求确定、地震风险评价，也适用于该区

发展规划、国土空间规划及防震减灾对策制定等工作。数据库技术服务系统达到技术先进、界面友好、数据管理简便，方便用户使用。

0.5 工作依据

- (1) 《中华人民共和国防震减灾法》(2008 年颁布)
- (2) 《地震安全性评价管理条例》(2019 年修订版)
- (3) 《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)
- (4) 《区域性地震安全性评价工作大纲(试行)》(中震防函〔2019〕21 号)
- (5) 《国务院办公厅关于全面开展工程建设项目审批制度改革的实施意见》(国办发〔2019〕11 号)
- (6) 《关于加强区域性地震安全性评价管理工作的通知》中震防函〔2020〕2 号文
- (7) 《工程场地地震安全性评价技术规范》(GB17741—2005)
- (8) 《关于贯彻落实<国务院办公厅关于开展工程建设项目审批制度改革试点的通知>的指导意见》(中震防发[2018]40 号)
- (9) 《工程勘察通用规范》(GB55017-2021)
- (10) 《浅层地震勘查技术规范》(DZ/T0170-2020)
- (11) 《活动断层探测》(GB/T36072-2018)
- (12) 《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016 年版)
- (13) 《城市工程地球物理探测规范》(CJJ7-2017)
- (14) 《河南省人民政府办公厅文件》豫政办[2019]10 号
- (15) 《河南省区域性地震安全性评价工作管理办法(试行)》(豫震发[2020]25 号)
- (16) 《建筑与市政工程抗震通用规范》(GB55002-2021)

0.6 区域和近场区范围

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)和《河南省区域性地震安全性评价工作管理办法(试行)》(豫震发[2020]25 号)等文件要求综合确定区域、近场和目标区原则:

- (1) 目标区为安阳市新东产业集聚区内指定约 7 平方公里集中连片土地范围。
- (2) 近场区为不小于目标区外延 25km。
- (3) 区域范围为不小于目标区外延 150km。

综合历史大震等各种因素,最终确定:

0 前言

区域范围经纬度为：区域：北纬 $34^{\circ}30' \sim 37^{\circ}36'$ ，南北长约 345km；东经 $112^{\circ}45' \sim 116^{\circ}21'$ ，东西长约 324km；

近场区：北纬 $35^{\circ}45' \sim 36^{\circ}24'$ ，南北长约 72km，东经 $114^{\circ}12' \sim 114^{\circ}54'$ ，东西长约 63km。

0.7 工作概况

具体工作内容包括：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、场地地震动参数区划、场地地震地质灾害评价、数据库及技术服务系统建设，见表 0.7-1。

表 0.7-1 工作量表

序号	工作内容	单位	数量
1	区域地震活动性和地震构造评价	km^2	111780 km^2
2	近场区地震活动性和地震构造评价	km^2	4536 km^2
3	目标区主要断层勘查和活动性鉴定	km^2	7 km^2
4	地震工程地质条件勘测	计算控制点	21
5	地震动预测方程确定	项	1 项
6	概率地震危险性评价	项	21 项
7	场地地震动参数区划	项	1 项
8	场地地震地质灾害评价	计算控制点	21
9	数据库及技术服务系统建设	项	1 项
10	浅层人工地震勘探	条/km	3 条/9.192km
11	野外地质调查	人*天	33 人*天
12	计算控制点	点	21
13	波速测试孔	孔	21 孔
14	标准贯入试验孔	孔	14 孔
15	土常规及土动三轴试验	组	116 组
16	地震地质调查面积	km^2	7
17	地震地质调查点	点数	30
18	照片	张	30

0.8 项目组成员

项目负责人：王唯俊（高工、二级安评师）

地震活动性评价专业技术负责人：王旭（高工）

地震构造评价评价专业技术负责人：张建志（高工、一级安评师）

工程场地地震影响评价专业技术负责人：范建（高工）、孙印（高工、二级安评师）虎喜凤（高工、一级安评师）

地震地质灾害评价专业技术负责人：王唯俊、范建

0 前言

数据库及技术服务系统技术负责人：王宁（工程师）

浅层地震勘探专项负责人：宋金跃（高工、一级安评师）、刘增祺（工程师）

主要完成人：王宁、刘露洋、沈冠豪、刘增祺、韩健、秦晶晶、李忠良、杨磊、
王唯俊、范建、孙印、王旭、张建志、虎喜凤、宋金跃

审核：袁洪克（高工）、孙印

致谢

在本项目工作实施过程中，安阳市应急管理局（安阳市防灾减灾中心）、安阳县应急管理局组织执法人员及地震专家莅临项目施工现场进行检查指导，安阳市新东产业集聚区管理委员会及各相关乡镇政府等有关单位人员给予了本项目组大力支持和积极配合。在此，项目组向上述单位和有关人员表示衷心感谢！

第一章 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

1.1.1 地震资料的地域范围

根据 GB17741-2005《工程场地地震安全性评价》的要求，并结合本项目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 $34^{\circ}30' \sim 37^{\circ}36'$ ，东经 $112^{\circ}45' \sim 116^{\circ}21'$ ；

近场区：北纬 $35^{\circ}45' \sim 36^{\circ}24'$ ，东经 $114^{\circ}12' \sim 114^{\circ}54'$ 。

1.1.2 资料来源

在本次工作中用于进行地震活动性分析的资料包括两部分。第一部分是 $M \geq 4.7$ 级的破坏性地震目录。这部分资料主要取自中国地震局震害防御司组织有关专家编制完成的《中国历史强震目录》(公元前 23 世纪至 1911 年)和《中国近代地震目录》(公元 1912 年至 1990 年)，1990 至今的部分从中国地震台网中心编录的“全国($M \geq 1.0$)地震目录”中续补。

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“全国($M \geq 1.0$)地震目录”。目录中的地震参数是根据仪器记录得到的。

地震震级说明：

历史地震震级采用的是 M_s ，这部分地震为 $M_s \geq 4.7$ 级以上地震。其中，无仪器记录的地震，其震级的确定均由史料记载评定其震中烈度，再按震级 (M_s) 与震中烈度的经验关系换算出；凡有仪器记录的地震，其震级以仪器测定的为准。而现代地震通常用近震震级 M_L 。为与历史地震震级统一，以往将其转换为 M 震级，采用的转换公式 (1-1)：

$$M_s = 1.13M_L - 1.08 \quad (1-1)$$

该公式是 1971 年郭履灿等根据邢台地震资料进行统计得出的，适用于中国华北地区，其它地区兼用，震中距 $\Delta \leq 1000\text{km}$ (国家地震局震害防御司，1990)。

在编辑第五代地震动参数区划图 (GB18306-2015) 时，根据汪素云等 (2009) 1990~2007 年《中国地震年报》中同时给出的 M_s 和 M_L 震级关系，且震源深度小于 70km 的 6577 个浅源地震资料，给出的关系公式见公式 (1-2)。

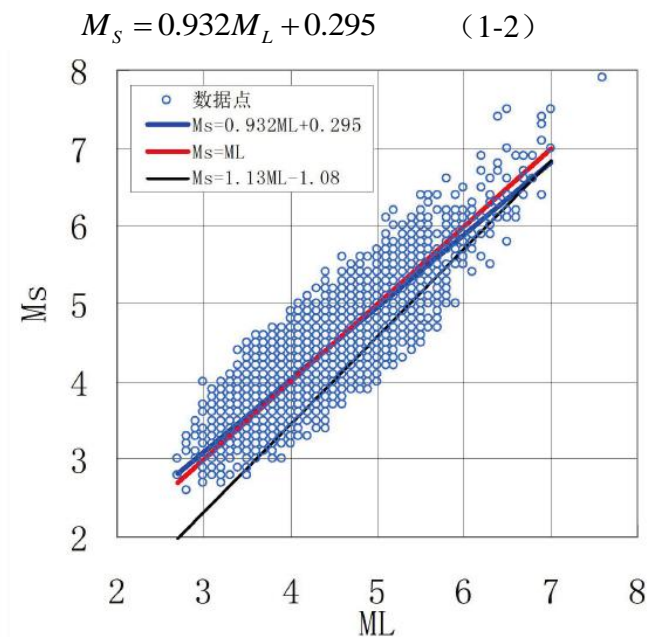


图 1.1-1 震级数据组及拟合直线

图 1.1-1 是根据公式 (1-2) 和公式 (1-1) 绘出的拟合直线, 从图 1.1-1 中可见, 公式 (1-1) 的直线明显偏于数据组的下侧, 说明公式 (1-1) 表达的结果与实际误差较大。为了找出其中的对应关系, 在图 1.1-1 中还给出了拟合直线的公式 (1-3):

$$M_S = M_L \quad (1-3)$$

公式(1-3)相当于 M_S 与 M_L 之间不用转换。从图 1.1-1 中可直观地看到公式(1-3)与公式 (1-2) 的直线很相似且接近, 只在两端有些分开。考虑到数据点的分散性, 拟合关系的不确定性较大等因素, 粗略地认为公式 (1-2) 与公式 (1-3) 基本一致。本项目将用公式 (1-3) 代替用了三十多年的公式 (1-1), 并且用国标规定的“M”代替“ M_S ”和“ M_L ”。

因此本报告中历史破坏性地震震级将不再进行转换, 而是统一采用 M 震级。

1.1.3 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, 区域内地震都收入了《中国历史强震目录》、《中国近代地震目录》、《中国地震简目》、《河南地震历史资料》之中。但为了使采用的地震资料更具有完整性、可靠性、可比性, 根据具体情况采用了不同的可信时间域和震级域。据黄玮琼等人的研究结果, 对华北地震作完整性和可靠性的统计分析表明, 公元 1000 年以来 $M \geq 7$ 级的地震不会漏记; 公元 1500 年以来 $M \geq 6$ 级地震不会漏记。公元 1900 年以后, 基本不会漏记 $M \geq 5$ 级地震。这一结论可基本上适用于对区域地震资料完整性可靠性的认识。

对于近代地震，通过对全国测震台网台站分布图（图 1.1-2）及全国测震台网监测能力图（图 1.1-3）进行分析，了解区域范围对现代地震的监测能力。

区域数字地震台网是用于监视一个区域地震活动性的地震台网。“十五”项目完成后我国已建立了由 685 个台站组成的 31 个区域数字地震台网，基本覆盖了我国地震活动频繁地区、经济发达地区和人口稠密地区，使我国 31 个省、自治区和直辖市都有一个区域数字地震台网，再加上已经建成的首都圈 107 个区域数字地震台站，台站总数达 792 个，台站之间距离达到 30~60km，新疆及青藏高原等部分地区间距达到 100~200km 左右。

区域数字地震台站一般采用的是宽频带观测系统与井下短周期观测系统，观测场地主要有地表型与井下型两大类型使用的宽频带仪器有 CMG-3ESPC、CMG-3ESPCB、BBVS-60 和 KS-200M 频带宽度为 60 s ~50Hz；使用的短周期仪器有 JDF-2、FSS-3DBH 和 FSS-3B，频带宽度为 2 s ~50Hz，这些仪器都采用速度平坦型设计。

区域数字地震台网的主要任务是对中国境内 $M \geq 3$ 地震速报初报时间不超过 3 分钟，最终速报时间不超过 15 分钟；对中国境内地震监测能力达到 M2.5，对地震重点监视防御区、人口密集的主要城市以及东部沿海地区达到 M1.0。

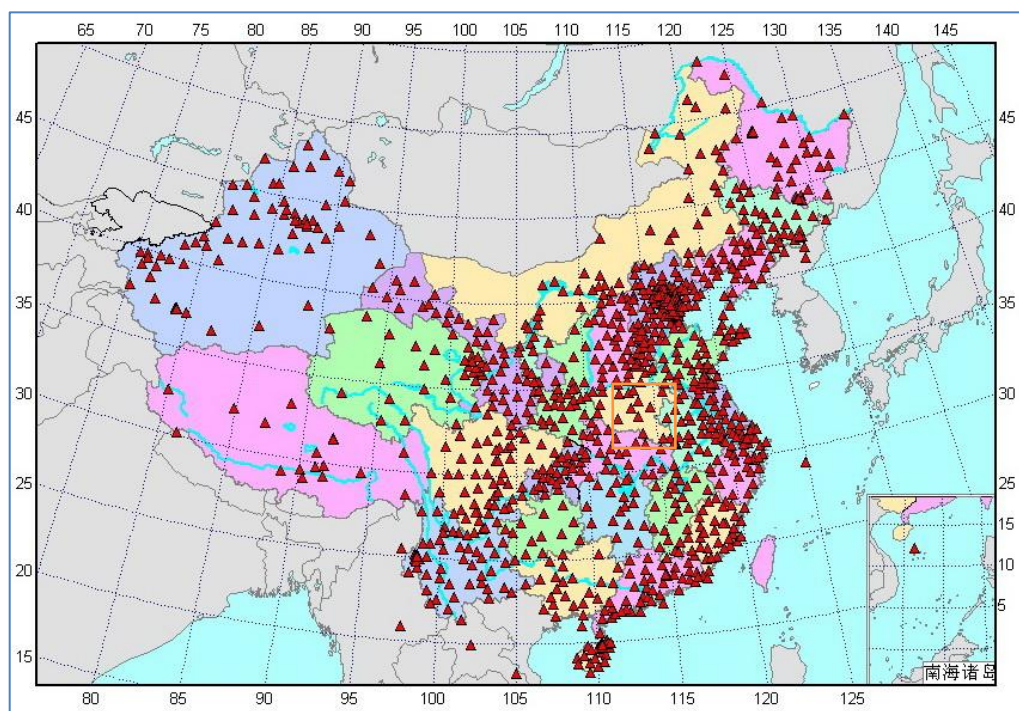


图 1.1-2 全国测震台网台站分布图

本项目区域范围主要涉及河南省、山西省、河北省及山东省，基本上属于地震重点监视防御区，区域范围内地震监测能力能达到 1.5 级，局部台网监测能力达到 0.5 级，见图 1.1-3。

尽管 1970 年以后已有正式区域台网记录的 $M \geq 1.0$ 级地震目录，但相对而言是在 1976 年后才逐渐形成较完善的地震台网。因此，结合不同时期地震台网监控地震的能力，对 1970 年以来的地震区域范围内地震选取 $M \geq 3.0$ 级地震较为适宜，由于近场区范围内 $M \geq 3.0$ 级地震较少，所以近场范围内的地震选取 $M \geq 2.0$ 级地震。

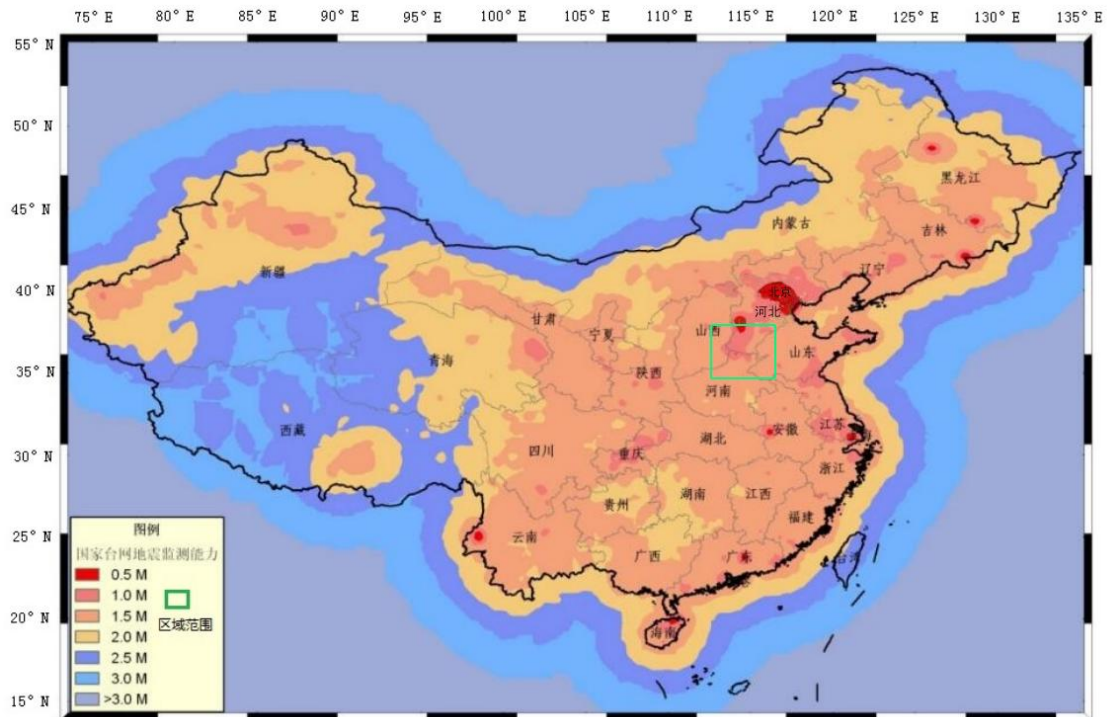


图 1.1-3 全国测震台网监测能力图

1.1.4 区域地震资料的基本概况

该区域自公元 344 年至 2022 年 6 月共记载 $M \geq 4.7$ 级地震 96 次，其中 4.7~4.9 级地震 32 次；5.0~5.9 级地震 50 次；6.0~6.9 级地震 11 次；7.0~7.9 级地震 3 次，最大地震为 1830 年 6 月 12 日河北磁县 7 $\frac{1}{2}$ 级地震。1970~2022 年 6 月仪器共记录到 $M \geq 3.0$ 级地震 608 次，其中 3.0~3.9 级地震 525 次；4.0~4.9 级地震 76 次；5.0~5.9 级地震 5 次；6.0~6.9 级地震 2 次，最大地震为 1983 年 11 月 7 日山东菏泽 M6.3 级地震。区域各震级档地震频次见表 1.1-1。

区域历史上记载最早的破坏性地震为公元 344 年河南洛阳 5 级地震，公元 344 年--2022 年 6 月区域破坏性地震目录($M \geq 4.7$ 级)，见表 1.1-2。

第一章 地震活动性

表 1.1-1 区域地震频次统计表

破坏性地震统计 (344~2022.6)	震级档次(M)	4.7~4.9	5.0~5.9	6.0~6.9	7.0~7.9
	地震次数	32	50	11	3
现代地震统计 (1970~2022.6)	震级档次(M)	3.0~3.9	4.0~4.9	5.0~5.9	6.0~6.9
	地震次数	525	76	5	2

表 1.1-2 区域破坏性地震目录 (344.1~2022.6, $M \geq 4.7$)

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	344.12.-	35.4	114.3	6	3	VIII	河南卫辉东
2	927.08.-	34.8	113.6	$4\frac{3}{4}$	4	VI	河南郑州
3	953.11.-	36.3	115.2	$4\frac{3}{4}$	4	VI	河北大名
4	1000.01.23	37.1	114.5	5	3	VI~VII	河北邢台
5	1304.09.11	37.4	112.6	$4\frac{3}{4}$		VI	山西太谷
6	1314.10.13	36.6	113.8	6	3	VIII	河北涉县
7	1493.05.04	35.5	115.2	$5\frac{1}{4}$	4		河南濮城西南
8	1497.02.26	36.3	112.9	5	2	VI	山西屯留一带
9	1502.10.27	35.7	115.3	$6\frac{1}{2}$	2	VIII	河南濮城
10	1520.09.01	35.8	115.8	$5\frac{1}{4}$	3		山东郓城西北
11	1527.01.-	35.8	114.9	$4\frac{3}{4}$	3		河南濮阳西北
12	1556.07.03	37.2	115.0	$4\frac{3}{4}$	3		河北隆尧东南
13	1563.10.-	36.8	112.9	5	2	VI	山西武乡
14	1587.04.10	35.3	113.7	6	3	VII~VIII	河南修武东
15	1587.04.10	35.3	113.5	$5\frac{1}{2}$	3		河南修武东
16	1622.03.18	35.5	116.0	6	2	VIII	山东郓城南
17	1623.12.26	36.1	115.2	$4\frac{3}{4}$	2	VI	河南南乐
18	1654.09.15	36.1	115.6	$5\frac{1}{2}$	2	VII	山东朝城
19	1660.09.-	35.2	116.2	$4\frac{3}{4}$	4		山东金乡西北
20	1708.10.26	36.7	114.7	$5\frac{1}{2}$	2	VII	河北永年东南
21	1737.09.30	35.1	114.4	$5\frac{1}{2}$	2	VII	河南封丘
22	1805.06.25	37.1	114.5	5	2	VI	河北邢台
23	1814.01.10	34.6	113.5	5	3	VI	河南荥阳贾峪
24	1814.02.04	35.8	114.4	$5\frac{1}{2}$	3	VII	河南汤阴、浚县间
25	1830.05.02	35.7	115.0	$4\frac{3}{4}$	3		河南濮阳
26	1830.06.12	36.4	114.3	$7\frac{1}{2}$	2	X	河北磁县
27	1830.06.13	36.4	114.3	$5\frac{1}{2}$	3		河北磁县
28	1830.06.24	37.3	114.7	$5\frac{1}{2}$	2	VII	河北隆尧西南
29	1830.06.26	36.4	114.3	$5\frac{1}{4}$	2	VII+	河北磁县
30	1851.06.12	37.6	114.8	$4\frac{3}{4}$	3		河北晋县西南
31	1889.10.-	36.3	115.1	5	2	VI	河北大名

第一章 地震活动性

32	1890.-.-	36.9	112.9	$5\frac{1}{2}$	2	VII	山西武乡
33	1900.05.01	36.1	114.2	5	3	VI	河南安阳西
34	1909.02.21	37.4	113.6	5	2	VI	山西和顺
35	1918.08.09	34.5	114.5	$5\frac{1}{4}$		VI	河南通许
36	1923.09.16	35.7	115.4	5		VI	河南范县濮城
37	1937.08.01	35.2	115.3	7	2	IX	山东菏泽
38	1937.08.01	35.3	115.4	$6\frac{3}{4}$	2	VIII	山东菏泽
39	1948.05.29	35.1	115.4	$5\frac{1}{2}$	3		山东菏泽附近
40	1957.06.06	37.6	112.5	5	2	VI	山西太原南
41	1966.03.06	37.47	115.03	5.2	1	VII	河北宁晋南
42	1966.03.08	37.35	114.92	6.8		IX+	河北隆尧东
43	1966.03.08	37.3	114.9	5.1	2		河北隆尧
44	1966.03.08	37.3	114.9	5.1	2		河北隆尧
45	1966.03.08	37.3	114.9	5.2	2		河北隆尧东
45	1966.03.11	37.3	114.9	5	2		河北隆尧东
46	1966.03.15	37.37	114.87	4.8	1		河北隆尧东
47	1966.03.20	37.27	114.97	5.6	1	VI	河北巨鹿西北
48	1966.03.20	37.28	115.00	5.1	1		河北巨鹿北
49	1966.03.22	37.50	115.08	6.7	1		河北宁晋东南
50	1966.03.22	37.5	115.1	7.2	2	X	河北宁晋东南
51	1966.03.22	37.57	114.93	5	1		河北宁晋
52	1966.03.22	37.50	115.10	5	1		河北宁晋东南
53	1966.03.22	37.52	115.03	5.3	1		河北宁晋东南
54	1966.03.22	37.52	115.03	5	1		河北宁晋东南
55	1966.03.22	37.45	114.98	5	1		河北隆尧东北
56	1966.03.22	37.45	115.03	$4\frac{3}{4}$	2		河北隆尧东北
57	1966.03.22	37.57	114.98	5.2	1		河北宁晋
58	1966.03.22	37.42	115.08	5.1	1		河北新河西南
59	1966.03.22	37.40	114.98	4.9	1		河北隆尧东北
60	1966.03.22	37.57	115.08	5	1		河北宁晋东
61	1966.03.22	37.42	115.15	$4\frac{3}{4}$	2		河北新河西南
62	1966.03.23	37.42	115.08	5	1		河北新河西南
63	1966.03.24	37.42	114.90	5.2	1		河北隆尧东北
64	1966.03.25	37.47	115.20	5	1		河北新河
65	1966.03.27	37.55	115.27	5.8	1		河北新河附近
66	1966.03.27	37.60	115.37	4.8	1		河北新河东北
67	1966.03.28	37.42	114.95	4.9	1		河北隆尧东北
68	1966.03.29	37.35	115.03	6	1		河北巨鹿北
69	1966.04.06	37.30	114.93	5.3	1		河北隆尧东
70	1966.04.20	37.25	114.87	4.9	1		河北巨鹿东
71	1966.04.20	37.25	114.78	5.3	1		河北隆尧南
72	1966.05.06	37.32	114.92	4.9	1		河北隆尧东
73	1966.05.10	37.58	115.28	4.9	1		河北新河北
74	1966.07.19	37.28	114.82	5.1	1		河北隆尧
75	1967.10.10	37.15	114.85	4.7	1		河北巨鹿
76	1968.01.07	37.58	115.05	4.7	1		河北宁晋东
77	1968.05.15	37.22	114.28	4.7	1		河北邢台西

78	1968.05.15	37.18	114.78	5	1		河北任县附近
79	1968.05.15	37.25	114.82	4.7	1		河北隆尧东南
80	1971.02.01	36.97	113.62	4.8	1		山西左权县
81	1971.06.05	37.45	113.27	4.8	1		山西和顺县
82	1971.06.05	37.43	113.42	5.2	1		山西和顺县
83	1972.02.04	37.55	113.65	4.7	1		山西昔阳县
84	1972.10.12	36.97	114.32	5.2	1		河北沙河市
85	1974.06.06	37.60	115.13	4.9	1		河北宁晋县
86	1978.06.05	35.35	113.92	4.9	1		河南新乡市
87	1980.08.02	36.05	113.95	5.1	1		河南林县
88	1981.11.09	37.43	114.97	6.1	1		河北隆尧县
89	1982.01.26	37.40	114.87	4.8	1		河北隆尧县
90	1982.05.29	36.58	114.57	4.8	1		河北邯郸县
91	1983.11.07	35.27	115.28	6.3	1		山东菏泽市
92	1985.11.30	37.23	114.82	5.6	1		河北任县
93	1989.12.14	37.60	115.28	4.8	1		河北冀县
94	2002.04.22	37.27	114.42	5.4	1		河北内丘县
95	2006.04.09	35.67	115.40	4.7	1		河南范县
96	2008.03.10	34.93	114.72	4.8	1		河南封丘县

1.2 区域地震的空间分布特征

1.2.1 震中分布特征

区域破坏性地震在空间分布上呈现出不均匀性。太行山前地区地震活动水平较高，发生 6 级以上地震多次，其中 7 级以上地震 3 次，1830 年河北磁县 7½ 级地震为本区域发生的最大破坏性地震。邢台东北部地震比较密集，沿北东向条带分布，主要为 1966 年河北宁晋东南 7.2 级地震及余震。聊兰断裂带地震活动水平也较高，发生 6 级以上地震多次，最大震级为 7 级（图 1.2-1）。

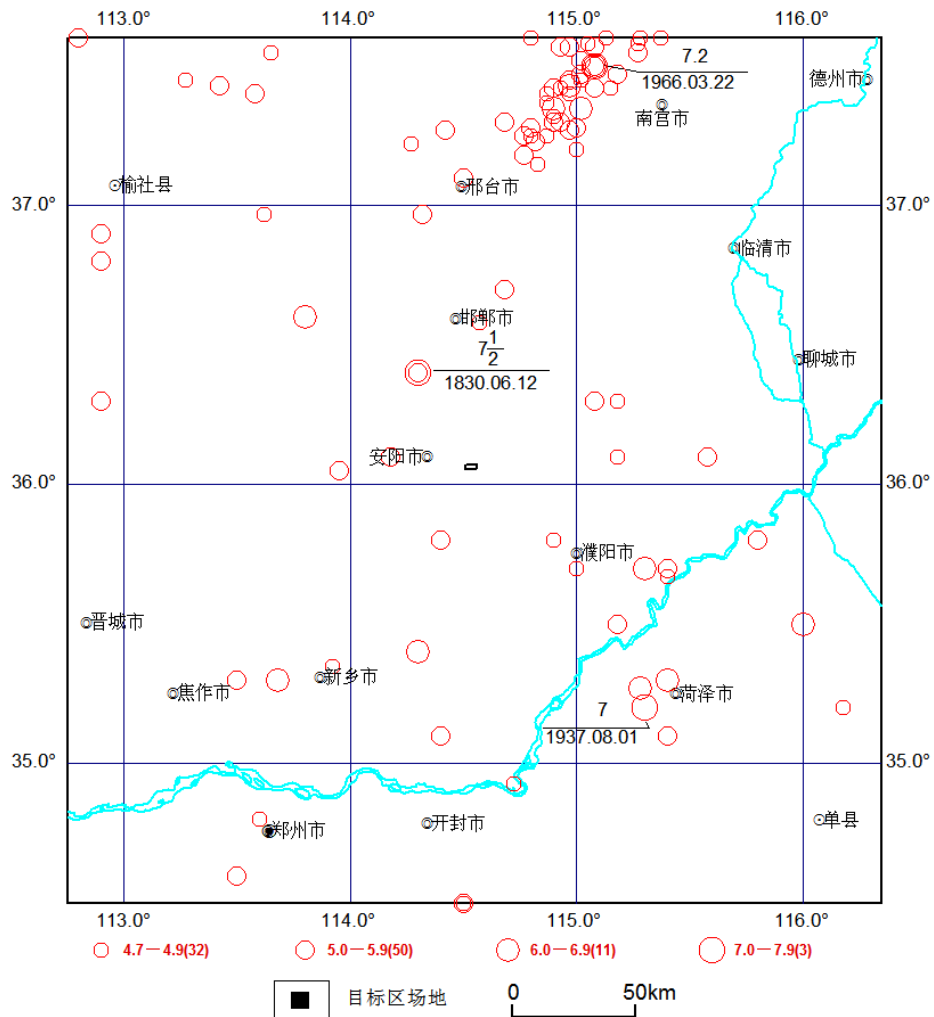
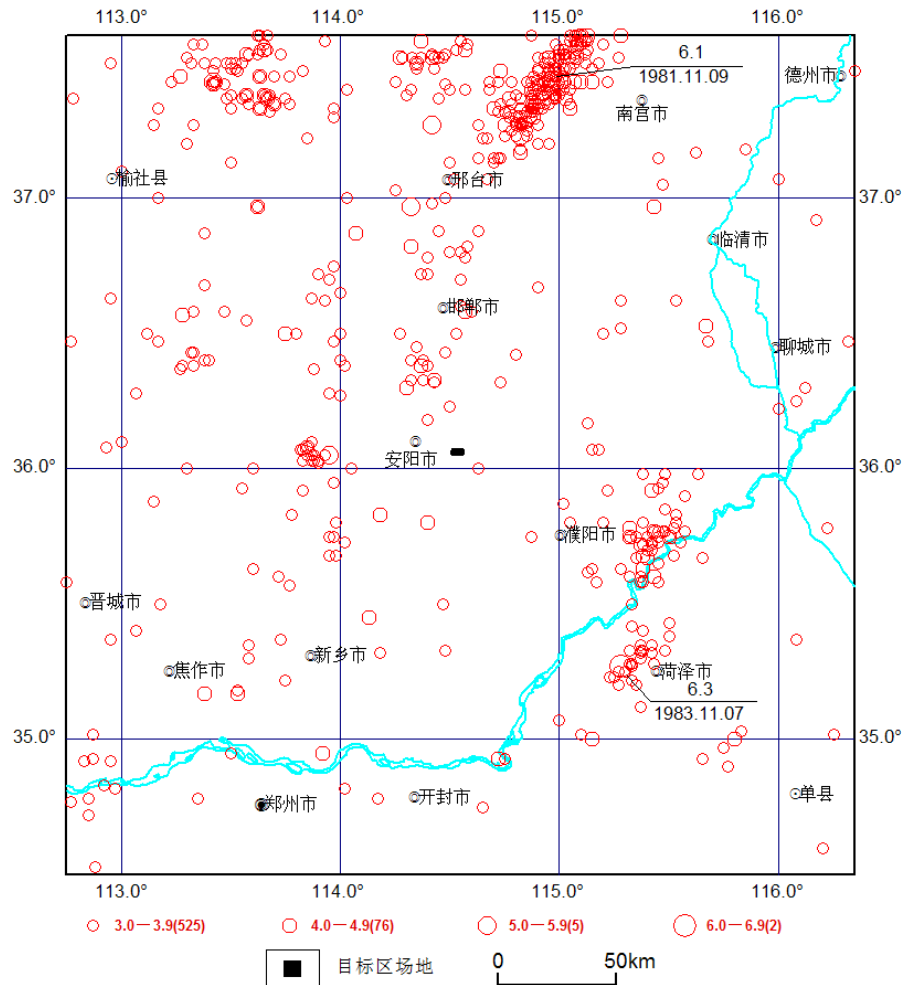


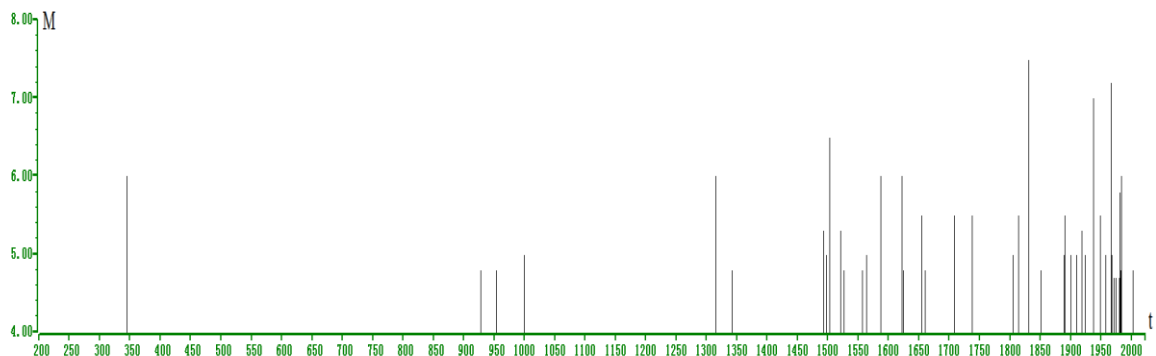
图 1.2-1 区域破坏性地震震中分布图(344~2022.6, $M \geq 4.7$)

图 1.2-2 为 1970 年以来区域 $M \geq 3.0$ 现代地震震中分布图。从图中可以看出，地震集中的地区仍是太行山前地区和聊兰断裂带，与 4.7 级以上历史破坏性地震分布基本一致，说明现代地震活跃区仍可能是未来强震发生的地区。现代地震活动丛集、条带状特征明显，邢台东北部地震活动密集，呈北东向条带状分布；范县-鄄城-菏泽一带地震活动比较密集，呈团簇特征。

图 1.2-2 区域现代地震震中分布图(1970~2022.6, $M \geq 3.0$)

1.2.2 区域地震活动的时间分布特征

图 1.2-3 和图 1.2-4 分别为区域破坏性地震和现代地震随时间的分布。从破坏性地震时间分布图中可以看出, 1485 年以前区域地震记载不全, 漏记较多。自 1485 年以后, 从时序图上可以看出, 大体可划分为 1493~1737 年和 1814 年至今两个地震活跃期, 这与华北地区的地震时序基本上一致。从现代地震时间分布图中可以看出, 区域现代地震活动的活跃时段和平静时段的特征不明显。

图 1.2-3 区域破坏性地震时序图(200 年 1 月~2022 年 6 月, $M \geq 4.7$)

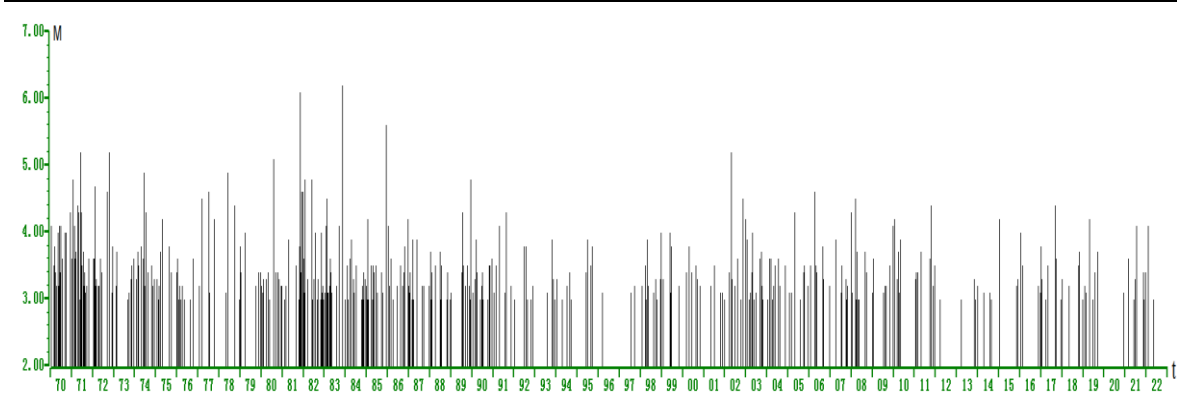


图 1.2-4 区域现代地震时序图(1970~2022 年 6 月， $M \geq 3.0$)

1.2.3 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 1970 年以来有震源深度参数 $M \geq 3.0$ 的 419 次地震统计结果（表 1.2-1），区域内地震震源深度优势分布在 6~25km 范围内，约占总数的 84.3%（图 1.2-5）。总体来看，区域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	21~25	26~30	31~35
地震次数	38	104	79	92	78	23	5
百分比(%)	9.1	24.8	18.9	22.0	18.6	5.5	1.2

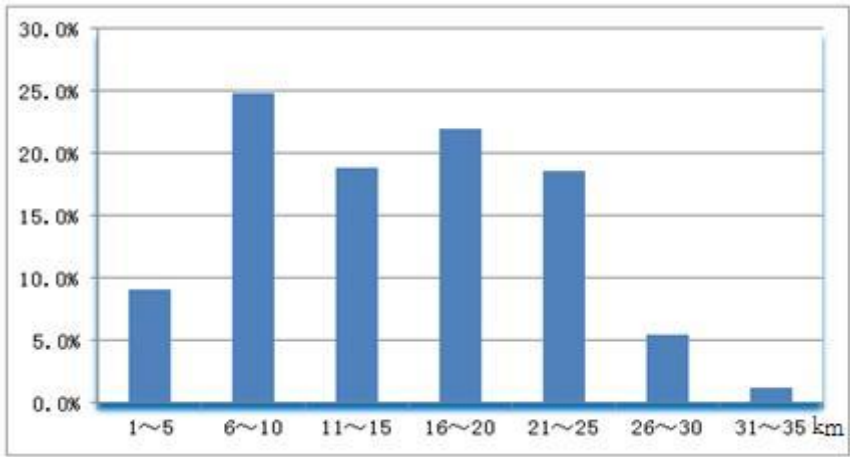


图 1.2-5 区域地震震源深度分布直方图

1.3 地震区、带划分

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、带划分的原则和依据

1、划分原则

地震活动特征和差异是地震区、带划分最重要的原则。它们的活动特征和差异主要表现在时、空分布特点上。具体表现在地震强度分布、频度分布、震源深度分布、 b 值分布、应变积累-释放过程等。另一条重要原则是反映地震孕育发生的构造环境，包括活动构造和深部地壳结构、地球物理场特征以及构造应力场等。

2、划分依据

地震区、带划分是将地震活动特点不同的区域划分开来，以便进行区域发震构造条件的研究及区域地震活动性参数的统计。由于地震活动是受构造条件控制的，因此，在进行地震区、带划分时，不仅要考虑地震活动水平的差异，也要考虑区域构造特征及地球物理场的变化。一般应遵循的依据是：

- (1) 地震的空间分布及活动特征；
- (2) 新构造、现代构造运动的特征；
- (3) 大地构造单元划分及区域构造特征；
- (4) 地壳结构和地球物理场特征。

1.3.3 地震区、带的划分结果

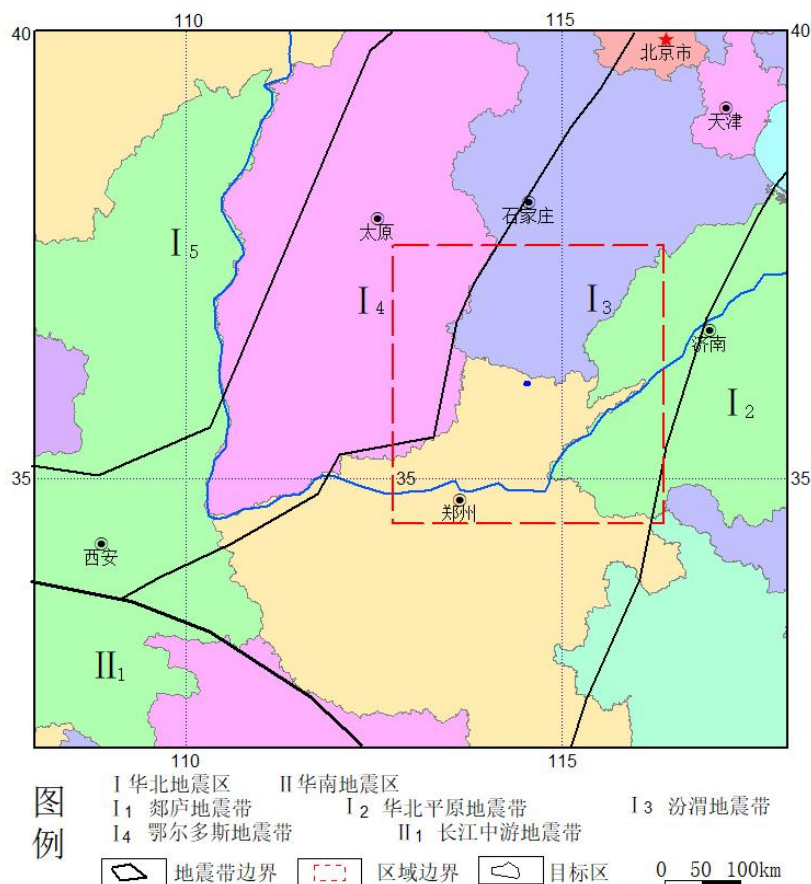


图 1.3-1 区域地震带划分图

在本项目采用了与《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)相一致的地震区、带划分方案,目标区场地位于华北地震区华北地震带内。目标区场区域涉及到华北地震区的华北平原地震带、汾渭地震带和郯庐地震带(图 1.3-1)。

1、华北平原地震带

华北平原地震带呈北北东向展布,为浅源强烈地震活动构造带。主要涉及河南、河北、京津唐地区(图 1.3-2)。本带现代发生过 1966 年邢台 M7.2 级地震和 1976 年唐山 M7.8 级地震等一系列强震,最大一次地震为 1679 年 9 月 2 日河北三河平谷 M8 级地震,地震活动水平较高,共发生 M7.0~8.0 级地震 6 次, M6.0~6.9 级地震 30 次。华北平原地震带主要控制构造为晚新生代继承性强烈活动的北北东向华北平原断陷沉降带,该带形成于早新生代,为系列裂陷作用下的盆岭伸展构造,其北部中部晚新生代沉积厚度 1000-2200m,南部 200~600m,其北部、中部发育一系列雁列展布的北北东向强震断裂构造和相应共轭的北西向横向剪切强震断裂构造。该带北部、中部为大震活动区,南部为中等地震活动区,呈现北强南弱特征。

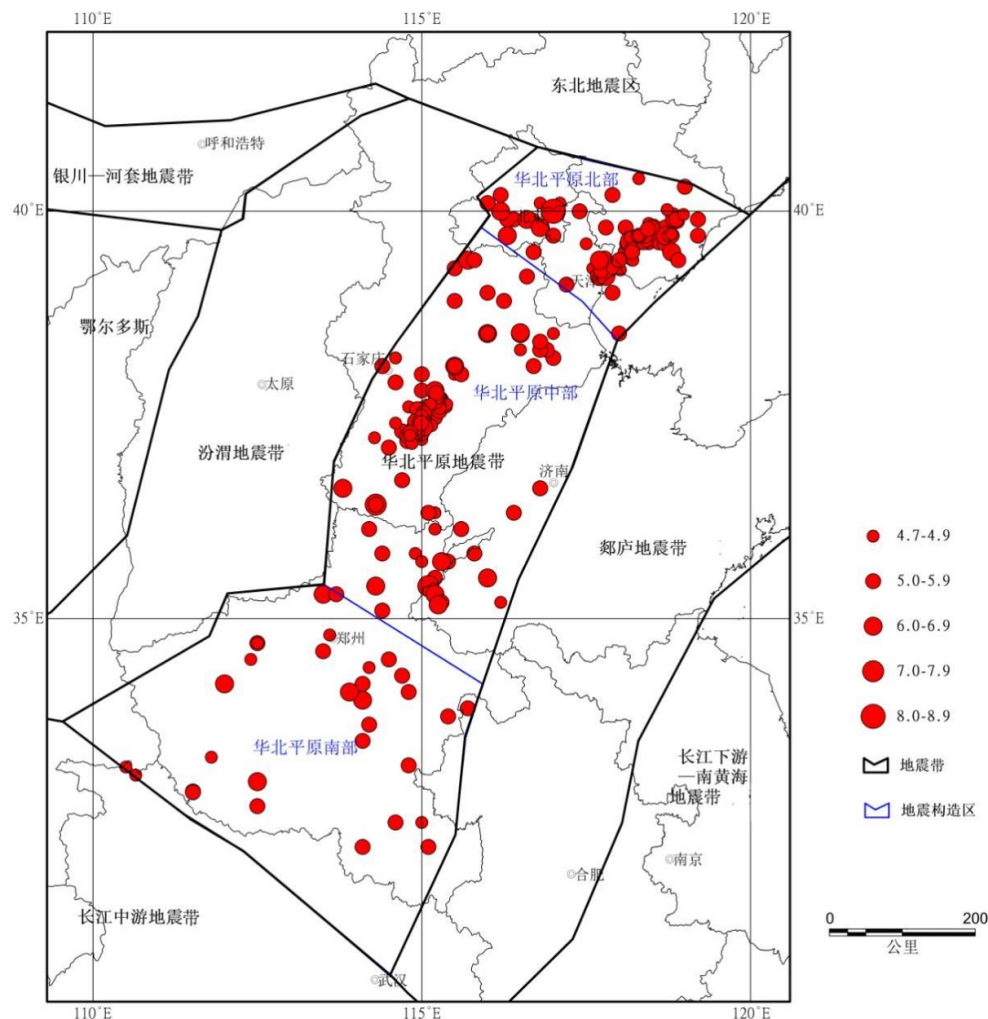


图 1.3-2 华北平原地震带震中分布图

根据活动构造展布、地震活动水平等，本带可分为三部分。北部京津唐地震构造区，强震较频繁，如 1679 年三河平谷 M8.0 级地震、1976 年唐山 M7.8 级地震和滦县 M7.1 级地震，M5.0~6.9 级地震呈北西向与北东向共轭密集分布，区内发育众多全新世、晚更新世活动断裂。中段华北中部地震构造区大震强度稍低，有 1830 年磁县 M7 $\frac{1}{2}$ 级地震、1937 年菏泽 M7.0 级地震，和 1966 年邢台 M7.2、M6.8、M6.7 级强震群，M5.0~6.9 级地震亦较多。区内发育较多的晚更新世活动断裂和少量全新世活动断裂。其华北南部地震构造区为中等地震活动水平，有地震记载以来，共发生 M $\geq 4\frac{3}{4}$ 级地震 20 次，M5.0~5.9 级地震 13 次，M6.0~6.9 级地震 4 次，最大地震为 46 年 10 月河南南阳 M6 $\frac{1}{2}$ 级地震，其次为 1524 年、1820 年许昌附近 2 次 M6.0 级地震，构造展布方向以北西西为主，主要地震构造多为早第四纪断裂，少数为晚更新世活动断裂。

2、汾渭地震带

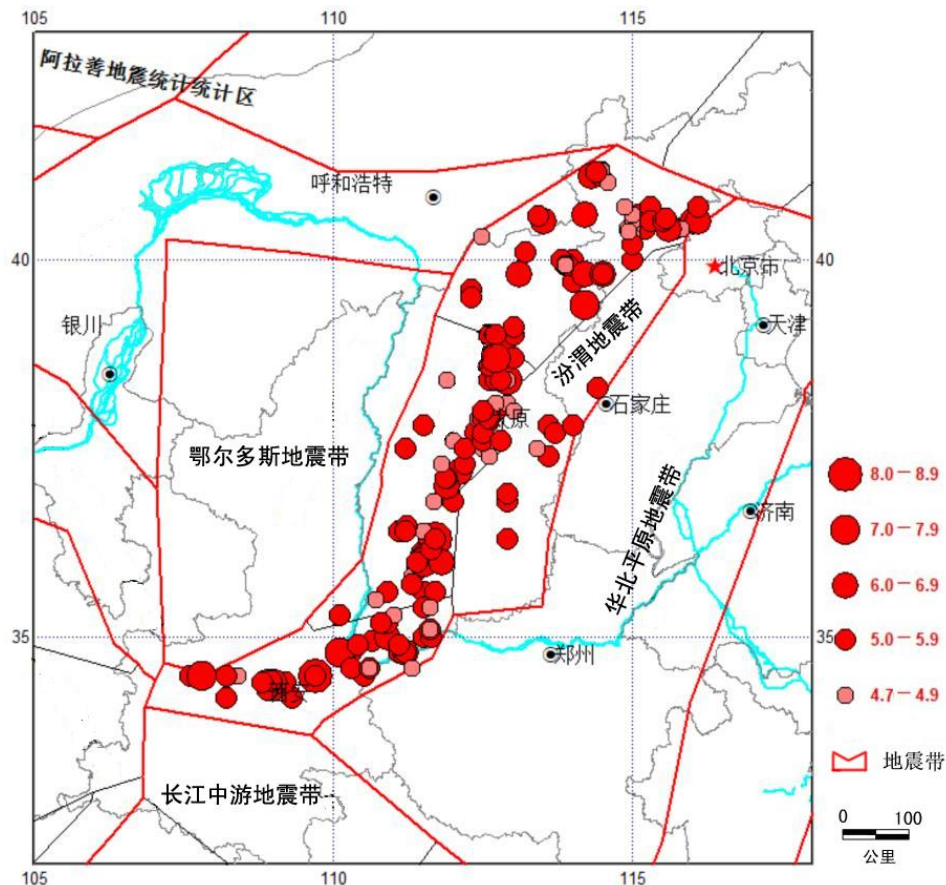


图 1.3-3 汾渭地震带震中分布图

汾渭地震带南起渭河盆地，贯穿山西全境，是华北地区的一个强震活动区。该带北起河北宣化-怀安盆地、怀来-延庆盆地，向南经阳原盆地、蔚县盆地、大同盆地、

忻定盆地、灵丘盆地、太原盆地、临汾盆地、运城盆地至渭河盆地，这一系列盆地构成汾渭地震带（图 1.3-3）。

沿地震构造带存在规模不等的莫氏面隆起，在断陷盆地区地壳明显减薄。本地震带处于两条东西向重力梯度带之间，其间的北北东向重力异常带与地震带位置基本一致。布格重力异常值在 $-80 \sim -200 \times 10^{-5} \text{m.s}^{-2}$ 之间，并存在自北向南减少的趋势。沿断陷盆地看不出明显的航磁异常。有地震记载以来，共发生 8 级以上地震 2 次（1556 年华县 8 $\frac{1}{4}$ 级地震和 1303 年洪洞 8 级地震），M7.0~7.9 级地震 7 次，M6.0~6.9 级地震 22 次，5.0~5.9 级地震 99 次。

3、郯庐地震带

郯庐地震带为浅源强烈地震活动构造带，南起湖北广济，经安徽、江苏、山东、渤海，北达辽宁沈阳附近，总体呈北东东向展布（图 1.3-4）。它包括了以其规模巨大而著称的北北东至南北走向的郯庐断裂带大部及其相关旁邻的北西、北东向活动断裂带。

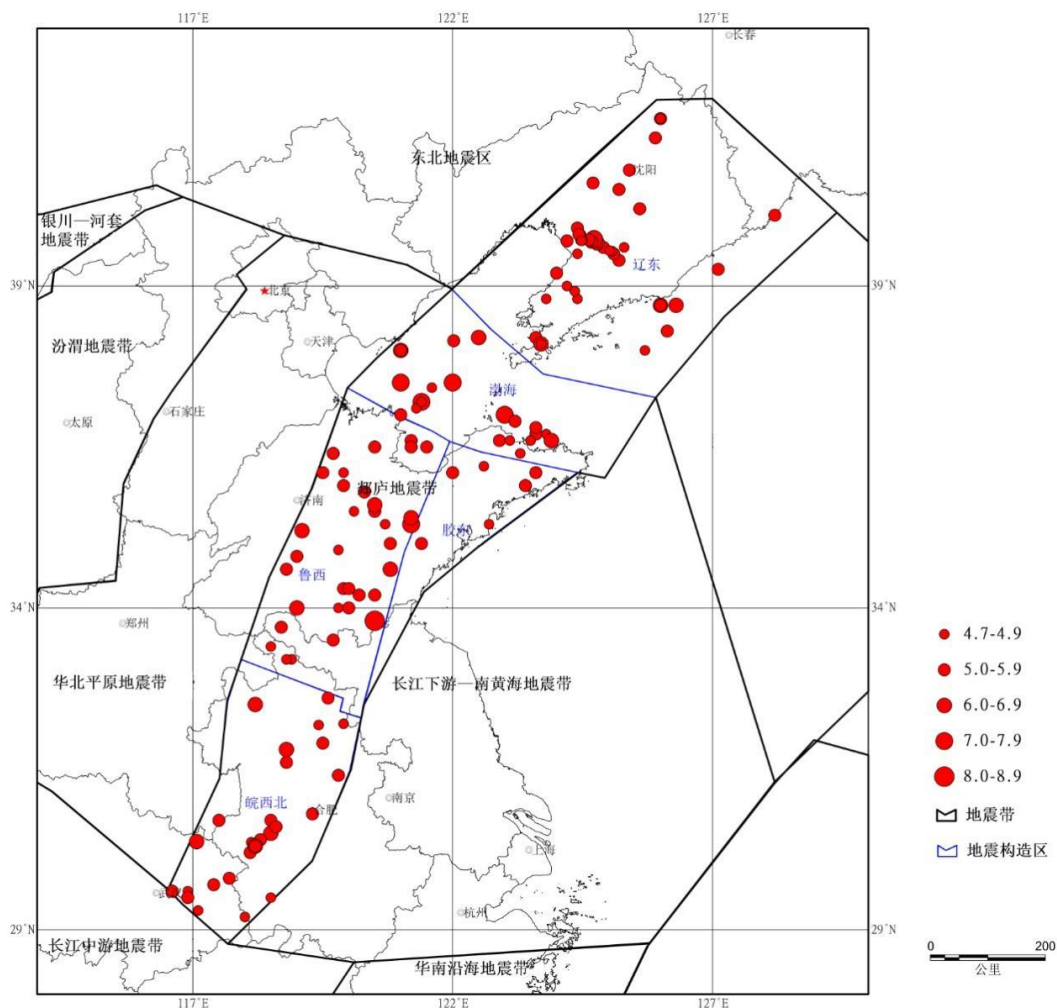


图 1.3-4 郯庐地震带震中分布图

郯庐断裂带形成于中生代，曾是中国东部最重要的左旋走滑深断裂带。新生代以来，郯庐断裂带转变为右旋走滑断裂带。本带自北而南依次划分为辽东地震构造区、渤海区、鲁西-胶东区和皖西北地震构造区等。郯庐地震带历史上以及史前曾发生过一系列大震，其中包括中国东部最强烈的地震。即在沂沭段发生 1668 年山东郯城 $M8\frac{1}{2}$ 级大地震，现代在下辽河、渤海段发生 1969 年渤海 $M7.4$ 级地震和 1975 年辽宁海城 $M7.3$ 级地震等一系列强震。本带强震统计为： $M8\frac{1}{2}$ 级 1 次、 $M7.0\sim7.9$ 级 6 次、 $M6.0\sim6.9$ 级 16 次， $M5.0\sim5.9$ 级地震 78 次。郯庐地震带地震活动鲁西、渤海段最强，北段辽东次之。郯庐地震带南段皖西北地震构造区具有中等地震活动水平，有地震记载以来，共发生 $M\geq4\frac{3}{4}$ 级地震 30 次， $M5.0\sim5.9$ 级地震 18 次， $M6.0\sim6.9$ 级地震 4 次，最大地震为 1831 年 9 月安徽凤台 $M6\frac{1}{4}$ 级地震和 1917 年 1 月安徽霍山 $M6\frac{1}{4}$ 级地震，地震分布多与区内早、中更新世活动的北东-北北东、北西-北西西向主要断裂构造有关。

1.4 各地震带的时间分布特征及活动趋势

同一地震带的地震活动在时间分布上是不均匀的，一般表现出明显的周期性或似周期性。从历史地震资料中人们发现，一个地震带内的地震活动在时间分布上有的时段地震频度低，震级小，表现为相对平静状态；有的时段地震频度高，震级大，表现为显著活动状态，而且地震活动的相对平静阶段和显著活动阶段周期性地重复着。人们将地震活动的这种周期性称为地震带的地震活动周期。

1.4.1 华北平原地震带地震活动时间特征及未来趋势

华北平原地震带最早的地震记载为公元前 1767 年河南偃师 6 级地震。图 1.4-1 为 1400 年以来华北平原地震统计区 $M\geq4.7$ 级地震的 $M-T$ 图与应变释放曲线。从图 1.4-1 可以看，该区 1450 年以来经历有两个地震活跃期，第一活跃期 1485~1679 年，第二活跃期 1791~? 年。第一活跃期 194 年， $M8.0$ 级地震 1 次，即 1679 年三河-平谷 8 级地震， $M6.0\sim6\frac{1}{2}$ 级地震 8 次；第二活跃期 5 次 $7.0\sim7.8$ 级地震、14 次 $6.0\sim6\frac{1}{2}$ 级地震。其间平缓期 128 年，仅有 6 次 $M5.0\sim6\frac{1}{2}$ 级地震。由于历史地震震级评估往往含有 $\Delta\frac{1}{2}$ 级的误差，甚至更大，故第一活跃期似乎遗缺 $M7.0$ 级地震，并且 $M8.0$ 级地震发生后，活跃期嘎然而止，明显遗缺地震记录。这与明末清初社会动荡有关。

华北平原地震带具有如下特征：①具有大震频发的迁移现象，②1679 年三河-平谷 $M8.0$ 级地震、1830 年磁县 $M7\frac{1}{2}$ 级地震和 1976 年唐山 $M7.8$ 级地震之间时距几乎相等，即 151 年与 149 年。③大震活动子幕之间具有较强中等地震活动水平。④

1790 年以来, 大体可识别 4 个地震活动子幕, 即 1790~1835 年磁县 $7\frac{1}{2}$ 级大震活跃幕, 1880~1925 年深县 1882 年 $M6.0$ 级地震平缓活动幕, 1935~1983 年唐山 $M7.8$ 级大震群活跃幕。1835~1880 年间地震稀少, 仅一次 $M4\frac{3}{4}$ 级地震, 这或许与咸丰、同治时期社会动荡有关, 暂定为地震平静幕。目前华北地区地震活动处于第四活动期, 第四活动期的地震活动大释放高潮时段已过, 当下为第四活动期的地震平静幕。因此, 未来百年华北平原地震带地震活动参数宜以平均地震活动水平 ($M6.0-7.0$ 级) 来估计。

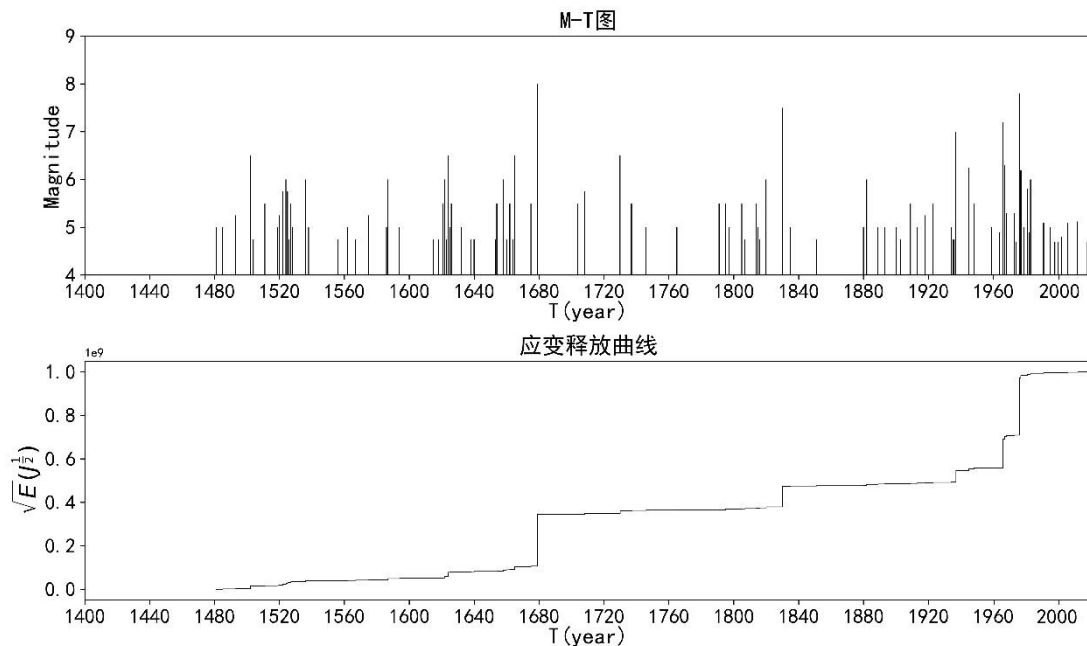


图 1.4-1 公元 1400 年以来华北平原地震带 M-T 及应变释放曲线

1.4.2 汾渭地震带地震活动时间特征及未来趋势

汾渭地震带自地震记载以来, 公元 1000 年以前地震资料缺失严重。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 1.4-2 给出了汾渭地震带公元 1020 年以来 $M4.7$ 级以上地震的 M-T 图和应变释放曲线。从图上看, 该带 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 $6.0 \sim 6.9$ 级地震; 第二活跃期活动了 236 年, 共记到 1 次 8 级地震, 5 次 $7.0 \sim 7.9$ 级地震, 10 次 $6.0 \sim 6.9$ 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 6.1 级地震。显示这个地震带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，应以本地震带活跃期的地震活动水平来估。

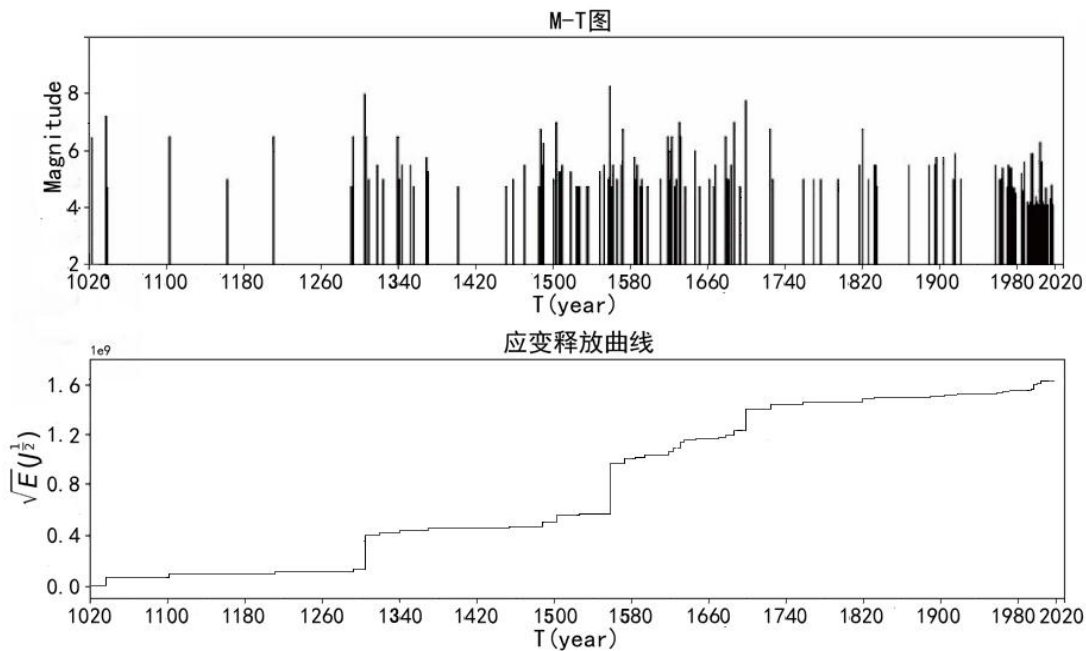


图 1.4-2 公元 1020 年以来汾渭地震带 M-T 及应变释放曲线

1.4.3 郯庐地震带地震活动时间特征及未来趋势

郯庐地震带最早的地震记载为公元前 70 年 6 月 1 日安丘 7 级地震。图 1.4-3 为 1400 年以来郯庐地震带 $M \geq 4.7$ 级地震的 M-T 图与应变释放曲线。由图 1.4-3 可知，1400 年以来该带经历有两个地震活跃期（1477~1687，1829~？）。

第一活跃期 1477-1687 年，最大地震为 1668 年山东郯城 $M8\frac{1}{2}$ 级特大地震，2 次 $M7.0$ 级地震分别为渤海内 1548 年、1597 年地震事件，尚有 4 次 $M6.0$ 级地震和近 20 余次 5 级左右地震，如 1652 年安徽霍山 $M6.0$ 级地震和 1568 年渤海 $M6.0$ 级地震等。它们鲜有与 1668 年郯城 $8\frac{1}{2}$ 级地震所处鲁西地震构造区、沂沭断裂段相匹配的分布，而是大致位于郯庐地震带南北两端区、在时空统计上构成了相关性，即渤海二次 7 级地震分别距 1668 年 $8\frac{1}{2}$ 级地震的时距为 120 年和 71 年，并且 1652 年皖西北霍山 $M6.0$ 级地震仅相距 16 年。它们具有历史“前震”序列性质。

第一活跃期结束后，1688 年至 1828 年本带处于相当平静的状态，仅有 6 次较小中等地震，即约 142 年的地震平静期。

第二活跃期大致为 1829 年至今，初始即有 1829 年山东临朐 $M6\frac{1}{4}$ 级地震和 1831 年安徽凤台 $M6\frac{1}{4}$ 级地震，但其前 30 年，后 16 年均无 $M5.0$ 级左右地震伴随，可能缺记遗漏。第二活跃期大致可划分为三个地震活动子幕。第①子幕为 1829~1888 年，约 60 年，十来次中等地震活动后 1888 年发生渤海 $M7\frac{1}{2}$ 级地震，但缺相关余震记载。

第②子幕为 1906~1954 年, 约 48 年, 具有较强中等地震活动, 曾发生 6 次 $M6.0-6\frac{3}{4}$ 级地震, 即 1917 年安徽霍山 $M6\frac{1}{4}$ 级地震和 1922 年渤海 $M6\frac{1}{2}$ 级地震、1944 年丹东 $M6\frac{3}{4}$ 级地震和 1948 年威海 $M6.0$ 级地震等。第③子幕为 1967 年至今, 先后在渤海、辽宁海城发生 1969 年 $M7.4$ 级地震、1975 年 $M7.3$ 级地震和近十次中等地震。

就郯庐地震带第二活跃期至今的地震构造特征分析, 它颇有几分类似于第一活跃期 1668 年 $M8\frac{1}{2}$ 级地震前的地震构造分布特征, 即北段辽东、渤海两地震构造区 $M6.0-7.5$ 级地震相继连发, 南段皖西北地震构造区中等地震活跃, 而鲁西地震构造区沂沭断裂段鲜有较小中等地震。这是其一。其二华北地震区华北平原地震带、郯庐地震带、长江下游南黄海地震带在第二地震活跃期共同塑造了华北地震区内的“地震环”, 郯庐断裂带作为曾经的特大地震构造位居其中间, 存在大震从渤海向“缺震”的鲁西迁移的可能。其三, 2005 年九江 - 瑞昌 $M5.7$ 级地震和 2011 年安庆 $M4.8$ 级地震前, 郯庐带二度存在 $M4.0$ 级地震的前兆条带。

然而, 另一方面沂沭段史前地震考查, 揭示大震重复时距约 2500~3000 年。因此, 从保守角度权衡, 在顾及到郯庐带中段并不能排除 $M7.0\sim M7\frac{1}{2}$ 级地震背景条件下, 未来百年, 郯庐地震带地震活动参数宜以活跃期水平估计。

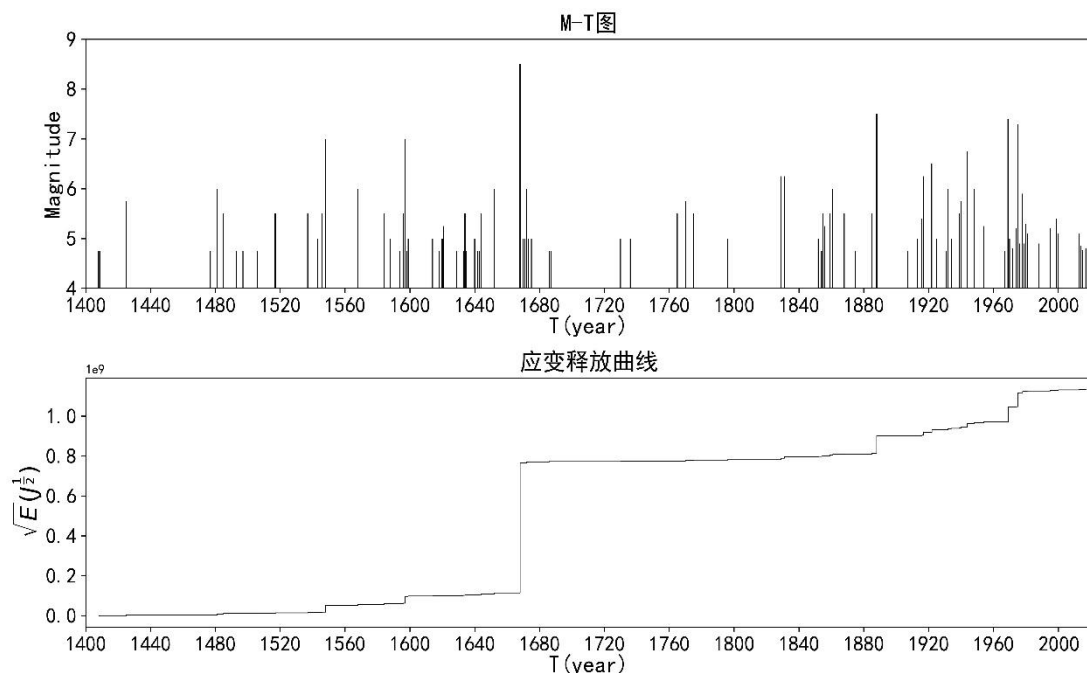


图 1.4-3 公元 1400 年以来郯庐地震带 M-T 及应变释放曲线图

1.5 历史破坏性地震对目标区的影响

分析历史破坏性地震对目标区的影响, 是本项工程地震安全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，给出它们对目标区内场地的实际影响烈度；另一方面是应用地震烈度衰减关系式，计算历史地震对目标区内场地的影响烈度值。

1.5.1 历史破坏性地震影响

对目标区造成较大影响($\geq V$ 度)的历史破坏性地震事件共计 18 次，见表 1.5-1，对其中几个较大的破坏性地震的影响情况简述如下：

1、1303 年 9 月 25 日山西赵城、洪洞 8 级地震

据记载：“太原、平阳二路尤甚，坏官民庐舍十万计，宫观摧毁者 1400 余区；山摧阜移，村堡移徙，地裂成渠，赵城、洪洞、临汾三县之利泽渠圯坏；压死者 20 余万（或说死十万有余），伤数十万人”。

“赵城：本县尤重，靡有孑遗，庙学圯，娲皇庙(东门外五里许侯村)倾圯，长春观(县南上纪落村)观洞屋庐摧圯，为之一空。上下渠堰陷坏，水不得通流。营田东北山摧阜移，范宣义郇堡山移徙十余里，所过居民庐舍皆摧压倾圯。”

“洪洞：儒学震陷。广胜寺下寺摧毁殆尽，城隍祀倾，二者震后俱重建。城南渡涧二里附近安乐庙圯，济民渠(在汾州里)尔堤兑塌。甘亭乡北羊村三教庙扫地俱空，瓦砾可伤。淹底乡上张村灵睨殿殿宇崩坏。古罗乡上寨村三教庙倾圯。”

震中烈度为XI度，目标区场地宏观影响烈度达VI度（图 1.5-1）。

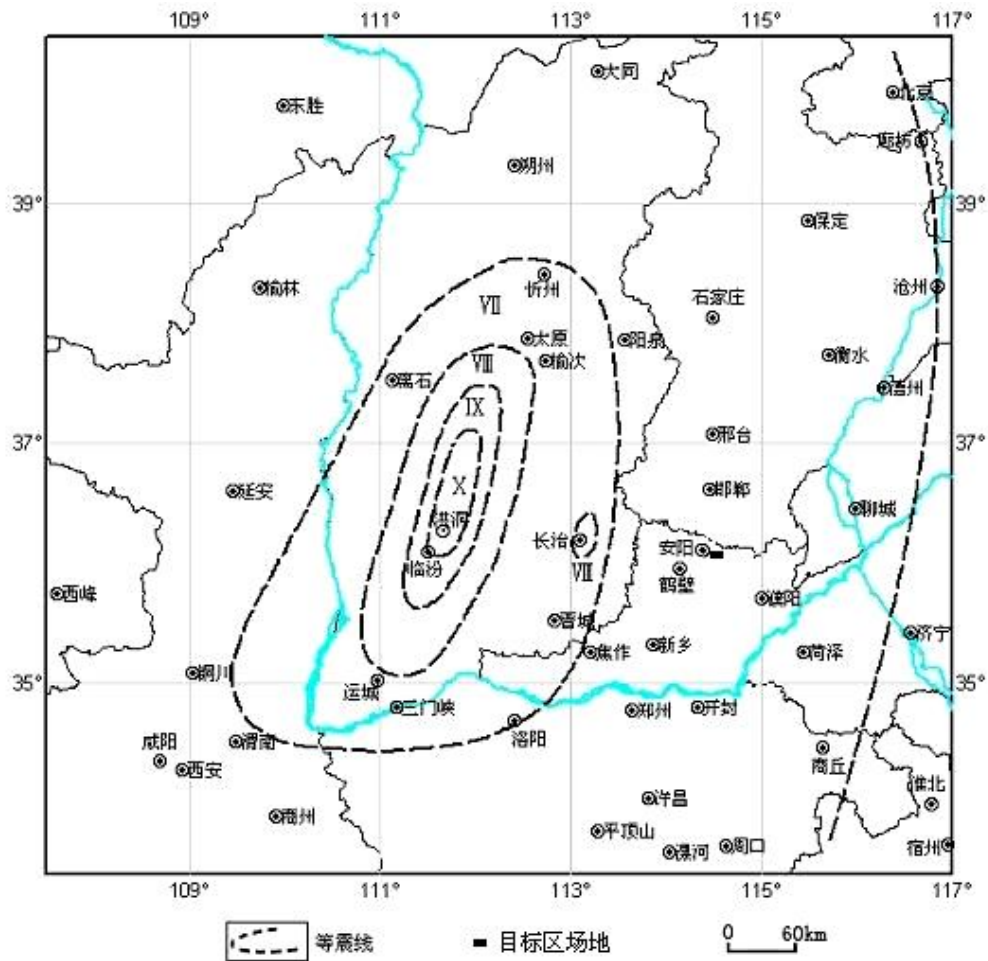


图 1.5-1 1303 年 9 月 25 日山西赵城、洪洞 8 级地震等震线图

2、1502 年 10 月 27 日河南濮城 $6\frac{1}{2}$ 级地震

据史料记载：“河南、河北、山东、山西同日地震，有声如雷，坏城垣民舍，压死 100 余人，井水溢，平地开裂涌泉，沙土随水涌出。濮州（今范县西南濮城镇）尤甚；动摇泰山，远及千里。”

“濮城：坏城垣，民居倾坏者 1000 余，压死 100 余人（一说 50 余人）。井水溢，地裂涌水出沙。”

波及河南、山东、河北、山西、江苏等省。地震震中烈度达Ⅷ度，对目标区场地影响烈度为Ⅴ度（图 1.5-2）。

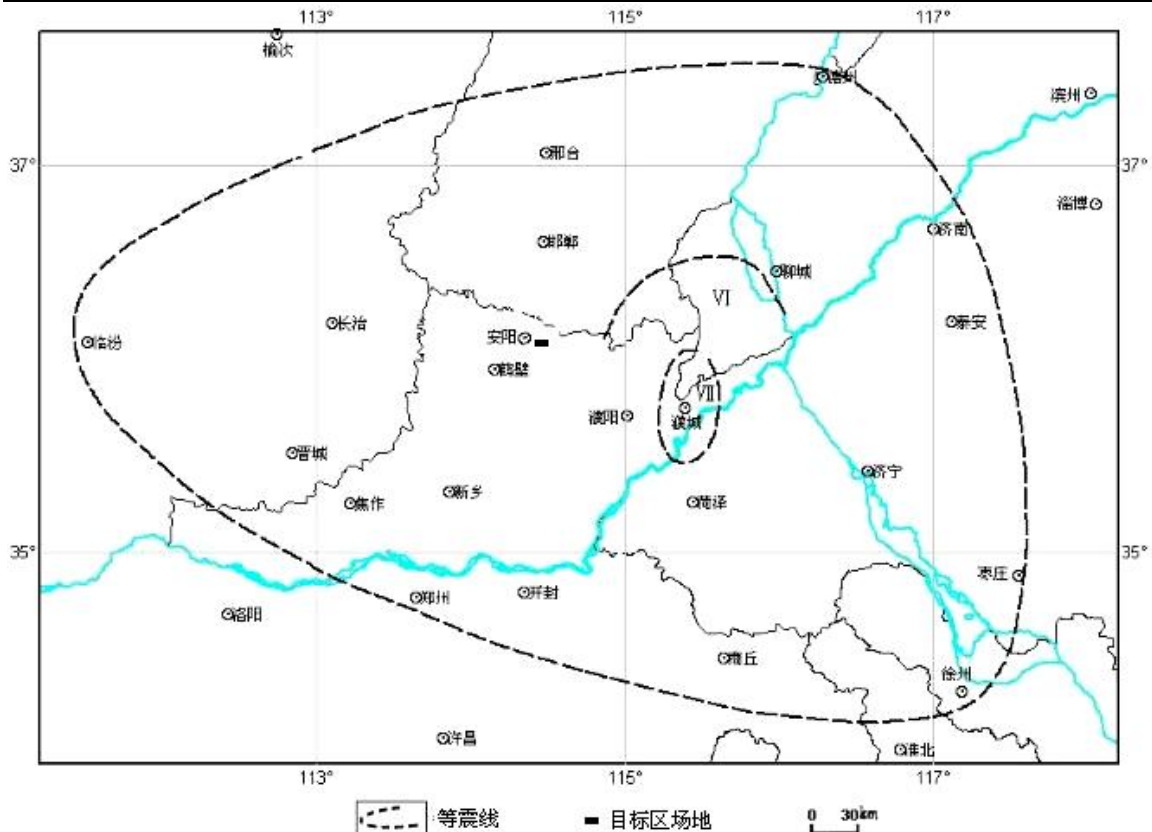


图 1.5-2 1502 年 10 月 27 日河南濮城 $6\frac{1}{2}$ 级地震等震线

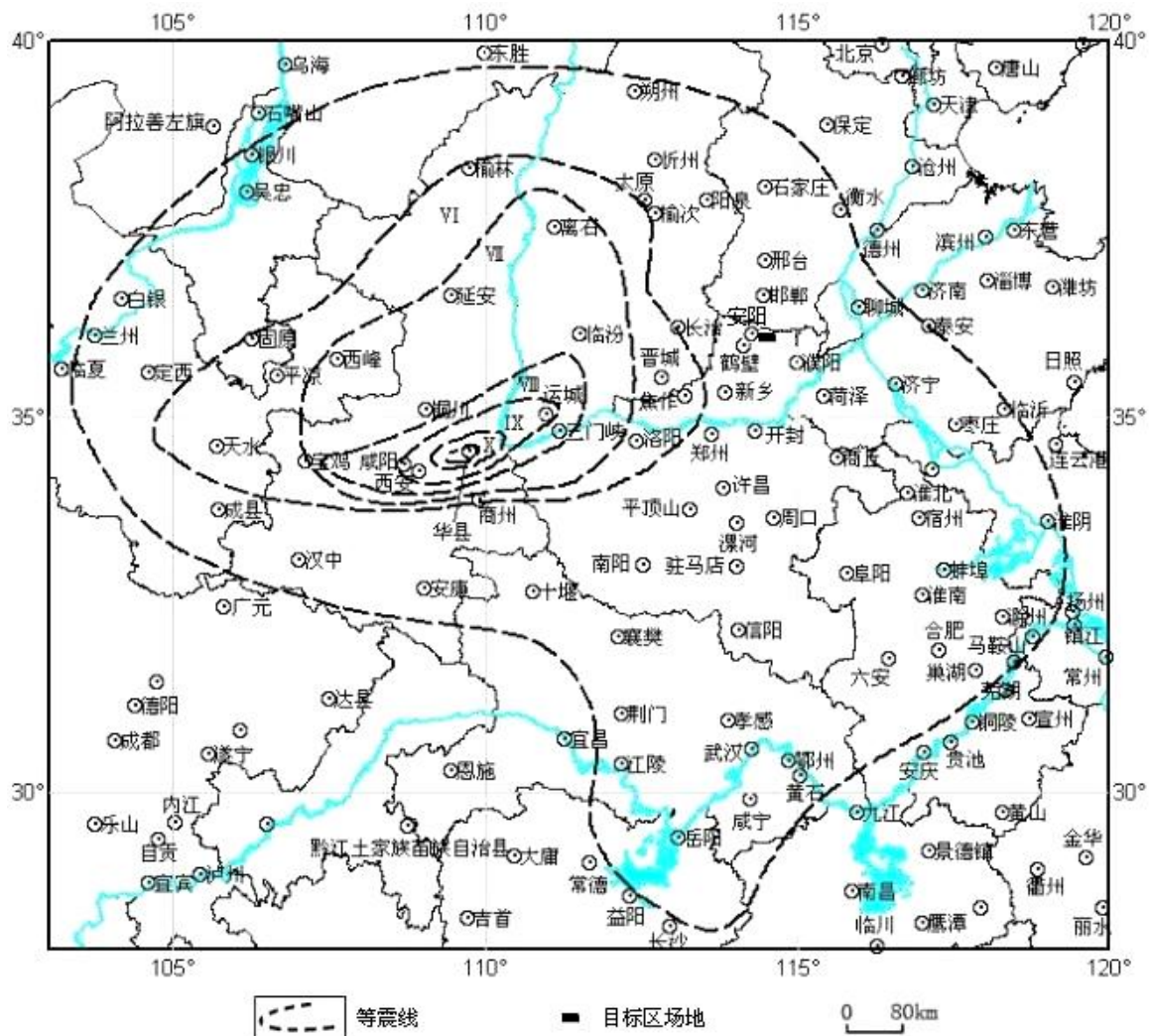
3、1556 年 2 月 2 日陕西华县 $8\frac{1}{4}$ 级地震

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。军民因压、溺、饥、疫、焚而死者不可胜计，其奏报有名者 83 万有奇，不知名者复不可数。”

“陕西、山西、河南三省 97 州县遭受破坏。波及陕西、山西、河南、甘肃、河北、山东、湖北、湖南、江苏、安徽等 11 省 130 余县。”

震中烈度为 XI 度，目标区场地宏观影响烈度达 V 度(图 1.5-3)。

图 1.5-3 1556 年 2 月 2 日陕西华县 $8\frac{1}{4}$ 级地震等震线

4、1668 年 7 月 25 日山东郯城 $8\frac{1}{2}$ 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。目标区场地宏观影响烈度达 VI 度(图 1.5-4)。

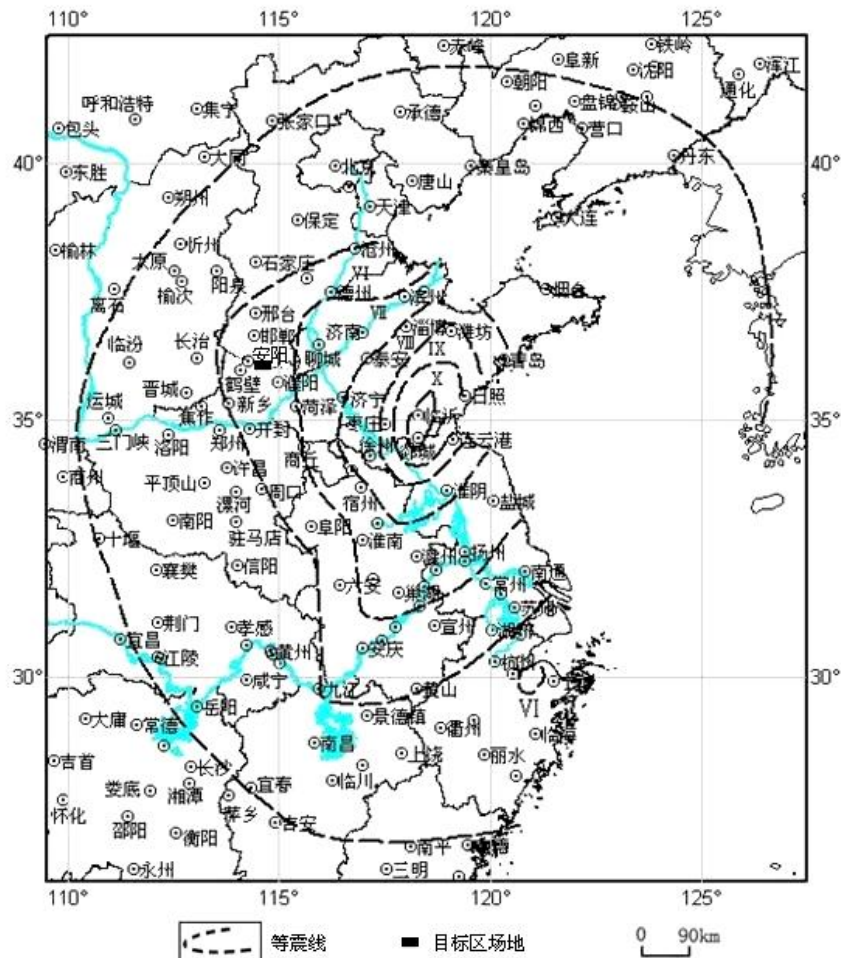


图 1.5-4 1668 年 7 月 25 日山东郯城 $8\frac{1}{2}$ 级地震等震线图

5、1695 年 5 月 18 日山西临汾 $7\frac{3}{4}$ 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：城垛崩颓数十丈，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。目标区场地宏观影响烈度为 V~VI 度见图（1.5-5）。

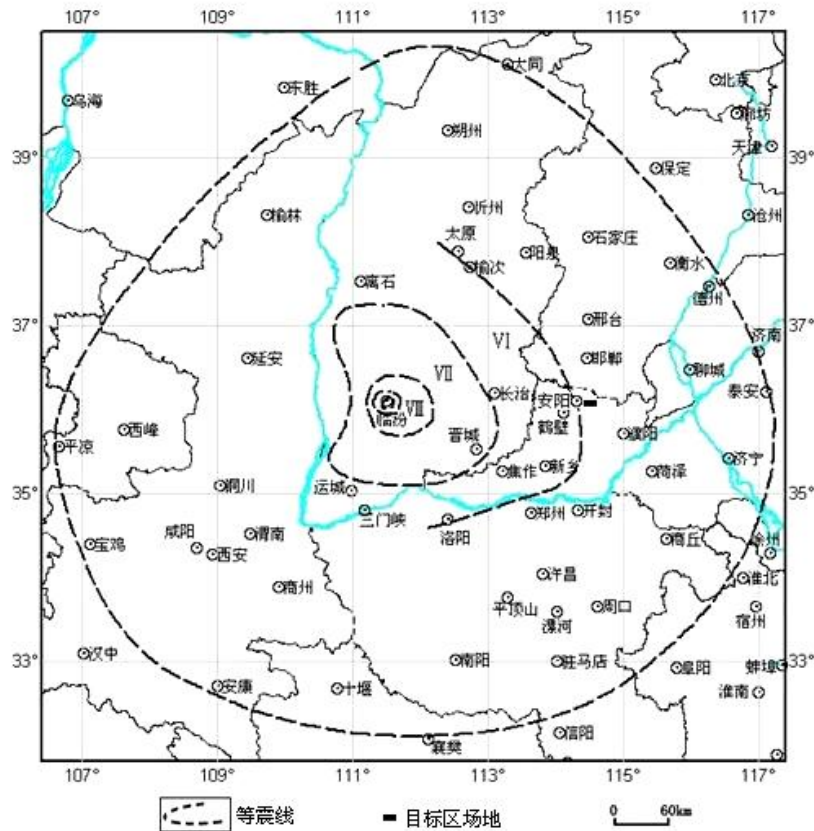


图 1.5-5 1695 年 5 月 18 日山西临汾 7 $\frac{3}{4}$ 级地震等震线图

6、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，莹墓皆平，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(今淄阳)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，目标区场地宏观影响烈度达 VII 度（图 1.5-6）。

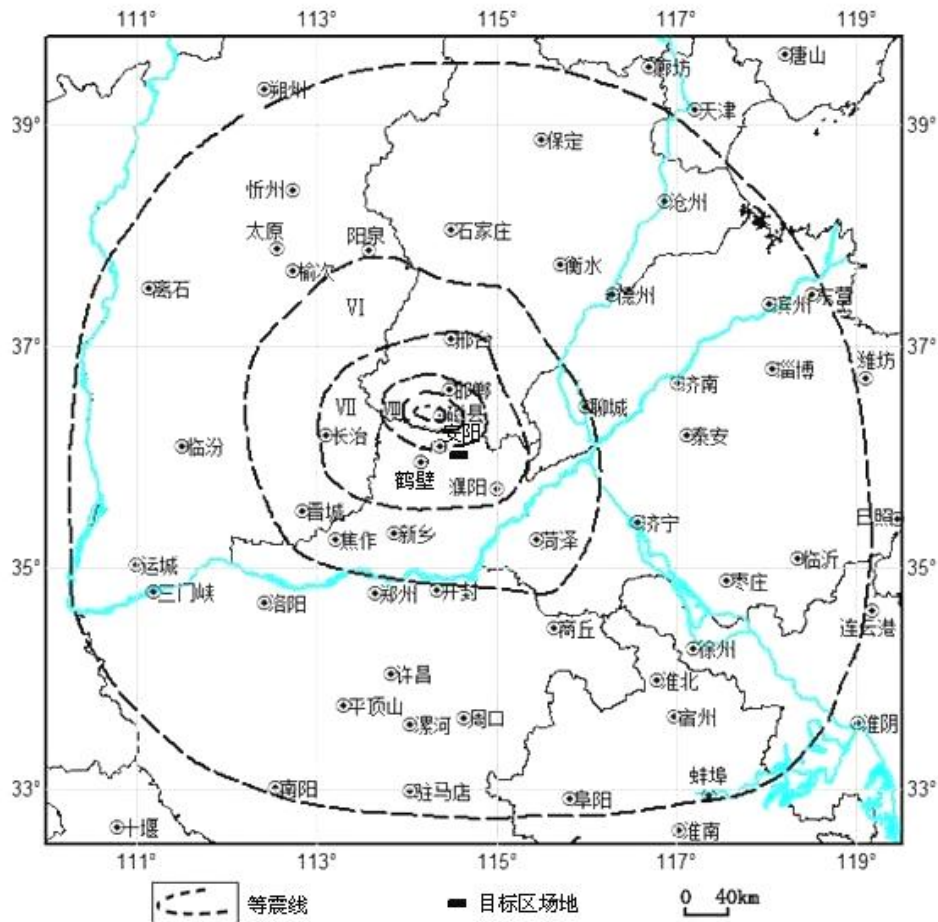


图 1.5-6 1830 年 6 月 12 日河北磁县 $7\frac{1}{2}$ 级地震等震线

7、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。”

震中烈度为 XII 度，目标区场地宏观影响烈度达 V 度(图 1.5-7)。

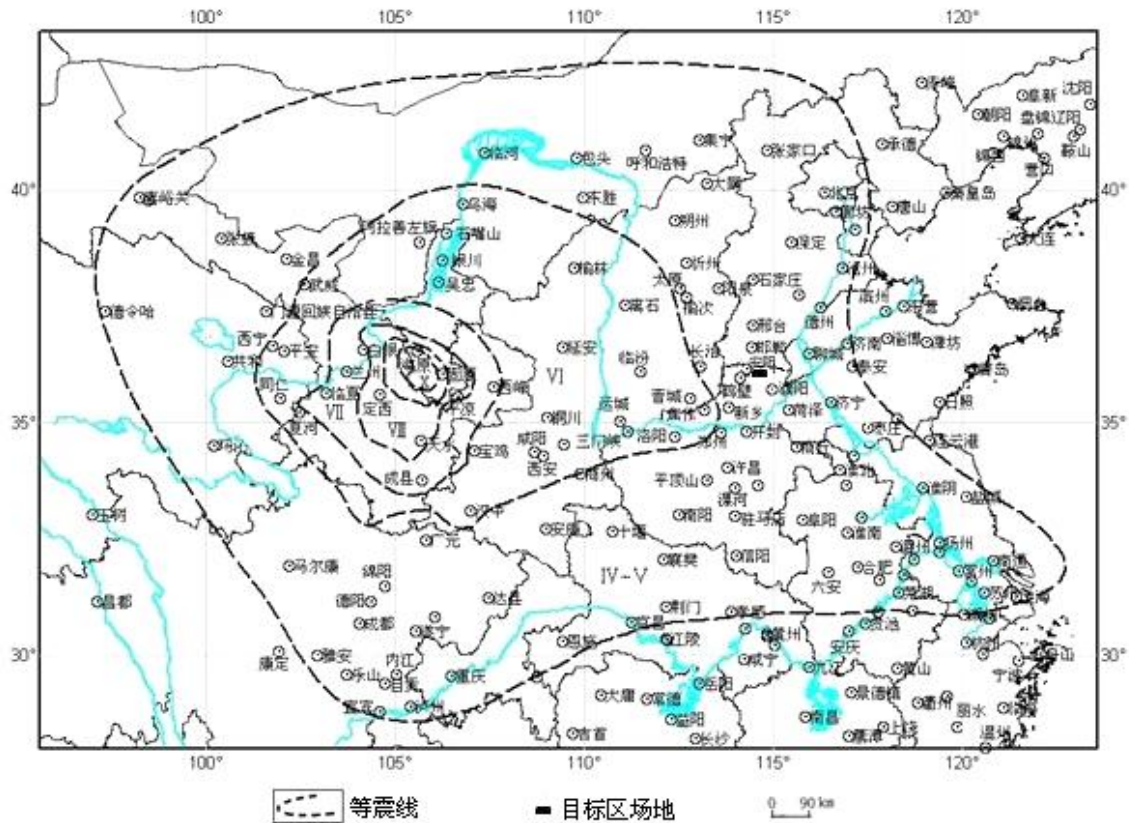


图 1.5-7 1920 年 12 月 16 日宁夏海原 $8\frac{1}{2}$ 级地震等震线图

8、1937 年 8 月 1 日山东菏泽 7 级地震

此次地震影响范围大，北起北京，南至江苏南京、安徽霍山、湖北武汉；西自河南灵宝、山西平陆，东达黄海、渤海沿岸及其海域，陆地有感面积约 65 万平方千米。其中山东的菏泽、东明、定陶、成武、单县，以及当时属河北的长垣县黄河东岸的几个乡（现属菏泽市）震害最为严重。据 1937 年 8 月 28 日当时的报纸报道，仅菏泽县 22 个乡中的 16 个乡的不完全统计，该次地震死亡达 3350 人、受伤 12701 人，牲畜死亡 2719 头，房屋倒塌 320061 间。

震中烈度为 IX 度，目标区场地宏观影响烈度达 VI 度(图 1.5-8)。

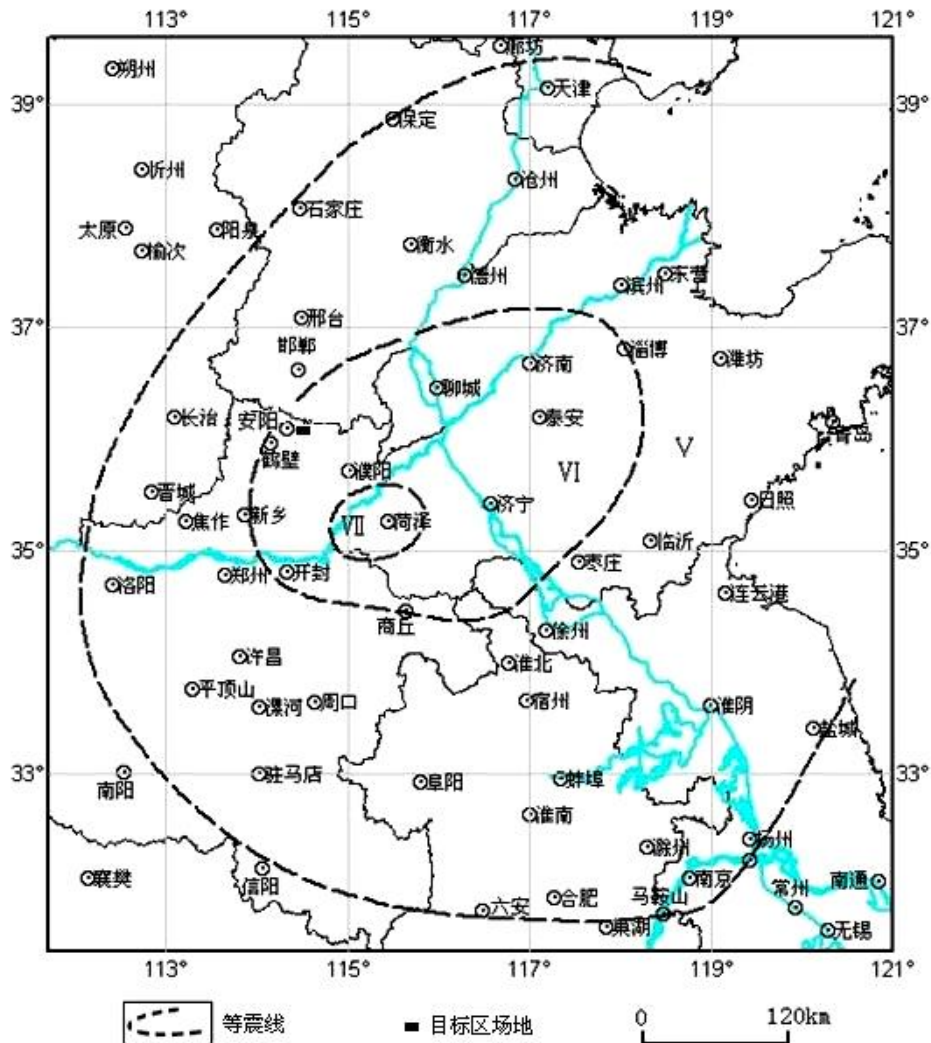


图 1.5-8 1937 年 8 月 1 日山东菏泽 7 级地震等震线

9、1966 年 3 月 22 日河北宁晋东南 7.2 级地震

极震区以宁晋县东汪镇为中心，北到尧台，南到史家嘴，西临大曹庄，东到贾家口，其面积约 137 平方公里，在该区冒水、冒沙规模大而普遍，村内外宽大裂缝纵横交错，地裂缝宽达 0.7 米左右，绵延数十米至数公里不等，很多地方裂缝两侧上下错动几十厘米。宁晋县东部及东南部各公社破坏严重，房屋全部或绝大部分倒塌，地裂、喷沙冒水较普遍。城关镇房屋绝大部分倒塌，街道呈一片瓦砾，交通阻塞，几座石碑坊全部倒塌，破坏范围很大。

震中烈度为 X 度，目标区场地宏观烈度达 VI 度（图 1.5-9）。

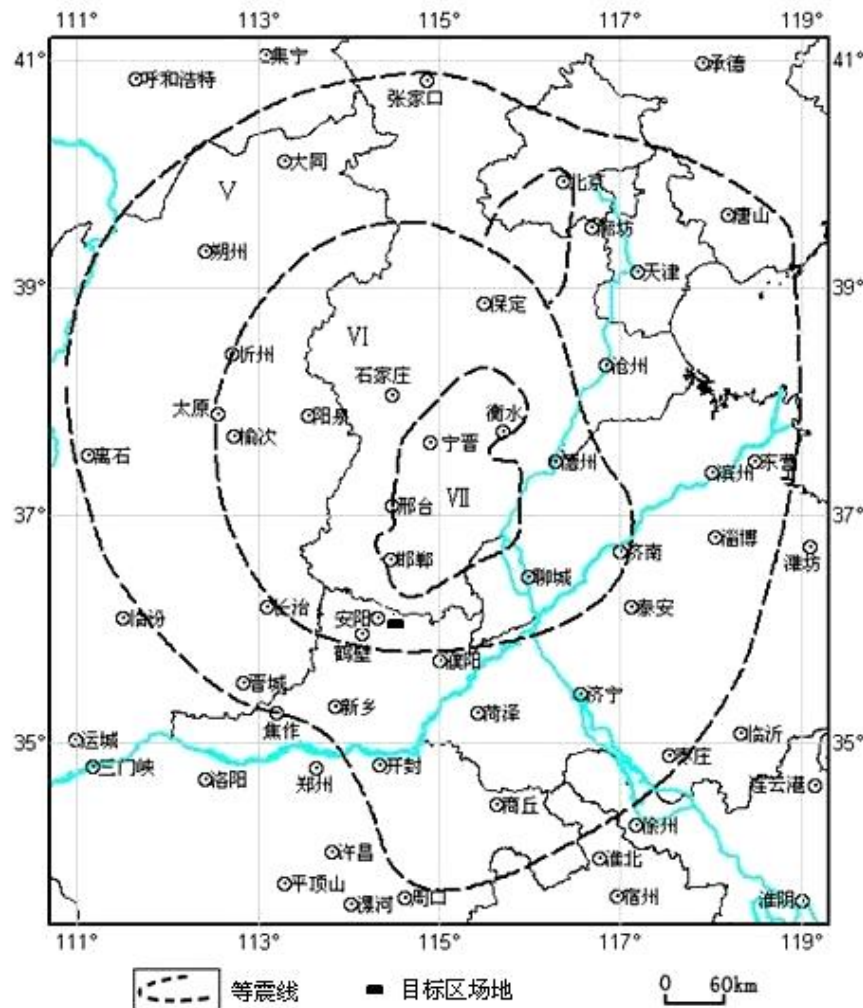


图 1.5-9 1966 年 3 月 22 日河北宁晋东南 7.2 级地震等震线图

1.5.2 影响烈度的统计分析

历史破坏性地震对场地场地的影响，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，可以采用中国地震动参数第五代区划图的成果中所给出的破坏性地震烈度衰减关系获得，具体为：

$$\text{长轴方向: } I_a = 5.841 + 1.071M - 3.657Lg(R_a + 15) \quad \sigma_{I_a} = 0.5200$$

$$\text{短轴方向: } I_b = 3.944 + 1.071M - 2.845Lg(R_b + 7) \quad \sigma_{I_b} = 0.5200$$

式中 R 为震中距，单位为 km ， M 为震级。

经过计算，选取两个方向影响烈度最大的数值，给出了对目标区场地的影响烈度，见表 1.5-1。

表 1.5-1 给出了目标区场地所遭受的破坏性地震影响烈度，表中目标区场地影响烈度有等震线资料的以宏观影响烈度为准，无等震线资料的以计算烈度为准。历史破坏性地震对场地的最大影响烈度为Ⅶ度。历史地震对目标区场地的最大影响烈度为Ⅷ度。

表 1.5-1 历史破坏性地震目标区影响烈度

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		
		北纬 (°)	东经 (°)	地名				计算烈度	宏观烈度	综合影响
1	344.12.-	35.4	114.3	河南卫辉东	6	VIII	79	5.1		V
2	1303.09.25	36.3	111.7	山西赵城、洪洞	8	XI	257		VI	VI
3	1314.10.13	36.6	113.8	河北涉县	6	VIII	89	4.9		V
4	1502.10.27	35.7	115.3	河南濮城	$6\frac{1}{2}$	VIII	80		V	V
5	1556.02.02	34.5	109.7	陕西华县	$8\frac{1}{4}$	XI	474		V	V
6	1814.02.04	35.8	114.4	河南汤阴、浚县间	$5\frac{1}{2}$	VII	34	5.6		VI
7	1668.07.25	34.8	118.5	山东郯城	$8\frac{1}{2}$	\geq XI	385		VI	VI
8	1695.05.18	36.0	111.5	山西临汾	$7\frac{3}{4}$	X	275		VI	VI
9	1830.06.12	36.4	114.3	河北磁县	$7\frac{1}{2}$	X	42		VII	VII
10	1830.06.13	36.4	114.3	河北磁县	$5\frac{1}{2}$		42	5.3		V
11	1830.06.26	36.4	114.3	河北磁县	$5\frac{3}{4}$	VII+	42	5.6		V
12	1900.05.01	36.1	114.2	河南安阳西	5	VI	32	5.1		V
13	1920.12.16	36.5	105.7	宁夏海原	$8\frac{1}{2}$	XII	795		V	V
14	1937.08.01	35.2	115.3	山东菏泽	7	IX	119		VI	VI
15	1937.08.01	35.3	115.4	山东菏泽	$6\frac{3}{4}$	VIII	116	5.3		V
16	1966.03.08	37.35	114.92	河北隆尧东	6.8	IX+	145	5.1		V
17	1966.03.22	37.50	115.08	河北宁晋东南	6.7		165	4.8		V
18	1966.03.22	37.53	115.05	河北宁晋	7.2	X	167		VI	VI

1.6 区域现代构造应力场特征

震源机制解对于目标区域的地震研究、孕震成因及构造应力分布特征，具有重要的意义，也是人们深刻了解和认识震源断层动力学特征、地震破裂力学机制、构造应力场状态的有效途径。本项目通过收集、整理相关研究资料，得到了区域内 167 个 $M \geq 2.0$ 现代地震的震源机制解资料 ($M \geq 3.0$ 地震震源机制解见表 1.6-1)。图 1.6-1 为区域地震震源机制解分布图，可以看出，区域内地震断层以走滑型断层类型为主，也有少量的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 1.6-2 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，主压应力轴优势方向为 NEE-SWW 方位，主张应力轴方向为

NNW-SSE 方位；P、T 轴的仰角集中于 40° 以下。说明区域主要处于近东西走向的压应力和近南北走向的张应力的构造应力场作用，区域构造应力场主要为近水平向。

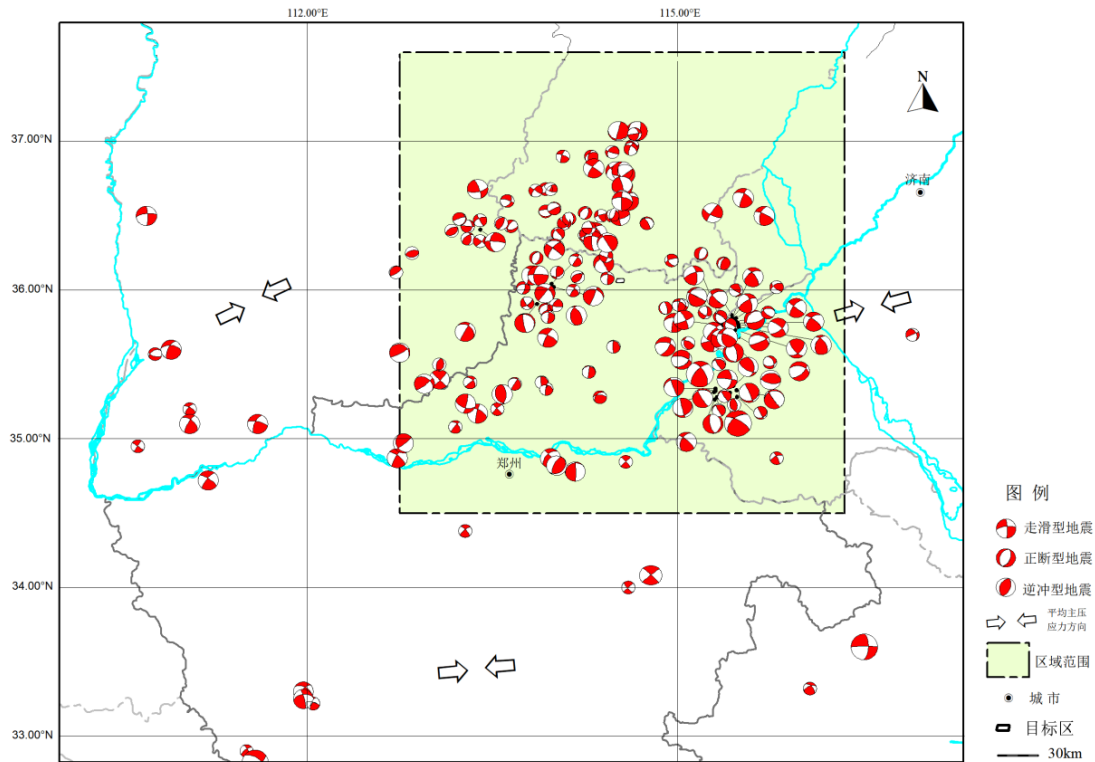


图 1.6-1 地震震源机制解

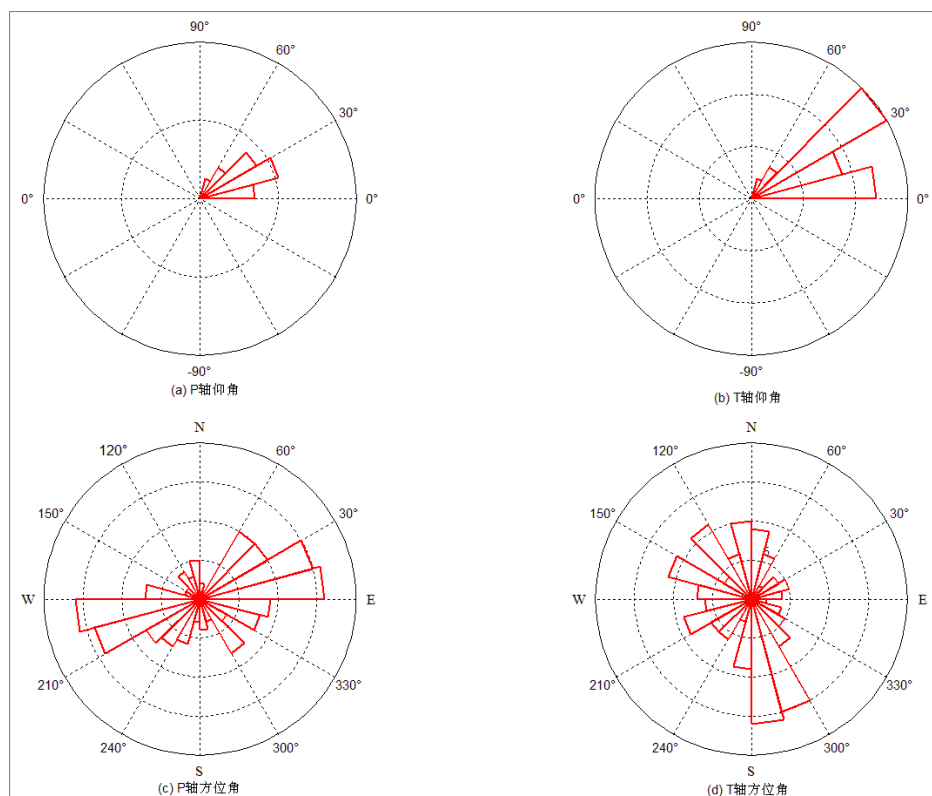


图 1.6-2 区域地震震源机制解 P、T 轴的方位角与仰角分布图

第一章 地震活动性

表 1.6-1 区域部分地震震源机制解(M≥3.0)

序号	发震时间	地震位置		M	H (km)	节面 A			节面 B			P		T	
	年月日	N(度分)	E(度分)			走向(°)	倾向	倾角(°)	走向(°)	倾向	倾角(°)	走向(°)	仰角(°)	走向(°)	仰角(°)
1	19780605	35°21'	113°55'	4.6	22	5	ES	80	98	WS	40	135	36	241	20
2	19790320	35°10'	113°23'	4.1	20	8	NW	82	112	NE	56	62	18	320	32
3	19820729	34°59'	115°04'	4.1	19	21	NW	44	126	NE	76	243	16	357	43
4	19831015	34°52'	112°44'	4.2	19	28	ES	74	124	WS	70	256	3	171	26
5	19850113	31.13	112.63	3.2	9	54		55	20		40	18	71	180	9
6	19860227	35.58	112.75	3.6	13	120		18	237		82	309	39	161	56
7	19861013	36.03	113.83	3.4	10	33		89	124		47	267	62	159	60
8	19870819	36.27	114	3.2	10	123		84	31		69	76	80	169	71
9	19890804	35.3	113.58	3.5	12	337		32	173		59	285	16	77	76
10	19920114	34°23'	113°17'	4.4	23	46	NW	75	132	WS	75	269	22	179	1
11	19940412	35.72	113.28	3.2	10	24		85	122		31	143	49	268	57
12	19950607	36.18	114.4	3.4	11	56		45	325		90	91	59	200	60
13	19950823	35.8	115.05	3.2	10	149		76	241		80	194	87	285	73
14	19981209	35°17'	114°22'	3.5	14	42	ES	40	87	NW	60	44	64	157	11
15	19990622	34°52'	113°58'	3.8	22	40	NW	50	138	WS	80	83	19	187	35
16	20000426	36.5	114.53	1.1	22	252		64	346		82	32	66	296	78
17	20021107	34°56'	113°56'	4.5	18	68	NNW	35	350	NEE	15	36	36	300	13
18	20080310	34°54'	114°44'	4.5	15	41	NW	88	132	NE	87	86	1	356	4
19	20091220	35°10'	113°32'	4.1	5	42	NW	78	131	WS	87	86	14	177	12
20	20101024	34°04'	114°39'	4.7	8	54	NW	85	145	NE	83	100	1	9	8

1.7 近场区地震活动性

近场区历史上记载过 6 次破坏性地震（表 1.7-1），最大地震为 1830 年 6 月 12 日河北磁县 7½ 级地震。

表 1.7-1 近场区破坏性地震目录（B.C.519~2022 年 6 月 M≥4.7）

编号	地震时间 (年.月.日)	震中位置		震级 (M)	震中位置
		北纬(°)	东经(°)		
1	1527.01.00	35.8	114.9	4 ³ / ₄	河南内黄县
2	1814.02.04	35.8	114.4	5 ¹ / ₂	河南浚县
3	1830.06.12	36.4	114.3	7 ¹ / ₂	河北磁县
4	1830.06.13	36.4	114.3	5 ¹ / ₂	河北磁县
5	1830.06.26	36.4	114.3	5 ³ / ₄	河北磁县
6	1900.05.01	36.1	114.2	5	河南安阳市

此外，近场区 1970 年以来还记录到 M≥2.0 级地震 123 次（表 1.7-2），其中 2.0~2.9 级地震 108 次，3.0~3.9 级地震 11 次，4.0~4.6 级地震 4 次；最大地震为 1977 年 3 月 10 日 M4.5 级地震。

表 1.7-2 近场区现代地震目录 (1970 年 1 月~2022 年 6 月, $M \geq 2.5$)

序号	发震时间	震中位置		震级 (M)	序号	发震时间	震中位置		震级 (M)
		北纬	东经				北纬	东经	
1	1970.05.10	35°48'	114°24'	4.0	25	1987.01.13	36°22'	114°19'	2.9
2	1970.09.29	36°23'	114°22'	4.0	26	1988.06.30	36°24'	114°19'	3.7
3	1972.12.05	36°00'	114°37'	3.1	27	1988.10.28	36°19'	114°25'	3.0
4	1975.09.23	35°45'	114°52'	3.4	28	1988.12.18	36°20'	114°19'	3.0
5	1976.08.12	36°22'	114°13'	2.6	29	1990.08.21	36°14'	114°25'	2.6
6	1977.01.06	36°20'	114°25'	2.5	30	1993.10.18	36°19'	114°43'	3.9
7	1977.01.13	35°56'	114°49'	2.8	31	1993.10.21	35°53'	114°54'	2.7
8	1977.03.10	36°18'	114°18'	4.5	32	1993.11.25	35°56'	114°49'	2.5
9	1977.08.13	35°50'	114°40'	2.5	33	1994.12.22	36°22'	114°20'	2.5
10	1978.05.14	36°19'	114°19'	2.5	34	1995.06.07	36°11'	114°24'	3.4
11	1979.01.16	36°20'	114°22'	3.4	35	1996.05.30	36°23'	114°16'	2.5
12	1979.01.26	36°21'	114°26'	2.6	36	1997.08.11	35°56'	114°48'	2.6
13	1979.02.01	36°24'	114°43'	2.9	37	1997.11.11	36°23'	114°20'	2.6
14	1979.10.08	36°23'	114°26'	2.6	38	1998.05.09	36°05'	114°25'	2.7
15	1980.03.24	36°14'	114°30'	3.3	39	1999.10.25	36°21'	114°22'	2.7
16	1980.04.01	36°22'	114°25'	2.6	40	2001.10.17	36°24'	114°22'	3.1
17	1980.04.30	35°51'	114°52'	2.5	41	2004.12.23	35°50'	114°49'	2.8
18	1980.11.10	36°23'	114°24'	3.0	42	2017.05.06	36°22'	114°19'	2.6
19	1980.11.14	36°23'	114°19'	2.8	43	2018.01.03	36°19'	114°22'	2.6
20	1981.04.07	35°52'	114°52'	2.6	44	2018.04.23	35°48'	114°50'	2.8
21	1981.09.20	36°24'	114°18'	2.6	45	2019.01.07	36°22'	114°13'	2.8
22	1982.02.06	35°56'	114°54'	2.7	46	2019.04.21	36°20'	114°25'	4.2
23	1982.10.11	36°21'	114°16'	2.6	47	2019.08.24	36°21'	114°22'	2.8
24	1987.01.13	36°22'	114°15'	2.6	48	2021.09.27	36°23'	114°20'	2.6

近场区破坏性地震在空间分布上表现出不均匀性,地震主要分布在近场区北部的磁县一带,其中 1830 年 6 月 12 日磁县 7 $\frac{1}{2}$ 级地震为近场区发生的最大破坏性地震。近场区现代小震活动较为频繁,在空间分布上也呈现出不均匀性,小震主要分布在近场区的北部,图 1.7-1 为近场区地震震中分布图,图 1.7-2 为近场区现代地震时序图。

总体上看,近场区历史上曾发生过 6 次破坏性地震,最大震级 7 $\frac{1}{2}$ 级。近场区现代地震活动水平较高,地震分布不均匀;综合现代及历史地震活动性分析认为,近场区存在发生强震的背景。

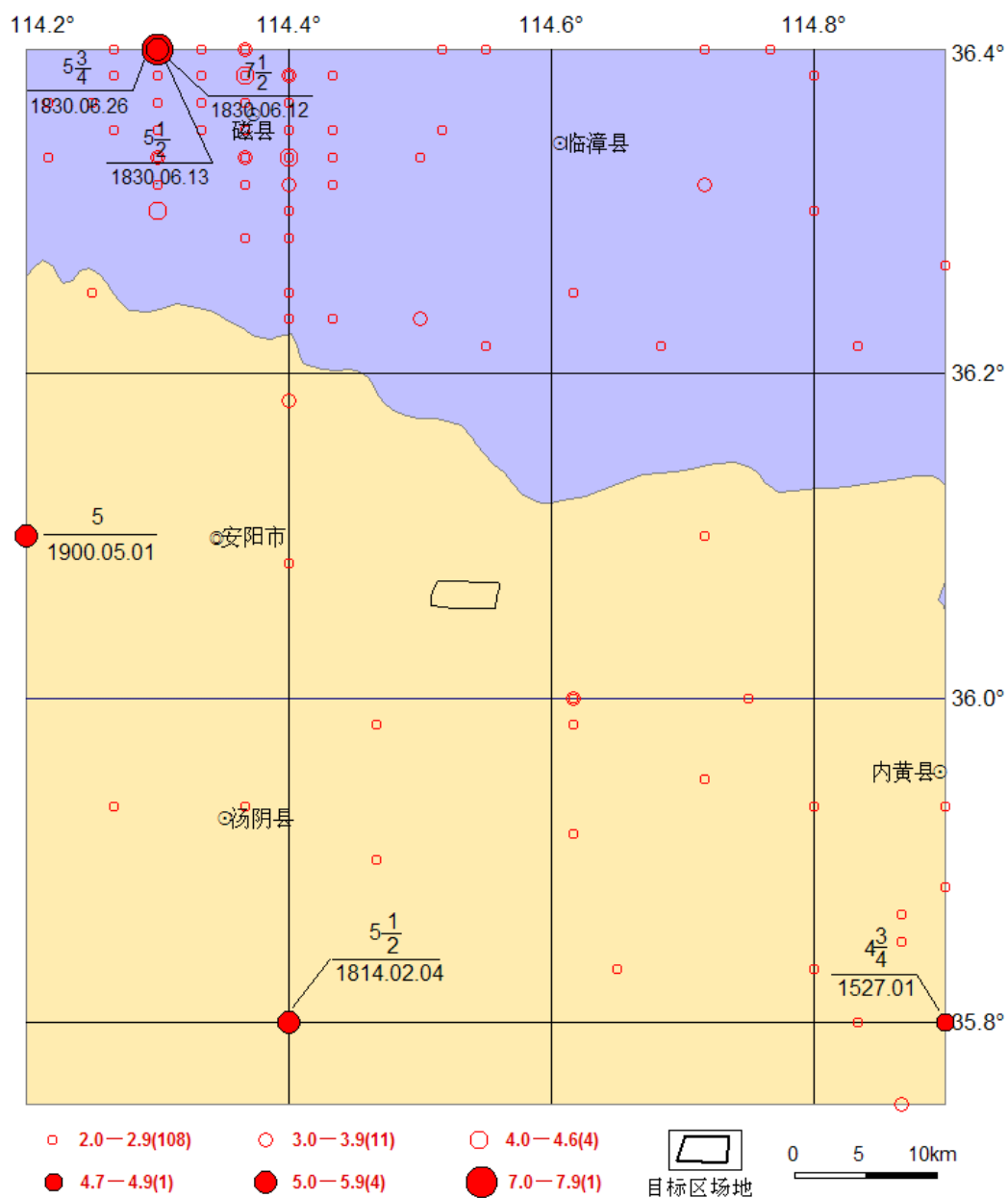


图 1.7-1 近场区地震震中分布图 (1970~2022.6, $M \geq 2.0$, 公元元年~2022.6, $M \geq 4.7$)

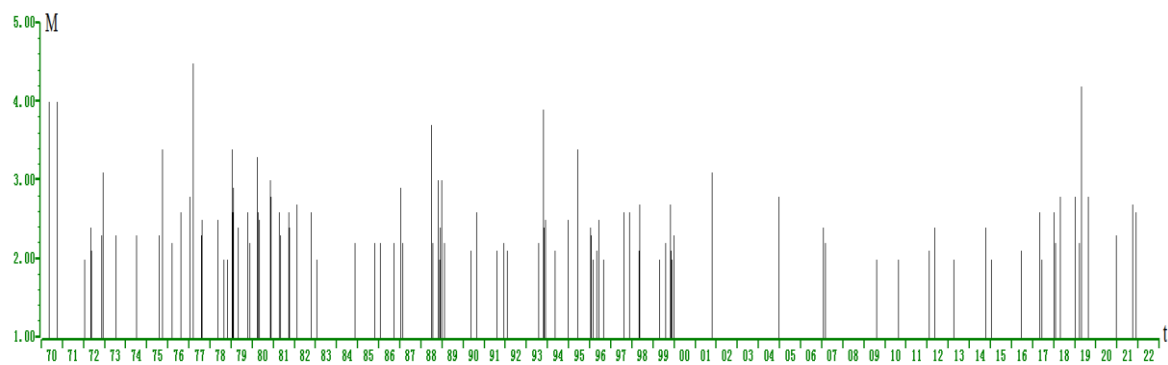


图 1.7-2 近场区现代地震 M-t 图 (1970~2022.6, $M \geq 2.0$)

1.8 地震活动环境评价

通过本章的论述，对地震环境作出如下评价：

1、区域历史从公元 344 年到 2022 年 6 月，区域记载到 $M \geq 4.7$ 级地震 96 次，最大地震为 $7\frac{1}{2}$ 级。1970 年以来，区域共记录 $M \geq 3.0$ 级地震 608 次。

2、区域破坏性地震在空间分布上呈现出不均匀性，太行山前地区和聊兰断裂带地震活动水平较高；区域现代地震活动丛集、条带状特征明显，现代地震与破坏性地震的空间分布特征基本一致，说明现代小震活跃区仍可能是未来强震发生的地区。

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 6~25km 范围内，区域内的地震基本是发生在地壳中上层的浅源构造地震。

3、区域主要涉及华北平原地震带、汾渭地震带和少部分郯庐地震带。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；汾渭地震带未来百年地震活动可能处在较为活跃的阶段，会有中、强地震活动；未来百年，郯庐地震带地震活动参数宜以活跃期水平估计，在郯庐带中段不能排除发生 $M7.0 \sim M7\frac{1}{2}$ 级地震的可能性。

4、区域内在历史上曾多次遭受过破坏性地震的影响，目标区范围历史地震最大影响烈度达Ⅶ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，区域主要处于以北东东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、近场区内历史上记载过 6 次破坏性地震，最大震级为 $7\frac{1}{2}$ 级。1970 年至 2022 年 6 月共记录到 $M \geq 2.0$ 级地震 123 次，最大震级为 $M4.5$ 级。近场区现代地震活动水平较高，地震分布不均匀。综合现代及历史地震活动性分析认为，近场区存在发生强地震的背景。

第二章 区域地震地质环境评价

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)与《区域性地震安全性评价工作大纲(试行)》中震防函[2019]21号的要求,区域范围应不小于目标区外延 150km。本次工作确定的区域范围为:东经 112°45′~116°21′,北纬 34°30′~37°36′。本章以大地构造、地球物理场、新构造运动、断裂活动等方面的研究为基础,综合讨论区域内地震发生的地震地质环境。

2.1 大地构造背景

区域位于华北准地台一级大地构造单元内。华北准地台是我国最古老的一个陆块,根据地质特征及其构造发展历史,区域涉及山西台背斜、华北拗陷和鲁西台背斜三个二级大地构造单元(图 2.1-1 表 2.1-1)。各大地构造单元的基本特征简述如下。

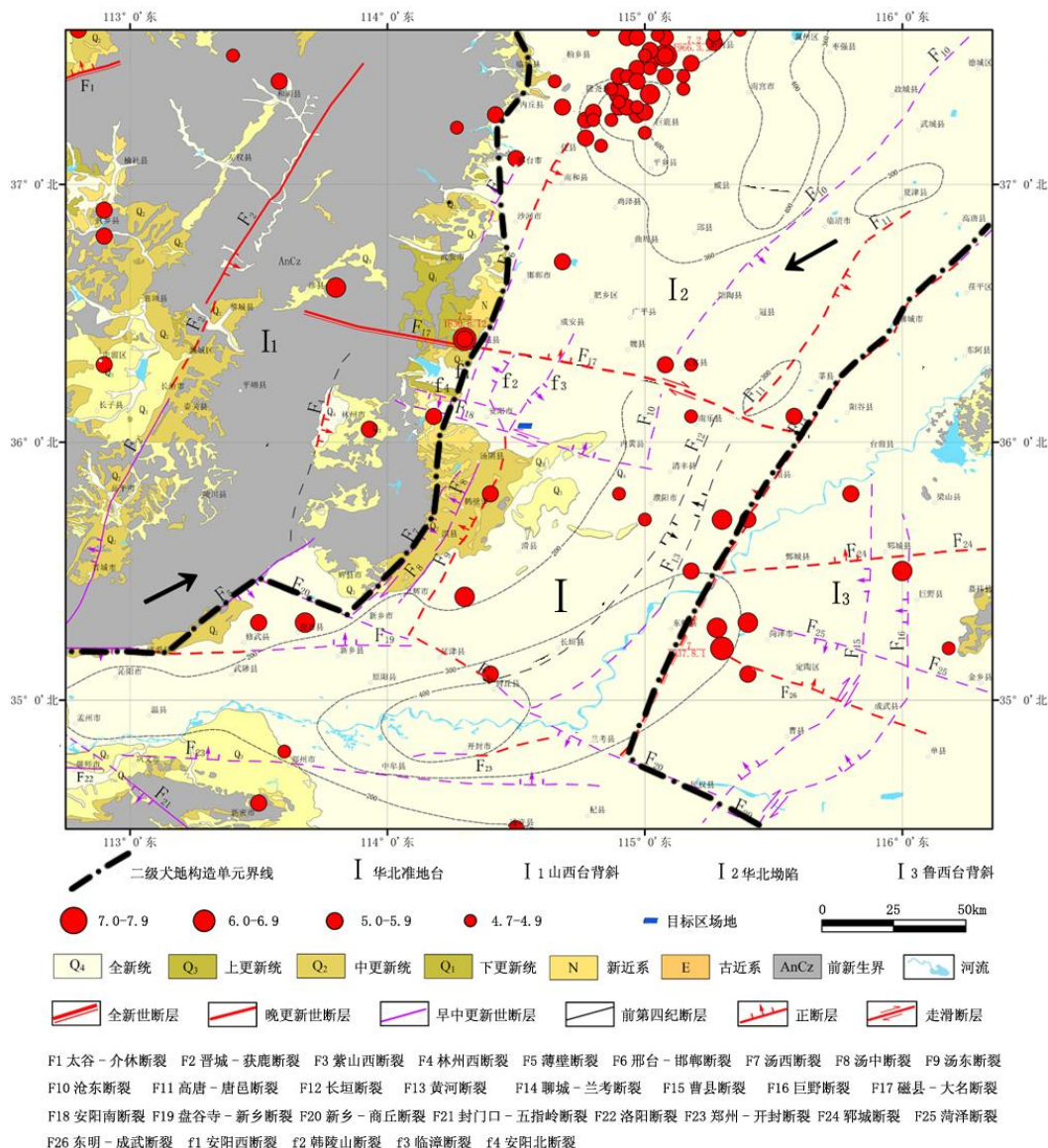


图 2.1-1 区域大地构造分区图

表 2.1-1 区域大地构造单元划分一览表

一级大地构造单元	二级大地构造单元
华北准地台 (I)	山西台背斜 (I ₁)
	华北拗陷 (I ₂)
	鲁西台背斜 (I ₃)

华北准地台西邻天山 - 兴蒙褶皱带和西北准地台，南接秦祁褶皱系，是我国大陆内形成时代最古老的陆块。

华北准地台的褶皱基底由太古界和早元古界的中深变质岩系组成，早元古代末期吕梁运动使上述基底岩系全面褶皱、断裂，形成准地台的结晶基底，构造线方向以北东和近东西向为主。中元古代后，准地台进入了一个比较稳定的构造环境。中生代时期，准地台的活动以断块差异运动为特征，沿准地台边界断裂或次级块体间的边界断裂发生强烈升降差异运动，形成了由中生界组成，规模和活动强度不一的深凹陷或断陷盆地，断裂活动性以正断为主兼有水平扭动。新生代乃至现今，总体上准地台活动依然强烈，是强烈地震多发区。

1、山西台背斜 (I₁)

山西台背斜西界以汾渭断陷带与鄂尔多斯台向斜为邻，东界以邢台-邯郸断裂一线和华北拗陷相连，是个长期隆起的大背斜，新近纪以来的新构造活动主要表现为整体间歇性抬升的背景上，在其中部发育了一系列北北东向 - 北东向的断陷盆地，河流以侧蚀为主在隆起区边缘和河谷地带形成唐县剥蚀面，其上堆积了一些上新世红土砾石层。第四纪多次间歇性抬升，河流阶段性下切，形成“V”型河谷及多级河流阶地。沿北东向太行山山前断裂和山西断陷带有中、强地震发生。

2、华北拗陷 (I₂)

华北拗陷基底构造有明显的分区性，大致以沧州、聊城一线附近为界，其东部的基底构造 - 岩相带是沿北西、北西西向分布的，属鲁西的泰山群向北延伸的反映；在该线以西，基底的构造 - 岩相带呈北东向展布，系五台群及相当的岩系所构成的基底。褶皱基底之上具有不整合面，直接覆于其上的有震旦亚界的长城系。这是我国最古老的沉积盖层。本区中、新生代以来构造运动十分强烈，形成华北断陷盆地。晚白垩世 - 古近纪，平原区的地堑内广泛堆积了黑色含煤、含油碎屑岩建造，沉积厚度最大可超过 5000m。新近纪 - 第四纪继续沉陷，新近纪的沉积物以陆相细碎屑岩建造为主，厚度一般为 500~700m。第四纪时期，平原内广泛发育河湖相、海相碎屑岩，一般厚度在 100~400m。断裂构造以北东向为主。区内地震活动强烈。

3、鲁西台背斜 (I₃)

东以郯庐断裂带为界,南以六安断裂为界。基底由太古界五河群、下元古界凤阳群组成。凤阳运动使其结束地槽发展阶段而进入地台发展阶段。震旦纪和古生代以碳酸盐岩建造为主,次为石英砂岩、砂页岩和含煤建造。各套地层多呈整合和假整合接触,反映了整体以升降运动为主。晚侏罗世以后,断块差异运动加强,形成一些近东西向和北东向的断陷盆地,合肥盆地内接受了厚达 5000~6000m 的红色碎屑沉积。新近纪和第四纪虽仍以陆相碎屑岩建造为主,但差异运动的强度大大减弱,表现为大面积的缓慢沉降。区内基底构造以近东西向断裂为主,盖层构造亦以东西向为主,断裂走向为北北东向。区内地震活动水平中等。

2.2 地球物理场、深部构造及与地震的关系

2.2.1 区域布格重力异常特征

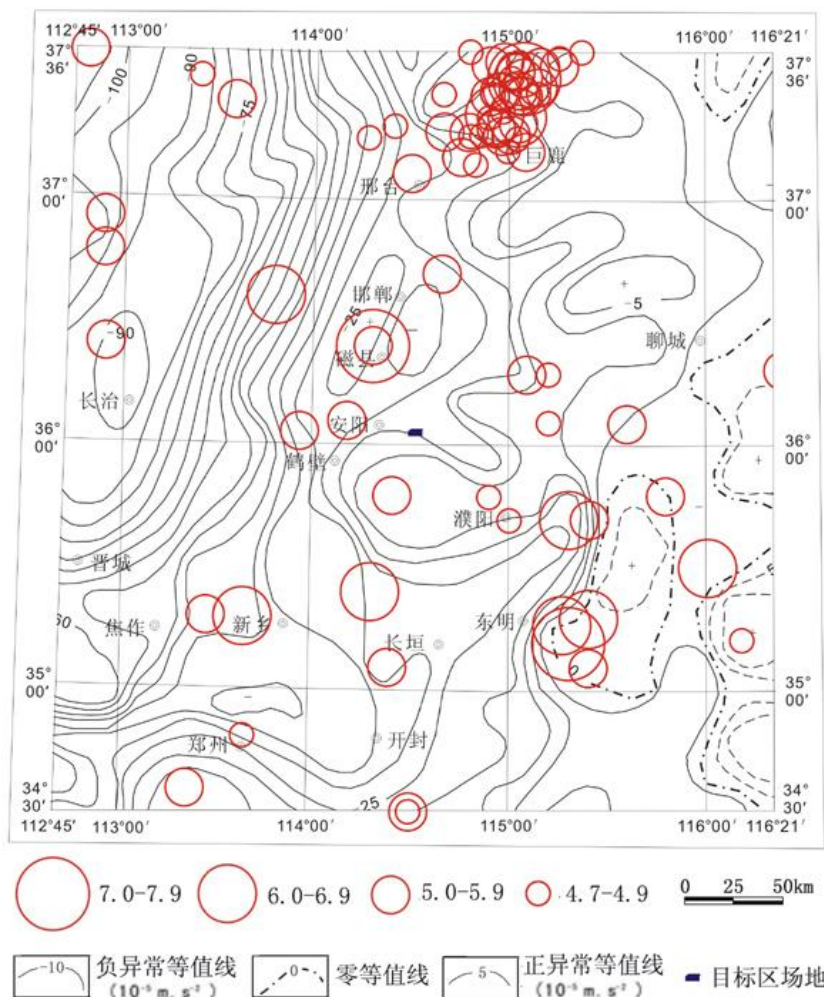


图 2.2-1 区域布格重力异常图 (地质矿产部航空物探遥感中心, 1979)

本区大部分处在布格重力负异常区内 (图 2.2-1), 异常值在 $-5 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2} \sim -125 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ 之间变化, 自西向东呈逐渐增大的趋势, 区内主要有两个重力梯级带。

太行山重力梯级带是纵贯中国东部大兴安岭 - 太行山 - 武陵山大型重力梯级带的中段，区内许多强震分布在该梯级带上。以该梯级带为界，以西为高负异常区，其重力值多在 $(-40 \sim -125) \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ 之间；以东地区多在 $(-5 \sim -40) \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ 之间，属南华北负异常区的范围，总体呈北东走向。

聊城 - 兰考重力梯级带走向北北东，长约 120km，宽 10km，其位置与聊城-兰考断裂相一致，显示了该深断裂的活动迹象。1937 年以来，菏泽地区不少强震和中强地震都发生在该带及其附近地区。

2.2.2 区域航磁异常特征

本区磁场特征为在面积宽阔的正磁异常背景上叠加了走向各异的局部强磁正异常和平缓的负异常（图 2.2-2），异常走向以近东西向为主，兼有北西和北东方向。

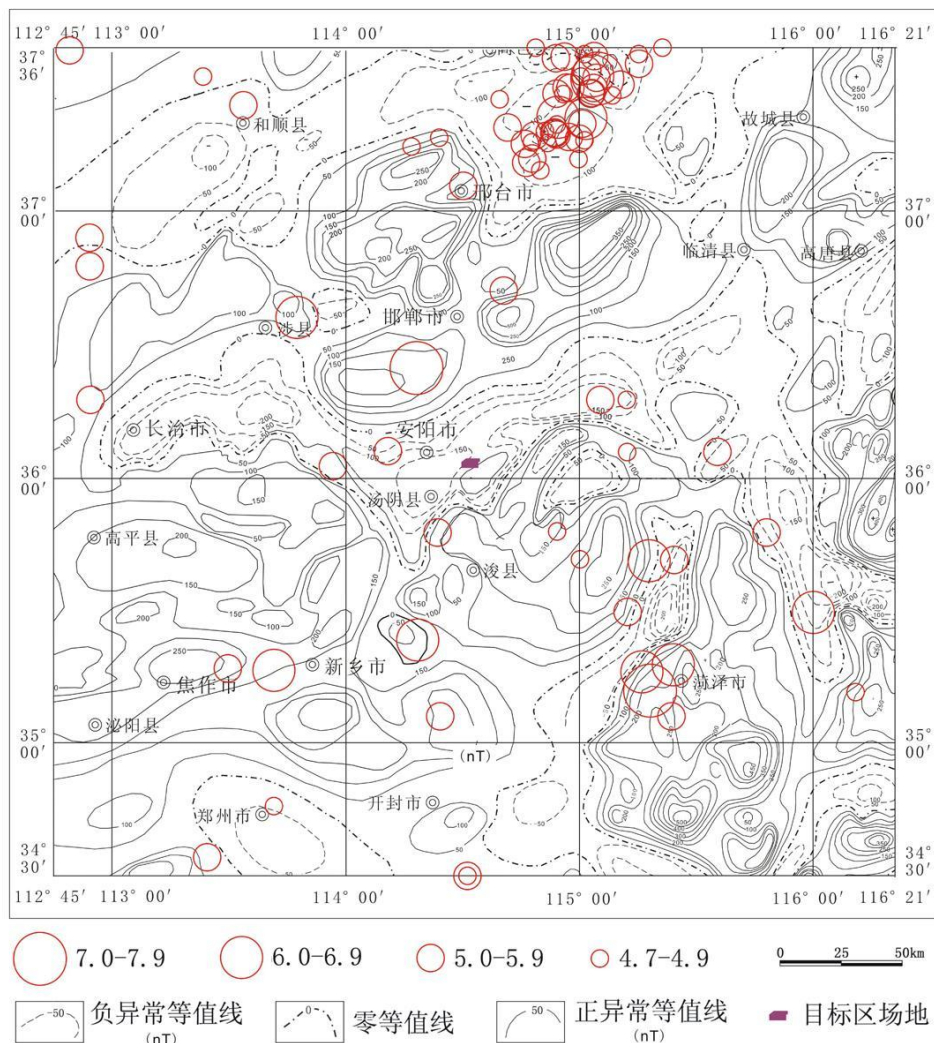


图 2.2-2 区域航磁异常图（地质矿产部航空物探遥感中心，1979）

根据航磁异常图，安阳 - 菏泽一带磁场变化剧烈，表明上地壳构造复杂。沿太行山未显示磁异常的梯级带，但其两侧磁异常显示出异常轴走向、变化幅度和形态的不

2.2.3 区域地壳厚度特征

Figure 1 is a map of the study area in Henan Province, China, showing seismicity and crustal thickness. The map displays the Yellow River and surrounding cities. Red circles indicate seismicity with magnitudes from 4.7 to 7.9. Black contour lines show crustal thickness in km, with values 32, 34, 36, and 38. A legend at the bottom identifies the symbols for seismicity and crustal thickness, and includes a scale bar (0-50 km) and a north arrow.

48

据中国地震局地球物理勘探中心(1989)随县-林州南北向人工地震测深资料(图2.2-4),由南向北,秦岭褶皱带、周口凹陷、太康隆起、开封凹陷及太行山隆起5个不同构造单元的地壳厚度总体特点是,隆起区内地壳厚度较大,凹陷区地壳厚度较小。

地壳厚度的急剧变化地带与强震发生密切相关。磁县、安阳、焦作、菏泽等地地壳厚度有明显的阶梯状变化,这些梯度带中的某些地段是强震的发生带,如1830年磁县 $7\frac{1}{2}$ 级地震发生在太行山东麓地壳陡变带,1937年菏泽7级地震发生在聊城-兰考地壳厚度梯度带上。

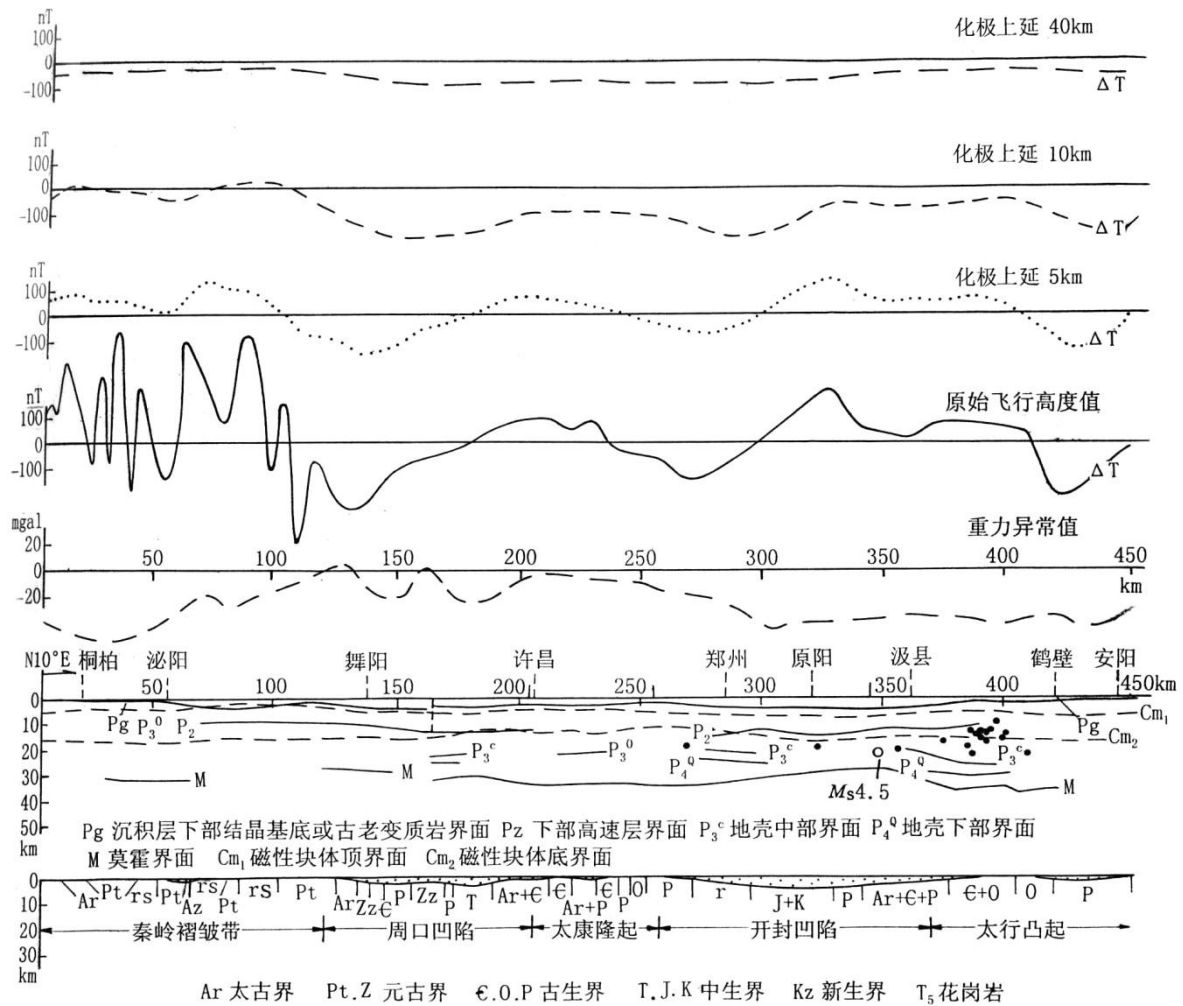


图 2.2-4 随县-林州综合地球物理剖面图

2.2.4 地球物理场与地震活动的关系

区域地震活动的分布、主要地震带的展布与区域重、磁场反映的构造带走向基本一致。地震多发生在不同方向重、磁异常带相汇处或异常的转折处、正负异常的交接处及重、磁异常梯级带附近,这些地方往往是地壳磁性基底隆起、凹陷的变化的过渡带或地壳厚度的变异处,并伴有深大断裂。

区域深部构造主要特征是以北北东向重力梯级带为界所表现出的东西两侧地壳厚度的差异。区内地震活动的分布、主要地震带的展布与区域重、磁场反映的构造带走向、构造分区边界的延伸基本一致。地震多发生在不同方向重、磁异常带相汇处或异常的转折处、正负异常的交接处及重、磁异常带梯级带附近。如 1830 年磁县 $7\frac{1}{2}$ 级地震和 1966 年邢台一带地震与太行山重力梯级带和航磁异常畸变带相关。1937 年山东菏泽 7 级地震发生在聊兰重力梯级带和磁力梯级带上。

2.3 区域新构造特征

本区新构造运动以大面积升降作用为主要特征，并伴有老断裂的新活动，在断裂控制下，形成了不同规模的隆起和凹陷，水平运动也有显示。大面积抬升作用表现为西部山区的隆起和东部平原的下沉。西部山区地貌形态上表现为多级夷平面和河流阶地的形成，东部平原地带的下沉表现为巨厚的新生界堆积物的形成。东部下沉区在总体下沉基础上由于断裂作用又形成不同沉降幅度的隆起与凹陷。伴随断裂活动还有玄武岩浆的喷发，如沿太行山东麓，北起鹤壁的鹿楼南至前营、黑山，杨小屯到浮山、大赉店、庙沟、北四井等地，都有玄武岩分布，构成北东向的橄榄玄武岩带。

本区除垂直差异运动外，水平运动形迹也有显示，如汤西断裂具右旋走滑运动分量，安阳南断裂具左旋走滑运动分量，说明水平运动的存在。

2.3.1 新构造单元的划分

根据大地构造性质、新构造运动强度、块体运动方式、断裂、地震活动，将本区划分出 5 个一级新构造单元：北华北拗陷（Ⅰ）、鲁西隆起区（Ⅱ）、南华北拗陷（Ⅲ）、豫西差异隆起区（Ⅳ）和山西隆起（Ⅴ）。根据单元内部的新构造活动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
北华北拗陷（Ⅰ）	冀中凹陷（Ⅰ ₁ ） 邢衡隆起（Ⅰ ₂ ） 埕宁隆起（Ⅰ ₃ ） 临清凹陷（Ⅰ ₄ ） 汤阴地堑（Ⅰ ₅ ） 内黄隆起（Ⅰ ₆ ） 东濮凹陷（Ⅰ ₇ ）
鲁西隆起区（Ⅱ）	鲁中南强烈断隆起（Ⅱ ₁ ） 鲁西南过渡区（Ⅱ ₂ ）
南华北拗陷（Ⅲ）	洛阳凹陷（Ⅲ ₁ ） 济源-开封凹陷（Ⅲ ₂ ） 太康隆起（Ⅲ ₃ ）
豫西差异隆起区（Ⅳ）	嵩箕凸起（Ⅳ ₁ ）
山西隆起区（Ⅴ）	太行山隆起（Ⅴ ₁ ） 山西断陷带（Ⅴ ₂ ）

1、北华北坳陷 (I)

分布于新乡-商丘断裂以北地区, 本区中、新生代以来构造运动十分强烈, 在太行山断裂带和聊-兰断裂带控制下, 继续形成北北东走向断陷。在北北东向断层控制下, 在北华北坳陷的南部, 形成两凹一隆的次级块体。坳陷内地震活动强烈。

(1) 冀中凹陷 (I_1)

位于夏垫断裂、保定-石家庄断裂以东, 沧县隆起以西, 总体呈北北东向展布, 由东、西凹陷带和中央凸起带组成。古近纪沉降中心位于西部凹陷内, 新近纪-第四纪沉降中心位于东部凹陷内, 如武清凹陷的新近系底界埋深达 3600m, 霸县凹陷达 3000m。

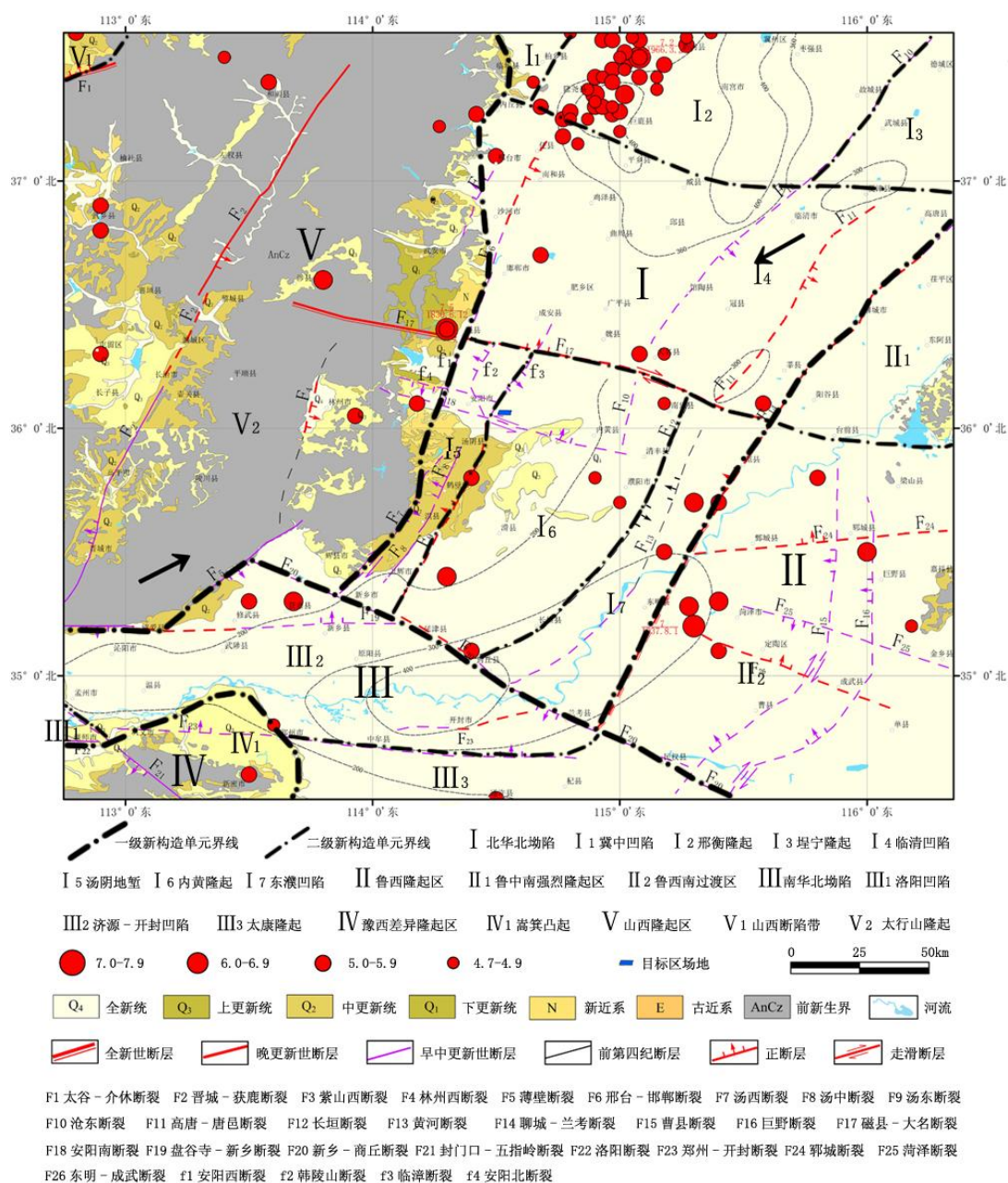


图 2.3-1 区域新构造分区图

(2) 邢衡隆起 (I₂)

位于太行山山前断裂与沧东断裂之间,北界为衡水断裂。邢衡隆起是古近纪以来相对隆起单元,内部结构由受 NE 向断裂活动控制的次级凸起和凹陷相间排列组成,凹陷内部堆积了较厚的古近系,新近纪以来凹陷仍有相对沉降,新近系和第四系厚度仍较大,一般在 1500m 左右。

(3) 埕宁隆起 (I₃)

位于黄骅拗陷以西,中生代和古近纪为一隆起区,新近纪以来仍为一隐伏隆起,新近系直接覆盖在太古界和古生界之上,新近系和第四系总厚不足 1000m。

(4) 临清凹陷 (I₄)

西界为邢台-邯郸断裂,北为邢衡隆起,东以鲁西隆起为邻,南界为磁县-大名断裂。受北北东-北东向断裂控制,新构造时期形成 NE 向凸起和凹陷相间格局。临清拗陷区的构造活动以靠近太行山山前断裂、聊考断裂和沧东断裂的南端附近较强,特别是这些断裂与北西西向的磁县-大名断裂、永年断裂的交汇部位,但本区的地震活动较弱,仅在临清拗陷、汤阴地堑和太行山隆起三个新构造单元的交汇处发生了 1830 年磁县 7½ 级地震,1708 年在永年断裂上发生了永年 5½ 级地震。

(5) 汤阴地堑 (I₅)

西界为汤西断裂,北为磁县-大名断裂,东为汤东断裂,南界为新乡-商丘断裂。受北北东-北东向断裂控制,新构造时期形成北东向地堑。汤阴地堑区的基底为三叠系,主要发育于古近纪,最大厚度达 2500m。新近纪以后,在整体下沉的基础上,具继承性下降的趋势,最大沉积厚度约 800m,其中第四系沉积厚度较薄。构造活动以汤西断裂和汤东断裂的较强,其中靠近太行山山前的汤西断裂活动强度南强北弱,汤东断裂则北强南弱。汤阴地堑南部历史上发生过 2 次 6.0 级地震。

(6) 内黄隆起 (I₆)

位于汤阴地堑的东侧,是古近纪时的基地隆起,新近纪和第四纪时期接受沉积,但沉积厚度很薄。

(7) 东濮凹陷 (I₇)

位于豫鲁两省交界,东、西、南三面分别被聊兰断裂、长垣断裂、焦作-商丘断裂所围陷,呈北北东向展布于豫鲁两省交界的范县、濮阳、长垣、东明、兰考一带,面积约 400km²。据物探及钻孔资料揭示,凹陷基底为上古生界,其上为新生界,局部有中生界,最大厚度可达 7500m 以上。东濮凹陷构造线方向为北北东向。断裂比

较发育，主要为北北东向高角度正断层，次为北西西向平推正断层。自燕山旋回晚期以来，主要断裂长期活动，控制着东濮凹陷的形成和发展。

2、鲁西隆起区（II）

以聊城 - 兰考断裂和广饶 - 齐河断裂为西北界，郯庐断裂为东界，商丘断裂为南界，根据地貌单元分界线即华北平原盆地和鲁西山区隆起的边界，将此区划分为鲁西南平原早期隆起、后期沉降的交替区和鲁中南强烈隆起区。

（1）鲁中南强烈断隆区（II₁）

本区为基岩隆起区，只有个别地方才分布新生代以来的沉积，而且非常薄。新构造期以来，泰山、沂山及蒙山呈继承性抬升，区内发育有唐县期剥夷面，标高在海拔 400m 左右；临城期剥夷面，标高为海拔 150m 左右。由弧形断裂控制的单断盆地自东向西收缩，如莱芜北盆地、楼德 - 新泰盆地等，莱芜蒙山断裂东段第四纪张性断距只有 1~2m，而由这些断裂控制的盆地西段则有上百米的沉积，表明断裂活动西强东弱。区内的北西向断裂，中生代为正断层性质，控制一些山间盆地分布。在新构造期以来，处于总体上升状态，断裂活动明显减弱。断裂性质也由正断层转为逆冲断层。区内最大一次地震为 6.0 级，总体地震活动水平较低。

（2）鲁西南过渡区（II₂）

华北平原沉降区裂陷范围不断扩展，新近纪初期继续有充填式沉积，本区呈徐缓隆起状态，其后则普遍发生超覆。第四纪以来。本区与华北平原已浑然一体，呈总体沉降的趋势，形成了新的拗陷区。沉降幅度东小西大呈阶梯式，由于东西向断裂第四纪活动的强弱不同，又有南大北小的沉降差异。本区发育有近东西向或北西西向断裂，如汶泗、郛城、菏泽、单县等断裂；近南北 - 北北东向的曹县、巨野、嘉祥、峰山等断裂。这些断裂将本区切成菏泽凸起、郛城 - 成武凹陷、嘉祥凸起、济宁凹陷、泗水凹陷等更小的次级新构造单元。菏泽凸起是一个继承性的隆起区，而区域性北东向聊考断裂的沉陷中心即前梨园，恰恰与此凸起相紧邻，成为该区反差最强的地段。该处北西向菏泽断裂上发生了 1937 年菏泽 7.0 级地震，成为地震活动最强的地区之一。郛城 - 成武凹陷是一个地堑式槽地，成为近代沉降区。沿此带分布着残留的湖泊洼地，埋藏着泥炭层，第四纪地层最厚可达 400m 以上，而在郛城一带全新世沉积竟厚达 140m，发生了 1622 年郛城 6 级地震。本区其它同级新构造单元的新构造运动幅度要比这两个单元弱许多，地震活动水平也小得多，为 4~5 级地震。

3、南华北拗陷（III）

分布于新乡-商丘断裂带以南广大地区,是中新生代强烈下陷的地区。由于凹陷内部北西向、近东西向断裂的活动,形成多个次级隆起和凹陷,其构造走向也为东西或北西西向。其间堆积中生代中晚期陆相碎屑岩和火山碎屑岩,古近系陆相地层厚达5000m以上。其后继承性下沉,堆积了厚约500~1000m的新近系和第四系,并形成今日之南华北平原。凹陷内部主要发育早第四纪隐伏断裂,地震活动水平较弱,有个别6级以上地震发生。

(1) 洛阳凹陷(III₁)

呈近东西向分布,为中、新生代继承性下沉盆地,其沉降幅度达3000~5000m,新近纪以来最大厚度达50~600m。普遍出露第四系地层。沉降中心位于洛阳附近。坳陷受控于北西向和近东西向两组断裂的活动,南深北浅,具掀斜运动性质。

(2) 济源-开封凹陷(III₂)

沿黄河呈近东西向展布在济源-开封-民权一带,是由济源凹陷、武陟隆起、开封凹陷等组成的近东西向断陷带,它们晚新生代沉积幅度分别为2165m、500m和3000m,全新世以来整体抬升。

(3) 太康隆起(III₃)

位于嵩山隆起的东部,是嵩山隆起的延伸,古近纪以后,嵩山隆起继续上隆,本区则随着华北凹陷整体下沉,接受沉积,与嵩山隆起分开,呈现今日之面貌。总体呈东西向,受北东-北东东向断裂切割形成次一级的断隆和断凹。

4、豫西差异隆起区(IV)

位于区域西南部,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,仅在隆起边缘和内部次级凹陷盆地中有第四纪地层出露。有第四纪地层分布,主要受北西和北东向两组断裂控制。第四纪以来断裂活动和地震活动均较弱。

(1) 嵩箕凸起(IV₁)

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,很少第四纪地层分布。凸起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。

5、山西隆起区(V)

山西隆起区分布于太行山东麓断裂以西,由太古界基底和元古界以后的盖层组成、在山间凹陷和山前边缘地带堆积了新近系-第四系陆屑层。构造线以北东向为主,辅以北西、南北等断裂。各组断裂互相交错,将山西隆起切割成大小不等、形态各异的

小断块,并使小断块形成自西向东、自北向南依次阶梯状下降的地貌景观。新生代以来一直处于隆升状态,主要表现为大面积间歇性抬升,保存有完好的四级夷平面。在隆起的背景上沿一些北北东向断裂形成晚新生代盆地。区域内山西隆起区包括山西断陷带(V_1)和太行山隆起(V_2)。

(1) 山西断陷带(V_1)

山西断陷带主要由延怀、蔚县、灵丘、大同、忻定、太原、临汾等十来个大小不等的北东、北东东向的地堑或半地堑式盆地作右行斜列组成,总体走向北北东,平面上呈“S”形,全带长约 1200km。该带是太行山隆起区与吕梁山隆起区的分界构造带,它是一条上新世至第四纪发展起来的北北东向右旋剪切拉张带,形成于上新世末,第四纪时期承袭了上新世奠定的构造轮廓。断陷带自上新世开始形成,具陆内裂谷性质,地表沉降,断陷带下部地幔上隆,地壳减薄,是研究区内差异垂直运动最强烈的地带。断陷带内活动断裂发育,主要分布在盆地边缘,多数走向北东-北东东断裂,在盆地间发育北西-近东西向断裂。

区域内包括山西断陷带南段的临汾盆地。临汾盆地形成于上新世初,这时的一次规模较大的构造运动,使盆地边缘及内部产生了一系列张扭性正断裂,盆地沿这些断裂成阶状下陷。同时,盆地内部还发育了一系列近东西向断裂,形成一些次级的凸起与凹陷,其中有些近东西向断裂还明显表现出左旋水平扭动特征。此外,在上新世、早更新世初,以及中更新世末期到晚更新世初也都发生过强烈运动。中更新世末的运动加上气候变干,使全区整体抬升,结束了长期存在的湖泊状态。盆地断块的新构造运动控制了本区河流、湖泊的发育和消长,以及相关沉积物在地域上的差异与时间上的演化(国家地震局《鄂尔多斯周缘断裂系》课题组,1988)。山西断陷带是地震强烈活动带,而临汾盆地是该带最著名的地震活动区。临汾盆地发生过 1303 年洪洞 8 级地震和 1695 年临汾 $7\frac{3}{4}$ 级地震。

(2) 太行山隆起(V_2)

太行山隆起西与山西断陷带相邻,东以邢台-邯郸断裂和河北平原沉降带为邻。新生代整体掀斜式隆升,隆起幅度自东向西逐渐增大,西侧北台期夷平面海拔 1800m 左右,向东降至 1000m,而唐县期夷平面由西部的 1400m 降至东侧的 200m。隆起区内部差异活动不甚明显,地震活动较弱,破坏性地震主要沿东西两侧的边界断裂带分布,但太行山隆起区内部长治-晋城断裂带历史上也曾发生过中小地震。

2.3.2 新构造运动与地震活动的关系

区域新构造运动与地震活动的关系主要表现在如下几点:

- (1) 一级新构造分区界线是地震发生的主要场所。如一级构造单元界线太行山东麓边界带和新乡 - 商丘边界带是历史上多次地震的发生带。1830 年磁县 $7\frac{1}{2}$ 级地震、1900 年安阳西 5 级地震、1587 年修武 6 级地震和 1737 年封丘 $5\frac{1}{2}$ 级地震等即发生在这些边界带上。1937 年菏泽 7 级地震即发生于东濮凹陷与鲁西斜坡带的边界带上。
- (2) 二级新构造分区界线也是地震发生的重要地带，如 1814 年汤阴、浚县间 $5\frac{1}{2}$ 级地震即发生在汤阴地堑与内黄隆起的边界带上。
- (3) 垂直差异运动强烈的地带是地震发生的地带。如开封凹陷与内黄隆起之间是垂直差异运动十分强烈的地带，其新近纪以来的差异幅度达 1000 余米，在该带上曾发生过 344 年卫辉 6 级地震和 1737 年封丘 $5\frac{1}{2}$ 级地震。
- (4) 在隆起上局部下沉的部位是地震容易发生的地区。如太康隆起南侧和北侧属于隆起区的局部下沉部位，历史上即发生过 1820 年许昌 6 级地震和 1814 年荥阳 5 级地震。

2.4 区域主要断裂活动特征

区域地质构造比较复杂，断裂构造较为发育，既有控制大地构造单元边界的活动性深大断裂，也有控制次级大地构造单元的活动性大断裂。这些断裂的规模、活动强度不同，发生地震的强度和频度也有很大差异，有些断裂带由多条断裂组成，具有明显的分带特征，如邢台-邯郸断裂、聊兰断裂带等（见区域地震构造图 2.4-1）。主要断裂的活动性、活动时代及其与地震的关系，见表 2.4-1。

1、太谷 - 介休断裂 (F_1)

为太原盆地南段的东部边界断裂，北起晋中市辉举村向西南经峪口、常乐再向南至马和一带。太谷断裂主要由北支范村断裂、中支太谷主断裂和南支马和盆地东侧断裂组成。太谷断裂总长 150km。据谢新生、江娃利等人《在山西太谷断裂带全新世活动及其与 1303 年洪洞 8 级地震的关系》(2004 年 5 月，地震学报)，太谷断裂多处断错了距今 1 万年以内的地层，证明太谷断裂在全新世强烈活动。沿太谷断裂东山底开挖的 T_c-4 探槽，揭示距今 3000 多年的灰褐色垆土层被断，其上坡积覆盖，表明其活动时代很新；沿太谷断裂开挖的下闫灿 T_c-2 探槽，断错距今 3000 多年的灰黑色垆土，因其上覆盖有 2m 的黄色亚砂土，尚不足以证明断裂是 1303 年的活动。在介休仙台断层断错了含青灰色陶片的亚砂土层，表明断裂的活动时代是在近千年的人类历史时期。此外，沿绵山断裂在西许出露清晰的地震沟槽，表明该断裂的活动时代很新，属于全新世活动断裂。

