

秦皇岛经济技术开发区应急管理局 区域性地震安全性评价项目报告

河北省震灾风险防治中心

二〇二一年十一月



负责人签章页

项目名称：秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震
安全性评价项目

委托方：秦皇岛经济技术开发区应急管理局

承担方：河北省震灾风险防治中心

法定代表人：



项目总负责人：



总技术负责人：



地震活动性评价：



地震构造评价：



工程场地地震影响评价：



关于秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价项目报告的审查意见

2021年11月1日河北省地震局组织专家（名单附后），对河北省震灾风险防治中心编制完成的《秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价项目报告》进行了技术审查，形成如下审查意见：

1、在搜集区域地质、地球物理、地震资料的基础上，评价了区域地震活动和地震构造环境。

2、在近场区主要断层调查基础上，评价了近场区地震活动特征和主要断裂的活动性。

3、在目标区及邻区开展了断层探测，给出了目标区活动断层位置及活动性参数。

4、通过概率地震危险性分析，给出了目标区各控制点50年超越概率63%、10%、2%和100年超越概率63%、10%、2%、1%基岩地震动峰值加速度和加速度反应谱。

5、在目标区开展了场地地震工程地质条件勘测，通过土层地震反应分析，得到了目标区各控制点50年超越概率63%、10%、2%和100年超越概率63%、10%、2%、1%场地地震动参数。

6、完成了目标区地震地质灾害初步评价。

7、建立了区域性地震安全性评价技术系统。

该报告资料齐全，内容完整，工作方法和技术路线合理，符合《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）、《河北省区域性地震安全性评价技术细则（试行）》（冀震函〔2021〕15号）的规定。

专家组同意报告通过技术审查。

专家组组长：

2021年11月1日

地震安全性评价报告技术审查专家名单

专家组成	姓名	单位	职称/职务
组长	景立平	中国地震局工程力学研究所	研究员
组员	姚运生	防灾科技学院	研究员
	祝意青	中国地震局第二监测中心	研究员
	许冲	应急管理部国家自然灾害防治研究院	研究员
	陈时军	山东省地震局预报研究中心	研究员
	李宏义	北方工程设计研究院有限公司	正高级工程师
	周海涛	中国地震局第一监测中心	高工
	孙印	中国地震局地球物理勘探中心	高工
	刘芳	天津市地震局	高工

目 录

前言.....	1
1 工程概述.....	1
2 工作依据.....	2
3 区域和近场区范围.....	3
4 主要任务及工作研究.....	4
5 技术要求.....	4
6 技术思路.....	6
7 其他有关技术资料.....	6
8 项目组织.....	7
第一章 区域地震活动性和地震构造环境评价.....	9
1.1 区域地震活动性.....	9
1.2 区域地震构造环境.....	33
1.3 区域主要断裂活动特征.....	47
1.4 综合评价.....	51
第二章 近场区地震活动性和地震构造环境评价.....	82
2.1 近场区地震活动性分析.....	82
2.2 近场区地震构造环境.....	83
2.3 综合评价.....	91
第三章 目标区断层勘查和活动性鉴定.....	119
3.1 目标区地质构造背景.....	119
3.2 目标区断层调查与探测.....	119
3.3 主要断层活动性鉴定.....	152
3.4 断层活动性综合评价.....	153
第四章 场地地震工程地质条件勘测.....	154
4.1 场地勘探与分区.....	154
4.2 场地土层剪切波速测试.....	275
4.3 场地土层共振柱试验.....	381
4.4 三维地质结构模型.....	405
第五章 地震危险性分析.....	412
5.1 地震危险性概率分析方法概述.....	412
5.2 地震统计区划分与地震活动性参数.....	413
5.3 地震构造区及潜在震源区的划分.....	417
5.4 潜在震源区的地震活动性参数.....	430
5.5 基岩地震动衰减关系.....	432
5.6 地震危险性的概率计算及结果.....	435
第六章 场地地震动参数确定.....	460
6.1 场地基岩的人造地震动时程.....	460
6.2 场地地震反应分析计算模型及其参数确定.....	462
6.3 场地地震反应与场地地震相关反应谱.....	538
6.4 场地地震动参数的确定.....	557
6.5 场地地震动参数区划.....	574
6.6 设定场点工程场地地震动参数确定.....	598

6.7 使用说明及建议.....	622
第七章 场地地震地质灾害评价.....	623
7.1 目标区场地基土液化评价.....	623
7.2 目标区场地软土震陷评价.....	633
7.3 活动断层断错灾害评价.....	633
7.4 其他地震地质灾害评价.....	633
第八章 区域性地震安全性评价技术服务系统.....	635
8.1 区评技术服务系统架构设计.....	635
8.2 主要功能说明及应用展示.....	636
8.3 秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价简本.....	645
第九章 结论与说明.....	646
1 区域地震活动和构造环境.....	646
2 近场区地震活动和地震构造环境.....	647
3 目标区断层勘查和活动性鉴定.....	647
4 场地地震工程地质条件勘测.....	647
5 地震危险性分析.....	647
6 场地地震动参数.....	648
7 设定场点工程场地地震动参数确定.....	679
8 地震地质灾害评价.....	679
9 区评技术服务系统架构设计.....	679
10 使用说明及建议.....	680
参考文献.....	681
附件 1 各钻孔控制点计算模型	
附件 2 各钻孔控制点场地反应谱及归准谱图	

前言

1 工程概述

2021年5月24日受秦皇岛经济技术开发区应急管理局委托，河北省震灾风险防治中心承担完成了“秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价”工作。

秦皇岛经济技术开发区是1984年国务院批准设立的全国首批、河北省首家国家级经济技术开发区。本项目目标区控制面积约25.46平方公里，分东（图0.1a）、西（图0.1b）两区，其中东区面积4.90平方公里，西区面积20.56平方公里，两个区域相距约30km。在产业布局方面，西区侧重引进高端装备制造、高新技术产业，集中布局汽车零部件企业以及科技型企业、技术研发机构，突出高新技术产业特色，东区侧重开发高端重型装备制造业和现代物流业。园区内部建筑以钢结构和钢筋混凝土建筑为主。





图 0.1 目标区位置示意图

2 工作依据

2.1 相关法规

- (1) 中震防函〔2019〕21号《区域地震安全性评价工作大纲（试行）》
- (2) 冀震函〔2021〕15号《河北省区域性地震安全性评价技术细则（试行）》
- (3) 《中华人民共和国防震减灾法》（2008年修订版）
- (4) 《地震安全性评价管理条例》（2017年修正本）
- (5) 《工程建设场地地震安全性评价管理暂行规定》（中震防发[2017]10号）

2.2 技术标准

- (1) 中华人民共和国国家标准《工程场地地震安全性评价》（GB17741-2005）
- (2) 中华人民共和国国家标准《活动断层探测》（GB/T36072-2018）
- (3) 中华人民共和国国家标准《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）
- (4) 中华人民共和国国家标准《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）(2016版)
- (5) 中华人民共和国国家标准《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）(2009版)

(6) 中华人民共和国地质矿产行业标准《浅层地震勘查技术规范》(DZ/T0170-1997)(2018版)

(7) 中华人民共和国行业标准《城市工程地球物理探测规范》(CJJ7-2007)(2017版)

(8) 中华人民共和国国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》(GB50223-2008)

(9) 中华人民共和国国家标准《构筑物抗震设计规范》(GB50191-2012)

3 区域和近场区范围

根据中震防函〔2019〕21号《区域地震安全性评价工作大纲(试行)》、《河北省区域地震安全性评价管理办法》冀震发〔2020〕1号和《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005)的规定,确定了项目的区域范围为目标区东区的北边界和东边界、西区的南边界和西边界外延不小于150km的地区;项目的近场区范围为目标区东区的北边界和东边界、西区的南边界和西边界外延不小于25km的地区(图0.2),即:

区域范围:东经 $117.56^{\circ} \sim 121.66^{\circ}$,北纬 $38.41^{\circ} \sim 41.41^{\circ}$;

近场区范围:东经 $119.08^{\circ} \sim 120.17^{\circ}$,北纬 $39.63^{\circ} \sim 40.26^{\circ}$;

目标区范围:东区:东经 $119.37^{\circ} \sim 119.46^{\circ}$,北纬 $39.86^{\circ} \sim 39.94^{\circ}$;

西区:东经 $119.77^{\circ} \sim 119.86^{\circ}$,北纬 $39.98^{\circ} \sim 40.04^{\circ}$ 。

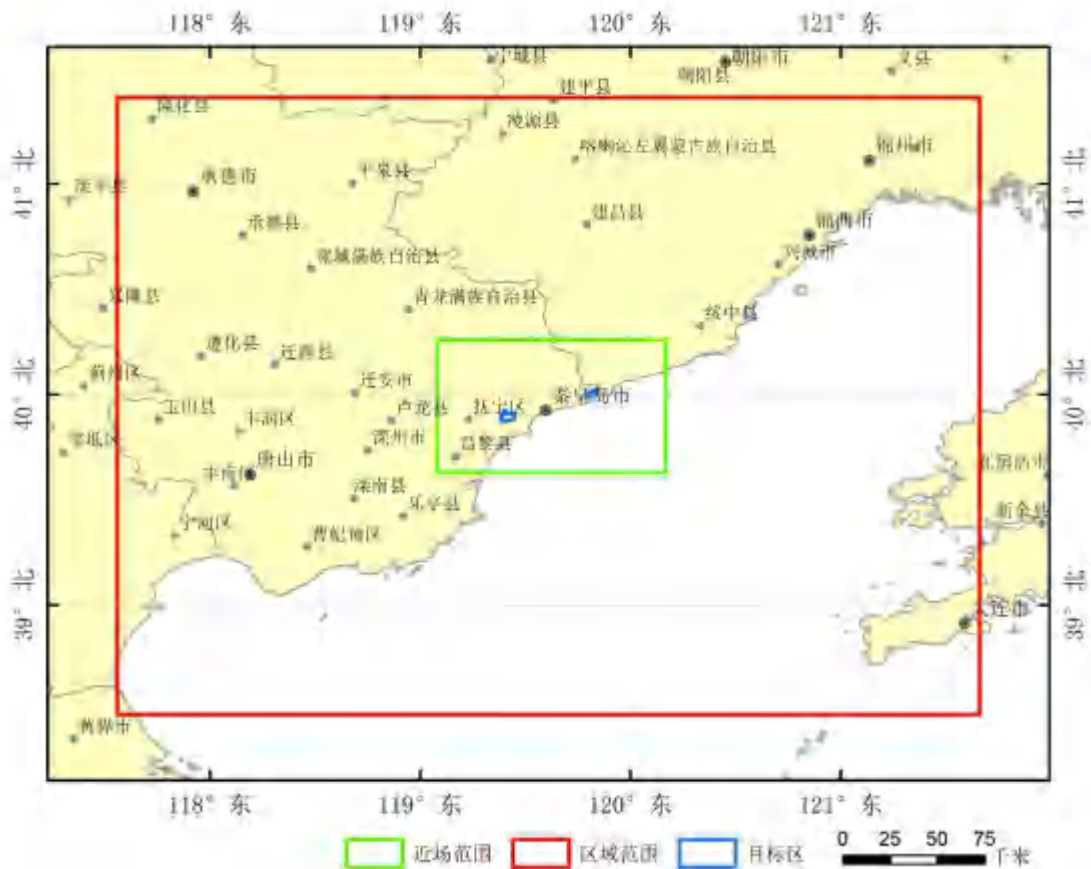


图 0.2 区域、近场区和目标区位置

4 主要任务及工作研究

本次区域地震安全性评价工作是在查明目标区区域、近场区内的地震构造分布与活动情况以及对目标区开展断层探查及活动性鉴定的基础上,进行概率地震危险性分析;根据目标区的地质勘探和工程地震地质钻孔勘探与测试数据,获得场地土层的土动力学模型;利用地震危险性分析得到的输入地震动,进行场地地震动反应计算;提供目标区地表的设计地震动参数;提供目标区工程地质评价结果及地震地质灾害评价结果,为建设工程选址、国土空间规划、抗震防灾规划、应急避难场所规划、工程抗震设防等提供技术支撑和数据支持。

依据《区域性地震安全性评价工作大纲(试行)》、《河北省区域性地震安全性评价技术细则(试行)》和《工程场地地震安全性评价》(GB17741-2005),结合本项工程结构特点,确定了该项目的工作内容:

- (1) 区域地震活动性和地震构造评价;
- (2) 近场区地震活动性和地震构造评价;
- (3) 目标区断层勘查及活动性鉴定;
- (4) 地震工程地质条件勘测;
- (5) 地震动预测方程确定;
- (6) 概率地震危险性分析;
- (7) 场地地震动参数确定;
- (8) 地震地质灾害评价;
- (9) 数据库和技术服务系统。

5 技术要求

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015),目标区西区位于0.10g,特征周期为0.40s,东区位于0.05g,特征周期为0.45s(图0.3、0.4)。本报告提供50年、100年超越概率63%、10%、2%和年超越概率 10^{-4} 的设计地震动参数,设计地震动包括水平向地震动峰值加速度和5%阻尼比的加速度反应谱。设计反应谱的形式根据《建筑抗震设计规范》[GB50011-2010(2016年版)],为 α 谱,反应谱周期到10秒。

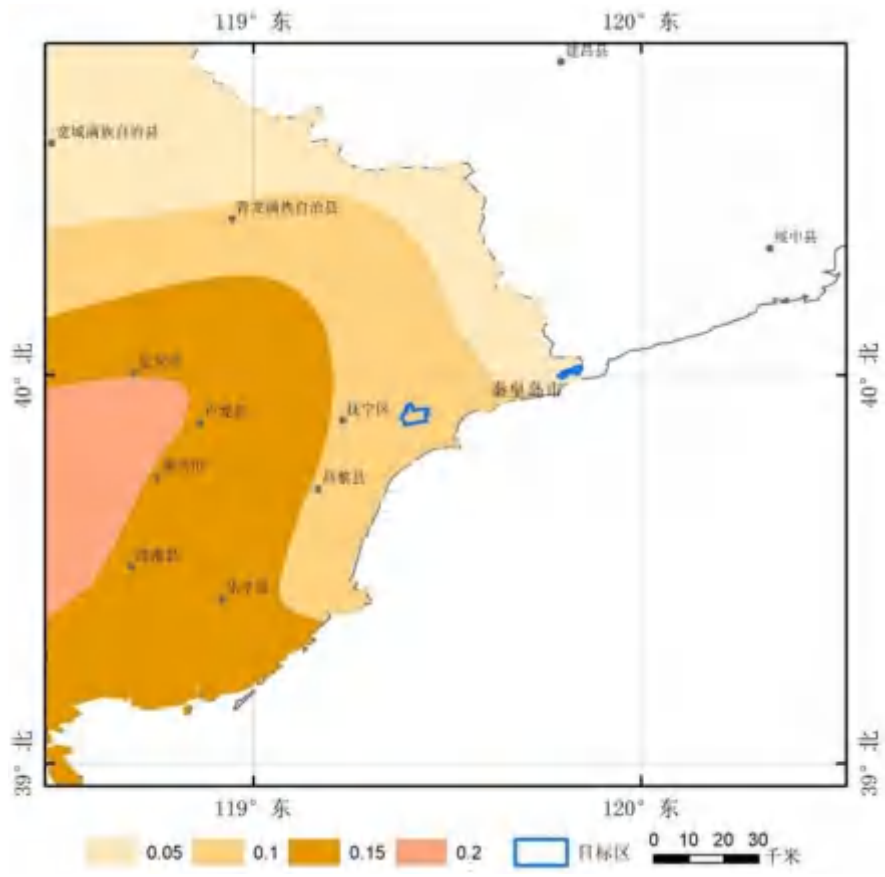


图 0.3 目标区在河北省地震动峰值加速度区划图中位置 (1:400 万)

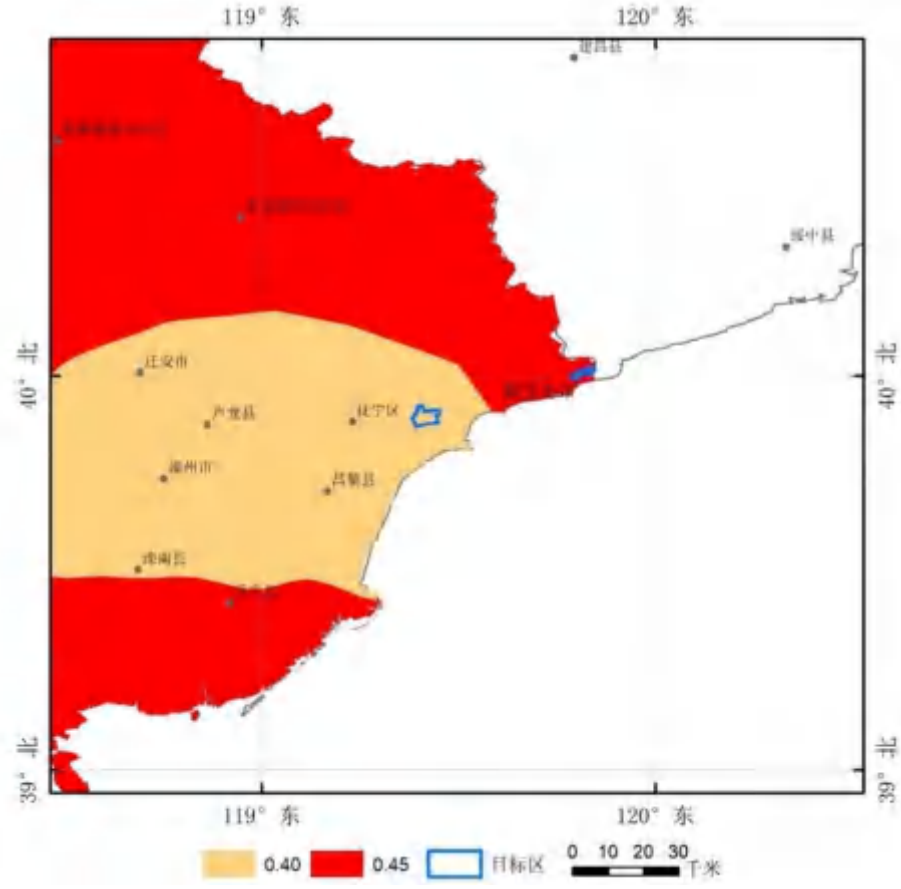


图 0.4 目标区在河北省地震动峰值反应谱特征周期区划图中位置 (1:400 万)

6 技术思路

根据技术任务书、相关技术规范、已有工作基础、关键性的技术问题，以及本项目区域地震和地质构造具体情况，确定了本项工作的技术途径（图 0.5）。

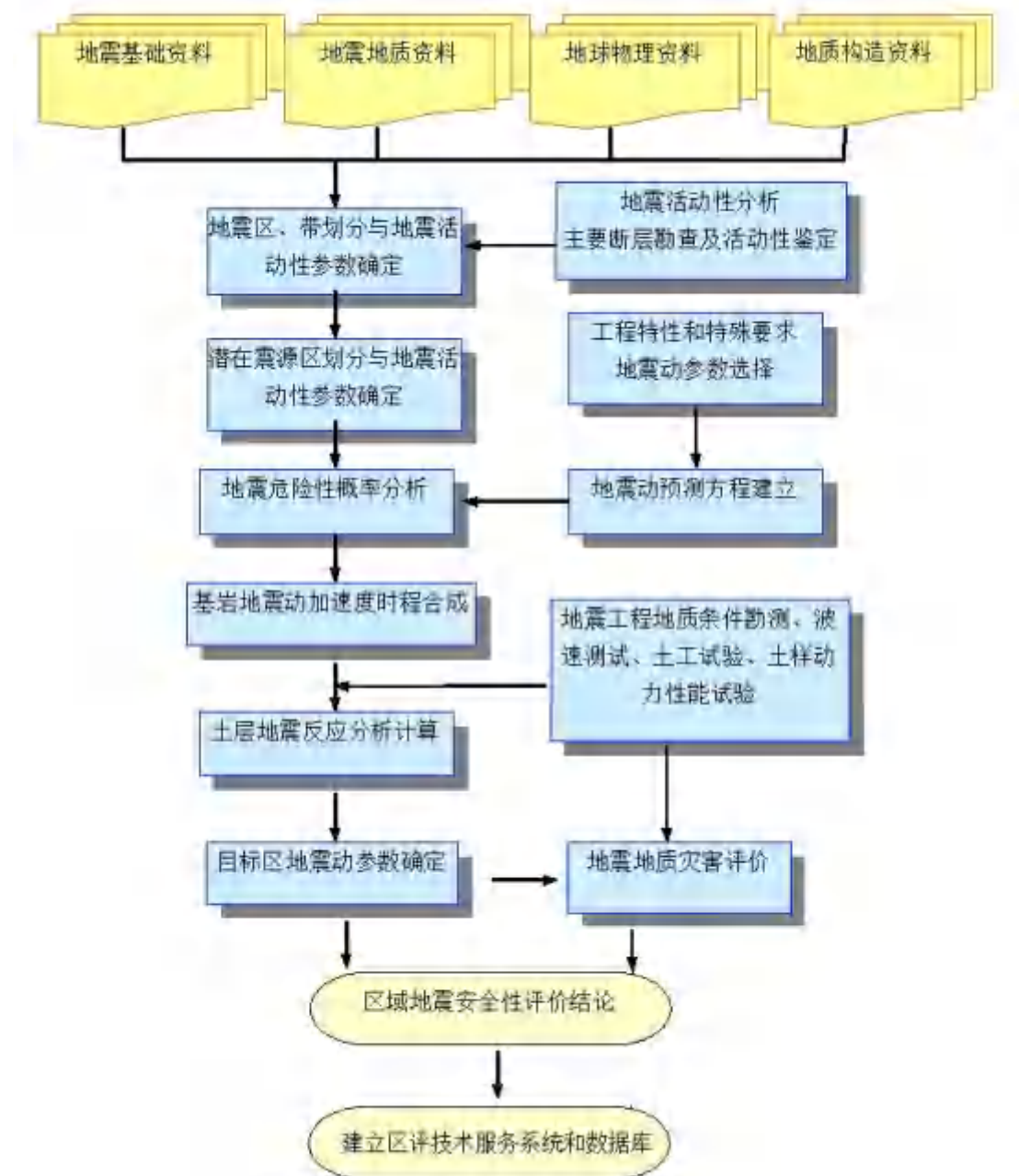


图 0.5 项目技术途径框图

7 其他有关技术资料

本次区域地震安全性评价开展的现场工作及使用的技术资料是：

(1) 《秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目钻探与波速测试工作报告》，中冶地勘岩土工程有限责任公司，2021年8月；

(2) 《秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价（东区）地质雷达勘探成果报告》，河北秦地地质工程技术有限公司，2021年8月；

(3) 《秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价(西区)地质雷达勘探成果报告》，河北明创地质勘查有限公司，2021年10月。

本项目的野外工作量见表 0.1。

表 0.1 野外工作量

野外工作内容:	完成工作量
野外地质构造、地震地质及灾害	对香营—东吕洼断裂的野外露头进行考察
钻孔工作	<p>本项目共完成钻孔 86 个，其中东区钻孔 21 个，西区钻孔 65 个，根据钻探工作技术要求，钻探深度为 14-45 米(至少进入中风化 1m)，本次钻探工作总进尺为 2557.6 米。</p> <p>对每个钻孔每米深度做了波速测试，每个钻孔 30 米以上的粉土和粉质黏土做标贯试验评价砂土液化。</p> <p>取 27 个钻孔的 46 组土样，完成了土样的动三轴试验。</p> <p>对 21 个岩土样本做了常规土工试验。</p>
地质雷达勘探	地质雷达测线 25 条，东区 15 条，西区 10 条，地质雷达勘探线长度总计为 30.9km，

8 项目组织

项目负责人：王晓山（高工）

技术负责人：吕国军（高工）

专业技术人员：

地震学：冯会云（高工）、王晓山（高工）；

地震地质学：边庆凯（高工）、曹筠（高工）；

地震工程学：吕国军（高工）、冯向东（高工）；

主要承担者：张彦蕊、吕国军、曹筠、王晓山、范强、茅远哲、陈婷、徐强、刘书峰、赵志远。

前言部分由赵志远、王晓山编写；第一章由陈婷、刘书峰、王晓山编写；第二章由陈婷、范强、王晓山编写；第三章由范强、吕国军编写；第四章由徐强、吕国军编写；第五章由茅远哲编写；第六章由冯向东、吕国军编写；第七章由徐强、吕国军编写；第八、九章由赵志远编写；报告汇总由王晓山、赵志远完成；附件由徐强，冯向东整理编制。

致 谢

工作中得到了秦皇岛市应急管理局、秦皇岛经济技术开发区应急管理局领导和同志们的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢！

第一章 区域地震活动性和地震构造环境评价

本章在广泛收集区域范围内相关地质、地球物理、地震活动等资料的基础上，分析区域地震活动特征和未来地震活动趋势，评价区域范围内地震发生的条件，判识区域范围内对场地地震危险性有影响的发展构造，综合评价区域地震构造环境和地震活动水平，为地震区带和潜在震源区划分、地震活动性参数确定等提供依据。

根据中震防函〔2019〕21号《区域地震安全性评价工作大纲（试行）》的规定，项目的区域范围为目标区东区的北边界和东边界、西区的南边界和西边界外延不小于150km的地区，即区域范围：东经 $117.56^{\circ} \sim 121.66^{\circ}$ ，北纬 $38.41^{\circ} \sim 41.41^{\circ}$ 。

1.1 区域地震活动性

区域地震活动性特征是地震危险性分析中划分潜在震源区和估计地震活动性参数的依据，本章从对破坏性地震和区域地震台网记录的地震活动性的时空分布特征出发，分析目标区及其邻近地区的未来地震活动趋势，为危险性分析提供有关地震活动性方面的依据。

1.1.1 地震资料及其评述

（1）编目原则

本次工作全面收集了区域内已有的各种地震资料，并确定了以下几条主要地震目录编制原则：

①对以往工作中进行过详细调查并获得评审通过的破坏性地震，直接引用其地震参数的调查结论。

②以正式出版的地震目录为准，对具有不同认识的一些地震条目，根据不同版本目录编目资料的可靠性和工作深度确定其取舍，综合编制项目使用的目录。

（2）主要资料来源

①震级 $M \geq 4.7$ 地震从以下资料中选取：

国家地震局震害防御司编《中国历史强震目录》（公元前23世纪至公元1911年），1995年出版；

中国地震局震害防御司编《中国近代地震目录》（公元1912年至1990年， $M \geq 4.7$ ，1999年出版）；

中国地震局监测预报司预报管理处《中国强地震目录》（公元前23世纪至公元2005年6月，2005年9月出版）

中国地震台网中心2005年7月至2021年7月的 $M \geq 4.7$ 级地震目录。

② $M 1.0 \sim 4.6$ 级现今小震从以下资料中选取：

中国地震局分析预报网 1970 年至 2004 年 10 月 17 日、中国地震台网中心 2004 年 10 月 18 日至 2021 年 7 月的 $M < 4.7$ 级地震目录。

(3) 地震目录编制说明

①编目的时、空、强范围

第一部分为破坏性地震目录，包括区域内迄今所能记载到的、由历史文献记载确定的或由地震台网记录到的 $M \geq 4.7$ 级破坏性地震。第二部分区域性地震台网记录的地震目录，包括区域台网所记录到的小地震，起始时间为 1970 年。

②地震震级的确定

破坏性地震震级采用的是 M ，凡有仪器记录的地震，其震级以仪器测定的为准。现代小震震级多采用 M_L 。采用《地震工作手册》中的转换公式：

$$M_S = 1.13M_L - 1.08 \quad (1.1.1)$$

该转换公式是 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）。

在本次区划图编制基础地震目录时，对 M_S 、 M_L 的关系利用现代大量记录的地震资料进行了重新的统计分析。汪素云等（2009）根据 1990~2007 年间同时测定有 M_S 、 M_L 数据且震源深度 $< 70\text{km}$ 的地震 6577 个，拟合得到下面的 M_S - M_L 的关系式：

$$M_S = 0.932M_L + 0.295 \quad (1.1.2)$$

图 1.1.1 给出了数据点分布及其拟合曲线，并同时绘出了 1971 年郭履灿等拟合公式（1.1.1）的曲线。

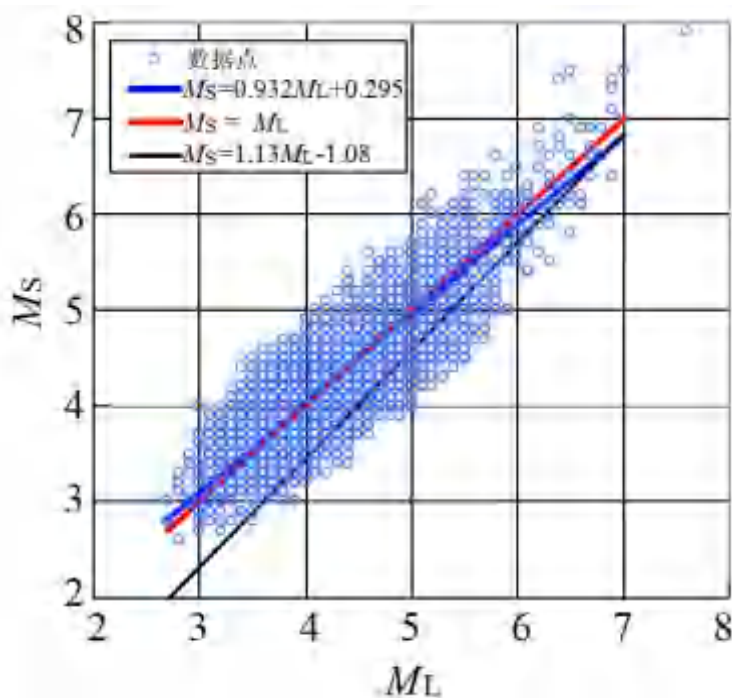


图 1.1.1 M_S - M_L 数据及拟合直线

图 1.1.1 表明，公式 (1.1.1) 的直线明显偏于数据组的下侧，说明该式已不能代表两者的关系；同时图中可直观地看到公式(1.1.2)与 $M_s=M_L$ 的直线很接近，只在直线两端有些分开，考虑到数据点的离散型以及拟合关系的不确定性较大等因素，可以大致认为公式 (1.1.2) 与 $M_s=M_L$ 关系式基本一致。基于上述分析，本次地震活动性参数统计中，1990 年至 2008 年现代小震的震级 M_L 将不再转换为 M_s 而是直接使用，且表示成 M 。2009 年之后中国地震台网中心提供 M_s 目录，因此本报告 2009 年之后的地震直接采用 M_s 目录，且表示为 M 。

③地震震中位置和震源深度的选取

凡同时具有仪器震中与宏观震中位置的地震，均取宏观震中位置。

(4) 地震资料的可靠性与完整性

华北地区是我国破坏性地震记载最早的地区，地震资料的完整性和可靠性也相对较好，根据黄玮琼等（1994）对我国大陆地震资料完整性研究成果，按华北地区(除海域与边远区外)的记载能力，1303 至 1500 年可记到 6 级以上的地震；1500 年后可记到 5 级以上的地震；通过统计分析方法检验，得出华北地区(除黄海及边远地区外) $M \geq 4\frac{3}{4}$ 地震自 1484 年之后基本完整。

根据焦远碧、吴开统等人（1990）的研究结果，区域 1979 年之后基本处于区域地震台网对 $M \geq 2.0$ 级地震的有效监控范围。

2000 年以来结合各省、自治区、直辖市陆续建设宽频带（短周期）大动态范围数字地震仪的区域台网，区域范围内大部分地区的地震监测能力达到 $M1.5$ 级及以上。图 1.1.2 为最新地震台网监测能力图。