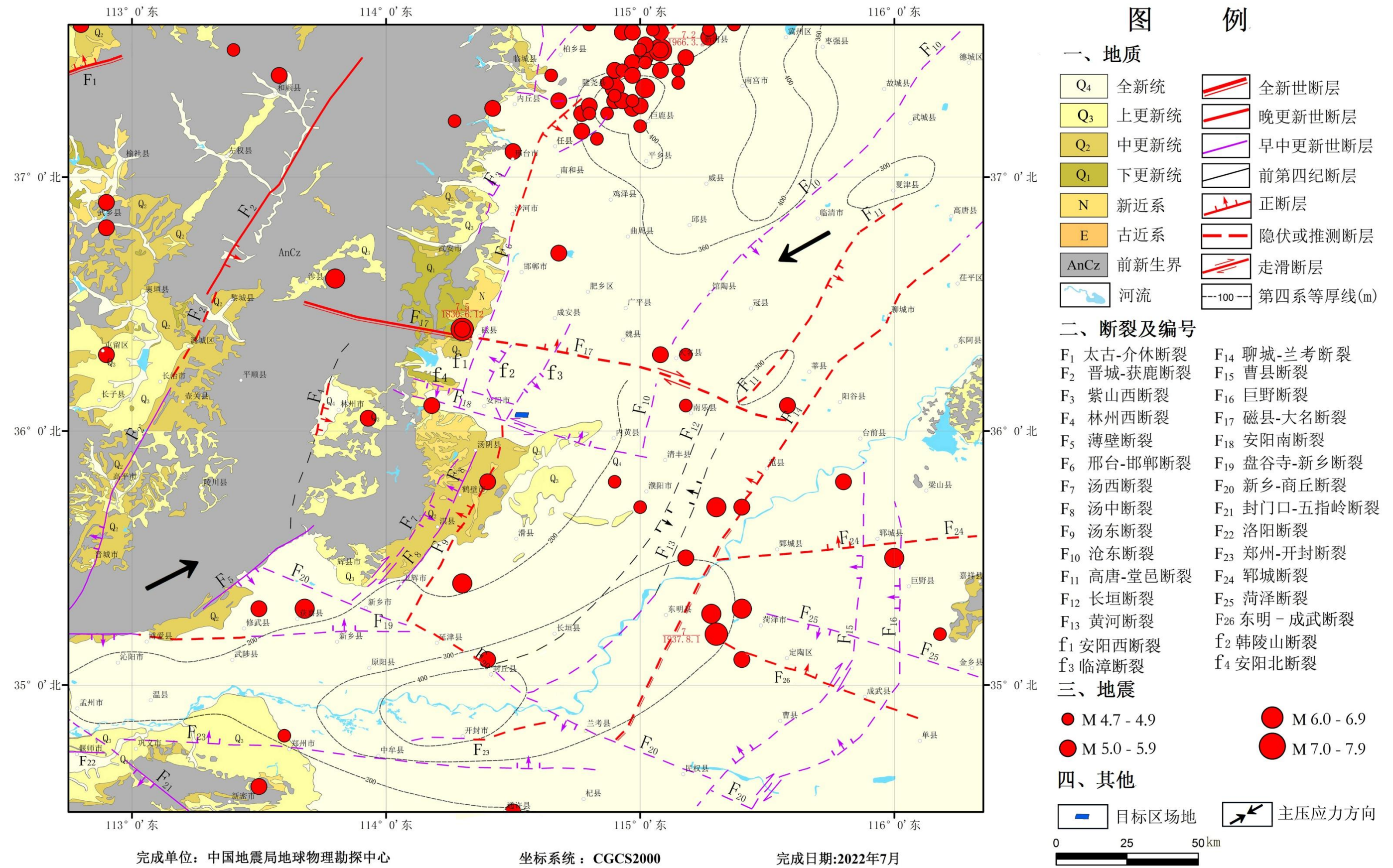


图 2.4-1 区域地震构造图

表 2.4-1 区域第四纪主要断裂活动特征表

编号	断裂名称	产状			断层性质	最新活动时代	地震活动
		走向	倾向	倾角			
F ₁	太谷 - 介休断裂	NE	NW	57-60°	正断层	Q ₄	1614 年平遥 6½ 级地震
F ₂	晋城 - 获鹿断裂	NNE	NW/SE	60°	正断层	Q ₂₋₃	多次 5 级左右地震
F ₃	紫山西断裂	NNE	W	80°	正断层	Q ₁₋₂	
F ₄	林州西断裂	NNE	E	>50°	正断层	Q ₃	
F ₅	薄壁断裂	NE	NW/SE			Q ₁₋₂	
F ₆	邢台 - 邯郸断裂	NNE	SE	陡	正断层	北段 Q ₃ 南段 Q ₂	多次 5~6 级地震
F ₇	汤西断裂	NNE	SE	>60°	正走滑断层	Q ₁₋₂	
F ₈	汤中断裂	NNE	SE	陡	正断 - 走滑	Q ₁₋₂	
F ₉	汤东断裂	NNE	NW	陡	正走滑断层	Q ₃	344 年卫辉东 6 级 1814 年汤阴 5½ 级地震
F ₁₀	沧东断裂	NNE	SE	20-50°	正断层	Q ₁₋₂	多次 4~5 级地震
F ₁₁	高唐 - 堂邑断裂	NE	SE	陡	正断层	Q ₃	
F ₁₂	长垣断裂	NNE	SE	50°	正断层	前 Q	1830 年濮阳 4¾ 级地震
F ₁₃	黄河断裂	NNE	NW	50°	正断层	前 Q、 Q ₁₋₂	1493 年濮城 5¼ 级地震
F ₁₄	聊城 - 兰考断裂	NNE	NW	50-70°	正走滑断层	北段 Q ₁₋₂ 、 中段 Q ₃ 南段 Q ₄	1937 年菏泽 7 级地震
F ₁₅	曹县断裂	近 SN	SE	陡	正断层	Q ₁	
F ₁₆	巨野断裂	近 SN	NW	陡	正断	Q ₁	
F ₁₇	磁县-大名断裂	NWW	N	陡	正走滑断层	西段 Q ₄ 东段 Q ₃	1830 年磁县 7½ 级地震
F ₁₈	安阳南断裂	NWW	N	80°	正断层	Q ₂	1900 年安阳 5 级地震
F ₁₉	盘谷寺 - 新乡断裂	EW	S/N	60°	正断层	中段 Q ₃ 东西 Q ₁₋₂	1587 年修武 6 级地震
F ₂₀	新乡 - 商丘断裂	NWW	SW/NE	60°	正断层	延津段 Q ₃ 其他 Q ₁₋₂	1737 年封丘 5½ 级地震
F ₂₁	封门口-五指岭断裂	NW	SW/NE	40-90°	正断层	Q ₂	1814 年茌阳贾峪 5 级地震
F ₂₂	洛阳断裂	EW	S	63°	正断层	Q ₂	
F ₂₃	郑州 - 开封断裂带	EW	N	70°	正断层	Q ₁₋₂ , Q ₃	
F ₂₄	郛城断裂	近 EW	N	50-70°	正断层	Q ₃	1622 年郛城 6 级地震
F ₂₅	菏泽断裂	近 EW	S		正断层	Q ₁	
F ₂₆	东明-成武断裂	NNW	NNE	70-80°	正断层	Q ₃	
f ₁	安阳西断裂	NNE	SE	陡	正断层	Q ₂	
f ₂	韩陵山断裂	北段 NNE 南段 NNW	北段 NW 南段 SW	78°	正断层	Q ₂	
f ₃	临漳断裂	NNE	SE	>70°	正断层	Q ₁₋₂	
f ₄	安阳北断裂	NWW	S	60°	正断层	Q ₁₋₂	

2、晋城 - 获鹿断裂 (F₂)

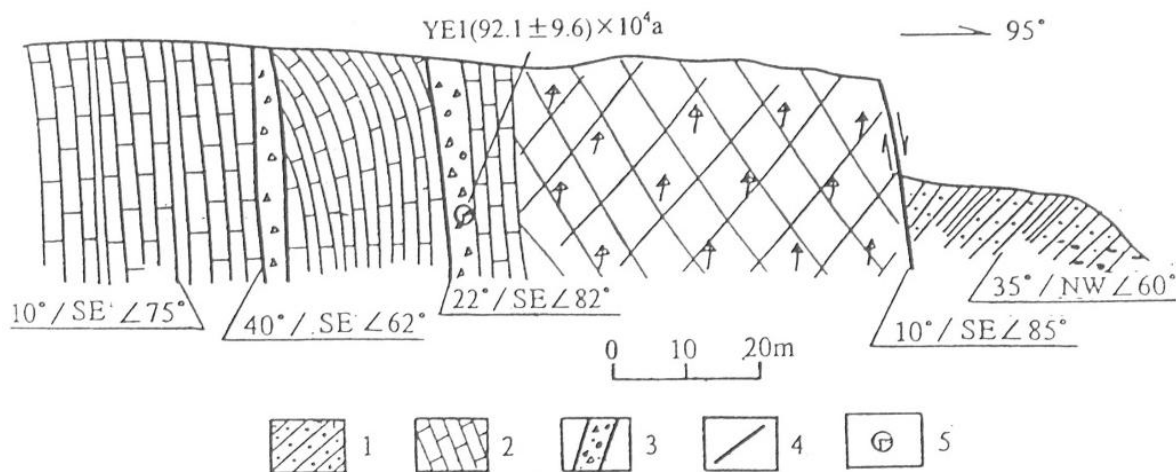
该断裂南起济源北，向北经晋城、高平、长治、获鹿，总长 350km 左右。总体走向 25°。倾向南东或北西，倾角 60° 左右，正断为主。由多条平行断层及紧密褶皱组成，深切基底。断裂带是山西隆起上一条重要的构造，沿断裂带发育一系列盆地，其中长治盆地内新生代沉积厚度达 248m，盆地东侧老顶山组成断裂带上升盘，高出

现代盆地 425m。反映了断裂带两盘的升降差异。沿断裂带中强地震较活跃，历史上多次发生 5 级左右地震，现今小震亦时有发生。

断裂带活动性具分段特点。高平以南断裂活动性减弱,据中国地震局地质研究所等(2000)研究,断裂沿石炭系砂页岩与奥陶系灰岩的平行不整合面活动。在北岭村,砂页岩与灰岩之间呈断层接触,构造带因两盘岩性差异强烈,地貌上表现为哑口,总体走向 30° 。构造带宽约 60m,具多期活动特点,带内岩石破碎,发育构造角砾岩和断层泥,同时发育不同方向的节理。构造角砾岩由不同程度的硅质、钙质胶结,断层泥具较强的高岭土化,剖面上没有发现新构造活动的迹象。

高平以北断裂活动性较强,晚更新世有明显活动。断层东侧常为山区,西侧为谷地或盆地,断层沟、三角面、断层垭口及断层崖发育。在晋城南村镇北西村采石场剖面上,断裂带宽 100m,东侧一直延续到盆地边缘,由构造破劈理带、构造角砾岩和灰岩透镜体组成(图 2.4-2)。据中国地震局地质研究所对断裂构造带内断层泥进行的电子自旋共振测年结果为 $(92.1 \pm 9.6) \times 10^4 \text{a}$ 。往北,在寺河村西南采石场,构造带特征与上述剖面基本相同。再往北,在葱窝南松溪河口,断层 T_2 阶地上形成长百余米、高近 10m 的基岩陡坎。在东冶头北东约 1km 处的剖面上断层断错晚更新世地层(图 2.4-3)。剖面位于冲沟的 T_2 阶地上,除了表层有厚约 0.5m 的黄土层外,下部的阶地砾石层均被错断,在断层上盘还形成一黄土楔,其时代应属晚更新世。这些表明断裂为晚更新世活动断裂。

综上所述,该断裂带在高平以北为晚更新世活动断裂,以南为早、中更新世断裂。



1. 石炭系砂页岩 2. 奥陶系灰岩 3. 断层破碎带 4. 断裂 5. ESR 测年采样地点

图 2.4-2 南村镇北西村断裂剖面图

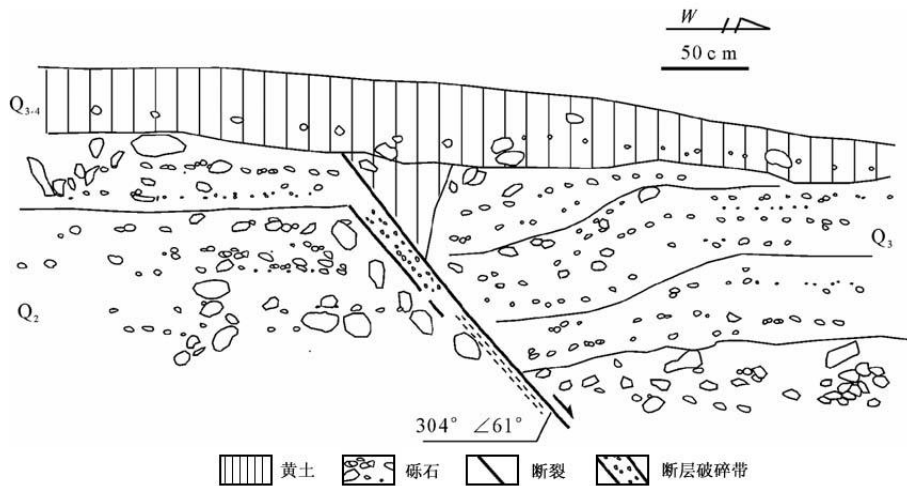


图 2.4-3 东冶头断层剖面

3、紫山西断裂 (F₃)

该断裂北起邢台市西侧，向南从西北留东过沙河，经北掌，顺延紫山西侧山前，到鼓山西的伯延一带消失，全长约 70km。走向北北东，倾向西，倾角较陡。

该断裂控制着武安盆地的发育，新近纪时期，武安盆地西部是夷平地区，云驾岭和显德汪地区是两个大洼地，新近系堆积物分别厚 150m 和 100m。而盆地东部由于紫山西断裂的活动靠近断裂形成一长条形洼槽，洼槽深达 380m，其中新近系厚达 300 多米；第四纪晚期以来，盆地抬升，黄土冲沟发育。

在该断裂北段永年北掌乡西冯村西的采石场，奥陶系灰岩中也见到了该断层的剖面，断层破碎带较宽，约 3m，灰白、灰绿色断层泥发育，断面走向 10°，倾向西，倾角 80°，ESR 断层泥测年值 > 100 万年。断层面上覆中更新统棕红色亚粘土和上更新统全新统坡积碎石层未受影响，该断裂活动时代为中更新世以前。

综上所述，该断裂主要活动时代为新近纪，第四纪早中期有过弱活动。

4、林州西断裂 (F₄)

该断裂控制着林州盆地的发育，走向北北东，倾向南东东，倾角较陡，正断层。于燕山运动晚期形成，第四纪以来仍在活动(西盘上升，东盘下沉)，东部中生代中性和酸性火成岩体的存在，说明断裂深度已达变质结晶岩底与花岗岩界面附近，深度可达 10km 以上，属基底性断裂。新近纪时期，堆积物分别厚 150m 和 100m。第四纪晚期以来，盆地抬升，黄土冲沟发育。

该断裂燕山期活动强烈，伴有中性、碱性岩浆侵入和矽卡岩型铁矿形成。第四纪以来，断裂仍继续活动，特别林州盆地西缘段控制了盆地的西边界。

林州断裂北段和南段切割古生界或元古界，断裂两侧地形高差无明显变化，对现今地貌不起控制作用，推测是前第四纪断裂。中段控制林州第四纪盆地的发育，断层

地貌清楚。从盆地到山地之间，发育宽达 1km 的晚更新世洪积砾石层，砾石层中又发育南北走向的断层裂隙，它们将砾石层中的含砂粘土层产生垂直位错（图 2.4-4）。因此，该段断裂中段应是晚更新世活动的断裂，活动性质为正断层。

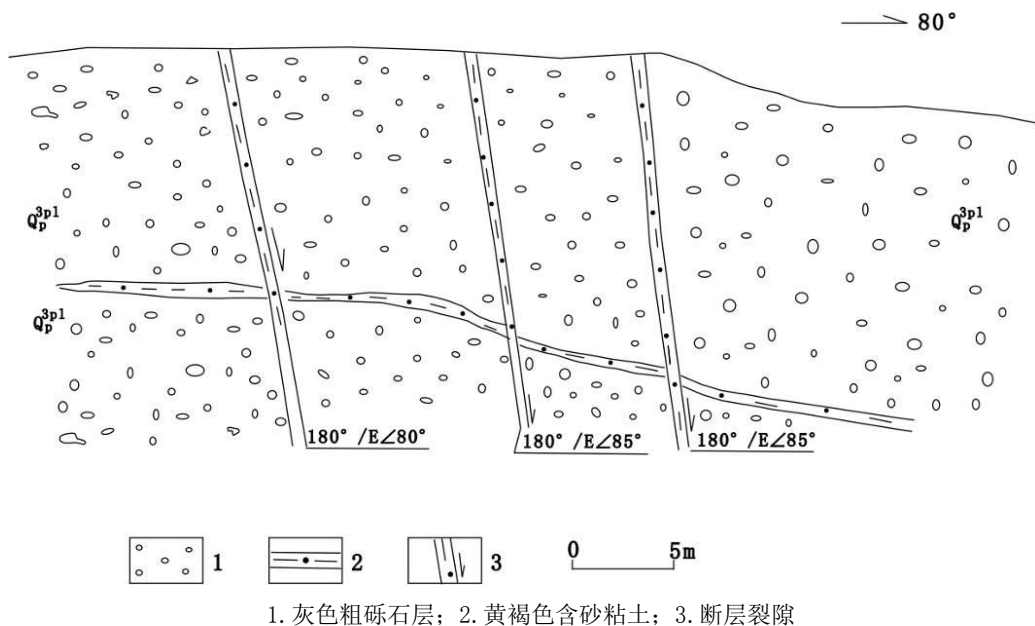


图 2.4-4 红旗渠桃园渡槽位置断层裂隙（中国地震局地质研究所，2012）

5、薄壁断裂（F₅）

薄壁断裂带南起辉县峪河口，向北东经白云寺、上八里、黄水，过南村盆地和淇滨盆地后继续向北延伸，总体走向 40°。断裂带为正断层性质，西南段向南东倾斜，东北段向北西倾斜，破碎带宽 20~70m（国家地震局地质研究所，1995）。薄壁断裂带主要由两条相背或相向倾斜的断裂组成，西支断裂活动时代较老，上更新统地层和地貌面均未见错动，断层泥 ESR 年龄大于 150 万年（国家地震局地质研究所，1995）。

东支断裂南段为一条依据钻孔和物探结果确定的隐伏断裂，地貌上基本构成山地与盆地的分界，是薄壁地堑的西界断裂，钻孔资料显示该断裂的主要活动时代在上新世晚期，上新统砾岩被明显错断。浅层物探研究结果也说明该断裂第四纪以来没有明显的活动（国家地震局地质研究所，1995）。该断裂自黄水往北出露于基岩中，在黄水乡北出露一个剖面，可见宽数米的断层破碎带，带内物质胶结坚硬，地貌上也没有反映。

该断裂北端从临淇盆地西侧通过，断层经过处早更新世砾岩未见变形，说明该断裂的活动主要在第四纪以前。在南村盆地，薄壁断裂向西倾斜，构成了盆地的东边界，野外考察发现南村盆地是在早期断裂活动影响下，在裂隙较为发育的灰岩地区形成的溶蚀盆地，盆地内仅有薄薄的一层第四纪沉积物，以下为埋藏的古岩溶（图 2.4-5），据此分析，南村盆地以及上面谈到的临淇盆地，不是构造盆地。

综合认为,薄壁断裂带的活动主要在第四纪以前,早、中更新世局部继承性活动,根据断裂对盆地的控制并成为山区与平原的界线分析,为早、中更新世断裂。

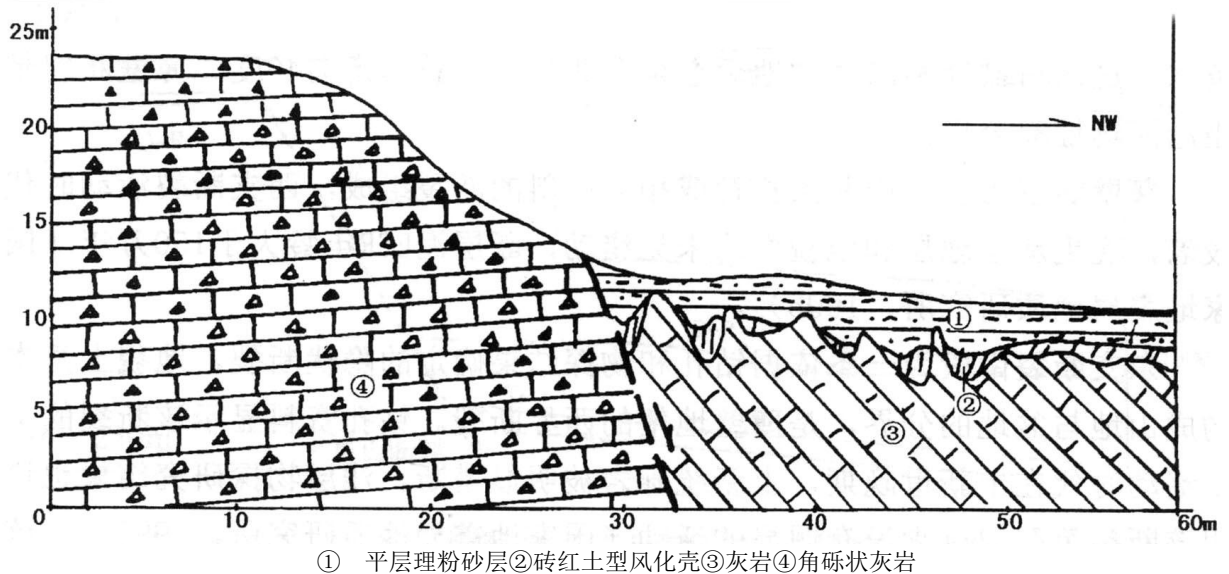


图 2.4-5 南村盆地东南缘地质剖面 (据中国地震局分析预报中心, 1997)

6、邢台 - 邯郸断裂 (F_6)

该断裂是太行山隆起区与华北平原断陷区内的邯郸 - 任县断陷的分界断裂,北起邢台东北,向南经永年临名关,到邯郸市西侧,大致顺京广铁路线延伸,到达磁县后,过丰乐镇、洪河屯至安阳,约 150km。总体呈北北东向,倾向东,倾角较陡。根据断裂活动的差异性,以北西西向永年 - 纂村断裂带的曲陌断裂、磁县断裂、安阳南断裂为界,由北向南可分为邢台 - 永年、永年 - 磁县、磁县 - 安阳三段。

(a) 邢台 - 永年段: 北起位于隆尧南部的北西向断裂,向南过任县西,邢台东,北祖村,到永年被北西西向永年 - 纂村断裂带的曲陌断裂分隔,长约 60km,走向北北东,倾向东。新生代早期 (E),该断陷为双断型,并以西边界断陷为主;新近纪以来,断陷活动基本转移到了西边界断裂上。

从石油物探剖面图分析可知,该断裂断错了中、古生代地层,上古生界和中生界共厚约 2000 余米;断错古近系,厚约 600 余米;但断错新近纪到第四纪地层的幅度明显小于古近纪,新构造期以来,断裂活动幅度明显减弱。

浅层人工地震剖面 (图 2.4-6) 显示了断裂断错两条反射界面 T_1 、 T_2 。 T_1 界面为第四纪晚期 (Q_{3-4}) 沉积的底界面,在 633 点处西盘界面深约 25m、东盘为 29m,垂直断差约 4m。而第四纪中期 (Q_2) 沉积的底界面 (T_2) 在 653 点处西盘界面深约 83m、东盘为 92m,垂直断差约 9m。上述资料表明,该断裂段在第四纪早、中期有过较强的活动,晚更新世以来还具有较明显的活动。

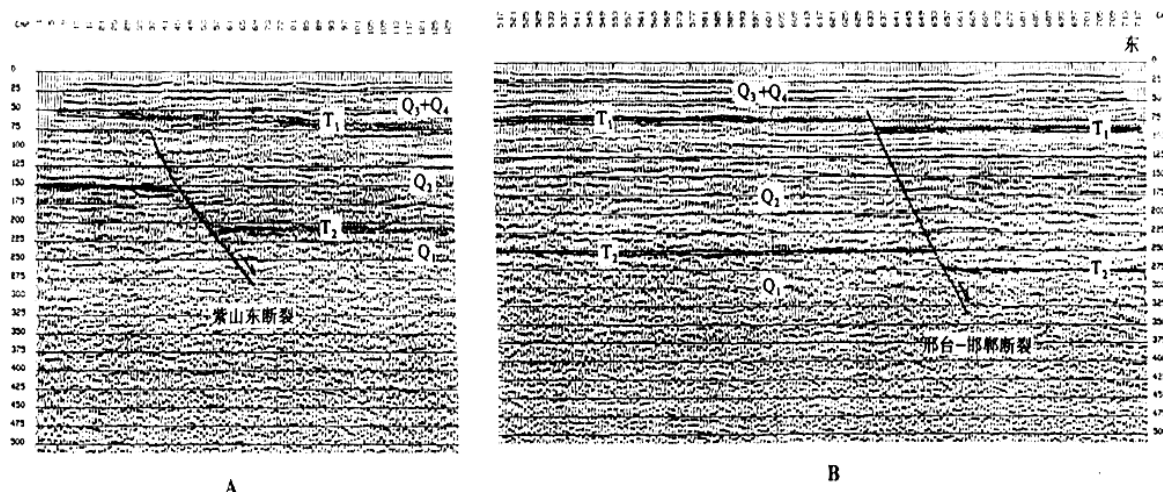


图 2.4-6 邢台北祖 - 东九家村、邢台 - 邯郸断裂浅层人工地震剖面 (W1)

(b) 永年 - 磁县段：北起永年临名关，过邯郸市西侧，大致顺京广铁路线延伸，到达磁县北被北西西向磁县断裂分隔，全长约 56km，走向北北东，倾向东。该断裂段为邯郸断陷的西边界，与东界临漳断裂带一起控制了邯郸断陷的形成和发展，邯郸断陷新生代期间发生强烈的断陷作用，新生代沉积厚度为 4000m。新近纪以来，邯郸断陷持续强烈活动并且以西边界断裂的差异活动为主，形成了一系列阶梯状正断层。邯郸马头附近断裂两侧新近系底界落差大于 400m。可见，该断裂在新近纪时期活动强烈。第四纪以来，断裂活动一直持续。断裂通过邯郸市蔚庄附近，下更新统被切断，顶界埋深约 50m，估计中更新统底界落差约 30m。

河北省城市地震活断层探测与地震危险性评价项目 (2007~2013) 在邯郸断裂的永年 - 磁县段开展了野外地震地质调查、浅层地震勘探，以及实施跨断层钻孔探测 (图 2.4-7)，探测结果显示该断层更新世中期活动，晚更新世晚期以来不活动。

综上所述，邢台 - 邯郸断裂的北、中、南三段相比较，北段邢台 - 永年断裂段在第四纪早期差异运动较弱，但断裂持续活动，到晚更新世以来还有一定的活动量；中段永年 - 磁县断裂段在第四纪差异运动最强，断差最大，晚更新世仍有明显的活动证据；南段磁县 - 安阳断裂段第四纪早期有过弱活动，但晚更新世以来断裂不活动。

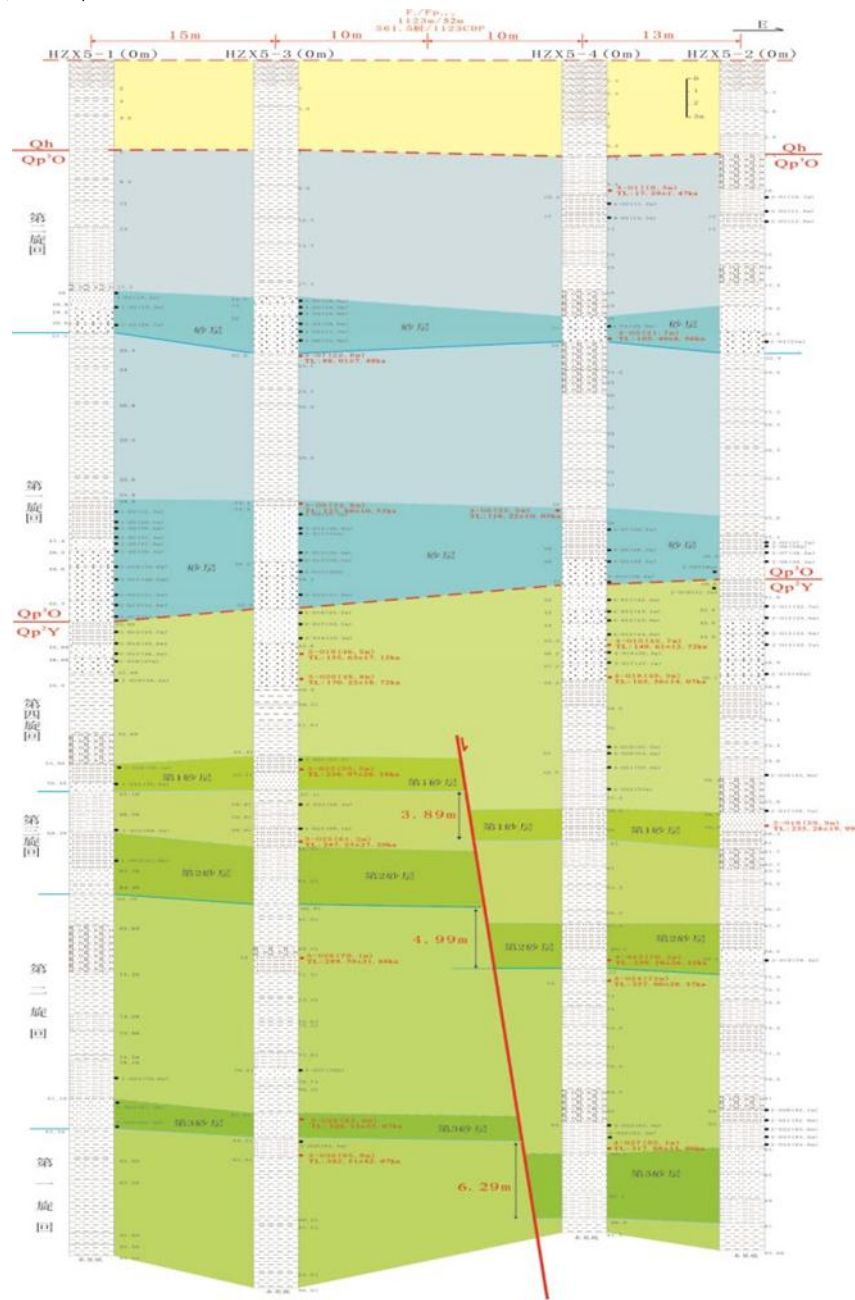
7、汤西断裂 (F₇)

图 2.4-7 界河店场地钻孔地层对比与构造综合解释图

(河北省城市地震活断层探测与地震危险性评价项目, 2007~2013)

汤西断裂是汤阴地堑的西边界断裂, 也是太行山区与南华北平原的主要分界线。汤西断裂南起新乡市西侧, 向北延伸经青羊口, 北至汤阴宜沟附近, 全长 90km, 走向 30°, 倾向南东, 地表倾角 60°~70°, 为一正断层。该断裂南段古近纪时期活动强烈, 卫辉次凹靠下降盘一侧古近系厚度 3600m, 上升盘一侧仅有零星分布。新近纪时期也有过强烈活动, 断裂西侧(上升盘)出露太古界及古生界以及少量的新近系, 东侧(下降盘)新近系-第四系厚度可达千米以上(其中第四系较薄仅 30m)。青羊口

附近新 33 孔孔深 896.14m，卫辉岱村附近陈 16 孔孔深 991.20m 均未穿透新近系，古近系底板落差可达 1000m，可见该断裂在新近纪有强烈活动。上新统鹤壁组砾岩层顶面落差幅度由北向南加大，在淇县沧河出口处为 25m，到新乡市北潞王坟组泥灰岩落差 70m。该断裂也明显地显示出水平运动迹象，卫辉西岱村十里桥南可直接见到鹤壁组砾岩被错断的现象，该处据探槽揭露，中更新世晚期或晚更新世早期的棕黄色粘土与鹤壁组砾岩呈断层接触，断面平滑，可见到向南西方向的斜向擦痕，反映出该断裂为东盘沿断层面作斜向滑动的右旋正断层。根据新乡市活断层探测项目的浅层地震勘探资料，该断裂向上错断了第四纪底界面，为第四纪早期活动断裂。

8、汤中断裂（F₈）

汤中断裂自汤阴附近，往南经宜沟、大赉店东、新庄、淇县东和前稻香一线，倾向南东，与汤东断裂基本平行延伸，总长约 60km。

汤中断裂最早在石油物探结果中被发现，据人工地震勘探资料，在卫辉东北和安阳南，汤阴地堑中央有一条高角度向东倾的正断层。中国地震局分析预报中心(1997)曾对汤中断裂进行了较详细的地貌和物化探考察工作。

汤中断裂的存在，在地貌上有明显的反映。汤阴 - 宜沟一带，汤中断裂是西部丘陵和东盘堆积平原的自然分界线，断裂以西上新统砂砾石层直接出露，地面侵蚀切割较强，多平缓山丘和浅沟，断裂东盘地面平坦，有第四纪堆积物覆盖。

根据新乡市活断层探测项目的浅层地震勘探资料，该断裂向上错断了第四纪底界面，为第四纪早期活动断裂。

9、汤东断裂（F₉）

该断裂位于汤阴地堑东侧，长约 100km，走向 30°，倾向北西，陡倾角，正断为主，为隐伏断裂。断层以东为太古界组成的浚县隆起，隆起西陡东缓，向东倾伏，地表零星出露下古生界，呈残山分布于平原上；位于断层上盘的汤阴地堑沉积了巨厚的新、古近系。断裂东侧浚县隆起出露新、古近系湖相沉积物，西侧则形成一条狭长的洼地，新近系湖相沉积物被第四系冲洪积物埋于地下 10~48m。河流坡降比也反映了汤东断裂西盘有明显的下沉（中国地震局地质研究所，2003）。沿断裂为布格重力异常梯度带通过处，地壳厚度在 34~36km 之间，其深部断差达 1~2km。断裂南段对第四系等值线有明显的控制作用。在钼桥 - 玉皇顶一带，两支相距约 800m，共同组成阶梯状的断裂带，东支位于玉皇顶山脚下，构成汤阴地堑与浚县隆起的地貌边界，西支断裂出现在聂下雾村东水渠边（图 2.4-8）。汤东断裂带中段具有明显的地貌反映，表现为汤阴地堑东侧边缘长条状的洼地，如钼桥 - 玉皇顶一带，地面标高在钼桥附近

海拔约 80m，往东在断裂带上为 74m，越过断裂后突然升高达到 115m。从上述两条物探剖面上也可看出，汤东断裂中段明显错断了第四纪底界面，并使晚更新世底面受到明显扰动，图 2.4-8 中， f_2 断面上 T_1 界面突然消失，缺乏连续性。据此分析，汤东断裂带中段第四纪早期有明显的活动，晚更新世仍有活动。

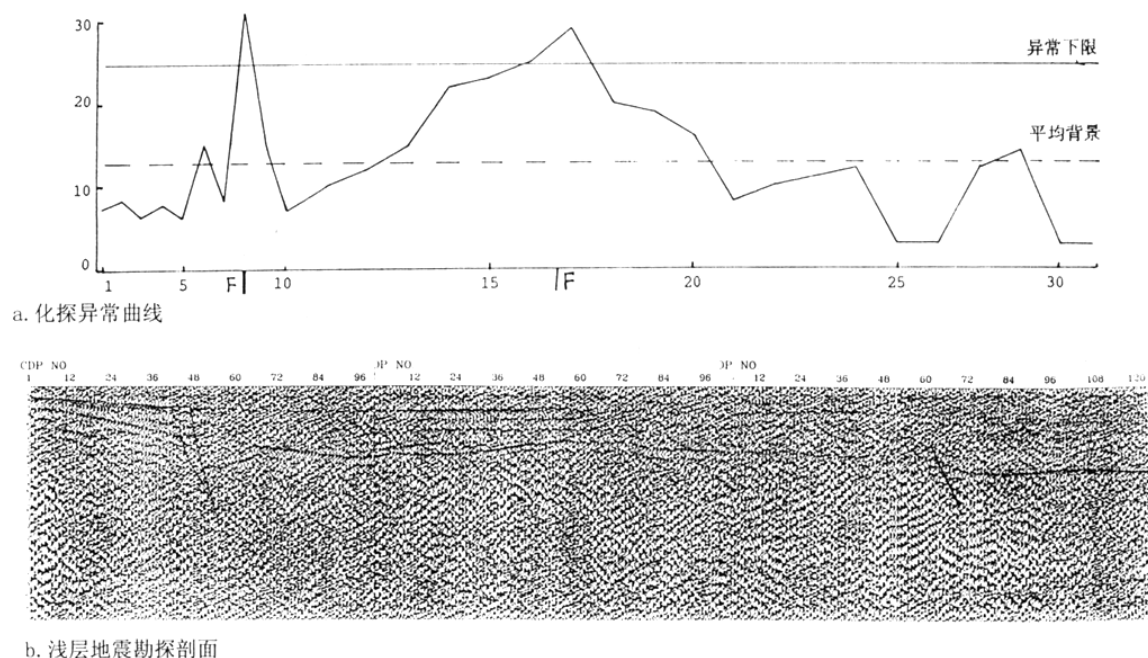


图 2.4-8 钜桥 - 玉皇顶汤东断裂物化探剖面

10、沧东断裂 (F_{10})

该断裂是黄骅凹陷和沧县隆起的分界断裂，南起河北大名，北至天津塘沽北，总体走向北北东，倾向南东，倾角较缓，全长约 400km。断裂具有锯齿状展布形态，其中，北北东向段，断面相对较陡，一般在 45° 左右，断陷较深，如板桥段古近系最大厚度 3000m 以上；北东东向段断面较缓，倾角 $20^\circ \sim 30^\circ$ ，断陷较浅，如舍女寺段，古近系最大厚度 1400m。因此，断裂带上盘的深凹陷多为北北东向，而深凹陷间的凸起多为北东东向。（杨承先，1984）。断裂具有右旋正断活动性质，古近纪活动明显，新近纪以来断裂活动明显减弱，但第四纪早期仍有活动，造成断裂两侧第四系底界落差约 60 余米（国家地震局地质研究所，1992）。沿断裂带有中小地震活动，如 1069 年沧县 $4\frac{3}{4}$ 级地震，1625 年沧县 5 级地震，1704 年东光 - 南皮 $5\frac{1}{2}$ 地震，1815 年天津东南 5 级地震，1893 年沧县 5 级地震等。近期有小震活动，但强度较小，频度较低，表明该断裂地震活动是以中强地震为主，且具明显的分段差异性。

11、高唐 - 堂邑断裂 (F_{11})

高唐 - 堂邑断裂呈北东走向，由聊城的堂邑，经高唐县北至尹屯，长约 80km，倾向 SE，倾角较陡。在高唐张庄、尹集间布设的断层气测量结果显示，背景值氦为 90.3，主异常值氦为 206，异常衬度氦为 2.28。断裂在剖面上有较明显显示。

高唐县城西水泥厂东侧高唐 - 堂邑断裂钻孔剖面（图 2.4-9）显示，自上而下可分 7 层：①土壤耕作层，层厚 1.0~1.3m；②-1 黄褐色砂质轻粉质粘土，层厚 4.3~5.0m；②-2 黄绿色、黄褐色粉砂，局部含黄褐色中细砂，层厚 4.0~5.6m；③粘土，局部含砂质轻粉质粘土，层厚 7.1-8.0m；④黄褐色粉砂，上部为砂质轻粉质粘土，层厚 9.0-14.0m；该层顶部土层测得碳 14 年龄为 $(16487 \pm 166) \text{ a}$ ；⑤粘土，局部含砂质粉质粘土，层厚 3.0m 左右；⑥砂质轻粉质粘土，局部含粘土，5.0m 左右；⑦粘土和轻粉质粘土，未揭露。四个钻孔中，断裂西盘两个孔的④黄褐色粉砂，上部为砂质轻粉质粘土层与断裂东盘两个孔的④黄褐色粉砂，上部为砂质轻粉质粘土层的上部是连续的，底界不连续，存在 5.2m 的高差，可能反映高唐 - 堂邑断裂在顶面离地面约 30m 深处的上更新统中下部黄褐色粉砂层中约有 5.2m 的累积垂直断距（但也不排除地层相变所致），该砂层之上的上更新统上部的粉质粘土层没有受影响。由此推测该断裂晚更新世有过活动。属推测的晚更新世断裂。

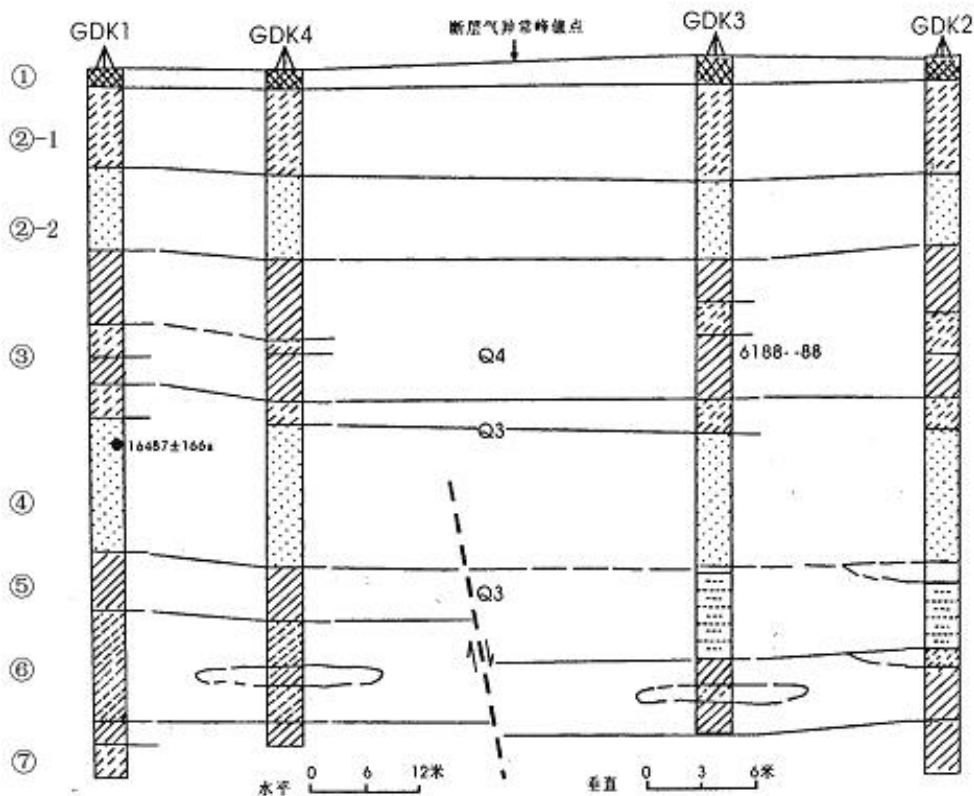


图 2.4-9 高唐 - 堂邑断裂钻孔地质剖面图

12、长垣断裂 (F₁₂)

该断裂为东明凹陷西界断裂，分布在濮阳清河 - 长垣一带。走向北北东，倾向南东，倾角 50° 。西盘上升，东盘下降。上盘为中生代及新生代地层，下盘为古生代及新生代地层。它由数条呈雁列状的平行断裂组成，由北向南为宋庙断层、六塔断层、马寨断层、石家集断层和长垣断层等，各分支断层呈左阶排列。从钻孔资料得知，断裂从古近系顶部断至寒武 - 奥陶系，东盘下沉、西盘上升，断距可达 2000m。它控制了中生代地层的沉积。

根据深地震反射资料，图 2.4-10 为辉县 - 长垣深地震反射剖面的长垣段，该断裂为倾向南东，视倾角较陡的正断层，错断了双程到时 1.5s 左右的新近系底界 T_N 之下的地层，向下错断基底反射波 T_g，延伸至地壳深处，但其向上没有错断新近纪上部地层和第四纪盖层，为前第四纪断裂。

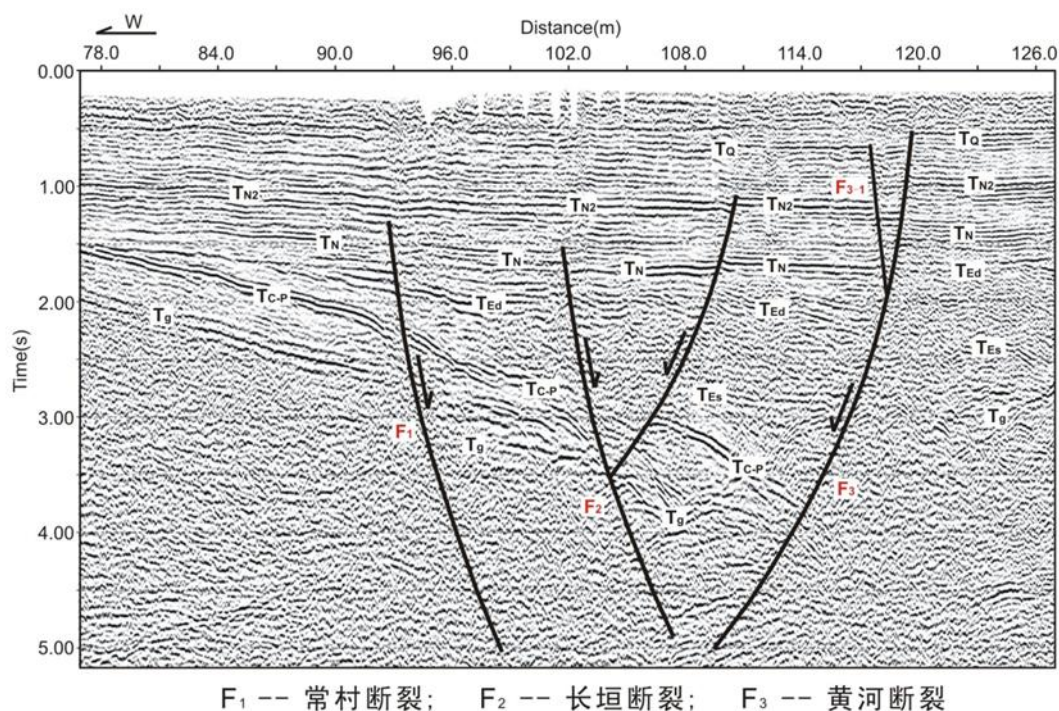


图 2.4-10 辉县-长垣深地震反射时间剖面图 (中国地震局地球物理勘探中心, 2013)

13、黄河断裂 (F₁₃)

位于东明凹陷中部，走向北北东，倾向北西，倾角 50° 以上，为西盘下降东盘上升的正断裂。对东明凹陷内中央凸起和西部次级凹陷的形成、发展具有控制作用。

该断裂北起范县，南至封丘，纵贯东濮断陷中央。断裂走向北北东，倾向北西，倾角 $40\sim70^\circ$ 。是控制断陷内部二级构造单元的二级断裂，形成于古近纪早期。由于该断裂的存在以及长期活动，使断陷内形成了“两凹夹一隆”的构造形态。

根据河南省地震局工程勘察研究院的工作成果,在该断裂的北段布设的文留浅层地震勘探线测线,断层错断了新近系地层,向上没有错断进入第四系,为前第四纪断裂。根据长垣地震小区划的浅层地震勘探资料,在该断裂南段布设了浅层地震勘探测线,图 2.4-11 为恼里镇测线的地震反射时间和深度剖面图,从图中各反射同相轴的横向连续性来看,在下部的 T_{03} 至 T_{N2} 反射震相在剖面桩号 2962m 和 4188m 两处反射同相轴存在明显的扭曲、错断等畸变现象,表明在这两处存在断层 (F_{P1} 和 F_{P2})。其中 F_{P1} 断裂视倾向东,视倾角较陡,为正断层。该断裂向上错断了 T_{03} 反射震相,上断点深度为 200~220m 左右,向下延伸可能归并到 F_{P2} 断裂之上。 F_{P2} 断裂视倾向西,视倾角也较陡,为正断层。该断裂向上错断了 T_Q 反射震相,上断点深度为 280~300m 左右,向下延伸到结晶基底以下,为早-中更新世活动断裂。

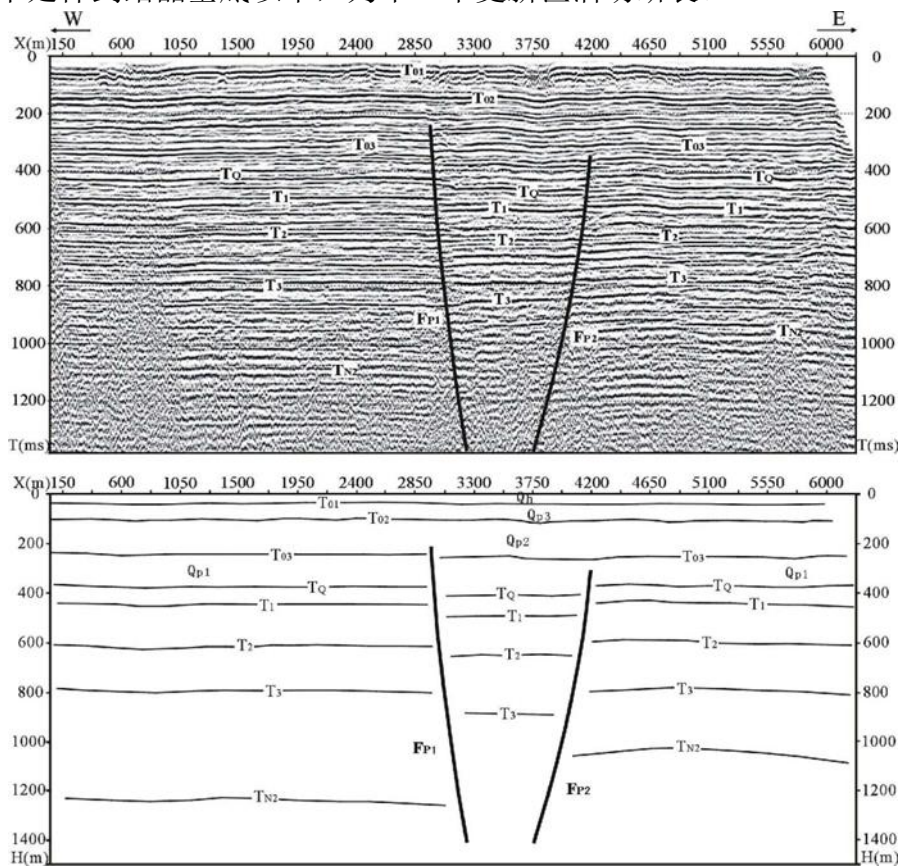


图 2.4-11 恼里镇测线的地震反射时间和深度剖面图 (中国地震局地球物理勘探中心 2015)

14、聊城 - 兰考断裂 (F_{14})

该断裂南起兰考,向北经范县、聊城至韩屯转向北东,全长约 360km。断裂走向 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$, 倾向北西,倾角 $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$, 为一上陡下缓的铲形滑脱正断层。该断裂是华北盆地与鲁西隆起的分界断裂。该断裂具有明显的分段特征,由北向南划分成三段:禹城 - 韩屯段(北段)、聊城 - 濮城段(中段)和濮城 - 兰考段(南段)。各段的活动时代并不一致,总体上由北向南逐渐变新。

禹城 - 韩屯段（北段）：根据在禹城南的钻孔资料及山东地矿局第二水文地质工程地质大队（1988）编的第四系地质剖面，早、中更新世断裂两侧垂直差异运动明显。剖面通过禹城和聊城东南侧，新近系断差达 100~200m，早、中更新世断差达 50~100m 左右（魏顺民等，2001）。该段向上断错了早更新世地层和中更新世地层的下部，是一条早 - 中更新世活动的断层。

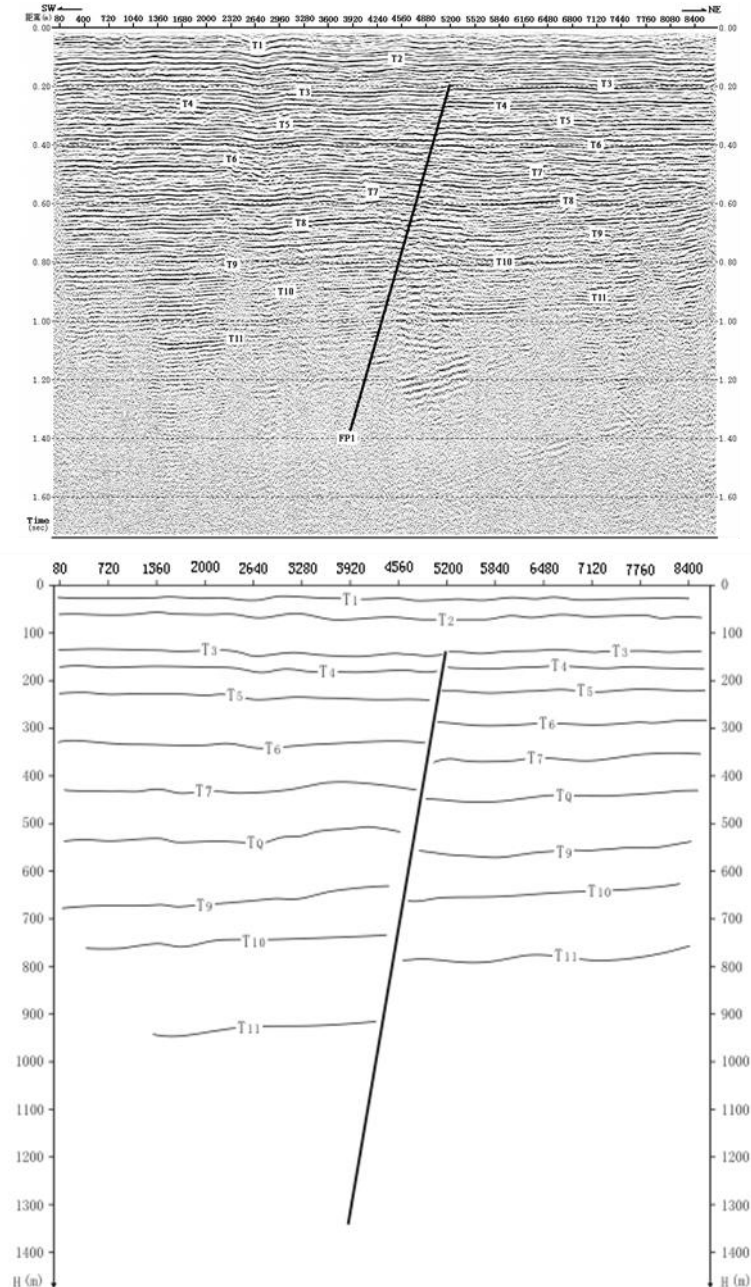


图 2.4-12 濮城东测线反射波叠加时间剖面和深度解释剖面图

聊城 - 濮城段（中段）：中段断裂结构上较为简单，为直线延伸的单一断裂。在布格重力异常等值线和航磁异常等值线图上表现不明显。是莘县凹陷和范县凹陷的边界断裂。2010 年中国地震局地球物理勘探中心在濮城 - 杨集布设了一条长 8.68km 的

浅层人工地震测线,图 2.4-12 为濮城东测线的反射波叠加时间剖面图与深度解释剖面,从反射震相的横向连续性来看,剖面上部的 T_1 、 T_2 反射同相轴连续性较好,没有明显的错断迹象。 T_3 反射同相轴在测线桩号 5200m 附近有错断迹象,其下的地层反射在相应位置也有波形紊乱和同相轴的扭曲、错断现象,根据断层判别依据推测该处可能存在断层,其可分辨的上断点在地面上的垂直投影点位于测线桩号 5164m 附近,埋深约为 138m。它错断了剖面上 T_3 以下的所有地层,在 T_3 反射界面的垂直断距很小,约为 1~3m。认为该段在晚更新世以来局部地段有活动,是一条晚更新世活动较弱的断层。

濮城 - 兰考段(南段):据钻孔对比(据向宏发, 2000)和浅层地震勘探(王基华等, 2001)揭示,断裂切错了晚更新世地层(图 2.4-13, 图 2.4-14)。根据速度和地质资料判断,断点向上错断了 Q_3 反射同相轴,综合上述分析,聊城 - 兰考断裂的南段,濮城至兰考段为全新世早期的活动断裂。

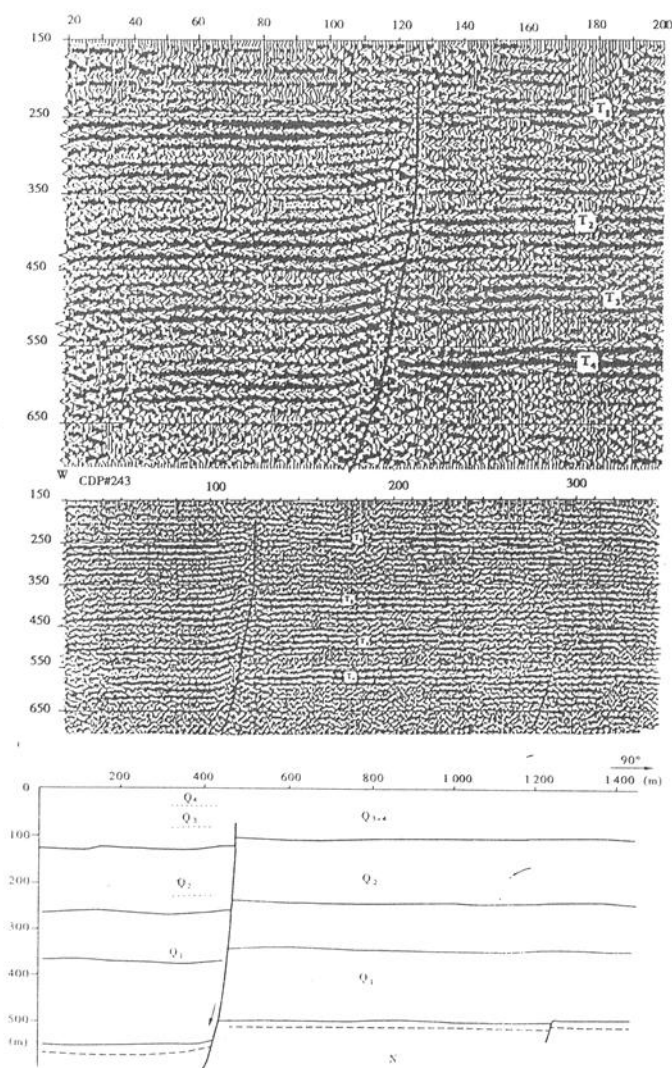


图 2.4-14 兰考慈庙浅层地震剖面(上、中)及地质解释图(据王基华等, 2001)

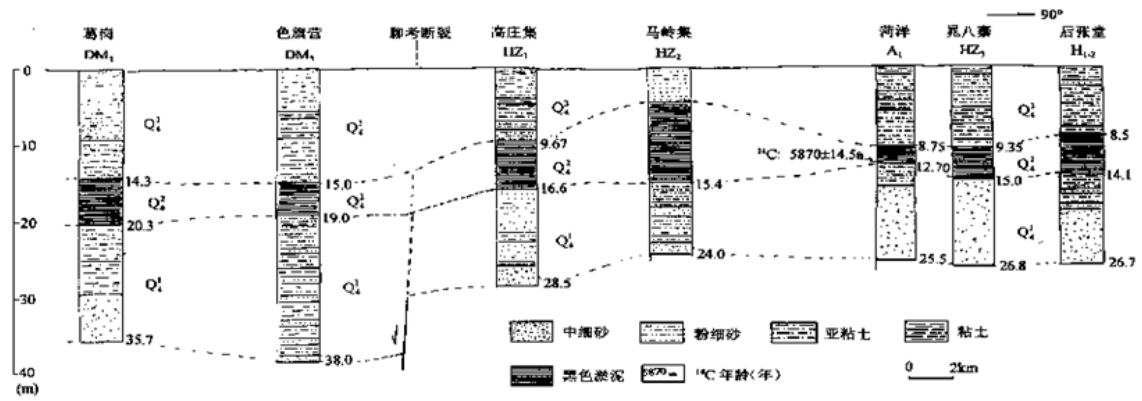


图 2.4-13 钻孔揭示聊城-兰考断裂两侧全新世地层埋深对比图 (据向宏发等, 2000)

15、曹县断裂 (F_{15})

该断裂北起郛城西北，经曹县、睢县至太康北，长约 190km 左右。总体走向北东 - 北东，呈“S”型展布，并与近东西向的郛城断裂、菏泽断裂和北西向的新乡 - 商丘断裂相交。倾向东 - 南东，倾角 $60\sim 80^\circ$ 倾角上陡下缓成铲状，正断层。

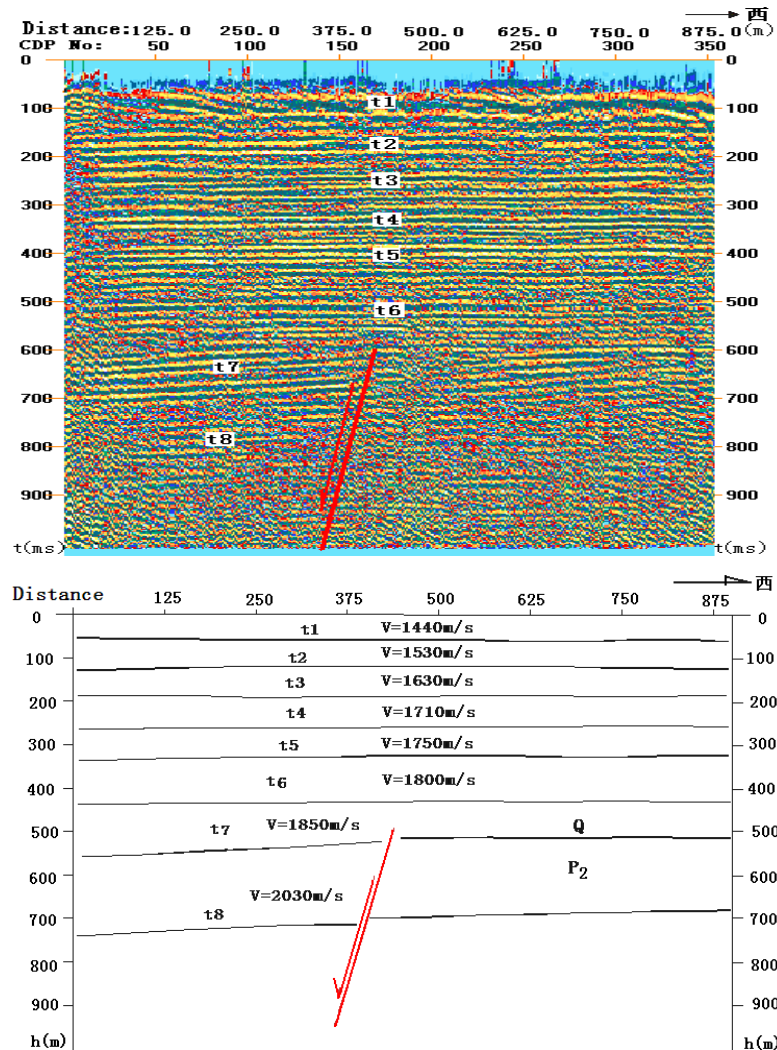


图 2.4-15 宋屯村跨曹县断裂反射波叠加时间剖面 and 地质解释剖面

在郓城西北宋屯村跨曹县断裂布设的浅层人工地震探测地震时间剖面 and 地质解释剖面见图 2.4-15。时间剖面的横坐标为共反射点(CDP)序号和对应于剖面的距离，其单位为 m；纵坐标为不同地层界面反射波的双程垂直到时 T_0 ，其单位为毫秒；地质解释剖面纵坐标为深度，单位为 m。图 2.4-15 地震探测时间剖面 and 地质解释剖面表明，断裂的上断点在地面的投影位置为 423m，为正断层，断裂东倾。根据山东煤田地质图上郓 13 钻孔资料，Q 地层厚 552.1m，P₂ 地层厚 617.8m，及郓 18 钻孔资料，Q 地层厚 549.0m，P₂ 地层厚 829.4m，确定地质解释剖面中的 T₇ 界面为第四纪地层与下卧地层二叠系地层的分界面。据地质解释剖面判断，曹县断裂错断的最浅地质层位是 Q₁ 地层。说明该断裂在早更新世期有活动，是早更新世活动断裂。

16、巨野断裂 (F₁₆)

该断裂北起梁山县，向南经巨野，到宁陵南，全长约 210km。断裂走向近南北，断层倾向 SW，倾角 85° 左右，断距大于 500m，为正断层。该断层构成了郓城成武凹陷的东部边界，在新近纪时期活动明显，对古近系地层的分布具有明显的控制作用，使得古近系地层主要分布于凹陷内。

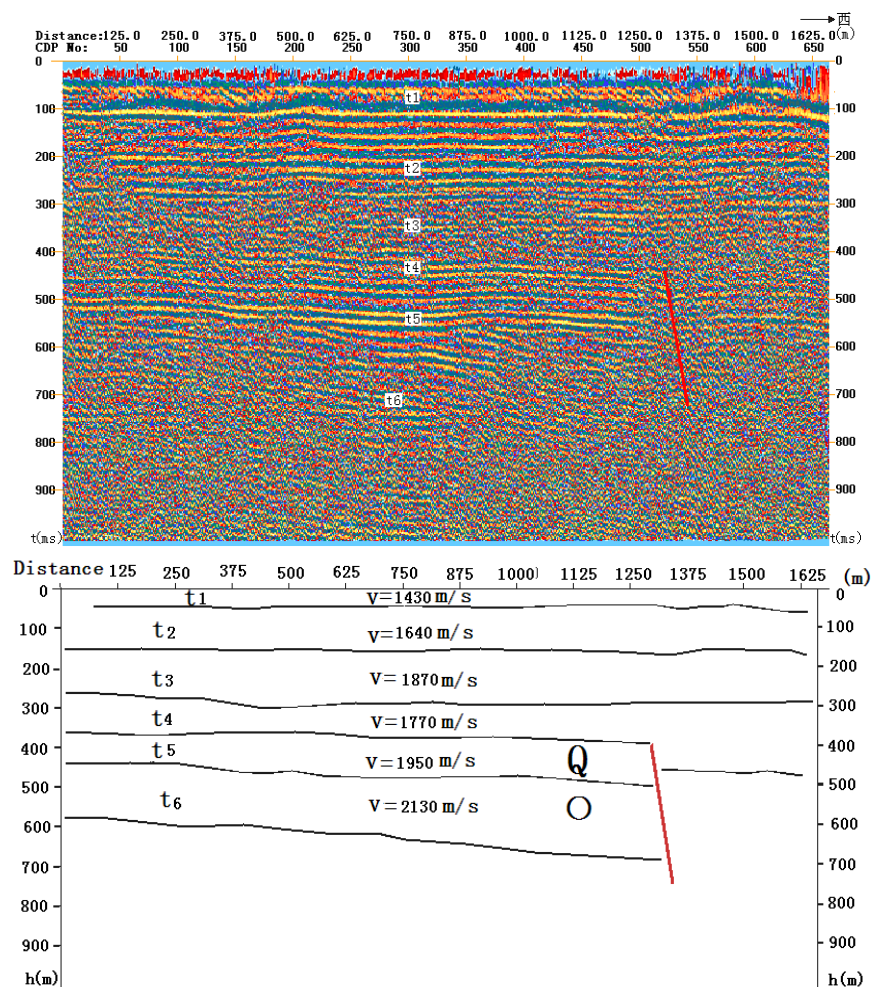


图 2.4-16 大老人镇跨巨野断裂反射波叠加时间剖面 and 地质解释剖面

在郓城县东北前往大老人镇的公路上布设的跨巨野断裂的浅层人工地震探测地震时间剖面 and 地质解释剖面（图 2.4-16）表明，断裂的上断点埋深约 390m，为正断层，产状西倾。根据山东煤田地质图上巨 2 钻孔资料，Q 地层厚 452.48m，O 地层厚 471.31m；郓 22 钻孔资料，Q 地层厚 504.4m，P₂ 地层厚 861.9m；郓 23 钻孔资料，Q 地层厚 580.04m，P₂ 地层厚 937.9m；巨 5 钻孔资料，Q 地层厚 488.6m，J₃ 地层厚 813.42m。Q 地层层底与本次的探测得到的 T₅ 对应，T₅ 以下为奥陶系、石炭二叠系等地层的反射界面。根据剖面判断，巨野断裂错断的最浅地质层位是 Q₁ 地层，说明该断裂在早更新世时期有活动，是早更新世活动断裂。

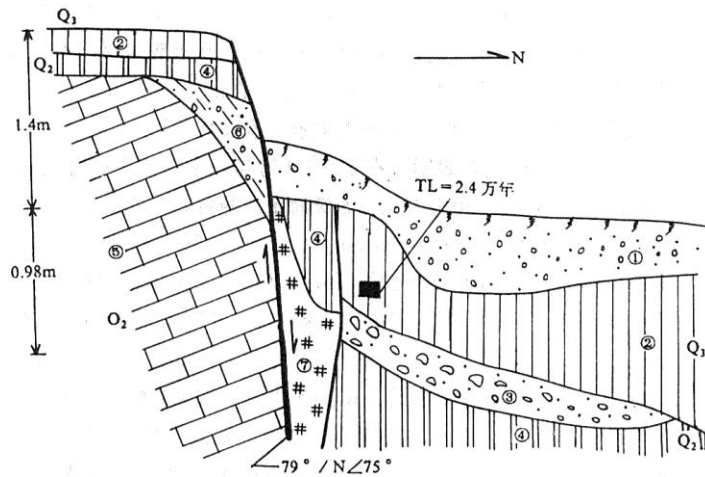
17、磁县 - 大名断裂 (F₁₇)

该断裂东起朝城南，西经大名、临漳、磁县北，进入太行山隆起区、到峰峰、陶泉以西，全长约 150 千米。该断裂走向北西西，倾向北，倾角较陡，控制内黄隆起和临清拗陷的发育，是中生代以来长期活动的一条边界大断裂。

东段的大名断裂是构成内黄隆起和临清凹陷的分界断裂，向东南方向过朝城镇后断断续续与马陵断裂相接。在布格重力异常图、航磁图上都有清楚的显示。据钻孔资料，楚 1 孔揭示 624m 穿过新近系见太古界，该断裂北侧临清凹陷内中生界发育，下降盘一侧残留厚度达 2500~4000m（包括三叠系）；古近纪时期断裂活动不很强烈，下降盘一侧未形成明显的沉降中心，魏县西南一带厚度最大，为 2000m。新近纪以来该断裂活动较为强烈，下降盘一侧在大名以西新近系 - 第四系厚达 1800~1900m，较上升盘厚 200~300m。沿断裂在大名一带发生过 953 年 4 $\frac{3}{4}$ 级和 1889 年 5 级地震。判断该断裂东段的大名断裂的最新活动时代为晚更新世。

西段的磁县断裂，据人工地震资料，始新统底面落差为 2100m，渐新统底面落差 1300m，新近系底面落差为 200m；该断裂东段始新统底面落差为 1200m，新近系底面落差为 300m（河北省地震局，1986）。该断裂在磁县西峰峰南山村附近，断错基岩山体，形成一个东西方向延伸，南高北低高差 100m 的断层陡崖，并切割了该处的北北东向断裂，水平位移 300~400m，垂直位移 40~60m。断裂显示左旋走滑正断活动性。

在南山村李家屋东南角和西南角开挖的两个断层剖面揭示出磁县 - 大名断裂在 2.2~2.4 万年以来有过两次古地震活动，其中最新的一次为 1830 年磁县 7 $\frac{1}{2}$ 级地震。（国家地震局分析预报中心，1993）。

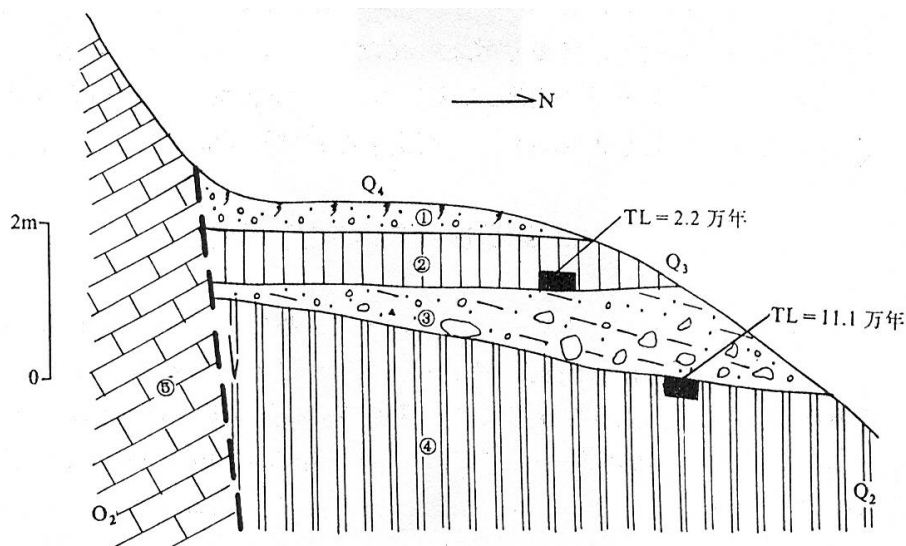


① 震崩积物, ②黄土, ③崩积碎石, ④棕红色粘土, ⑤灰岩, ⑥基岩破碎带, ⑦断层破碎带

图 2.4-17 磁县 - 大名断裂探槽剖面图 (据国家地震局分析预报中心, 1993)

从东南角剖面 (图 2.4-17) 可以看出, 层③ (崩积碎石层) 代表了 2.4 万年前 (层④沉积后, 层②沉积前) 的一次古地震事件; 层① (崩积碎石层) 代表了最新的一次地震事件 1830 年地震。两次地震事件的垂直位错总量达 2.3m, 最新的一次地震垂直位错最大为 1.4m。图中层②为 Q_3 黄土, 层④为 Q_2 上部黄土, 层⑤为 Q_2 下部黄土, 层⑥为断层下盘破碎带, 层⑦为断层上盘破碎带。

西南角剖面 (图 2.4-18) 中也能反映这一情况。层③ (崩积碎石层) 代表了一次古地震事件, 即 2.2 万年前 (层②沉积前) 有一次古地震事件。层① (崩积碎石层) 代表了最新的一次地震事件 1830 年地震。图中层②为 Q_3 黄土, 层④为 Q_2 上部黄土, 层④为 Q_2 下部黄土。



①积碎石, ②黄土③崩积碎石, ④黄土, ⑤奥陶系灰岩

图 2.4-18 磁县 - 大名断裂探槽剖面图 (据国家地震局分析预报中心, 1993)

综合上述资料：磁县 - 大名断裂的西段磁县断裂为全新世活动断裂，东段大名断裂为晚更新世活动断裂。

18、安阳南断裂（F₁₈）

该断裂西起安阳县水冶西的许家沟附近，向东横切汤阴地堑，经安阳市南到内黄境内。走向北西西，倾向北，倾角 80°，全长约 160km。据人工地震测深资料，汤阴次凹的北部即安阳沉降中心受该断裂的控制，估计新近系底面落差在 200m 左右，下降盘一侧显示出一沉降带，第四系厚度 70 余米，而上升盘上新世湖相粘土出露地表，说明第四纪时期断裂仍有活动。通过对断裂西端基岩区断层研究表明，基岩段第四纪晚期无活动。第四纪早期，该断裂控制了下降盘（北盘）一侧早更新统的沉积，在安阳附近形成了一个沉降带，第四系等厚线明显受该断裂的控制。断裂以南上新统河湖相堆积裸露于地表，呈现湖积台地地貌；而断裂以北新近系均不直接裸露地表，其上普遍覆盖了一层较厚的早更新世的红土砾石层。这表明该断裂以北的地壳在早更新世一度下沉，接受了红土砾石层堆积，其后该区地层的沉积并没有明显受该断裂的控制。

19、盘谷寺-新乡断裂（F₁₉）

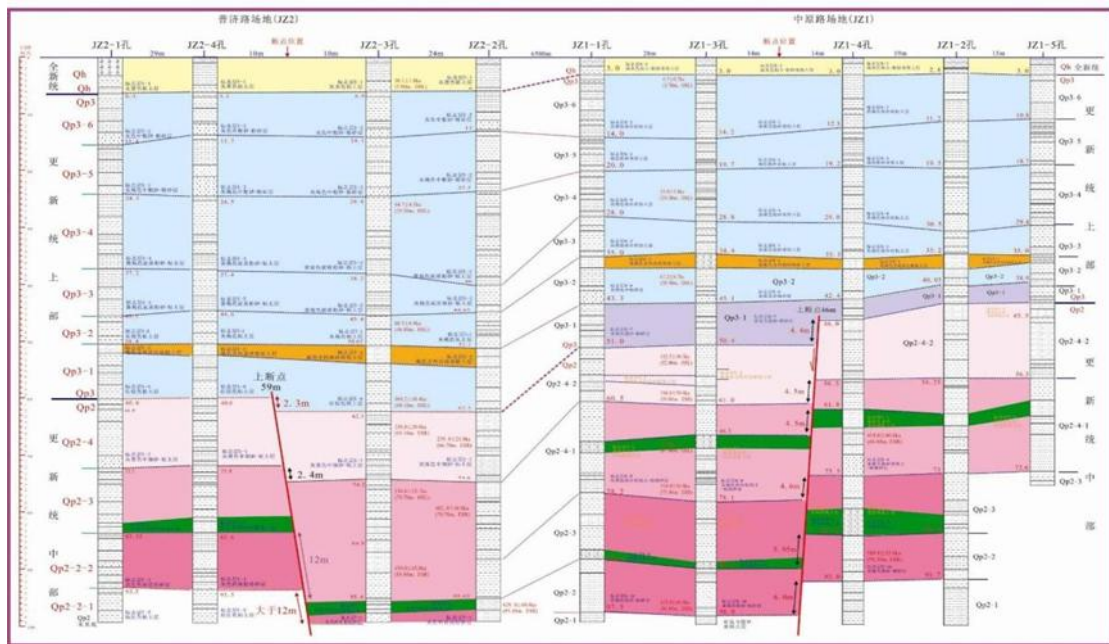


图 2.4-19 中原路与普济路联合钻孔综合解释图（中国地震局地球物理勘探中心 2016）

中段从柏山向东到大高村，为盘谷寺断裂的中部隐伏段。断层走向 NWW-EW，倾向南，倾角 60° ~ 70°。在主干断裂南侧，于李万及大高村附近发育两条 NW 向的分支断裂，即武陟断裂和平陵断裂，它们是分割武陟隆起与济源凹陷的边界断裂。煤田钻探表明，主干断裂北侧新生界厚度一般不过 200m，而断层南侧到 766.1m 仍未

揭穿新近系,其落差超过 600m,在朱村一带基岩断距达 1000m 以上,最大可达 1500m。从王褚到大高村,人工地震揭示该主干断裂在中生代表现为逆冲性质,断距约 200m 左右;新生代为拉张性质,断层位移自西向东由王褚的 800 多米,逐渐减小到大高村的 100m 左右。根据焦作市活断层探测的两条跨断层钻孔联合剖面成果资料(中原路 JZ1 剖面与普济路 JZ2 剖面,见图 2.4-19),JZ1 剖面的上断点埋深 46m 与地震剖面解释比较一致,断错了 Q_3 地层的底界。JZ2 剖面的上断点埋深 59m,断层的活动性与 JZ1 剖面场地基本相同,断错了 Q_3 地层的底界。综上所述,该断裂中段的最新活动时代为晚更新世早期。

20、新乡-商丘断裂(F_{20})

新乡-商丘区域性断裂带西起峪河口,向东经峪河北、赞成南到新乡西王村附近,向东南经延津、封丘、兰考、商丘延入安徽省境内,交于郟庐断裂带,是冀鲁断块与豫皖断块的边界断裂。走向北西约 295° ,被北东向、北北东向断裂切割成若干段,倾向各段有异。区域为该断裂西段,控制了开封凹陷中生代-古近纪的沉积,构成了开封凹陷的北缘断裂。

从人工地震剖面资料来看,该断裂倾向南,倾角 $60\sim 70^\circ$,为一正断层,断裂两盘基岩落差为 200~400m。新生代断距在毛庄附近最大可达 300m,向断裂两端断距变小。图 2.4-20 是国家地震局地质研究所完成的浅层人工地震剖面,结合该地区第四纪厚度分布推测 T_1 应为第四纪底面, T_2 为新、古近纪-基岩界面,剖面上 T_2 明显错动, T_1 界面未见明显错动。

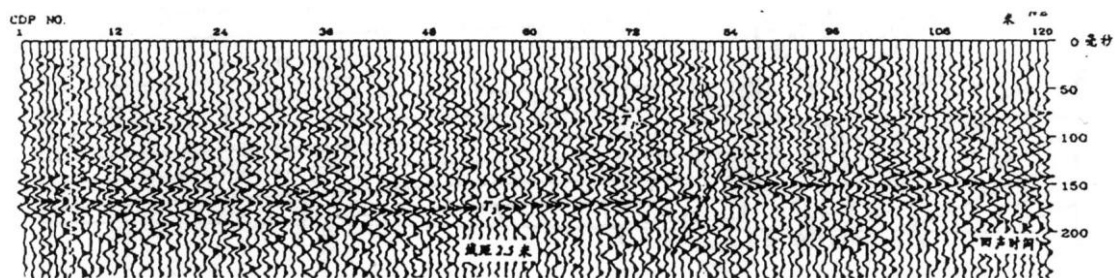


图 2.4-20 峪河毛庄新乡-商丘断裂浅层地震勘探剖面(据国家地震局地质研究所, 1995)

为查明该断裂产状及活动时代,2007 年中国地震局地球物理勘探中心在新乡市东的洪门附近由南向北布置了一条长 4km 的浅层人工地震测线 XX1,道间距 5m,覆盖次数 30 次。从该测线的深度解释剖面图(图 2.4-21)可以看出,该测线经过地段内的地下地层具有良好的反射性质,剖面浅部地层在横向上基本呈水平展布,相对起伏变化不大,深度约 75m 以下的地层总体上呈南低北高的展布形态。第四纪覆盖层的底界(T_Q)埋深在测线上具有较大的起伏变化,在测线南端其厚度约为 180m,在测线北端厚约 125m,呈现出第四系地层厚度南厚北薄的形态。在测线桩号 2025m 和

2310m 处存在的断层 F_{P1} 和 F_{P2} 在剖面上呈“Y”字形分布，并大约在深部 900m 左右，断层 F_{P1} 归并到 F_{P2} 断层上，剖面上这两条断层均错断了第四纪覆盖层的底界面反射波 T_Q ，断到了第四系内部，其上断点深度分别为 140~145m 和 150~155m 左右（表 2.4-2）。

根据区域地层资料判断，新乡 - 商丘断裂为早、中更新世活动断裂。

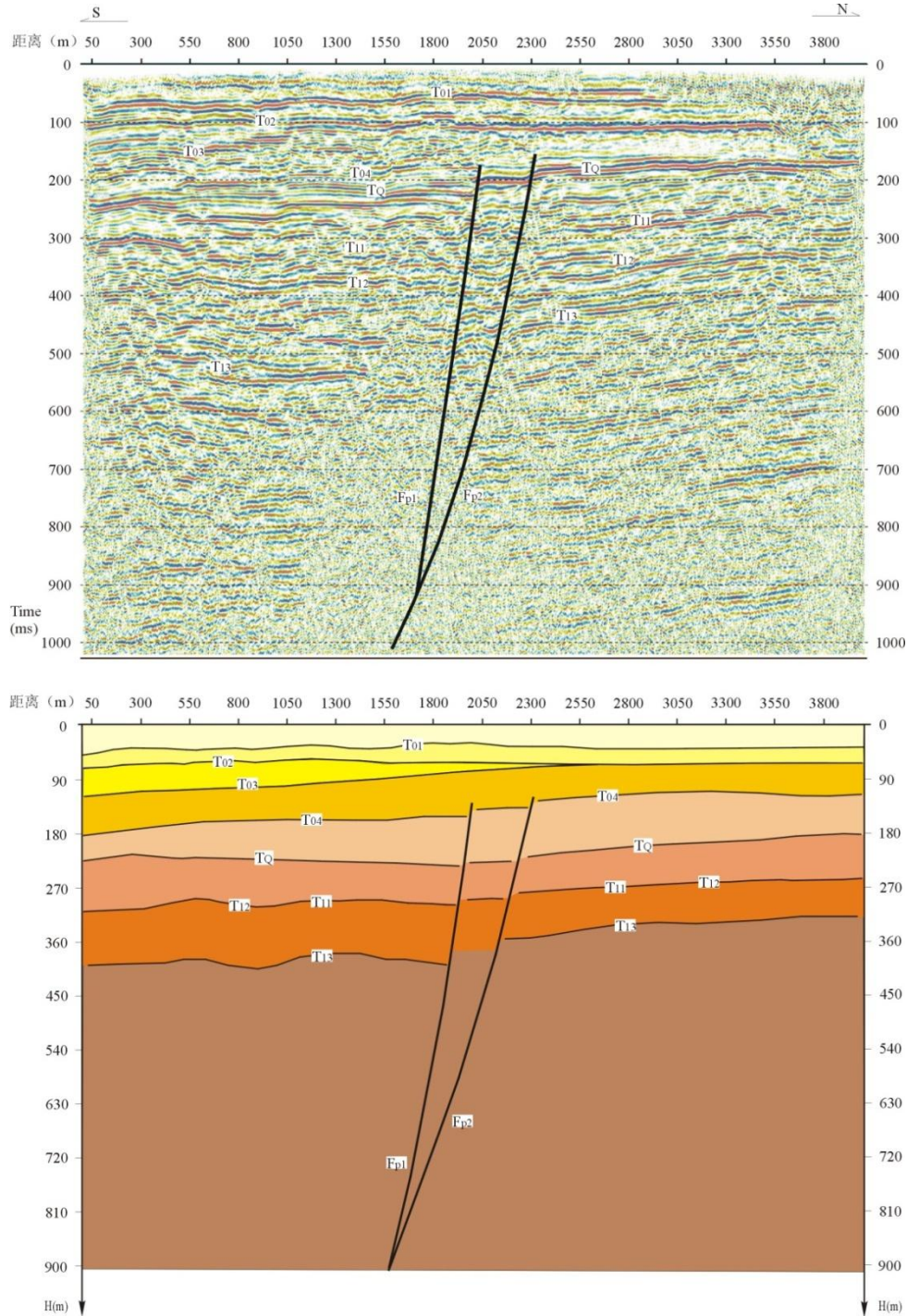


图 2.4-21 XX1 测线反射波叠加时间剖面 and 深度解释剖面图

表 2.4-2 XX1 测线探测断点参数一览表

测线名称	断点 编号	对应 层位	断点位置 (m)	上断点埋深 (m)	垂直断距 (m)	视倾向	断层性质
XX1 测线	F _{P1}	T _Q	2025	150~155	8~10	S	正断层
	F _{P2}	T _Q	2310	140~145	10~15	S	正断层

2021 年河南省地震局开展了针对新乡 - 商丘断裂延津段活动性的浅层地震勘探、标准钻孔地质剖面、钻孔联合剖面等探测工作。地震剖面 and 钻孔地层柱状图显示新乡 - 商丘断裂延津段为一条倾向南的正断层，地震剖面显示该段断裂整体为一负花状构造，上断点埋深约 45m，进入上更新统的底部。根据在延津县北和封丘县陈固乡开展的钻孔联合剖面工作，新乡 - 商丘断裂延津段对 Q₃ 上部地层具有明显的控制作用。综上所述，新乡 - 商丘断裂延津段的最新活动时代为晚更新世。

21、封门口 - 五指岭断裂 (F₂₁)

该断裂总体走向北西，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，阳台官，济源，西承留，孟州南，出露长度 32km。走向 310°，济源以北倾向南西，而济源以南倾向北东，成为济源盆地的西边界，倾角 40~70°。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。在阳台官中更新统被错断（图 2.4-22）。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，经堰师县境内、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，倾角 75~90°。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 10~100 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。

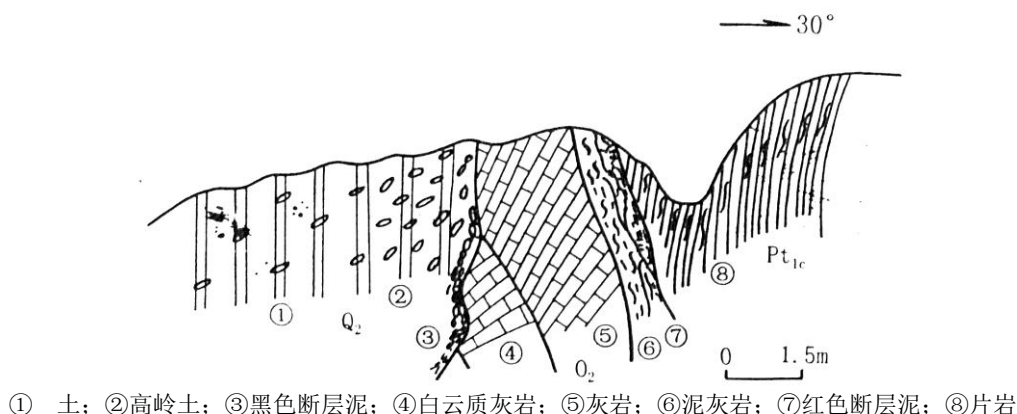


图 2.4-22 封门口断裂破碎带阳台宫剖面图

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。中更新统被错断，表明该断裂为中更新世活动断裂。

22、洛阳断裂（F₂₂）

该断裂位于邙山南缘。东起巩县芝田镇向西经忠义沟、堰师城北、平乐北至金水河一带与新安 - 郑县断裂相交，全长约 55km，为洛阳盆地的北界断裂。该断裂在堰师北见老断裂破碎带和断层角砾岩，破碎带宽近百米，断面走向 84°，倾向南，倾角 63°，上升盘三迭系构成低山，岩层北倾，倾角较缓，但在断裂附近岩层局部倾向南，倾角较陡。在汤泉沟中直接见到断层露头，下盘为三迭系红色砂岩夹页岩薄层，地层产状平缓，倾角约 15°，上盘则为中更新统红色粘土、砂土夹碎石层，可见厚度约 10m，基岩断裂带宽约 30m，老的断层角砾岩粒径约 5~10mm，破裂面走向 63°，倾向南，倾角 80°。破裂面上有一层厚约 3~5mm 的钙质淋漓层，断裂带上覆盖有一层厚约 15m 的上更新统黄土，未见任何变动形迹。根据洛阳市活断层探测资料，该断裂错断地层为中更新世晚期，上覆晚更新世地层未错动，为中更新世断裂。

23、郑州-开封断裂带（F₂₃）

据河南省地震局研究（1989），由多条近东西向断裂组成。由北往南有：中牟北断裂、中牟断裂、上街断裂、须水断裂等，全长约 120km。

①上街断裂：

该断层西起荥阳县上街镇附近，向东经郑州市区，一直延伸到中牟县境内，终止于白沙一带。被古荥断层、老鸦陈断层等北西向断层切割成数段。全长约 120km，走向近东西，倾向北，倾角 70°，北盘下降，南盘上升，为一正断层。

前人在荥阳附近（近场区外）做了 6 条人工地震剖面，基本上查明了上街断层的延伸情况。李廷栋等（1992）在郑州市西郊百炉屯附近完成了一条地震剖面，最大探

测深度约 3.0km，探测结果表明断层明显错断奥陶系和二叠系，但没有断错新近纪地层。

2007 年中国地震局地球物理勘探中心横跨上街断层进行了浅层地震勘探，探测结果表明上街断层也是由多个分支断层组成的断层带，并且在古近纪时期仍在活动，但新近纪以来已不再活动。

②须水断裂：据 1988 年人工地震勘探线，从地震剖面图上 T_g 、 T_g 波反射界面有明显错断，断距 200m 左右，切割了前新生界。

断层西起南新庄，向东经十二里铺、须水、郑川市至圃田，全长约 90 千米。断裂走向东西，倾向北，倾角 $60\sim 70^\circ$ ，为正断层。据研究为早更新世断裂。

③中牟断裂：有 15 条地震测线控制。 T_g 反射界面明显错断，断距 500~1000m。断裂发生在新近纪以前，新近系沉积连续，产状平缓，没有被错断的迹象，为前第四纪断裂。该断裂走向东西，倾向北，倾角 $65\sim 70^\circ$ ，为正断层。

④中牟北断裂：有 15 条地震勘探线控制。地震剖面上 T_g 反射波错动在 400m 以上，控制了古近纪地层的沉积，而且还控制了件罗 - 白垩纪沉积，未波及新近系地层，为前第四纪断裂。断裂走向近东西，呈舒缓波状，倾向北，倾角 $65\sim 70^\circ$ ，为正断层。

⑤开封断裂：根据开封断裂第四纪活动特征（孙杰等，2022）研究成果，开封断裂的东段为晚更新世断层。

24、郛城断裂（ F_{24} ）

该断裂为汶泗盆地的南边界，呈近东西走向展布，长约 120km，是由物探资料推测，局部经钻探控制的一条平原区内的隐伏断裂。该断裂在布格重力图上显示为近东西向的负异常带。断裂在古近纪时期有强烈的活动，它对汶泗断凹古近系的沉积有明显的控制作用，其上部被第四系覆盖。根据煤田钻孔资料，断面倾向北，为陡倾斜正断层（局部为逆断）。古近纪时期活动强烈，致使盆地内堆积的古近系厚达 1000~2000m，而在断层南侧缺失古近系沉积。新近纪以来断裂南北沉积厚度相差 100m 以上。

该断裂在卫星影像上有一定反映，尤其是在兖州以北的大厂经马厂至白石桥一段，显示明显的线性影像特征，反映出了郛城断裂的构造形迹。

为了确定断裂的位置，前人曾做过几条地球化学探测剖面，在进行的 Rn 和 γ 断层气测量剖面上有清晰的异常反映（山东省地震局，1989）。

在新驿镇北，李塘村南横跨断层布设 4 个钻孔（孔距 20~30m，孔深 50m），根据剖面中的 C-14 年代测定，进行钻孔资料对比表明（图 2.4-23，山东省地震局，1989），地面以下 5m 内的地层为全新统，其沉积是连续的，地下 5m 至 21m 的黄褐色粘土以及中砂层的顶面断差达 1.5m，30m 以下断差增大可达 3m。表明该断裂晚更新世早期仍有过明显的活动，但活动强度较弱。

沿断裂带历史上曾于 1622 年在郓城附近曾发生过一次 6 级地震。由上述资料推测其最新活动时代为晚更新世。

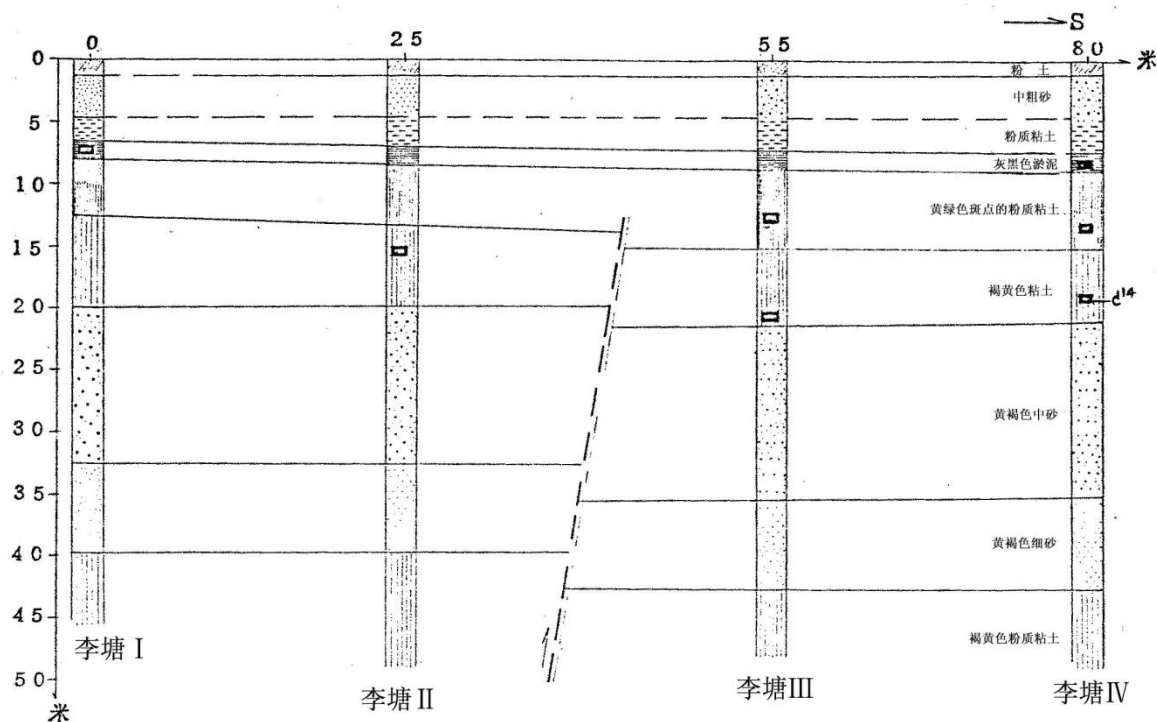


图 2.4-23 郓城断裂钻孔联合剖面图（李塘村附近，山东省地震局，1989）

25、菏泽断裂（F₂₅）

菏泽断裂是横亘菏泽凸起的近东西向断裂，西段交于聊兰断裂，东至章缝集，断裂向南倾，为张性正断层性质。此断裂在重、磁异常图上均有显示。

在岳程乡程海村东约 600m 的南北小公路上布设的跨菏泽断裂的浅层人工地震探测地震时间剖面 and 地质解释剖面（图 2.4-22）表明，断裂的上断点在地面的投影位置为 630m，埋深 280m，为正断层，产状南倾。根据地质钻孔资料分析，T₄ 界面是第四纪地层(Q)与新近纪地层(N)的分界面。根据剖面判断，菏泽断裂错断的最浅地质层位是 Q₁ 地层，说明该断裂在早更新世时期有活动，是早更新世活动断裂。

26、东明-成武断裂 (F_{26})

该断裂发育于鲁西隆起西缘，走向 NWW，倾向 NNE，全长 95km，为左旋正断层。从航磁异常图可见菏泽--定陶分布着一串 NW 向的强磁性体，并在菏泽以西与聊城-兰考断裂相交。该断裂西段钻孔结合地貌结果表明，断裂既控制着新生代沉积，又控制着该地区的地震活动。根据黄河中下游活动断层分布及其对古河道变迁的影响（李峰等，2022）研究成果，见图 2.4-24。该断裂为晚更新世活动断裂。

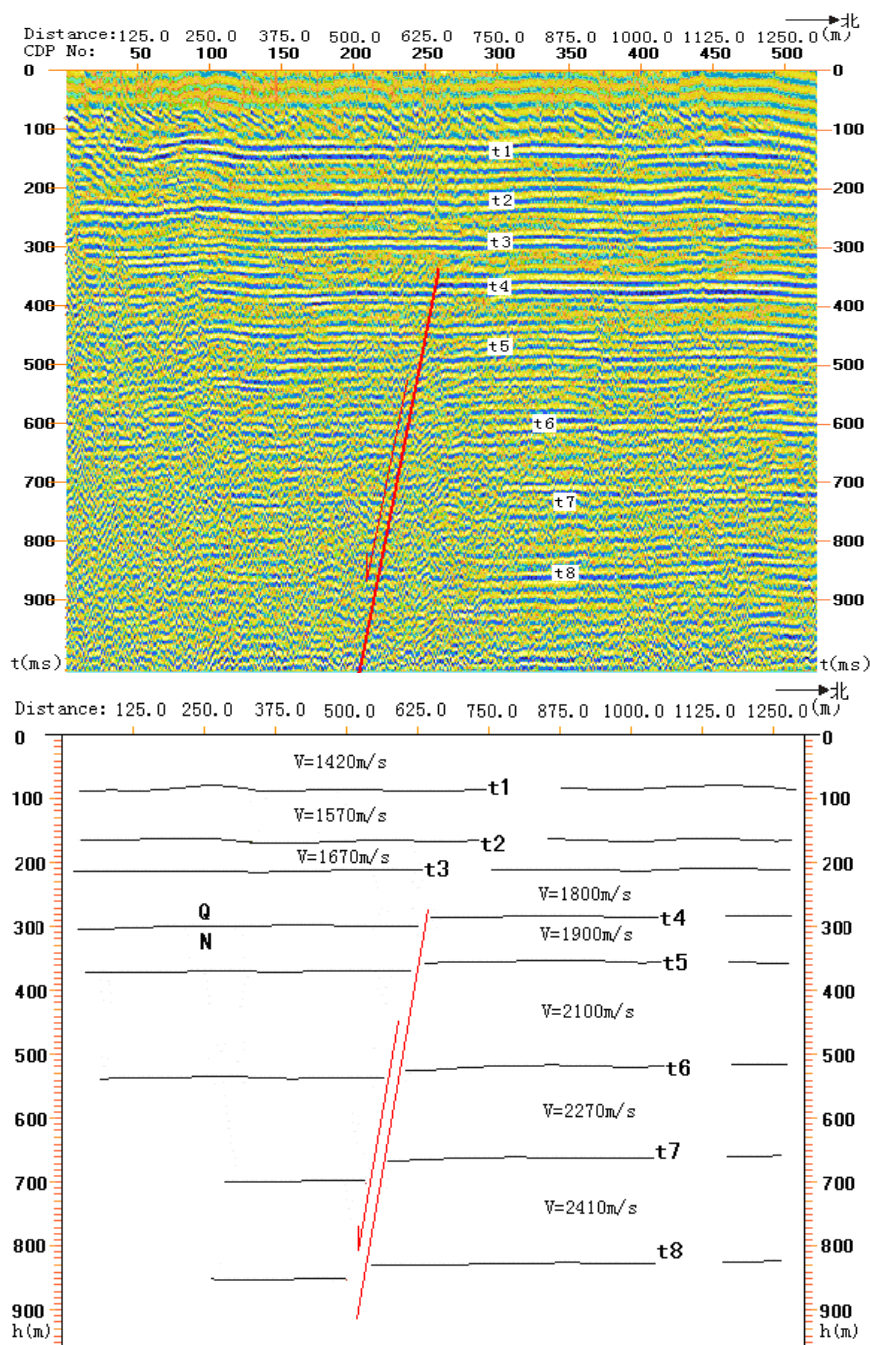


图 2.4-24 程海村东菏泽断裂反射波叠加时间剖面 and 地质解释剖面

27、安阳西断裂 (f_1)

详见第 3.4 节近场区主要断裂活动性。

28、韩陵山断裂 (f_2)

详见第 3.4 节近场区主要断裂活动性。

29、临漳断裂 (f_3)

详见第 3.4 节近场区主要断裂活动性。

30、安阳北断裂 (f_4)

详见第 3.4 节近场区主要断裂活动性。

2.5 区域地震构造评价

2.5.1 地震发生的构造条件

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、7.0~7.9 级地震发生的构造条件

- ①新构造时期存在强烈差异活动的次级块体边界。
- ②晚更新世至全新世具有明显活动的断裂,如磁县 - 大名断裂、聊城 - 兰考断裂。
- ③大型隆起与凹陷的边界断裂带上,并与其他方向活动断裂与之交汇。
- ④新近纪至第四纪具有强烈活动的断陷盆地,如东明凹陷及其主断边界(东边界)。
- ⑤布格重力异常梯度带、航磁异常带、地壳厚度转折带等均是这一级别地震发生的地带,如聊城-兰考一带即属这样的地球物理异常带。

2、6.0~6.9 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 6.0~6.9 级地震。
- ②新近纪至第四纪以来活动的壳内断裂,包括断裂端部、各组断裂交汇部位以及差异活动明显的地段。
- ③新近纪至第四纪活动断陷盆地内部,特别是断陷盆地的边缘或陡深一侧。
- ④晚更新世断裂是这一级别地震发生的重要条件,如汤东断裂历史上发生过一次

6 级地震。

- ⑤少数早、中更新世断裂历史上也曾发生过中强地震。

3、5.0~5.9 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,如汤阴 $5\frac{1}{2}$ 级地震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。

2.5.2 区域地震构造综合分析

(1) 区域位于一级大地构造单元华北准地台内。华北准地台是十分活跃的一个构造单元,曾发生过多中、强地震。区域涉及鲁西台背斜、华北拗陷、山西台背斜 3 个二级构造单元。

(2) 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。区内存在北北东、北西西、近东西向的重、磁异常梯级带和地壳厚度转折带。区内发生的地震多与这些异常带有关,如 1937 年山东菏泽 7 级地震发生在重力梯级带和磁力异常带上;1830 年磁县 7 $\frac{1}{2}$ 级地震和 1966 年河北邢台一带地震与重力梯级带和航磁异常畸变带相关等。

(3) 新构造时期,区域内不同地质构造运动强烈程度,断裂运动方式、地震活动等方面有着明显的差别。根据这些差别,本区域划分出 5 个一级构造单元和 15 个二级构造单元。新构造分区界线是地震发生的主要场所,如 1830 年磁县 7 $\frac{1}{2}$ 级地震发生在山西隆起区与华北拗陷区的边界带上;1937 年山东菏泽 7 级地震发生在华北拗陷区与鲁西隆起区的边界带上。

(4) 从区域地震构造上讲,地震危险主要来源于北北东走向的聊兰断裂、汤东断裂和近东西向的磁县 - 大名断裂,其在地球物理异常中(重力、航磁和地壳厚度等)也有明显的异常反映。

断裂对地震的控制作用非常明显,磁县 - 大名断裂历史上曾经发生过多中强以上地震,其中以 1830 年磁县 7 $\frac{1}{2}$ 级地震最大;聊城 - 兰考断裂历史上发生过多中强以上地震。聊城 - 兰考断裂可以分为三段,新活动南强北弱,历史上沿断裂南段发生过一系列中强以上地震,其中以 1937 年菏泽 7.0 级地震最大。另外,北东向的汤东断裂、北西向的新乡 - 商丘断裂与近东西向的盘谷寺 - 新乡断裂交汇处,历史上都发生过 6 级地震。

区域内磁县 - 大名断裂和聊城 - 兰考断裂地震活动强度大、频率高,它们断裂具有发生 M7.0~7.5 级地震的构造条件。汤东断裂具有发生 M6.5~7.0 级地震的构造条件。其它第四纪活动断裂具有发生 M6.0~6.5 级地震的构造条件。

第三章 近场区地震构造

根据《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》中震防函[2019]21 号的要求，近场区范围应不小于目标区外延 25km。结合近场区历史地震确定本项目近场区范围为：东经 114°12′~114°54′，北纬 35°45′~36°24′。本章在收集、分析已有的调查资料和研究成果基础上，结合已进行的野外地震地质补充调查及地球物理勘探工作，对近场区的地质构造概况、新构造运动特征、主要断裂活动性和地震构造环境等加以论述，为近场区的断裂活动性鉴定及对工程影响和近场区潜在震源区划分提供依据。

3.1 近场区地质地貌特征

近场区第四系厚度总体较薄，呈现出西薄东厚之势，且受新构造分区影响明显。新构造时期的隆起区一般缺失第四系堆积，即使有，其堆积厚度也很薄。例如太行山东麓隆起区虽下有更新统冰碛层大面积分布，但其厚度一般小于 10m。再例如汪留屯隆起区虽然地处平原区，第四系堆积也很薄，鹤壁伏道乡东南探坑中揭露出的第四系仅 2.5m。而新构造时期的沉降区第四系都有较厚的堆积，其等厚线形态与沉降区轮廓相似。如安阳沉降区第四系等厚线形态呈北西西向，与安阳地堑轮廓相似，最大沉积厚度大于 80m。再例如张官屯沉降区的第四系等厚线形态呈北东东向，与汤阴地堑北端轮廓相似，最大沉积厚度大于 40m，见图 3.1-1 为近场区地质构造与地质剖面图。

依据成因，近场区主要有低山丘陵、台地、洪积扇、冲洪积平原四种地貌类型。

1、低山丘陵

分布在近场区西部，由古生界构成，海拔 200~300m。低山丘陵区新生代长期处于隆起状态，是太行山隆起区东缘的组成部分。

2、台地

主要分布在近场区西部。是太行山山前低山丘陵与华北平原之间的过渡地带。总体走向北北东，但由于近东西向水系的切割，原来统一的北北东走向台地面被分割成多个近东西走向的小规模台地，海拔高度 150~250m，由西向东逐渐降低。另在安阳东北的韩陵山分布有面积约 8km² 的台地，海拔高度 60~80m。构成台地的地层主要是新近系和下更新统。

3、洪积扇

零星分布在台地和平原之间，海拔高度 60~120m。构成洪积扇的地层主要为上更新统坡洪积物。



属于华北平原的组成部分，地形平坦、开阔，海拔高度 40m 左右，出露地层主要为全新统。

3.2 近场区新构造运动特征

87

根据近场区新构造运动的时空特征，以主要断裂为界，近场区可分为太行山隆起与北华北拗陷 2 个一级新构造单元、8 个二级新构造单元（图 3.2-1、表 3.2-1）。

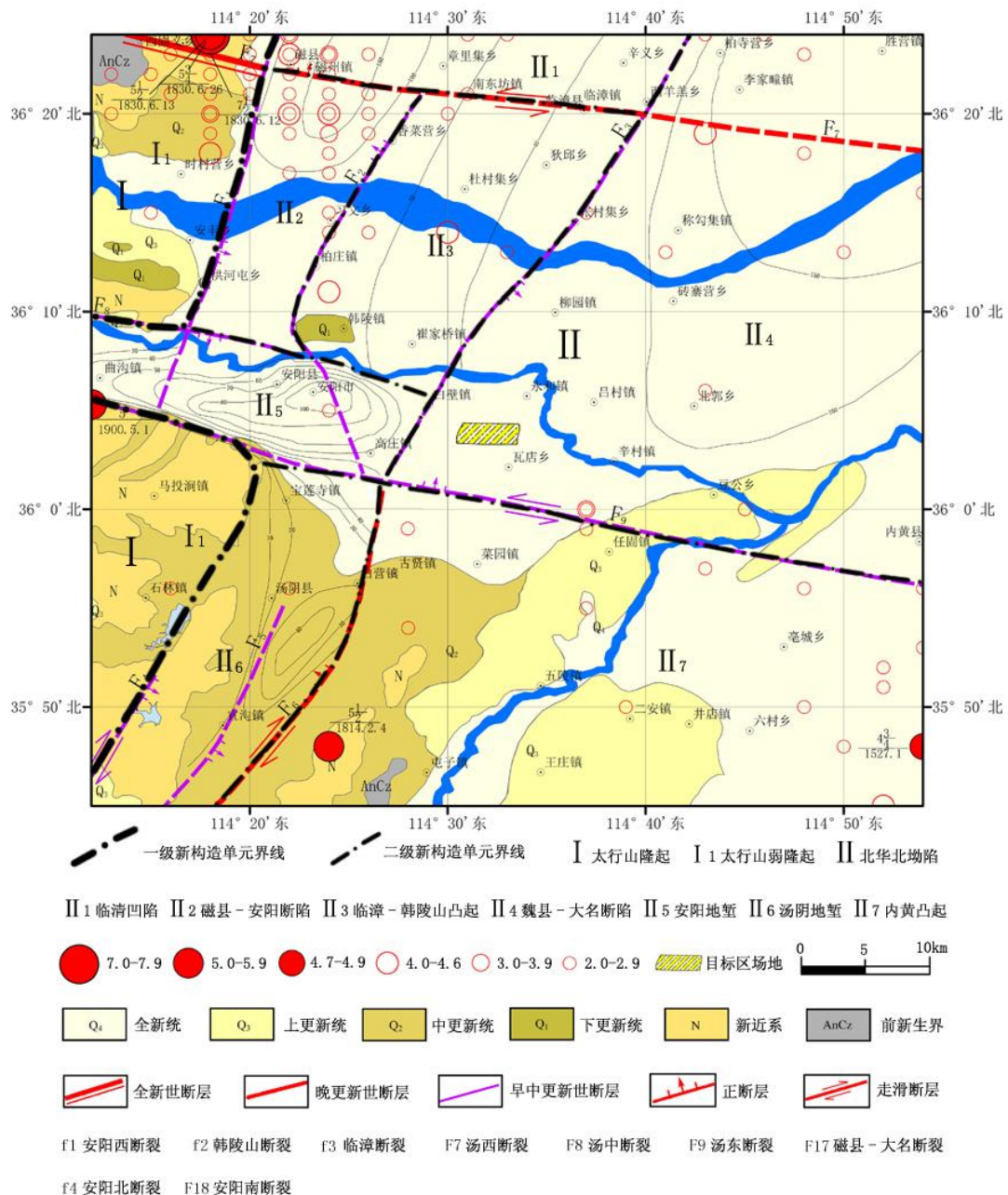


图 3.2-1 近场区新构造单元划分图

表 3.2-1 近场区新构造单元划分一览表

一级新构造单元	二级新构造单元
太行山隆起 (I)	太行山弱隆起 (I ₁)
北华北拗陷 (II)	临清凹陷 (II ₁)、磁县 - 安阳断陷 (II ₂)、临漳 - 韩陵山凸起 (II ₃)、魏县 - 大名断陷 (II ₄)、安阳地堑 (II ₅)、汤阴地堑 (II ₆)、内黄凸起 (II ₇)

1、太行山隆起 (I)

新生代以来经历了隆起、沉降、隆起的过程，以隆起为主。古近纪表现为隆起，新近纪略有下降，第四纪又转为隆起，现今地貌上主要表现为高台地，仅西边缘局部有小面积的低山丘陵。近场区只涉及到太行山弱隆起 (I_1) 一个二级新构造单元。

(1) 太行山弱隆起 (I_1)

为邢台-邯郸断裂一线以西的地区，是一个新生代隆起区。新构造期的上升量约为 100~300m。近场区本单元地貌以低山丘陵、山间盆地及丘间洼地相间分布为特征。总体地势西高东低。

2、北华北坳陷 (II)

新生代以来整体以沉降为主。受内部不同方向断裂的影响，可进一步分为多个新构造分区，各分区的下降幅度不同。有的表现为强烈下降，有的下降幅度小，甚至在某些阶段还表现为隆起的性质。近场区涉及北华北坳陷的七个二级构造单元。

(1) 临清凹陷 (II_1)

西界为邢台-邯郸断裂，北为邢衡隆起，东以鲁西隆起为邻，南界为磁县 - 大名断裂。受北北东 - 北东向断裂控制，新构造时期形成北东向隆起和凹陷相间格局。

(2) 磁县 - 安阳断陷 (II_2)

位于安阳西断裂和韩陵山断裂之间，除古新世隆起外，其它时间主要表现为下沉。其中，始新世 - 渐新世为断陷下沉，新近纪为坳陷下沉，第四纪又表现为断陷下沉，第四系厚度 100~150m。

(3) 临漳 - 韩陵山凸起 (II_3)

位于韩陵山断裂和临漳断裂之间。新生代以来经历了隆起、沉降、隆起的过程。古近纪表现为隆起，新近纪 - 早更新世略有下降，中更新世以来在华北平原整体下沉的背景下，表现相对隆起的特征。第四系厚度仅 40~50m。

(4) 魏县 - 大名断陷 (II_4)

位于临漳断裂以东。除古新世外，其余大部分时间以沉降为主。新生界厚度 2000~5000m，第四系厚度 60~350m。

(5) 安阳地堑 (II_5)

位于近场区中部安阳北断裂和安阳南断裂之间，除古新世隆起外，始新世 - 第四纪一直处于间歇性的断陷沉降状态。由于沉降区受两条断裂控制，因此为地堑型沉降区。根据钻孔揭露，地堑内部有较厚的古近系沉积，沉积厚度西薄东厚，最大厚度近

3000m；新近系厚度明显大于两侧隆起区的厚度。第四系等厚线受地堑控制明显，呈近东西向，最大厚度超过 80m。

（6）汤阴地堑（Ⅱ₆）

分布于太行山前断裂带以东，是太行山隆起和内黄凸起之间的北东向地堑。汤阴地堑分别以汤东断裂和汤西断裂为边界构成双边地堑，南截于新乡-商丘断裂带附近，总体走向北北东，南北延伸约 110km。东西宽 20~25km。物探揭示地堑两侧的地层断距很大，基岩落差超过 1000m。

汤阴地堑主要活动在古近纪与新近纪时期，钻探资料揭露地堑内新生界厚度可达 2000~3000m，有两个凹陷中心，一个在汤阴附近，另一个在卫辉东北，最大厚度 3000 余米，第四纪以来，汤阴地堑总的运动趋势表现为微弱的上升，因此，第四系一般平均厚度仅 10~30m 左右，只有局部沿断裂活动的地段有 40~50m 的沉积物。

根据地堑内第四系的厚度及微地貌分析，第四纪以来地堑内部的活动存在空间不均一性，表现为局部隆起与沉降交替，总体上形成两隆、两凹的构造形态。由北而南分别是汤阴凹陷、宜沟凸起、淇县凹陷和卫辉凸起。

汤阴地堑及其主要控制性断裂构造，第四纪乃至第四纪晚期仍有明显的活动，历史上有多次 5~6 级地震发生。

（7）内黄凸起（Ⅱ₇）

位于汤东断裂和长垣断裂之间，为一北北东向长条型隆起。据物探和钻孔资料，该隆起新生界地层中新统和第四系，其厚度仅数十米至几百米，其下为寒武系，反映从晚古生代到新生代长期处于隆起状态。隆起的中脊部分高，两侧低。在屯子镇、白寺等地，寒武系出露地表，成为残丘。

3.3 地壳基本结构和断裂深浅构造特征

在《安阳市活断层探测与地震危险性评价》项目（二期）工作中，为调查安阳市地壳基本结构和断裂深浅构造特征，在安阳市南部，横切汤阴地堑完成了一条东起汤阴县任固东南，西至鹤壁集东的长 44.975km 的深地震反射剖面。

本次深地震反射剖面所揭示的地下结构图像非常清楚。综合分析深反射剖面揭示的反射界面形态、地层展布和断裂构造特征，现将本剖面经过地区的地壳基本结构和断裂构造概述如下：

1、地壳结构

该区地壳以埋深约 20~21km 的反射界面 RC 为界，分为上地壳和下地壳，其中上地壳厚 20~21km，下地壳厚 14~16km；莫霍面在剖面经过的地段内具有明显的变

化,但总的看来具有自东向西逐渐变深的趋势,在汤阴地堑和内黄凸起的交界附近(剖面桩号约 16km),莫霍面出现隆起,深度约为 35km 左右,至剖面西端附近,莫霍面逐渐加深至 38km 左右。

2、上地壳特征

在本区上地壳内部,深地震反射剖面揭示了一系列层组分明、起伏变化形态清楚的地层反射以及受断裂控制的盆岭构造(即汤阴地堑和内黄凸起)。在内黄凸起以西的汤阴地堑内,从剖面上可清楚地看到一套近水平的强能量的沉积层反射波不整合地覆盖在一系列向东倾伏的老地层之上,而且地层越老,其倾角也越大,显示地壳的掀斜运动具有同沉积特性。

3、上地壳断裂构造

深地震反射剖面揭示的汤东断裂位于剖面桩号 17.2km 左右,该断裂由 F_2 和 F_3 两条断层组成,其中,断裂 F_3 为倾角上陡下缓的铲形正断层,它控制了汤阴地堑古近纪之前的地层沉积,古近纪晚期,汤阴地堑整体下沉,在不整合面以上形成了一套倾角较缓的新近系和第四系地层,因此,切割断层 F_3 的陡倾角断裂 F_2 应是同沉积断层,并控制了第四系地层的沉积。剖面揭示的断裂 F_4 位于汤阴地堑内,与断裂 F_2 和 F_3 相比,其规模小,上断点较深,活动性弱,属汤阴地堑内部的 1 条次级断层。断裂 F_1 位于内黄凸起上,从剖面波组特征分析,该断裂至少错断了深约 240m 的反射层。

4、下地壳特征

本区下地壳具有明显的反射性质,其特征总体表现为中等反射能量的反射条带,且具有平直反射与倾斜反射或弧形反射相伴生的特点,显示了该区深部结构与构造的复杂性。剖面桩号 16km 左右,深部壳幔过渡带反射波的横向间断、高角度深断裂的存在以及在深断裂两侧存在的一些多相位、产状不同的反射能量条带,反映了该区近期构造活动的深部特征。壳幔过渡带的横向间断为上地幔高温物质的上涌和岩浆侵入地壳内部提供了通道。

3.4 近场区主要断裂活动性

近场区主要第四纪断裂共有 9 条,其中晚更新世 - 全新世活动断裂 1 条,晚更新世活动断裂 1 条,早-中更新世断裂 7 条(见图 3.4-1、表 3.4-1)。近场区主要断裂性状及活动特征是依据地球物理探测、钻探和槽探等方法,结合收集到的大量地质、航磁、重力等资料,进行综合分析,确定断层的位置、规模、产状、活动时期等。现对近场区一些主要断裂进行评述如下。

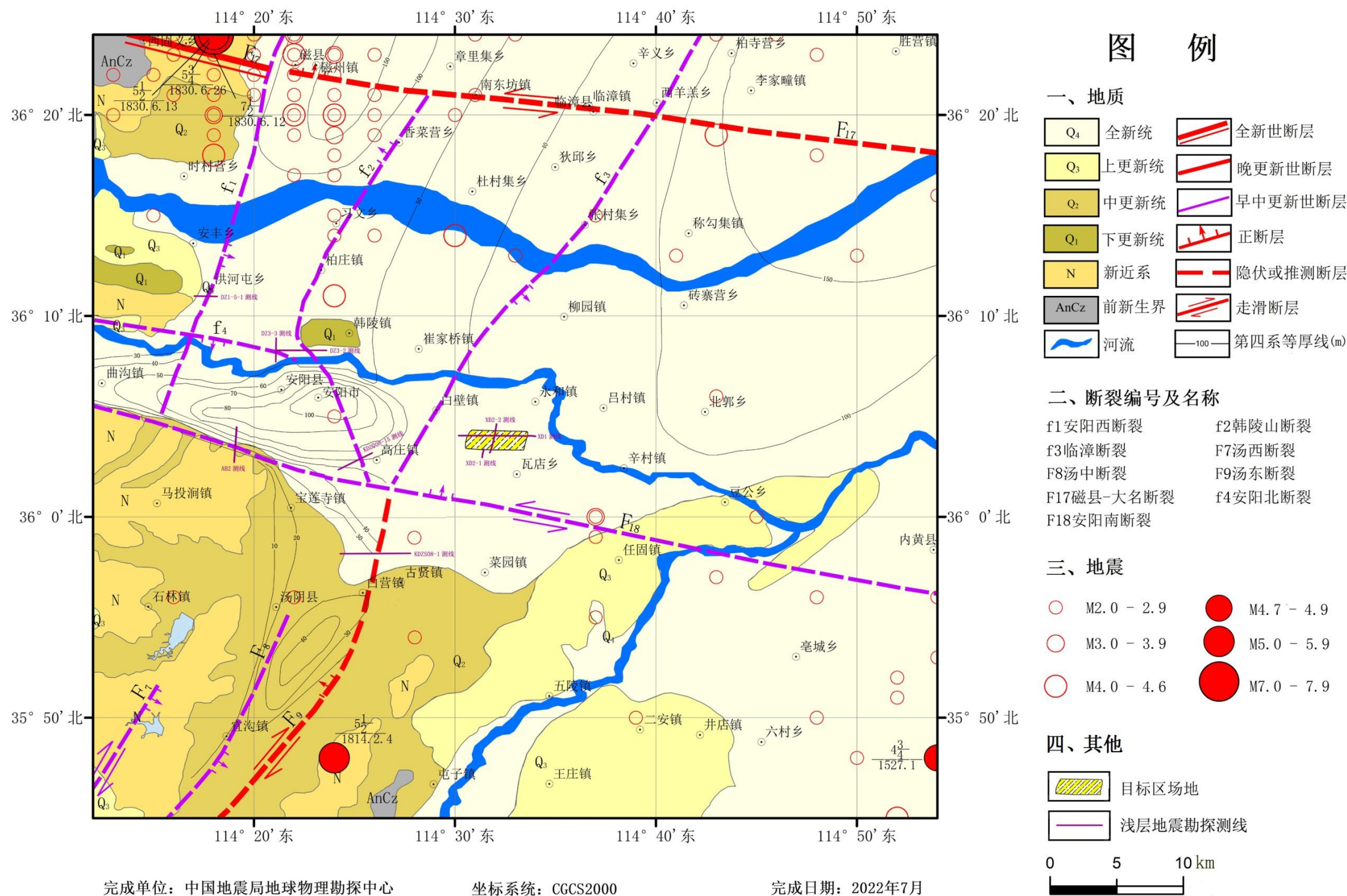


图 3.4-1 近场区地震构造图

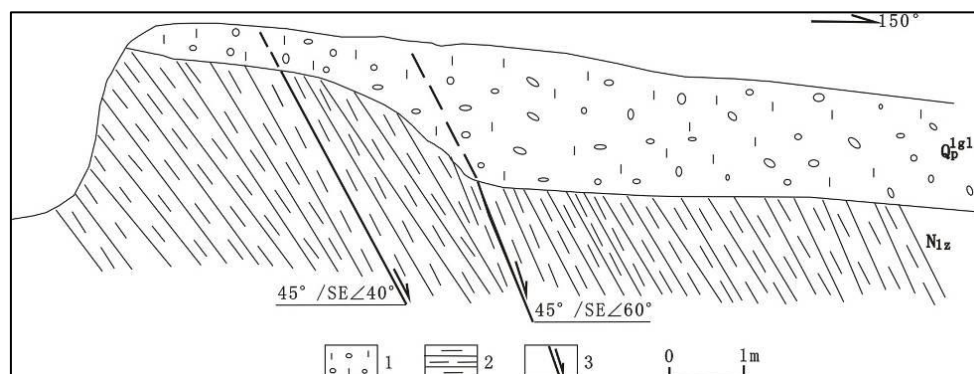
表 3.4-1 近场区主要断裂活动性质一览表

编号	断裂名称	性质	走向	倾向	倾角	最新活动时代	距目标区场地最近距离(km)
f1	安阳西断裂	正断	NNE	SE	陡	Q ₂	22
f2	韩陵山断裂	正断	北段 NNE 南段 NNW	北段 NW 南段 SW	78°	Q ₂	7
f3	临漳断裂	正断	NNE	SE	>70°	Q ₁₋₂	3
F7	汤西断裂	正走滑	NNE	SE	>60°	Q ₁₋₂	29
F8	汤中断裂	正走滑	NNE	SE	陡	Q ₁₋₂	13
F9	汤东断裂	正走滑	NNE	NW	陡	Q ₃	5
F17	磁县 - 大名断裂	正走滑	NWW	N	陡	西段 Q ₄ 东段 Q ₃	24
f4	安阳北断裂	正断	NWW	S	60°	Q ₁₋₂	15
F18	安阳南断裂	正断	NWW	N	80°	Q ₂	4

1、安阳西断裂 (f1)

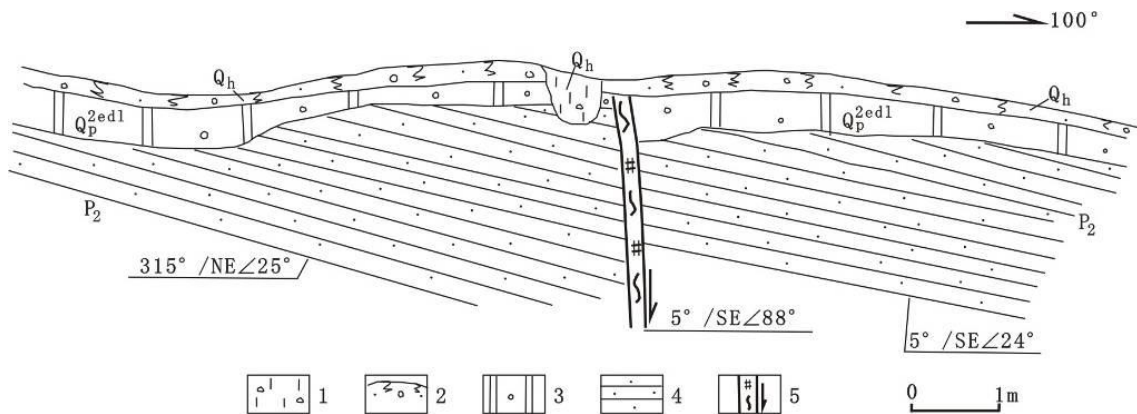
安阳西断裂是邢台-邯郸断裂南段的一部分。断裂北起磁县，向南经讲武城、丰乐镇、洪河屯、到达安阳西，止于北北西向安阳南断裂，全长约 34km。断裂走向 NNE，倾向 SE，倾角 60° 以上，断裂呈隐伏状态。根据物探和钻探资料，它是由多条次级断裂组成，控制新生界堆积厚度。断裂西侧新生界厚度 200~800m，东侧近千米，反映新生代期间断裂西盘以隆起为主，东盘以沉降为主。地貌上控制了冲洪积台地与平原的界限，断裂西盘主要为新近系和下更新统构成的台地，海拔高度 100~200m，局部为上更新统构成的洪积扇，海拔高度为 80~130m。断裂东盘为全新统构成的冲积平原，有比较完整的第四系沉积，海拔高度 60~80m。

在磁县以西见到了该断裂的剖面。一个位于西槐树村南采砂坑 (N36° 22' 02.7"，E114° 19' 08.6")，剖面中发育两条断面，倾向南东，倾角 40~60°，它们皆位于中新统内部，属层间断层，向上影响了下更新统(图 3.4-2)。



1. 红棕色泥砾石层；2. 棕色泥岩；3. 断层

图 3.4-2 西槐树村南采砂坑安阳西断裂剖面 (中国地震局地质研究所, 2012)



1. 废弃坟墓；2. 表层土；3. 红色含砾粘土；4. 青灰色砂岩；5. 断层及破碎带

图 3.4-3 仁义村东安阳西断裂剖面（中国地震局地质研究所，2012）

另一个剖面位于仁义村东（N36° 23' 36.5"，E114° 12' 09.5"），断层切割二叠纪青灰色砂岩和中更新世红色风化壳，沿断面发育 70cm 的断层破碎带(图 3.4-3)，断层使红色风化壳垂直位移约 30cm。

从安阳大坡北中、深层人工地震勘探 DZ6-1 测线剖面上看，4 个断点处反射波表现错断，或振幅变弱，或相位转移、产状变化，以 FP59 为主反映了安阳西断裂带的中深部构造轮廓（图 3.4-4）。

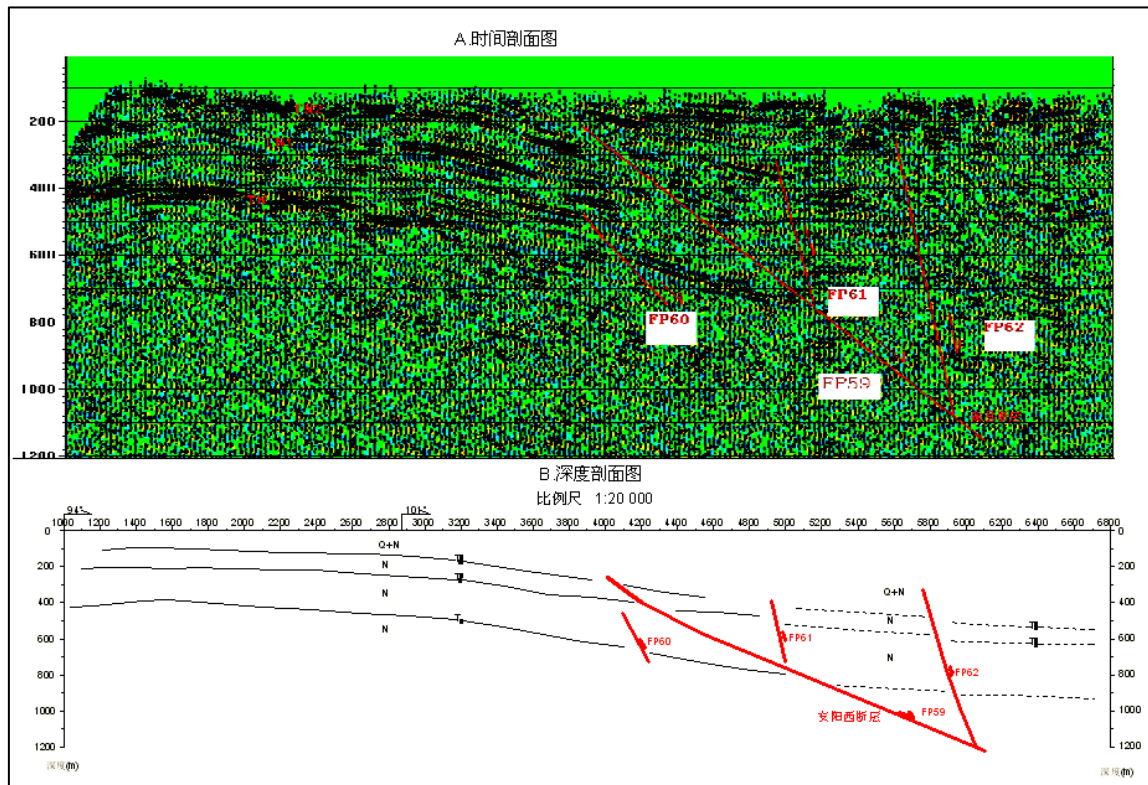


图 3.4-4 安阳大坡北中、深层人工地震勘探 DZ6-1 测线时间及地质解释综合剖面图

（河南省地球物理工程勘察院 2004）

安阳洪河屯东南浅层人工地震勘探 DZ1-5-1 测线上断点两侧 T_1 反射波(Q 与 N 界面)强而连续(图 3.4-5),层位水平,断点处 $T_1 \sim T_3$ 波组错断与产状变化明显。也就是说最上部已断错第四系底界面。表明该断裂在第四纪早期有过活动。

从地形地貌、地质地貌剖面图、物探和钻探资料综合分析认为:安阳西断裂最新活动时代为中更新世。

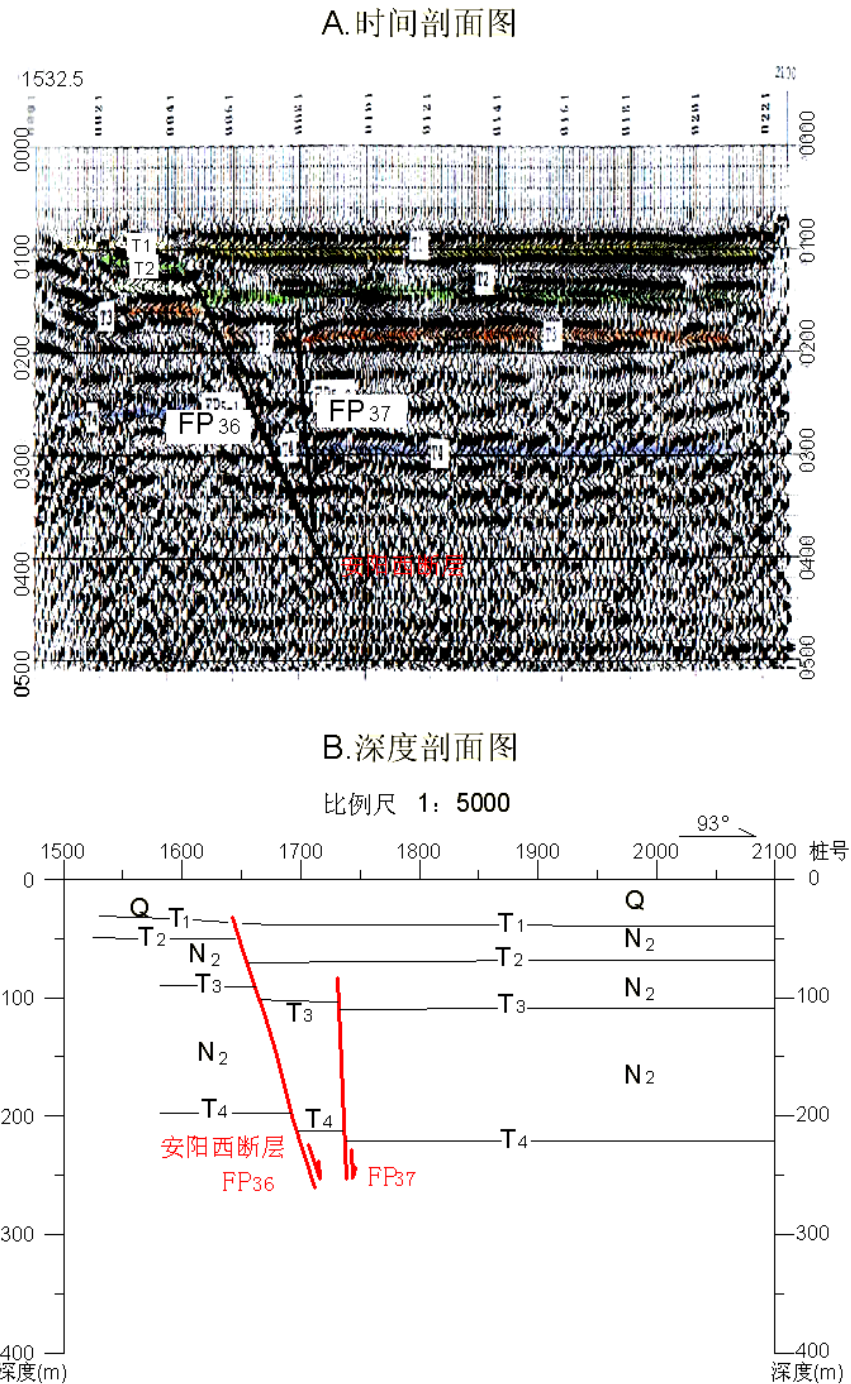


图 3.4-5 安阳洪河屯东南浅层人工地震勘探 DZ1-5-1 测线时间及地质解释综合剖面图

(河南省地球物理工程勘察院 1999)

2、韩陵山断裂（f2）

该断裂北起磁县 - 大名断裂以南，向西南延伸经香菜营、倪新庄、柏庄镇、韩陵山西侧，然后转向南东跨安阳河，止于高庄一带，长约 30km。韩陵山以北断裂走向 20° ，倾向北西，倾角 70° 以上。南漳店东南，断裂走向 300° ，倾向南西，倾角 70° 以上，平面上呈一向西凸的弧形。

断裂构成临漳 - 韩陵山凸起的西部界线，绝大部分段落呈隐伏状态，地貌上无显示，仅在韩陵山西侧有一定反映，西侧为平原，东侧为下更新统构成的韩陵山台地，台地面高出平原面 10~15m。断裂对第四系厚度有明显的控制作用，西侧的磁县 - 安阳断陷第四系厚约 100~150m，而东侧的临漳 - 韩陵山凸起第四系厚仅 40~50m。

在黄家营南 DZ3-2 时间剖面上（图 3.4-6），在 721CDP 点附近， $T_1 \sim T_4$ 波错动扭曲， T_1 界面为第四系底界面，错断时差约 20ms，落差约 20m，断面西倾，西盘下降，东盘上升的正断层，断层顶端埋深约 50m，根据该测线西 2005 年安阳航空运动学校体能训练房工程场地地震安全性评价时钻孔地层年代样结果，埋深 30m 的红粘土年代样为 14.4 万年，30~50m 左右的地层为中更新统，因此推断该断裂北段最新活动时代为中更新世。

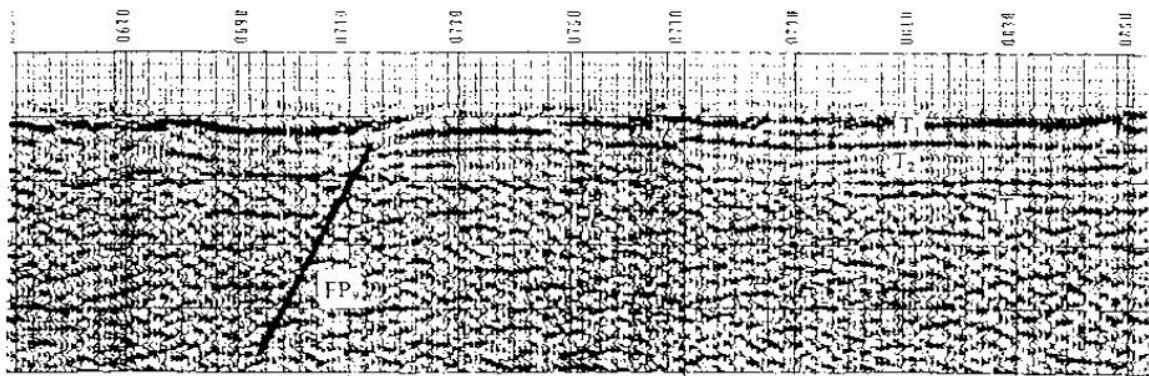


图 3.4-6 DZ3-2 测线浅层地震反射时间剖面图（河南省地球物理工程勘察院 2001）

韩陵山断裂南段，即晁家村断裂最新活动时代也是中更新世，据晁家村污水处理厂地震安全性评价时所做浅层地震勘探 WS1 线时间剖面（图 3.4-7）上看， T_1 波出现在 90ms 左右，深度约 50m， T_2 波出现在 160ms，深度约 102m，与新近系顶面对应； T_3 、 T_4 波分别出现在 240ms、350ms，深度分别为 240m、370m。在 121CDP 点附近， T_3 、 T_4 波明显错断，西段下降，东段上升，断面西倾，倾角约 78° ，为一西降东升的正断层；错断时差约 65ms，断层落差 68m， T_2 波没有明显的错断，断距较小，断层顶端埋深 90m。

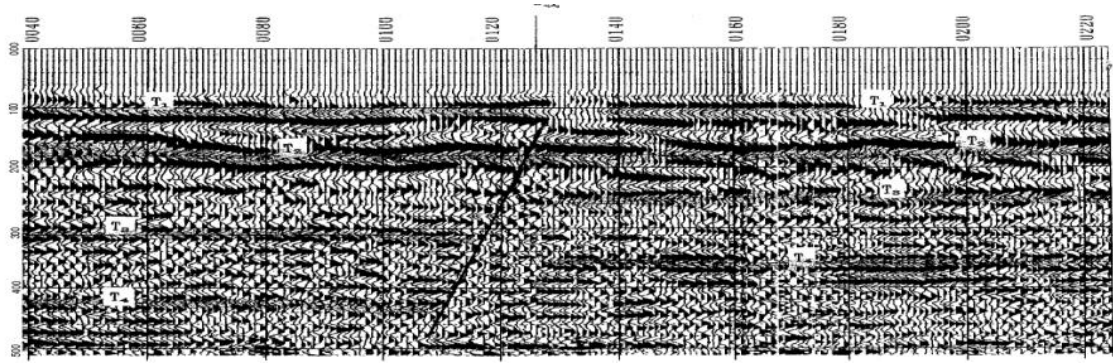


图 3.4-7 安阳市晁家村污水处理厂浅层地震 WS1 线反射时间剖面图

(河南省地球物理工程勘察院 1999)

河南省地球物理工程勘察院在安阳市地震小区划活动断层探测工作中，于 2000 年做过浅层地震勘探线 DZ2-5。该测线近东西走向，从其时间剖面图（图 3.4-8）上看， T_1 波（第四系内部的反射界面）出现在 100ms 左右，深度约 50 余米， T_2 波（第四系底界面）出现在 150ms，深度约 90 余米，与新今系底面对应。在该时间剖面 CDP130 处， T_2 波错断，断层顶端埋深约 80 余米，其波组和断点特征与晁家村污水处理厂 W_1 线波组和断点构造基本相似。依据 2005 年安阳市东区所做标准孔 ZK1 孔地层年代样结果，80m 左右地层为中更新统，因此该断点最新活动时代应为中更新世。综合浅层地震勘探， W_1 线和 DZ2-5 线波组和断点特征，韩陵山断裂南段（晁家村断裂）为走向近南北、倾向西的正断层，断层最新活动时代为中更新世。

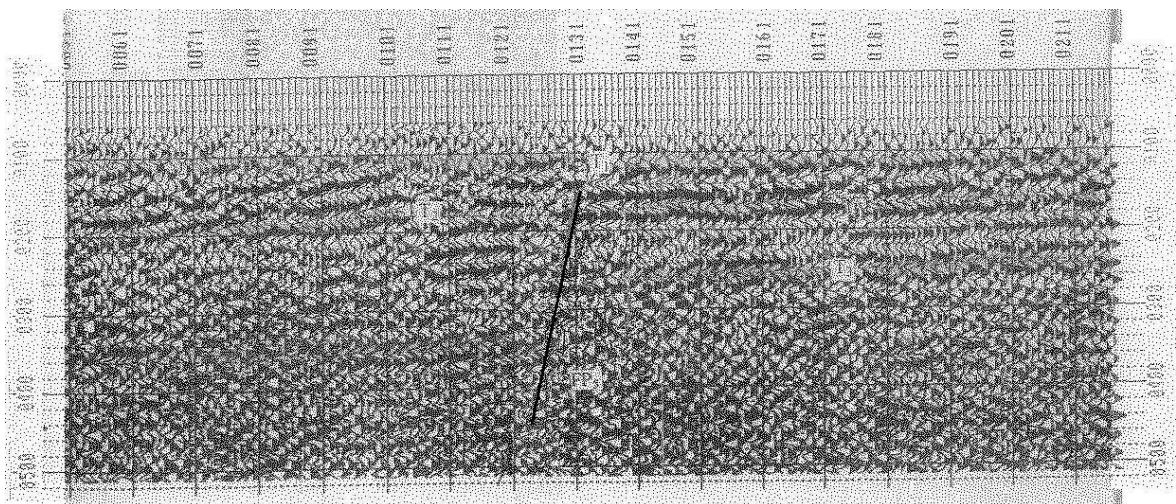


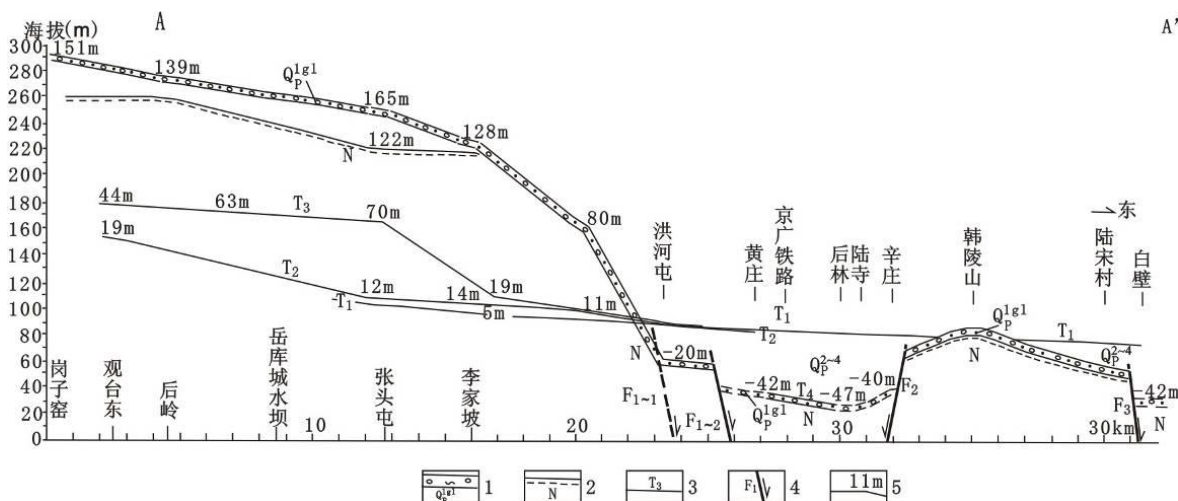
图 3.4-8 浅层地震勘探 V 线时间剖面

根据 2005 年在安阳市东区所做标准孔 ZK1 地层年代样结果，以及污水厂所打水井地层资料，100m 左右地层为中更新统，也就是第四系底界（因无下更新统）。

3、临漳断裂（f3）

该断裂北起河北永年县曲周镇以东，向南经毛演堡东、道东堡、临漳县西羊羔西、张村集西，过漳河后进入河南境内，经白壁、止于卧牛山东侧，走向 20° ，倾向南东，倾角 70° 以上，长约 95km。

断裂构成临漳-韩陵山凸起的东部界线，整体呈隐伏状态，地貌上无显示。断裂对第四系厚度有明显的控制作用，西侧的临漳 - 韩陵山凸起第四系厚约 40~50m，而东侧的魏县 - 大明断陷第四系厚约 120~350m。由冈子窑 - 韩陵山地质地貌剖面图（图 3.4-9）可见，在韩陵山向东延伸的部位，该断裂切割了下更新统红土卵砾石层及下伏新近系湖积层，向上影响了中更新统，反映断裂的最新活动时代为早、中更新世。



1. 下更新统顶界面；2. 上新统顶界面；3. 阶地面；4. 阶地面拔河高度；5. 断裂及编号

F1-1 洪河屯西断裂 F1-2 安阳西断裂（洪河屯东断裂）F2 韩陵山断裂 F3 临漳断裂

图 3.4-9 冈子窑 - 韩陵山地质地貌剖面图（据韩慕康等（1980）修改）

4、汤西断裂（F7）

该断裂近场区新、古近纪均有过强烈活动，断裂西侧（上升盘）出露太古界及古生界以及少量的新近系，东侧（下降盘）新近系 - 第四系厚度可达千米以上（其中第四系较薄仅 30m）。青羊口附近新 33 孔孔深 896.14m，卫辉岱村附近陈 16 孔孔深 991.20m 均未穿透新近系，新、古近系底板落差可达 1000m。

在新乡北站潞王坟附近，汤西断裂西盘潞王坟组地层直接出露地表，而东盘紧靠断层处为中更新统地层，向东稍远则分布有上更新统地层。据新乡火电厂扩建工地开挖的剖面所见（图 3.4-10），断层西盘为潞王坟组泥灰岩，东盘为红土地层，其中含有一定数量的钙结核，结核大小一般不超过 5cm，推测其时代属中更新世或稍早。因在此处未见更新的地层覆盖，断裂带直露地表。断裂破碎带宽约 4m，可见断距大于 10m。据断裂带中平行主断层的小断面其产状为 $120^\circ \angle 60^\circ$ ，并见近于垂直的新擦痕。在地形上，沿断裂带尚可见一条能连续追踪数千米的断层陡坎，在新乡火电厂北，野外可见断层陡坎最大高度近 10m。这些都反映了汤西断裂有较新的活动。

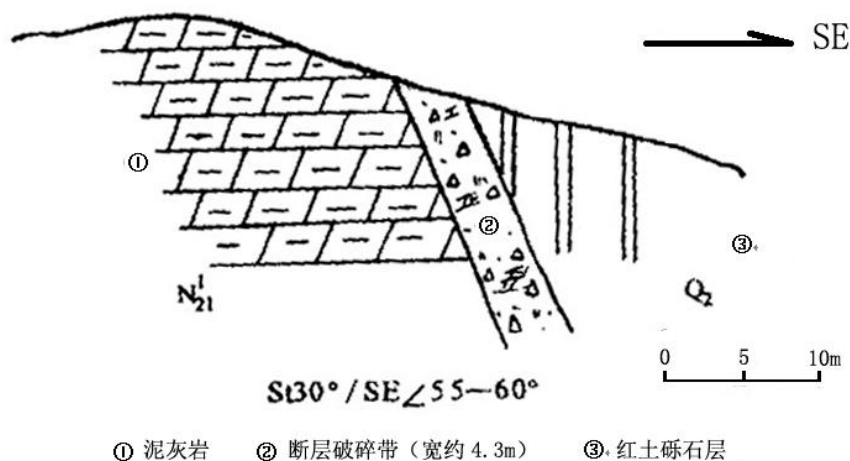


图 3.4-10 汤西断裂剖面（新乡火电厂）（河南省地震局 2001）

在汤阴庙口附近还发现了该断裂的剖面，上新世砾岩与奥陶系灰岩呈断层接触关系，前缘的灰岩上超覆上新世砾岩，断裂附近东盘上的煤井中上新世到第四系厚约 550m，表明新近纪以来该断裂有过活动。该剖面往东，思德河南岸出露 N_2 和 Q_1 砾石层被错断约 3m，上覆中更新世红土层未变形（图 3.4-11）。

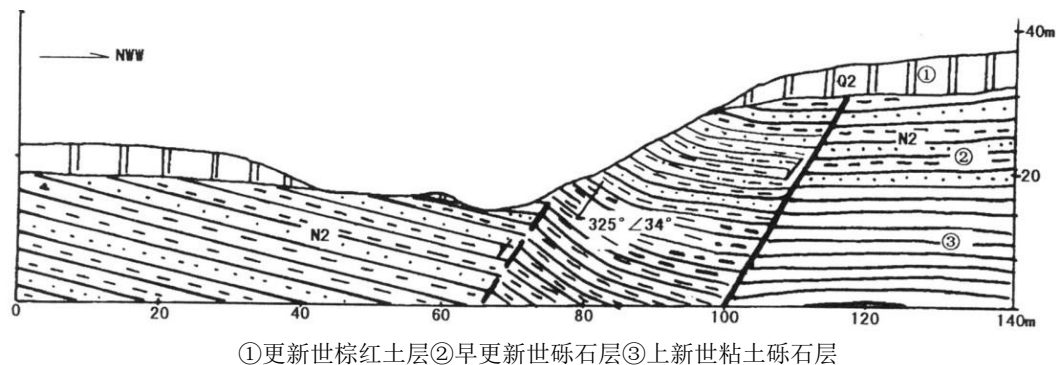


图 3.4-11 汤阴庙口汤西断裂剖面（据中国地震局分析预报中心，1997）

根据新乡市活断层探测项目的浅层地震勘探资料，图 3.4-12 为用于控制汤西断裂 QDE1 测线反射波叠加时间剖面，该测线时间剖面上反射震相丰富，反射能量较强，在整条剖面上反射同相轴能量横向差别不大。根据该剖面纵向和横向的波组特征，从上到下可以识别出 6 组反射震相（ T_{01} 、 T_{02} 、 T_Q 、和 $T_1 \sim T_3$ ）。在剖面桩号 3670m 和 1795m 两处存在明显的错断现象和波形畸变现象，表明在这 2 处存在断层（ F_{E1} 和 F_{E2} ）。其中 F_{E1} 断层视倾向东，视倾角较陡， F_{E1} 断点向上错断了 T_Q 反射同相轴， F_{E1} 断点为汤西断裂主断裂的反映。综上所述该断裂为第四纪早期活动断裂。

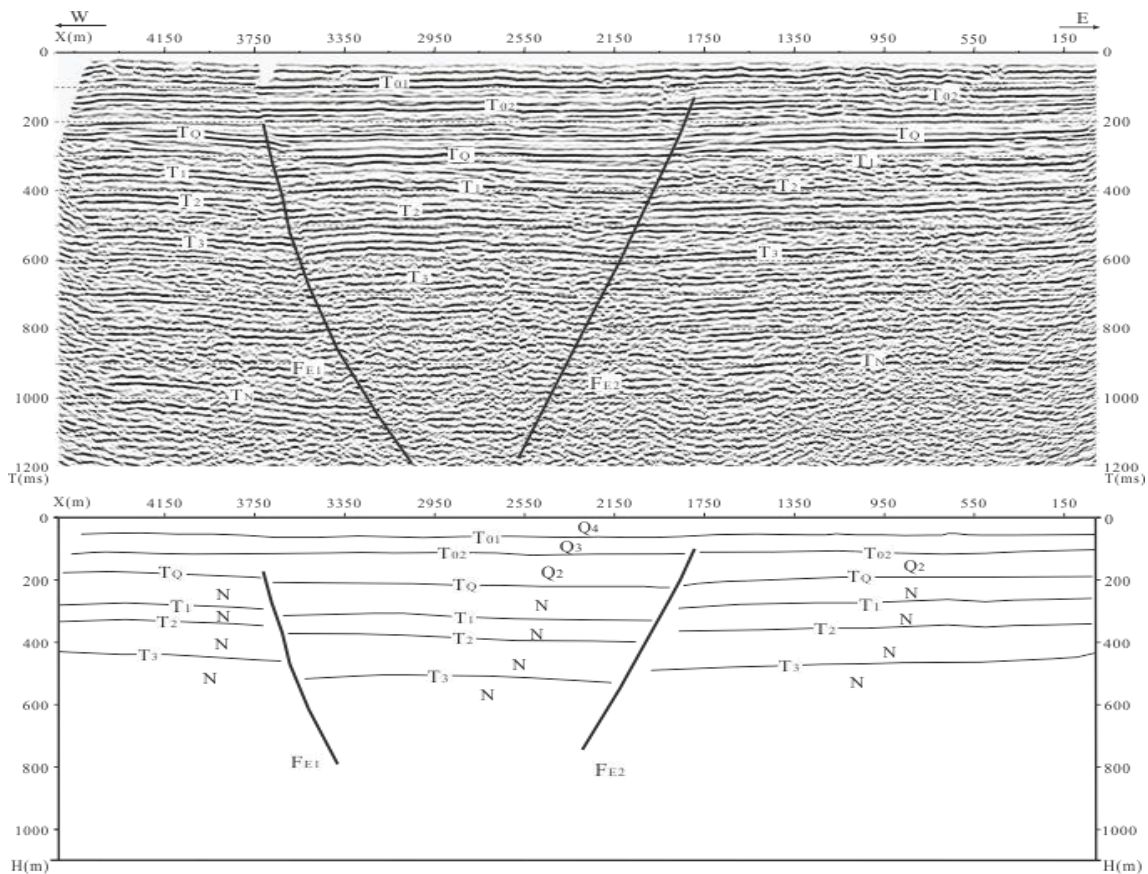


图 3.4-12 QDE1 测线反射波叠加时间剖面 and 深度解释剖面

（中国地震局地球物理勘探中心，2015）

5、汤中断裂（F8）

汤中断裂自汤阴附近，往南经宜沟、大赉店东、新庄、淇县东和前稻香一线，倾向东南，与汤东断裂基本平行延伸，总长约 60km。汤中断裂为具右旋走滑分量的正断层。

汤中断裂的存在，在地貌上有明显的反映。汤阴 - 宜沟一带，汤中断裂是西部丘陵和东盘堆积平原的自然分界线，断裂以西上新统砂砾石层直接出露，地面

侵蚀切割较强，多平缓山丘和浅沟，断裂东盘地面平坦，有第四纪堆积物覆盖。淇河在通过汤中断裂时，由早中更新统地层组成的河流阶地突然下沉成为掩埋阶地。

汤中断裂的存在，在地貌上有明显的反映。汤阴 - 宜沟一带，汤中断裂是西部丘陵和东盘堆积平原的自然分界线，断裂以西上新统砂砾石层直接出露，地面侵蚀切割较强，多平缓山丘和浅沟，断裂东盘地面平坦，有第四纪堆积物覆盖。淇河在通过汤中断裂时，由早中更新统地层组成的河流阶地突然下沉成为掩埋阶地（图 3.4-13）。

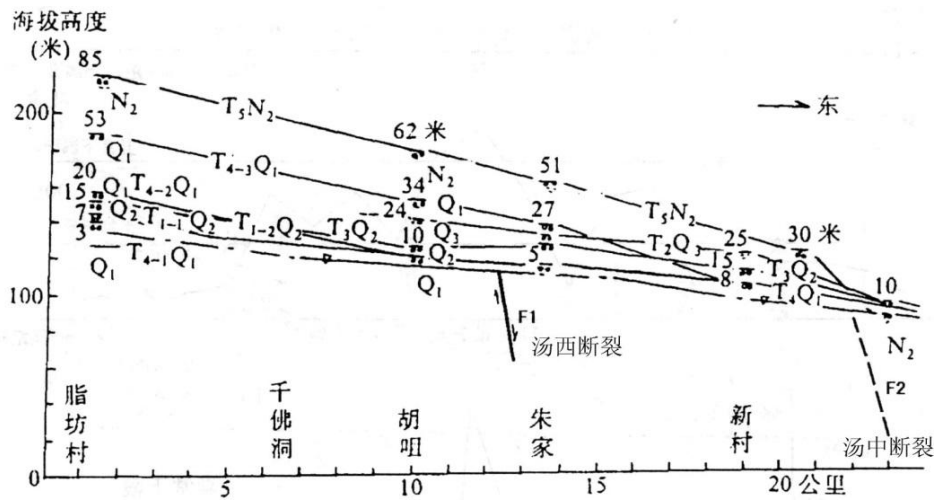


图 3.4-13 淇河阶地位相图（据中国地震局分析预报中心，1997）

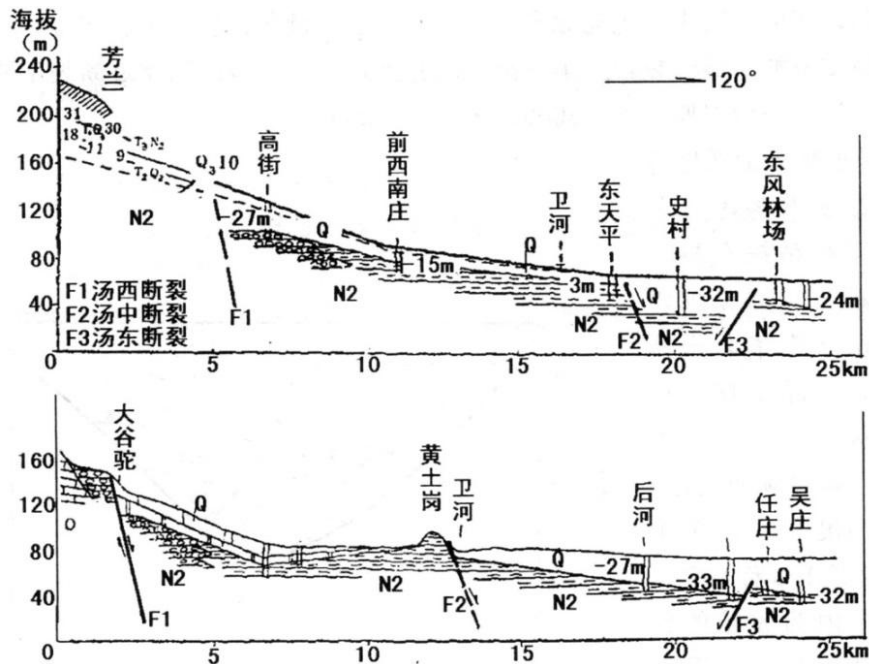


图 3.4-14 汤阴地堑南段钻孔地质综合剖面（据中国地震局分析预报中心，1997）

人工地震和近场化探结果都证实，汤中断裂往南在前稻香村东通过，再向南可能经史村西和黄土岗东。根据浅勘资料，在史村西，第四纪地层厚度相差近 30m，而黄土岗西侧直接出露上新世地层（图 3.4-14）。

根据新乡市活断层探测项目的浅层地震勘探资料（图 3.4-15），由图可知 F_{E11} 视倾向东，视倾角较陡，为汤中断裂的反映， F_{E11} 断点向上错断了 T_Q 反射同相轴。综上所述该断裂为第四纪早期活动断裂。

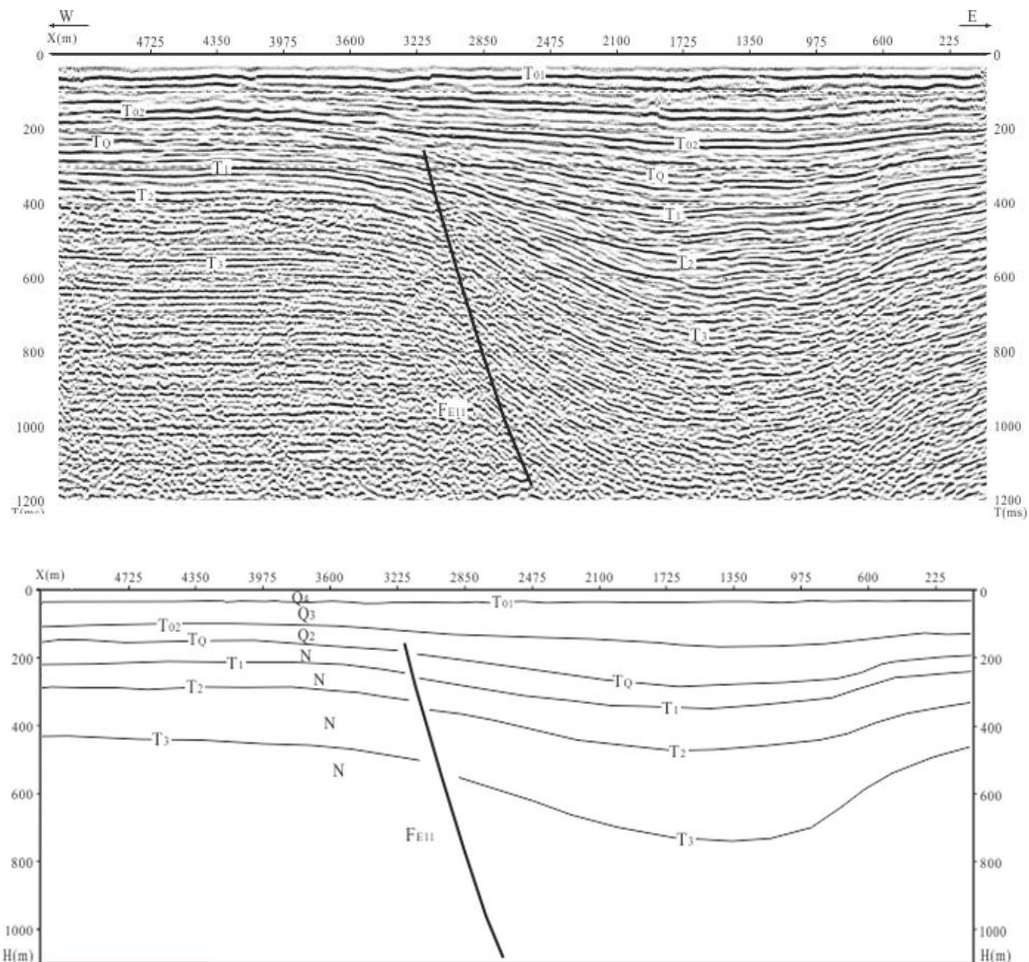


图 3.4-15 DE5 测线反射波叠加时间剖面和深度解释剖面

（中国地震局地球物理勘探中心 2015）

6、汤东断裂（F9）

该断裂位于汤阴地堑东侧，长约 100km，走向 30° ，倾向北西，陡倾角，正断为主，为隐伏断裂。断层以东为太古界组成的浚县隆起，隆起西陡东缓，向东倾伏，地表零星出露下古生界，呈残山分布于平原上；位于断层上盘的汤阴地堑沉积了巨厚的新、古近系。断裂东侧浚县隆起出露新、古近系湖相沉积物，西侧则形成一条狭长的洼地，新近系湖相沉积物被第四系冲洪积物埋于地下 10~48m。

河流坡降比也反映了汤东断裂西盘有明显的下沉(中国地震局地质研究所,2003)。沿断裂为布格重力异常梯度带通过处,地壳厚度在 34~36km 之间,其深部断差达 1~2km。断裂南段对第四系等值线有明显的控制作用。

在钼桥-玉皇顶一带,两支相距约 800m,共同组成阶梯状的断裂带,东支位于玉皇顶山脚下,构成汤阴地堑与浚县隆起的地貌边界,西支断裂出现在聂下雾村东水渠边(图 3.4-16)。汤东断裂带中段具有明显的地貌反映,表现为汤阴地堑东侧边缘长条状的洼地,如钼桥-玉皇顶一带,地面标高在钼桥附近海拔约 80m,往东在断裂带上为 74m,越过断裂后突然升高达到 115m。从上述两条物探剖面上也可看出,汤东断裂中段明显错断了第四纪底界面,并使晚更新世底面受到明显扰动,图 3.4-16 中, F_2 断面上 T_1 界面突然消失,缺乏连续性。据此分析,汤东断裂带中段第四纪早期有明显的活动,晚更新世仍有活动。

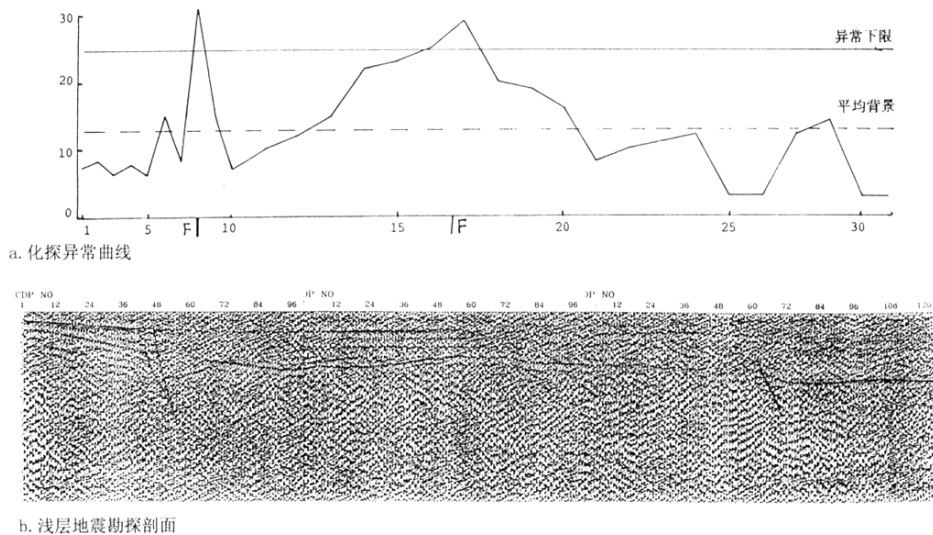


图 3.4-16 钼桥-玉皇顶汤东断裂物化探剖面

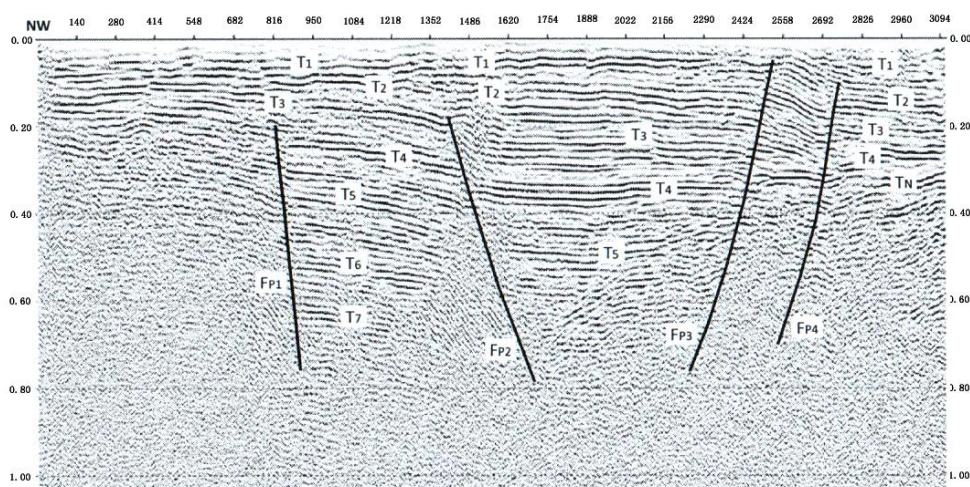


图 3.4-17 伏道镇测线反射波叠加时间剖面图(安阳市活断层探测,2012)

图 3.4-17 为安阳市活断层探测项目中的伏道镇测线反射波叠加时间剖面图，由图可知，断点 F_{P3} 为一个倾向北西的正断层，该断层错断了剖面上的所有反射波同相轴，从剖面反射波组特征来看， F_{P3} 应是汤东断层的反映，该断层在剖面上可分辨的上断点埋深约为 22~25m，对应 T_1 界面的断距约为 3~5m。而且，剖面揭示的新近系底界面反射波 T_N ，在汤东断裂以东，Q+N 地层的厚度明显变薄。

汤阴东北菜园西的 KDZS08-1 浅层人工地震勘探时间及地质解释综合解释剖面图也清楚的显示汤东断层的存在（图 3.4-18）。断层以东反映新生界底界的 T_5 波反射层向东不断抬升，起伏明显，上面的 T_1 、 T_2 波反射层为近水平产状。而断层以西一定的范围内， T_1 、 T_2 波反射层则由水平突然变得向东倾斜、弯曲，同时找不到相对应的 T_5 波。该断层为倾向西的正断层，视倾角 62° ，顶端埋深约为 13m。推断其活动时代为晚更新世。

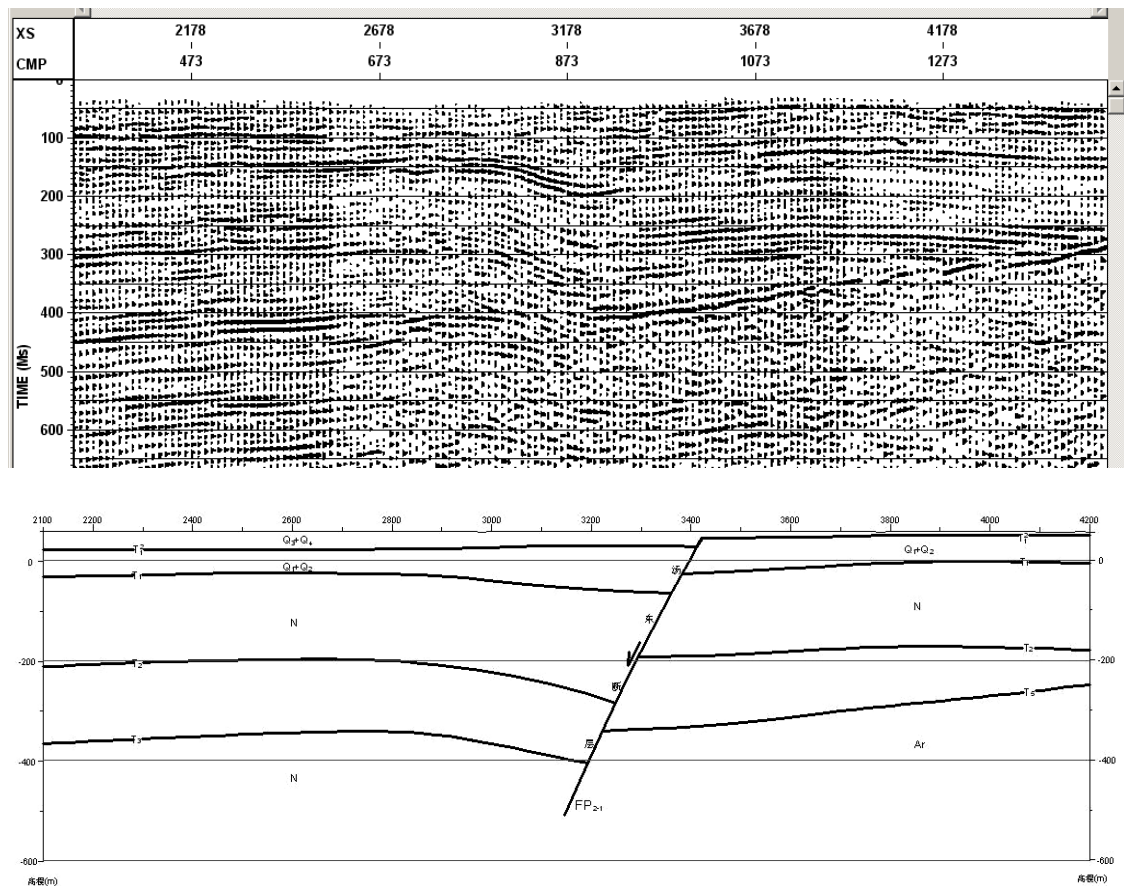


图 3.4-18 汤阴东北菜园西 KDZS08-1 测线浅层人工地震勘探时间及地质解释综合剖面图
(河南省地球物理工程勘察院 2008)

7、磁县 - 大名断裂 (F17)

该断裂东起朝城南，西经大名、临漳、磁县北，进入太行山隆起区、到峰峰、陶泉以西，全长 150 多公里。该断裂走向北西西，倾向北，倾角较陡，控制内黄隆起和临清拗陷的发育，是中生代以来长期活动的一条边界大断裂。

东段的大名断裂是构成内黄隆起和临清凹陷的分界断裂，向东南方向过朝城镇后断断续续与马陵断裂相接。在布格重力异常图、航磁图上都有清楚的显示。据钻孔资料，楚 1 孔揭示 624m 穿过新近系见太古界，该断裂北侧临清拗陷内中生界发育，下降盘一侧残留厚度达 2500~4000m (包括三叠系)；古近纪时期断裂活动不很强烈，下降盘一侧未形成明显的沉降中心，魏县西南一带厚度最大，为 2000m。新近纪以来该断裂活动较为强烈，下降盘一侧在大名以西新近系 - 第四系厚达 1800~1900m，较上升盘厚 200~300m。沿断裂在大名一带发生过 953 年 $4\frac{3}{4}$ 级和 1889 年 5 级地震。

图 3.4-19 为邯郸市城市活断层探测项目中的南来村跨断层浅层地震勘探剖面 (cxxk07)，850m 附近的解释断层 F_{p9-1} 倾向 N，为正断层。根据测区资料，认为倾向北的断层 F_{p9-1} 为重点探测的磁县断裂。在解释的断层位置，该层使 T_1 和 T_0 反射波发生了明显错断， T_{0-1} 反射波在解释的断层位置错断不太明显，也有错断迹象。上断点埋深约 60m。

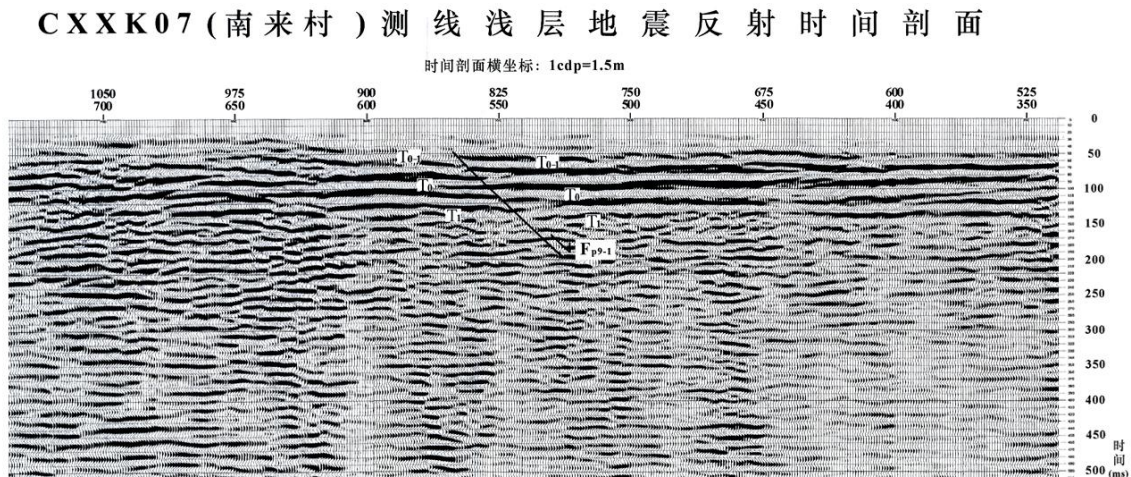


图 3.4-19 磁县南来村磁县 - 大名断裂浅层地震勘探剖面 (邯郸市城市活断层探测, 2008)

图 3.4-20 为邯郸市城市活断层探测项目中的张家店 - 于家店跨断层浅层地震勘探剖面 (cx01)，在该剖面 600m 和 910m 附近分布有两个断点 F_{p7-1} 和 F_{p7-2} ，其中位于 600m 处的断点倾向北北东，为正断层。与 cxxk07 (南来村) 剖面上的断层 F_{p9-1} 有较好地对应关系。在解释的断点位置， T_0 反射波似乎没有断开，断

点两侧 T_0 反射波扭曲和走时变化表明断层的存在。上断点埋深约 45m。由上述浅层地震勘探资料及钻孔资料可知，断裂向上错断了晚更新统早期地层。

CX01(张家店)测线浅层地震反射时间剖面

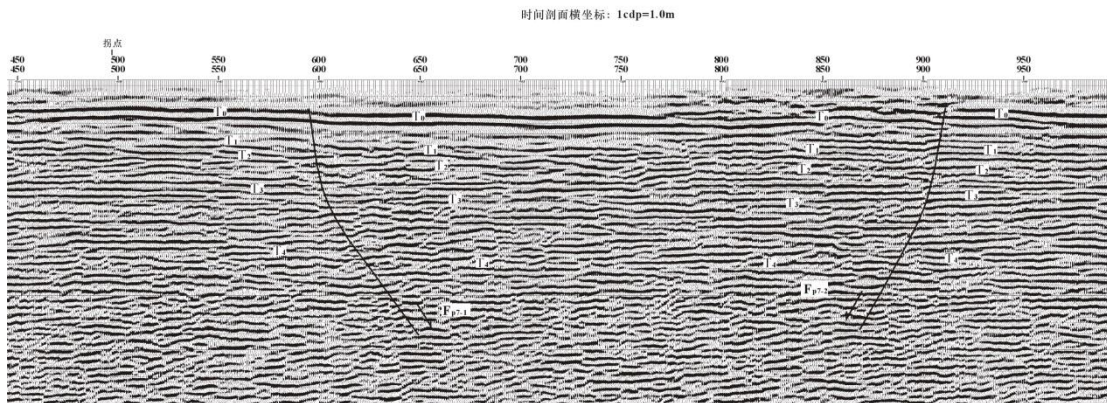


图 3.4-20 张家店 - 于家店磁县 - 大名断裂浅层地震勘探剖面(邯郸市城市活断层探测, 2008)

西段的磁县断裂，据人工地震资料，始新统底面落差为 2100m，渐新统底面落差 1300m，新近系底面落差为 200m；该断裂东段始新统底面落差为 1200m，新近系底面落差为 300m（河北省地震局，1986）。该断裂在磁县西峰峰南山村附近，断错基岩山体，形成一个东西方向延伸，南高北低高差 100m 的断层陡崖，并切割了该处的北北东向断裂，水平位移 300~400m，垂直位移 40~60m。断裂显示左旋走滑正断活动性。

在南山村李家屋东南角和西南角开挖的两个断层剖面揭示出磁县 - 大名断裂在 2.2~2.4 万年以来有过两次古地震活动，其中最新的一次为 1830 年磁县 $7\frac{1}{2}$ 级地震。（国家地震局分析预报中心，1993）。

在磁县南山村南边断层陡坎下，沿磁县 - 大名断裂北侧有两期构造滑坡体(图 3.4-21)。较新一期滑坡体的垂直落差 2.1~2.5m，水平滑距约 3.5m，总的滑距约 5m。在其后缘形成裂缝充填，充填物与层①的成分相同。滑坡体底部的年龄值 OSL 测定为 $42.27 \pm 3.59\text{Ka}$ 。该期滑坡体应发生在 42Ka 之后。较老一期滑坡体垂直滑距约 1.3~1.5m，滑坡体与母体的物质成份为土黄色粉砂亚粘土，时代为晚更新世晚期，OSL 测年为 $48.47 \pm 4.12\text{Ka}$ 。滑坡体的形成时代应在 48Ka 之后。

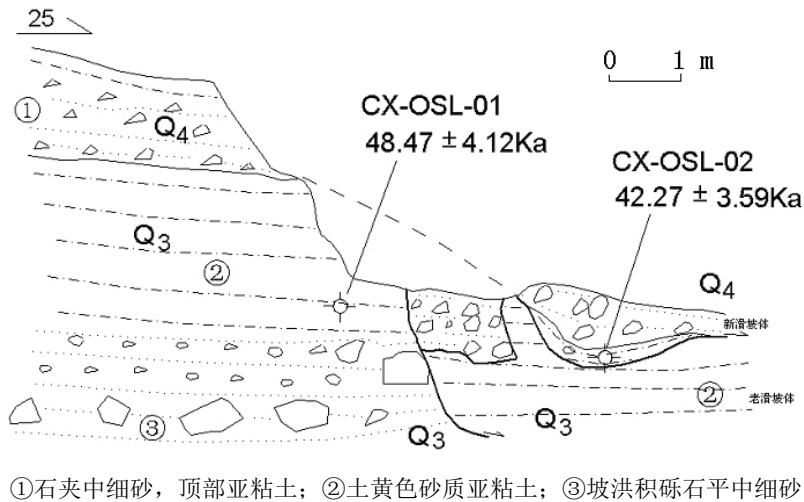


图 3.4-21 峰峰南山村磁县 - 大名断裂滑坡体构造剖面（中国地震局地质研究所，2008）

在西槐树与东武士水库之间的滏阳河右岸，磁县断裂断错 II 级阶地前缘，三条冲沟在此汇聚，然后注入滏阳河。冲沟切割出的脊梁，在地貌上形成线性排列的 4 个陡坎，陡坎走向北西西，沿磁县 - 大名断裂延伸。探槽开挖揭示断裂断错了晚更新统地层（图 3.4-22），垂直断距约 1.5m。断层产状 $280^{\circ}/NE \angle 64^{\circ}$ ，正断。沿断面形成宽约 20cm 的砾石定向排列的构造带。II 级阶地的地层年龄经 OSL 测定为 $51.40 \pm 4.37Ka$ 。阶地前缘有多条地裂缝，其中有两处呈曲折的细管状由下向上抵达地面，内有粉细砂填充；另外一条较宽，剖面上宽度约 25cm，内有角砾石和砂、土等物质充填。野外观察分析，认为该处可能属磁县 1830 年 $7\frac{1}{2}$ 级地震的地表形变带。

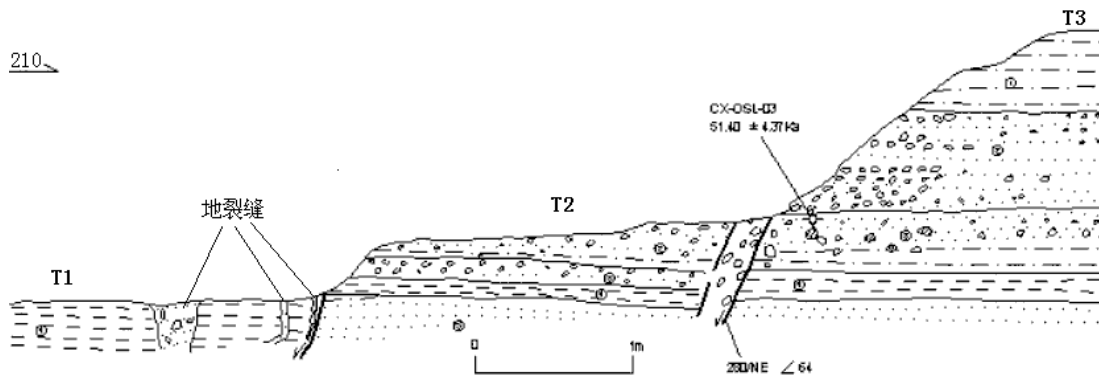
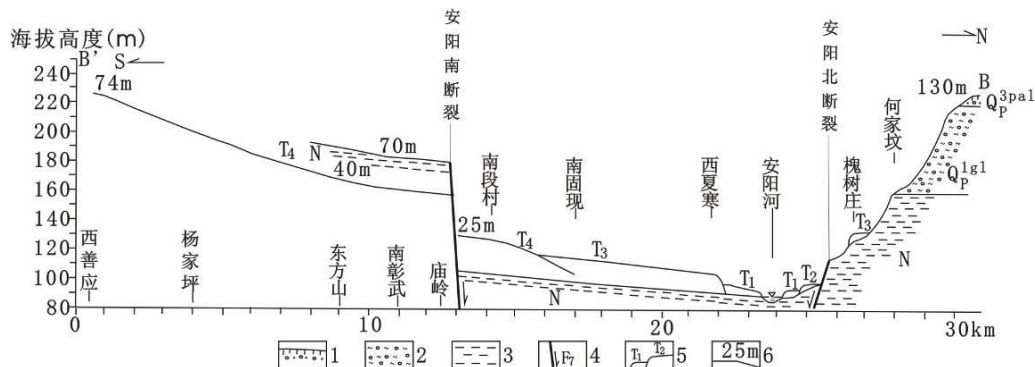


图 3.4-22 西槐树 - 张家店之间沿磁县断裂剖面图（中国地震局地质研究所，2008）

综合上述资料：磁县 - 大名断裂的西段磁县断裂为全新世活动断裂，东段的大名断裂为晚更新世活动活动断裂

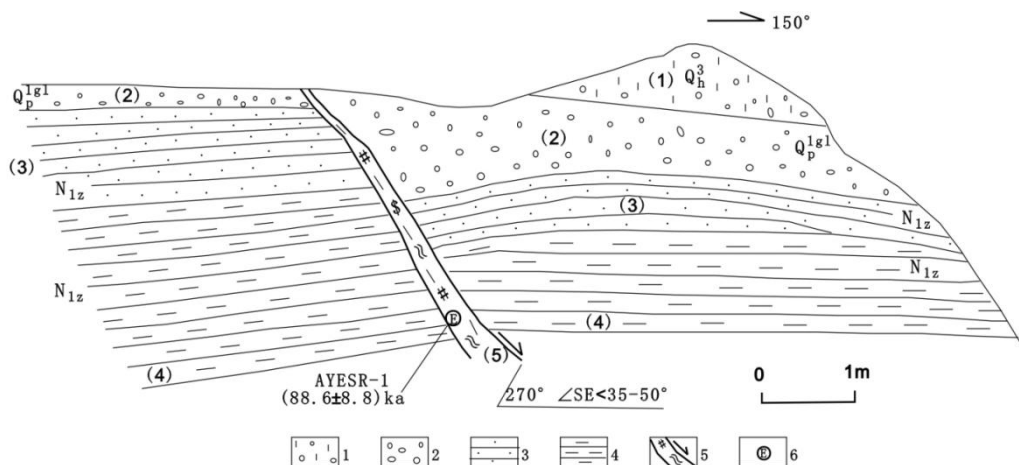
8、安阳北断裂（f8）

安阳北断裂是控制安阳北西西向地堑北边界的断裂。西起铜冶镇以南，向东顺安阳河北侧延伸到安阳北，走向 280° ，倾向南，倾角 60° 以上，长约 30 余千米。断裂大部分段落呈隐伏状态，局部构成新近系与第四系之间的大致界线，地貌上显示为缓坡，断裂北盘新近系构成的台地海拔 110~200m，而断裂南盘安阳河谷海拔 100m 左右。据西善应 - 何家坟地质地貌剖面（图 3.4-23），断裂切割新近系及其上的下更新统。



- 1 上更新统洪冲积砂砾石层；2 下更新统冰碛砾石层；3 上新统湖积黏土；4 断裂及编号；
5 安阳河阶地；6 拔河高度

图 3.4-23 西善应 - 何家坟地质地貌剖面(据韩慕康等 (1980) 修改)



1. 人工堆积含土砾石层；2. 红棕色冰碛泥砾石层；3. 桔黄色粗砂岩；
4. 灰绿色含铁锈泥岩；5. 浅绿色断层及断层泥；6. ESR 样点

图 3.4-24 官司村西北探槽剖面（北京大学地球与空间科学学院 2010）

在断裂西段官司村西北探槽剖面（图 3.4-24）。自上而下揭露出 5 层不同岩性的地层，（1）人工堆积含土砾石层；（2）早更新世红棕色冰碛泥砾石层；（3）中新统桔黄色粗砂岩；（4）中新统灰绿色含铁锈泥岩；（5）断层及浅绿色断层泥。

断层切割了层(2)~层(4),为向南东倾的正断层,层(2)的垂直断距大于1m。沿断面发育10~20cm的断层泥,取年龄样品AYESR-1,测试结果为 (88.6 ± 8.8) 万年。

河南省地球物理工程勘察院在安阳地震小区划中跨该断裂做了多条浅层地震勘探剖面。位于张贺垒的 DZ3-3 线（图 3.4-25）、位于东漳润西的 DZ2-4 地震勘探时间剖面反映，断层顶端埋深 50m 左右，活动时代为早更新世（河南省地球物理工程勘察院，2001）。

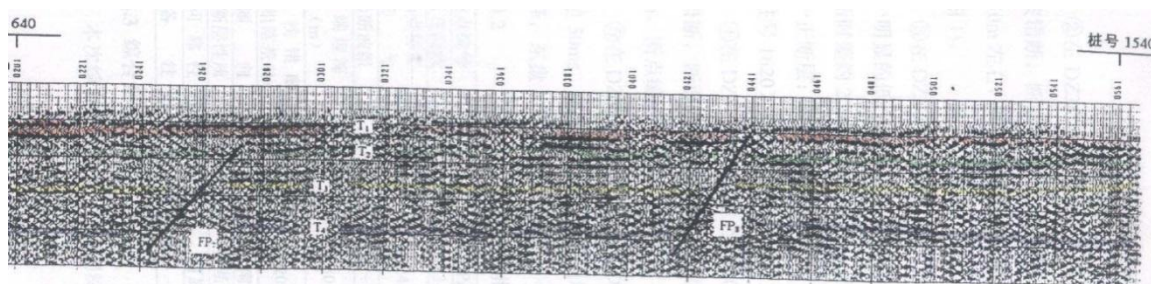


图 3.4-25 张贺垒 DZ3-3 地震勘探剖面 (河南省地球热物理工程勘探院, 2001)

在安阳市城市活断层探测工作中（〈安阳目标区活断层分布图编图报告〉，中国地震局地质研究所，2010），绘制成安阳北断层综合地质剖面图（图 3.4-26），显示安阳北断裂早更新世末期抬升，早更新世沉积被错断，中更新世进一步抬升，断层上升盘未接受中更新世沉积，晚更新世至全新世时期，没有发现断层活动的证据。

综上所述, 安阳北断裂活动时代为早、中更新世。

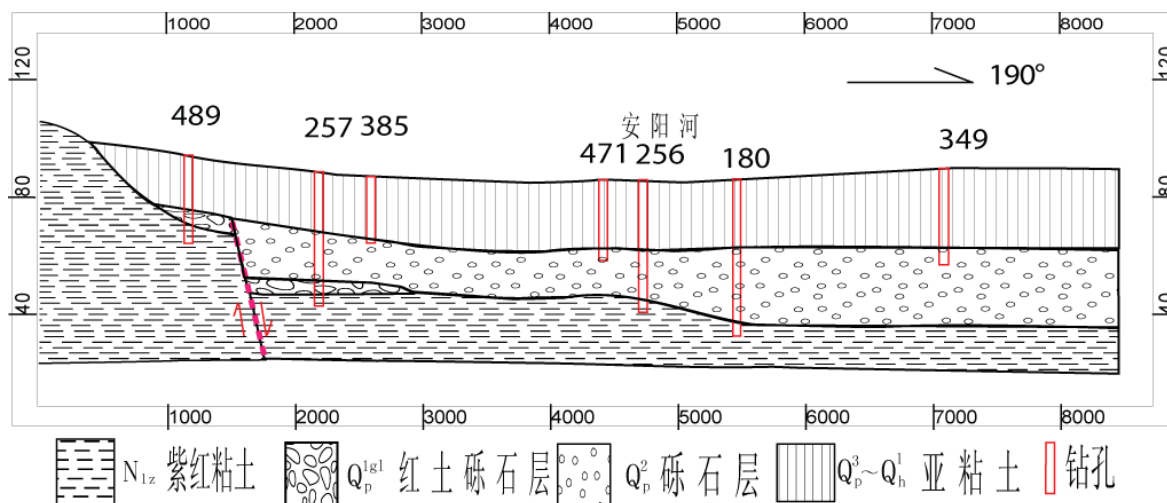


图 3.4-26 安阳北断层综合地质剖面 (中国地震局地质研究所, 2010)

9、安阳南断裂（F18）

安阳南断裂是与安阳北断裂平行的北西西走向的断裂，构成安阳地堑的南边界。该断裂西起水冶许家沟附近，东经安阳市区以南直到内黄、清丰一带，长度100余千米。断裂走向北西西，倾向北，倾角 80° 。在许家沟附近，奥陶系灰岩不连续，水冶的上古生界石炭二叠系地层有较大错位。断层南侧的漳武、张家岗、张家沟一带，新近系鹤壁组砾岩出露地表，呈岗丘地形；北侧为下更新统红土砾石层。安阳南七里店以西的段落构成新近系与第四系之间的大致界限，地貌上有较清楚的显示，称之为南岗。断裂南盘新近系构成的台地海拔110~250m，而断裂北盘安阳河谷海拔100m左右。七里店以东，断裂通过平原区，地貌上已无显示。和安阳北断裂一样，该断裂也切割新近系与第四系之间界面，向上影响了第四系下部。西善应-何家坟地质地貌剖面（图3.4-23），断裂两侧上新统顶界面垂直落差达70m左右，安阳河T₄阶地面垂直落差达30m左右。

在安阳许家沟剖面上（图3.4-27），该断裂发育在奥陶系灰岩中，断层泥热释光测年值为49.5万年，最新断面表现为左旋正断层性质，断面上覆棕红色含砾粉质粘土（Q₂）被错开，但其上的黄土（Q₃）底部（热释光测年值为11.9万年）没有受到影响，表明该断层中更新世有过较弱活动，晚更新世以来没有活动。

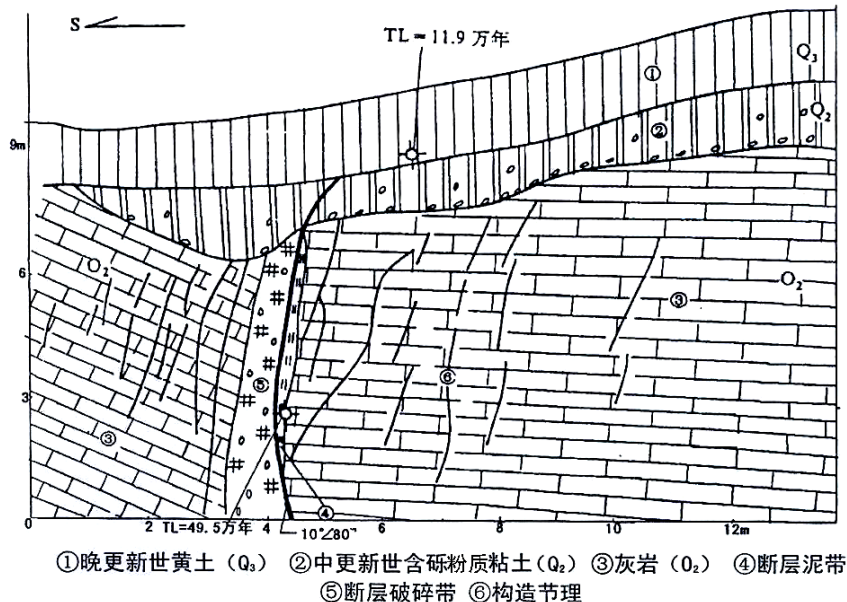


图 3.4-27 许家沟安阳南断裂剖面（据中国地震局分析预报中心 2004）

在 AC103 测线时间剖面（中国地震局地球物理勘探中心，2002）上该断裂错断 $T_1 \sim T_5$ 波组，且落差自下而上有逐步减少的趋势（图 3.4-28），断裂晚更新世以来没有活动。

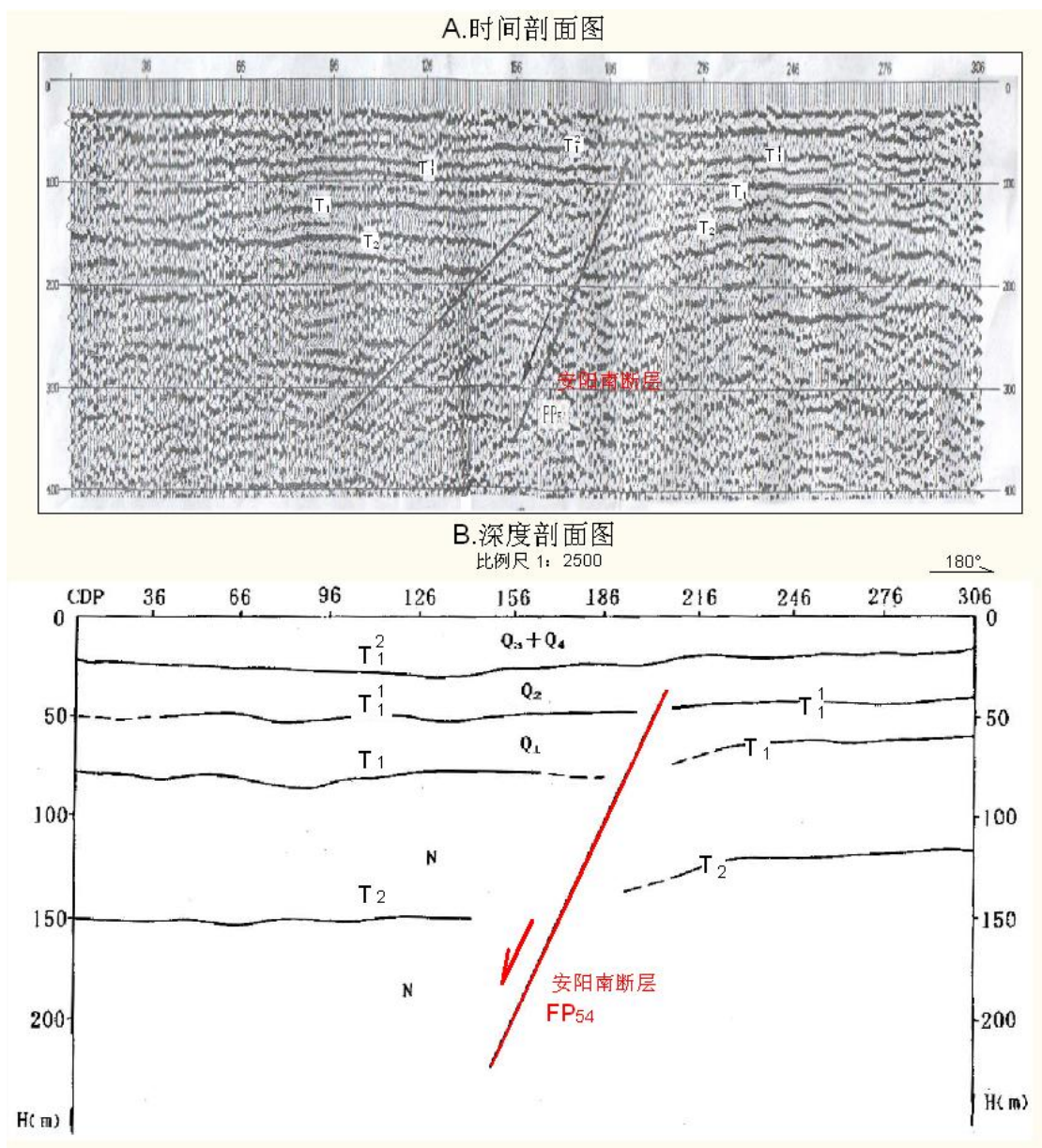


图 3.4-29 安阳宗村西浅层人工地震勘探 AB2 测线时间及地质解释综合剖面图

（中国地震局地球物理勘探中心，1997）

在安阳宗村西浅层人工地震勘探 AB2 测线上，该断裂错断 T_1^1 、 T_1 、 T_2 波组（图 3.4-29），为中更新世活动断裂。

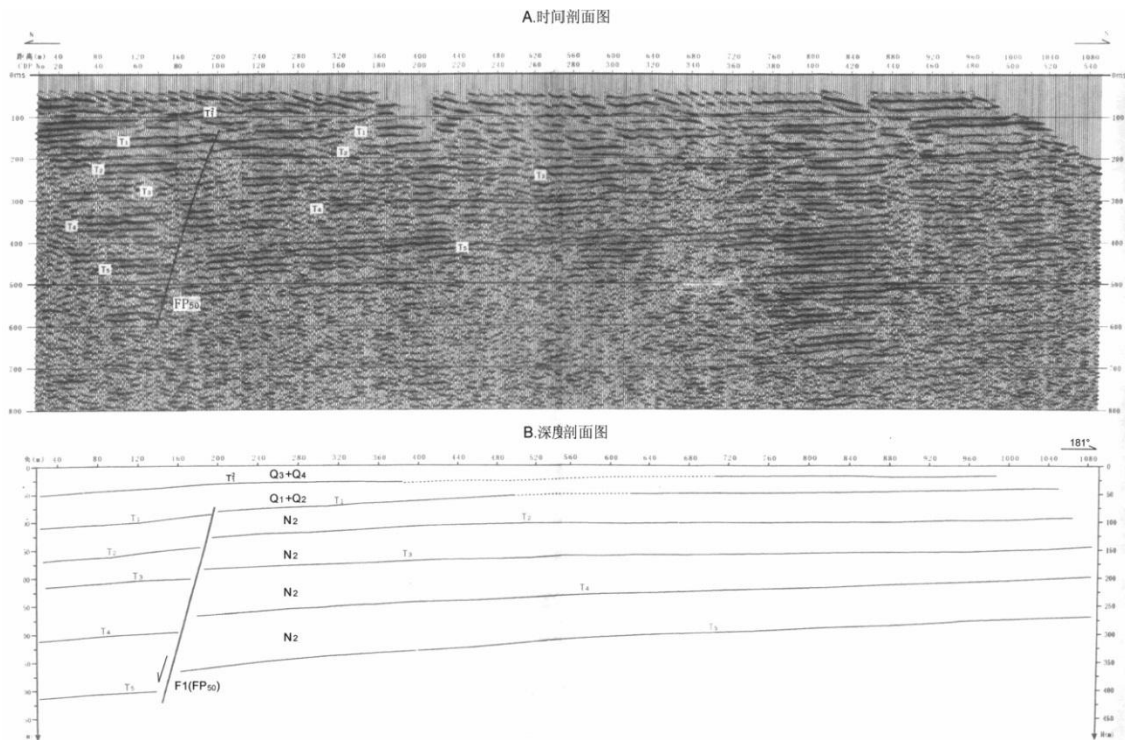


图 3.4-28 AC103 浅层人工地震测线剖面图（中国地震局地球物理勘探中心，2002）

3.5 近场区地震构造环境评价

根据前面对近场区地震地质和地震活动性特征的分析，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、近场区总的地形地貌轮廓表现为从西至东逐步降低的特征；西部为侵蚀低山地貌区，太行山山麓多为丘陵和台地，东部主要为上更新统冲洪积物和全新统冲积物组成的冲洪积平原区。

2、近场区位于太行山隆起区的东部和北华北坳陷区的西部。近场区主要涉及太行山弱隆起、临清凹陷、磁县－安阳断陷、临漳－韩陵山凸起、魏县－大名断陷、安阳地堑、汤阴地堑、内黄隆起 8 个二级新构造单元。目标区场地位于魏县－大名断陷的新构造单元之内。

3、近场区的新构造运动为整体的掀斜隆起、断块的差异升降运动以及断层走滑运动等。

4、近场区断裂构造比较发育，断裂走向以北北东向和北北西向为主。区内主要发育 9 条第四纪断裂，其中全新世活动断裂 1 条、晚更新世活动断裂 1 条，早-中更新世活动断裂 7 条。

5、近场区内磁县 - 大名断裂为具有左旋走滑性质的晚更新世 - 全新世活动断裂，且为 1830 年磁县 $7\frac{1}{2}$ 级地震的发震断裂。断裂西段为全新世活动断裂，具有发生 M7.0~7.5 级地震的构造条件，断裂东段为晚更新世活动断裂，控制着临清凹陷和内黄隆起的边界，规模较大，具有发生 M6.5~7.0 级地震的构造条件；近场区内的汤东断裂为汤阴地堑与内黄隆起的边界断裂，最新活动时代为晚更新世，具有发生 M6.5~7.0 级地震的构造条件；近场区其它第四纪活动断裂，具有发生 M6.0~6.5 级地震的构造条件。

结合近场区构造环境及地震环境，综合分析认为近场区具有发生强震的构造背景。

第四章 目标区活动断裂勘查和活动性鉴定

目标区活动断裂勘查和活动性鉴定的主要目的是通过开展断层控制性调查和探测，查明目标区是否存在断层，并鉴定断层的活动性。目标区位于处于第四系冲洪积土层覆盖之下，因此本次断裂勘查工作，主要采用浅层地震勘探和野外地震地质调查手段进行。在野外地震地质调查的基础上，结合《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》（中震防函[2019]21 号）、《河南省区域性地震安全性评价工作管理办法（试行）》（豫震发[2020]25 号）等有关规定，考虑到目标区地形地貌、目标区附近主要构造线走向，测线应按南北向和东西向各布置 1 条测线；但在实际工作时，由于受目标区内道路交通条件限制，共布设浅层地震勘探测线 3 条，以保证本次浅层地震勘探工作满足地震区评大纲要求。

4.1 目标区地震地质调查

4.1.1 工作任务

根据《安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目》合同要求、《安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目实施方案》，以及收集到的资料可知，目标区位于冲洪积平原区，地形地貌类型单一，均为平原。本次地震地质调查工作于 2022 年 6 月 14 日~6 月 25 日、历时 12 天，目的是调查目标区内地形地貌、地震地质灾害及断裂活动性特征。

4.1.2 工作完成情况

目标区位于河南省安阳市安阳县东部白壁镇、瓦店乡境内，总面积约 7km²。地质调查组围绕目标区进行地震地质调查，调查工作量见表 4.1-1，地质调查点位置见图 4.1-1，各地质调查点的具体内容见表 4.1-2，具体工作内容详见附件 5-地震地质调查报告。

表 4.1-1 地震地质调查工作量一览表

项目	单位	工作量
收集资料	份	5
调查面积	km ²	7
地质地貌调查点数	点	30
拍照	张	30
区域地貌图	幅	1
调查点位置图	幅	1
地震地质调查报告	份	1

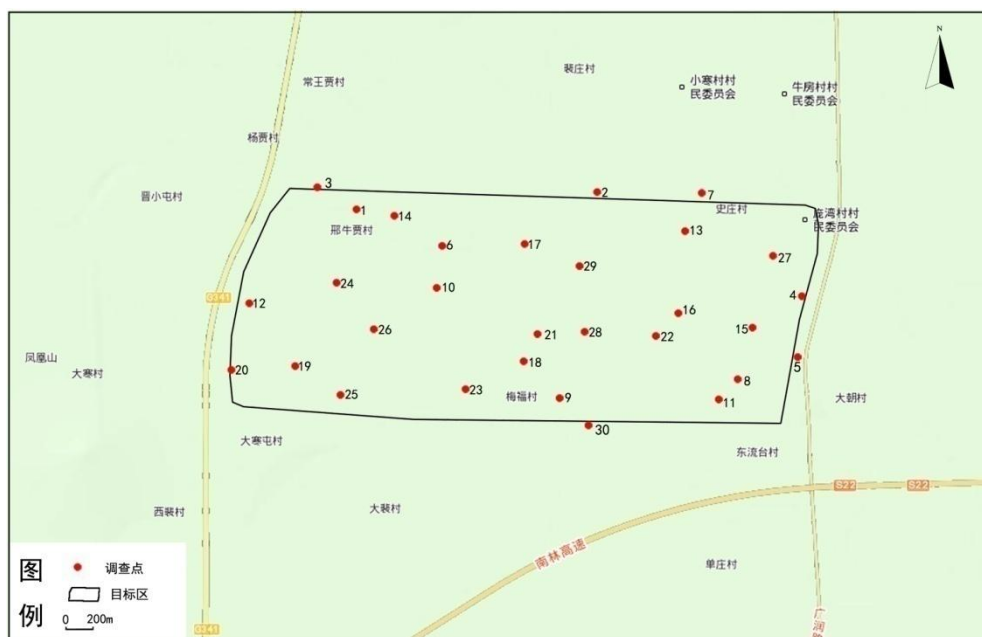


图 4.1-1 地质调查点位置图

表 4.1-2 野外地震地质调查点一览表

调查点编号	地点	纬度 (°)	经度 (°)	调查点描述
1	邢牛贾村北	36.070556	114.519722	平原地貌点
2	文昌东路与二号路东北	36.071806	114.540753	平原地貌点
3	邢贾南	36.072152	114.516377	平原地貌点
4	通创路与永王线西南	36.064467	114.558649	平原地貌点
5	黄河东路与永王线西南	36.060071	114.558423	平原地貌点
6	牛家营东南	36.068024	114.527235	平原地貌点
7	史庄村西北	36.071763	114.549894	平原地貌点
8	航四路与黄河东路东南	36.058556	114.553027	平原地貌点
9	Y019 与二号路东南	36.057222	114.5375	平原地貌点
10	文昌大道与一号路东南	36.065084	114.526720	平原地貌点
11	航四路与通飞西路东南	36.057165	114.551374	平原地貌点
12	G341 与黄河东路西北	36.06389	114.51038	平原地貌点
13	史庄村西	36.069037	114.548456	平原地貌点
14	牛家营东北	36.070100	114.523061	平原地貌点
15	黄河东路与航三路西北	36.062187	114.554368	平原地貌点
16	黄河东路与航四路西北	36.0632	114.547931	平原地貌点
17	文昌东路与二号路东北	36.068158	114.534444	平原地貌点
18	黄河东路与二号路东南	36.059819	114.534359	平原地貌点
19	G341 与黄河东路东南	36.059532	114.514360	平原地貌点
20	G341 与东西线东北	36.059203	114.508813	平原地貌点
21	二号路与黄河东路东北	36.061753	114.535549	平原地貌点
22	黄河东路与航六路东北	36.061635	114.545903	平原地貌点
23	Y019 与二号路西北	36.057833	114.529295	平原地貌点

调查点编号	地点	纬度 (°)	经度 (°)	调查点描述
24	G341 与文昌大道东南	36.065370	114.517965	平原地貌点
25	大寒屯村北	36.057469	114.518297	平原地貌点
26	一号路与黄河东路西北	36.062118	114.521226	平原地貌点
27	文昌东路与航三路东北	36.067295	114.556138	平原地貌点
28	黄河东路与航六路西北	36.061935	114.539680	平原地貌点
29	文昌东路与航六路西南	36.066532	114.539240	平原地貌点
30	Y019 与航六路西北	36.055309	114.540013	平原地貌点

4.1.3 地质调查成果

(1) 地形地貌特征

安阳市地处华北平原与太行山脉的交界处，安阳市西为太行山东麓丘陵区，东为华北平原，地势总特点是西高，东低。目标区内地形平坦、开阔，最大相对高差约 5m，属冲洪积平原区（图 4.1-2 区域地貌图）。

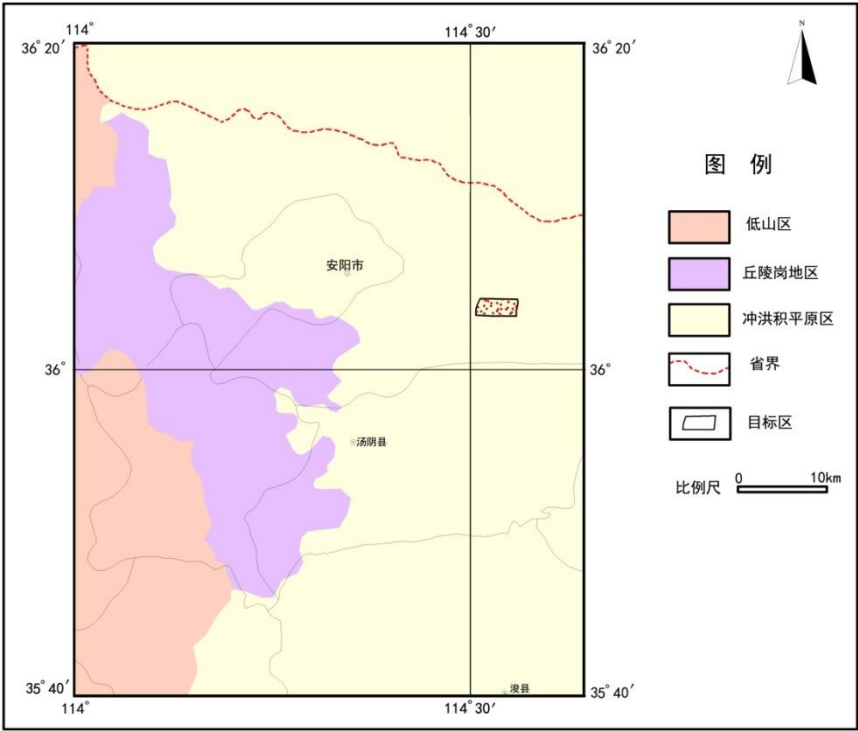


图 4.1-2 区域地貌图

(2) 地震地质灾害调查结果

经野外实地调查，目标区未发现崩塌、滑坡、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等地质灾害点。

(3) 主要断裂活动性特征

经野外地震地质调查，结合前人已有研究成果，目标区不存在第四纪活动断裂。

4.2 目标区浅层地震勘探

4.2.1 工作任务

根据《安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目》合同要求、《安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目实施方案》，结合野外地震地质调查结果可知，目标区范围内如果存在断裂，则有可能是与目标区附近已知断裂走向相一致的近南北向和近东西向断裂。故在目标区内设计了南北向和东西向浅层地震勘探线各 1 条，由于受目标区内道路交通条件的限制（目标区外东、西两侧国道上大型载重车辆流量大，对地震数据信号的采集带来巨大干扰，采集的地震数据质量差），为保证地震数据的可靠性，所以原先设计的南北向 1 条浅层地震勘探线改为 2 条，布置在受车辆干扰小的道路上；最终共实施了 3 条浅层地震测线、长度 9.192km；用以探测目标区是否存在近东西向隐伏断裂，如果存在隐伏断裂，查明断裂具体位置（经纬度）、断点埋深、断层倾向、倾角等断层特征。

4.2.2 工作完成情况

中国地震局地球物理勘探中心于 2022 年 8 月 6 日组织 12 名专业技术人员携带 500 道法国 Sercel 公司生产的 508XT 数字地震仪、1 台 28 吨大型可控震源和 5 部工程车进驻项目施工现场（目标区-安阳市新东产业集聚区），开始地震数据采集工作，于 2022 年 8 月 15 日完成全部野外采集工作，历时 10 天，具体工作内容详见附件 1-浅层地震勘探报告。

本次浅层地震勘探工作布设并完成 2 条地震测线（其中 XD2 测线受场地条件限制，分为 2 个测段），探测总长度 9.192km（见表 4.2-1、图 4.2-1），有效物理激发点 571 个，圆满完成了野外数据采集工作。2 条勘探线具体为：

XD1 测线：XD1 测线呈东西向穿过目标区，测线东起文昌大道与 515 国道交叉口东约 500m，沿文昌大道布设，西至 341 国道向西约 500m，全长 5.76km。

XD2-1 测线：XD2-1 测线南北方向布设，测线北起 019 乡道与东一街交叉口，沿东一街布设，南至大裴村附近，全长 0.777km。

XD2-2 测线：XD2-2 测线呈南北向穿过目标区，测线沿梅福村内小路由南向布设，全长 2.655km。

为确保探测质量，提高工作效率，野外采集的同时，对每日获得的原始地震数据进行了实时资料处理和初步分析解释，从而保证了探测质量和探测效果。

表 4.2-1 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 (km)
1	XD1 测线		E-W	3	400	363	5.76
2	XD2 测线	XD2-1 测段	N-S	3	400	49	0.777
		XD2-2 测段	S-N	3	400	159	2.655
合计						571	9.192

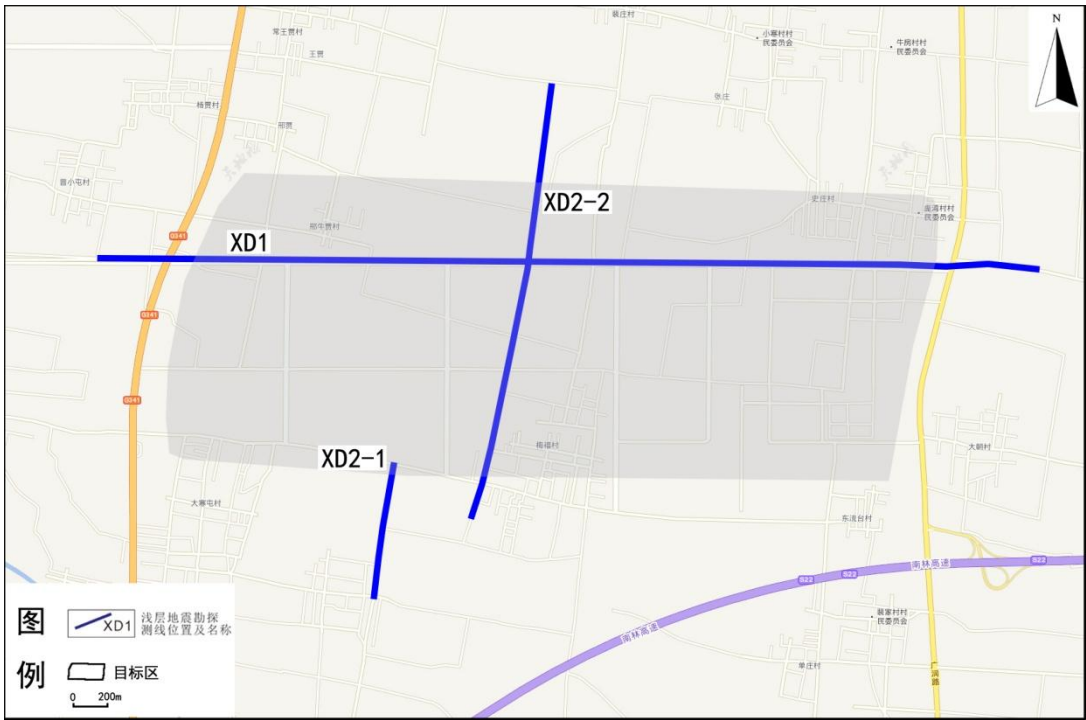


图 4.2-1 浅层地震勘探测线平面位置示意图

4.2.3 资料分析与解释

按照项目设计的探测目标，本次浅层地震勘探在勘探区域范围内共完成了 3 条浅层地震测线的探测工作，测线总长度为 9.192km。

地震剖面上获得的是地层界面的结构形态，并不能直接获知该界面的地质属性，我们需要根据周边的地质资料来对地震剖面中的界面进行地质属性标定。在剖面解释前，我们搜集了测线附近的地质资料，对各剖面上的地层反射波组进行了初步的地层属性标定。其中， T_Q 为来自第四系底界面的反射波， T_{N1} 、 T_{N2} ……为来自新近系内部地层的反射波。

(1) XD1 测线

图 4.2-2 为 XD1 测线的叠加时间剖面 and 深度解释剖面。从时间剖面图上可以看出，双程走时 700ms 以浅的反射震相丰富，反射能量较强，在整条剖面上反射同相轴能量横向差别不大。地层整体向东微倾，自浅至深倾角逐渐增大。根据剖面纵向和横向的反射波组特征，从上到下共识别出 6 组反射震相，在图中分别标识为 T_Q 、 T_{N1} 、 T_{N2} 、 T_{N3} 、 T_{N4} 、 T_{N5} 。根据地质资料（韩慕康等，1980）图 4.2-3，推测剖面中反射波组 T_Q 应为第四系底界的反射波。 T_{N1} 、 T_{N2} 、 T_{N3} 、 T_{N4} 、 T_{N5} 为来自新近系内部地层的反射波。

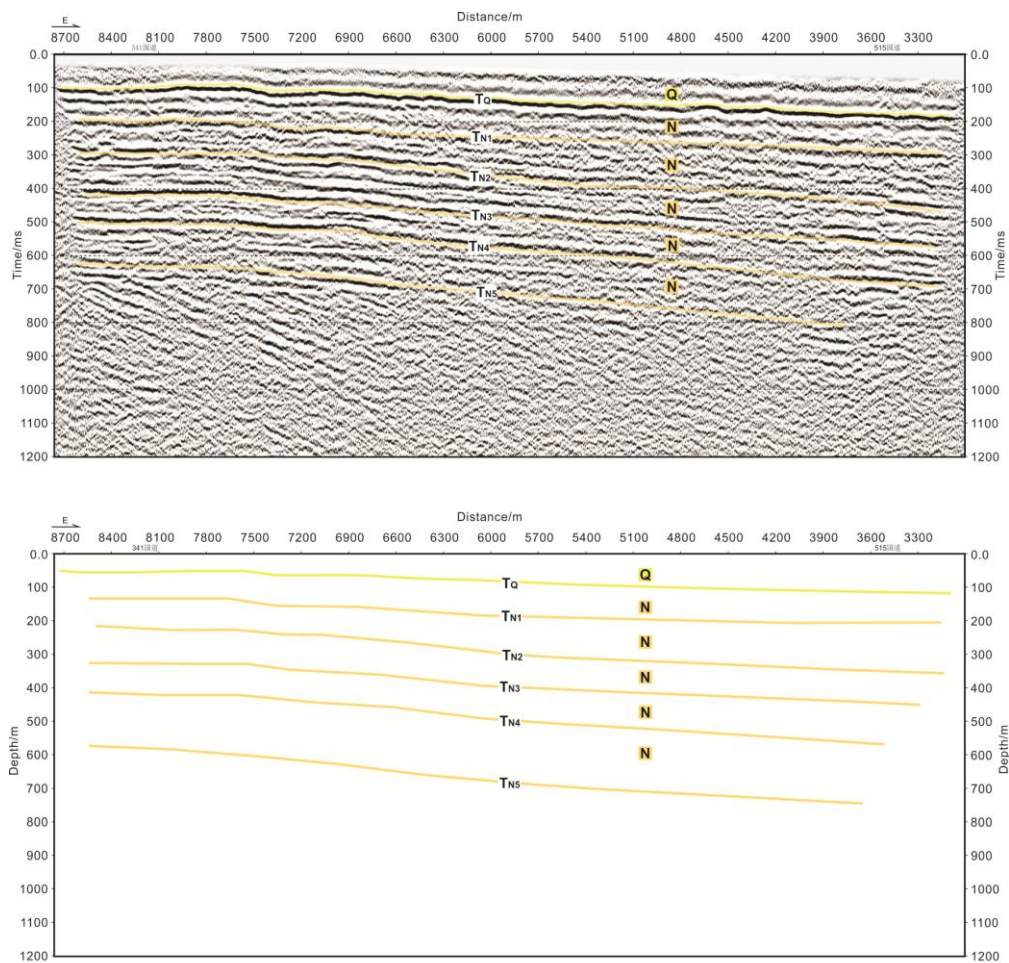


图 4.2-2 XD1 测线的叠加时间剖面 and 深度解释剖面

从图 4.2-2 中的 6 组反射震相的横向展布特征和深度剖面图上的地层变化形态来看，该测线地层基本呈现近水平形态展布，横向相对起伏变化不大，各反射同相轴横向上连续性都较好，不存在明显的波形畸变和同相轴扭曲、错断等现象。因此，在该测线控制范围内没有发现断层通过。

位于目标区附近的地质剖面(见图 4.2-3)揭示,白壁镇 Q 底界埋深约为 50m。根据时深转换结果显示,地震剖面中反射波组 T_Q 埋深约为 53m,与地质剖面具有较好的对应关系。因此,认为剖面中反射波组 T_Q 应为第四系底界的反射波。 T_{N1} 、 T_{N2} 、 T_{N3} 、 T_{N4} 、 T_{N5} 为来自新近系内部地层的反射波。

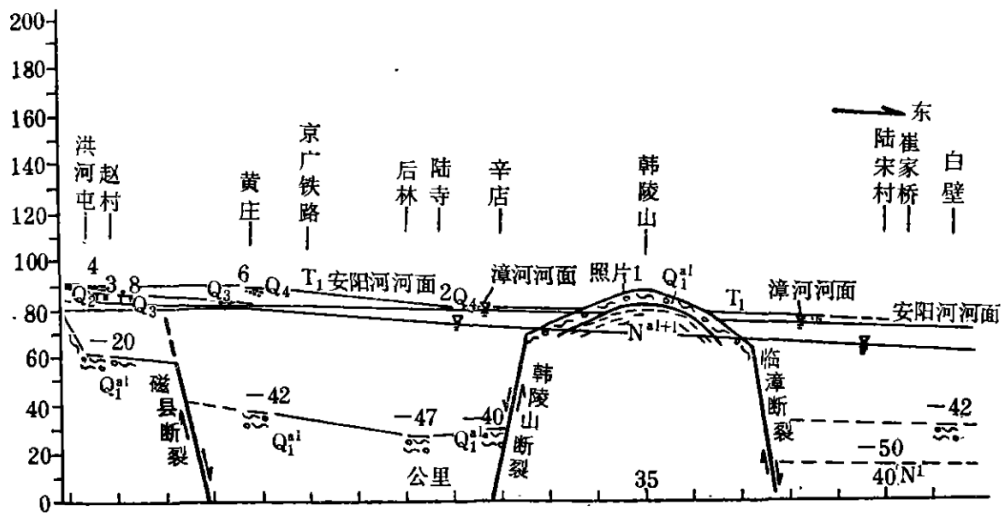


图 4.2-3 洪河屯-白壁地质地貌剖面(据韩慕康等(1980)修改)

(2) XD2 测线

XD2 测线受场地条件限制,分为 XD2-1、XD2-2 两个测段布设,均为南北向布设。

图 4.2-4 为 XD2-1 测段的叠加时间剖面 and 深度解释剖面。从时间剖面图中可以看出,双程走时 700ms 以浅的反射震相丰富,反射能量较强,在整条剖面上反射同相轴能量横向差别不大。

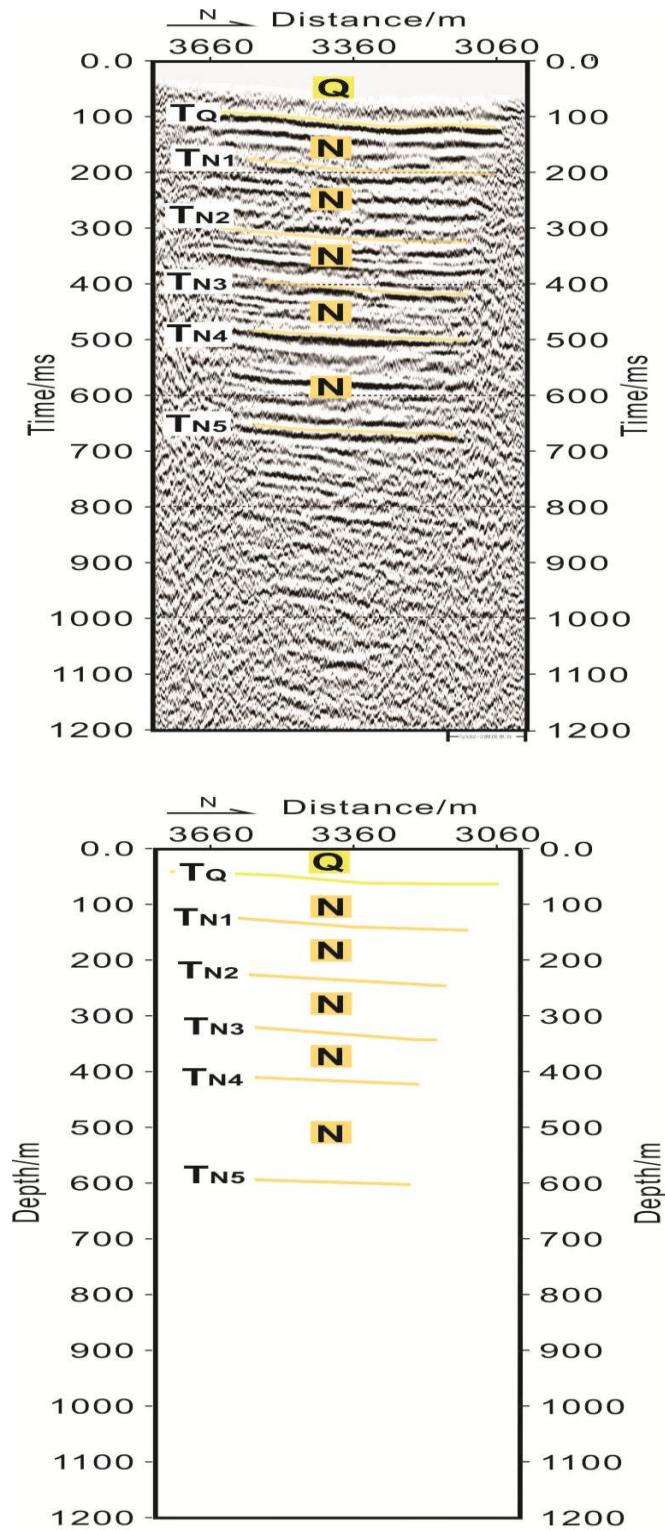


图 4.2-4 XD2-1 测段的叠加时间剖面和深度解释剖面

图 4.2-5 为 XD2-2 测段的叠加时间剖面和深度解释剖面。从时间剖面图中可以看出，双程走时 700ms 以浅的反射震相丰富，反射能量较强，在整条剖面上反射同相轴能量横向差别不大。

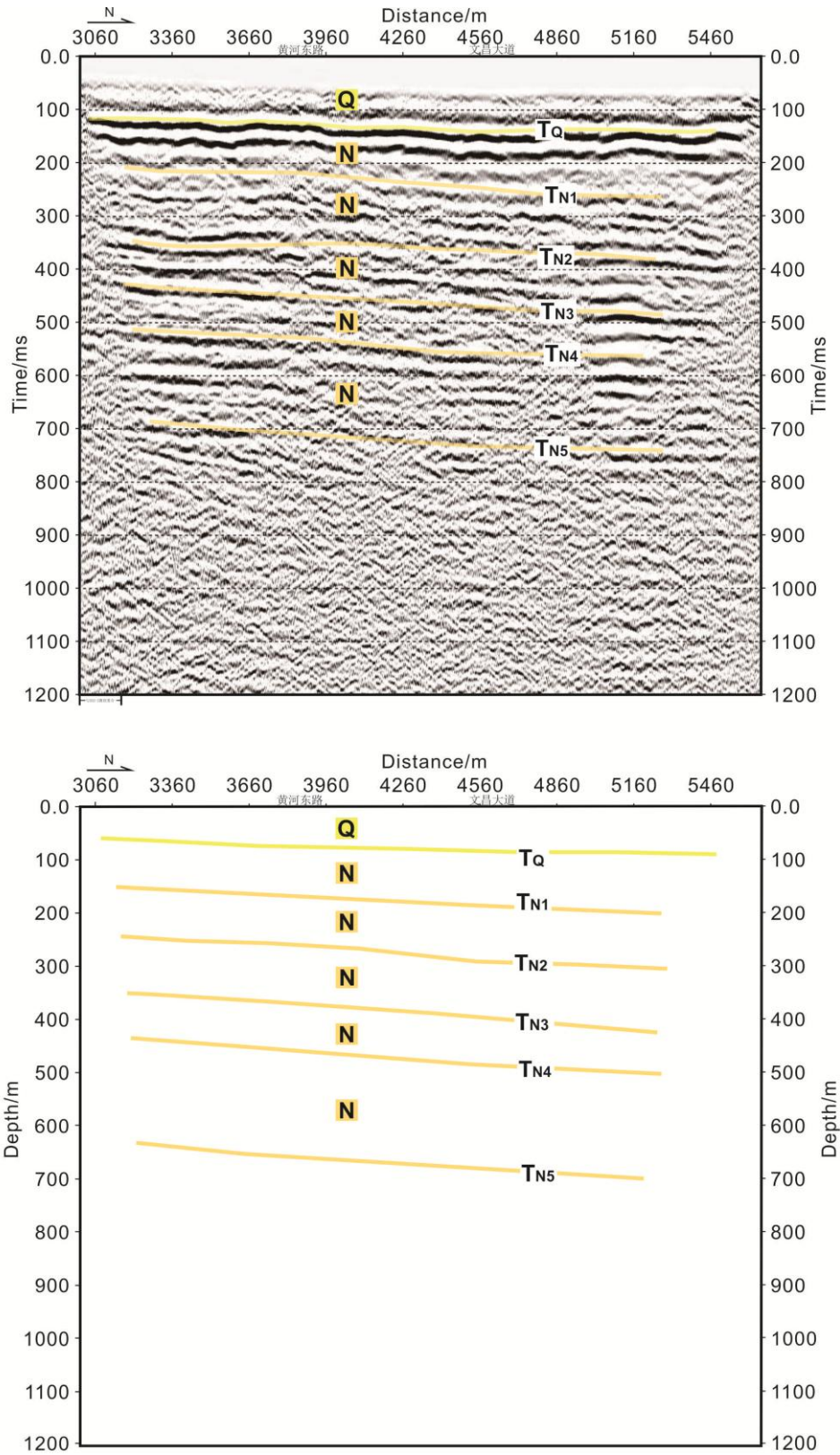


图 4.2-5 XD2-2 测段的叠加时间剖面和深度解释剖面

因 XD2 测线的 2 个测段（XD2-1 测段、XD2-2 测段）相距较近（约 500m）、且下伏地层相似、反射震相和走时相近，故将其剖面叠加一起解释。

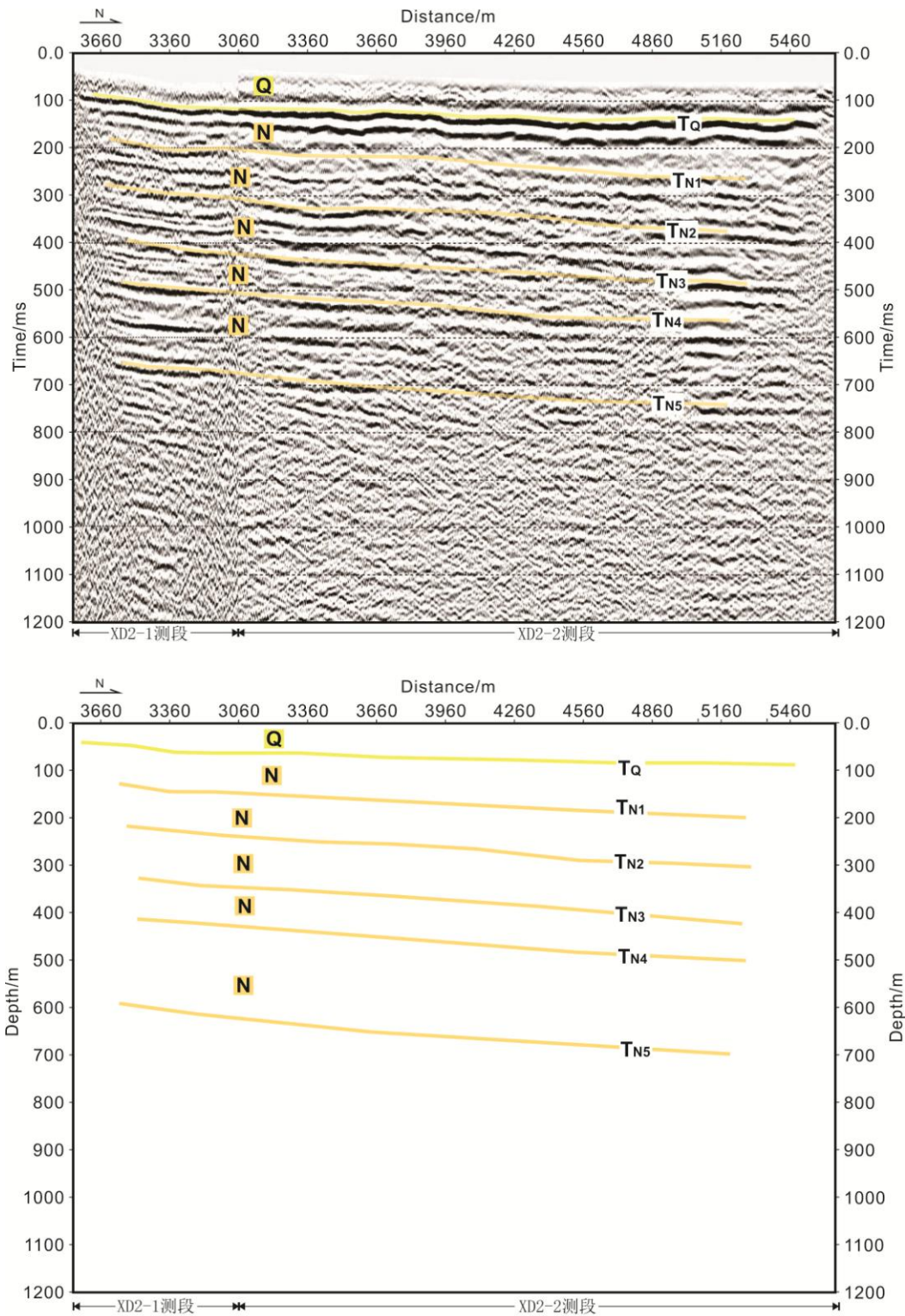


图 4.2-6 XD2 测线的叠加时间剖面 and 深度解释剖面

图 4.2-6 为 XD2 测线的叠加时间剖面 and 深度解释剖面。从时间剖面图中可以看出，双程走时 700ms 以浅的反射震相丰富，反射能量较强，在整条剖面上反射同相轴能量横向差别不大。地层整体向北微倾，自浅至深倾角逐渐增大。根据剖面纵向和横向的反射波组特征，从上到下共识别出 6 组反射震相，它们在图中分别标识为 T_Q 、 T_{N1} 、 T_{N2} 、 T_{N3} 、 T_{N4} 、 T_{N5} 。根据地质资料以及相交测线剖面闭合原则，推测剖面中反射波组 T_Q 应为第四系底界的反射波。 T_{N1} 、 T_{N2} 、 T_{N3} 、 T_{N4} 、 T_{N5} 为来自新近系内部地层的反射波。

从图 4.2-6 中的 6 组反射震相的横向展布特征和深度剖面图上的地层变化形态来看，该测线地层基本呈现近水平形态展布，横向相对起伏变化不大，各反射同相轴横向上连续性都较好，不存在明显的波形畸变和同相轴扭曲、错断等现象。因此，在测线控制范围内没有发现断层通过。

4.2.4 探测结果

本次人工地震勘探采用了纵波反射波地震勘探方法，横跨目标区共完成 2 条浅层地震探测测线，测线总长度为 9.192km，完成了地震区域评估项目中设计的浅层地震勘探任务，勘探工作达到预期的工作目的。

浅层地震勘探剖面，揭示的各反射同相轴横向上连续性都较好，不存在明显的同相轴扭曲、位错等断层特征，因此，在 2 条浅层地震剖面上均没有发现有断层通过。

综合浅层地震勘探结果和近场区地震构造资料可知，目标区内没有第四纪断层通过。

4.3 结论

经野外地震地质调查与浅层地震勘探手段进行联合勘测，结果显示，目标区内没有第四纪活动断层通过。

第五章 地震危险性分析

本章按照《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005)的规定,依据前述章节关于区域及近场区域地震活动性、区域及近场区域构造背景的研究,确定对目标区地震安全性有影响的地震带及潜在震源区划分、地震带及潜在震源区地震活动性参数,并利用所确定的合适本区的地震动衰减关系,以及地震危险性分析方法,进行目标区的地震危险性分析计算。

概率地震危险性分析方法是将目标区周围地震构造环境特征、地震活动性特征以及地震动衰减特征的调查结果,表达为相应的概率分布函数,并通过概率理论计算,最终获得对目标区地震危险性的概率表述。该理论早由 Cornell 于 1968 年提出,是目前世界范围内地震危险性分析的常用方法。

5.1 地震危险性概率分析方法概述

本项目采用了《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005)规定的地震危险性概率分析方法,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。地震带内部地震活动在空间和时间上都是不均匀的。

地震带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 ν_0 , ν_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:

$$P(n) = \frac{(\nu_0 t)^n}{n!} e^{-\nu_0 t} \quad (5.1-1)$$

同时地震带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:

$$f(m) = \frac{\beta \exp[-\beta(m - m_0)]}{1 - \exp[-\beta(m_{uz} - m_0)]} \quad (5.1-2)$$

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_m 档, m_j 表示震级范围为 $(m_j \pm \frac{1}{2} \Delta m)$ 的震级档。则地震带内发生 m_j 档地震的概率:

$$P(m_j) = \frac{2}{\beta} \cdot f(m_j) \cdot Sh(\frac{1}{2} \beta \Delta m) \quad (5.1-3)$$

②在地震带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, 地震带内部发生的地震, 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:

$$P_k(A \geq a) = 1 - \exp \left\{ -\frac{2\nu_0}{\beta} \cdot \sum_{j=1}^{N_m} \sum_{i=1}^{N_s} \iiint P(A \geq a | E) \cdot f(\theta) \cdot \frac{f_{i,m_j}}{A(S_i)} \cdot f(m_j) \cdot Sh(\frac{1}{2} \beta \Delta m) dx dy d\theta \right\} \quad (5.1-4)$$

$A(S_i)$ 为地震带内第 i 个潜在震源区的面积, $P(A \geq a | E)$ 为地震带内第 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 个地震带对场点有影响, 则综合所有地震带的影响得:

$$P(A \geq a) = 1 - \prod_{k=1}^{N_z} (1 - P_k(A \geq a)) \quad (5.1-5)$$

下文就本次地震危险性概率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, 给出目标区的地震危险性概率分析结果。其中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、地震带及潜在震源区地震活动性参数的确定进行详细论述。

5.2 地震区、带划分

本次工作潜在震源区划分, 是在“中国地震动参数区划图”潜在震源区划分综合方案的基础上, 结合前述区域及近场区地震构造条件的研究成果最终确定的。

本次工作地震区带划分采用第五代区划图的思路, 采用三级潜源模型。三级潜在震源区模型由地震统计区、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。在地震统计区内部, 根据地震构造条件和中小地震活动水平差异, 划分出背景地震活动潜在震源区, 又进一步在背景地震活动

潜在震源区内再根据断裂构造和地震活动条带划分出构造潜在震源区。有关潜在震源区的划分方案。区域涉及汾渭地震带（地震统计区）、华北平原地震带（地震统计区）和郯庐地震带（地震统计区）。现对汾渭地震带（地震统计区）、华北平原地震带（地震统计区）和郯庐地震带（地震统计区）作简要描述：

（1）汾渭地震带（地震统计区）

北起河北宣化-怀安盆地、怀来-延庆盆地，向南经阳原盆地、蔚县盆地、大同盆地、忻定盆地、灵丘盆地、太原盆地、临汾盆地、运城盆地至渭河盆地，这一系列断陷盆地及两侧断块隆起区构成汾渭地震带。

沿地震构造带存在规模不等的莫氏面隆起，在断陷盆地区地壳明显减薄。本地震带处于两条东西向重力梯度带之间，其间的北北东向重力异常带与地震带位置基本一致。布格重力异常值在-80~-200 毫伽之间，并存在自北而南减少的趋势。沿断陷盆地看不出明显的航磁异常呈带分布现象。

本带地震活动强烈，是华北地震区主要强震活动带之一。自公元前 2222 年有地震记载以来，本带共发生 $M \geq 4.7$ 级地震 172 次，其中 6.0-6.9 级地震 23 次，7.0-7.9 级 7 次，8 级地震 2 次。1556 年华县 $8\frac{1}{4}$ 级地震发生在该带南端的渭河盆地，1303 年洪洞 8 级地震发生于临汾盆地。

（2）华北平原地震带（地震统计区）

该带呈北北东向展布，南界大致位于襄阳—武汉一线，北界位于燕山南侧，西界位于太行山东侧，东界位于下辽河-辽东湾拗陷的西缘，向南延到天津东南，经济南东亳州达红安、麻城一带。

华北平原地壳厚度为 32~36km，莫霍面隆起带与拗陷带相间排列，与新生代隆起、拗陷呈镜像关系。重磁异常呈北北东向带状分布。布格异常值由东向西降低。磁异常正负相间排列，变化较剧烈，局部异常较多。

本带记录到早的一次地震是公元前 1767 年河南偃师西南的 6 级地震，大地震是 1679 年河北三河平谷 8 级地震。据统计，本带历史上曾记录到 $M \geq 4.7$ 级地震 228 次，其中 6~6.9 级 30 次，7~7.9 级 5 次， $M \geq 8$ 级 1 次。

（3）郯庐地震带（地震统计区）

郯庐地震带是我国东部规模最大的地震带，该带包括郯庐断裂带及其附近的一系列与它平行和斜交的次级断裂。我国历史上著名的 1668 年郯城 $8\frac{1}{2}$ 级地震就发生在本地震带。该带的主要强震受郯庐断裂带的控制，总体走向北北东向。郯庐地震带自公元前 70 年以来曾多次发生强震，共记载到 $M \geq 4.7$ 级地震 128 次，其中 8 级以上地震 1 次，7.0~7.9 级地震 6 次，6.0~6.9 级地震 14 次。地震带上地震活动分布不均匀，强震主要分布在地震带西部郯庐主干断裂和一些与它平行或斜交的次级断裂上。远离这些断裂的地区地震活动就明显减弱。

5.3 潜在震源区划分

潜在震源区系指未来有可能发生破坏性地震的区域。潜在震源区划分在本质上是确定发震构造的潜在地震分布范围与强度，因此，潜在震源区的划分应以地震构造为纲，首先根据各地震带内地震发生的条件识别出潜在震源区，然后划分出它的边界和确定其震级上限。潜在震源区划分的准确性与合理性取决于发震构造条件的研究水平和资料的完备程度，其中地震和地质资料是判定潜在震源区的重要依据，地球物理场特征也可作为划分潜在震源区的参考依据。本次工作潜在震源区划分，吸收了近年来的相关研究结果，并参照了新一代全国地震区划图所使用的潜在震源区划分方案。

5.3.1 潜在震源区划分原则和方法

本次工作仍采用历史地震重复与构造类比两个原则进行潜在震源区划分。在具体应用上述两条原则时，注意把握了以下三点：

①采用历史地震重复原则为主进行判划时，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判划时，辅以地震活动强度（包括古地震）及潜在地震能力方面的论证。

③不同地震构造区内判划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、不同震级档潜源个数等）。

本次潜在震源区划分中，采用了三级划分的潜在震源区模型，由地震统计区、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分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。

本次工作中潜在震源区的划分原则, 着重考虑了以下几点:

①区域地震构造格局对地震的控制作用。区域内地震活动多受北东—北北东向构造的控制, 表现出较为明显的条带分布。基于此认识, 区域内划分的高震级潜在震源区多为北东-北北东。

②第四纪活动断裂及其活动性差异分段。区域内大多数第四纪活动断裂不同的段落具有不同的构造活动性。在晚更新世、甚至全新世以来有过活动的断裂段, 多有 6 级以上地震发生。第四纪早期活动的断裂段, 地震活动多在 4~5 级。区域地震活动与断裂活动性的关系密切, 是潜在震源区震级上限确定的重要依据。

③地球物理场的畸变、转折部位或梯度带等特征与浅部构造的耦合部位。这些部位往往是构造深部背景的反映。

④新构造时期的断陷盆地是本区域重要的活动构造形式, 区内的许多破坏性地震的发生与这些断陷盆地相关。强震常常发生在断陷盆地内某些特殊的构造部位上。

⑤历史地震的空间分布及其现代小地震活动的空间分布, 是区域潜在震源区确定的重要基础依据。

5.3.2 潜在震源区划分结果

通过地震地质和地震活动性的研究, 按照潜在震源区划分的原则, 对区域内的潜在震源进行了划分(见图 5.3-1、表 5.3-1)。下面将主要潜在震源区的划分及依据做一简述。

现将本区域内对目标区影响较大的潜在震源区的划分依据叙述如下:

1、磁县 7.5 级潜在震源区

主体位于北西西向磁县断裂部位, 北北东向邯郸断裂与之交汇。磁县断裂向西进入太行山区, 据地质地貌调查和探槽研究, 确认该断裂为 1830 年 $7\frac{1}{2}$ 级地震的发震断层, 沿断裂在地表出现长 30km 的地震破裂带, 现代地震呈北西向密集成带。震级上限定为 7.5 级。

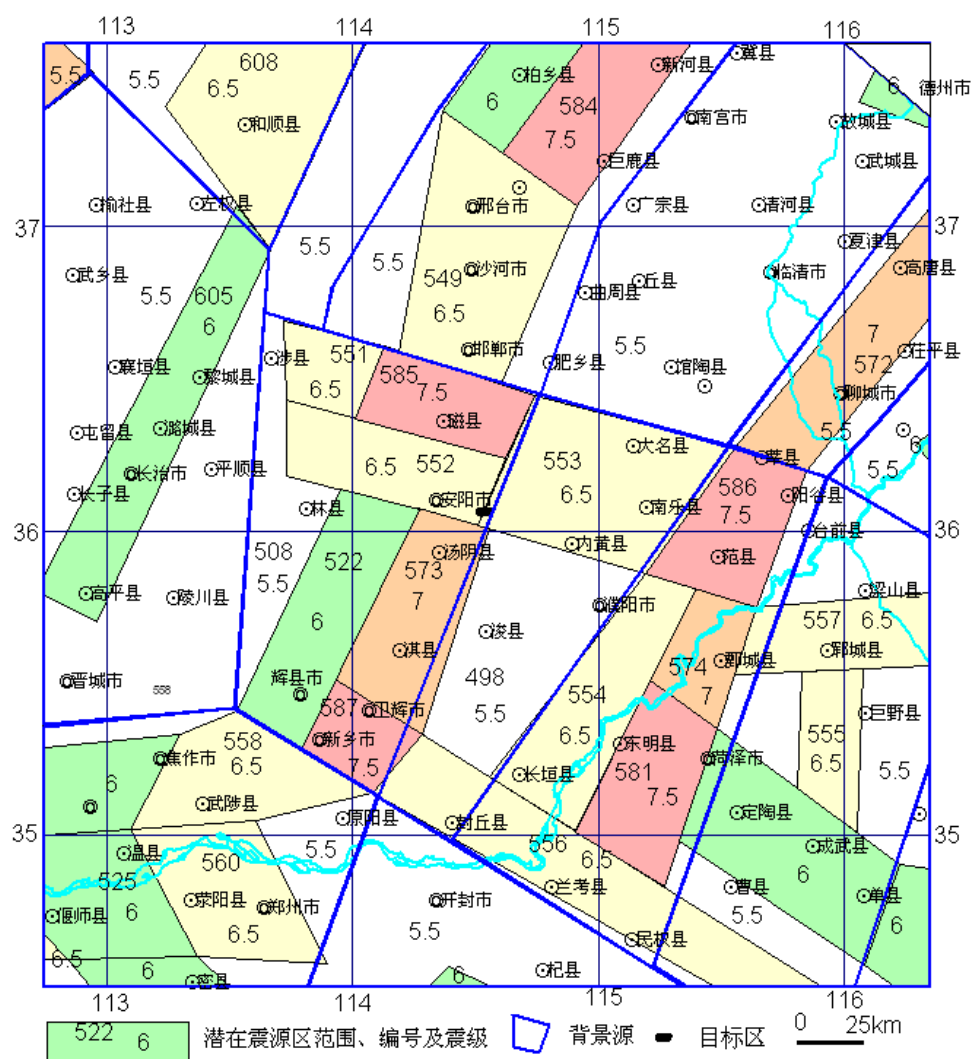


图 5.3-1 区域潜在震源区

表 5.3-1 潜在震源区一览表

潜源编号	潜源名称	震级上限	潜源编号	潜源名称	震级上限
498	南乐背景源	5.5	522	辉县	6
508	安阳背景源	5.5	549	邯郸	6.5
585	磁县源	7.5	551	涉县	6.5
552	安阳源	6.5	554	东明	6.5
573	汤阴源	7.0	574	鄆城	7.0
587	新乡源	7.5	581	菏泽	7.5
586	范县源	7.5	572	聊城	7.0
553	南乐	6.5	584	新河	7.5
525	偃师	6.0	557	郛城	6.5
560	郑州	6.5	555	巨野	6.5
558	修武	6.5	556	商丘	6.5
605	长治	6.0	608	和顺	6.5

2、安阳 6.5 级潜在震源区

主体包括近东西向安阳南 - 清丰断裂西段, 该断裂段第四纪活动明显, 断错中更新统, 并有北北东向邯郸断裂、汤东断裂、辛店断裂和近南北向林州断裂与之交汇。区内历史上发生过 1900 年 5.0 级地震。根据地震构造类比原则, 震级上限为 6.5 级。

3、汤阴 7.0 级潜在震源区

本区位于汤阴地堑北段, 属华北平原地震带。北北东向的汤东断裂纵贯全区, 汤西断裂在此尖灭, 这些断裂均为第四纪活动断裂。据人工地震资料揭示, 这里是地壳及上地幔隆起区, 并位于太行山重力梯级带上。汤东断裂带长 85km, 晚更新世以来仍有明显活动, 断裂带上发生过 1814 年 $5\frac{1}{2}$ 级汤阴地震和 344 年卫辉东 6 级地震, 具备发生震级上限为 7 级地震的发震构造条件, 故划为震级上限为 7 级的潜在震源区。

4、新乡 7.5 级潜在震源区

该潜在震源区位于汤阴地堑南段, 地堑西侧为北北东向的汤西断裂、东为与之平行的汤东断裂, 规模较大的东西向盘谷寺 - 新乡断裂和北北西向新乡 - 商丘断裂与上述两条断裂在本潜源区内交汇。野外探槽表明, 汤东断裂晚更新世有活动, 据物探、钻探及地貌分析, 汤阴地堑自古近纪 - 第四纪存在不同程度的垂直或水平运动。该潜在震源区存在 7 级以上大震的构造条件, 震级上限定为 7.5 级。

5、范县 7.5 级潜在震源区

主体位于北北东向聊兰断裂与北西西向大名断裂的交汇部位。聊兰断裂在大名断裂以南的断裂段, 浅层地震和钻孔揭示最新影响到全新世早期地层。大名断裂, 据钻孔资料最新影响到中更新统。区内历史上发生过 1654 年 $5\frac{1}{2}$ 级地震。该潜在震源区的震级上限定为 7.5 级。

6、南乐 6.5 级潜在震源区

该潜在震源区属华北平原地震带。北北东向的沧东断裂与北西向的磁县 - 大名断裂在本区相交, 在该区内的磁县 - 大名断裂东段为晚更新世活动断裂与沧东断裂为早 - 中更新世活动断裂, 该潜在震源区的震级上限定为 6.5 级。

7、邯郸 6.5 级潜在震源区

主体位于北北东向太行山山前断裂带邯郸断裂北段的临城 - 磁县断裂段, 该断裂段为晚更新世以来活动断裂, 在泇河、白马河、洺河 I 级阶地明显垂直位错。

邯郸市人类历史时期,断裂东侧春秋战国时期的大北城现今被埋入地下 6~9m,而断裂西侧赵王城仍残留地表。马头、北沮浅层地震探测断裂的上断点进入晚第四系。依据地震构造类比原则,震级上限定为 6.5 级。

8、新河 7.5 级潜在震源区

主体位于北北东向新河断裂及其控制的束鹿断陷部位。该断裂向上穿过新近系延入第四系,据浅层地震揭示,最新切割中更新统,未发现晚更新世以来活动的地质证据。结合地震测深,认为铲形新河断裂、缓倾角的滑脱面和中下地壳陡倾角的断裂组合是 1966 年邢台地震的发震构造。区内发生过 1966 年 7.2 级地震,并沿断裂上升盘一侧在地表出现右旋的地震形变带,但没能形成直达地表的地震断层。震级上限为 7.5 级。

9、鄆城 7.0 级潜在震源区

该潜在震源区内主要发育北北东向的聊兰断裂和近东西向的郛城断裂,这两组断裂在该区交汇。1502 年 10 月 27 日河南濮城 $6\frac{1}{2}$ 级地震就发生在区内,该区的断裂活动性与地震活动性弱于菏泽 7.5 级潜在震源区。该潜在震源区的震级上限定为 7.0 级。

10、东明 6.5 级潜在震源区

该潜在震源区位于东濮地堑西侧,属华北平原地震带。区内主要发育北北东向的黄河断裂、长垣断裂以及北西西向的高平集断裂,其中长垣断裂、黄河断裂是一条第四纪活动断裂。该潜在震源区的震级上限定为 6.5 级。

11、菏泽 7.5 级潜在震源区

该潜在震源区包括东明坳陷南段及菏泽隆起,属华北平原地震带。区内主要发育北北东向的兰聊断裂和近东西向的菏泽断裂及崑山断裂,这两组断裂在该区交汇。聊兰断裂和菏泽断裂均为第四纪活动断裂,是强震多发地区。1937 年菏泽 7 级和 $6\frac{3}{4}$ 级两次强震以及 1948 年菏泽 $5\frac{1}{2}$ 级地震和 1983 年菏泽 6.0 级地震就发生在区内。该潜在震源区的震级上限定为 7.5 级。

12、修武潜在震源区

沿太行山东南部山前凹陷划分,该凹陷第四纪厚度可达 160 余米。区域发育两条规模较大的断裂,即焦作断裂东北段和盘谷寺-新乡断裂东段,前者为太行山前边界断裂,在中更新世中晚期有过错断地表的活动;后者为发育凹陷中的隐

伏断裂，推断亦为第四纪活动断裂。区内 1587 年接连发生过 $5\frac{1}{2}$ 级地震和 6 级地震，现代仪器记录地震较多，该潜在震源区震级上限为 6.5 级。

13、背景潜在震源区

目标区所在地的安阳背景源和南乐背景源震级上限均为 5.5 级。

5.4 地震活动性参数

地震活动性参数包括地震统计单元和潜在震源区的地震活动性参数两部分。地震统计单元的地震活动性参数为起算震级 M_0 、震级上限 M_{uz} 、震级—频度关系式中的 b 值和 4 级以上地震年平均发生率 v_4 ，而潜在震源区的地震活动性参数为各潜在震源区的震级上限、各潜在震源区分震级档的空间分布函数 f_i 、 M_j 及等震线椭圆衰减长轴走向概率 $f_i(\theta)$ 。

5.4.1 地震统计单元的地震活动性参数

1、震级上限 M_{uz}

震级上限 M_{uz} 的含义是指震级—频度关系式中，累积频度趋于零的震级极限值。确定 M_{uz} 有两条主要依据：一是历史地震资料足够长的地区，地震带中地震活动已经历几个地震活动期，可按该带内发生过的最大地震强度确定 M_{uz} ；二是在同一个大地震活动区内，用构造类比外推，认为具有相似构造条件的地震带，可发生相似强度的最大地震。在实际工作中，综合考虑以上两条原则，且遵从地震带的震级上限 M_{uz} 应等于带内各潜在震源区震级上限(M_u)的最大值这一原则，即 $M_{uz}=(M_u)_{\max}$ 。

华北平原地震带： $M_{uz}=8.0$ ；汾渭地震带： $M_{uz}=8.5$ ；郯庐地震带： $M_{uz}=8.5$ 。

2、起算震级 M_0

M_0 是指对目标区有影响的最小震级。在我国大陆地区，4 级地震的震中烈度一般可达 V 度左右，故在本项工作中，3 个地震统计区的 M_0 取 4.0 级。

3、地震的年平均发生率和 b 值的确定

地震年平均发生率是指地震带内，平均每年发生大于起算震级 M_0 (本报告 $M_0=4$) 的地震次数； b 值是地震带内大小地震的比例系数。地震的年平均发生率和 b 值对地震危险性概率分析的结果影响较大。

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。在地震危险性概率分析中， 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。

工作中，由于历史地震资料可用的震级范围有限，小震级事件遗漏较多，使用历史地震资料所得的 b 值往往偏低。而现代地震资料记录时间太短，强震资料不够多，单独用现代地震资料所得 b 值又往往偏高，不能反映一个地区地震活动特征。为此需联合使用历史地震与近期小震资料，依不同震级档分时间段，以在各时间段内相应震级地震不被遗漏为原则进行统计，并统一归化为年平均发生率后再线性拟合求 b 值。

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，对地震危险性概率分析的结果影响较大。因此，年平均发生率也是地震危险性概率分析中的重要参数。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。

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 ν_4 的方法，在不同方案进行统计分析后确定的 b 值和 ν_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 ν_4 与 b 值的结果。本次工作最终使用的 b 和 ν_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 ν_4 的结果。

（1）汾渭地震统计区

公元 1000 年以来 $M \geq 6$ 级地震记录较为连续，1500 年以来 $M \geq 5.0$ 级地震资料较完整，1950 年以来 $M \geq 4.0$ 级以上地震记录较全。公元 1209 和公元 1484 年是两个地震活动相对密集期的开始，而 1484 年以来的地震活动水平要高于前一个活动期。未来地震活动水平不应低估活跃期地震活动水平。对 ν_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、1500 年以来地震活动水平；
- ③ 较大震级发生率应重点考虑 1484、1500 年以来地震活动情况；

经调整，确定汾渭地震统计区地震活动性参数为 $b=0.78$ ， $\nu_4=2.5$ 。图 5.4-1 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 、 ν_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；在中强震级段以及高震级段，均与 1484 年、1500 年以来的地震活动水平相当。

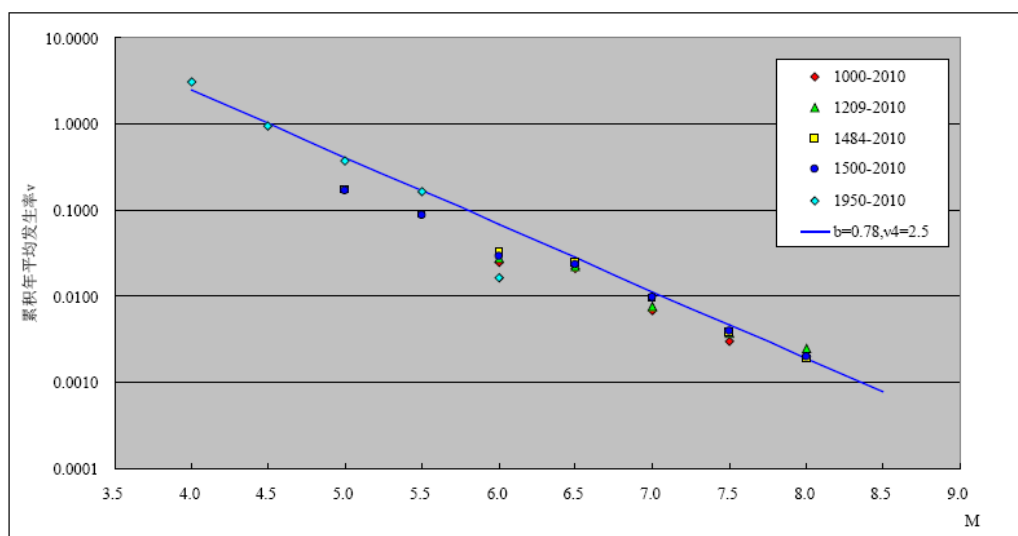


图 5.4-1 汾渭地震带 b 值拟合曲线

(2) 华北平原地震统计区

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 年和公元 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 大震级发生率应重点考虑 1484 年以来地震活动情况；

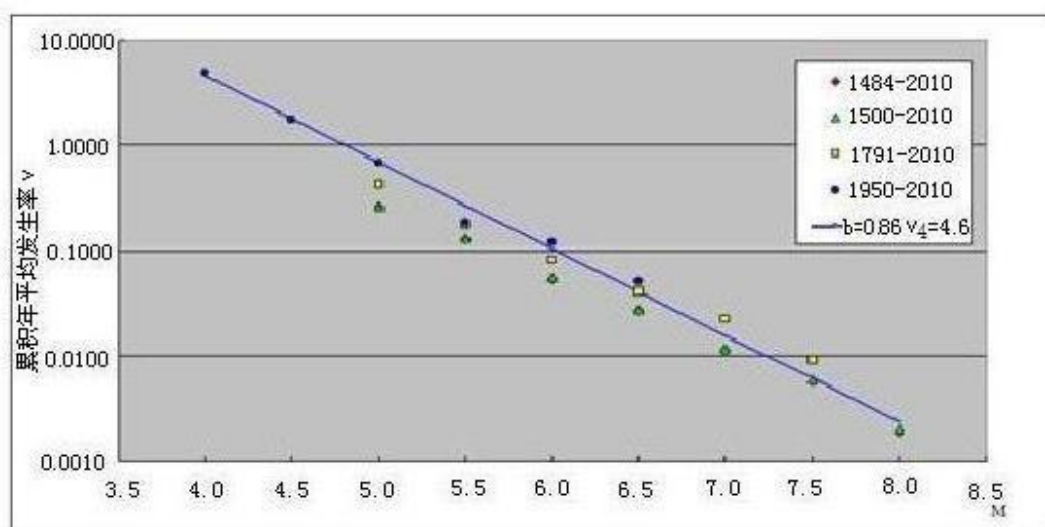


图 5.4-2 华北平原地震带 b 值拟合曲线

经调整,确定华北平原地震带地震活动性参数为 $b=0.86$, $\nu_4=4.6$ 。图 5.4-2 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,所得 b 、 ν_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。

(3) 郯庐地震统计区

发生过著名的 1668 年郯城—莒县 8½ 级特大地震。该区地震记载最早始于公元前 70 年,但公元 1500 年之前,地震缺失较多,1500 年后 M5.0 级以上地震记录才基本完整, $M \geq 5.0$ 级地震发生较为平稳,1970 年以来 4 级以上地震记录较全。公元 1477 和公元 1829 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活跃期水平。对 ν_4 与 b 值进行调整,重点考虑以下控制:

- ①M4 级以上地震年发生率应大致相当 1970 年以来地震活动水平;
- ②M5 级以上地震年发生率应不低估 1477 年、1892 年以来地震活动水平;
- ③较大震级发生率应重点考虑 1500 年以来地震活动情况;

经调整,确定郯庐地震带地震活动性参数为 $b=0.85$, $\nu_4=4.0$ 。图 5.4-3 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 、 ν_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;在中强震级段与活跃期地震活动水平相当;而在高震级段,基本与 1500 年以来活动水平相当,考虑到这一时期发生过多次 7 级以上地震,因此,发生率应该具有一定的保守性。

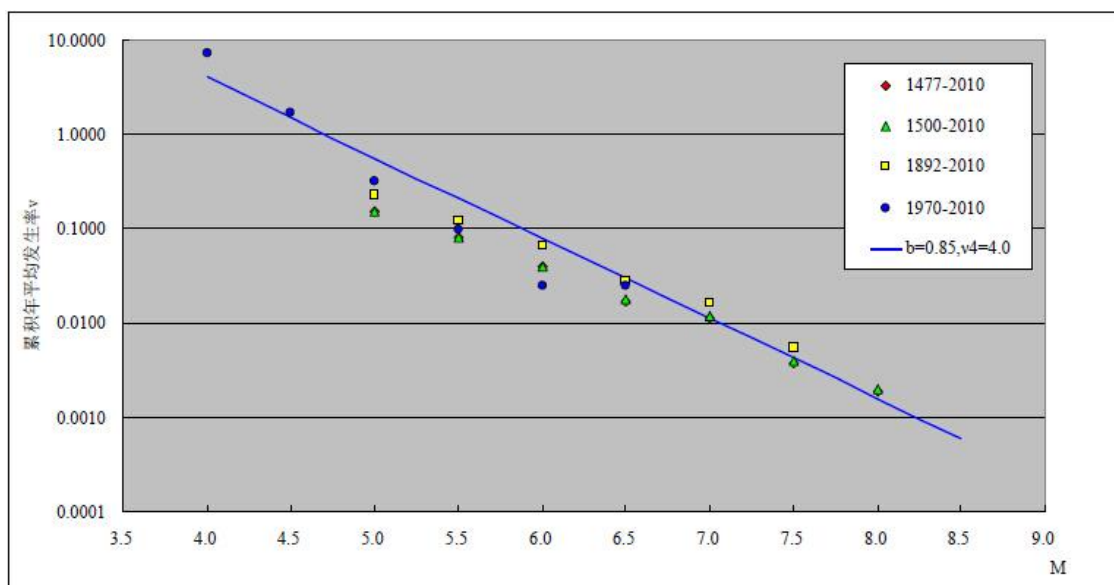


图 5.4-3 郯庐地震带各时段实际统计与理论结果对比

工作区内各地震带的地震活动性参数列于下表 5.4-1 中：

表 5.4-1 地震带的地震活动性参数

地震带名称	震级上限 M_{uz}	震级下限 M_0	b	v_4
汾渭地震带	8.5	4.0	0.78	2.50
华北平原地震带	8.0	4.0	0.86	4.60
郯庐地震带	8.5	4.0	0.85	4.00

目标区内各地震带的地震活动性参数列于下表 5.4-1 中：

5.4.2 潜在震源区地震活动性参数的确定

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分布概率。震级上限在划分潜在震源区时，依据潜在震源区本身的地震活动性及地震构造特征确定。

(1) 空间分布函数 f_{i,M_j}

采用按震级分档来分配年发生率的方法。地震带内第 i 潜在震源区， M_j 震级档的地震年发生率 v_{i,m_j} 表示为：

$$v_{i,M_j} = \begin{cases} \frac{2ve^{-\beta(m_j-m_0)} \operatorname{sh}\left(\frac{\beta\Delta M}{2}\right)}{1-e^{-\beta(M_{uz}-M_0)}} g f_{i,M_j} & M_0 \leq M_j \leq M_u \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases} \quad (5.4-1)$$

式中： v 为地震带的地震年平均发生率， M_u 为潜在震源区的震级上限， ΔM 为震级分档间隔， M_j 为分档间隔中心对应的震级值， $\operatorname{sh}(\beta \Delta M/2)$ 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去考虑，才能避免片面性。所以地震空间分布函数 f_{i,m_j} 的确定要采用多因子的综合判别方法。充分考虑地震预测方面的科研成果，包括潜在震源的可靠程度、中长期地震预报成果、大地震减震作用、小震活动、强震复发间隔和构造空段、地震活动重复性和面积因素。对每一个因素先在地震带内按某一震级档归一化，然后再根据各因素之和在地震带内归一化，即可得到相应地震带内各潜在震源区震级档次的空间分布函数 f_{i,m_j} 。根据以上方法，结合本工作的具体情况，可得到本工程场区主要潜在震源区不同震级档对应的空间分布函数（见表 5.4-2）。

(2) 等震线长轴取向及分布概率

我国大陆地震等震线多呈椭圆形，地震烈度在长轴和短轴方向衰减特征不同。

其方向性函数表达式见式 5.4-2。

$$f(\theta)=P_1\delta(\theta_1)+P_2\delta(\theta_2) \quad (5.4-2)$$

式中： 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。 θ 、 P_1 和 P_2 由断层的性质具体确定。

在地震危险性概率分析计算中，等震线长轴走向及分布概率按以下几个类型赋值：

(1) 单一断层性质

存在单一断层走向类型的潜在震源区，其椭圆衰减长轴走向用 θ_1 表示，它与区域构造走向一致，相应的分布概率为1。

(2) 共轭断层性质

对存在有共轭断层的潜在震源区，地震破裂面沿共轭断层走向产生，两个方向为 θ_1 和 θ_2 ，相应的分布概率各为0.5。

(3) 一个断层为主，另一个断层为辅

对存在以一个断层方向为主，另一个断层为辅的潜在震源区，在主干断裂方向 θ_1 上的分布概率为0.7，分支断裂方向 θ_2 的分布概率为0.3。

(4) 其它

对断裂走向不清的潜在震源区（低震级档源），按长轴方向在180°范围内概率均匀分布处理。

本区域内各潜在震源长轴取向大多与各潜在震源区构造走向一致。对某些具有共轭断层的潜在震源区，依照两个方向作用的大小，给予不同的概率值。

在区域内涉及潜在震源区中，目标区附近主要的潜在震源区的地震活动性参数列于表 5.4-2。

表 5.4-2 区域几个主要潜在震源区地震活动性参数

震级档 m_j 潜源	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	M_u	$\theta_1(\text{度})$	P_1	$\theta_2(\text{度})$	P_2
585 磁县源	0.00780	0.00752	0.01508	0.01260	0.03318	0.04592	0.00000	7.5	150	1	0	0.00
552 安阳源	0.00882	0.00488	0.00948	0.02024	0.00000	0.00000	0.00000	6.5	150	1	0	0.00
573 汤阴源	0.00808	0.00781	0.01638	0.01974	0.08280	0.00000	0.00000	7.0	60	1	0	0.00
587 新乡源	0.00639	0.00934	0.00850	0.01811	0.03951	0.04204	0.00000	7.5	60	1	0	0.00
586 范县源	0.00713	0.00889	0.00963	0.02008	0.04854	0.05849	0.00000	7.5	60	1	0	0.00
553 南乐	0.00894	0.00520	0.01251	0.02666	0.00000	0.00000	0.00000	6.5	150	1	0	0.00
522 辉县	0.00935	0.00475	0.01908	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	6	60	1	0	0.00
549 邯郸	0.00906	0.007300	0.01432	0.030500	0.00000	0.00000	0.00000	6.5	60	1	0	0.00
551 涉县	0.00905	0.00459	0.00940	0.011300	0.00000	0.00000	0.00000	6.5	150	1	0	0.00
554 东明	0.00740	0.00925	0.0069800	0.035770	0.00000	0.00000	0.00000	6.5	60	1	0	0.00

574 郾城	0.00853	0.00465	0.00836	0.01806	0.04647	0.00000	0.00000	7.0	55	1	0	0.00
581 菏泽	0.01016	0.00516	0.01167	0.01408	0.05244	0.04451	0.00000	7.5	60	1	0	0.00
572 聊城	0.00615	0.00896	0.01357	0.027840	0.08007	0.00000	0.00000	7.0	45	1	0	0.00
584 新河	0.00976	0.00803	0.01908	0.021740	0.05701	0.05750	0.00000	7.5	45	1	0	0.00
525 偃师	0.0060	0.0087	0.0169	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	6.0	80	0.7	155	0.3
560 郑州	0.0080	0.0046	0.0098	0.0245	0.0000	0.0000	0.0000	6.5	80	0.7	155	0.3
558 修武	0.0075	0.0073	0.0105	0.0127	0.0000	0.0000	0.0000	6.5	10	1.0	0	0
安阳背景源	0.02469	0.01773	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	5.5	0	0.50	90	0.50
南乐背景源	0.0091600	0.0127800	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	5.5	0	0.50	9	0.5

注： M_u 为各潜在震源区的上限； θ_1 、 θ_2 为等震线长轴取向角度； P_1 、 P_2 为相应分布概率。

5.5 地震动衰减关系

地震动预测方程与地震震源特性和地震波传播途径中的介质有关，关系式中的震级 M 和距离 R 就分别是震源特性与震波传播途径中介质影响的简单表示。在我国中等强度以上地震，特别是 7 级以上大地震的等震线大多呈近似椭圆形，所以地震动预测方程常采用考虑长、短轴的椭圆衰减模型。

一般来说，地震动预测方程具有区域性，一个地区的地震动预测方程应该用这一地区的强震记录资料经分步统计回归求得。但我国大陆无论是西部还是东部，强震记录资料都比较少，不足以统计出可靠的地震动预测方程。目前，我国工程地震学界常采用胡聿贤院士提出的转换方法，即利用参考地区的地震动预测方程和地震烈度预测方程，结合研究地区的地震烈度预测方程，采用数值求解法转换得到研究区的地震动预测方程。

本项目采用《中国地震动参数区划图》GB18306-2015 和《区域性地震安全性评价工作大纲》(中震防函[2019]21 号)中推荐的东部强震活跃区的地震动预测方程。该套衰减关系采用中线映射原则的转换方法，选择美国西部作为参考区，利用新近资料补充重新回归得到的我国分区地震烈度衰减关系，以新回归的美国西部基岩场地自由地表水平向地震动参数、加速度反应谱衰减关系作为参考区衰减关系，是适合我国使用的分区地震动参数、加速度反应谱衰减关系。本项目基岩地震动水平向峰值加速度和反应谱衰减关系采用分段线性模型，

因区域主要涉及华北平原地震统计区且目标区场地位于华北平原地震统计区，所以预测方程采用《中国地震动参数区划图》GB18306-2015 中的东部强震活跃区的预测方程，其表达式为：

当震级 $M < 6.5$ 时：

$$LgY(M, R) = A_1(T) + B_1(T)M - C(T)Lg(R + D \exp(E \times M)) + \varepsilon \quad (5.5-1)$$

当震级 $M \geq 6.5$ 时:

$$LgY(M, R) = A_2(T) + B_2(T)M - C(T)Lg(R + D \exp(E \times M)) + \varepsilon \quad (5.5-2)$$

式中: Y 代表加速度峰值或反应谱值, R 为震中距, M 为震级, A_1 、 B_1 、 A_2 、 B_2 、C、D、E 为回归系数, ε 为标准差。椭圆长、短轴的回归系数见表 5.5-1、5.5-2。

表 5.5-1 基岩水平向加速度反应谱预测方程模型系数 (长轴)

T(s)	<6.5A1	<6.5B1	$\geq 6.5A2$	$\geq 6.5B2$	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	3.885	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
7.00	-1.692	0.865	-1.692	0.865	1.803	2.088	0.399	0.336
8.00	-1.862	0.875	-1.862	0.875	1.788	2.088	0.399	0.342
9.00	-2.113	0.885	-2.113	0.885	1.743	2.088	0.399	0.346
10.00	-2.177	0.879	-2.177	0.879	1.730	2.088	0.399	0.352

注: σ 为标准差; 使用范围 $M=5.0-8.5$, $R=0-200\text{km}$

表 5.5-2 基岩水平向加速度反应谱预测方程模型系数（短轴）

T(s)	<6.5A1	<6.5B1	≥6.5A2	≥6.5B2	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	-1.542	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	0.89	-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
7.00	-2.287	0.848	-2.287	0.848	1.570	0.944	0.447	0.336
8.00	-2.455	0.858	-2.455	0.858	1.558	0.944	0.447	0.342
9.00	-2.693	0.869	-2.693	0.869	1.519	0.944	0.447	0.346
10.00	-2.753	0.863	-2.753	0.863	1.508	0.944	0.447	0.352

注：σ 为标准差；使用范围 M=5.0-8.5，R=0-200km

5.6 目标区地震危险性计算结果及分析

5.6.1 目标区地震危险性计算

根据前面所确定的潜在震源区、地震活动性参数及地震动参数衰减关系，利用概率分析方法，对目标区 21 个控制点进行地震危险性计算。

按照前述概率地震危险性分析方法，对场地的基岩水平地震加速度峰值和基岩水平地震加速度反应谱进行分析计算。

根据地震危险性分析结果可知，各主要潜在震源区对 21 个计算控制点 50 年超越概率 63%、10%、2% 和 100 年超越概率 63%、10%、2% 六种概率水平的基岩水平地震加速度峰值的贡献。对目标区影响较大的潜在震源区主要有安阳潜在震源区、汤阴潜在震源区、磁县潜在震源区等，见表 5.6-1，并给出了 0.5s 和 0.1s 的潜在震源区的贡献，见表 5.6-2 和表 5.6-3。因 21 个计算控制点超越概率曲线和反应谱曲线相差不大、且图件数量巨大，且受限于报告篇幅，报告正文中仅给出各控制点的基岩加速度反应谱数据和 1 号控制点的基岩水平向峰值加速度超越概率曲线（图 5.6-1）、1 号控制点的基岩地震动水平向峰值加速度超越概率曲线见图 5.6-2；各控制点的基岩水平加速度反应谱计算结果如表 5.6-4 至 5.6-24 所示。由于数据量大、占报告较多篇幅，各计算控制点的基岩加速度反应谱曲线和超越概率曲线见附件 6。

表 5.6-1 1 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度峰值及潜源贡献

潜源名称	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%
濮阳背景 源	3.7			2.2		
安阳背景	7.6			4.5		
辉县	2.9			2.0		
邯郸	2.5			1.8		
涉县	2.0			1.4		
安阳	16.4	17.7	15.4	17.2	16.9	14.3
南乐	12.1	11.7	9	12.7	10.5	8.1
东明	1.8					
汤阴	23.8	43.5	54.1	30.1	48.5	57.8
鄆城	1.7					
菏泽	1.6					
磁县	14.6	22.3	21	17.7	22.2	19.8
范县	3.9			3.2		
新乡	4.3	1.4		3.9		
其他	1.1	3.3	0.5	3.3	1.9	0
峰值(gal)	37.5	142.2	284.2	58.5	199.0	355.5

表 5.6-2 1 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩谱 0.5s 周期潜源贡献

潜源名称	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%
濮阳背景源	2.5%			1.3%		
安阳背景	4.6%			2.3%		
辉县	2.9%			1.8%		
邯郸	3.2%			2.3%		
涉县	2.4%			1.8%		
安阳	12.9%	14.1%	11.3%	13.9%	13.0%	10.0%
南乐	10.7%	9.7%	6.8%	11.3%	8.3%	5.8%
东明	2.6%			1.6%		
聊城	1.7%					
汤阴	21.7%	42.5%	52.7%	28.2%	47.7%	55.9%
鄄城	2.8%			2.1%		
菏泽	3.0%			2.3%		
新河	1.7%			1.0%		
磁县	13.8%	24.6%	27.2%	17.2%	26.4%	27.3%
范县	5.5%	2.4%		5.4%	1.4%	
新乡	5.7%	3.6%	1.2%	6.0%	2.2%	
其他	2.2%	3.1%	0.8%	1.6%	1.0%	1.0%

表 5.6-3 1 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩反应谱 1.0s 周期处潜源贡献

潜源名称	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%
濮阳背景源	1.5%					
安阳背景	2.6%			1.1%		
辉县	2.6%			1.5%		
邯郸	3.6%			2.6%		
涉县	2.5%			1.9%		
安阳	10.5%	11.8%	9.1%	11.7%	10.7%	7.9%
南乐	9.5%	8.4%	5.6%	10.1%	7.1%	4.7%
东明	3.1%			2.0%		
聊城	2.6%			1.7%		
汤阴	19.8%	41.5%	51.6%	26.4%	46.7%	54.5%
鄄城	3.5%			2.8%		
菏泽	3.9%	1.1%		3.3%		
新河	2.6%			1.8%		
磁县	12.8%	25.1%	29.7%	16.2%	27.8%	30.6%
范县	6.4%	3.6%	1.3%	6.6%	2.3%	
新乡	6.4%	5.2%	2.3%	7.1%	3.7%	1.5%
其他	6.3%	3.3%	0.4%	3.1%	1.7%	0.8%

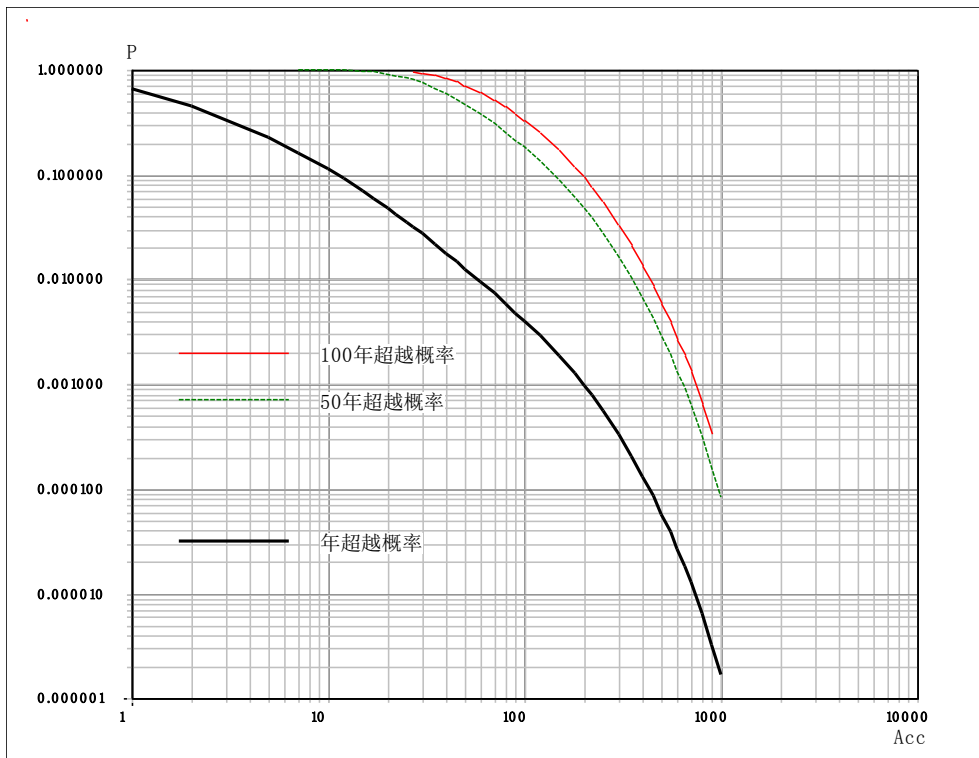


图 5.6-1 1 号控制点基岩水平向峰值加速度超越概率曲线

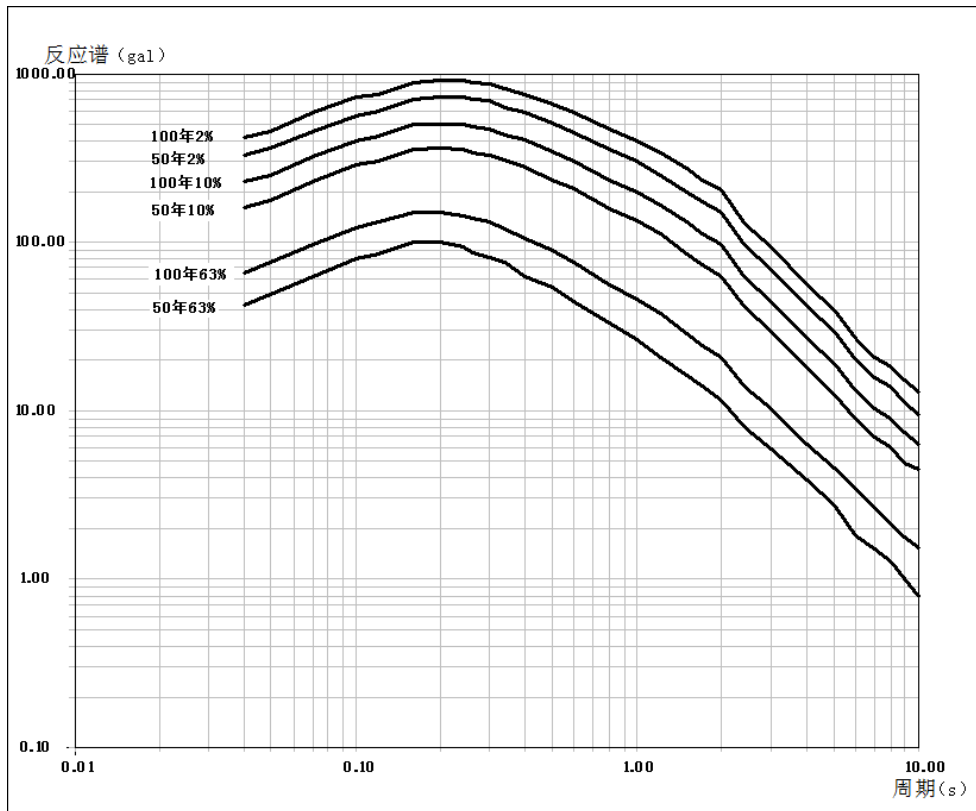


图 5.6-2 1 号控制点基岩水平地震加速度反应谱

表 5.6-4 1 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.5	142.2	284.2	0	58.5	199.0	355.5
0.04	42.6	162.2	328.8	0.04	66.6	229.0	416.1
0.05	48.9	179.6	363.5	0.05	75.7	254.0	460.6
0.07	63.1	229.6	461.5	0.07	96.9	324.4	585.2
0.1	79.8	286.2	567.2	0.1	122.2	399.0	717.7
0.12	85.0	301.3	598.6	0.12	130.4	423.2	760.4
0.16	100.2	354.9	705.0	0.16	152.9	496.7	891.3
0.2	99.5	360.4	724.5	0.2	152.7	506.8	916.4
0.24	93.0	354.1	723.4	0.24	145.9	502.5	918.6
0.26	86.8	341.9	703.4	0.26	138.5	487.9	897.7
0.3	80.8	329.6	685.4	0.3	130.6	472.6	879.9
0.34	75.2	305.5	636.7	0.34	120.5	439.0	816.4
0.4	63.6	279.2	590.8	0.4	105.3	403.5	763.2
0.5	53.2	236.7	507.0	0.5	88.2	345.0	653.8
0.6	44.3	206.7	449.7	0.6	75.3	303.9	584.5
0.8	32.9	160.1	354.1	0.8	56.8	237.1	463.1
1	26.0	134.3	302.0	1	45.9	199.6	397.3
1.2	21.1	111.1	253.8	1.2	37.6	167.5	336.5
1.5	16.3	86.0	201.8	1.5	28.9	131.7	272.4
1.7	14.0	73.9	175.7	1.7	24.8	113.3	236.5
2	11.5	63.2	150.5	2	20.7	96.9	202.6
2.4	7.9	40.4	95.5	2.4	13.9	61.5	129.9
3	5.9	29.6	69.7	3	10.2	44.9	94.1
4	3.9	17.9	41.8	4	6.3	27.0	56.6
5	2.7	12.7	29.4	5	4.6	19.1	39.6
6	1.8	8.9	20.0	6	3.5	13.1	26.8
7	1.5	6.9	15.7	7	2.7	10.2	21.0
8	1.3	6.0	13.7	8	2.1	9.0	18.3
9	1.0	4.9	11.3	9	1.8	7.4	15.0
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.9

表 5.6-5 2 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.5	142.0	284.2	0	58.4	198.9	355.7
0.04	42.6	161.9	328.7	0.04	66.5	228.8	416.1
0.05	48.9	179.4	363.3	0.05	75.6	253.7	460.7
0.07	63.0	229.3	461.3	0.07	96.7	324.1	585.3
0.1	79.6	285.8	567.0	0.1	122.0	398.7	717.8
0.12	84.8	300.8	598.4	0.12	130.2	422.8	760.4
0.16	100.0	354.3	704.6	0.16	152.6	496.2	891.3
0.2	99.3	359.9	724.2	0.2	152.4	506.2	916.5
0.24	92.9	353.7	723.0	0.24	145.7	502.0	918.6
0.26	86.7	341.6	703.1	0.26	138.3	487.5	897.8
0.3	80.6	329.3	685.2	0.3	130.4	472.3	879.8
0.34	75.1	305.2	636.4	0.34	120.3	438.7	816.3
0.4	63.5	278.9	590.7	0.4	105.2	403.2	763.2
0.5	53.1	236.5	506.8	0.5	88.1	344.8	653.8
0.6	44.2	206.5	449.6	0.6	75.2	303.7	584.5
0.8	32.8	160.0	354.0	0.8	56.7	237.0	463.0
1	26.0	134.3	301.9	1	45.9	199.6	397.2
1.2	21.1	111.0	253.8	1.2	37.6	167.5	336.4
1.5	16.3	85.9	201.7	1.5	28.9	131.7	272.3
1.7	14.0	73.9	175.6	1.7	24.7	113.2	236.4
2	11.5	63.2	150.3	2	20.6	96.8	202.3
2.4	7.9	40.3	95.5	2.4	13.9	61.5	129.8
3	5.9	29.6	69.7	3	10.2	44.9	94.0
4	3.9	17.9	41.8	4	6.3	27.0	56.5
5	2.7	12.7	29.4	5	4.6	19.1	39.5
6	1.8	8.9	20.0	6	3.5	13.1	26.8
7	1.5	6.9	15.7	7	2.7	10.2	21.0
8	1.3	6.0	13.7	8	2.1	9.0	18.3
9	1.0	4.9	11.3	9	1.8	7.4	15.0
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.9

表 5.6-6 3 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.4	141.7	283.9	0	58.3	198.5	355.5
0.04	42.5	161.6	328.3	0.04	66.4	228.3	415.8
0.05	48.7	179.0	362.9	0.05	75.4	253.1	460.3
0.07	62.8	228.8	460.7	0.07	96.5	323.5	584.9
0.1	79.5	285.2	566.3	0.1	121.6	398.0	717.3
0.12	84.6	300.0	597.7	0.12	129.9	421.9	759.9
0.16	99.8	353.5	703.6	0.16	152.2	495.3	890.7
0.2	99.0	359.0	723.2	0.2	152.0	505.2	915.7
0.24	92.7	352.9	722.1	0.24	145.4	501.0	917.8
0.26	86.5	340.9	702.0	0.26	138.0	486.7	897.1
0.3	80.5	328.7	684.4	0.3	130.1	471.5	879.2
0.34	75.0	304.6	635.6	0.34	120.0	438.0	815.6
0.4	63.4	278.5	590.1	0.4	105.0	402.6	762.7
0.5	53.0	236.2	506.2	0.5	88.0	344.4	653.2
0.6	44.2	206.2	449.2	0.6	75.1	303.3	584.0
0.8	32.8	159.8	353.6	0.8	56.7	236.7	462.5
1	26.0	134.1	301.5	1	45.8	199.4	396.9
1.2	21.1	110.9	253.5	1.2	37.5	167.3	336.1
1.5	16.2	85.8	201.5	1.5	28.9	131.5	272.0
1.7	14.0	73.9	175.5	1.7	24.7	113.1	236.2
2	11.5	63.1	150.0	2	20.6	96.7	201.9
2.4	7.9	40.3	95.4	2.4	13.9	61.5	129.7
3	5.9	29.6	69.6	3	10.2	44.9	93.9
4	3.9	17.9	41.8	4	6.3	27.0	56.5
5	2.7	12.7	29.4	5	4.6	19.1	39.5
6	1.8	8.9	20.0	6	3.5	13.1	26.8
7	1.5	6.9	15.7	7	2.7	10.2	21.0
8	1.3	6.0	13.7	8	2.1	9.0	18.2
9	1.0	4.9	11.3	9	1.8	7.4	15.0
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.9

表 5.6-7 4 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.3	141.3	282.8	0	58.2	197.8	353.7
0.04	42.4	161.0	327.0	0.04	66.3	227.5	413.9
0.05	48.7	178.5	361.2	0.05	75.2	252.0	458.2
0.07	62.7	228.0	458.7	0.07	96.3	322.3	582.5
0.1	79.3	284.4	563.9	0.1	121.4	396.7	713.8
0.12	84.4	299.2	595.5	0.12	129.6	420.4	756.8
0.16	99.6	352.2	700.2	0.16	151.9	493.7	887.4
0.2	98.9	357.8	720.0	0.2	151.7	503.3	911.5
0.24	92.5	351.7	718.9	0.24	145.2	499.2	913.6
0.26	86.4	340.0	699.1	0.26	137.8	485.1	893.9
0.3	80.4	327.8	681.8	0.3	130.0	469.9	875.8
0.34	74.9	303.7	633.3	0.34	119.9	436.6	811.9
0.4	63.4	277.8	587.8	0.4	104.9	401.1	759.6
0.5	53.0	235.6	504.0	0.5	87.9	343.3	650.2
0.6	44.1	205.7	447.6	0.6	75.1	302.2	581.7
0.8	32.8	159.5	352.1	0.8	56.6	236.0	460.6
1	26.0	133.8	300.3	1	45.8	198.9	395.5
1.2	21.1	110.7	252.4	1.2	37.5	166.8	334.9
1.5	16.2	85.7	200.8	1.5	28.9	131.2	271.0
1.7	14.0	73.7	175.0	1.7	24.7	112.9	235.3
2	11.5	63.0	149.8	2	20.6	96.5	201.4
2.4	7.9	40.3	95.2	2.4	13.9	61.3	129.3
3	5.9	29.6	69.5	3	10.2	44.8	93.6
4	3.9	17.9	41.7	4	6.3	26.9	56.3
5	2.7	12.7	29.3	5	4.6	19.1	39.4
6	1.8	8.8	19.9	6	3.5	13.1	26.7
7	1.5	6.9	15.7	7	2.7	10.2	21.0
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	9.0	18.2
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.4	15.0
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.9

表 5.6-8 5 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.4	141.6	283.1	0	58.3	198.2	353.9
0.04	42.5	161.4	327.4	0.04	66.4	227.9	414.3
0.05	48.8	178.9	361.8	0.05	75.4	252.6	458.6
0.07	62.8	228.5	459.3	0.07	96.5	322.9	582.9
0.1	79.5	285.0	564.6	0.1	121.7	397.4	714.5
0.12	84.6	299.8	596.2	0.12	129.9	421.2	757.5
0.16	99.8	353.1	701.3	0.16	152.2	494.6	888.1
0.2	99.1	358.6	721.0	0.2	152.1	504.2	912.3
0.24	92.7	352.5	720.0	0.24	145.4	500.1	914.5
0.26	86.6	340.6	699.9	0.26	138.1	485.9	894.6
0.3	80.5	328.4	682.6	0.3	130.2	470.6	876.5
0.34	75.0	304.3	634.1	0.34	120.1	437.3	812.8
0.4	63.5	278.2	588.5	0.4	105.1	401.7	760.3
0.5	53.1	235.9	504.7	0.5	88.1	343.8	650.9
0.6	44.2	206.0	448.1	0.6	75.2	302.6	582.3
0.8	32.8	159.7	352.5	0.8	56.7	236.3	461.0
1	26.0	134.0	300.6	1	45.9	199.0	395.9
1.2	21.1	110.8	252.7	1.2	37.6	167.0	335.2
1.5	16.3	85.8	201.0	1.5	28.9	131.3	271.3
1.7	14.0	73.8	175.1	1.7	24.7	113.0	235.6
2	11.5	63.1	150.0	2	20.6	96.6	201.8
2.4	7.9	40.3	95.3	2.4	13.9	61.4	129.4
3	5.9	29.6	69.5	3	10.2	44.9	93.7
4	3.9	17.9	41.7	4	6.3	26.9	56.4
5	2.7	12.7	29.4	5	4.6	19.1	39.5
6	1.8	8.8	19.9	6	3.5	13.1	26.7
7	1.5	6.9	15.7	7	2.7	10.2	21.0
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	9.0	18.2
9	1.0	4.9	11.3	9	1.8	7.4	15.0
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.9

表 5.6-9 6 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.5	141.8	283.2	0	58.3	198.3	353.8
0.04	42.5	161.6	327.5	0.04	66.5	228.1	414.2
0.05	48.8	179.1	361.9	0.05	75.5	252.9	458.5
0.07	62.9	228.8	459.5	0.07	96.7	323.2	582.8
0.1	79.6	285.3	564.8	0.1	121.9	397.7	714.4
0.12	84.8	300.1	596.4	0.12	130.1	421.6	757.3
0.16	100.0	353.6	701.7	0.16	152.5	495.0	888.1
0.2	99.2	359.1	721.4	0.2	152.4	504.7	912.3
0.24	92.9	352.9	720.3	0.24	145.6	500.5	914.5
0.26	86.7	341.0	700.2	0.26	138.3	486.3	894.6
0.3	80.6	328.7	682.8	0.3	130.4	471.0	876.5
0.34	75.1	304.6	634.3	0.34	120.3	437.6	812.8
0.4	63.6	278.4	588.7	0.4	105.2	402.0	760.3
0.5	53.1	236.1	504.8	0.5	88.2	344.0	651.0
0.6	44.2	206.1	448.2	0.6	75.3	302.8	582.3
0.8	32.9	159.8	352.6	0.8	56.8	236.4	461.1
1	26.0	134.0	300.7	1	45.9	199.1	396.0
1.2	21.1	110.8	252.8	1.2	37.6	167.0	335.3
1.5	16.3	85.8	201.1	1.5	28.9	131.3	271.4
1.7	14.0	73.8	175.2	1.7	24.8	113.0	235.7
2	11.5	63.1	150.1	2	20.7	96.7	202.1
2.4	7.9	40.3	95.3	2.4	13.9	61.4	129.5
3	5.9	29.6	69.5	3	10.2	44.9	93.8
4	3.9	17.9	41.7	4	6.3	26.9	56.4
5	2.7	12.7	29.4	5	4.6	19.1	39.5
6	1.8	8.8	19.9	6	3.5	13.1	26.8
7	1.5	6.9	15.7	7	2.7	10.2	21.0
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	9.0	18.2
9	1.0	4.9	11.3	9	1.8	7.4	15.0
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.9

表 5.6-10 7 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.4	141.4	282.1	0	58.3	197.7	352.1
0.04	42.5	161.1	326.2	0.04	66.4	227.3	412.4
0.05	48.8	178.6	360.4	0.05	75.4	251.8	456.6
0.07	62.8	228.1	457.6	0.07	96.5	322.1	580.7
0.1	79.5	284.5	562.6	0.1	121.6	396.5	711.2
0.12	84.6	299.3	594.4	0.12	129.9	420.1	754.5
0.16	99.8	352.4	699.0	0.16	152.2	493.4	885.0
0.2	99.1	358.0	718.5	0.2	152.0	502.9	908.4
0.24	92.7	351.8	717.3	0.24	145.4	498.9	910.5
0.26	86.6	340.1	697.8	0.26	138.1	484.7	891.6
0.3	80.5	327.8	680.4	0.3	130.2	469.4	873.5
0.34	75.0	303.7	632.1	0.34	120.1	436.3	809.5
0.4	63.5	277.7	586.6	0.4	105.1	400.6	757.5
0.5	53.1	235.5	502.9	0.5	88.1	343.0	648.6
0.6	44.2	205.7	446.8	0.6	75.2	301.8	580.2
0.8	32.8	159.4	351.2	0.8	56.7	235.7	459.2
1	26.0	133.8	299.7	1	45.9	198.6	394.7
1.2	21.1	110.6	251.8	1.2	37.6	166.6	334.2
1.5	16.3	85.7	200.4	1.5	28.9	131.0	270.5
1.7	14.0	73.7	174.7	1.7	24.8	112.7	234.9
2	11.5	63.1	149.8	2	20.7	96.5	201.6
2.4	7.9	40.2	95.0	2.4	13.9	61.2	129.1
3	5.9	29.6	69.4	3	10.2	44.8	93.5
4	3.9	17.9	41.7	4	6.3	26.9	56.3
5	2.7	12.7	29.3	5	4.6	19.1	39.4
6	1.8	8.8	19.9	6	3.5	13.1	26.7
7	1.5	6.9	15.7	7	2.7	10.2	21.0
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	9.0	18.2
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	15.0
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.9

表 5.6-11 8 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.4	141.2	282.0	0	58.2	197.5	352.2
0.04	42.4	160.9	326.1	0.04	66.3	227.0	412.4
0.05	48.7	178.4	360.2	0.05	75.3	251.5	456.5
0.07	62.7	227.8	457.4	0.07	96.4	321.8	580.7
0.1	79.4	284.1	562.4	0.1	121.4	396.1	711.3
0.12	84.5	299.0	594.1	0.12	129.6	419.7	754.5
0.16	99.6	351.9	698.6	0.16	151.9	492.9	885.0
0.2	98.9	357.5	718.0	0.2	151.8	502.4	908.3
0.24	92.6	351.4	716.9	0.24	145.2	498.5	910.4
0.26	86.5	339.8	697.5	0.26	137.9	484.3	891.5
0.3	80.4	327.5	680.1	0.3	130.0	469.1	873.4
0.34	74.9	303.4	631.8	0.34	119.9	436.0	809.3
0.4	63.4	277.5	586.4	0.4	104.9	400.3	757.4
0.5	53.0	235.3	502.7	0.5	88.0	342.8	648.5
0.6	44.2	205.5	446.6	0.6	75.1	301.6	580.1
0.8	32.8	159.3	351.1	0.8	56.7	235.6	459.2
1	26.0	133.7	299.6	1	45.8	198.5	394.7
1.2	21.1	110.6	251.7	1.2	37.6	166.5	334.1
1.5	16.3	85.6	200.3	1.5	28.9	131.0	270.4
1.7	14.0	73.7	174.7	1.7	24.7	112.7	234.8
2	11.5	63.0	149.7	2	20.6	96.5	201.3
2.4	7.9	40.2	95.0	2.4	13.9	61.2	129.0
3	5.9	29.6	69.4	3	10.2	44.8	93.5
4	3.9	17.9	41.6	4	6.3	26.9	56.3
5	2.7	12.7	29.3	5	4.6	19.1	39.4
6	1.8	8.8	19.9	6	3.5	13.1	26.7
7	1.5	6.9	15.6	7	2.7	10.2	20.9
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	9.0	18.2
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	15.0
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.9

表 5.6-12 9 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.3	140.9	281.6	0	58.1	197.1	351.8
0.04	42.3	160.5	325.6	0.04	66.1	226.6	412.0
0.05	48.6	178.0	359.6	0.05	75.1	250.9	456.0
0.07	62.6	227.3	456.6	0.07	96.2	321.1	580.1
0.1	79.2	283.5	561.5	0.1	121.1	395.4	710.4
0.12	84.3	298.4	593.2	0.12	129.3	418.8	753.7
0.16	99.4	351.0	697.6	0.16	151.5	492.0	884.1
0.2	98.7	356.6	716.8	0.2	151.4	501.3	907.1
0.24	92.3	350.5	715.7	0.24	144.9	497.6	909.3
0.26	86.3	339.1	696.5	0.26	137.6	483.5	890.6
0.3	80.3	326.9	679.1	0.3	129.8	468.3	872.5
0.34	74.8	302.8	630.9	0.34	119.8	435.2	808.2
0.4	63.3	277.1	585.6	0.4	104.8	399.7	756.6
0.5	52.9	235.0	501.9	0.5	87.9	342.3	647.8
0.6	44.1	205.2	446.1	0.6	75.0	301.1	579.4
0.8	32.8	159.1	350.6	0.8	56.6	235.3	458.6
1	26.0	133.6	299.3	1	45.8	198.3	394.2
1.2	21.1	110.5	251.4	1.2	37.5	166.4	333.7
1.5	16.2	85.5	200.1	1.5	28.9	130.8	270.0
1.7	14.0	73.6	174.5	1.7	24.7	112.6	234.5
2	11.5	63.0	149.5	2	20.6	96.4	200.9
2.4	7.9	40.2	94.9	2.4	13.9	61.2	128.8
3	5.9	29.5	69.3	3	10.2	44.8	93.3
4	3.9	17.9	41.6	4	6.3	26.9	56.2
5	2.7	12.7	29.3	5	4.6	19.0	39.3
6	1.8	8.8	19.9	6	3.5	13.1	26.7
7	1.5	6.9	15.6	7	2.7	10.2	20.9
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	9.0	18.2
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	15.0
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-13 10 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.2	140.5	280.6	0	58.0	196.5	350.1
0.04	42.3	160.0	324.3	0.04	66.0	225.7	410.1
0.05	48.5	177.6	358.1	0.05	75.0	249.9	453.9
0.07	62.5	226.6	454.7	0.07	96.0	320.0	577.7
0.1	79.1	282.8	559.2	0.1	120.8	394.2	707.0
0.12	84.1	297.7	591.1	0.12	129.1	417.4	750.6
0.16	99.3	349.9	695.1	0.16	151.2	490.5	880.8
0.2	98.6	355.5	713.7	0.2	151.1	499.5	902.9
0.24	92.2	349.6	712.7	0.24	144.8	496.1	905.1
0.26	86.2	338.3	694.1	0.26	137.5	482.0	887.4
0.3	80.2	326.1	676.6	0.3	129.7	466.7	869.2
0.34	74.7	302.0	628.6	0.34	119.7	433.9	804.6
0.4	63.3	276.4	583.5	0.4	104.7	398.5	753.6
0.5	52.9	234.4	499.9	0.5	87.8	341.3	645.4
0.6	44.1	204.7	444.6	0.6	75.0	300.1	577.2
0.8	32.7	158.8	349.4	0.8	56.6	234.6	456.6
1	26.0	133.3	298.4	1	45.8	197.8	392.8
1.2	21.0	110.3	250.3	1.2	37.5	165.9	332.5
1.5	16.2	85.4	199.5	1.5	28.8	130.5	269.0
1.7	14.0	73.5	174.0	1.7	24.7	112.3	233.7
2	11.5	62.9	149.3	2	20.6	96.2	200.5
2.4	7.9	40.2	94.7	2.4	13.8	61.1	128.4
3	5.9	29.5	69.2	3	10.2	44.7	93.1
4	3.9	17.8	41.5	4	6.3	26.8	56.1
5	2.7	12.6	29.2	5	4.6	19.0	39.3
6	1.8	8.8	19.9	6	3.5	13.1	26.6
7	1.5	6.9	15.6	7	2.7	10.2	20.9
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	9.0	18.1
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	14.9
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-14 11 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.3	140.7	280.9	0	58.1	196.8	350.3
0.04	42.3	160.3	324.7	0.04	66.2	226.1	410.4
0.05	48.6	177.9	358.5	0.05	75.1	250.4	454.3
0.07	62.6	227.0	455.2	0.07	96.2	320.5	578.1
0.1	79.2	283.3	559.9	0.1	121.1	394.8	707.6
0.12	84.3	298.2	591.8	0.12	129.4	418.1	751.2
0.16	99.4	350.6	695.9	0.16	151.5	491.2	881.5
0.2	98.7	356.2	714.7	0.2	151.4	500.3	903.7
0.24	92.4	350.1	713.6	0.24	145.0	496.8	905.9
0.26	86.3	338.8	694.8	0.26	137.7	482.6	888.1
0.3	80.3	326.6	677.4	0.3	129.9	467.4	869.9
0.34	74.8	302.4	629.3	0.34	119.8	434.5	805.4
0.4	63.4	276.7	584.1	0.4	104.8	399.0	754.2
0.5	52.9	234.7	500.4	0.5	87.9	341.7	645.9
0.6	44.1	205.0	445.0	0.6	75.1	300.4	577.7
0.8	32.8	158.9	349.7	0.8	56.7	234.8	457.0
1	26.0	133.4	298.6	1	45.8	198.0	393.2
1.2	21.1	110.4	250.6	1.2	37.5	166.1	332.8
1.5	16.2	85.5	199.6	1.5	28.9	130.6	269.3
1.7	14.0	73.5	174.1	1.7	24.7	112.4	233.9
2	11.5	62.9	149.4	2	20.6	96.3	200.8
2.4	7.9	40.2	94.7	2.4	13.9	61.1	128.6
3	5.9	29.5	69.2	3	10.2	44.7	93.2
4	3.9	17.8	41.5	4	6.3	26.8	56.1
5	2.7	12.7	29.2	5	4.6	19.0	39.3
6	1.8	8.8	19.9	6	3.5	13.1	26.6
7	1.5	6.9	15.6	7	2.7	10.2	20.9
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	9.0	18.2
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	15.0
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-15 12 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.4	140.9	281.0	0	58.2	197.0	350.4
0.04	42.4	160.6	324.9	0.04	66.3	226.4	410.5
0.05	48.7	178.1	358.8	0.05	75.2	250.8	454.4
0.07	62.7	227.4	455.6	0.07	96.3	320.9	578.2
0.1	79.3	283.6	560.2	0.1	121.3	395.2	707.8
0.12	84.5	298.5	592.2	0.12	129.6	418.6	751.4
0.16	99.6	351.2	696.4	0.16	151.8	491.8	881.8
0.2	98.9	356.8	715.2	0.2	151.7	500.9	904.1
0.24	92.6	350.6	714.1	0.24	145.2	497.3	906.2
0.26	86.5	339.2	695.2	0.26	137.9	483.1	888.4
0.3	80.4	326.9	677.8	0.3	130.0	467.8	870.2
0.34	74.9	302.8	629.7	0.34	119.9	434.9	805.8
0.4	63.4	277.0	584.4	0.4	105.0	399.3	754.4
0.5	53.0	234.9	500.7	0.5	88.0	341.9	646.1
0.6	44.2	205.1	445.2	0.6	75.2	300.7	577.9
0.8	32.8	159.0	349.8	0.8	56.7	235.0	457.3
1	26.0	133.5	298.8	1	45.9	198.0	393.3
1.2	21.1	110.4	250.7	1.2	37.6	166.1	332.9
1.5	16.3	85.5	199.7	1.5	28.9	130.6	269.4
1.7	14.0	73.6	174.2	1.7	24.7	112.5	234.1
2	11.5	63.0	149.6	2	20.7	96.4	201.1
2.4	7.9	40.2	94.8	2.4	13.9	61.1	128.7
3	5.9	29.5	69.2	3	10.2	44.7	93.3
4	3.9	17.8	41.5	4	6.3	26.8	56.2
5	2.7	12.7	29.3	5	4.6	19.0	39.3
6	1.8	8.8	19.9	6	3.5	13.1	26.7
7	1.5	6.9	15.6	7	2.7	10.2	20.9
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	9.0	18.2
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	15.0
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-16 13 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.3	140.5	279.8	0	58.1	196.2	348.9
0.04	42.3	160.0	323.5	0.04	66.1	225.4	408.4
0.05	48.6	177.6	357.1	0.05	75.1	249.7	452.1
0.07	62.6	226.6	453.4	0.07	96.1	319.6	575.6
0.1	79.2	282.8	557.7	0.1	121.0	393.8	704.2
0.12	84.3	297.7	589.8	0.12	129.3	416.9	748.1
0.16	99.4	350.0	693.7	0.16	151.5	490.1	878.3
0.2	98.7	355.5	711.8	0.2	151.4	499.0	899.6
0.24	92.4	349.5	710.7	0.24	144.9	495.6	901.7
0.26	86.3	338.2	692.5	0.26	137.6	481.4	884.9
0.3	80.3	326.0	675.0	0.3	129.9	466.1	866.6
0.34	74.8	301.9	627.2	0.34	119.8	433.4	801.8
0.4	63.4	276.2	582.1	0.4	104.9	398.0	751.2
0.5	53.0	234.3	498.7	0.5	87.9	340.8	643.5
0.6	44.2	204.6	443.6	0.6	75.1	299.6	575.5
0.8	32.8	158.6	348.6	0.8	56.7	234.2	455.1
1	26.0	133.2	297.8	1	45.9	197.5	391.9
1.2	21.1	110.2	249.7	1.2	37.6	165.6	331.6
1.5	16.3	85.3	199.1	1.5	28.9	130.3	268.3
1.7	14.0	73.4	173.6	1.7	24.7	112.2	233.2
2	11.5	62.9	149.3	2	20.7	96.2	200.5
2.4	7.9	40.1	94.5	2.4	13.9	60.9	128.2
3	5.9	29.5	69.1	3	10.2	44.6	93.0
4	3.9	17.8	41.4	4	6.3	26.8	56.0
5	2.7	12.6	29.2	5	4.6	19.0	39.2
6	1.8	8.8	19.8	6	3.5	13.0	26.6
7	1.5	6.8	15.6	7	2.7	10.2	20.9
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	8.9	18.1
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	14.9
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-16 14 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.2	140.3	279.7	0	58.0	196.0	348.9
0.04	42.3	159.8	323.3	0.04	66.0	225.2	408.4
0.05	48.5	177.4	356.8	0.05	75.0	249.5	452.0
0.07	62.5	226.2	453.1	0.07	96.0	319.2	575.6
0.1	79.1	282.4	557.4	0.1	120.8	393.4	704.0
0.12	84.1	297.3	589.5	0.12	129.1	416.4	747.9
0.16	99.3	349.5	693.2	0.16	151.2	489.5	878.0
0.2	98.6	355.0	711.3	0.2	151.1	498.5	899.4
0.24	92.2	349.1	710.2	0.24	144.7	495.1	901.4
0.26	86.2	337.9	692.1	0.26	137.5	480.9	884.7
0.3	80.2	325.7	674.6	0.3	129.7	465.7	866.4
0.34	74.7	301.5	626.8	0.34	119.7	433.0	801.5
0.4	63.3	276.0	581.8	0.4	104.7	397.7	750.9
0.5	52.9	234.1	498.5	0.5	87.8	340.6	643.3
0.6	44.1	204.4	443.4	0.6	75.0	299.5	575.2
0.8	32.8	158.5	348.5	0.8	56.6	234.1	454.9
1	26.0	133.1	297.7	1	45.8	197.4	391.7
1.2	21.1	110.1	249.6	1.2	37.5	165.5	331.5
1.5	16.2	85.3	199.0	1.5	28.9	130.2	268.2
1.7	14.0	73.4	173.6	1.7	24.7	112.1	233.0
2	11.5	62.9	149.1	2	20.6	96.1	200.3
2.4	7.9	40.1	94.5	2.4	13.9	60.9	128.1
3	5.9	29.5	69.1	3	10.2	44.6	92.9
4	3.9	17.8	41.4	4	6.3	26.8	56.0
5	2.7	12.6	29.2	5	4.6	19.0	39.2
6	1.8	8.8	19.8	6	3.5	13.0	26.6
7	1.5	6.8	15.6	7	2.7	10.2	20.9
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	8.9	18.1
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	14.9
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-18 15 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.1	140.0	279.3	0	57.9	195.7	348.6
0.04	42.2	159.4	322.8	0.04	65.9	224.7	407.9
0.05	48.4	177.0	356.3	0.05	74.8	249.0	451.5
0.07	62.3	225.7	452.4	0.07	95.8	318.6	575.0
0.1	78.9	281.8	556.5	0.1	120.5	392.7	703.1
0.12	84.0	296.8	588.6	0.12	128.8	415.6	747.1
0.16	99.0	348.8	692.2	0.16	150.8	488.6	877.2
0.2	98.4	354.2	710.1	0.2	150.7	497.6	898.5
0.24	92.0	348.5	709.0	0.24	144.5	494.2	900.2
0.26	86.1	337.3	691.1	0.26	137.2	480.1	883.7
0.3	80.1	325.1	673.7	0.3	129.5	464.9	865.4
0.34	74.6	300.9	625.9	0.34	119.5	432.3	800.3
0.4	63.2	275.6	581.0	0.4	104.6	397.2	750.0
0.5	52.8	233.7	497.9	0.5	87.7	340.1	642.6
0.6	44.0	204.2	442.9	0.6	74.9	299.1	574.6
0.8	32.7	158.3	348.1	0.8	56.6	233.8	454.4
1	25.9	133.0	297.4	1	45.8	197.2	391.3
1.2	21.0	110.0	249.3	1.2	37.5	165.4	331.1
1.5	16.2	85.2	198.8	1.5	28.8	130.1	267.9
1.7	13.9	73.3	173.4	1.7	24.7	112.0	232.7
2	11.5	62.8	148.9	2	20.6	96.0	199.9
2.4	7.9	40.1	94.4	2.4	13.8	60.9	127.9
3	5.9	29.5	69.0	3	10.2	44.6	92.8
4	3.9	17.8	41.4	4	6.3	26.8	55.9
5	2.7	12.6	29.2	5	4.6	19.0	39.2
6	1.8	8.8	19.8	6	3.5	13.0	26.5
7	1.5	6.8	15.6	7	2.7	10.2	20.8
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	8.9	18.1
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	14.9
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-19 16 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.1	139.5	277.9	0	57.7	194.8	347.1
0.04	42.1	158.8	321.1	0.04	65.8	223.6	405.5
0.05	48.3	176.4	354.2	0.05	74.6	248.0	449.1
0.07	62.2	224.8	449.9	0.07	95.6	317.1	572.0
0.1	78.8	280.7	553.5	0.1	120.2	391.1	699.1
0.12	83.8	295.7	585.9	0.12	128.4	413.6	743.2
0.16	98.8	347.6	688.9	0.16	150.4	486.4	872.9
0.2	98.1	352.6	706.0	0.2	150.3	495.6	894.5
0.24	91.8	347.3	705.0	0.24	144.2	492.1	896.1
0.26	85.9	336.1	687.9	0.26	137.0	478.0	879.6
0.3	79.9	324.0	670.4	0.3	129.2	462.9	861.2
0.34	74.5	299.8	622.9	0.34	119.3	430.6	796.8
0.4	63.1	274.7	578.2	0.4	104.4	395.7	746.2
0.5	52.7	233.0	495.7	0.5	87.6	338.9	639.6
0.6	44.0	203.5	441.0	0.6	74.9	298.1	571.6
0.8	32.7	157.9	346.7	0.8	56.5	232.9	451.9
1	25.9	132.7	296.3	1	45.7	196.5	389.6
1.2	21.0	109.8	248.4	1.2	37.5	164.8	329.6
1.5	16.2	85.0	198.0	1.5	28.8	129.6	266.5
1.7	13.9	73.2	172.8	1.7	24.7	111.7	231.7
2	11.4	62.7	148.5	2	20.6	95.7	199.2
2.4	7.9	40.0	94.1	2.4	13.8	60.7	127.4
3	5.8	29.4	68.8	3	10.2	44.5	92.4
4	3.9	17.8	41.3	4	6.3	26.7	55.7
5	2.7	12.6	29.1	5	4.6	18.9	39.0
6	1.8	8.8	19.8	6	3.5	13.0	26.5
7	1.5	6.8	15.5	7	2.7	10.2	20.8
8	1.3	6.0	13.5	8	2.1	8.9	18.1
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	14.9
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-20 17 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.1	139.8	278.3	0	57.9	195.2	347.4
0.04	42.2	159.1	321.7	0.04	65.9	224.0	406.0
0.05	48.4	176.8	354.9	0.05	74.8	248.4	449.5
0.07	62.3	225.3	450.6	0.07	95.8	317.7	572.6
0.1	78.9	281.3	554.4	0.1	120.5	391.8	699.9
0.12	83.9	296.3	586.8	0.12	128.7	414.5	744.1
0.16	99.0	348.3	690.0	0.16	150.7	487.4	873.9
0.2	98.3	353.5	707.4	0.2	150.7	496.5	895.5
0.24	92.0	347.9	706.3	0.24	144.5	493.0	897.1
0.26	86.1	336.7	688.9	0.26	137.2	478.9	880.6
0.3	80.1	324.6	671.4	0.3	129.5	463.7	862.2
0.34	74.6	300.4	623.8	0.34	119.5	431.3	797.7
0.4	63.2	275.1	579.1	0.4	104.6	396.2	747.2
0.5	52.8	233.3	496.4	0.5	87.7	339.3	640.3
0.6	44.1	203.8	441.5	0.6	74.9	298.5	572.4
0.8	32.7	158.1	347.1	0.8	56.6	233.2	452.5
1	26.0	132.8	296.6	1	45.8	196.7	390.1
1.2	21.0	109.9	248.6	1.2	37.5	165.0	330.0
1.5	16.2	85.1	198.2	1.5	28.8	129.8	266.9
1.7	14.0	73.2	173.0	1.7	24.7	111.8	232.0
2	11.5	62.7	148.8	2	20.6	95.9	199.6
2.4	7.9	40.0	94.2	2.4	13.9	60.8	127.6
3	5.9	29.4	68.9	3	10.2	44.5	92.5
4	3.9	17.8	41.3	4	6.3	26.7	55.8
5	2.7	12.6	29.1	5	4.6	18.9	39.1
6	1.8	8.8	19.8	6	3.5	13.0	26.5
7	1.5	6.8	15.6	7	2.7	10.2	20.8
8	1.3	6.0	13.5	8	2.1	8.9	18.1
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	14.9
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-21 18 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.2	140.0	278.5	0	57.9	195.4	347.5
0.04	42.2	159.4	321.9	0.04	66.0	224.4	406.2
0.05	48.5	177.0	355.3	0.05	74.9	248.8	449.7
0.07	62.4	225.7	451.0	0.07	95.9	318.2	572.9
0.1	79.1	281.8	555.0	0.1	120.7	392.3	700.2
0.12	84.1	296.8	587.3	0.12	129.0	415.1	744.6
0.16	99.2	348.8	690.6	0.16	151.1	488.1	874.4
0.2	98.5	354.1	708.1	0.2	151.0	497.1	895.9
0.24	92.2	348.5	707.1	0.24	144.7	493.7	897.6
0.26	86.2	337.2	689.6	0.26	137.4	479.5	881.1
0.3	80.2	325.0	672.0	0.3	129.7	464.2	862.7
0.34	74.7	300.8	624.4	0.34	119.6	431.8	798.1
0.4	63.3	275.4	579.6	0.4	104.7	396.6	747.7
0.5	52.9	233.6	496.8	0.5	87.8	339.7	640.7
0.6	44.1	204.0	441.9	0.6	75.0	298.7	572.8
0.8	32.8	158.2	347.4	0.8	56.6	233.4	452.9
1	26.0	132.9	296.8	1	45.8	196.8	390.3
1.2	21.1	109.9	248.8	1.2	37.6	165.1	330.2
1.5	16.2	85.1	198.4	1.5	28.9	129.8	267.1
1.7	14.0	73.3	173.1	1.7	24.7	111.8	232.2
2	11.5	62.8	148.9	2	20.7	96.0	199.9
2.4	7.9	40.0	94.2	2.4	13.9	60.8	127.7
3	5.9	29.4	68.9	3	10.2	44.5	92.6
4	3.9	17.8	41.3	4	6.3	26.7	55.9
5	2.7	12.6	29.1	5	4.6	19.0	39.1
6	1.8	8.8	19.8	6	3.5	13.0	26.5
7	1.5	6.8	15.6	7	2.7	10.2	20.8
8	1.3	6.0	13.6	8	2.1	8.9	18.1
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	14.9
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-22 19 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.2	139.6	277.5	0	57.9	194.8	346.4
0.04	42.2	158.9	320.7	0.04	65.9	223.6	404.4
0.05	48.4	176.6	353.8	0.05	74.8	248.0	448.3
0.07	62.3	225.0	449.4	0.07	95.8	317.2	570.7
0.1	78.9	281.1	552.8	0.1	120.5	391.2	697.8
0.12	84.0	296.0	585.3	0.12	128.7	413.8	741.7
0.16	99.1	348.0	688.4	0.16	150.8	486.6	871.5
0.2	98.4	353.0	705.2	0.2	150.7	495.6	892.9
0.24	92.1	347.6	704.2	0.24	144.5	492.2	894.7
0.26	86.1	336.4	687.3	0.26	137.3	478.1	878.1
0.3	80.1	324.2	669.7	0.3	129.5	462.8	859.7
0.34	74.6	300.0	622.3	0.34	119.5	430.5	795.6
0.4	63.2	274.8	577.6	0.4	104.6	395.6	744.9
0.5	52.9	233.0	495.2	0.5	87.8	338.7	638.5
0.6	44.1	203.6	440.5	0.6	75.0	297.9	570.7
0.8	32.8	157.9	346.3	0.8	56.6	232.7	451.0
1	26.0	132.6	296.0	1	45.8	196.4	389.1
1.2	21.1	109.7	248.1	1.2	37.5	164.6	329.1
1.5	16.2	85.0	197.8	1.5	28.9	129.5	266.2
1.7	14.0	73.1	172.6	1.7	24.7	111.6	231.4
2	11.5	62.7	148.7	2	20.7	95.8	199.5
2.4	7.9	40.0	94.0	2.4	13.9	60.7	127.3
3	5.9	29.4	68.8	3	10.2	44.5	92.4
4	3.9	17.8	41.2	4	6.3	26.7	55.7
5	2.7	12.6	29.1	5	4.6	18.9	39.1
6	1.8	8.8	19.8	6	3.5	13.0	26.5
7	1.5	6.8	15.5	7	2.7	10.1	20.8
8	1.3	6.0	13.5	8	2.1	8.9	18.1
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	14.9
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-23 20 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.1	139.4	277.3	0	57.8	194.5	346.2
0.04	42.1	158.7	320.4	0.04	65.8	223.2	404.2
0.05	48.3	176.3	353.4	0.05	74.7	247.7	448.0
0.07	62.2	224.6	449.0	0.07	95.6	316.6	570.3
0.1	78.8	280.6	552.2	0.1	120.2	390.6	697.4
0.12	83.8	295.6	584.7	0.12	128.5	413.1	741.2
0.16	98.9	347.4	687.6	0.16	150.5	485.9	870.7
0.2	98.2	352.4	704.3	0.2	150.4	495.0	892.3
0.24	91.9	347.1	703.3	0.24	144.3	491.5	894.1
0.26	86.0	335.9	686.6	0.26	137.0	477.4	877.5
0.3	80.0	323.8	669.0	0.3	129.3	462.2	859.1
0.34	74.5	299.7	621.7	0.34	119.4	430.0	795.1
0.4	63.2	274.5	577.0	0.4	104.5	395.2	744.3
0.5	52.8	232.8	494.8	0.5	87.7	338.4	638.0
0.6	44.0	203.4	440.1	0.6	74.9	297.7	570.2
0.8	32.7	157.7	346.1	0.8	56.6	232.5	450.6
1	25.9	132.5	295.7	1	45.8	196.2	388.8
1.2	21.0	109.7	247.9	1.2	37.5	164.5	328.8
1.5	16.2	85.0	197.7	1.5	28.8	129.4	265.9
1.7	13.9	73.1	172.5	1.7	24.7	111.5	231.2
2	11.5	62.7	148.5	2	20.6	95.7	199.2
2.4	7.9	40.0	93.9	2.4	13.8	60.6	127.2
3	5.9	29.4	68.7	3	10.2	44.4	92.3
4	3.9	17.8	41.2	4	6.3	26.7	55.7
5	2.7	12.6	29.0	5	4.6	18.9	39.0
6	1.8	8.8	19.8	6	3.5	13.0	26.5
7	1.5	6.8	15.5	7	2.7	10.1	20.8
8	1.3	6.0	13.5	8	2.1	8.9	18.0
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	14.9
10	0.8	4.5	9.6	10	1.6	6.3	12.8

表 5.6-24 21 号控制点 50 年和 100 年超越概率基岩水平地震加速度反应谱计算结果(gal)

周期 (s)	50 超越概率			周期 (s)	100 年超越概率		
	63%	10%	2%		63%	10%	2%
0	37.0	138.9	276.4	0	57.6	193.8	345.4
0.04	42.0	158.1	319.3	0.04	65.6	222.3	402.8
0.05	48.2	175.8	352.0	0.05	74.4	246.9	446.9
0.07	62.0	223.8	447.7	0.07	95.3	315.5	568.6
0.1	78.6	279.6	550.2	0.1	119.8	389.3	695.5
0.12	83.5	294.7	582.8	0.12	128.1	411.5	738.9
0.16	98.6	346.3	685.4	0.16	149.9	484.2	868.3
0.2	97.9	351.1	701.6	0.2	149.9	493.3	890.0
0.24	91.6	346.1	700.6	0.24	143.9	489.9	891.7
0.26	85.7	334.9	684.4	0.26	136.7	475.9	875.1
0.3	79.8	322.9	667.0	0.3	129.0	460.8	856.7
0.34	74.4	298.9	619.7	0.34	119.1	428.7	793.1
0.4	63.0	273.7	575.2	0.4	104.3	394.1	742.0
0.5	52.7	232.2	493.4	0.5	87.5	337.5	636.2
0.6	44.0	202.9	438.9	0.6	74.8	297.0	568.5
0.8	32.7	157.4	345.2	0.8	56.5	231.9	449.3
1	25.9	132.3	295.0	1	45.7	195.8	387.7
1.2	21.0	109.5	247.3	1.2	37.5	164.2	327.9
1.5	16.2	84.8	197.2	1.5	28.8	129.1	265.1
1.7	13.9	73.0	172.1	1.7	24.7	111.3	230.5
2	11.4	62.5	148.1	2	20.6	95.5	198.6
2.4	7.9	39.9	93.7	2.4	13.8	60.5	126.8
3	5.8	29.4	68.6	3	10.2	44.4	92.0
4	3.9	17.8	41.1	4	6.3	26.7	55.5
5	2.7	12.6	29.0	5	4.6	18.9	38.9
6	1.8	8.8	19.7	6	3.5	13.0	26.4
7	1.5	6.8	15.5	7	2.7	10.1	20.7
8	1.3	5.9	13.5	8	2.1	8.9	18.0
9	1.0	4.9	11.2	9	1.8	7.3	14.9
10	0.8	4.5	9.5	10	1.6	6.3	12.7