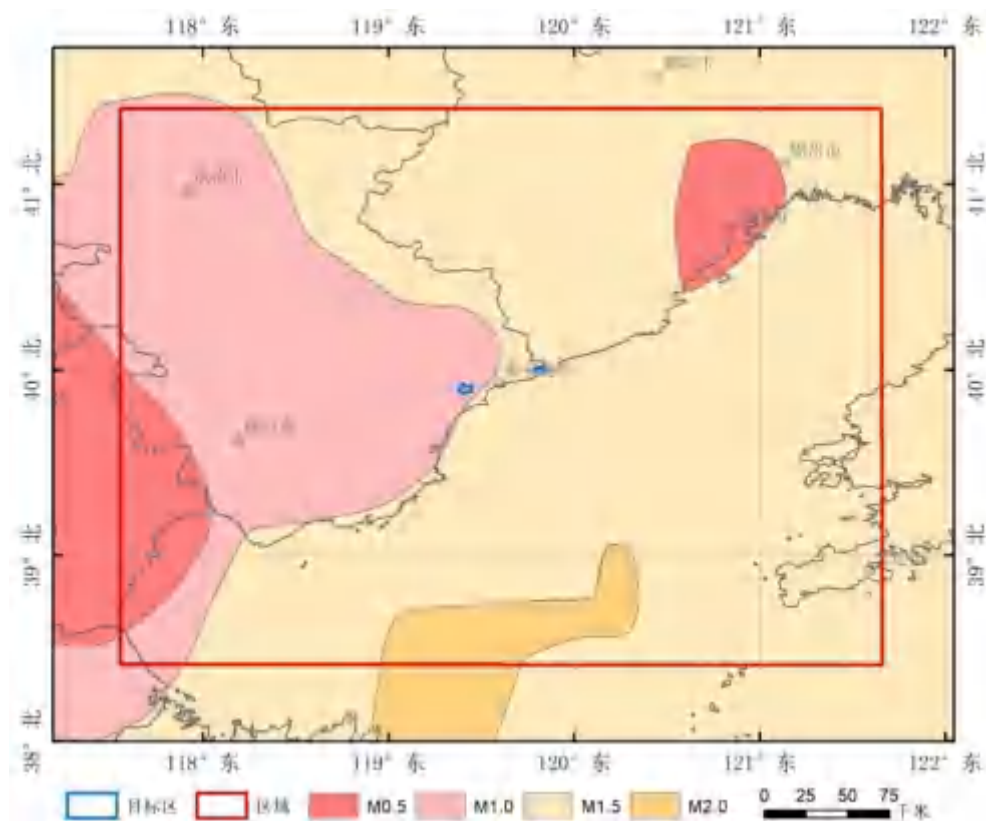


图 1.1.2 地震台网监测能力图（中国地震台网中心，2018）

(5) 地震目录

根据破坏性地震资料记载和区域地震台网记录的地震资料(1481~2021.07),在区域范围内共记录到4.7级以上破坏性地震共76次。其中历史记载7.0~7.9级地震4次,即1597年10月6日渤海7级地震、1888年6月13日渤海湾7 $\frac{1}{2}$ 级地震、1976年7月28日河北唐山7.8级地震和河北滦县7.1级地震;另外记录到6.0~6.9级地震6次;5.0~5.9级地震34次;4.7~4.9级地震32次。(见表1.1.1)

表 1.1.1 区域破坏性地震($M \geq 4.7$)目录(包括余震)
(1481~2021.07)

编号	发震时间 (年.月.日)	震中位置		精度	震中 烈度	震源 深度	震级	震中参考位置
		北纬 (°)	东经 (°)					
1	1481.07.06	40.3	119.0	4			5	河北卢龙东北
2	1485.06.05	40.2	117.9	2	VI		5	河北遵化
3	1527	39.8	118.1	2	VII		5 $\frac{1}{2}$	河北丰润
4	1562.06	39.6	118.7	2	VI		5	河北滦县南
5	1567	39.7	119.2	2	VI		4 $\frac{3}{4}$	河北昌黎
6	1568.05.05	39.0	119.0	5			6	渤海
7	1568.05.07	39.0	119.0	5			5	渤海
8	1597.10.06	38.5	120.0	5			7	渤海
9	1624.02.01	38.5	118.0	5			5 $\frac{1}{2}$	渤海
10	1624.04.17	39.5	118.8	3	VIII		6 $\frac{1}{2}$	河北滦县
11	1624.04.19	38.5	118.0	5			5 $\frac{1}{2}$	渤海
12	1795.08.05	39.7	118.7	3	VI-VII		5 $\frac{1}{2}$	河北滦县
13	1797.08.05	39.4	118.9	3	VI		5	河北乐亭
14	1805.08.05	39.7	119.2	2	VII		5 $\frac{1}{2}$	河北昌黎
15	1855.12.11	39.2	121.6	3	VII		5 $\frac{1}{2}$	辽宁金县
16	1880.09.06	39.7	118.7	3	VI		5	河北滦县
17	1888.06.13	38.5	119.0	4			7 $\frac{1}{2}$	渤海湾
18	1922.09.29	39.2	120.5				6 $\frac{1}{2}$	渤海
19	1934.10.27	39.9	119.2		VI		5	河北抚宁

20	1935.01.19	39.6	118.3		VI		$4\frac{3}{4}$	河北唐山
21	1936.02.13	40.4	118.3		VI		$4\frac{3}{4}$	河北喜峰口一带
22	1945.09.23	39.7	118.7		VIII		$6\frac{1}{4}$	河北滦县
23	1976.07.28	39.60	118.20		XI	22	7.8	河北唐山
24	1976.07.28	39.30	117.60			33	4.8	河北宁河西
25	1976.07.28	39.80	117.80				5.0	河北玉田附近
26	1976.07.28	39.70	118.40				4.8	河北唐山东北
27	1976.07.28	39.40	118.20	2			4.9	河北唐山南
28	1976.07.28	39.28	118.02	1			4.7	河北宁河附近
29	1976.07.28	39.85	118.45	1			4.7	河北迁安西南
30	1976.07.28	39.42	117.78	1		25	5.2	河北宁河
31	1976.07.28	39.20	117.80			19	6.2	天津汉沽
32	1976.07.28	39.68	118.17	1			4.8	河北唐山
33	1976.07.28	39.27	117.73			12	5.2	河北宁河西南
34	1976.07.28	39.62	118.45	1		11	5.0	河北唐山东
35	1976.07.28	39.00	117.90			21	5.5	河北塘沽东
36	1976.07.28	39.43	118.10	1			4.9	河北丰南南
37	1976.07.28	39.53	118.20	1		16	5.0	河北唐山南
38	1976.07.28	39.83	118.53	1		23	4.9	河北唐山东北
39	1976.07.28	39.30	117.90				4.8	河北宁河
40	1976.07.28	39.50	118.10				5.0	河北丰南附近
41	1976.07.28	39.90	118.70		IX	22	7.1	河北滦县
42	1976.07.28	39.70	118.60				5.5	河北滦县
43	1976.07.28	39.60	118.37	1			4.8	河北唐山东
44	1976.07.28	39.60	118.60				4.8	河北滦南
45	1976.07.28	39.70	118.80			24	5.5	河北滦县
46	1976.07.29	39.60	118.10				4.7	河北唐山
47	1976.07.29	39.83	118.80	1		19	4.9	河北卢龙
48	1976.07.29	39.70	118.30				4.8	河北唐山东
49	1976.07.29	39.47	118.20	1			4.7	河北唐山南
50	1976.07.29	39.63	118.42	1		10	4.7	河北唐山东
51	1976.07.30	39.70	118.75	1		10	4.7	河北滦县
52	1976.07.30	39.92	118.85	1		<5	4.7	河北卢龙
53	1976.07.31	39.70	118.40				5.0	河北唐山东
54	1976.08.01	39.42	118.05	1			4.7	河北丰南南
55	1976.08.08	39.80	118.53	1			4.8	河北唐山东北
56	1976.08.09	39.95	118.82	1		14	5.3	河北卢龙
57	1976.08.31	39.80	118.70				5.6	河北滦县
58	1976.08.31	39.88	118.88	1		10	5.3	河北卢龙
59	1976.09.19	39.72	118.80	1		11	4.9	河北滦县

60	1976.09.25	39.72	118.40	1		7	5.0	河北唐山东北
61	1976.11.12	39.90	118.82	1		<5	5.0	河北卢龙
62	1977.01.30	39.50	118.20			25	4.7	河北唐山南
63	1977.03.07	39.90	118.87	1		18	5.7	河北卢龙
64	1977.05.12	39.20	117.70	1	VII	19	6.2	天津汉沽附近
65	1977.06.10	39.40	118.20			15	4.7	河北唐山南
66	1977.07.10	40.02	118.73	1			4.7	河北迁安
67	1977.11.27	39.40	118.00			16	5.1	河北丰南西南
68	1979.09.02	39.70	118.30				5.0	河北唐山
69	1982.10.19	39.87	118.98	1	VI	10	4.9	河北卢龙
70	1991.05.29	39.72	118.30				4.8	河北唐山陡河
71	1991.05.30	39.68	118.27				5.1	河北唐山
72	1995.10.06	39.80	118.50				5.0	河北唐山古冶
73	1998.04.14	39.76	118.48		VI	11	4.7	河北古冶
74	2002.05.19	39.37	117.98				4.7	河北唐山丰南
75	2012.05.28	39.71	118.47			22	4.7	河北滦县
76	2020.07.12	39.78	118.44		V	10	5.0	河北古冶

注：①M：地震震级

②地震震中位置精度：

破坏性地震 1类≤10km；2类≤25km；3类≤50km；4类≤100km；5类>100km

区域性地震台网记录的地震：1类≤5km；5km<2类≤10km；10km<3类≤30km；4类>30km。

③震中烈度：

VI度，多数人站立不稳，多数人惊逃户外。少数轻家具和物品移动，少数顶部沉重的器物翻倒。个别梁桥挡块破坏，个别拱桥主拱圈出现裂缝及桥台开裂；个别主变压器跳闸；个别老旧支线管道有破坏，局部水压下降。河岸和松软土地出现裂缝，饱和砂层出现喷砂冒水；个别独立砖烟囱轻度裂缝。

VII度，大多数人惊逃户外，骑自行车的人有感觉，行驶中的汽车驾乘人员有感觉。物品从架子上掉落，多数顶部沉重的器物翻倒，少数家具倾倒。少数梁桥挡块破坏，个别拱桥主拱圈出现明显裂缝和变形以及少数桥台开裂；个别变压器的套管破坏，个别瓷柱型高压电气设备破坏；少数支线管道破坏，局部停水。河岸出现塌方，饱和砂层常见喷水冒砂，松软土地地裂缝较多；大多数独立砖烟囱中等破坏。

VIII度，多数人摇晃颠簸，行走困难。除重家具外，室内物品大多数倾倒或移位。少数梁桥梁体移位、开裂及多数挡块破坏，少数拱桥主拱圈开裂严重；少数变压器的套管破坏，个别或少数瓷柱型高压电气设备破坏；多数支线管道及少数干线管道破坏，部分区域停水。干硬土地上出现裂缝，饱和砂层绝大多数喷砂冒水；大多数独立砖烟囱严重破坏。

IX度，行动的人摔倒。室内物品大多数倾倒或移位。个别梁桥桥墩局部压溃或落梁，个别拱桥垮塌或濒于垮塌；多数变压器套管破坏、少数变压器移位，少数瓷柱型高压电气设备破坏；各类供水管道破坏、渗漏广泛发生，大范围停水。干硬土地上多处出现裂缝，可见基岩裂缝、错动，滑坡、塌方常见；独立砖烟囱多数倒塌。

X度，骑自行车的人会摔倒，处不稳状态的人会摔离原地，有抛起感。个别梁桥桥墩压溃或折断，少数落梁，少数拱桥垮塌或濒于垮塌；绝大多数变压器移位、脱轨，套管断裂漏油，多数瓷柱型高压电气设备破坏；供水管网毁坏，全区域停水。山崩和地震断裂出现；大多数独立砖烟囱从根部破坏或倒毁。

XI度，地震断裂延续很大；大量山崩滑坡。

1.1.2 区域地震活动时空分布特征

1.地震区、带划分

我国地震活动有密集成带分布的特点，不同地区地震活动特征不同，为了反映地震活动的这种空间不均匀性，在概率地震危险性分析方法中，用划分地震区、地震带来体现。地震区是指区域地震活动性、现代构造应力场、地质构造背景及现代地球动力学环境相类似的区域。地震带是地震区内的次级地震统计区域，通常指地震集中成带或密集分布、由一条大的活动构造带或一组现代构造应力条件和变形条件相似的构造带所控制的地带。

地震区划分原则：地震活动性相似，即地震区内地震活动的强弱程度大致相近、地震活动的似周期性大致相同，区域现代构造应力场和现代构造变形特征相似，新构造活动性相似，区域大地构造、地壳结构和地球物理场相似。

地震区划分方法：依据地震活动性、新构造与现代构造运动、地壳结构和地球物理场以及现代大地构造等的分区特征及差异，进行中国大陆及邻区的地震区划分。地震区边界通常是一级大地构造单元的边界、重力梯度带、地壳厚度梯度带等。

地震带划分原则：在地震区内划分出具有不同构造背景、不同地震活动特征的地带，并满足确定地震活动性参数的要求：（1）地震活动在空间上密集成带或相对集中；（2）当地震记载历史足够长时，地震活动具有强弱相间的似周期性；（3）新构造运动的性质和强度大致相同；（4）活动构造运动特征和运动性质基本一致。

地震带划分方法：在地震区内，根据地震活动密集分布特征，地震构造类型、现代构造应力场和形变场的一致性进行划分。

地震带边界通常为活动构造带的边界带、破坏性地震相对密集带的外包线，有时是区域性深、大断裂活动的影响带，或构造活动与地震活动有明显差异的分界带。

根据区域地震活动特征、地球物理场等，结合《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）的研究成果，划分地震区、地震带，目标区所在区域涉及华北平原地震带、郟庐地震带和东北地震区，下面对此两带一区作简要论述（图 1.1.3）。

（1）华北平原地震带

华北平原地震带呈北北东向展布，南界大致位于商州—鄂州一线，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，总体呈 NE~NNE 向，全长约 1000km，受华北平原内部的一系列 NE 向断裂带控制。

华北平原地壳厚度为 32~36km，莫霍面隆起带和拗陷带相间排列，与新生代隆起、拗陷呈镜像关系。重磁异常呈现北北东带状分布，布格重力异常值由东向西降低，磁异常正负相间排列，变化剧烈，局部异常较多，沿燕山南缘为一磁异常带，大地热流分布具有明显的不均匀性，平原与山区之间是热流变化的梯度

带，拗陷区的热流值大于山区或隆起区。

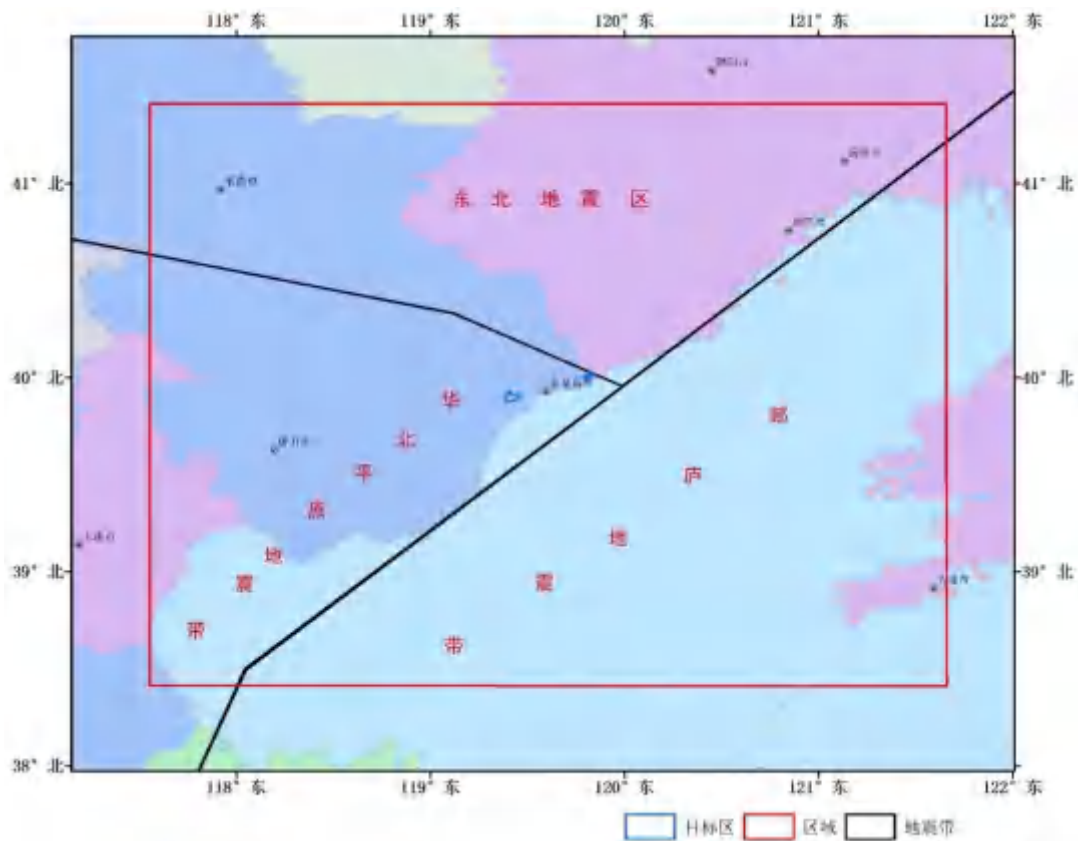


图 1.1.3 地震区、带划分图

新生代以来，本地震带的构造活动经历了两个不同的演化阶段，第一阶段发生在古近纪。从始新世开始，在强烈的拉张应力作用下，开始了新生代的主要裂陷时期。渐新世期间裂陷作用继续发展，使全境盆—岭化，第二阶段发生在新近纪和第四纪，这个阶段由多层次的盆—岭构造转为全区整体下沉，形成华北平原。在第四纪，华北平原拗陷向北扩展，在古近纪和新近纪以隆起为主的燕山隆起区的南缘下沉并接受沉积，发育一条由几个第四纪盆地组成的北西向剪切拉张带，其最大第四纪厚度可达 800 多米。

华北平原地震带的断裂构造复杂，由多组不同方向的断裂存在，多属铲式正断层，断层深度达 6~8km，倾角平缓，长度几十至几百公里不等，多数断裂在古近纪和新近纪至第四纪显示活动，两盘落差为数十米，少数达二三百米，与地震活动有关的断裂主要是北东—北北东和北西—北北西向两组断裂。

华北平原地震带的地震活动频度高、强度大，是华北地区的一个重要强震活动带。该带共发生 8 级地震 1 次，7.0~7.9 级地震 5 次，6.0~6.9 级地震 30 次，5.0~5.9 级地震 117 次。1679 年河北三河—平谷 8 级地震、1830 年河北磁县 7½ 级地震、1976 年河北唐山 7.8 级地震、1966 年河北邢台 7.2 级地震等均发生于该带内，带内地震活动对目标区的影响起着重要的作用。

(2) 郯庐地震带

郯庐地震带是我国东部规模最大的一条地震带，该带北起辽宁省开原，沿下

辽河穿渤海进入山东沂河沭河流域，向南抵江苏省宿迁附近，其宽度约 200km。包括郯庐地震带及其附近的一系列与它平行和斜交的次级断裂，主要强震受郯庐断裂带控制，总体走向为 NNE 向。自公元前 70 年至今，该带共发生 5.0—5.9 级地震 69 次，6.0—6.9 级地震 16 次；7.0—7.9 级地震 6 次；8 $\frac{1}{2}$ 级地震 1 次，即我国东部历史记载中的最大地震 1668 年郯城 8 $\frac{1}{2}$ 级地震就发生在本地震带。

(3) 东北地震区

东北地震区地处我国东北部，与朝鲜、俄罗斯和蒙古接壤，南濒渤海与华北地震区相连，西部为内蒙大兴安岭褶皱系，东部为吉黑褶皱系，其褶皱系回返时间以华力西期为主。中生代构造活动强烈，早第三纪构造运动以整体抬升为主，差异运动不明显。地震区内松辽盆地的新生界厚度仅有数百米。新第三纪以来其构造运动比华北地震区弱，但火山活动较强，玄武岩分布较广，多期喷发直至现代。东北地震区发育一系列隆起区、拗陷区，拗陷区与隆起区内发育两组第四纪断裂：一组为北东—北北东向，另一组为北西向。两组断裂中以北东—北北东向断裂规模大、发育程度高，如敦化—密上山断裂、依兰—伊通断裂以及嫩江断裂等。

本区地震主要发生在活动断裂带、断陷盆地的边缘以及第四纪火山岩出露地带，与新构造运动具有一定关联，如 1940 年 1942 年内蒙通辽附近两次 6 级地震，以及 1941 年绥化 6.0 级地震均发生在松辽断陷边缘；齐齐哈尔附近 4 次地震与雅鲁河断裂有关；五大连池附近几次地震发生五大连池第四纪火山岩区。

东北地震区地震活动水平相对较弱，地震分布总体较为弥散，中强地震的成带和成丛分布特点不明显，故区内没有进一步划分出地震带。本地区在清之前，地旷人稀，地震史料缺乏，目前能够查到的最早破坏性地震仅限于西汉末年，而且记载非常简单，地震资料在时间上非常不连续，在空间上地震分布不均匀。东北地震区除延吉—珲春一带深震群震级较高（最大 1917 年 7 月 31 日 7 $\frac{1}{2}$ 级地震）外，其它地方以浅源地震为主，活动较弱。自有地震记载以来，记到 $M \geq 4\frac{1}{2}$ 级地震 92 次，其中 7.0~7.9 级地震 2 次；6.0~6.9 级地震 12 次。近期发生的主要地震有 2003 年 8 月内蒙巴林左旗、阿鲁科尔沁旗间 5.9 级地震，2004 年 3 月内蒙东、西乌珠穆沁旗 5.9 级地震，2008 年 6 月内蒙古鄂伦春自治旗与阿荣旗交界 5.2 级地震，2013 年 4 月内蒙古科尔沁左翼后旗 5.3 级地震，2013 年 10 月吉林前郭 5.5 级地震和 2013 年 11 月吉林前郭 5.8 级地震。

2. 地震活动的空间分布特征

地震空间分布的主要特征是不均匀性，它的展布规律与区域地质构造密切联系，往往与地震构造带相吻合，表现了明显的成带性，地震呈稳定的带状分布。

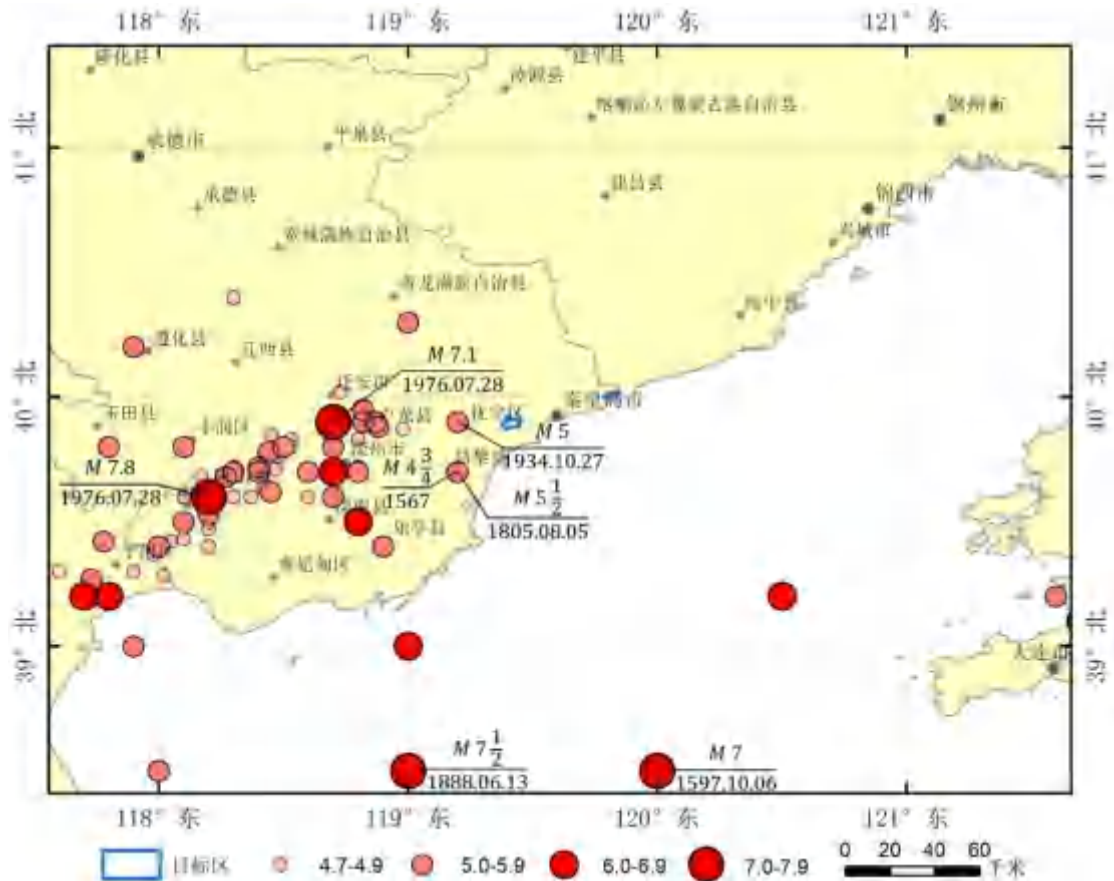


图 1.1.4 区域破坏性地震震中分布图 (1481~2021.07)

区域破坏性地震震中分布如图 1.1.4 所示区域破坏性地震具有成带、丛、集分布特点。从卢龙—唐山—宁河形成一条 NE 向地震条带，该条带属华北平原地震带上的唐山老震区，主要受 1976 年唐山地震序列的影响，华北平原地震带地震活动频次高、强度大、多次发生 6.0 级以上地震。此外区域南部渤海湾破坏性地震离散分布。

1970 年以来区域现代小震震中分布如图 1.1.5 所示，这些地震与破坏性地震具有共同的特点，表现为成带、丛、集分布。从卢龙—唐山—宁河形成一条 NE 向地震条带，该地震条带位于唐山老震区，小地震活动频次高，成带、成丛明显，主要受 1976 年唐山地震序列的影响。此外区域的南部渤海湾在较大地震周围形成地震密集区。

破坏性地震活动的空间分布与区域现代小震分布在空间上是一致的，这种一致性表明破坏性地震和现今小地震的密集区可能是未来强震的主要活动的场所。

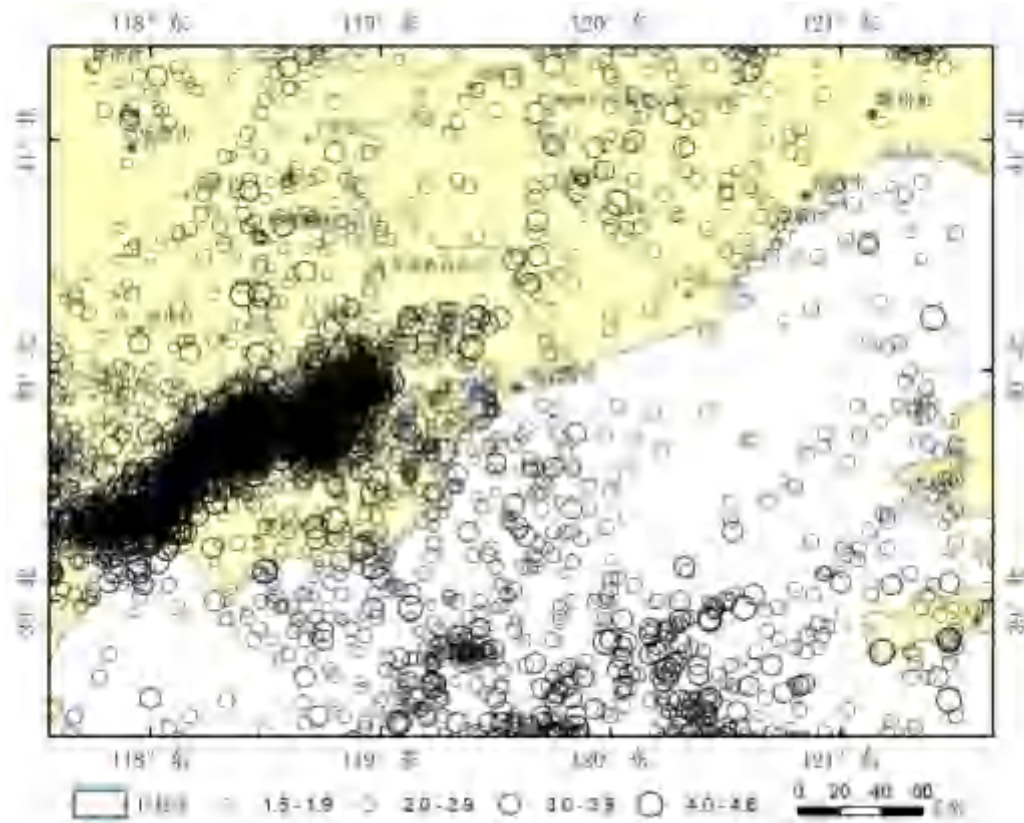


图 1.1.5 区域现代小震震中分布图 (1970.01~2021.07)

3. 地震活动时间分布特征

区域地震活动的时间分布特征的研究是在一定统计区内(地震带或地震区内)进行的,描述在时间进程中不同时间段的地震活动特征,其目的是评估未来较长时间(如 100 年)内地震活动趋势。

目标区所在区域主要隶属华北平原地震带、郯庐地震带和东北地震区。这里分析上述两个地震带和一个地震区地震活动的时间分布特征,作为估计区域未来地震活动水平的背景依据。

① 华北平原地震带地震活动时间分布特征

华北平原地震带主体构造是在新华夏系构造基础上发展起来的一系列北北东向活动断裂带:西部大致以太行山东缘断裂为界,东部包括聊城-兰考断裂带和沧东断裂带,北部延伸到燕山南缘,南部延伸到北秦岭褶皱带的南边界。该带地震活动水平高,已发生过8级地震1次,7.0~7.9级地震5次,6.0~6.9级地震30次。图1.1.6为华北平原地震带1400年以来 $M \geq 5.0$ 地震的 M - T 图和应变释放曲线。由图可知,华北平原地震带1400年以来经历了两个地震活动期,即1485年至1679年,1791年至1984两个活跃期。第一活跃期194年,是以1次8级、8次6.0~6.9级地震的形式出现;第二活跃期至今已活动193年,是以5次7.0~7.9级、14次6.0~6.9级地震的形式活动。两个活跃期的活动特点不一致。自1984年以来,该带再没有出现6级以上地震,1996年以来只发生过两次5级破坏性地震。第二活跃期到1984年已经结束,目前地震活动处于活跃期末的剩余应变释放调整阶段或下一

活动期的应变积累阶段，活动水平不高，但考虑到该地震带具有发生强震的构造条件和现代小震的活动水平，未来百年仍有个别6级地震出现的可能。从保守角度出发，未来百年总体上以平均水平估计未来地震活动趋势。

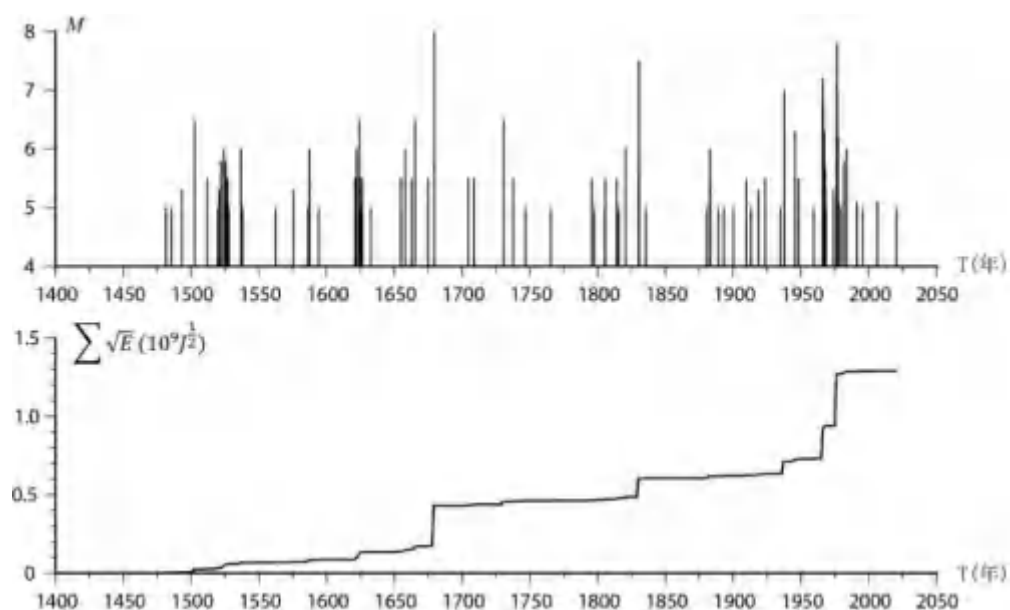


图 1.1.6 华北平原地震带强震 M - T 图和应变释放曲线

② 郟庐地震带未来百年地震活动趋势分析

图 1.1.7 给出了郟庐地震带 1400 年以来 5 级以上地震的 M - T 图和应变释放曲线。从图上看，自 1485 年开始，郟庐地震带也有两个地震活跃期（1485—1675 年，1796 年—至今）。第一活跃期 190 年，是以 1 次 $8\frac{1}{2}$ 、2 次 7 级和 2 次 6.0~6.9 级地震的形式出现。第二活跃期从 1796 年至今已活动 208 年，是以 3 次 7.0~7.9 级地震的形式出现。郟庐地震带目前处于第二活跃期后期，未来百年仍有个别 7 级以上地震的可能，其地震活动与活跃期的平均活动水平相当。