5.6.2 目标区峰值加速度分布

目标区内 21 个计算控制点(或钻孔)的 50 年超越概率 63%、10%和 2%、100 年超越概率 63%、10%、2%的基岩地震动水平峰值加速度结果见表 5.6-25 和图

5.6-3~图 5.6-8。根据地震危险性分析结果，将 21 个计算点的峰值加速度结果作为后续基岩地震动参数输入值。

表 5.6-25 目标区内 21 个计算控制点基岩峰值计算结果

计算控制点	经度 (°)	纬度 (°)	50 年超载概率 (gal)			100 年超载概率 (gal)		
			63%	10%	2%	63%	10%	2%
1	114.515223	36.069859	37.5	142.2	284.2	58.5	199.0	355.5
2	114.512191	36.064537	37.5	142.0	284.2	58.4	198.9	355.7
3	114.511350	36.058487	37.4	141.7	283.9	58.3	198.5	355.5
4	114.518647	36.058254	37.3	141.3	282.8	58.2	197.8	353.7
5	114.519719	36.064226	37.4	141.6	283.1	58.3	198.2	353.9
6	114.522622	36.069867	37.5	141.8	283.2	58.3	198.3	353.8
7	114.529729	36.069503	37.4	141.4	282.1	58.3	197.7	352.1
8	114.526908	36.063909	37.4	141.2	282.0	58.2	197.5	352.2
9	114.525990	36.057912	37.3	140.9	281.6	58.1	197.1	351.8
10	114.533350	36.058710	37.2	140.5	280.6	58.0	196.5	350.1
11	114.534611	36.063796	37.3	140.7	280.9	58.1	196.8	350.3
12	114.537224	36.069468	37.4	140.9	281.0	58.2	197.0	350.4
13	114.544685	36.069295	37.3	140.5	279.8	58.1	196.2	348.9
14	114.541987	36.063775	37.2	140.3	279.7	58.0	196.0	348.9
15	114.540625	36.057912	37.1	140.0	279.3	57.9	195.7	348.6
16	114.548146	36.056897	37.1	139.5	277.9	57.7	194.8	347.1
17	114.549433	36.062613	37.1	139.8	278.3	57.9	195.2	347.4
18	114.552100	36.068839	37.2	140.0	278.5	57.9	195.4	347.5
19	114.557808	36.068680	37.2	139.6	277.5	57.9	194.8	346.4
20	114.555506	36.062838	37.1	139.4	277.3	57.8	194.5	346.2
21	114.555173	36.056958	37.0	138.9	276.4	57.6	193.8	345.4

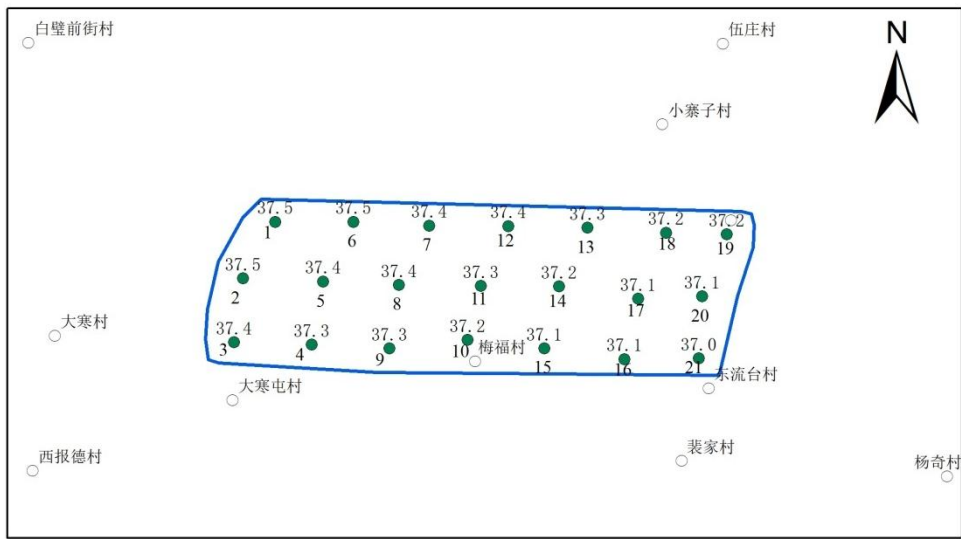


图 5.6-3 目标区内计算控制点基岩峰值计算结果平面分布图 (50 年 63%, 单位:gal)

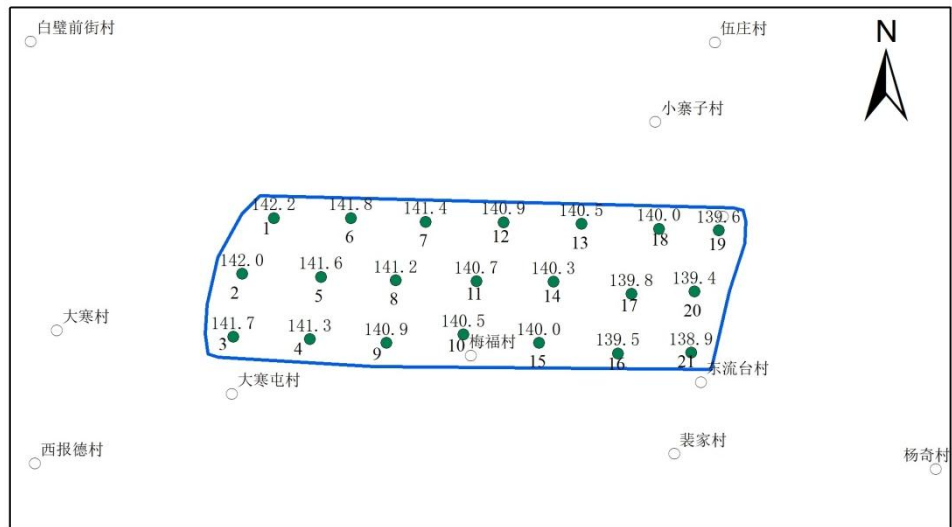
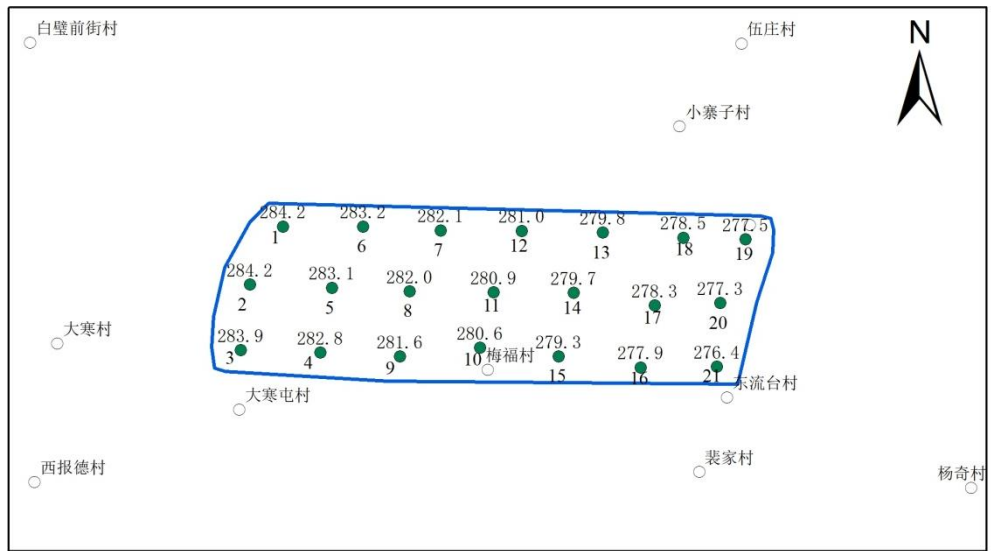


图 5.6-4 目标区内计算控制点基岩峰值计算结果平面分布图 (50 年 10%, 单位:gal)



图例:

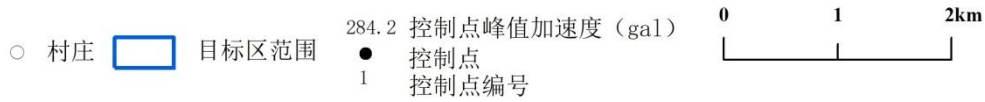
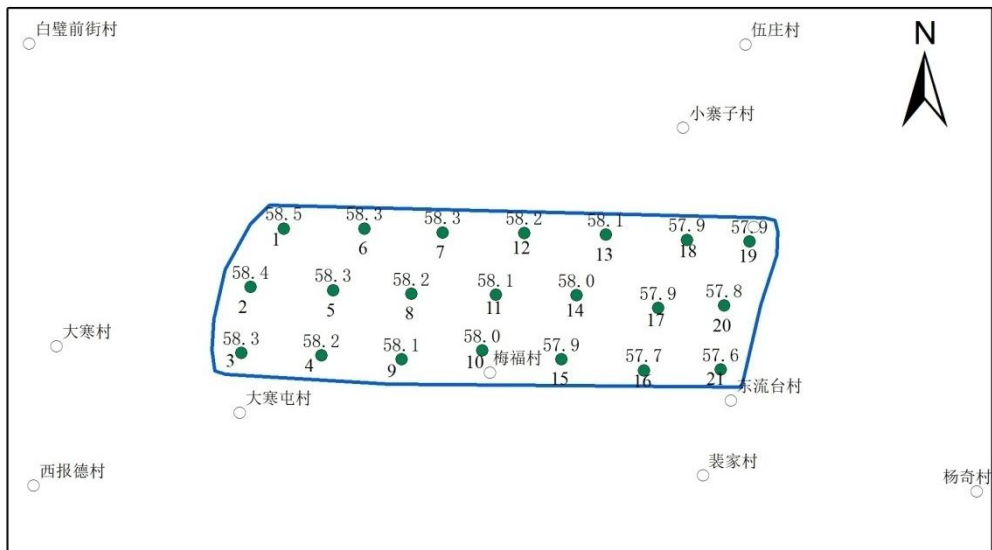


图 5.6-5 目标区内计算控制点基岩峰值计算结果平面分布图 (50 年 2%, 单位:gal)



图例:

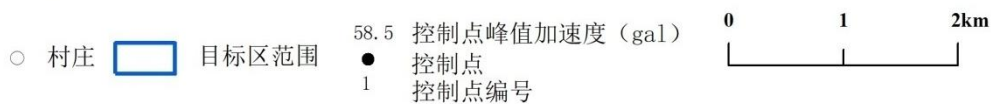


图 5.6-6 目标区内计算控制点基岩峰值计算结果平面分布图 (100 年 63%, 单位:gal)

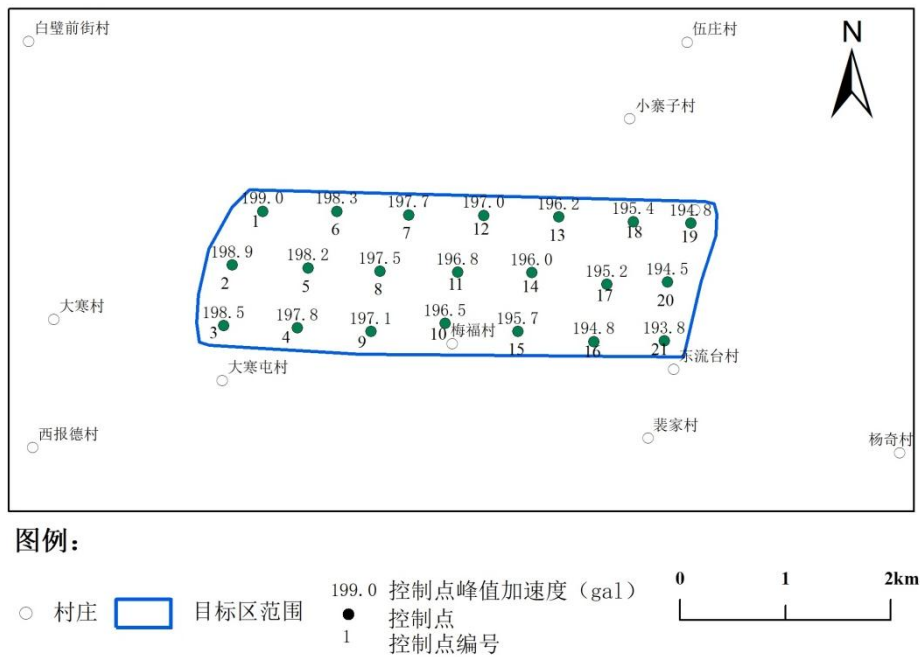


图 5.6-7 目标区内计算控制点基岩峰值计算结果平面分布图 (100 年 10%, 单位:gal)

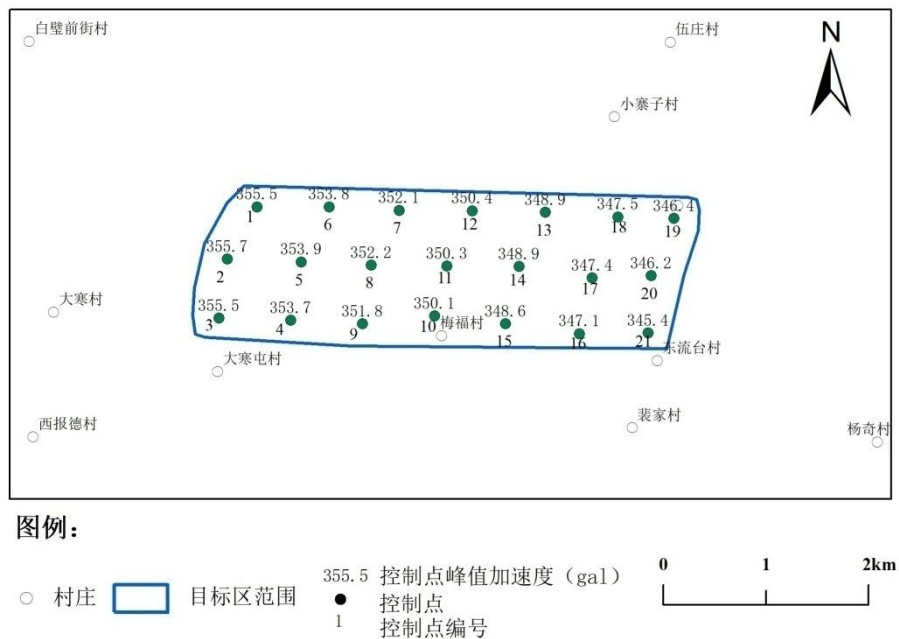


图 5.6-8 目标区内计算控制点基岩峰值计算结果平面分布图 (100 年 2%, 单位:gal)

根据目标区峰值加速度分布图可知,目标区内个控制点峰值加速度西部略高,向东部逐步降低,但是变化平缓,幅度不大,50 年 63%最大和最小相差 0.5gal,50 年 10%最大和最小相差 3.3gal,50 年 2%最大和最小相差 7.8gal,100 年 63%最大和最小相差 0.7gal,50 年 10%最大和最小相差 5.2gal,50 年 2%最大和最小相差 10.1gal。

第六章 目标区地震工程地质条件勘测

根据国家标准《工程场地地震安全性评价》GB17741—2005、《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》（中震防函[2019]21 号）、《关于加强区域性地震安全性评价管理工作的通知》中震防函[2020]2 号、《河南省区域性地震安全性评价工作管理办法（试行）》（豫震发[2020]25 号）有关的规定，对目标区内场地地震工程地质条件进行综合评价。对目标区内场地的地貌、第四纪地质发育特征进行调查和分析，根据场地工程地质条件的差异性，进行场地钻孔探测和地震地质调查，并广泛收集已有的钻孔探测资料，以控制场地的地震工程地质条件，对场地地震工程地质条件分区；实测场地钻孔岩土层剪切波速，获得场地钻孔的剪切波速剖面，判别场地类别；对典型土样开展土常规及土动力学特性试验，作为目标区内场地土层动力反应分析计算的基础资料。

6.1 地形地貌特征

安阳市地处华北平原与太行山脉的交界处，安阳市西部为太行山东麓丘陵区，东为华北平原，地势总特点是西高，东低；区域范围内典型地形地貌特征为：低山区、丘陵岗地区和冲洪积平原区 3 类（图 6.1-1 区域地貌图）。目标区内地形平坦、开阔，最大相对高差约 5m，属冲洪积平原区，典型地形地貌照片见图 6.1-2。

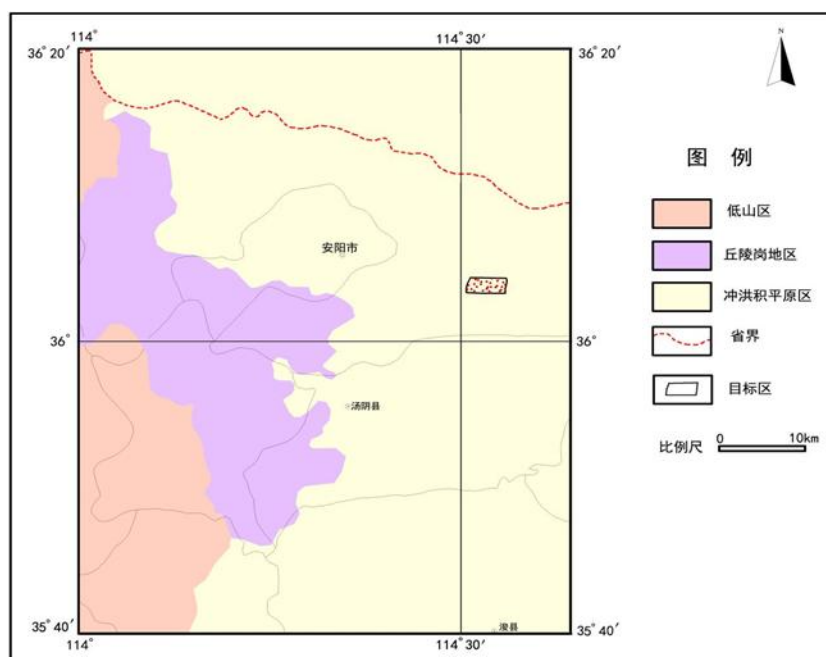




图 6.1-2 目标区内地形地貌照片

6.2 目标区地震地质钻孔探测和地层分布特征

6.2.1 目标区地震地质钻孔探测

依据《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》（中震防函[2019]21号），本次工作在目标区内按小于 700m 间距布置钻孔，并考虑边界效应，在边界附近按距边界小于 200m 布置钻孔。

在收集资料和场地初步踏勘的基础上，编制了《安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目符合性审查投标文件》，中标后又根据甲方提供的目标区行政区划图和现场详细踏勘，对标书中方案进行了细微调整，在目标区范围内共设计了 21 个计算控制点，均为地震地质钻孔；实际钻孔位置根据现场施工条件稍做调整，详细情况见表 6.2-1，各计算控制点（地震地质钻孔）平面位置见图 6.2-1。

表 6.2-1 目标区内计算控制点（地质钻孔）概况表

计算控制点	地质钻孔编号	经度 (°)	纬度 (°)	控制点类型	钻探深度 (m)	地面高程 (m)	静止水位 (m)	备注
1	1	114.515223	36.069859	波速孔	65.00	43.00	20.0	说明： 1.本次 所有地
2	2	114.512191	36.064537	波速孔	60.00	41.90	19.5	
3	3	114.511350	36.058487	波速孔	60.00	43.47	21.0	

计算控制点	地质钻孔编号	经度 (°)	纬度 (°)	控制点类型	钻探深度 (m)	地面高程 (m)	静止水位 (m)	备注
4	4	114.518647	36.058254	波速孔	60.00	41.17	19.1	质钻孔均为波速测试孔。
5	5	114.519719	36.064226	波速孔	55.00	39.79	19.0	
6	6	114.522622	36.069867	波速孔	60.00	44.00	19.3	
7	7	114.529729	36.069503	波速孔	55.00	42.31	20.5	
8	8	114.526908	36.063909	波速孔	55.00	42.00	20.6	
9	9	114.525990	36.057912	波速孔	60.00	42.19	20.2	
10	10	114.533350	36.058710	波速孔	55.00	43.11	21.0	
11	11	114.534611	36.063796	波速孔	55.00	41.17	20.5	
12	12	114.537224	36.069468	波速孔	55.00	41.71	21.1	
13	13	114.544685	36.069295	波速孔	55.00	43.08	21.0	
14	14	114.541987	36.063775	波速孔	61.00	39.88	19.5	
15	15	114.540625	36.057912	波速孔	60.00	41.01	20.7	
16	16	114.548146	36.056897	波速孔	55.00	42.90	20.3	
17	17	114.549433	36.062613	波速孔	60.00	42.88	20.5	
18	18	114.552100	36.068839	波速孔	55.00	43.00	21.0	
19	19	114.557808	36.068680	波速孔	62.00	44.06	20.8	
20	20	114.555506	36.062838	波速孔	55.00	42.94	20.3	
21	21	114.555173	36.056958	波速孔	60.00	43.00	20.8	

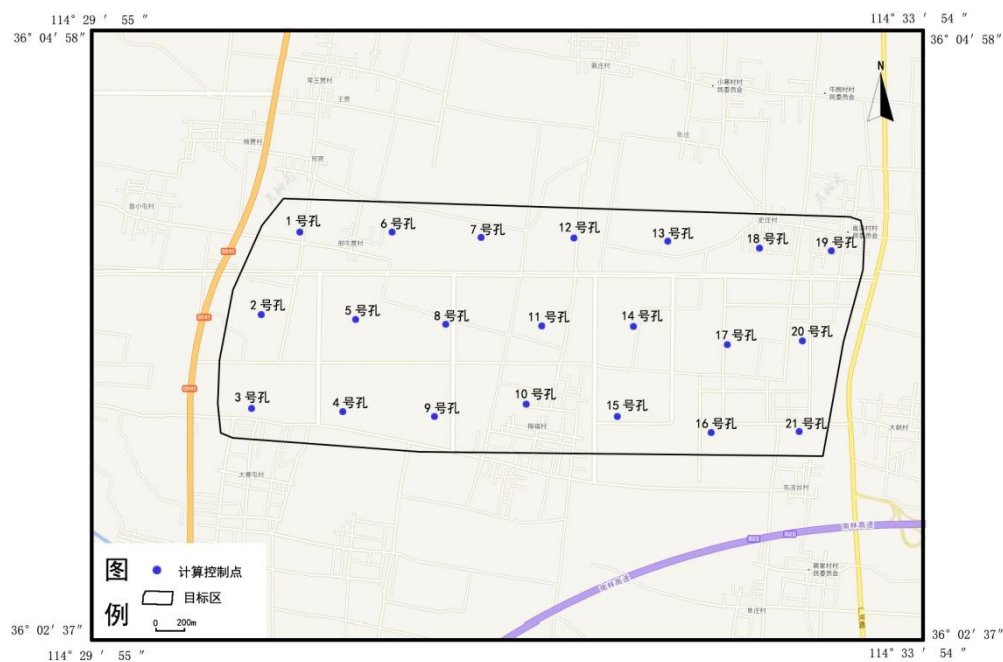


图 6.2-1 目标区计算控制点（地质钻孔）平面位置图

6.2.2 地层分布特征

目标区及邻近地区地壳构成除古老的结晶基底外，上地壳主要由元古代和古生代巨厚海相碳酸岩地层组成，新生代时期为一套陆相碎屑岩堆积。西部太行山

区地表主要出露古生界寒武系、奥陶系、石炭系和二叠系，局部地区有中生界地层。东部丘陵及平原区主要出露新近系和第四系。凹陷内堆积巨厚的新生代陆相地层，除古新统外，从始新统至全新统发育齐全，成因类型复杂。

目标区场地内地层根据野外地震地质钻探的现场观察描述、结合近场区地质资料综合确定，本次勘探深度范围内，场地地层主要由杂填土、粉土、粉质粘土、砂质胶结组成。根据钻探结果（附件 2-地质勘察报告），目标区地层按其成因类型、岩性及工程地质特性将目标区内地层岩性分为 6 个地质单元层、9 个地质单元亚层（见钻孔柱状图见图 6.2-2~图 6.2-22，工程地质剖面图见图 2-23~图 2-29，），现对岩性综述如下：

第①层杂填土(Q_4^{ml})：褐黄色，土质不均，成分以粉质粘土粉土为主。局部表层为硬化混凝土路面、耕植土等。见植物根茎、建筑垃圾。场区普遍分布，厚度：0.40~3.20m；层底标高：60.09~64.56m；层底埋深：0.40~3.20m。

第②层粉质粘土(Q_4^{al+pl})：褐黄色，可塑，切面稍光滑，含少量铁锈染，干强度中等，韧性中等。场区普遍分布，厚度：3.00~14.20m；层底标高：46.18~58.80m；层底埋深：5.20~14.70m。

第②-1 层粉土(Q_4^{al+pl})：褐黄色，稍湿，稍密，含铁锈斑及灰斑，韧性低，干强度低。场区分布不均匀，呈透镜体状分布，厚度：1.50~6.70m；层底标高：56.97~61.40m；层底埋深：3.60~7.50m。

第③层粉土(Q_3^{al+pl})：褐黄色，稍湿，中密，含少量钙核，粒径 0.5-5.0cm，含少量灰白染，切面无光泽，摇震反应中等，局部粘粒含量高，局部砂感较强。场区普遍分布，厚度：0.90~13.30m；层底标高：37.60~51.89m；层底埋深：8.90~26.30m。

第③-1 层细砂(Q_3^{al+pl})：灰黄色，稍湿，中密，砂质不纯，成分以石英长石为主，云母次之。场区分布不均匀，呈透镜体状分布，厚度：1.20~3.40m；层底标高：40.99~55.20m；层底埋深：7.80~22.20m。

第④层粉质粘土(Q_3^{al+pl})：褐黄色，硬塑，切面少光泽，含少量钙核，含少量铁锈染，韧性中等，干强度中等，局部夹薄层粉土，砂感较强。场区普遍分布，厚度：6.70~23.50m；层底标高：18.57~33.40m；层底埋深：31.20~43.60m。

第④-1 层细砂(Q_3^{al+pl})：灰褐色，密实，饱和，成分以石英长石为主，云母次之，含少量砾石，一般粒径 0.5-3.0cm。场区分布不均匀，呈透镜体状分布，厚度：1.90~6.10m；层底标高：34.67~37.57m；层底埋深：26.50~27.50m。

第④-2 层粉土(Q_3^{al+pl}): 褐黄色, 湿, 密实, 含铁锈斑及灰斑, 韧性低, 干强度低。局部粘粒含量较高, 局部砂感较强。场区分布不均匀, 呈透镜体状分布, 厚度: 1.20~11.70m; 层底标高: 26.21~31.67m; 层底埋深: 32.80~36.50m。

第⑤层砂质胶结(Q_2^{al+pl}): 灰白色, 坚硬, 砂质结构层状构造, 岩芯成短柱状, 一般柱长 1.0-3.0cm, 最长柱 8.0-15cm, 钻进困难。场区普遍分布, 厚度: 1.40~7.50m; 层底标高: 13.37~29.20m; 层底埋深: 35.80~48.80m,。

第⑤-1 层粉土(Q_2^{al+pl}): 褐黄色, 湿, 密实, 干强度中等, 韧性低, 摇震反应缓慢, 断面粗糙, 含少量钙核, 见少量灰色条纹。场区分布不均匀, 呈透镜体状分布, 厚度: 1.10~6.70m; 层底标高: 14.28~28.31m,; 层底埋深: 33.70~46.60m。

第⑤-2 层碎石土(Q_2^{al+pl}): 灰白色, 密实, 饱和, 砾石以灰岩为主, 呈椭圆状, 粒径 0.2-3.0cm, 充填物多为砂, 以石英长石为主, 云母次之, 少量粘土充填。场区分布不均匀, 呈透镜体状分布, 厚度: 1.60~2.10m; 层底标高: 24.17~26.10m; 层底埋深: 36.80~40.30m。

第⑤-3 层细砂(Q_2^{al+pl}): 褐灰色, 密实, 饱和, 成分以石英长石为主, 云母次之, 含少量砾石。场区分布不均匀, 呈透镜体状分布, 厚度: 2.90~4.70m; 层底标高: 22.56~24.01m; 层底埋深: 39.30~42.50m。

第⑥层粉质粘土(Q_1^{al+pl}): 褐黄色, 硬塑, 含少量铁锰质氧化物及少量钙核, 局部砂质成分较高, 局部夹有钙质胶结。最大勘探深度 65.0m, 该层绝大多数孔未穿透。

第⑥-1 层钙质胶结(Q_1^{al+pl}): 灰绿色, 坚硬, 少量呈短柱状, 柱长 5-20cm, 少量呈碎块状, 块径 5-12cm。场区分布不均匀, 呈透镜体状分布, 厚度: 1.30~3.10m; 层底标高: 4.68~19.2m; 层底埋深: 43.80~59.20m。

第⑥-2 层细砂(Q_1^{al+pl}): 褐黄色, 饱和, 密实, 成分以石英长石为主, 云母次之。场区分布不均匀, 呈透镜体状分布, 厚度: 9.80~9.80m; 层底标高: 9.80~9.80m; 层底埋深: 54.20~54.20m。

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目					工程编号				
孔 号		1		坐	经度114. 515223°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	20. 0m	
孔口标高		64. 00m		标	纬度36. 069859°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测 击数	附 注
Q ₄ ^{ml}	1	42. 50	0. 50	0. 50		杂填土:褐黄色,可塑,以耕植土成份以粉质粘土为主,含较多植物根系。			2. 30	7. 0	
Q ₄ ^{al+pl}	2	37. 80	5. 20	4. 70		粉质粘土:褐黄色,可塑,切面稍光滑,含少量铁锈染,干强度中等,韧性中等。			4. 30	9. 0	
					粉土:褐黄色,稍湿,中密,含少量粒径0. 5-5. 0cm钙核,含少量灰白染,切面无光泽,摇震反应中等,局部粘粒含量高,局部砂感较强。			6. 30	6. 0		
								8. 30	9. 0		
								10. 30	10. 0		
								12. 30	12. 0		
								14. 30	12. 0		
Q ₃ ^{al+pl}	3	24. 50	18. 50	13. 30		粉质粘土:褐黄色,硬塑,切面少光泽,含少量粒径1. 0-5. 0cm钙核,含少量铁锈染,干强度中等,韧性中等。			16. 30	15. 0	
Q ₃ ^{al+pl}	4	19. 90	23. 10	4. 60					18. 30	17. 0	
Q ₃ ^{al+pl}	4 ₋₁	16. 50	26. 50	3. 40		细砂:褐灰色,中密,饱和,砂质不纯,局部夹有铁锰质氧化物条纹,成分以石英长石为主,云母次之,含少量粉质粘土,含少量砾石,一般粒径0. 2-2. 0cm较多,最大粒径8. 0cm。			20. 30	18. 0	
Q ₃ ^{al+pl}	4	15. 00	28. 00	1. 50					22. 30	23. 0	
Q ₃ ^{al+pl}	4 ₋₂	7. 40	35. 60	7. 60		粉质粘土:褐黄色,硬塑,切面稍光滑,有光泽,含少量铁锰质氧化物及钙核,含少量铁锈染,局部砂感较强,局部见粉土薄层。			24. 30	44. 0	
									26. 30	62. 0	
Q ₃ ^{al+pl}	4	4. 90	38. 10	2. 50		粉土:褐黄色,干强度中等,韧性低,摇振反应缓慢,见少量灰色条纹,断面粗糙,局部砂感较强,局部粘粒含量大。			28. 30	17. 0	
Q ₂ ^{al+pl}	5 ₋₁	1. 50	41. 50	3. 40							
Q ₁ ^{al+pl}	6	-1. 40	44. 40	2. 90		粉质粘土:褐黄色,硬塑,切面稍光滑,有光泽,含少量铁锰质氧化物及钙核,含少量铁锈染,局部砂感较强,局部见粉土薄层。					
Q ₁ ^{al+pl}	6 ₋₂	-11. 20	54. 20	9. 80		粉土:褐黄色,干强度中等,韧性低,摇震反应缓慢,断面粗糙,含少量钙核,见少量灰色条纹,局部含钙质胶结薄层,手搓易散。					
Q ₁ ^{al+pl}	6	-22. 00	65. 00	9. 50		粉质粘土:褐黄色-棕黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物及少量少量粒径0. 2-2. 0cm钙核,刀切面光滑,有光泽,局部砂感强。					
						细砂:褐黄色,中密,饱和,成份以石英长石为主,云母次之,含少量砾石,一般粒径为0. 1-2. 0cm较多,最大粒径为9. 0cm,局部夹粉质粘土薄层。					
						钙质胶结:灰白色,坚硬,砂质结构层状构造,岩芯呈短柱状,一般柱长1. 0-3. 0cm,最长柱8. 0-15cm,钻进困难。					
						粉质粘土:褐黄色-棕黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物及少量粒径0. 2-2. 0cm钙核,刀切面光滑,有光泽,局部砂感强。					
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期: 2022. 6. 15											
编制:沈冠豪								校核:范建			

图 6.2-2 1 号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

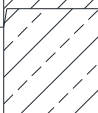
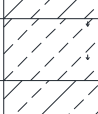




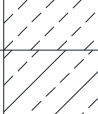

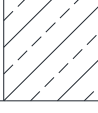
工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目						工程编号			
孔 号		2		坐	经度114.512191°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	19.5m	
孔口标高		62.90m		标	纬度36.064537°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测 击数	附 注
q ₄ ^{ml}	1	41.20	0.70	0.70		杂填土:褐黄色,松散,成分以粉土粉质黏土为主,见建筑垃圾,植物根茎。			8.30 10.30	13.0 16.0	
q ₄ ^{al+pl}	2	33.90	8.00	7.30		粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锈染及铁锰质染斑,可见少量钙核,切面光滑,。					
q ₃ ^{al+pl}	3	30.20	11.70	3.70		粉土:褐黄色,稍湿,稍密,含少量铁锈染及钙核,含螺壳碎片,砂质成份较高,干强度低,韧性低,局部夹粉质粘土薄层。					
						粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,少量铁锈染及钙核,局部有钙质胶结,切面光滑。					
q ₃ ^{al+pl}	4	6.70	35.20	23.50							
q ₂ ^{al+pl}	5-2	5.10	36.80	1.60		碎石土:灰白色,密实,饱和,砾石以灰岩为主,呈椭圆状,粒径0.2-3.0cm,充填物多为砂,以石英长石为主,云母次之,少量粘土充填,有漏浆现象。					
q ₂ ^{al+pl}	5-1	-1.60	43.50	6.70		粉土:褐黄色,湿,中密,含少量铁锈染及钙核,干强度中等,韧性低,含砂质成份,局部有钙质胶结。					
						粉质粘土:褐黄色-棕黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物及少量粒径0.2-2.0cm钙核,刀切面光滑,有光泽,局部砂感强。					
q ₁ ^{al+pl}	6	-18.10	60.00	16.50							
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期: 2022.6.19											
						编制:沈冠豪			校核:范建		

图 6.2-3 2号孔钻孔柱状图

钻 孔 柱 状 图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目						工程编号					
孔 号		3		坐	经度114.51135°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	21.0m			
孔口标高		64.47m		标	纬度36.058487°		初见水位深度		测量日期				
地质时代	层号	层底标高(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度(m)	标贯实测击数	附注		
q ₄ ^{ml}	1	42.67	0.80	0.80		杂填土:褐黄色,稍湿,稍密,见锈斑,含少量砂,以粉土为主,见建筑垃圾,生活垃圾及植物根茎。			2.30	4.0			
q ₄ ^{al+pl}	2-1	35.97	7.50	6.70		粉土:褐黄色,稍湿,稍密,见锈斑,干强度低,韧性低,稍有摇晃反应,局部砂感强。			4.30	3.0			
q ₄ ^{al+pl}	2	32.97	10.50	3.00	粉质粘土:褐灰色,可塑,见少量锈斑,铁锰质斑点,易成条,偶见粒径0.5cm钙核,切面稍光滑,有光泽。			6.30	6.0				
q ₃ ^{al+pl}	3	29.77	13.70	3.20	粉土:褐黄色,稍湿,稍密,见锈斑,含砂质成分,含粒径0.5-1.0cm钙核,手搓易散,干强度低,韧性低,稍有摇晃反应。			11.30	13.0				
q ₃ ^{al+pl}	4	28.47	15.00	1.30				13.30	15.0				
q ₃ ^{al+pl}	4-2	22.67	20.80	5.80	粉质粘土:褐灰色,硬塑,含粒径0.5-1.5cm钙核,切面稍光滑,有光泽。			16.30	16.0				
q ₃ ^{al+pl}	4-1	16.57	26.90	6.10	粉土:灰黄色-褐灰色,密实,很湿,见锈斑,含粒径1.0-2.0cm钙核,含少量粒径1.0-2.0cm砾石,局部砂感较强。			18.30	19.0				
					细砂:灰褐色,密实,饱和,成分以石英、长石为主,含云母片,含粒径0.5-3.0cm砾石。			21.30	32.0				
q ₃ ^{al+pl}	4-2	10.67	32.80	5.90	粉土:灰黄色-褐灰色,密实,很湿,见锈斑,含粒径1.0-2.0cm钙核,含少量粒径1.0-2.0cm砾石,27.8-28.3m处存胶结现象,局部砂感较强。			24.30	49.0				
q ₃ ^{al+pl}	4	5.27	38.20	5.40									
q ₂ ^{al+pl}	5-2	3.17	40.30	2.10	△△△△△	粉质粘土:褐黄色-灰白色,硬塑,含粒径1.0-3.0cm钙核,见少量铁锰氧化物斑块,韧性好,手搓成条。							
q ₂ ^{al+pl}	5	0.37	43.10	2.80	碎石土:杂色,密实,以砂岩为主,粒径2.0-5.0cm,最大粒径8cm,以粘土填充。							
q ₁ ^{al+pl}	6	-16.53	60.00	16.90	砂质胶结:灰黄色,坚硬,密实,砂质结构,岩芯成块状及圆柱状,钻进困难。								
					粉质粘土:棕黄色-褐黄色,硬塑,含少量铁锰质结核,含大量粒径1.0-2.0cm钙核,土质均匀,切面光滑,有光泽,手搓成条。								
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期:2022.6.19													
						编制:沈冠豪 校核:范建							

图 6.2-4 3号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估					工程编号				
孔 号		4		坐	经度114.518647°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	19.10m	
孔口标高		62.17m		标	纬度36.058254°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度(m)	标贯实测击数	附注
Q ^{ml} ₄	1	40.77	0.40	0.40		杂填土:褐黄色,可塑,以粉质粘土为主,见少量植物根系,大量建筑垃圾。 粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物,含少量铁锈染,局部含少量粒径0.2-2.0cm钙核,见少量螺壳碎片,切面稍光滑,有光泽,手搓成条。			11.50	7.0	
Q ^{al+pl} ₄	2	27.57	13.60	13.20							
Q ^{al+pl} ₃	3	22.67	18.50	4.90		粉土:褐黄色,稍湿,中密,含少量铁锈染,干强度低,韧性低,摇震反应缓慢,断面粗糙,局部含少量砂质成分砂感强,局部粘粒含量高。			14.30	27.0	
Q ^{al+pl} ₃	3-1	20.97	20.20	1.70					16.50	13.0	
Q ^{al+pl} ₃	4	15.57	25.60	5.40		细砂:灰褐色,饱和,中密,主要成分以石英,长石为主,云母次之。 粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锈染及铁锰质氧化物,含较多粒径0.2-3.0cm钙核,切面光滑,有光泽,手搓易成条。			26.30	44.0	
Q ^{al+pl} ₃	4-1	13.67	27.50	1.90							
Q ^{al+pl} ₃	4	-2.43	43.60	16.10		细砂:灰褐色,饱和,密实,主要成分以石英、长石为主,云母次之。 粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,见少量锈斑,含较多粒径0.5-3.0cm钙核,切面光滑,有光泽,手搓易成条。					
Q ^{al+pl} ₂	5	-7.63	48.80	5.20							
Q ^{al+pl} ₁	6	-18.83	60.00	11.20		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,含粒径0.5-2.0cm钙核,切面光滑,有光泽,手搓易成条。					
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期:2022.6.18											
编制:沈冠豪								校核:范建			

图 6.2-5 4号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目						工程编号				
孔 号		5		坐	经度114. 519719°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	19. 0m		
孔口标高		60. 79m		标	纬度36. 064226°		初见水位深度		测量日期			
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测击数	附注	
q ₄ ^{ml}	1	39. 09	0. 70	0. 70		杂填土:褐黄色,松散,以粉土粉质粘土为主,见植物根茎,少量建筑垃圾。			8. 50	7. 0		
q ₄ ^{al+pl}	2	32. 39	7. 40	6. 70		粉质粘土:灰褐色,可塑,含少量铁锰质氧化物,含铁锈染,含少量钙核,切面光滑,手搓成条。						
q ₃ ^{al+pl}	3	30. 89	8. 90	1. 50		粉土:灰色,湿,中密,含少量铁锈染,含少量钙核,干强度低,韧性低,局部砂感强。			15. 50	13. 0		
						粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物及铁锈染,含少量钙核,切面光滑,有光泽。						
q ₃ ^{al+pl}	4	8. 59	31. 20	22. 30		粉土:褐黄色,湿,中密,含少量铁锈染,含少量钙核,干强度低,韧性低,局部砂感强,局部粘粒含量高。						
q ₂ ^{al+pl}	5-1	2. 89	36. 90	5. 70		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,含少量铁锈染,见少量粒径0. 2-2. 0cm钙核,切面光滑,有光泽,局部夹钙质胶结。						
q ₁ ^{al+pl}	6	-6. 11	45. 90	9. 00		钙质胶结:灰绿色,坚硬,少量呈短柱状,柱长5-20cm,少量呈碎块状,块径5-12cm,胎体有溶孔现象,轻微漏浆。						
q ₁ ^{al+pl}	6-1	-8. 21	48. 00	2. 10		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,含少量铁锈染,见少量粒径0. 2-2. 0cm钙核,切面光滑,有光泽,局部夹钙质胶结。						
q ₁ ^{al+pl}	6	-15. 21	55. 00	7. 00								
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期: 2022. 6. 22												
						编制:沈冠豪			校核:范建			

图 6.2-6 5 号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目						工程编号			
孔 号		6		坐	经度114.522622°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度		
孔口标高		65.00m		标	纬度36.069867°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测 击数	附 注
Q ₄ ^{ml}	1	43.40	0.60	0.60		杂填土:褐黄色,松散,以粉土粉质粘土为主,见植物根茎及少量建筑垃圾。			7.30	11.0	
Q ₄ ^{al+pl}	2	42.20	1.80	1.20		粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物,含少量钙核,见灰色条纹染,见少量螺壳碎片。					
Q ₄ ^{al+pl}	2-1	40.40	3.60	1.80		粉土:褐黄色,稍湿,稍密,含少量铁锈染,含少量钙核,含少量砂质成分砂感强。					
Q ₄ ^{al+pl}	2	33.40	10.60	7.00		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,含少量钙核,见灰色条纹染,见少量螺壳碎片。			11.50	12.0	
Q ₃ ^{al+pl}	3	28.30	15.70	5.10		粉土:灰黄色,湿,中密,含少量铁锈染,含少量钙核,干强度低,韧性低。			15.30	14.0	
						粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物及铁锈染,含少量钙核,粒径0.2-2.0cm。					
Q ₃ ^{al+pl}	4	11.40	32.60	16.90		砂质胶结:灰白色,坚硬,砂质结构层状构造,岩芯成短柱状,一般柱长1.0-3.0cm,最长柱8.0-15cm,钻进困难。					
Q ₂ ^{al+pl}	5	8.20	35.80	3.20		粉土:褐黄色,湿,中密,含少量铁锈染,含少量钙核及少量砂质成分,干强度低,韧性低。					
Q ₂ ^{al+pl}	5-1	7.00	37.00	1.20		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,含少量铁锈染,含较多钙核,46.7-47.1m处夹钙质胶结。					
Q ₁ ^{al+pl}	6	-12.10	56.10	19.10		钙质胶结:灰白色,坚硬,少量呈短柱状,柱长5-20cm,少量呈碎块状,块径5-12cm,胎体有溶孔现象,轻微漏浆。					
Q ₁ ^{al+pl}	6-1	-15.20	59.20	3.10		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,含少量铁锈染,含较多钙核。					
Q ₁ ^{al+pl}	6	-16.00	60.00	0.80							
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期: 2022. 6. 15											
						编制:沈冠豪			校核:范建		

中国地震局地球物理勘探中心
外业日期:2022.6.15

编制:沈冠豪 校核:范建

图 6.2-7 6号孔钻孔柱状图

钻 孔 柱 状 图












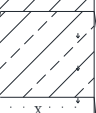
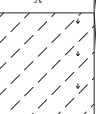
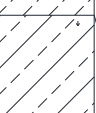
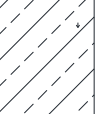
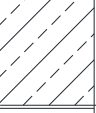
工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目						工程编号			
孔 号		7		坐	经度114. 529729°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	20. 5m	
孔口标高		63. 31m		标	纬度36. 069503°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度(m)	标贯实测击数	附注
Q ₄ ^{ml}	1	41. 51	0. 80	0. 80		杂填土:上部20cm为水泥路面,下部为杂填,见植物根茎,土质不均,以粉土粉质粘土为主。			2. 30	5. 0	
Q ₄ ^{al+pl}	2	40. 51	1. 80	1. 00		粉质粘土:褐黄色,可塑,见锈斑,切面稍光滑,有光泽。			4. 30	6. 0	
Q ₄ ^{al+pl}	2 ₋₁	38. 61	3. 70	1. 90		粉土:褐黄色,稍湿,稍密,含少量铁锈染,见锈斑,切面粗糙,无光泽,手搓易碎,局部稍有粘性粘粒含量高。			12. 30	16. 0	
Q ₄ ^{al+pl}	2	30. 71	11. 60	7. 90		粉质粘土:褐灰色,可塑,见锈斑,偶见粒径0. 5-1. 0cm钙核,切面光滑,有光泽,7. 2-7. 6m处存粉土夹层。			14. 30	19. 0	
Q ₃ ^{al+pl}	3	29. 81	12. 50	0. 90		粉土:褐黄色,稍湿,稍密,含少量铁锈染,见锈斑,切面粗糙,无光泽,手搓易碎,局部稍有粘性粘粒含量高。			20. 30	22. 0	
Q ₃ ^{al+pl}	4	8. 41	33. 90	21. 40		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,含粒径1. 0-2. 0cm钙核,局部有砂质胶结,切面光滑,有光泽,干强度中等,韧性好,手搓易成条。			25. 30	40. 0	
Q ₂ ^{al+pl}	5	5. 91	36. 40	2. 50		砂质胶结:杂色,饱和,密实,砂质结构,岩芯呈块状及短柱状,钻进困难。					
Q ₂ ^{al+pl}	5 ₋₃	3. 01	39. 30	2. 90		细砂:褐灰色,饱和,密实,成分以石英长石为主,云母次之。					
Q ₂ ^{al+pl}	5 ₋₁	0. 11	42. 20	2. 90		粉土:灰黄色,饱和,密实,见铁锈染,灰绿染,含粒径0. 5-2. 0cm钙核,切面粗糙,无光泽,手搓易散。					
Q ₁ ^{al+pl}	6	-9. 79	52. 10	9. 90		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,含粒径0. 5-2. 0cm钙核,切面光滑,有光泽,手搓易成条。					
Q ₁ ^{al+pl}	6 ₋₂	-12. 69	55. 00	2. 90		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,含少量铁锈染,含较多钙核。					
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期:2022. 6. 24											
						编制:沈冠豪			校核:范建		

图 6.2-8 7号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目					工程编号				
孔 号		8		坐	经度114.526908°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	20.6m	
孔口标高		63.00m		标	纬度36.063909°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测 击数	附 注
Q ₄ ^{ml}	1	41.20	0.80	0.80		杂填土:褐黄色,以粉质粘土粉土为主,见植物根茎,见建筑垃圾。			2.30	5.0	
Q ₄ ^{al+pl}	2	35.90	6.10	5.30		粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物,偶见粒径0.5cm钙核,土质不均,切面稍光滑,有光泽,干强度中等,韧性好,手搓成条。			4.30	8.0	
Q ₃ ^{al+pl}	3-1	34.20	7.80	1.70		细砂:褐灰色,稍湿,稍密,成分以石英长石为主,云母次之。			6.30	19.0	
Q ₃ ^{al+pl}	3	24.20	17.80	10.00		粉土:褐灰色,稍湿,稍密,见锈斑,偶见粒径0.5-1.0cm钙核,干强度低,韧性低,切面粗糙,无光泽,手搓易散,局部砂感强。			8.30	14.0	
					粉质粘土:灰黄色,硬塑,含粒径1-3cm钙核,含铁锰质氧化物,见少量锈斑及灰绿染,切面光滑,有光泽,干强度中等,韧性好。			10.30	10.0		
								12.30	12.0		
								14.30	11.0		
Q ₃ ^{al+pl}	4	4.80	37.20	19.40					16.30	14.0	
Q ₂ ^{al+pl}	5	3.40	38.60	1.40		砂质胶结:灰白色,坚硬,砂质结构,岩芯成块状及短柱状,钻进困难。			18.30	16.0	
Q ₁ ^{al+pl}	6	0.50	41.50	2.90		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含粒径1-3cm钙核,含铁锰质氧化物,见少量锈斑,切面光滑,有光泽,干强度中等,韧性好。			25.30	31.0	
Q ₁ ^{al+pl}	6-1	-1.80	43.80	2.30		钙质胶结:杂色,饱和,密实,砂质结构,岩芯呈粒径3-5cm块状及短柱状,钻进困难。					
Q ₁ ^{al+pl}	6	-13.00	55.00	11.20		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含粒径1-3cm钙核,含铁锰质氧化物,见少量锈斑,切面光滑,有光泽,干强度中等,韧性好。					

中国地震局地球物理勘探中心
外业日期: 2022.6.22

编制:沈冠豪 校核:范建

图 6.2-9 8号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估						工程编号			
孔 号		9		坐	经度114.525990°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	20.20m	
孔口标高		63.19m		标	纬度36.057912°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯 实测 击数	附 注
q ₄ ^{ml}	1	41.69	0.50	0.50		杂填土:褐黄色,可塑,成分以粉质粘土粉土为主,含较多植物根系,见少量建筑垃圾。			1.30	4.0	
q ₄ ^{al+pl}	2	39.49	2.70	2.20					3.30	3.0	
q ₄ ^{al+pl}	2-1	37.99	4.20	1.50					5.30	6.0	
q ₄ ^{al+pl}	2	28.59	13.60	9.40		粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物及少量粒径0.2-2.0cm钙核,手搓成条。 粉土:黄褐色,稍密,稍湿,干强度低,韧性低,摇震反应缓慢。			7.30	8.0	
									9.30	9.0	
									11.30	10.0	
									13.30	11.0	
q ₃ ^{al+pl}	3	23.39	18.80	5.20		粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物及少量粒径0.2-2.0cm钙核,手搓成条。			15.30	11.0	
q ₃ ^{al+pl}	3-1	19.99	22.20	3.40					17.30	10.0	
q ₃ ^{al+pl}	4	0.19	42.00	19.80		粉土:黄褐色,稍湿,中密,含少量锈染,干强度低,韧性低,摇振反应缓慢,断面粗糙。 细砂:灰黄色,饱和,密实,主要成份以石英长石为主,云母次之,含少量砾石成份。 粉质粘土:褐黄色,硬塑,切面稍光滑,有光泽,含少量粒径0.2-2.0cm钙核,含少量铁锈染,干强度中等,韧性中等。			19.30	37.0	
									21.30	50.0	
									23.30	25.0	
									25.30	26.0	
q ₂ ^{al+pl}	5	-4.81	47.00	5.00		砂质胶结:灰褐色,坚硬,少量短柱状及碎块状,有漏浆现象,胎体有溶孔现象,钻进困难。			27.30	27.0	
									29.30	29.0	
q ₁ ^{al+pl}	6	-17.81	60.00	13.00		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含粒径1-3cm钙核,含铁锰质氧化物,见少量锈斑,切面光滑,有光泽,干强度中等,韧性好。					
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期:2022.6.16											
								编制:沈冠豪		校核:范建	

图 6.2-10 9号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目						工程编号			
孔 号		10		坐	经度114.533350°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	21.0m	
孔口标高		64.11m		标	纬度36.058710°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测 击数	附 注
q ₄ ^{ml}	1	40.51	2.60	2.60		杂填土:杂色,成分以粉质粘土粉土为主,含少量砖头,石子等建筑垃圾。					
q ₄ ^{al+pl}	2	31.01	12.10	9.50		粉质粘土:褐黄色,可塑,切面稍光滑,含少量铁锈染,干强度中等,韧性中等,局部夹粉土薄层。			3.30	5.0	
									5.30	8.0	
									7.30	10.0	
									9.30	13.0	
									11.30	15.0	
q ₃ ^{al+pl}	3	18.61	24.50	12.40		粉土:褐黄色,稍湿,稍密,含少量铁锈染,可见少量钙核,干强度低,韧性低,局部见少量螺壳碎片,局部砂感强,局部粘粒含量高。			13.30	18.0	
									15.30	20.0	
									17.30	24.0	
									19.30	26.0	
									24.80	26.0	
q ₃ ^{al+pl}	4	6.01	37.10	12.60		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰氧化物,铁锈染及少量钙核,局部夹钙质胶结。					
q ₂ ^{al+pl}	5 ₋₁	2.91	40.20	3.10		粉土:褐黄色,湿,中密,含少量铁锈染,少量粒径0.2-2.0cm钙核。					
q ₁ ^{al+pl}	6	-11.89	55.00	14.80		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,铁锈染及钙核。					

图 6.2-11 10 号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称					安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目					工程编号			
孔 号		11		坐 标	经度114. 534611°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	20. 5m			
孔口标高		62. 17m			纬度36. 063796°		初见水位深度		测量日期				
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测击数	附 注		
q ₄ ^{ml}	1	40. 67	0. 50	0. 50		杂填土:褐黄色,松散,以粉质粘土粉土为主,见植物根茎少量建筑垃圾。			10. 30 12. 50 14. 50 16. 50	8. 0 11. 0 13. 0 15. 0			
q ₄ ^{al+pl}	2	30. 67	10. 50	10. 00		粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物及铁锈染,切面稍光滑,局部见少量钙核,局部夹粉土薄层。							
q ₃ ^{al+pl}	3	22. 37	18. 80	8. 30		粉土:褐黄色,稍湿,中密,含少量铁锈染,少量钙核,少量螺壳碎片,粘粒成份较高。							
						粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物及少量钙核,局部夹钙质胶结,局部夹粉土薄层。							
q ₃ ^{al+pl}	4	1. 67	39. 50	20. 70		砂质胶结:灰白色,坚硬,岩芯呈柱状,短柱状,少量碎块状。							
q ₂ ^{al+pl}	5	0. 17	41. 00	1. 50		粉土:褐黄色,干强度中等,韧性低,摇震反应缓慢,断面粗糙,含少量钙核,见少量灰色条纹。							
q ₂ ^{al+pl}	5 ₋₁	-3. 53	44. 70	3. 70		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,铁锈染及少量粒径0. 2-2. 0cm钙核,局部夹钙质胶结。							
q ₁ ^{al+pl}	6	-13. 83	55. 00	10. 30									
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期: 2022. 6. 24													
编制:沈冠豪 校核:范建													

图 6.2-12 11 号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目						工程编号			
孔 号		12		坐	经度114.537224°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	21.1m	
孔口标高		62.71m		标	纬度36.069468°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测 击数	附 注
Q ₄ ^{ml}	1	41.21	0.50	0.50		杂填土:褐黄色,可塑,见少量锈斑,土质不均,成分以粉质粘土为主,干强度中等,韧性低,含较多植物根系。			2.30	5.0	
Q ₄ ^{al+pl}	2	31.01	10.70	粉质粘土:褐灰色,可塑,含少量铁锰氧化物及锈斑,局部含少量粒径0.5-1.0cm钙核,手搓成条,切面有光泽。			6.30	9.0			
				粉土:褐灰色,密实,很湿,锈斑灰绿斑,含粒径0.5-1.5cm钙核,断面粗糙,手搓易散。			11.30	19.0			
Q ₃ ^{al+pl}	3	23.31	18.40	粉土:褐灰色,密实,很湿,锈斑灰绿斑,含粒径0.5-1.5cm钙核,断面粗糙,手搓易散。			14.30	23.0			
				粉质粘土:褐黄色,硬塑,切面少光泽,含少量钙核,粒径1.0-2.0cm,含少量铁锈染,韧性中等,干强度中等,手搓成条,局部夹砂层。			19.30	17.0			
Q ₃ ^{al+pl}	4	8.01	33.70	粉质粘土:褐黄色,硬塑,切面少光泽,含少量钙核,粒径1.0-2.0cm,含少量铁锈染,韧性中等,干强度中等,手搓成条,局部夹砂层。			25.30	20.0			
							28.30	36.0			
Q ₃ ^{al+pl}	4-2	5.21	36.50	2.80	粉土:褐黄色,密实,很湿,铁锰质结核,含粒径1.0-3.0cm钙核,手搓易碎。						
Q ₃ ^{al+pl}	4	4.11	37.60	1.10	粉质粘土:褐黄色,硬塑,切面少光泽,含少量钙核,粒径1.0-2.0cm,含少量铁锈染,韧性中等,干强度中等,手搓成条,局部含砂质胶结,岩芯呈块状及短柱状。						
Q ₂ ^{al+pl}	5-1	-0.69	42.40	4.80	粉土:褐黄色,密实,很湿,含铁锰染,含粒径1.0-2.0cm钙核,断面粗糙无光泽。						
Q ₁ ^{al+pl}	6	-13.29	55.00	粉质粘土:褐黄色,硬塑,含粒径1.0-2.0cm钙核及少量铁锰斑点,切面光滑有光泽,手搓成条。							

图 6.2-13 12 号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目						工程编号			
孔 号		13		坐	经度114.544685°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	21.0m	
孔口标高		64.08m		标	纬度36.069295°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测 击数	附 注
Q ₄ ^{ml}	1	42.28	0.80	0.80		杂填土:褐黄色,松散,以粉质粘土粉土为主,上部20cm硬化路面,见植物根茎建筑垃圾。			3.30	5.0	
Q ₄ ^{al+pl}	2	40.88	2.20	1.40		粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物,断面稍光滑,可见少量钙核粒径0.2~2.0cm。					
Q ₄ ^{al+pl}	2-1	38.38	4.70	2.50		粉土:褐黄色,稍湿,稍密,含少量铁锈染,灰色条纹染,可见少量钙核,干强度低,韧性低,局部粘粒含量高。					
Q ₄ ^{al+pl}	2	32.28	10.80	6.10		粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物,断面稍光滑,可见少量钙核粒径0.2~2.0cm。			11.30	13.0	
Q ₃ ^{al+pl}	3	25.18	17.90	7.10		粉土:褐黄色,稍湿,稍密,含少量铁锈染及灰色条纹染,含少量砂质成份及少量钙核,干强度低,韧性低。			13.30	15.0	
						粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物,断面稍光滑,可见少量钙核粒径0.2~2.0cm。			15.30	18.0	
						粉土:灰色,稍湿,稍密,含少量铁锈染及灰色条纹染,含少量砂质成份及少量钙核,干强度低,韧性低。			17.30	20.0	
						粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,铁锈染及少量粒径0.2~2.0cm钙核,局部夹粉土薄层。			20.30	15.0	
						粉土:灰色,稍湿,稍密,含少量铁锈染及灰色条纹染,含少量砂质成份及少量钙核,干强度低,韧性低。			22.30	18.0	
						粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,铁锈染及少量粒径0.2~2.0cm钙核,局部夹粉土薄层。			24.30	20.0	
Q ₃ ^{al+pl}	4	3.88	39.20	21.30		粉土:褐黄色,湿,中密,含少量铁锈染,灰色条纹染,少量钙核,干强度低,韧性低,摇震反应缓慢,局部夹有较多砂质成份,局部夹钙质胶结,局部粘粒含量高。			26.30	22.0	
Q ₂ ^{al+pl}	5-1	2.78	40.30	1.10		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,铁锈染及少量0.2~2.0cm钙核,局部夹钙质胶结薄层。			28.30	25.0	
Q ₁ ^{al+pl}	6	-11.92	55.00	14.70							

图 6.2-14 13 号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目					工程编号				
孔 号		14		坐	经度114. 541987°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	19. 5m	
孔口标高		60. 88m		标	纬度36. 063775°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1: 400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测 击数	附 注
q ₄ ^{ml}	1	39. 38	0. 50	0. 50		杂填土:褐黄色, 松散, 以粉质粘土粉土为主, 见大量植物根茎少量建筑垃圾。			16. 30 18. 30	18. 0 37. 0	
						粉质粘土:褐黄色, 可塑, 含少量铁锰质氧化物, 铁锈染及少量钙核, 局部可见少量螺壳碎片, 见灰白条纹染, 局部夹粉土薄层。					
q ₄ ^{al+pl}	2	25. 18	14. 70	14. 20		粉土:褐黄色, 稍湿, 稍密, 含少量铁锈染及少量钙核, 夹粉质粘土薄层。					
q ₃ ^{al+pl}	3	18. 08	21. 80	6. 10		粉质粘土:褐黄色, 硬塑, 含少量铁锰质氧化物, 铁锈染及较多钙核。					
					粉土:褐黄色, 湿, 中密, 含少量铁锈染, 灰色条纹染及少量钙核, 局部有钙质胶结, 含少量砂质成份, 局部夹粉砂薄层。						
q ₃ ^{al+pl}	4	-1. 92	41. 80	20. 00		粉质粘土:褐黄色, 硬塑, 含少量铁锰质氧化物, 铁锈染, 灰白条纹染及少量钙核, 局部有钙质胶结。					
q ₂ ^{al+pl}	5 ₋₁	-6. 72	46. 60	4. 80		钙质胶结:灰白色, 坚硬, 少量短柱状, 柱长5-20cm, 少量碎块状, 块径5. 0-12cm, 胎体有溶孔现象, 轻微漏浆。					
q ₁ ^{al+pl}	6	-14. 22	54. 10	7. 50		粉质粘土:褐黄色, 硬塑, 含少量铁锰质氧化物, 铁锈染, 灰白条纹染及少量钙核, 局部有钙质胶结。					
q ₁ ^{al+pl}	6 ₋₁	-16. 32	56. 20	2. 10							
q ₁ ^{al+pl}	6	-21. 12	61. 00	4. 80							
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期: 2022. 6. 16											
							编制:沈冠豪		校核:范建		

图 6.2-15 14 号孔钻孔柱状图

钻 孔 柱 状 图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目					工程编号				
孔 号		15		坐	经度114.540625°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	20.7m	
孔口标高		62.01m		标	纬度36.057912°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测击数	附注
q ₄ ^{ml}	1	40.51	0.50	0.50		杂填土:褐黄色,可塑,成分以粉质粘土为主,含较多植物根系。					
						粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量锰质氧化物及铁锈染,刀切面稍光滑,有光泽,手搓成条,局部夹粉土薄层。					
q ₄ ^{al+pl}	2	26.61	14.40	13.90							
						粉质粘土:褐黄色,硬塑,刀切面稍光滑,有光泽,含少量铁锰质氧化物及少量铁锈染,局部含少量粒径0.2-2.0cm钙核,局部夹粉土薄层,手搓成条。					
q ₃ ^{al+pl}	4	9.11	31.90	17.50							
q ₂ ^{al+pl}	5-1	7.31	33.70	1.80		粉土:褐黄色,干强度中等,韧性低,摇震反应缓慢,断面粗糙,含少量钙核,见少量灰色条纹,局部粘粒含量高。					
						粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物及少量粒径0.2-2.0cm钙核,刀切面稍光滑,有光泽,局部夹有钙质胶结薄层,手搓成条。					
q ₁ ^{al+pl}	6	-18.99	60.00	26.30							
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期:2022.6.17											
						编制:沈冠豪			校核:范建		

图 6.2-16 15 号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估						工程编号					
孔 号		16		坐	经度114.548146°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	20.30m			
孔口标高		63.90m		标	纬度36.056897°		初见水位深度		测量日期				
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测 击数	附 注		
Q ₄ ^{ml}	1	42.40	0.50	0.50		杂填土:褐黄色,松散,以粉质粘土粉土为主,含少量植物根系建筑垃圾。			15.30	18.0			
						粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物,铁锈染及少量钙核,切面稍光滑,局部夹粉土薄层。							
Q ₄ ^{al+pl}	2	28.30	14.60	14.10		粉土:褐黄色,湿,中密,含少量铁锈染、灰白条纹染及少量钙核。						20.30	19.0
Q ₃ ^{al+pl}	3	16.60	26.30	11.70		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,铁锈染及少量粒径0.2-2.0cm钙核,局部有钙质胶结。						25.30	20.0
Q ₃ ^{al+pl}	4	7.90	35.00	8.70									
Q ₂ ^{al+pl}	5	5.90	37.00	2.00		砂质胶结:灰白色,坚硬,岩芯呈柱状,短柱状,少量碎块状。							
Q ₁ ^{al+pl}	6	-12.10	55.00	18.00		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物及少量钙核,切面光滑,局部夹有钙质胶结,手搓成条。							
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期: 2022.6.25													
编制:沈冠豪 校核:范建													

图 6.2-17 16 号孔钻孔柱状图

钻 孔 柱 状 图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估						工程编号			
孔号		17		坐	经度114.549433°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	20.50m	
孔口标高		63.88m		标	纬度36.062613°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测 击数	附 注
Q ^{ml} ₄	1	41.38	1.50	1.50		杂填土:褐黄色,松散,以粉质粘土粉土为主,含大量植物根茎少量建筑垃圾。			13.40	8.0	
Q ^{al+pl} ₄	2	29.98	12.90	11.40		粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物及少量钙核,切面稍光滑,局部夹粉土薄层。					
Q ^{al+pl} ₃	3	21.38	21.50	8.60	粉土:褐黄色,稍湿,中密,含少量铁锈染及少量钙核,干强度低,韧性低,局部砂感强。						
Q ^{al+pl} ₃	4	6.38	36.50	15.00	粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物含少量铁锈染、铁锰染及少量粒径0.2-2.0cm钙核,局部含少量砂质成份。						
Q ^{al+pl} ₂	5	-1.12	44.00	7.50	砂质胶结:灰白色,坚硬,岩芯呈柱状,短柱状,少量碎块状。						
Q ^{al+pl} ₁	6	-17.12	60.00	16.00	粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,铁锈染及少量钙核。						
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期: 2022. 6. 20											
编制:沈冠豪								校核:范建			

图 6.2-18 17 号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

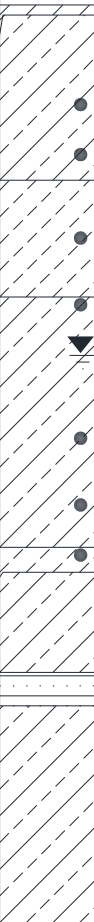
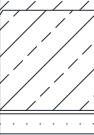
工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估						工程编号			
孔 号		18		坐	经度114.552100°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	21.00m	
孔口标高		64.00m		标	纬度36.068839°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测击数	附注
Q ^{ml} ₄	1	42.40	0.60	0.60		杂填土:褐黄色,可塑,成分以粉质粘土为主,含较多植物根系少量建筑垃圾。					
Q ^{al+pl} ₄	2	32.50	10.50	9.90		粉质粘土:褐黄色,可塑,刀切面光滑,有光泽,干强度中等,韧性好,偶有粒径0.5cm钙核,局部夹粉土薄层。					
Q ^{al+pl} ₃	3	25.50	17.50	7.00		粉土:褐黄色,稍湿,中密,偶见粒径0.5-1.0cm钙核,断面粗糙,干强度低,韧性低,局部砂感强。					
Q ^{al+pl} ₃	4	10.50	32.50	15.00		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含粒径0.5-1.0cm钙核,切面光滑,有光泽,铁锰质结核,手搓成条,局部有粉土夹层。					
Q ^{al+pl} ₃	4-2	9.00	34.00	1.50		粉土:褐黄色,密实,很湿,含粒径1.0-3.0cm钙核,砂质成份约占10%,成份以石英长石为主,含云母碎片。					
Q ^{al+pl} ₃	4	3.00	40.00	6.00		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含粒径0.5-1.0cm钙核,切面光滑,有光泽,铁锰质结核,手搓成条,局部有粉土夹层。					
Q ^{al+pl} ₂	5	1.00	42.00	2.00		砂质胶结:灰白色,坚硬,岩芯呈柱状,短柱状,少量碎块状。					
Q ^{al+pl} ₁	6	-12.00	55.00	13.00		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含粒径1.0-3.0cm钙核,含铁锰质斑点,锈斑。					
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期:2022.6.20											
编制:沈冠豪								校核:范建			

图 6.2-19 18 号孔钻孔柱状图

钻 孔 柱 状 图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目					工程编号			
孔 号		19		坐 标	经度114. 557808°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	20. 8m
孔口标高		65. 06m			纬度36. 068680°		初见水位深度		测量日期	
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述		标贯中点深度 (m)	标贯实测 击数	附 注
q ₄ ^m	1	43. 56	0. 50	0. 50		杂填土:褐灰色,稍密,稍湿,以粉质粘土粉土为主,含少量植物根茎建筑垃圾。 粉质粘土:褐灰色,可塑,锈斑,偶见暗色斑块,手搓成条,切面光滑有光泽。				
q ₄ ^{al+pl}	2	33. 16	10. 90	10. 40		粉土:褐灰色,稍湿,中密,见锈斑,灰绿斑,含少量钙核及砂,手搓易散,局部砂感强。				
q ₃ ^{al+pl}	3	26. 46	17. 60	6. 70		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锈斑及铁锰质结核,含粒径1. 0~2. 0cm钙核,切面光滑有光泽。		11. 30	14. 0	
q ₃ ^{al+pl}	4	11. 26	32. 80	15. 20		粉土:褐黄色,密实,很湿,见锈斑,断面粗糙无光泽,手搓易散。		13. 30	18. 0	
q ₃ ^{al+pl}	4-2	10. 06	34. 00	1. 20		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锈斑及铁锰质结核,含粒径1. 0~2. 0cm钙核,切面光滑有光泽。		15. 30	21. 0	
q ₃ ^{al+pl}	4	6. 26	37. 80	3. 80		细砂:褐灰色,饱和,密实,成分以石英长石为主,云母次之。		17. 30	25. 0	
q ₂ ^{al+pl}	5-3	1. 56	42. 50	4. 70		砂质胶结:灰白色,坚硬,砂质结构层状构造,岩芯成短柱状,一般柱长1. 0~3. 0cm,最长柱8. 0~15cm,钻进困难。		20. 40	25. 0	
q ₂ ^{al+pl}	5	-0. 34	44. 40	1. 90		粉土:褐黄色,湿,密实,干强度中等,韧性低,摇晃反应缓慢,断面粗糙,含少量钙核,见少量灰色条纹。				
q ₂ ^{al+pl}	5-1	-1. 94	46. 00	1. 60		粉质粘土:棕黄色,硬塑,含粒径1. 0~3. 0cm钙核及铁锰质结核,有少量锈斑,刀切面光滑有光泽。				
q ₁ ^{al+pl}	6	-17. 94	62. 00	16. 00						
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期: 2022. 6. 25										
							编制:沈冠豪 校核:范建			

图 6.2-20 19 号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图

工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估					工程编号		
孔 号		20		坐	经度114.555506°	钻孔直径	110mm	稳定水位深度	20.30m
孔口标高		63.94m		标	纬度36.062838°	初见水位深度		测量日期	
地质时代	层号	层底标高(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图 1:400	地 层 描 述	标贯中点深度(m)	标贯实测击数	附注
Q ₄ ^{ml}	1	39.74	3.20	3.20		杂填土:褐黄色,可塑,成分以粉质粘土为主,含较多植物根系。	2.30	5.0	
Q ₄ ^{al+pl}	2	30.54	12.40	9.20		粉质粘土:褐黄色,可塑,切面稍光滑,含少量铁锈染,干强度中等,韧性中等。	4.30	6.0	
						粉土:褐黄色,中密,含少量钙核,粒径0.5-5.0cm,含少量灰白染,切面无光泽,摇震反应中等,局部夹粉质粘土薄层。	5.30	5.0	
							8.30	10.0	
Q ₃ ^{al+pl}	3	26.74	16.20	3.80		粉土:褐黄色,中密,含少量钙核,粒径0.5-5.0cm,含少量灰白染,切面无光泽,摇震反应中等,局部夹粉质粘土薄层。	13.30	16.0	
Q ₃ ^{al+pl}	3-1	25.54	17.40	1.20		细砂:灰黄色,稍湿,中密,主要成分以石英长石为主,云母次之,含少量砾石。	16.50	34.0	
Q ₃ ^{al+pl}	3	18.74	24.20	6.80		粉土:褐黄色,中密,含少量钙核,粒径0.5-5.0cm,含少量灰白染,切面无光泽,摇震反应中等,局部夹粉质粘土薄层。	18.30	19.0	
Q ₃ ^{al+pl}	4	4.44	38.50	14.30		粉土:褐黄色,中密,含少量钙核,粒径0.5-5.0cm,含少量灰白染,切面无光泽,摇震反应中等,局部夹粉质粘土薄层。	22.30	21.0	
						粉质粘土:褐黄色,硬塑,切面少光泽,含少量钙核,粒径1.0-5.0cm,含少量铁锈染,韧性中等,干强度中等。	24.50	19.0	
Q ₂ ^{al+pl}	5	-2.06	45.00	6.50		砂质胶结:灰褐色,坚硬,少量短柱状及碎块状,有漏浆现象,胎体有溶孔现象,钻进困难。			
Q ₁ ^{al+pl}	6	-12.06	55.00	10.00		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物及少量钙核,砂质成分较高,局部夹有钙质胶结。			
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期: 2022.6.21									
编制:沈冠豪							校核:范建		

图 6.2-21 20 号孔钻孔柱状图

钻孔柱状图







工程名称		安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估						工程编号			
孔 号		21		坐	经度114.555173°		钻孔直径	110mm	稳定水位深度	20.80m	
孔口标高		64.00m		标	纬度36.056958°		初见水位深度		测量日期		
地质时代	层号	层底标高 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图 1:400	地 层 描 述			标贯中点深度 (m)	标贯实测击数	附注
Q ^{ml} ₄	1	42.50	0.50	0.50		杂填土:褐黄色,松散,以粉质粘土粉土为主,含少量植物根系。			15.30	19.0	
						粉质粘土:褐黄色,可塑,含少量铁锰质氧化物,铁锈染及少量钙核,切面光滑,局部夹粉土薄层。					
Q ^{al+pl} ₄	2	28.30	14.70	14.20							
						粉土:褐黄色,湿,中密,含少量铁锈染,灰白条纹染及少量钙核。					
Q ^{al+pl} ₃	3	17.90	25.10	10.40		19.30					
									21.0		
Q ^{al+pl} ₃	4	5.00	38.00	12.90		粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物,铁锈染及少量粒径0.2-2.0cm钙核,局部有钙质胶结。					
Q ^{al+pl} ₂	5	2.00	41.00	3.00			砂质胶结:灰白色,坚硬,岩芯呈柱状,短柱状,少量碎块状。				
							粉质粘土:褐黄色,硬塑,含少量铁锰质氧化物及少量钙核,局部夹有钙质胶结,手搓成条。				
Q ^{al+pl} ₁	6	-17.00	60.00	19.00							
中国地震局地球物理勘探中心 外业日期:2022.6.18											
						编制:沈冠豪			校核:范建		

图 6.2-22 21 号孔钻孔柱状图

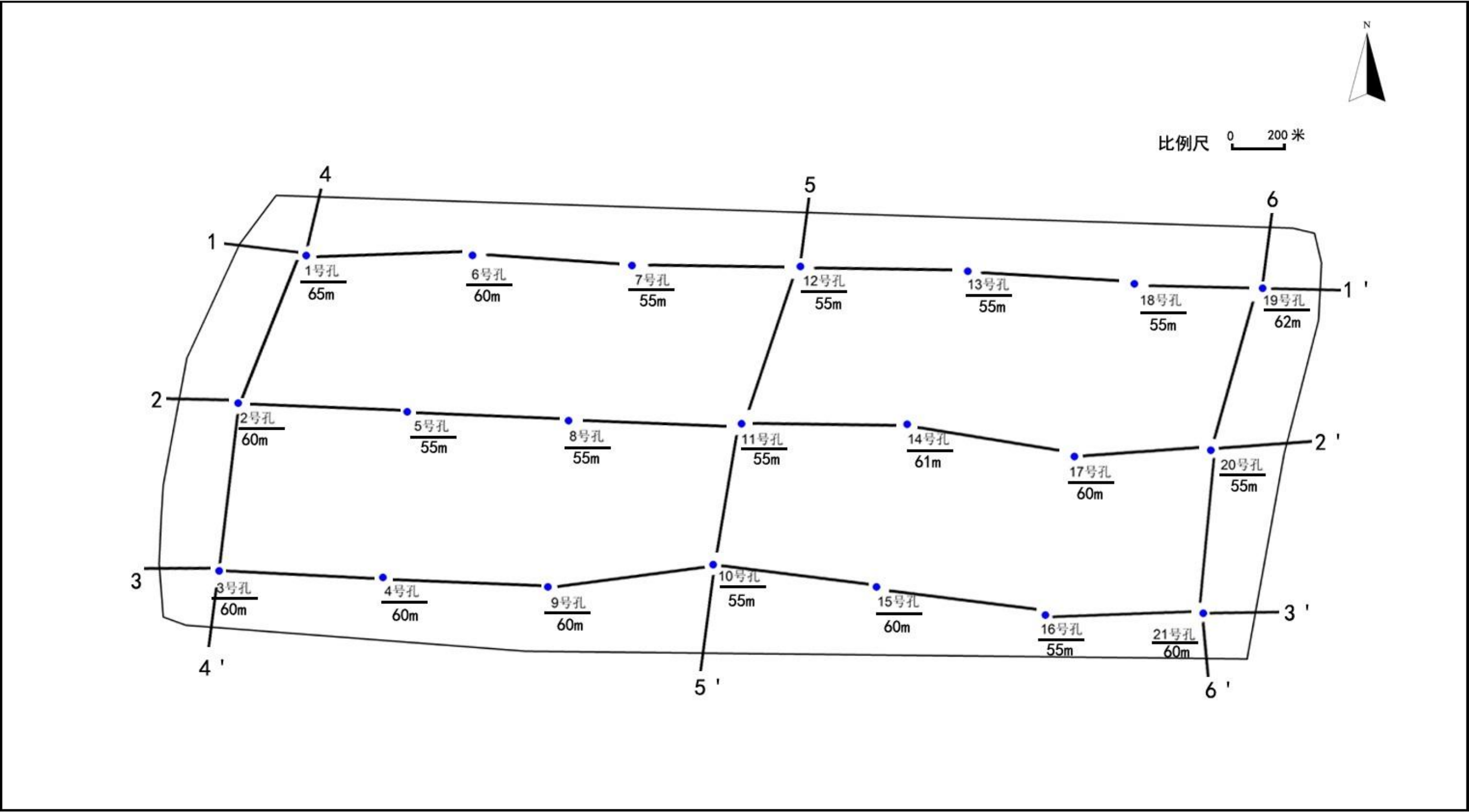
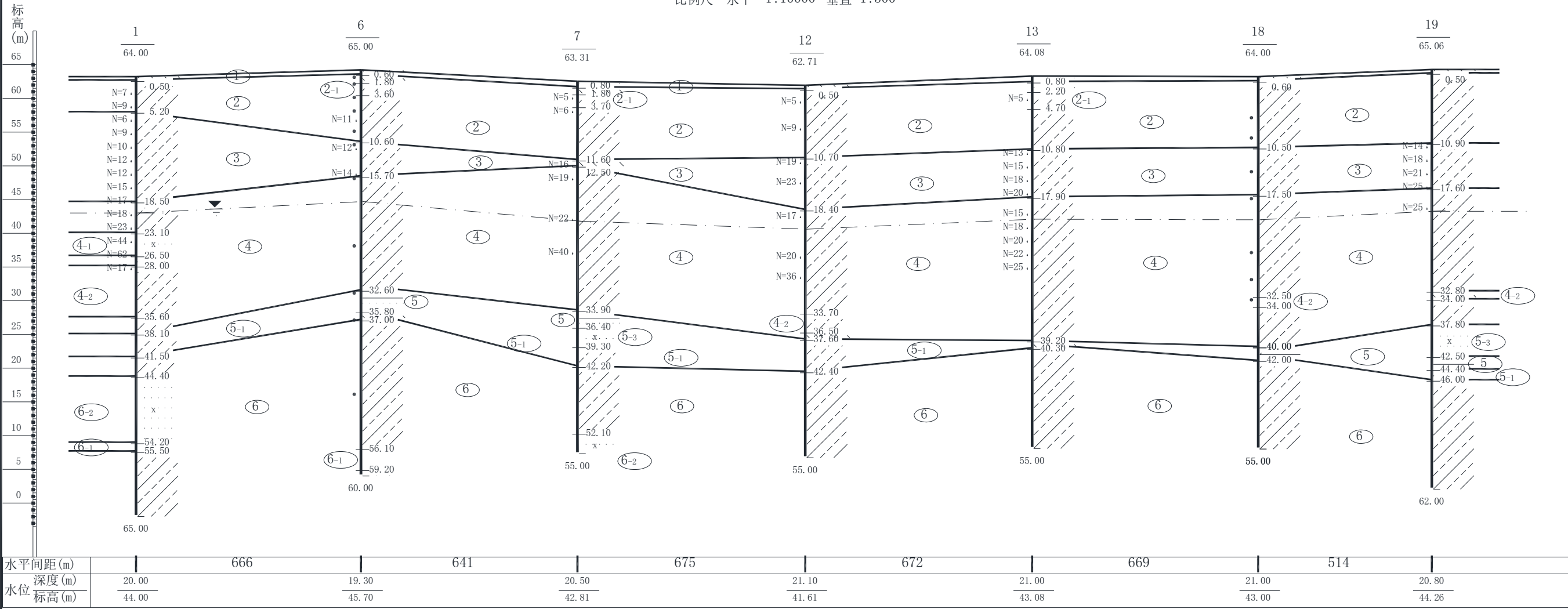


图 6.2-23 目标区地质钻孔平面布置及地质剖面线位置图

工程名称:安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估

1-1'工程地质剖面图

比例尺 水平 1:10000 垂直 1:500



中国地震局地球物理勘探中心

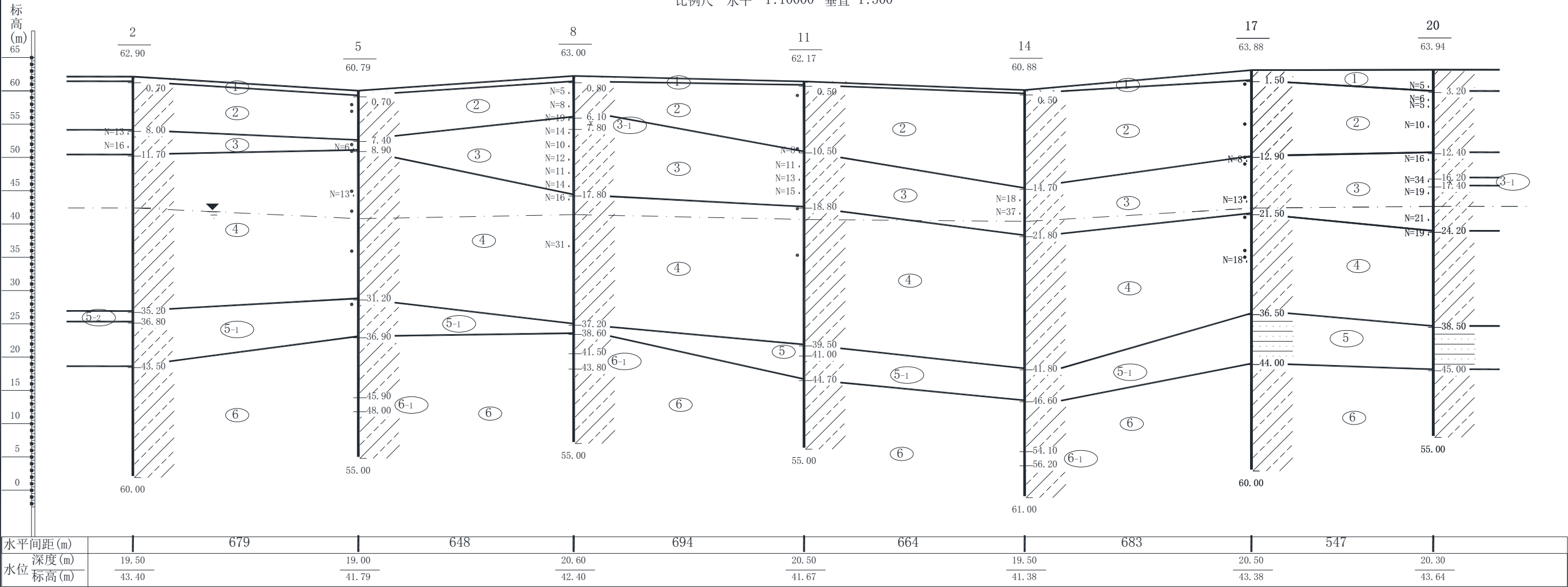
编制: 范建 校核: 沈冠豪

图 6.2-24 1-1' 工程地质剖面图

工程名称:安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估

2-2'工程地质剖面图

比例尺 水平 1:10000 垂直 1:500



中国地震局地球物理勘探中心

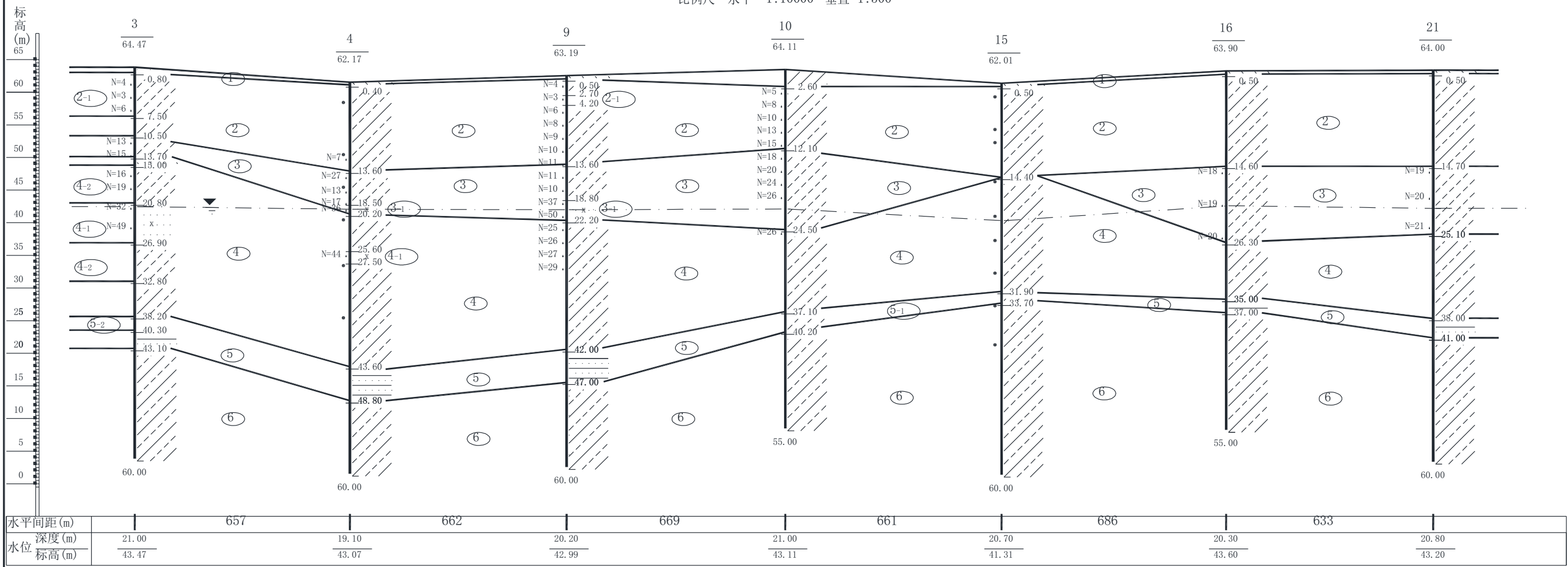
编制: 范建 校核: 沈冠豪

图 6.2-25 2-2' 工程地质剖面图

工程名称:安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估

3-3'工程地质剖面图

比例尺 水平 1:10000 垂直 1:500

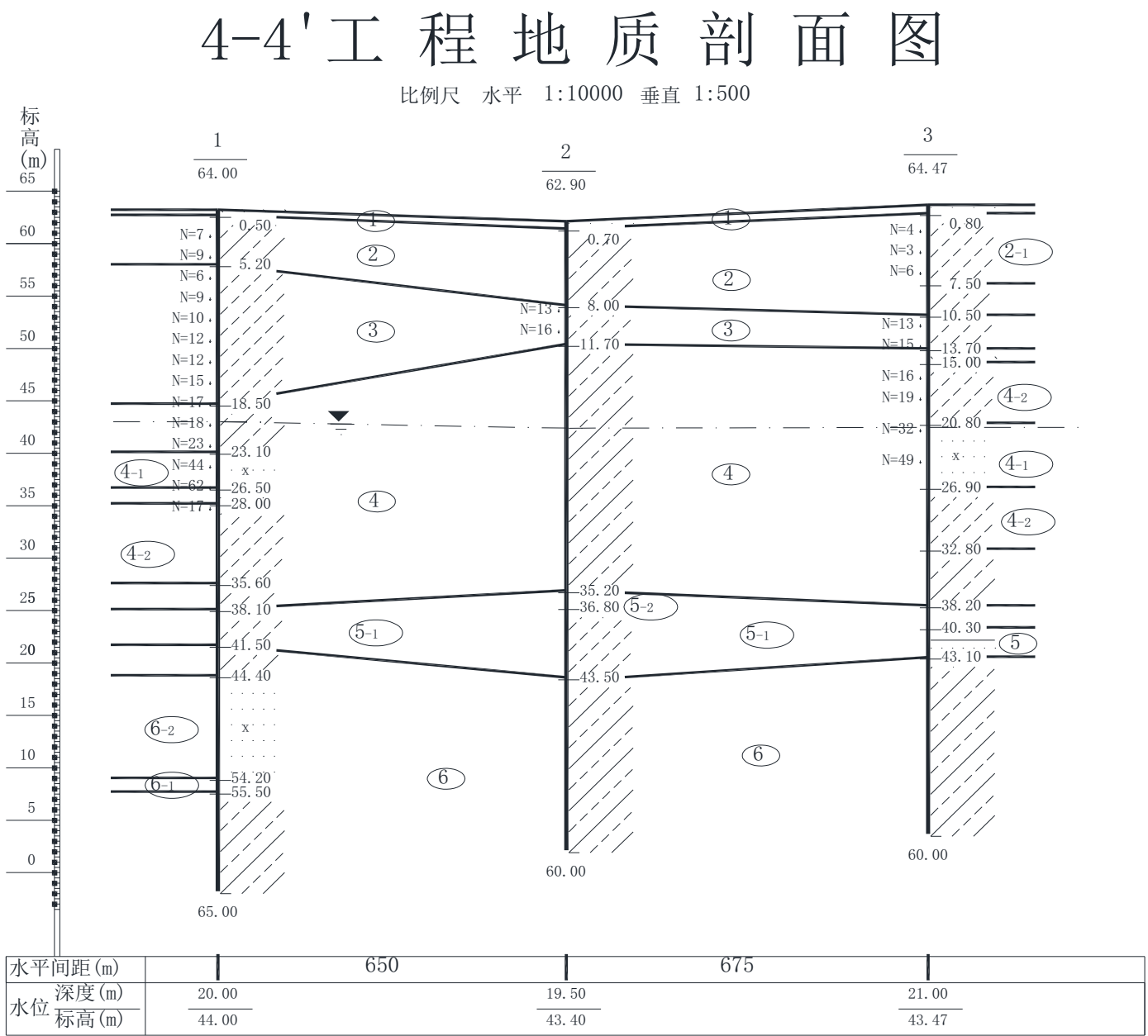


中国地震局地球物理勘探中心

编制: 范建 校核: 沈冠豪

图 6.2-26 3-3' 工程地质剖面图

工程名称:安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估

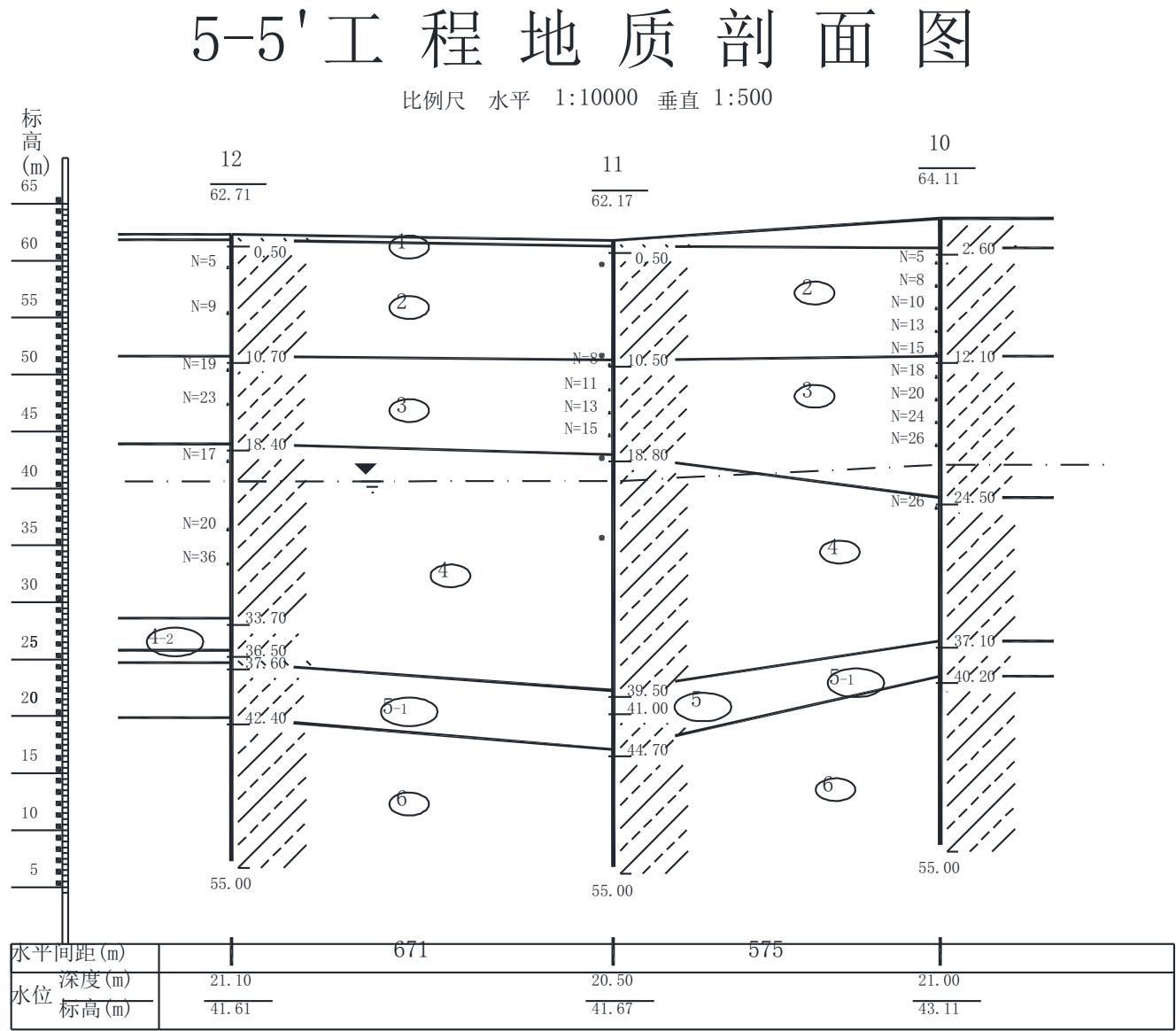


中国地震局地球物理勘探中心

编制: 范建 校核: 沈冠豪

图 6.2-27 4-4' 工程地质剖面图

工程名称:安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估

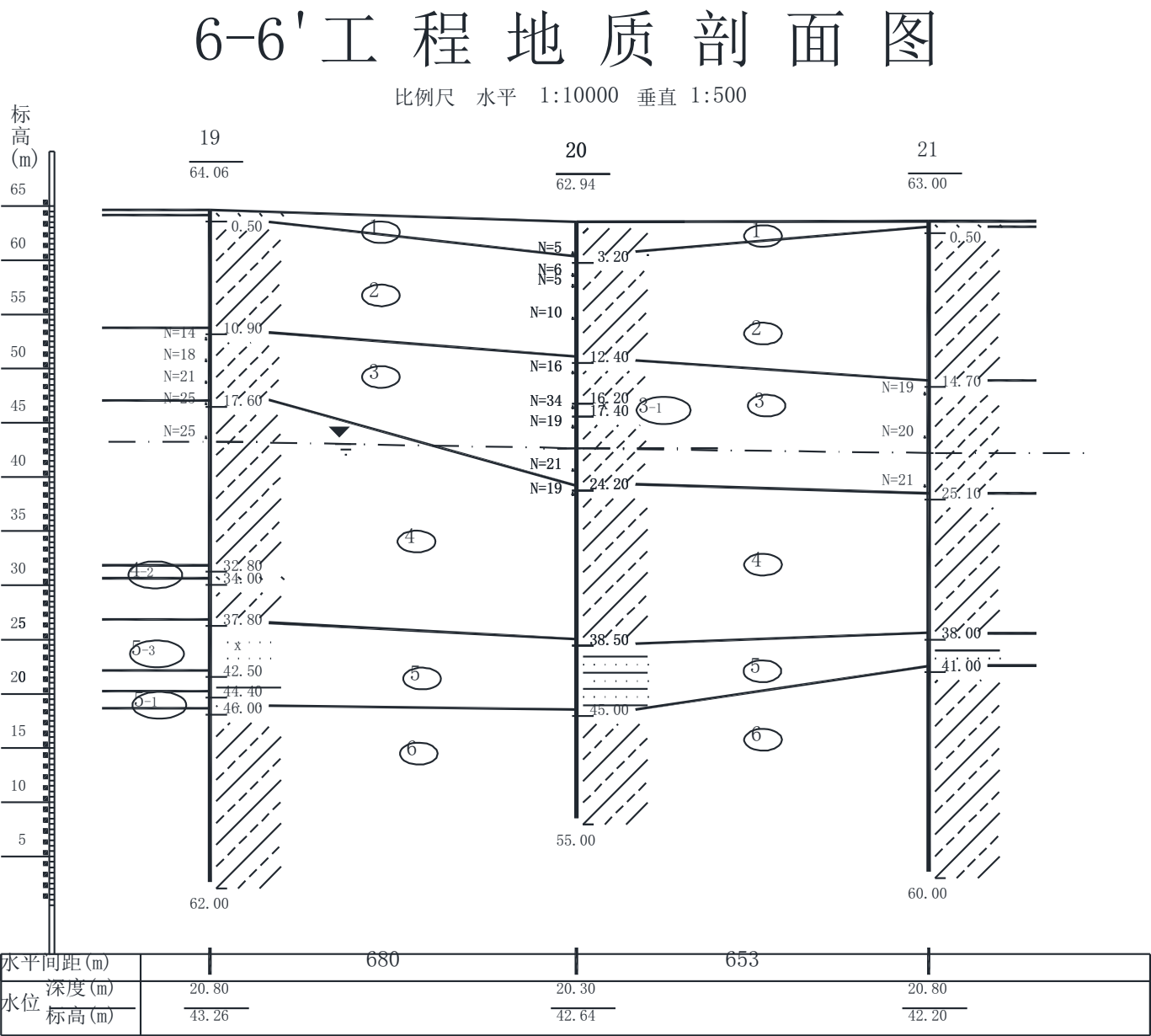


中国地震局地球物理勘探中心

编制: 范建 校核: 沈冠豪

图 6.2-28 5-5' 工程地质剖面图

工程名称:安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估



中国地震局地球物理勘探中心

编制： 范建 校核： 沈冠豪

图 6.2-29 6-6' 工程地质剖面图

6.2.3 目标区三维地层结构模型

根据地质钻探结果，目标区场地地面下 65.0m 深度范围内的地层，根据土层特征及物理力学性质自上而下可划分为 6 层：第 1 层杂填土、第 2 层粉质粘土、第 3 层粉土、第 4 层粉质粘土、第 5 层砂质胶结、第 6 层粉质粘土。目标区内各地层分层岩性描述见报告第 6.2.2 节和附件 2 中地层岩性描述和各钻孔柱状图中的地层岩性描述。

目标区场地所处地貌单元为华北冲洪积平原，场地地势平坦，为第四系地层覆盖区。工程场地及周围无陡坡、基岩出露。场地区域内，大部分为耕地，厂房，一小部分为居民区。场地地形平坦，标高 60.79m~65.06m，最大高差约 4.27m。图 6.2-2 给出了目标区三维地层结构模型，各分层的三维空间分布等值线见图 6.2-3~图 6.2-8。

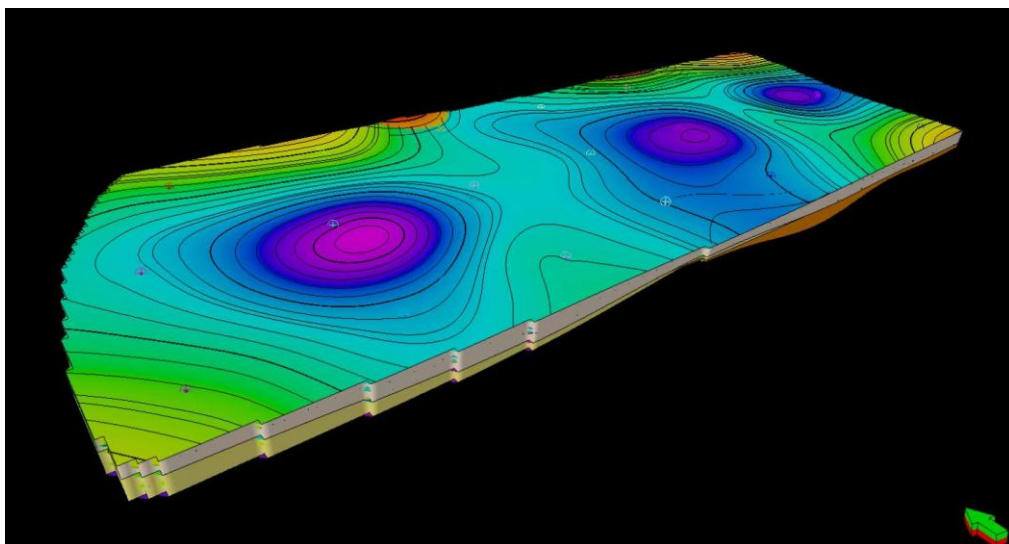


图 6.2-2 安阳新东产业集聚区三维地层结构模型（倾斜视角、Z 轴放大 15 倍）

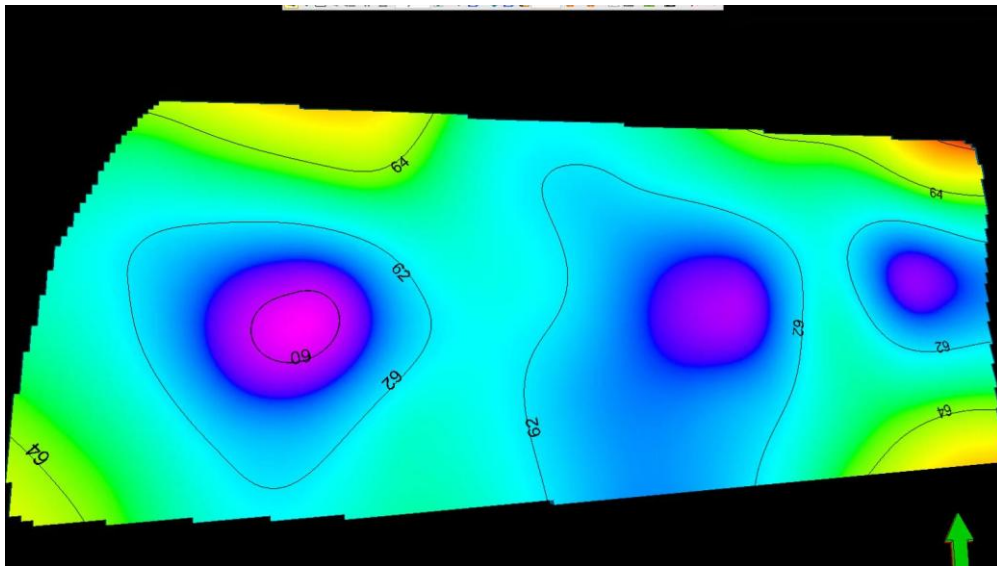


图 6.2-3 第 1 层 Q_4^{ml} 杂填土图分布等值线图

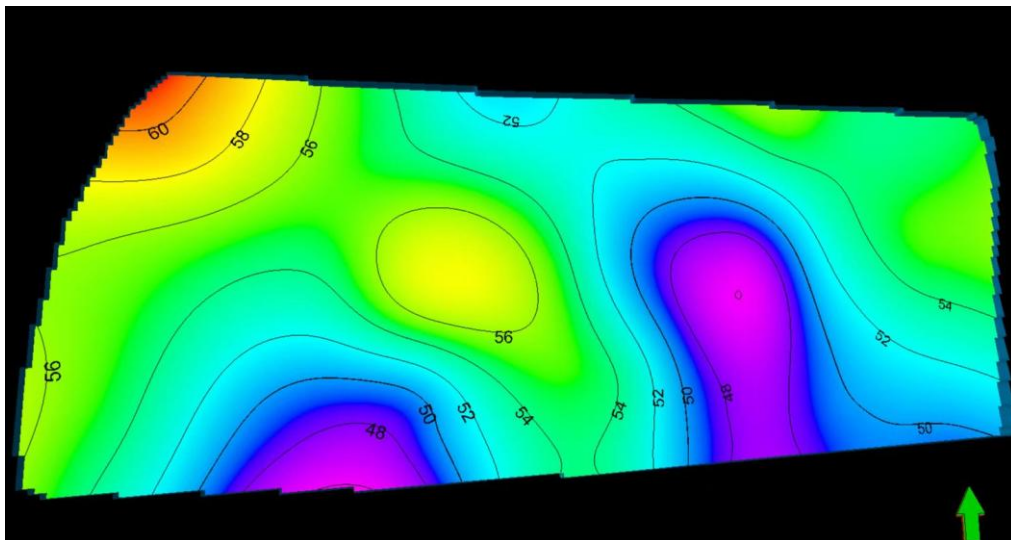


图 6.2-4 第 2 层 Q_4^{al+pl} 粉质粘土分布等值线图

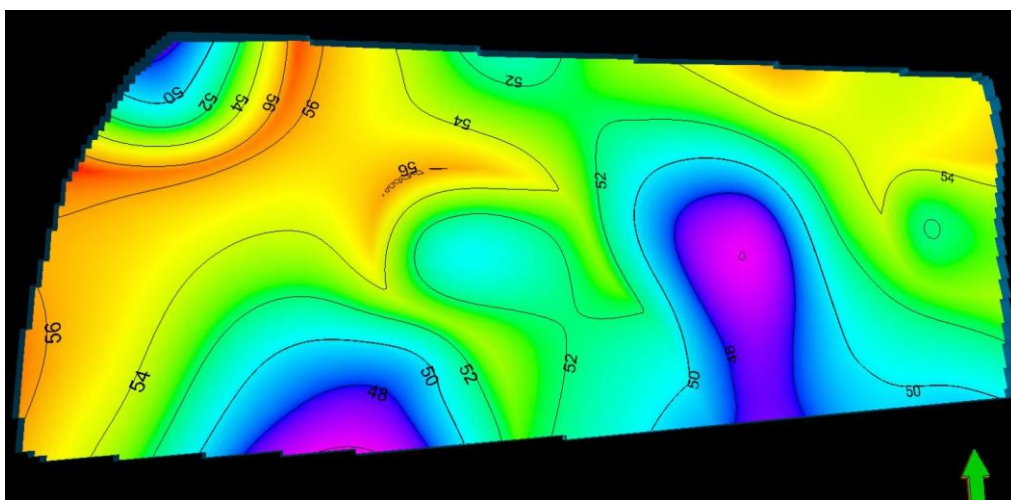


图 6.2-5 第 3 层 Q_3al+pl 粉土分布等值线图

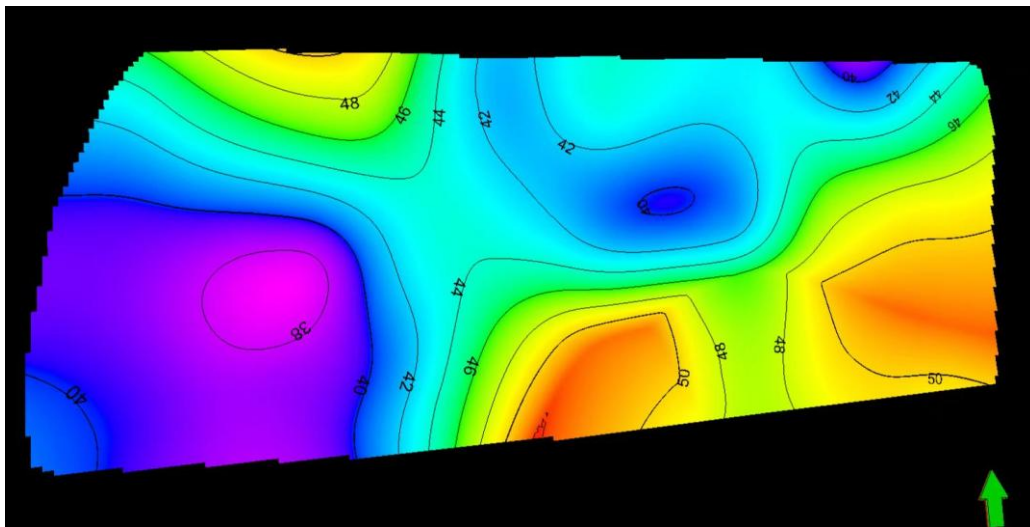


图 6.2-6 第 4 层 $Q_3^{\text{al+pl}}$ 粉质粘土分布等值线图

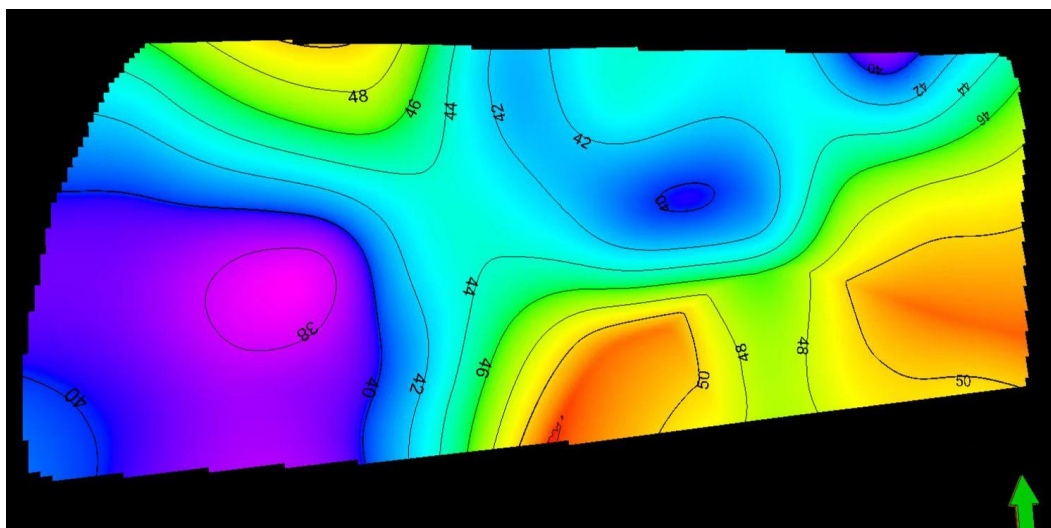


图 6.2-7 第 5 层 $Q_2^{\text{al+pl}}$ 砂质胶结分布等值线图

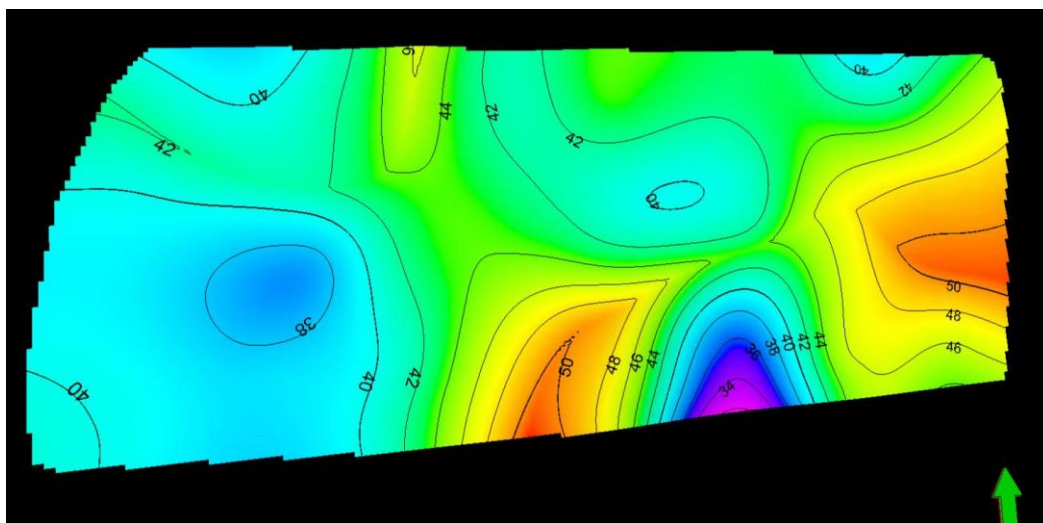


图 6.2-8 第 6 层 $Q_1^{\text{al+pl}}$ 粉质粘土分布等值线图

6.3 目标区水文地质条件

(1) 地表水

勘察期间场地内未见地表水。

(2) 地下水

根据区域数据及本次勘察结果, 场地内地下水为第四系潜水。勘探期间地下水水位埋深在现地面下 19.00~21.10m 之间。地下水水位主要受季节性降雨和地表水体补给影响, 排泄方式主要为人工开采排泄, 其动态变化主要受季节性降水的影响, 从 7 月中旬至 10 月上旬是每年丰水期, 每年 12 月至来年 2 月为枯水期。通过调查了解, 该区域地下水年变幅 1.0~2.0m 左右。根据安阳市地震局 30 年来在该地的地下水监测记录, 历史最高水位埋深约 12.00m。

6.4 场地剪切波速测试及建筑场地类别分区

6.4.1 剪切波速测试

根据本次钻孔资料, 目标区范围内地层沉积有序。为详细了解目标区的场地类别和为场地土层动力反应分析计算时建立模型提供参数, 6 月 14 日至 6 月 25 日对目标区范围内钻孔进行波速测试, 本次波速测试采用北京中地远大勘测科技有限公司生产的 ZD-18 综合式波速测试仪, 测试方法采用检层法, 测试点距为 1m。共有 21 个地质钻孔取得了实测剪切波速成果, 测试结果见表 6.4-1~表 6.4-2, 以及图 6.4-1~6.4-21。(剪切波速测试报告详见本项目报告附件 3。)

表 6.4-1 1 号孔~11 号孔剪切波速测试结果汇总表

孔号 孔深	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	171	187	179	178	185	183	178	181	214	185	165
2	174	189	174	185	180	178	185	185	197	193	168
3	170	181	185	180	195	195	178	196	203	188	156
4	174	195	221	178	190	203	190	193	197	197	163
5	221	211	234	195	199	221	193	208	221	190	178
6	234	199	203	199	183	242	183	259	234	188	179
7	227	192	197	185	210	260	195	250	203	214	195
8	269	214	214	201	198	259	183	208	197	221	188
9	252	242	197	227	208	277	227	208	214	215	221
10	283	259	278	219	214	290	250	242	197	234	242
11	292	259	300	215	278	313	259	288	235	250	242
12	292	268	326	210	278	326	357	313	275	259	226
13	326	288	341	258	278	326	341	313	295	268	275

孔号 孔深	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	278	268	300	278	288	288	357	268	317	234	275
15	300	242	259	259	300	268	368	326	355	242	288
16	301	250	326	268	259	268	326	375	365	242	288
17	341	250	375	341	288	268	357	395	395	259	295
18	357	288	288	375	341	259	313	413	367	259	341
19	341	300	300	395	341	268	326	413	395	326	341
20	319	341	300	317	300	313	313	395	417	341	395
21	353	341	313	317	375	326	375	417	375	341	341
22	346	375	326	341	375	326	417	395	395	375	395
23	378	395	341	395	357	357	357	441	441	375	375
24	375	441	326	375	395	375	375	375	417	395	395
25	391	417	341	375	500	441	395	441	417	417	395
26	439	417	375	395	441	469	375	417	441	375	395
27	417	441	395	395	441	469	441	417	441	395	469
28	450	441	395	417	500	441	469	495	469	395	469
29	490	469	417	441	469	481	417	469	469	417	441
30	460	469	441	477	441	496	417	441	469	395	441
31	476	441	469	495	417	477	441	441	437	417	475
32	469	469	417	495	469	486	417	457	495	417	475
33	485	510	536	457	518	524	469	475	495	469	455
34	510	577	536	536	536	582	469	495	477	495	495
35	505	510	577	505	536	525	536	467	461	521	441
36	577	577	625	577	500	536	536	533	525	577	536
37	577	504	625	577	500	569	500	682	536	510	500
38	541	500	750	503	536	569	536	682	577	525	536
39	557	625	682	577	500	625	500	625	577	577	536
40	541	577	750	577	500	536	536	536	569	536	512
41	569	512	750	536	536	569	500	577	577	536	536
42	577	503	750	500	625	500	625	536	577	500	536
43	577	625	625	500	625	500	577	536	625	577	500
44	682	750	625	536	750	500	536	750	625	577	577
45	634	682	682	682	750	569	536	625	625	500	536
46	750	500	682	536	625	569	536	625	577	511	536
47	682	536	536	625	833	625	577	682	750	536	500
48	682	577	577	500	625	750	536	536	750	577	833
49	682	503	625	536	500	625	536	625	682	536	750
50	938	506	682	577	536	500	536	577	638	506	833
51	833	500	750	577	536	625	682	750	771	500	750
52	682	536	682	577	500	625	833	577	938	536	833
53	833	536	750	625	536	536	833	577	750	577	833

孔号 孔深	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
54	938	577	682	682		536	938	833	833	536	938
55	842	682	682	625		625			750		
56	833	625	625	625		833			750		
57	938	625	625	536		577			750		
58	938	625	577	536		682			771		
59	833	682	682	625		750			771		
60	833										
61	938										
62	938										
63	833										
64	833										

表 6.4-2 12 号孔-21 号孔剪切波速测试结果汇总表

孔号 孔深	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	165	168	177	170	179	153	178	157	175	178
2	171	175	185	165	169	156	165	185	168	181
3	153	156	160	177	170	153	188	175	197	195
4	156	171	171	185	174	179	195	179	179	172
5	179	185	184	167	174	170	205	195	194	199
6	197	191	163	179	179	192	211	193	208	195
7	203	197	197	203	183	204	234	203	192	215
8	225	205	214	193	201	197	243	221	203	199
9	195	234	197	218	195	192	230	221	215	191
10	230	250	231	214	223	250	226	215	250	223
11	208	268	216	275	214	278	249	233	278	212
12	268	268	250	213	205	300	266	223	268	238
13	300	250	222	227	263	283	275	278	278	208
14	300	278	248	259	263	278	295	278	288	250
15	313	259	257	288	294	313	305	288	278	268
16	288	259	300	359	313	278	329	268	259	238
17	313	326	288	334	333	268	367	268	278	259
18	341	375	288	378	313	314	359	327	313	278
19	313	441	375	388	341	350	341	321	341	257
20	357	400	357	378	326	350	341	359	357	295
21	357	417	357	378	357	334	355	350	357	317
22	357	417	375	359	357	350	355	334	367	345
23	341	395	375	359	375	341	341	341	369	332
24	313	441	369	378	405	395	369	378	417	341
25	326	388	375	441	383	417	384	357	413	367
26	375	468	395	417	395	417	384	375	441	341

孔号 孔深	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
27	375	457	426	400	385	395	391	375	475	375
28	395	441	426	468	366	395	455	417	457	395
29	469	441	457	468	429	417	456	430	495	375
30	469	469	469	478	405	395	456	450	467	441
31	441	441	417	488	455	417	460	495	441	469
32	475	441	400	493	395	475	484	475	475	495
33	457	469	436	466	429	475	460	495	495	495
34	441	469	475	441	484	495	484	469	481	495
35	475	536	469	500	455	467	515	525	517	441
36	536	510	535	536	517	536	505	525	525	525
37	502	536	569	577	500	536	523	577	536	500
38	503	512	577	577	517	500	549	536	536	577
39	536	536	577	525	556	536	518	536	536	625
40	536	500	504	577	600	536	556	577	500	682
41	682	536	577	500	577	500	536	625	625	625
42	536	625	536	536	600	536	577	750	625	625
43	536	682	469	536	577	536	556	625	682	577
44	577	833	500	500	556	577	536	682	682	536
45	505	500	536	500	600	577		682	750	536
46	505	682	500	536	577	536		625	682	536
47	536	750	536	536	600	577		682	625	682
48	577	682	625	536	577	625		625	682	625
49	682	577	682	577	625	536		682	625	577
50	750	500	682	500		682		536	682	625
51	682	536	625	500		938		536	682	682
52	536	536	536	536		625		625	625	938
53	577	536	577	577		536		577	577	938
54	577	577	536	625		625		682	625	833
55			577	625		577		577		750
56			682	682		682		682		750
57			750	625		750		750		682
58			833	625		833		833		625
59			833	625		536		577		625
60			750					536		
61								536		

单孔剪切波波速测试-成果图

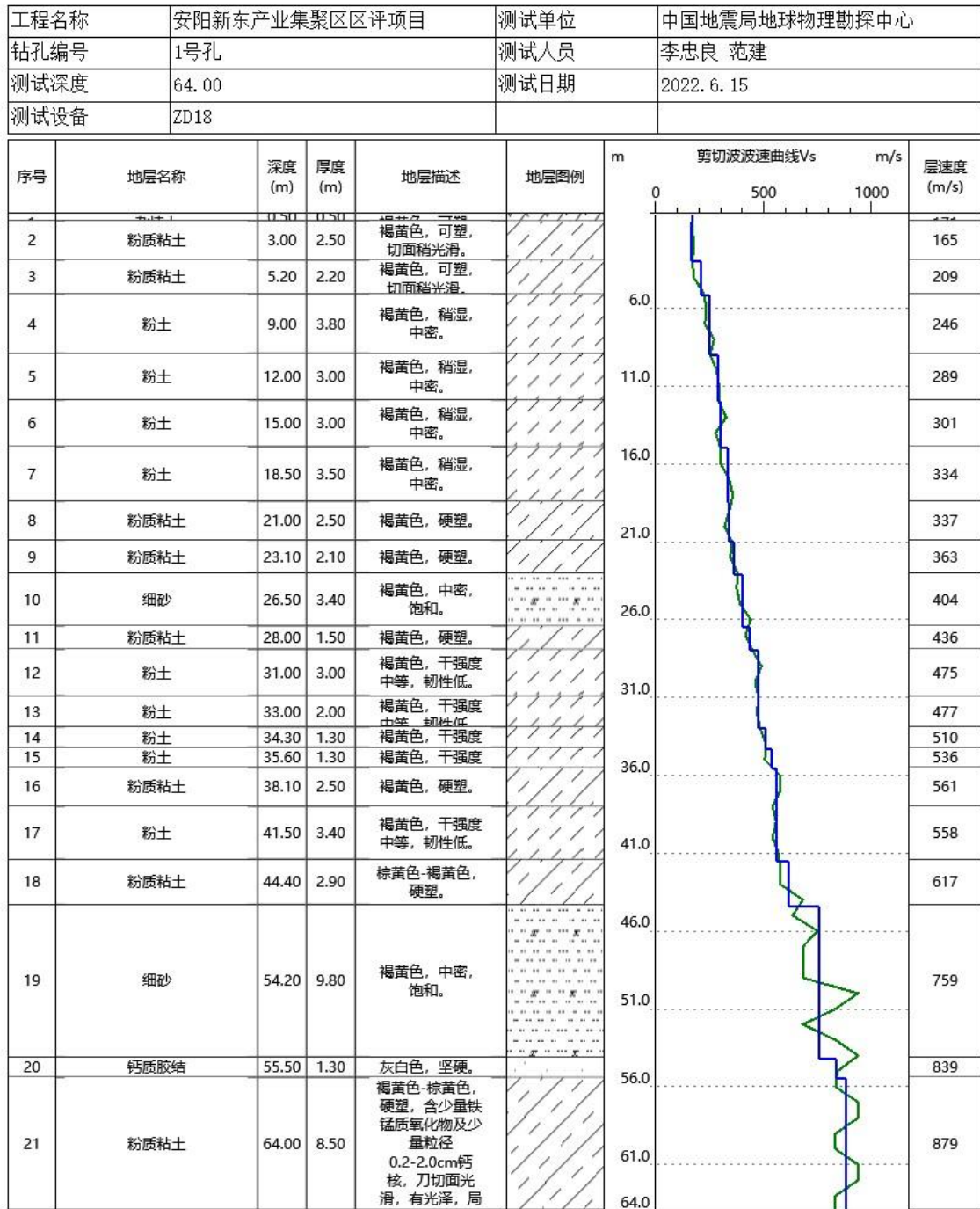


图 6.4-1 1 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

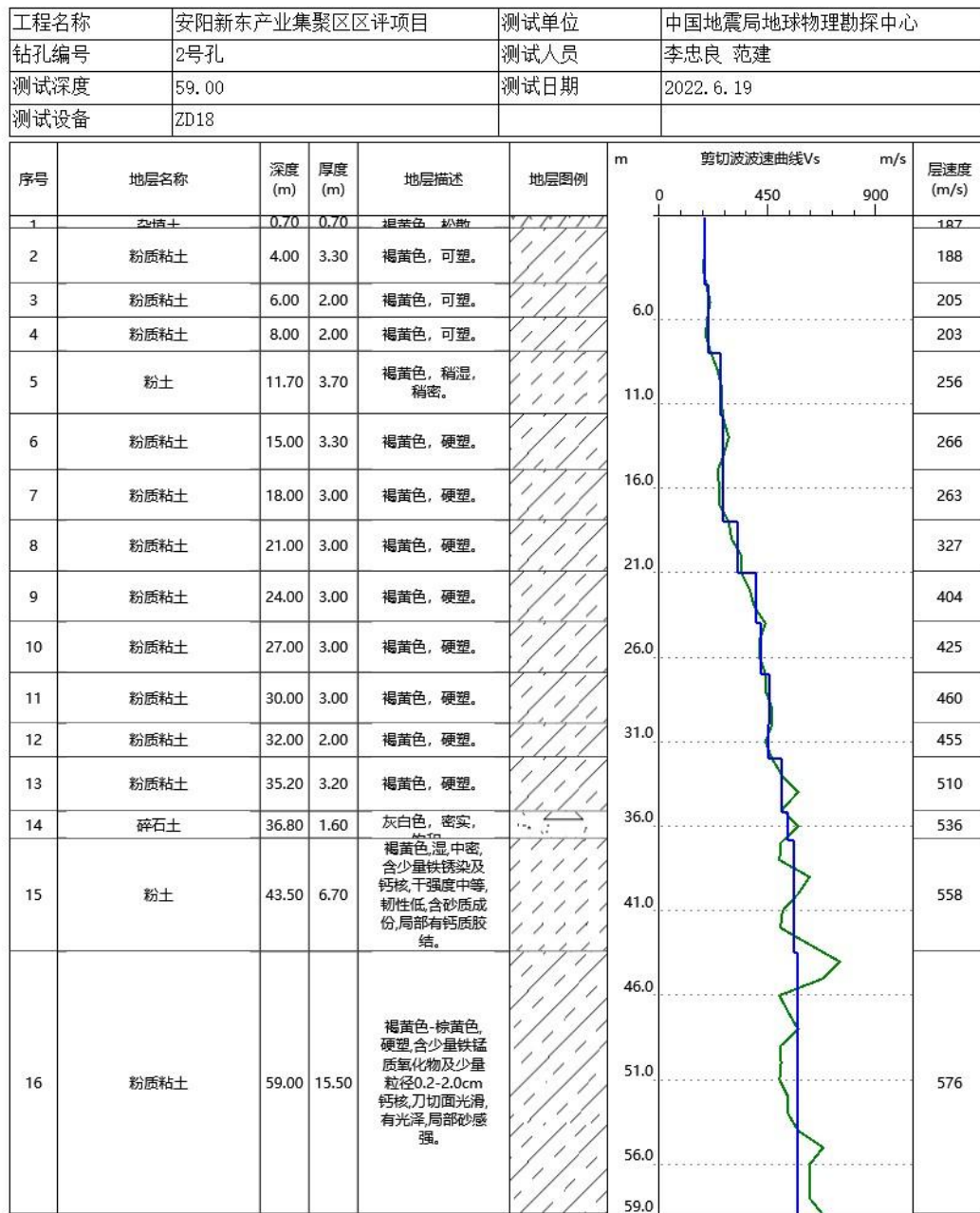


图 6.4-2 2 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

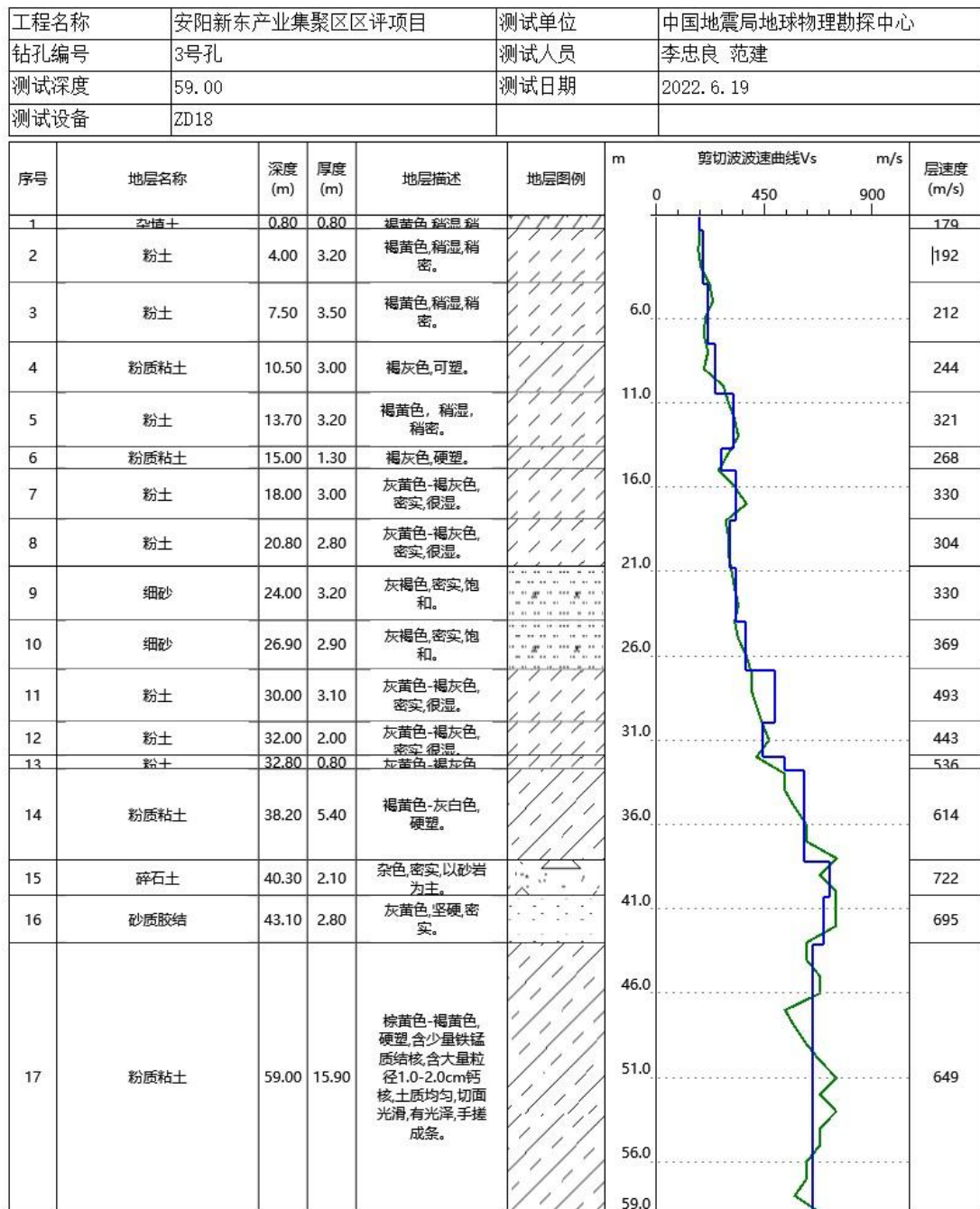


图 6.4-3 3 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

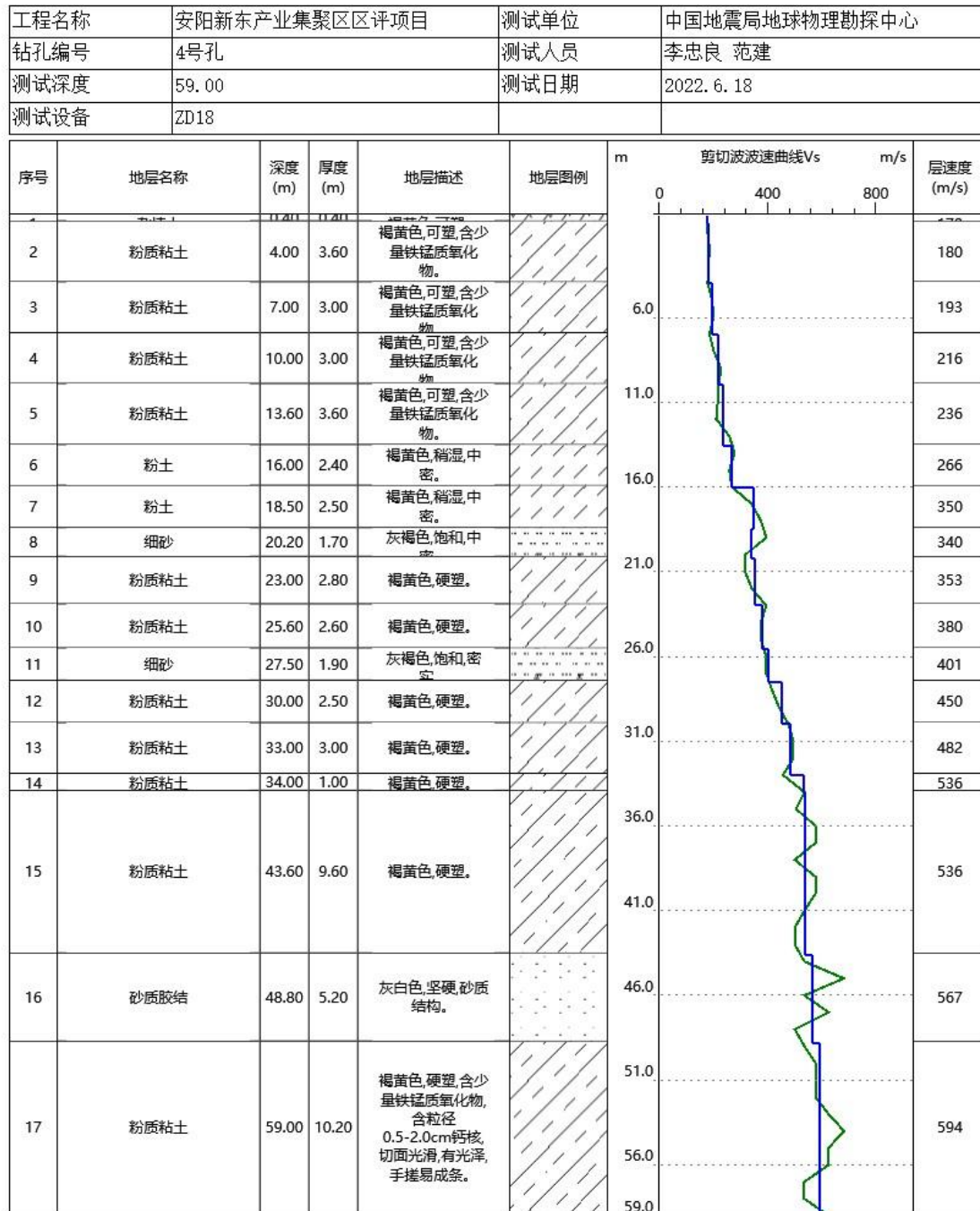


图 6.4-4 4 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

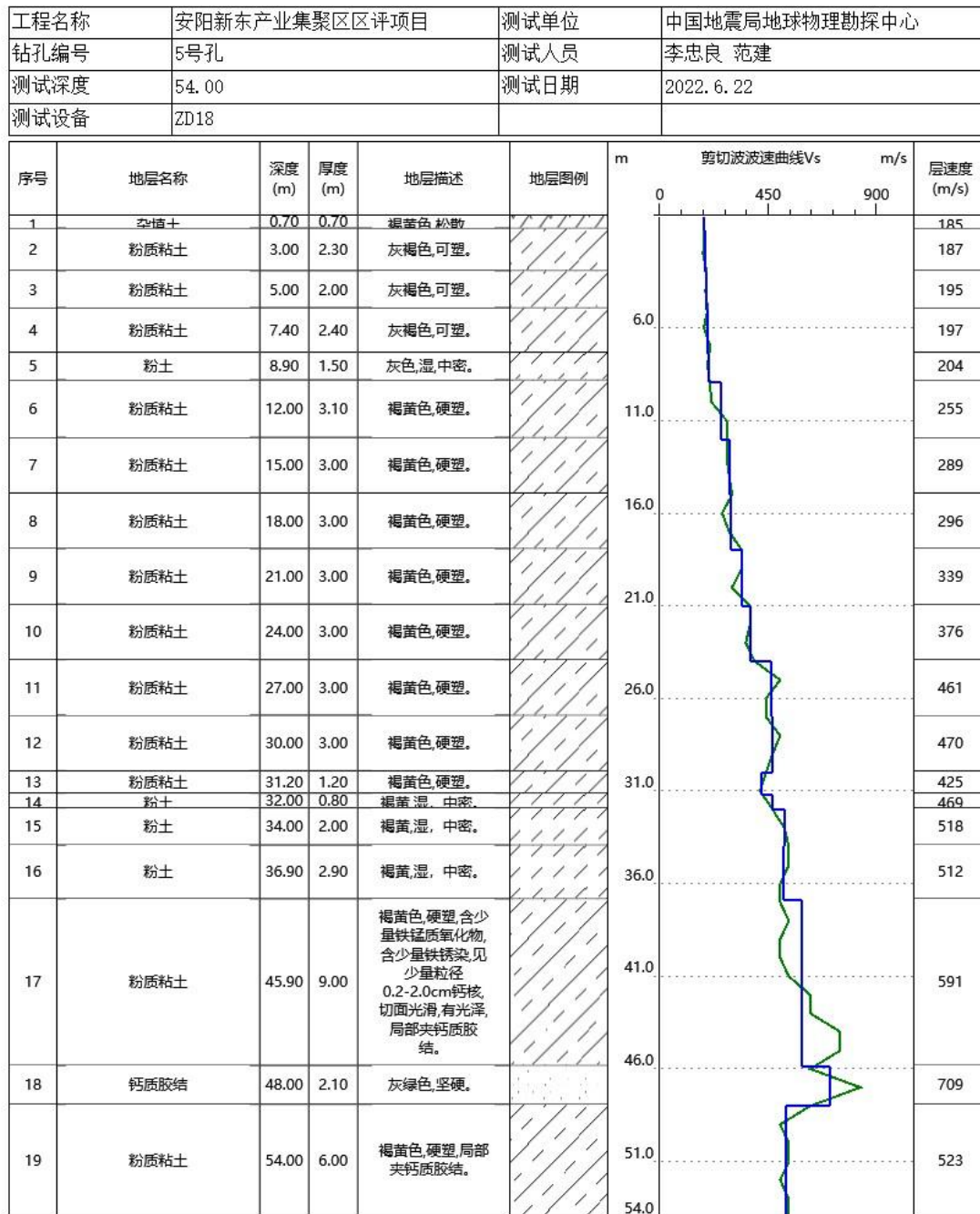


图 6.4-5 5 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

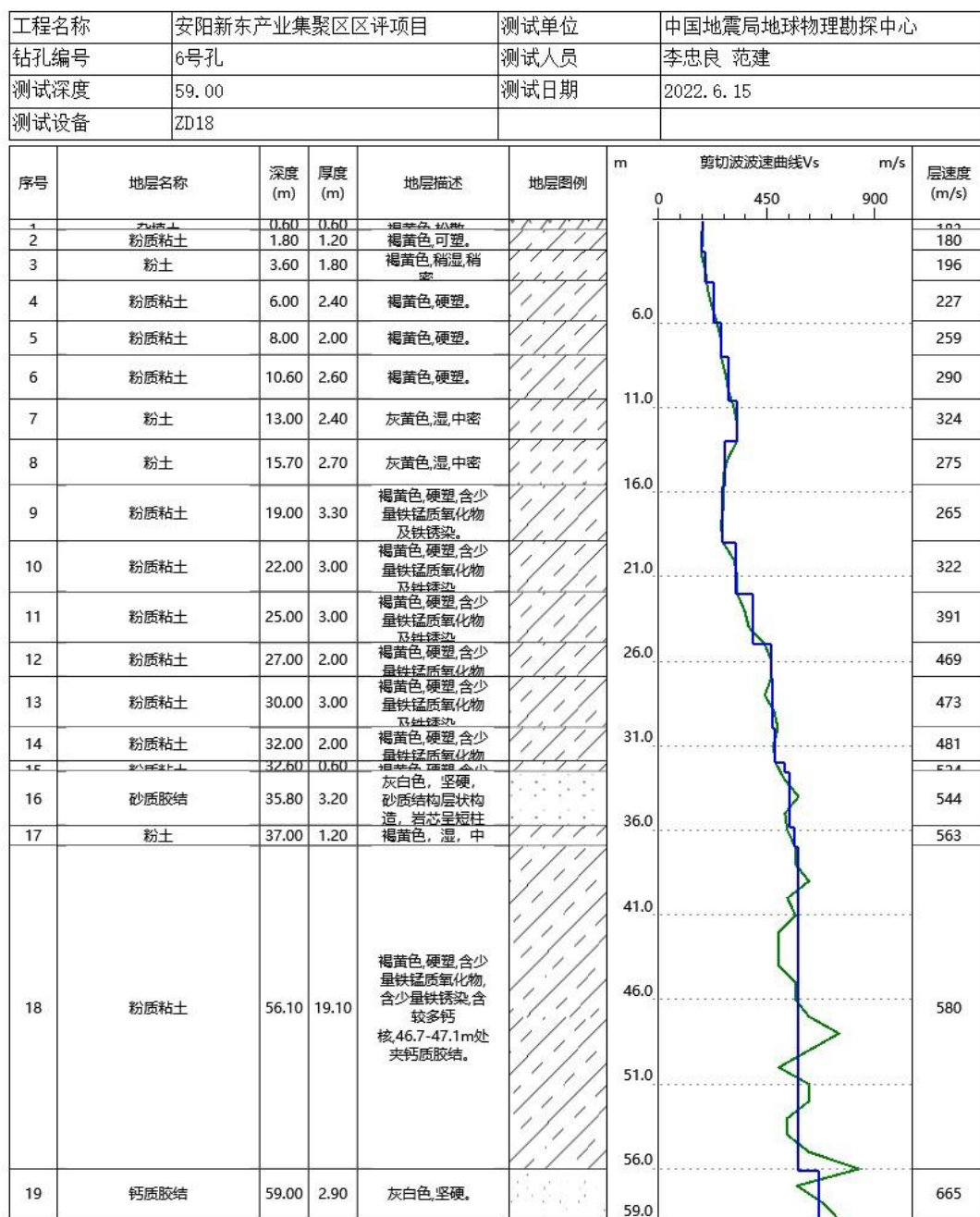


图 6.4-6 6 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

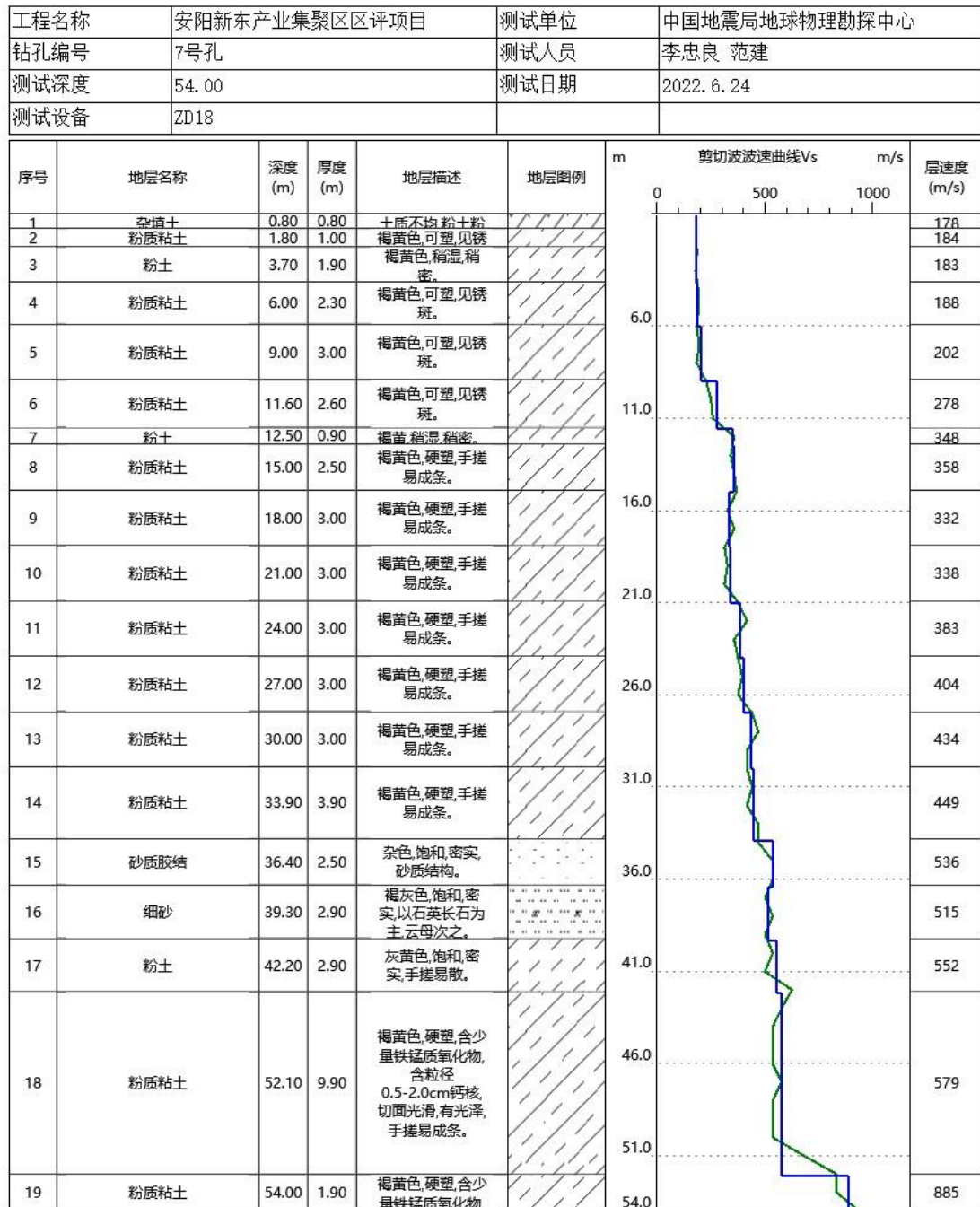


图 6.4-7 7 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

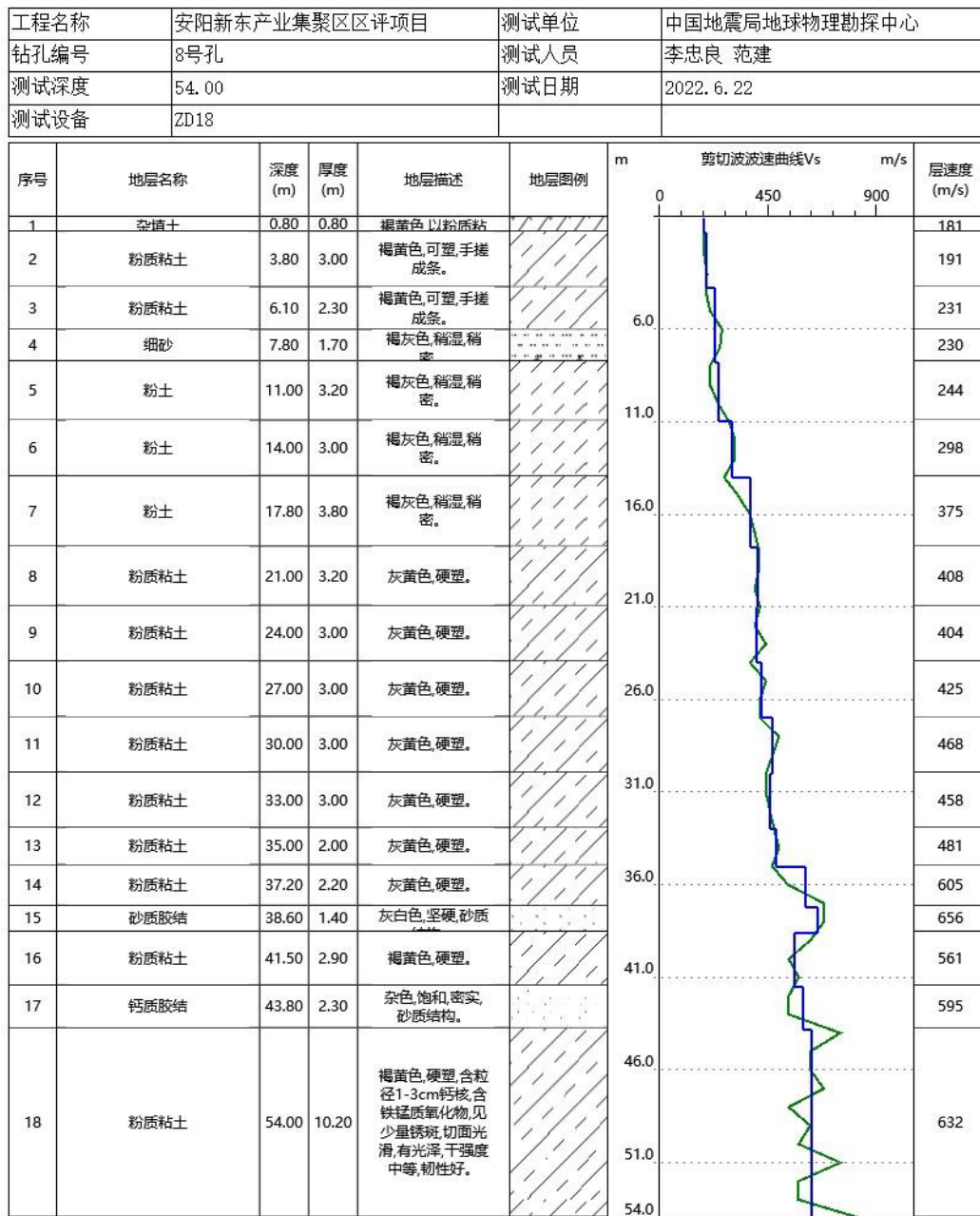


图 6.4-8 8 号孔剪切波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

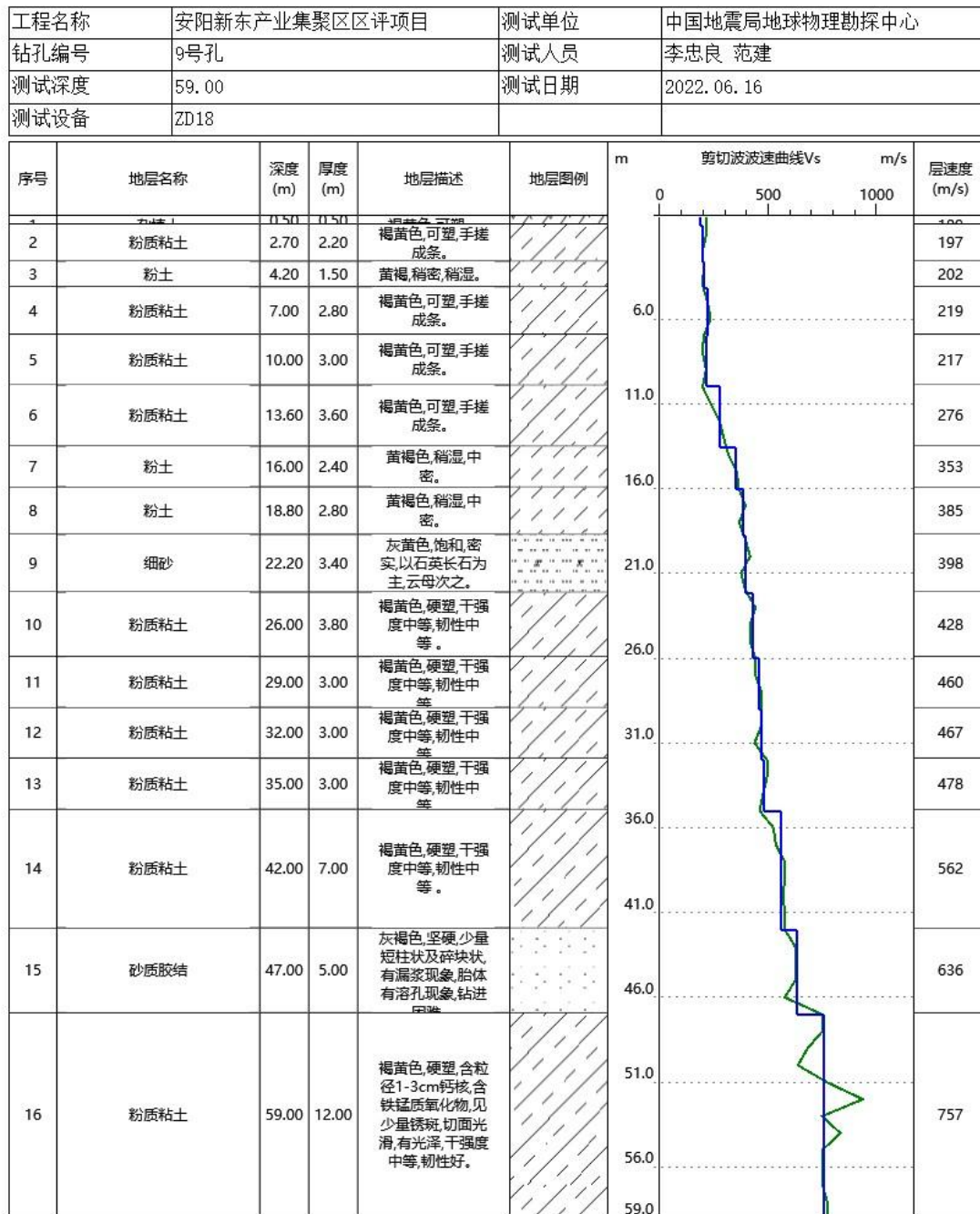


图 6.4-9 9 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

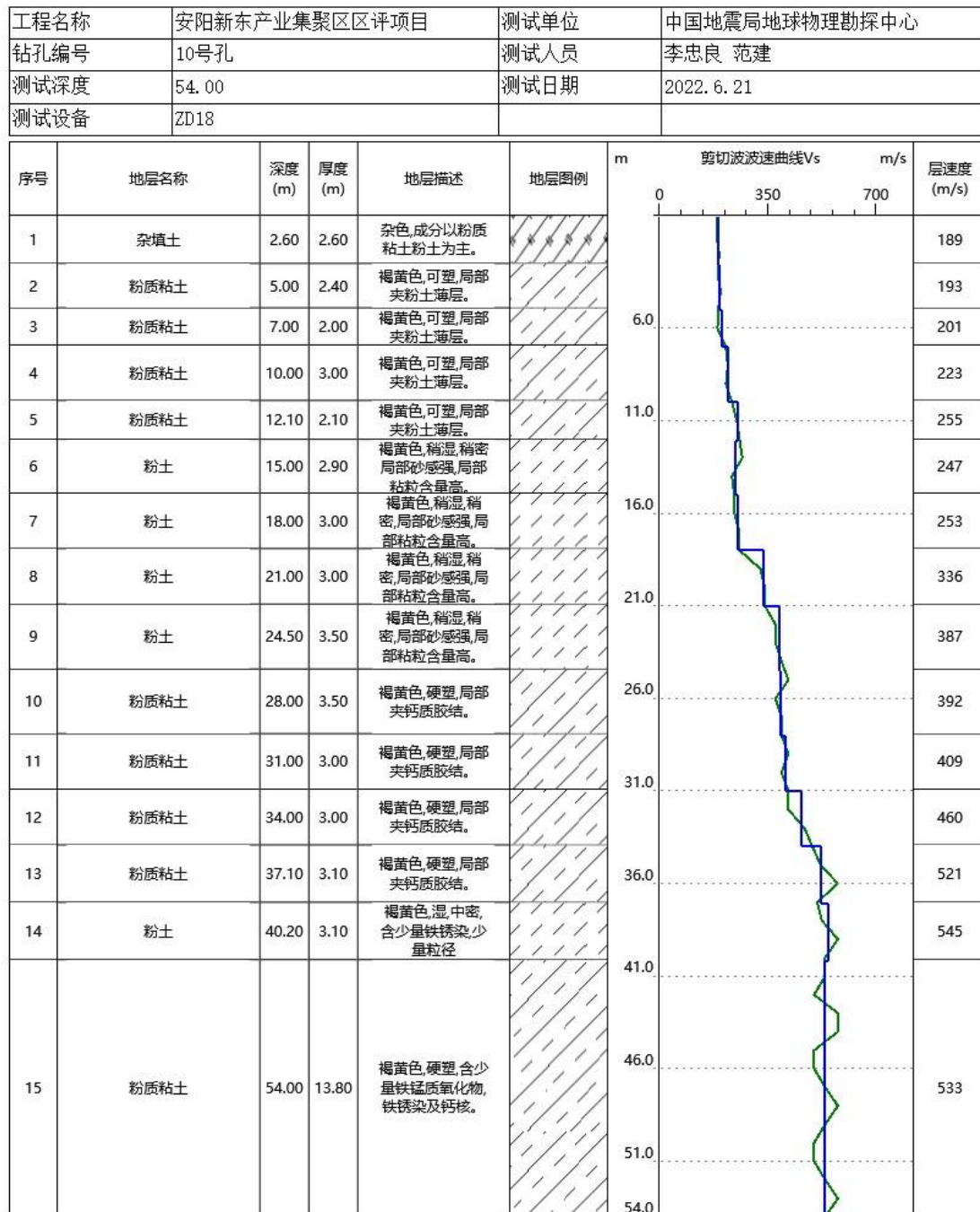


图 6.4-10 10 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

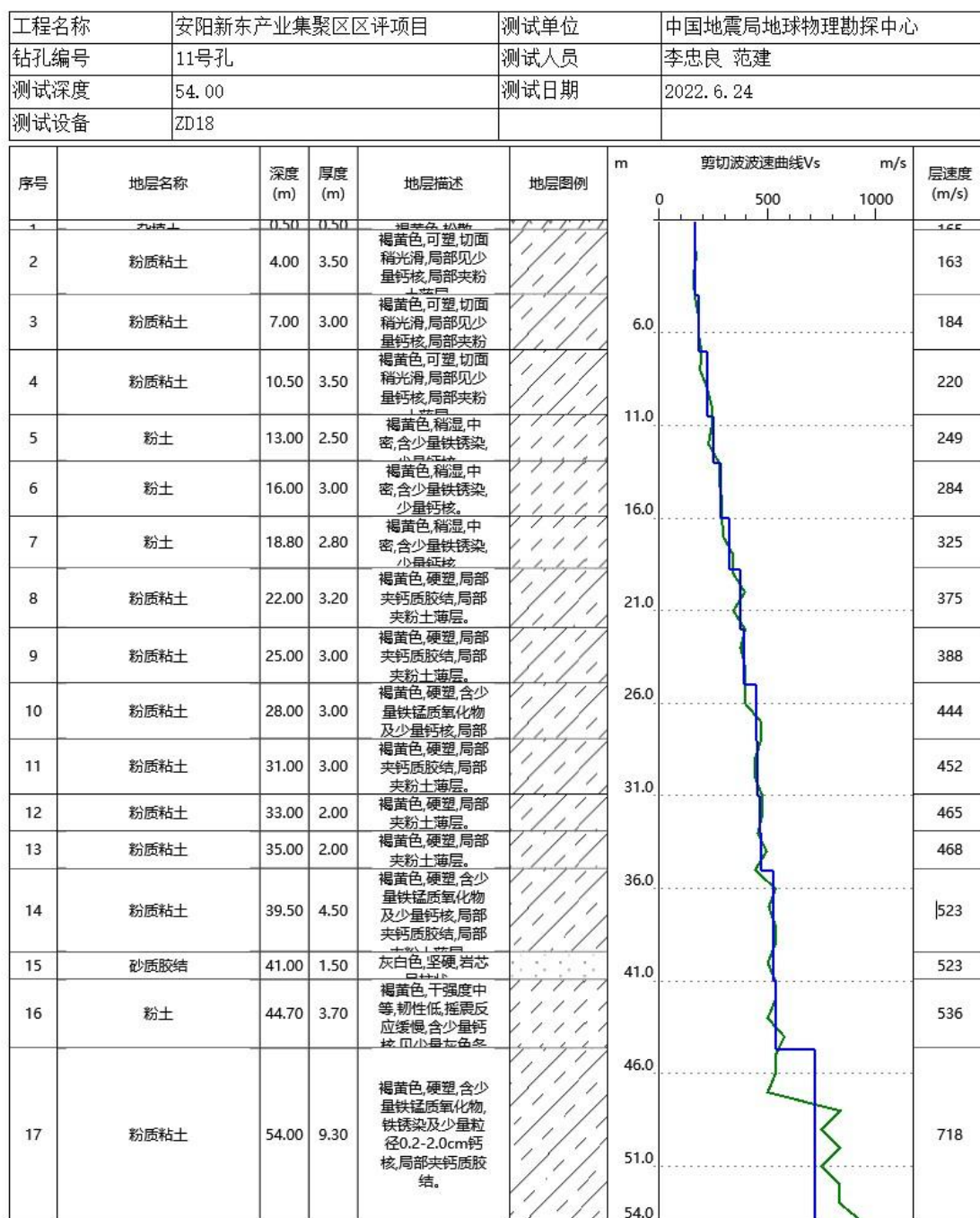


图 6.4-11 11 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

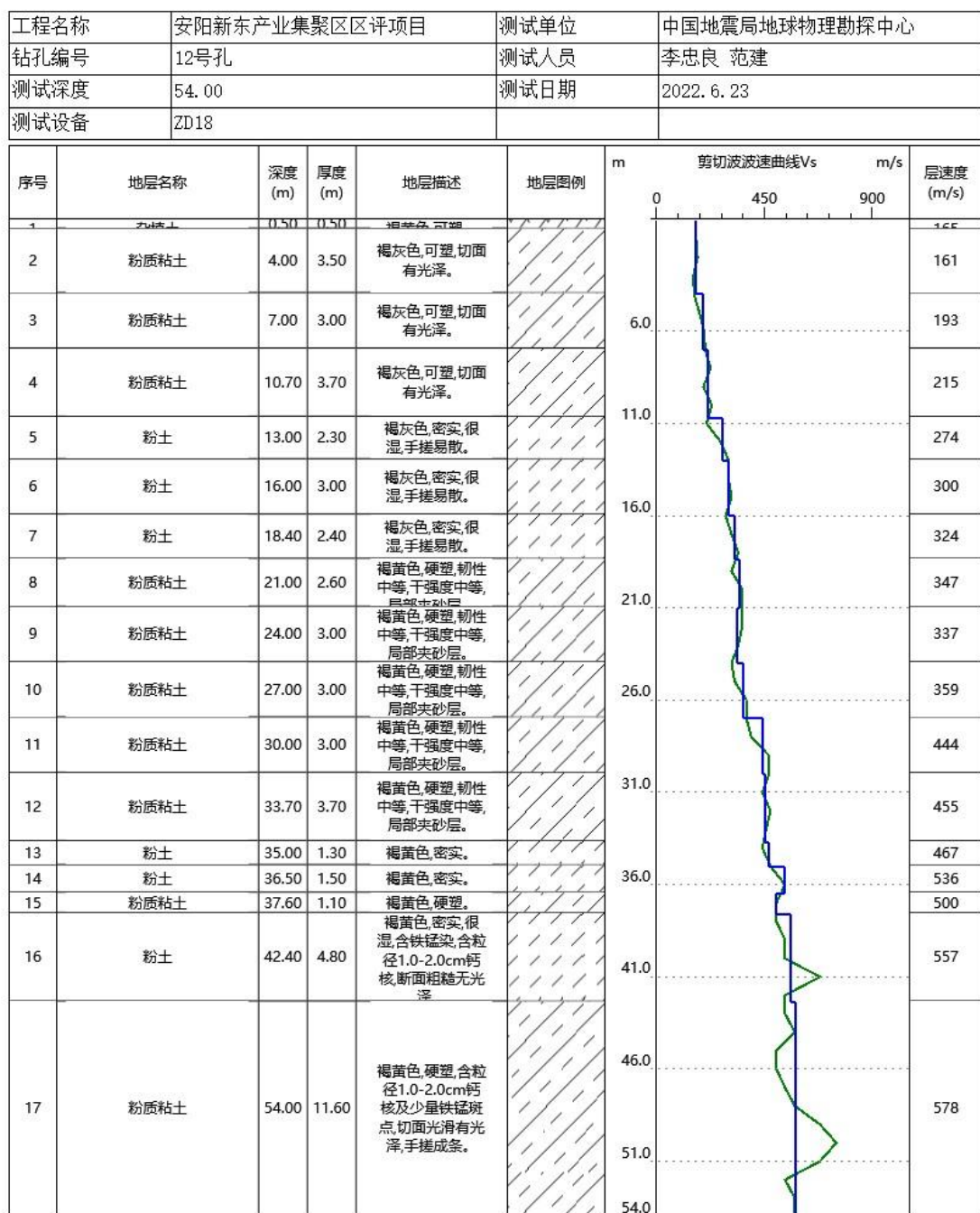


图 6.4-12 12 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

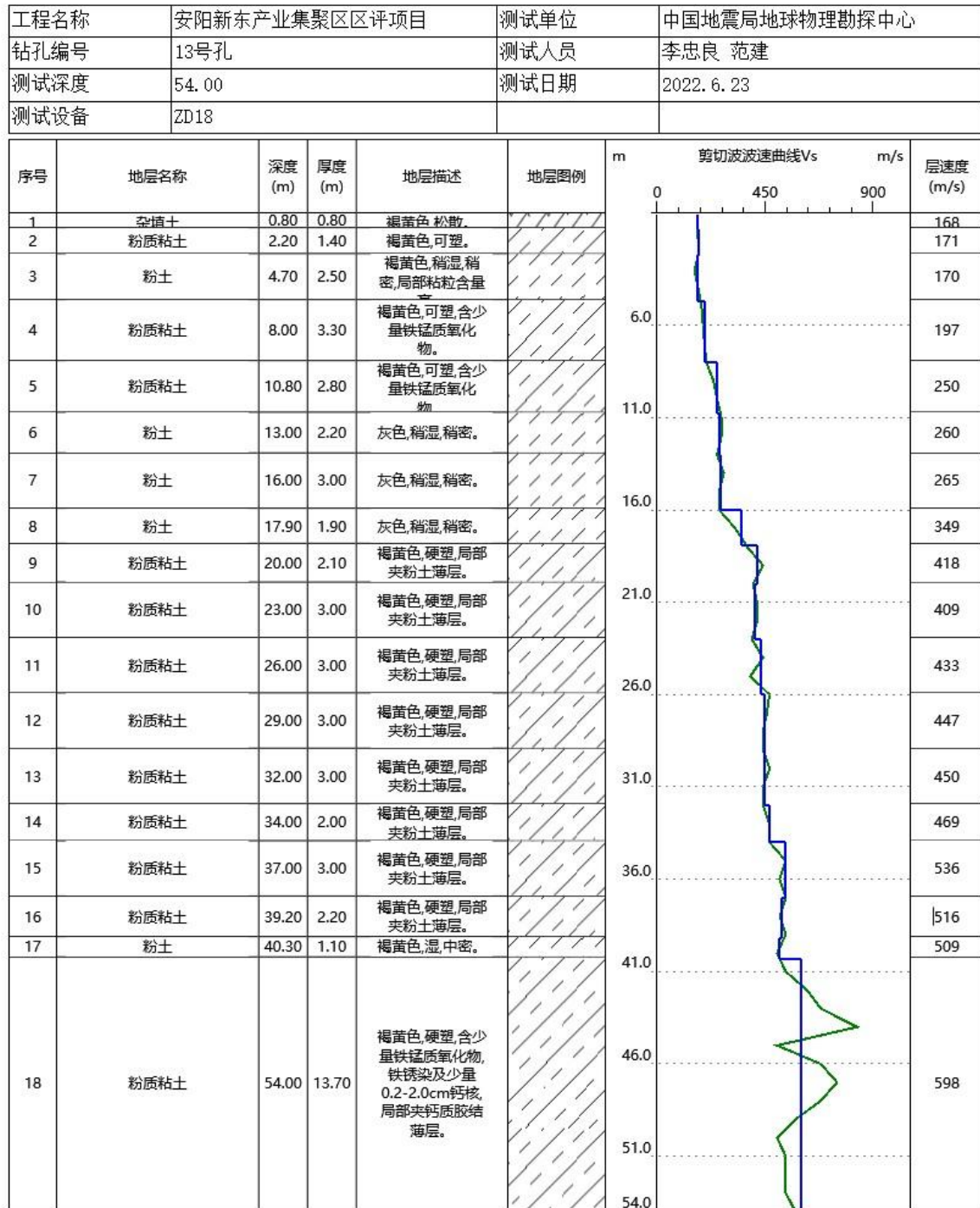


图 6.4-13 13 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波速测试-成果图

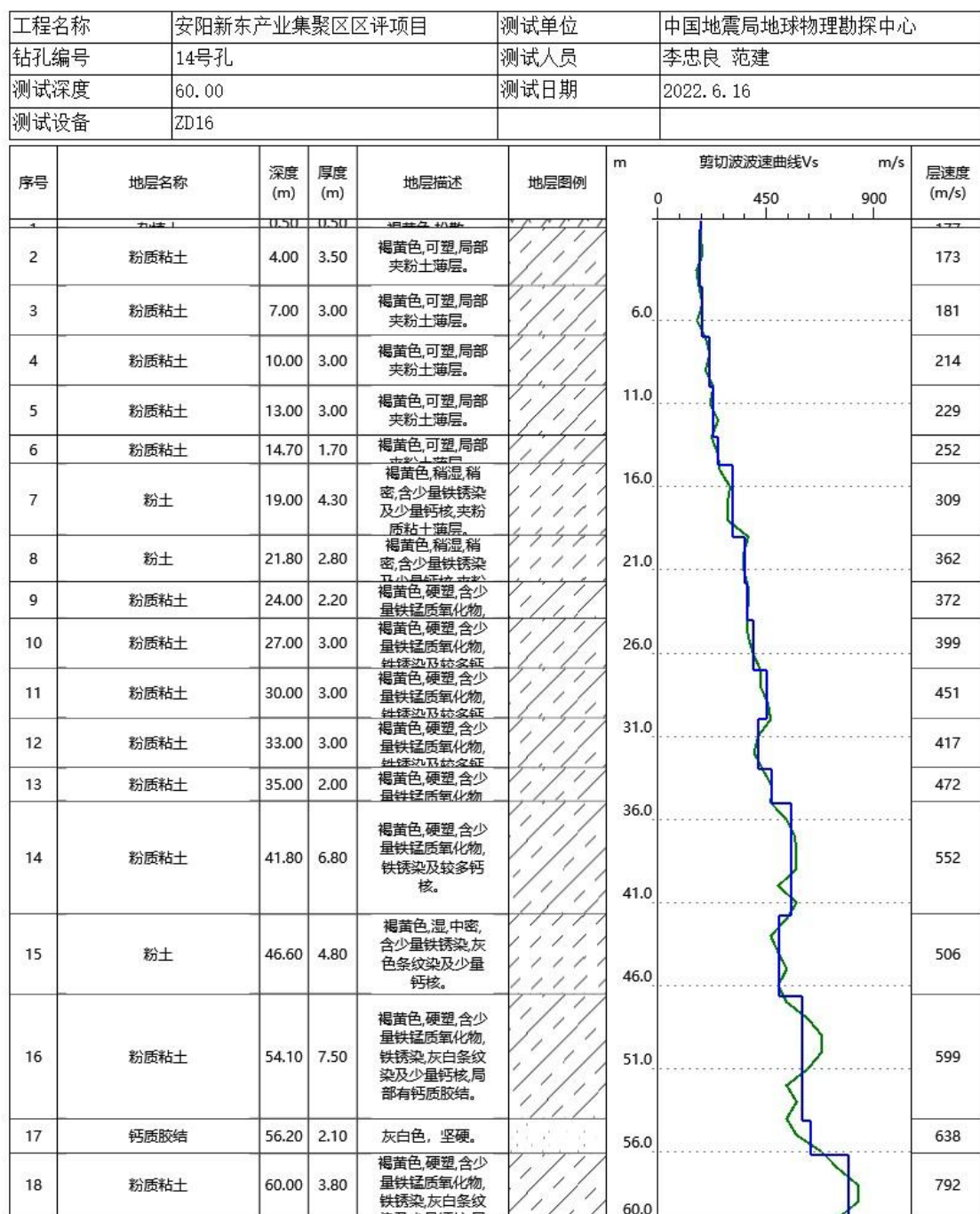


图 6.4-14 14 号孔剪切波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

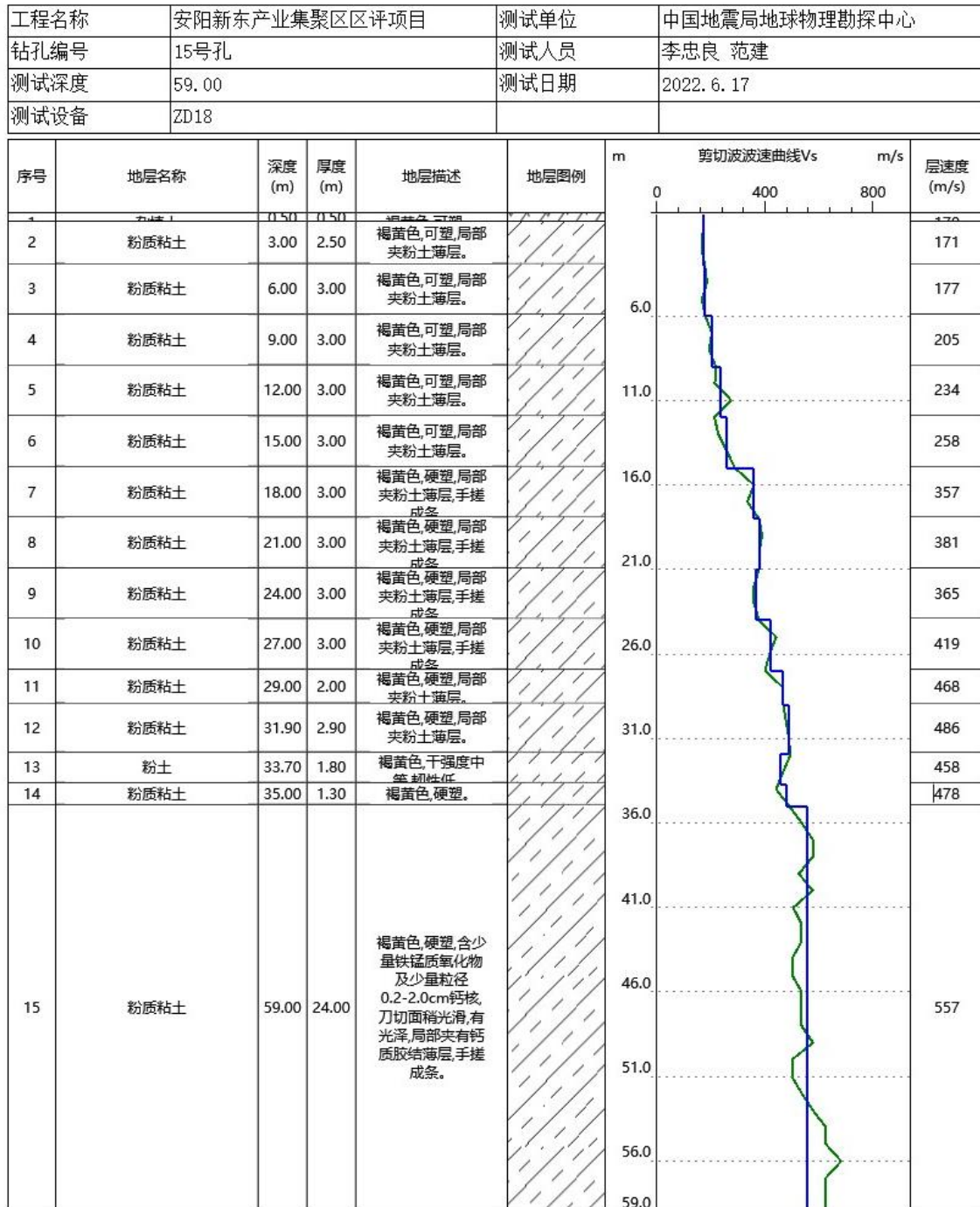


图 6.4-15 15 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

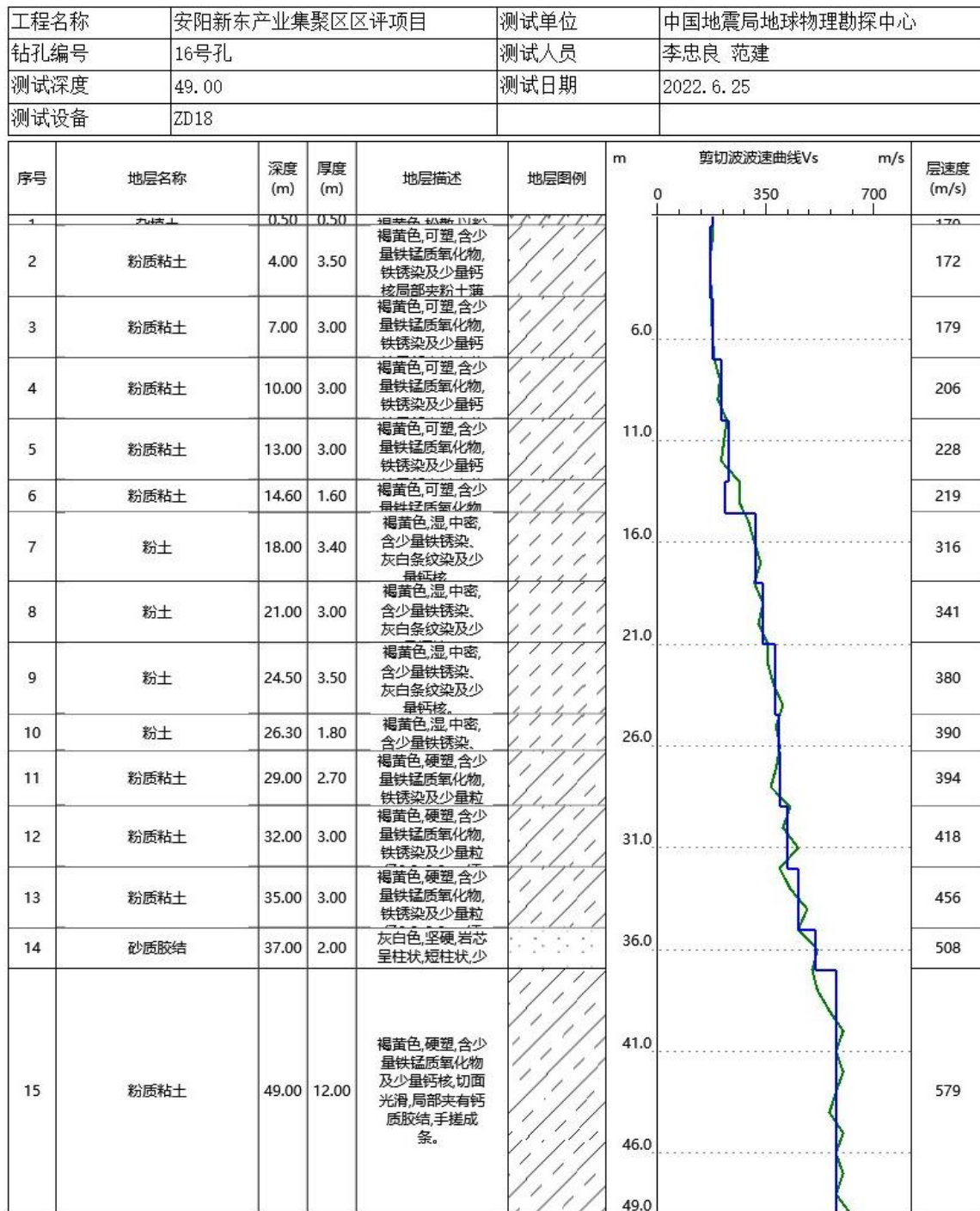


图 6.4-16 16 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

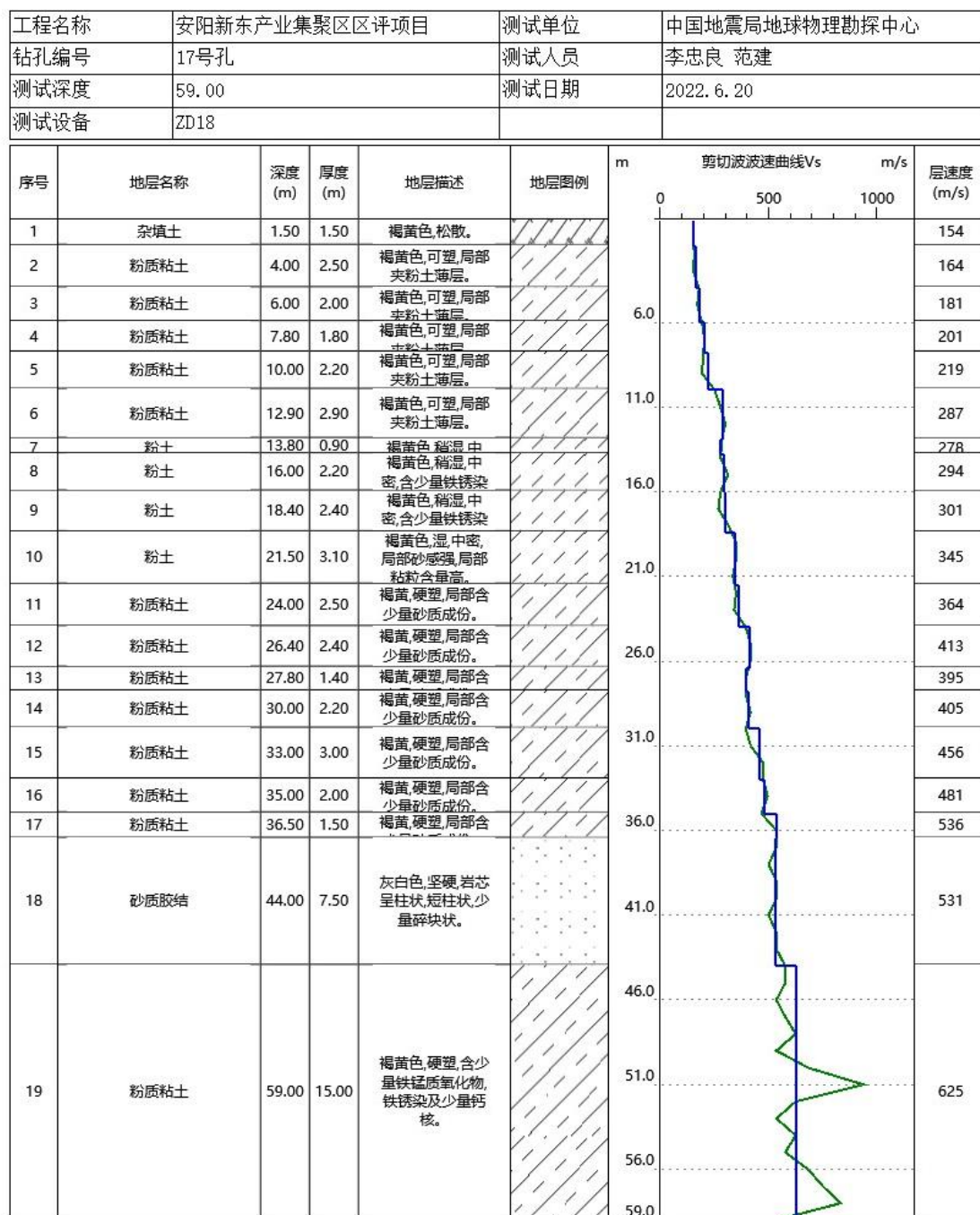


图 6.4-17 17 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

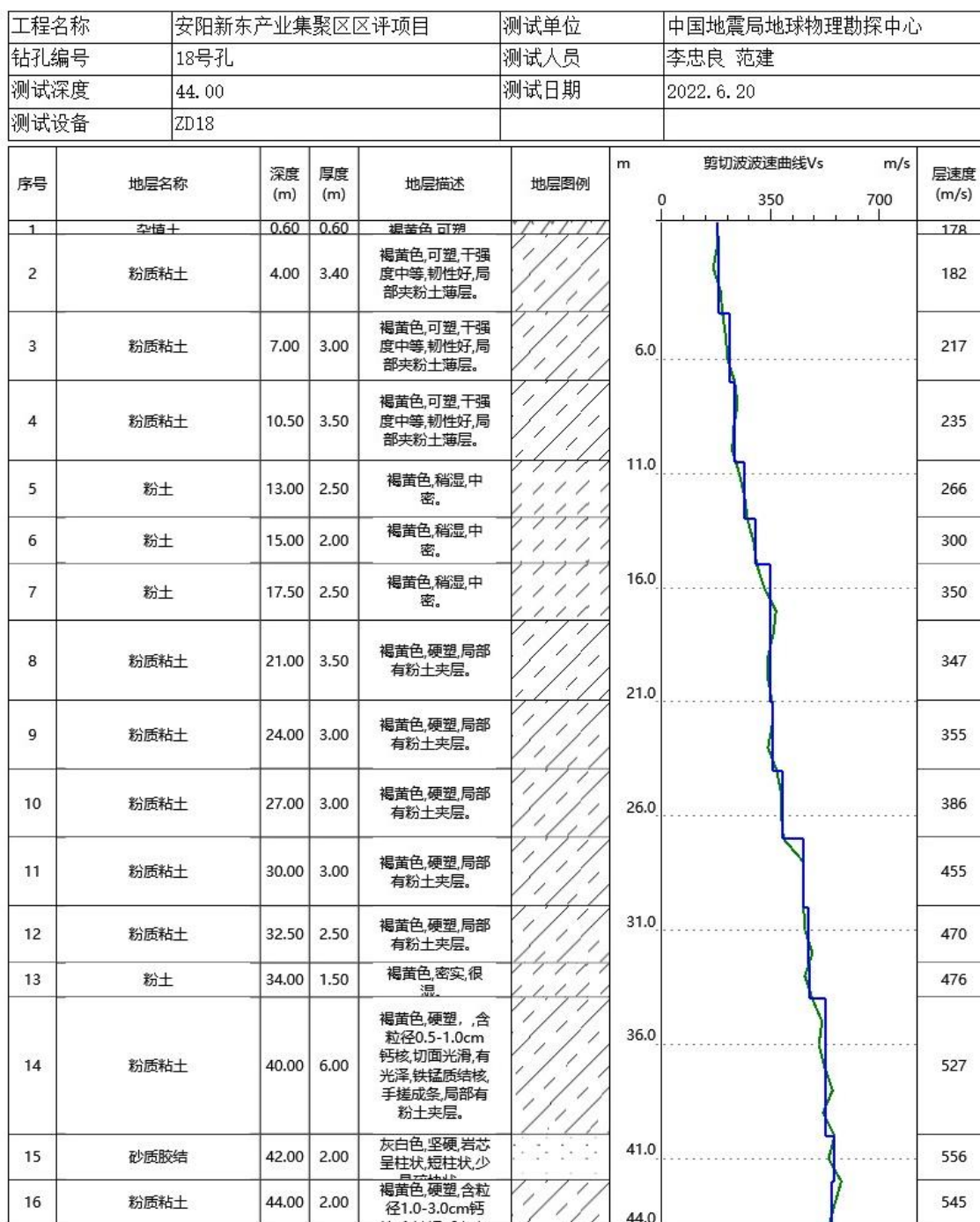


图 6.4-18 18 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

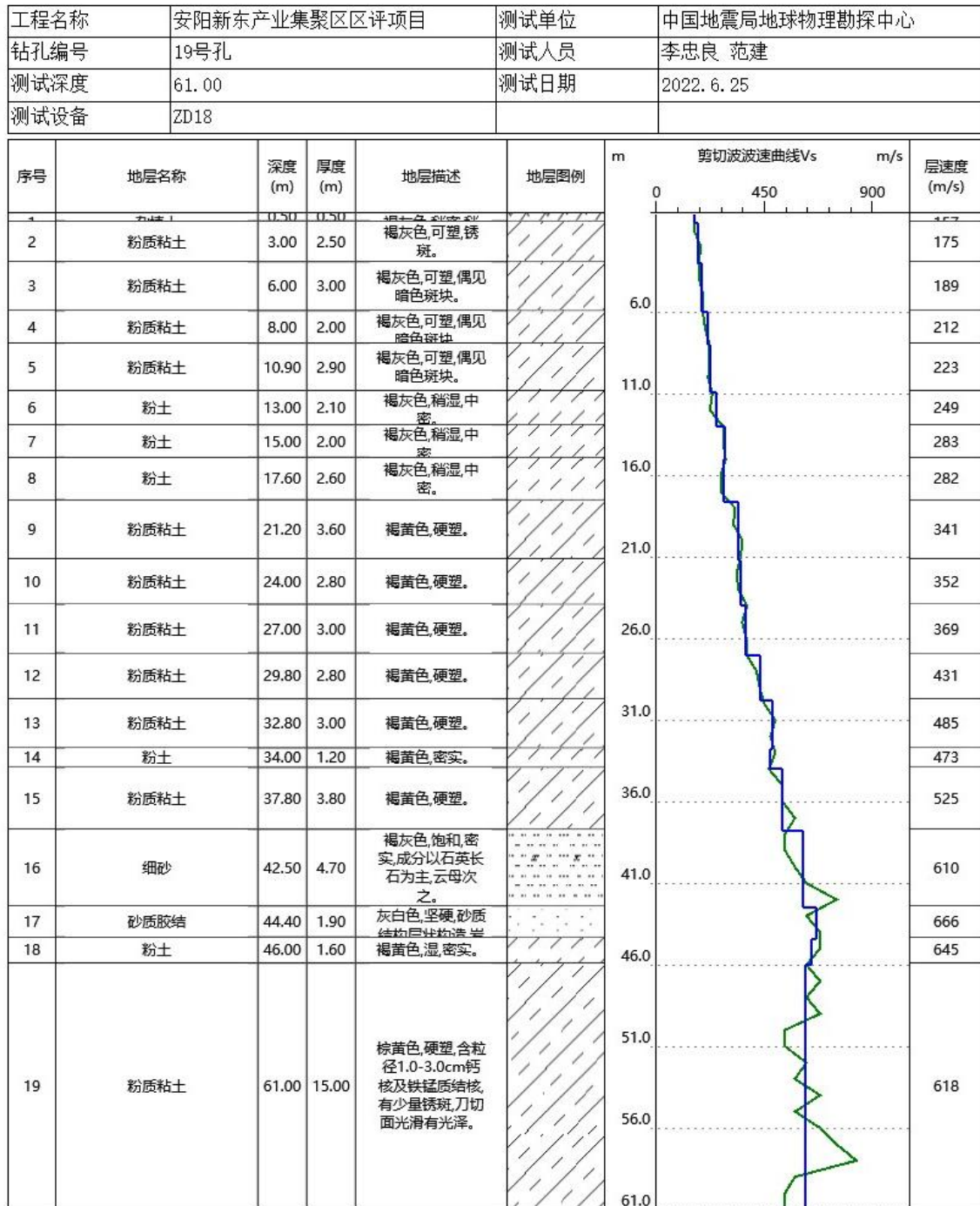


图 6.4-19 19 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

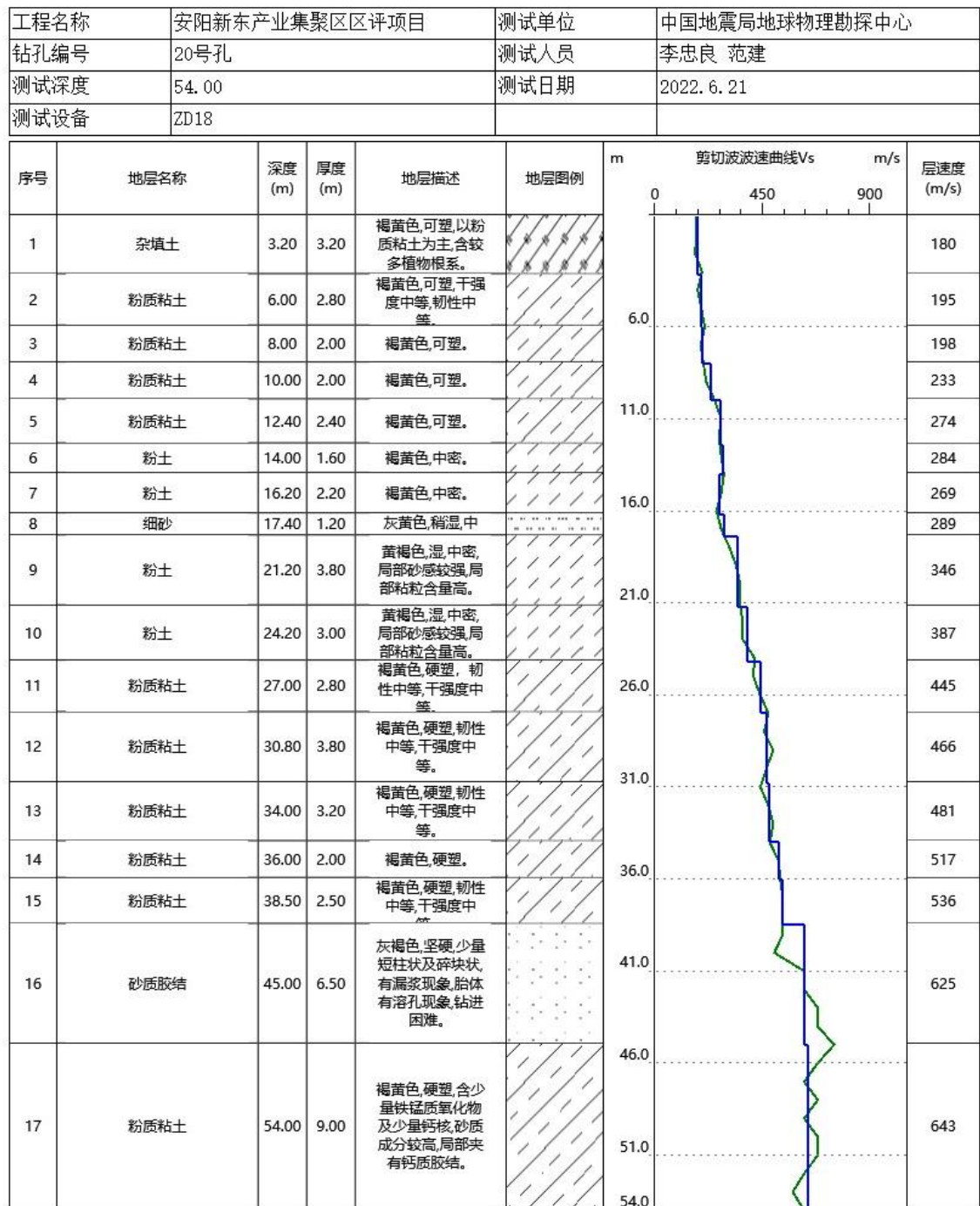


图 6.4-20 20 号孔剪切波波速测试成果图

单孔剪切波波速测试-成果图

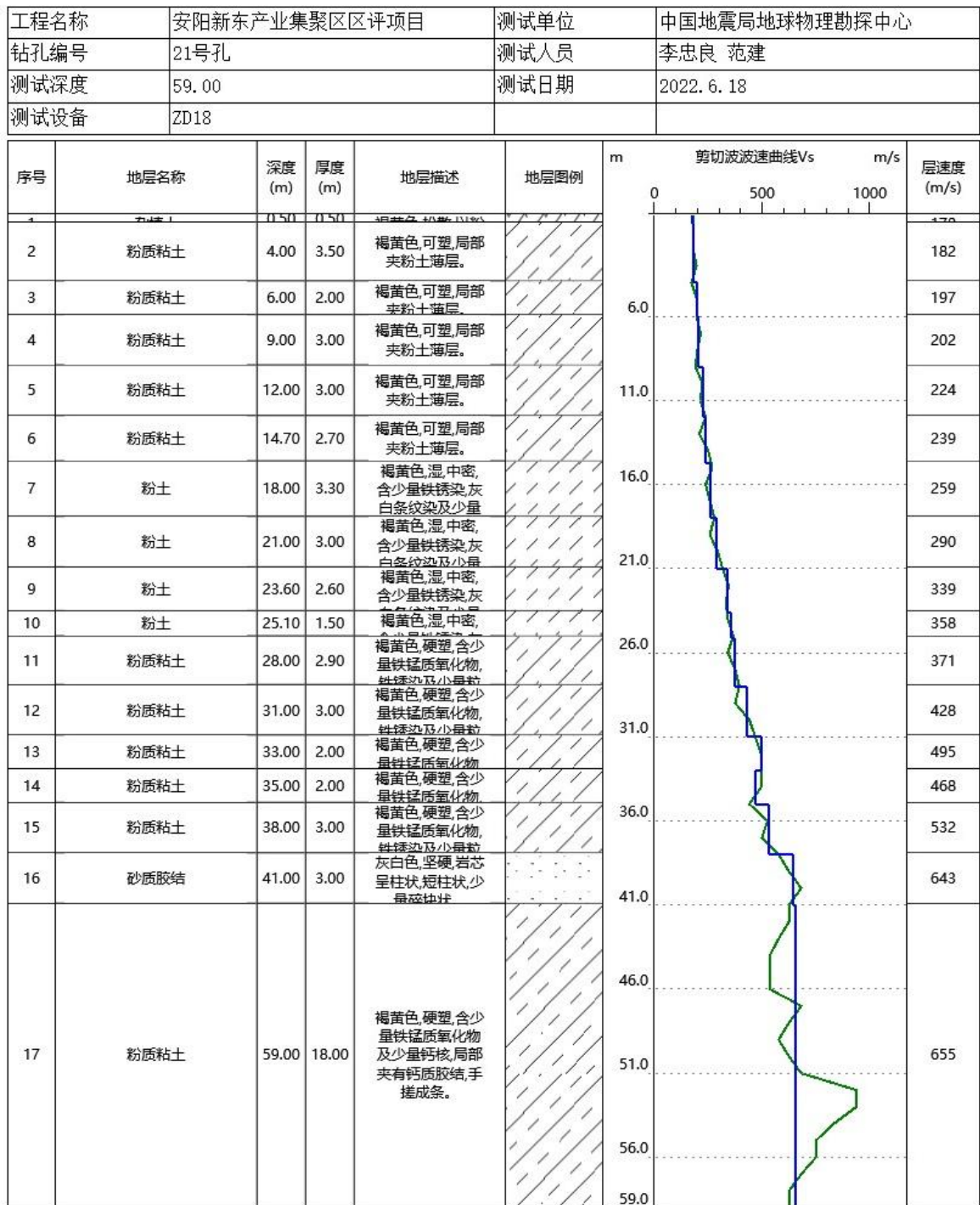


图 6.4-21 21 号孔剪切波波速测试成果图

6.4.2 建筑场地类别分区和工程地质单元分区

1、建筑场地类别分区：

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010，2016 版）4.1.5 条，土层等效剪切波速按下列公式计算：

$$V_{se} = \frac{d_0}{t} \quad (6.4.1)$$

$$t = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{si}} \quad (6.4.2)$$

式中， V_{se} —土层等效剪切波速（m/s）；

d_0 —计算深度(m)，取 20m；

t —剪切波在地面至计算深度之间的传播时间；

d_i —计算深度范围内第 i 土层的厚度(m)；

v_{si} —计算深度范围内第 i 土层的剪切波速（m/s）；

n —计算深度范围内土层的分层数。

根据上述计算公式，得到目标区范围内共 21 个计算控制点（地震地质钻孔）的土层等效剪切波速结果。经统计，目标区内部场地土层等效剪切波速介于 217~260m/s 之间，由于目标区内计算控制点的等效剪切波速相关较小，对计算结果影响不大，故本次对目标区内场地土类别不作划分（表 6.4-1）。

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011—2010，2016 版）中有关建筑场地类别划分的规定，根据等效剪切波速计算结果给出目标区等效剪切波速分布图图 6.4-22，结合目标区第四系覆盖层的厚度给出目标区钻孔覆盖层厚度布图 6.4-23，根据目标区内地震地质钻孔剪切波速测试结果将目标区内 21 个计算控制点进行建筑场地类别划分：Ⅱ类建筑场地，见目标区场地类别平面分布图 6.4-24。

2、工程地质单元分区：

根据第 6.1 节典型地形地貌特征划分结果和目标区内 21 个计算控制点的建筑场地类别结果，将目标区划分为 1 个工程地质单元分区（图 6.4-25）：即冲洪积平原区见图 6.4-4。

表 6.4-1 目标区内钻孔等效剪切波速和场地类别一览表

钻孔编号	等效剪切波速（m/s）	覆盖层厚度（m）	建筑场地类别
1	251	33	Ⅱ

钻孔编号	等效剪切波速 (m/s)	覆盖层厚度 (m)	建筑场地类别
2	234	32	II
3	246	32	II
4	229	33	II
5	235	32	II
6	252	32	II
7	244	34	II
8	260	35	II
9	255	35	II
10	229	34	II
11	224	35	II
12	226	35	II
13	232	34	II
14	221	35	II
15	228	34	II
16	221	35	II
17	225	35	II
18	246	34	II
19	228	34	II
20	234	34	II
21	217	35	II

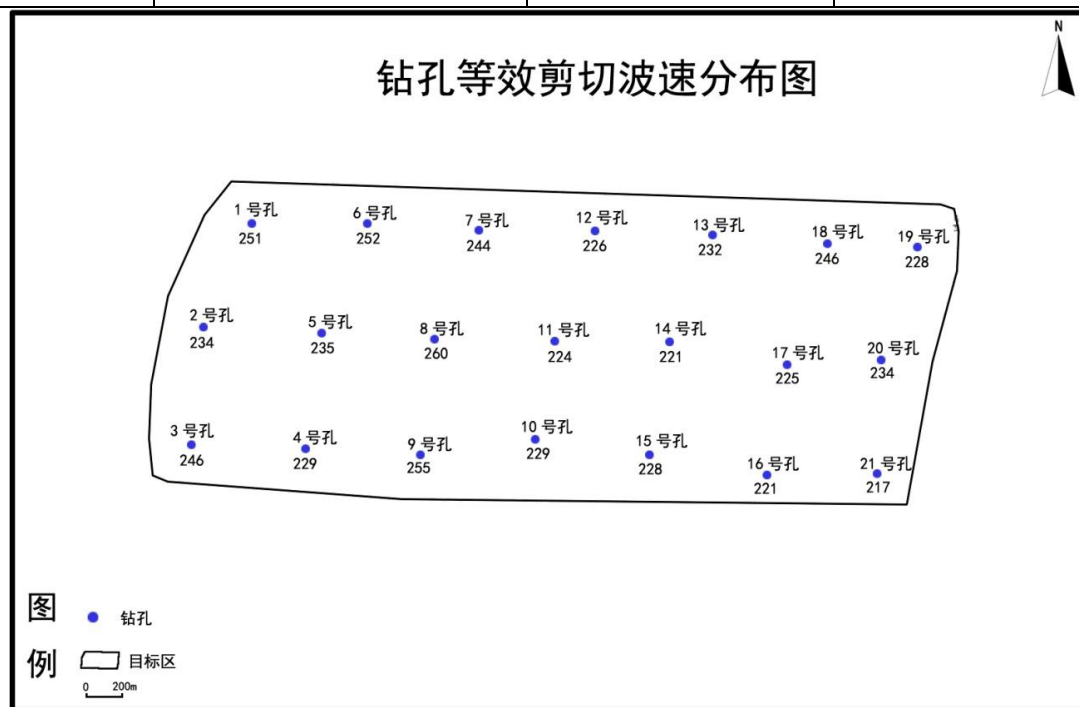


图 6.4-22 目标区等效剪切波速平面分布图

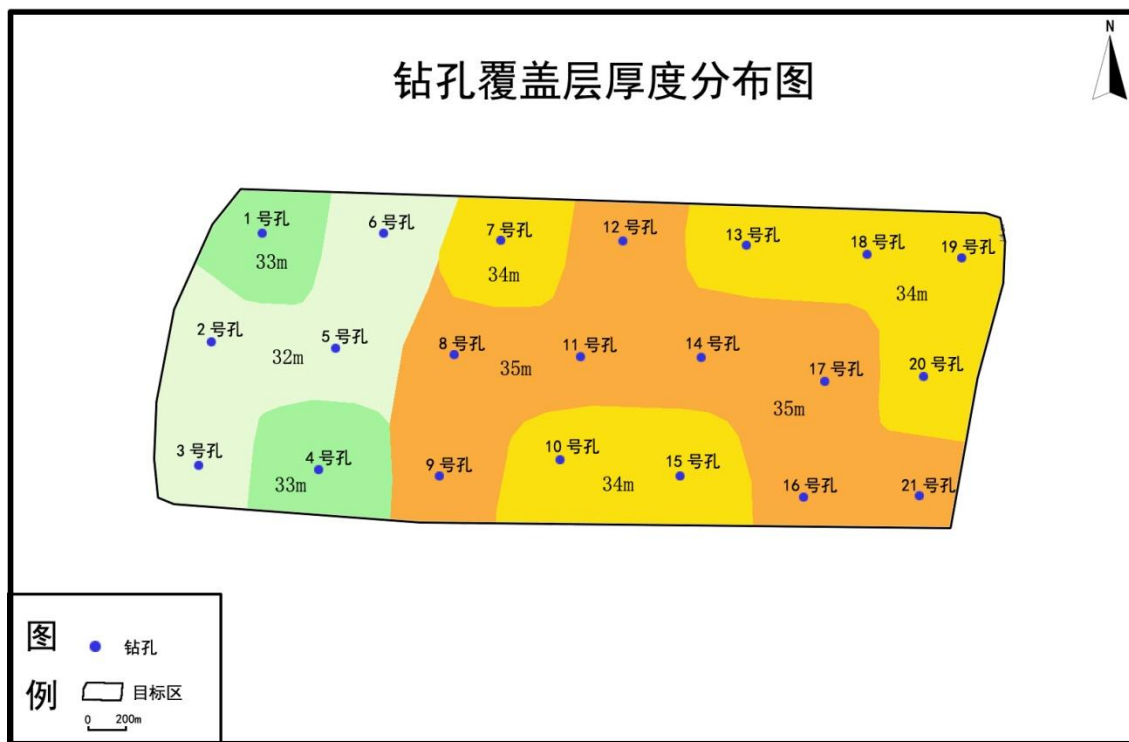


图 6.4-23 目标区钻孔覆盖层厚度平面分布图

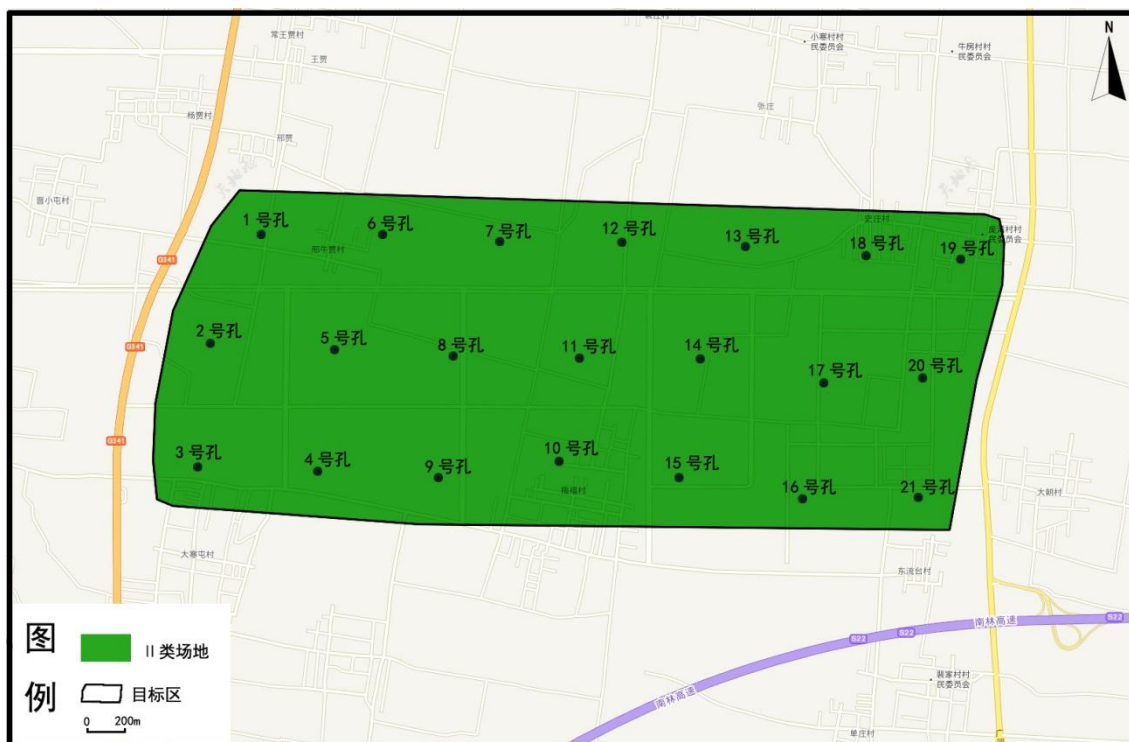


图 6.4-24 目标区场地土类别分布图

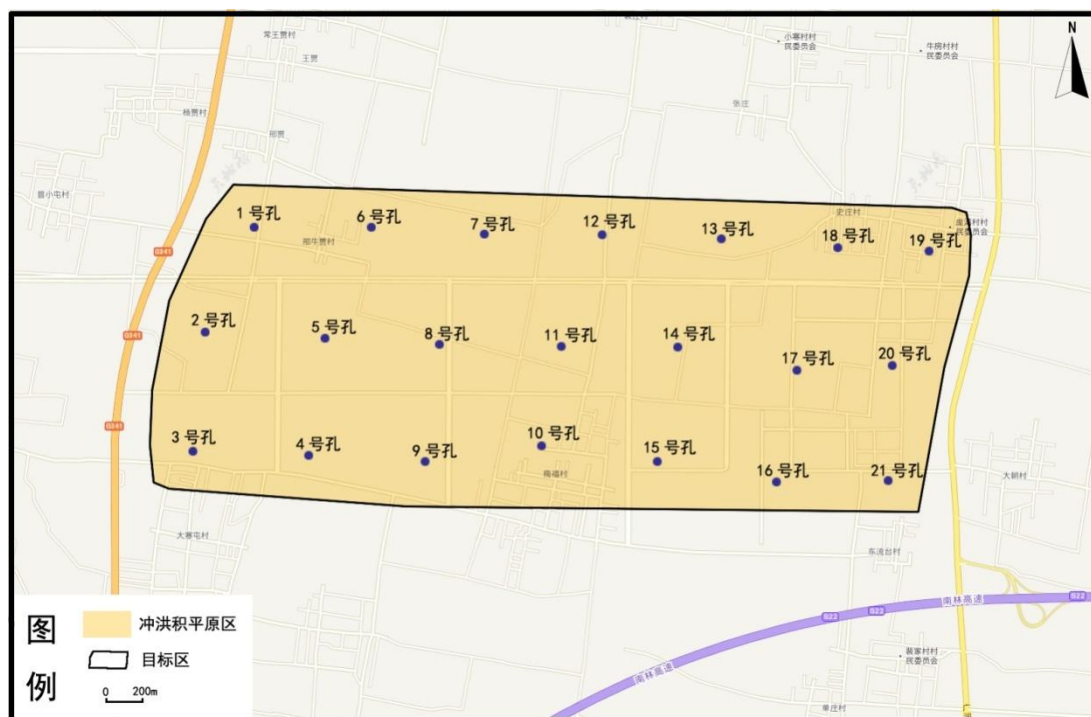


图 6.4-25 目标区工程地质单元分区图

6.5 目标区内典型土样的物理力学性能测试

本次目标区内共设计了 21 个计算控制点（或钻孔），所有计算控制点位于平原区、取得钻探岩芯，按照动三轴试验钻孔取不少于 1/3 计算控制点（或钻孔）有关规定，本次共对 7 个地质钻孔进行了动三轴取样并进行试验。将所取动三轴土样岩芯委托给河南华水工程质量检测有限公司进行了基本物理性质试验及动力学特性试验，试验的成样、试验方法及试验资料整理均按《土工试验规程》SL237-1999 中的有关规定进行。

由于受评价报告篇幅限制，本报告正文仅给出动三轴试验结果，试验详见本报告附件 4-土工试验检测结果。

6.5.1 动剪切模量试验及阻尼比试验

剪切模量与剪应变关系、阻尼比与剪应变关系的动三轴室内试验，是场地土动力学性质的主要部分，是场地地震反应分析模型建立的基本参数。

（1）试验样品的选择

试验样品的选择遵循两条原则：①选择场地内有代表性地层；②选择代表性地层不同深度的样品。

根据上述原则,我中心对所取原状土样 51 组送往河南华水工程质量检测有限公司进行了基本物理性质试验及动力学特性试验,并取得了全部试验数据。对所取土样进行了编号(比如 4-1,前一数字代表在 4 号孔取样,后一数字代表所取土样序号),见表 6.5-1 所示。

表 6.5-1 土样编号及其基本物理性质

土样 编号	取样 深度 (m)	比重	含水 率(%)	湿密度 g/cm ³	干密度 g/cm ³	液限 %	塑限 %	塑性 指数	土样 定名
4-1	3.0-3.2	2.72	22.5	1.99	1.63	36.6	22.5	14.1	粉质粘土
4-2	11.0-11.2	2.72	23.9	2.06	1.66	35.6	22.1	13.5	粉质粘土
4-3	16.0-16.2	2.70	20.8	2.02	1.68	25.0	17.4	7.6	粉土
4-4	18.0-18.2	2.72	25.3	1.89	1.51	38.3	23.2	15.1	粉质粘土
4-5	26.0-26.2	2.72	26.3	1.95	1.54	34.5	21.6	12.9	粉质粘土
4-6	36.0-36.2	2.72	20.4	2.02	1.68	37.6	22.9	14.7	粉质粘土
5-1	2.0-2.2	2.72	23.6	1.89	1.53	34.2	21.5	12.7	粉质粘土
5-2	3.0-3.2	2.72	21.6	1.98	1.63	35.0	21.8	13.2	粉质粘土
5-3	8.0-8.2	2.70	19.0	2.14	1.80	24.9	17.4	7.5	粉土
5-4	9.0-9.2	2.72	24.6	2.03	1.63	32.3	20.7	11.6	粉质粘土
5-5	15.0-15.2	2.72	20.8	2.04	1.69	32.3	20.7	11.6	粉质粘土
5-6	18.0-18.2	2.72	23.0	2.02	1.64	31.3	20.3	11.0	粉质粘土
5-7	24.0-24.2	2.72	25.7	1.97	1.56	32.7	20.9	11.8	粉质粘土
5-8	32.0-32.2	2.70	20.0	1.91	1.59	28.8	19.2	9.6	粉土
6-1	1.0-1.2	2.72	21.8	1.98	1.63	33.2	21.1	12.1	粉质粘土
6-2	2.0-2.2	2.70	24.2	1.92	1.55	27.5	18.6	8.9	粉土
6-3	4.0-4.2	2.72	32.7	1.79	1.35	35.4	22.0	13.4	粉质粘土
6-5	9.0-9.2	2.72	29.8	1.92	1.48	34.4	21.6	12.8	粉质粘土
6-6	11.0-11.2	2.70	24.0	1.97	1.59	28.1	18.9	9.2	粉土
6-7	16.0-16.2	2.72	25.1	1.99	1.59	34.7	21.7	13.0	粉质粘土
6-8	26.0-26.2	2.72	23.2	2.05	1.66	36.1	22.3	13.8	粉质粘土
6-10	37.0-37.2	2.72	20.5	2.05	1.7	34.2	21.5	12.7	粉质粘土
6-11	48.0-48.2	2.72	23.8	2.02	1.63	38.8	23.4	15.4	粉质粘土
11-1	2.0-2.2	2.72	20.5	1.88	1.56	33.5	21.2	12.3	粉质粘土
11-2	10.0-10.2	2.72	21.6	2.06	1.69	34.9	21.8	13.1	粉质粘土
11-3	19.0-19.2	2.72	22.4	2.07	1.69	34.5	21.6	12.9	粉质粘土
11-4	26.0-26.2	2.72	21.5	1.96	1.61	38.1	23.1	15.0	粉质粘土
15-1	2.0-2.2	2.72	18.1	2.08	1.76	35.2	21.9	13.3	粉质粘土
15-2	7.0-7.2	2.72	22.6	1.97	1.61	34.7	21.7	13.0	粉质粘土
15-3	9.0-9.2	2.72	21.1	2.10	1.73	32.3	20.7	11.6	粉质粘土
15-4	15.0-15.2	2.72	18.7	2.03	1.71	36.6	22.5	14.1	粉质粘土
15-5	20.3-20.5	2.72	23.1	2.02	1.64	37.3	22.8	14.5	粉质粘土
15-6	24.0-24.2	2.72	25.4	1.98	1.58	33.3	21.1	12.2	粉质粘土

土样 编号	取样 深度 (m)	比重	含水 率(%)	湿密度 g/cm ³	干密度 g/cm ³	液限 %	塑限 %	塑性 指数	土样 定名
15-7	29.0-29.2	2.72	24.1	2.03	1.63	33.5	21.2	12.3	粉质粘土
15-8	34.0-34.2	2.72	22.6	1.98	1.62	32.2	20.7	11.5	粉质粘土
15-9	40.0-40.2	2.72	20.7	2.03	1.68	34.4	21.6	12.8	粉质粘土
17-1	2.0-2.2	2.72	24.3	1.76	1.42	33.9	21.4	12.5	粉质粘土
17-2	8.0-8.2	2.72	25.2	1.96	1.56	39.1	23.5	15.6	粉质粘土
17-3	13.0-13.2	2.70	20.8	2.01	1.66	23.9	16.9	7.0	粉土
17-4	28.0-28.2	2.70	20.7	2.00	1.66	25.8	17.8	8.0	粉土
17-5	19.0-19.2	2.70	22.2	2.03	1.66	26.2	18.0	8.2	粉土
17-6	22.0-22.2	2.72	21.2	2.05	1.69	31.6	20.4	11.2	粉质粘土
17-7	27.0-27.2	2.72	23.6	2.02	1.64	37.3	22.8	14.5	粉质粘土
17-8	14.0-14.2	2.72	19.6	2.08	1.74	32.2	20.7	11.5	粉质粘土
18-1	6.0-6.2	2.72	33.1	1.73	1.30	36.4	22.4	14.0	粉质粘土
18-2	9.0-9.2	2.72	25.7	1.91	1.52	37.9	23.0	14.9	粉质粘土
18-3	14.0-14.2	2.70	19.7	2.03	1.70	26.4	18.1	8.3	粉土
18-4	18.0-18.2	2.72	25.4	2.12	1.69	32.7	20.9	11.8	粉质粘土
18-5	26.0-26.2	2.72	24.0	1.97	1.59	35.2	21.9	13.3	粉质粘土
18-6	30.0-30.2	2.72	20.1	1.91	1.59	32.7	20.9	11.8	粉质粘土
18-7	33.0-33.2	2.70	18.8	2.07	1.75	24.9	17.4	7.5	粉土

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,即可得出各试验土样的拟合曲线,从而得到各土样的剪应变关键点的动剪切模量比和阻尼比,见表 6.5-2,试验结果及图表详见本报告附件 4。

表 6.5-2 不同剪应变下的动模量比及阻尼比值

试样 编号	施加围 压 (kPa)	剪应变 γ 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}
4-1	100	G/Gmax	0.9805	0.9622	0.9192	0.8894	0.6921	0.4384	0.0628	0.0423
		λ_d	0.0263	0.0281	0.0372	0.0437	0.0796	0.1088	0.1595	0.1656
4-2	200	G/Gmax	0.9765	0.9552	0.9124	0.8798	0.6657	0.4054	0.0493	0.0324
		λ_d	0.0304	0.0336	0.0429	0.0494	0.0857	0.1154	0.1681	0.1747
4-3	200	G/Gmax	0.9924	0.9825	0.9724	0.9625	0.9161	0.8271	0.1451	0.1063
		λ_d	0.0054	0.0106	0.0242	0.0336	0.0618	0.0766	0.1154	0.1236
4-4	200	G/Gmax	0.9845	0.9722	0.9456	0.9292	0.8238	0.6196	0.0924	0.0723
		λ_d	0.0152	0.0193	0.0246	0.0305	0.0596	0.0898	0.1524	0.1583
4-5	300	G/Gmax	0.9826	0.9685	0.9392	0.9161	0.7843	0.5405	0.0858	0.0682

试样 编号	施加围 压 (kPa)	剪应变 γ 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}
		λ_d	0.0198	0.0235	0.0342	0.0429	0.0775	0.1036	0.1549	0.1624
4-6	400	G/Gmax	0.9856	0.9751	0.9523	0.9359	0.8372	0.6459	0.0994	0.0802
		λ_d	0.0132	0.0156	0.0231	0.0294	0.0561	0.0849	0.1467	0.1549
5-1	100	G/Gmax	0.9783	0.9554	0.8996	0.8634	0.6592	0.4219	0.0593	0.0396
		λ_d	0.0267	0.0305	0.0414	0.0495	0.0892	0.1153	0.1654	0.1723
5-2	100	G/Gmax	0.9813	0.9624	0.9193	0.8897	0.7415	0.5043	0.0662	0.0453
		λ_d	0.0231	0.0264	0.0371	0.0445	0.0808	0.1046	0.1598	0.1681
5-3	100	G/Gmax	0.9903	0.9821	0.9655	0.9556	0.8996	0.7744	0.1382	0.1043
		λ_d	0.0066	0.0121	0.0243	0.0345	0.0642	0.0816	0.1203	0.1285
5-4	100	G/Gmax	0.9723	0.9424	0.8766	0.8337	0.6097	0.3856	0.0463	0.0253
		λ_d	0.0324	0.0363	0.0465	0.0554	0.0935	0.1211	0.1738	0.1801
5-5	200	G/Gmax	0.9875	0.9756	0.9554	0.9395	0.8702	0.7283	0.1052	0.0835
		λ_d	0.0155	0.0196	0.0313	0.0393	0.0705	0.0896	0.1368	0.1442
5-6	200	G/Gmax	0.9762	0.9495	0.8864	0.8502	0.6360	0.4021	0.0495	0.0331
		λ_d	0.0305	0.0342	0.0453	0.0544	0.0913	0.1187	0.1713	0.1772
5-7	300	G/Gmax	0.9802	0.9589	0.9095	0.8766	0.6822	0.4417	0.0694	0.0513
		λ_d	0.0245	0.0284	0.0379	0.0476	0.0832	0.1079	0.1586	0.1654
5-8	400	G/Gmax	0.9905	0.9823	0.9721	0.9622	0.9095	0.7876	0.1385	0.1062
		λ_d	0.0083	0.0125	0.0264	0.0347	0.0641	0.0799	0.1244	0.1327
6-1	100	G/Gmax	0.9814	0.9625	0.9194	0.8963	0.7675	0.5438	0.0758	0.0602
		λ_d	0.0206	0.0263	0.0388	0.0462	0.0799	0.1063	0.1584	0.1653
6-2	100	G/Gmax	0.9836	0.9654	0.9326	0.9192	0.7975	0.5899	0.0923	0.0721
		λ_d	0.0165	0.0214	0.0335	0.0413	0.0717	0.0935	0.1394	0.1462
6-3	100	G/Gmax	0.9752	0.9494	0.8897	0.8568	0.6754	0.4186	0.0464	0.0323
		λ_d	0.0306	0.0352	0.0464	0.0553	0.0936	0.1224	0.1735	0.1783
6-5	100	G/Gmax	0.9776	0.9553	0.9029	0.8705	0.6986	0.4318	0.0595	0.0413
		λ_d	0.0286	0.0324	0.0425	0.0503	0.0882	0.1170	0.1656	0.1724

试样 编号	施加围 压 (kPa)	剪应变 γ 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}
6-6	200	G/Gmax	0.9854	0.9723	0.9521	0.9391	0.8403	0.6525	0.1023	0.0803
		λ_d	0.0157	0.0213	0.0332	0.0420	0.0734	0.0931	0.1365	0.1434
6-7	200	G/Gmax	0.9793	0.9589	0.9125	0.8831	0.7118	0.4647	0.0663	0.0482
		λ_d	0.0247	0.0287	0.0396	0.0478	0.0849	0.1152	0.1643	0.1706
6-8	300	G/Gmax	0.9763	0.9523	0.8963	0.8635	0.6888	0.4252	0.0496	0.0352
		λ_d	0.0322	0.0355	0.0462	0.0552	0.0898	0.1213	0.1754	0.1802
6-10	400	G/Gmax	0.9825	0.9653	0.9263	0.9029	0.7777	0.5734	0.0825	0.0661
		λ_d	0.0182	0.0231	0.0336	0.0423	0.0750	0.1003	0.1546	0.1623
6-11	400	G/Gmax	0.9843	0.9721	0.9395	0.9193	0.7975	0.6229	0.0957	0.0725
		λ_d	0.0153	0.0194	0.0247	0.0312	0.0593	0.0841	0.1491	0.1574
11-1	100	G/Gmax	0.9863	0.9724	0.9457	0.9293	0.8436	0.6756	0.1058	0.0901
		λ_d	0.0141	0.0172	0.0288	0.0373	0.0676	0.0857	0.1308	0.1384
11-2	200	G/Gmax	0.9835	0.9653	0.9324	0.9128	0.7942	0.5833	0.0824	0.0642
		λ_d	0.0256	0.0283	0.0374	0.0445	0.0766	0.0997	0.1491	0.1574
11-3	200	G/Gmax	0.9774	0.9525	0.8932	0.8565	0.6459	0.4120	0.0562	0.0405
		λ_d	0.0283	0.0314	0.0426	0.0505	0.0896	0.1173	0.1697	0.1763
11-4	300	G/Gmax	0.9824	0.9628	0.9224	0.8995	0.7576	0.5174	0.0823	0.0582
		λ_d	0.0243	0.0280	0.0345	0.0414	0.0733	0.1005	0.1557	0.1613
15-1	100	G/Gmax	0.9865	0.9752	0.9552	0.9392	0.8601	0.7019	0.1021	0.0812
		λ_d	0.0142	0.0175	0.0297	0.0376	0.0684	0.0915	0.1450	0.1523
15-2	100	G/Gmax	0.9815	0.9626	0.9262	0.8996	0.7678	0.5504	0.0529	0.0352
		λ_d	0.0285	0.0322	0.0413	0.0485	0.0841	0.1096	0.1642	0.1705
15-3	100	G/Gmax	0.9804	0.9621	0.9163	0.8895	0.7316	0.4746	0.0431	0.0312
		λ_d	0.0345	0.0385	0.0503	0.0577	0.0906	0.1174	0.1672	0.1738
15-4	200	G/Gmax	0.9867	0.9782	0.9589	0.9457	0.8733	0.7217	0.1089	0.0856
		λ_d	0.0123	0.0157	0.0248	0.0313	0.0616	0.0874	0.1434	0.1506
15-5	300	G/Gmax	0.9837	0.9686	0.9424	0.9225	0.8140	0.6262	0.0753	0.0504

试样 编号	施加围 压 (kPa)	剪应变 γ 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}
		λ_d								
		λ_d	0.0264	0.0297	0.0346	0.0412	0.0709	0.0989	0.1596	0.1674
15-6	300	G/Gmax	0.9756	0.9522	0.9027	0.8702	0.6953	0.4316	0.0430	0.0282
		λ_d	0.0346	0.0388	0.0511	0.0585	0.0964	0.1226	0.1738	0.1812
15-7	300	G/Gmax	0.9816	0.9654	0.9327	0.9123	0.7876	0.5895	0.0727	0.0542
		λ_d	0.0274	0.0313	0.0412	0.0475	0.0798	0.1038	0.1582	0.1650
15-8	400	G/Gmax	0.9876	0.9783	0.9622	0.9523	0.8894	0.7579	0.1023	0.0852
		λ_d	0.0125	0.0173	0.0295	0.0375	0.0683	0.0892	0.1334	0.1417
15-9	400	G/Gmax	0.9864	0.9725	0.9491	0.9324	0.8405	0.6822	0.0991	0.0784
		λ_d	0.0154	0.0195	0.0305	0.0395	0.0726	0.0939	0.1453	0.1532
17-1	100	G/Gmax	0.9832	0.9651	0.9196	0.8930	0.7744	0.5897	0.0792	0.0603
		λ_d	0.0248	0.0289	0.0404	0.0493	0.0824	0.1055	0.1583	0.1652
17-2	100	G/Gmax	0.9812	0.9623	0.9064	0.8796	0.7349	0.5372	0.0756	0.0529
		λ_d	0.0272	0.0306	0.0385	0.0436	0.0742	0.1034	0.1608	0.1682
17-3	200	G/Gmax	0.9902	0.9820	0.9653	0.9554	0.8995	0.7843	0.1287	0.0962
		λ_d	0.0075	0.0124	0.0245	0.0346	0.0643	0.0824	0.1275	0.1357
17-4	200	G/Gmax	0.9861	0.9688	0.9392	0.9227	0.8374	0.6921	0.1023	0.0805
		λ_d	0.0143	0.0182	0.0314	0.0412	0.0716	0.0915	0.1392	0.1475
17-5	200	G/Gmax	0.9894	0.9787	0.9624	0.9490	0.8831	0.7546	0.1221	0.0904
		λ_d	0.0091	0.0140	0.0272	0.0374	0.0682	0.0876	0.1312	0.1394
17-6	300	G/Gmax	0.9872	0.9753	0.9492	0.9326	0.8535	0.7151	0.1056	0.0842
		λ_d	0.0116	0.0159	0.0304	0.0386	0.0703	0.0894	0.1336	0.1424
17-7	300	G/Gmax	0.9785	0.9556	0.9062	0.8704	0.6756	0.4452	0.0661	0.0432
		λ_d	0.0302	0.0334	0.0423	0.0486	0.0799	0.1104	0.1653	0.1722
17-8	300	G/Gmax	0.9841	0.9655	0.9293	0.9062	0.8107	0.6591	0.0891	0.0704
		λ_d	0.0126	0.0174	0.0296	0.0388	0.0709	0.0906	0.1351	0.1432
18-1	100	G/Gmax	0.9745	0.9492	0.8894	0.8535	0.6525	0.3988	0.0492	0.0284
		λ_d	0.0338	0.0371	0.0478	0.0556	0.0915	0.1228	0.1755	0.1804

试样 编号	施加围 压 (kPa)	剪应变 γ 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}
18-2	100	G/Gmax	0.9823	0.9627	0.9128	0.8864	0.7579	0.5570	0.0757	0.0573
		λ_d	0.0215	0.0248	0.0338	0.0396	0.0728	0.0997	0.1541	0.1607
18-3	200	G/Gmax	0.9892	0.9785	0.9556	0.9455	0.8766	0.7448	0.1188	0.0903
		λ_d	0.0108	0.0158	0.0286	0.0372	0.0675	0.0841	0.1277	0.1359
18-4	200	G/Gmax	0.9754	0.9521	0.8962	0.8633	0.6591	0.4087	0.0529	0.0326
		λ_d	0.0313	0.0354	0.0495	0.0577	0.0948	0.1223	0.1714	0.1781
18-5	300	G/Gmax	0.9834	0.9652	0.9225	0.8997	0.7909	0.6130	0.0856	0.0613
		λ_d	0.0246	0.0286	0.0394	0.0473	0.0794	0.1045	0.1614	0.1693
18-6	400	G/Gmax	0.9874	0.9755	0.9523	0.9359	0.8603	0.7215	0.1087	0.0853
		λ_d	0.0163	0.0198	0.0315	0.0394	0.0725	0.0923	0.1417	0.1503
18-7	400	G/Gmax	0.9920	0.9824	0.9723	0.9623	0.9128	0.8041	0.1554	0.1213
		λ_d	0.0042	0.0095	0.0215	0.0298	0.0585	0.0742	0.1112	0.1178

6.5.2 目标区内土体动力性能参数

目标区内计算模型中的粉土和粉质粘土土动力非线性参数采用目标区内土样动三轴实验结果；由于目标区内原状土土样试验数据达 51 组，试验结果均为粉土和粉质粘土，本项目在进行土体动力非线性参数时采用各土样试验数据的算术平均值（覆盖层以下的试验数据被剔除、不参与统计），计算所需密度各土样密度的算术平均值；最终统计得出土类 2 粉质粘土采用 1~6m 深度内 9 组（4-1、5-1、5-2、6-1、6-3、11-1、15-1、17-1、18-1）土样数据平均值、土类 3 粉质粘土采用 7~13m 深度内 8 组（4-2、5-4、6-5、11-2、15-2、15-3、17-2、18-2）土样数据平均值、土类 4 粉质粘土采用 14~20m 深度内 7 组（5-5、5-6、6-7、11-3、15-4、15-5、18-4）土样数据平均值、土类 5 粉质粘土采用 21~27m 深度内 8 组（4-4、5-7、6-8、11-4、15-6、17-6、17-7、18-5）土样数据平均值、土类 6 粉质粘土采用 28~34m 深度内 6 组（4-5、6-10、15-7、15-8、17-8、18-6）土样数据均值、土类 7 粉土采用 2~8m 深度内 3 组（5-2、6-2）土样数据平均值、土类 8 粉土采用 10~16m 深度内 4 组（6-6、17-3、17-4、18-3）土样数据平均值、土类 9 粉土采用 16~24m 深度内 2 组（4-3、17-5）土样数据平均值、土类 10 粉土采用 25~

34m 深度内 2 组（5-8、18-7）土样数据平均值。由于土类 1 填土、土类 11 砂和土类 12 基岩难以制成原状样，其土体动力非线性参数采用中国地震局行业标准中所推荐的值。各类土的平均剪模比和阻尼比列于表 6.5-3，各类的平均 $G/G_{\max} \sim \gamma_d$ 和 $\lambda_d \sim \gamma_d$ 关系曲线见图 6.5-1~图 6.5-9。

表 6.5-3 目标区内计算控制点场地各类土在不同剪应变时的剪模比和阻尼比

土类号	土类名	参数	剪应变							
			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	填土	G/G_{\max}	0.960	0.950	0.800	0.700	0.300	0.200	0.150	0.100
		ζ	0.025	0.028	0.030	0.035	0.080	0.100	0.110	0.120
2	粉质粘土 (1-6m)	G/G_{\max}	0.9808	0.9615	0.9175	0.8901	0.7407	0.5214	0.0719	0.0533
		ζ	0.0238	0.0275	0.0386	0.0466	0.0814	0.1070	0.1585	0.1651
3	粉质粘土 (7-13m)	G/G_{\max}	0.9794	0.9585	0.9108	0.8815	0.7201	0.4907	0.0606	0.0425
		λ_d	0.0286	0.0321	0.0417	0.0486	0.0832	0.1104	0.1629	0.1697
4	粉质粘土 (14-20m)	G/G_{\max}	0.9809	0.9622	0.9207	0.8944	0.7443	0.5377	0.0735	0.0534
		ζ	0.0241	0.0278	0.0382	0.0460	0.0805	0.1071	0.1595	0.1663
5	粉质粘土 (21-27m)	G/G_{\max}	0.9810	0.9618	0.9193	0.8927	0.7460	0.5261	0.0743	0.0542
		ζ	0.0247	0.0285	0.0383	0.0460	0.0790	0.1058	0.1595	0.1663
6	粉质粘土 (28-34m)	G/G_{\max}	0.9843	0.9698	0.9403	0.9210	0.8183	0.6403	0.0902	0.0716
		ζ	0.0178	0.0221	0.0333	0.0414	0.0611	0.0966	0.1463	0.1542
7	粉土 (2-8m)	G/G_{\max}	0.9870	0.9738	0.9491	0.9374	0.8486	0.6822	0.1153	0.0882
		ζ	0.0116	0.0168	0.0289	0.0379	0.0680	0.0876	0.1299	0.1374
8	粉土 (9-16m)	G/G_{\max}	0.9877	0.9754	0.9531	0.9407	0.8635	0.7184	0.1130	0.0868
		ζ	0.0121	0.0169	0.0294	0.0388	0.0692	0.0878	0.1327	0.1406
9	粉土 (16-24m)	G/G_{\max}	0.9909	0.9806	0.9674	0.9558	0.8996	0.7909	0.1336	0.0984
		ζ	0.0073	0.0123	0.0257	0.0355	0.0650	0.0821	0.1233	0.1315
10	粉土 (25-33m)	G/G_{\max}	0.9913	0.9824	0.9722	0.9623	0.9112	0.7959	0.1470	0.1138
		ζ	0.0063	0.0110	0.0240	0.0323	0.0613	0.0771	0.1178	0.1253
11	砂 (密实)	0.980	0.965	0.885	0.805	0.560	0.448	0.220	0.174	0.980
		0.005	0.007	0.020	0.035	0.080	0.100	0.120	0.124	0.005
12	假设基岩	G/G_{\max}	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		ζ	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

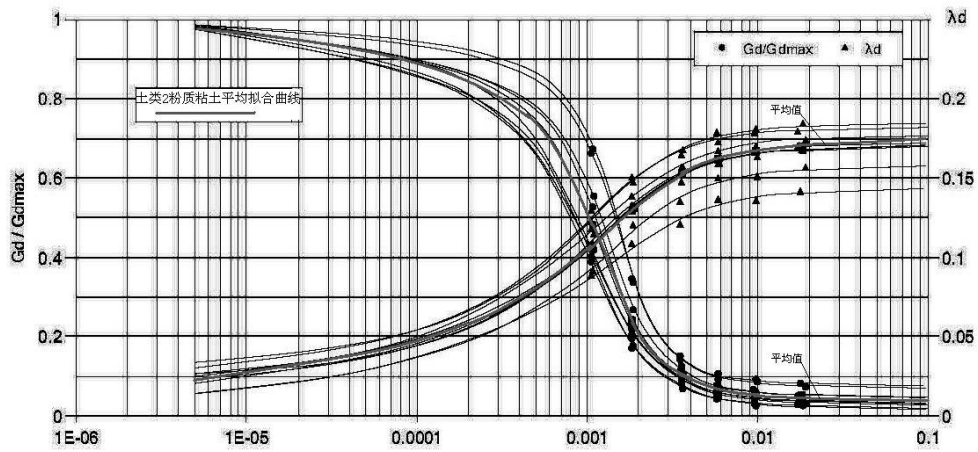


图 6.5-1 土类 2 粉质粘土平均拟合 $G/G_{\max} \sim \gamma_d$ 和 $\lambda_d \sim \gamma_d$ 关系曲线

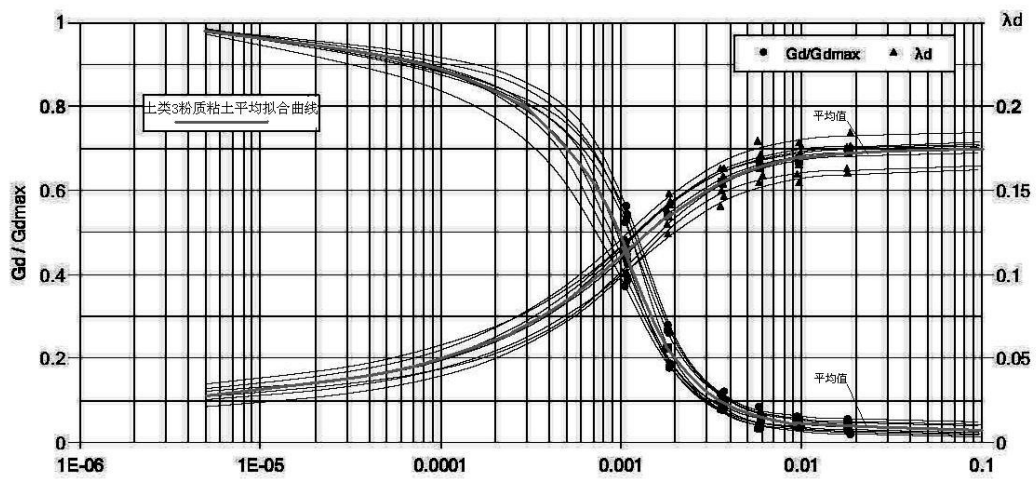


图 6.5-2 土类 3 粉质粘土平均拟合 $G/G_{\max} \sim \gamma_d$ 和 $\lambda_d \sim \gamma_d$ 关系曲线

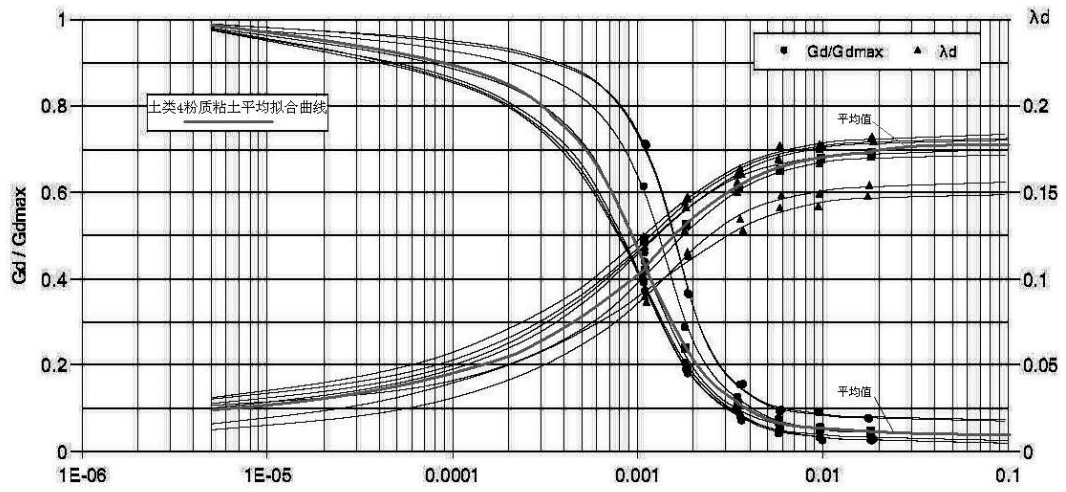


图 6.5-3 土类 4 粉质粘土平均拟合 $G/G_{\max} \sim \gamma_d$ 和 $\lambda_d \sim \gamma_d$ 关系曲线

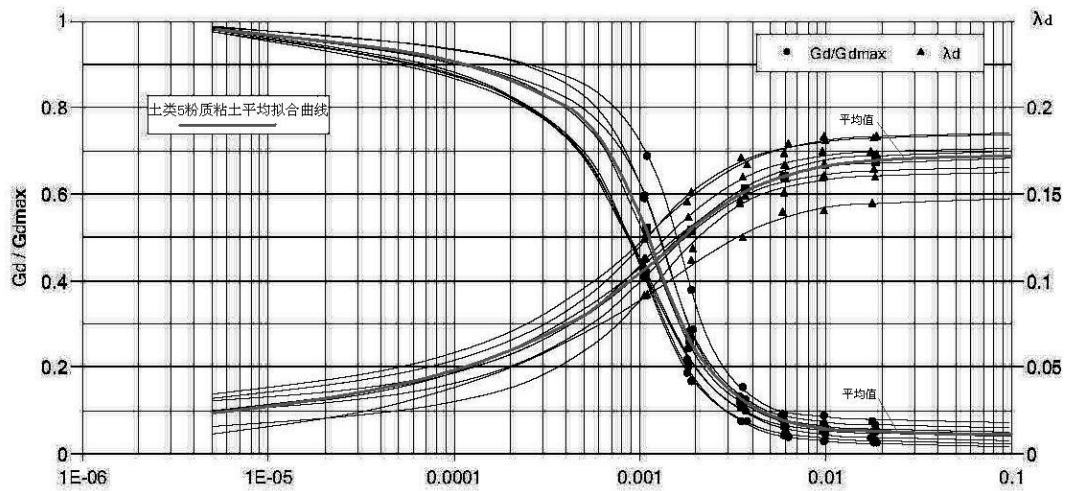
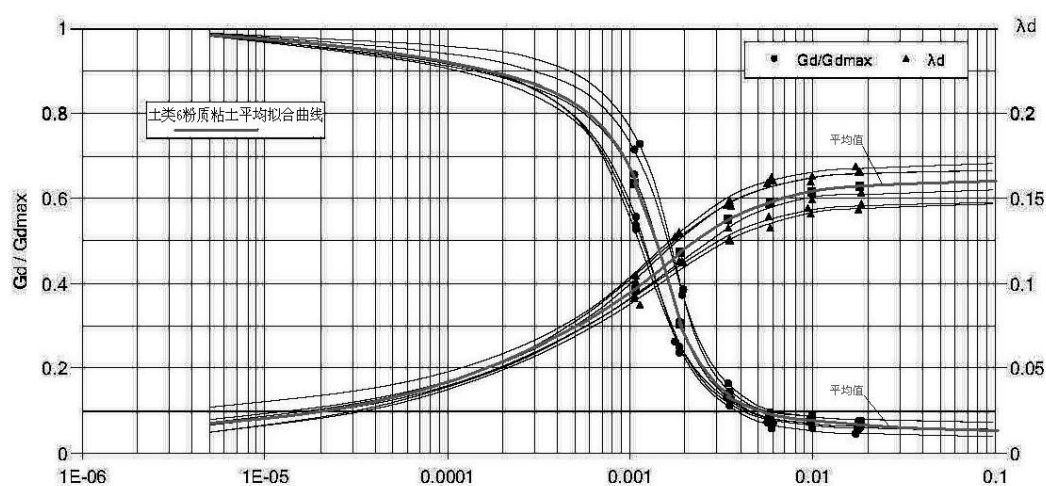
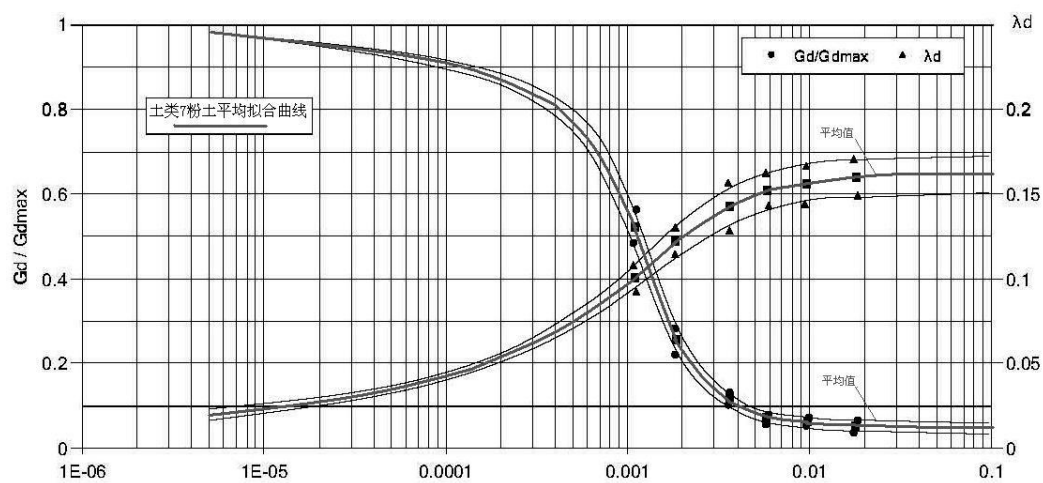
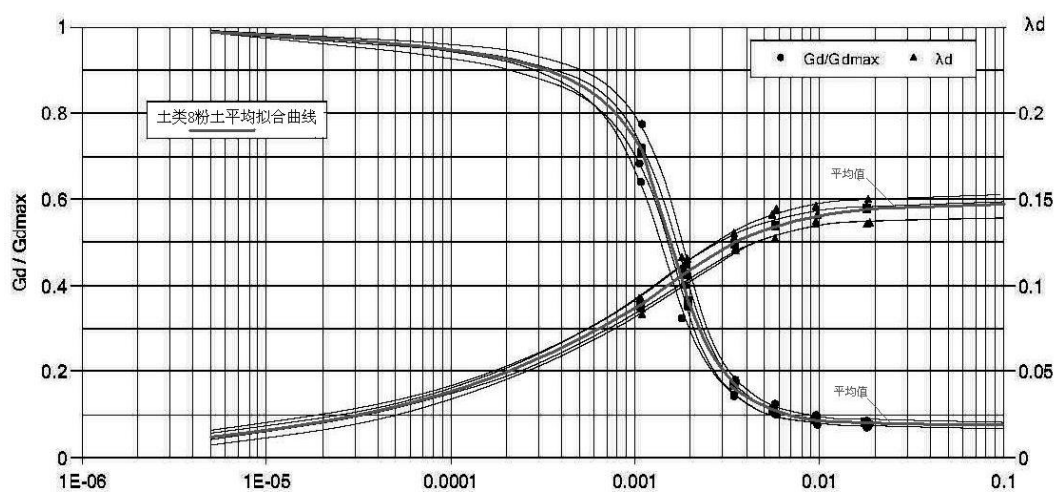
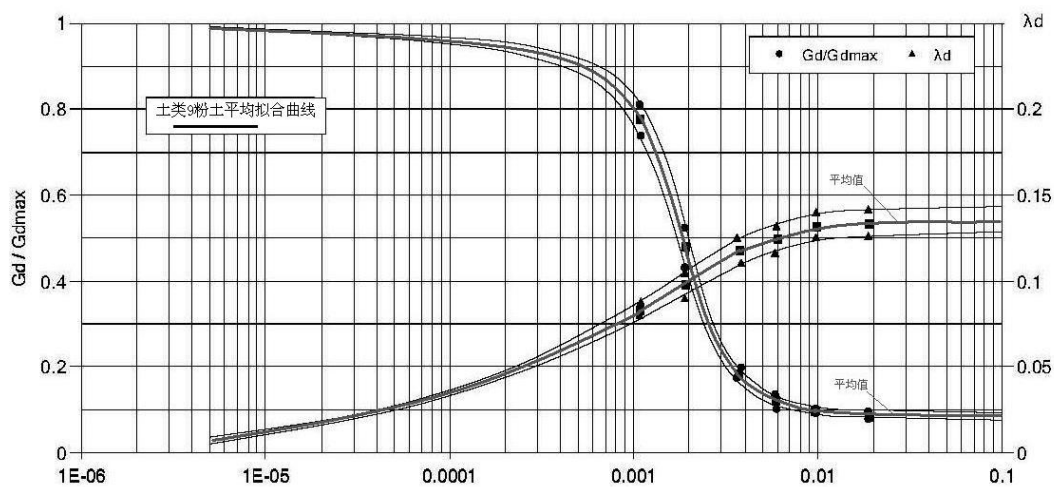
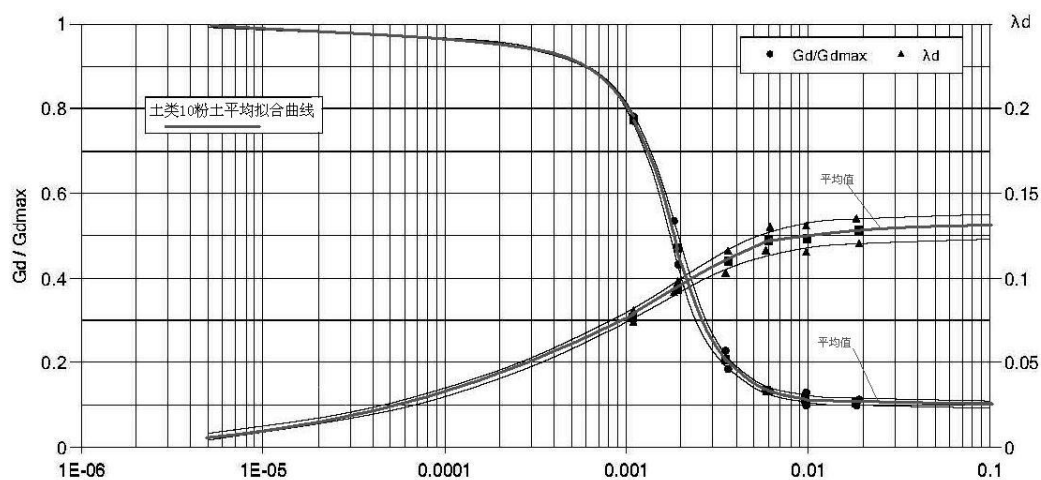


图 6.5-4 土类 5 粉质粘土平均拟合 $G/G_{\max} \sim \gamma_d$ 和 $\lambda_d \sim \gamma_d$ 关系曲线

图 6.5-5 土类 6 粉质粘土平均拟合 $G/G_{\max} \sim \gamma_d$ 和 $\lambda_d \sim \gamma_d$ 关系曲线图 6.5-6 土类 7 粉土平均拟合 $G/G_{\max} \sim \gamma_d$ 和 $\lambda_d \sim \gamma_d$ 关系曲线图 6.5-7 土类 8 粉土平均拟合 $G/G_{\max} \sim \gamma_d$ 和 $\lambda_d \sim \gamma_d$ 关系曲线

图 6.5-8 土类 9 粉土平均拟合 $G/G_{\max} \sim \gamma_d$ 和 $\lambda_d \sim \gamma_d$ 关系曲线图 6.5-9 土类 10 粉土平均拟合 $G/G_{\max} \sim \gamma_d$ 和 $\lambda_d \sim \gamma_d$ 关系曲线

通过对图 6.5-1 至图 6.5-9 的分析，可以看出各个代表性土样试验数据存在一定的离散性、且离散性大小不一致；通过取各土层代表性土样试验数据做出的平均曲线可以看出，平均曲线在各曲线中更加居中、其数据离散性更小，其对土层地震反应的影响更接近该土层的真实数据，能更好的反应该土层地震影响。

第七章 目标区场地土层地震反应分析

影响地震动的主要因素包括：震源机制、地震波传播路径和场地条件。前面在区域地震地质构造、地震活动性及区域基岩地震动峰值加速度和反应谱衰减关系研究的基础上，给出了基岩地震动峰值加速度与反应谱值，这一结果已包含了震级和地震波传播路径对场地地震动的影响，前一章也给出了场地工程地质条件的有关数据。本章将在此基础上进一步考虑局部场地条件的影响，以便为工程建筑物和构筑物提供合理的抗震设计依据。

7.1 场地基岩的人造地震动时程

以基岩加速度反应谱和峰值加速度为目标，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。

7.1.1 方法简介

本项目采用《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005)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：

$$S(\omega) = \frac{\varepsilon}{\pi\omega} S_a^2(\omega) \left\{ -\ln \left[-\frac{\pi}{\omega T} \ln(1-r) \right] \right\} \quad (7.1-1)$$

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。

$$X(t) = \sum_{i=0}^n A_i \cos(\omega_i t + \phi_i) \quad (7.1-2)$$

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。

$$a(t) = \Psi(t) \cdot X(t) \quad (7.1-3)$$

非平稳包线函数为如下形式:

$$\Psi(t) = \begin{cases} \left(\frac{t}{t_1}\right)^2 & 0 < t \leq t_1 \\ 1 & t_1 < t \leq t_2 \\ e^{-c(t-t_2)} & t_2 < t \leq T \end{cases} \quad (7.1-4)$$

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(7.1-1)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_0 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(7.1-2)中的傅氏幅值谱。

$$A^{i+1}(\omega_k) = \frac{S_a^T(\omega_j)}{S_a(\omega_j)} A^i(\omega_k) \quad N_{1j} < k \leq N_{2j} \quad (7.1-5)$$

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:

$$\omega_{1j} = \frac{1}{2}(\omega_{j-1} + \omega_j) \quad \omega_{2j} = \frac{1}{2}(\omega_j + \omega_{j+1}) \quad (7.1-6)$$

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。

7.1.2 持时参数的确定

地震动持时参数的确定,采用地震危险性分析结果与地震动时程合成过程中地震动能量匹配的原则,即以地震危险性分析所得等效震级与距离,以及由地震

动持时参数统计经验关系所得的地震动持时参数值作为参考，在地震动时程合成过程中，综合考虑地震动反应谱与强度包线参数之间的匹配情况，调整地震动持时参数值，并加以最终确定。

根据《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005)，强度包络函数应包括上升(0- t_1)、平稳(t_1 - t_2)和下降($t > t_2$)三个阶段，其形式为：

$$f(t) = \begin{cases} (t/t_1)^2 & (t < t_1) \\ 1 & (t_1 < t \leq t_2) \\ \exp(-c(t-t_1)) & (t \geq t_2) \end{cases}$$

其中 t_1 为上升段时间， t_2-t_1 为平稳段时间。

因此，确定强度包络函数的关键在于 t_1 、 t_2 和衰减系数 C 的确定。根据霍俊荣(1989)的研究成果， t_1 、 t_2 和 C 可通过下式求得：

$$LgY = C_0 + C_1M + C_2Lg(R+R_0) + \varepsilon$$

式中， Y 可以是 t_1 、 t_2-t_1 和 C 三者之一。式中的系数，根据物理量的不同取值见表 7.1-1。

表 7.1-1 地震动强度包络函数系数的取值

物理量	C_0	C_1	C_2	R_0	ε
t_1	-1.074	0	1.005	10	0.31
t_2-t_1	-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，进而求出目标区各计算控制点场地的强度包络函数的特征参数（综合考虑不同周期，特别是长周期谱谱值主要贡献潜源分布情况综合确定，见表 7.1-2~7.1-22）。

表 7.1-2 1 号控制点强度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%	5.60	60.03	12.3	18.5	0.261
50 年 10%	6.30	34.88	7.9	16.0	0.214
50 年 2%	7.00	26.80	6.5	18.6	0.152
100 年 63%	5.90	52.84	11.0	18.3	0.229
100 年 10%	6.50	29.30	6.9	15.6	0.202
100 年 2%	7.20	23.36	5.8	19.2	0.141

表 7.1-3 2 号控制点强度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%	5.60	60.09	12.3	18.5	0.261
50 年 10%	6.30	34.92	7.9	16.0	0.213
50 年 2%	7.00	26.81	6.5	18.6	0.152
100 年 63%	5.90	52.89	11.1	18.3	0.229
100 年 10%	6.50	29.32	6.9	15.6	0.202
100 年 2%	7.20	23.35	5.8	19.2	0.141

表 7.1-4 3 号控制点强度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%	5.60	60.17	12.3	18.5	0.261
50 年 10%	6.30	34.97	7.9	16.0	0.213
50 年 2%	7.00	26.83	6.5	18.7	0.152
100 年 63%	5.90	52.95	11.1	18.4	0.229
100 年 10%	6.50	29.37	6.9	15.6	0.202
100 年 2%	7.20	23.36	5.8	19.2	0.141

表 7.1-5 4 号控制点强度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%	5.60	60.23	12.4	18.6	0.261
50 年 10%	6.30	35.05	7.9	16.0	0.213
50 年 2%	7.00	26.94	6.5	18.7	0.151
100 年 63%	5.90	53.00	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.45	6.9	15.6	0.202
100 年 2%	7.20	23.49	5.9	19.3	0.141

表 7.1-6 5 号控制点强度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%	5.60	60.15	12.3	18.5	0.261
50 年 10%	6.30	34.99	7.9	16.0	0.213
50 年 2%	7.00	26.91	6.5	18.7	0.152
100 年 63%	5.90	52.94	11.1	18.4	0.229
100 年 10%	6.50	29.41	6.9	15.6	0.202
100 年 2%	7.20	23.47	5.9	19.3	0.141

表 7.1-7 6 号控制点强度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%	5.60	60.10	12.3	18.5	0.261
50 年 10%	6.30	34.96	7.9	16.0	0.213
50 年 2%	7.00	26.90	6.5	18.7	0.152
100 年 63%	5.90	52.90	11.1	18.3	0.229
100 年 10%	6.50	29.39	6.9	15.6	0.202
100 年 2%	7.20	23.48	5.9	19.3	0.141

表 7.1-8 7 号控制点强度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%	5.60	60.16	12.3	18.5	0.261
50 年 10%	6.30	35.04	7.9	16.0	0.213
50 年 2%	7.00	27.00	6.5	18.7	0.151
100 年 63%	5.90	52.95	11.1	18.4	0.229
100 年 10%	6.50	29.47	6.9	15.6	0.202
100 年 2%	7.20	23.61	5.9	19.3	0.140

表 7.1-9 8 号控制点强度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%	5.60	60.21	12.3	18.5	0.261
50 年 10%	6.30	35.07	7.9	16.0	0.213
50 年 2%	7.00	27.00	6.5	18.7	0.151
100 年 63%	5.90	53.00	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.49	6.9	15.6	0.202
100 年 2%	7.20	23.60	5.9	19.3	0.140

表 7.1-10 9 号控制点强度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%	5.60	60.29	12.4	18.6	0.261
50 年 10%	6.30	35.13	7.9	16.0	0.213
50 年 2%	7.00	27.04	6.5	18.7	0.151
100 年 63%	5.90	53.06	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.54	6.9	15.7	0.202
100 年 2%	7.20	23.63	5.9	19.3	0.140

表 7.1-11 10 号控制点强度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%	5.60	60.33	12.4	18.6	0.261
50 年 10%	6.30	35.20	7.9	16.1	0.213
50 年 2%	7.00	27.14	6.5	18.8	0.151
100 年 63%	5.90	53.10	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.62	6.9	15.7	0.201
100 年 2%	7.20	23.76	5.9	19.4	0.140

表 7.1-12 11 号控制点强度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%	5.60	60.27	12.4	18.6	0.261
50 年 10%	6.30	35.15	7.9	16.0	0.213
50 年 2%	7.00	27.11	6.5	18.8	0.151
100 年 63%	5.90	53.05	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.59	6.9	15.7	0.201
100 年 2%	7.20	23.74	5.9	19.4	0.140

表 7.1-13 12 号控制点强度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%	5.60	60.21	12.3	18.5	0.261
50 年 10%	6.30	35.12	7.9	16.0	0.213
50 年 2%	7.00	27.10	6.5	18.8	0.151
100 年 63%	5.90	53.01	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.56	6.9	15.7	0.202
100 年 2%	7.20	23.74	5.9	19.4	0.140

表 7.1-14 13 号控制点强度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%	5.60	60.27	12.4	18.6	0.261
50 年 10%	6.30	35.20	7.9	16.1	0.213
50 年 2%	7.00	27.21	6.5	18.8	0.151
100 年 63%	5.90	53.06	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.65	7.0	15.7	0.201
100 年 2%	7.20	23.84	5.9	19.4	0.140

表 7.1-15 14 号控制点强度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%	5.60	60.33	12.4	18.6	0.261
50 年 10%	6.30	35.24	7.9	16.1	0.213
50 年 2%	7.00	27.22	6.5	18.8	0.151
100 年 63%	5.90	53.11	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.68	7.0	15.7	0.201
100 年 2%	7.20	23.85	5.9	19.4	0.140

表 7.1-16 15 号控制点强度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%	5.60	60.40	12.4	18.6	0.261
50 年 10%	6.30	35.29	7.9	16.1	0.212
50 年 2%	7.00	27.26	6.5	18.8	0.151
100 年 63%	5.90	53.17	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.72	7.0	15.7	0.201
100 年 2%	7.20	23.87	5.9	19.4	0.140

表 7.1-17 16 号控制点强度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%	5.60	60.47	12.4	18.6	0.260
50 年 10%	6.30	35.39	8.0	16.1	0.212
50 年 2%	7.00	27.39	6.6	18.9	0.150
100 年 63%	5.90	53.23	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.84	7.0	15.8	0.201
100 年 2%	7.20	23.98	6.0	19.5	0.139

表 7.1-18 17 号控制点强度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%	5.60	60.40	12.4	18.6	0.261
50 年 10%	6.30	35.34	8.0	16.1	0.212
50 年 2%	7.00	27.35	6.5	18.8	0.151
100 年 63%	5.90	53.18	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.79	7.0	15.7	0.201
100 年 2%	7.20	23.96	6.0	19.5	0.140

表 7.1-19 18 号控制点强度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%	5.60	60.34	12.4	18.6	0.261
50 年 10%	6.30	35.29	7.9	16.1	0.212
50 年 2%	7.00	27.33	6.5	18.8	0.151
100 年 63%	5.90	53.12	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.75	7.0	15.7	0.201
100 年 2%	7.20	23.95	5.9	19.5	0.140

表 7.1-20 19 号控制点强度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%	5.60	60.39	12.4	18.6	0.261
50 年 10%	6.30	35.36	8.0	16.1	0.212
50 年 2%	7.00	27.43	6.6	18.9	0.150
100 年 63%	5.90	53.17	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.83	7.0	15.8	0.201
100 年 2%	7.20	24.03	6.0	19.5	0.139

表 7.1-21 20 号控制点强度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%	5.60	60.45	12.4	18.6	0.260
50 年 10%	6.30	35.41	8.0	16.1	0.212
50 年 2%	7.00	27.45	6.6	18.9	0.150
100 年 63%	5.90	53.22	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.87	7.0	15.8	0.201
100 年 2%	7.20	24.05	6.0	19.5	0.139

表 7.1-22 21 号控制点强度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%	5.60	60.55	12.4	18.6	0.260
50 年 10%	6.30	35.50	8.0	16.1	0.212
50 年 2%	7.00	27.54	6.6	18.9	0.150
100 年 63%	5.90	53.30	11.1	18.4	0.228
100 年 10%	6.50	29.96	7.0	15.8	0.200
100 年 2%	7.20	24.11	6.0	19.5	0.139

7.1.3 目标谱及基岩地震动时程的合成

根据工程场地地震安全性评价规范的要求,对目标区内计算控制点进行土层地震反应计算时,采用场点基岩地震动作为该场点计算土层反应的输入。

在合成基岩地震动时程时,采用场点处 50 年超越概率 63%、10%、2% 和 100 年超越概率 63%、10%、2% 目标峰值加速度和反应谱,见前面危险性分析得到的结果。根据所给参数分别合成不同概率水平的地震动时程。为了考虑相位随机性的影响,对于每一概率水平情况都分别合成 5 个不同随机相位的地震动时程样本。合成的时程均以 0.02 秒为间隔,离散点数均为 2048。

目标反应谱在 0.04~10.0 秒内取 60 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%。

在合成目标区场地基岩地震动时程时,不同设防水准(50 年超越概率 63%、10%、2% 和 100 年超越概率 63%、10%、2%)所对应的加速度峰值和目标反应谱取地震危险性分析得到的结果。针对 21 个计算控制点的 6 种超越概率中每一概率水平下分别合成了 5 条相互独立地震动相位时程,21 个计算控制点各概率下 5 个相位相关系数按照相关公式进行相关性计算。

$$|\rho| = \left| \frac{\sum_j a_{1j} a_{2j}}{\sqrt{\sum_j a_{1j}^2} \cdot \sqrt{\sum_j a_{2j}^2}} \right| \quad (7.1-1)$$

根据上述公式计算,得到 21 个计算控制点的 6 种超越概率的 5 条相互独立地震动相位时程相关性,计算结果如表 7.1-23~表 7.1-43,表中结果显示,每概率下不同相位地震动时程间的相关系数均小于 0.16。

本次 21 计算控制点(地质钻孔)的六种超越概率均合成 5 条,由于拟合的时程图件数量达 630 幅、数量巨大,需占用报告正文篇幅较大,故目标区各计算控制点(或地质钻孔)的相关计算图件均以附件形式给出(附件 7);由于各个计算控制点的 6 种超越概率差别较小,所以评价报告正文中随机挑选出 1 号、10 号、21 号控制点 6 种超越概率合成中的一条时程曲线图,即:图 7.1-1~图 7.1-18 给出了目标区场地 50 年 63%、10%、2% 和 100 年 63%、10%、2% 六种超越概率的拟合基岩加速度时程。

本次人工合成的地震动时程,21 个计算控制点 6 种超越概率 5 条相互独立地震动相位时程均无基线漂移现象。考虑到计算控制点数量多、6 种超越概率 5 条相

互独立地震动相位时程图件多，因此本次报告中仅给出了目标区中 7 个代表性控制点的速度时程曲线图和位移时程曲线图的一种拟合情况，见图 7.1-19~图 7.1-60。

表 7.1-23 1 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.071	1			
相位 3	0.084	0.079	1		
相位 4	0.060	0.011	0.015	1	
相位 5	0.059	0.037	0.143	0.061	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.009	1			
相位 3	0.053	0.092	1		
相位 4	0.023	0.008	0.029	1	
相位 5	0.032	0.069	0.128	0.013	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.062	1			
相位 3	0.032	0.007	1		
相位 4	0.110	0.007	0.021	1	
相位 5	0.105	0.034	0.051	0.077	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.059	1			
相位 3	0.034	0.013	1		
相位 4	0.018	0.111	0.035	1	
相位 5	0.048	0.002	0.008	0.015	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.007	1			
相位 3	0.110	0.022	1		
相位 4	0.016	0.019	0.027	1	
相位 5	0.114	0.098	0.020	0.045	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.014	1			
相位 3	0.006	0.036	1		
相位 4	0.050	0.078	0.045	1	
相位 5	0.055	0.016	0.016	0.022	1

表 7.1-24 2 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.054	1			
相位 3	0.017	0.155	1		
相位 4	0.067	0.052	0.051	1	
相位 5	0.048	0.034	0.0004	0.065	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.003	1			
相位 3	0.021	0.028	1		
相位 4	0.090	0.012	0.032	1	
相位 5	0.058	0.027	0.037	0.034	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.026	1			
相位 3	0.002	0.087	1		
相位 4	0.013	0.041	0.082	1	
相位 5	0.063	0.057	0.046	0.051	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.014	1			
相位 3	0.070	0.012	1		
相位 4	0.027	0.049	0.036	1	
相位 5	0.039	0.053	0.036	0.060	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.048	1			
相位 3	0.031	0.059	1		
相位 4	0.118	0.105	0.103	1	
相位 5	0.037	0.051	0.067	0.103	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.008	1			
相位 3	0.059	0.012	1		
相位 4	0.014	0.052	0.040	1	
相位 5	0.004	0.038	0.021	0.059	1

表 7.1-25 3 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.071	1			
相位 3	0.110	0.127	1		
相位 4	0.026	0.018	0.019	1	
相位 5	0.025	0.025	0.063	0.030	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.104	1			
相位 3	0.135	0.046	1		
相位 4	0.073	0.044	0.105	1	
相位 5	0.016	0.053	0.016	0.039	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.002	1			
相位 3	0.022	0.024	1		
相位 4	0.003	0.046	0.032	1	
相位 5	0.003	0.017	0.011	0.029	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.098	1			
相位 3	0.009	0.074	1		
相位 4	0.016	0.041	0.045	1	
相位 5	0.060	0.042	0.019	0.050	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.051	1			
相位 3	0.031	0.051	1		
相位 4	0.005	0.047	0.006	1	
相位 5	0.093	0.104	0.018	0.078	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.002	1			
相位 3	0.009	0.011	1		
相位 4	0.010	0.002	0.011	1	
相位 5	0.037	0.046	0.002	0.063	1

表 7.1-26 4 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.005	1			
相位 3	0.105	0.075	1		
相位 4	0.027	0.057	0.030	1	
相位 5	0.040	0.003	0.038	0.060	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.077	1			
相位 3	0.018	0.003	1		
相位 4	0.059	0.038	0.109	1	
相位 5	0.143	0.056	0.020	0.043	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.002	1			
相位 3	0.001	0.111	1		
相位 4	0.021	0.014	0.058	1	
相位 5	0.061	0.038	0.029	0.013	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.058	1			
相位 3	0.057	0.119	1		
相位 4	0.017	0.005	0.069	1	
相位 5	0.033	0.074	0.016	0.035	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.058	1			
相位 3	0.077	0.006	1		
相位 4	0.115	0.114	0.012	1	
相位 5	0.057	0.081	0.050	0.044	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.021	1			
相位 3	0.051	0.079	1		
相位 4	0.079	0.026	0.015	1	
相位 5	0.017	0.033	0.010	0.044	1

表 7.1-27 5 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.082	1			
相位 3	0.034	0.086	1		
相位 4	0.055	0.022	0.137	1	
相位 5	0.081	0.121	0.032	0.0003	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.133	1			
相位 3	0.035	0.028	1		
相位 4	0.059	0.061	0.087	1	
相位 5	0.022	0.089	0.018	0.087	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.019	1			
相位 3	0.053	0.005	1		
相位 4	0.109	0.0018	0.067	1	
相位 5	0.013	0.030	0.002	0.026	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.103	1			
相位 3	0.092	0.015	1		
相位 4	0.016	0.076	0.007	1	
相位 5	0.055	0.049	0.008	0.030	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.031	1			
相位 3	0.017	0.018	1		
相位 4	0.013	0.007	0.021	1	
相位 5	0.022	0.056	0.113	0.018	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.065	1			
相位 3	0.121	0.042	1		
相位 4	0.034	0.049	0.029	1	
相位 5	0.018	0.062	0.053	0.032	1

表 7.1-28 6 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.009	1			
相位 3	0.055	0.019	1		
相位 4	0.025	0.019	0.004	1	
相位 5	0.002	0.037	0.004	0.0009	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.064	1			
相位 3	0.131	0.023	1		
相位 4	0.053	0.062	0.059	1	
相位 5	0.066	0.052	0.119	0.044	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.030	1			
相位 3	0.021	0.015	1		
相位 4	0.043	0.024	0.030	1	
相位 5	0.081	0.0005	0.057	0.046	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.010	1			
相位 3	0.022	0.050	1		
相位 4	0.087	0.051	0.025	1	
相位 5	0.049	0.063	0.002	0.008	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.017	1			
相位 3	0.104	0.050	1		
相位 4	0.010	0.019	0.130	1	
相位 5	0.016	0.030	0.094	0.006	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.049	1			
相位 3	0.032	0.021	1		
相位 4	0.038	0.028	0.052	1	
相位 5	0.057	0.0006	0.015	0.009	1

表 7.1-29 7 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.103	1			
相位 3	0.049	0.007	1		
相位 4	0.031	0.045	0.058	1	
相位 5	0.045	0.034	0.022	0.076	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.023	1			
相位 3	0.029	0.030	1		
相位 4	0.016	0.066	0.052	1	
相位 5	0.021	0.051	0.050	0.064	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.027	1			
相位 3	0.012	0.011	1		
相位 4	0.039	0.007	0.136	1	
相位 5	0.036	0.014	0.056	0.004	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.001	1			
相位 3	0.011	0.011	1		
相位 4	0.012	0.030	0.089	1	
相位 5	0.010	0.040	0.056	0.038	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.037	1			
相位 3	0.003	0.023	1		
相位 4	0.070	0.049	0.124	1	
相位 5	0.092	0.042	0.071	0.029	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.024	1			
相位 3	0.016	0.013	1		
相位 4	0.055	0.020	0.004	1	
相位 5	0.052	0.026	0.066	0.030	1

表 7.1-30 8 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.014	1			
相位 3	0.030	0.041	1		
相位 4	0.041	0.114	0.025	1	
相位 5	0.044	0.087	0.036	0.038	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.081	1			
相位 3	0.011	0.033	1		
相位 4	0.092	0.016	0.091	1	
相位 5	0.009	0.095	0.003	0.038	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.006	1			
相位 3	0.002	0.057	1		
相位 4	0.052	0.037	0.002	1	
相位 5	0.002	0.056	0.018	0.046	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.017	1			
相位 3	0.009	0.048	1		
相位 4	0.007	0.013	0.0004	1	
相位 5	0.009	0.042	0.040	0.091	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.003	1			
相位 3	0.046	0.0004	1		
相位 4	0.078	0.027	0.015	1	
相位 5	0.070	0.071	0.096	0.011	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.026	1			
相位 3	0.101	0.099	1		
相位 4	0.087	0.072	0.018	1	
相位 5	0.085	0.025	0.012	0.007	1

表 7.1-31 9 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.024	1			
相位 3	0.056	0.011	1		
相位 4	0.071	0.054	0.064	1	
相位 5	0.062	0.067	0.035	0.026	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.064	1			
相位 3	0.111	0.033	1		
相位 4	0.054	0.065	0.019	1	
相位 5	0.026	0.042	0.137	0.014	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.012	1			
相位 3	0.021	0.051	1		
相位 4	0.045	0.024	0.010	1	
相位 5	0.081	0.027	0.056	0.046	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.079	1			
相位 3	0.026	0.021	1		
相位 4	0.087	0.058	0.045	1	
相位 5	0.045	0.033	0.007	0.024	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.015	1			
相位 3	0.101	0.050	1		
相位 4	0.016	0.084	0.135	1	
相位 5	0.064	0.031	0.014	0.049	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.029	1			
相位 3	0.037	0.021	1		
相位 4	0.031	0.029	0.052	1	
相位 5	0.057	0.025	0.015	0.014	1

表 7.1-32 10 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.045	1			
相位 3	0.055	0.019	1		
相位 4	0.016	0.056	0.035	1	
相位 5	0.098	0.065	0.004	0.053	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.064	1			
相位 3	0.162	0.023	1		
相位 4	0.035	0.046	0.059	1	
相位 5	0.066	0.052	0.115	0.044	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.012	1			
相位 3	0.026	0.015	1		
相位 4	0.049	0.028	0.030	1	
相位 5	0.081	0.005	0.056	0.046	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.065	1			
相位 3	0.022	0.012	1		
相位 4	0.053	0.086	0.056	1	
相位 5	0.049	0.045	0.062	0.054	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.017	1			
相位 3	0.151	0.050	1		
相位 4	0.010	0.084	0.055	1	
相位 5	0.015	0.030	0.094	0.068	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.049	1			
相位 3	0.064	0.021	1		
相位 4	0.038	0.002	0.012	1	
相位 5	0.086	0.053	0.085	0.019	1

表 7.1-33 11 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.057	1			
相位 3	0.054	0.155	1		
相位 4	0.067	0.092	0.051	1	
相位 5	0.048	0.034	0.034	0.065	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.003	1			
相位 3	0.056	0.028	1		
相位 4	0.090	0.086	0.032	1	
相位 5	0.084	0.027	0.018	0.086	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.026	1			
相位 3	0.064	0.017	1		
相位 4	0.013	0.081	0.032	1	
相位 5	0.012	0.057	0.048	0.054	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.014	1			
相位 3	0.078	0.012	1		
相位 4	0.016	0.049	0.032	1	
相位 5	0.089	0.058	0.036	0.030	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.018	1			
相位 3	0.038	0.055	1		
相位 4	0.118	0.115	0.103	1	
相位 5	0.035	0.051	0.066	0.104	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.015	1			
相位 3	0.019	0.018	1		
相位 4	0.056	0.015	0.044	1	
相位 5	0.068	0.034	0.023	0.051	1

表 7.1-34 12 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.064	1			
相位 3	0.084	0.056	1		
相位 4	0.087	0.011	0.015	1	
相位 5	0.019	0.087	0.048	0.087	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.009	1			
相位 3	0.045	0.078	1		
相位 4	0.082	0.008	0.056	1	
相位 5	0.032	0.015	0.128	0.068	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.062	1			
相位 3	0.054	0.007	1		
相位 4	0.110	0.054	0.021	1	
相位 5	0.035	0.034	0.048	0.087	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.059	1			
相位 3	0.041	0.111	1		
相位 4	0.018	0.065	0.048	1	
相位 5	0.087	0.082	0.013	0.015	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.007	1			
相位 3	0.154	0.022	1		
相位 4	0.016	0.084	0.027	1	
相位 5	0.038	0.015	0.084	0.058	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.016	1			
相位 3	0.006	0.036	1		
相位 4	0.050	0.048	0.045	1	
相位 5	0.055	0.016	0.046	0.012	1

表 7.1-35 13 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.135	1			
相位 3	0.046	0.037	1		
相位 4	0.031	0.041	0.028	1	
相位 5	0.041	0.034	0.022	0.076	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.026	1			
相位 3	0.029	0.030	1		
相位 4	0.019	0.068	0.052	1	
相位 5	0.021	0.051	0.051	0.024	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.027	1			
相位 3	0.012	0.019	1		
相位 4	0.036	0.007	0.136	1	
相位 5	0.066	0.013	0.057	0.095	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.021	1			
相位 3	0.058	0.011	1		
相位 4	0.012	0.038	0.089	1	
相位 5	0.068	0.040	0.054	0.033	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.035	1			
相位 3	0.003	0.056	1		
相位 4	0.046	0.049	0.124	1	
相位 5	0.015	0.042	0.016	0.059	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.026	1			
相位 3	0.016	0.056	1		
相位 4	0.015	0.022	0.046	1	
相位 5	0.052	0.026	0.065	0.037	1

表 7.1-36 14 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.012	1			
相位 3	0.020	0.041	1		
相位 4	0.041	0.134	0.052	1	
相位 5	0.014	0.087	0.036	0.048	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.071	1			
相位 3	0.111	0.043	1		
相位 4	0.292	0.017	0.061	1	
相位 5	0.019	0.055	0.054	0.038	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.006	1			
相位 3	0.052	0.067	1		
相位 4	0.063	0.037	0.012	1	
相位 5	0.002	0.006	0.018	0.026	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.027	1			
相位 3	0.049	0.078	1		
相位 4	0.017	0.013	0.024	1	
相位 5	0.029	0.042	0.010	0.091	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.013	1			
相位 3	0.046	0.014	1		
相位 4	0.048	0.037	0.017	1	
相位 5	0.010	0.071	0.086	0.021	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.016	1			
相位 3	0.141	0.029	1		
相位 4	0.067	0.072	0.028	1	
相位 5	0.087	0.025	0.016	0.004	1

表 7.1-37 15 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.044	1			
相位 3	0.017	0.115	1		
相位 4	0.057	0.057	0.051	1	
相位 5	0.048	0.054	0.047	0.055	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.073	1			
相位 3	0.021	0.038	1		
相位 4	0.094	0.014	0.037	1	
相位 5	0.055	0.077	0.057	0.014	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.016	1			
相位 3	0.002	0.086	1		
相位 4	0.073	0.041	0.032	1	
相位 5	0.065	0.017	0.044	0.011	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.018	1			
相位 3	0.045	0.016	1		
相位 4	0.025	0.041	0.037	1	
相位 5	0.035	0.052	0.038	0.030	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.068	1			
相位 3	0.011	0.054	1		
相位 4	0.125	0.101	0.134	1	
相位 5	0.034	0.041	0.062	0.183	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.009	1			
相位 3	0.079	0.062	1		
相位 4	0.014	0.057	0.045	1	
相位 5	0.044	0.032	0.011	0.049	1

表 7.1-38 16 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.016	1			
相位 3	0.084	0.035	1		
相位 4	0.053	0.011	0.035	1	
相位 5	0.059	0.054	0.143	0.025	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.045	1			
相位 3	0.064	0.092	1		
相位 4	0.085	0.022	0.031	1	
相位 5	0.032	0.069	0.128	0.013	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.062	1			
相位 3	0.016	0.007	1		
相位 4	0.110	0.013	0.021	1	
相位 5	0.105	0.034	0.035	0.017	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.053	1			
相位 3	0.034	0.058	1		
相位 4	0.013	0.111	0.016	1	
相位 5	0.048	0.062	0.008	0.015	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.007	1			
相位 3	0.115	0.084	1		
相位 4	0.013	0.035	0.027	1	
相位 5	0.114	0.098	0.020	0.045	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.014	1			
相位 3	0.087	0.036	1		
相位 4	0.050	0.015	0.035	1	
相位 5	0.098	0.016	0.064	0.046	1

表 7.1-39 17 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.012	1			
相位 3	0.035	0.049	1		
相位 4	0.065	0.026	0.120	1	
相位 5	0.081	0.121	0.012	0.056	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.136	1			
相位 3	0.045	0.028	1		
相位 4	0.099	0.034	0.027	1	
相位 5	0.021	0.081	0.018	0.097	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.026	1			
相位 3	0.055	0.005	1		
相位 4	0.129	0.016	0.066	1	
相位 5	0.011	0.031	0.012	0.016	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.163	1			
相位 3	0.012	0.025	1		
相位 4	0.019	0.076	0.047	1	
相位 5	0.055	0.049	0.098	0.010	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.031	1			
相位 3	0.067	0.018	1		
相位 4	0.013	0.046	0.031	1	
相位 5	0.028	0.026	0.103	0.028	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.015	1			
相位 3	0.111	0.012	1		
相位 4	0.035	0.047	0.019	1	
相位 5	0.028	0.062	0.054	0.037	1

表 7.1-40 18 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.051	1			
相位 3	0.113	0.127	1		
相位 4	0.026	0.088	0.019	1	
相位 5	0.023	0.027	0.093	0.037	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.114	1			
相位 3	0.131	0.056	1		
相位 4	0.083	0.043	0.107	1	
相位 5	0.016	0.073	0.026	0.035	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.062	1			
相位 3	0.027	0.064	1		
相位 4	0.013	0.046	0.052	1	
相位 5	0.006	0.013	0.021	0.028	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.091	1			
相位 3	0.029	0.084	1		
相位 4	0.016	0.061	0.041	1	
相位 5	0.060	0.041	0.016	0.010	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.051	1			
相位 3	0.045	0.071	1		
相位 4	0.055	0.047	0.076	1	
相位 5	0.095	0.124	0.017	0.032	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.023	1			
相位 3	0.075	0.043	1		
相位 4	0.010	0.002	0.038	1	
相位 5	0.028	0.045	0.002	0.084	1

表 7.1-41 19 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.113	1			
相位 3	0.049	0.007	1		
相位 4	0.039	0.015	0.084	1	
相位 5	0.035	0.024	0.022	0.066	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.093	1			
相位 3	0.022	0.010	1		
相位 4	0.019	0.087	0.051	1	
相位 5	0.021	0.051	0.020	0.094	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.027	1			
相位 3	0.012	0.017	1		
相位 4	0.039	0.007	0.134	1	
相位 5	0.076	0.014	0.056	0.004	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.001	1			
相位 3	0.011	0.011	1		
相位 4	0.018	0.050	0.089	1	
相位 5	0.010	0.040	0.056	0.038	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.037	1			
相位 3	0.093	0.023	1		
相位 4	0.079	0.049	0.129	1	
相位 5	0.062	0.042	0.071	0.029	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.064	1			
相位 3	0.018	0.019	1		
相位 4	0.051	0.020	0.024	1	
相位 5	0.052	0.036	0.061	0.033	1

表 7.1-42 20 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.004	1			
相位 3	0.055	0.019	1		
相位 4	0.021	0.059	0.004	1	
相位 5	0.002	0.037	0.034	0.0026	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.064	1			
相位 3	0.131	0.023	1		
相位 4	0.054	0.062	0.059	1	
相位 5	0.066	0.052	0.119	0.044	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.030	1			
相位 3	0.021	0.015	1		
相位 4	0.043	0.024	0.030	1	
相位 5	0.081	0.007	0.057	0.046	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.019	1			
相位 3	0.022	0.051	1		
相位 4	0.087	0.051	0.025	1	
相位 5	0.049	0.063	0.002	0.008	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.015	1			
相位 3	0.104	0.050	1		
相位 4	0.010	0.014	0.135	1	
相位 5	0.016	0.031	0.094	0.047	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.049	1			
相位 3	0.032	0.021	1		
相位 4	0.037	0.025	0.052	1	
相位 5	0.057	0.005	0.014	0.014	1

表 7.1-43 21 号孔各超越概率相关关系表

50 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.016	1			
相位 3	0.020	0.042	1		
相位 4	0.014	0.114	0.015	1	
相位 5	0.043	0.037	0.066	0.018	1
50 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.071	1			
相位 3	0.018	0.033	1		
相位 4	0.026	0.015	0.095	1	
相位 5	0.084	0.087	0.053	0.034	1
50 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.048	1			
相位 3	0.051	0.054	1		
相位 4	0.085	0.036	0.051	1	
相位 5	0.013	0.057	0.046	0.015	1
100 年 63%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.017	1			
相位 3	0.054	0.048	1		
相位 4	0.007	0.013	0.013	1	
相位 5	0.043	0.084	0.040	0.051	1
100 年 10%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.003	1			
相位 3	0.041	0.003	1		
相位 4	0.075	0.048	0.015	1	
相位 5	0.070	0.071	0.015	0.042	1
100 年 2%	相位 1	相位 2	相位 3	相位 4	相位 5
相位 1	1				
相位 2	0.054	1			
相位 3	0.101	0.053	1		
相位 4	0.051	0.027	0.018	1	
相位 5	0.015	0.025	0.014	0.003	1

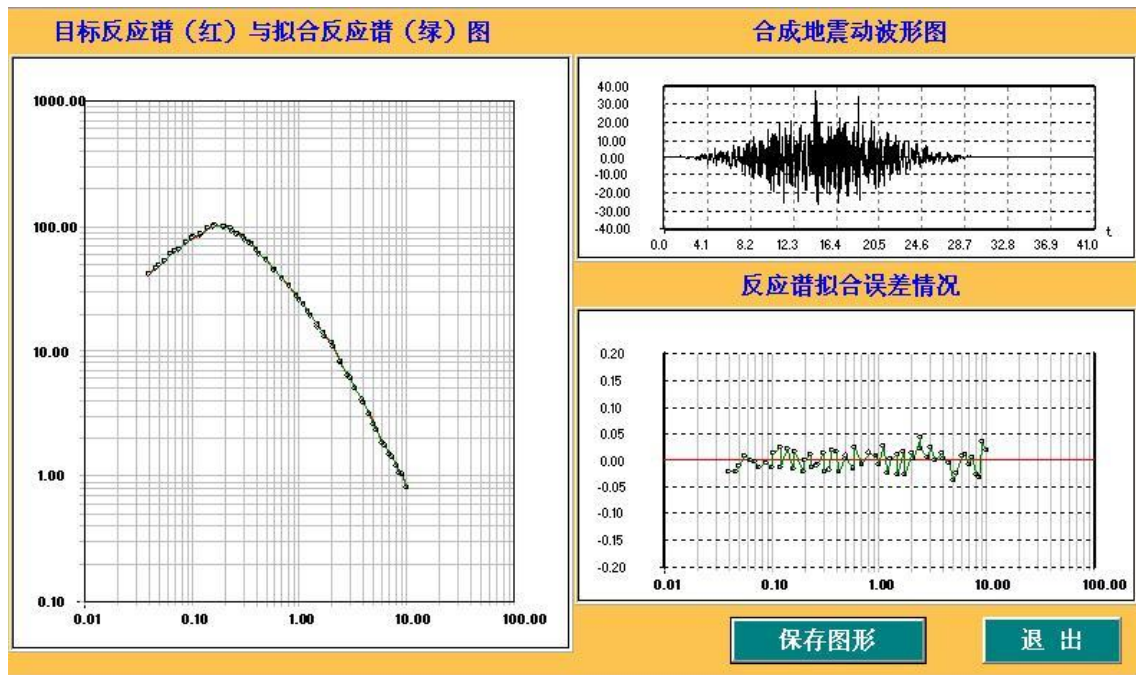


图 7.1-1 1 号孔 50 年超越概率 63%基岩加速度时程(1)

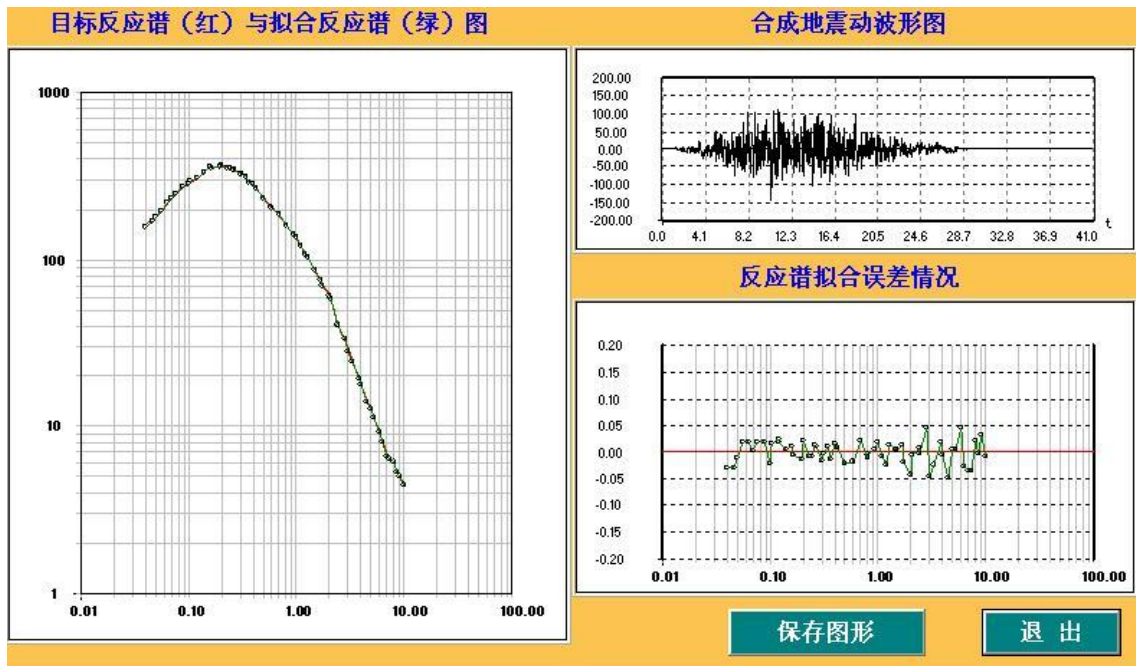


图 7.1-2 1 号孔 50 年超越概率 10%基岩加速度时程(1)

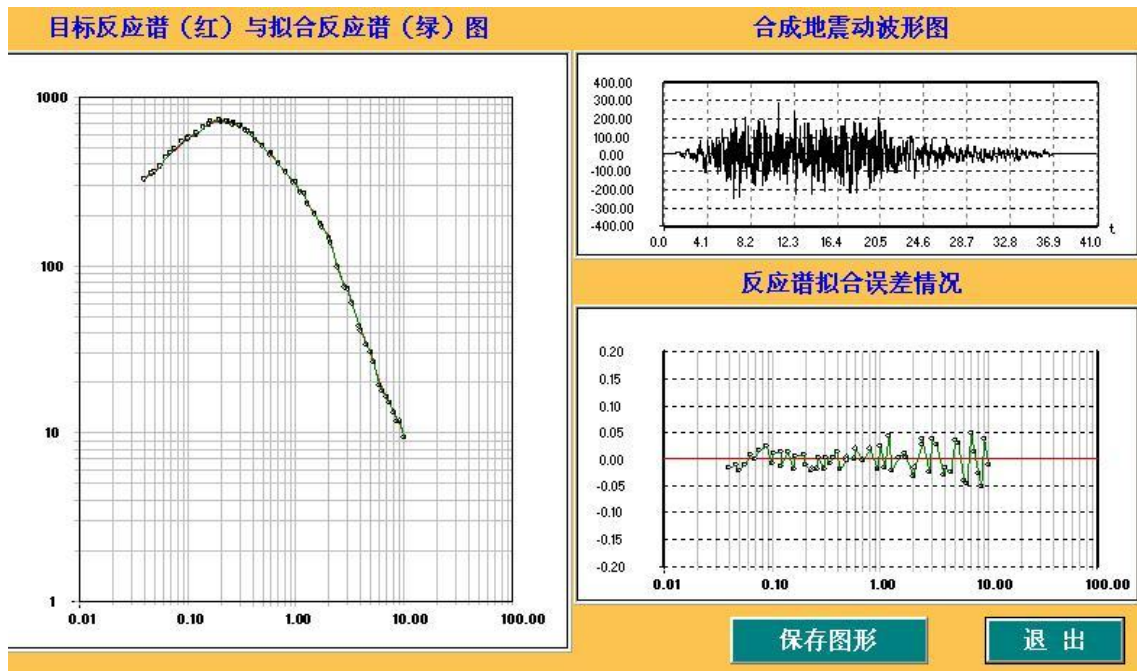


图 7.1-3 1 号孔 50 年超越概率 2% 基岩加速度时程(1)

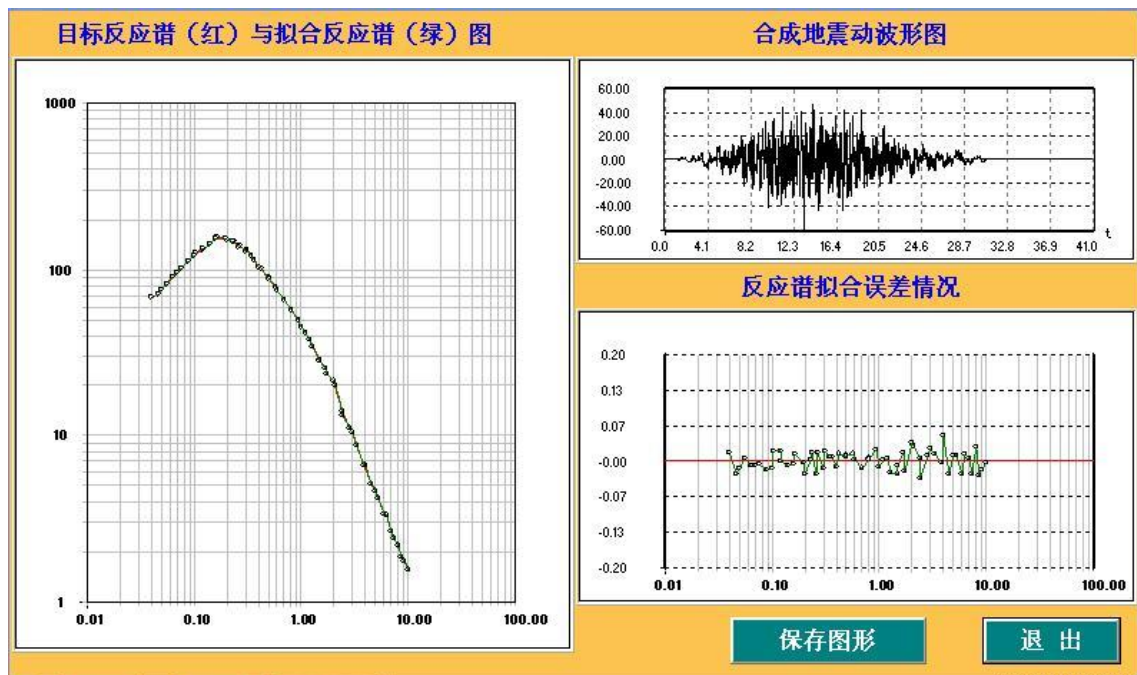


图 7.1-4 1 号孔 100 年超越概率 63% 基岩加速度时程(1)

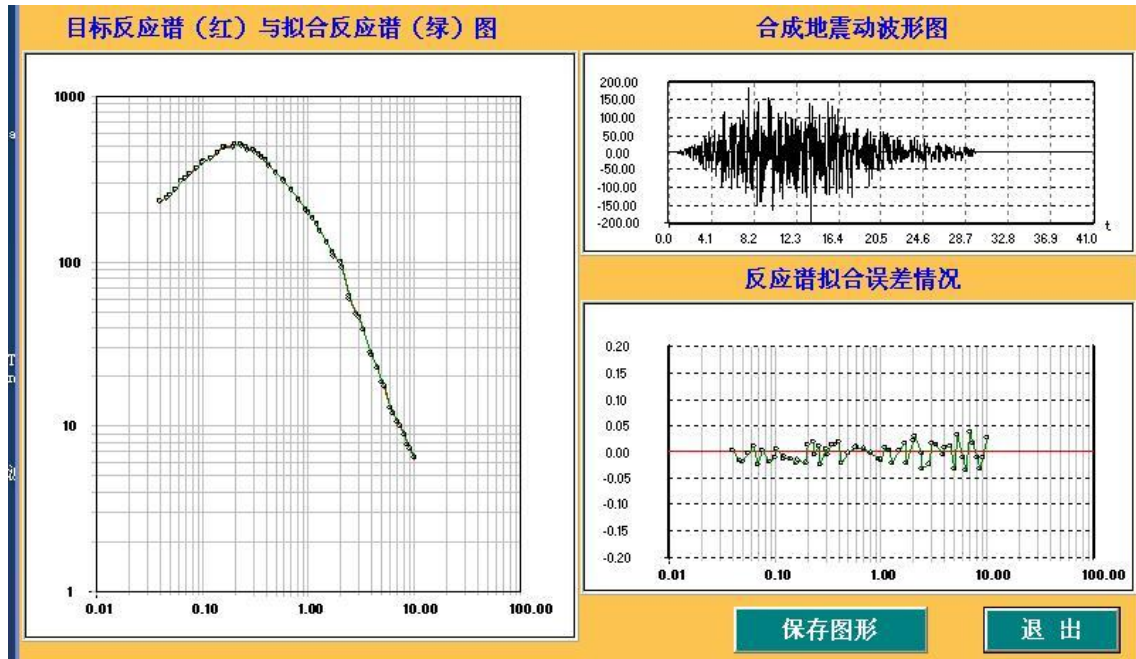


图 7.1-5 1号孔 100年超越概率 10%基岩加速度时程(1)

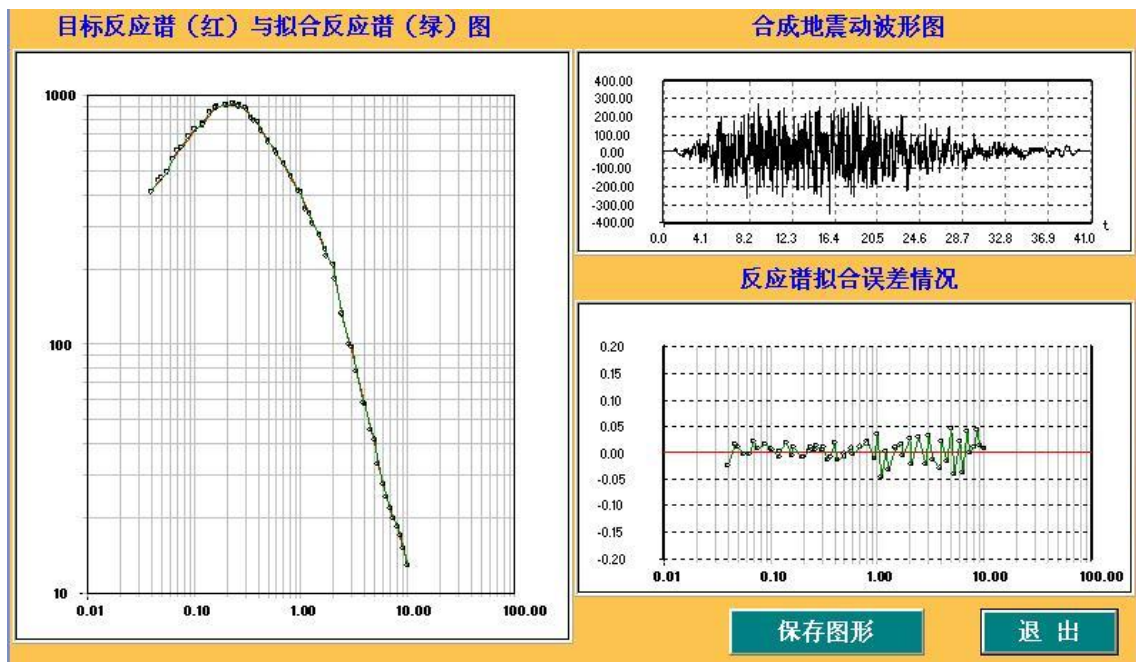


图 7.1-6 1号孔 100年超越概率 2%基岩加速度时程(1)

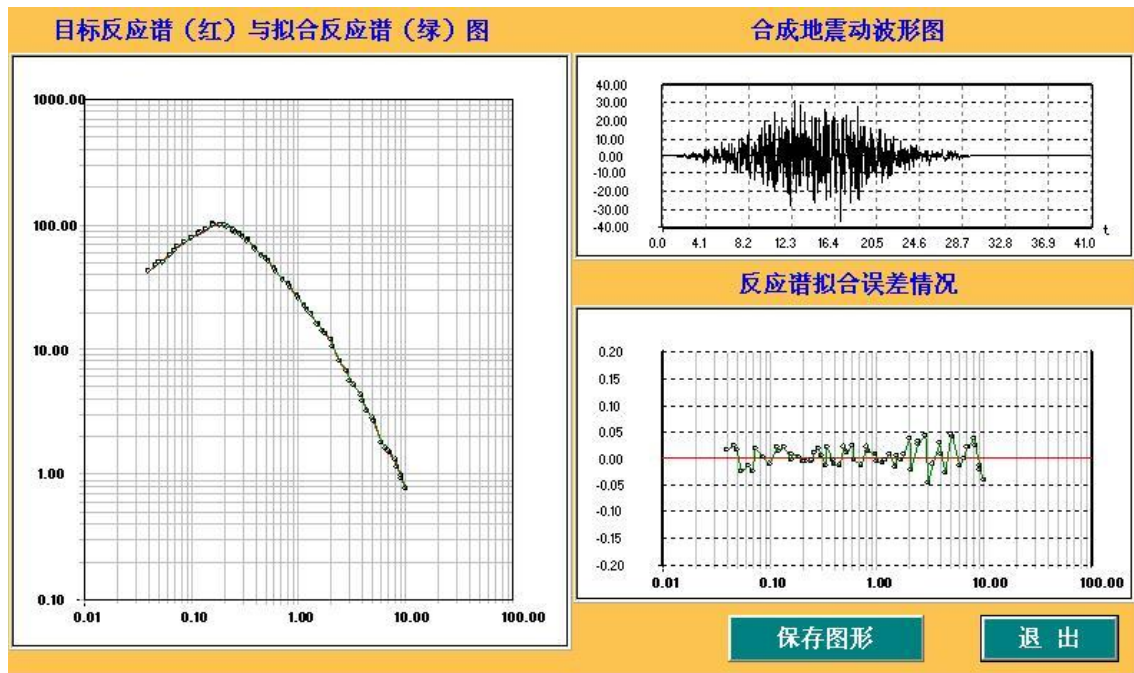


图 7.1-7 10 号孔 50 年超越概率 63%基岩加速度时程(1)

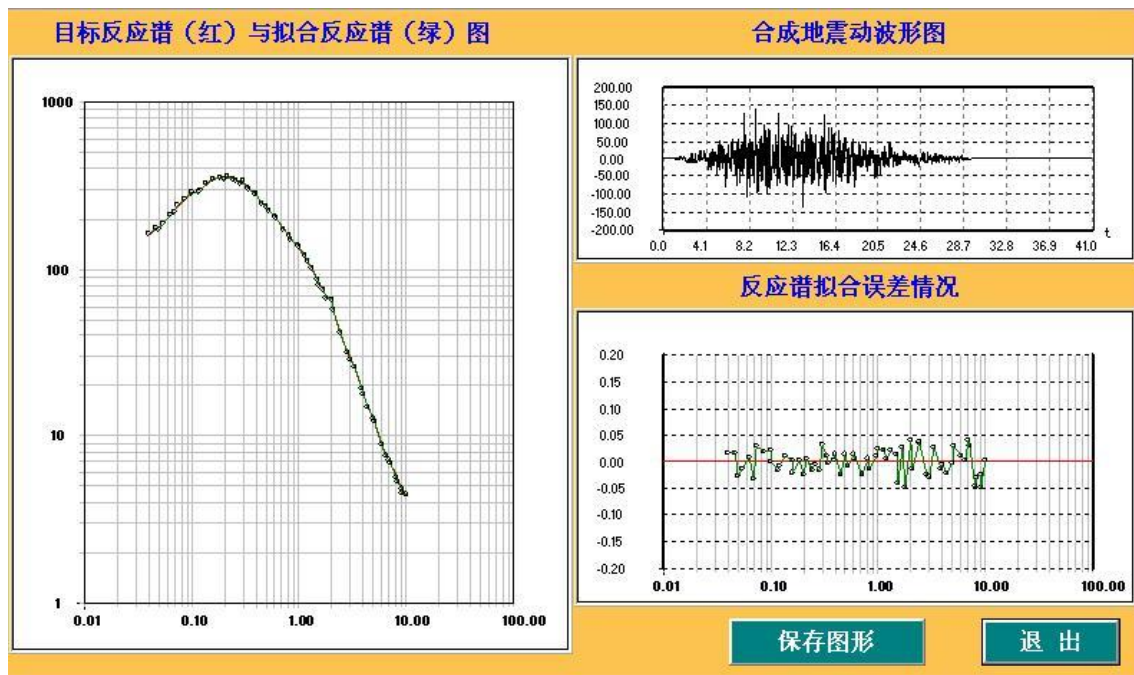


图 7.1-8 10 号孔 50 年超越概率 10%基岩加速度时程(1)

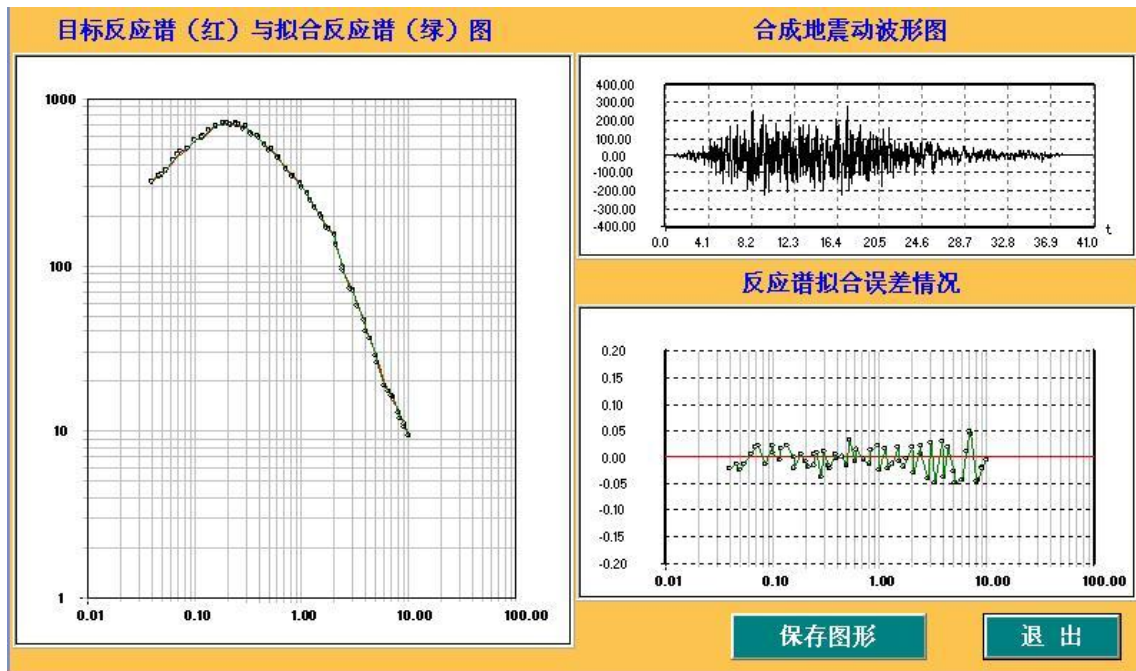


图 7.1-9 10 号孔 50 年超越概率 2% 基岩加速度时程(1)

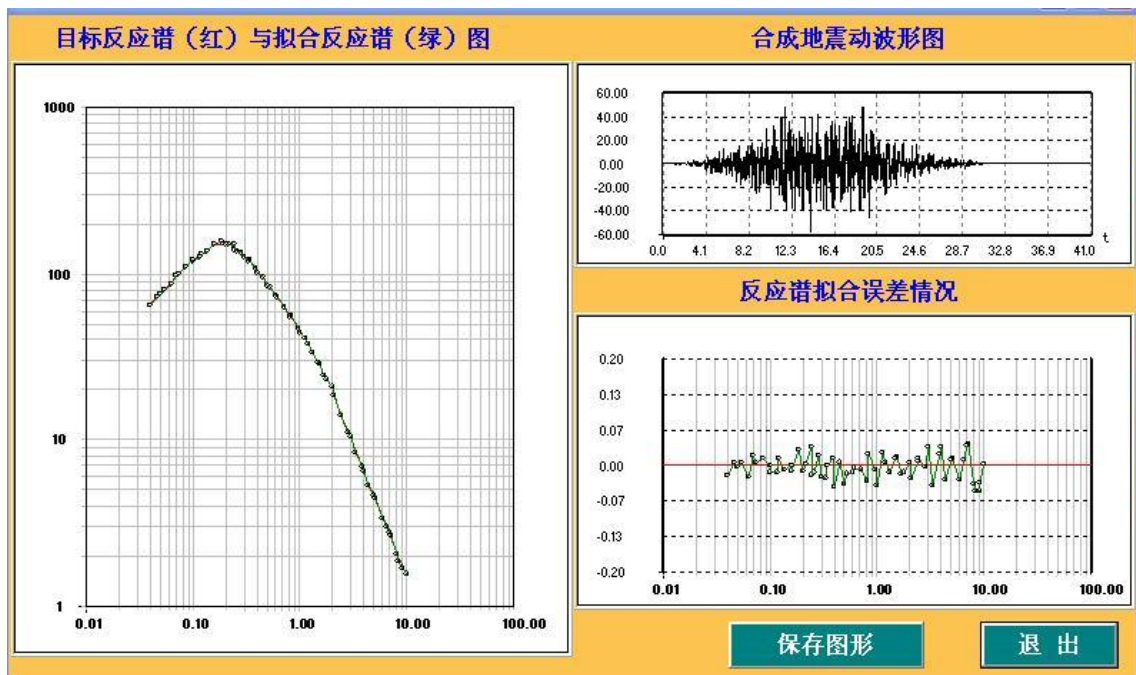


图 7.1-10 10 号孔 100 年超越概率 63% 基岩加速度时程(1)

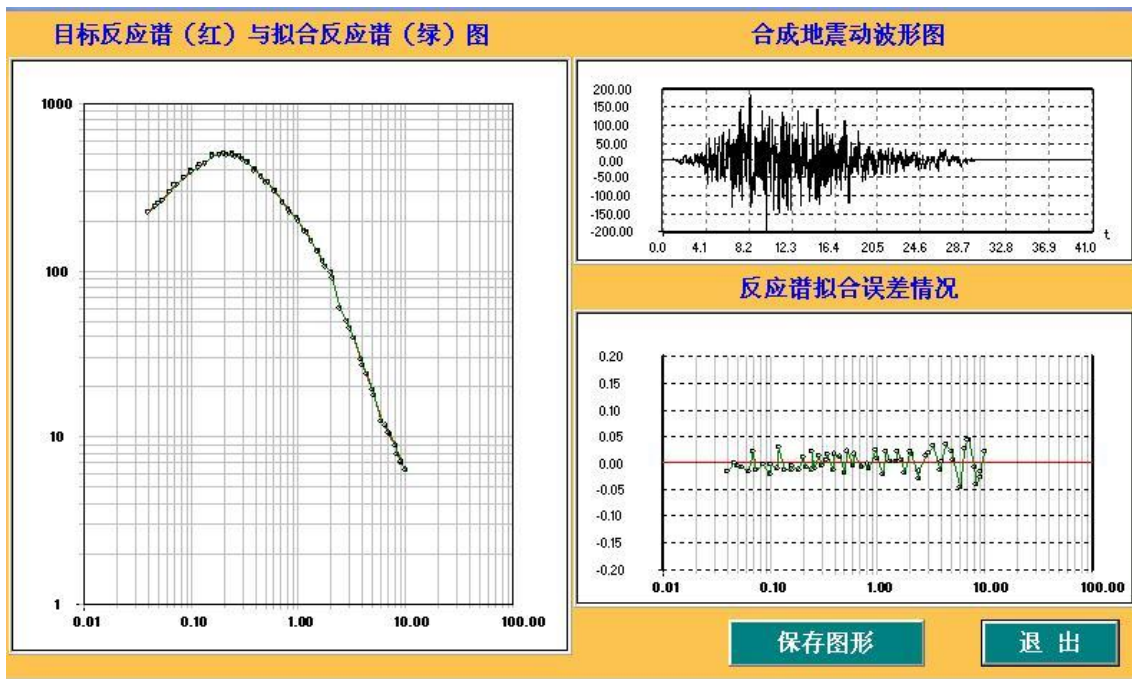


图 7.1-11 10 号孔 100 年超越概率 10%基岩加速度时程(1)

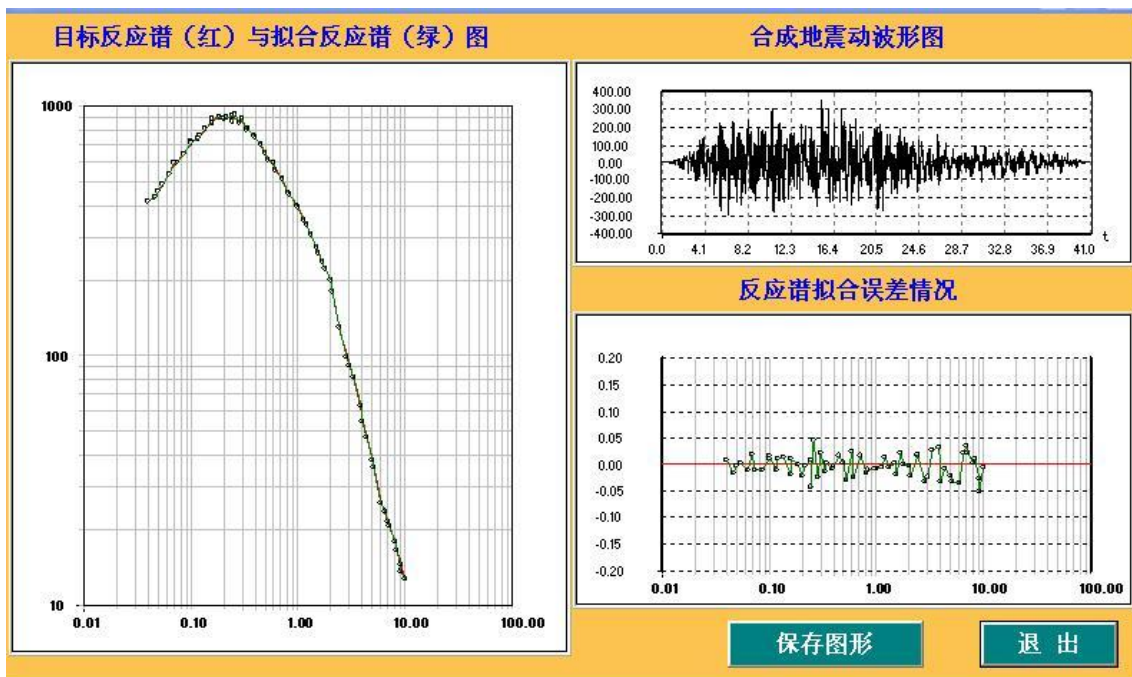


图 7.1-12 10 号孔 100 年超越概率 2%基岩加速度时程(1)

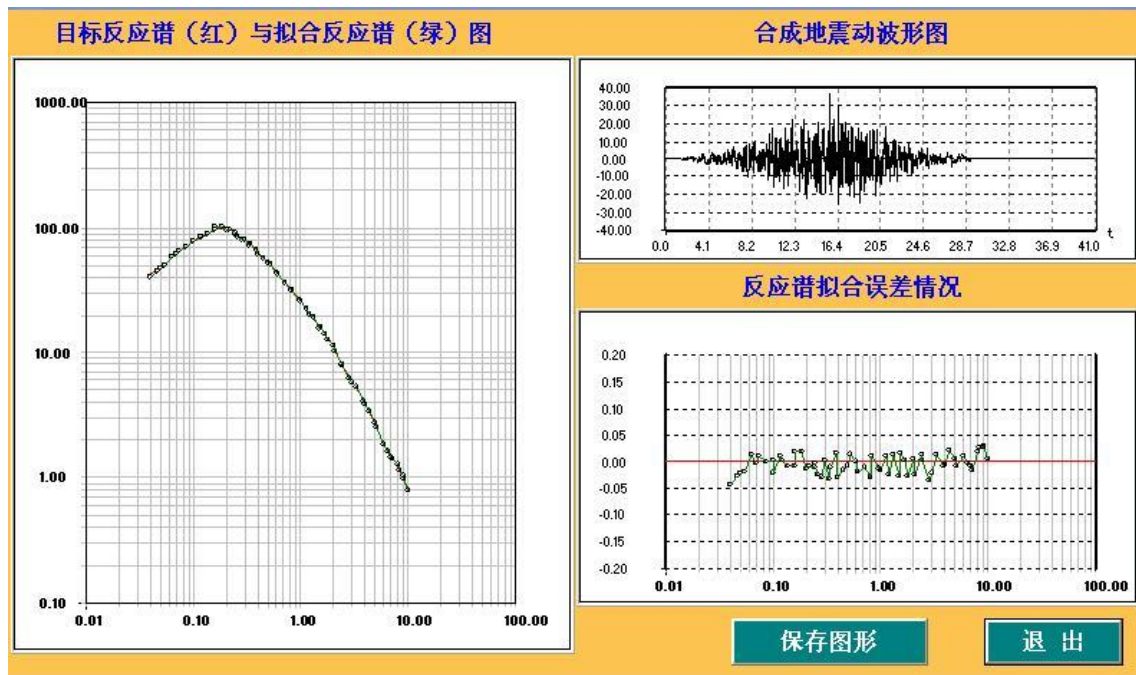


图 7.1-13 21 号孔 50 年超越概率 63%基岩加速度时程(1)

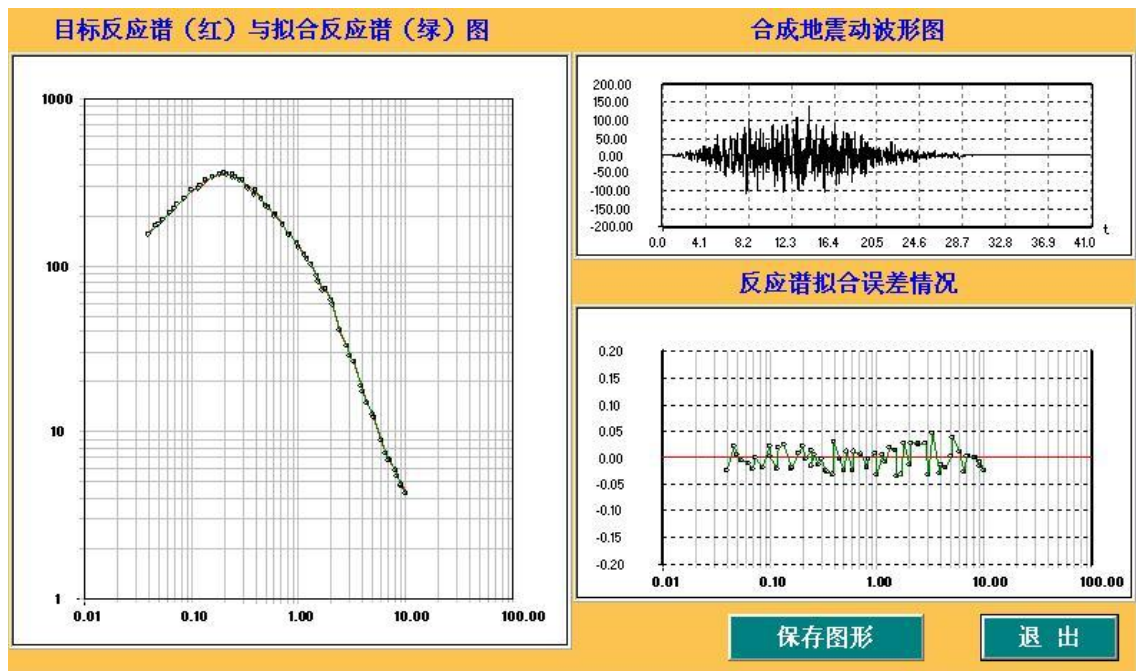


图 7.1-14 21 号孔 50 年超越概率 10%基岩加速度时程(1)

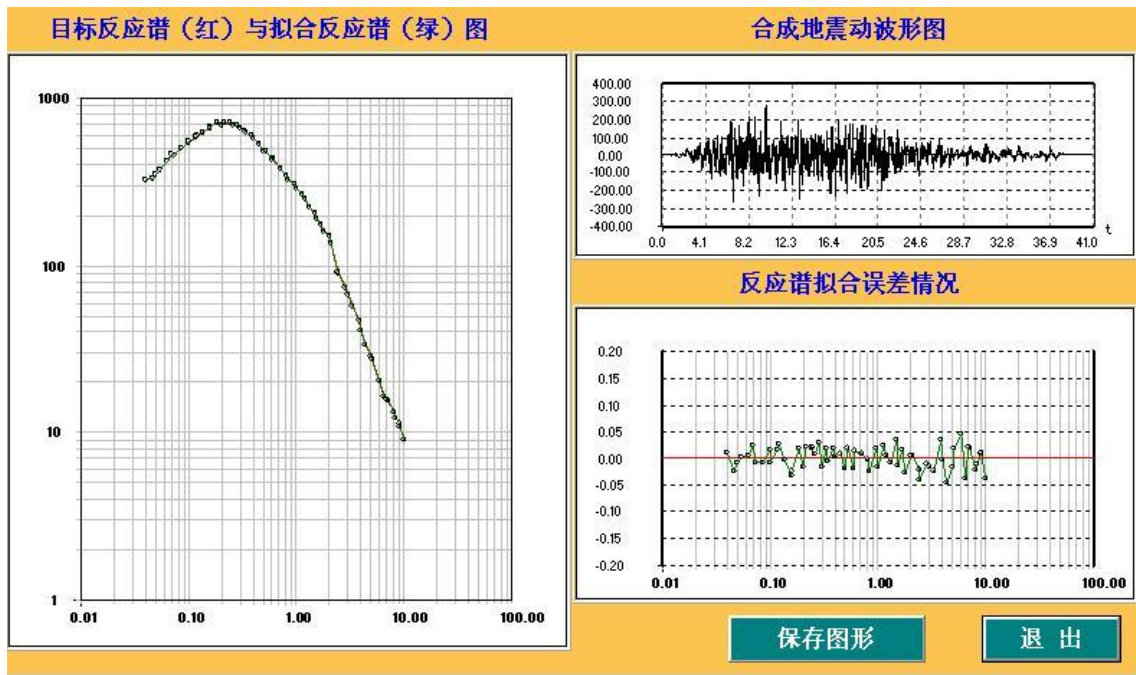


图 7.1-15 21 号孔 50 年超越概率 2%基岩加速度时程(1)

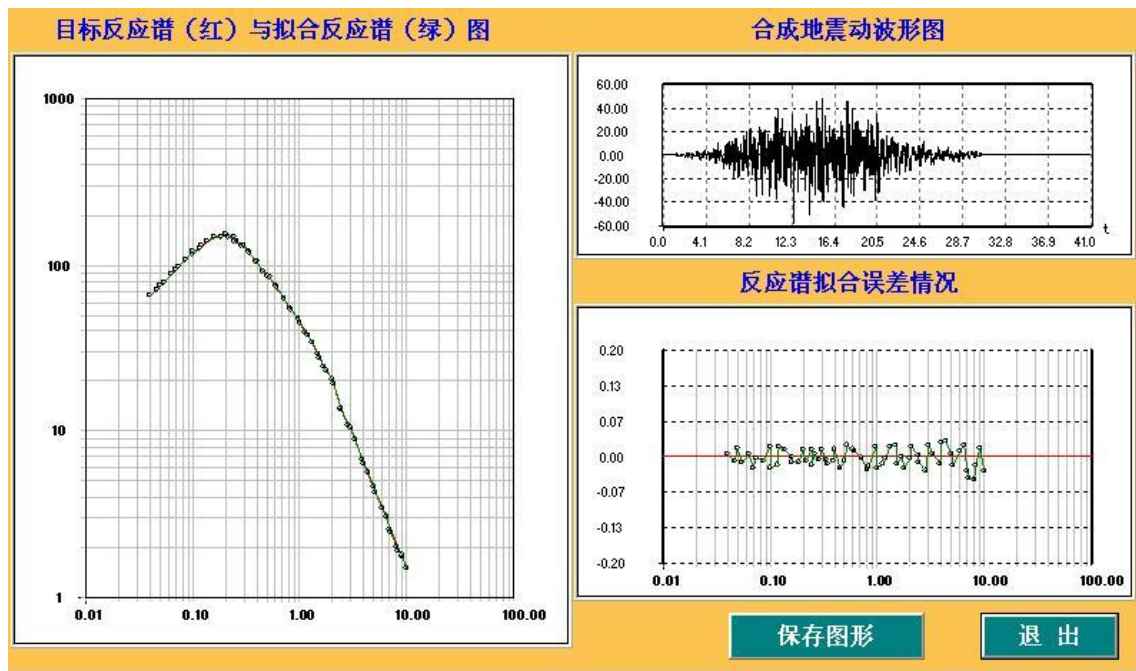


图 7.1-16 21 号孔 100 年超越概率 63%基岩加速度时程(1)

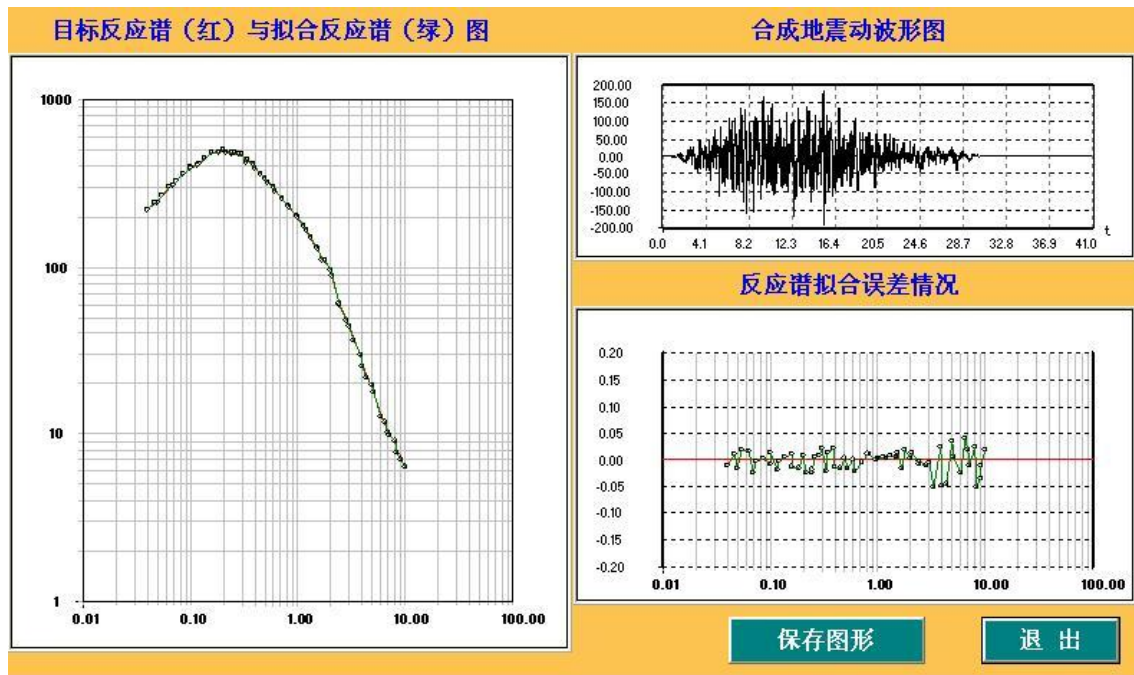


图 7.1-17 21 号孔 100 年超越概率 10%基岩加速度时程(1)