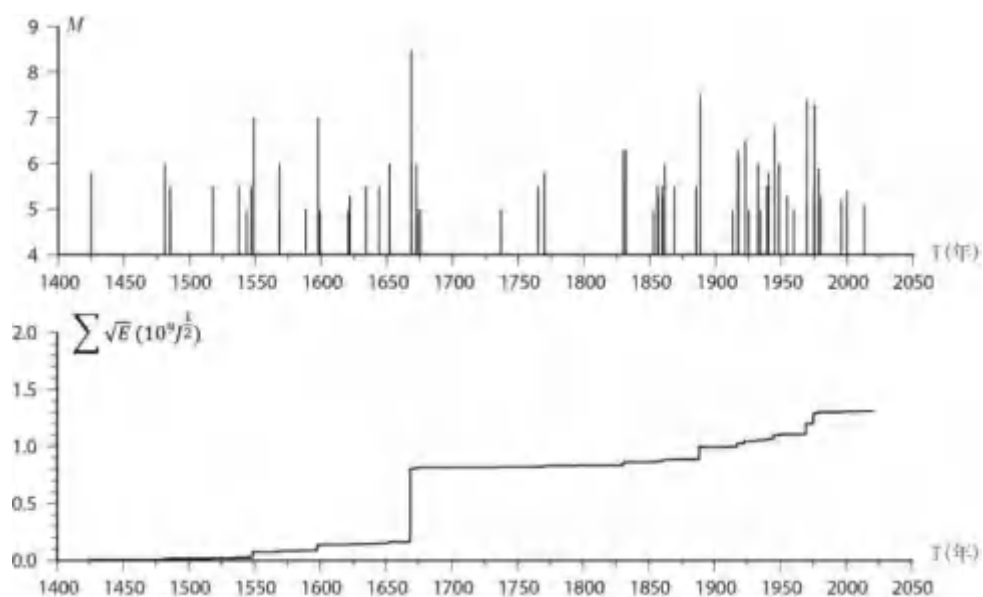


图 1.1.7 郟庐地震带强震 M - T 图和应变释放曲线

③ 东北地震区地震活动时间分布特征

东北地震区地震活动水平相对较低，地震样本量小，中强地震的成带和成丛分布特点不明显，故区内没有进一步划分出地震带。本地区在清代之前，地旷人稀，地震史料缺乏，目前能够查到的最早破坏性地震仅限于西汉末年，而且记载非常简单，地震资料在时间上非常不连续，在空间上各省、区分布和地震记载数量也不均匀。20 世纪初，东北地区先后建立了大连地震台(1904 年)、长春地震台(1908 年)等台站，区域地震资料逐渐丰富。有关研究资料表明，大约从 1920 年以后，东北地震区内 5 级以上地震记录基本不缺失。

1970 年以后，辽宁、吉林、黑龙江和内蒙古等省的区域地震台网相继建立并逐步完善,但是地震台站分布也不均匀，台网监测能力不平衡，东北地震区内地震台网可以监测到 $M \geq 2.0$ 级的地震。从东北地震区 1900 年以来 $M \geq 5$ 级地震的 $M-T$ 图和应变释放曲线（图 1.1.8）上看。1923 年以来东北地震区以同一释放速率释放能量。因此，对未来地震活动水平的估计，就以 1923 年以来的地震活动水平作估计。

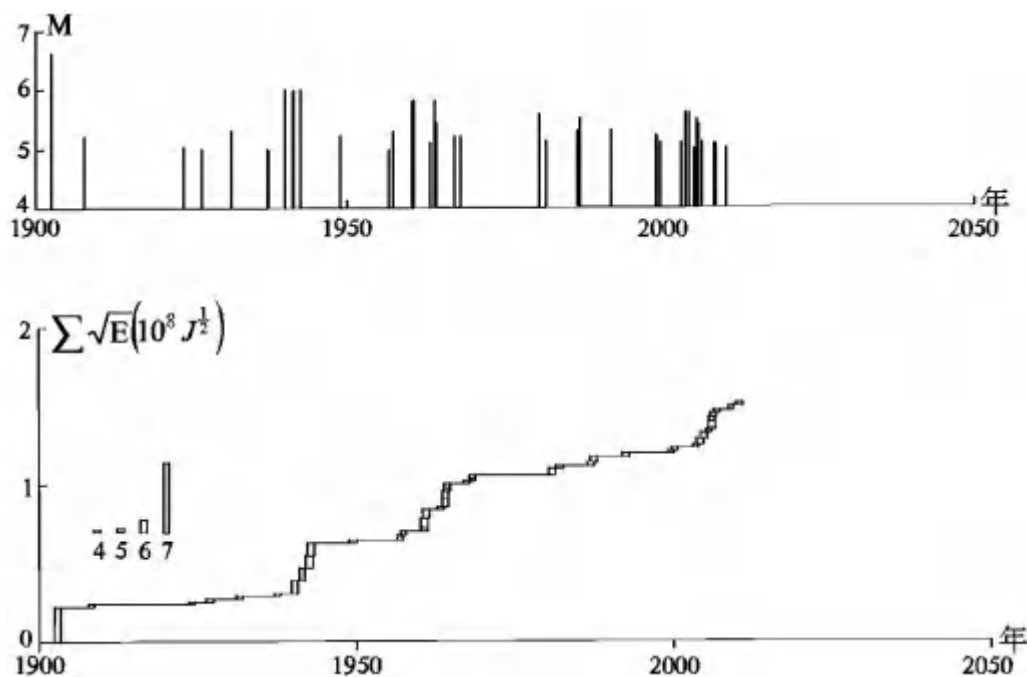
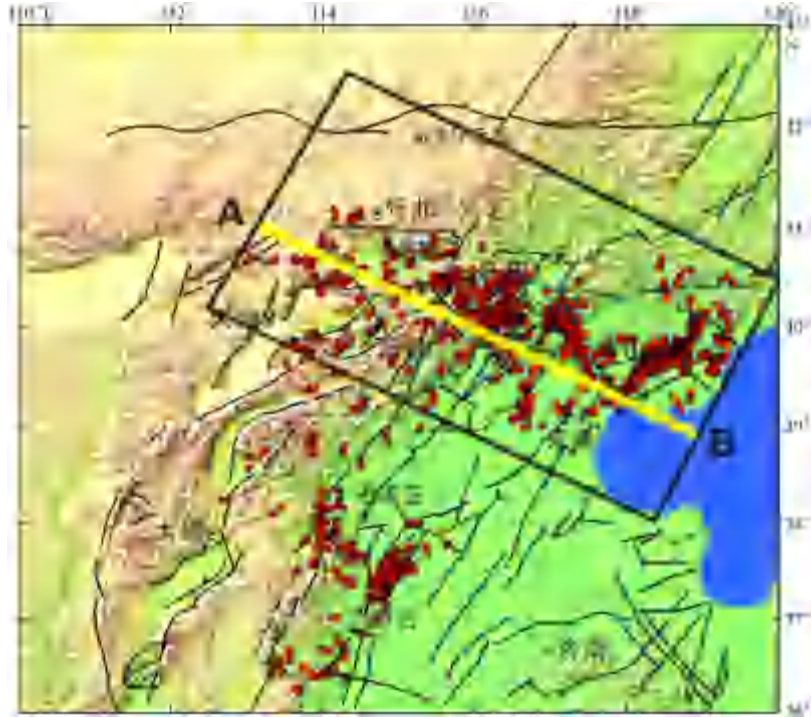


图 1.1.8 东北地震区 $M-T$ 图和应变释放曲线

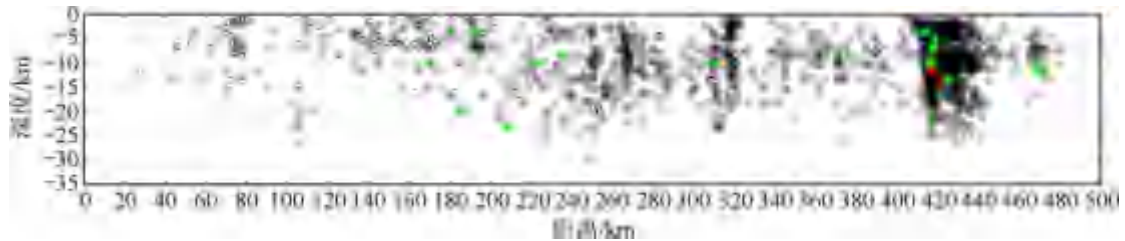
4. 震源深度分布特征

赵博等 (2013) 用双差定位结果分析了华北地区的地震活动，结果表明华北地区的地震主要集中在中上地壳（图 1.1.9）。



(a) 华北地区 2006—2009 年地震重新定位分布图 (赵博等 2013)

红色点为重新定位后的震中分布；黑框区域的地震为图 (b) 中做深度剖面的地震；黄线 AB 为深度剖面位置



(b) AB 剖面地震震源深度分布图 (赵博等 2013)

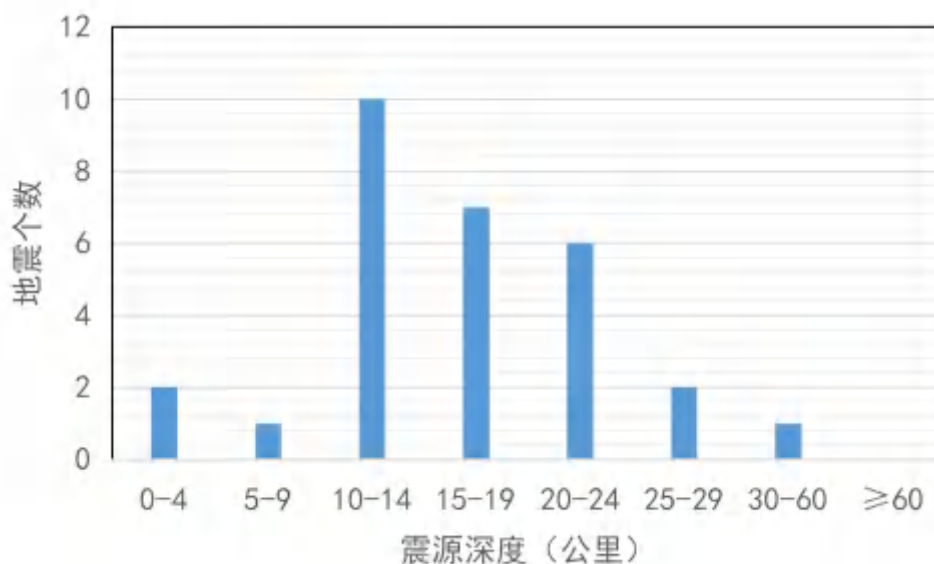
绿色五角星为 $3.0 \leq M_L < 4.0$ 的地震，红色五角星为 $4.0 \leq M_L < 5.0$ 的地震，水平轴原点为 $(41.0^\circ \text{ N}, 113^\circ \text{ E})$

图 1.1.9 华北地区震源深度分布图

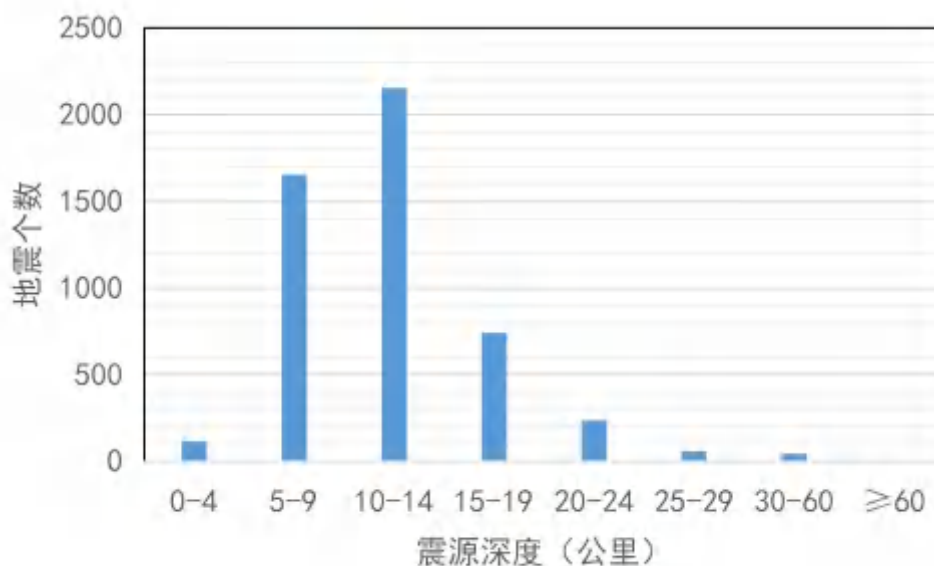
本次工作首先采用具有深度参数的 29 个区域破坏性地震统计，深度分档区间取为 5km，29km 内深度分档区间取为 5km，30~60km 为一档，大于 60km 为一档，其中 1-4km 有 2 个，5-9km 有 1 个，10-14km 有 10 个，15-19km 有 7 个，20-24km 有 6 个，25-29km 有 2 个，30km-60km 以上有 1 个，为 33km，综上，区域破坏性地震为地壳中上层的浅源构造地震。同时采用 1970 年以来发生在区域具有深度参数的 5002 个 $M \geq 1.5$ 地震进行统计分析(见图 1.1.10)。从图 1.1.9 和表 1.1.2 可见区域范围内的震源深度与上述震源深度的结论基本一致，基本属于地壳中上层的浅源构造地震，优势震源深度为 5-24km，深度大于 60km 的地震仅有 1 个，深度为 68km。

表 1.1.2 区域震源深度分布特征表

深度(km) 震级	0~4	5~9	10~14	15~19	20~24	25~29	30~60	>60
$M \geq 4.7$	2	1	10	7	6	2	1	0
$M \geq 1.5$	114	1652	2154	742	237	60	42	1



(a) $M \geq 4.7$ 地震震源深度分布图



(b) $M \geq 1.5$ 地震震源深度分布图

图 1.1.10 区域范围内震源深度分布图

1.1.3 现代构造应力场

区域范围内发生过众多 4.7 级以上地震，但有震源机制解资料的地震为数不

多,不足以确定区域范围的现代构造应力场特征,通过了解华北地区现代构造应力场特征,从而可了解区域范围的现代构造应力场特征。

震源机制解是研究构造应力场的基本资料,可以反映震源断层的力学性质和动力学特征,揭示地震破裂的力学机制,给出地震的等效释放应力场。根据双力偶点源模型可得到单次地震的震源机制解的 T, B, P 轴方位和两个地震节面参数。由地震矩张量可给出“最佳双力偶模型”的震源机制解,单次地震得出 T, B, P 轴方向只与该地震的释放应力有联系,而不能当作地下实际作用的构造应力方向。双力偶点源模型的 T, B, P 轴不等于构造应力场的 3 个主应力轴。而多个地震的 P, B, T 轴在一定条件下可平均地反映某区构造应力场的最大、中等和最小主压应力方向。

本次工作收集到矩张量解 31 个(表 1.1.3),将上述地震的矩张量解一并投影获得矩张量解投影图(图 1.1.11),从表 1.1.3 和图 1.1.11 可以看出华北地区地震活动以走滑型为主,正断型次之。

表 1.1.3 地震的矩张量解

发震时间 (年.月.日)	北纬	东经	震级	深度 (km)	节面 I			节面 II		
					走 向	倾 角	滑 动 角	走 向	倾 角	滑 动 角
					(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)
1966.03.08	37.35°	114.92°	6.8	10	19	81	-177	288	87	-9
1966.03.22	37.50°	115.10°	7.2	9	186	83	-178	96	88	-7
1969.07.18	38.20°	119.40°	7.4	35	319	57	4	227	87	146
1975.02.04	40.60°	122.90°	5.1	33	23	60	-177	292	87	-30
1976.07.28	39.40°	118.00°	7.8	22	307	49	-27	55	70	-136
1976.07.28	39.70°	118.50°	7.1	22	316	60	-1	47	89	-150
1976.11.15	39.33°	117.50°	6.9	17	318	56	-9	53	83	-146
1977.05.12	39.20°	117.70°	6.2	19	322	52	8	227	83	142
1977.11.27	39.40°	118.00°	5.1	16	250	45	-90	70	45	-90
1978.05.18	40.72°	122.62°	5.9	13	23	60	-177	292	87	-30
1979.06.19	37.10°	111.87°	5.2	12	278	30	-63	68	63	-105
1979.08.25	41.20°	108.10°	6.0	18	111	44	-65	259	51	-112
1981.11.09	37.40°	114.99°	5.8	20	31	72	162	126	73	19
1982.10.19	39.96°	118.98°	4.9	10	116	61	-5	208	86	-151
1983.11.07	35.17°	115.25°	6.0	15	142	44	71	348	49	107
1989.10.19	39.92°	113.91°	5.9	13	204	76	-176	113	86	-14
1989.10.19	39.92°	113.87°	5.5	7	200	75	-175	109	85	-15
1989.10.19	39.94°	113.88°	4.9	10	92	44	-39	212	64	-127
1991.03.26	39.96°	113.85°	5.8	11	106	82	7	15	83	172
1991.05.30	39.68°	118.27°	5.1		50	71	-175	318	85	-19
1994.07.26	34.90°	124.60°	5.3		196	90	-180	286	90	0
1995.09.20	35.00°	118.00°	5.2		308	69	-7	40	83	-159
1996.05.03	40.72°	109.62°	6.4	24	308	75	-12	42	78	-165
1998.01.10	41.10°	114.30°	6.2	10	207	54	135	327	55	46
1999.03.11	41.20°	114.52°	5.5		295	65	-9	29	82	-155
1999.11.01	39.92°	113.98°	5.6	10	122	72	-7	214	84	-161
2000.01.12	40.52°	123.05°	5.1	14	27	43	-178	295	88	-47
2002.05.19	39.37°	117.98°	4.7		211	59	107	0	35	64

2006.07.04	38.90°	116.30°	5.1	20	110	65	8	16	83	155
2012.05.28	39.70°	118.50°	4.8	8	245	87	178	335	88	3
2020.07.12	39.78°	118.44°	5.0	17	238	74	-168	145	79	-16

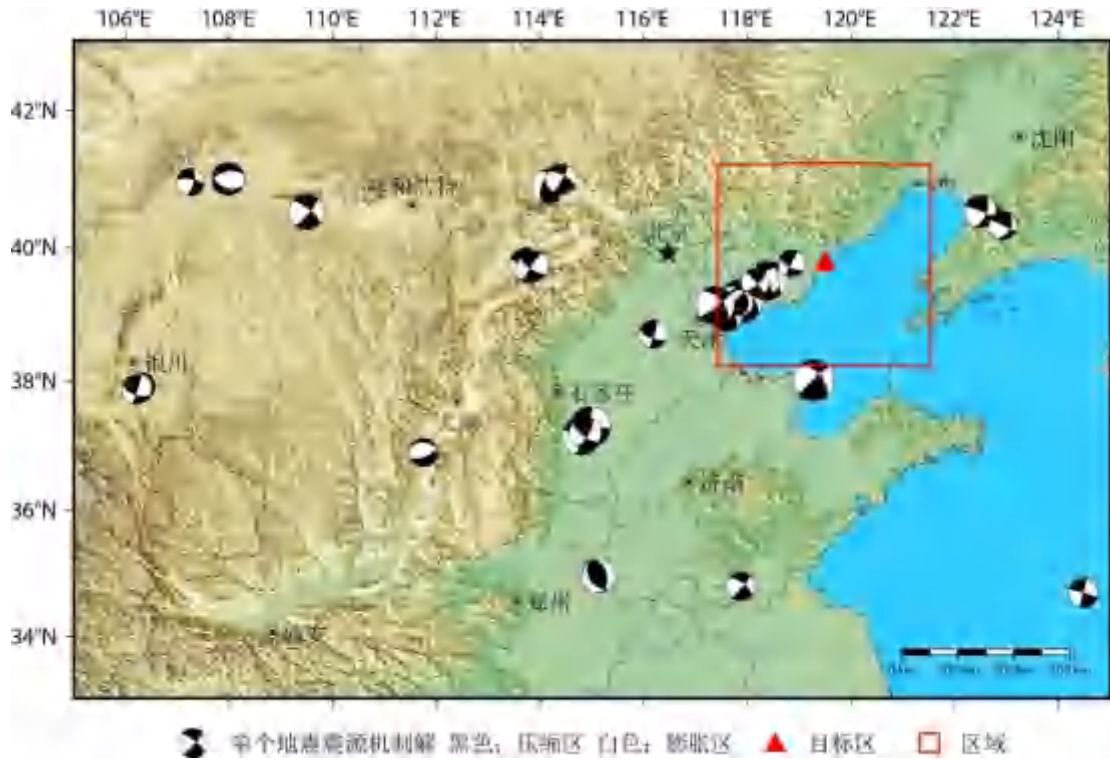


图 1.1.11 矩张量解投影

根据矩张量解反演得到华北构造应力场3个应力轴，最大主应力轴 σ_1 的方位为83°、倾伏角为32°；中等主应力轴 σ_2 的方位为244°、倾伏角为57°；最小主应力轴 σ_3 的方位为349°、倾伏角为9°（图1.1.12）， $R=0.4$ ，反演误差4.7°。

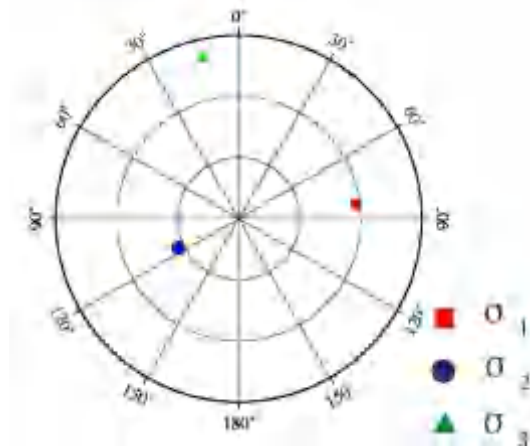


图 1.1.12 华北地区构造应力场的取向

李钦祖（1980）分析获得华北地区应力场的基本特征，其最大压应力轴为北东东向，最小压应力轴为北北西向，并且都近于水平向。中等压应力主轴直立（图1.1.13）。震源机制节面的优势方位为 NNE-SSW 和 NWW-SEE，与应力场的最大剪切应力方向吻合，华北的震源机制以走向滑动为主。

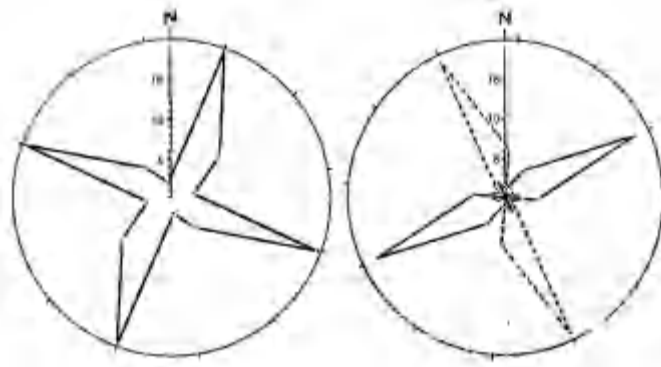


图 1.1.13 华北地区节面数目随走向的分布（左），P 轴(实线)和 T 轴(虚线)数目随方位的分布

华北地区最近几十年来几次主要强震，如 1966 年邢台 7.2 级地震、1967 年河间、大城 6.3 级地震、1975 年海城 7.3 级地震、1976 年唐山 7.8 级和滦县 7.1 级地震等震中区地裂缝带的展布方向和运动方式表明，这些强震是在北东—北东东向的主压应力作用下发生的。1976 年唐山地震地表断裂最大水平错距 2.3m，为北北东向右旋走滑运动性质；1966 年邢台地震也为北北东向右旋走滑性质；1679 年三河—平谷地震根据调查（孟宪梁，1988），为北东向右旋走滑兼正断层性质。华北地区强震震源错动性质（张四昌等，1995）表明，北东—北北东向震源断层为右旋错动；而北西—北北西向震源断层则为左旋错动，这表明发震的主压应力为北东—北东东向，中国地震局地壳应力研究所研究认为华北地区现今构造应力场主压应力方向为北东东近东西向（图 1.1.14）。

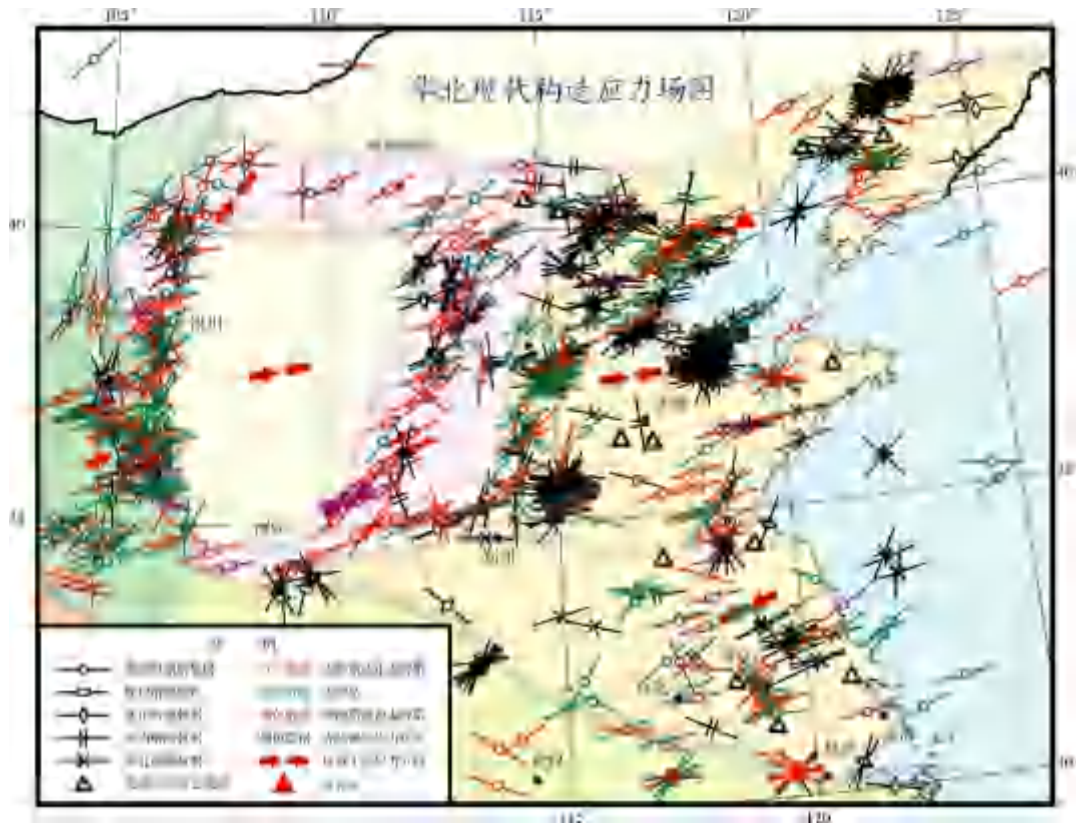


图 1.1.14 华北地区现代构造应力场（中国地震局地壳应力研究所）

华北地区现代构造应力场具有以下一些特征：

(1) 本区现代构造应力场最大主压应力轴（P 轴）是水平的，方位为北东东近东西向；最小主压应力轴（T 轴）也是水平的，方位为北北西。

(2) 全区构造应力场具有较好的一致性，代表了该区所处的构造应力环境。

(3) P 轴和 T 轴都为水平的现代构造应力场特征，决定了发生地震的断层性质主要为走滑断层的性质。

(4) 震源机制解有两组优势节面。表明与这两组优势节面走向一致的断裂易发生走滑型地震，它们是北北东—南南西向和北西西—南东东向等两组节面，也有少数地震的节面为北东东方向。

(5) 根据构造应力场推导，北北东和北东东向断层具有右旋走滑的运动性质。北西西向断层具有左旋走滑的运动性质，北东东向断层具有正断层的运动性质。这种运动特征与本区地质调查的结果完全一致，与整个华北地区断层的运动性质也一致。

另据环文林（1994）研究，华北地区自 1931—1988 年间的 53 次 $M \geq 4.3$ 级地震的震源机制分析结果，有 83% 的地震是走滑断层活动的结果，其最大震级为 7.8 级；8% 的地震为逆断层活动的结果，其最大震级为 5.9 级；9% 的地震为正断层活动的结果，其最大震级为 7.1 级（唐山大地震的余震）。表明华北地区的断裂活动性质以走滑断层活动为主。由此可见，华北地区的中强以上地震活动，主要是北北东向断层右旋走滑运动或北西西向断层左旋走滑运动的结果。

综上所述，区域现代构造应力场最大主压应力轴（P 轴）方位为北东东—近东西向；最小主压应力轴（T 轴）方位为北北西。北北东和北东东向断层具有右旋走滑的运动性质，北西西向断层具有左旋走滑的运动性质，北东东向断层具有正断层的运动性质。

1.1.4 破坏性地震对目标区的影响

分析破坏性地震对目标区的影响，是地震安全性评价的一个重要组成部分，以此了解破坏性地震对目标区的影响情况，包括历史上所遭受的最大地震影响烈度。

有些地震从历史记载中难以确定影响烈度，采用五代区划图东部强震区的烈度衰减关系（俞言祥等，2013）计算，计算公式为：

$$\begin{cases} I_a = 5.7123 + 1.3626M - 4.2903 \lg(R + 25) \\ I_b = 3.6588 + 1.3626M - 3.5406 \lg(R + 13) \end{cases} \quad \sigma = 0.5826$$

式中： I_a 和 I_b 分别为长、短轴方向的烈度， R 为震中距（km）， M 为震级， σ 为标准差。根据上述公式，计算出了没有等震线的破坏性地震对目标区的影响烈度，保守起见，本次工作按长轴方向计算影响烈度，并按照七舍八入原则确定最终影响烈度。表 1.1.4 中分别给出了对目标区西区和东区影响烈度达 VI 度以上的各次破坏性地震。

表 1.1.4a 破坏性地震对目标区西区的影响

编号	发震时间 (年月日)	地理坐标		震级	震中距	震中烈度	宏观烈度	计算烈度	地名
		北纬 (°)	东经 (°)						
1	1624.04.17	39.5	118.8	$6\frac{1}{2}$	65	VIII	VII		河北滦县
2	1679.09.02	40.0	117.0	8	203	XI	VI		河北三河—平谷
3	1805.08.05	39.7	119.2	$5\frac{1}{2}$	25	VII		6	河北昌黎
4	1888.06.13	38.5	119.0	$7\frac{1}{2}$	156		VI		渤海湾
5	1945.09.23	39.7	118.7	$6\frac{1}{4}$	62	VIII		6	河北滦县
6	1969.07.18	38.2	119.4	7.4	186		V-VI		渤海
7	1976.07.28	39.60	118.20	7.8	106	XI	VI		河北唐山
8	1976.07.28	39.90	118.70	7.1	58	IX	VI		河北滦县
9	1976.11.15	39.33	117.50	6.9	107	VIII	VI		天津宁河西

表 1.1.4b 破坏性地震对目标区东区的影响

编号	发震时间 (年月日)	地理坐标		震级	震中距	震中烈度	宏观烈度	计算烈度	地名
		北纬 (°)	东经 (°)						
1	1624.04.17	39.5	118.8	$6\frac{1}{2}$	102	VIII	VI-VII		河北滦县
2	1679.09.02	40.0	117.0	8	238	XI	V		河北三河—平谷
3	1888.06.13	38.5	119.0	$7\frac{1}{2}$	181		VI		渤海湾
4	1976.07.28	39.60	118.20	7.8	144	XI	VI		河北唐山
5	1976.07.28	39.90	118.70	7.1	94	IX	VI		河北滦县

由表 1.1.4 可以看出，破坏性地震对目标区西区的影响烈度最大为 VII 度，共有 9 次地震对目标区西区的烈度影响达到 VI 度；破坏性地震对目标区东区的影响烈度最大为 VIII 度，共有 5 次地震对目标区东区的烈度影响达到 VI 度。

1.1624 年 4 月 17 日河北滦县 $6\frac{1}{2}$ 级地震（震中烈度 VIII）

震中位于河北滦县，据历史记载，滦县“坏庐舍无算，地裂出水火、竹木各异物。”图 1.1.15 为该地震等烈度线图，这次地震对目标区西区的最大影响烈度为 VIII 度，东区的最大影响烈度为 VI-VII 度。



图 1.1.15 1624 年 4 月 17 日河北滦县 $6\frac{1}{2}$ 级地震等震线图
 (据《中国历史强震目录(公元前 23 世纪—公元 1911 年)》改编)

2. 1679 年 9 月 2 日河北三河平谷 8 级地震 (震中烈度 XI)

1679 年 9 月 2 日河北三河平谷发生 8 级地震, 据历史记载: “震之所及东至辽宁沈阳, 西至甘肃岷县, 南至安徽桐城, 凡数千里, 而三河、平谷最惨。远近荡然一空, 了无障隔, 山崩地裂, 裂地涌水, 土砾成丘, 尸骸枕籍, 官民死伤不计其数, 有全家覆没者。”

极震区从三河沿 NE 向到平谷, 三河地区“城垣、房屋存者无多, 城内外计剩房屋五十间有半。地多拆列, 黑水兼沙涌泛。西行 30 余里至柳河屯地脉中断, 落 2 尺许, 渐西北至东务里, 则东南界落 5 尺许, 又北至潘各庄, 则正南界落 1 丈许。压死 2677 人。”平谷地区“城廓村庄, 房屋塔庙荡然一空。地断裂丈余, 黑水兼沙水从地底涌出, 田禾皆毁。山多崩塌, 县东南自水峪庄至海子及新开峪, 连及蓟县之盘山, 其崩陷尤甚。阖境人民, 除墙屋压毙及地裂陷毙外, 其生存者十之三四。县之四境, 较低于旧时, 或二尺或五尺一丈不等。”极震区从三河沿 NE 向到平谷, 据历史记载: “震之所及东至辽宁沈阳, 西至甘肃岷县, 南至安徽桐城, 凡数千里, 而三河、平谷最惨。远近荡然一空, 了无障隔, 山崩地裂, 裂地涌水, 土砾成丘, 尸骸枕籍, 官民死伤不计其数, 有全家覆没者。”

图 1.1.16 为该地震等烈度线图, 该地震对目标区西区的影响烈度为 VI 度, 对东区的影响烈度为 V 度。

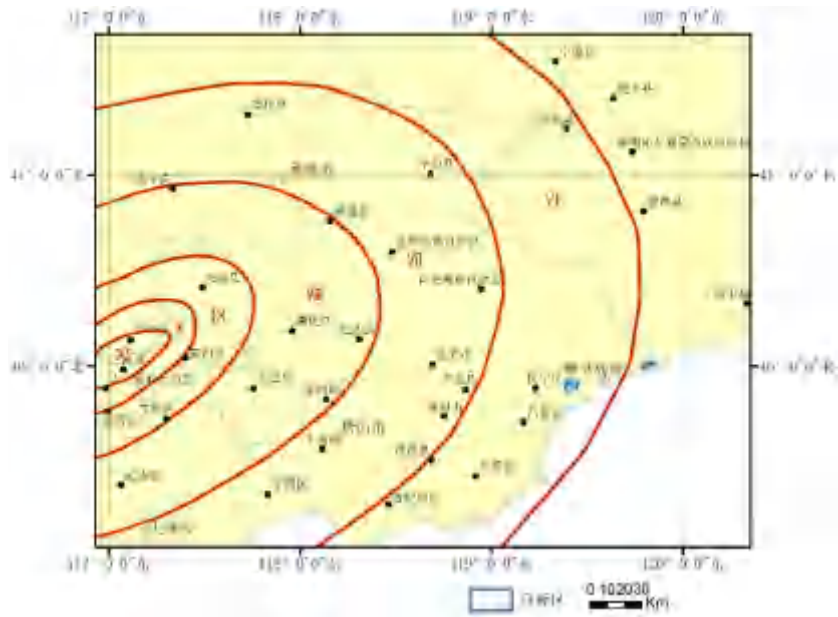


图 1.1.16 1679 年 9 月 2 日河北三河平谷 8 级地震等烈度线图
 (据《中国历史强震目录(公元前 23 世纪—公元 1911 年)》改编)

3. 1888 年 6 月 13 日渤海湾 7½ 级地震

震中位于渤海湾，据历史记载，“临近渤海湾的滦县、昌黎、乐亭、无棣、利津、惠民等地，房屋破坏不可胜计，塔顶坠地，地裂长者里许，宽有二三尺着，地溢黑水，平地有坳如井着。人员有伤亡。北京、辽宁、河北、山东俱有感。”

图 1.1.17 为该地震等烈度线图，这次地震对目标区西区 and 东区的最大影响烈度均达 VI 度。据历史记载，本次地震对秦皇岛市造成的破坏为：“老旧土房极少数开裂，砖房少数裂缝。”

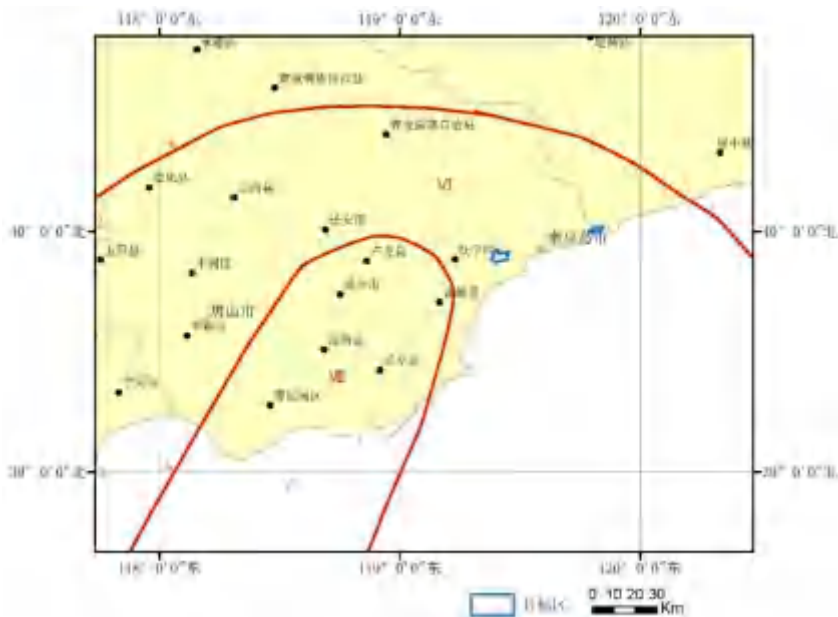


图 1.1.17 1888 年 6 月 13 日渤海湾 7½ 级地震等烈度线图
 (据《中国历史强震目录(公元前 23 世纪—公元 1911 年)》改编)

4. 1969年7月18日渤海7.4级地震

震中区在海域，据历史记载，“地震中死9人，伤300余人。山东省垦利县大部分地区，利津县、沾化县部分地区受灾较重”。图1.1.18为该地震等烈度线图，这次地震对西区的影响烈度为V-VI度，对东区的影响烈度为V度。

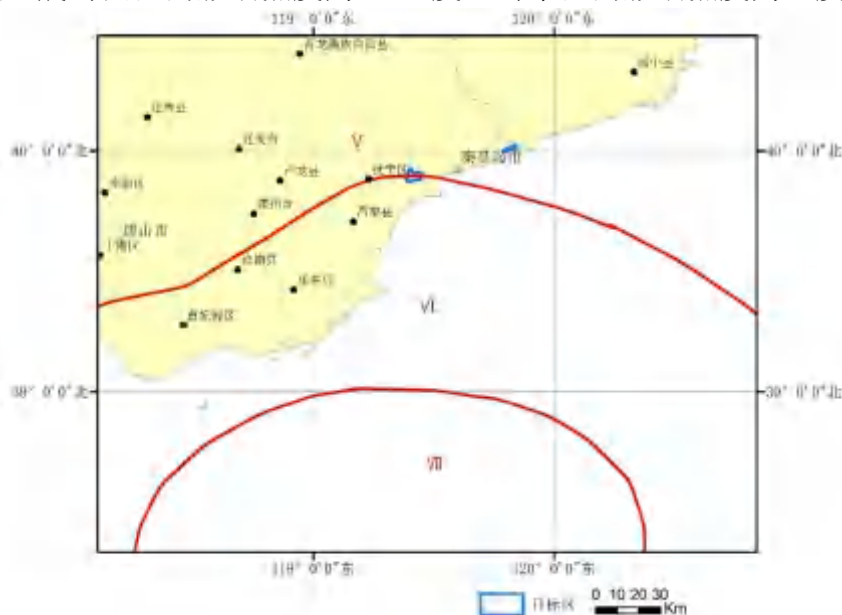


图 1.1.18 1969年7月18日渤海7.4级地震等烈度线图
(据《中国近代地震目录(公元1912年~1990年, $M_S \geq 4.7$)》改编)

5. 1976年7月28日河北唐山7.8级地震(震中烈度XI)

震中位于河北唐山市，“广大灾区民房及机关、医院、学校等公共房屋，各类工业厂房和构筑物倒毁和破坏。通信网、供电供水系统破坏以致中断。路基塌陷裂缝。大中型桥梁毁坏和严重破坏(约1/3)。铁轨水平弯曲并有上下起伏，车厢翻倒，京山、通坨铁路和主要公路干线交通断绝。陡河等水库及其它供水设施严重破坏。矿井井下塌方，巷道下沉，支撑倒塌，设备被淹，采空区塌陷。地震裂缝密集成带，喷水冒砂分布面积24000平方公里，淹没大量农田，堵塞排灌渠道和井管。有的地方剧毒气体扩散，易燃易爆物品爆炸燃烧。正在生产的这种熔炉中的铁水、钢水凝固。总共死亡242000余人，重伤164000余人。”

图1.1.19为该地震等烈度线图，这次地震对目标区西区和东区的影响烈度均为VI度。据历史记载，本次地震对秦皇岛市造成的破坏为：“全市共倒塌房屋13000间，破坏38000间。市内旧房有倒塌，功类房墙角或天花板裂缝，缝宽0.2~1厘米不等，一些高层建筑墙体裂缝，工业烟囱上部折断。山海关房屋倒塌3间，1500间房屋倒山墙，一些房屋裂缝。屋顶烟囱震落300多个，围墙部分倒塌。”

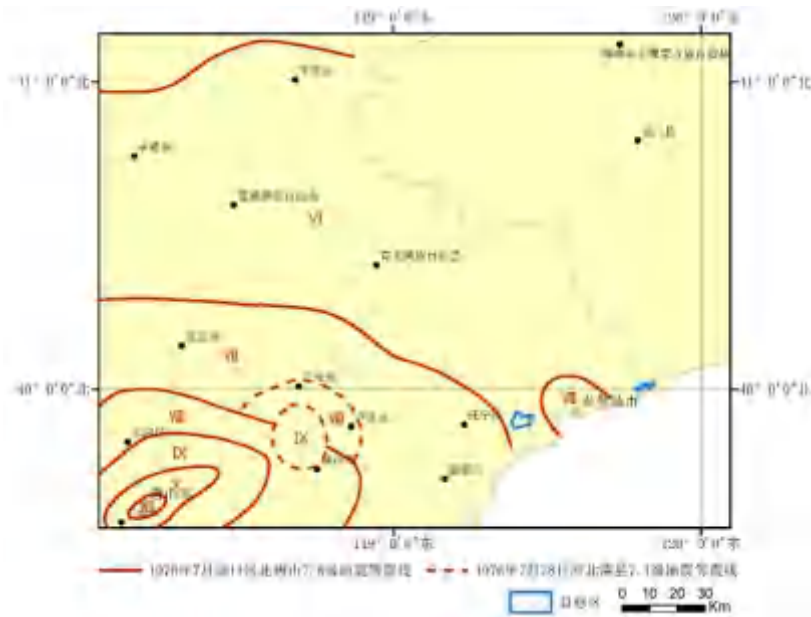


图 1.1.19 1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级地震等震线图（据《中国近代地震目录（公元 1912 年~1990 年， $M_S \geq 4.7$ ）》改编）

5.1976 年 11 月 15 日天津宁河西 6.9 级地震（震中烈度 $\geq VIII$ ）

震中位于天津宁河西，据历史记载，宁河“潘庄、俵口、冬棘坨、七里海等地房屋破坏较重。潘庄公社损坏房屋约 630 间，其中倒塌约 150 间。俵口公社倒塌房屋约 300 间（新盖的 127 间中倒 67 间）。冬棘坨公社倒塌房屋几十间。冒水喷砂普遍，七里海附近尤多。老安甸潮白河大桥桥面错位，使交通中断”。

图 1.1.20 为该地震等烈度线图，这次地震对目标区西区的影响烈度为 VI 度，对东区的影响烈度为 V 度。



图 1.1.20 1976 年 11 月 15 日天津宁河西 6.9 级地震等烈度线图
（据《中国近代地震目录（公元 1912 年~1990 年， $M_S \geq 4.7$ ）》改编）

依据《中国历史强震目录》（公元前 23 世纪至 1911 年）、《中国近代地震目录》（公元 1912 年至 1990 年）以及省内破坏性地震的现场考察报告等资料，得到目标区及周边的综合等震线，可以直观的体现出目标区最大影响烈度（图 1.1.21）。目标区西区和东区的最大影响烈度均为Ⅶ度。

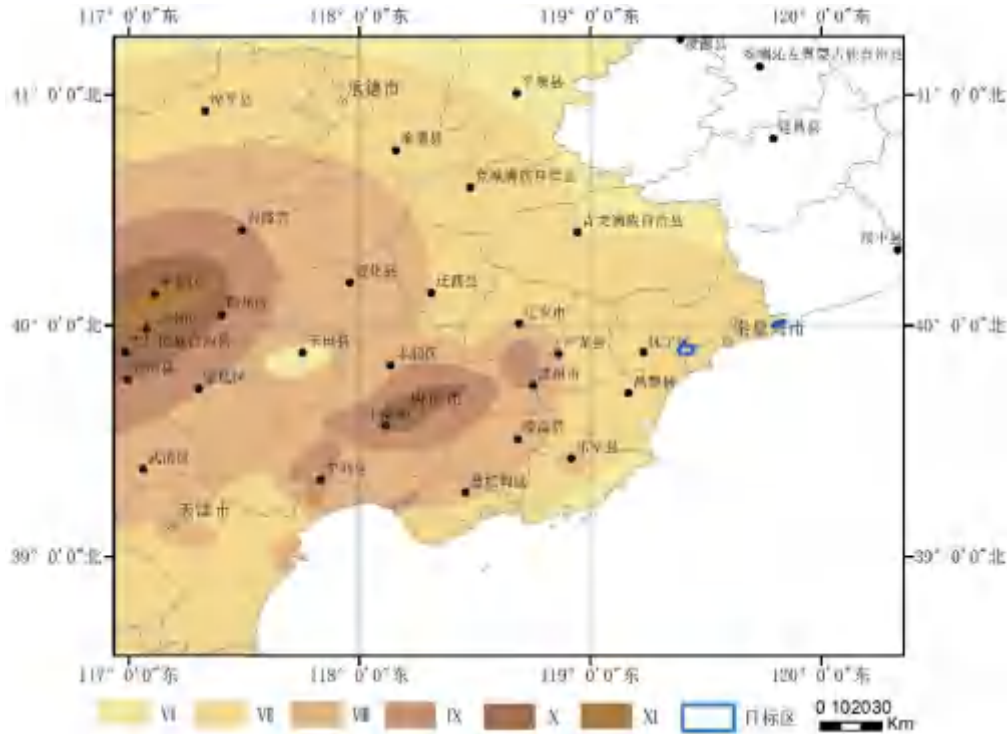


图 1.1.21 综合等震线图

1.2 区域地震构造环境

1.2.1 现今地球动力学背景

目标区位于中国大陆的东部，中国大陆位于欧亚板块的东南部（图 1.2.1），其东、南两边被太平洋和菲律宾海板块及印度板块所挟持。我国新生代地质构造和地震构造等大量研究的结果表明，周围板块运动的联合作用是造成我国大陆内部构造变形、建造发育和地震活动等的主要动力。

古近纪中期随着印度板块以约 5cm/a 的速度持续向北运动，于 45~40Ma B.P 印度次大陆与欧亚大陆碰撞使雅鲁藏布江一带的特提斯残留洋最终封闭。此后在印度次大陆不断向北推挤的作用下，青藏地区地壳大规模挤压缩短。自 35Ma B.P. 起青藏地区由地壳挤压缩短和向北推移逐渐被地壳挤压增厚和隆升的变形和运动方式取代，青藏高原开始隆起。印度板块的推挤和青藏高原隆起是中国大陆构造变形的重要力源。

在我国大陆的东边，40~34 Ma B.P 太平洋板块由 NNW 转向 NWW 俯冲，22~5Ma B.P 菲律宾海板块转为 NNW 向俯冲；后者与欧亚板块的相互作用在台湾东部以碰撞推挤为主，对我国大陆东部产生强烈的 NW 向挤压作用。同时，与板块俯冲相对应的深部构造活动使中国大陆东部地区产生张裂作用，形成一系列北北东向断陷盆地。中国东部的板块俯冲作用是中国大陆东部构造变形的另一

重要因素。

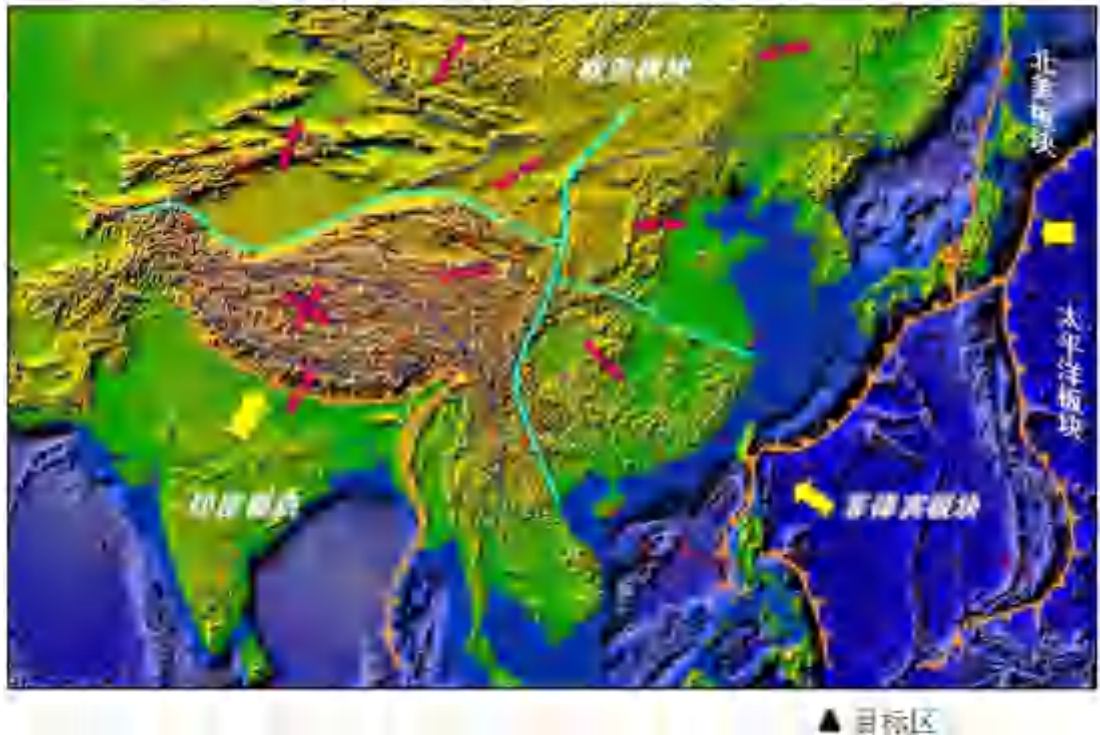


图 1.2.1 中国大陆及邻近地区地球动力背景

在印度板块和太平洋板块共同作用下,中国东部构造变形最重要特征为形成一系列北北东向构造,如汾渭断裂带、郯庐断裂带、华南沿海断裂带等。这些断裂带以右旋走滑活动为主,控制了主要强震的分布。

我国大陆东部由于其东西两侧块体和板块的运动方向、作用方式等的非均一性,相对形成东北、华北和华南三个构造区或亚板块。对于华北构造区,西边受祁连—柴达木块体向 NEE 向挤压,东边有太平洋板块 NWW 向俯冲推挡,构造作用和地震活动西强东弱、北强南弱,构造应力场自北而南为 NEE-SWW 渐转为近 EW 向挤压。

1.2.2 区域大地构造环境

区域隶属中朝准地台。中朝准地台是我国大陆内形成时代最古老的陆块,太古代和古元古代是中朝准地台形成和演化的早期阶段,大约经过了 20 亿年的漫长历史。这是一个地壳从简单到复杂、由薄到厚、从活动转化为稳定的剧烈大变动时期。自中元古代后,中朝准地台进入了一个比较稳定的构造环境。

印支运动以后,波及中国东部大陆的裂陷作用,使中朝准地台发生大规模的伸展裂陷而受到深刻的改造,裂陷作用可分为中生代和新生代两个裂陷阶段:中生代裂陷过程中朝准地台西部发育了鄂尔多斯大型拗陷盆地,东部在隆起背景上形成一系列断陷盆地,同时伴有火山活动;在新生代裂陷旋阶段,古近纪以来,在华北平原区和鄂尔多斯周缘发育大量断陷盆地(带),断裂活动性以正断为主兼有水平扭动。新生代构造运动对中朝准地台继续产生重要影响,它与现代地貌的形成密切相关。新生代构造运动的总特征为大范围的断块运动,形成大面积的隆

起和沉陷；断裂活动十分活跃，它们控制着大小隆起区和沉陷区的边界，大量新生代的玄武岩浆的喷发与其密切相关；褶皱变形微弱，仅形成拱区和倾斜地层（张裕明，1980）。

早白垩世末期的燕山运动基本结束了中生代裂陷作用，中朝准地台趋于稳定，地壳经历了晚白垩世的均衡调整，地表遭受长期剥蚀均夷而广泛准平原化，形成广阔的华北准平原。自古新世开始，中朝准地台又经历了新生代裂陷作用的改造，新生代裂陷旋回分为古近纪断陷或裂陷和新近纪以来拗陷或后裂陷两个明显不同的构造阶段。古近纪断陷带之间是整体隆升的鄂尔多斯、山西等断块隆起；裂陷盆地和断块隆起之间具有复杂的盆山构造耦合关系，如渤海湾盆地和太行山之间以太行山山前断裂带为连锁构造，经历了复杂的盆山耦合发育过程。在断陷区，裂陷作用使华北准平原面解体，成为断陷盆地的基底面；在隆起区，准平原面被抬升成为山顶面，如现今太行山区海拔 3000m 左右的北台期夷平面（徐杰等，2001）。古近纪晚期，中朝准地台的断陷作用逐渐减弱，山体隆升缓慢，随之的剥蚀作用在隆起区边缘形成较宽的甸子梁剥夷面。新近纪以来，鄂尔多斯周缘的断陷带继续发育，山西断块隆起区的轴部发育了山西断陷带，渤海湾盆地和豫淮盆地整体下沉，在早期盆岭构造之上叠置发育了大型拗陷盆地。第四纪以来，中朝准地台的新构造运动继承性地发展，山区间歇性地上升，平原区整体下沉，内部新生断裂作用明显，这种基本构造格局一直持续到现今（邓启东，1980）。

根据地质特征及其构造发展历史，区域内可分为内蒙地轴、燕山台褶带和华北断坳 3 个二级构造单元（河北省地质矿产局，1989）。本项目目标区位于燕山台褶带与华北断坳内（图 1.2.2），属于大地构造较不稳定地段。

（1）内蒙地轴（I1）

位于中朝准地台北缘，内蒙地轴的北界为康保—围场深断裂，南界为尚义—平泉深断裂的西段（尚义—赤城段）接丰宁—隆化深断裂，宽约 80~100km，向东、西延入临省（区），它是一个自基底形成后长期相对隆起的近 EW 向轴状构造单元，其内基底岩系广泛出露。中侏罗世时，其内部开始剧烈活动，形成一系列中生代断陷盆地。新近纪构造活动仍较强烈，玄武岩成片分布。第四纪构造活动基本稳定。

（2）燕山台褶带（I2）

燕山台褶带以一系列 NNE 向、NEE 向断裂为界与华北断坳相邻。西界大致位于大同、浑源、灵丘一线。它以怀柔北边的 NNE 向断裂为界分为东西两部分，东部构造主要为近东西向，西部则主要呈 NE 向。该单元受燕山运动的多次强烈改造，构造变形剧烈，盖层普遍发生了强烈褶皱。新近纪以来，它的西部发育一些 NE 向的断陷盆地。

（3）华北断坳（I3）

华北断坳位于区域南部，为新生代强烈断陷区，其构造线及块体总体延伸方向为 NNE-NE 方向。古近纪地壳强烈拉张活动，产生了数十个断陷盆地，之间以隆起相隔，断陷盆地中沉积了 4000~6000m 厚的古近系，而相对隆起上则缺失古近系。新近纪以来断坳整体下沉，新近系和第四系一般厚为 1200~2000m。

第四纪期间，华北断坳北缘发育了多个呈 NWW 向斜列展布的断陷盆地。

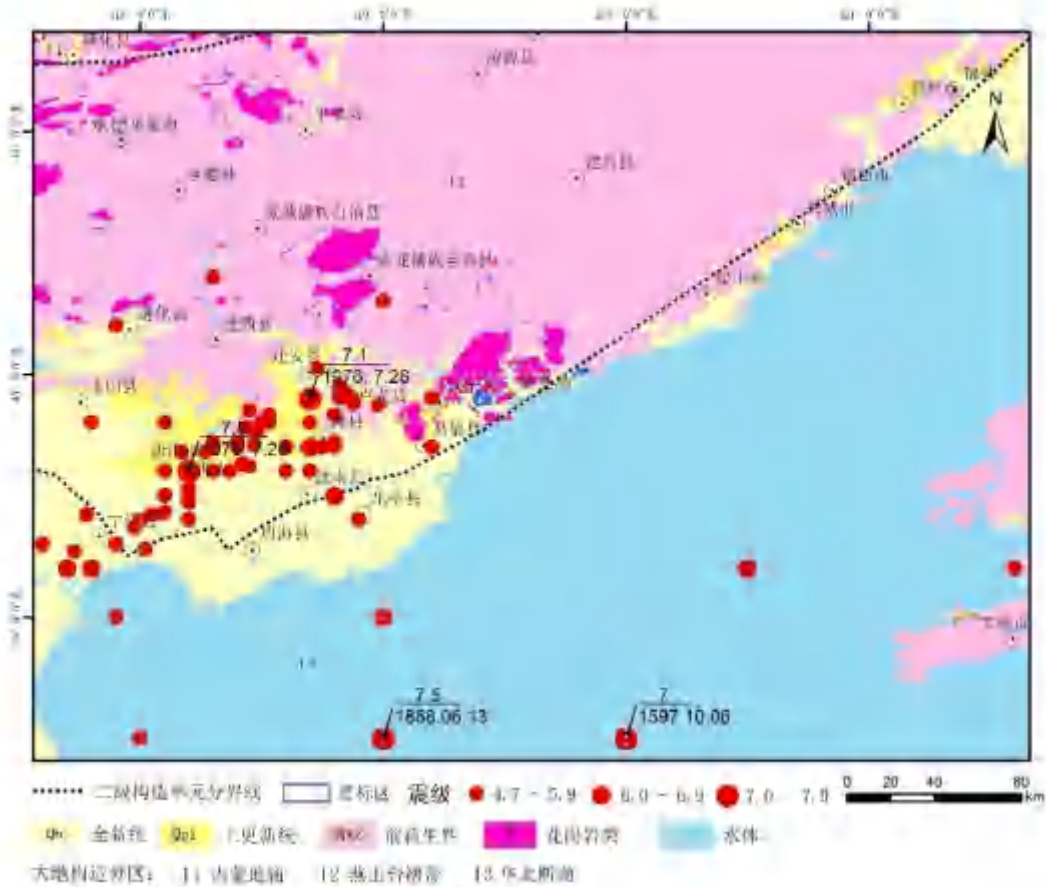


图 1.2.2 区域及邻近地区大地构造单元划分图

1.2.3 区域新构造运动特征及其与地震活动的关系

1. 区域地貌及新构造分区

区域北边为燕山山地，西南部为平原，东部为渤海海域。燕山山地中心位于区外赤城—滦平—承德—平泉一线，高峰达 2000m 以上，从北向南、从西向东地势逐渐降低，山脉走向以近东西向为主。区域内的燕山山地为燕山主峰脊线以南的低中山、低山和丘陵区，发育海拔高为 800m 左右甸子梁期夷平面（II 级）和海拔高 400~500m 唐县期夷平面（III 级），山前还分布海拔 200m 左右的早更新世形成的 IV 级夷平面。

区内华北平原海拔一般 50m 以下，整体向渤海缓慢倾斜，平原内部地势平坦，为河流冲积倾斜平原，河道变化频繁，从而在平原区留下了大量的古河道和积水洼地。沿海地区由于河流和海侵的共同作用地势低平，并保留沙丘和多道贝壳堤。渤海的海底较平坦，从沿岸向中央变深，尤其中部十分平坦，大部分地区水深介于 20~25m 之间。

新生代以来，本区在构造演化上进入一个新的阶段，平原区从始新世开始，发生了强烈裂陷，形成一系列 NE 向为主的断陷盆地。新近纪时，平原区大面积沉降，形成统一的大型盆地，但原来断陷和隆起多数仍在继承发展。隆起区在新生代时期仍间歇性抬升。

不同的新构造背景，它们的运动幅度、运动方式以及断裂运动速度等有很大的区别，而这些因素又在很大程度上决定着现代构造运动和地震活动的分布。新构造分区一方面反映该区新构造运动的规律，另一方面也为认识该区的地震活动和潜在震源区划分提供依据。根据新构造运动发育历史、类型、幅度的大小、地貌形态及主控断裂的走向和活动特征及地震活动性，区域内可划分为 3 个二级区和 8 个三级区（表 1.2.1，图 1.2.3）。

表 1.2.1 区域新构造分区表

二级构造单元		三级构造单元	
编号	名称	编号	名称
I	华北平原断坳区	I 1	沧县隆起
		I 2	黄骅坳陷
		I 3	渤中坳陷
		I 4	埕宁隆起
II	太行燕山隆起区	II1	冀北隆升区
		II2	平泉建昌弱隆升区
		II3	燕山隆升区
		II4	燕山南麓断隆
III	西辽河上游稳定区		

(1) 华北盆地断坳区(I)

华北盆地基底面为晚白垩世到古新世长期处于剥蚀夷平的准平原面，华北盆地的发展经历了古近纪的裂陷阶段和新近纪—第四纪后裂陷或坳陷阶段。古近纪时，在北西-南东水平拉张作用下，沿区域北北东至北东东向断裂形成一系列铲式正断层及其控制的隆起、断陷带，断陷带内堆积了厚 4000~6000m 的古近系。新近纪进入坳陷阶段，转为整体下沉，广泛接受了厚 1000m 以上的新近系-第四系沉积，形成统一的华北盆地。北北东向断裂是华北盆地北部最突出的一组构造，研究表明，华北盆地北部还发育着多条北北东向右旋正走滑断裂和北西西向左旋正走滑断裂，并构成一对共轭剪切破裂，沿其走滑为主的新生断裂历史上发生过多次强震。

根据构造和沉积演化，区域内可划分为沧县隆起（I 1）、黄骅坳陷（I 2）、渤中坳陷（I 3）和埕宁隆起（I 4）4 个次级构造单元。

沧县隆起（I 1）

东西边界为沧东断裂和大城东断裂，北界为蓟运河断裂，南界止于衡水断裂。该单元自古生代以来即处于隆起状态，缺失古近系，新近系及第四系总厚度仅 700m。由太行山区流入冀中的河道均自隆起的西侧向北汇入海河，隆起上也很少有现代河道和古河道通过，无疑在第四纪时期该单元仍为一隐伏的隆起，成为冀中水系和大运河间的分水岭。