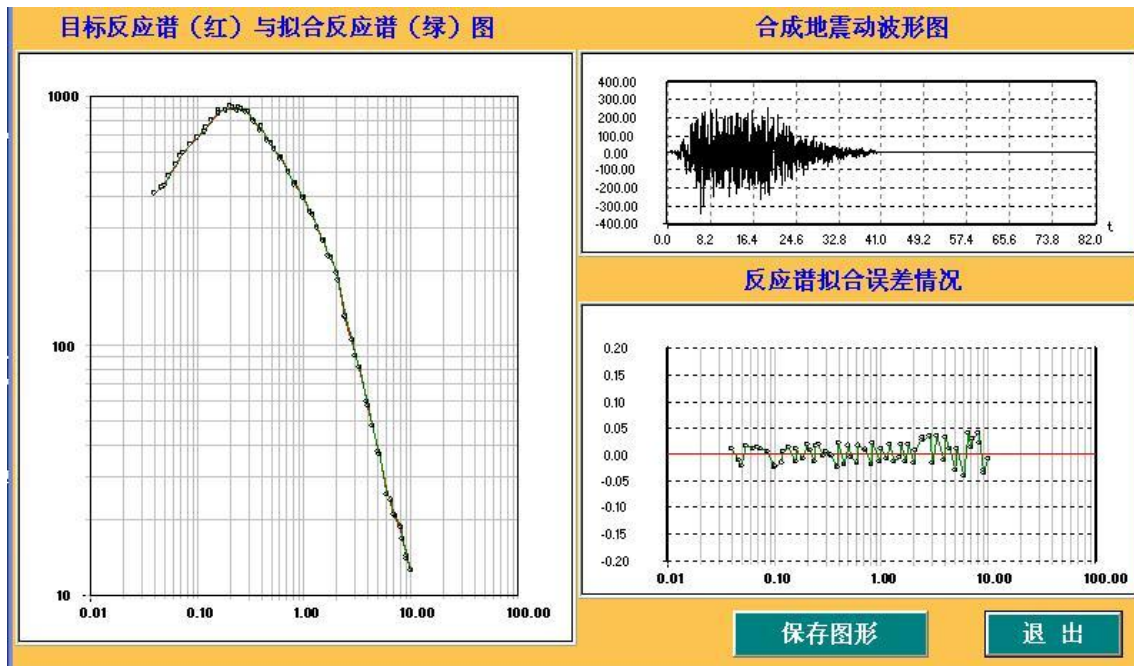


图 7.1-18 21 号孔 100 年超越概率 2%基岩加速度时程(1)

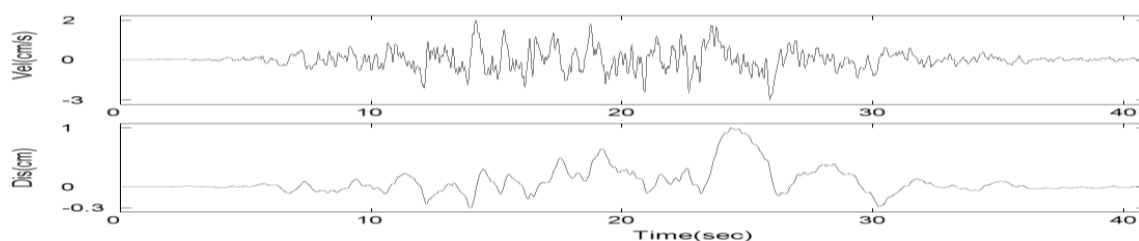


图 7.1-19 1 号孔 50 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

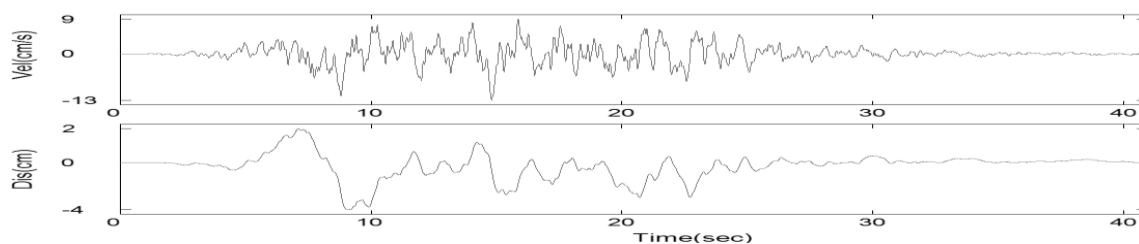


图 7.1-20 1 号孔 50 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程图和位移时程图(1)

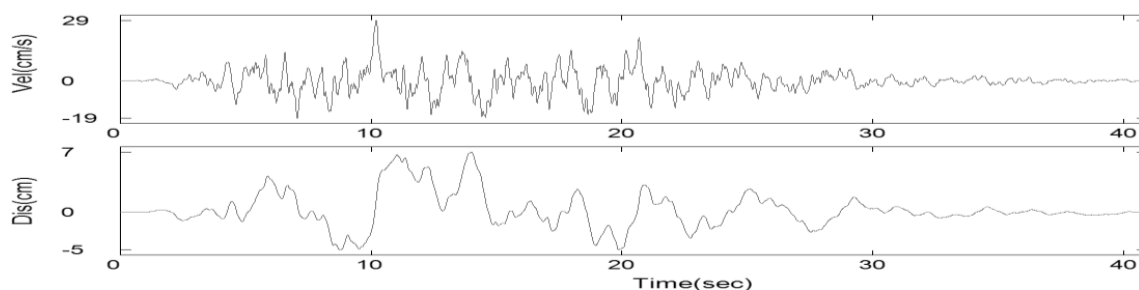


图 7.1-21 1 号孔 50 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

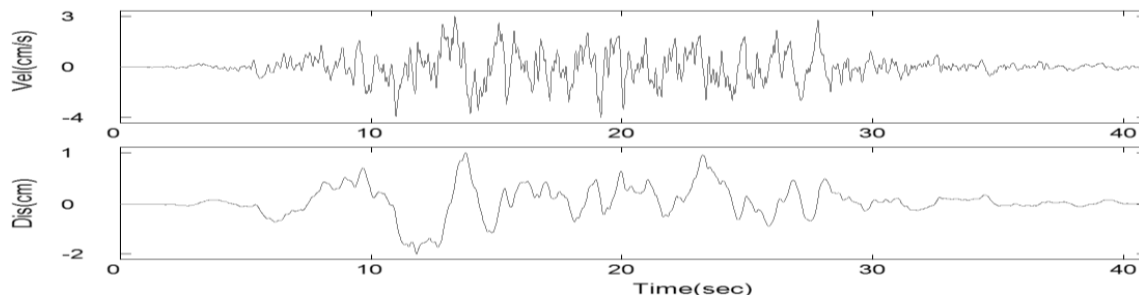


图 7.1-22 1 号孔 100 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

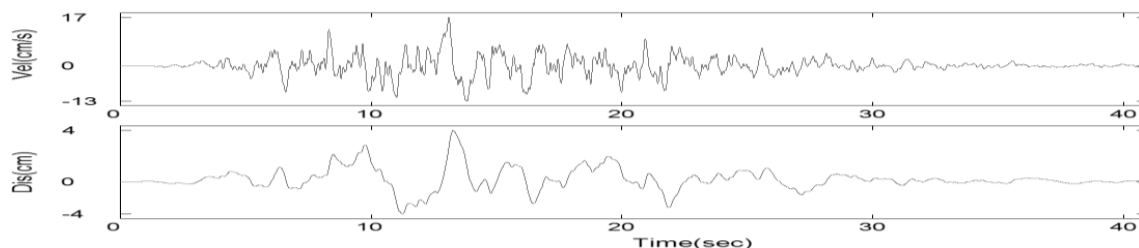


图 7.1-23 1 号孔 100 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

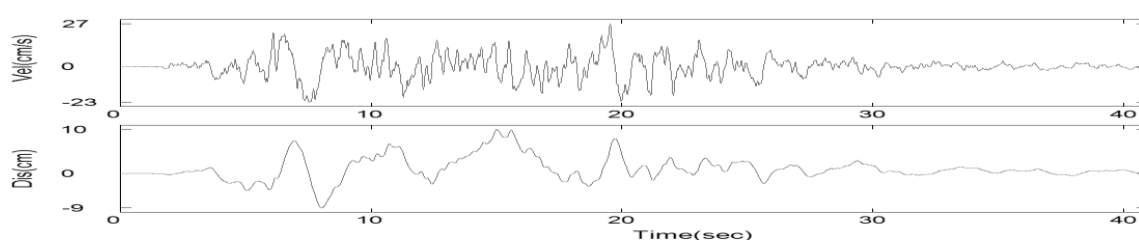


图 7.1-24 1 号孔 100 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

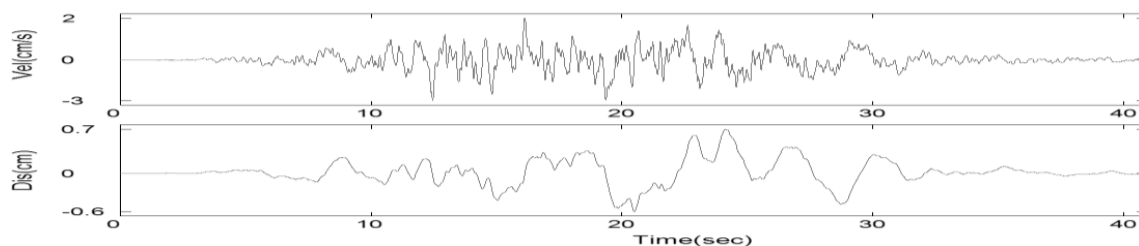


图 7.1-25 2 号孔 50 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

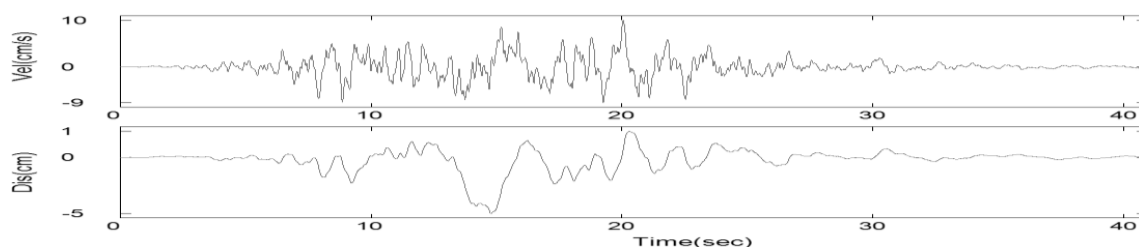


图 7.1-26 2 号孔 50 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

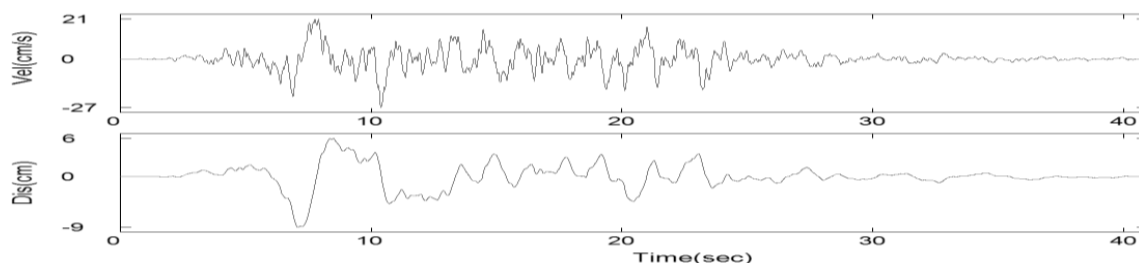


图 7.1-27 2 号孔 50 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

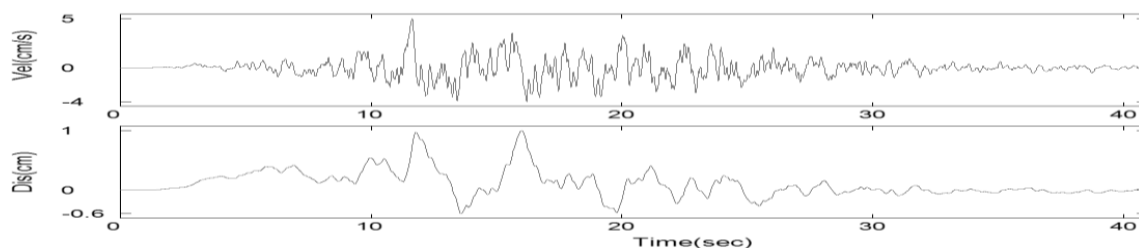


图 7.1-28 2 号孔 100 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

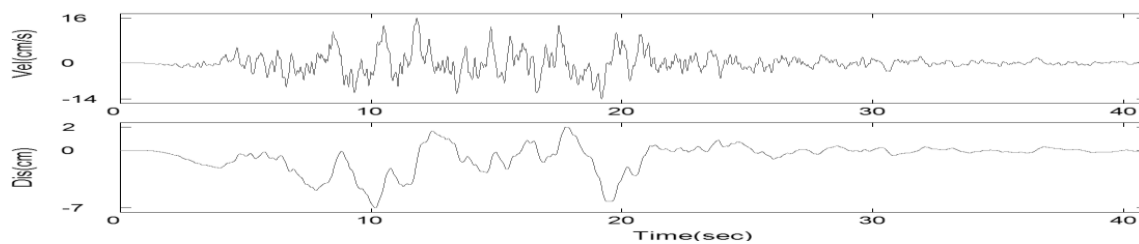


图 7.1-29 2 号孔 100 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

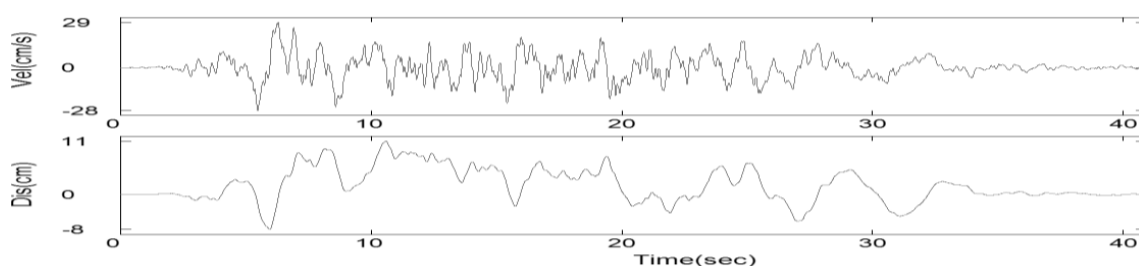


图 7.1-30 2 号孔 100 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

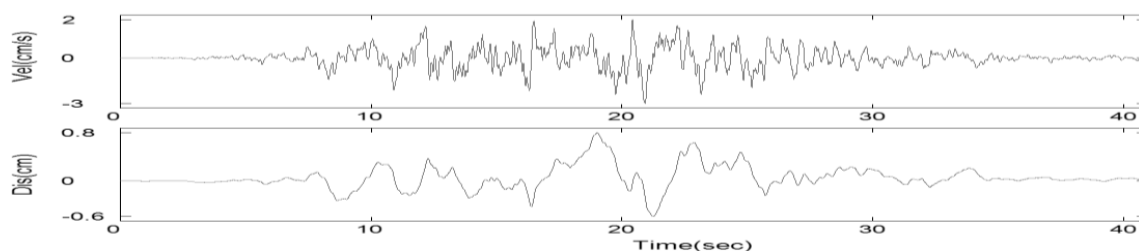


图 7.1-31 3 号孔 50 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

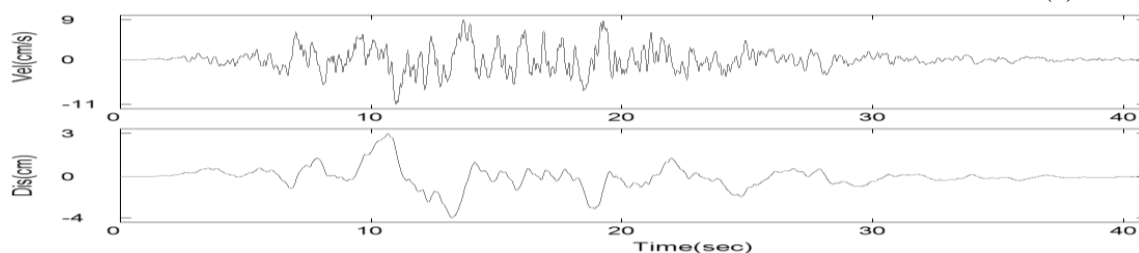


图 7.1-32 3 号孔 50 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

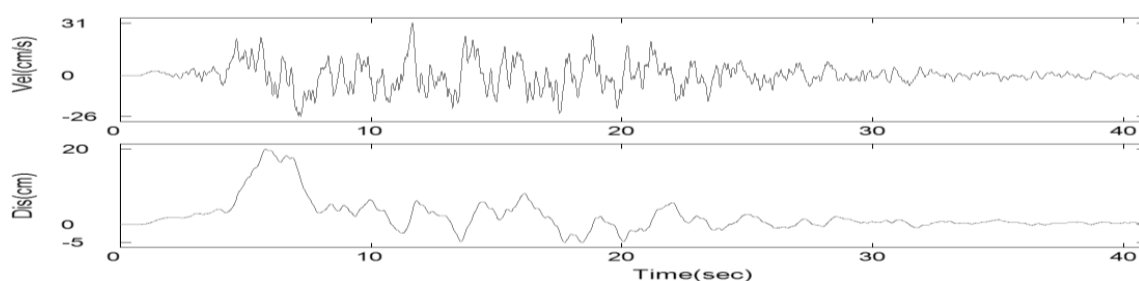


图 7.1-33 3 号孔 50 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

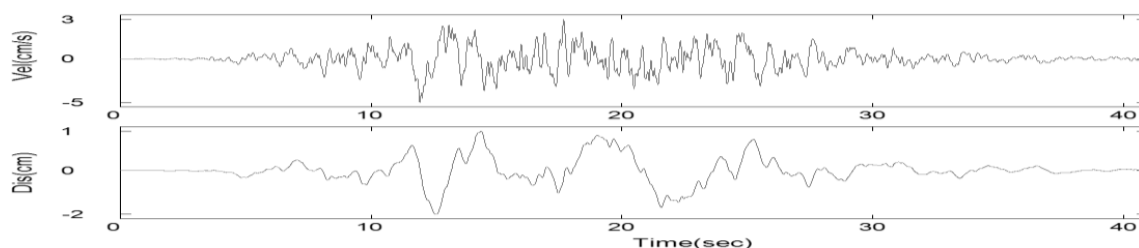


图 7.1-34 3 号孔 100 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

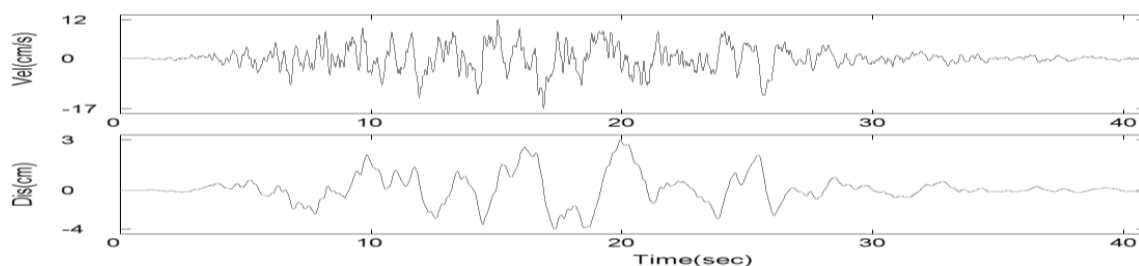


图 7.1-35 3 号孔 100 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

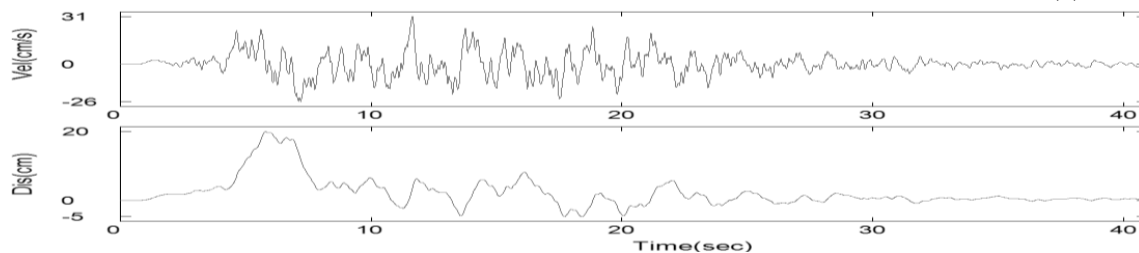


图 7.1-36 3 号孔 100 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

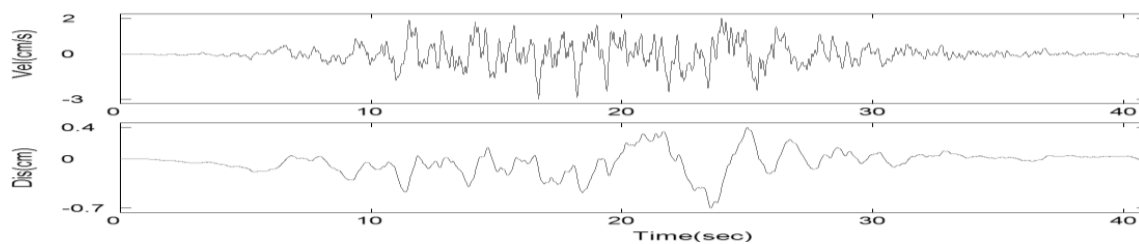


图 7.1-37 4 号孔 50 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

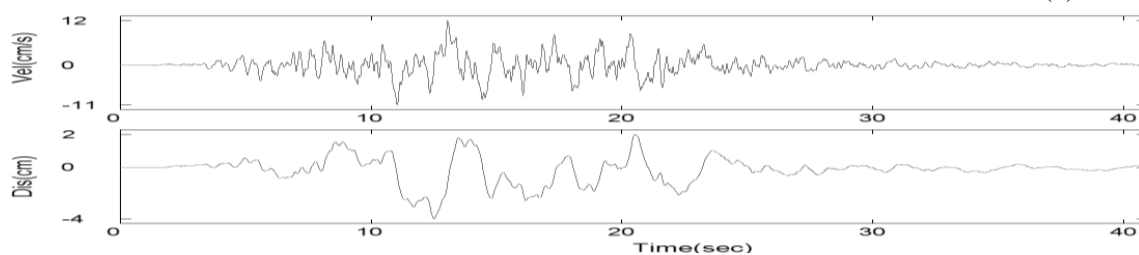


图 7.1-38 4 号孔 50 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

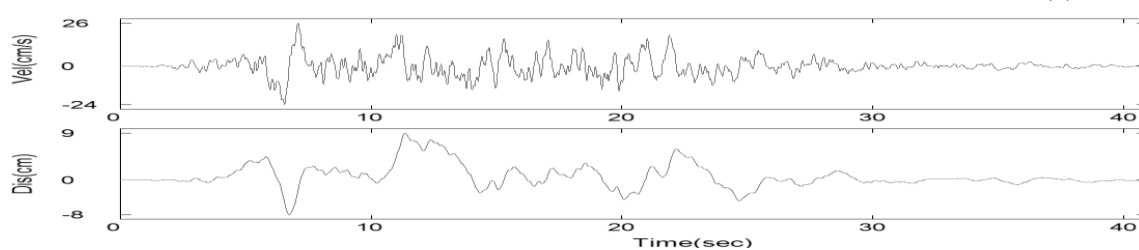


图 7.1-39 4 号孔 50 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

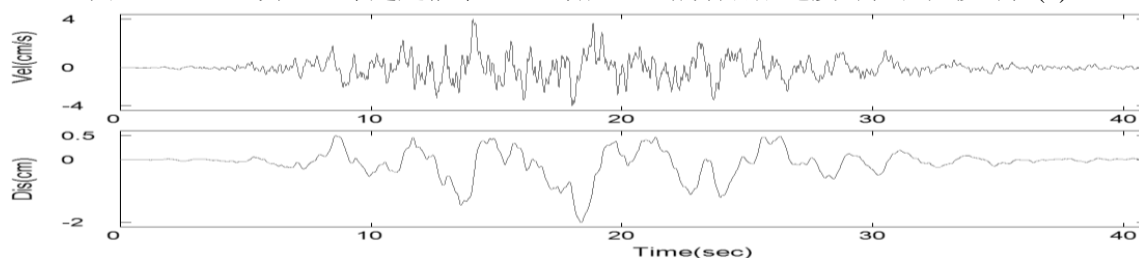


图 7.1-40 4 号孔 100 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

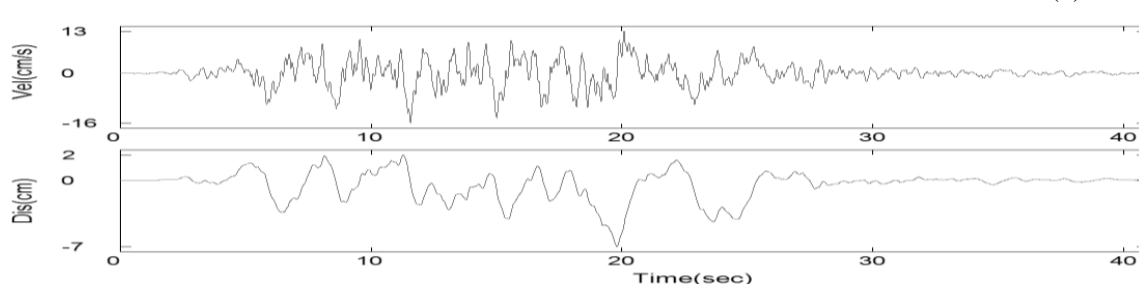


图 7.1-41 4 号孔 100 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

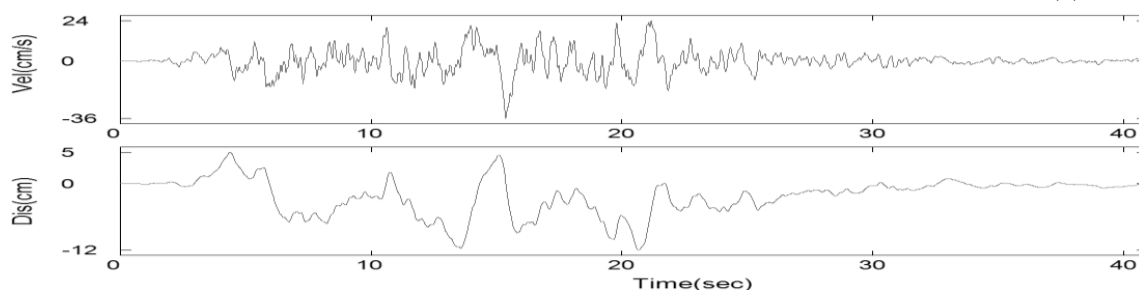


图 7.1-42 4 号孔 100 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

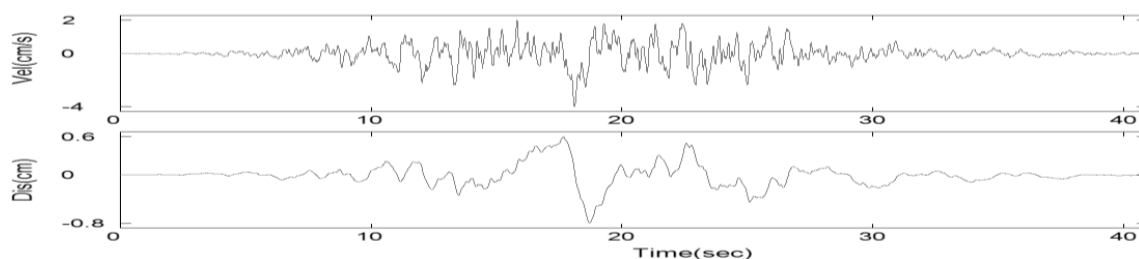


图 7.1-43 5 号孔 50 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

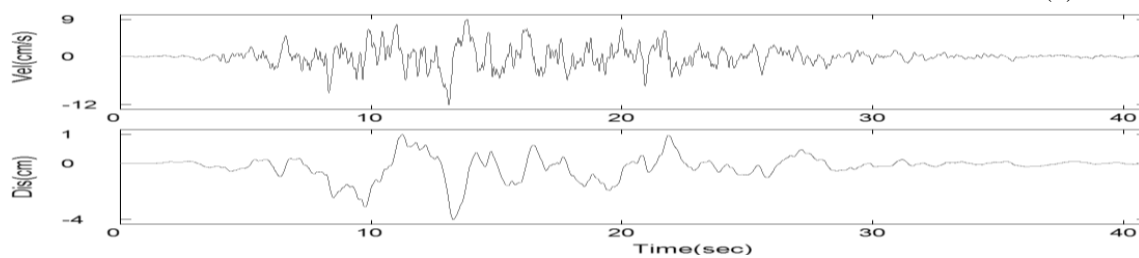


图 7.1-44 5 号孔 50 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

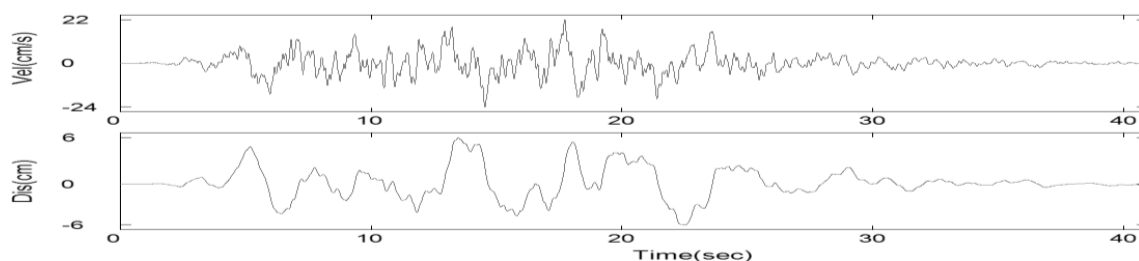


图 7.1-45 5 号孔 50 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

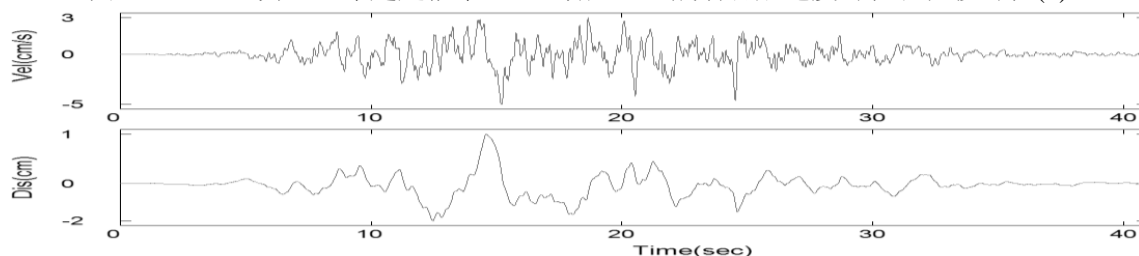


图 7.1-46 5 号孔 100 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

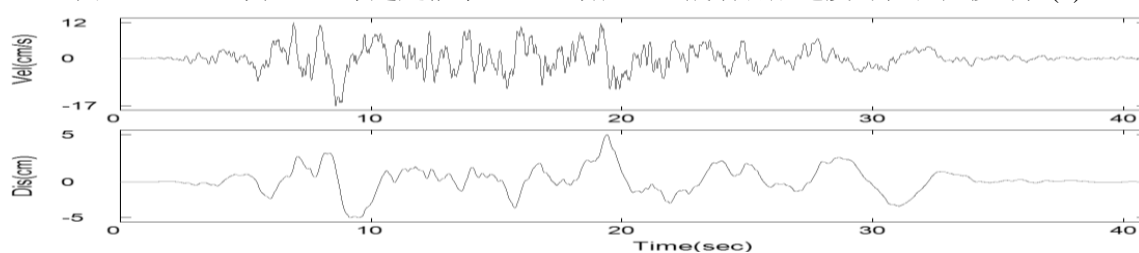


图 7.1-47 5 号孔 100 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

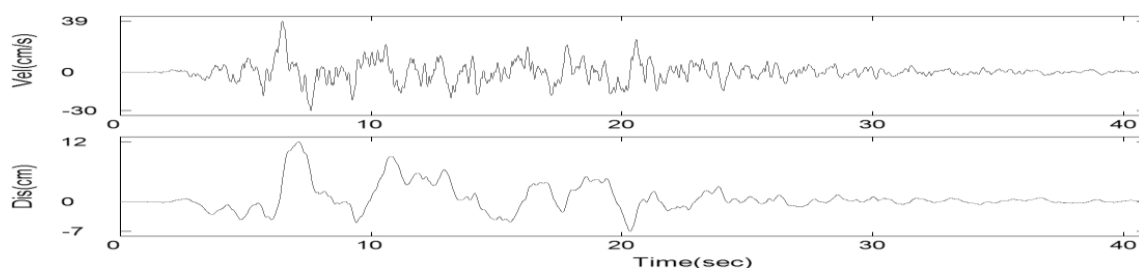


图 7.1-48 5 号孔 100 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

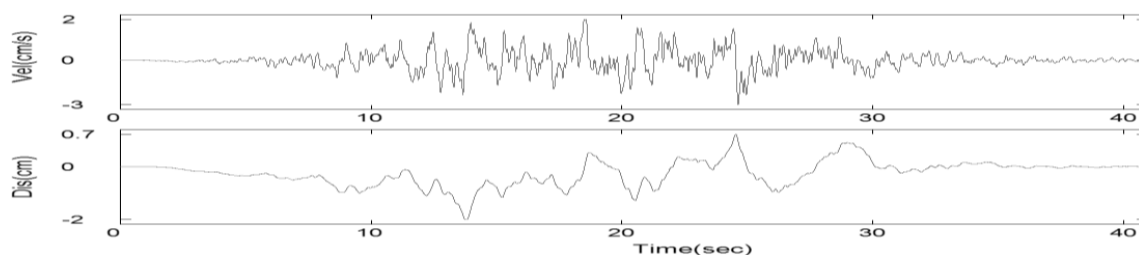


图 7.1-49 6 号孔 50 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

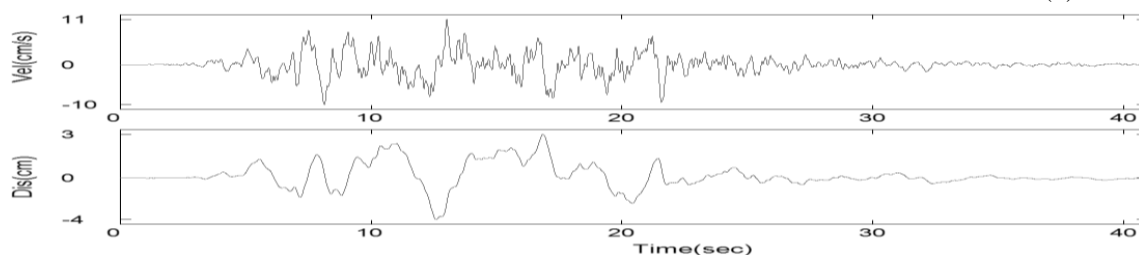


图 7.1-50 6 号孔 50 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

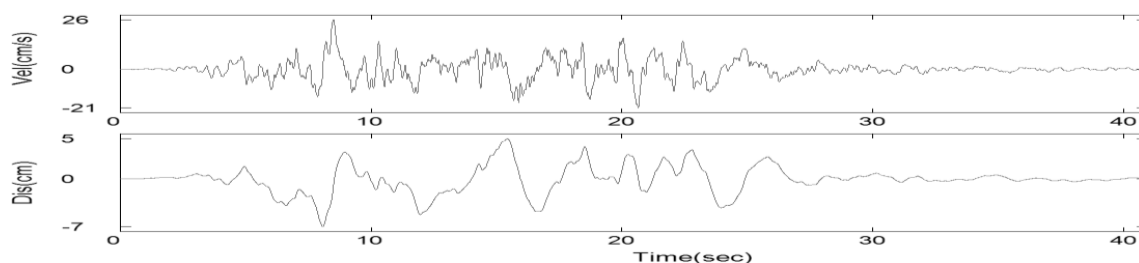


图 7.1-51 6 号孔 50 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

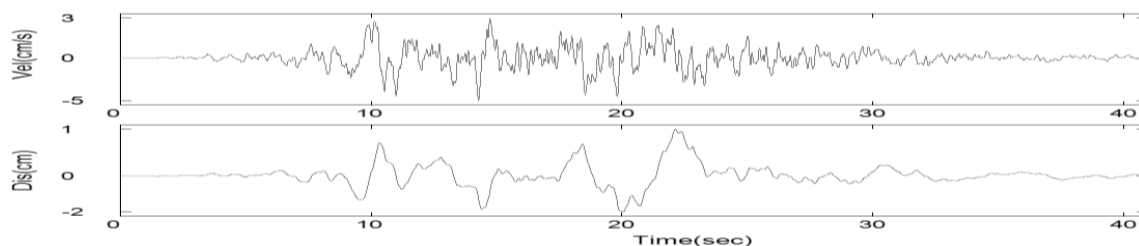


图 7.1-52 6 号孔 100 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

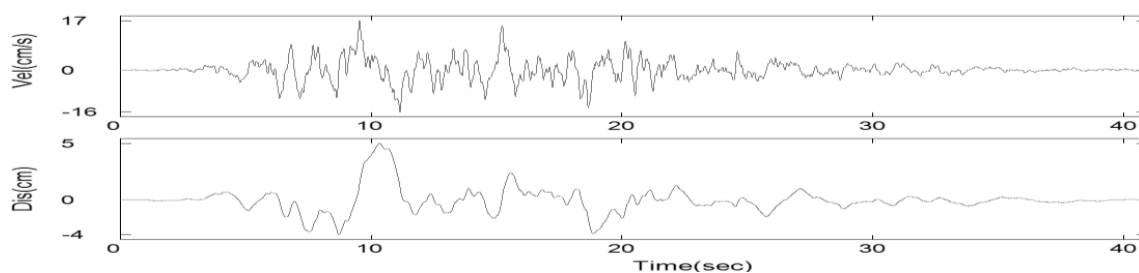


图 7.1-53 6 号孔 100 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

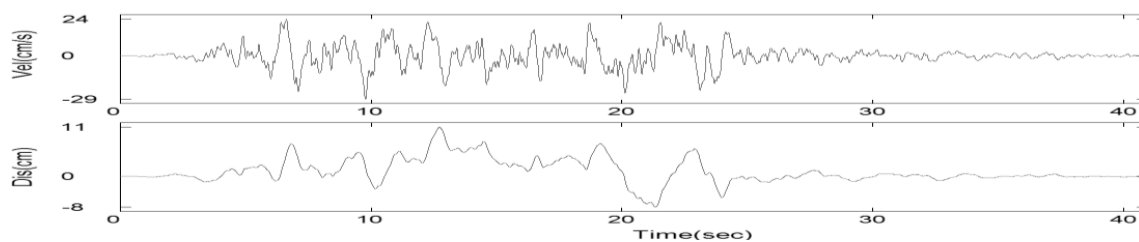


图 7.1-54 6 号孔 100 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

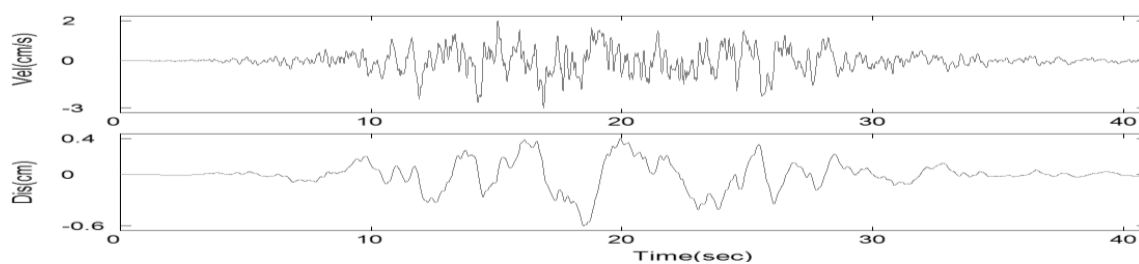


图 7.1-55 7 号孔 50 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

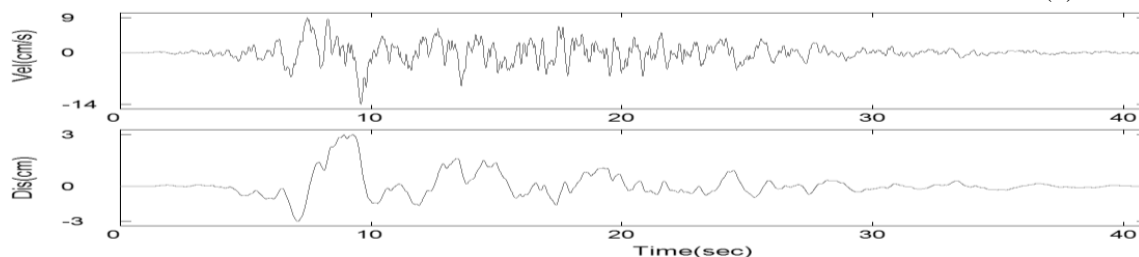


图 7.1-56 7 号孔 50 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

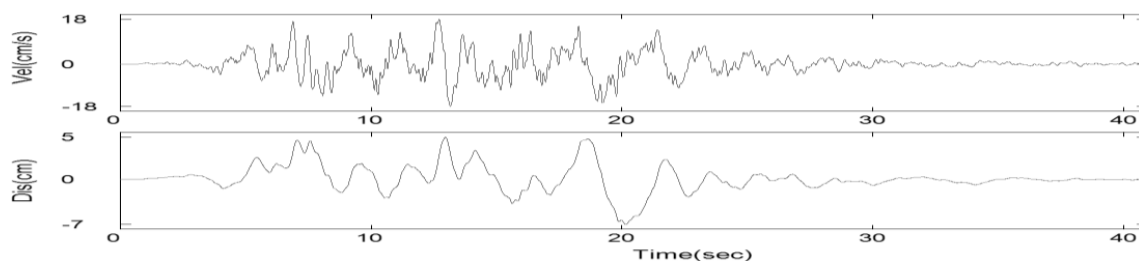


图 7.1-57 7 号孔 50 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

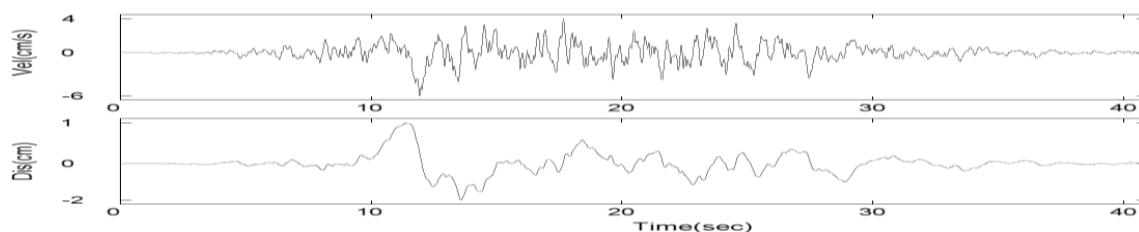


图 7.1-58 7 号孔 100 年超越概率 63%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

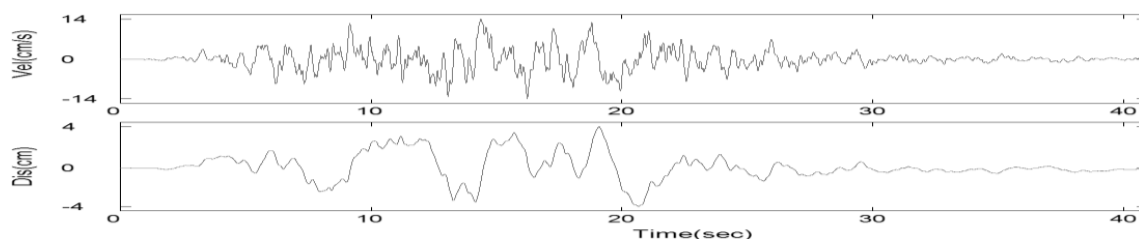


图 7.1-59 7 号孔 100 年超越概率 10%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

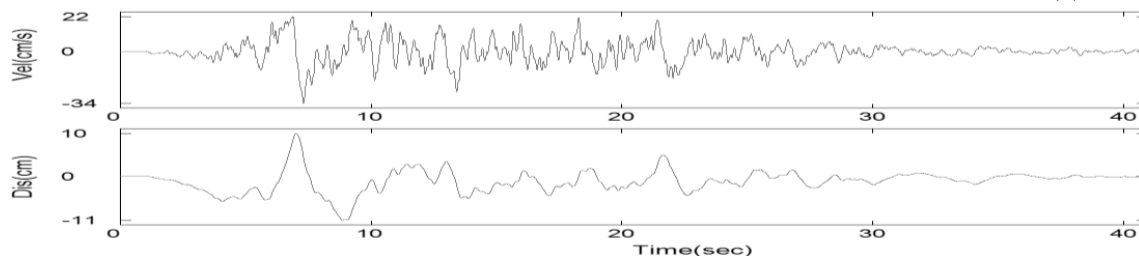


图 7.1-60 7 号孔 100 年超越概率 2%基岩人工地震动合成速度时程和位移时程(1)

7.2 场地土层地震反应计算

7.2.1 计算模型及方法简介

本次工作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,采用《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005)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层)非线性土体中,并上传播。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:

$$\rho_j \frac{\partial^2 U_j(x,t)}{\partial t^2} = G_j^c \frac{\partial^2 U_j(x,t)}{\partial x^2} \quad (7.2-1)$$

式中: $U_j(x,t)$ —第j土层中介质反应的位移值;

ρ_j —第j土层中介质的密度;

G_j^c —第j土层中介质的动力复剪切模量;

G_j^c 由下式给出:

$$G_j^c = [1 + 2\lambda_j(\gamma_{je})i] G_{jd}(\gamma_{je}) G_{jo} \quad (7.2-2)$$

其中: $i = (-1)^{0.5}$;

G_{jo} —第j土层中介质的最大动力剪切模量;

$G_{jd}(\gamma_{je}), \lambda_j(\gamma_{je})$ —第j土层中介质的等效动力剪切模量无量纲系数及滞回阻尼比;

γ_{je} —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:

$$U_j(x,t) \Big|_{x=H_j} = U_{j+1}(x,t) \Big|_{x=0} \quad (7.2-3)$$

$$\tau_j(x,t) \Big|_{x=H_j} = \tau_{j+1}(x,t) \Big|_{x=0} \quad (7.2-4)$$

$$\tau_1(x,t) \Big|_{x=0} = 0 \quad (7.2-5)$$

这里, 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可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。

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。

7.2.2 场地计算土层模型动力参数的确定

目标区范围内场地工程地震条件勘测工作提供了 21 个工程地质钻孔。工程地质钻孔的深度均达到剪切波速 $\geq 500\text{m/s}$ 土层。工程地质钻孔资料包括土类、土层厚度、土层土体性状描述等。对每个钻孔均进行了现场土层土体 S 波波速测试, 详细结果见本报告的前述有关章节。

进行目标区内场地土层地震动力反应分析时, 需要土层剖面的土层厚度及土层土体性状描述资料, 同时也需要土层中土体的力学特性资料, 它们包括土体的波速值 (剪切波速值)、土体的密度值及土体动力非线性特性参数值。根据第六章所介绍的场地工程地震地质条件勘察资料, 确定了本次目标区内场地的计算场地模型。鉴于每个钻孔剪切波速测试值均达到了大于 500m/s 的层位, 因此, 将剪切波速超过 500m/s 的层位确定为土层地震动反应分析计算模型的计算基底。计算场地模型的剖面与力学特性参数示于表 7.2-1~7.2-21。

表 7.2-1 1号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.5	0.5	171	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	3.0	2.5	165	2.00	
3	2	粉质粘土	5.2	2.2	209	2.00	
4	7	粉土	9.0	3.8	246	2.03	
5	8	粉土	12.0	3.0	289	2.02	
6	8	粉土	15.0	3.0	301	2.02	
7	9	粉土	18.5	3.5	334	2.03	
8	5	粉质粘土	21.0	2.5	337	1.99	
9	5	粉质粘土	23.1	2.1	363	1.99	
10	11	细砂	26.3	3.2	404	2.01	
11	6	粉质粘土	28.0	1.7	436	1.99	
12	10	粉土	31.0	3.0	475	1.99	
13	10	粉土	33.0	2.0	477	1.99	
14		假设基岩			510	2.10	输入层位

表 7.2-2 2号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.7	0.7	187	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	4.0	3.3	188	1.90	
3	2	粉质粘土	6.0	2.0	205	1.90	
4	3	粉质粘土	8.0	2.0	203	2.00	
5	8	粉土	11.7	3.7	256	2.02	
6	4	粉质粘土	15.0	3.3	266	2.04	
7	4	粉质粘土	18.0	3.0	263	2.04	
8	4	粉质粘土	21.0	3.0	327	2.04	
9	5	粉质粘土	24.0	3.0	404	1.99	
10	5	粉质粘土	27.0	3.0	425	1.99	
11	6	粉质粘土	30.0	3.0	460	1.99	
12	6	粉质粘土	32.0	2.0	455	1.99	
13		假设基岩			510	2.10	输入层位

表 7.2-3 3号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.8	0.8	179	1.91	输出层位
2	7	粉土	4.0	3.2	192	2.03	
3	7	粉土	7.5	3.5	212	2.03	
4	3	粉质粘土	10.5	3.0	244	2.00	
5	8	粉土	13.7	3.2	321	2.02	
6	4	粉质粘土	15.0	1.3	268	2.04	
7	9	粉土	18.0	3.0	330	2.03	
8	9	粉土	20.8	2.8	304	2.03	
9	11	细砂	24.0	3.2	330	2.01	
10	11	细砂	26.9	2.9	369	2.01	
11	10	粉土	30.0	3.1	493	1.99	
12	10	粉土	32.0	2.0	443	1.99	
13		假设基岩			536	2.10	输入层位

表 7.2-4 4号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.4	0.4	178	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	4.0	3.6	180	1.90	
3	2	粉质粘土	7.0	3.0	193	1.90	
4	3	粉质粘土	10.0	3.0	216	2.00	
5	3	粉质粘土	13.6	3.6	236	2.00	
6	8	粉土	16.0	2.4	266	2.02	
7	9	粉土	18.5	2.5	350	2.03	
8	11	细砂	20.2	1.7	340	2.01	
9	5	粉质粘土	23.0	2.8	353	1.99	
10	5	粉质粘土	25.6	2.6	380	1.99	
11	11	细砂	27.5	1.9	401	2.01	
12	6	粉质粘土	30.0	2.5	450	1.99	
13	6	粉质粘土	33.0	3.0	482	1.99	
14		假设基岩			536	2.10	输入层位

表 7.2-5 5号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.7	0.7	185	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	3.0	2.3	187	1.90	
3	2	粉质粘土	5.0	2.0	195	1.90	
4	3	粉质粘土	7.4	2.4	197	2.00	
5	7	粉土	8.9	1.5	204	2.03	
6	3	粉质粘土	12.0	3.1	255	2.00	
7	4	粉质粘土	15.0	3.0	289	2.04	
8	4	粉质粘土	18.0	3.0	296	2.04	
9	4	粉质粘土	21.0	3.0	339	2.04	
10	5	粉质粘土	24.0	3.0	376	1.99	
11	5	粉质粘土	27.0	3.0	461	1.99	
12	6	粉质粘土	30.0	3.0	470	1.99	
13	6	粉质粘土	31.2	1.2	425	1.99	
14	10	粉土	32.0	0.8	469	1.99	
15		假设基岩			518	2.10	输入层位

表 7.2-6 6号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.6	0.6	183	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	1.8	1.2	180	1.90	
3	7	粉土	3.6	1.8	196	2.03	
4	2	粉质粘土	6.0	2.4	227	1.90	
5	3	粉质粘土	8.0	2.0	259	2.00	
6	3	粉质粘土	10.6	2.6	290	2.00	
7	8	粉土	13.0	2.4	324	2.02	
8	8	粉土	15.7	2.7	275	2.02	
9	4	粉质粘土	19.0	3.3	265	2.04	
10	5	粉质粘土	22.0	3.0	322	1.99	
11	5	粉质粘土	25.0	3.0	391	1.99	
12	5	粉质粘土	27.0	2.0	469	1.99	
13	6	粉质粘土	30.0	3.0	473	1.99	
14	6	粉质粘土	32.0	2.0	481	1.99	
15		假设基岩			536	2.10	输入层位

表 7.2-7 7号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.8	0.8	178	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	1.8	1.0	184	1.90	
3	7	粉土	3.7	1.9	183	2.03	
4	2	粉质粘土	6.0	2.3	188	1.90	
5	3	粉质粘土	9.0	3.0	202	2.00	
6	3	粉质粘土	11.6	2.6	278	2.00	
7	8	粉土	12.5	0.9	348	2.02	
8	4	粉质粘土	15.0	2.5	358	2.04	
9	4	粉质粘土	18.0	3.0	332	2.04	
10	4	粉质粘土	21.0	3.0	338	2.04	
11	5	粉质粘土	24.0	3.0	383	1.99	
12	5	粉质粘土	27.0	3.0	404	1.99	
13	6	粉质粘土	30.0	3.0	434	1.99	
14	6	粉质粘土	34.0	4.0	449	1.99	
15		假设基岩			536	2.10	输入层位

表 7.2-8 8号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.8	0.8	181	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	3.8	3.0	191	1.90	
3	2	粉质粘土	6.1	2.3	231	1.90	
4	11	细砂	7.8	1.7	230	2.01	
5	8	粉土	11.0	3.2	244	2.02	
6	8	粉土	14.0	3.0	298	2.02	
7	9	粉土	17.8	3.8	375	2.03	
8	4	粉质粘土	21.0	3.2	408	2.04	
9	5	粉质粘土	24.0	3.0	404	1.99	
10	5	粉质粘土	27.0	3.0	425	1.99	
11	6	粉质粘土	30.0	3.0	468	1.99	
12	6	粉质粘土	33.0	3.0	458	1.99	
13	6	粉质粘土	35.0	2.0	481	1.99	
14		假设基岩			533	2.10	输入层位

表 7.2-9 9 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.5	0.5	189	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	2.7	2.2	197	1.90	
3	7	粉土	4.2	1.5	202	2.03	
4	2	粉质粘土	7.0	2.8	219	1.90	
5	3	粉质粘土	10.0	3.0	217	2.00	
6	3	粉质粘土	13.6	3.6	276	2.00	
7	8	粉土	16.0	2.4	353	2.02	
8	9	粉土	18.8	2.8	385	2.03	
9	11	细砂	22.2	3.4	398	2.01	
10	5	粉质粘土	26.0	3.8	428	1.99	
11	6	粉质粘土	29.0	3.0	460	1.99	
12	6	粉质粘土	32.0	3.0	467	1.99	
13	6	粉质粘土	35.0	3.0	478	1.99	
14		假设基岩			525	2.10	输入层位

表 7.2-10 10 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	2.6	2.6	189	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	5.0	2.4	193	1.90	
3	2	粉质粘土	7.0	2.0	201	1.90	
4	3	粉质粘土	10.0	3.0	223	2.00	
5	3	粉质粘土	12.1	2.1	255	2.00	
6	8	粉土	15.0	2.9	247	2.02	
7	9	粉土	18.0	3.0	253	2.03	
8	9	粉土	21.0	3.0	336	2.03	
9	9	粉土	24.5	3.5	387	2.03	
10	5	粉质粘土	28.0	3.5	392	1.99	
11	6	粉质粘土	31.0	3.0	409	1.99	
12	6	粉质粘土	34.0	3.0	460	1.99	
13		假设基岩			521	2.10	输入层位

表 7.2-11 11 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.5	0.5	165	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	4.0	3.5	163	1.90	
3	2	粉质粘土	7.0	3.0	184	1.90	
4	3	粉质粘土	10.5	3.5	220	2.00	
5	8	粉土	13.0	2.5	249	2.02	
6	8	粉土	16.0	3.0	284	2.02	
7	9	粉土	18.8	2.8	325	2.03	
8	4	粉质粘土	22.0	3.2	375	2.04	
9	5	粉质粘土	25.0	3.0	388	1.99	
10	5	粉质粘土	28.0	3.0	444	1.99	
11	6	粉质粘土	31.0	3.0	452	1.99	
12	6	粉质粘土	33.0	2.0	465	1.99	
13	6	粉质粘土	35.0	2.0	468	1.99	
14		假设基岩			536	2.10	输入层位

表 7.2-12 12 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.5	0.5	165	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	4.0	3.5	161	1.90	
3	2	粉质粘土	7.0	3.0	193	1.90	
4	3	粉质粘土	10.7	3.7	215	2.00	
5	8	粉土	13.0	2.3	274	2.02	
6	8	粉土	16.0	3.0	300	2.02	
7	9	粉土	18.4	2.4	324	2.03	
8	4	粉质粘土	21.0	2.6	347	2.04	
9	5	粉质粘土	24.0	3.0	337	1.99	
10	5	粉质粘土	27.0	3.0	359	1.99	
11	6	粉质粘土	30.0	3.0	444	1.99	
12	6	粉质粘土	33.7	3.7	455	1.99	
13	10	粉土	35.0	1.3	467	1.99	
14		假设基岩			536	2.10	输入层位

表 7.2-13 13 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.8	0.8	168	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	2.2	1.4	171	1.90	
3	7	粉土	4.7	2.5	170	2.03	
4	3	粉质粘土	8.0	3.3	197	2.00	
5	3	粉质粘土	10.8	2.8	250	2.00	
6	8	粉土	13.0	2.2	260	2.02	
7	8	粉土	16.0	3.0	265	2.02	
8	9	粉土	17.9	1.9	349	2.03	
9	4	粉质粘土	20.0	2.1	418	2.04	
10	5	粉质粘土	23.0	3.0	409	1.99	
11	5	粉质粘土	26.0	3.0	433	1.99	
12	6	粉质粘土	29.0	3.0	447	1.99	
13	6	粉质粘土	32.0	3.0	450	1.99	
14	6	粉质粘土	34.0	2.0	469	1.99	
15		假设基岩			536	2.10	输入层位

表 7.2-14 14 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.5	0.5	177	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	4.0	3.5	173	1.90	
3	2	粉质粘土	7.0	3.0	181	1.90	
4	3	粉质粘土	10.0	3.0	214	2.00	
5	3	粉质粘土	13.0	3.0	229	2.00	
6	4	粉质粘土	14.7	1.7	252	2.04	
7	9	粉土	19.0	4.3	309	2.03	
8	9	粉土	21.8	2.8	362	2.03	
9	5	粉质粘土	24.0	2.2	372	1.99	
10	5	粉质粘土	27.0	3.0	399	1.99	
11	6	粉质粘土	30.0	3.0	451	1.99	
12	6	粉质粘土	33.0	3.0	417	1.99	
13	6	粉质粘土	35.0	2.0	472	1.99	
14		假设基岩			535	2.10	输入层位

表 7.2-15 15 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.5	0.5	170	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	3.0	2.5	171	1.90	
3	2	粉质粘土	6.0	3.0	177	1.90	
4	3	粉质粘土	9.0	3.0	205	2.00	
5	3	粉质粘土	12.0	3.0	234	2.00	
6	4	粉质粘土	15.0	3.0	258	2.04	
7	4	粉质粘土	18.0	3.0	357	2.04	
8	4	粉质粘土	21.0	3.0	381	2.04	
9	5	粉质粘土	24.0	3.0	365	1.99	
10	5	粉质粘土	27.0	3.0	419	1.99	
11	6	粉质粘土	29.0	2.0	468	1.99	
12	6	粉质粘土	31.9	2.9	486	1.99	
13	11	细砂	33.7	1.8	458	2.01	
14	6	粉质粘土	35.0	1.3	478	1.99	
15		假设基岩			536	2.10	输入层位

表 7.2-16 16 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.5	0.5	179	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	4.0	3.5	172	1.90	
3	2	粉质粘土	7.0	3.0	179	1.90	
4	3	粉质粘土	10.0	3.0	206	2.00	
5	3	粉质粘土	13.0	3.0	228	2.00	
6	4	粉质粘土	14.6	1.6	219	2.04	
7	9	粉土	18.0	3.4	316	2.03	
8	9	粉土	21.0	3.0	341	2.03	
9	9	粉土	24.5	3.5	380	2.03	
10	10	粉土	26.3	1.8	390	1.99	
11	6	粉质粘土	29.0	2.7	394	1.99	
12	6	粉质粘土	32.0	3.0	418	1.99	
13	6	粉质粘土	35.0	3.0	456	1.99	
14		假设基岩			517	2.10	输入层位

表 7.2-17 17 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	1.5	1.5	154	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	4.0	2.5	164	1.90	
3	2	粉质粘土	6.0	2.0	181	1.90	
4	3	粉质粘土	7.8	1.8	201	2.00	
5	3	粉质粘土	10.0	2.2	219	2.00	
6	3	粉质粘土	12.9	2.9	287	2.00	
7	8	粉土	13.8	0.9	278	2.02	
8	8	粉土	16.0	2.2	294	2.02	
9	9	粉土	18.4	2.4	301	2.03	
10	9	粉土	21.5	3.1	345	2.03	
11	5	粉质粘土	24.0	2.5	364	1.99	
12	5	粉质粘土	26.4	2.4	413	1.99	
13	5	粉质粘土	27.8	1.4	395	1.99	
14	6	粉质粘土	30.0	2.2	405	1.99	
15	6	粉质粘土	33.0	3.0	456	1.99	
16	6	粉质粘土	35.0	2.0	481	1.99	
17		假设基岩			536	2.10	输入层位

表 7.2-18 18 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.6	0.6	178	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	4.0	3.4	182	1.90	
3	2	粉质粘土	7.0	3.0	217	1.90	
4	3	粉质粘土	10.5	3.5	235	2.00	
5	8	粉土	13.0	2.5	266	2.02	
6	8	粉土	15.0	2.0	300	2.02	
7	9	粉土	17.5	2.5	350	2.03	
8	5	粉质粘土	21.0	3.5	347	1.99	
9	5	粉质粘土	24.0	3.0	355	1.99	
10	5	粉质粘土	27.0	3.0	386	1.99	
11	6	粉质粘土	30.0	3.0	455	1.99	
12	6	粉质粘土	32.5	2.5	470	1.99	
13	10	粉土	34.0	1.5	476	1.99	
14		假设基岩			515	2.10	输入层位

表 7.2-19 19 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	粉质粘土	0.5	0.5	157	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	3.0	2.5	175	1.90	
3	2	粉质粘土	6.0	3.0	189	1.90	
4	3	粉质粘土	8.0	2.0	212	2.00	
5	3	粉质粘土	10.9	2.9	223	2.00	
6	8	粉土	13.0	2.1	249	2.02	
7	8	粉土	15.0	2.0	283	2.02	
8	9	粉土	17.6	2.6	282	2.03	
9	5	粉质粘土	21.2	3.6	341	1.99	
10	5	粉质粘土	24.0	2.8	352	1.99	
11	5	粉质粘土	27.0	3.0	369	1.99	
12	6	粉质粘土	29.8	2.8	431	1.99	
13	6	粉质粘土	32.8	3.0	485	1.99	
14	10	粉土	34.0	1.2	473	1.99	
15		假设基岩			525	2.10	输入层位

表 7.2-20 20 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	3.2	3.2	180	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	6.0	2.8	195	1.90	
3	3	粉质粘土	8.0	2.0	198	2.00	
4	3	粉质粘土	10.0	2.0	233	2.00	
5	3	粉质粘土	12.4	2.4	274	2.00	
6	8	粉土	14.0	1.6	284	2.02	
7	8	粉土	16.2	2.2	269	2.02	
8	11	细砂	17.4	1.2	289	2.01	
9	9	粉土	21.2	3.8	346	2.03	
10	9	粉土	24.2	3.0	387	2.03	
11	5	粉质粘土	27.0	2.8	445	1.99	
12	6	粉质粘土	30.8	3.8	466	1.99	
13	6	粉质粘土	34.0	3.2	481	1.99	
14		假设基岩			517	2.10	输入层位

表 7.2-21 21 号孔土层反应分析模型

层号	土类号	土层名称	层底埋深 (m)	层厚 (m)	Vs (m/s)	密度 (t/m ³)	备注
1	1	杂填土	0.5	0.5	178	1.91	输出层位
2	2	粉质粘土	4.0	3.5	182	1.90	
3	2	粉质粘土	6.0	2.0	197	1.90	
4	3	粉质粘土	9.0	3.0	202	2.00	
5	3	粉质粘土	12.0	3.0	224	2.00	
6	4	粉质粘土	14.7	2.7	239	2.04	
7	9	粉土	18.0	3.3	259	2.03	
8	9	粉土	21.0	3.0	290	2.03	
9	9	粉土	23.6	2.6	339	2.03	
10	10	粉土	25.1	1.5	358	1.99	
11	5	粉质粘土	28.0	2.9	371	1.99	
12	6	粉质粘土	31.0	3.0	428	1.99	
13	6	粉质粘土	33.0	2.0	495	1.99	
14	6	粉质粘土	35.0	2.0	468	1.99	
15		假设基岩			525	2.10	输入层位

7.2.3 计算结果

根据相关规范的规定,对目标区内场地进行土层地震反应计算时,分别以不同超越概率的基岩地震动加速度时程(各 5 条样本),其幅值缩小一半,作为一维土层反应分析模型的计算基底入射波输入。对每一种情况分别进行水平向地震反应计算,得到场地自由地表地震反应的地震动加速度时程和反应谱值。

目标区内 21 个钻孔自由地表对应于 50 年超越概率 63%、10%、2%和 100 年超越概率 63%、10%、2%的水平向地震动峰值加速度的计算值数据量巨大(21×5×6=630 组),报告中给出 21 个计算控制点(地质钻孔)的 6 种超越概率地表处水平向地震动峰值加速度结果。计算得到了场地水平向地震动加速度反应谱,标准地震动加速度反应谱曲线(5%阻尼比)的计算结果。

7.2.4 设计地震动参数确定

利用每个钻孔计算模型自由地表处的 5 条反应谱进行平均,给出目标区设计地震动参数,见表 7.2-22~7.2-42。

考虑到抗震设计的可能需要,给出场地 50 年超越概率 63%、10%、2%和 100 年超越概率 63%、10%、2%、的地震动水平加速度和规准化的场地相关反应谱。

场地相关反应谱 $\beta(T)$ 按下列公式进行规准。目标区内 21 计算控制点（地质钻孔）的反应谱及标准谱见图 7.2-1~7.2-21，图中细线为计算曲线，粗线为规准化后的反应谱曲线；图件均以数据形式存储于安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目数据库及技术服务系统中。

$$a(T) = \begin{cases} A_{\max} + (a_m - A_{\max})T/T_1 & 0.04 < T \leq T_1 \\ a_m & T_1 < T \leq T_g \\ a_m (T_g/T)^r & T_g < T \leq 10s \end{cases}$$

式中 $a(T)$ —周期为 T 时的加速度反应谱值； T —反应谱周期； T_1 、 T_g 为谱的拐点周期， T_g 也称为特征周期； r 为衰减系数； a_m —加速度反应谱最大值。由地面水平运动设计加速度峰值和设计标准加速度反应谱便可得到抗震验算中常用的水平地震影响系数 $a(T)$ ，计算公式如下：

$$a(T) = Kg\beta(T)$$

式中， K 为地震系数， $K = A_{\max}/g$ ， $g = 980\text{gal}$ ， A_{\max} 为加速度峰值；不同概率水平下的地震影响系数（阻尼比：0.05）和有关设计地震动参数见表 7.2-43~7.2-63。

表 7.2-22 1 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	53.0	56.0	60.6	53.4	58.6	56.3
50 年 10%	179.5	183.5	182.7	178.4	182.6	181.3
50 年 2%	358.9	355.9	345.2	354.5	355.8	354.1
100 年 63%	74.4	75.2	70.1	80.4	83.3	76.7
100 年 10%	251.5	235.9	256.8	252.9	253.4	250.1
100 年 2%	448.7	473.2	421.2	434.5	442.4	444.0

表 7.2-23 2 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率的地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	52.1	56.7	57.2	57.8	51.3	55.0
50 年 10%	183.9	172.6	181.5	185.5	176.6	180.0
50 年 2%	359.0	334.0	335.5	374.1	371.8	354.9
100 年 63%	76.9	79.1	81.0	81.0	80.5	79.7
100 年 10%	231.1	247.5	226.8	262.5	272.4	248.1
100 年 2%	445.3	466.2	431.0	438.9	462.0	448.7

表 7.2-24 3 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	57.6	57.6	57.2	63.2	60.4	59.2
50 年 10%	187.0	179.6	188.4	174.6	186.3	183.2
50 年 2%	378.4	347.7	362.0	378.4	329.9	359.3
100 年 63%	71.7	80.2	81.9	76.5	73.3	76.7
100 年 10%	239.8	231.7	254.6	225.1	258.1	241.9
100 年 2%	408.9	416.3	472.7	465.8	455.1	443.8

表 7.2-25 4 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	57.6	63.2	56.5	58.3	55.8	58.3
50 年 10%	167.6	172.9	188.5	186.5	185.4	180.2
50 年 2%	348.0	369.0	341.7	347.8	367.8	354.9
100 年 63%	82.7	72.6	86.3	78.6	78.0	79.7
100 年 10%	251.0	267.1	239.2	243.9	237.9	247.8
100 年 2%	448.8	430.9	443.8	465.4	435.8	444.9

表 7.2-26 5 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	58.1	56.9	55.7	54.9	56.5	56.4
50 年 10%	187.7	169.4	195.7	185.2	173.7	182.3
50 年 2%	368.9	358.0	352.9	351.2	342.7	354.7
100 年 63%	80.4	83.3	78.4	74.6	82.1	79.8
100 年 10%	257.9	254.6	248.7	232.6	223.4	243.4
100 年 2%	451.4	451.8	438.7	457.1	486.4	457.1

表 7.2-27 6 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	49.5	60.2	57.9	55.5	54.8	55.6
50 年 10%	187.6	176.8	182.5	180.7	181.9	181.9
50 年 2%	323.3	371.5	367.3	345.7	350.7	351.7
100 年 63%	83.8	83.6	66.3	70.6	78.5	76.6
100 年 10%	240.4	237.3	253.7	235.4	241.5	241.7
100 年 2%	470.6	462.7	448.7	449.3	453.7	457.0

表 7.2-28 7 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	53.6	55.4	61.4	60.0	59.1	57.9
50 年 10%	177.4	186.6	177.5	185.3	180.7	181.5
50 年 2%	363.4	366.2	379.2	374.6	384.6	373.6
100 年 63%	76.3	76.7	82.2	76.9	84.9	79.4
100 年 10%	234.6	235.8	238.2	262.0	249.6	244.0
100 年 2%	500.3	459.6	479.9	479.6	465.3	476.9

表 7.2-29 8 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	58.6	57.8	60.6	60.9	55.8	58.8
50 年 10%	174.4	186.2	178.1	175.6	188.4	180.5
50 年 2%	370.5	352.3	374.3	383.5	382.6	372.6
100 年 63%	74.9	77.3	81.0	75.8	88.7	79.5
100 年 10%	246.3	253.1	250.8	247.9	242.8	248.2
100 年 2%	483.2	449.0	482.4	448.0	483.5	469.2

表 7.2-30 9 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	56.9	50.2	61.9	51.2	54.7	55.0
50 年 10%	187.5	182.2	183.2	181.7	178.5	182.6
50 年 2%	370.4	347.3	338.9	373.2	337.0	353.4
100 年 63%	77.8	74.6	81.4	72.7	74.5	76.2
100 年 10%	259.2	237.3	238.6	269.5	224.8	245.9
100 年 2%	437.6	439.2	433.6	469.6	425.7	441.1

表 7.2-31 10 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	55.7	55.6	55.8	55.8	61.8	56.9
50 年 10%	180.8	186.2	181.4	177.3	185.4	182.2
50 年 2%	377.1	363.4	354.3	410.1	384.2	377.8
100 年 63%	76.9	73.6	79.1	82.0	80.3	78.4
100 年 10%	244.9	257.1	269.8	263.3	232.2	253.5
100 年 2%	460.7	494.0	454.7	468.4	433.9	462.3

表 7.2-32 11 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	60.9	58.6	59.1	61.3	56.8	59.3
50 年 10%	175.7	187.5	172.0	185.5	188.4	181.8
50 年 2%	377.9	394.8	368.3	378.7	370.9	378.1
100 年 63%	97.0	77.4	83.1	83.7	76.7	83.6
100 年 10%	251.0	280.1	250.9	250.4	252.9	257.1
100 年 2%	478.9	447.5	471.5	489.3	463.1	470.1

表 7.2-33 12 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	53.3	64.7	53.7	62.6	60.6	59.0
50 年 10%	190.3	170.5	185.8	181.8	193.5	184.4
50 年 2%	391.3	364.3	380.5	378.6	368.0	376.5
100 年 63%	85.1	83.2	77.7	89.7	75.8	82.3
100 年 10%	264.1	271.1	234.7	239.2	265.9	255.0
100 年 2%	476.3	477.9	505.8	459.1	425.4	468.9

表 7.2-34 13 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	65.9	52.3	60.4	55.6	64.1	59.7
50 年 10%	175.4	183.0	187.9	180.6	176.7	180.7
50 年 2%	351.7	384.6	393.9	336.1	351.2	363.5
100 年 63%	82.3	87.2	80.5	85.7	83.8	83.9
100 年 10%	259.8	243.5	259.1	270.9	224.1	251.5
100 年 2%	464.6	466.3	449.5	485.6	475.5	468.3

表 7.2-35 14 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	57.6	57.4	58.1	59.6	56.2	57.8
50 年 10%	183.3	187.6	186.9	170.7	183.0	182.3
50 年 2%	356.4	375.3	346.8	363.5	355.9	359.6
100 年 63%	85.0	86.6	80.2	79.7	78.6	82.0
100 年 10%	262.2	244.9	252.1	255.6	254.6	253.9
100 年 2%	473.6	485.8	471.9	466.8	473.3	474.3

表 7.2-36 15 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 5	时程 6	平均值
50 年 63%	61.3	57.3	64.6	51.1	57.3	58.3
50 年 10%	174.3	192.4	184.3	180.7	170.6	180.4
50 年 2%	354.3	372.1	364.9	377.9	344.6	362.8
100 年 63%	77.6	85.3	87.5	83.5	86.7	84.1
100 年 10%	261.8	247.9	263.5	255.4	264.6	258.6
100 年 2%	476.6	473.5	462.3	470.5	449.8	466.5

表 7.2-37 16 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	58.2	52.5	60.3	50.6	59.6	56.2
50 年 10%	166.6	188.6	180.2	187.4	178.6	180.3
50 年 2%	367.6	342.2	348.7	340.6	348.9	349.6
100 年 63%	81.0	87.6	76.8	79.9	72.3	79.5
100 年 10%	258.2	238.8	252.1	265.5	253.9	253.7
100 年 2%	472.3	471.6	443.4	451.9	460.4	459.9

表 7.2-38 17 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	55.2	63.7	60.0	55.3	54.8	57.8
50 年 10%	189.7	171.8	181.6	175.2	182.4	180.1
50 年 2%	377.7	386.0	373.5	385.3	372.6	379.0
100 年 63%	94.6	78.9	77.4	88.2	82.8	84.4
100 年 10%	263.6	253.7	252.9	260.8	258.5	257.9
100 年 2%	459.5	486.7	452.1	476.5	447.8	464.5

表 7.2-39 18 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	55.2	56.4	61.9	57.3	52.2	56.6
50 年 10%	180.6	186.6	170.3	170.8	188.6	179.4
50 年 2%	345.8	373.7	360.0	339.1	350.8	353.9
100 年 63%	76.7	74.9	79.2	79.8	84.0	78.9
100 年 10%	259.6	229.3	248.7	236.1	259.6	246.7
100 年 2%	451.5	434.9	456.3	453.8	425.3	444.4

表 7.2-40 19 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	54.4	55.9	60.2	60.6	58.9	58.0
50 年 10%	165.9	178.0	180.5	185.4	183.2	178.6
50 年 2%	349.7	367.2	355.4	342.2	351.1	353.1
100 年 63%	81.0	87.3	80.4	87.8	88.0	84.9
100 年 10%	235.3	245.7	254.5	249.7	252.4	247.5
100 年 2%	464.5	446.8	441.6	453.2	471.0	455.4

表 7.2-41 20 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 5	时程 6	平均值
50 年 63%	55.5	55.9	57.3	58.1	58.2	57.0
50 年 10%	190.7	188.0	179.4	186.5	177.0	184.3
50 年 2%	375.7	365.6	368.3	362.9	386.2	371.7
100 年 63%	78.2	85.9	78.7	85.2	75.5	80.7
100 年 10%	248.3	250.6	264.7	275.0	251.6	258.0
100 年 2%	473.9	471.0	460.1	449.7	461.7	463.3

表 7.2-42 21 号计算控制点 50 年和 100 年不同概率地面水平地震加速度峰值 PGA(gal)

超越概率	时程 1	时程 2	时程 3	时程 4	时程 5	平均值
50 年 63%	54.8	59.1	53.7	53.6	55.7	55.4
50 年 10%	183.2	173.2	175.7	187.3	175.2	178.9
50 年 2%	352.2	356.7	329.6	371.0	344.2	350.7
100 年 63%	83.2	79.5	77.7	75.6	76.4	78.5
100 年 10%	243.7	242.6	254.6	248.8	226.9	243.3
100 年 2%	461.8	462.6	432.6	437.9	437.9	446.6

表 7.2-43 1 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.5	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	181.3	0.185	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	354.1	0.361	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	76.7	0.078	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	250.1	0.255	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 2%	444.0	0.453	0.1	0.50	2.5	0.9

表 7.2-44 2 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.0	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	180.0	0.184	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	354.9	0.362	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	79.7	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	248.1	0.253	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 2%	448.7	0.458	0.1	0.50	2.5	0.9

表 7.2-45 3 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	61.1	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	183.2	0.187	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	359.3	0.367	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	78.7	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	251.9	0.257	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 2%	443.8	0.453	0.1	0.50	2.5	0.9

表 7.2-46 4 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.1	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	180.2	0.184	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	354.9	0.362	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	79.7	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	257.7	0.263	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 2%	444.9	0.454	0.1	0.50	2.5	0.9

表 7.2-47 5 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	61.0	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	182.3	0.186	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	354.8	0.362	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	79.8	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	253.1	0.258	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	475.4	0.485	0.1	0.45	2.5	0.9

表 7.2-48 6 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.7	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	181.9	0.186	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	351.7	0.359	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	76.6	0.078	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	251.4	0.257	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	475.3	0.485	0.1	0.45	2.5	0.9

表 7.2-49 7 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.5	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	181.5	0.185	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	373.6	0.381	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	82.3	0.084	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	253.8	0.259	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	476.9	0.487	0.1	0.45	2.5	0.9

表 7.2-50 8 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.2	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	180.5	0.184	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	372.6	0.380	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	79.5	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	258.1	0.263	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	469.2	0.479	0.1	0.45	2.5	0.9

表 7.2-51 9 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.9	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	182.6	0.186	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	367.5	0.375	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	79.2	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	255.7	0.261	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	458.7	0.468	0.1	0.45	2.5	0.9

表 7.2-52 10 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.8	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	182.2	0.186	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	377.8	0.386	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	78.4	0.080	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	253.5	0.259	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	472.3	0.482	0.1	0.45	2.5	0.9

表 7.2-53 11 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.7	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	181.9	0.186	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	378.1	0.386	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	83.6	0.085	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	257.1	0.262	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	470.1	0.480	0.1	0.50	2.5	0.9

表 7.2-54 12 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	61.5	0.063	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	184.4	0.188	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	376.5	0.384	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	82.3	0.084	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	265.2	0.271	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	468.9	0.478	0.1	0.50	2.5	0.9

表 7.2-55 13 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.3	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	180.7	0.184	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	374.0	0.382	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	83.9	0.086	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	261.6	0.267	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	468.3	0.478	0.1	0.45	2.5	0.9

表 7.2-56 14 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	57.8	0.059	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	182.3	0.186	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	359.6	0.367	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	82.0	0.084	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	253.9	0.259	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	474.3	0.484	0.1	0.45	2.5	0.9

表 7.2-57 15 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.2	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	180.4	0.184	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	362.8	0.370	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	84.1	0.086	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	258.6	0.264	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	466.5	0.476	0.1	0.50	2.5	0.9

表 7.2-58 16 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.1	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	180.3	0.184	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	349.6	0.357	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	79.5	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	253.7	0.259	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	459.9	0.469	0.1	0.50	2.5	0.9

表 7.2-59 17 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.1	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	180.1	0.184	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	379.0	0.387	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	84.4	0.086	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	257.9	0.263	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	464.5	0.474	0.1	0.45	2.5	0.9

表 7.2-60 18 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	60.0	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	179.4	0.183	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	353.9	0.361	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	78.9	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	246.7	0.252	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 2%	444.4	0.453	0.1	0.45	2.5	0.9

表 7.2-61 19 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

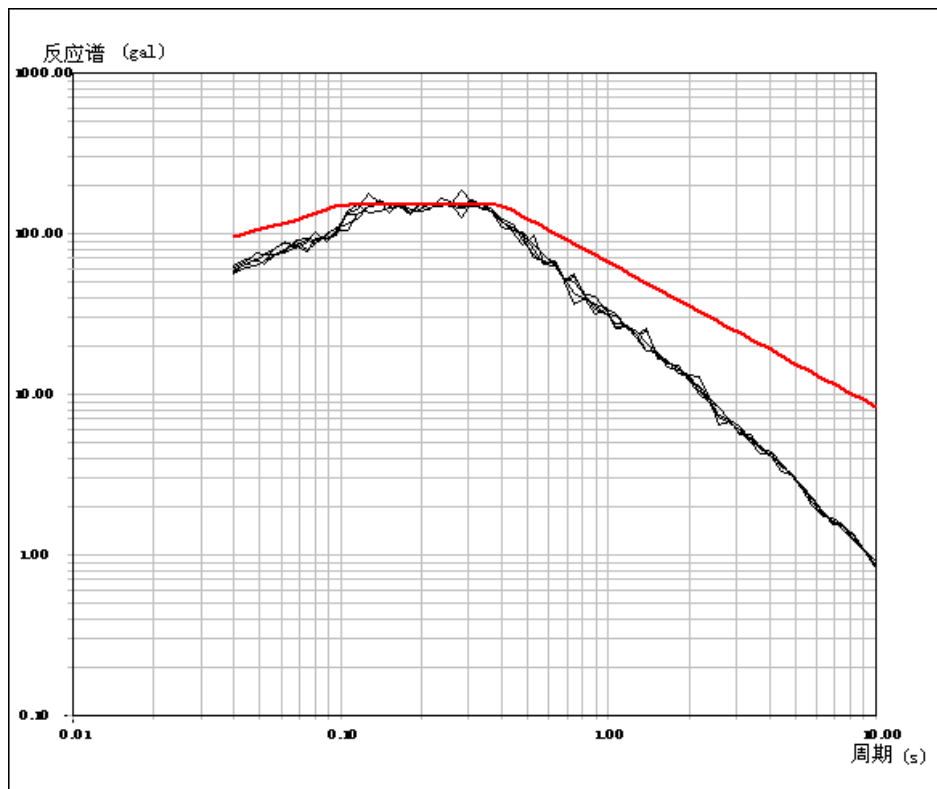
超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	59.6	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	178.6	0.182	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	353.1	0.360	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	84.9	0.087	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	247.5	0.253	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 2%	455.4	0.465	0.1	0.50	2.5	0.9

表 7.2-62 20 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

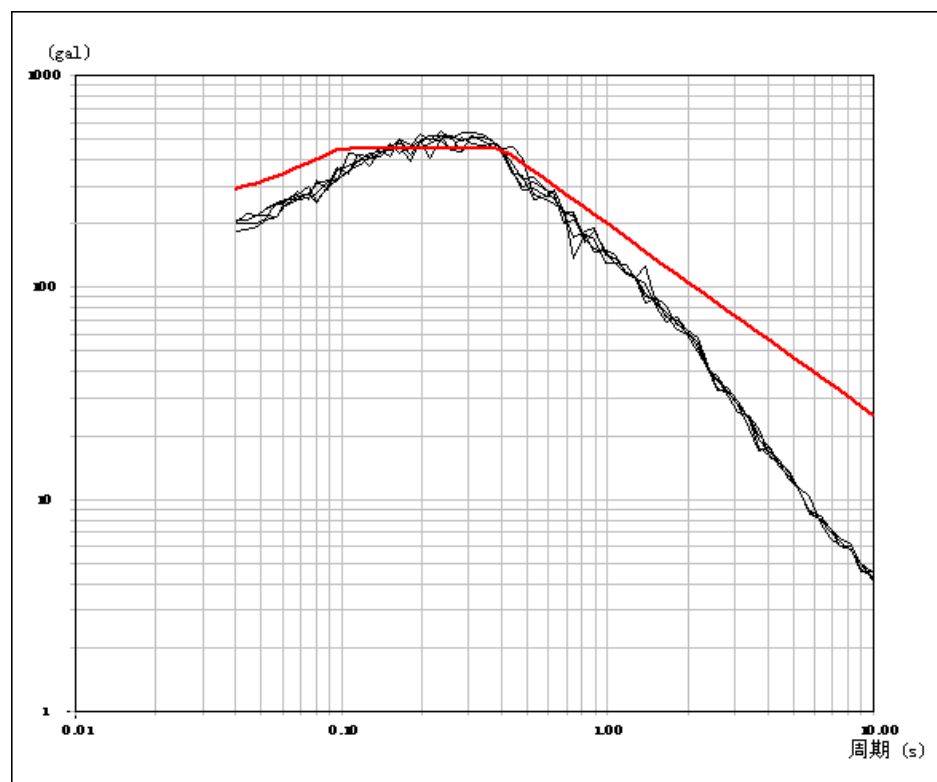
超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	61.5	0.063	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	184.3	0.188	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	371.7	0.379	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 63%	80.7	0.082	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	258.0	0.263	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 2%	463.3	0.473	0.1	0.50	2.5	0.9

表 7.2-63 21 号计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%)

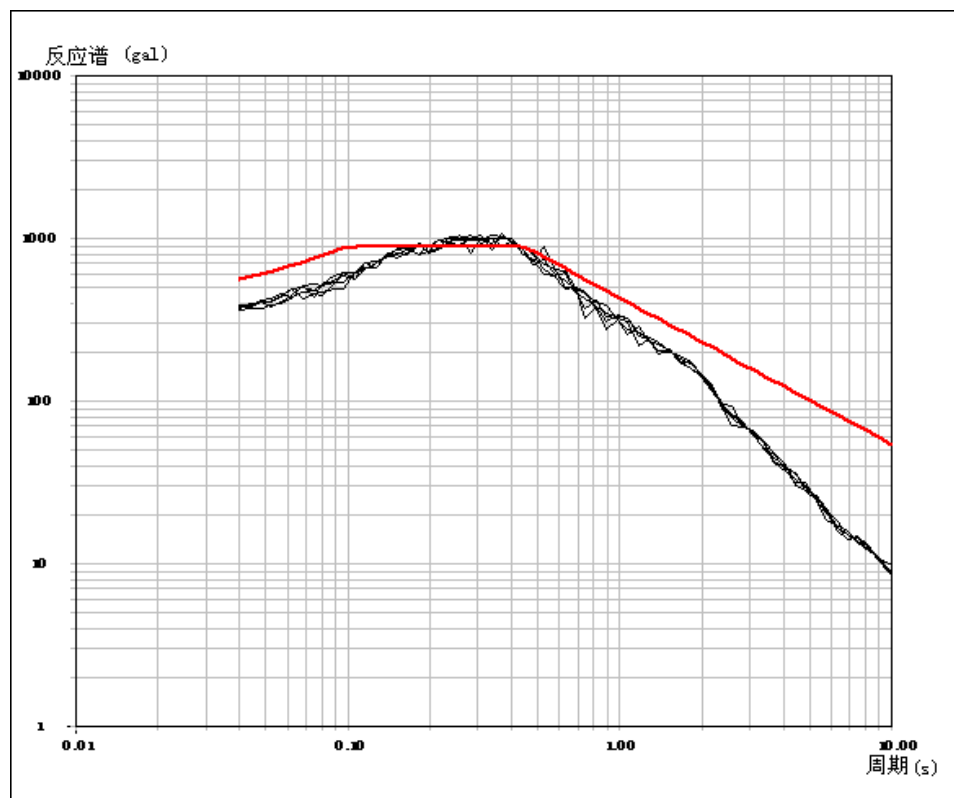
超越概率	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
50 年 63%	59.6	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
50 年 10%	178.9	0.183	0.1	0.40	25	0.9
50 年 2%	350.7	0.358	0.1	0.50	2.5	0.9
100 年 63%	78.5	0.080	0.1	0.40	2.5	0.9
100 年 10%	253.0	0.258	0.1	0.45	2.5	0.9
100 年 2%	457.0	0.466	0.1	0.50	2.5	0.9



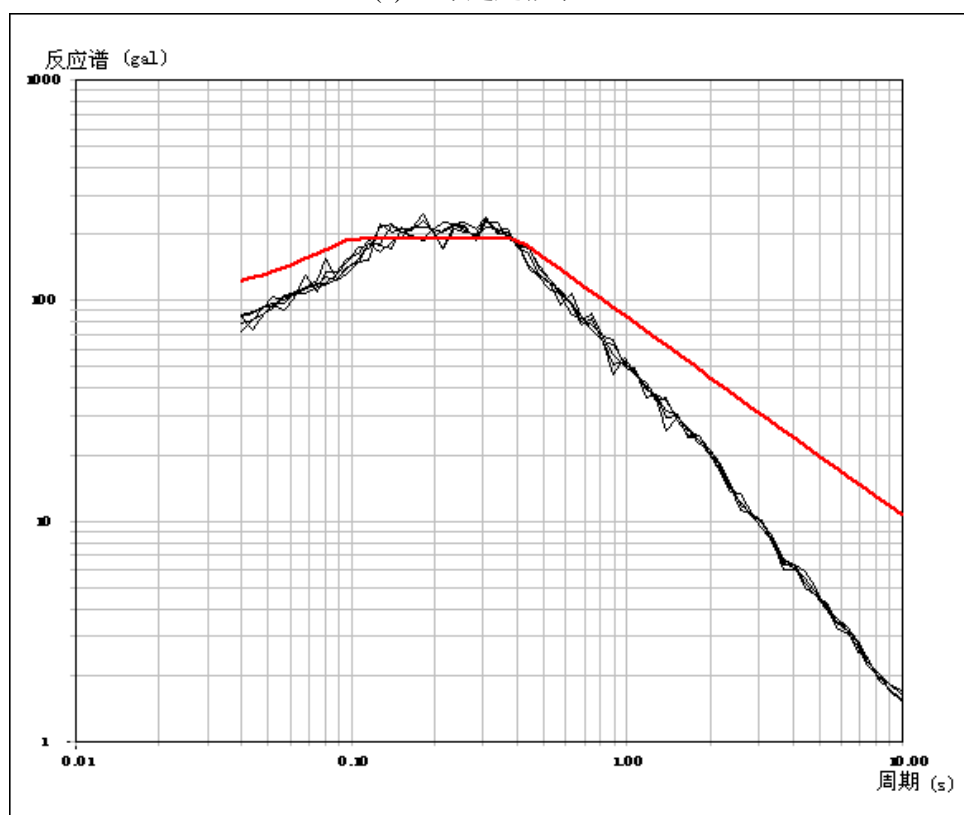
(a) 50 年超越概率 63%



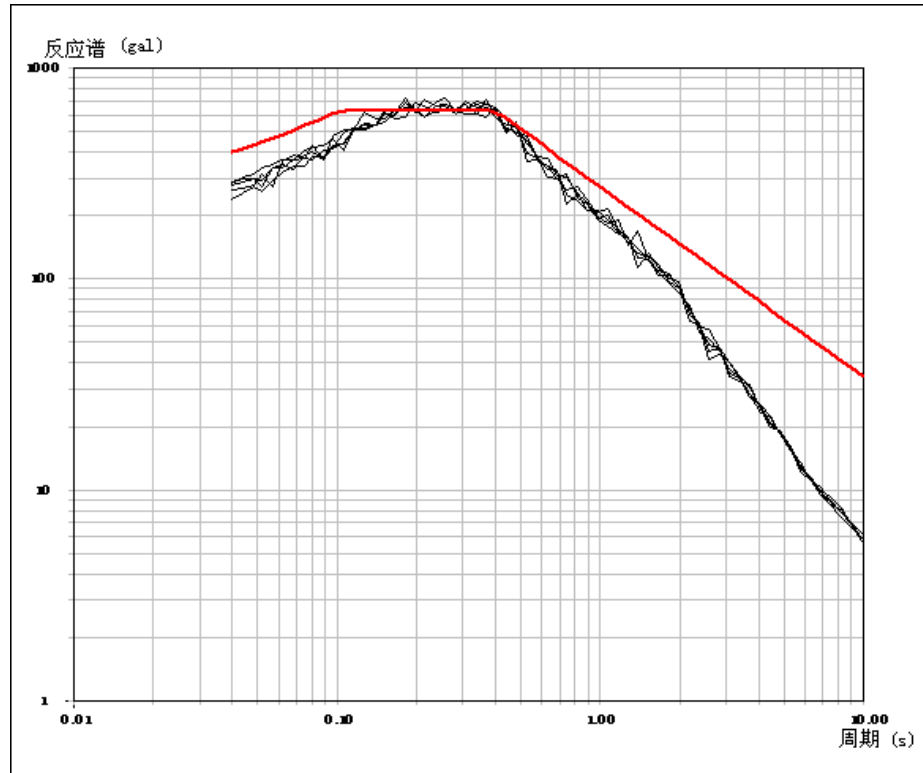
(b) 50 年超越概率 10%



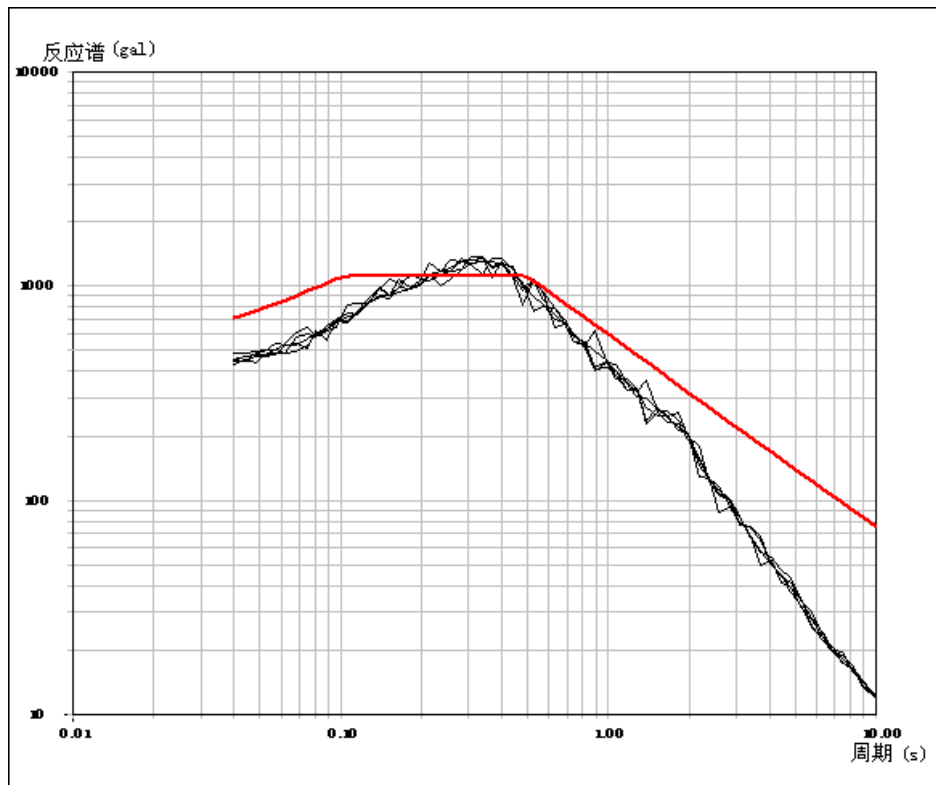
(c)50 年超越概率 2%



(d)100 年超越概率 63%

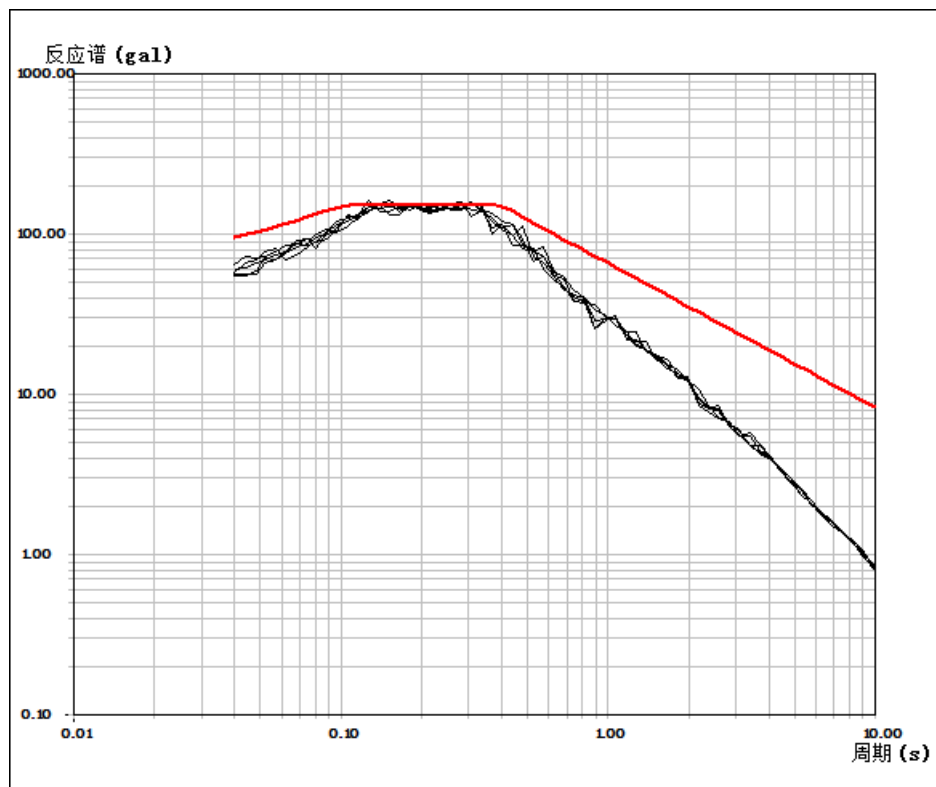


(e)100 年超越概率 10%

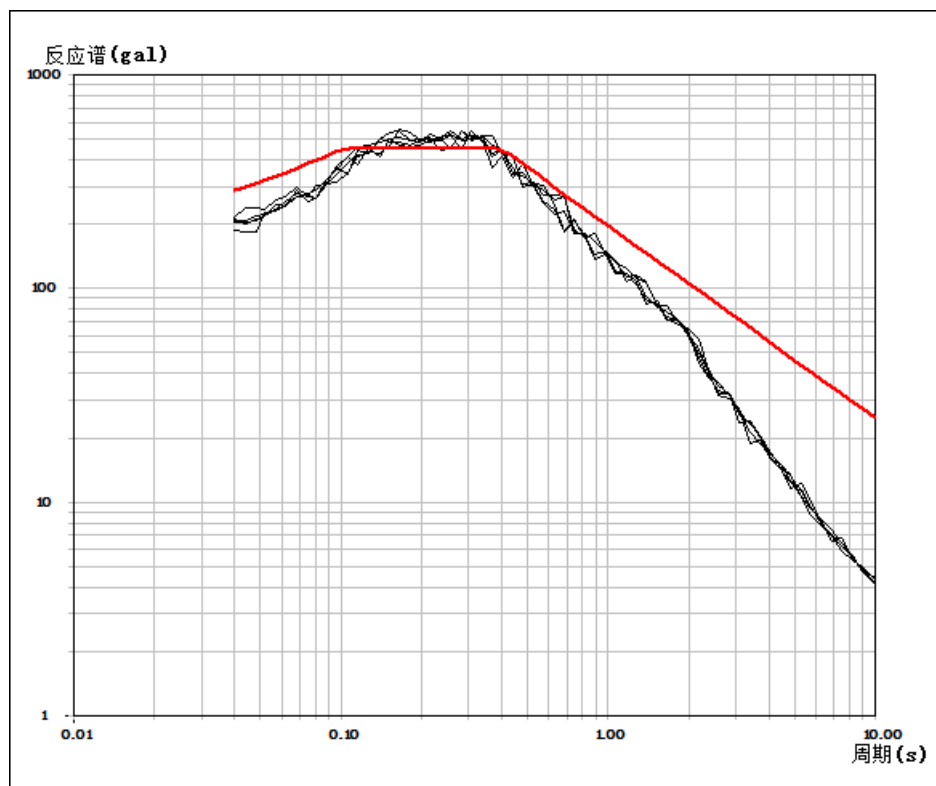


(f)100 年超越概率 2%

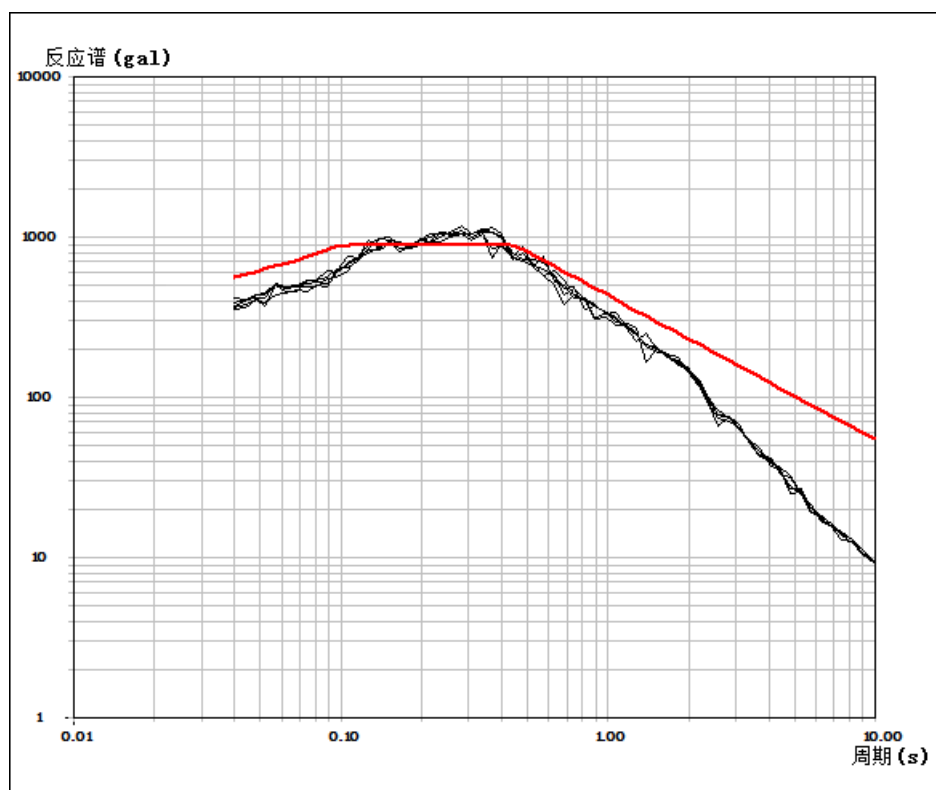
图 7.2-1 1 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



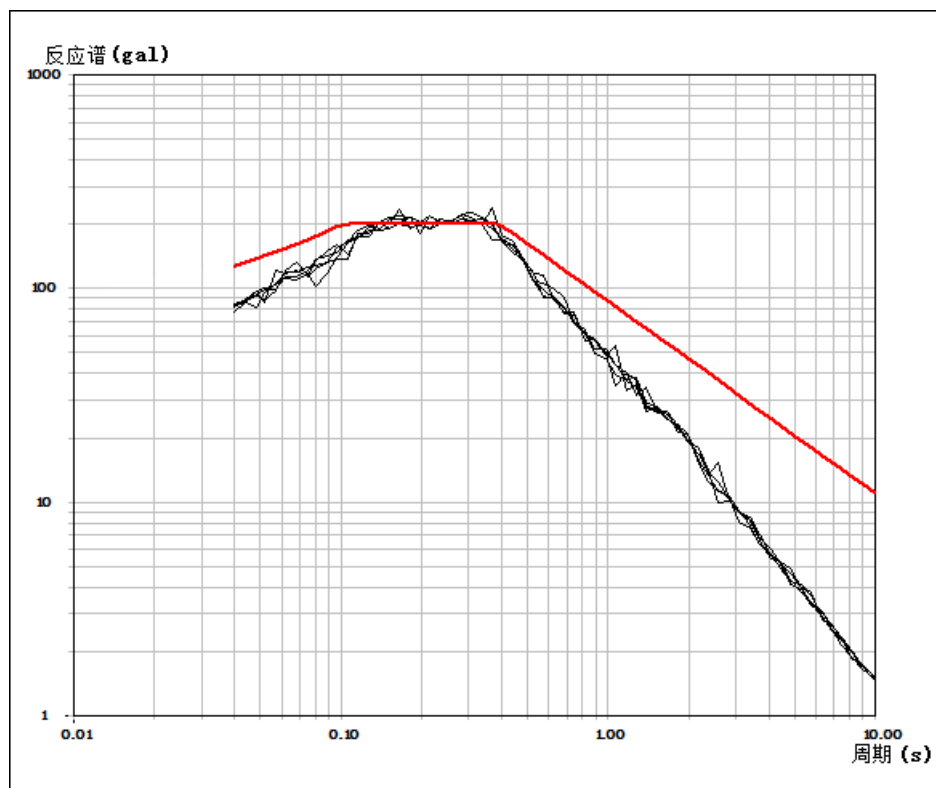
(a)50 年超越概率 63%



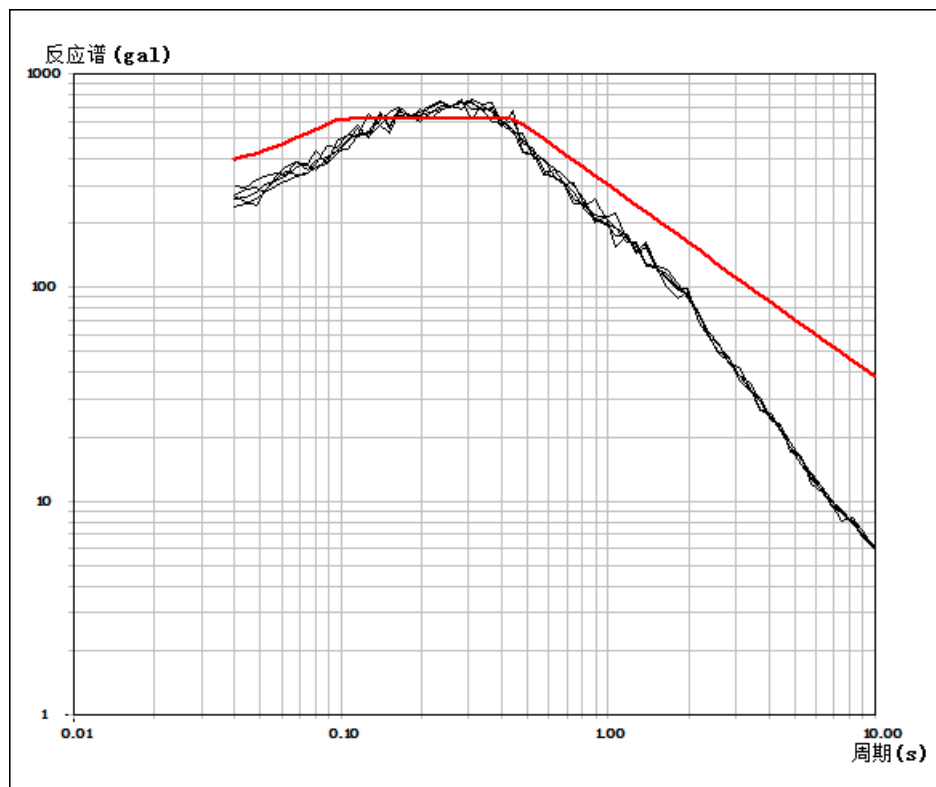
(b)50 年超越概率 10%



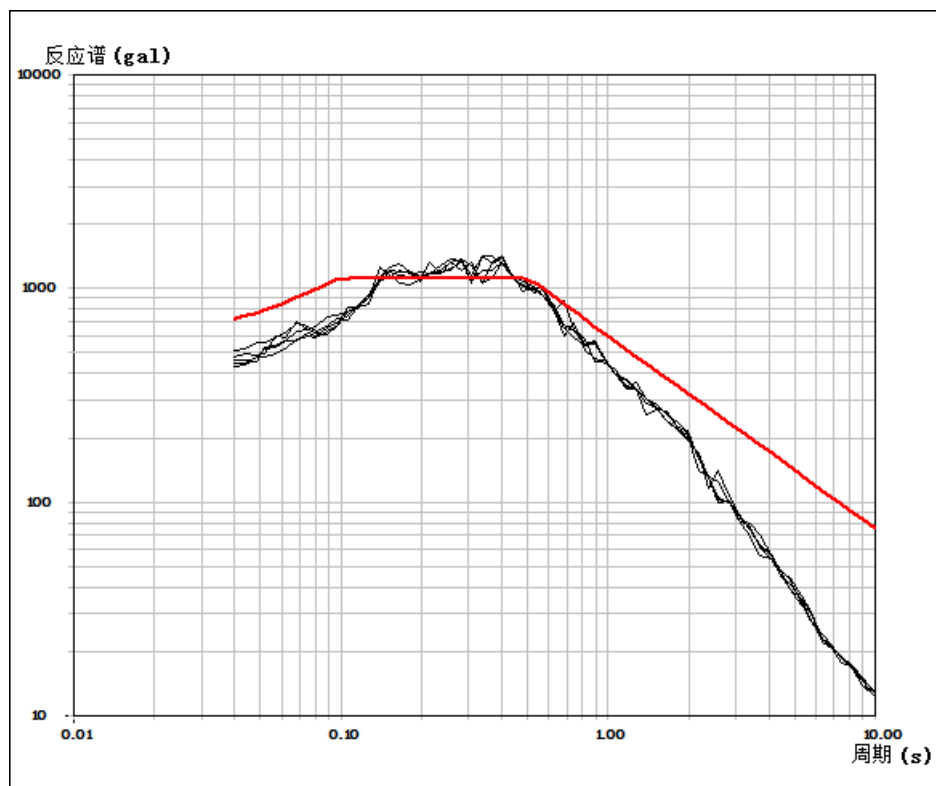
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

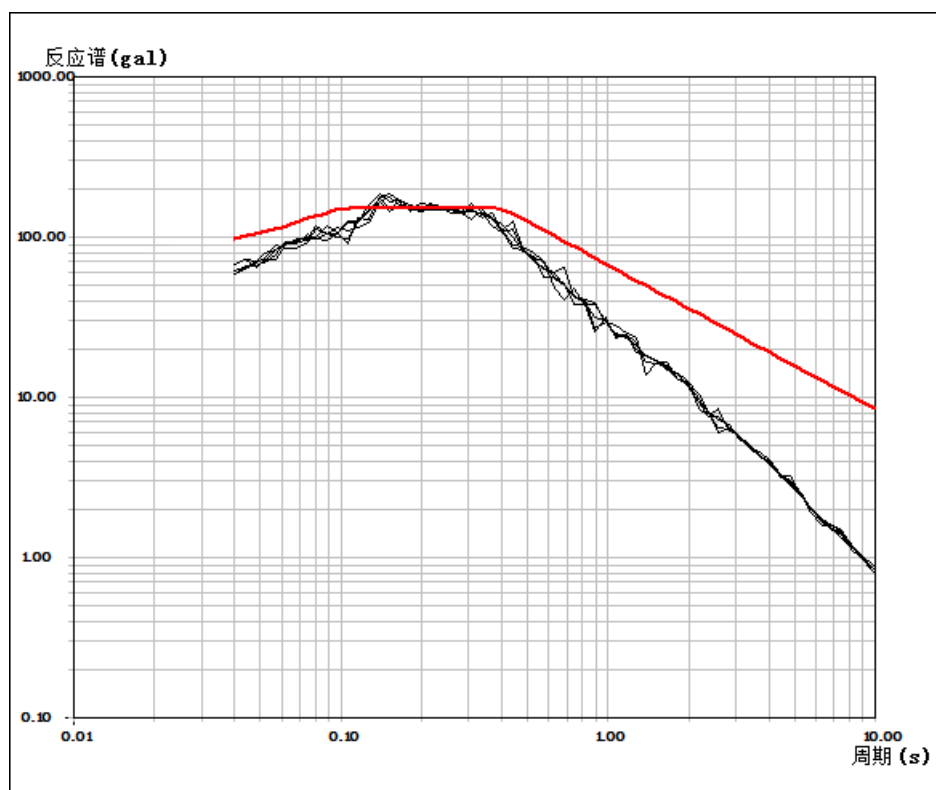


(e)100 年超越概率 10%

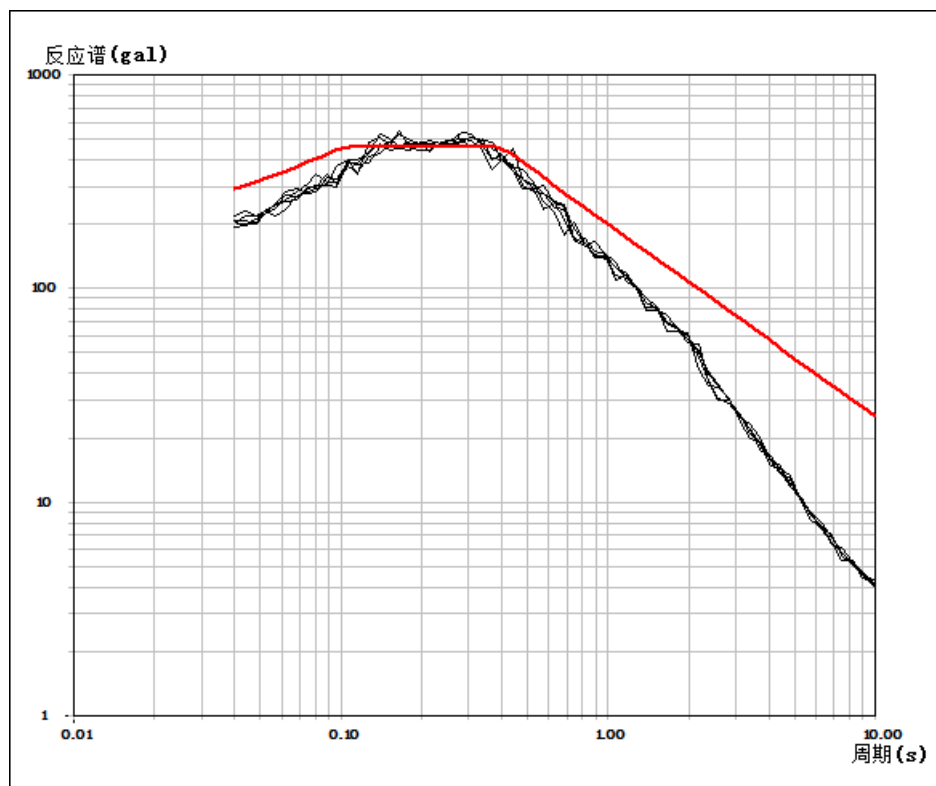


(f)100 年超越概率 2%

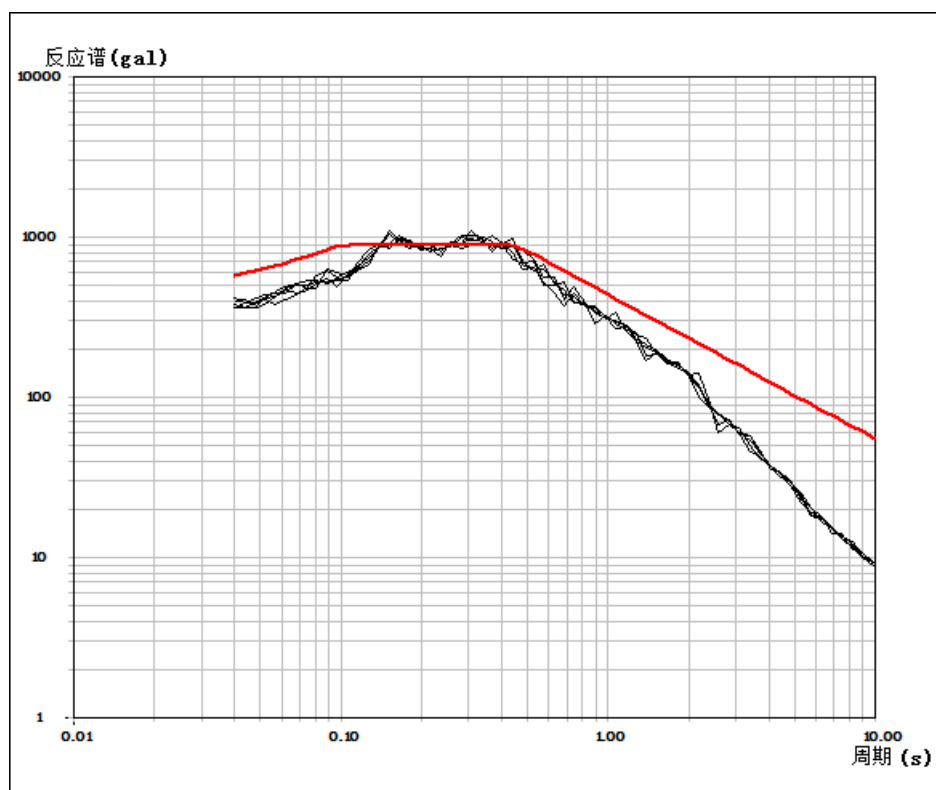
图 7.2-2 2 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



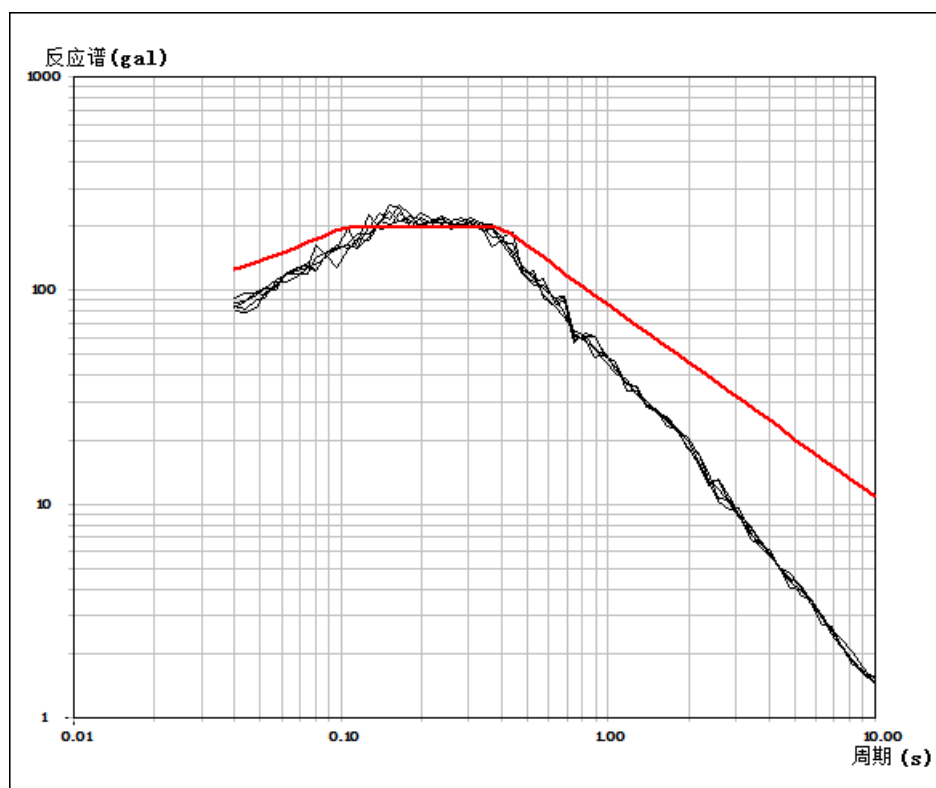
(a) 50 年超越概率 63%



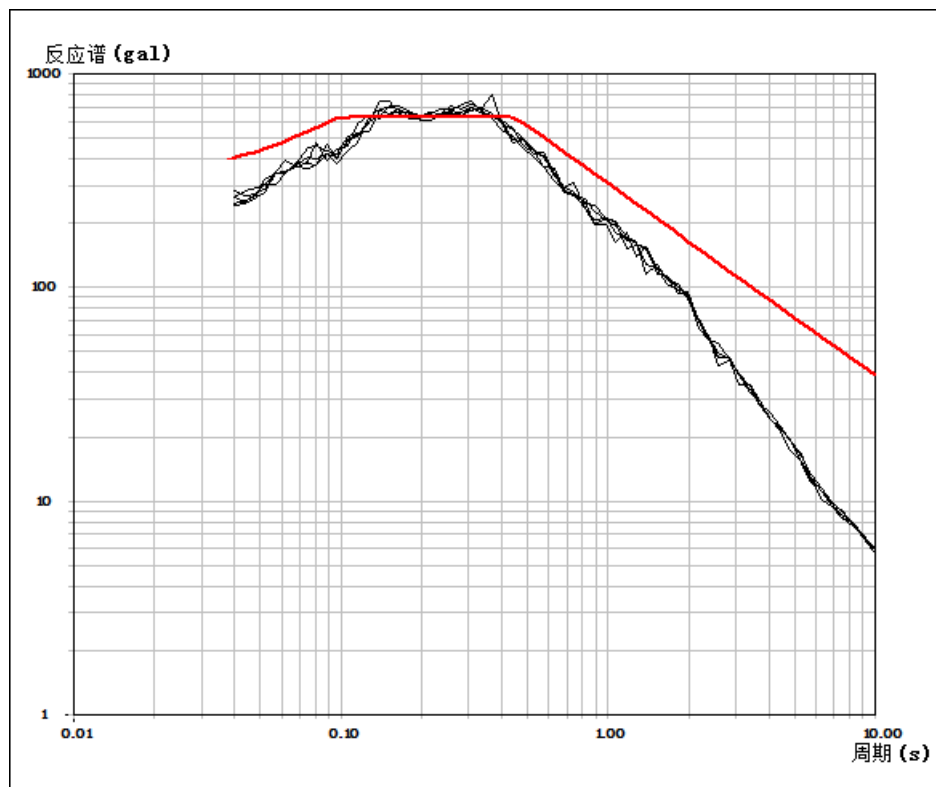
(b) 50 年超越概率 10%



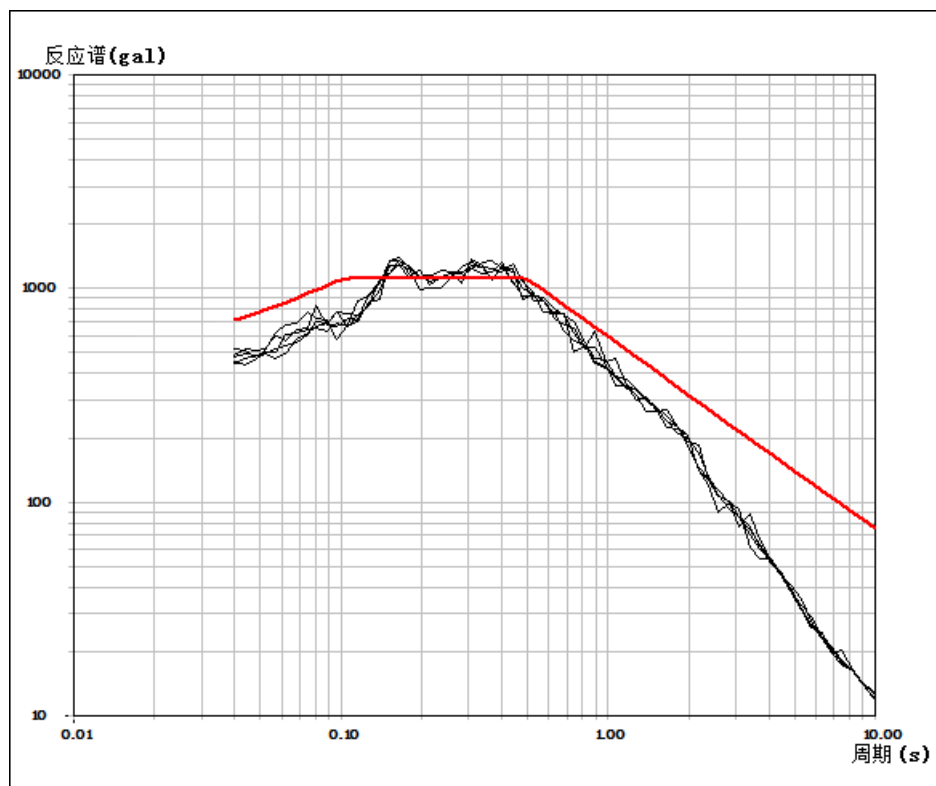
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

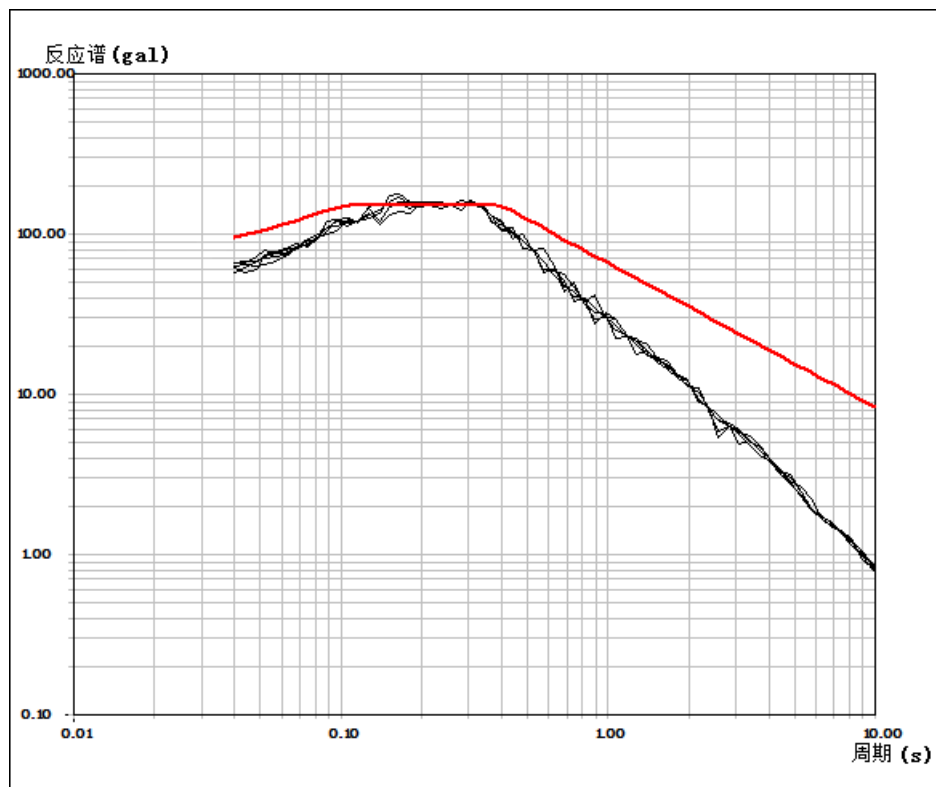


(e)100 年超越概率 10%

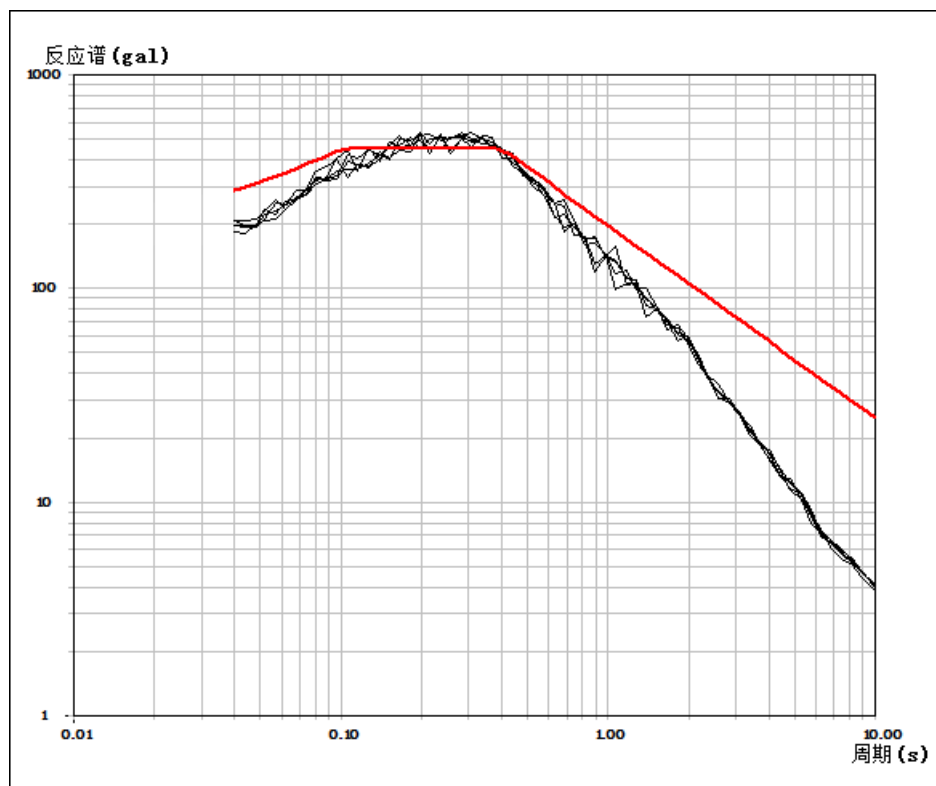


(f)100 年超越概率 2%

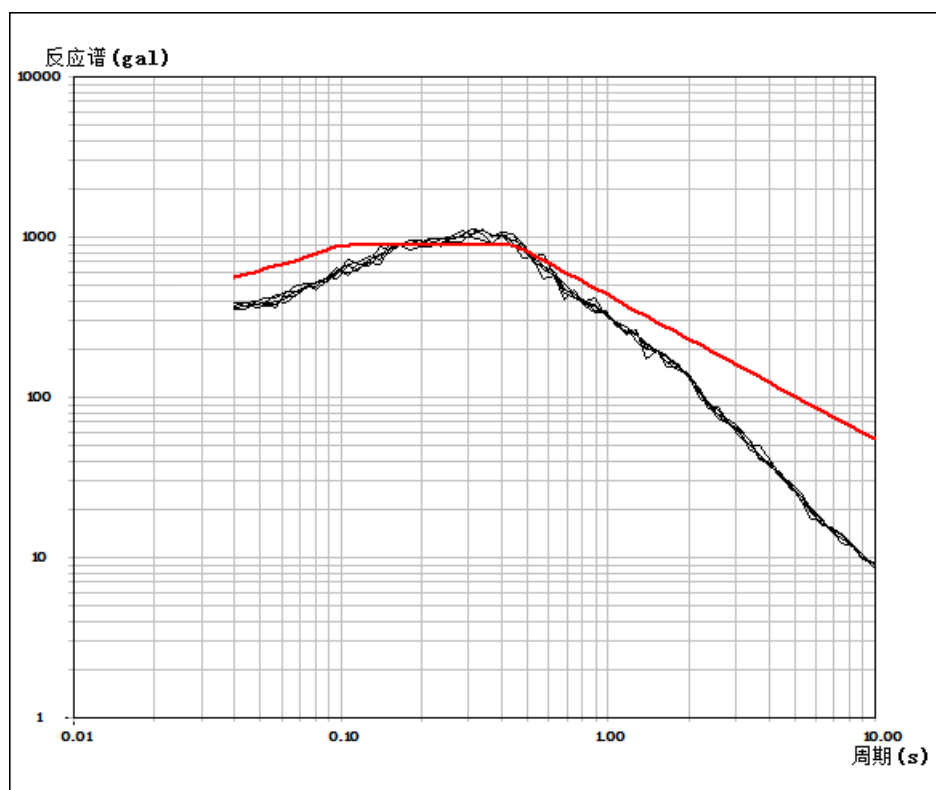
图 7.2-3 3 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



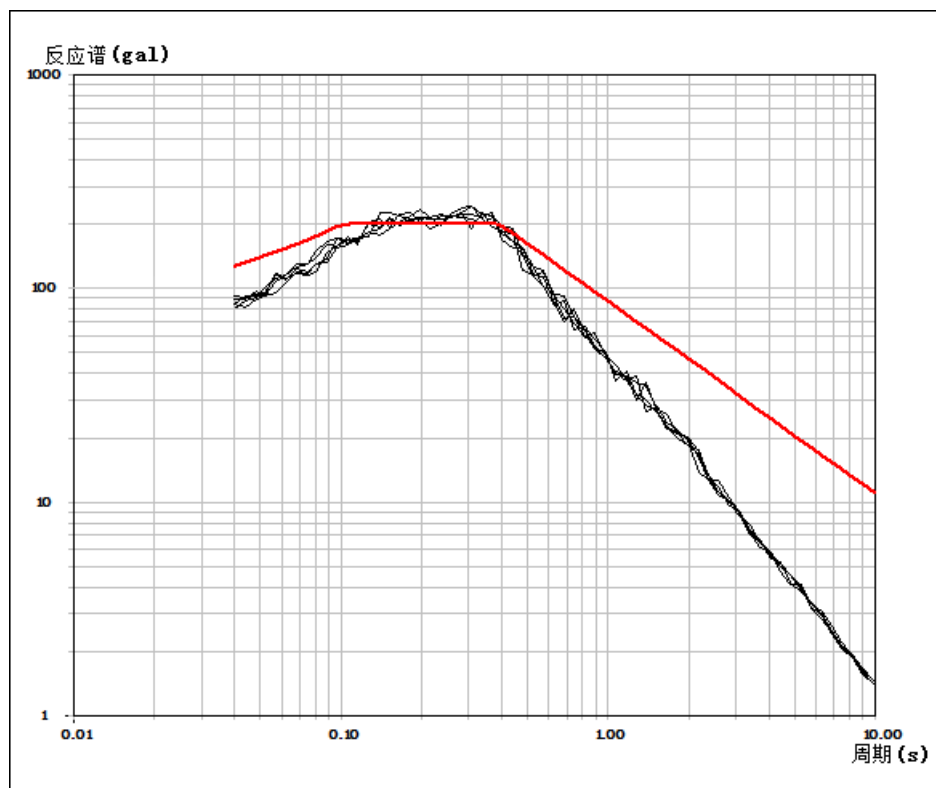
(a)50 年超越概率 63%



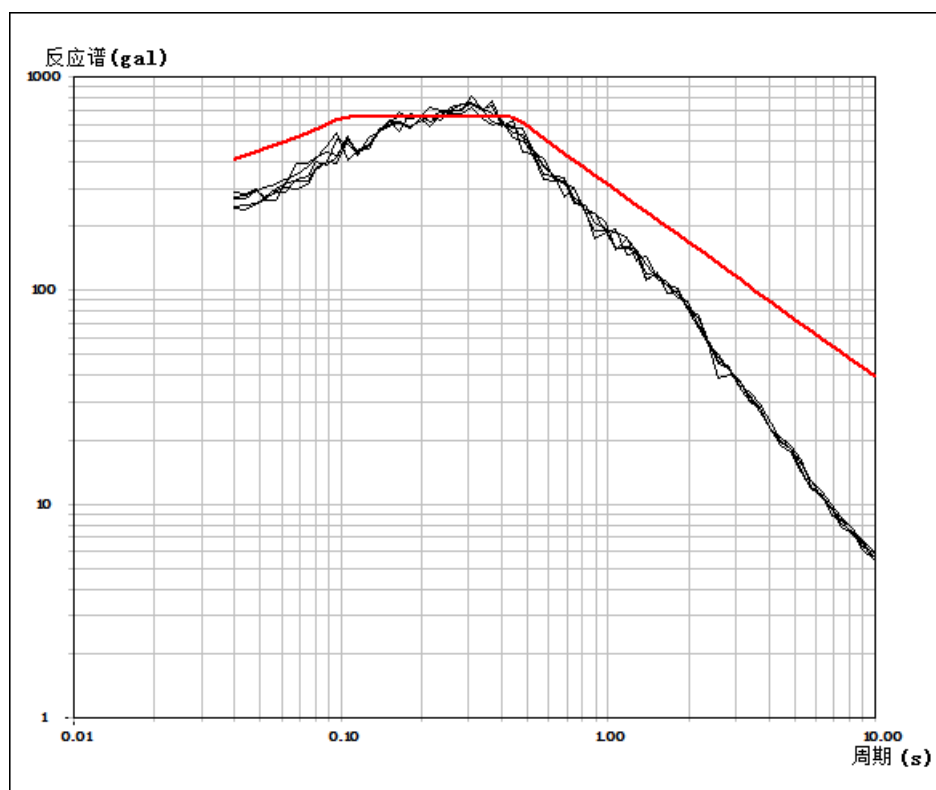
(b)50 年超越概率 10%



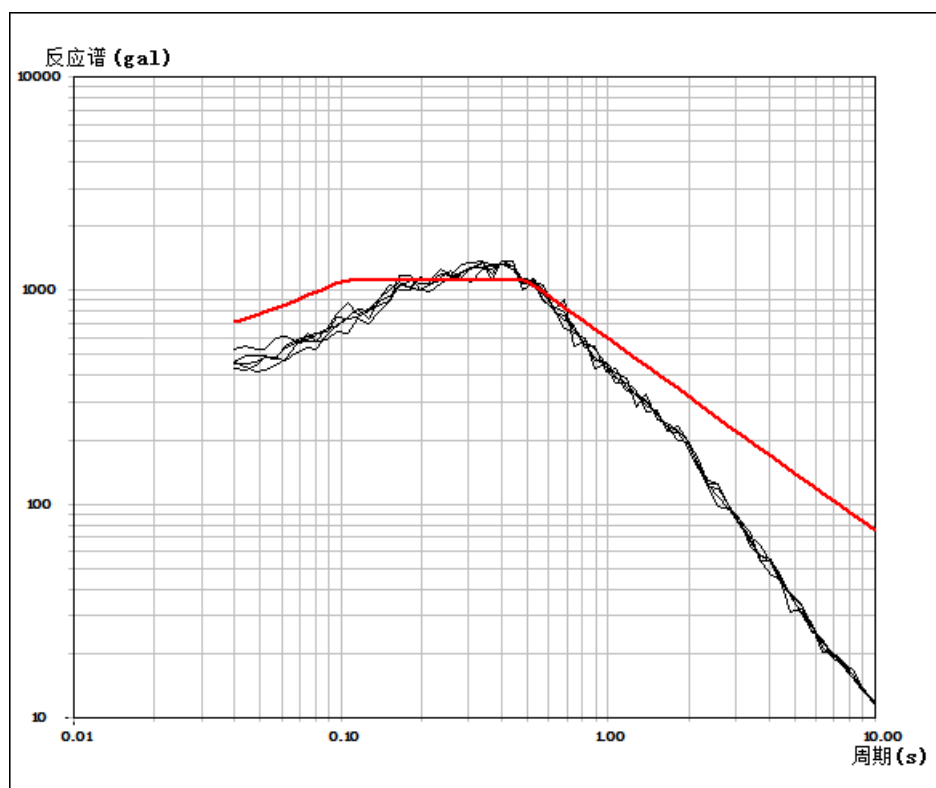
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

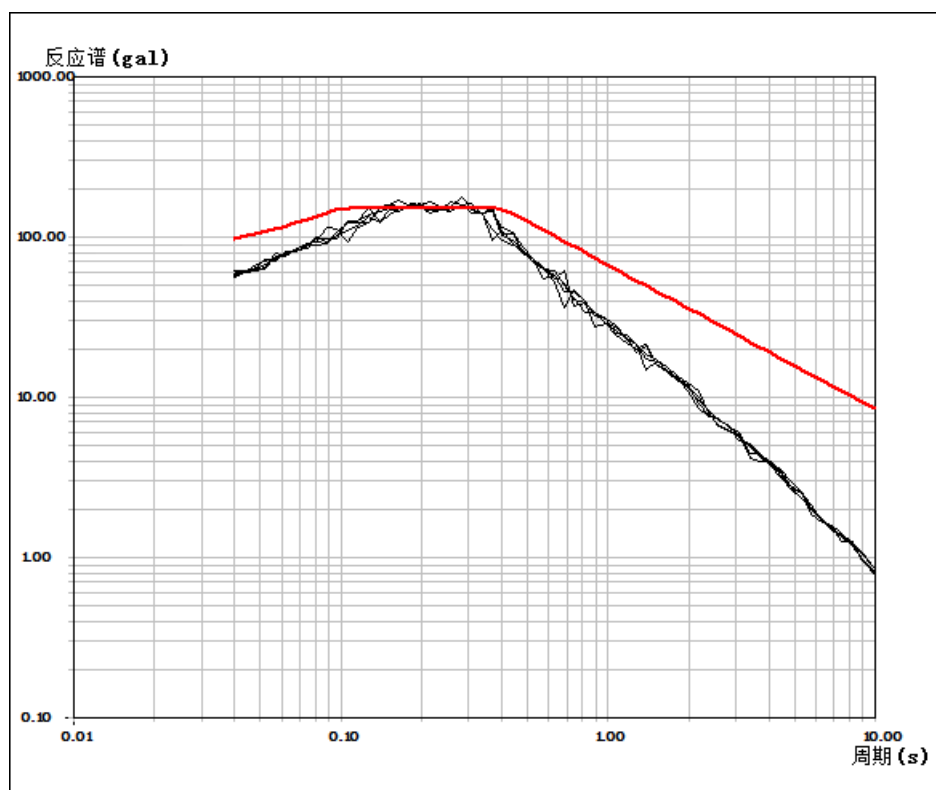


(e)100 年超越概率 10%

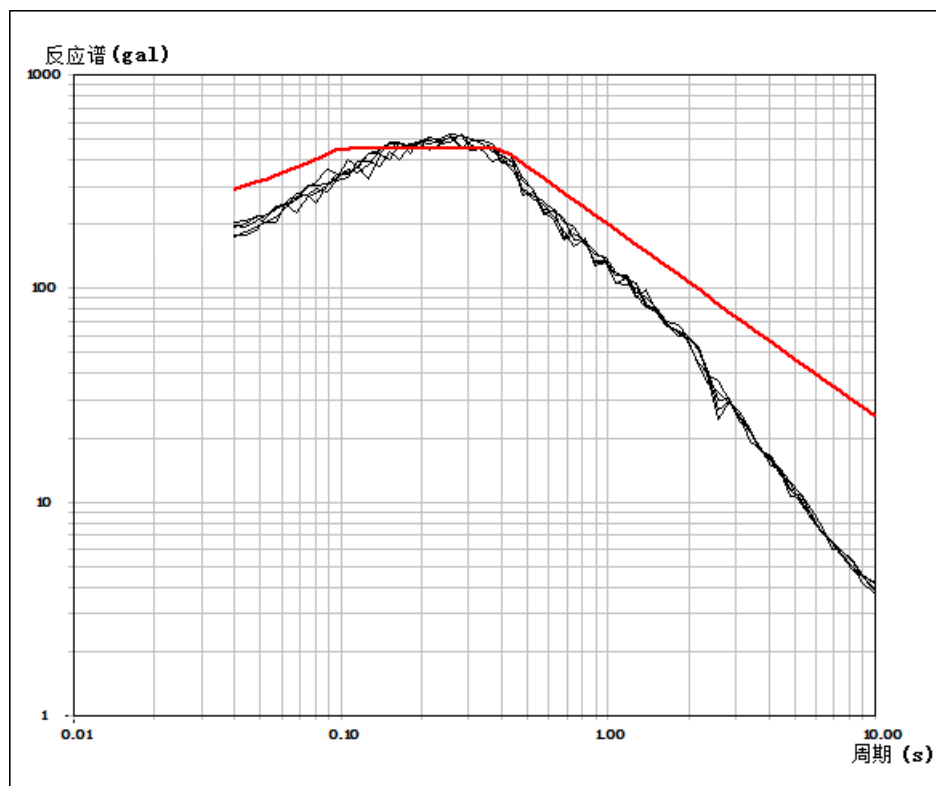


(f)100 年超越概率 2%

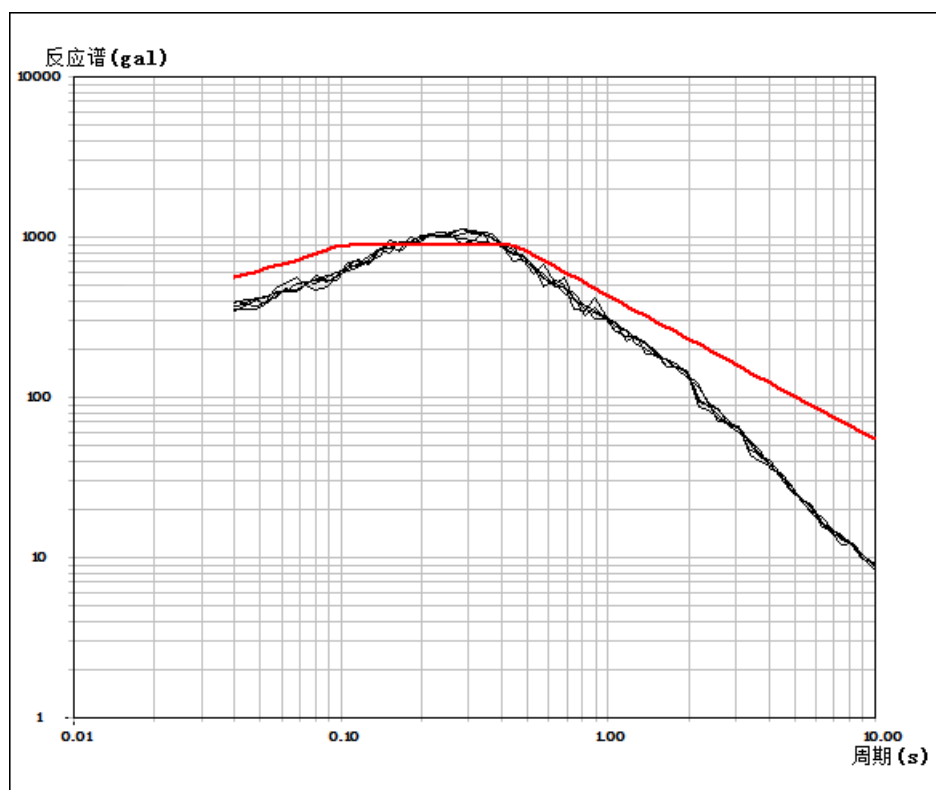
图 7.2-4 4 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



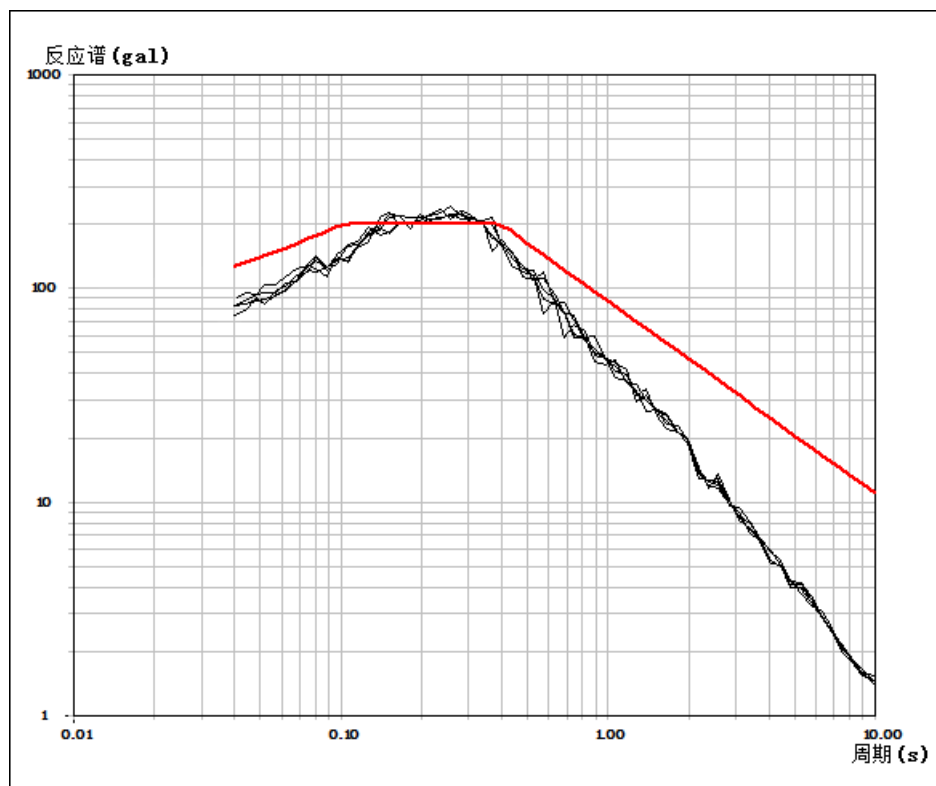
(a)50 年超越概率 63%



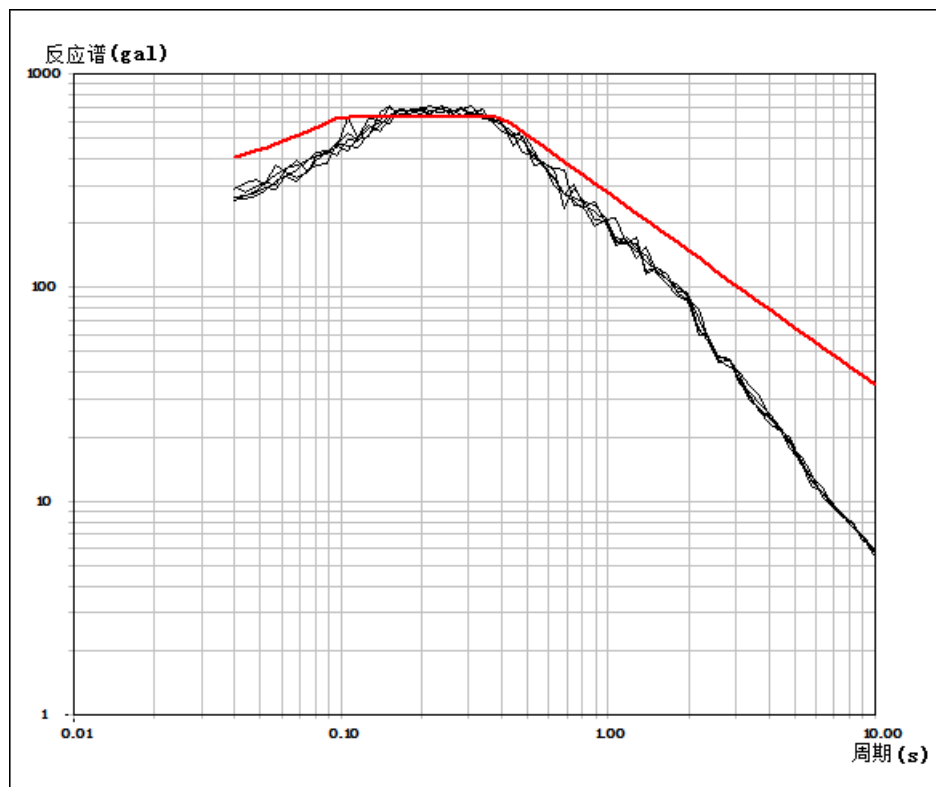
(b)50 年超越概率 10%



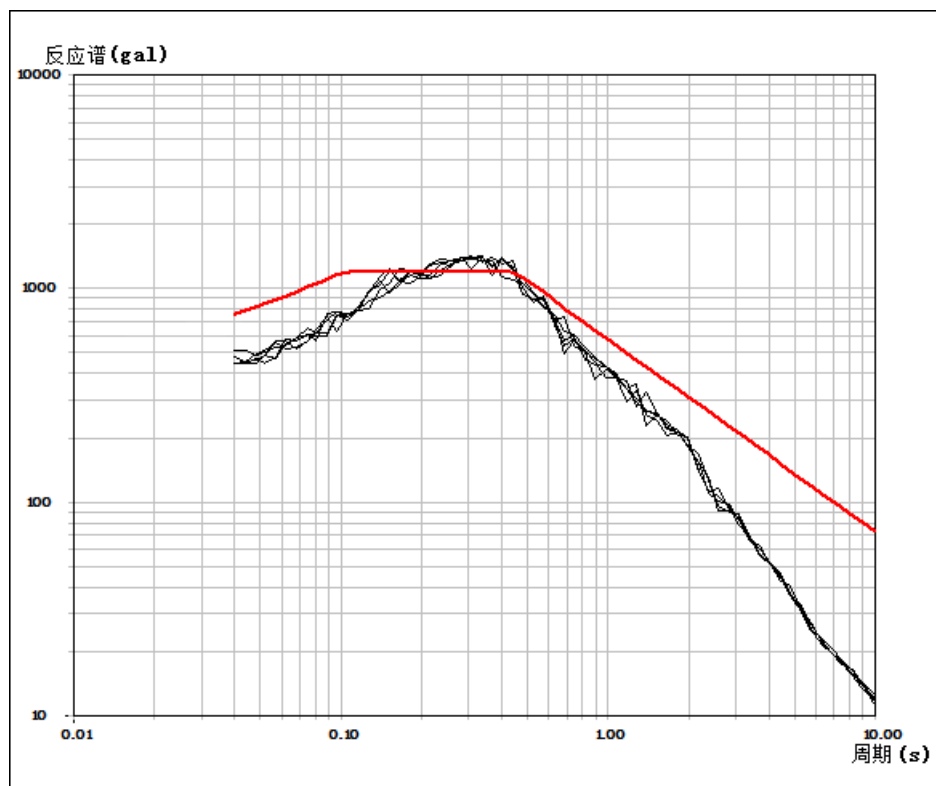
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

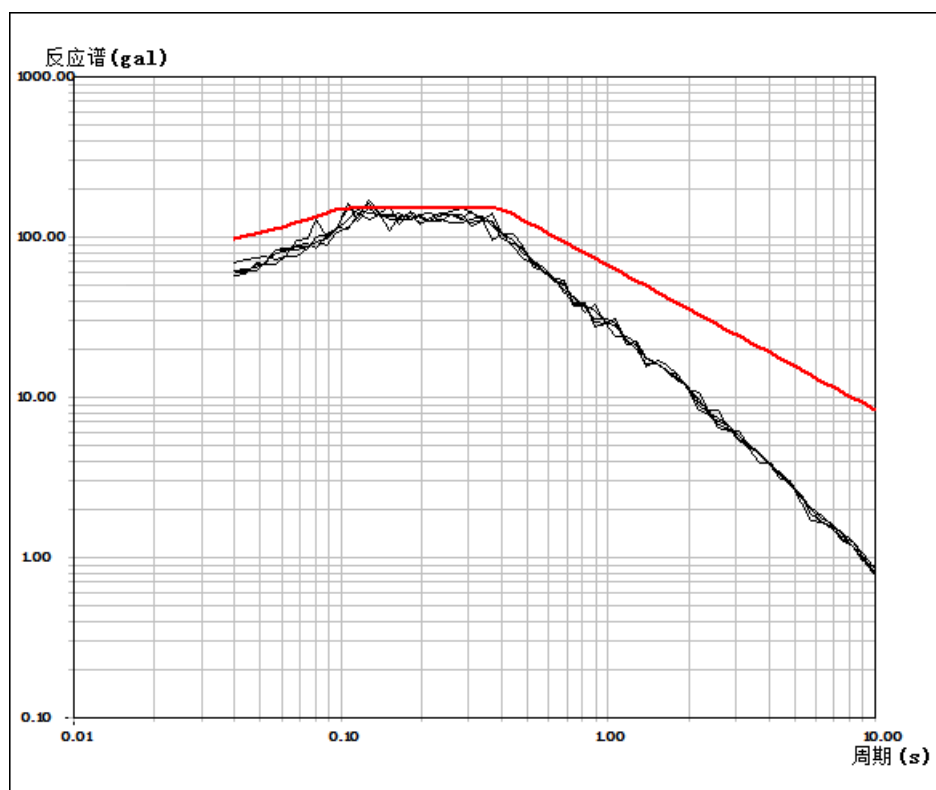


(e)100 年超越概率 10%

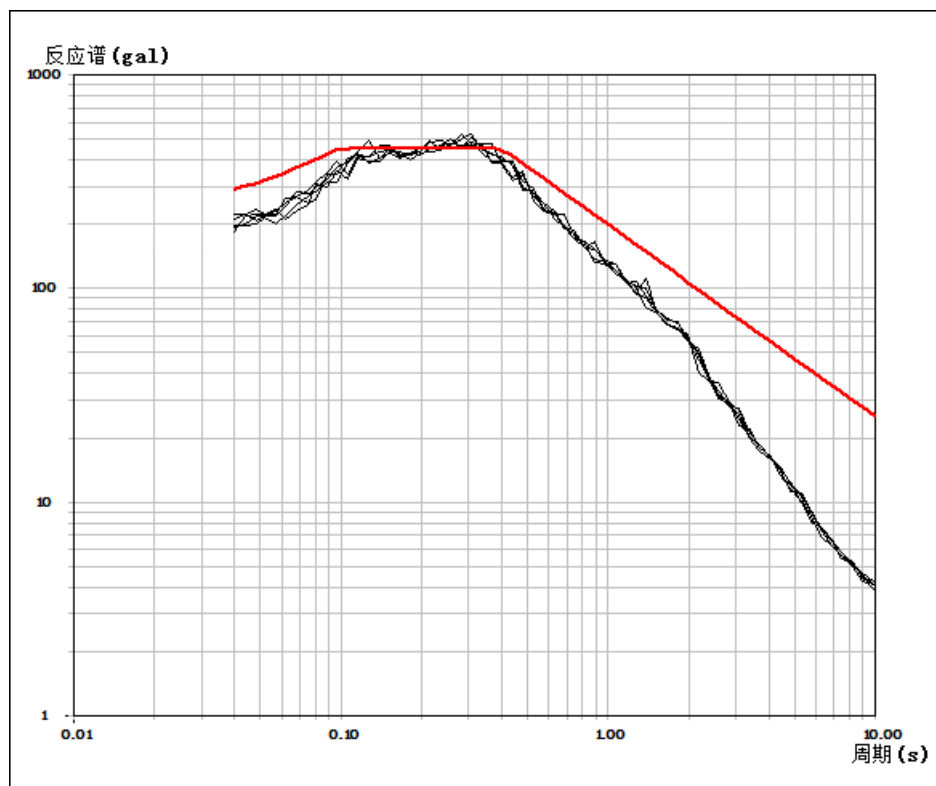


(f)100 年超越概率 2%

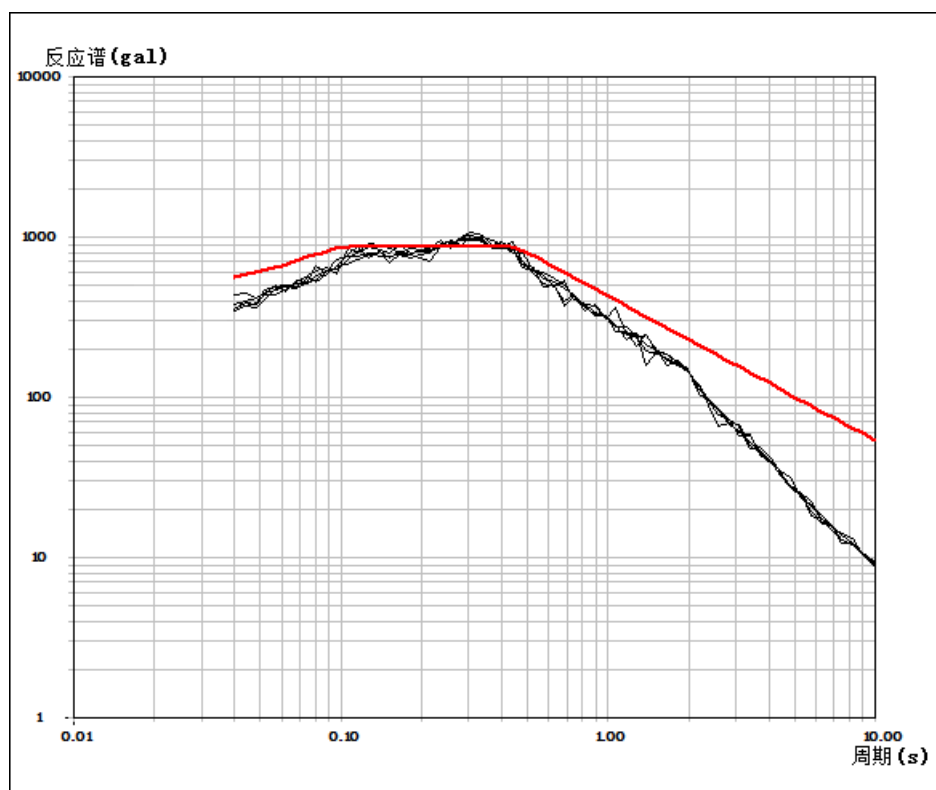
图 7.2-5 5 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



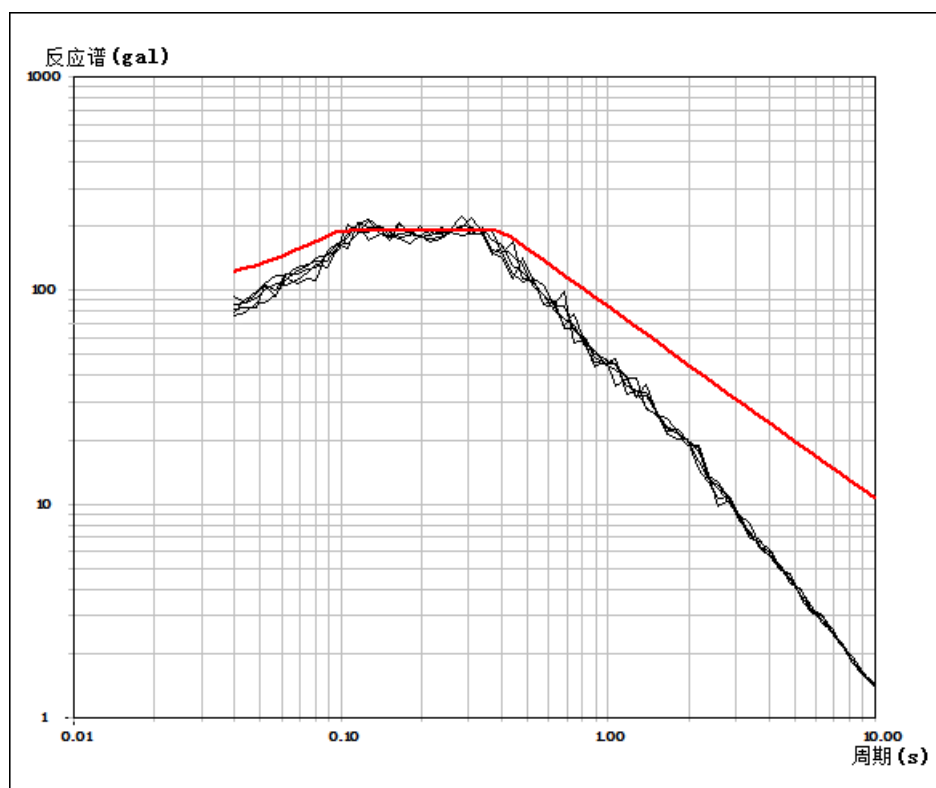
(a)50 年超越概率 63%



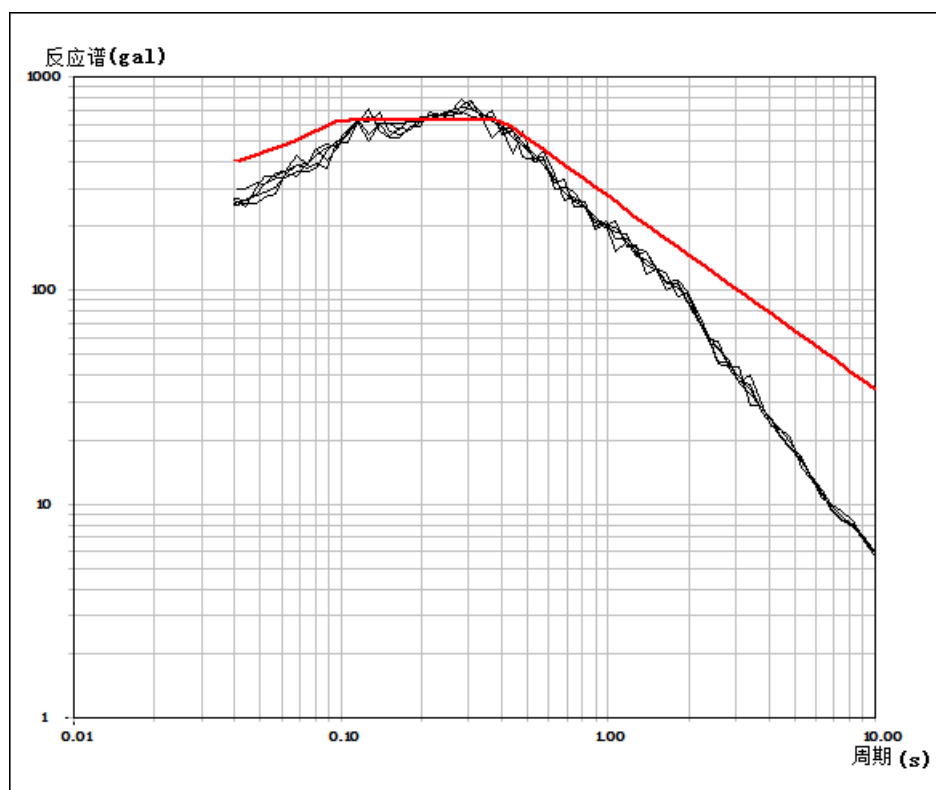
(b)50 年超越概率 10%



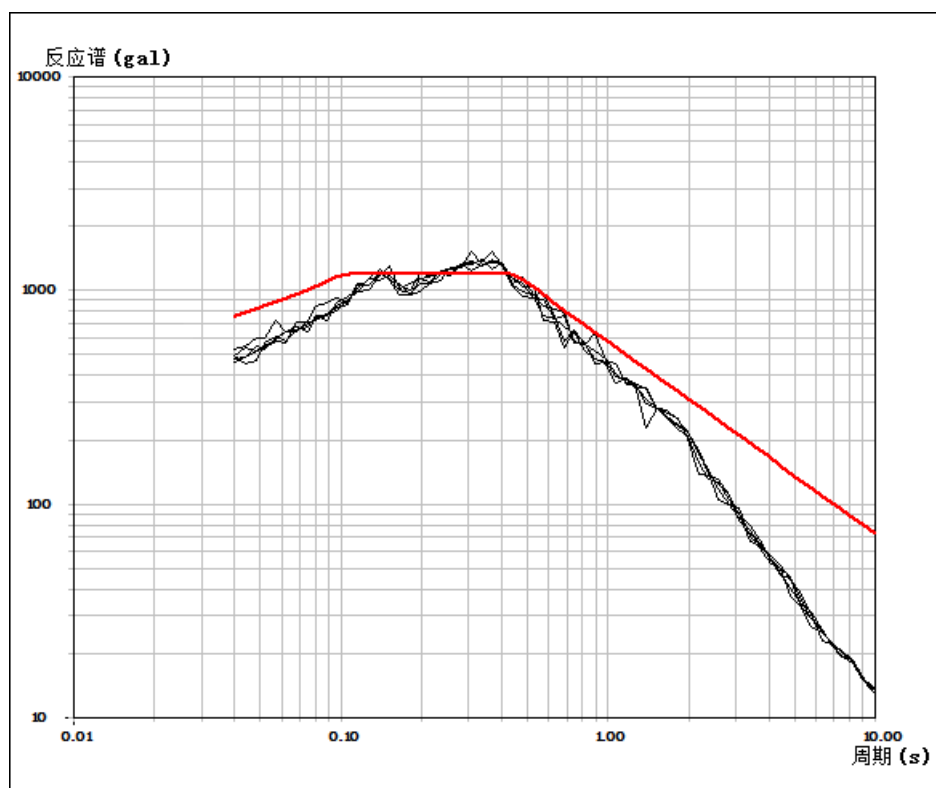
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