黄骅坳陷（I 2）

黄骅坳陷为中生代以来的继承性断陷区，位于沧东断裂以东，埕西—羊二庄断裂以北。沉降中心在歧口东北海域，新近系底板埋深 3200m。新生代火山活动

比较强烈，尤以海兴、黄骅、沧县一带最甚。

渤中拗陷（I3）：

渤中拗陷位于渤海水域，总体呈 NE 向，由渤中断凸、埕北断凹、渤中断凹组成。因受 NW 向、EW 向构造带和郯庐的影响，内部结构复杂，由数个凸起和凹陷组成。渤中断凸呈 EW 向，其核部新近纪底板埋深约 1800m。南部的埕北断凹为 NW 向，新近纪底板埋深 2400m。位于渤中断凸以北的渤中断凹的构造线以 EW 向为主，内部结构较复杂，有数个沉降中心和相对隆起。该区是渤海强震多发区，地震多发生在 NW 向活动断裂和郯庐带上或二者的交汇部位。

埕宁隆起（I4）：

埕宁隆起位于黄骅拗陷以东，是个长期的古老隆起区，新近系直接覆盖太古界或古生界之上。隆起中心在埕口附近，新近系底板埋深 700 余米，第四系厚约 300m，中、新生代以来它对其两侧的黄骅、济阳拗陷的沉积起了明显的分割、控制作用。

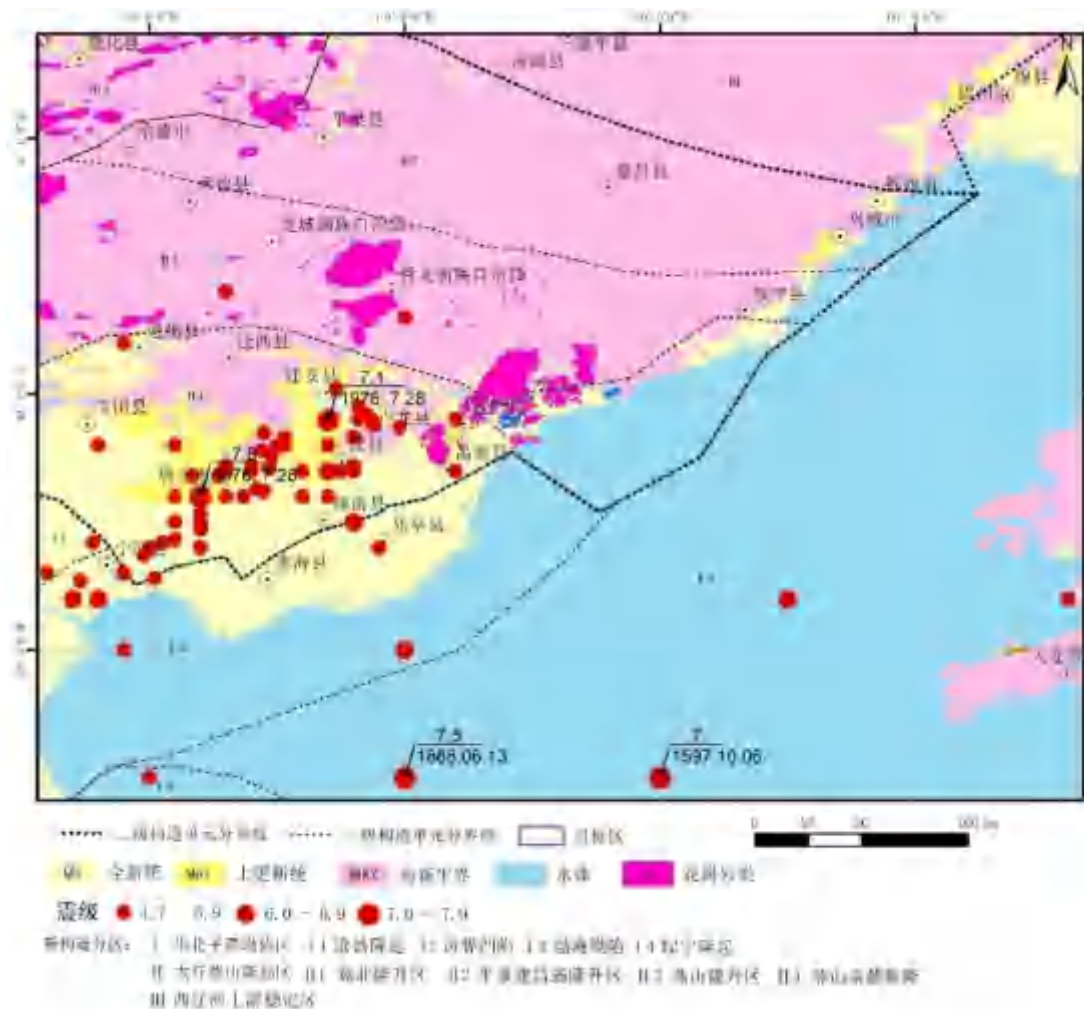


图 1.2.3 区域近邻近地区新构造单元划分图

(2) 太行燕山隆起区(II)

位于河北省中北部，包括燕山和太行山地区。该区可以进一步划分为冀北隆升区（II1）、平泉建昌弱隆升区（II2）、燕山隆升区（II3）和燕山南麓断隆（II4）4 个次级新构造单元，区域涉及太行军都隆升区和山西断陷带，其主要

特征概述如下。

冀北隆升区（II1）：南以尚义—古北口等与燕山隆升区相邻，北在康保—围场断裂以北。是燕山山脉北部的组成部分，构造位置相当于内蒙地轴的范围，主要构造线和山脉走向为近 EW 向。北台面分布广泛，海拔一般在 1000m 以上，中部和北部可达 1600m；新近纪以来持续隆起，处于剥蚀状态；唐县面主要分布在滦河两侧海拔 400~500m。大致以张北—多伦为界与内蒙高原稳定区为界，界线东、西两侧地貌与构造活动有较大差别。西部在新近纪中晚期有强烈玄武岩喷发，火山碎屑岩厚度达 400m 以上。第四纪本区内部差异活动不明显，地震活动较弱。

平泉建昌弱隆升区（II2）：位于燕山山脉东北方向的过渡地带，为大凌河、老哈河、青龙河等河流的河源区。地势较燕山主体更为和缓。河流宽谷为主。断裂以 NE 向为主。第四纪冲积地层发育。以弱隆升为主，区域地震和构造活动弱。

燕山隆升区（II3）：包括燕山山脉主体部分，主体断裂以近 EW 向和 NE 向两个方向为主，前者局部被后者切割，显示 NE 向构造活动晚于近 EW 向断裂。海拔由中部向南北两侧逐渐降低，北台面海拔 900~1000m。第四纪地层以发育于河谷两侧的阶地堆积为主。中更新世发育 3 级以上的阶地，未发现明显的构造变形。区域地震和构造活动较弱，以整体隆升为主。

燕山南麓断隆（II4）：南与冀中拗陷、沧县隆起、黄骅拗陷和渤中拗陷为界，北与燕山南麓相接。包括燕山南麓与华北平原的过渡地带，地形以低山丘陵为主。地貌特征与南侧的唐山断隆存在明显的差别。与建昌营断裂、蓟县山前断裂等和北侧的燕山隆升区为界。第四纪地层分布较广，但厚度有限，全新世地层不发育。断裂以 NE 向为主，为强震多发区，地震多发生在 NW 向的张家口—蓬莱活动构造带和唐山断裂带上或两者的交汇处。

目标区位于燕山南麓断隆。

2. 新构造运动特征

区域新构造运动具继承性和新生性，时间上具阶段性，空间上具差异性、掀斜性，概括以下三个基本特征：

（1）整体性、间歇性的抬升和沉降

太行山隆起区新生代以来发生了大面积间歇性抬升，出现多层地貌结构，发育四级夷平面，其中 I 级夷平面(北台期)高达 1000~1400m 以上，表现为零散的高峰顶面。II 级夷平面(甸子梁期)，在区域内海拔为 800~1000m 左右。III 级夷平面(唐县期)海拔在 400~600m。早更新世形成的 IV 级夷平面，在山前海拔高 200m 左右。山区河流发育 3~5 级河流阶地。而华北盆地发生强烈的沉降，并形成渐新统与中新统之间和上新统与第四系之间的沉积不连续面。断陷和盆地沉积具有多沉积旋回和多期堆积的特点。上述表明，区域内发生多次间歇性的升、降运动。

（2）继承性、新生性

新构造运动不同程度继承了先存构造格局和活动方式。在喜山运动分异基础上，在新构造时期，尤其第四纪以来隆起区继续隆起，沉降区再度沉降。断裂和断块活动还显示出新生性，即新构造运动在时间、空间上改变了原有运动方式和强度，沿衰老断裂、老断块发展形成新的断块，或产生了新断裂和新断块。如北

自唐山，向南经大城至区外束鹿、磁县一带，为沿古近纪断陷主边界断裂发展的北东向新生断裂构造带。郟庐断裂带，在中生代时即有数百公里的左旋走滑，也有过近万米的地堑张裂，后经历了强烈挤压。

(3) 差异性和掀斜性

根据山地高程、夷平面高度和盆地沉积厚度资料，表明区内各块体升、降幅度有较大差异，同时显示掀斜特征。山区据唐县期夷平面高度计算，上新世以来，燕山上升幅度达 400~500m。华北盆地各坳陷新近纪以来最大沉降幅度，冀中坳陷为 3600m(武清坳陷)，黄骅坳陷为 3400m(岐口坳陷)，渤中坳陷达 4800m(渤中坳陷)。隆起区在新生代隆起背景上，燕山隆起向南掀斜。盆地中断裂的正倾滑严格控制了块体的掀斜运动，在断裂下降盘一侧形成掀斜的断陷，上升盘一侧形成翘起的断隆。

3. 新构造运动与地震活动的关系

地震活动是新构造运动的重要表现形式。地震的发生与断裂构造，特别是活动断裂构造有着十分密切的关系，几乎所有的发震构造都与断裂活动有关。

区域强震主要分布在华北平原断块坳陷西北部和中部、燕山断块隆起南部等地区。强震多发生在新构造单元之间的边界或新构造单元的边缘部位，与新构造单元之间的差异活动密切相关，如 1679 年三河—平谷 8 级地震发生在大兴隆起与冀中坳陷的边界断裂夏垫断裂上，1976 年唐山 7.8 级地震发生在燕山断块隆起的南部边缘地带。此外，在新近纪强烈下陷的构造单元内也有强震发生，如渤中坳陷内的几个 7 级地震。

1.2.4 区域地球物理场与地壳结构

1. 区域布格重力异常特征

布格重力异常是地壳构造、物质组成和深部状态的综合反映。布格重力异常的空间展布、梯度变化和异常形态可以不同程度地反应地壳上部构造和深部背景。本区内布格重力异常(图 1.2.4)具有明显的分区特点：

目标区位于太行山梯度带以东的河北平原区，区域布格重力异常值以正异常为主、变化不大，为 0—30mgal、异常走向以 NE 为主。

沿郟庐带，在渤海地区显示为+10—+40 的正异常。

上述重力异常的趋势变化反映了该地区地壳厚度由东向西逐渐变厚。区域布格异常区的边界与活动构造带基本相符。

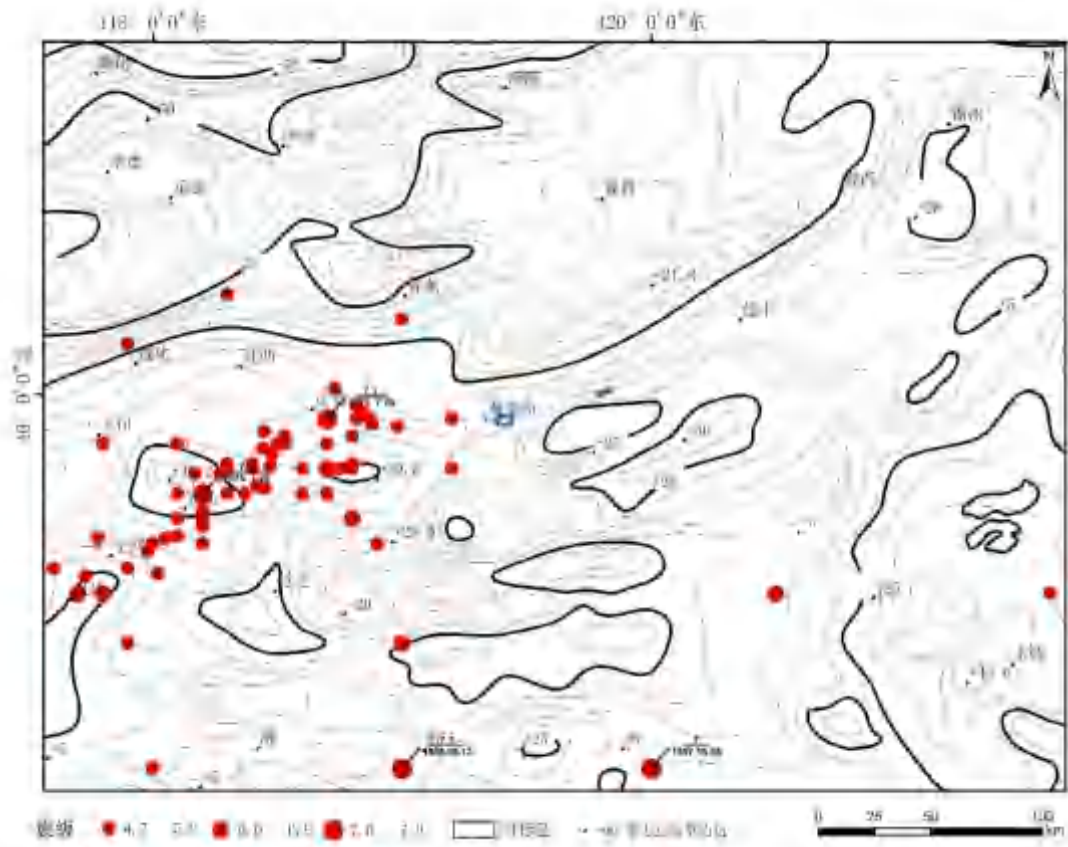


图 1.2.4 区域范围布格重力异常图
(中国地质调查局发展研究中心, 2002)

2. 区域磁场基本特征

图 1.2.5 为区域上延 10km 航磁异常图，反映了上地壳的构造特征。沿郟庐断裂带表现为一条 NNE 向航磁异常梯度带。该带以西的河北平原和山西隆起是一片磁场变化剧烈并以正磁异常为主的地区，强度西高东低，区域磁场走向以 NE、NNE 向为主；该带以东地区是一片平缓的负异常。

从承德至渤海一线存在一条磁力低窄带，该带以北的燕山地区，磁场走向为近东西向，强度大且变化剧烈，局部异常发育；该带以南，区域磁场多为 NE 向，强度弱，变化平缓。

目标区位于北东向的正航磁异常梯度带上，位于正负异常交界处，该方向与华北地区活动构造展布方向一致，有较好的对应关系。

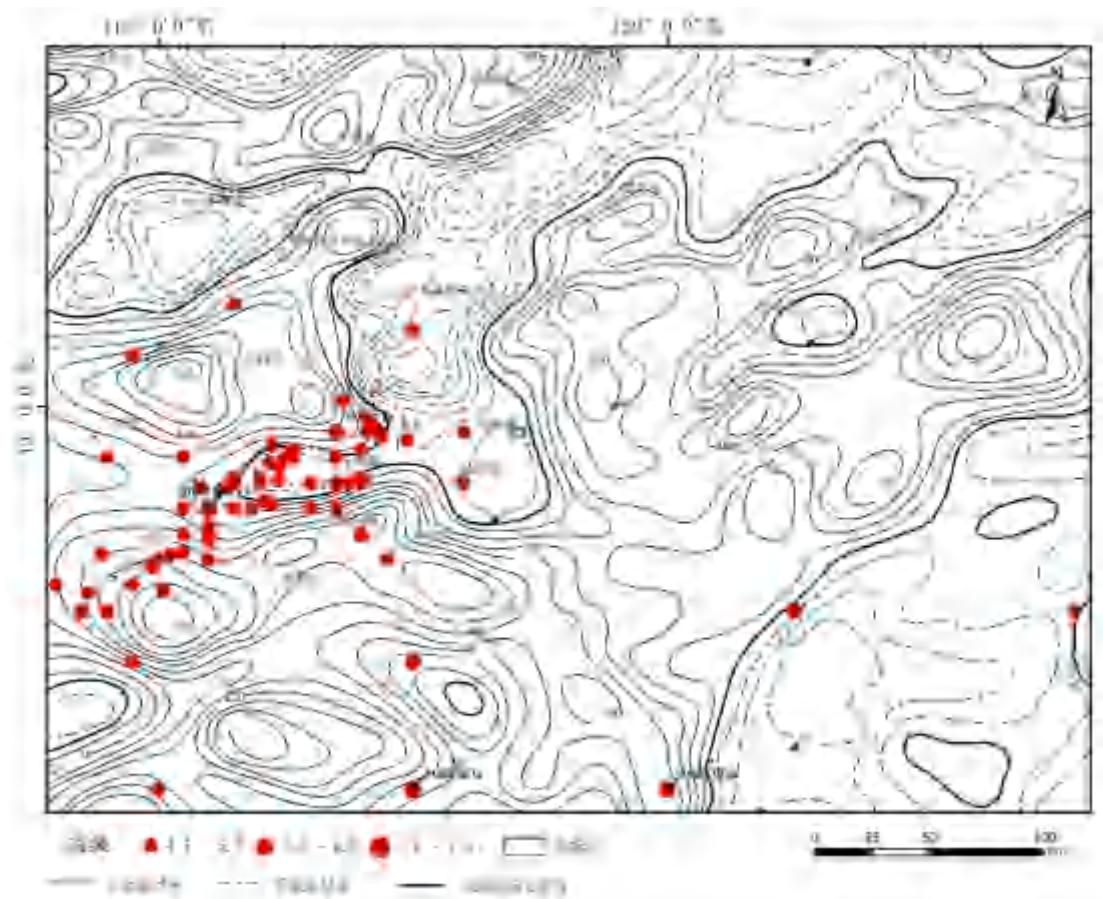


图 1.2.5 区域范围航磁 ΔT_{α} 上延 10km 异常图
(国家地震局地质研究所, 分析预报中心, 1986)

3.地壳和地幔结构

低速-高导层上方, 表明此层基本上为地壳弹性应力积累和脆性破裂的下限。

太行山重力梯度带是一条地壳厚度变异带(图 1.2.6)。以东的河北平原地区地壳厚度相对较薄, 且莫霍面构造较为复杂, 地壳厚度变化在 32—36km 范围内, 渤海地区最薄约 28km, 莫霍面总体走向 NNE 向; 太行山以西地区, 地壳厚度约在 36km 以上。

沿郯庐断裂带存在一条地壳厚度陡变带, 但莱州湾以北的北段东厚西薄; 南段西厚东薄。

北部燕山地区地壳厚度加厚到 40km, 莫霍面平坦且完整, 走向为 NE 向。

沿张家口—北京—渤海构造带显示一条地壳厚度变异带, 该带发育一些小型莫霍面隆起。

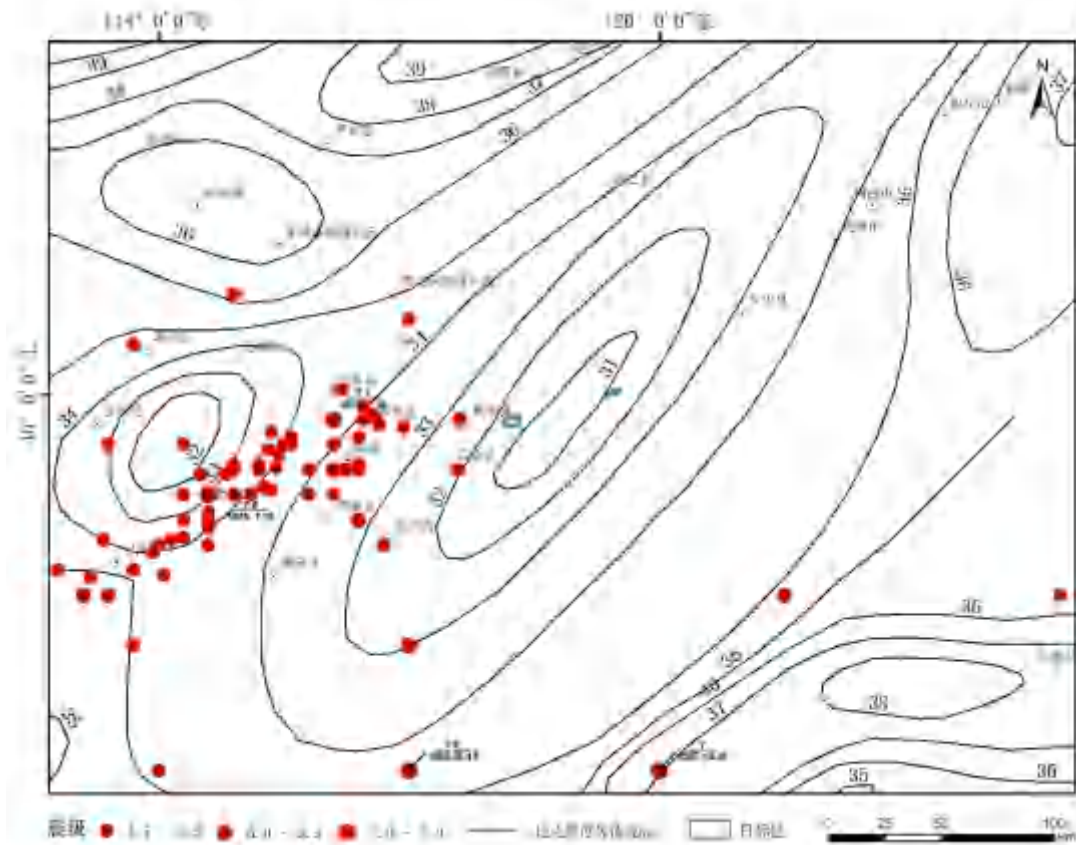


图 1.2.6 华北地区地壳厚度和强震震中分布图

4. 区域现代地壳形变

区域地壳形变是现代构造运动的一种表现形式。华北地区形变测量反映了区域形变运动的特点。

自中国地壳运动网络工程建成以来，华北已经获得 1999—2001、2001—2004、2004—2007、和 2007—2009 四期无旋转基准下华北 GPS 水平位移场（图 1.2.7A、B、C、D）。薄万举（2013）分析认为：

①由四期形变图可见，其共性特征均有近南北向拉张的形变特征，即北面的点相对向北运动，南边的点相对向南运动。

②四期形变图的另一个共性特点是西部的点偏向于向北运动，东部的点偏向于向南运动，整体上存在个顺扭变形的活动特征。其中 2007—2009 年的顺扭特征更明显一些，尤其是华北南部，以汾渭断陷带为中心存在更加显著的顺扭变形现象。

整个区域的变形好像是存在一个持续东西向挤压的效应，应该是太平洋板块由东向西俯冲和挤压的响应。2001—2004 年期间，似乎是东西向挤压有所减缓，东西向压应变有所释放，造成东西向相对拉张的现象出现。这一现象的出现，与 2001 年昆仑山 Ms8.1 级大震的发生有关。

华北长期存在西部向北运动、东部向南运动的扭矩作用。在印度板块和北美板块的长期作用下，中国东部存在大范围、长期的顺时针扭矩的作用。正是这一扭矩长期作用的结果，形成了中国东部一系列南北向和北东向的深大断裂，并在

历史上孕育发生了一系列以右旋走滑断裂为主的强烈地震。

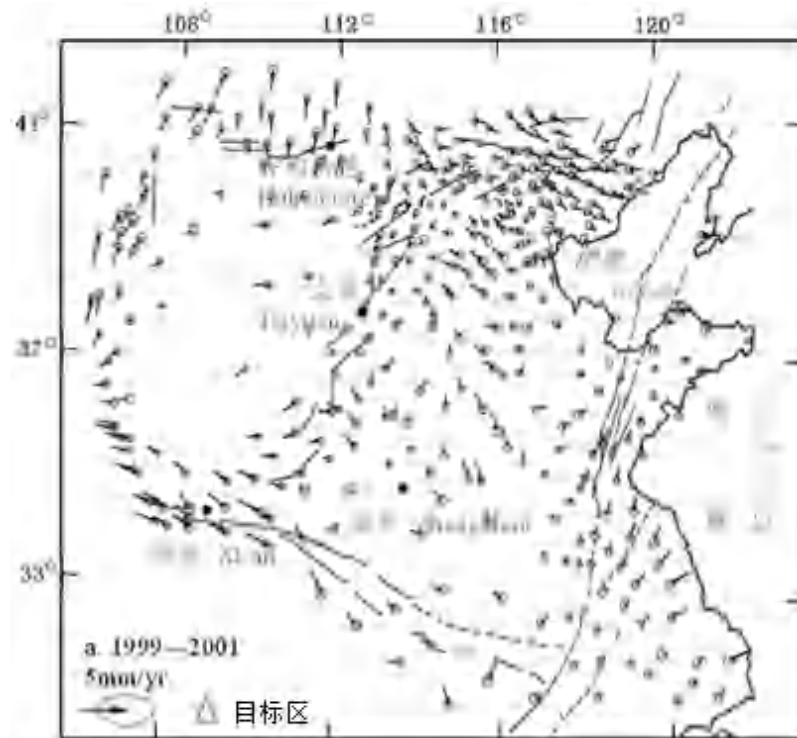


图 1.2.7A 无旋转基准下华北 1999~2001 年 GPS 水平位移场(据薄万举, 2013)

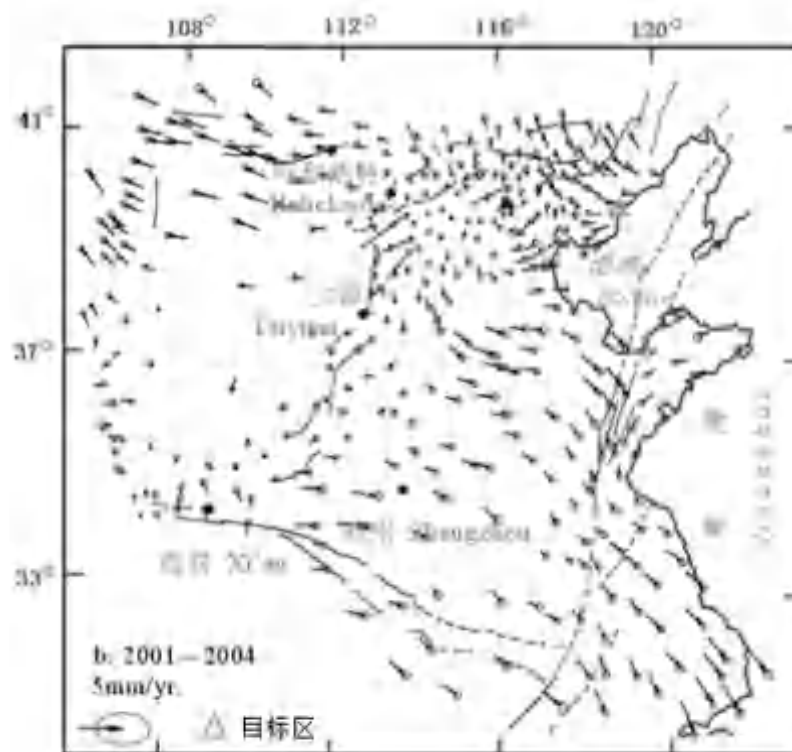


图 1.2.7B 无旋转基准下华北 2001~2004 年 GPS 水平位移场(据薄万举, 2013)

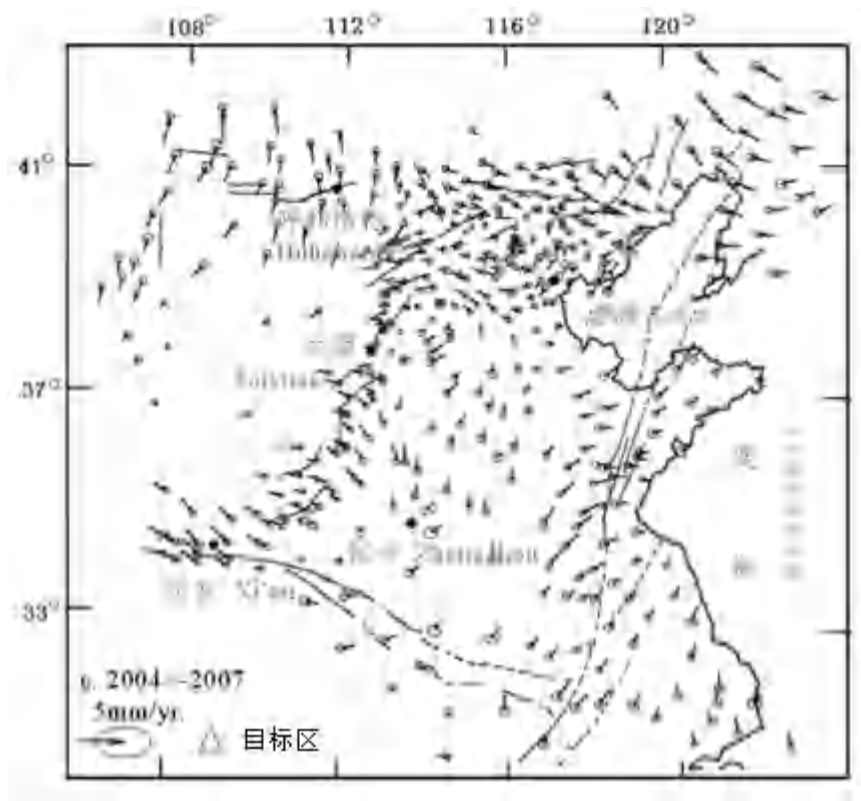


图 1.2.7C 无旋转基准下华北 2004~2007 年 GPS 水平位移场(据薄万举, 2013)

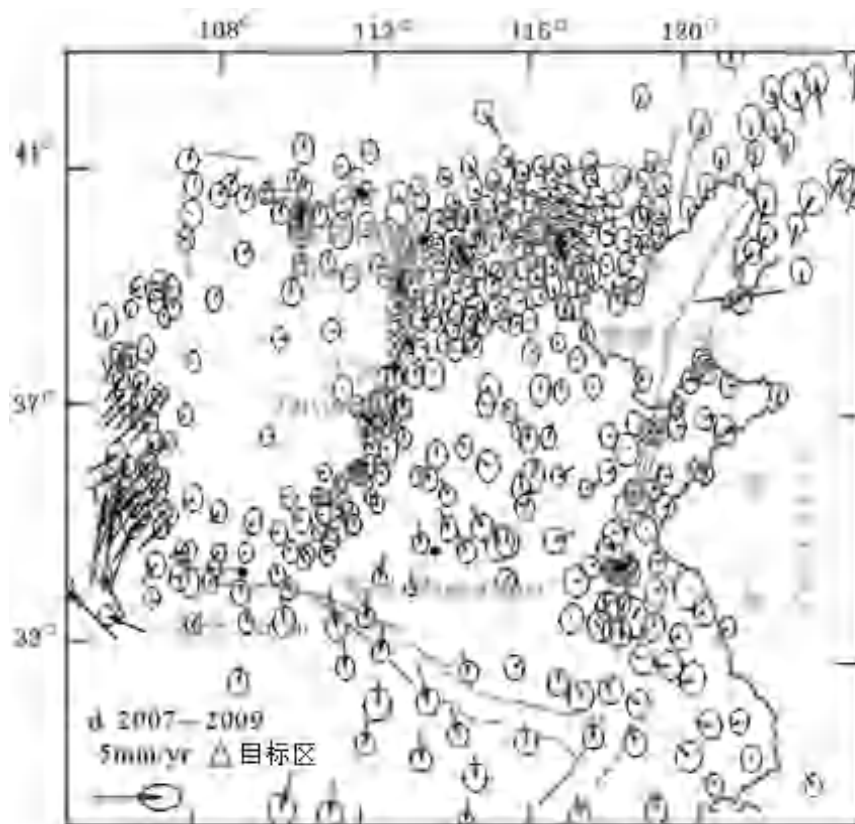


图 1.2.7D 无旋转基准下华北 2007~2009 年 GPS 水平位移场(据薄万举, 2013)

全球板块运动格局在空间上和时间上都是大尺度的，其运动的强弱可能会有一定的波动性，但其整体运动格局和特征在相当长的时间内具有一定的相似性和继承性，中国大陆主要活动断裂带的形成和分布应该是全球板块运动的产物，在这一过程中地壳应力场的分布不断地调整 and 变化着，在局部构造上一旦出现阻碍大尺度地壳运动的地方，就会出现明显的应力积累，局部地壳应力积累到一定程度，就可能孕育发生强烈地震。通过对多期 GPS 运动场应变场的研究，结合地质构造特征进行分析，有可能根据地壳运动场、应变场的分布事先判断和发现阻碍地壳协调运动的地方，这样的地方就可能是地壳应力积累的地方，也就可能是未来强震孕育发生的地方。

华北地区从 1966 年邢台地震到 1976 年唐山地震之间，曾发生了一系列破坏性地震。这些地震在孕育和发生过程中，全区的大地形变场也不断演化。这些地震分别属于北东向华北平原地震带及郯庐地震带。在北东向地震带中，地震的发生是由南向北发展。从震源机制解来分析，它们的主压应力轴基本上为北东东～东西向，说明地壳应力场是较为稳定的。发生地震的节面有两组，分别为北北东向和北西西向，既有北北东向为发震构造，也有北西西向为发震构造，它们基本上是一对共轭的剪切构造。这两组发震构造与大的地震带是一致的。大震活动是这样，中小地震活动也是如此。再从大震在震时所出现的地壳形变也与上述情况基本一致。这些现象似乎说明华北地区有一个统一的应力场，控制着华北地区地壳形变的演变和地震的发生。从 7 级以上的地震来看，每个震区附近均有较强烈的上升，而地震并不发生在隆起最大的部位上，而是上升与下降的过渡地区附近，或下降的一侧，或上升的一侧。这种现象可能反映了地震的孕育与大地形变场的关系。

华北地区大地垂直形变场是受区域应力场所控制，以继承第四纪以来构造活动为主导。随着不同地区大震的孕育，使得局部应力场得到加强和改变，垂直形变速率明显加大或出现反向变化，造成大地形变场不断发生演变。在大震孕育地区，震区外围有明显的形变上升区，而地震不发生在上升最大地区。地震多发生在垂直形变速率由上升向下降过渡带地区，常有两组形变断裂交汇处附近。

华北地区在一系列大震活动后，全区大地形变场出现北东和北西向隆起带和下降带组成的共轭切剪形变带，它们与最新的构造网络相似，地震的发生基本上与这些形变带形成过程有密切关系。

5. 强震、大震发生的深部构造环境与孕震条件

(1) 深部构造异常与地震活动

从本区布格重力异常、深部重力异常和地壳上地幔速度三维分布等地球物理方法综合分析结果表明，现代构造活动最为显著的部位和地区，其深部地区物理场异常一般特征表现为：呈一定规模的重力梯级带、上地幔隆起、软流圈隆起的两侧斜坡带、地壳上地幔速度三维异常分布区（带）等。

(2) 强震、大震区的深部构造环境特征

根据区域范围深部地球物理异常综合分析，在深部地球物理场异常图和深部构造图象上，6 级以上强震震中投影处在特殊的异常构造部位。

①局部重力、航磁异常梯度带，异常梯度带的转折、畸变部位，正异常脊的鞍部。

②地幔隆起、软流层隆起的斜坡带。

③壳幔结构比值（R）值等值线变化部位。

④居里面隆起的边缘

⑤高热流、高地温区

⑥在测定震源深度上，震中投影位处地震层析成像平面速度分布的高速介质的边缘。

⑦剖面上，在壳内，特别是震源下方的中地壳存在低速逆反层，即从震源向下速度层变化表现为：高速-低速-高速。

⑧震源区下方存在低速体，震源处在低速体上方的高速介质中。

1.3 区域主要断裂活动特征

各主要活动断裂的情况示于图 1.3.1 及表 1.3.1 中。它们具有如下特征：

1、NE-NNE 向活动断裂是区内的主干活动断裂，其次是与之近于正交的 NW-NWW 向活动断裂。它们对分析区域构造地貌、第四纪地质、新构造运动起重要作用，规模较大，一般长度在数十至数百余公里，往往成为划分不同级别活动构造单元的边界断裂。

2、根据多年断裂活动性的研究资料，第四纪活动断裂区分为全新世（Qh）、晚更新世（Qp3）、中更新世（Qp2）、早更新世（Qp1）等不同时代的活动断裂，对于无法判明准确最新活动时代的断裂划为第四纪活动断裂。许多断裂具有活动分段特征，有些断裂每个活动段很小，一般是盆地边缘的拉张性活动。

3、区内断裂第四纪活动性质以正断层为主，说明拉张应力场起着主导作用。断层在剖面上多为上陡下缓的铲形断层，断面消失在 10km 深度以内。有些第四纪活动断裂的倾角很小（20~30°），成为滑脱拆离构造。

表 1.3.1 区域主要第四纪活动断裂

编号	断 裂 名 称	长度 (km)	产 状			断层 性质	活动 时代	地 震 活 动
			走向	倾向	倾角(°)			
1	丰宁-隆化断裂	220	EW	N	65	正断层	前 Q	
2	西沟-大庙断裂	80	EW	N	70	正断层	Qp2	
3	红旗-岗子断裂	74	NEE	S	60	正断层	前 Q	
4	双塔山-双峰寺断裂	50	NEE	S	40-80	逆断层	前 Q	
5	东河套-平泉断裂	80	NEE	S	50-70	正断层	Qp2	
6	尚义-平泉断裂	450	NE	S	40-70	逆断层	Qp2	
7	兴隆--建平断裂	240	NEE	N	65	逆走滑	Qp2	
8	榛子镇断裂	80	NE	NW	60-80	正断层	Qp2	

9	蓟运河断裂	60	NE	SW	70	正断层	Qp3		
10	沧东断裂	350	NE	SE	50-70	正断层	Qp2		
11	唐山断裂带	陡河断裂	20	NE	NW		正断层		
		巍山—长山南坡断裂	21	NE	NW	80	逆走滑		
		唐山—古冶断裂	32	NE-NEE	SE	50-60	逆走滑	Q ₄	1976年7月28唐山7.1级地震
		碑子院—丰南断裂	13	NNE-NE	NW	70~80	正断	Q ₁₋₂	
		唐山—丰南断裂	10	NNE-NE	NW	陡	正、逆走滑	Q ₃	
		唐山断裂	15	NNE	NWW	70~80	逆走滑	Q ₄	
		王兰庄断裂	18	NE	SE		正断	Q ₃	
12	西南庄断裂	60	NEE	SE	30-80	正断层	前Q		
13	海河断裂	110	NWW	SW	60-70	正断层	Qh	1976年塘沽5.5级地震	
14	岐东断层	38	NE	NW	50	正断层	Q		
15	埕西-羊二庄断裂	115	NE	NW	40-50	正断层	Qp2		
16	埕北断裂	60	NW	SW	70	正断层	Qp2		
17	沙南3号断裂	40	NEE	SE	60	正断层	Qh	1888年7.5级地震	
18	沙南断裂	60	NWW	S	60	正断层	Qp1		
19	沙北断裂	68	30-330	N	75	正断层	Qp1		
20	柏各庄断裂	50	NW	SW	60	正断层	Qp1-2, Qp3		
21	石臼坨3号断裂	50	近NW	S		正断层	Qp1-2		
22	秦南断裂	50	NE	NW		正断层	Qp2		
23	秦北断裂	55	NE	NW		正断层	Qp2		
24	宁河-昌黎断裂	170	NE	SE	35~50	正断层	Qp3		
25	乐亭断裂	15	NW	NE	50	正断层	Qp2		
26	滦县西断裂	30	NW	NE	70	正断层	Qh	1976年7月28唐山7.8级地震	

27	卢龙断裂	45	NE	NW	60	正断层	Qp3	
28	建昌营断裂	110	NW		50~65	正断层	Qp1-2	
29	中三家子断裂	200	NE			逆断层		
30	北票-凌源断裂	800	NE	N	40-80	逆断层	前 Q	
31	张家营子-叨尔登 断裂	180	NEE	NW	60-80	走滑断层	Qp2	
32	朝阳-北票断裂	200	NNE	NW	80	正断层	Qp1	
33	女儿河断裂	90	NE	NW	80	逆走滑	Qp2	
34	辽西断裂	80	NNE	NW		正断层	Qp2	
35	辽中断裂	80	NNE	NW		正断层	Qp3	
36	渤中 1 号断裂	70	NE	NW		正断层	Qp2	
37	渤中 2 号断裂	22	NW	NE		正断层	Qp3	
38	东营香吕洼断裂	25	NE	SE	60	正断层	Qp1	
39	蔡各庄-山东堡断 裂	32	NE	NW	70	正断层	Qp2	

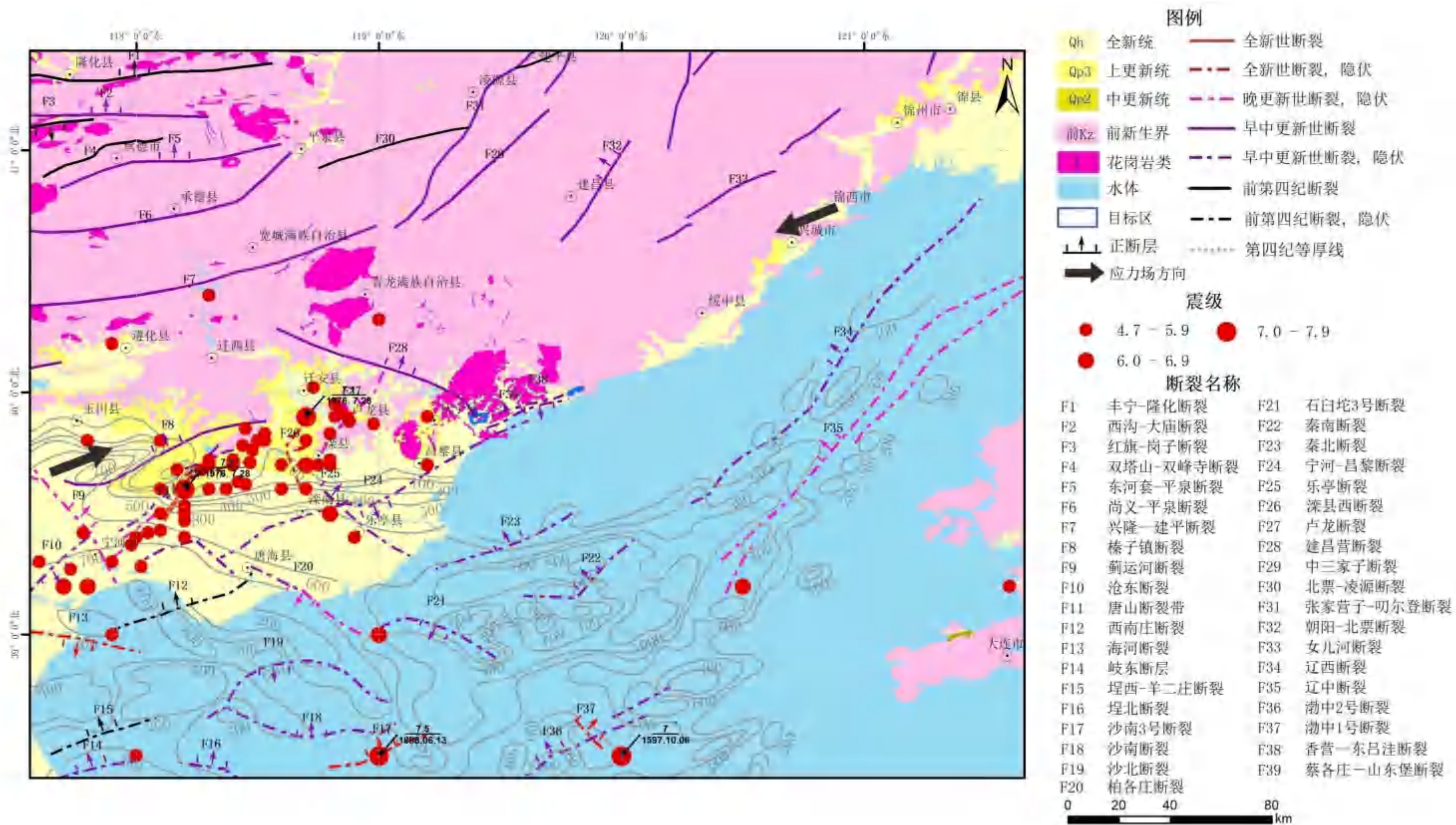


图 1.3.1 区域地震构造图

区域部分断裂特征如下：

西沟—大庙断裂（F2）

此断裂西起四道沟，向东经西沟、大庙，至头沟，近 EW 向延伸，全长 80 余公里。走向近 EW，断面 N 倾，倾角 $68\sim 80^\circ$ 。沿断裂有基性、超基性及中酸性岩浆侵入，地球物理场表现为断续的高强度重力、航磁正异常带。

断裂沿线断谷十分发育，呈笔直的东西向展布（图 1.3.2），控制第四纪河流支谷的发育。特别是大庙东谷地长达 20 余公里，谷地东宽西窄，宽者约 200m，窄者数 10m。谷底向南倾斜，谷坡南陡北缓，地形北高（下盘）南低（上盘），北部山地比南部山地高出 200~300m。此外，沿线出现部分断层崖、断层垭口、断层三角面和“V”型谷（图 1.3.3），在垭口处的断层破碎带尚未胶结，TL 测年结果表明在 0.268Ma 年时有明显活动，可见该断裂在中更新世晚期有较明显的活动迹象。断裂穿过与此斜交的第四纪谷地时，水系均发生左旋的同步弯曲现象，亦表明在第四纪的同一个时期内，断裂发生过左旋扭动。



图 1.3.2 小马捲沟笔直的断谷（镜像西）（河北省工程地震勘察研究院，2003）



图 1.3.3 小马捲沟断层三角面（镜像南）河北省工程地震勘察研究院，2003）

东河套—平泉断裂（F5）

该断裂带由相距约 1km 的两条平行断裂组成，全长约 80km。此断裂带发育在承德盆地中部滦河镇盆地的南部，在陈栅子村附近穿过公路。此断裂带西南起自东河套，往北东经陈栅子、小河套、红石砬、马家营至前五沟。红石砬以西走向为 NE，以东近 EW 向。断裂在小河套以东分成北支和南支，北支为逆冲断层，南支为正断层，构成一个明显的地垒构造，南支和北支断裂均向南倾，倾角 50~70°。断裂对滦河镇、承德第四纪盆地的发育和河流的流向变化有一定的控制作用，表明它在第四纪时期仍有活动，沿断裂带无小震分布，该断裂最新活动时代为第四系早更新世。

尚义—平泉断裂（F6）

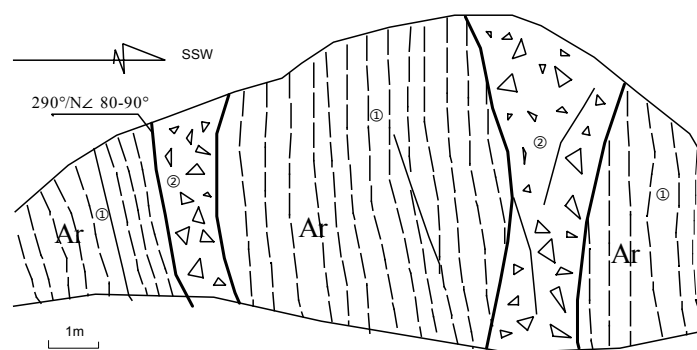
该断裂自尚义向东经崇礼、赤城、汤河口、下板城至平泉，是尚义—北票断裂的中段，大致沿北纬 41°线展布，是阴山断隆区与燕山断隆区的分界断裂。该断裂断面较陡，倾向时北时南，均表现为高角度挤压特征。断裂活动具有左旋扭动特征，西段在重、磁物理场中均有清楚的显示。断面平缓波状，有一系列冲断层和挤压带组成，挤压带附近岩石常常产生糜棱岩化、角砾岩化、蛇纹岩化、片理化等。断裂北侧广泛出露前震旦纪的变质岩，缺失震旦纪地层，古生代地层较发育，断裂南盘有巨厚的中生代地层分布。地貌上北侧为高原，南侧逐渐呈接替状下降为中低山。沿断裂有一系列基性和超基性、花岗岩、花岗闪长岩、碱性岩侵入体分布，沿线断崖、断裂垭口十分发育，有温泉出露。在张北南侧沿坝头有 12 个古近纪和新近纪火山口，玄武岩喷溢强烈。根据转换波测深显示，断裂深度至莫霍面，属于深断裂。沿断裂一线的张北、崇礼等地的古近纪和新近纪玄武岩中的断崖地貌，显示断裂后期有继承性活动。在延庆县城东北约 90km 的汤河口口北的前双梁垭口处，断裂切割中更新世的坡积层（测年结果为 0.144Ma）；在

万泉县太平庄附近，断裂线上东西向的次级断裂的断层泥热释光测年表明断裂最新活动时代为 0.143Ma，说明该断裂在中更新世晚期仍有活动。现今形变资料分析表明，在承德市南跨该断裂垂直形变测量有明显异常。

在古北口加油站附近天然剖面可见断层出露(图 1.3.4，图 1.3.5)。断层切过太古界单塔子群白庙组深变质岩，形成两条相距不远的构造破碎带，宽度分布为 0.8~1m 和 2~3m。断层两侧河流无大的地貌差异，河流阶地无明显位错，沿断裂无明显地震活动。在下板城东测得断裂活时间 $22.3 \times 10^4 a$ ，汤河口北断裂切错了中晚更新世的坡积层，在 $14.4 \times 10^4 a$ 时仍有明显活动。其活动时期从新近纪到第四纪，其中又以中晚更新世更为突出，全新世至今仍有明显活动。此外，该断裂南北两侧严格控制了附近的地震活动差异明显，断裂以北的地震活动较弱，仅 1998 年 1 月发生过张北 6.2 级地震，以南的地震活动显著增强，沿断裂还有温泉分布。在前双梁垭口处见到该断裂切割了中更新世坡积层（热释光年龄距今 14.4 万年）和明显的牵引现象。



图 1.3.4 古北口北尚义—平泉断裂构造剖面（承德核电）



①太古界单塔子群白庙组深变质岩；②断层破碎带

图 1.3.5 古北口附近尚义—平泉断裂构造剖面示意图

兴隆—建平断裂（F7）

该断裂始于河北兴隆，经汤道河、辽宁的叨尔登到建平，全长 240km。西段呈 NEE 向延伸，东段呈 NE 向延伸，断面倾向 NW。沿断裂带地层强烈变形，挤压劈理、断层泥、断层角砾岩、断层擦痕面均发育。西段构成北高南低两大地貌单元分界线，相应的深部断裂断开了康氏面（图 1.3.6）。该断裂东段 NE 走向，

在辽宁省境内，发育于中生代地层中，中、新生代均为逆断层。西段在河北境内，近 EW 走向，控制了震旦纪前的变质岩系与古生代、中生代地层的分布。

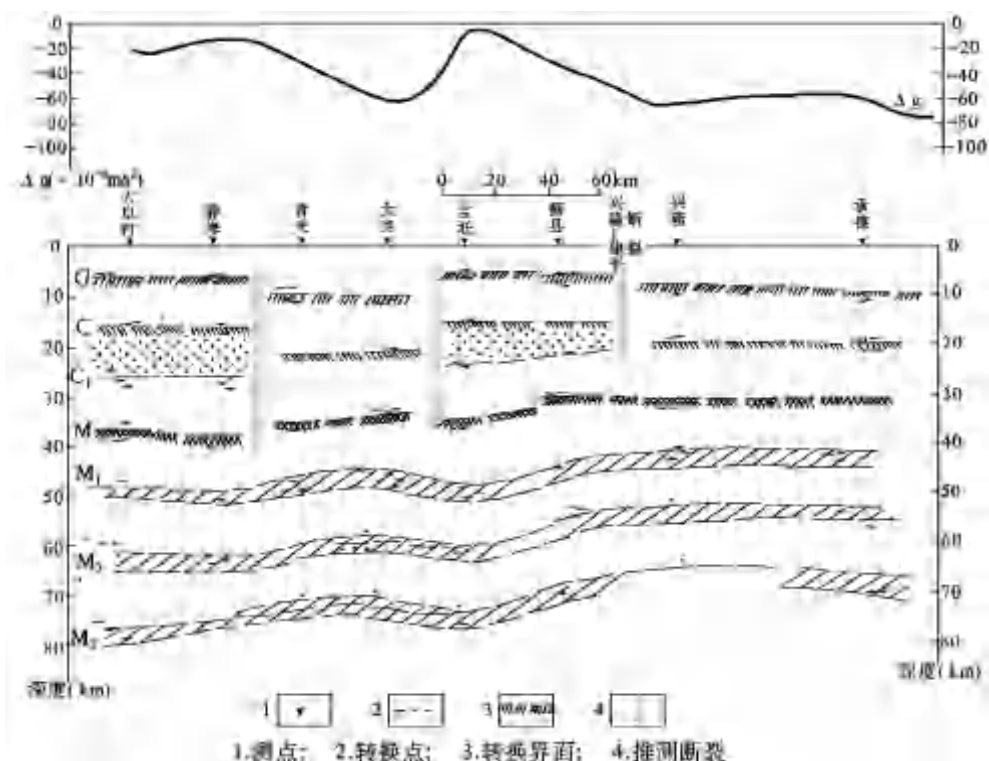


图 1.3.6 大阜村—承德转换波测深剖面Ⅳ

东段沿断裂带可见第四纪断层，在凌源南北炉乡的水泉村侏罗纪碎屑岩中走向北 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 东的老断层面与中更新统棕红色含碎石砂质粘土呈断层接触，断面平直光滑，倾向 NW，倾角 65° ，除垂向擦痕外还具水平擦痕，表明断裂除发生正断错动外，还有水平扭动，其断层泥经热释光年代测定，最新活动时代为早—中更新世。沿断裂有零星小震分布，1936 年喜峰口 $4\frac{3}{4}$ 级地震发生在该断裂附近。

榛子镇断裂 (F8)

又名丰润断裂或丰台—野鸡坨断裂，该断裂走向 NE，倾向 SE，总长近 80km，该断裂是蓟县断隆和唐山断陷的分界线，遥感解释表现出线性明显，它控制了古生代地层的发育。断裂以北为巨厚的震旦纪地层，以南主要为古生代地层。西段断面倾向 NW，东段倾向 SE，在榛子镇附近为断面转折的枢纽部位，断裂带新构造活动明显，东段是山区与平原的分界线，西段断裂两侧第四系厚度之差达 500m，北盘为第四纪的凹陷区（通称雅洪桥凹陷），南盘为隆起区，沿断裂为第四系厚度等值线陡变带。

断裂在古冶县太平庄—七家岭一带断层地貌非常明显，形成较高大的断层崖，线性延伸清晰（图 1.3.7），野外由于覆盖严重，未见明显的断裂新活动的断层剖面，断裂带宽度在 30~50m。沿断裂带滑坡、滑塌分布较多，从地貌特征看，该断裂晚第四纪早期有一定的活动表现。



图 1.3.7 榛子镇断裂古冶县太平庄—七家岭一带断层崖地貌（镜向 SE）

（河北省城市地震活断层探测与地震危险性评价项目，2007~2013）

在丰润断裂以西 20km 处，深部有一条玉田地壳基底断裂，它是一条 NE 向断裂，有三条人工地震测深剖面穿过它，剖面上都发现莫氏面上有断点存在，但断距均较小，东南盘上升，西北盘下降。这条地壳基底断裂南段的延伸方向，与浅层的丰润断裂方向基本一致，但它们在平面上距离较远，它们不是同一条断裂。因此，榛子镇断裂不对应地壳深断裂，只存在于上地壳。沿断裂发生过 1527 年丰润 $5\frac{1}{2}$ 级地震。

河北省工程地震勘察研究院（2005）在丰润陈庄子与南朱庄子之间布设了一条浅层地震勘探剖面(图 1.3.8)，根据地震反射界面形态、反射波组特征，在剖面上共解释了一条特征明显的断裂，结合测区地层资料，断层错断了中更新统底界的反射界面，断裂上断点埋深 50m 左右，未错断上更新统底界，活动时代为中更新世。

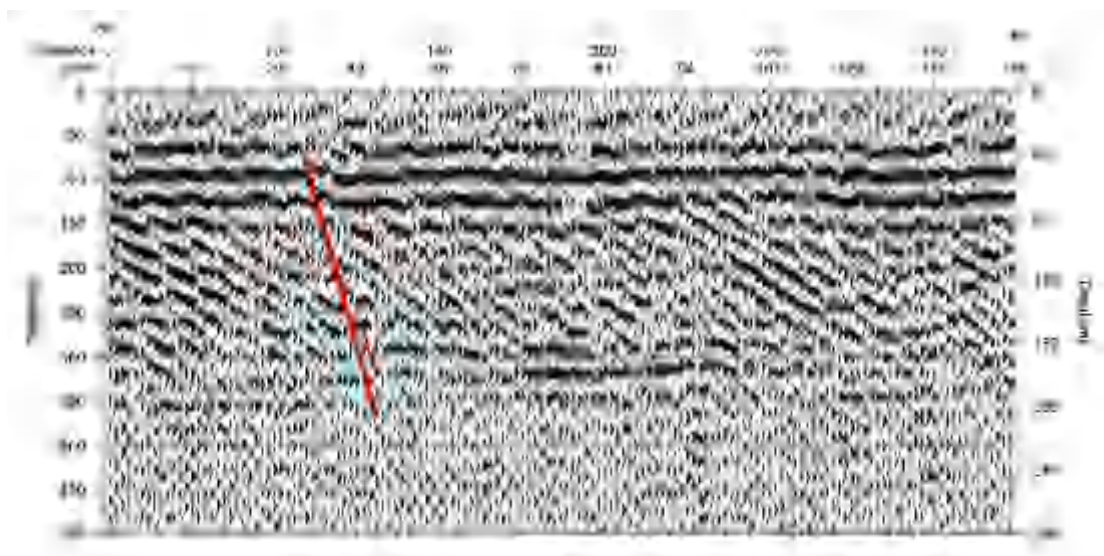


图 1.3.8 南朱庄子村西丰润断裂浅层地震勘探剖面

（河北省工程地震勘察研究院，2005）

河北省工程地震勘察研究院（2014）在于家营村东侧布设一条浅层地震勘探剖面探测榛子镇断裂（图 1.3.9），根据地震反射界面形态、反射波组特征，在剖面上共解释了两条特征明显的断裂，两断裂在 300m 深度归结到一起，形成“y”字形断裂，上断点埋深 82m 左右，结合测区地层资料，断裂错断中更新统底部的反射界面 T1，断裂最新活动时代为中更新世。

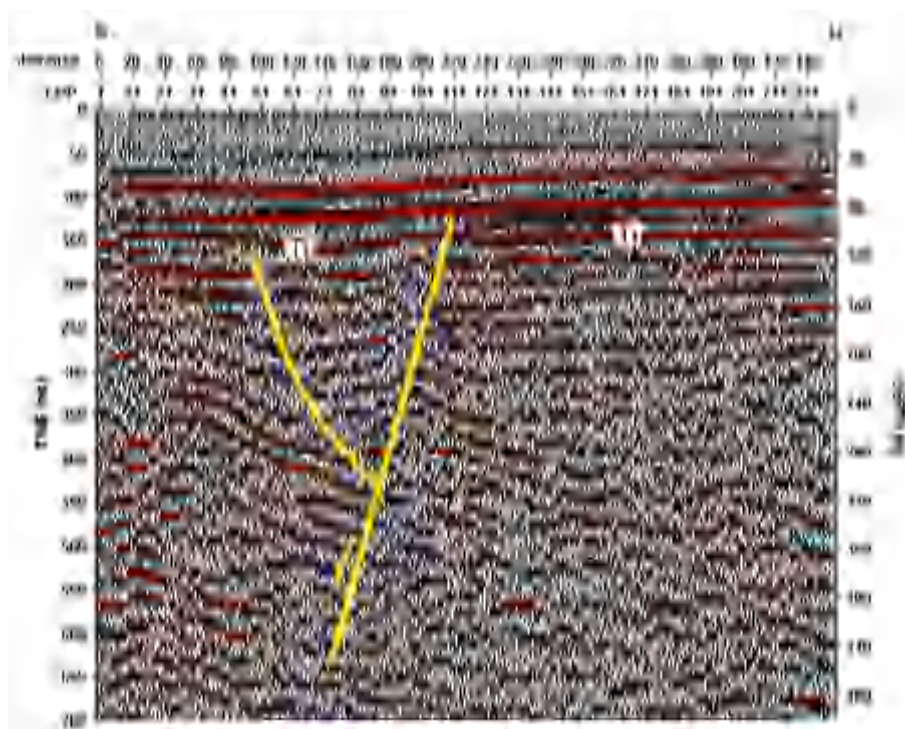
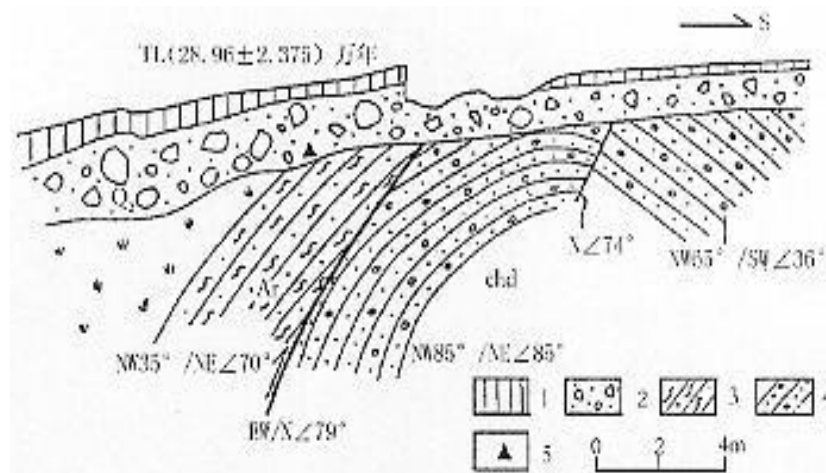


图 1.3.9 于家营村东侧浅层地震勘探反射剖面及地质解释
（河北省工程地震勘察研究院，2014）

断层东段为倾向 NW 的逆断层，断面倾向 N，倾角 70°以上，在太平庄—土家岭一带断裂明显，形成高大的断层陡崖。太平庄南新店子剖面（图 1.3.10），太古界片麻岩逆冲在长城系大红峪组砂砾岩之上，断裂向上为错断上覆 TL 年龄 (28.961±2.375) 万年的砂砾岩层，判断为早中更新世断裂。



1.壤土， 2.砂砾石层， 3.片麻岩， 4.含砾粗砂岩， 5.TL 取点
图 1.3.10 榛子镇断裂太平庄南新店子剖面图(石油部 646 厂，1970)

蓟运河断裂 (F9)

蓟运河断裂总体走向 NW50°，倾向 SE，倾角 70°，正断层。该断裂是燕山山前隆起与沧县隆起间的边界断裂，它沿蓟运河展布，向东南插入黄骅坳陷的润河凹陷，长约 60km。断裂控制了古生代地层的分布和中生代盆地的发育，形成于前古生代，但在新生代仍有活动，第四纪时断裂东北盘抬升，西南盘下降，断裂两盘第四系底界落差大于 100m。断裂不仅控制了蓟运河水系的展布，而且断裂两侧的水系格局也有明显差异，断裂南侧水系以 SE 流向为主，如青龙河、潮白河、海河等；北侧水系则以南西流向为主，如陡河、沙河、还乡河等。在卫星影像上断裂的线性特征也很明显。据石油人工地震资料（图 1.3.11），上新统底面垂直落差为 280m，向上进入第四系（石油部 646 厂，1970）。浅层地震探测显示上断点埋深在 30m（图 1.3.12），相当上更新统顶部，表明断裂晚更新世有活动（赵根模等，2003）。

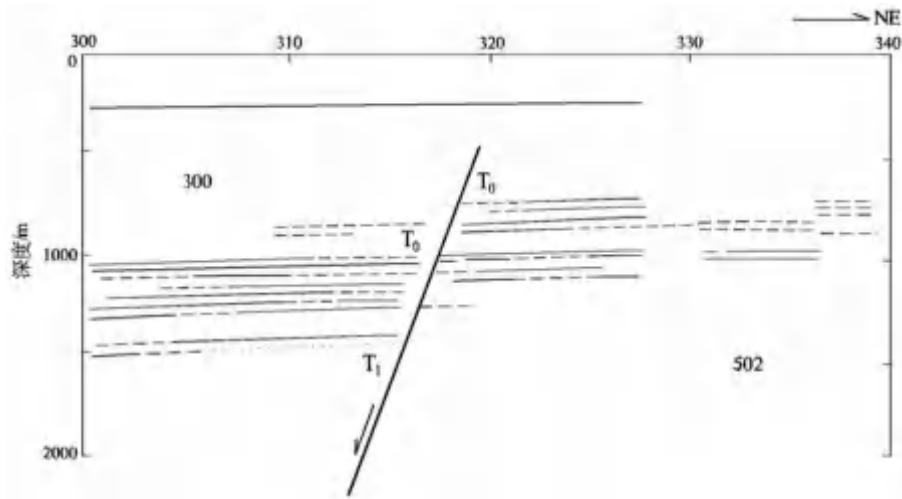


图 1.3.11 蓟运河断裂陡沽东北 S17(502 测线)石油人工地震解释剖面(石油部 646 厂，1970)