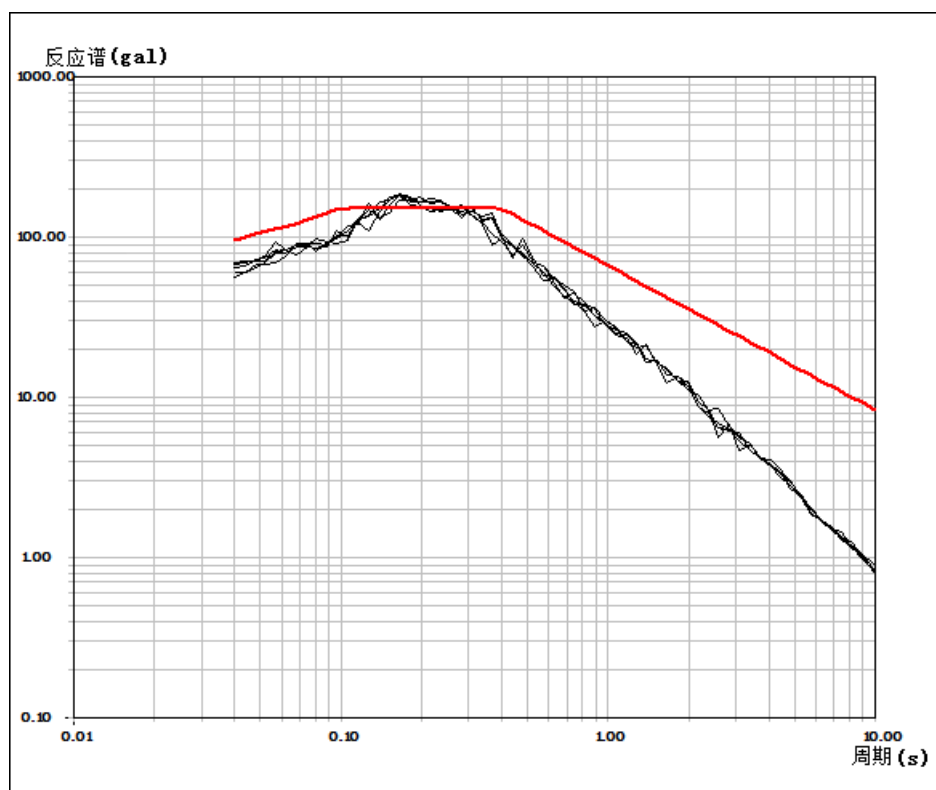


(e)100 年超越概率 10%

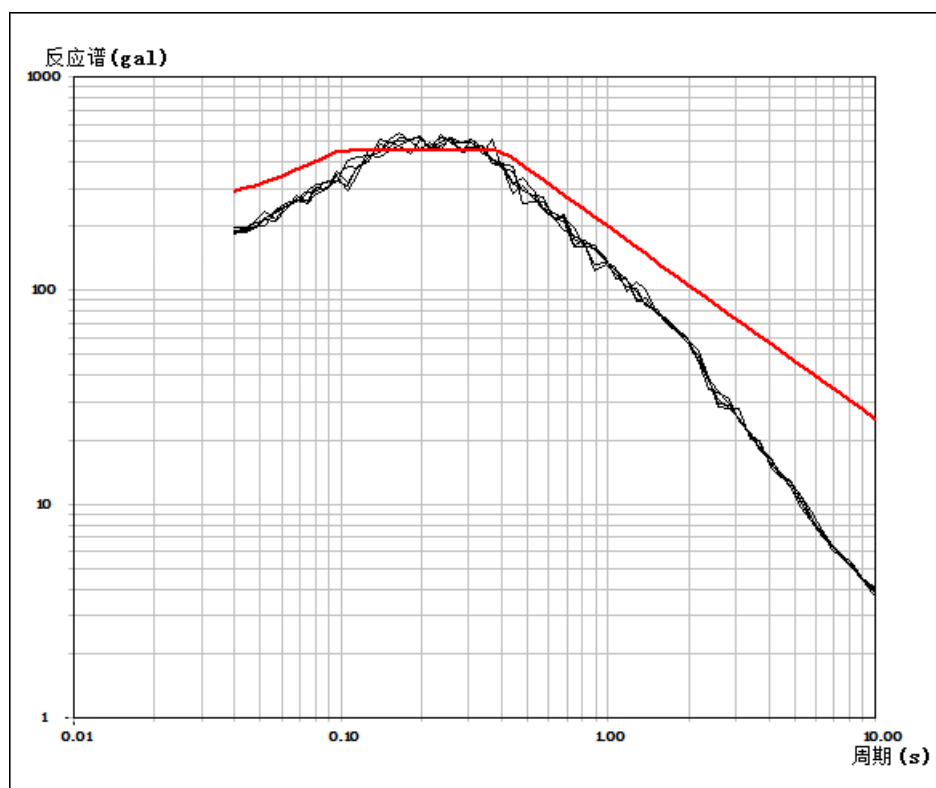


(f)100 年超越概率 2%

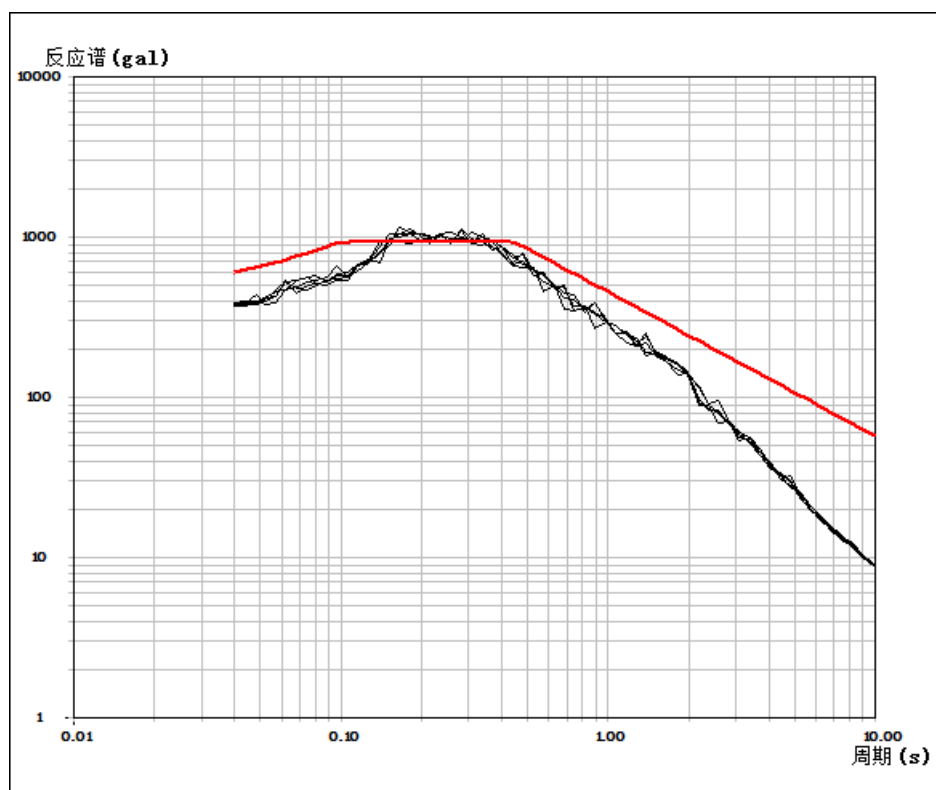
图 7.2-6 6 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



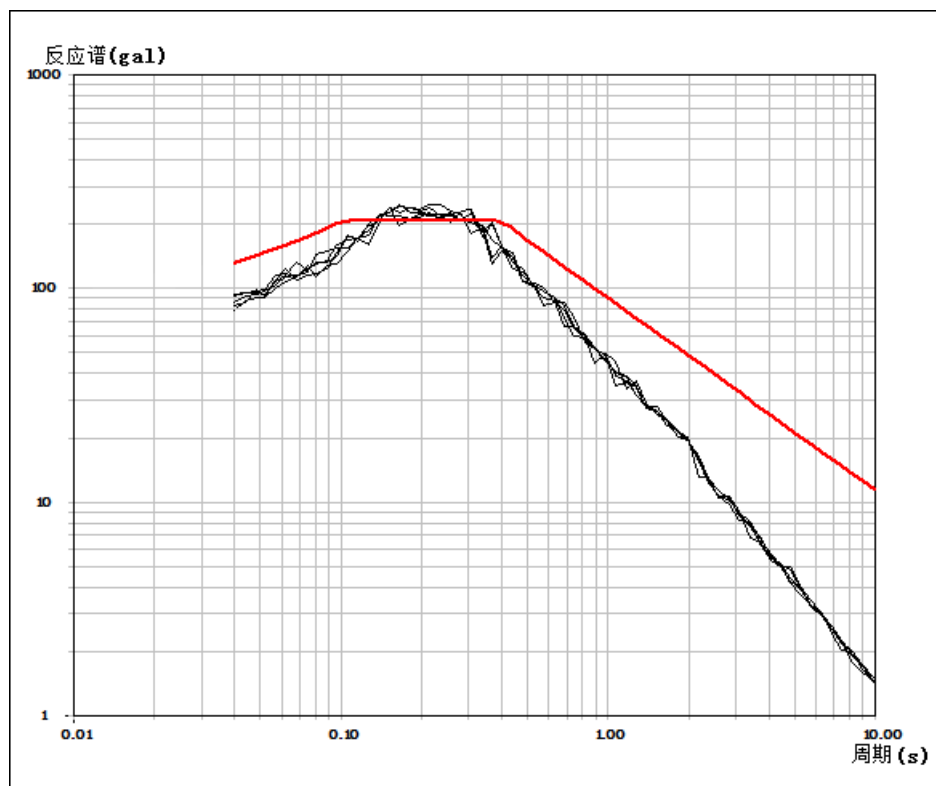
(a) 50 年超越概率 63%



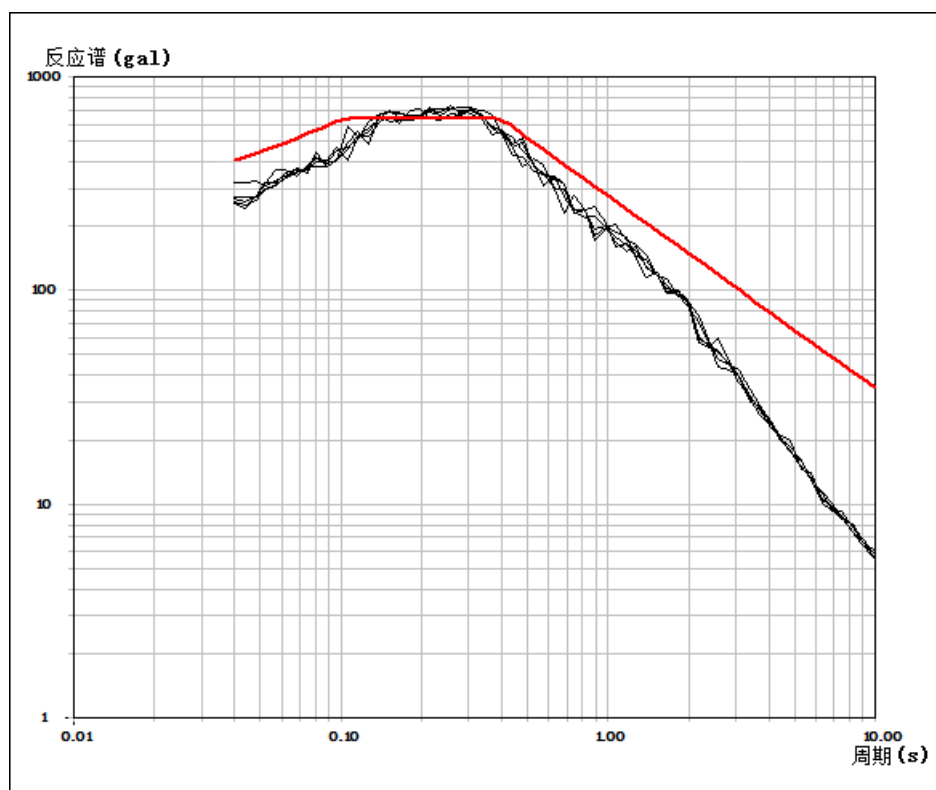
(b) 50 年超越概率 10%



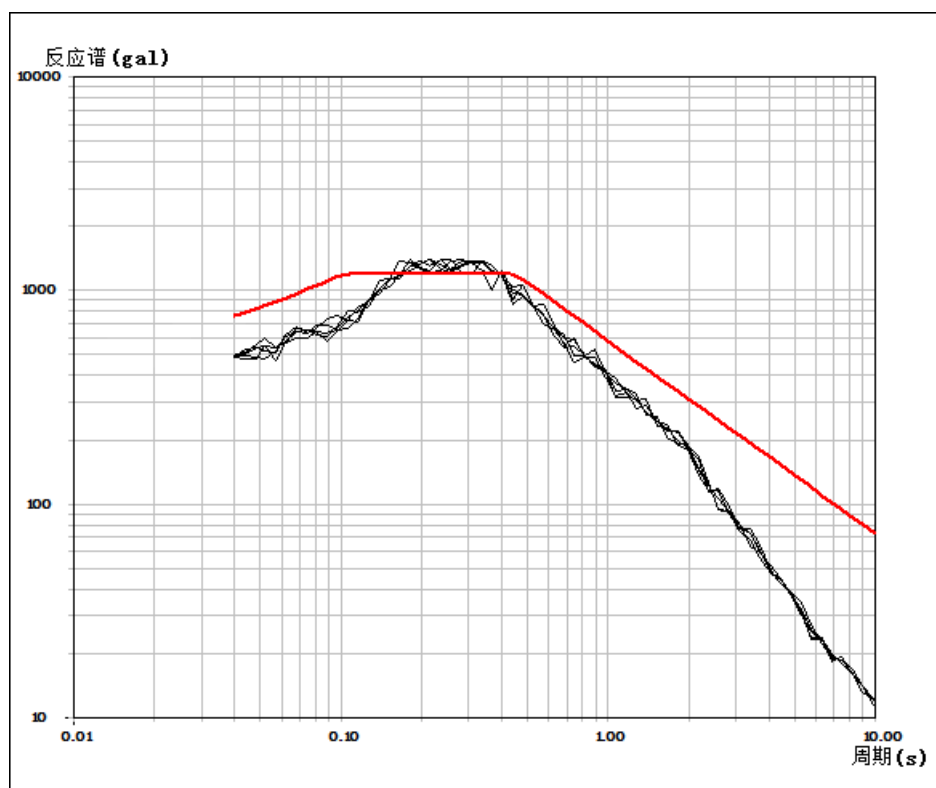
(c)50 年超越概率 2%



(d)100 年超越概率 63%

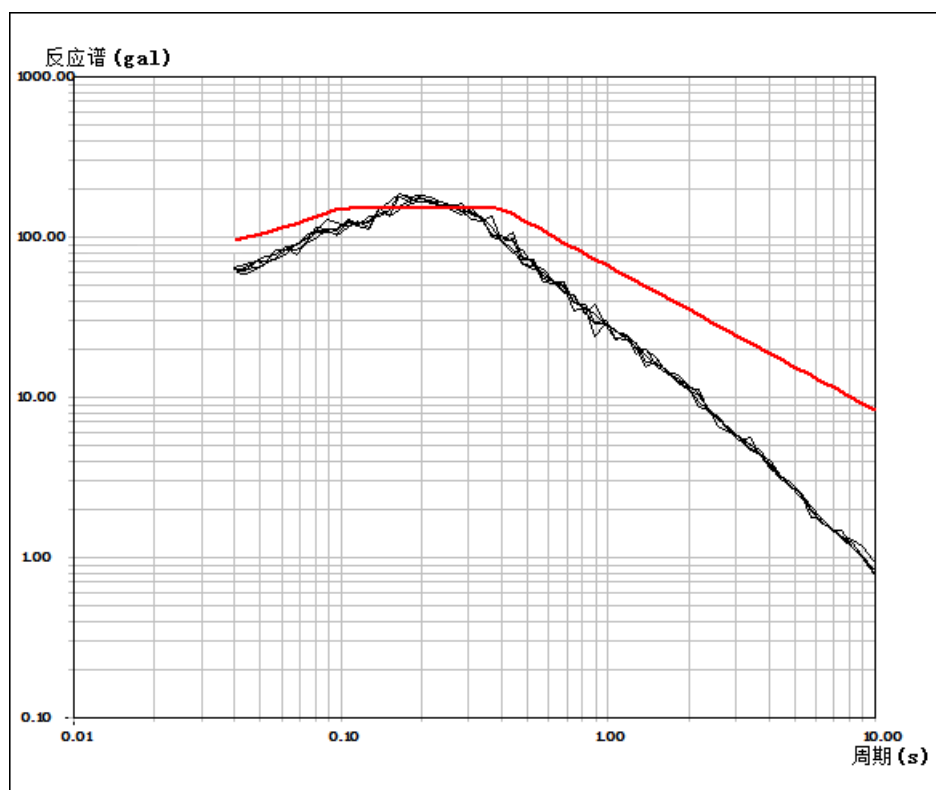


(e)100 年超越概率 10%

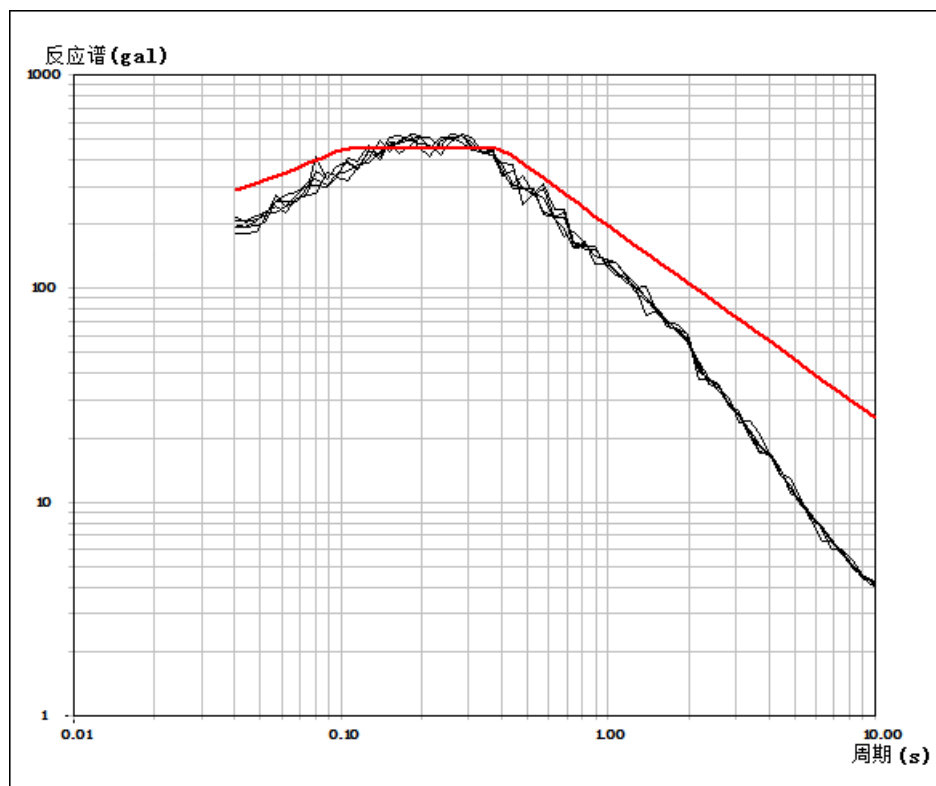


(f)100 年超越概率 2%

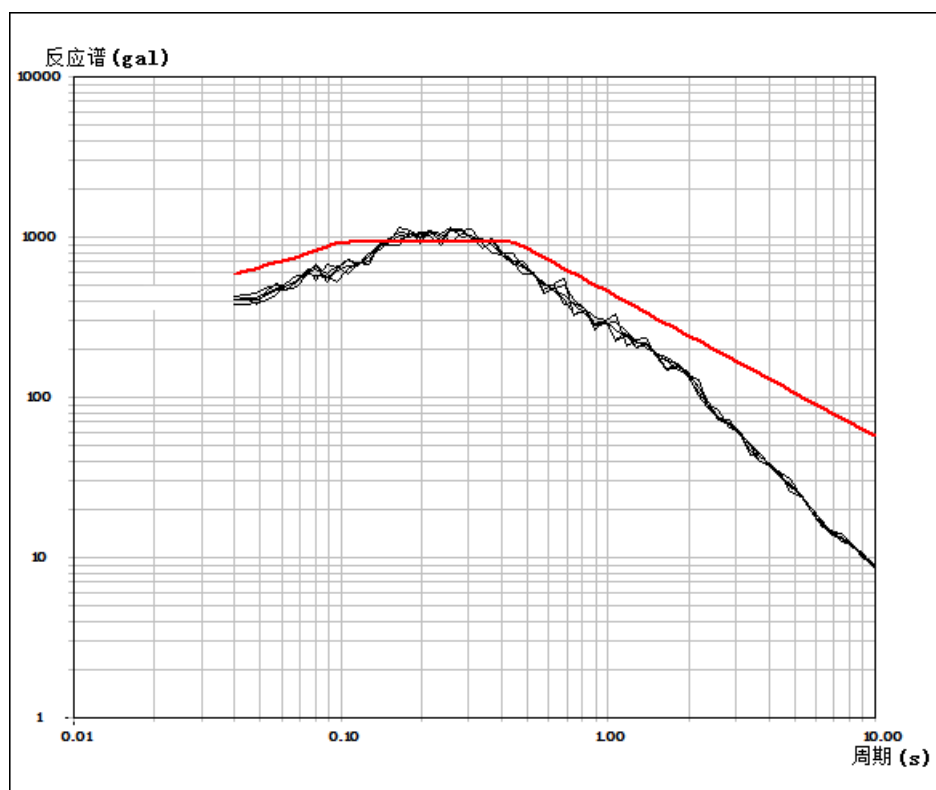
图 7.2-7 7 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



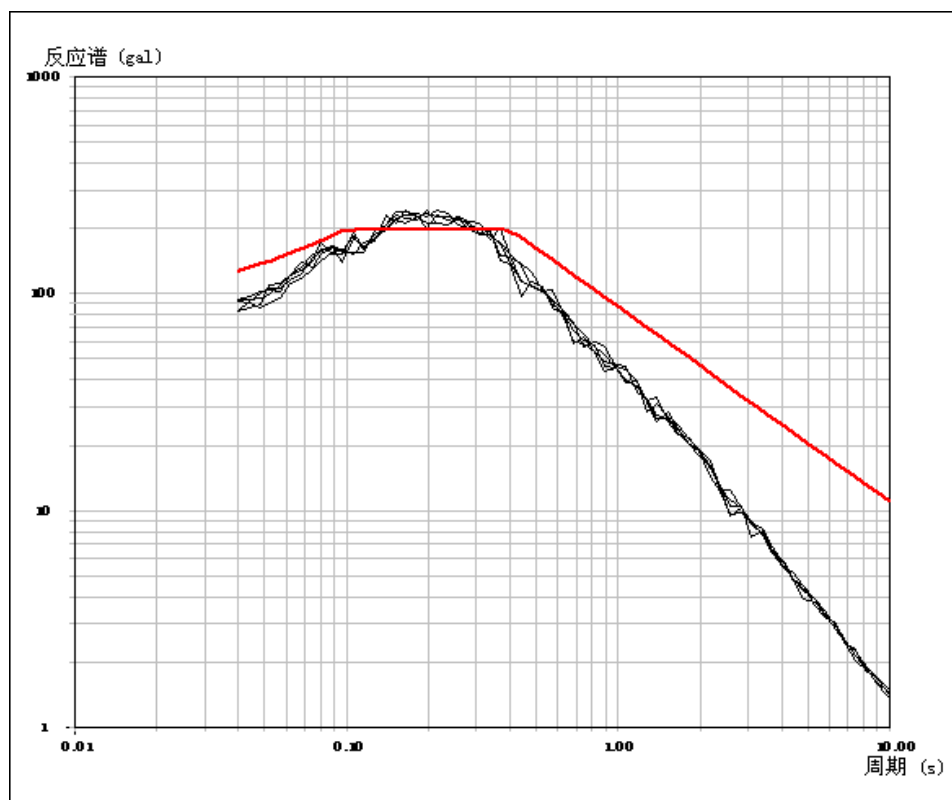
(a) 50 年超越概率 63%



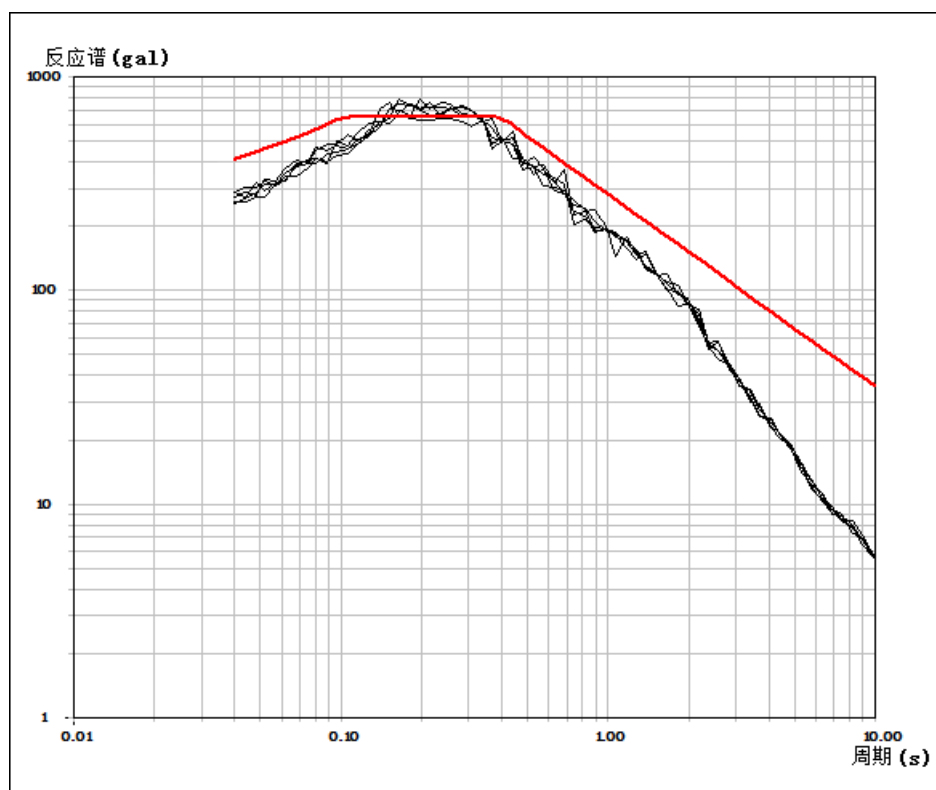
(b) 50 年超越概率 10%



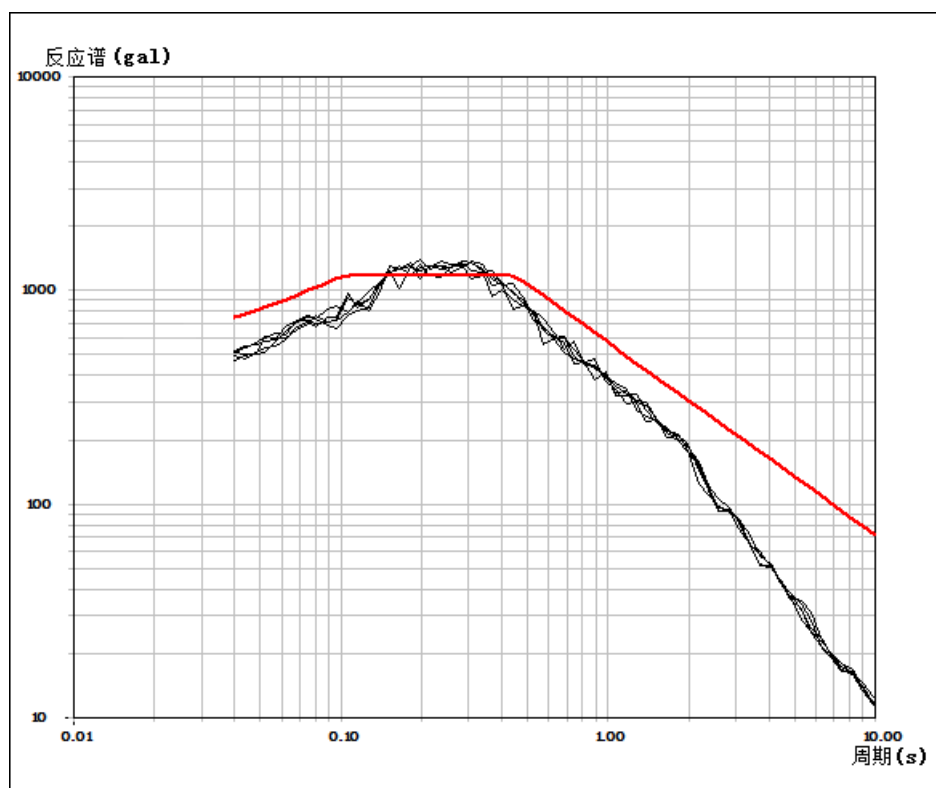
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

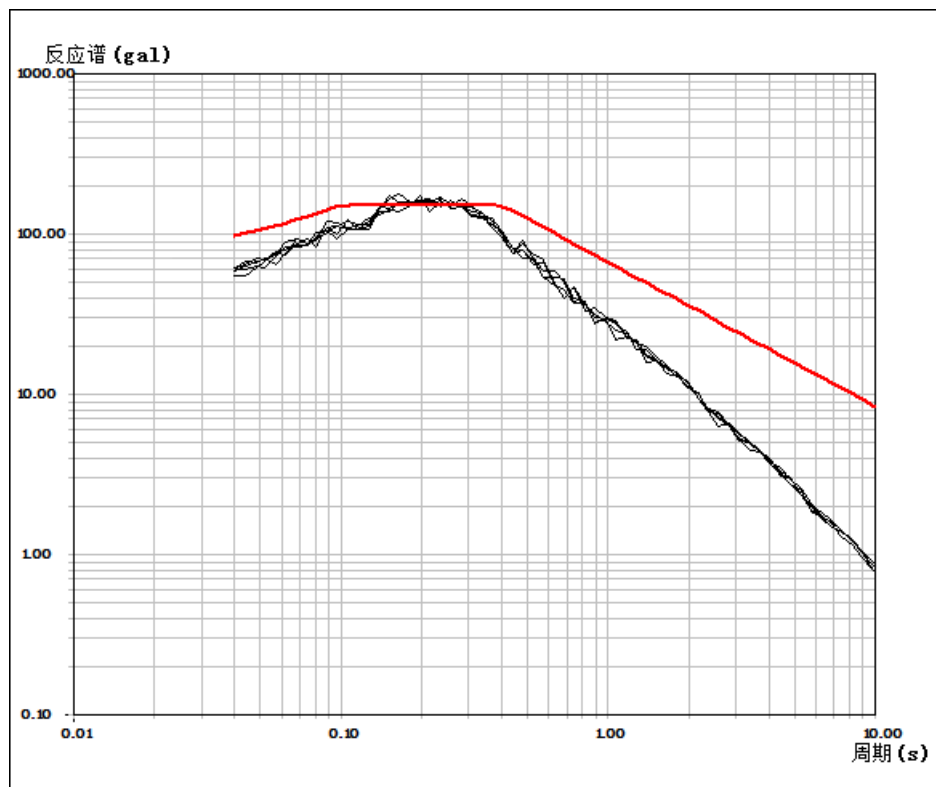


(e)100 年超越概率 10%

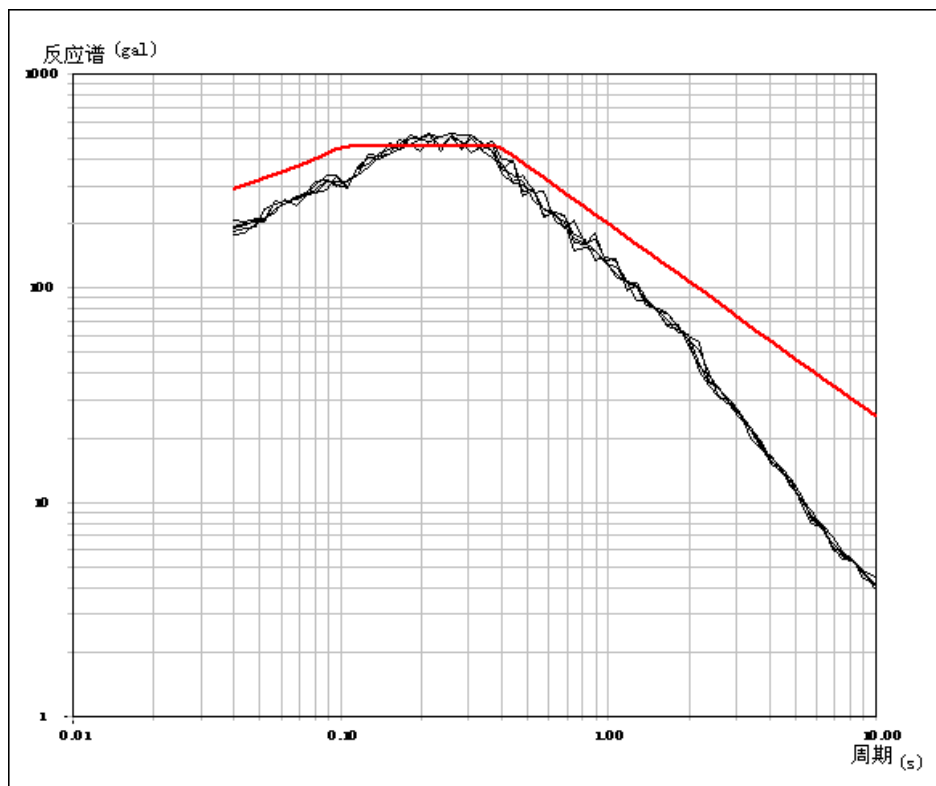


(f)100 年超越概率 2%

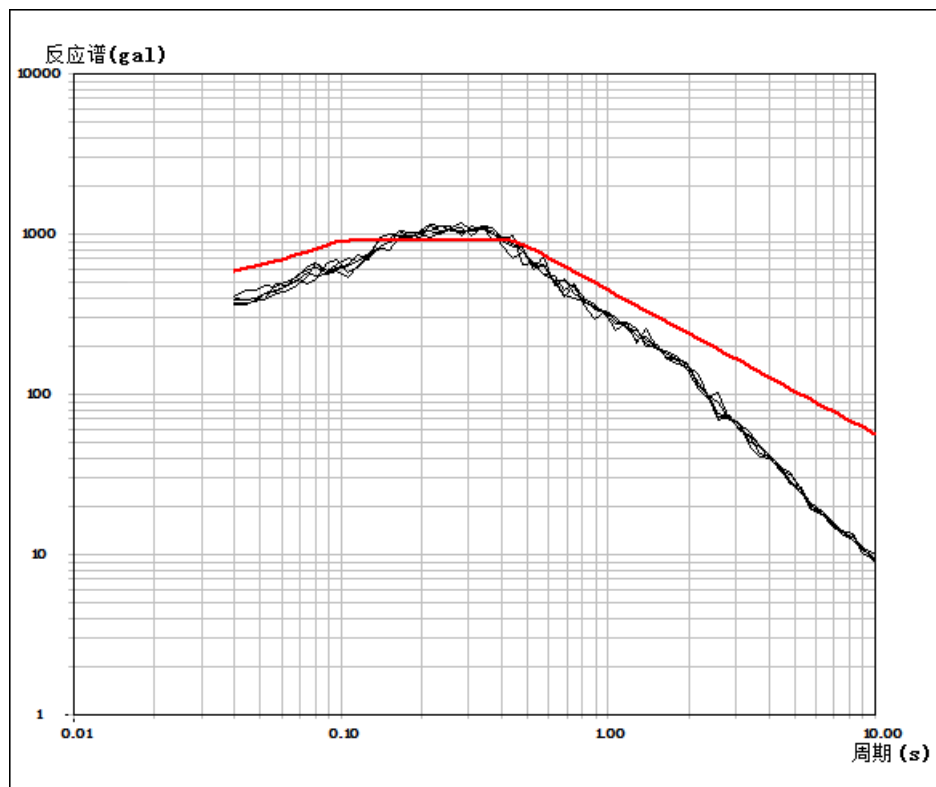
图 7.2-8 8 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



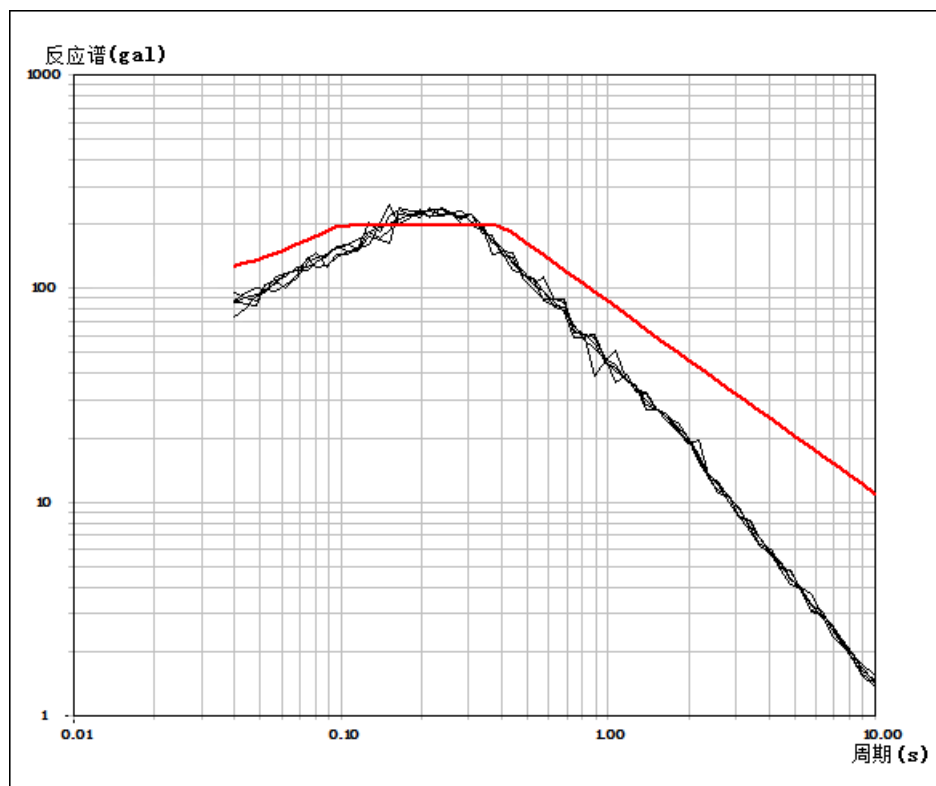
(a)50 年超越概率 63%



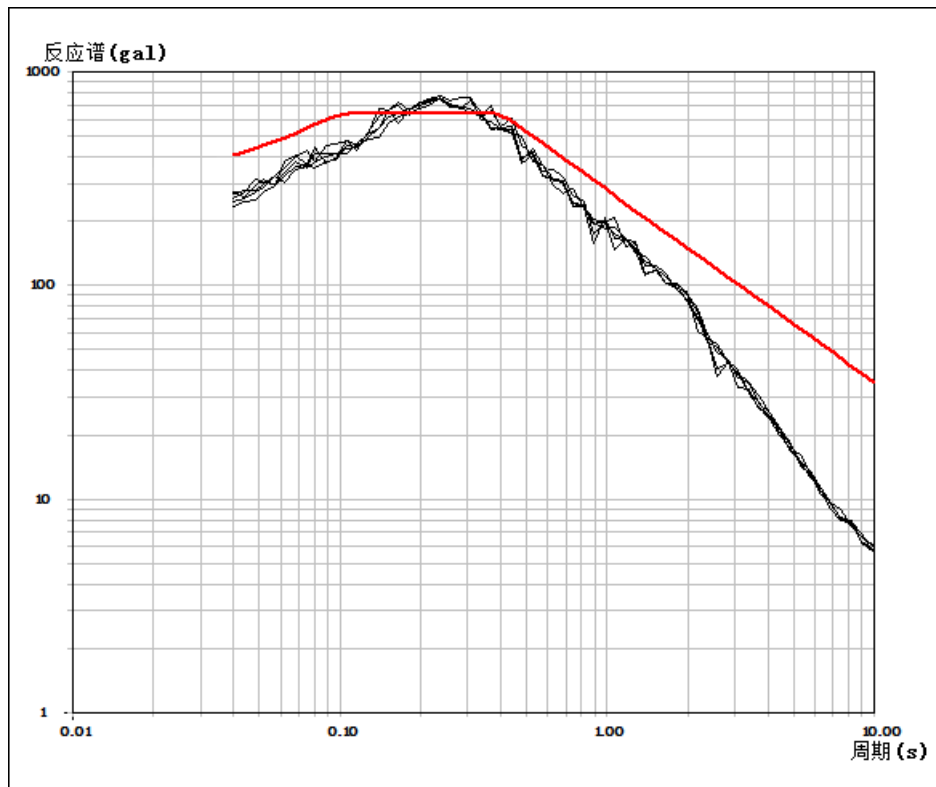
(b)50 年超越概率 10%



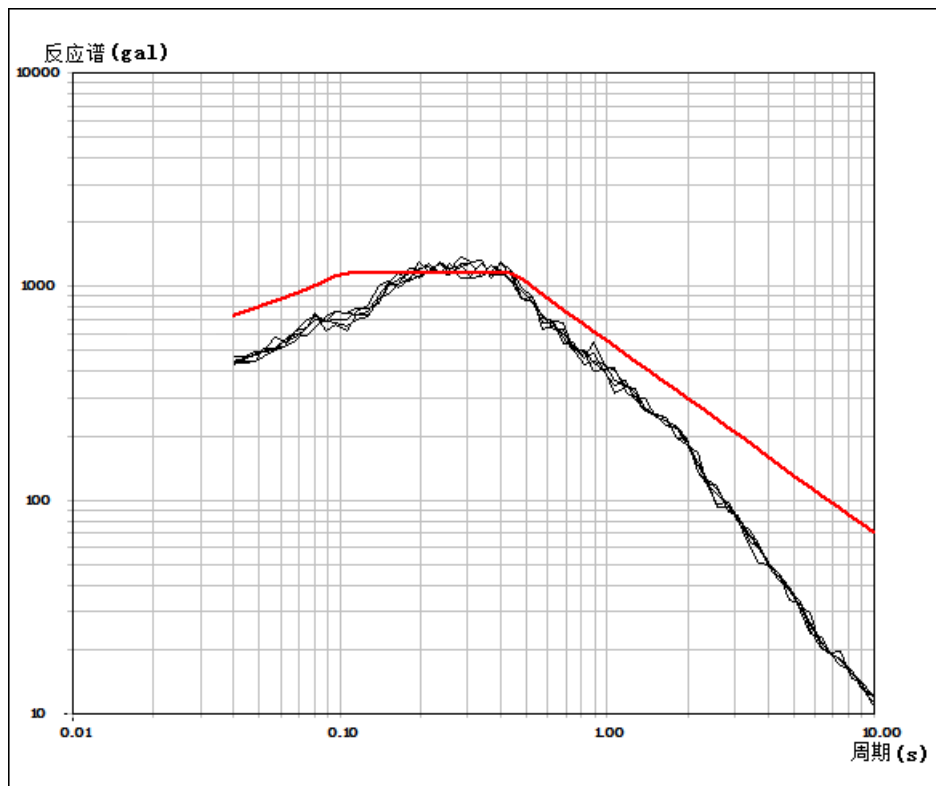
(c)50 年超越概率 2%



(d)100 年超越概率 63%

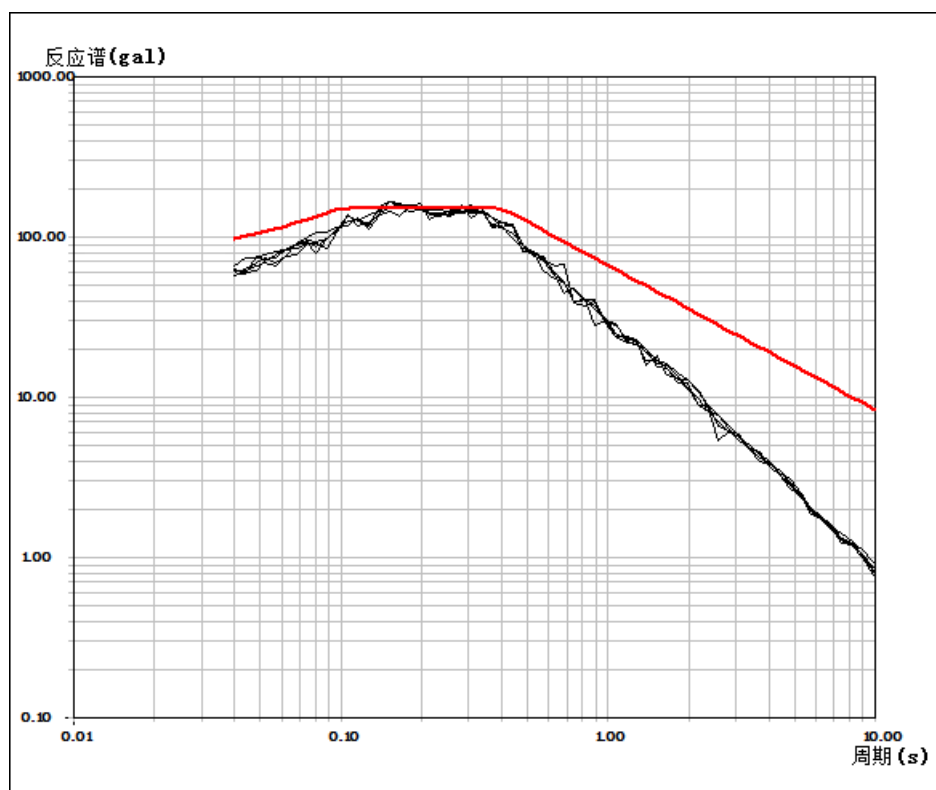


(e)100 年超越概率 10%

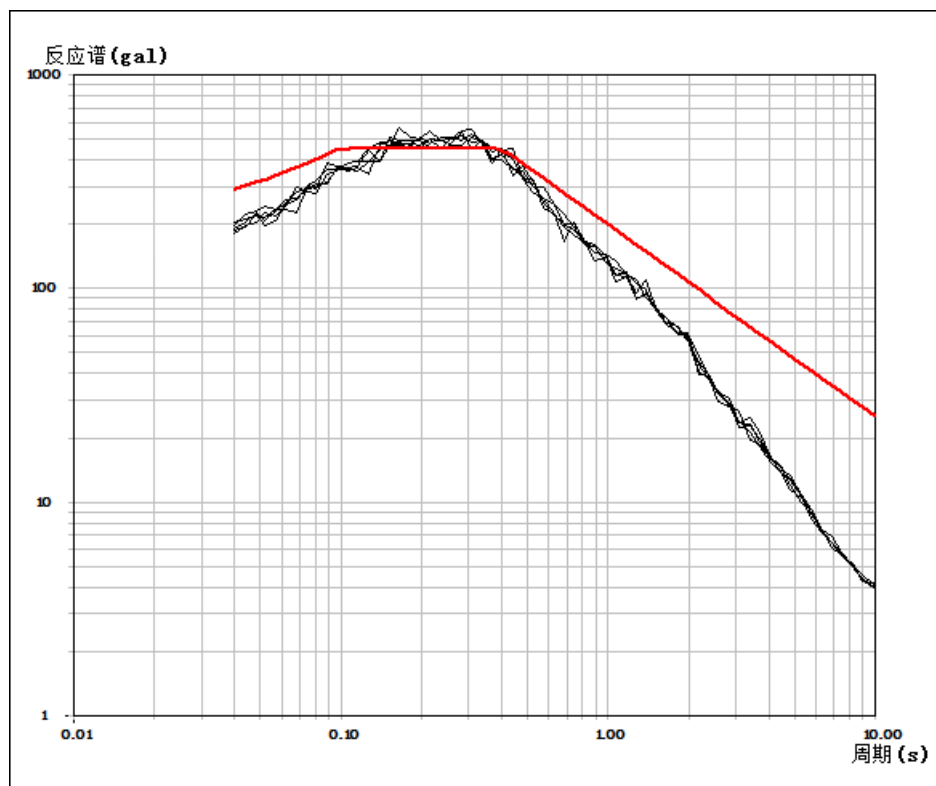


(f)100 年超越概率 2%

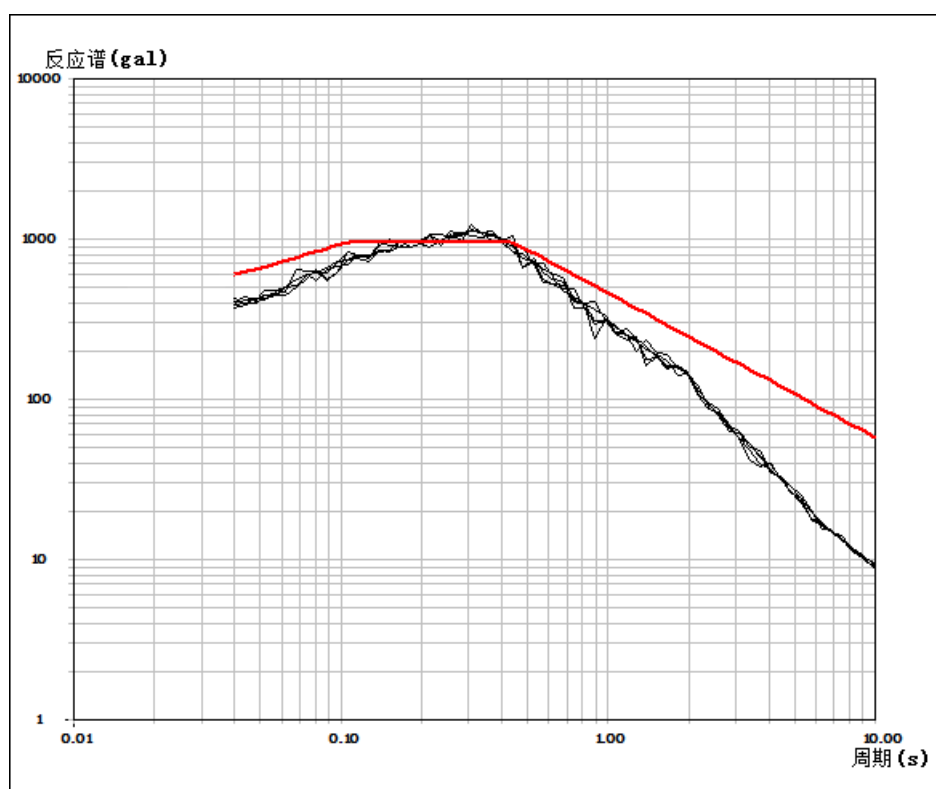
图 7.2-9 9 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



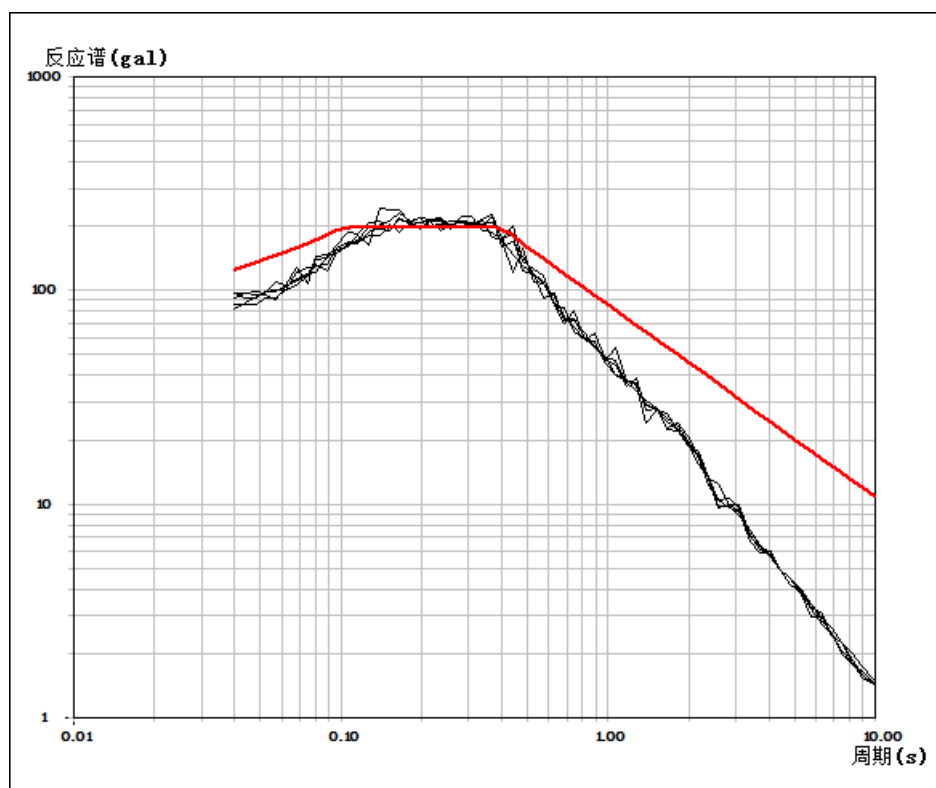
(a)50 年超越概率 63%



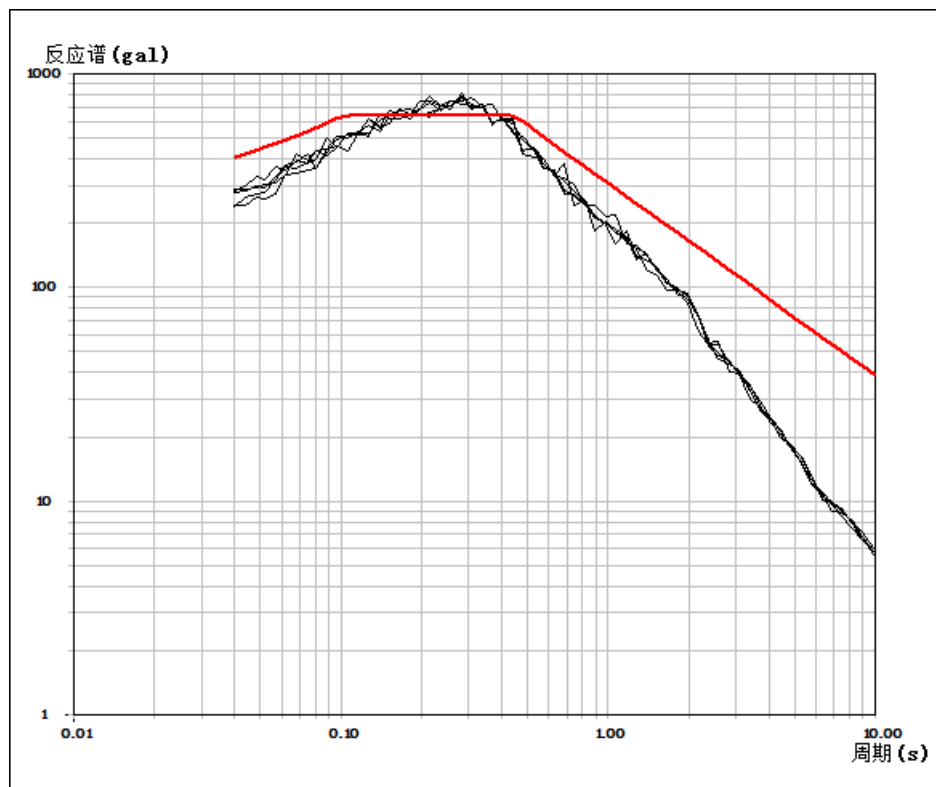
(b)50 年超越概率 10%



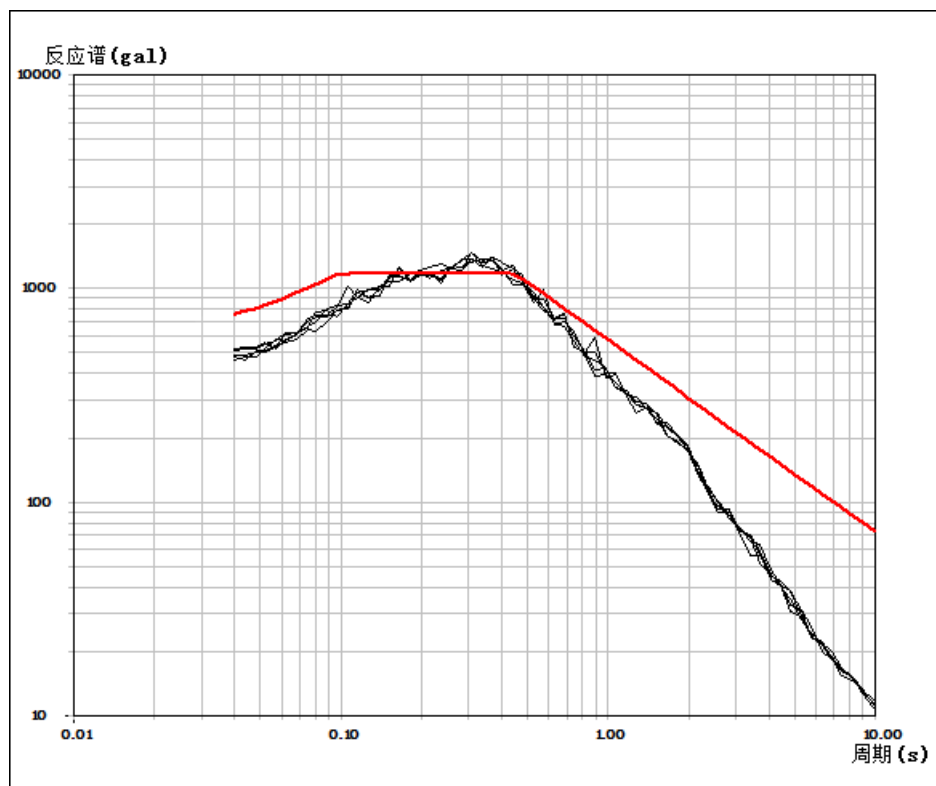
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

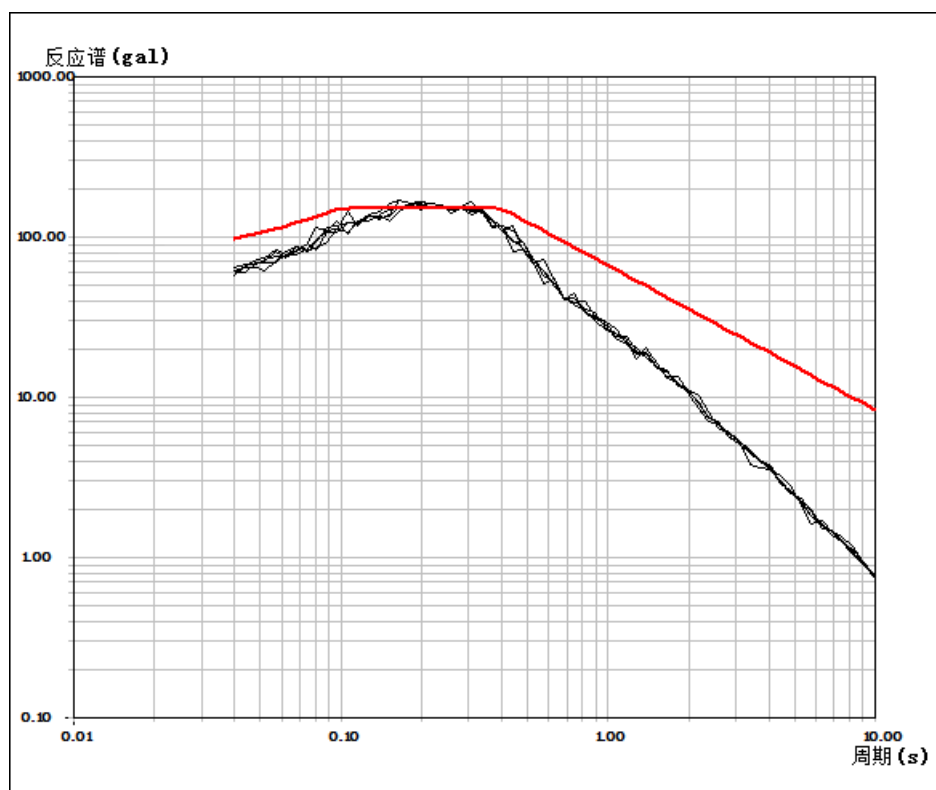


(e)100 年超越概率 10%

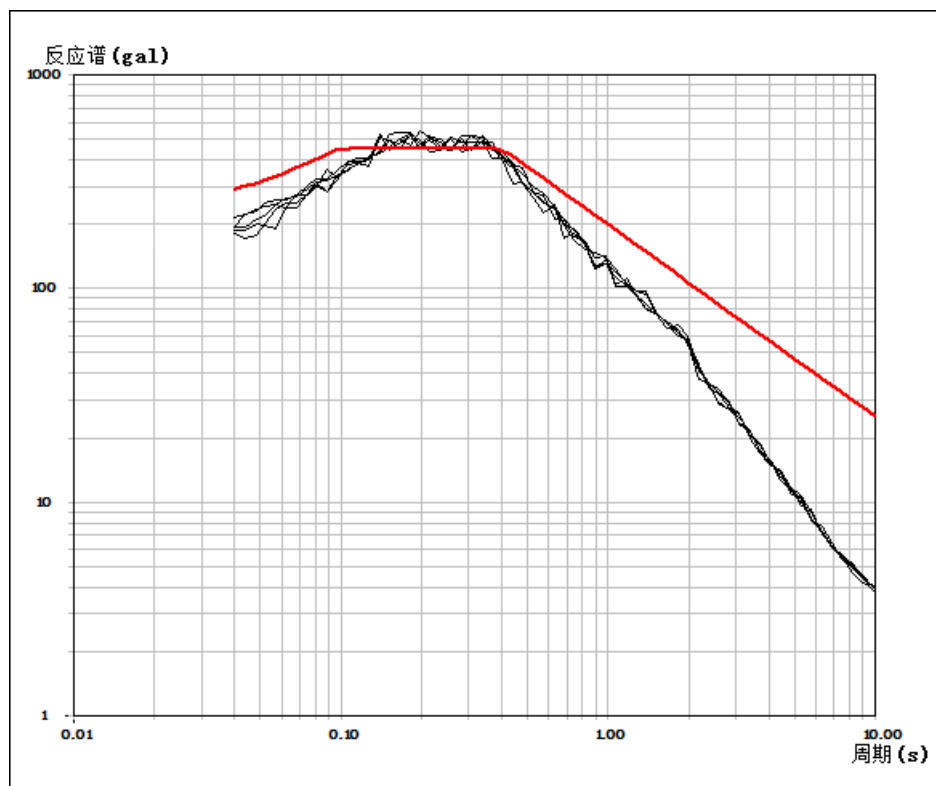


(f)100 年超越概率 2%

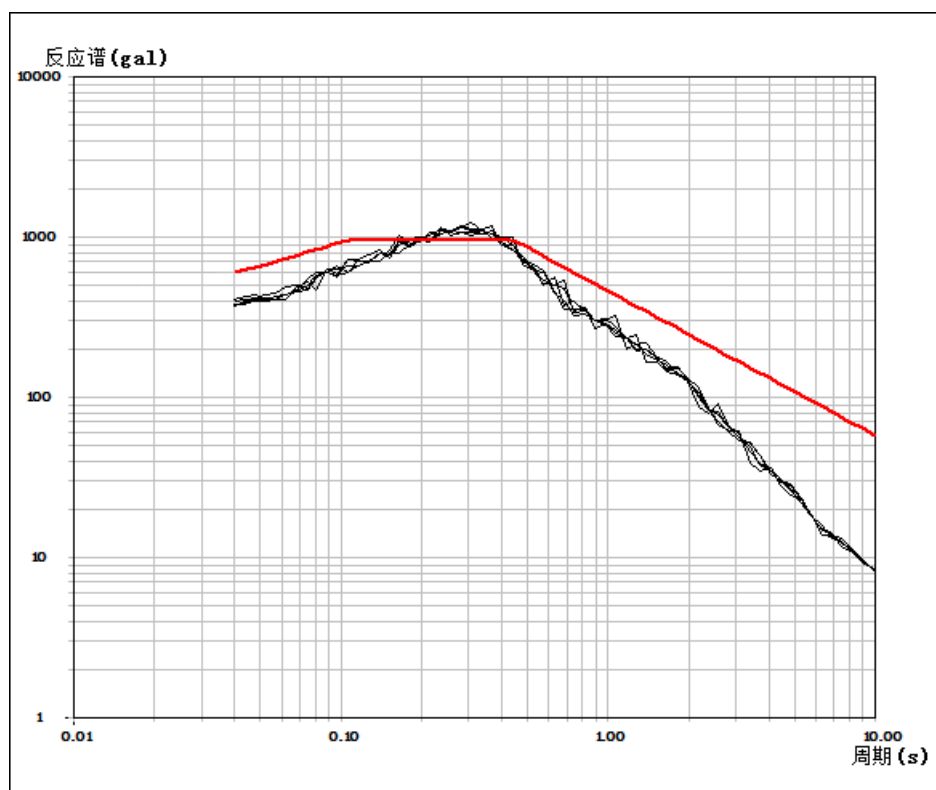
图 7.2-10 10 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



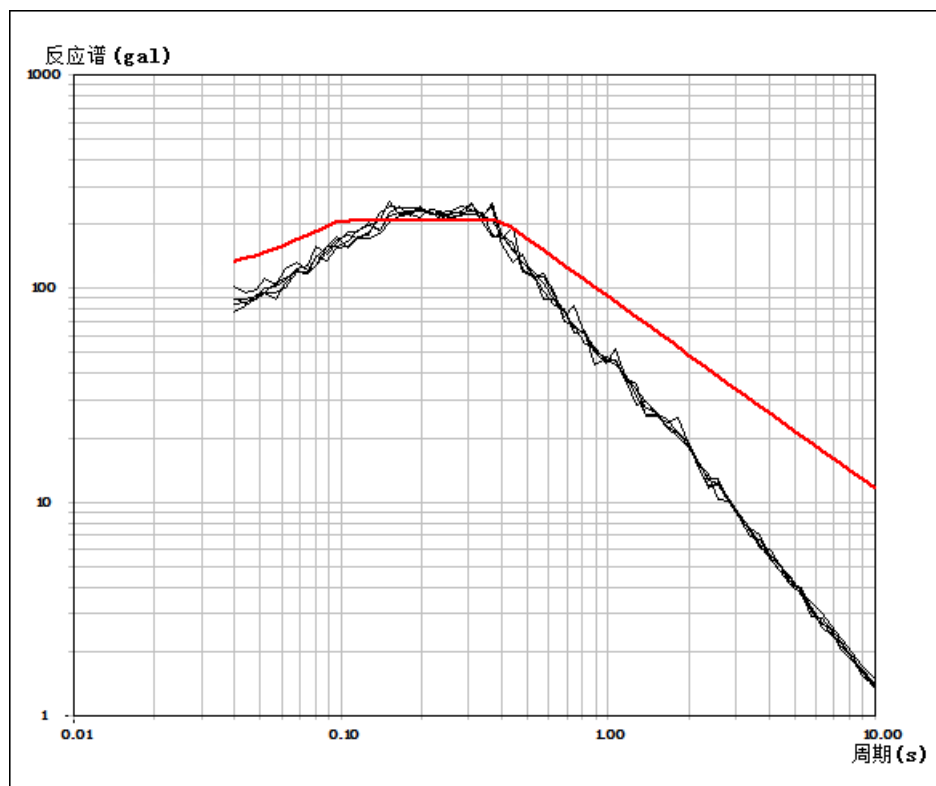
(a)50 年超越概率 63%



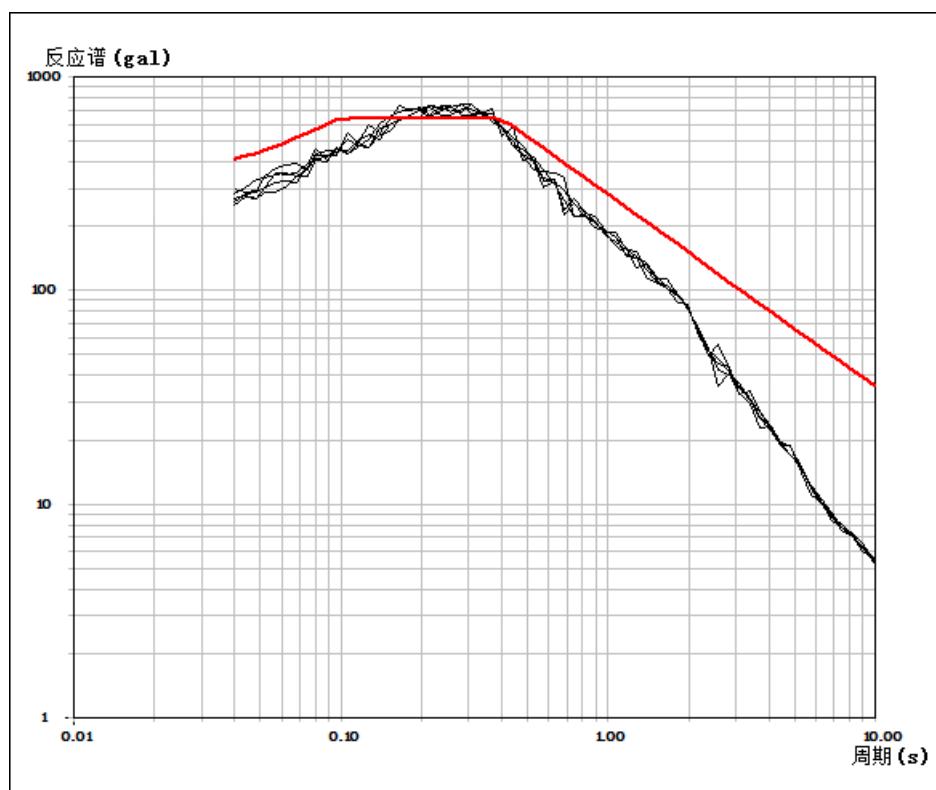
(b)50 年超越概率 10%



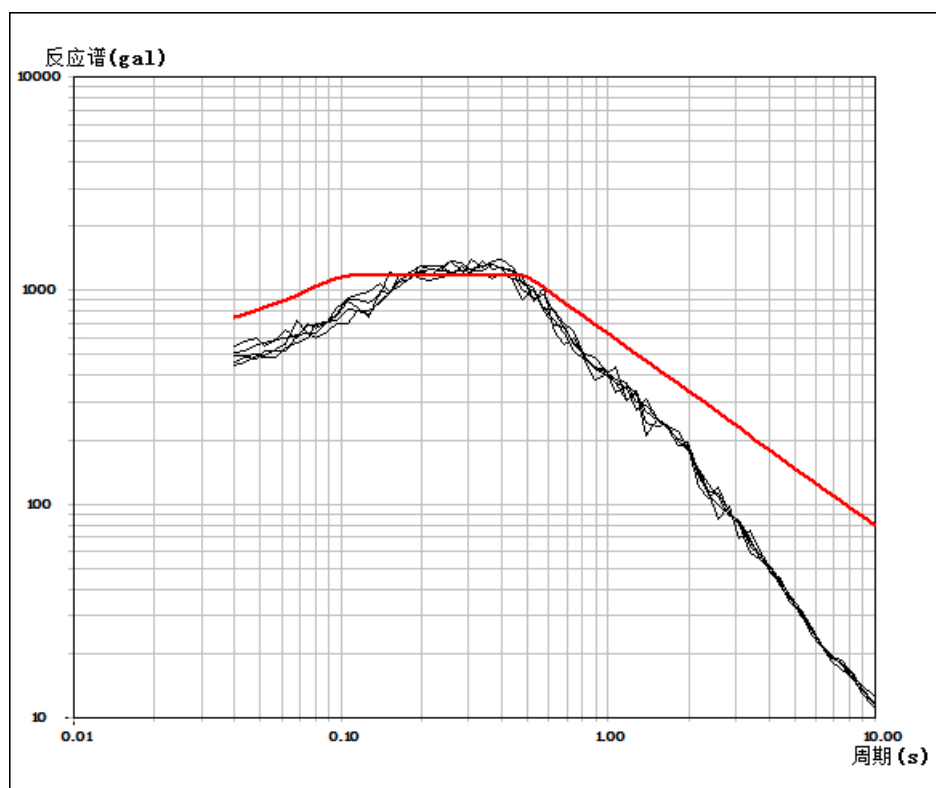
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

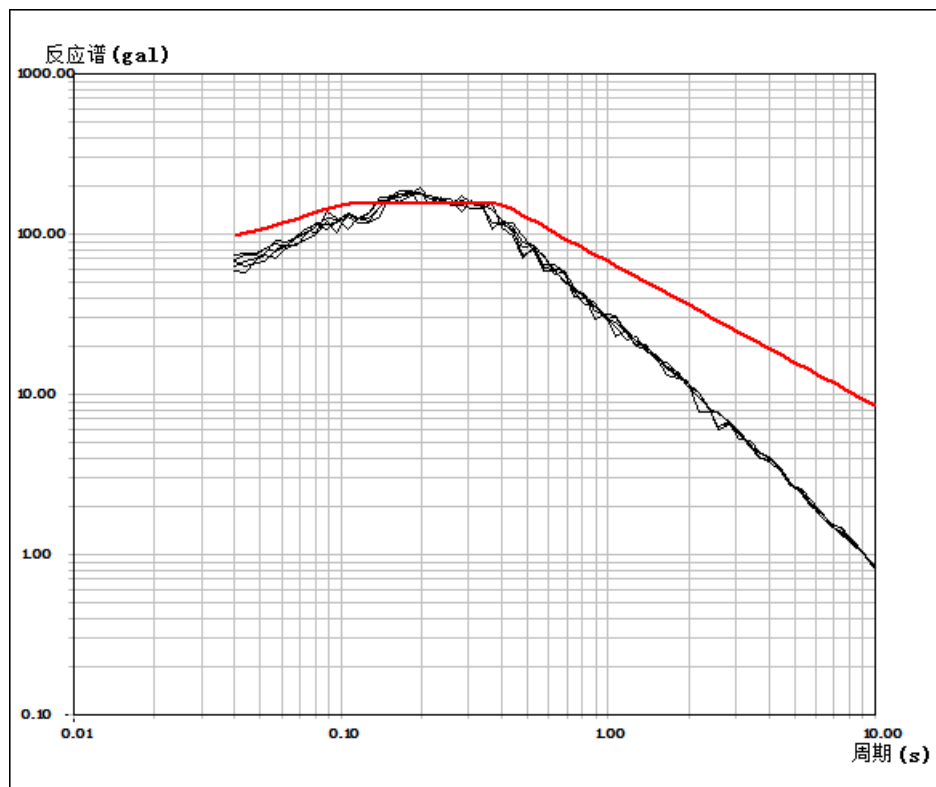


(e)100 年超越概率 10%

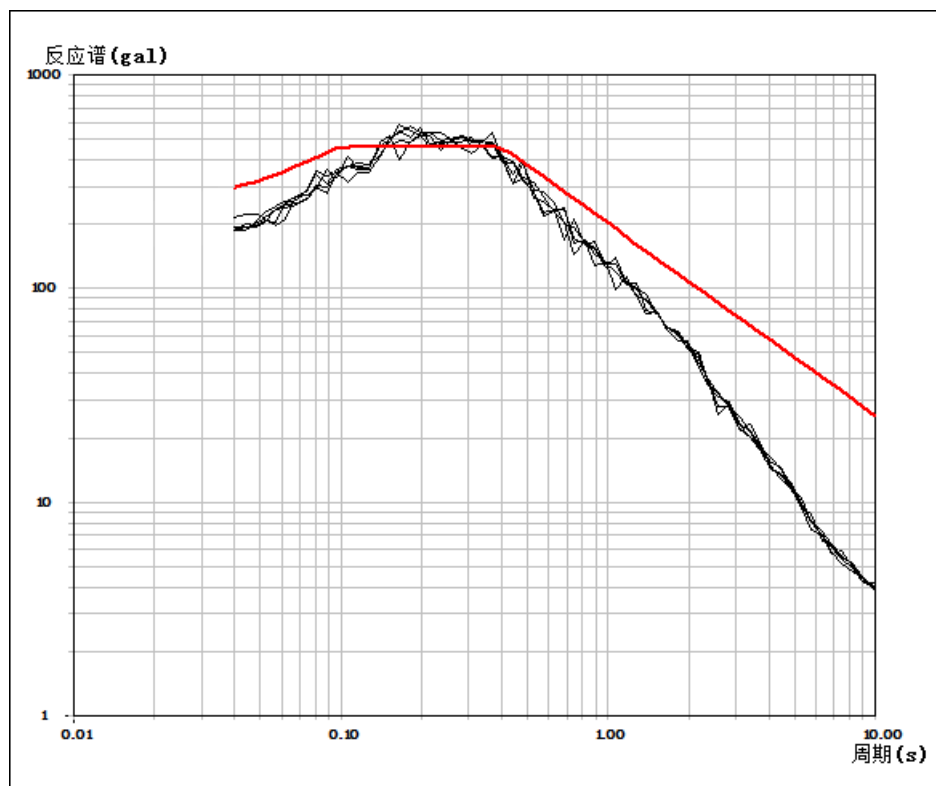


(f)100 年超越概率 2%

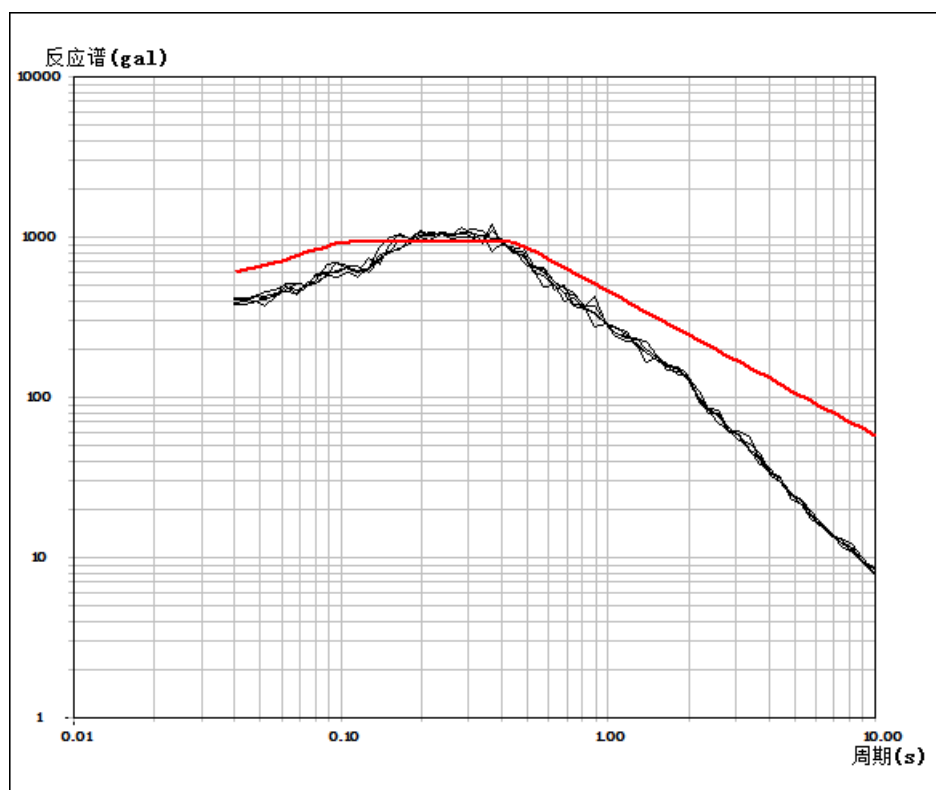
图 7.2-11 11 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



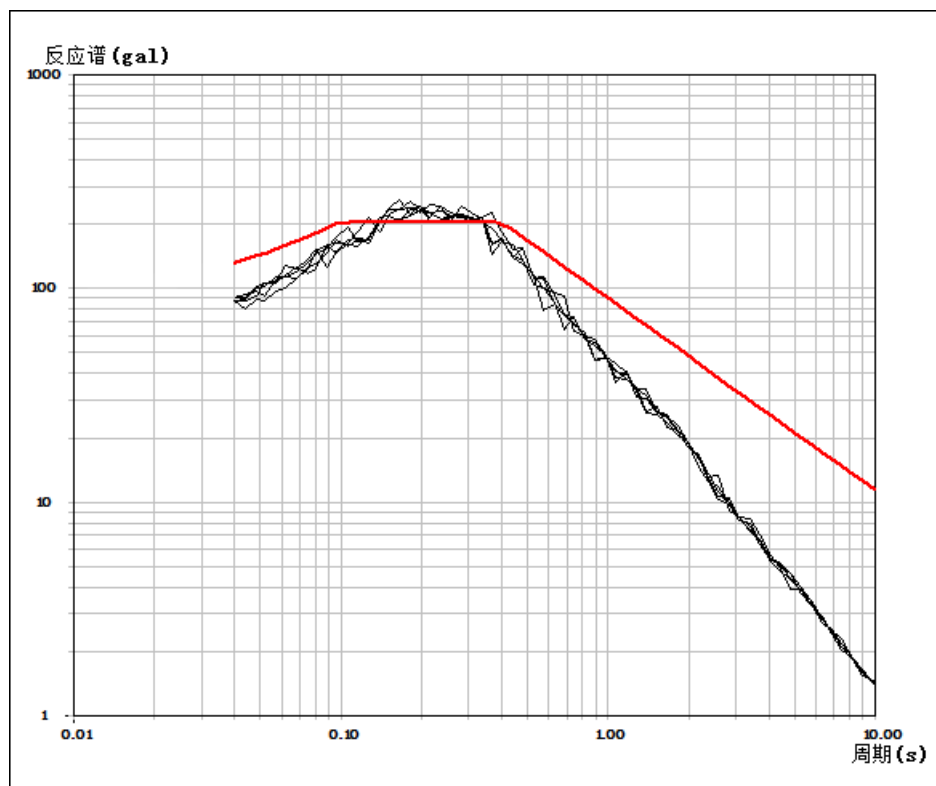
(a)50 年超越概率 63%



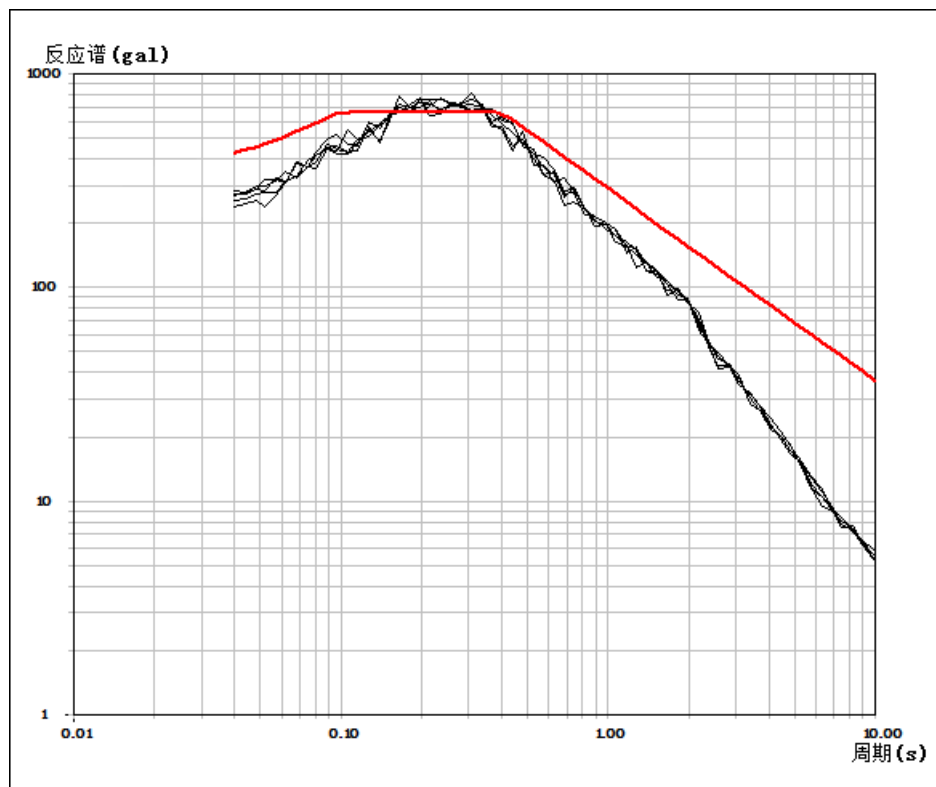
(b)50 年超越概率 10%



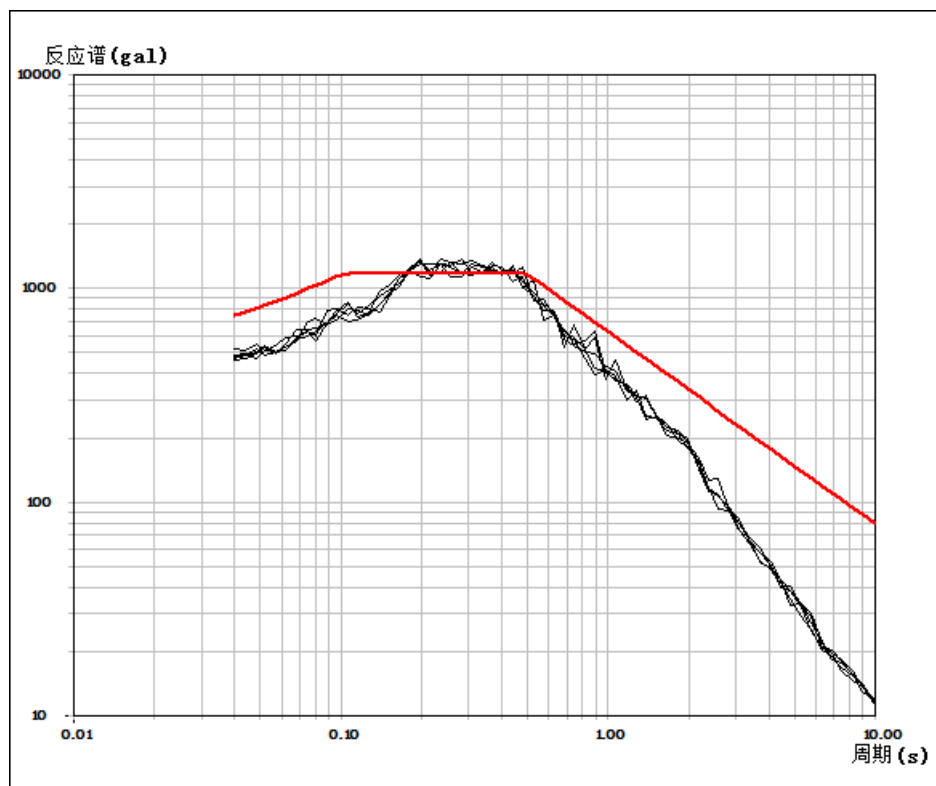
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

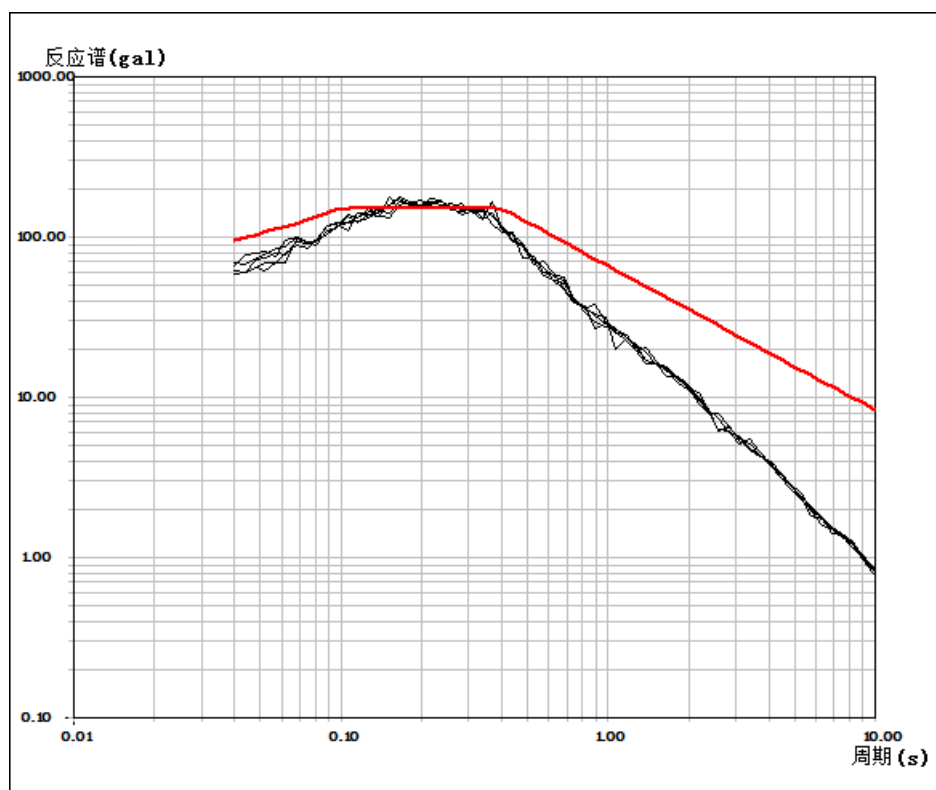


(e)100 年超越概率 10%

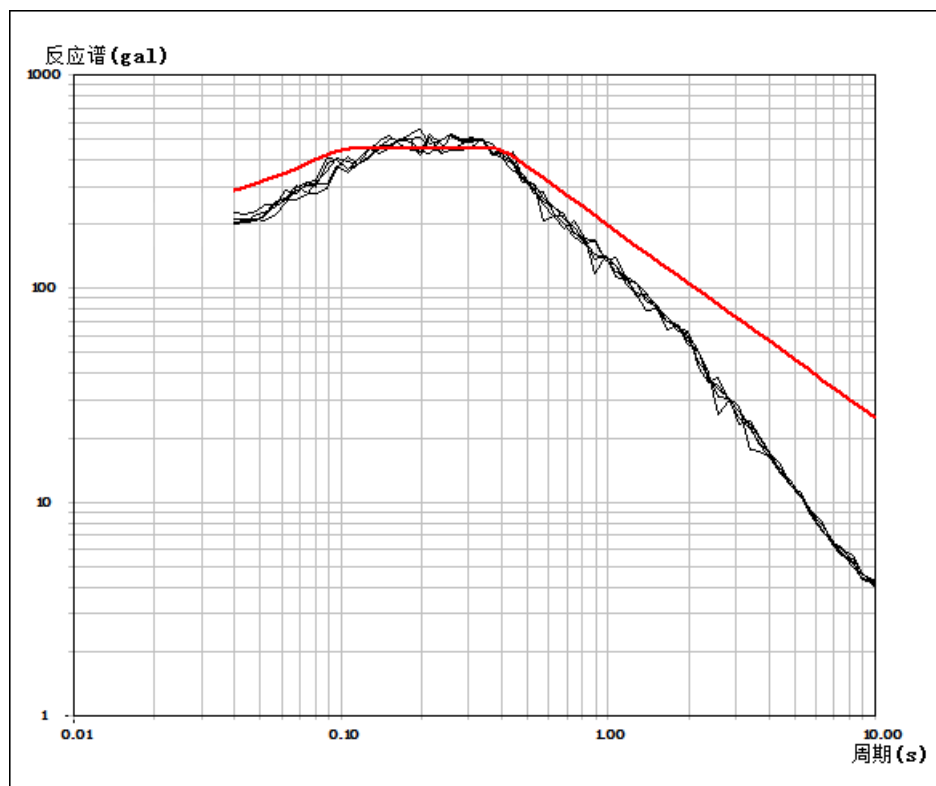


(f)100 年超越概率 2%

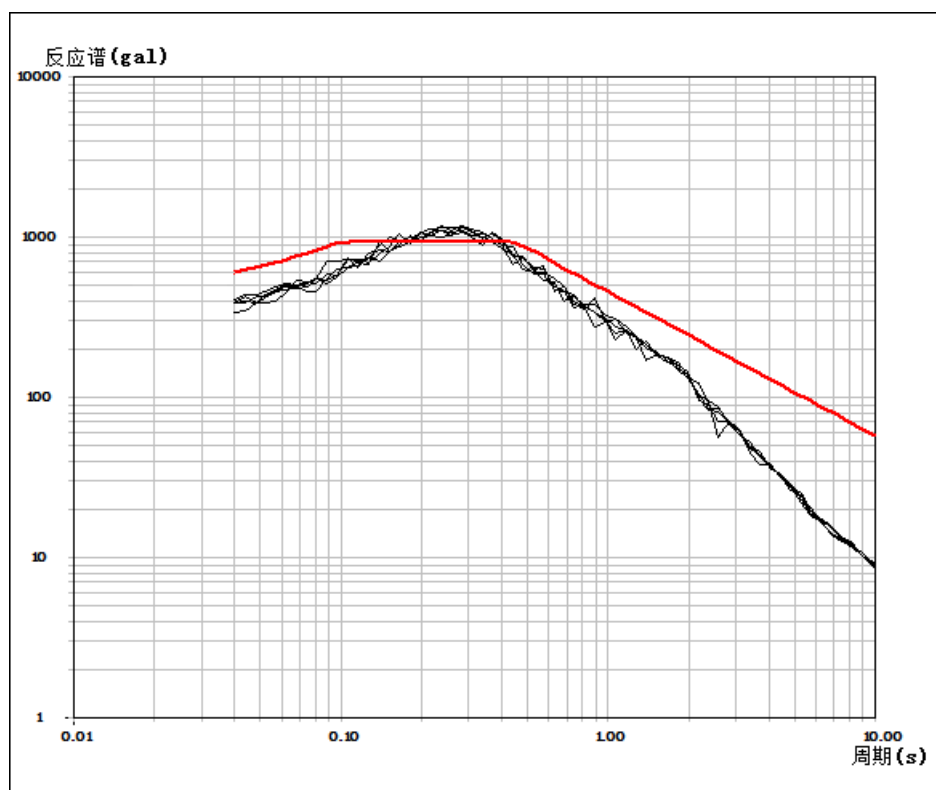
图 7.2-12 12 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



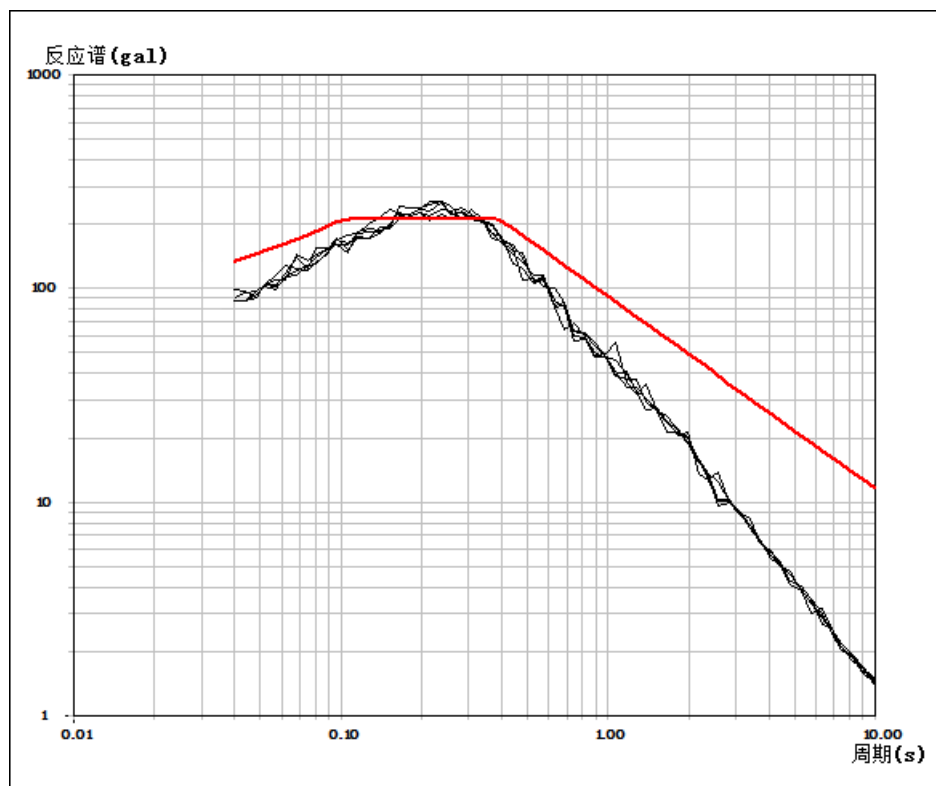
(a) 50 年超越概率 63%



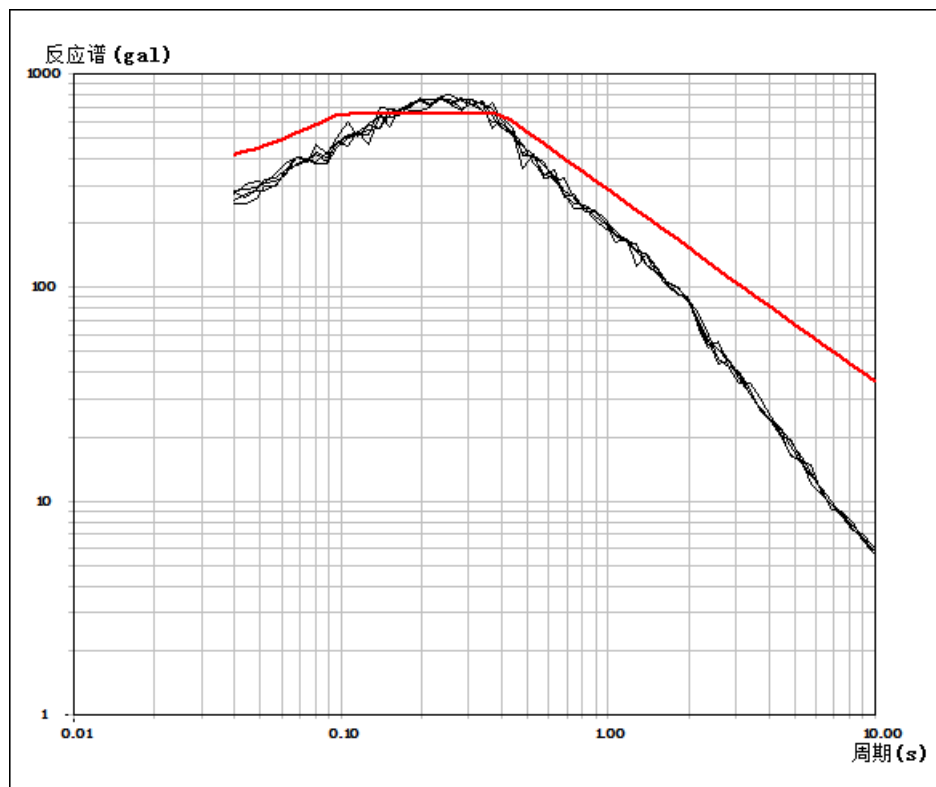
(b) 50 年超越概率 10%



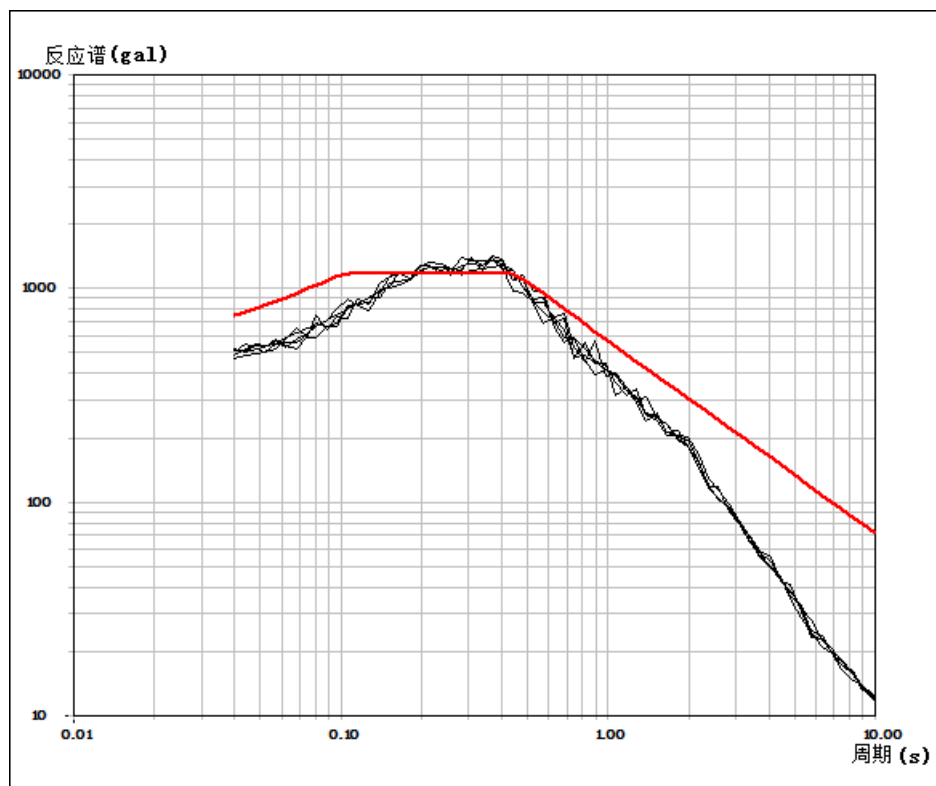
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

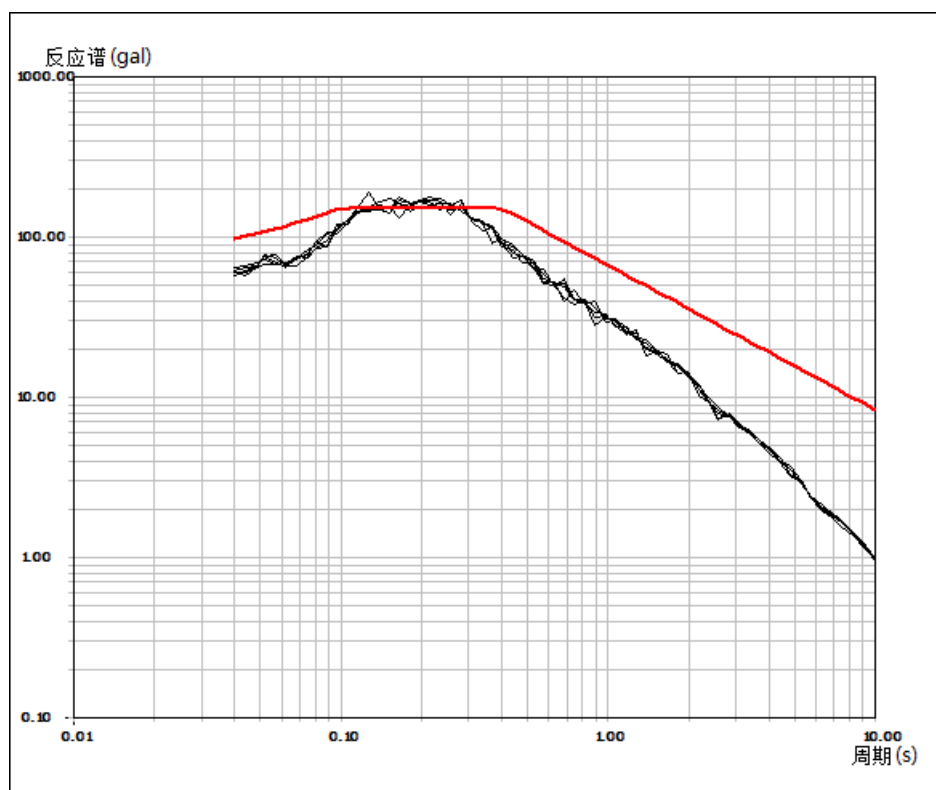


(e)100 年超越概率 10%

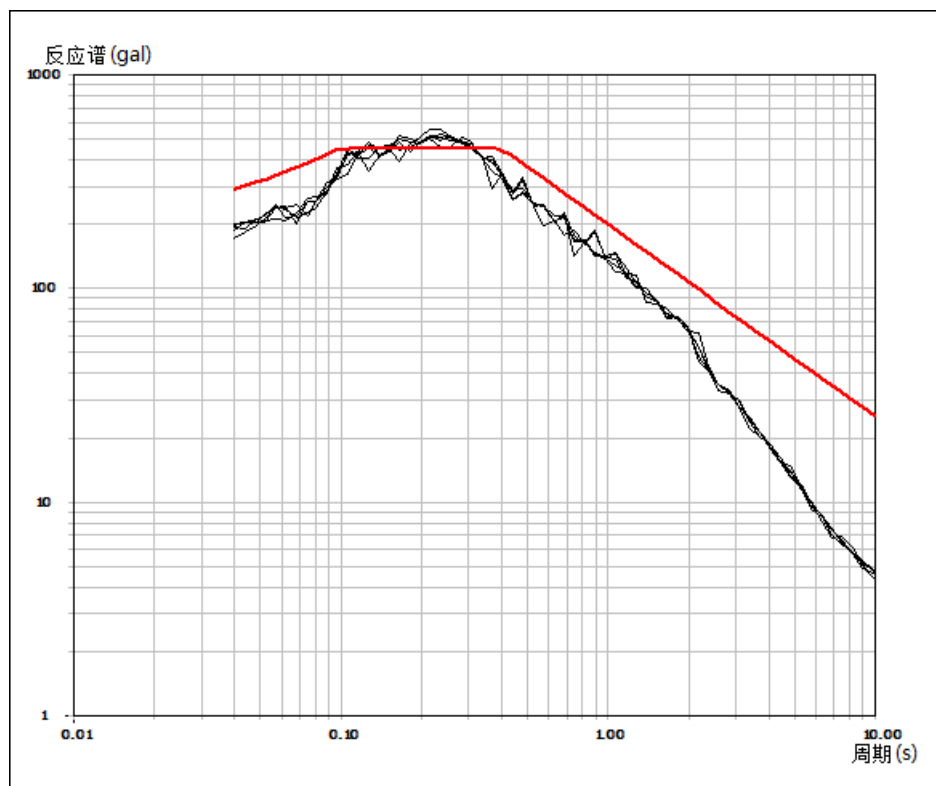


(f)100 年超越概率 2%

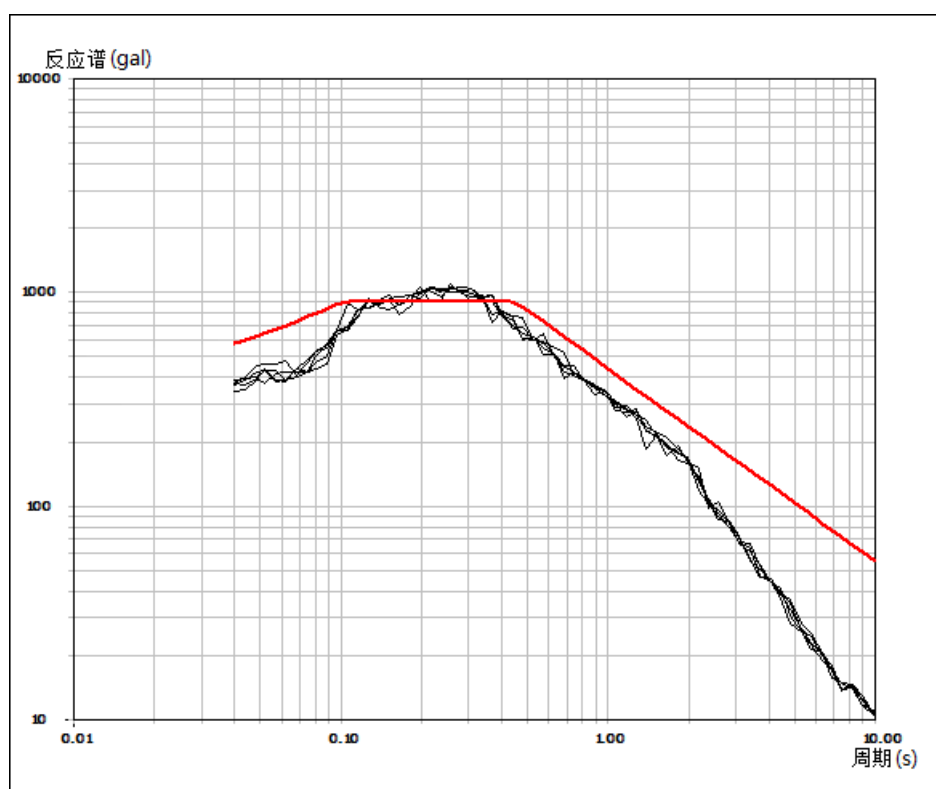
图 7.2-13 13 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



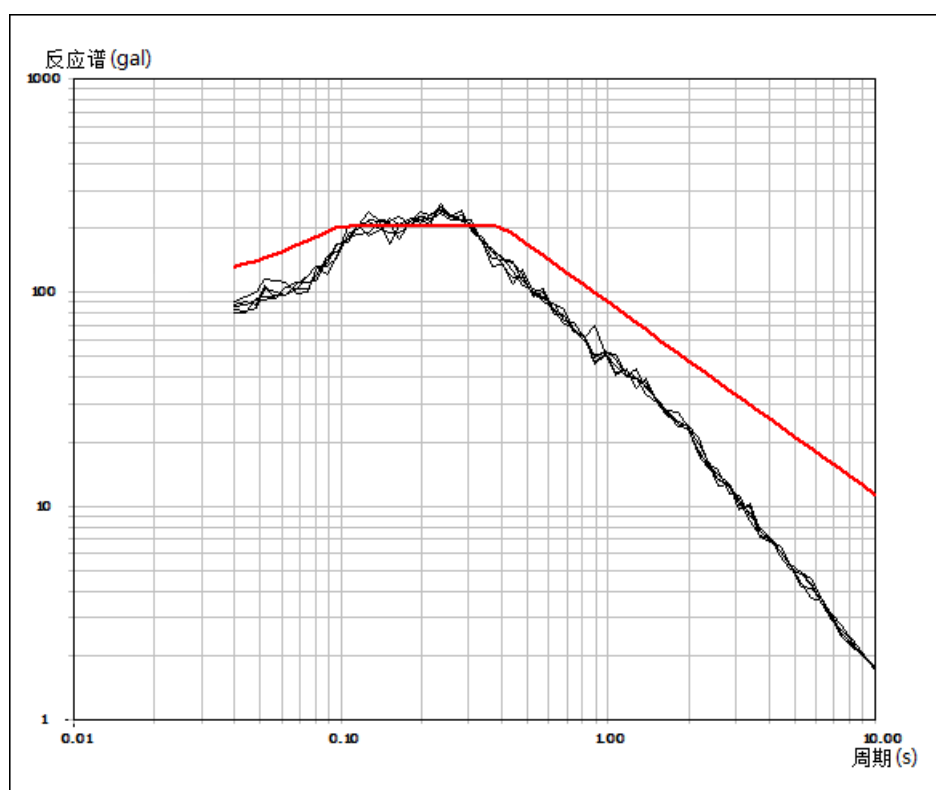
(a) 50 年超越概率 63%



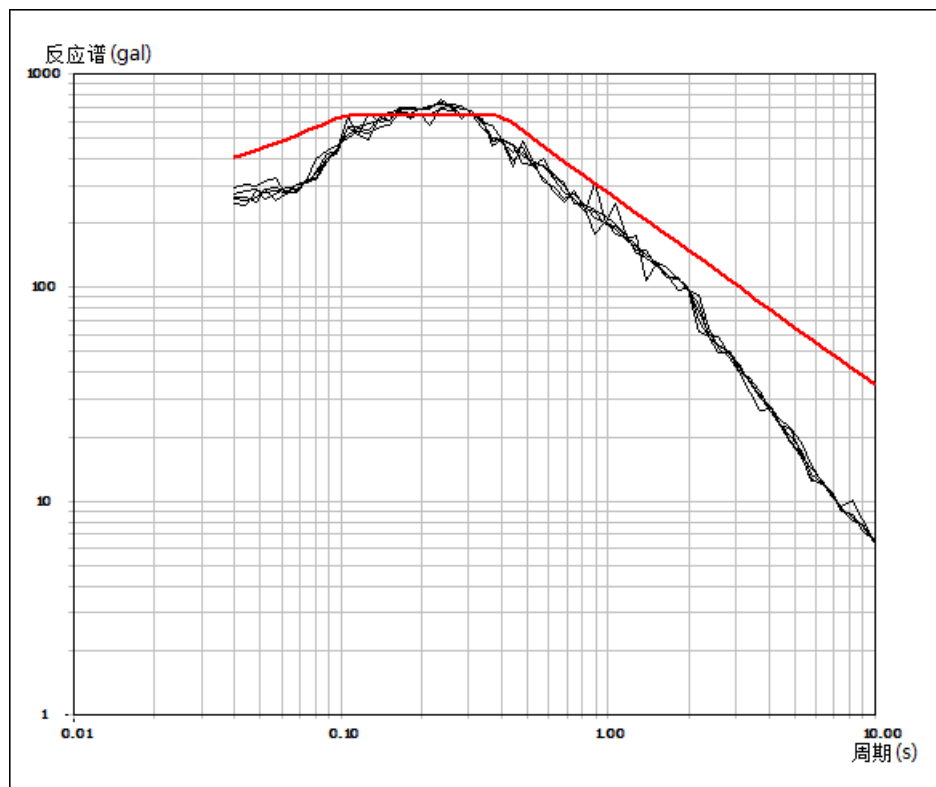
(b) 50 年超越概率 10%



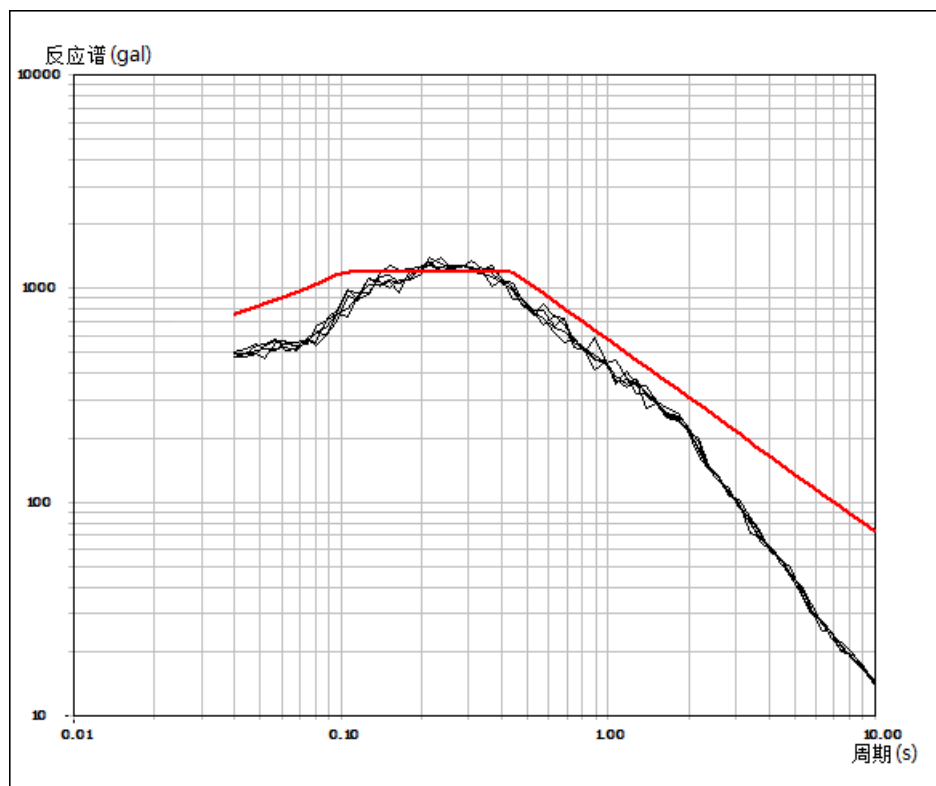
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

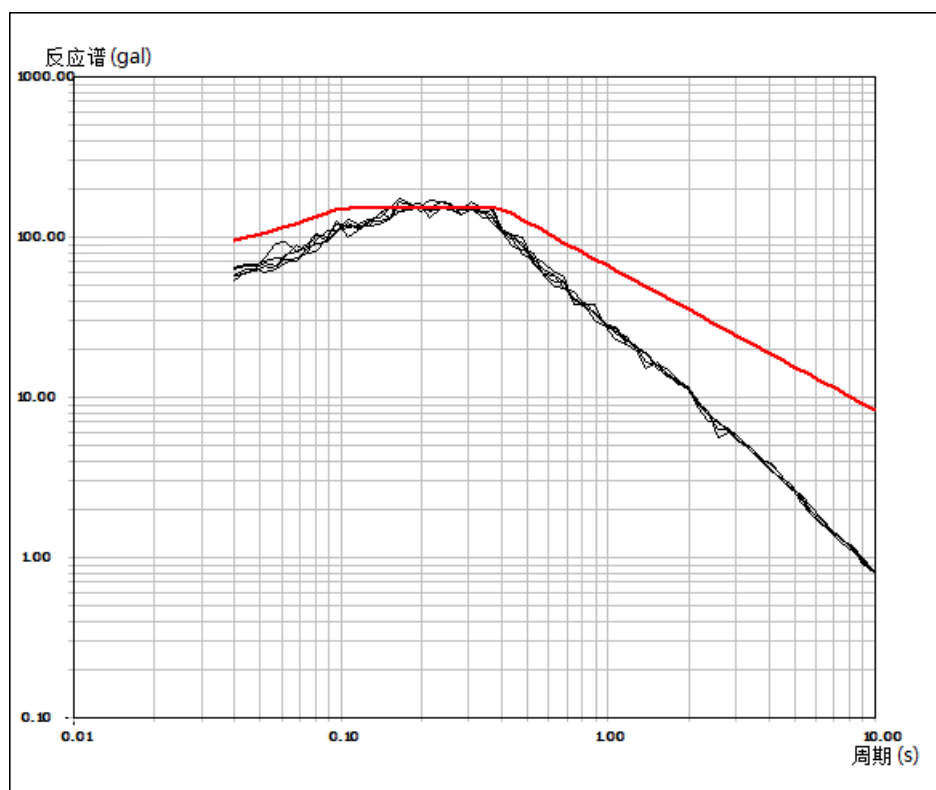


(e)100 年超越概率 10%

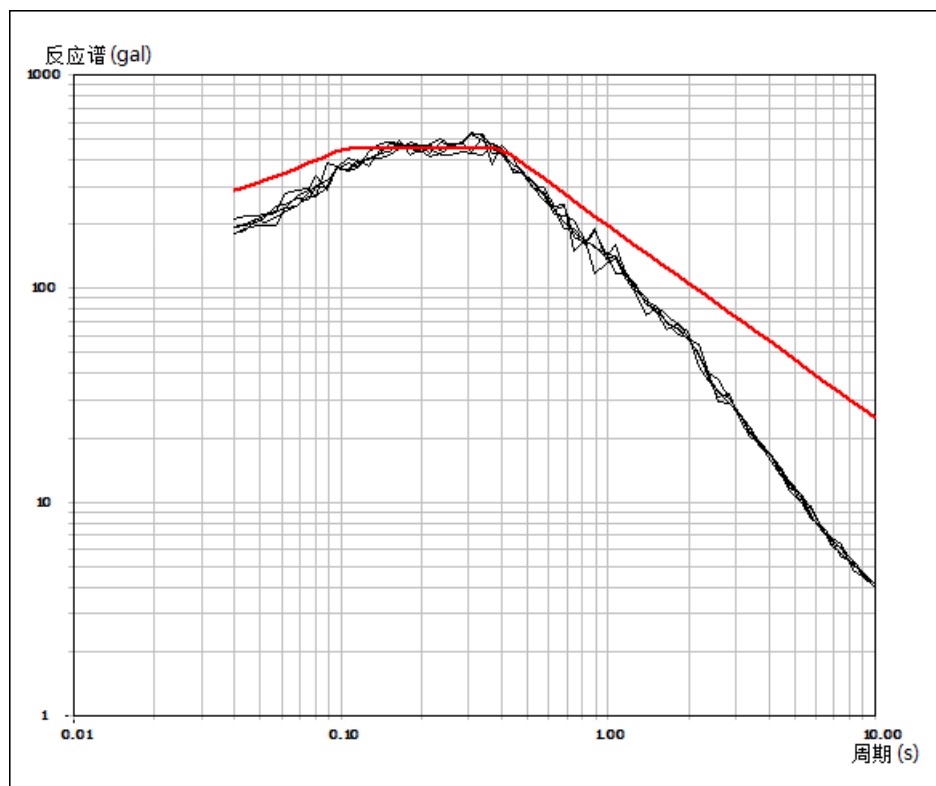


(f)100 年超越概率 2%

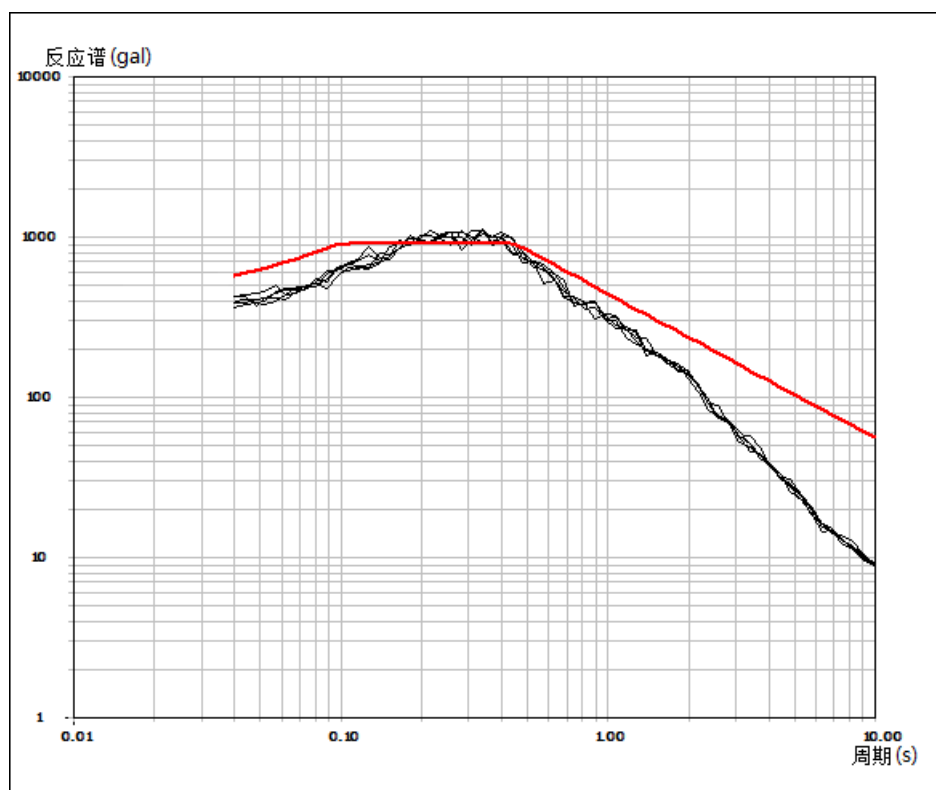
图 7.2-14 14 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



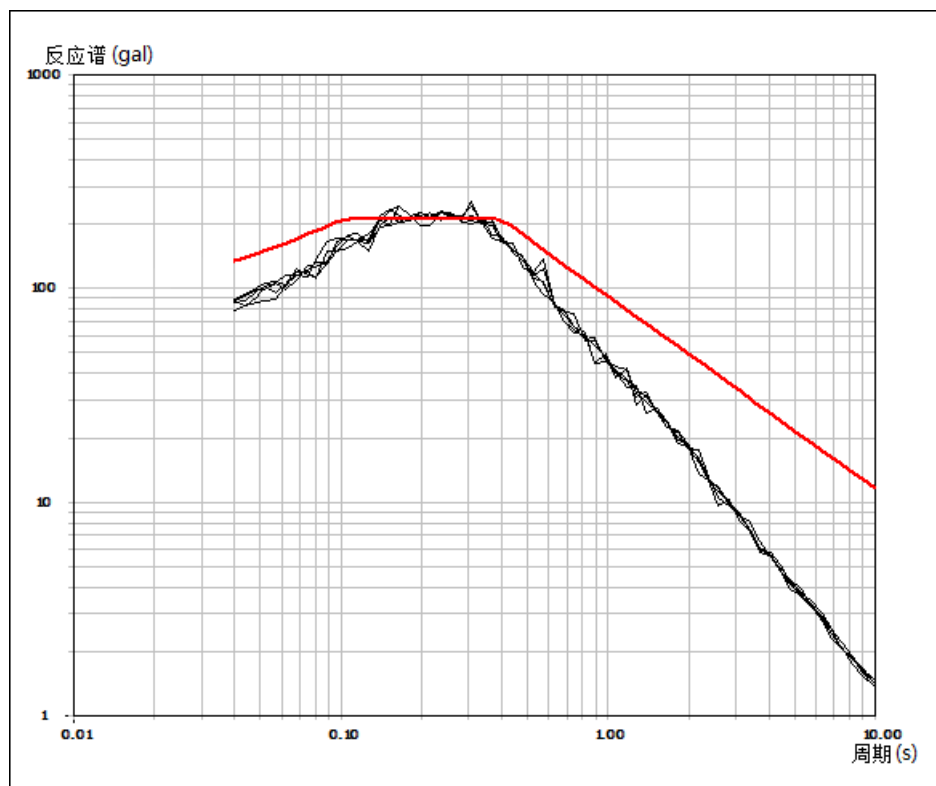
(a) 50 年超越概率 63%



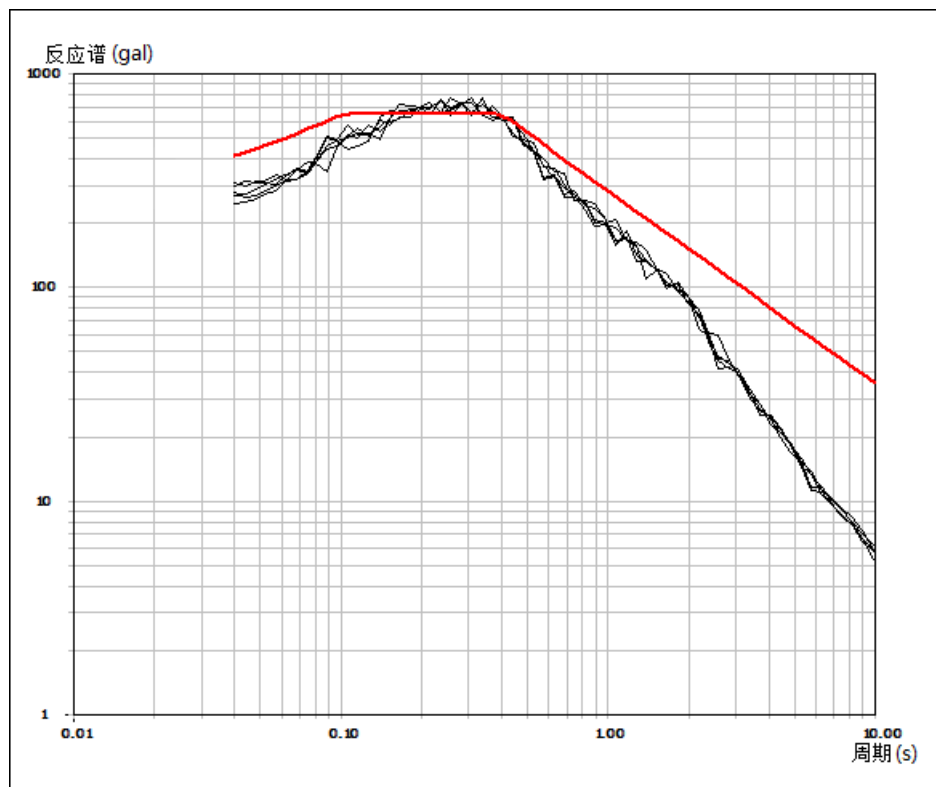
(b) 50 年超越概率 10%



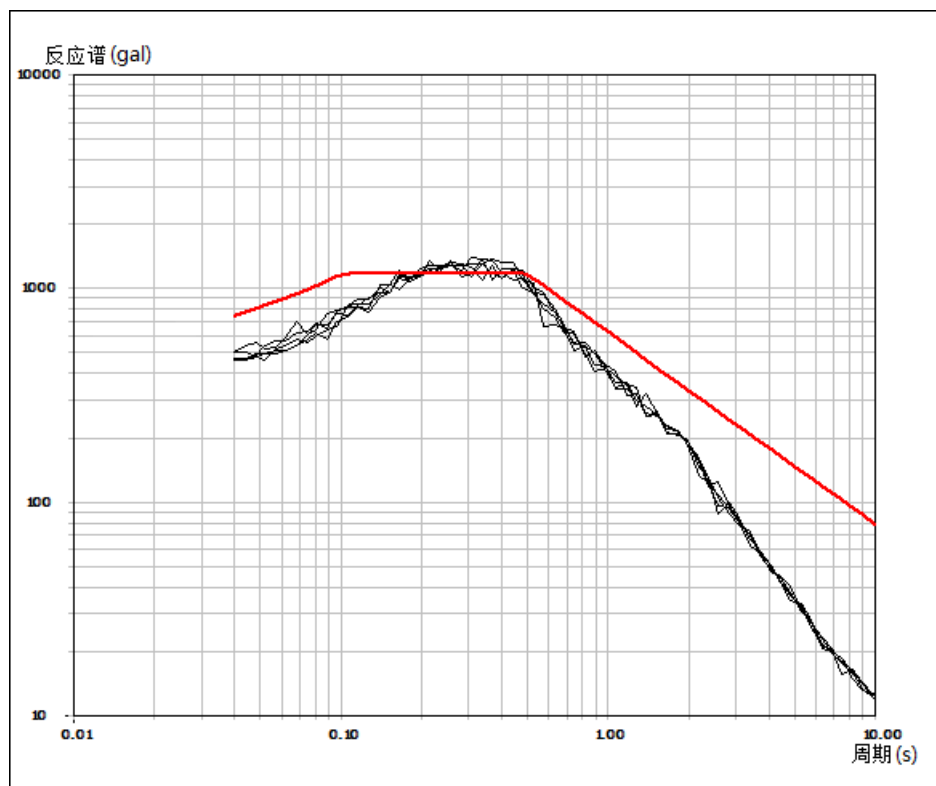
(c)50 年超越概率 2%



(d)100 年超越概率 63%

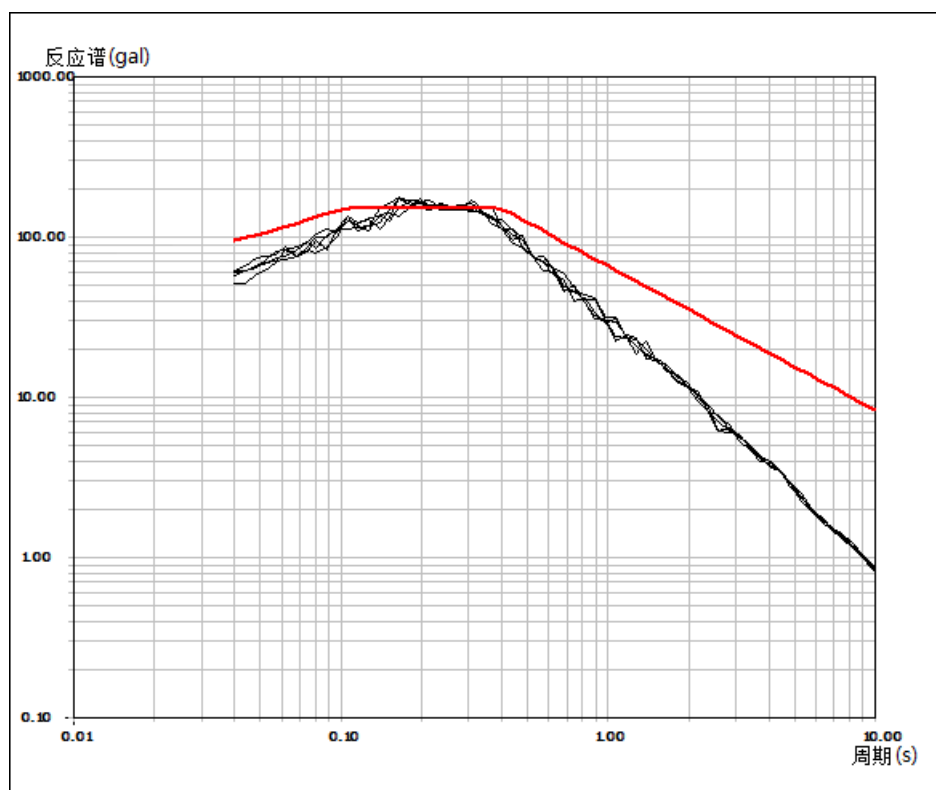


(e)100 年超越概率 10%

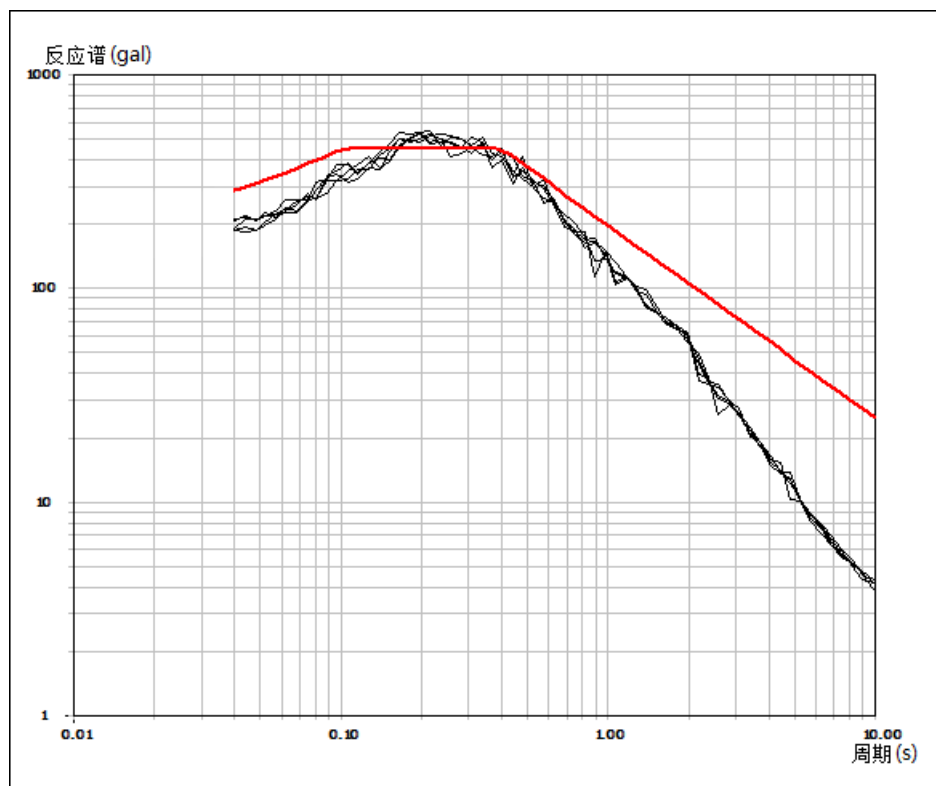


(f)100 年超越概率 2%

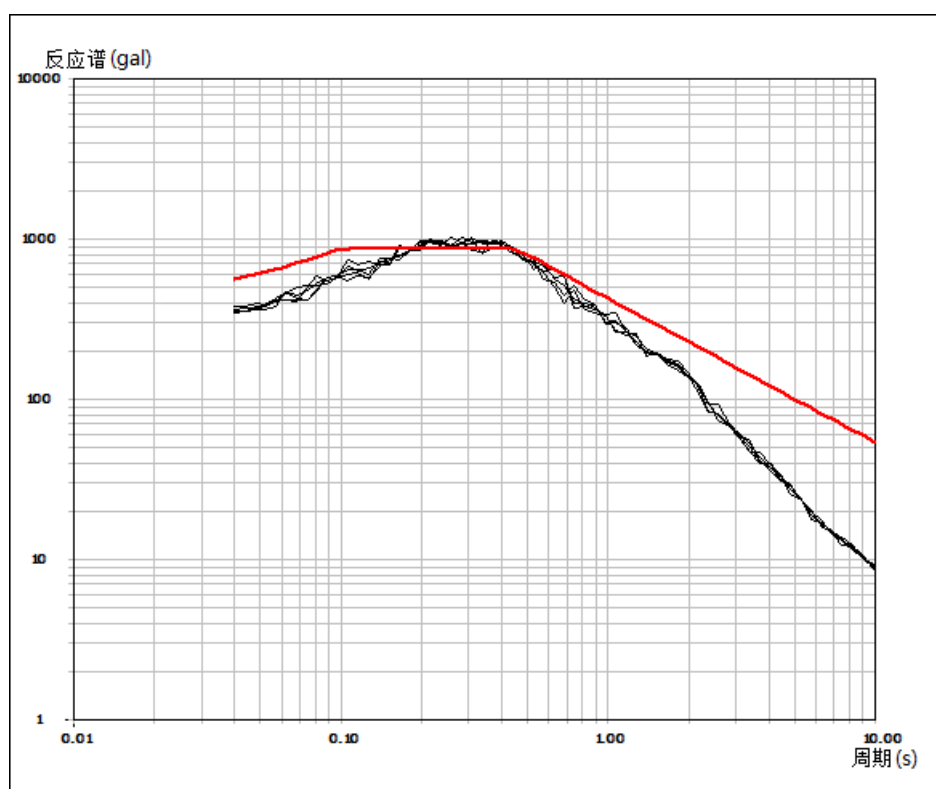
图 7.2-15 15 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



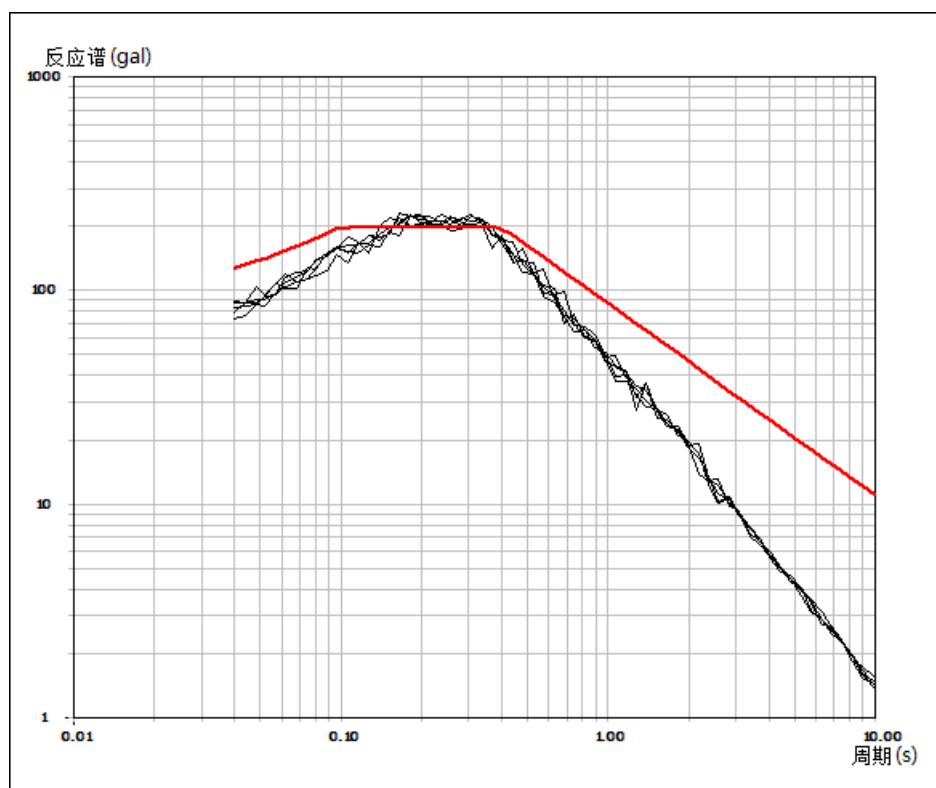
(a) 50 年超越概率 63%



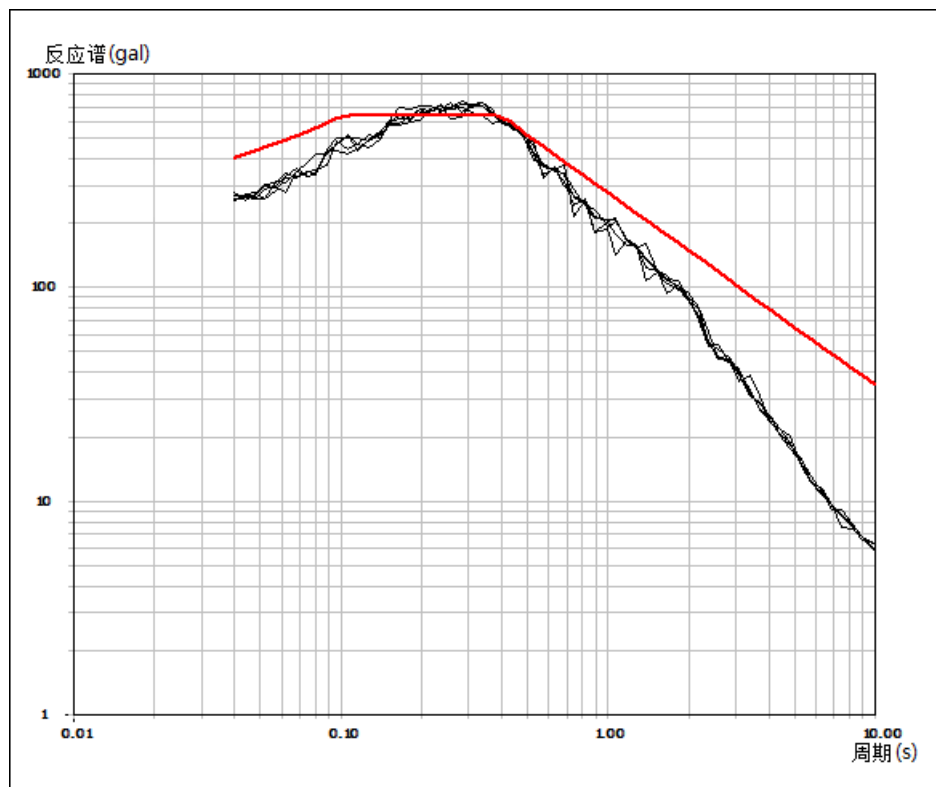
(b) 50 年超越概率 10%



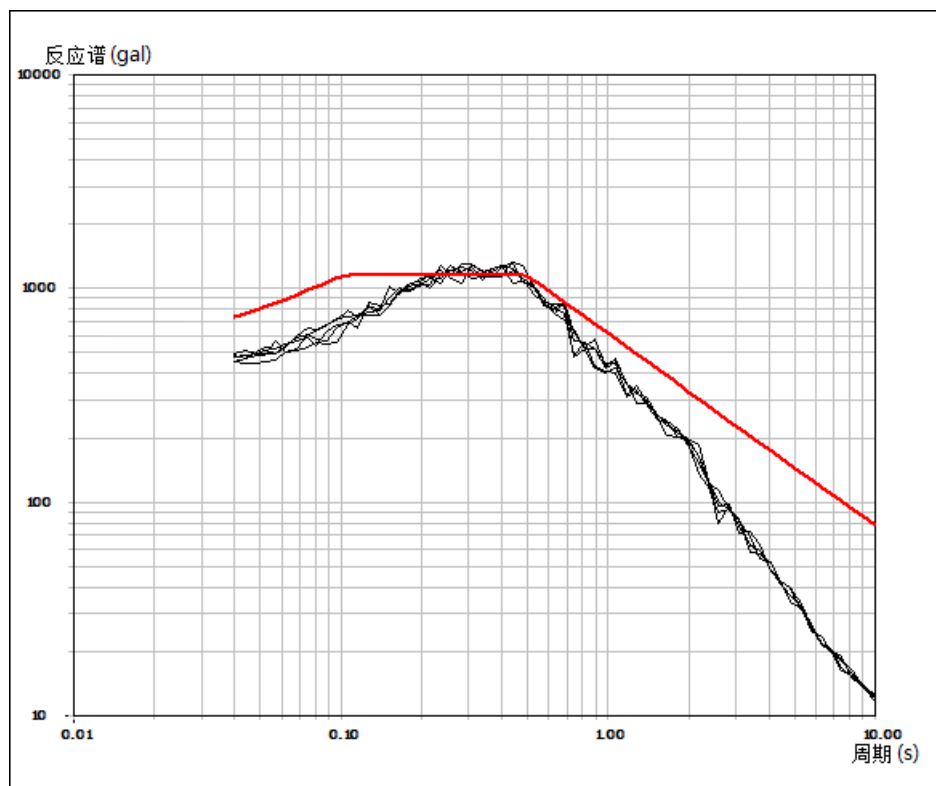
(c)50 年超越概率 2%



(d)100 年超越概率 63%

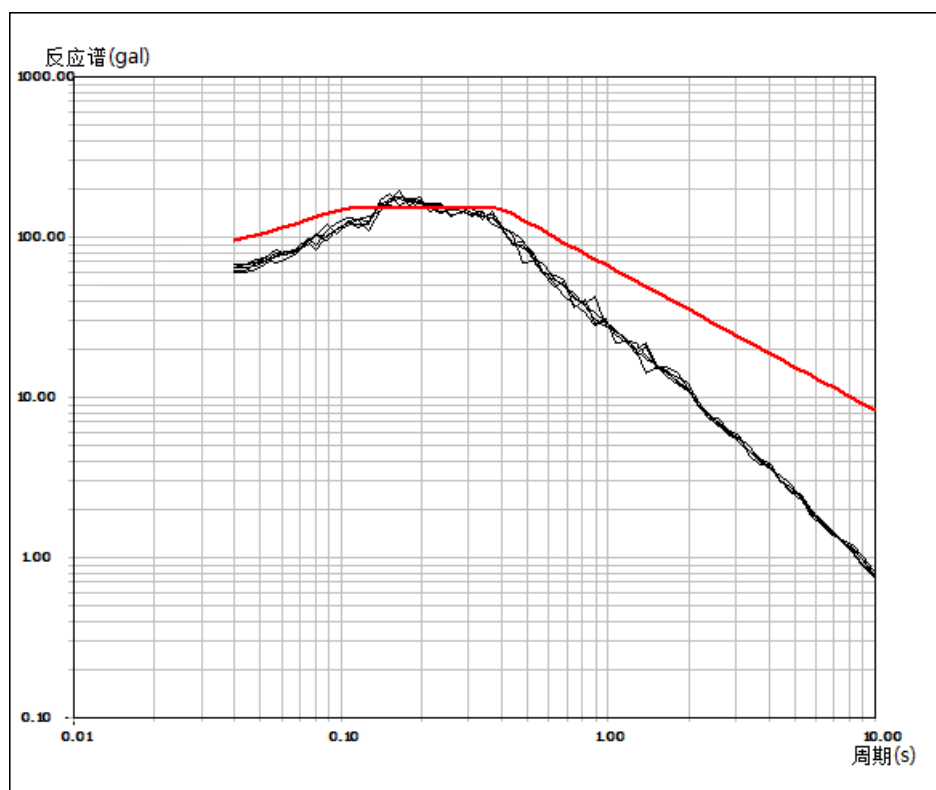


(e)100 年超越概率 10%

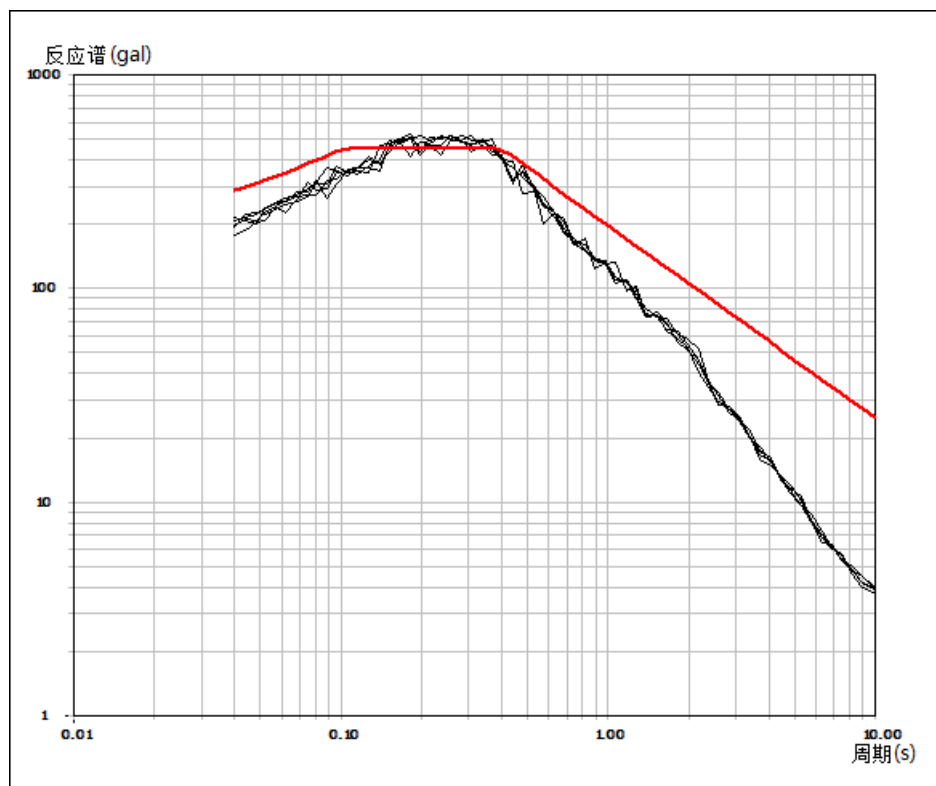


(f)100 年超越概率 2%

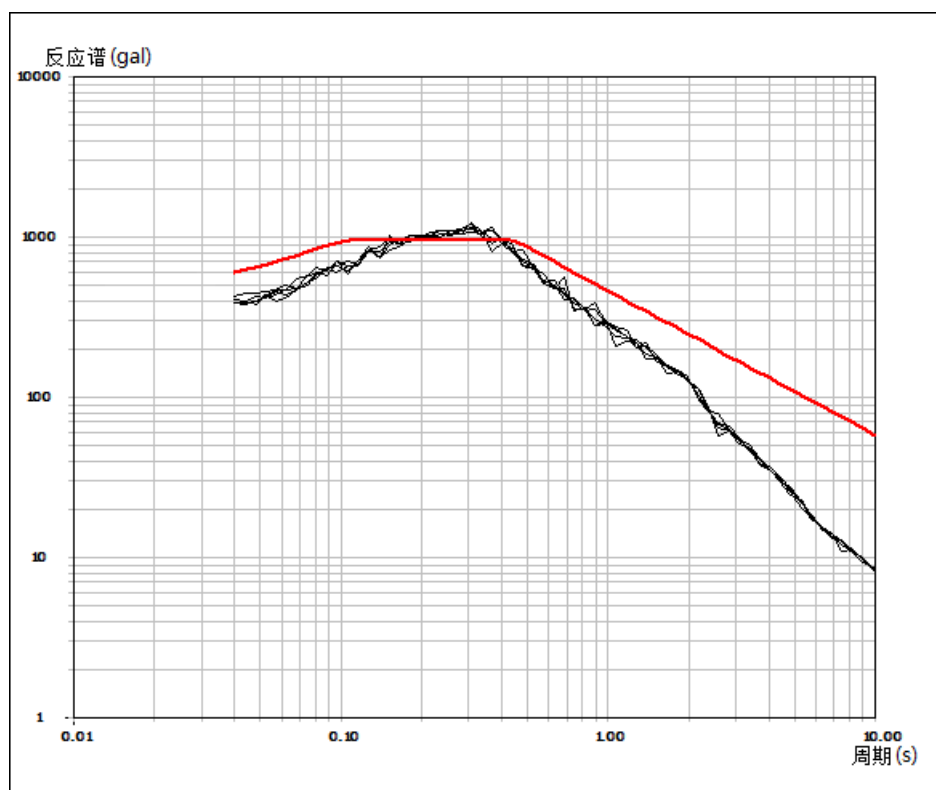
图 7.2-16 16 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



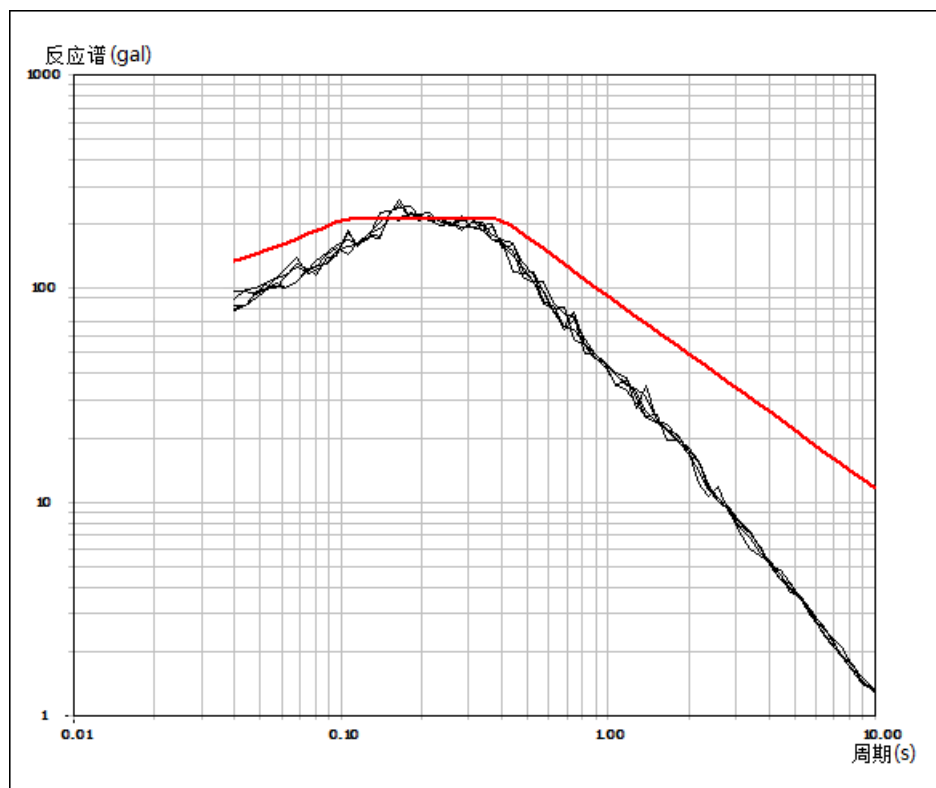
(a) 50 年超越概率 63%



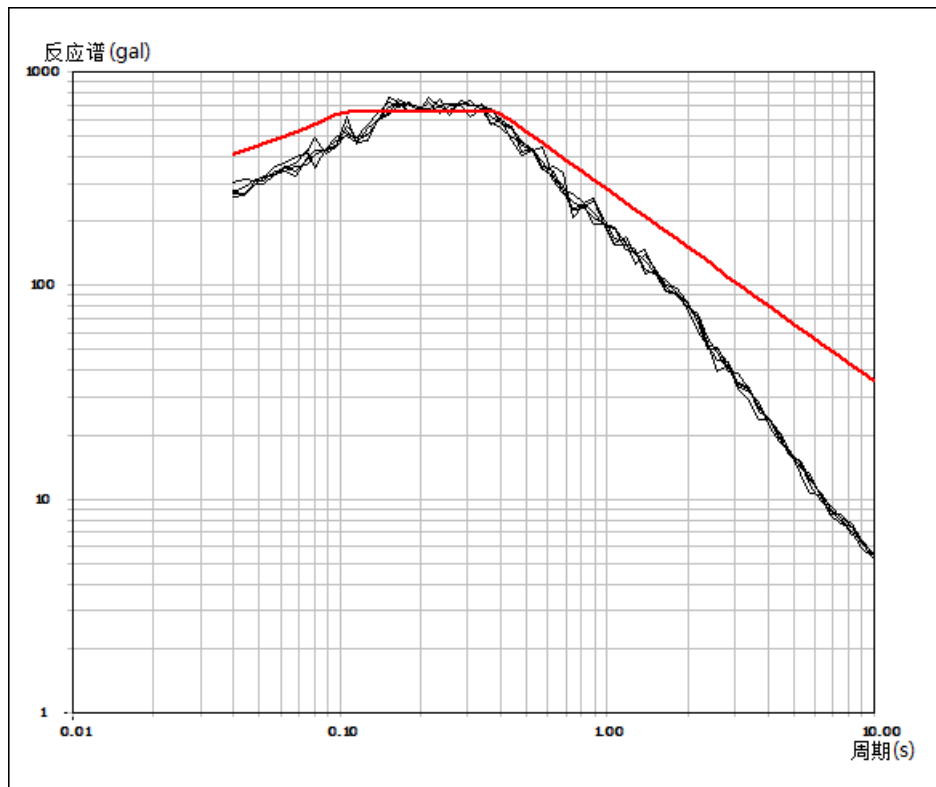
(b) 50 年超越概率 10%



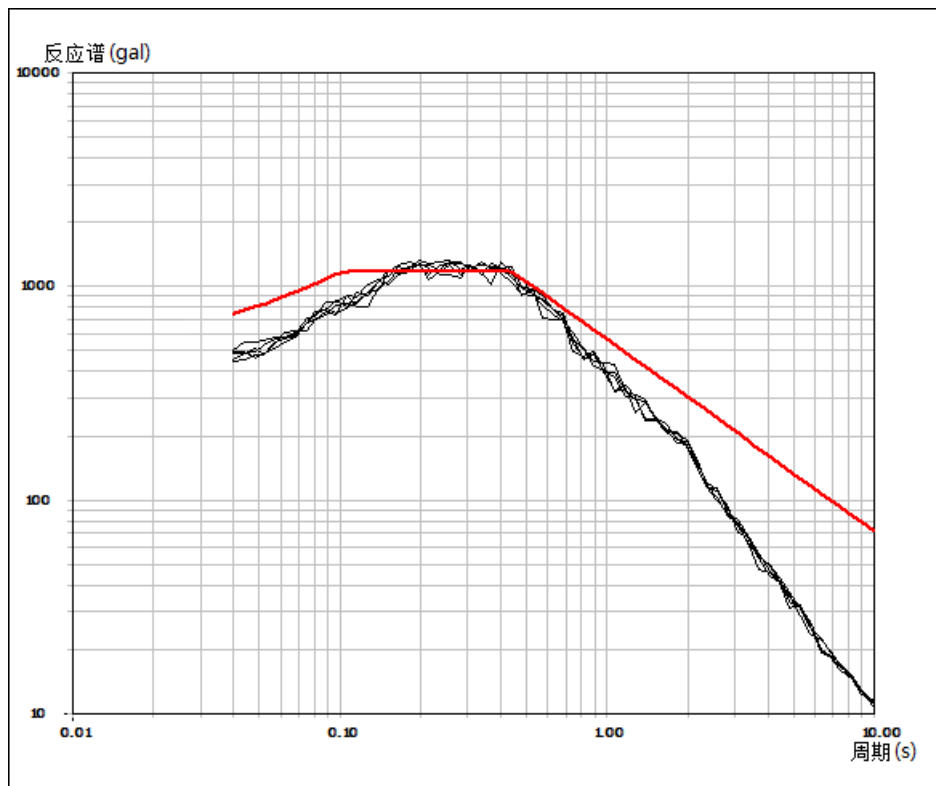
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

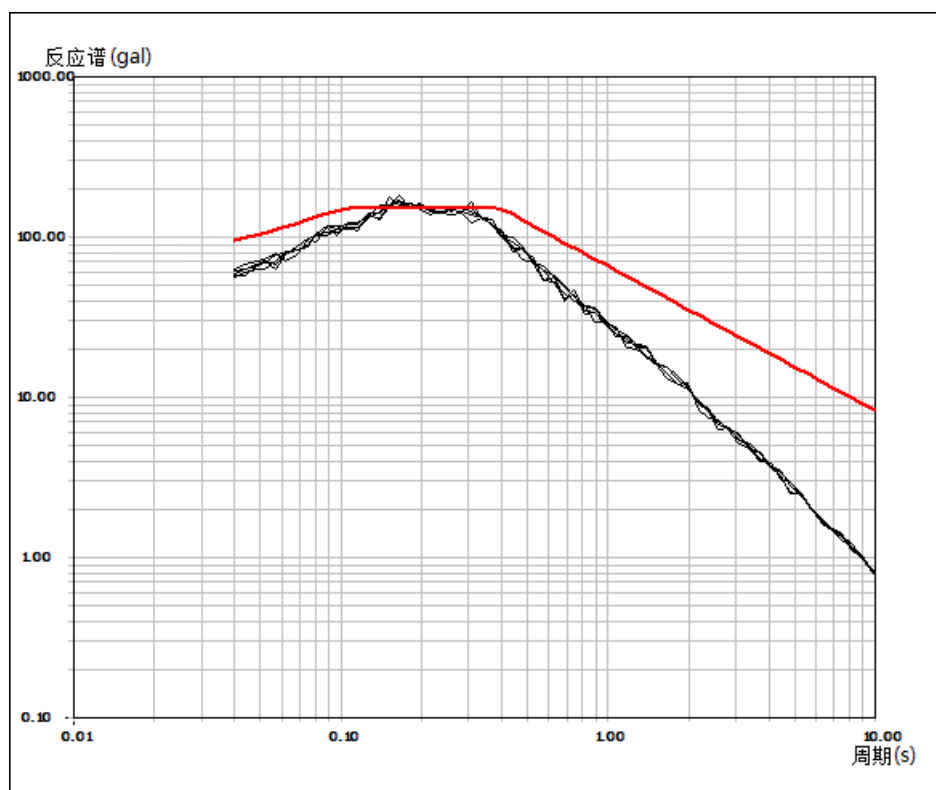


(e)100 年超越概率 10%

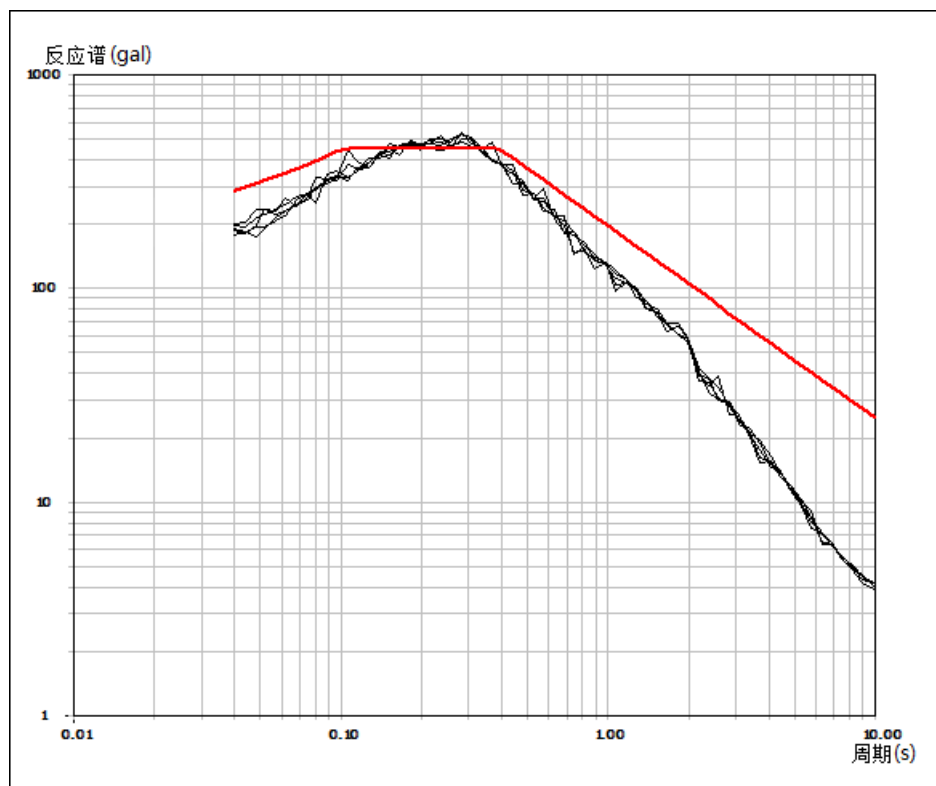


(f)100 年超越概率 2%

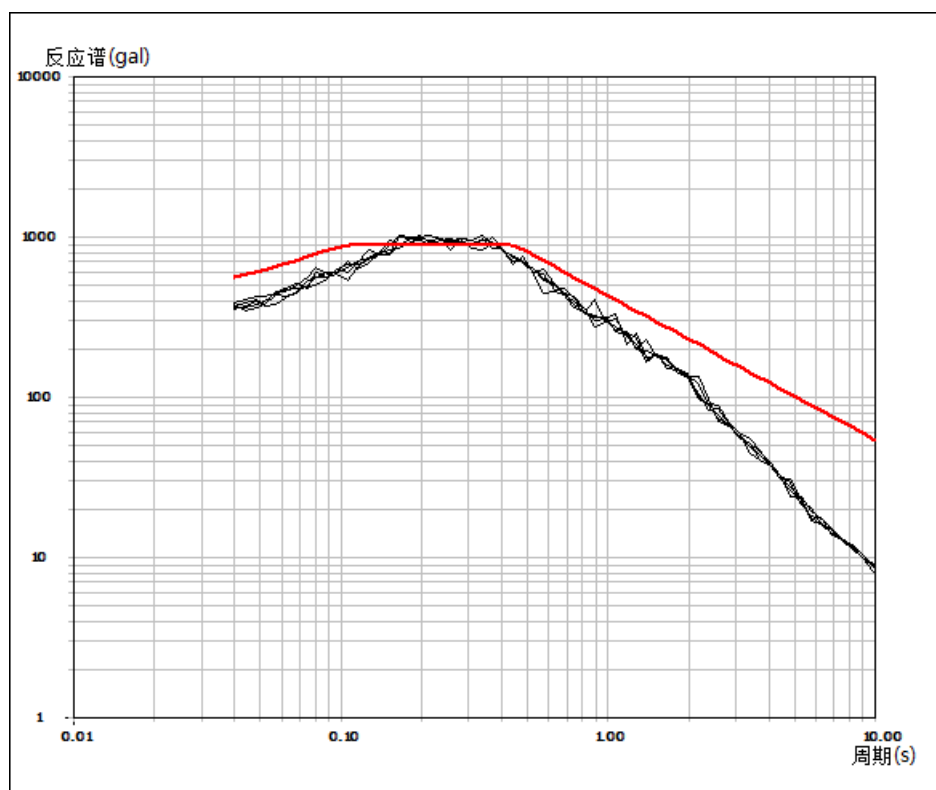
图 7.2-17 17 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