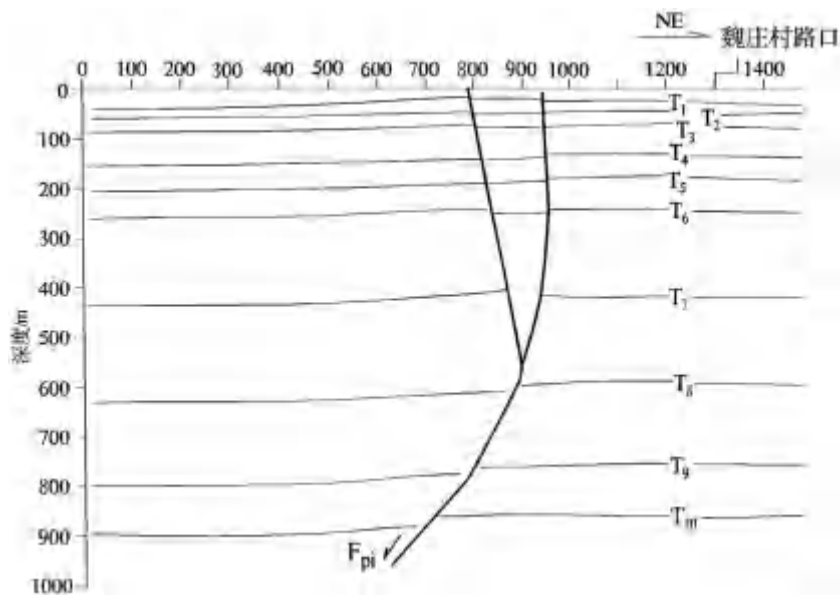


图 1.3.12 蓟运河断裂陡沽东北(S18 测线)夺源探测地质解释剖面(赵根模等，2003)

唐山断裂带 (F11)

唐山断裂带主要由多条平行的断裂组成,断裂带位于燕山断块南缘,是一条形成于燕山运动,新近纪以来逐步发育起来的唐山—河间—邢台新生地震构造带的组成部分(徐杰,1996)。在构造上,唐山断裂带位于 NE 向丰台—野鸡坨断裂、宁河—昌黎断裂及 NW 向蓟运河断裂、滦县—乐亭断裂四条断裂所围限的菱形块体内,呈 NNE—NE 走向。

1) 陡河断裂

位于唐山—古冶断裂以西,走向北东,倾向南东,为浅部的逆断层,长约 50km。在魏山—长山北麓沿陡河分布,两侧地貌景观截然不同,东南侧为山地夷平面,西北侧为山前平原,垂直落差 150~200m。

《河北省城市活断层探测与地震危险性评价项目(唐山市)》总项目中浅层地震勘探专题所取得成果,本报告认为陡河断裂位于唐山-古冶断裂以西,与唐山-古冶断裂近平行。浅层地震勘探线解释表明,陡河断裂(F1)南段上断点埋深 100m。北部断层上断点埋深约 20 m;共有 TsI-3、TsI-5、TsII-5、TsI-10 和 TsI-13,总共 5 条测线控制该断层(图 1.3.13-17)。其中 TsI-13、TsI-10、TsI-3 和 TsII-5 等 4 条测线解释断层为正断层,倾向 NW,而 TsI-5 测线解释断层为逆断层,断层倾向 NW。

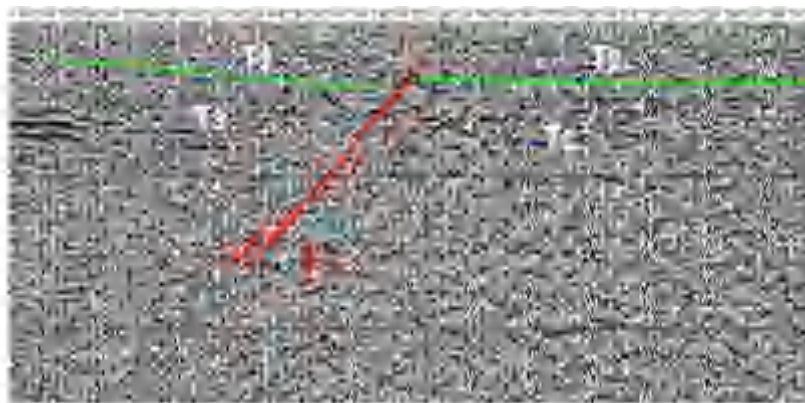


图 1.3.13 TsI-3 测线 F1 断点时间剖面图
(T2、T3: 基岩强反射界面)

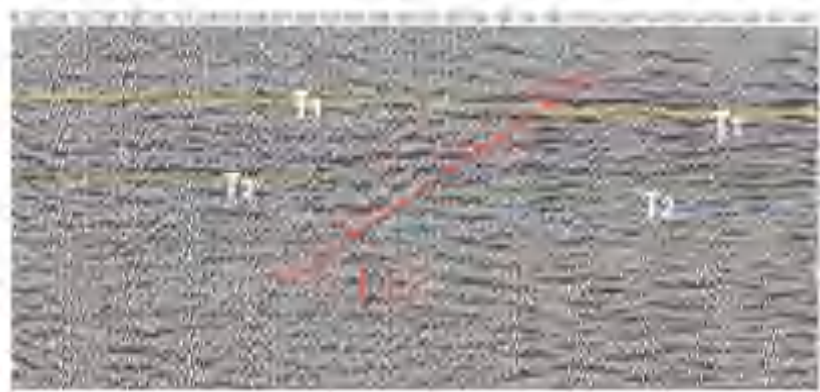


图 1.3.14 TsI-5 测线 F1 断点时间剖面图
(T1、T2: 基岩强反射界面)

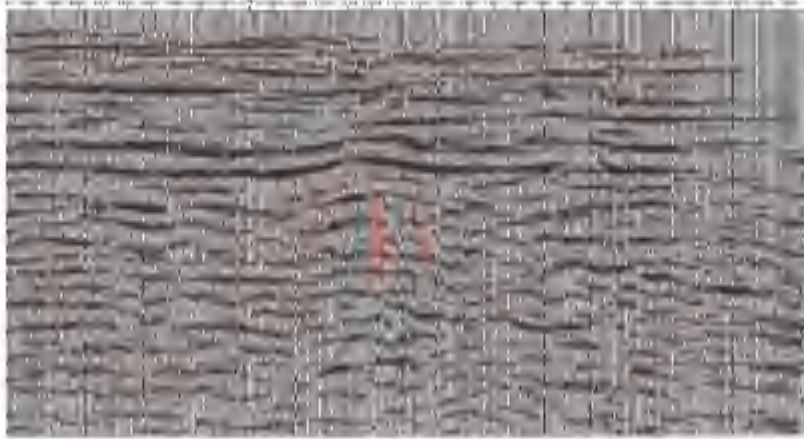


图 1.3.15 TsII-5 测线 F1 断点时间剖面图
(T1、T2: 第四系强反射界面,TQ: 第四系底不整合面)

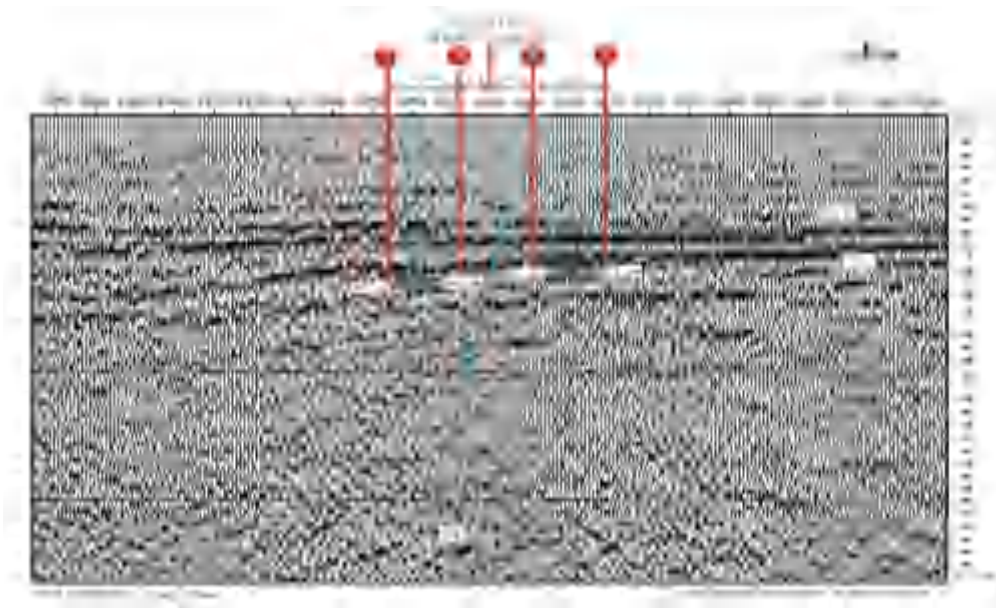


图 1.3.16 TsI-10 测线 F1 断点时间剖面图

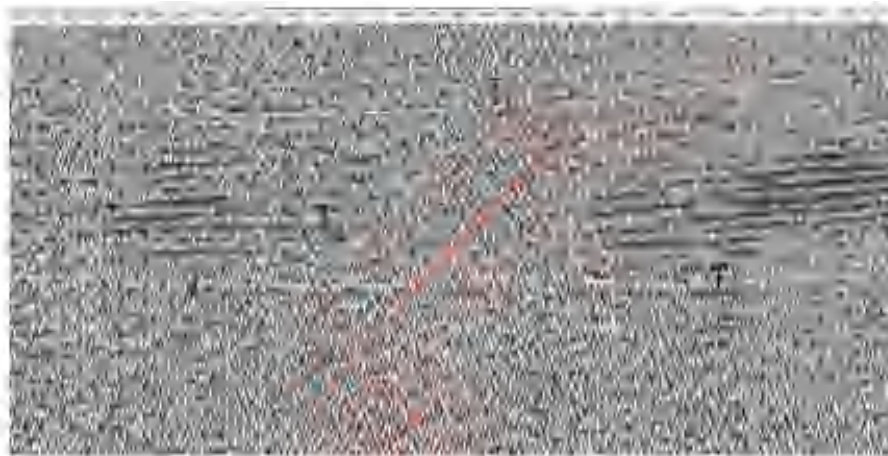


图 1.3.17 TsI-13 测线 F1 断点时间剖面图

(T1:第四系强反射界面, TQ:第四系底界, TN:新近系底不整合面)
在长宁道场地跨陡河断裂 (F1) 实施了跨断层钻孔探测, 探测表明, 该 47

断裂上断点未断错第四系覆盖层（更新统上部至全新统），仅断错基岩风化壳，为前更新统上部基岩断层，表现为奥陶系灰岩与石炭系煤系地层间的基岩断层。

在学院路场地，跨陡河断裂（F1）实施了跨断层钻孔探测，探测表明，走向为北东向，倾向近直立的陡河断裂（F1）断错了第四系覆盖层中的更新统中部，上断点位于 85m 左右，而更新世晚期以来地层中则未见断错迹象。

综合陡河断裂上 2 个跨断层场地的钻探结果，可以判定该断裂南部隐伏区段为第四纪早中期的活动断裂，晚更新世以来未见活动。

2) 巍山—长山南麓断裂

断续出露于巍山—长山南麓，向南延伸可能止于 NW 向西缸窟断裂，走向 NE，倾向 NW，倾角达 80° ，全长约 21km，以挤压逆冲为主。断裂多沿地层层面分布，从地层层序上看，断距很小。地貌上大致控制高低两级剥蚀面的分布，西北侧巍山—长山高剥蚀面海拔高 200~250m，东南侧低剥蚀面仅 40~80m。断裂具多期活动特性，早期（燕山期）来自燕山地区的强烈挤压并由 NW 向 SE 的逆冲推覆作用，使奥陶系地层逆冲推覆到石炭系和二叠系之上；后期在拉张应力的作用下再形成正断层。

河北省工程地震勘察研究院针对该断裂进行过野外地质考察，图 1.3.18 是位于鞠家岭东北的断层剖面照片，断层的产状为走向近 SN，倾向 W，倾角近直立，逆冲断层，上盘为褐红色粘土，下盘为棕黄色砂岩。



图 1.3.18 鞠家岭东北的断层剖面（镜向北）

（河北省工程地震勘察研究院，2004）

断裂出露点在鞠家岭村北约 1km，从图 1.3.19、图 1.3.20 中可见断裂剖面原岩为奥陶系灰岩，走向 NE，倾向 NW，倾角 $40\sim 50^\circ$ ，断层走向 NE，倾向 NW，倾角 $50\sim 80^\circ$ ，断错了奥陶系灰岩，断层泥呈红褐色夹灰绿色细条带，说明该断裂在第四纪早期有过活动。



图 1.3.19 鞠家岭村北断层出露点（镜向 NE）

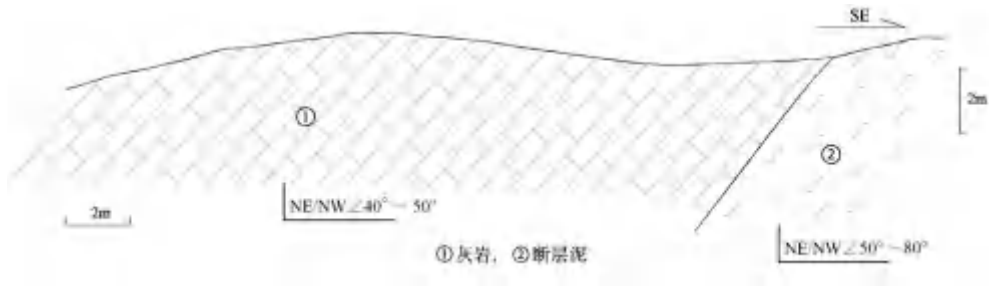


图 1.3.20 鞠家岭村北断层出露点剖面
(河北省工程地震勘察研究院, 2014)

在该断裂上断点覆盖层的探槽中获得 2 个 TL 年龄数据： $76.05 \pm 6.46\text{ka}$ 、 $121.42 \pm 10.42\text{ka}$ ，从而判断该正断层活动的时期要早于晚更新世，即晚更新世以来该断裂段不活动（图 1.3.21）。

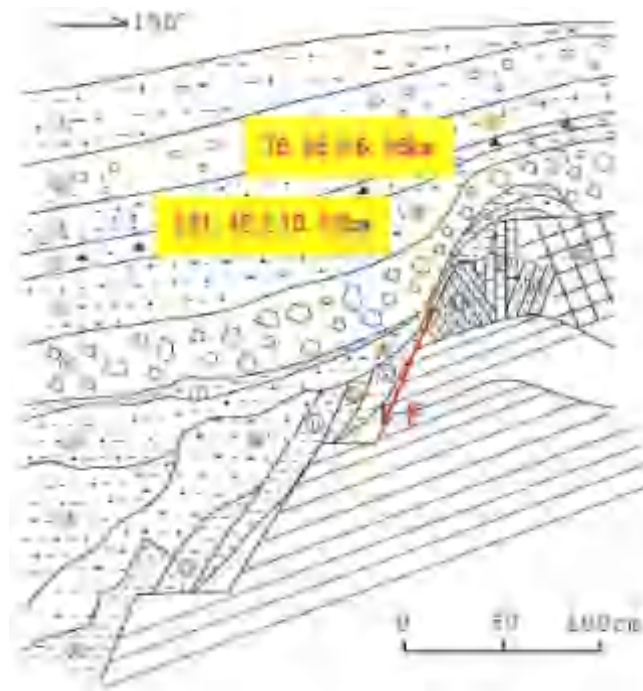


图 1.3.21 小笪庄村野外露头上部探槽剖面
(河北省城市地震活断层探测与地震危险性评价项目, 2007~2013)

3) 唐山—古冶断裂

位于唐山城区以北，南自南新道北，向北经开平、古冶一线延出区外，长约 32km，总体走向 NE 至 NEE，倾向 SE，倾角 $50 \sim 60^\circ$ ，逆冲兼走滑性质。该断

裂控制石榴河河谷走向，地貌上大致为海拔高 40~80m 低剥蚀面与冲洪积平原的分界线。

唐山—古冶断裂是 1976 年唐山 7.8 级地震的发震构造，造成长度 8km，右旋水平错距最大达 1.53m，一般为 0.4~1.2m，垂直错距为 0.2~0.7m 的地表破裂。

中国地震局地球物理研究所（2002）针对断裂进行了浅层地震勘探，SL17 测线，位于南新东道北 200m。在地震时间剖面 100ms 上下可见一组比较清楚的反射波，在 CDP95~110 反射波组的同相轴被一条东倾的逆断层错断(图 1.3.22)。表现为东盘上升，西盘下降，具逆冲性质，上断点已切入上更新统。

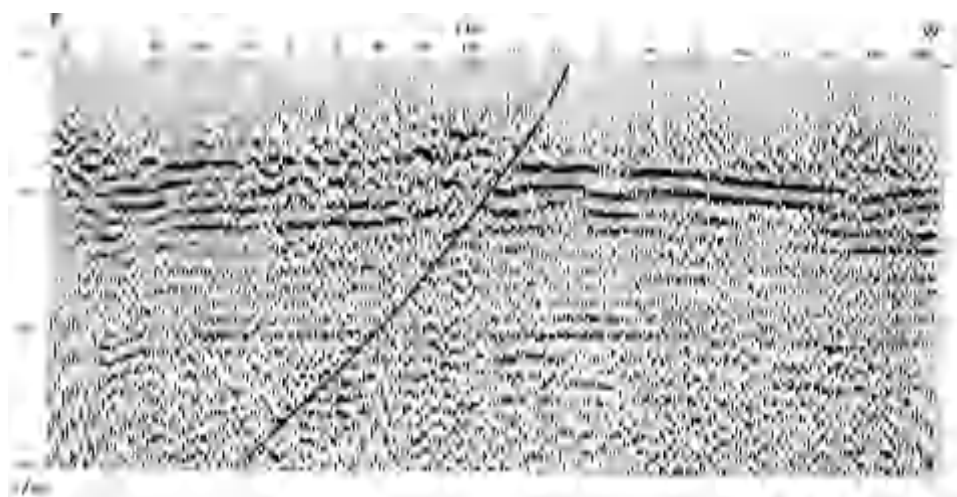


图 1.3.22 唐山—古冶断裂 SL17 测线浅层地震反射时间剖面
(中国地震局地球物理研究所，2002)

河北省工程地震勘察研究院（2014）在马家大寨村南布设一条浅层地震勘探测线探测唐山—古冶断裂，在地震剖面中（图 1.3.23），存在 2 组起伏变化的反射波组，反射波同相轴在 CDP221~261 之间呈现相位变化和间灭不连续，根据反射波同相轴横向变化特征和上下反射波组关系，在剖面上解释了一条断裂，断裂倾向南，为逆断层性质，上断点埋深 105m 左右，根据地层资料，断裂错动了上更新统底界反射界面 T1 之下的反射界面，活动时代为中更新世。

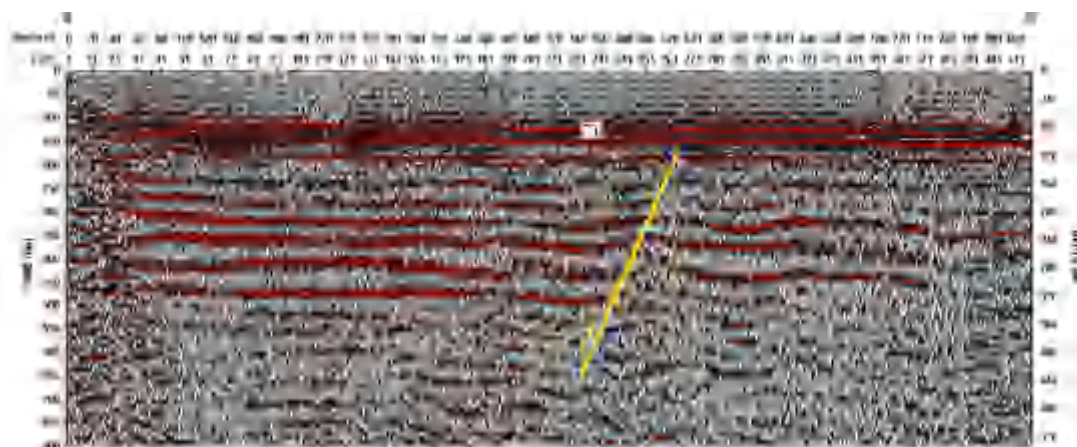


图 1.3.23 唐山—古冶断裂马家大寨村南浅层地震勘探剖面
(河北省工程地震勘察研究院，2014)

河北省城市地震活断层探测与地震危险性评价项目对该断裂进行了钻孔联合剖面探测，有 2 个跨断层钻孔探测场地，即唐山市东北孩儿屯村南约 1km 的一池塘西侧土路上的孩儿屯场地和复兴路场地，其中孩儿屯场地断错全新世（图 1.3.24），复兴路场地断错中更新统中部层段（断裂上断点埋深 55m），表明唐山—古冶断裂为中更新世—全新世多期活动断层，在复兴路附近 1976 年唐山地震未破裂到地表，而唐山—古冶断裂段为唐山发震断裂的分支断裂，在孩儿屯附近出现较浅的、断错全新世的断裂活动。

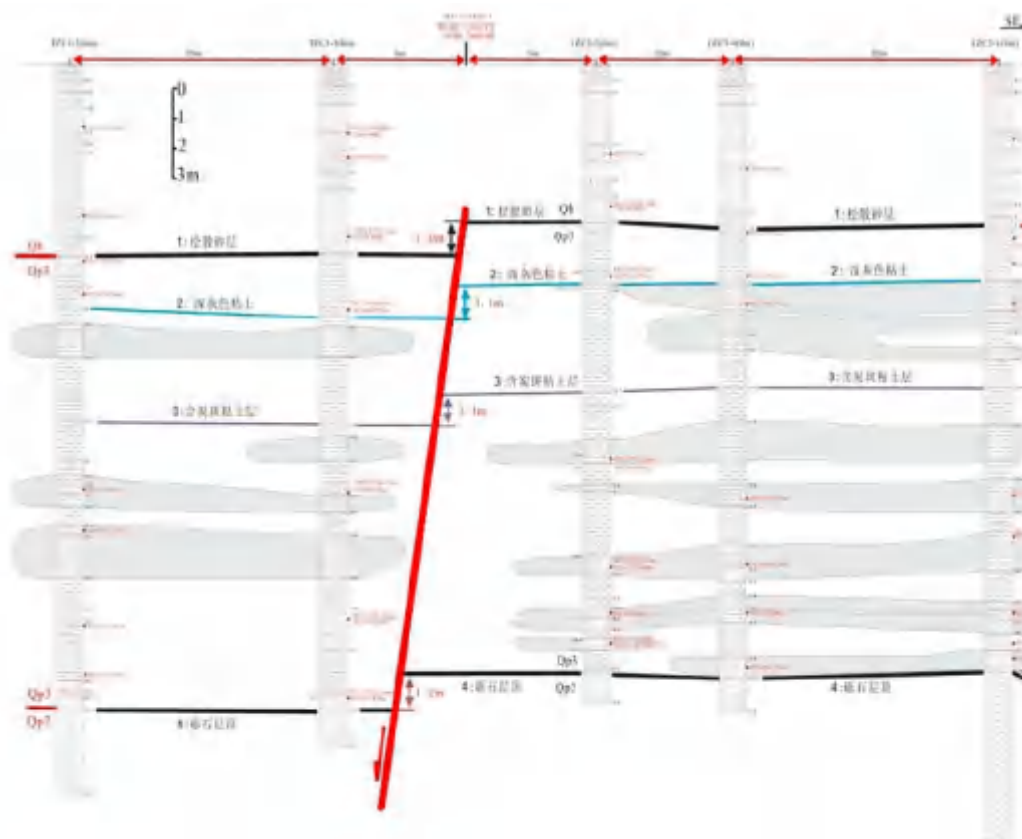


图 1.3.24 孩儿屯场地钻孔地层对比与构造综合解释图
(河北省城市地震活断层探测与地震危险性评价项目，2007~2013)

4) 碑子院—丰南断裂

断裂北自碑子院，向南经梁家屯、刘家过道至丰南县，全长 13km。走向 NNE 至 NE 向，倾向 NW、正断层性质，根据地矿部水文地质工程地质技术方法研究所(1993)浅层地震勘探结果，断裂北部分仍由两支平行断裂组成，上断点埋深 45m。何正勤等（2007）在新华道北对该断裂进行的浅层地震勘探研究，结果表明，t₂、t₃ 波组出现明显的东升西降的形态（图 1.3.25），根据上断点的深度对应的地层年代资料判断，该断层最新活动时代为中更新世晚期。

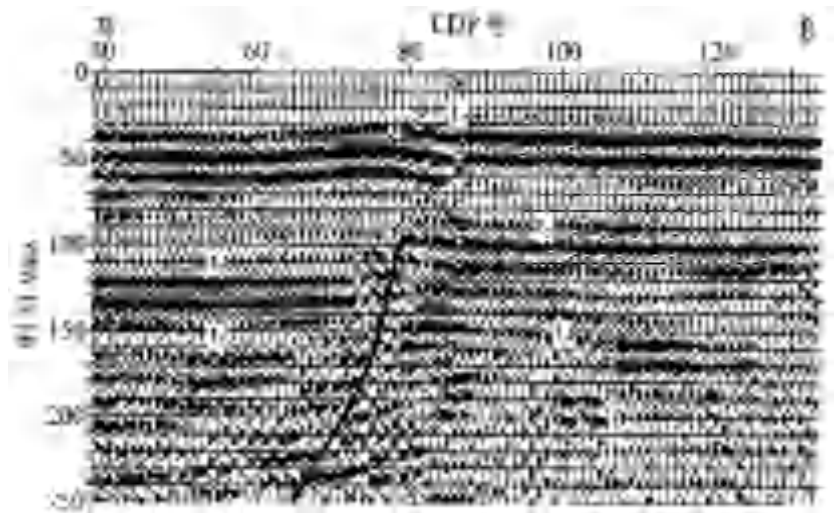


图 1.3.25 碑子院—丰南断裂新华道北 S8 测线地震剖面（何正勤等，2007）

图 1.3.26 为在刘家过道乡村公路探测碑子院—丰南断裂的浅层地震剖面，剖面中存在 2 组明显的反射波组 T1、T2，T1 波组埋深 120~140m 之间，T2 波组埋深 50~70m 之间。在 CDP110 附近 T2 反射波组被一西倾的正断层错断，断层西侧界面落差埋深落差达 5ms 左右（大约 3m），受该断层影响下 T1 波组也有拱曲出现，断层上断点埋深在 120ms（70m）左右。

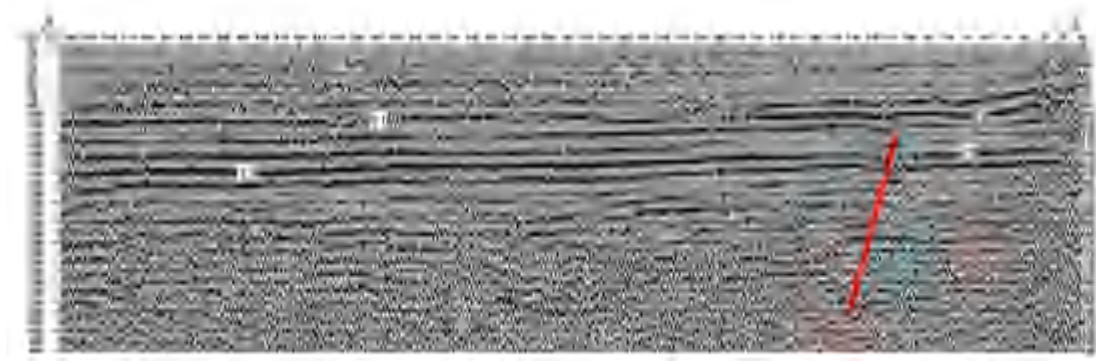


图 1.3.26 刘家过道乡村公路浅层地震剖面
（中国地震局地壳应力研究所，2007）

此外在国丰道浅层地震勘探表明(中国地震局地壳应力研究所，2007)，断层两侧界面落差达 10ms 左右（大约 7m），上断点的埋深在 140ms（80m），由此可见，断裂活动从北向南减弱，北段断错晚更新世早中期地层，南段断错中更新世晚期地层。

5) 唐山—丰南断裂

断裂呈 NE—SW 走向，早期以铲式逆冲断层为主，奥陶系灰岩由 NW 向 SE 逆冲到二叠系含煤系地层之上，控制了唐山—丰南倒转背斜和向斜在唐山市目标区的展布，该唐山—丰南倒转背斜和向斜向北东方向构成由奥陶系灰岩组成的唐山—长山—巍山复式背向斜。

该断裂由三条平行断裂组成，断裂北自凤凰山一带向南经老将军坨至丰南县城东消失。北段走向 NNE，向南折为 NE 向，倾向 NW，全长 10km 以上。据地

矿部水文地质技术方法研究所(1993)在凤凰山公园内和北新东道浅层地震勘探揭示上断点在第四系地层中埋深 10m(图 1.3.27), 为晚更新世活动断裂。

此外, 唐山地震出现在唐山—丰南断裂组北段的文化馆、唐山 45 中长 2km 的和柱子场过南富庄顺唐胥公路南延 2km 的次级裂缝带。分析认为, 地裂缝带可能是由于该处第四系覆盖薄、上断点埋藏浅, 受唐山大震牵动触发形成, 不应该是发震断层在地表的体现。

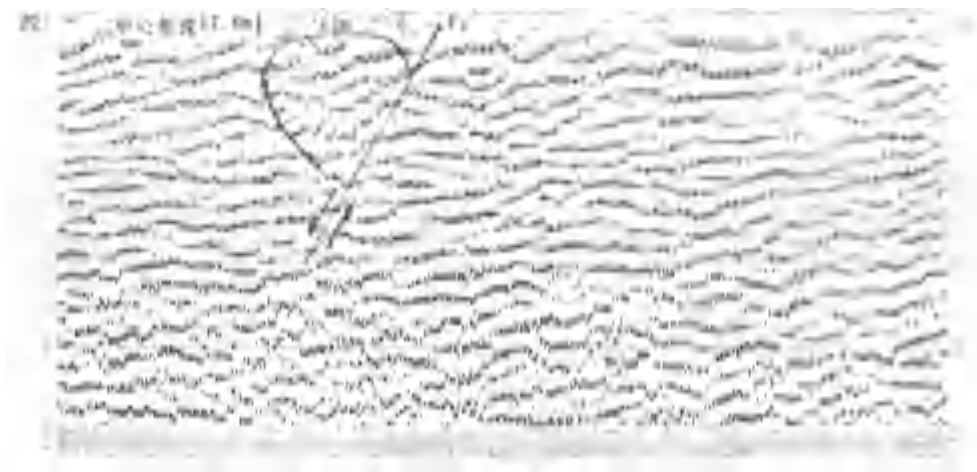


图 1.3.27 北新西道 S9(TS-XII)横波反射剖面
(地矿部水文地质工程地质技术方法研究所, 1993)

中国地震局地壳应力研究所(2007)在南新东道和老将军坨—王禾庄乡村路布设的两条浅层地震测线均揭露到唐山—丰南断裂组。

南新东道测线沿地震剖面追踪, 在 CDP1340, CDP1500, CDP1680 附近 T1 反射波组被同时错断, 断层两侧界面落差分别为 10ms(约 7m), 5ms(约 3m)和 5ms 左右(约 3m), 这一组断层与开滦煤矿命名的唐山矿 1、2、3 号断层相对应, 即分别为西倾的 1 号正走滑断层、2 号逆走滑断层和 3 号逆走滑断层。其上断点埋深在 30m 以浅(图 1.3.28)。

老将军坨—王禾庄测线地震剖面存在 2 组非常明显的反射波组 T1、T2, T1 波组反射时间介于 120~140ms 之间, T1 埋深约 70~85m 之间, T2 波组双程反射时间介于 180~210ms, 埋深约 140~160m 之间。在 CDP830、CDP690 和 CDP410 附近 T1 和 T2 反射波组被同时错断, 断层两侧界面埋深落差分别为 10ms(约 7m)、5ms(约 3m)和 15ms(约 10m)。它们同样是开滦煤矿命名的唐山矿 1、2、3 号断层, 1 号为西倾正断层, 2、3 号为逆断层, 上断点埋深为 60m 以浅(图 1.3.29)。