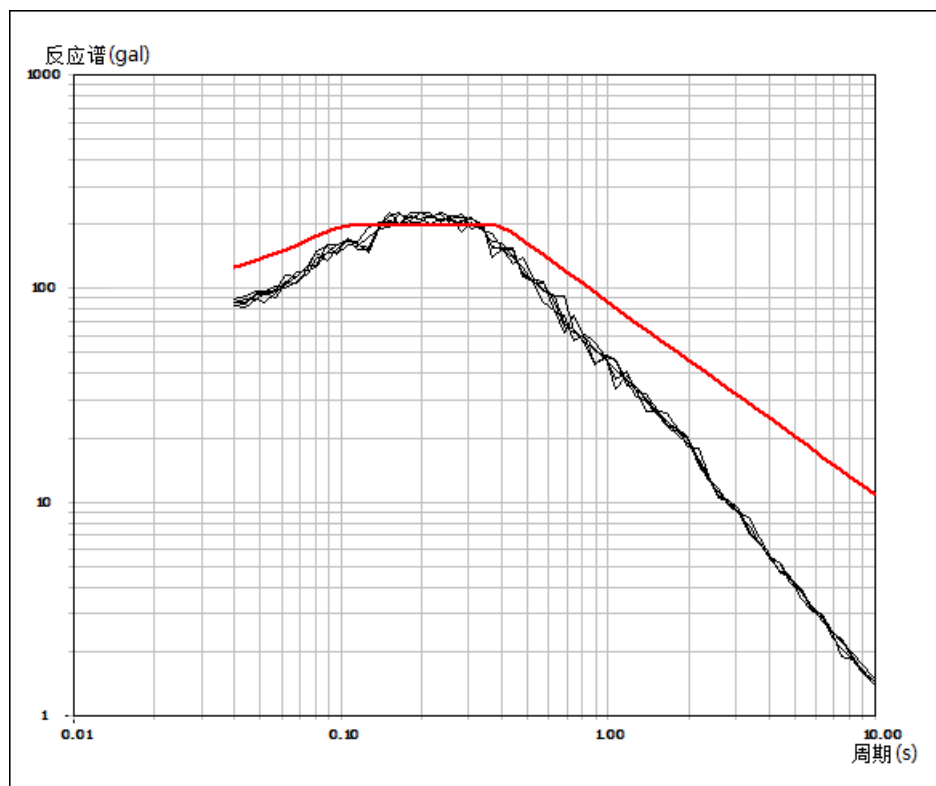
(a)50 年超越概率 63%



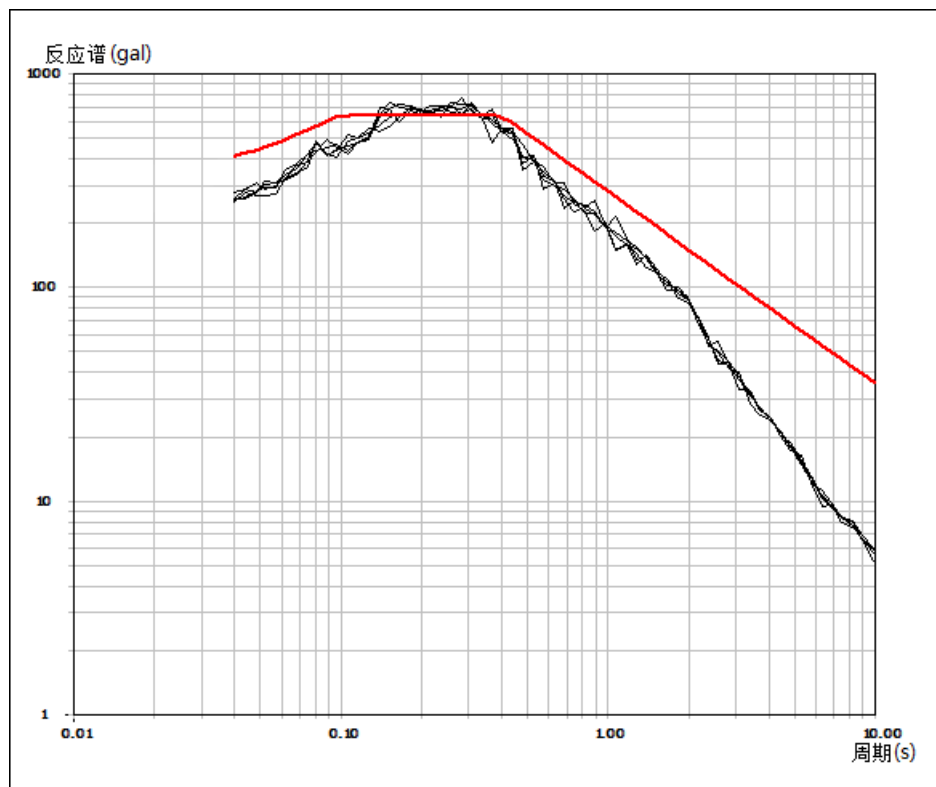
(b)50 年超越概率 10%



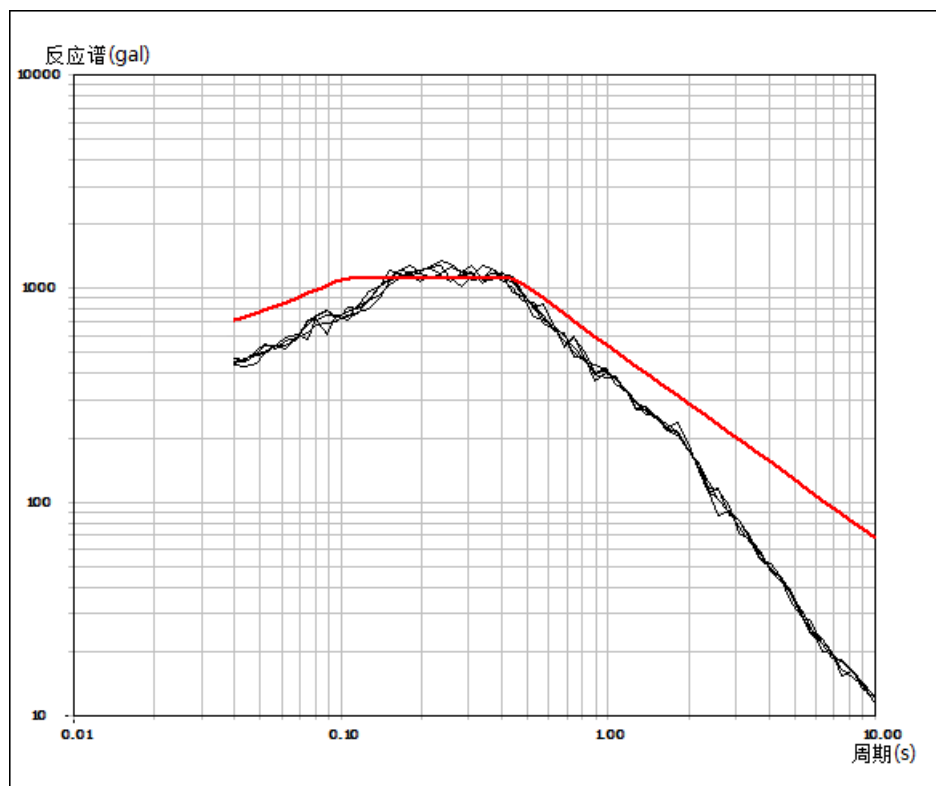
(c)50 年超越概率 2%



(d)100 年超越概率 63%

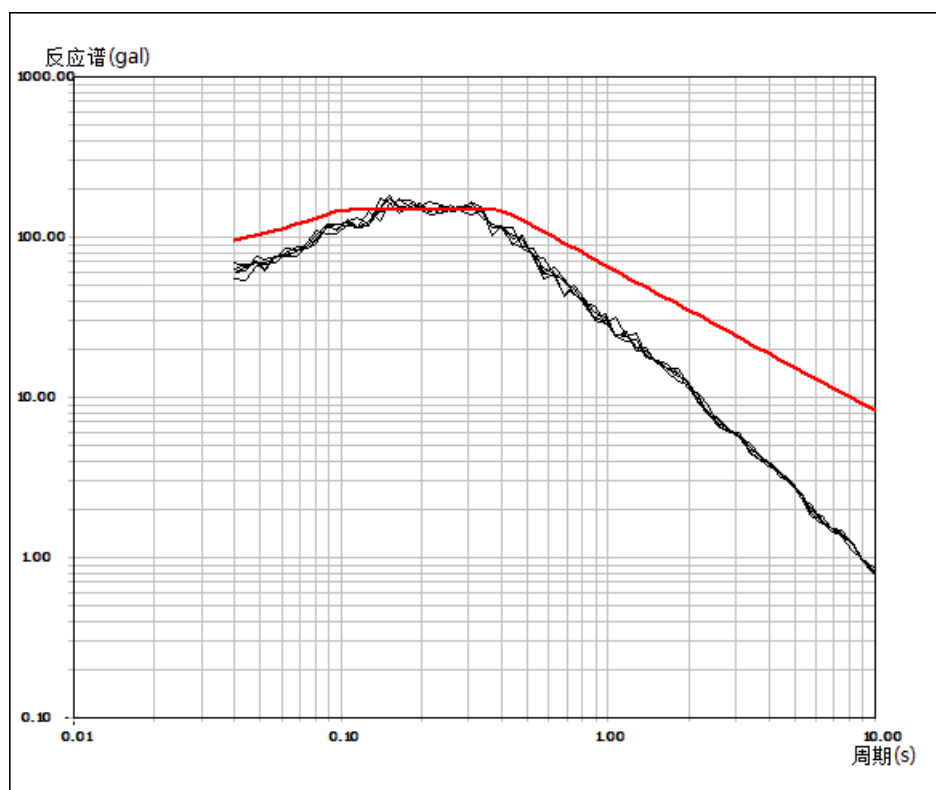


(e)100 年超越概率 10%

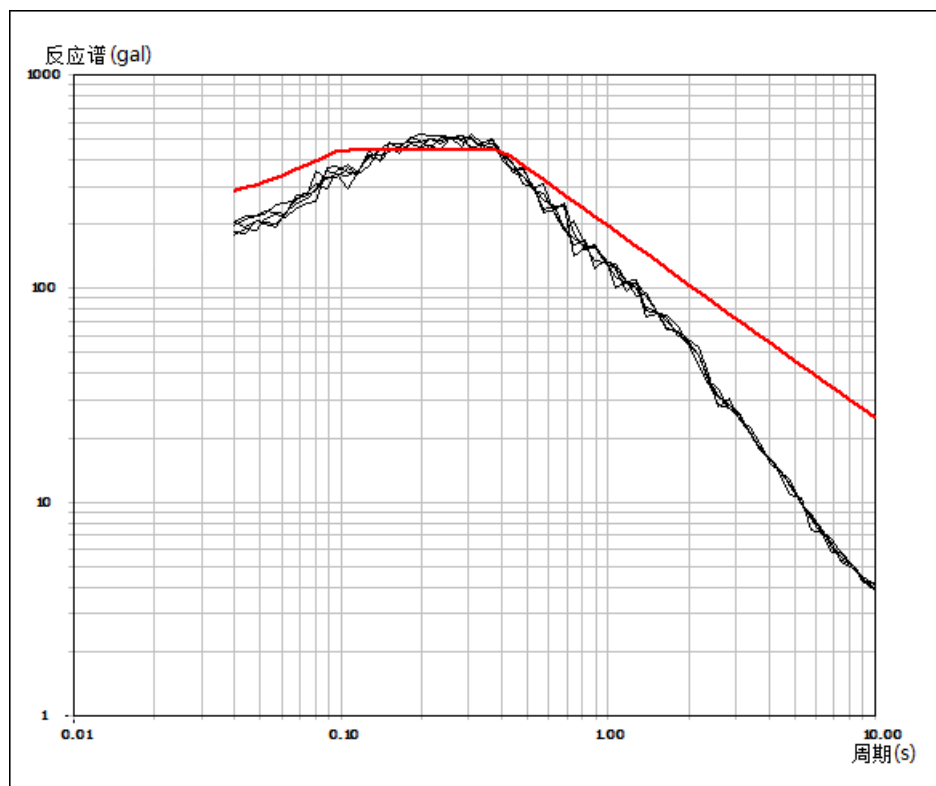


(f)100 年超越概率 2%

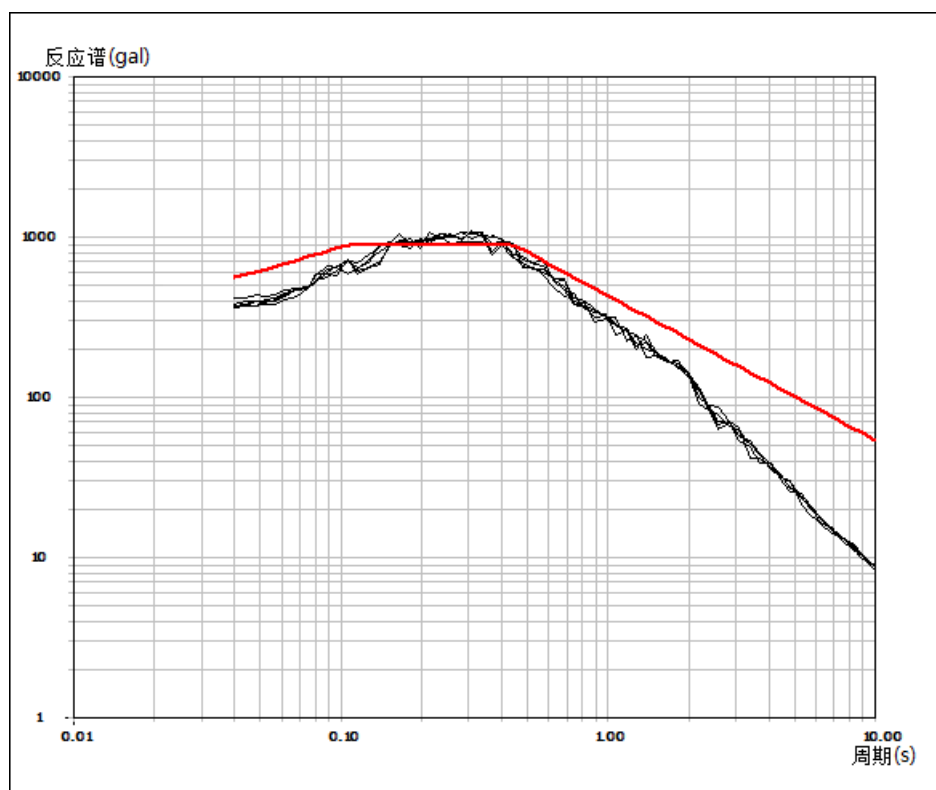
图 7.2-18 18 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



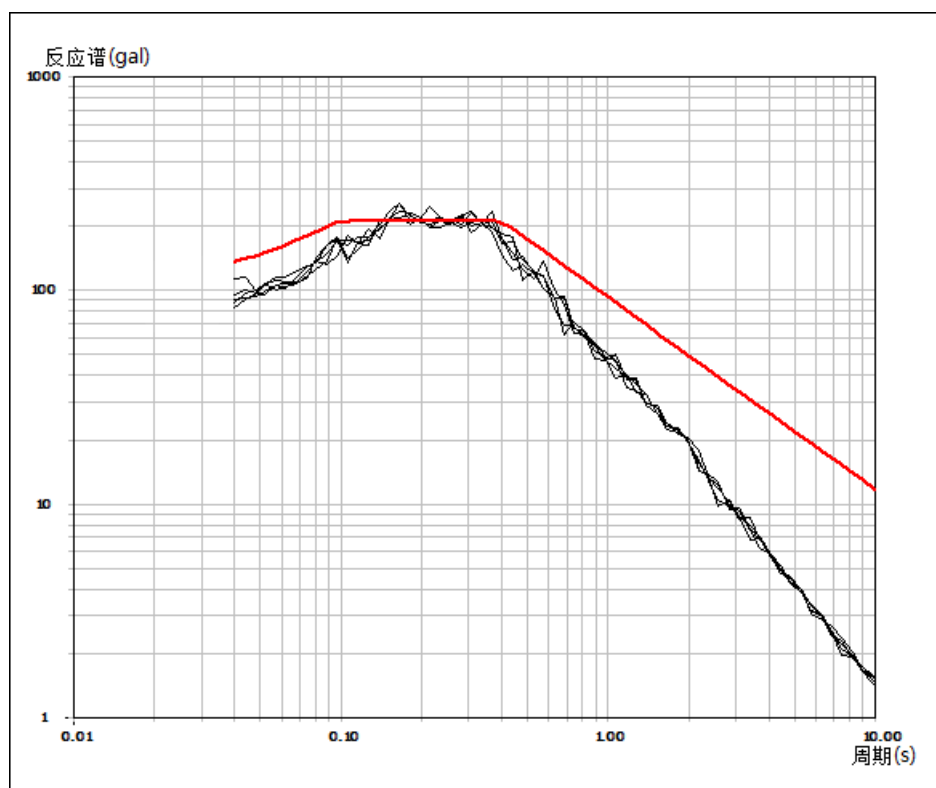
(a)50 年超越概率 63%



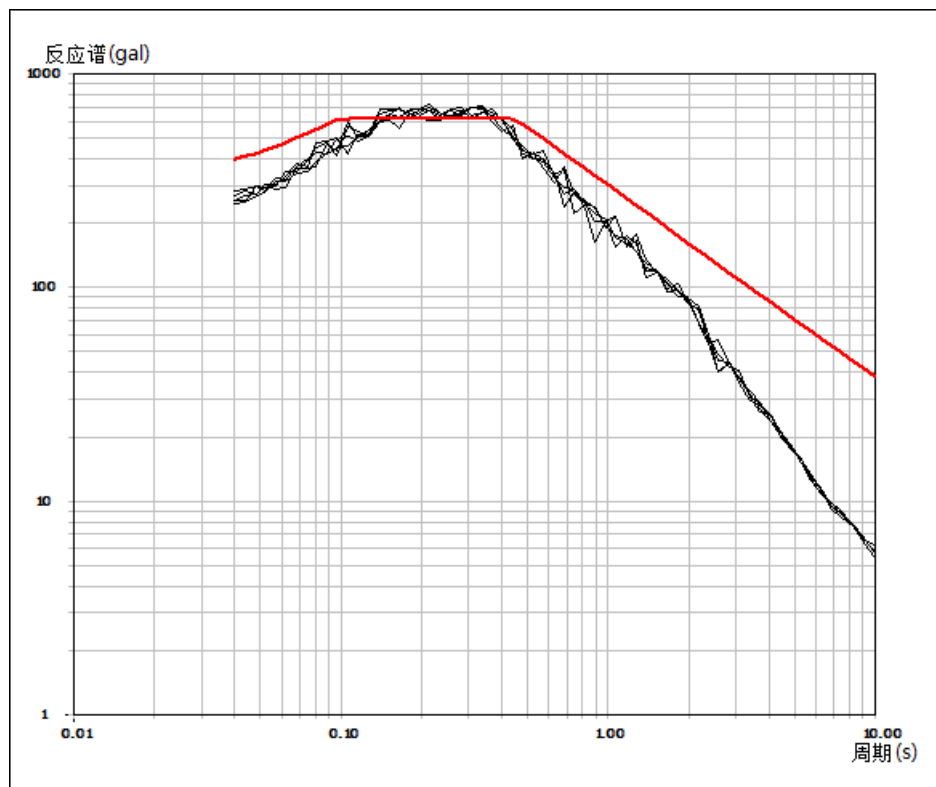
(b)50 年超越概率 10%



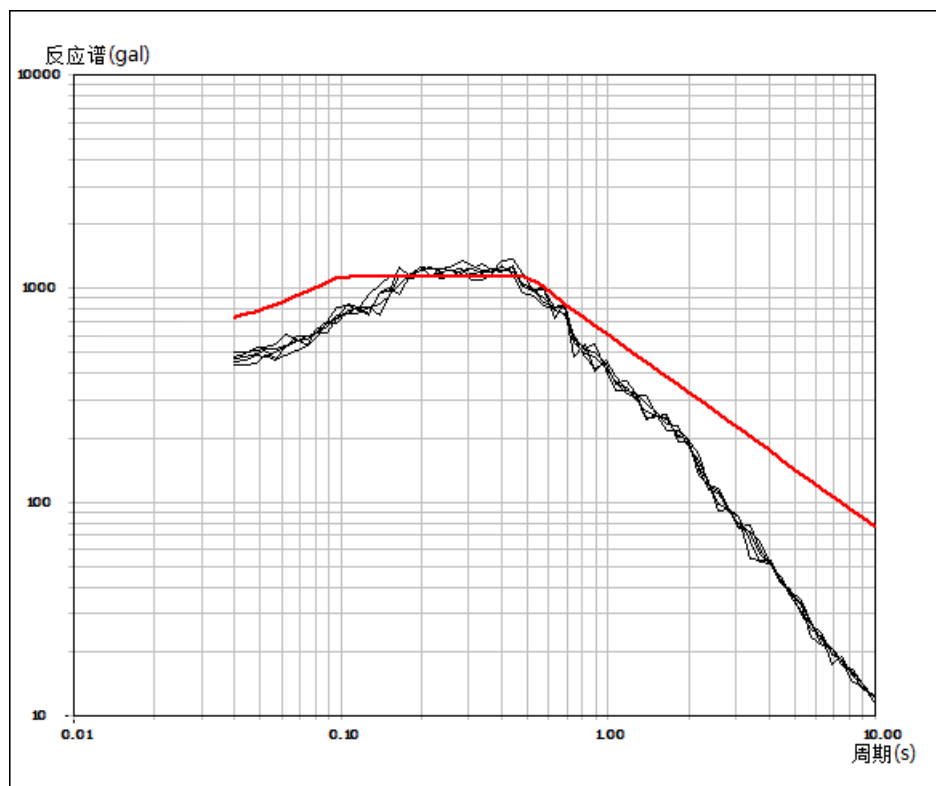
(c)50 年超越概率 2%



(d)100 年超越概率 63%

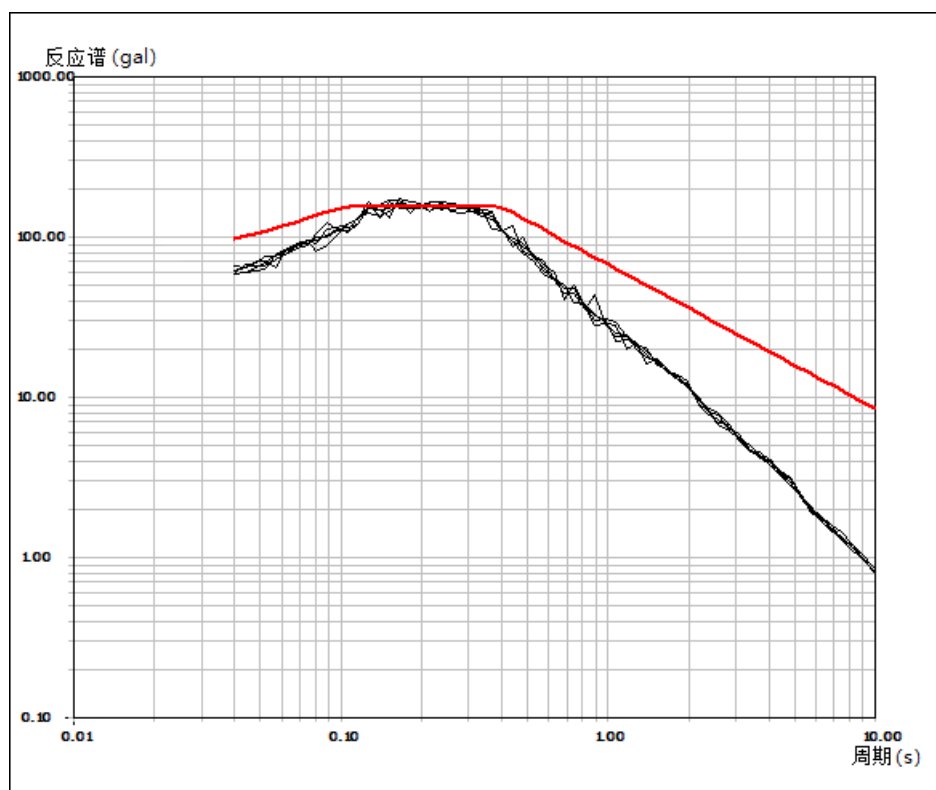


(e)100 年超越概率 10%

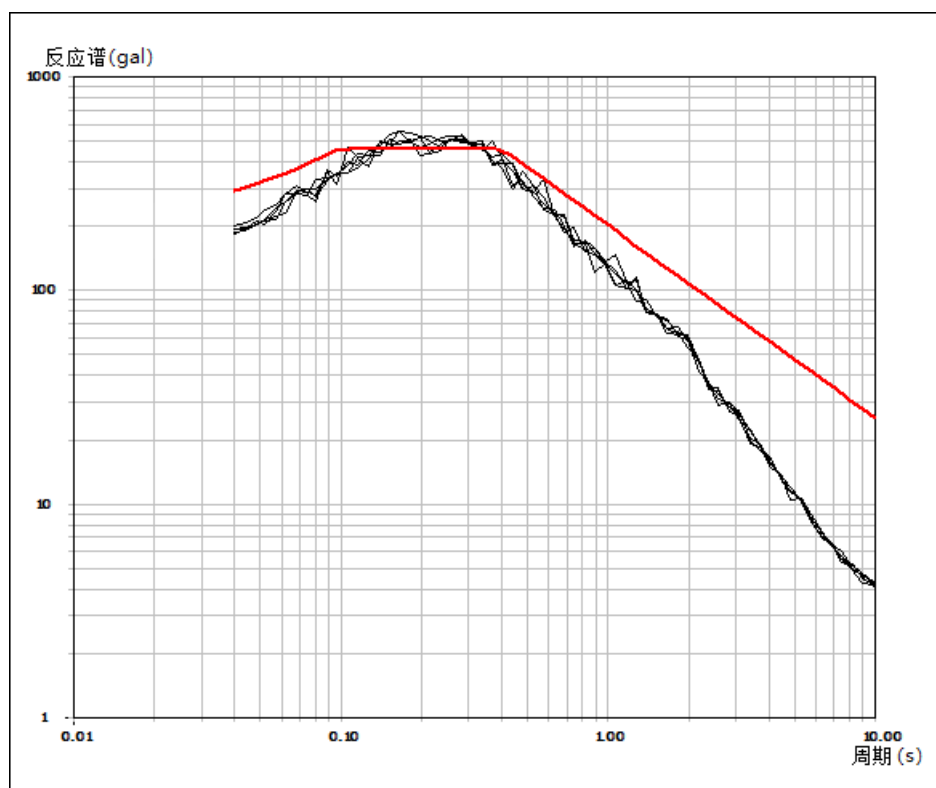


(f)100 年超越概率 2%

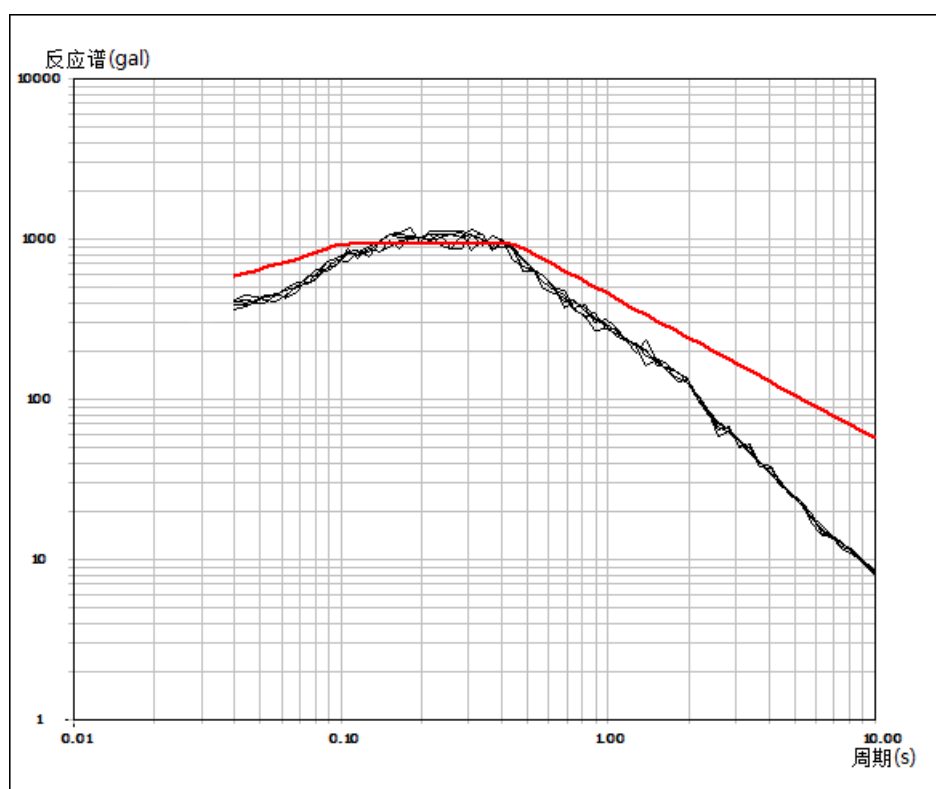
图 7.2-19 19 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



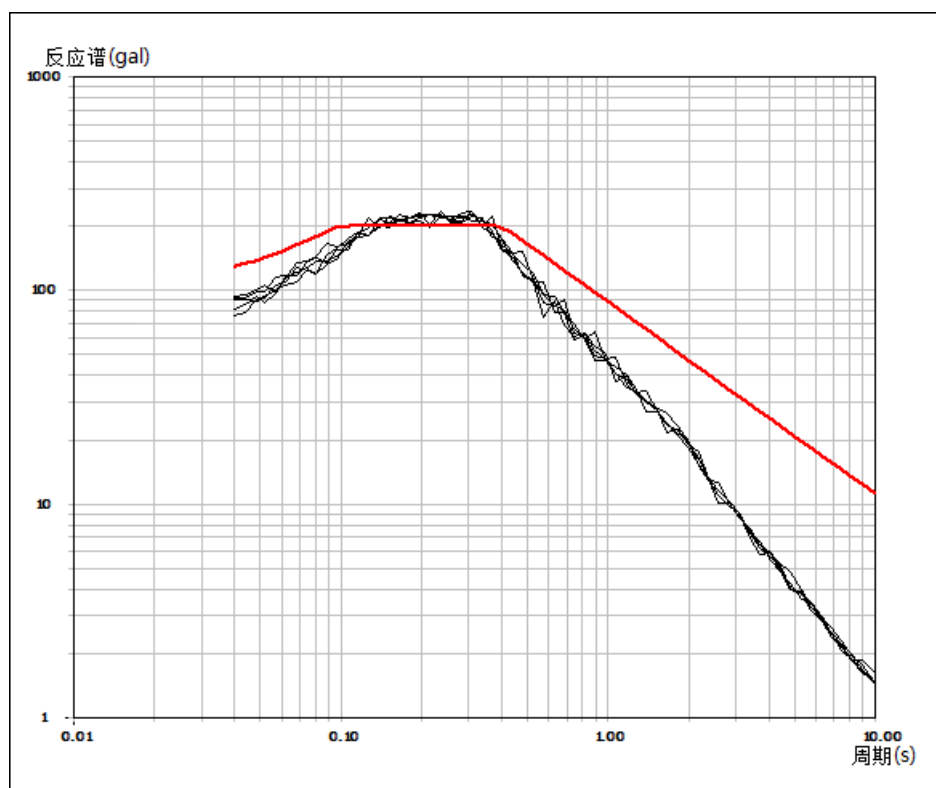
(a)50 年超越概率 63%



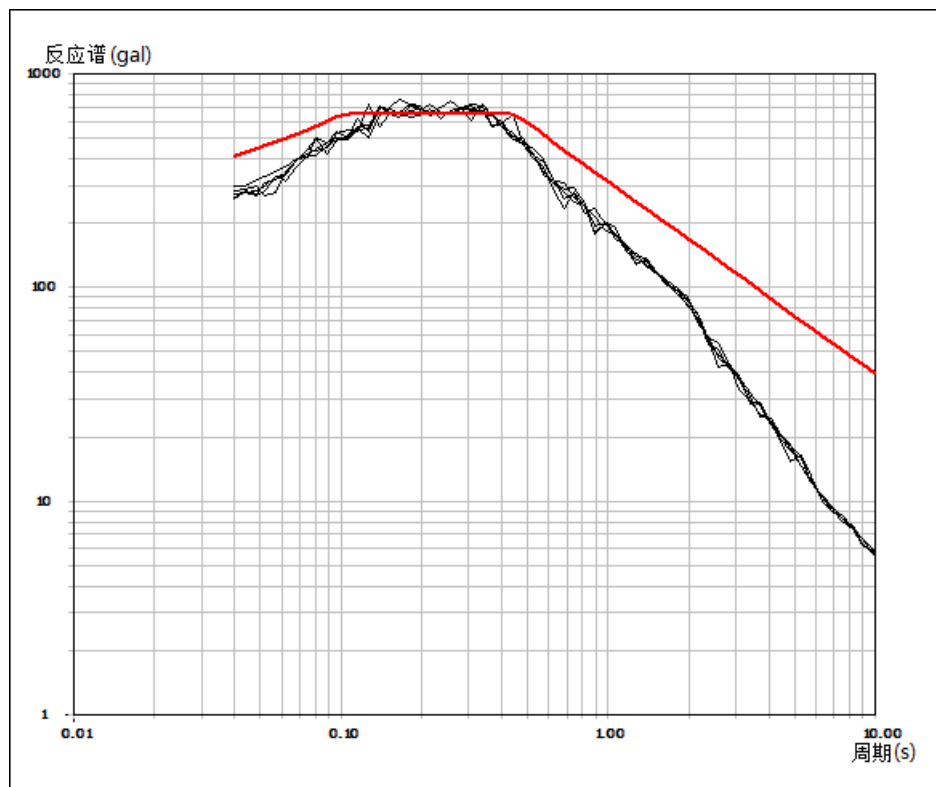
(b)50 年超越概率 10%



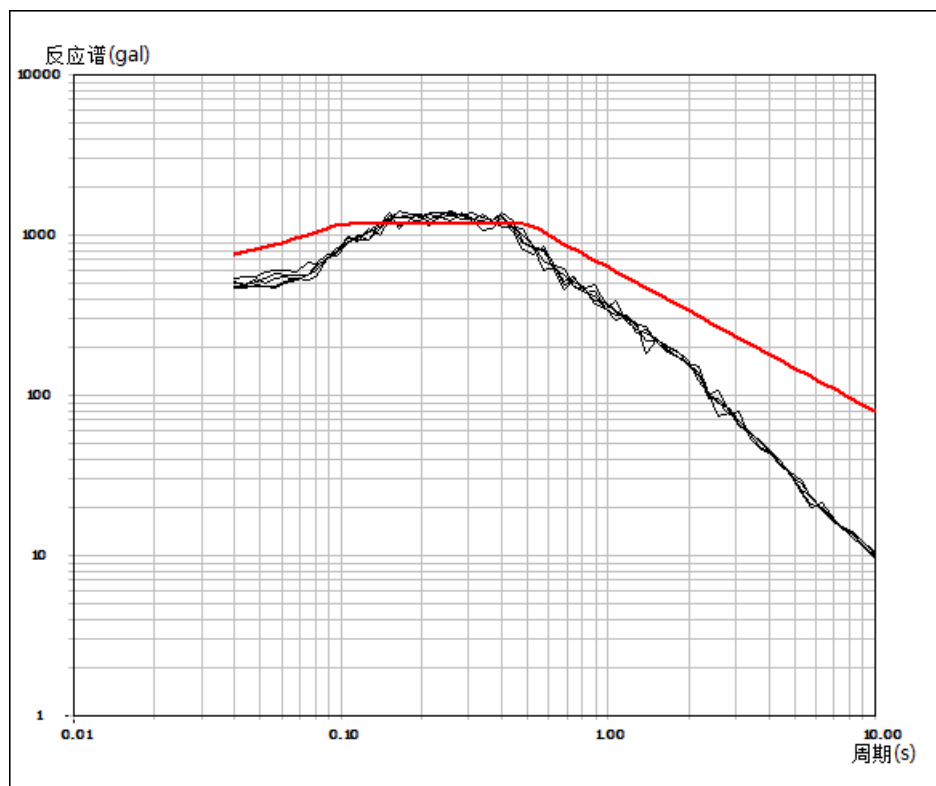
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%

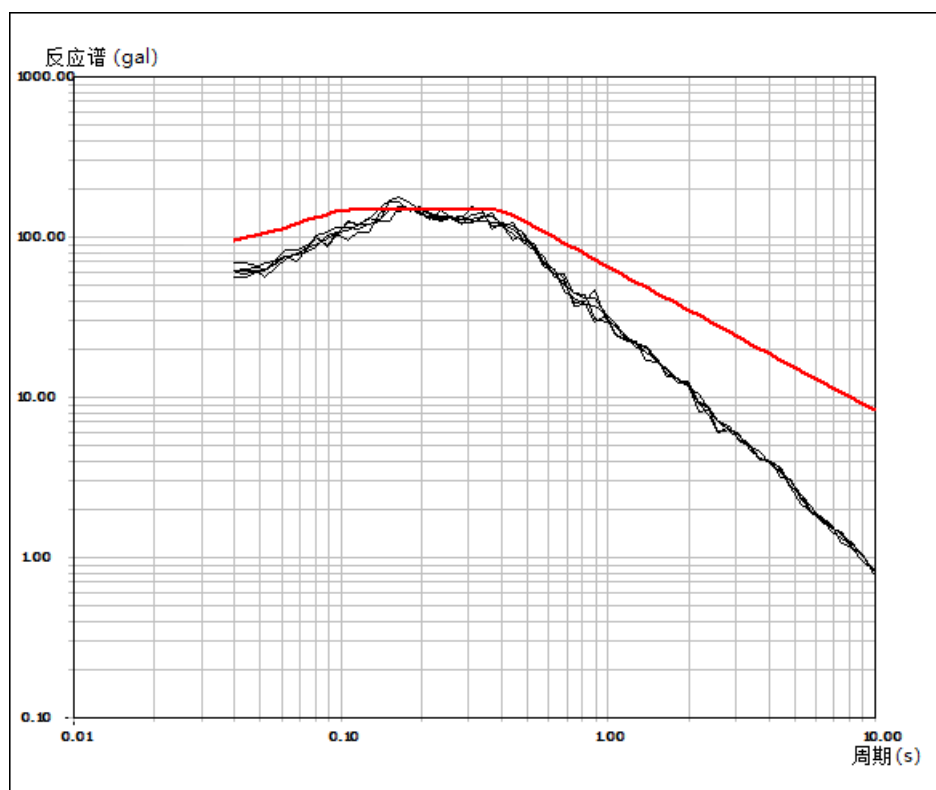


(e)100 年超越概率 10%

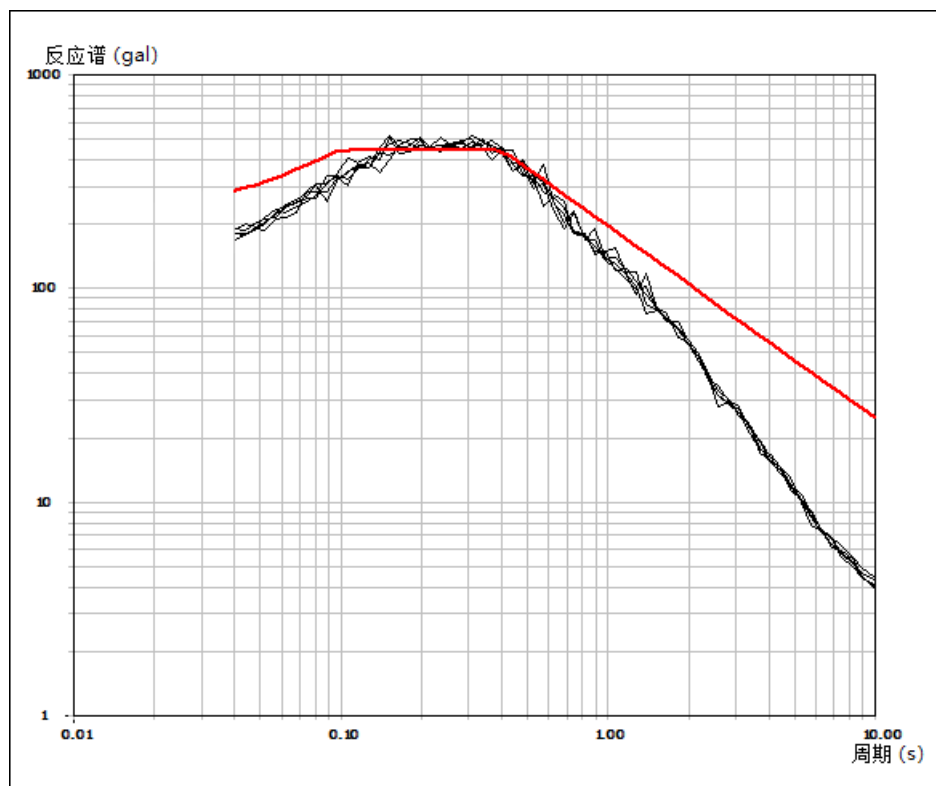


(f)100 年超越概率 2%

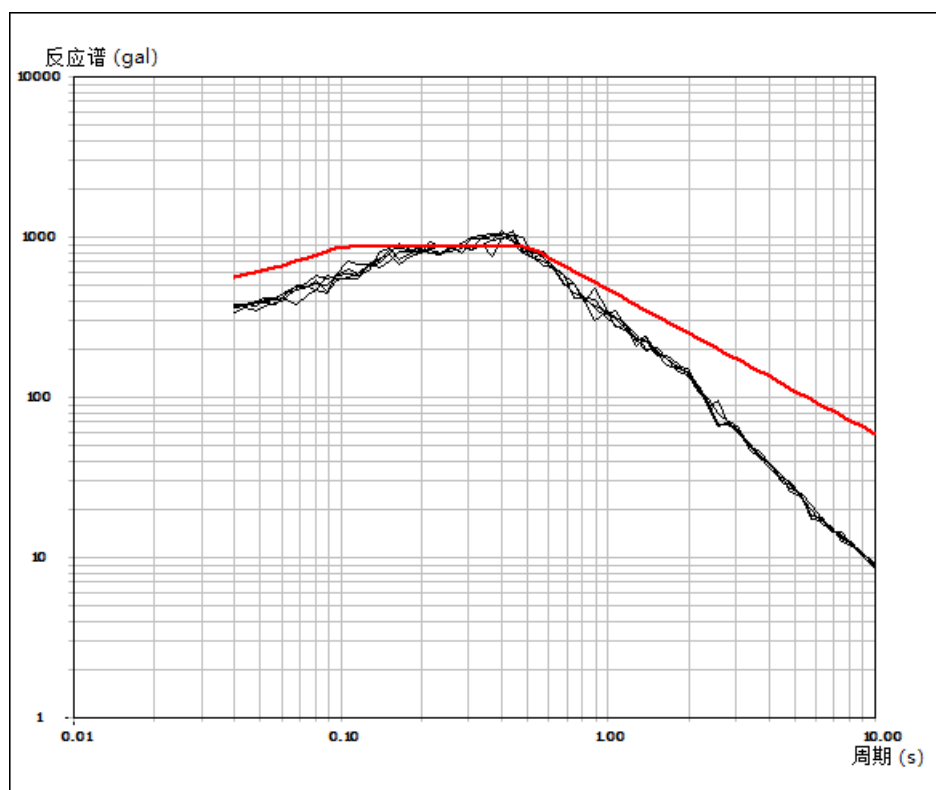
图 7.2-20 20 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱



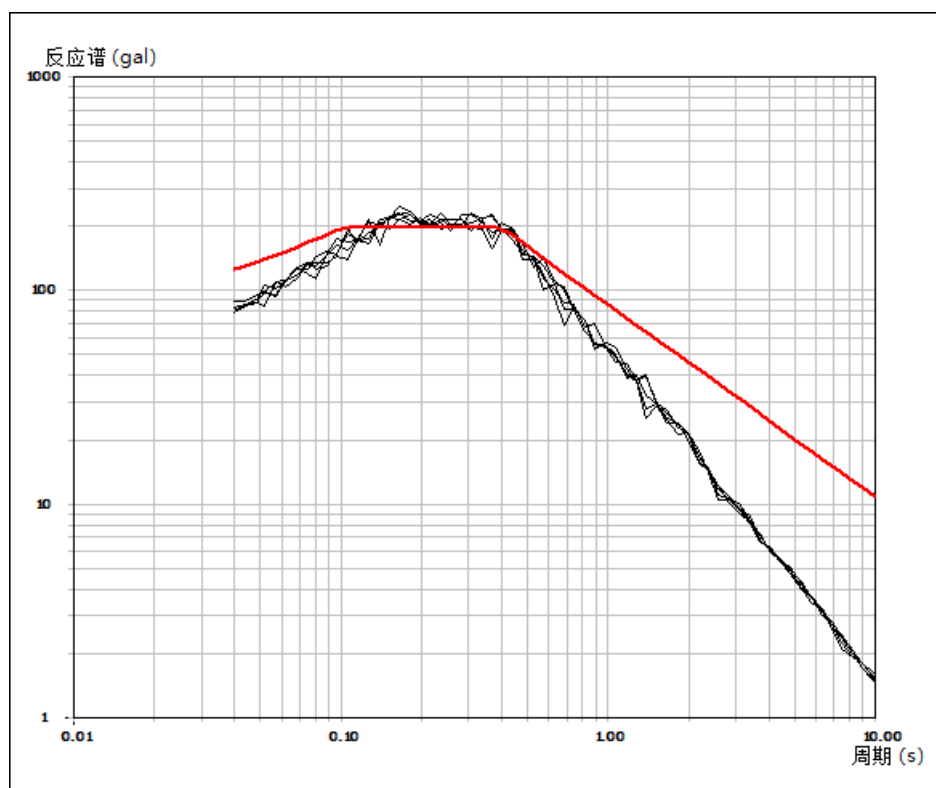
(a) 50 年超越概率 63%



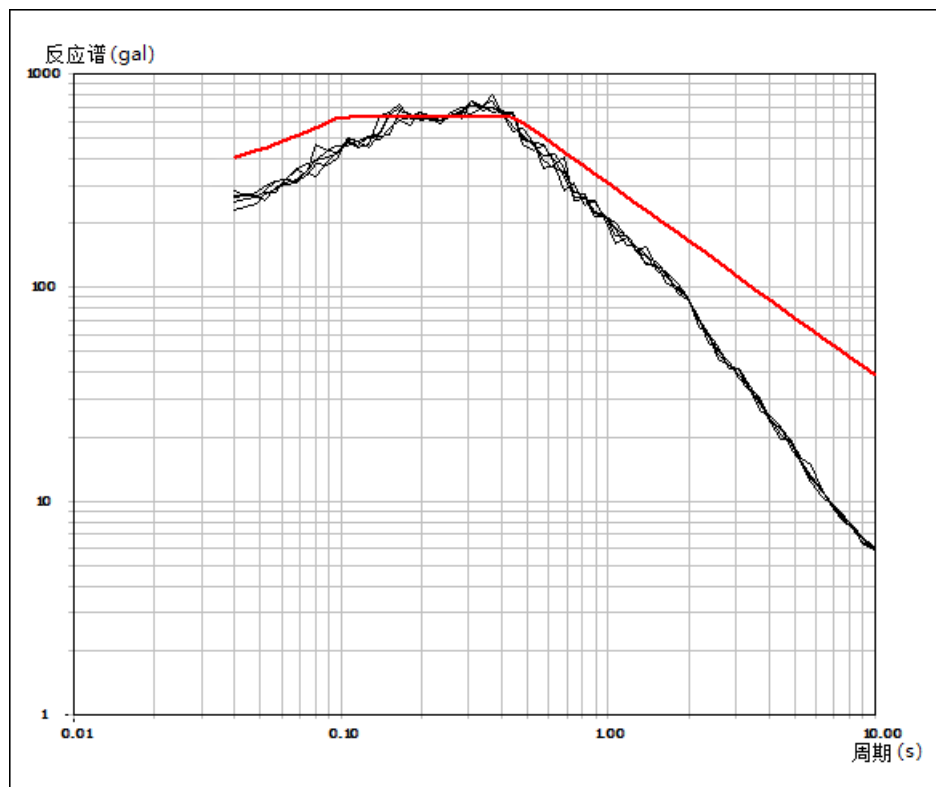
(b) 50 年超越概率 10%



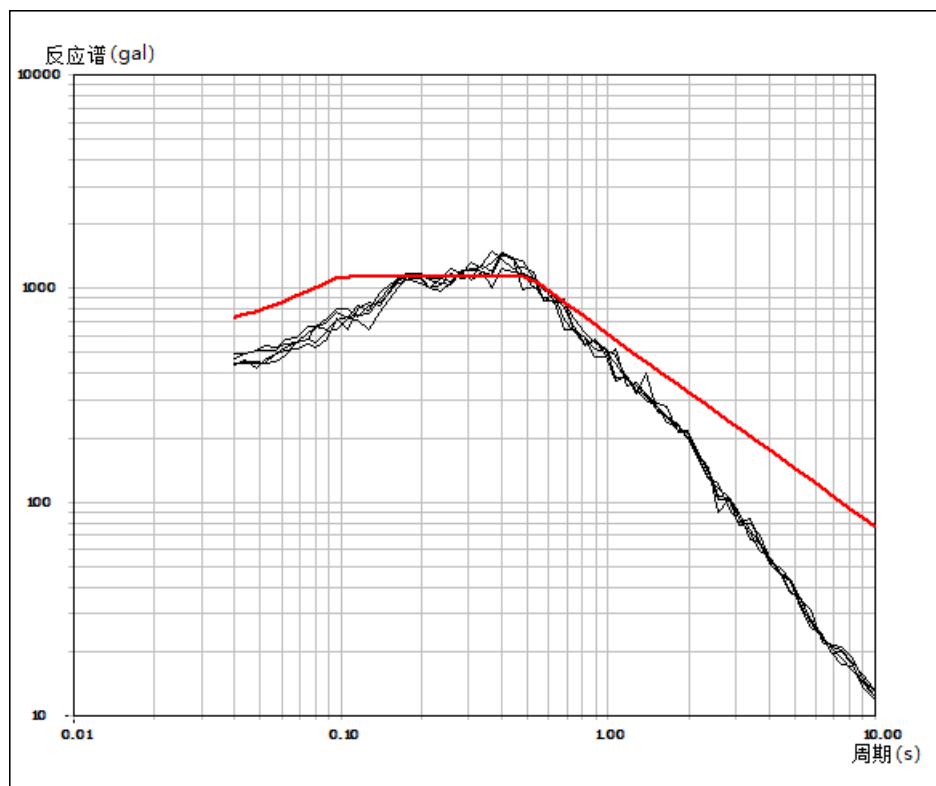
(c) 50 年超越概率 2%



(d) 100 年超越概率 63%



(e)100 年超越概率 10%



(f)100 年超越概率 2%

图 7.2-21 21 号控制点地面 50 年和 100 年超越概率峰值加速度规范反应谱

7.2.5 设计地震动峰值加速度分布图

为了更好的了解目标区范围内全部 21 个控制计算点地表水平向地震动峰值加速度计算结果和特征周期在平面位置上分布情况、以便建立数据库及技术服务系统查询使用,将控制计算点 50 年超越概率 63%、10%、2% 和 100 年超越概率 63%、10%、2%、六种超越概率地震动加速度峰值和特征周期结果反映在目标区平面图上,见图 7.2-22~图 7.2-33。因华北平原地震带 50 年 63% 地表峰加速度峰值普遍偏低,采纳专家建议 50 年 63% 地表峰加速度峰值取 50 年 10% 地表峰加速度峰值的 1/3。

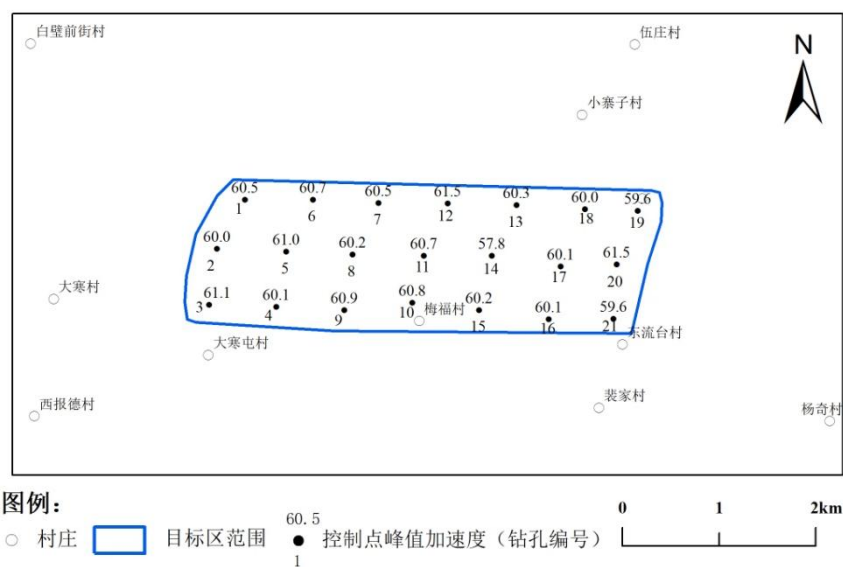


图 7.2-22 目标区地面 50 年超越概率 63% 地震动加速度峰值分布图(单位:gal)

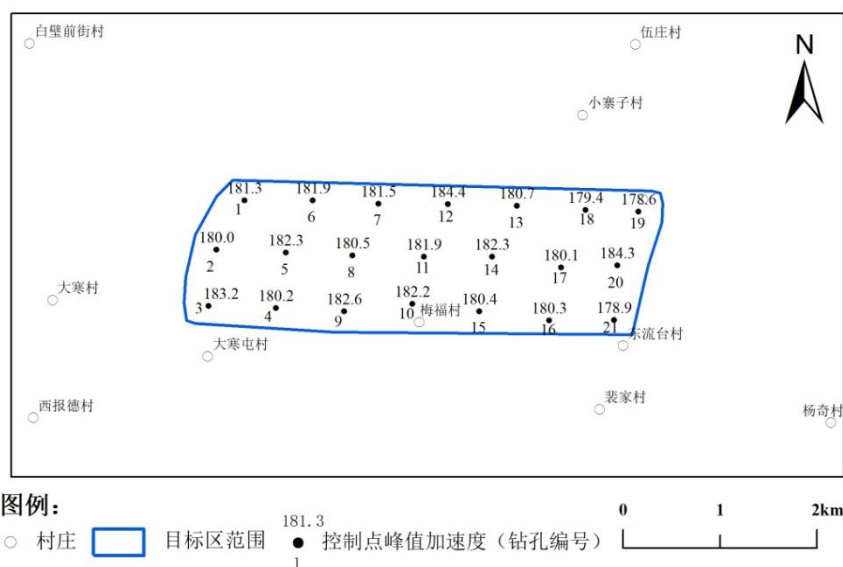


图 7.2-23 目标区地面 50 年超越概率 10% 地震动加速度峰值分布图(单位:gal)

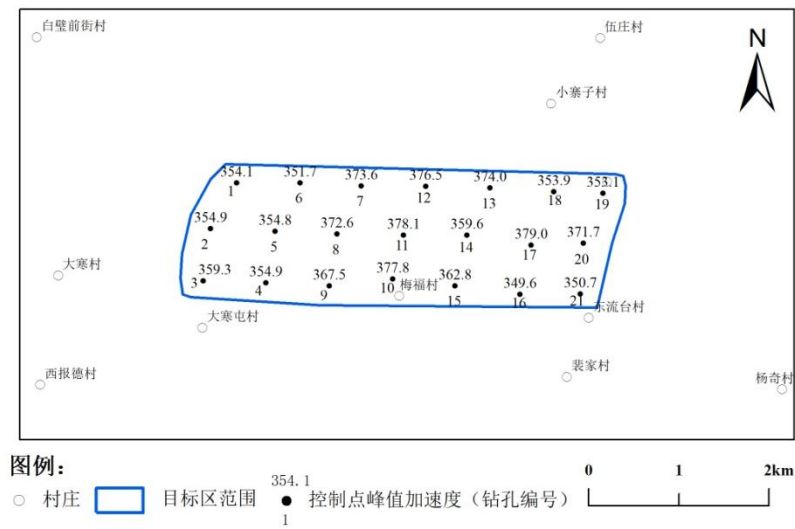


图 7.2-24 目标区地面 50 年超越概率 2%地震动加速度峰值分布图(单位:gal)

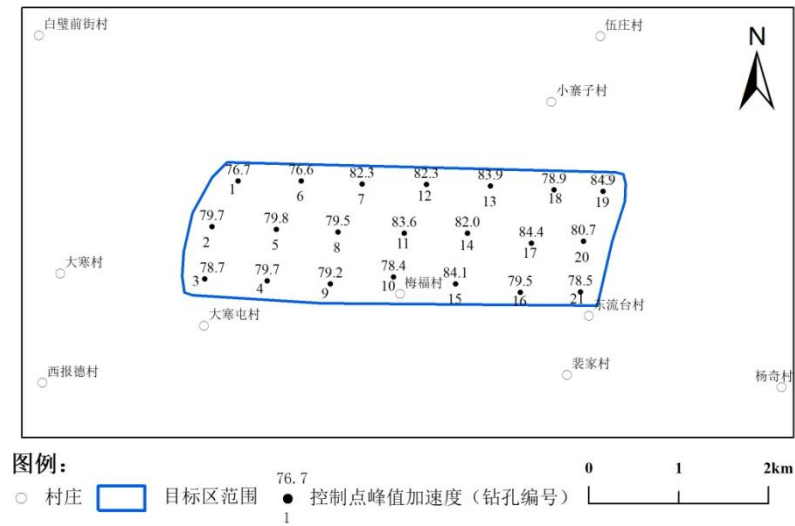


图 7.2-25 目标区地面 100 年超越概率 63%地震动加速度峰值分布图(单位:gal)

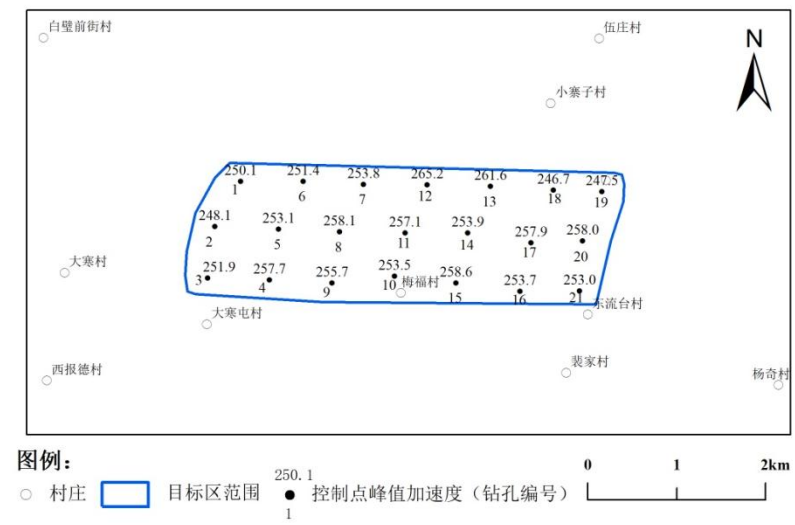


图 7.2-26 目标区地面 100 年超越概率 10%地震动加速度峰值分布图(单位:gal)

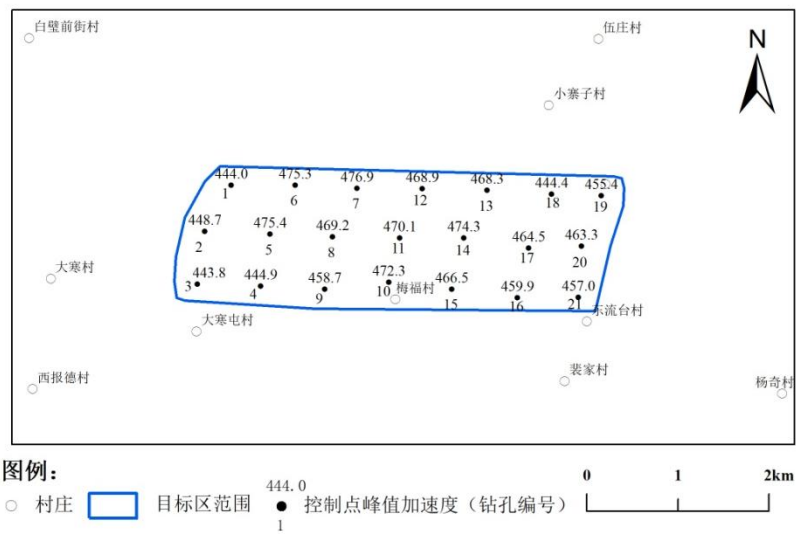


图 7.2-27 目标区地面 100 年超越概率 2%地震动加速度峰值分布图(单位:gal)

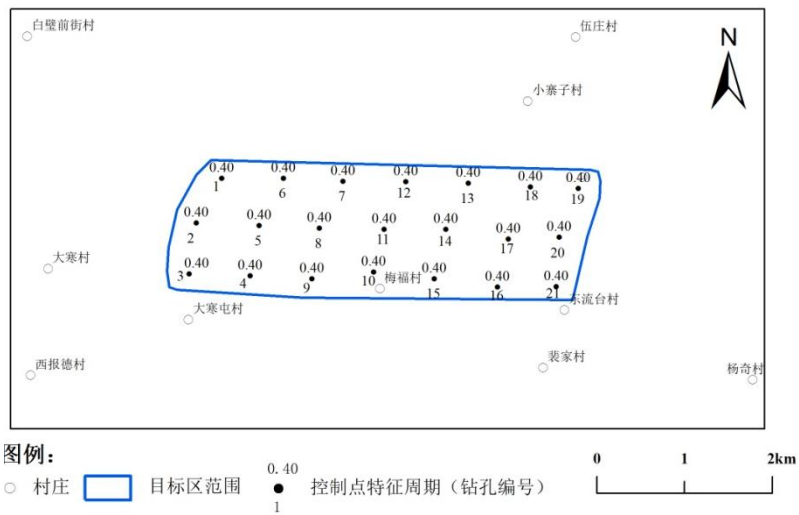


图 7.2-28 目标区地面 50 年超越概率 63%地震动特征周期分布图(单位:gal)

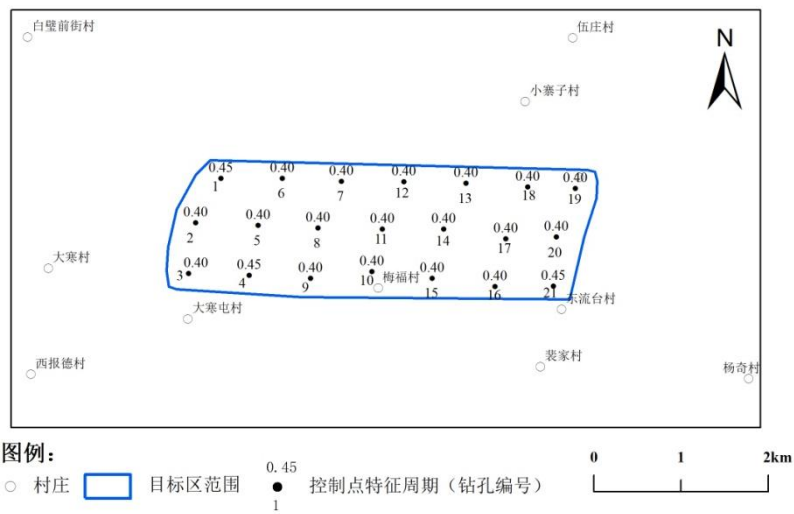


图 7.2-29 目标区地面 50 年超越概率 10%地震动特征周期分布图(单位:gal)

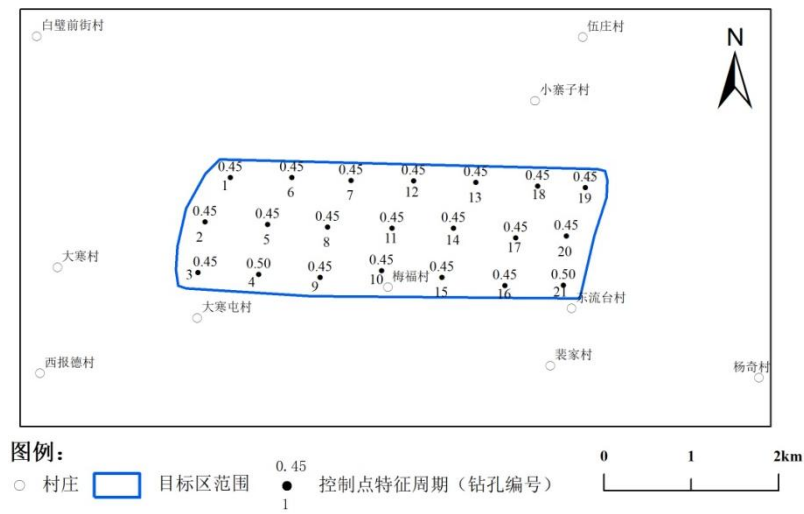


图 7.2-30 目标区地面 50 年超越概率 2%地震动特征周期分布图(单位:gal)

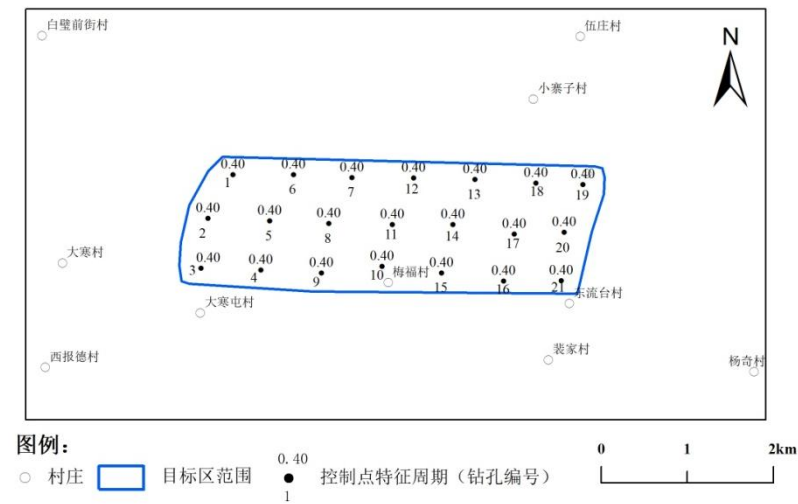


图 7.2-31 目标区地面 100 年超越概率 63%地震动特征周期分布图(单位:gal)

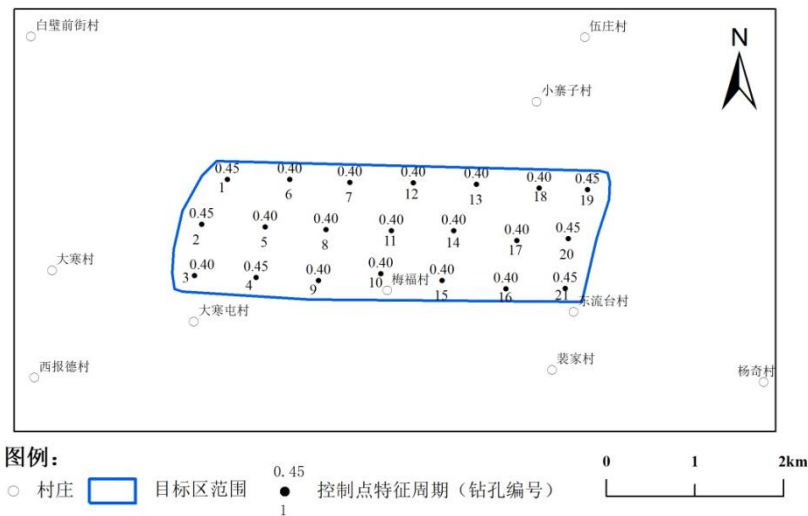


图 7.2-32 目标区地面 100 年超越概率 10%地震动特征周期分布图(单位:gal)

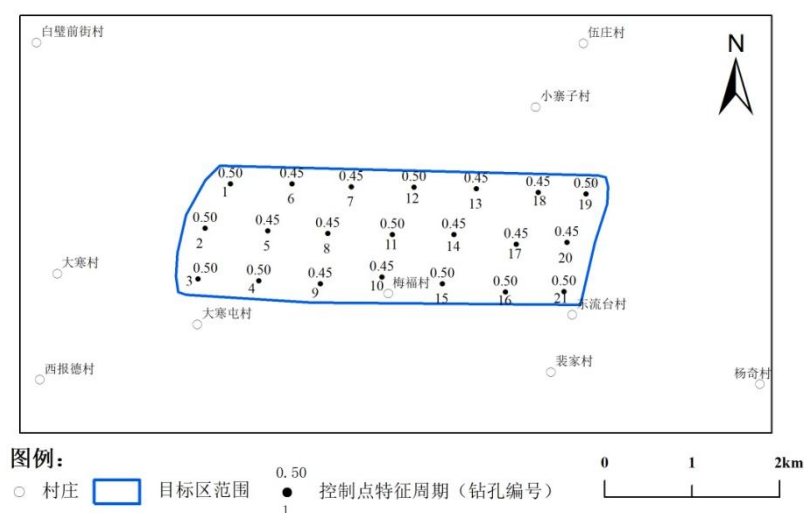


图 7.2-33 目标区地面 100 年超越概率 2%地震动特征周期分布图(单位:gal)

7.2.6 目标区各控制点地表设计地震动时程

在合成目标区内控制点地表地震动时程时,采用工程场地自由地表 50 年超越概率 63%、10%、2%和 100 年超越概率 63%、10%、2%的目标峰值加速度和反应谱,根据所给地震动持时参数分别合成不同概率水平的地表地震动时程。合成的时程均以 0.02 秒为间隔,离散点数最大为 2048。

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(单向逼近,大于目标反应谱)。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%。由于时程数据量巨大,图件较多,需占用报告篇幅较大,故图件以附件形式给出(附件 8),对时程数据文件入库,技术服务系统可以调用。

7.2.7 设计地震动参数区划

以目标区内 21 个计算控制点的地表水平向地震动峰值加速度计算结果和反应谱特征周期的参数值为基础,参考本报告第 6.4 节工程地质单元分区结果,即目标区分为 1 个工程地质单元、而且 21 个计算控制点的同一超越概率地震动参数相关较小,因此不再对目标区内地震动参数进行分,但仍按《区域性地震安全性评价工作大纲(试行)》(中震防函(2019)21 号)中要求:地震动峰值加速度相邻等值线差异宜为 5%且为 5gal 的整数倍,反应谱特征周期相邻等值线差异宜为 0.05s;按此原则对目标区内地震动参数进行等值线划分。目标区范围内场地的设计地震动参数等值线划分结果见图 7.2-34~7.2-45。

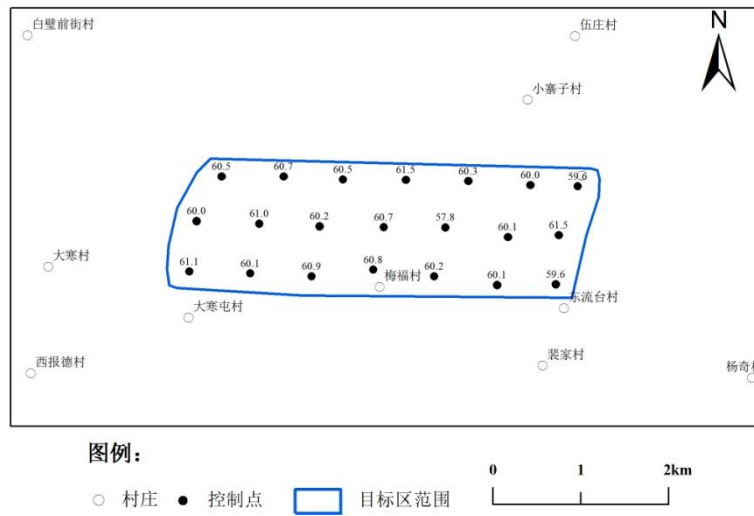


图 7.2-34 目标区地面超越概率 50 年 63%水平向地震动加速度峰值等值线图

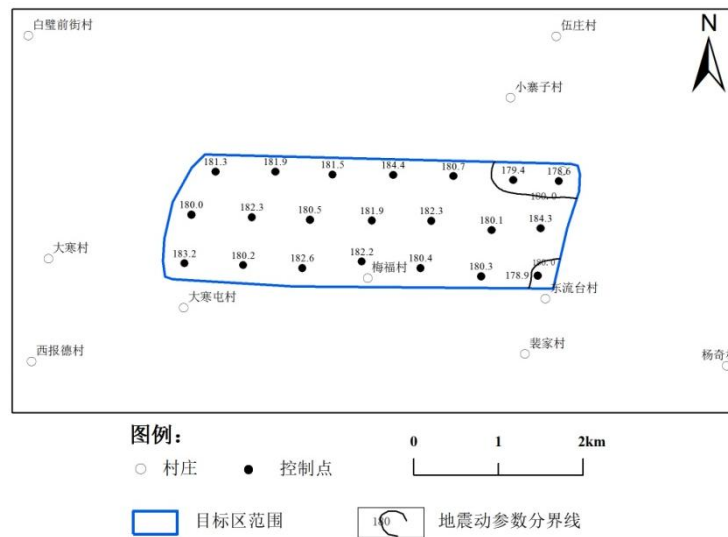


图 7.2-35 目标区地面超越概率 50 年 10%水平向地震动加速度峰值等值线图

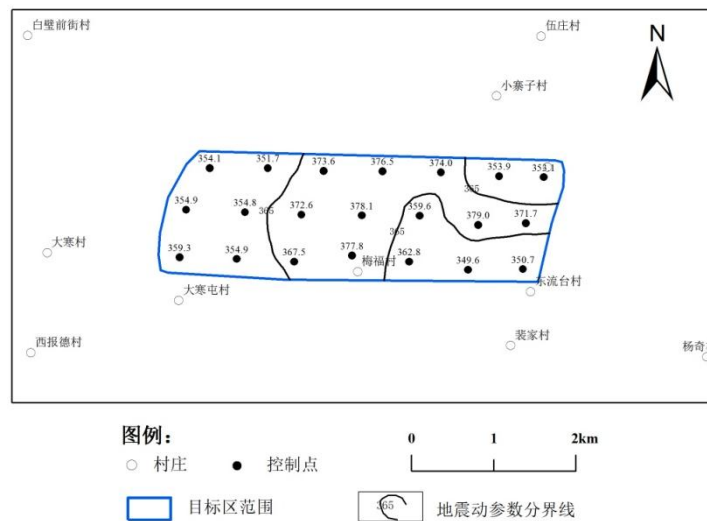
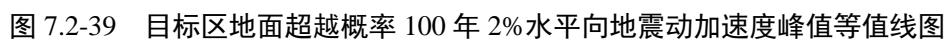
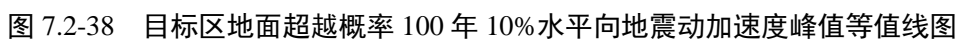
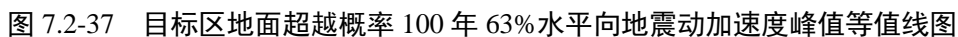


图 7.2-36 目标区地面超越概率 50 年 2%水平向地震动加速度峰值等值线图



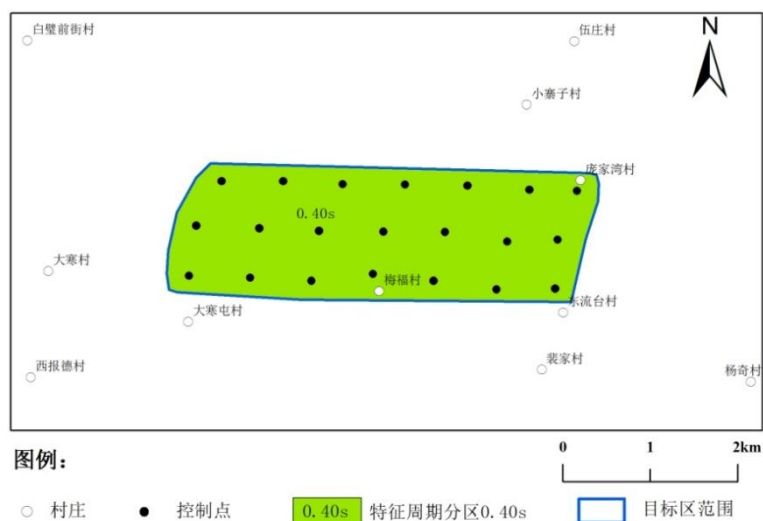


图 7.2-40 目标区地面超越概率 50 年 63%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

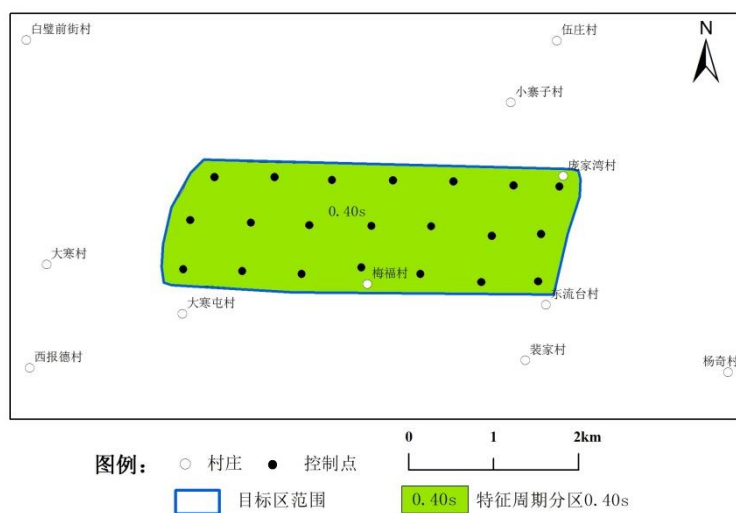


图 7.2-41 目标区地面超越概率 50 年 10%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

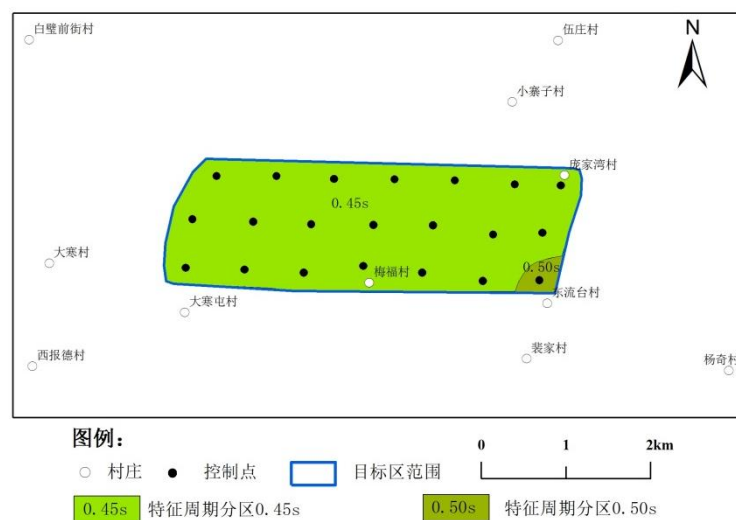


图 7.2-42 目标区地面超越概率 50 年 2%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

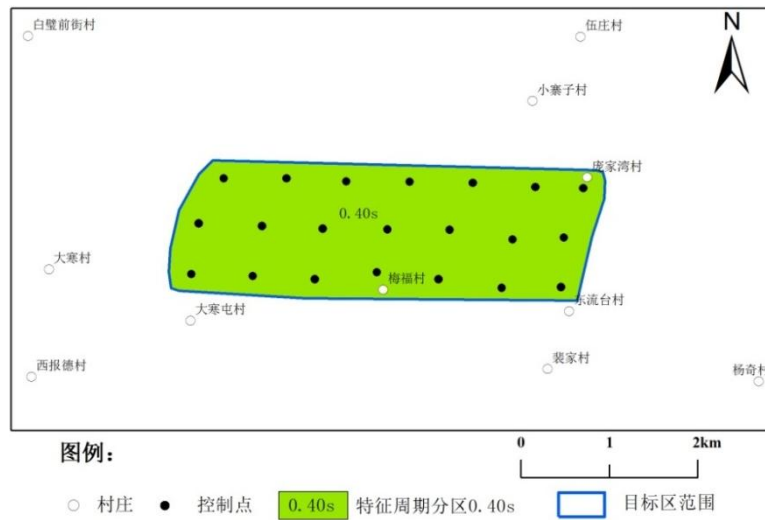


图 7.2-43 目标区地面超越概率 100 年 63%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

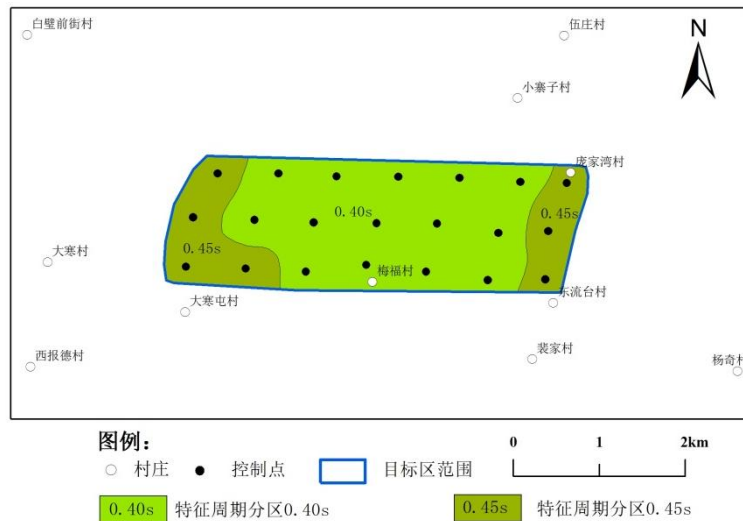


图 7.2-44 目标区地面超越概率 100 年 10%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

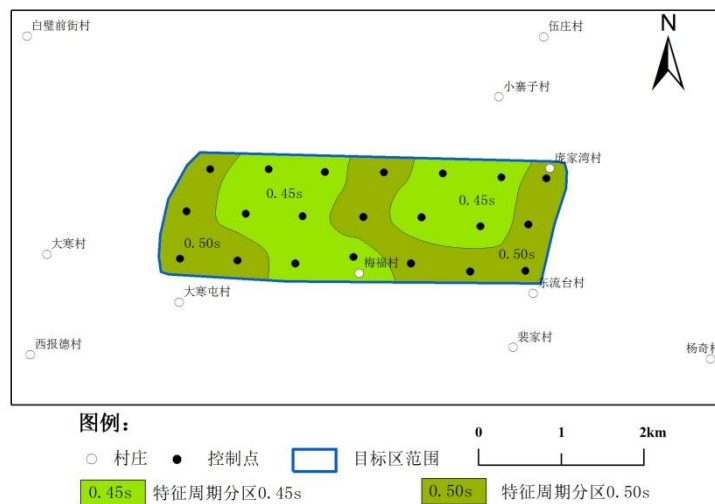


图 7.2-45 目标区地面超越概率 100 年 2%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

7.2.8 数据库及技术服务系统提取设计地震动参数原则

(1) 目标区内任一需要进行工程建设的场地，依据工程结构所需的概率水准，当输入该场地查询点坐标时，首先选取以查询点为圆心、半径为 200m 范围内的计算控制点的地震动参数，并将该计算控制点的场地地震动参数与目标区内的区划标准地震动参数进行比较，选取二者中的高值作为查询坐标点处的地面设计地震动参数。

(2) 目标区内任一需要进行工程建设的场地，依据工程结构所需的概率水准，当输入该场地查询点坐标时，如果在以查询点为圆心、半径为 200m 范围内没有计算控制点时，则首先选取以查询点为圆心、半径为 700m 范围内的多个计算控制点中地震动参数最大的控制点参数，并与目标区内的区划标准地震动参数进行比较，选取二者中的高值作为查询坐标点处的地面设计地震动参数。

(3) 对需要竖向地震地的建设工程，依据水平向地震动参数结果，采用竖向与水平向地震动比值确定场地竖向地震动，比值宜取 $2/3$ 。在场地附近地震活动对地震危险性起主要贡献情况下，比值可取为 1。

第八章 目标区地震地质灾害评价

8.1 砂土液化评价

根据地质钻探结果可知目标区范围内存在可能液化的粉土层，对照《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)，目标区所在地区抗震设防烈度为Ⅶ度(0.15g)、二组。

本次液化判别工作将对目标区内场地 50 年 10%、2% 和 100 年 10% 和 2% 四种超越概率水平下地震影响烈度的结果进行判定。根据地震动参数计算结果，给出目标区内场地在遭受 50 年超越概率 10%、2% 的地震影响烈度为Ⅶ度(0.15g)、Ⅷ度(0.30g)和在遭受 100 年超越概率 10%、2% 的地震影响烈度为Ⅷ度(0.20g)、Ⅸ度(0.40g)时的地震砂土液化判定结果，详细判定结果和有关参数见附件 2(地质勘察报告)、附件 4(土工试验检测报告)。根据场地工程地质勘探结果，对目标区内 30m 以内存在粉土和粉细砂的钻孔进行地震液化判别。

根据中国地震局《关于印发<区域性地震安全性评价工作大纲(试行)>的通知》第九章第 39 条：对地面以下 10m 深度内和 10m~30m 深度范围的可液化土层进行地震液化判别。其中，地面以下 10m 深度范围内，可依照有关行业标准进行地震液化判别，地面以下 10m~30m 深度范围，可采用标准贯入试验判别法进行地震液化判别，实测标贯击数 N 不大于液化标准贯入击数临界值 N_{cr} 时，判为液化。

根据钻探地下水测量结果可知目标区内地下水位埋深为自然地面下 19.0m~21.1m；根据安阳市地震局 30 年地下水观测记录可知目标区内历史最高水位约 12.0m，故砂土液化判定时地下水位取历史最高地下 12.0m。

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)第 4.3.4 节，采用标准贯入试验判别法判别地面下 10m 范围内土的液化判别标准贯入锤击数临界值可按下式计算：

$$N_{cr} = N_0 \beta [\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w] \sqrt{3/\rho_c}$$

式中：

N_{cr} —液化判别标准贯入锤击数临界值；

N_0 —液化判别标准贯入锤击数基准值，可按表 8.1-1 采用；

d_s —饱和土标准贯入点深度(m)；

d_w —地下水位(m)，液化判别时水位取天然地面下 12m；

ρ_c —粘粒含量百分率，当小于 3 或为砂土时，应采用 3；

β —调整系数, 设计地震第一组取 0.80, 第二组取 0.95, 第三组取 1.05, 本项目位于第二组内, 故取 0.95。

表 8.1-1 液化判别标准贯入锤击数基准值 N_0

设计基本地震加速度 (g)	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
液化判别标准贯入锤击数基准值	7	10	12	16	19

0~10m 范围内土层液化判别见表 8.1-2~表 8.1-5:

表 8.1-2 目标区内 0~10m 内土层液化判别表 (0.15g)

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	锤击数基准值	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				N_0	d_s	N_{cr}	N	
1	3	粉土	6.15-6.45	10	6.3	2.40	6	不液化
	3	粉土	8.15-8.45	10	8.3	4.35	9	不液化
2	3	粉土	8.15-8.45	10	8.3	3.59	13	不液化
3	2-1	粉土	2.15-2.45	10	2.3	-0.72	4	不液化
		粉土	4.15-4.45	10	4.3	1.03	3	不液化
		粉土	6.15-6.45	10	6.3	2.34	6	不液化
5	3	粉土	8.35-8.65	10	8.5	4.18	7	不液化
7	2-1	粉土	2.15-2.45	10	2.3	-0.80	5	不液化
8	3-1	细砂	6.15-5.45	10	6.3	2.34	19	不液化
	3	粉土	8.15-8.45	10	8.3	4.04	14	不液化
9	2-1	粉土	3.15-3.45	10	3.3	0.24	3	不液化
13	2-1	粉土	3.15-3.45	10	3.3	0.24	5	不液化

表 8.1-3 目标区内 0~10m 内土层液化判别表 (0.20g)

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	锤击数基准值	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				N_0	d_s	N_{cr}	N	
1	3	粉土	6.15-6.45	12	6.3	2.88	6	不液化
	3	粉土	8.15-8.45	12	8.3	5.22	9	不液化
2	3	粉土	8.15-8.45	12	8.3	4.31	13	不液化
3	2-1	粉土	2.15-2.45	12	2.3	-0.86	4	不液化
		粉土	4.15-4.45	12	4.3	1.23	3	不液化
		粉土	6.15-6.45	12	6.3	2.81	6	不液化
5	3	粉土	8.35-8.65	12	8.5	5.02	7	不液化
7	2-1	粉土	2.15-2.45	12	2.3	-0.96	5	不液化
8	3-1	细砂	6.15-5.45	12	6.3	2.81	19	不液化
	3	粉土	8.15-8.45	12	8.3	4.85	14	不液化
9	2-1	粉土	3.15-3.45	12	3.3	0.29	3	不液化
13	2-1	粉土	3.15-3.45	12	3.3	0.29	5	不液化

表 8.1-4 目标区内 0~10m 内土层液化判别表 (0.30g)

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	锤击数 基准值	标贯深度 (m)	锤击数 临界值	锤击数 实测值	液化判别
				N_0	d_s	N_{cr}	N	
1	3	粉土	6.15-6.45	16	6.3	3.84	6	不液化
	3	粉土	8.15-8.45	16	8.3	6.96	9	不液化
2	3	粉土	8.15-8.45	16	8.3	5.74	13	不液化
3	2-1	粉土	2.15-2.45	16	2.3	-1.14	4	不液化
		粉土	4.15-4.45	16	4.3	1.64	3	不液化
		粉土	6.15-6.45	16	6.3	3.75	6	不液化
5	3	粉土	8.35-8.65	16	8.5	6.69	7	不液化
7	2-1	粉土	2.15-2.45	16	2.3	-1.28	5	不液化
8	3-1	细砂	6.15-5.45	16	6.3	3.75	19	不液化
	3	粉土	8.15-8.45	16	8.3	6.47	14	不液化
9	2-1	粉土	3.15-3.45	16	3.3	0.39	3	不液化
13	2-1	粉土	3.15-3.45	16	3.3	0.39	5	不液化

表 8.1-5 目标区内 0~10m 内土层液化判别表 (0.40g)

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	锤击数 基准值	标贯深度 (m)	锤击数 临界值	锤击数 实测值	液化判别
				N_0	d_s	N_{cr}	N	
1	3	粉土	6.15-6.45	19	6.3	4.56	6	不液化
	3	粉土	8.15-8.45	19	8.3	8.26	9	不液化
2	3	粉土	8.15-8.45	19	8.3	6.82	13	不液化
3	2-1	粉土	2.15-2.45	19	2.3	-1.36	4	不液化
		粉土	4.15-4.45	19	4.3	1.95	3	不液化
		粉土	6.15-6.45	19	6.3	4.45	6	不液化
5	3	粉土	8.35-8.65	19	8.5	7.95	7	液化
7	2-1	粉土	2.15-2.45	19	2.3	-1.52	5	不液化
8	3-1	细砂	6.15-5.45	19	6.3	4.45	19	不液化
	3	粉土	8.15-8.45	19	8.3	7.69	14	不液化
9	2-1	粉土	3.15-3.45	19	3.3	0.46	3	不液化
13	2-1	粉土	3.15-3.45	19	3.3	0.46	5	不液化

根据以上计算,目标区 10m 范围内粉土层在地震加速度为 0.15g、0.20g、0.30g 情况下不液化,在 0.40g 情况下只有一个勘探点(5 号孔)液化。

根据《建筑抗震设计规范》GB50011-2010(2016 版)第 4.3.5 条规定,对存在液化砂土层应按式计算每个孔的液化指数:

$$I_{IE} = \sum_{i=1}^n \left[1 - \frac{N_i}{N_{cri}} \right] d_i W_i$$

式中： I_{LE} ——液化指数；

n ——在判别深度范围内每一个钻孔标准贯入试验点的总数；

N_i 、 N_{cri} ——分别为 i 点标准贯入锤击数的实测值和临界值，当实测值大于临界值时应取临界值；

d_i —— i 点所代表的土层厚度 (m)，可采用与该标准贯入试验点相邻的上、下两标准贯入试验点深度差的一半，但上界不高于地下水位深度，下界不深于液化深度；

W_i —— i 土层单位厚度的层位影响权函数值。

目标区 10m 米深度范围内，地震加速度为 0.40g 影响下，5 号孔有液化现象，经判定液化等级为轻微液化，详见表 8.1-6：

表 8.1-6 目标区 0~10m 米深度范围内液化等级判别表 (0.40g)

孔号	中点深度 (m)	土层厚度 (m)	地震加速度 (g)	实测值 N_i	临界值 N_{cri}	影响权 函数值 W_i	液化指数 I_{LE}	液化等级
5	8.5	1.5	0.4	7	7.95	8.6	1.54	轻微

根据《关于印发〈区域性地震安全性评价工作大纲（试行）〉的通知》，10m~30m 深度范围内，液化判别标准贯入击数临界值 N_{cr} 按下式计算：

$$N_{cr} = \gamma \beta \frac{58\alpha_{\max}}{\alpha_{\max} + 0.4} \times (1 - 0.02d_w) \times (0.27 + \frac{d_s}{d_s + 6.2}) \times \sqrt{3/\rho_c}$$

式中：

N_{cr} ——液化判别标准贯入锤击数临界值；

γ ——工作等级系数，取 1.0；

β ——调整系数，位于 GB18306-2015 中基本地震动加速度反应谱特征周期 0.35s、0.40s 和 0.45s 分区内场地，分别取 0.85、1.00 和 1.10，本项目位于 0.40s 分区内，故取 1.00；

a_{\max} ——场地地震动峰值加速度(g)；

d_w ——地下水位(m)，液化判别时水位取天然地面下 12m；

d_s ——饱和土标准贯入点深度(m)；

p_c ——黏粒含量百分率，当小于 3 或为砂土时，应采用 3。

10—30m 范围内土层液化判别见表 8.1-7~表 8.1-10；

表 8.1-7 目标区内 10~30m 内土层液化判别表 (0.15g)

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				d_s	N_{cr}	N	
1	3	粉土	10.15-10.45	10.3	6.17	10	不液化
	3	粉土	12.15-12.45	12.3	6.53	12	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	6.61	12	不液化
	3	粉土	16.15-16.45	16.3	7.56	15	不液化
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	6.44	17	不液化
	4-2	粉土	28.15-28.45	17	6.54	17	不液化
2	3	粉土	10.15-10.45	10.3	5.80	16	不液化
3	3	粉土	11.15-11.45	11.3	6.58	13	不液化
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	6.57	15	不液化
	4-2	粉土	16.15-16.45	16.3	5.70	16	不液化
	4-2	粉土	18.15-18.45	18.3	6.16	19	不液化
	4-1	细砂	21.15-21.45	21.3	12.56	32	不液化
	4-1	细砂	24.15-24.45	24.3	12.82	49	不液化
4	3	粉土	14.15-14.45	14.3	6.61	27	不液化
	3	粉土	16.35-16.65	16.5	6.23	13	不液化
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	6.41	17	不液化
	3-1	细砂	19.15-19.35	19.3	12.34	36	不液化
	4-1	细砂	26.15-26.35	26.3	12.97	44	不液化
6	3	粉土	11.35-11.65	11.5	6.06	12	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	7.96	14	不液化
7	3	粉土	12.15-12.45	12.3	7.20	16	不液化
8	3	粉土	10.15-10.45	10.3	6.42	10	不液化
	3	粉土	12.15-12.45	12.3	6.22	12	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	5.50	11	不液化
	3	粉土	16.15-16.45	16.3	5.74	14	不液化
9	3	粉土	15.15-15.45	15.3	6.67	11	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	6.76	10	不液化
	3-1	细砂	19.15-19.45	19.3	12.34	37	不液化
	3-1	细砂	21.15-21.45	21.3	12.56	50	不液化
10	3	粉土	13.15-13.45	13.3	6.33	18	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	6.63	20	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	6.73	24	不液化
	3	粉土	19.15-19.45	19.3	6.76	26	不液化
11	3	粉土	12.35-12.65	12.5	6.03	11	不液化
	3	粉土	14.35-14.65	14.5	6.56	13	不液化
	3	粉土	16.35-16.65	16.5	6.56	15	不液化
12	3	粉土	11.15-11.45	11.3	5.94	19	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	6.44	23	不液化
13	3	粉土	11.15-11.45	11.3	5.67	13	不液化

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				d_s	N_{cr}	N	
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	5.80	15	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	7.46	18	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	7.70	20	不液化
14	3	粉土	16.15-16.45	16.3	6.03	18	不液化
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	6.36	37	不液化
16	3	粉土	15.15-15.45	15.3	6.60	18	不液化
	3	粉土	20.15-20.45	20.3	6.75	19	不液化
	3	粉土	25.15-25.45	25.5	7.72	20	不液化
17	3	粉土	13.25-13.55	13.4	5.93	8	不液化
	4-2	粉土	19.35-19.65	19.4	6.03	13	不液化
	5-1	粉土	28.35-28.65	28.5	6.33	18	不液化
19	3	粉土	11.15-11.45	11.3	5.35	14	不液化
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	6.76	18	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	7.90	21	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	6.83	25	不液化
20	3	粉土	13.15-13.45	13.3	6.47	16	不液化
	3-1	细砂	16.35-16.65	16.5	11.98	34	不液化
	4-2	粉土	22.15-22.45	22.3	6.83	21	不液化
21	3	粉土	15.15-15.45	15.3	6.53	19	不液化
	3	粉土	19.15-19.45	19.3	6.73	20	不液化
	3	粉土	23.65-23.95	23.8	6.45	21	不液化

表 8.1-8 目标区内 10~30m 内土层液化判别表 (0.20g)

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				d_s	N_{cr}	N	
1	3	粉土	10.15-10.45	10.3	7.54	10	不液化
	3	粉土	12.15-12.45	12.3	7.98	12	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	8.07	12	不液化
	3	粉土	16.15-16.45	16.3	9.24	15	不液化
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	7.88	17	不液化
	4-2	粉土	28.15-28.45	17	7.99	17	不液化
2	3	粉土	10.15-10.45	10.3	7.09	16	不液化
3	3	粉土	11.15-11.45	11.3	8.04	13	不液化
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	8.03	15	不液化
	4-2	粉土	16.15-16.45	16.3	6.97	16	不液化
	4-2	粉土	18.15-18.45	18.3	7.53	19	不液化
	4-1	细砂	21.15-21.45	21.3	15.35	32	不液化
	4-1	细砂	24.15-24.45	24.3	15.67	49	不液化
4	3	粉土	14.15-14.45	14.3	8.07	27	不液化
	3	粉土	16.35-16.65	16.5	7.61	13	不液化

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				d_s	N_{cr}	N	
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	7.84	17	不液化
	3-1	细砂	19.15-19.35	19.3	15.09	36	不液化
	4-1	细砂	26.15-26.35	26.3	15.86	44	不液化
6	3	粉土	11.35-11.65	11.5	7.40	12	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	9.72	14	不液化
7	3	粉土	12.15-12.45	12.3	8.81	16	不液化
8	3	粉土	10.15-10.45	10.3	7.85	10	不液化
	3	粉土	12.15-12.45	12.3	7.60	12	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	6.73	11	不液化
	3	粉土	16.15-16.45	16.3	7.02	14	不液化
9	3	粉土	15.15-15.45	15.3	8.15	11	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	8.26	10	不液化
	3-1	细砂	19.15-19.45	19.3	15.09	37	不液化
	3-1	细砂	21.15-21.45	21.3	15.35	50	不液化
10	3	粉土	13.15-13.45	13.3	7.74	18	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	8.11	20	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	8.22	24	不液化
	3	粉土	19.15-19.45	19.3	8.26	26	不液化
11	3	粉土	12.35-12.65	12.5	7.37	11	不液化
	3	粉土	14.35-14.65	14.5	8.01	13	不液化
	3	粉土	16.35-16.65	16.5	8.02	15	不液化
12	3	粉土	11.15-11.45	11.3	7.26	19	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	7.87	23	不液化
13	3	粉土	11.15-11.45	11.3	6.93	13	不液化
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	7.08	15	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	9.12	18	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	9.41	20	不液化
14	3	粉土	16.15-16.45	16.3	7.37	18	不液化
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	7.77	37	不液化
16	3	粉土	15.15-15.45	15.3	8.06	18	不液化
	3	粉土	20.15-20.45	20.3	8.26	19	不液化
	3	粉土	25.15-25.45	25.5	9.43	20	不液化
17	3	粉土	13.25-13.55	13.4	7.25	8	不液化
	4-2	粉土	19.35-19.65	19.4	7.37	13	不液化
	5-1	粉土	28.35-28.65	28.5	7.73	18	不液化
19	3	粉土	11.15-11.45	11.3	6.54	14	不液化
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	8.26	18	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	9.65	21	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	8.35	25	不液化
20	3	粉土	13.15-13.45	13.3	7.90	16	不液化

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				d_s	N_{cr}	N	
	3-1	细砂	16.35-16.65	16.5	14.65	34	不液化
	4-2	粉土	22.15-22.45	22.3	8.35	21	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	7.98	19	不液化
21	3	粉土	19.15-19.45	19.3	8.22	20	不液化
	3	粉土	23.65-23.95	23.8	7.88	21	不液化

表 8.1-9 目标区内 10~30m 内土层液化判别表 (0.30g)

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				d_s	N_{cr}	N	
1	3	粉土	10.15-10.45	10.3	9.70	10	不液化
	3	粉土	12.15-12.45	12.3	10.25	12	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	10.38	12	不液化
	3	粉土	16.15-16.45	16.3	11.88	15	不液化
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	10.13	17	不液化
	4-2	粉土	28.15-28.45	17	10.27	17	不液化
2	3	粉土	10.15-10.45	10.3	9.12	16	不液化
3	3	粉土	11.15-11.45	11.3	10.34	13	不液化
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	10.33	15	不液化
	4-2	粉土	16.15-16.45	16.3	8.96	16	不液化
	4-2	粉土	18.15-18.45	18.3	9.69	19	不液化
	4-1	细砂	21.15-21.45	21.3	19.73	32	不液化
	4-1	细砂	24.15-24.45	24.3	20.15	49	不液化
4	3	粉土	14.15-14.45	14.3	10.38	27	不液化
	3	粉土	16.35-16.65	16.5	9.79	13	不液化
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	10.08	17	不液化
	3-1	细砂	19.15-19.35	19.3	19.40	36	不液化
	4-1	细砂	26.15-26.35	26.3	20.39	44	不液化
6	3	粉土	11.35-11.65	11.5	9.52	12	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	12.50	14	不液化
7	3	粉土	12.15-12.45	12.3	11.32	16	不液化
8	3	粉土	10.15-10.45	10.3	10.10	10	液化
	3	粉土	12.15-12.45	12.3	9.77	12	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	8.65	11	不液化
	3	粉土	16.15-16.45	16.3	9.02	14	不液化
9	3	粉土	15.15-15.45	15.3	10.48	11	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	10.63	10	液化
	3-1	细砂	19.15-19.45	19.3	19.40	37	不液化
	3-1	细砂	21.15-21.45	21.3	19.73	50	不液化
10	3	粉土	13.15-13.45	13.3	9.95	18	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	10.42	20	不液化

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				d_s	N_{cr}	N	
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	10.57	24	不液化
	3	粉土	19.15-19.45	19.3	10.63	26	不液化
11	3	粉土	12.35-12.65	12.5	9.48	11	不液化
	3	粉土	14.35-14.65	14.5	10.30	13	不液化
	3	粉土	16.35-16.65	16.5	10.31	15	不液化
12	3	粉土	11.15-11.45	11.3	9.34	19	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	10.11	23	不液化
13	3	粉土	11.15-11.45	11.3	8.91	13	不液化
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	9.11	15	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	11.73	18	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	12.10	20	不液化
14	3	粉土	16.15-16.45	16.3	9.47	18	不液化
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	9.99	37	不液化
16	3	粉土	15.15-15.45	15.3	10.37	18	不液化
	3	粉土	20.15-20.45	20.3	10.61	19	不液化
	3	粉土	25.15-25.45	25.5	12.13	20	不液化
17	3	粉土	13.25-13.55	13.4	9.32	8	液化
	4-2	粉土	19.35-19.65	19.4	9.47	13	不液化
	5-1	粉土	28.35-28.65	28.5	9.94	18	不液化
19	3	粉土	11.15-11.45	11.3	8.41	14	不液化
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	10.62	18	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	12.41	21	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	10.74	25	不液化
20	3	粉土	13.15-13.45	13.3	10.16	16	不液化
	3-1	细砂	16.35-16.65	16.5	18.83	34	不液化
	4-2	粉土	22.15-22.45	22.3	10.73	21	不液化
21	3	粉土	15.15-15.45	15.3	10.26	19	不液化
	3	粉土	19.15-19.45	19.3	10.57	20	不液化
	3	粉土	23.65-23.95	23.8	10.13	21	不液化

表 8.1-10 目标区内 10~30m 内土层液化判别表 (0.40g)

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				d_s	N_{cr}	N	
1	3	粉土	10.15-10.45	10.3	11.32	10	液化
	3	粉土	12.15-12.45	12.3	11.96	12	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	12.11	12	液化
	3	粉土	16.15-16.45	16.3	13.86	15	不液化
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	11.81	17	不液化
	4-2	粉土	28.15-28.45	17	11.99	17	不液化
2	3	粉土	10.15-10.45	10.3	10.64	16	不液化

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				d_s	N_{cr}	N	
3	3	粉土	11.15-11.45	11.3	12.06	13	不液化
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	12.05	15	不液化
	4-2	粉土	16.15-16.45	16.3	10.45	16	不液化
	4-2	粉土	18.15-18.45	18.3	11.30	19	不液化
	4-1	细砂	21.15-21.45	21.3	23.02	32	不液化
	4-1	细砂	24.15-24.45	24.3	23.51	49	不液化
4	3	粉土	14.15-14.45	14.3	12.11	27	不液化
	3	粉土	16.35-16.65	16.5	11.42	13	不液化
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	11.76	17	不液化
	3-1	细砂	19.15-19.35	19.3	22.63	36	不液化
	4-1	细砂	26.15-26.35	26.3	23.79	44	不液化
6	3	粉土	11.35-11.65	11.5	11.10	12	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	14.59	14	不液化
7	3	粉土	12.15-12.45	12.3	13.21	16	不液化
8	3	粉土	10.15-10.45	10.3	11.78	10	液化
	3	粉土	12.15-12.45	12.3	11.40	12	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	10.09	11	不液化
	3	粉土	16.15-16.45	16.3	10.53	14	不液化
9	3	粉土	15.15-15.45	15.3	12.22	11	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	12.40	10	液化
	3-1	细砂	19.15-19.45	19.3	22.63	37	不液化
	3-1	细砂	21.15-21.45	21.3	23.02	50	不液化
10	3	粉土	13.15-13.45	13.3	11.61	18	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	12.16	20	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	12.33	24	不液化
	3	粉土	19.15-19.45	19.3	12.40	26	不液化
11	3	粉土	12.35-12.65	12.5	11.06	11	液化
	3	粉土	14.35-14.65	14.5	12.02	13	不液化
	3	粉土	16.35-16.65	16.5	12.03	15	不液化
12	3	粉土	11.15-11.45	11.3	10.89	19	不液化
	3	粉土	14.15-14.45	14.3	11.80	23	不液化
13	3	粉土	11.15-11.45	11.3	10.40	13	不液化
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	10.63	15	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	13.68	18	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	14.12	20	不液化
14	3	粉土	16.15-16.45	16.3	11.05	18	不液化
	3	粉土	18.15-18.45	18.3	11.65	37	不液化
16	3	粉土	15.15-15.45	15.3	12.09	18	不液化
	3	粉土	20.15-20.45	20.3	12.38	19	不液化
	3	粉土	25.15-25.45	25.5	14.15	20	不液化

孔号	层号	岩土名称	孔深 (m)	标贯深度 (m)	锤击数临界值	锤击数实测值	液化判别
				d_s	N_{cr}	N	
17	3	粉土	13.25-13.55	13.4	10.88	8	液化
	4-2	粉土	19.35-19.65	19.4	11.05	13	不液化
	5-1	粉土	28.35-28.65	28.5	11.60	18	不液化
19	3	粉土	11.15-11.45	11.3	9.81	14	不液化
	3	粉土	13.15-13.45	13.3	12.39	18	不液化
	3	粉土	15.15-15.45	15.3	14.48	21	不液化
	3	粉土	17.15-17.45	17.3	12.53	25	不液化
20	3	粉土	13.15-13.45	13.3	11.85	16	不液化
	3-1	细砂	16.35-16.65	16.5	21.97	34	不液化
	4-2	粉土	22.15-22.45	22.3	12.52	21	不液化
21	3	粉土	15.15-15.45	15.3	11.97	19	不液化
	3	粉土	19.15-19.45	19.3	12.33	20	不液化
	3	粉土	23.65-23.95	23.8	11.82	21	不液化

根据以上计算可知,目标区 10~30m 范围内所取粉土、砂土层在地震加速度为 0.15g、0.20g 情况下不液化,在 0.30g、0.40g 情况下部分勘探点可能液化。

根据《建筑抗震设计规范》GB50011-2010(2016 版)第 4.3.5 条规定,对存在液化砂土层应按式 4.2.3-2 计算每个钻孔的液化指数。

目标区 10~30m 深度范围内,地震加速度为 0.30g、0.40g 部分勘探点有液化现象,具体液化等级为轻微,见表 8.1-11 和表 8.1-12:

表 8.1-11 目标区 10~30m 深度范围内液化等级判别表 (0.30g)

孔号	中点深度 (m)	土层厚度 (m)	地震加速度 (g)	实测值 N_i	临界值 N_{cri}	影响权函数值 W_i	液化指数 I_{LE}	液化等级
8	10.3	5	0.3	10	10.1	7.88	0.37	轻微
9	17.3	2.5	0.3	10	10.63	5.08	0.75	轻微
17	13.4	0.9	0.3	8	9.32	6.64	0.85	轻微

表 8.1-12 目标区 10~30m 深度范围内液化等级判别表 (0.40g)

孔号	中点深度 (m)	土层厚度 (m)	地震加速度 (g)	实测值 N_i	临界值 N_{cri}	影响权函数值 W_i	液化指数 I_{LE}	液化等级
1	10.3	2	0.4	10	11.32	7.88	1.83	轻微 (1.95)
	14.3	2	0.4	12	12.11	6.28	0.12	
8	10.3	5	0.4	10	11.78	7.88	5.95	轻微
9	17.3	2.5	0.4	10	12.4	5.08	2.46	轻微
11	12.5	3	0.4	11	11.06	7	0.11	轻微
17	13.4	0.9	0.4	8	10.88	6.64	1.58	轻微

综合目标区内地面 0~10m 和 10~30m 计算控制点的地震砂土液化判定结果，可知在地震加速度为 0.15g 和 0.20g 作用下不液化；在地震加速度为 0.30g 作用下地表下 0~30m 内 8、9、17 号控制点出现轻微，见表 8.1-13 和图 8.1-1；在地震加速度 0.40g 作用下地表下 0~30m 内 1、5、8、9、11、17 号控制点出现轻微液化，见表 8.1-14 和图 8.1-2。

表 8.1-13 目标区 0~30m 深度范围内液化等级判别表（0.30g）

孔号	中点深度（m）	土层厚度（m）	地震加速度（g）	实测值 N_i	临界值 N_{cri}	影响权函数值 W_i	液化指数 I_{LE}	液化等级
8	10.3	5	0.30	10	10.1	7.88	0.37	轻微
9	17.3	2.5	0.30	10	10.63	5.08	0.75	轻微
17	13.4	0.9	0.30	8	9.32	6.64	0.85	轻微

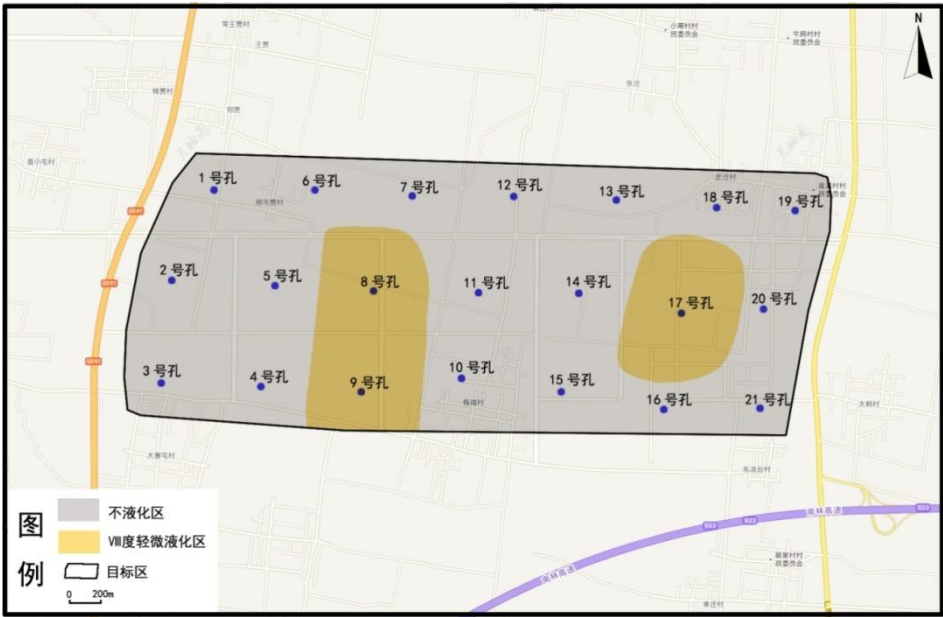


图 8.1-1 目标区内地表下 0~30m 场地液化分区图（0.30g）

表 8.1-14 目标区地表下 0~30m 深度范围内液化等级判别表（0.40g）

孔号	中点深度（m）	土层厚度（m）	地震加速度（g）	实测值 N_i	临界值 N_{cri}	影响权函数值 W_i	液化指数 I_{LE}	液化等级
1	10.3	2	0.4	10	11.32	7.88	1.83	轻微 (1.95)
	14.3	2	0.4	12	12.11	6.28	0.12	
5	8.5	1.5	0.4	7	7.95	8.6	1.54	轻微
8	10.3	5	0.4	10	11.78	7.88	5.95	轻微

孔号	中点深度 (m)	土层厚度 (m)	地震加速度 (g)	实测值 N_i	临界值 N_{cri}	影响权函数值 W_i	液化指数 I_{LE}	液化等级
9	17.3	2.5	0.4	10	12.4	5.08	2.46	轻微
11	12.5	3	0.4	11	11.06	7	0.11	轻微
17	13.4	0.9	0.4	8	10.88	6.64	1.58	轻微

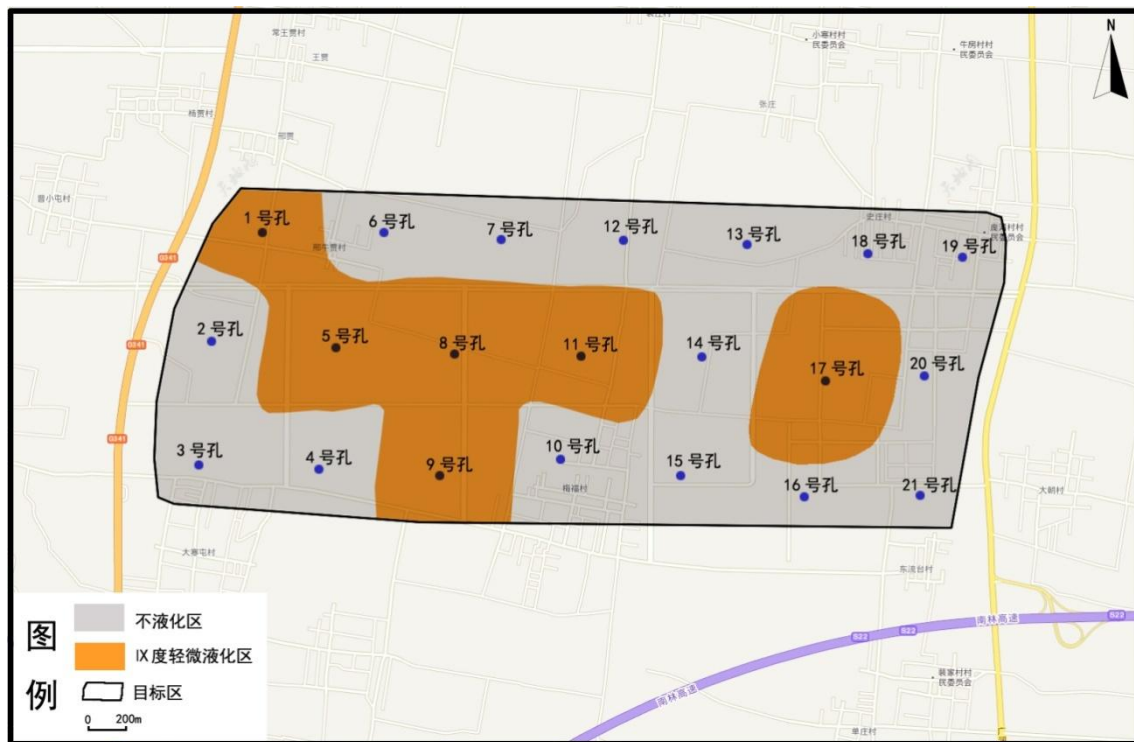


图 8.1-2 目标区内地表下 0~30m 场地液化分区图 (0.40g)

8.2 软土震陷评价

根据附件 3(剪切波速测试报告)可知,目标区内土层等效剪切波速为 217m/s~260m/s,根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009 年版)第 6.3.1 条软土定义,本目标区内不存在软土;另根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)第 4.1.3 条规定的土层剪切波速与土的类型对照表可知,目标区内场地土层剪切波速均大于 150m/s 时,可判定目标区场地不存在软土。因此目标区内场地土可不考虑地震软土震陷影响。

根据野外实地调查(附件 5-地震地质调查报告),目标区未发现地面塌陷、地裂缝、地面沉降等地质灾害点,与不考虑软土震陷影响一致。

8.3 断裂对目标区内工程影响

通过对近场区和目标区内地震构造研究、现场调查成果以及浅层地震勘探成果可知，目标区内没有第四纪断裂通过。在目标区外西部发育有隐伏状的早-中更新世临漳断裂（F3）及晚更新世汤东断裂（F9），南部发育有隐伏状早-中更新世安阳南断裂（F18），详见本报告第 3.3~3.4 节。临漳断裂（F3）距离目标区西边界最近约 3km、距离晚更新世汤东断裂（F9）约 5km，安阳南断裂（F18）距离目标区南边界约 4km。目标区位于抗震设防Ⅶ度区（0.15g）内，尽管距目标区外有断裂，但该断裂活动时代为晚更新世及以前断裂，而非全新世断裂。根据 GB50011-2010《建筑抗震设计规范》中第 4.1.7 条第 1 款规定，可忽略发震断裂错动对目标区内地面建筑物的影响；也同时满足 GB50011-2010《建筑抗震设计规范》中第 4.1.7 条第 2 款规定的避让距离要求。

8.4 地震崩塌、滑坡评价

安阳市地处华北平原与太行山脉的交界处，安阳市西为太行山东麓低山丘陵区，东为华北平原，地势总特点是西高，北低。目标区位于安阳市东部安阳县境内，地形平坦、宽阔，最大相对高差约 5m，倾斜率小于 0.1%，属冲洪积平原区。

结合前人研究成果、相关文献和野外实地调查（附件 5-地震地质调查报告），查明目标区未发现崩塌、滑坡等地质灾害点。

8.5 地震地质灾害评价结果

8.5.1 地震砂土液化

目标区内场地在遭受 50 年超越概率 10% 的地震影响烈度即Ⅶ度（0.15g）100 年超越概率 10% 的地震影响烈度为Ⅷ度（0.20g）时，不存在地震砂土液化现象；但在遭受 50 年超越概率 2% 的地震影响烈度Ⅷ度（0.30g）时，8 号、9 号、17 号控制点存在轻微砂土液化可能；在遭受 100 年超越概率 2% 的地震影响烈度Ⅸ度（0.40g）时，1 号、5 号、8、9 号、11 号、17 号控制点存在轻微砂土液化可能。

8.5.2 软土震陷评价

根据附件 3（剪切波速测试报告）可知，目标区内土层等效剪切波速为 217m/s~260m/s，根据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（2009 年版）第 6.3.1 条软土定义，本目标区内不存在软土；另根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）第 4.1.3 条规定的土层剪切波速与土的类型对照表可知，目标区内场地土层剪切波速

均大于 150m/s 时，可判定目标区场地不存在软土。因此目标区内场地土可不考虑地震软土震陷影响。

8.5.3 断层对目标区内工程影响

通过对近场区和目标区内地震构造研究、现场调查成果以及浅层地震勘探成果可知，目标区内没有第四纪断裂通过。在目标区外西部发育有隐伏状的早-中更新世临漳断裂（f3）及晚更新世汤东断裂（F9），南部发育有隐伏状早-中更新世安阳南断裂（F18），详见本报告第 3.3~3.4 节。临漳断裂（F3）距离目标区西边界最近约 3km、距离晚更新世汤东断裂（F9）约 5km，安阳南断裂（F18）距离目标区南边界约 4km。目标区位于抗震设防 VII 度区（0.15g）内，尽管距目标区外有断裂，但该断裂活动时代为晚更新世及以前断裂，而且距目标区最近距离达 3km。根据 GB50011-2010《建筑抗震设计规范》中第 4.1.7 条第 1 款规定，可忽略发震断裂错动对目标区内地面建筑物的影响；也同时满足 GB50011-2010《建筑抗震设计规范》中第 4.1.7 条第 2 款规定的避让距离要求。

8.5.4 地震崩塌、滑坡评价

安阳市地处华北平原与太行山脉的交界处，安阳市西为太行山东麓低山丘陵区，东为华北平原，地势总特点是西高，北低。目标区位于安阳市东部安阳县境内，地形平坦、宽阔，最大相对高差约 5m，属冲洪积平原区。

结合前人研究成果、相关文献和野外实地调查（附件 5-地震地质调查报告），查明目标区未发现崩塌、滑坡等地质灾害点。

8.5.5 地震地质灾害综合评价结果

目标区内地震地质灾害主要是地震砂土液化，即在遭受 50 年超越概率 2% 的地震影响烈度 VIII 度（0.30g）时，8 号、9 号、17 号控制点出现轻微砂土液化；在遭受 100 年超越概率 2% 的地震影响烈度 IX 度（0.40g）时，1 号、5 号、8、9 号、11 号、17 号控制点出现砂土液化。目标区内没有其它地震地质灾害，目标区地震地质灾害综合评价分布图详见图 8.5-1 和图 8.5-2。

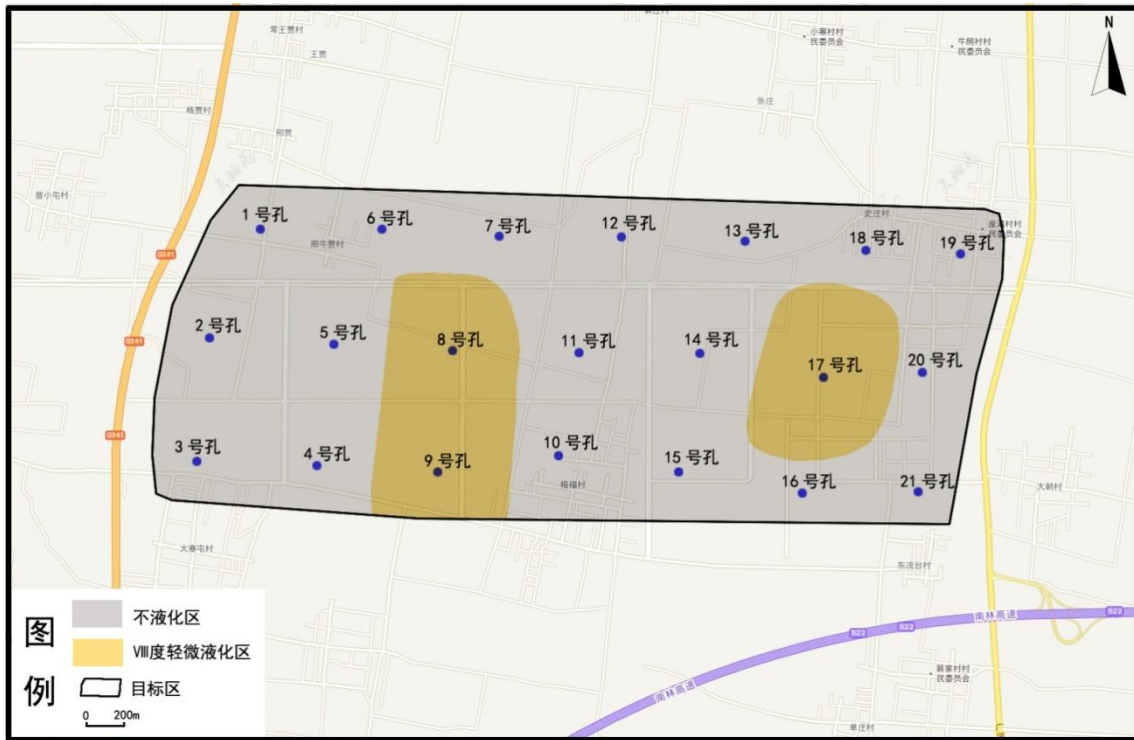


图 8.5-1 目标区内地表下 0~30m 地震地质灾害综合评价分区图 (0.30g)

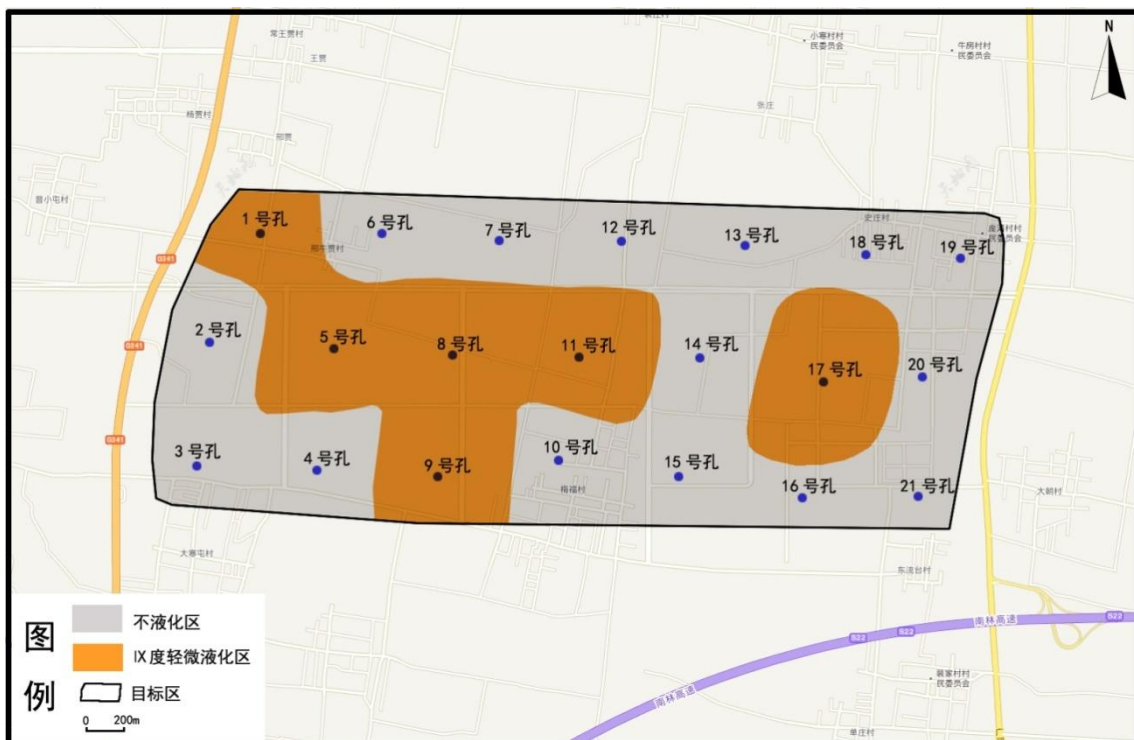


图 8.5-2 目标区内地表下 0~30m 地震地质灾害综合评价分区图 (0.40g)

第九章 结论与使用说明

9.1 区域及近场区地震环境评价

(1) 区域记载到 $M \geq 4.7$ 级地震 88 次, 最大地震为 $7\frac{1}{2}$ 级。1970 年以来, 区域共记录 $M \geq 3.0$ 级地震 608 次。

(2) 区域破坏性地震在空间分布上呈现出不均匀性, 太行山前地区和聊兰断裂带地震活动水平较高; 区域现代地震活动丛集、条带状特征明显, 现代地震与破坏性地震的空间分布特征基本一致, 说明现代小震活跃区仍可能是未来强震发生的地区。

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 $6 \sim 25\text{km}$ 范围内, 区域内的地震基本是发生在地壳中上层的浅源构造地震。

(3) 区域主要涉及华北平原地震带和汾渭地震带。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; 汾渭地震带未来百年地震活动可能处在较为活跃的阶段, 会有中、强地震活动; 未来百年, 郯庐地震带地震活动参数宜以活跃期水平估计, 在郯庐带中段不能排除发生 $M7.0 \sim M7\frac{1}{2}$ 级地震的可能性。

(4) 区域内在历史上曾多次遭受过破坏性地震的影响, 目标区范围历史地震最大影响烈度达Ⅶ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, 区域主要处于以北东东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) 近场区内历史上记载过 6 次破坏性地震, 最大震级为 $7\frac{1}{2}$ 级。1970 年至 2022 年 6 月共记录到 $M \geq 2.0$ 级地震 123 次, 最大震级为 $M4.5$ 级。近场区现代地震活动水平较高, 地震分布不均匀。综合现代及历史地震活动性分析认为, 近场区存在发生强地震的背景。

9.2 区域及近场区地震构造环境评价

(1) 区域位于一级大地构造单元华北准地台内。华北准地台是十分活跃的一个构造单元, 曾发生过多中、强地震。区域涉及鲁西台背斜、华北拗陷、山西台背斜 3 个二级构造单元。

(2) 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。区内存在北北东、北西西、近东西向的重、磁异常梯级带和地壳厚度转折带。区内发生的地震多与这些异常带有

关,如 1937 年山东菏泽 7 级地震发生在重力梯级带和磁力异常带上;1830 年磁县 $7\frac{1}{2}$ 级地震和 1966 年河北邢台一带地震与重力梯级带和航磁异常畸变带相关等。

(3) 新构造时期,区域内不同地质构造运动强烈程度,断裂运动方式、地震活动等方面有着明显的差别。根据这些差别,本区域划分出 5 个一级构造单元和 15 个二级构造单元。新构造分区界线是地震发生的主要场所,如 1830 年磁县 $7\frac{1}{2}$ 级地震发生在山西隆起区与华北拗陷区的边界带上;1937 年山东菏泽 7 级地震发生在华北拗陷区与鲁西隆起区的边界带上。

(4) 从区域地震构造上讲,地震危险主要来源于北北东走向的聊兰断裂带和邢台-邯郸断裂,其在地球物理异常中(重力、航磁和地壳厚度等)也有明显的异常反映。

断裂对地震的控制作用非常明显,邢台-邯郸断裂历史上曾经发生过多中强以上地震,其中以 1830 年磁县 $7\frac{1}{2}$ 级地震最大;聊城-兰考断裂历史上发生过多中强以上地震。聊城-兰考断裂可以分为三段,新活动南强北弱,历史上沿断裂南段发生过一系列中强以上地震,其中以 1937 年菏泽 7.0 级地震最大。另外区域内一些第四纪早-中更新世活动断裂,如北西向的新乡-商丘断裂与近东西向的盘谷寺-新乡断裂交汇处,发生过 1587 年修武 6 级地震,它们构成了中强地震的发震构造。

聊兰断裂带和邢台-邯郸断裂地震活动强度大、频率高,它们符合 7.0~7.9 级地震的发震构造条件,具有发生 7.0~7.9 级地震的背景。区域内一些第四纪早-中更新世活动断裂,如北西向的新乡-商丘断裂,近东西向的盘谷寺-新乡断裂等,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。

区域内磁县-大名断裂和聊城-兰考断裂地震活动强度大、频率高,它们断裂具有发生 M7.0~7.5 级地震的构造条件。汤东断裂具有发生 M6.5~7.0 级地震的构造条件。其它第四纪活动断裂具有发生 M6.0~6.5 级地震的构造条件。

(5) 近场区断裂构造比较发育,断裂走向以北北东向和北北西向为主。区内主要发育 9 条第四纪断裂,其中全新世活动断裂 1 条、晚更新世活动断裂 1 条,早、中更新世活动断裂 7 条。

近场区内磁县-大名断裂为具有左旋走滑性质的晚更新世-全新世活动断裂,且为 1830 年磁县 $7\frac{1}{2}$ 级地震的发震断裂。断裂西段为全新世活动断裂,具有

发生强震的构造条件，断裂东段为晚更新世活动断裂，控制着临清凹陷和内黄隆起的边界，规模较大，具有发生中强以上地震的构造条件；近场区内的汤东断裂是汤阴地堑与内黄隆起的边界断裂，最新活动时代为晚更新世，344 年发生过 6 级地震，具备发生中强以上地震的构造条件；近场区其它断裂为早-中更新世活动断裂，具备发生中强地震的构造背景。

结合近场区构造环境及地震环境，综合分析认为近场区具有发生强震的构造背景。

9.3 目标区活动断裂勘查和活动性鉴定

通过对近场区和目标区内地震构造研究、现场地质调查以及浅层地震勘探成果可知，目标区内没有第四纪断裂通过。

9.4 目标区范围内场地工程地震条件评价

目标区范围内 21 个计算控制点覆盖层厚度为 32~35m，等效剪切波速为 217m/s~260m/s，建筑场地类别划分为 II 类；并依据 21 个计算控制点的建筑场类别将目标区划分：II 类建筑场地。目标区计算控制点等效剪切波速和场地类别见表 9.4-1。

表 9.4-1 目标区内计算控制点等效剪切波速和场地类别一览表

钻孔编号	等效剪切波速 (m/s)	覆盖层厚度 (m)	建筑场地类别
1	251	33	II
2	234	32	II
3	246	32	II
4	229	33	II
5	235	32	II
6	252	32	II
7	244	34	II
8	260	35	II
9	255	35	II
10	229	34	II
11	224	35	II
12	226	35	II
13	232	34	II
14	221	35	II
15	228	34	II
16	221	35	II
17	225	35	II
18	246	34	II
19	228	34	II
20	234	34	II

钻孔编号	等效剪切波速 (m/s)	覆盖层厚度 (m)	建筑场地类别
21	217	35	II

9.5 目标区范围内场地地面设计地震动参数

目标区 50 年超越概率 63%、10%、2% 和 100 年超越概率 63%、10%、2% 六种超越概率水平的地震水平运动峰值加速度值 A_{\max} 和水平地震影响系数等设计参数详见表 9.5-1~9.5-6。

表 9.5-1 目标区内 21 计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%，50 年 63%)

计算控制点	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
1	60.5	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
2	60	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
3	61.1	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
4	60.1	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
5	61	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
6	60.7	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
7	60.5	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
8	60.2	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
9	60.9	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
10	60.8	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
11	60.7	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
12	61.5	0.063	0.1	0.40	2.5	0.9
13	60.3	0.062	0.1	0.40	2.5	0.9
14	57.8	0.059	0.1	0.40	2.5	0.9
15	60.2	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
16	60.1	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
17	60.1	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
18	60	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
19	59.6	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9
20	61.5	0.063	0.1	0.40	2.5	0.9
21	59.6	0.061	0.1	0.40	2.5	0.9

表 9.5-2 目标区内 21 计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%，50 年 10%)

计算控制点	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
1	181.3	0.185	0.1	0.40	2.5	0.9
2	180	0.184	0.1	0.40	2.5	0.9
3	183.2	0.187	0.1	0.40	2.5	0.9
4	180.2	0.184	0.1	0.40	2.5	0.9
5	182.3	0.186	0.1	0.40	2.5	0.9
6	181.9	0.186	0.1	0.40	2.5	0.9
7	181.5	0.185	0.1	0.40	2.5	0.9
8	180.5	0.184	0.1	0.40	2.5	0.9
9	182.6	0.186	0.1	0.40	2.5	0.9

计算控制点	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
10	182.2	0.186	0.1	0.40	2.5	0.9
11	181.9	0.186	0.1	0.40	2.5	0.9
12	184.4	0.188	0.1	0.40	2.5	0.9
13	180.7	0.184	0.1	0.40	2.5	0.9
14	182.3	0.186	0.1	0.40	2.5	0.9
15	180.4	0.184	0.1	0.40	2.5	0.9
16	180.3	0.184	0.1	0.40	2.5	0.9
17	180.1	0.184	0.1	0.40	2.5	0.9
18	179.4	0.183	0.1	0.40	2.5	0.9
19	178.6	0.182	0.1	0.40	2.5	0.9
20	184.3	0.188	0.1	0.40	2.5	0.9
21	178.9	0.183	0.1	0.40	2.5	0.9

表 9.5-3 目标区内 21 计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%, 50 年 2%)

计算控制点	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
1	354.1	0.361	0.1	0.45	2.5	0.9
2	354.9	0.362	0.1	0.45	2.5	0.9
3	359.3	0.367	0.1	0.45	2.5	0.9
4	354.9	0.362	0.1	0.45	2.5	0.9
5	354.8	0.362	0.1	0.45	2.5	0.9
6	351.7	0.359	0.1	0.45	2.5	0.9
7	373.6	0.381	0.1	0.45	2.5	0.9
8	372.6	0.380	0.1	0.45	2.5	0.9
9	367.5	0.375	0.1	0.45	2.5	0.9
10	377.8	0.386	0.1	0.45	2.5	0.9
11	378.1	0.386	0.1	0.45	2.5	0.9
12	376.5	0.384	0.1	0.45	2.5	0.9
13	374	0.382	0.1	0.45	2.5	0.9
14	359.6	0.367	0.1	0.45	2.5	0.9
15	362.8	0.370	0.1	0.45	2.5	0.9
16	349.6	0.357	0.1	0.45	2.5	0.9
17	379	0.387	0.1	0.45	2.5	0.9
18	353.9	0.361	0.1	0.45	2.5	0.9
19	353.1	0.360	0.1	0.45	2.5	0.9
20	371.7	0.379	0.1	0.45	2.5	0.9
21	350.7	0.358	0.1	0.50	2.5	0.9

表 9.5-4 目标区内 21 计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%, 100 年 63%)

计算控制点	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
1	76.7	0.078	0.1	0.40	2.5	0.9
2	79.7	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
3	78.7	0.080	0.1	0.40	2.5	0.9
4	79.7	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9

计算控制点	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
5	79.8	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
6	76.6	0.078	0.1	0.40	2.5	0.9
7	82.3	0.084	0.1	0.40	2.5	0.9
8	79.5	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
9	79.2	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
10	78.4	0.080	0.1	0.40	2.5	0.9
11	83.6	0.085	0.1	0.40	2.5	0.9
12	82.3	0.084	0.1	0.40	2.5	0.9
13	83.9	0.086	0.1	0.40	2.5	0.9
14	82	0.084	0.1	0.40	2.5	0.9
15	84.1	0.086	0.1	0.40	2.5	0.9
16	79.5	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
17	84.4	0.086	0.1	0.40	2.5	0.9
18	78.9	0.081	0.1	0.40	2.5	0.9
19	84.9	0.087	0.1	0.40	2.5	0.9
20	80.7	0.082	0.1	0.40	2.5	0.9
21	78.5	0.080	0.1	0.40	2.5	0.9

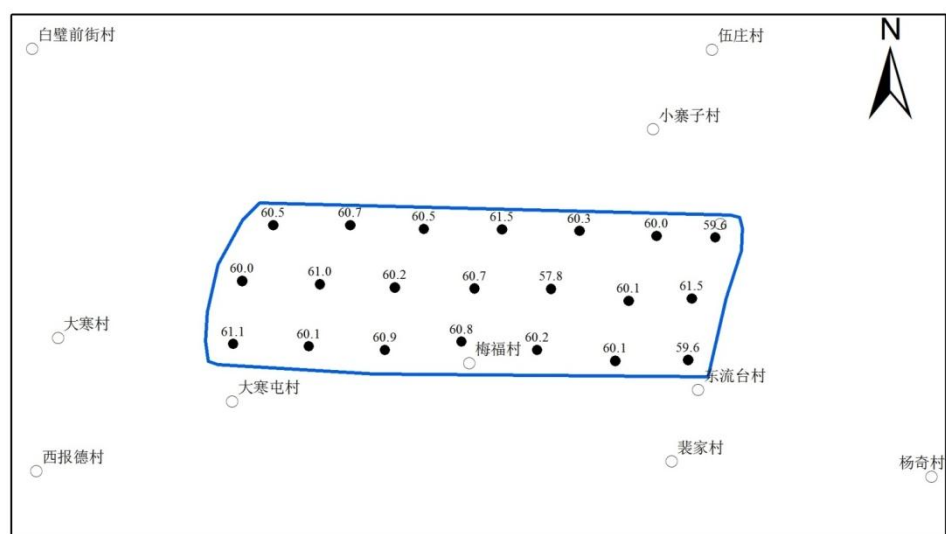
表 9.5-5 目标区内 21 计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%, 100 年 10%)

计算控制点	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
1	250.1	0.255	0.1	0.45	2.5	0.9
2	248.1	0.253	0.1	0.45	2.5	0.9
3	251.9	0.257	0.1	0.45	2.5	0.9
4	257.7	0.263	0.1	0.45	2.5	0.9
5	253.1	0.258	0.1	0.40	2.5	0.9
6	251.4	0.257	0.1	0.40	2.5	0.9
7	253.8	0.259	0.1	0.40	2.5	0.9
8	258.1	0.263	0.1	0.40	2.5	0.9
9	255.7	0.261	0.1	0.40	2.5	0.9
10	253.5	0.259	0.1	0.40	2.5	0.9
11	257.1	0.262	0.1	0.40	2.5	0.9
12	265.2	0.271	0.1	0.40	2.5	0.9
13	261.6	0.267	0.1	0.40	2.5	0.9
14	253.9	0.259	0.1	0.40	2.5	0.9
15	258.6	0.264	0.1	0.40	2.5	0.9
16	253.7	0.259	0.1	0.40	2.5	0.9
17	257.9	0.263	0.1	0.40	2.5	0.9
18	246.7	0.252	0.1	0.40	2.5	0.9
19	247.5	0.253	0.1	0.45	2.5	0.9
20	258	0.263	0.1	0.45	2.5	0.9
21	253	0.258	0.1	0.45	2.5	0.9

表 9.5-6 目标区内 21 计算控制点设计地震动参数(阻尼比 5%，100 年 2%)

计算控制点	$A_{\max}(\text{gal})$	K	$T_1(\text{秒})$	$T_g(\text{秒})$	β_m	r
1	444.0	0.453	0.1	0.50	2.5	0.9
2	448.7	0.458	0.1	0.50	2.5	0.9
3	443.8	0.453	0.1	0.50	2.5	0.9
4	444.9	0.454	0.1	0.50	2.5	0.9
5	475.4	0.485	0.1	0.45	2.5	0.9
6	475.3	0.485	0.1	0.45	2.5	0.9
7	476.9	0.487	0.1	0.45	2.5	0.9
8	469.2	0.479	0.1	0.45	2.5	0.9
9	458.7	0.468	0.1	0.45	2.5	0.9
10	472.3	0.482	0.1	0.45	2.5	0.9
11	470.1	0.480	0.1	0.50	2.5	0.9
12	468.9	0.478	0.1	0.50	2.5	0.9
13	468.3	0.478	0.1	0.45	2.5	0.9
14	474.3	0.484	0.1	0.45	2.5	0.9
15	466.5	0.476	0.1	0.50	2.5	0.9
16	459.9	0.469	0.1	0.50	2.5	0.9
17	464.5	0.474	0.1	0.45	2.5	0.9
18	444.4	0.453	0.1	0.45	2.5	0.9
19	455.4	0.465	0.1	0.50	2.5	0.9
20	463.3	0.473	0.1	0.50	2.5	0.9
21	457	0.466	0.1	0.50	2.5	0.9

(3)依据各控制点的设计地震动参数，给出了目标区的设计地震动参数等值线图，见图 9.5-1~9.5-12



图例：



图 9.5-1 目标区地面超越概率 50 年 63%水平向地震动加速度峰值等值线图

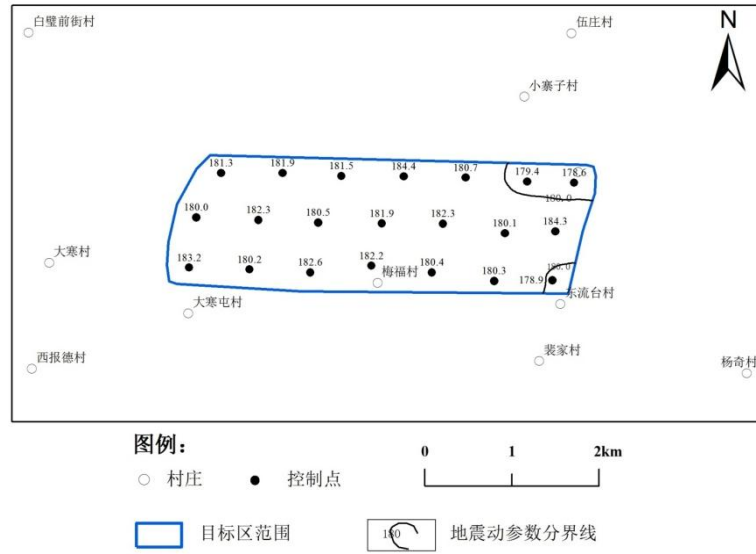


图 9.5-2 目标区地面超越概率 50 年 10%水平向地震动加速度峰值等值线图

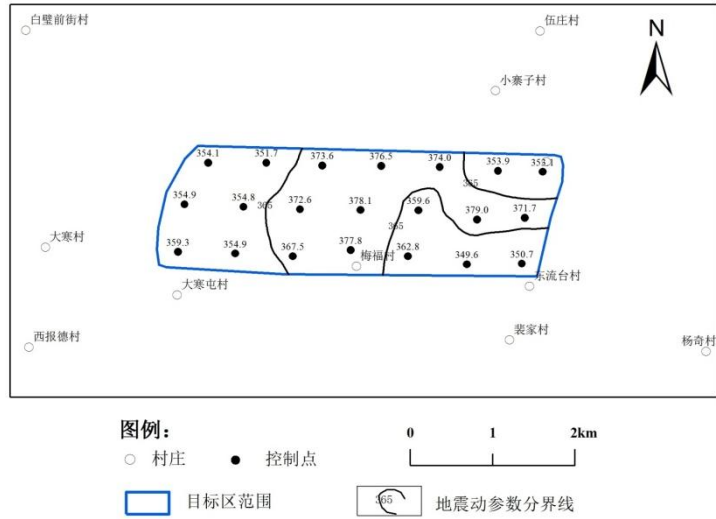


图 9.5-3 目标区地面超越概率 50 年 2%水平向地震动加速度峰值等值线图

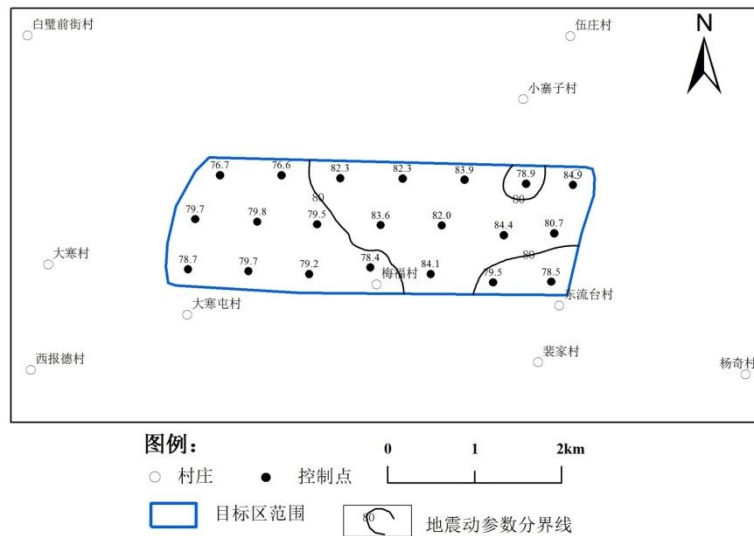


图 9.5-4 目标区地面超越概率 100 年 63% 水平向地震动加速度峰值等值线图

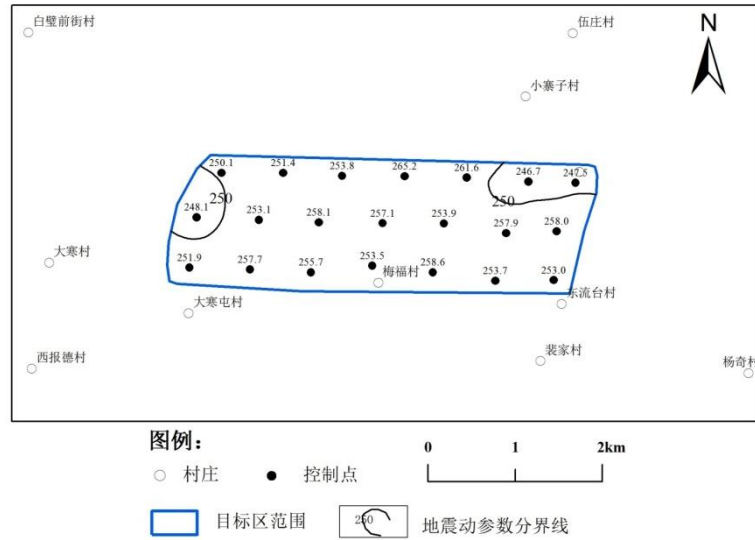


图 9.5-5 目标区地面超越概率 100 年 10% 水平向地震动加速度峰值等值线图

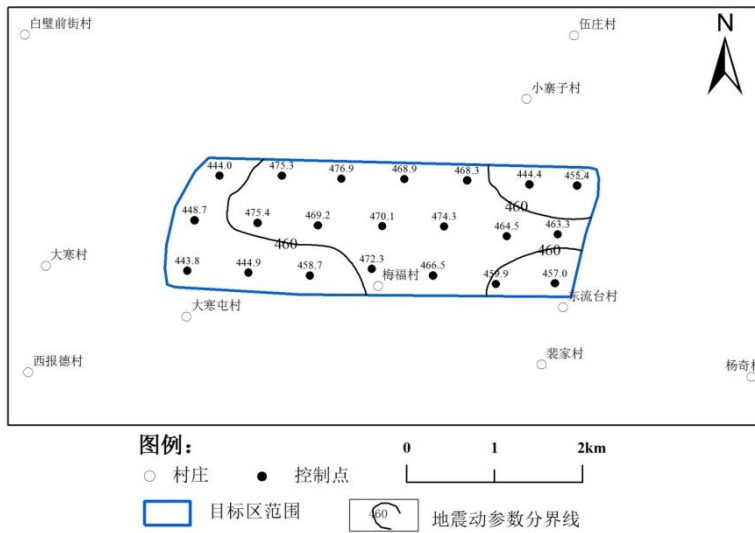


图 9.5-6 目标区地面超越概率 100 年 2% 水平向地震动加速度峰值等值线图

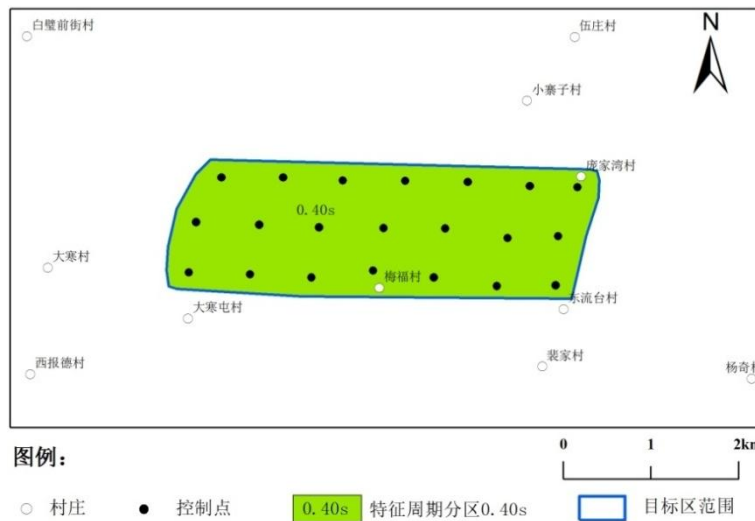


图 9.5-7 目标区地面超越概率 50 年 63%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

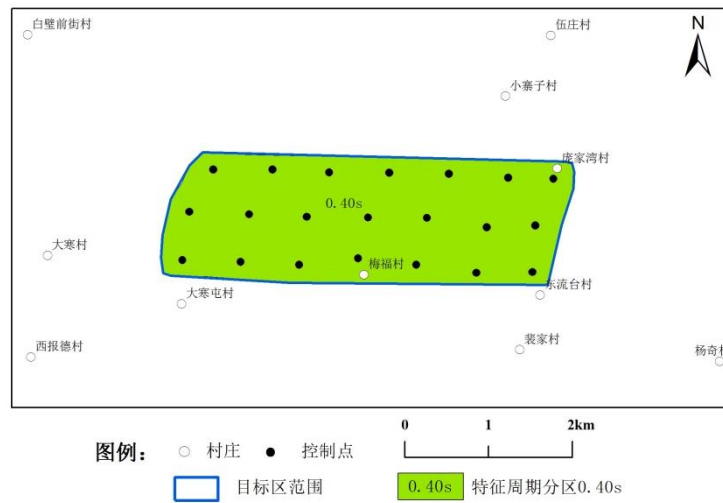


图 9.5-8 目标区地面超越概率 50 年 10%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

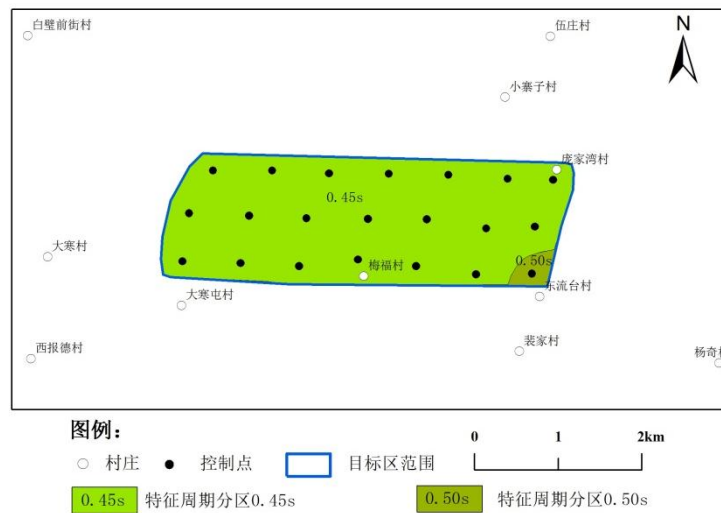


图 9.5-9 目标区地面超越概率 50 年 2%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

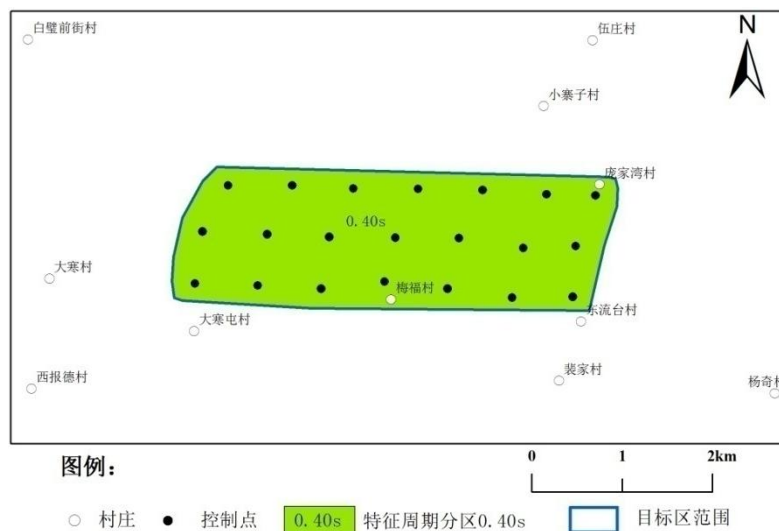


图 9.5-10 目标区地面超越概率 100 年 63%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

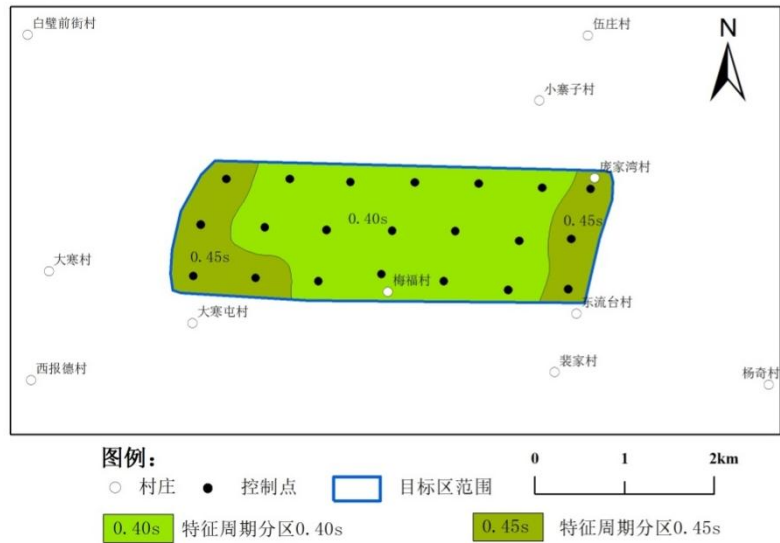


图 9.5-11 目标区地面超越概率 100 年 10%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

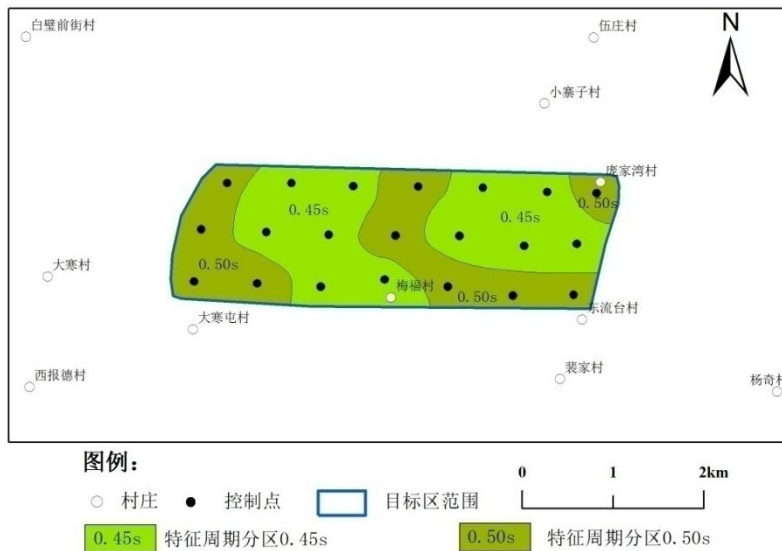


图 9.5-12 目标区地面超越概率 100 年 2%水平向地震动加速度反应谱特征周期等值线图

9.6 目标区范围内场地地震地质灾害评价

(1)目标区内场地在在遭受 50 年超越概率 10%的地震影响烈度 VII 度(0.15g)和 100 年超越概率 10%的地震影响烈度 VIII 度 (0.20g) 作用时, 目标区内土层不液化;目标区内场地在遭受 50 年超越概率 10%的地震影响烈度即 VII 度(0.15g) 100 年超越概率 10%的地震影响烈度为 VIII 度 (0.20g) 时, 目标区土层不液化;在遭受 50 年超越概率 2%的地震影响烈度 VIII 度 (0.30g) 时, 8 号、9 号、17 号控制点存在轻微砂土液化可能;在遭受 100 年超越概率 2%的地震影响烈度 IX 度 (0.40g) 时, 1 号、5 号、8、9 号、11 号、17 号控制点存在轻微砂土液化可能。目标区内地震砂土液化灾害分布详见图 9.6-1 和图 9.6-2。

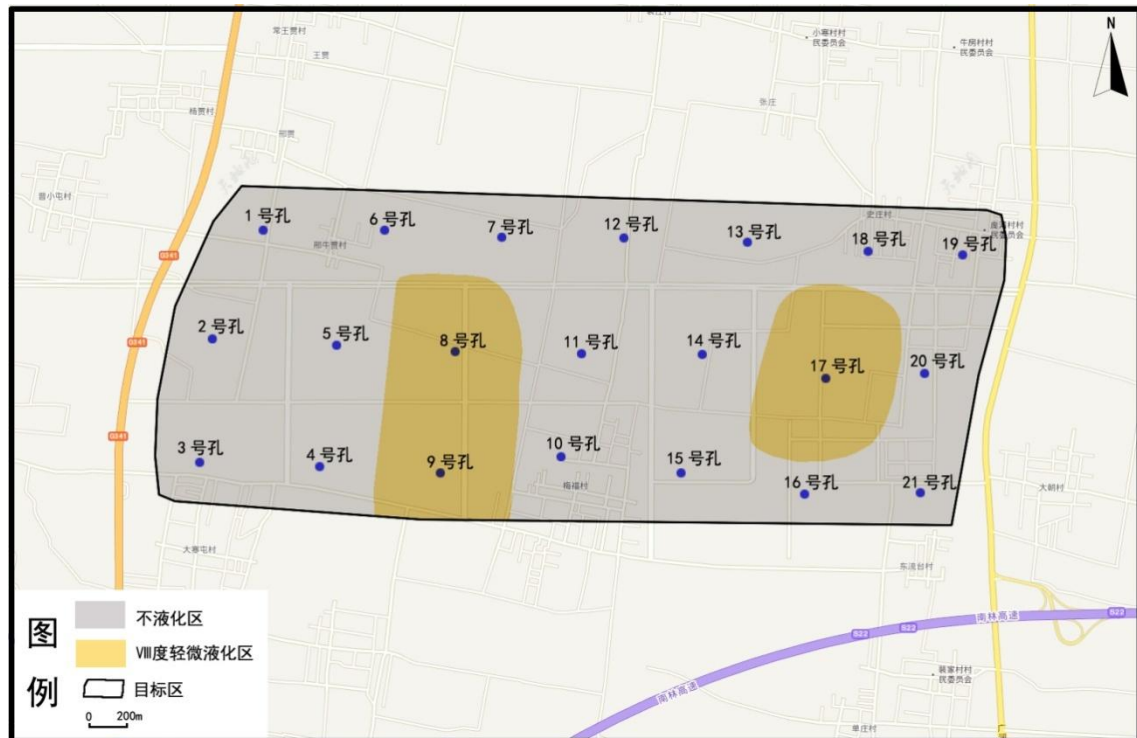


图 9.6-1 目标区地表下 0~30m 地震砂土液化灾害综合评价分布图 (0.30g)

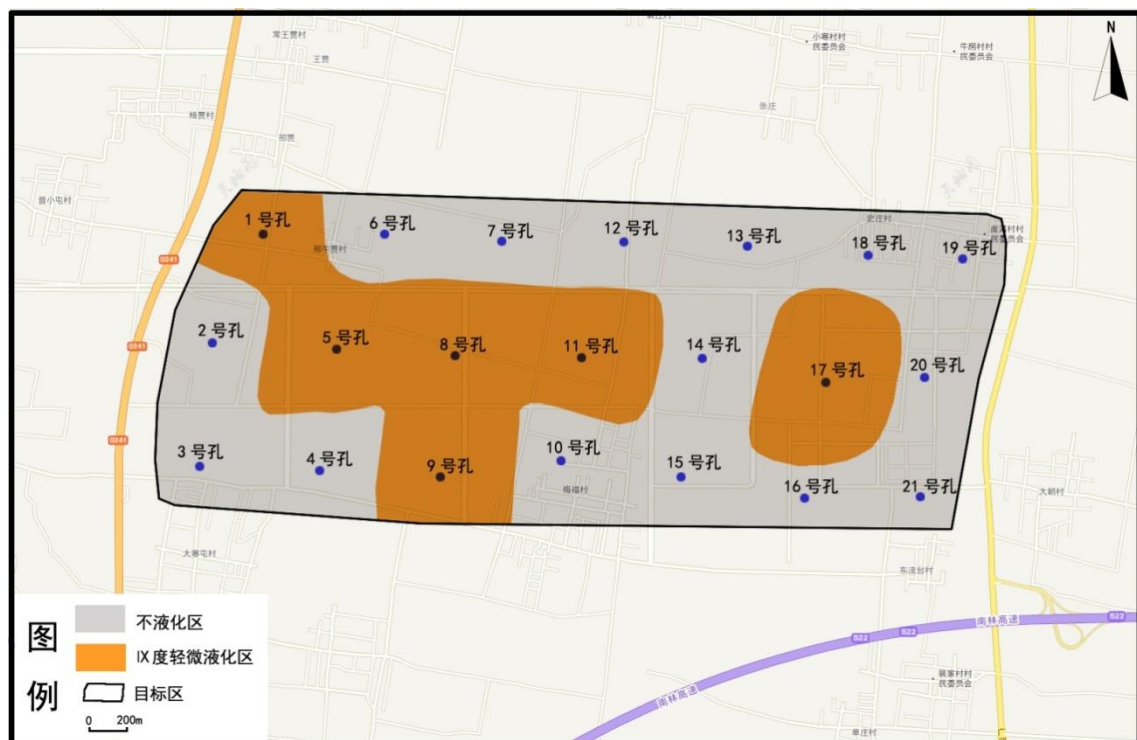


图 9.6-2 目标区地表下 0~30m 地震砂土液化灾害综合评价分布图 (0.40g)

(2)根据地震剪切波速测试结果,目标区内土层等效剪切波速为 217m/s~260m/s,根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009 年版)第 6.3.1 条软土定义,本目标区内不存在软土;另根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)第 4.1.3 条规定的土层剪切波速与土的类型对照表可知,目标区内场地土层剪切

波速均大于 150m/s 时，可判场地不存在软土。因此目标区内场地土可不考虑地震软土震陷影响。

(3)断层对目标区内工程影响

通过对近场区和目标区内地震构造研究、现场调查成果以及浅层地震勘探成果可知，目标区内没有第四纪断裂通过。在目标区外西部发育有隐伏状的早-中更新世临漳断裂（f3）及晚更新世汤东断裂（F9），南部发育有隐伏状早-中更新世安阳南断裂（F18），详见本报告第 3.4 节。临漳断裂（f3）距离目标区西边界最近约 3km、距离晚更新世汤东断裂（F9）约 5km，安阳南断裂（F18）距离目标区南边界约 4km。目标区位于抗震设防 VII 度区（0.15g）内，尽管距目标区外有断裂，但该断裂活动时代为晚更新世及以前断裂，而且距目标区最近距离达 3km。根据 GB50011-2010《建筑抗震设计规范》中第 4.1.7 条第 1 款规定，可忽略发震断裂错动对目标区内地面建筑物的影响；也同时满足 GB50011-2010《建筑抗震设计规范》中第 4.1.7 条第 2 款规定的避让距离要求。

(4)地震崩塌、滑坡评价

安阳市地处华北平原与太行山脉的交界处，安阳市西为太行山东麓低山丘陵区，东为华北平原，地势总特点是西高，北低。目标区位于安阳市东部安阳县境内，地形平坦、宽阔，最大相对高差约 5m，倾斜率小于 0.1%，属冲洪积平原区。

结合前人研究成果、相关文献和野外实地调查(附件 5-地震地质调查报告)，查明目标区未发现崩塌、滑坡等地质灾害点。

9.7 使用说明

（1）本报告综合反映了一定范围内地震活动性和地震地质环境对地震动的影响，具有较强的工程针对性，因此仅适用于安阳市新东产业集聚区管理委员会区域性地震安全性评估项目。

（2）本报告结果可用于除必须单独开展地震安全性评价的重大工程以外的新建、扩建、改建建设工程选址和抗震设防要求确定，也可为未来发展规划、土地空间规划及防震减灾对策制定等工作提供依据。