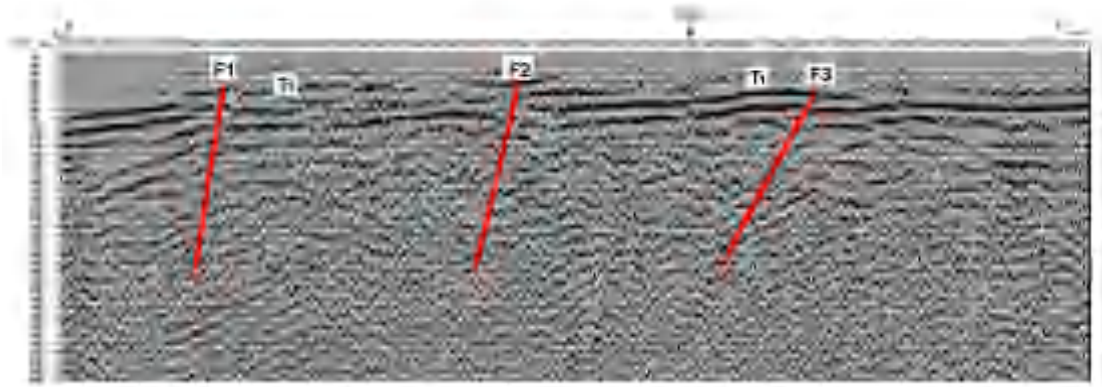


图 1.3.28 南新东道测线浅层地震剖面
(中国地震局地壳应力研究所, 2007)

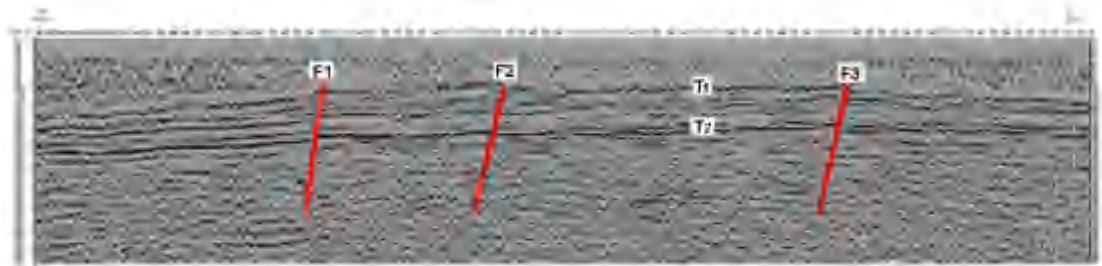


图 1.3.29 老将军坨—王禾庄测线(L5)浅层地震剖面
(中国地震局地壳应力研究所, 2007)

上述表明, 唐山—丰南断裂组, 即开滦煤矿命名的唐山矿 1、2、3 号断层, 为 NW 倾高角度断层, 它们不同程度的错断了 T1 上更新统底反射界面, 错距在 5~10ms 之间(相当于 3~7m), 上断点埋深 30m~60m, 从北向南加深, 为晚更新世早、中期活动断裂。

6) 唐山-南湖断裂

唐山—南湖断裂在空间上由 2 条浅表平行呈“Y”字型、深部形成 1 条近直立走滑断层。

唐山—南湖断裂西支: 自北部的永红路和平街、十中旧址、牛马库、收容所至针织库, 构成了唐山—南湖断裂的主断裂, 其近直立西倾, 以右旋走滑为主兼具逆冲, 造成第四系中更新统底部砾石层约 40m 的垂直断距, 晚更新统底部砾石层约 8m 的垂直断距, 曾发生若干次古地震和砂土液化现象, 1976 年唐山地震在近地表上升盘的隆起核部形成地表裂缝带, 并呈北东向展布在永红路和平街、十中旧址、牛马库、收容所至针织库。

唐山—南湖断裂东支: 自北部的礼尚庄、郑家庄至安机寨, 构成了唐山—南湖断裂的东支断裂, 其近直立西倾, 以走滑为主兼具正断, 该断裂段西盘下降, 东盘上升, 在礼尚庄开挖的探槽和最近江娃丽在礼尚庄南开挖的探槽中可见曾发生若干次古地震和砂土液化现象, 1976 年唐山地震在近地表形成约 1m 的陡坎, 并呈北东向展布在礼尚庄、郑家庄至安机寨。

北京吉奥星地震工程勘测研究院于唐山市目标断层浅层地震探测及综合解释项目中在十中旧址开展了跨断层钻孔探测。



图 1.3.30 十中旧址场地 (TZC6) 钻孔分布平面图

图 1.3.31 中地裂缝呈右旋走滑特征，SE 盘相对下降，NW 盘相对上升。钻孔联孔剖面图清晰揭示出该地裂缝之下存在一条近直立或着直立断层，同地裂缝特征一致，SE 盘相对下降，第四系底界被错断四旋回 (Qp2-4) 上部为灰黄色-灰棕色粘土、粉砂质粘土，下部为 198 灰色泥质粉砂、粉细砂、细砂。此旋回的底界，西侧 5 号孔与东侧 4 和 7 号孔存在 28.7m 的错断。第五旋回 (Qp2-5) 上部为灰色-浅黄色泥质粉砂，下部为灰色-浅黄色粉砂、细砂、中砂、中粗砂。此旋回的底界，西侧 3 个孔与东侧的 4 个孔之间存在 27.1m 的错断，Qp3 的底界错断 25.2m。总体来说，大致每个旋回底部沉积物粒度较粗，以中砂、中粗砂、砂砾为主，向上沉积物粒度变细，以粘土、粉砂质粘土、泥质粉砂为主。断层两侧存在明显的错断现象。

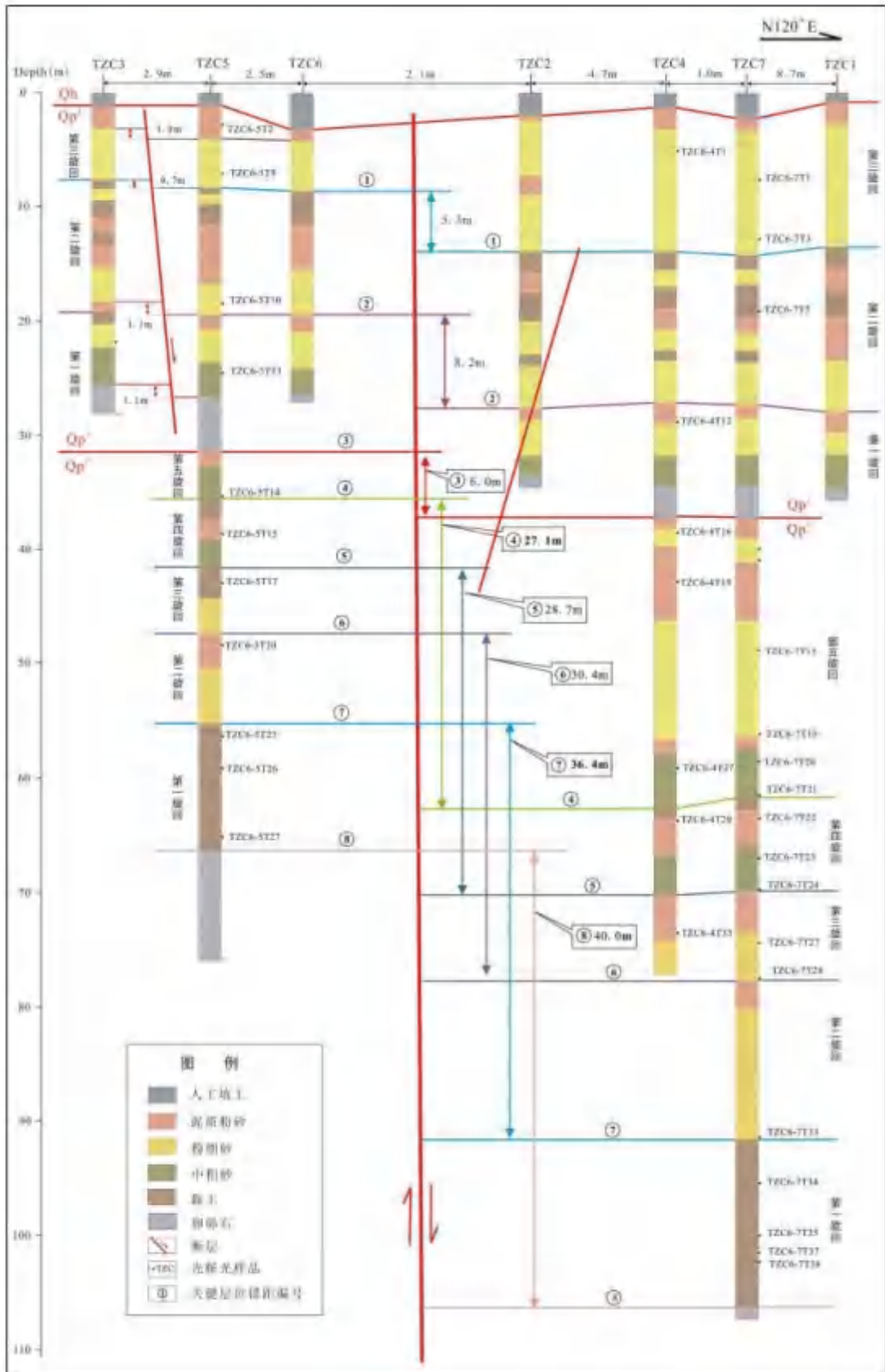


图 1.3.31 十中旧址场地钻孔联孔剖面图

十中旧址场地 (TZC6) 位于原十中地震遗址院内, 共钻探 7 个钻孔, 其中断层以西 3 个, 分别为 3 号孔、5 号孔、6 号孔, 断层以东 4 个, 分别为 2 号

孔、4号孔,7号孔和1号孔。十中旧址场地(TZC6)钻遇的地层为第四系全新统、更新统上部欧庄组和更新统中部杨柳青组(未见底)。全新统形成年代为小于0.012Ma的沉积,欧庄组形成时期为0.012-0.128Ma,柳青组时限标准为0.128-0.73Ma,本场地获得的最大年龄数据为180-210ka左右,属于更新世中期的中晚期沉积。

唐山—南湖断裂西支:自北部的永红路和平街、十中旧址、牛马库、收容所至针织库,构成了唐山—南湖断裂(F3-2)的主断裂,其近直立西倾,以右旋走滑为主兼255具逆冲,造成第四系中更新统底部砾石层约40m的垂直断距,晚更新统底部砾石层约8m的垂直断距,曾发生若干次古地震和砂土液化现象,为第四纪—全新世长期活动,晚更新世以来发生多次古地震事件。1976年唐山地震在近地表上升盘的隆起核部形成地表裂缝带,并呈北东向展布在永红路和平街、十中旧址、牛马库、收容所至针织库。

唐山—南湖断裂东支:自北部的礼尚庄、郑家庄、安机寨至杨庄子及其南西,构成了唐山—南湖断裂(F3-2)的东支断裂,其近直立西倾,以走滑为主兼具正断,该断裂段西盘下降,东盘上升,并呈北东向展布,在孙家楼附近表现为近地表局部震陷,向南断裂带正一走滑断层断错规模逐渐加大,该断裂段为第四纪—全新世长期活动,发生多次古地震事件。

7) 王兰庄断裂东、西支和王兰庄南—汉沽断裂

据石油部646厂人工地震勘查资料,在王兰庄一带展布2条断裂,称之王兰庄西支断裂和王兰庄东支断裂,它们应分别是唐山断裂带、碑子院—丰南断裂和唐山断裂向南延伸段,彼此间呈右阶错列,分别长约18km。总体走向NE,均倾向SE,上新统底部砾岩被其断开40~300m。

关于王兰庄东支断裂的最新活动,有关单位在王兰庄北实施了浅层地震勘探,通过对地震波的相位、能量、波形和连续性对比,可以看出地震剖面上存在两个反射波组T1、T2,在CDP600~620处T2反射层显示波组中断、错动现象,根据地层资料,该断层向上延伸影响上更新统欧庄组上段Q33,T1反射层相位出现叠交错动,地层结构显示出不完整,反映了上更新统欧庄组上段地层错动断开,表明王兰庄东支断裂最新活动至晚更新世末期(图1.3.32)。

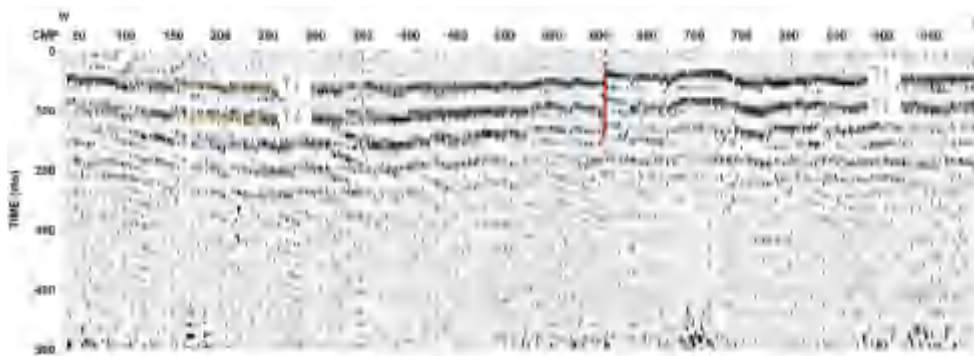


图 1.3.32 王兰庄东支断裂浅层地震勘探剖面图(2008)

河北省工程地震勘察研究院(2014)在天津宁河县东南为探测王兰庄断裂布设一条浅层地震勘探线。地震反射剖面显示(图1.3.33),T2反射界面在桩

号 560~600m 之间呈现不连续，根据剖面上反射波同相轴的横向变化特征和上下反射波组关系，在该测线剖面上解释了一条断裂，断层倾向 W，正断层，断层上断点埋深为 110m 左右。根据测区地层资料，T1 为上更新统中段底面的反射界面（深 100m 左右），T2 为中更新统底面的反射界面（深 320m 左右），断层错动上更新统下部。根据地质构造资料，该断层为王兰庄断裂，王兰庄断裂最新活动至晚更新世早期。

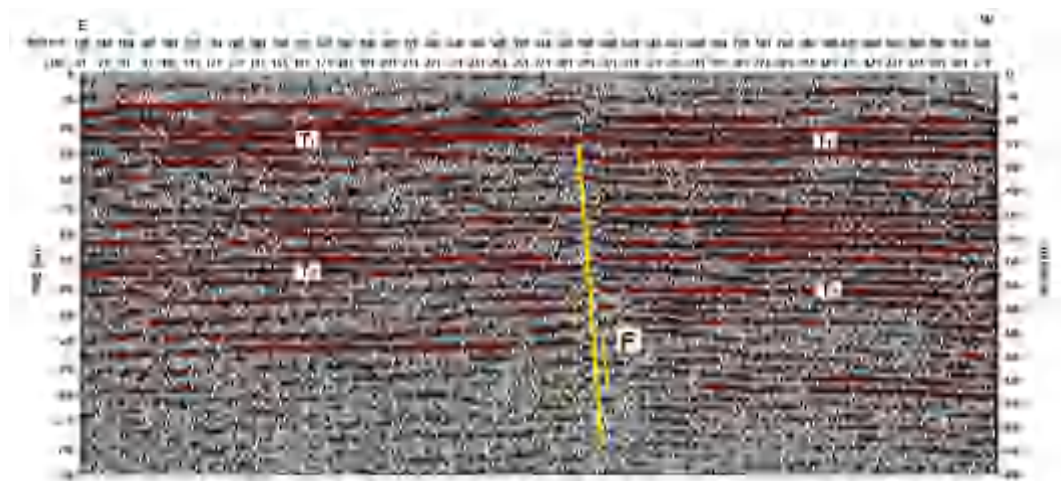


图 1.3.33 王兰庄断裂浅层地震勘探剖面图
(河北省工程地震勘察研究院, 2014)

王兰庄南—汉沽断裂，自王兰庄南直延伸到汉沽以南，倾向 SE，构成沧县隆起北端宁河浅凹与黄骅凹陷北部间河凹陷的分界，控制涧河凹陷渐新统沙一段河东营组沉积。1976 年唐山 7.8 地震余震沿王兰庄断裂东支和王兰庄南—汉沽断裂密集成带，并在与汉沽断裂交汇部位发生了 1976 年 6.2 级、1977 年 6 级强余震。故判断王兰庄南—汉沽断裂可能为晚更新世活动断裂。

海河断裂 (F13)

海河断裂西起河北省固安附近，穿过天津市市区，向西至双口以西，向东延入渤海湾，基本沿着天津海河发育，走向 NW~NWW，倾向 SW，倾角 60~70°，正断层，全长 110km，海河断裂是歧口凹陷的边界控制断裂，在航磁图上表现为不同性质磁场区的分界线，磁异常的截断及错动线，在布格重力异常图上表现为重力高值区与重力低值区的分界线及线性重力梯度带。在地震剖面上断裂表现为上陡下缓、凹面向上、向南倾的铲式正断层，其浅部存在多条分支断裂，断裂带宽达 10km。海河断裂明显断错了寒武系、奥陶系、石炭 (C) —二叠系 (P) 及中生代 (Mz) 地层，并控制了歧口凹陷新生代以来的沉积发育 (图 1.3.34)。

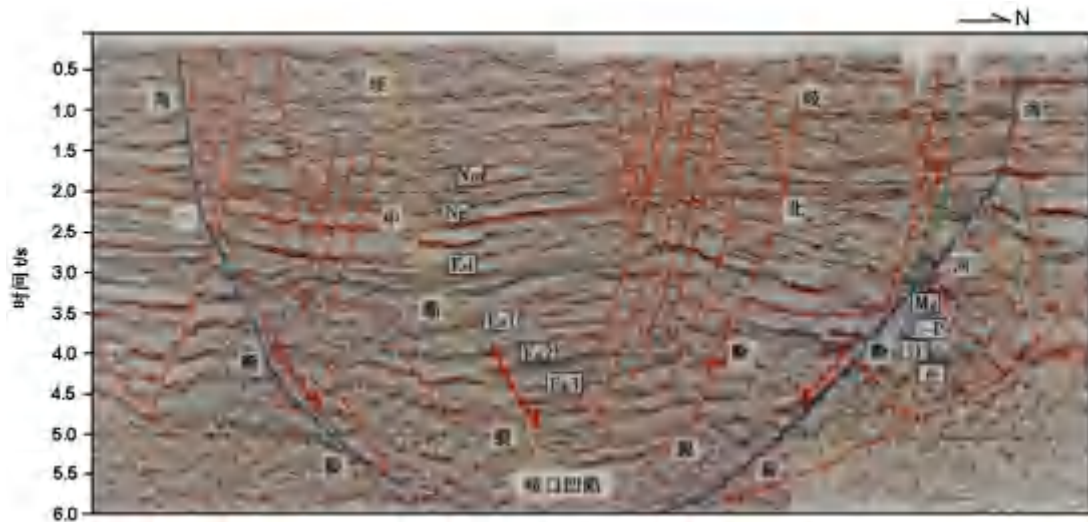


图 1.3.34 L8 测线深层地震剖面图（据大港油田）

海河断裂被 NE 向的沧东断裂、天津断裂切割，从而将海河断裂分割为西段、中段和东段，各段的空间分布特征、几何结构特征和深部构造特征均存在明显的差异。

1) 海河断裂西段

位于天津断裂以西至武清小王庄村，长 30km，断层组合型式以簇状型式为主，断裂带表现为一组倾向相背的紧凑断层带，主断层位于断裂带的中间或南侧，倾向 SW，埋深较浅，次级断层倾向与主断层相同或相背，形成簇状断层带，断层间距很小，整个断裂带的宽度仅为 1km 左右。至断裂带的西端陈嘴附近，断裂带开始呈散开状，断裂带宽度明显增加，各分支断层沿走向比较凌乱，但优势走向方位为 NNW 和 NW，在卫星遥感影像上呈现为分叉状的明暗条带。

根据 14C 测年资料，海河断裂西段在 36290 ± 2680 a.B.P. 以来有过活动，但该断层最晚活动时代不会晚于 8415 ± 115 a.B.P.，其主要活动时代应该在更新世晚期；

2) 海河断裂中段

位于沧东断裂与天津断裂之间，长 30km，该段的断层组合型式以平行阶梯状为主，主断裂向南倾，倾角上部稍陡，下部稍缓，现为凹面向上的铲式正断层。各分支断层在新生代地层中向上散开，各断层间距达到 700~1000m，整个断裂带横向跨度最大可达到 8~10km，该段以大寺断裂为界，也可细分为两个次级段落。

在位于天津外环线以东数千米的 HJ97—103 石油地震剖面上海河断裂有明显的显示（图 1.3.35），海河断裂在剖面上由多条分支断层组成，各断层总体向南倾，倾角上部较陡，向下逐渐变缓，在时间剖面上 3s 以下逐渐趋于一个统一的滑脱面。各分支断层间距 2~3km，整个断裂带宽度达到 10km 以上。这些分支断裂形成局部“Y”字形构造。剖面向北分支断层的上断点位置逐渐变浅，特别是最北侧的两条断层，可分辨的上断点已达到 0.5s 和 0.7s 以上，而南侧断层的断点均在 1.3s 以下，显示断裂的最新活动有向北迁移的趋势。

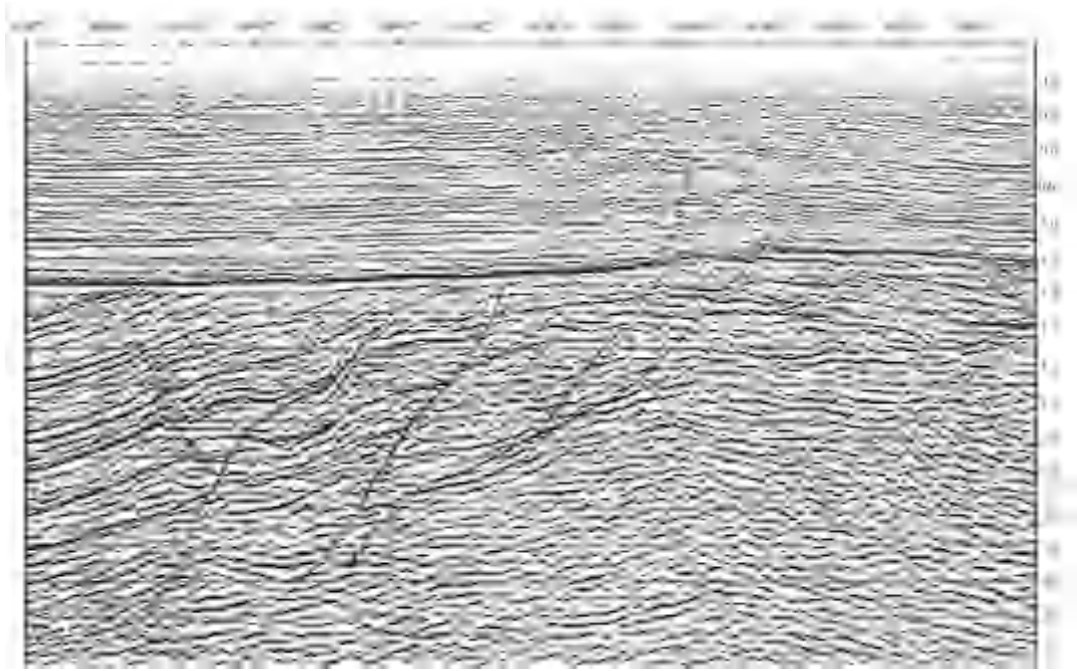


图 1.3.35 HJ97-103 地震剖面显示的海河断裂

据地震勘探、钻探和大地电磁测深资料结果，海河断裂的中段为第四纪早期活动断裂。

3) 海河断裂东段

位于沧东断裂以东的塘沽区，总长 50km，该段的断层型式主要以“Y”字形为主，主断层向南倾，南侧倾向相对的次级断层与北侧主断层构成“Y”字形构造型式，向下归并主断层上，形成的断裂带宽度约 2km。该段可细分为两个次级段落，位于塘沽区的陆上段落长 30km，海域段落长 20km，二者呈左阶排列。

从已解释的塘沽区人工地震资料显示，海河断裂新近系底部断距为 50~120m，古近系 800~1000m，有部分上断点断至 300m 左右，也就是第四系中部，断距 20~40m。

天津市塘沽区邓善沽乡跨海河断裂钻孔地层剖面（陈宇坤等，2004），揭示的海河断裂上断点埋深为 16.4m，其最新活动时间已进入全新世。

陈宇坤等（2007）利用单道地震等水上声学探测技术，对天津海河断裂的浅部构造和地层错断信息进行了探测，图 1.3.36 为天津市塘沽区葛沽—邓善沽测线（7900~8700 炮）声学地层时间剖面，断层 Fg2 上断点位于河面以下约 52ms（相当于 41m 深），错动了该层以下的多层地层反射波组，在断层上部的地层中存在一个滑塌构造现象，表明这一地质时代该地层出露地表，由于受到断层等构造活动发生地层滑塌，断层断错和影响的地质年代为全新世早中期，这与邓善沽乡钻孔地层剖面勘探结果基本吻合。

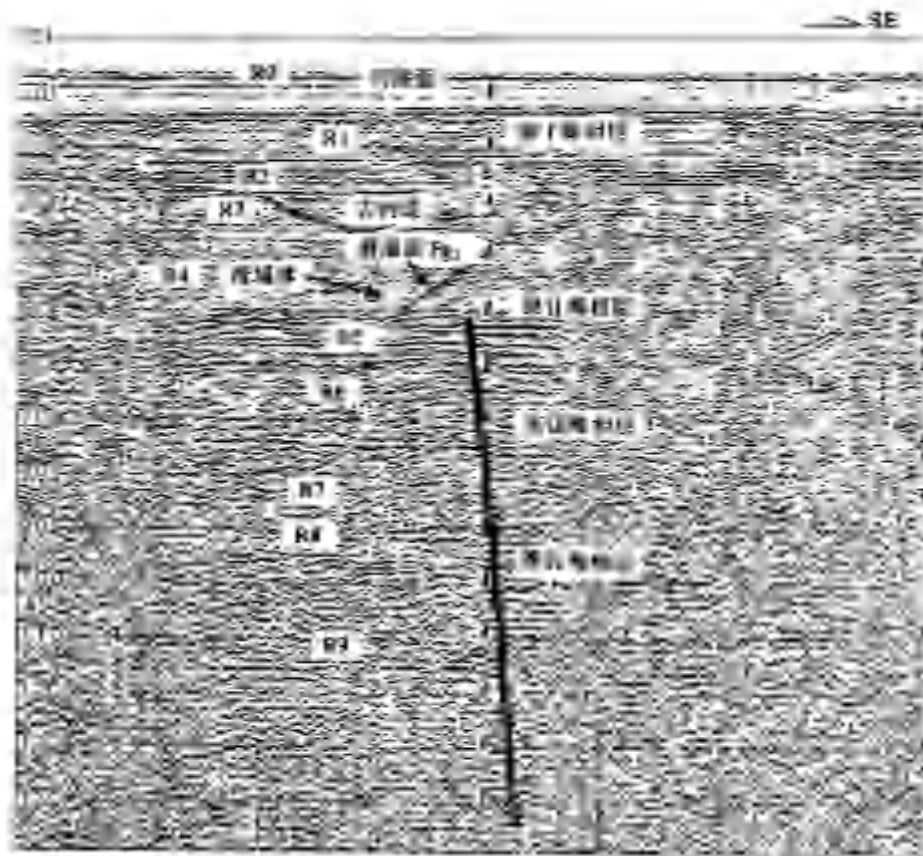


图 1.3.36 葛沽—邓善沽声学地层时间剖面断裂特征（7900~8700 炮）（陈宇坤等，2007）

沙南 3 号断裂（F18）

为发育在沙南凹陷向西延入渤中凹陷西部的一条活动断裂。走向 NEE，向深部倾向 SE，长约 40km，据石油人工地震资料，古近系底面落差为 1500m，新近系底面落差为 110m，向上最浅断至海底以下 500m 深的地层（浅部受分辨率影响，上断点比实际偏深）。浅层人工地震揭示向上断错了距今 2200 年的 T2 界面。在断裂带附近历史上发生了 1888 年 $7\frac{1}{2}$ 地震。判断为全新世活动断裂。

柏各庄断裂（F20）

柏各庄断裂总体走向 NW，倾向 SW，倾角 60° 左右，为上陡下缓的铲形正断裂，断裂上盘具明显的负花状构造。该断裂是南堡凹陷东部一条张扭性的控凹断裂，北起唐海县城以北，经柳赞后延入渤海，长 50km，断裂对断陷盆地的形成以及沉积填充有重要的控制作用。柏各庄断裂开始发育于中生代，主要形成于古近纪，它与 NE 向的西南庄断裂一起控制了南堡凹陷的北界，从横跨西南庄断裂和柏各庄断裂的近 EW 向地震剖面上可以清楚地发现，这两条断裂产状较陡，且在深部合并，是一条基底断裂（图 1.3.37）。断裂在重力异常图上表现为重力等值线密集带。根据活动性柏各庄断裂可分为两段。

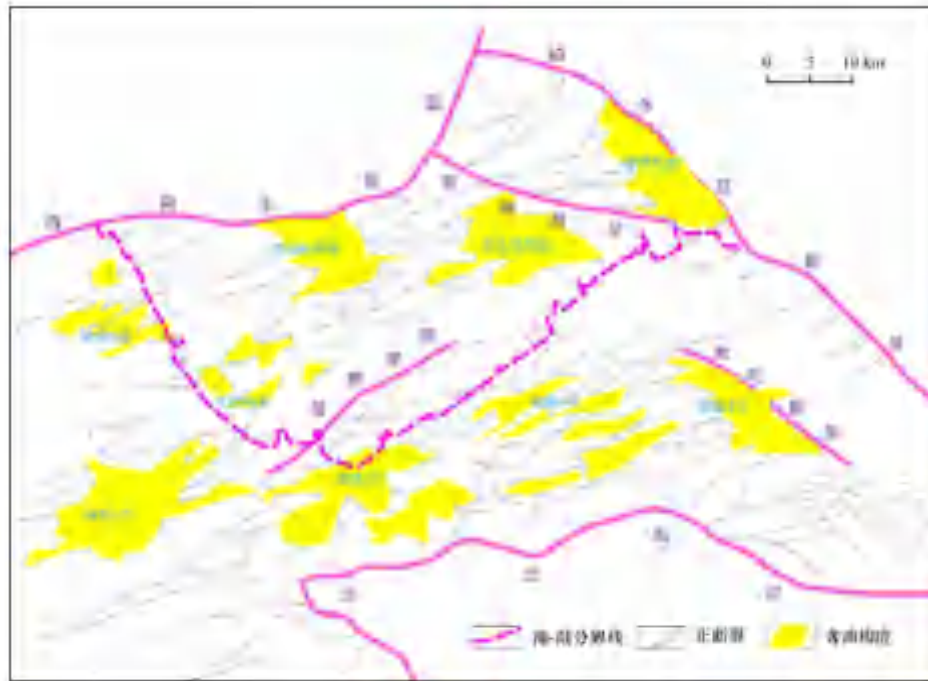


图 1.3.37 南堡凹陷区域构造及断裂分布（范柏江等，2011）

1) 断裂北段

据大港石油管理局地震勘探资料，柏各庄断裂的断距在沙河街组一段底面为 1050~2000m，馆陶组底面为 70~380m，明化镇组底面为 20~310m，断裂上断点已达第四系底部。在柳赞附近对该断裂进行的浅层人工地震探测结果表明（**错误!未找到引用源。**），地下 300m 深的范围内可分为四层，其深度分别为 50m、115m、220m 和 290m，它们层位稳定连续，无断错迹象，而到 650m 以下才有断裂异常显示。据第四系研究资料（陈望和等，1987），该区第四系厚 500m 左右，表明柏各庄断裂主要断错新近系，综合判断该断裂是一条第四纪早期活动断裂。

2) 断裂南段

由 NB35-2-8 井场 B8 测线和 NB35-2-3 井场 B6 测线浅层地震揭示，断面陡立，略向西倾，前者断至最浅地层为海底以下 8m 的 C 层，在海底以下 27m 深处最大断距约 6m（图 1.3.38）；后者断至最浅地层为海底以下 23m 左右的 C 层，海底以下 60m 深处最大断距为 2m。根据区域第四系地层资料，C 层为上更新统顶部地层，表明断裂南段最新活动时代为晚更新世晚期。

历史上，在该断裂段与石白坨 3 号断裂交汇部位发生过 1568 年 6 级地震。

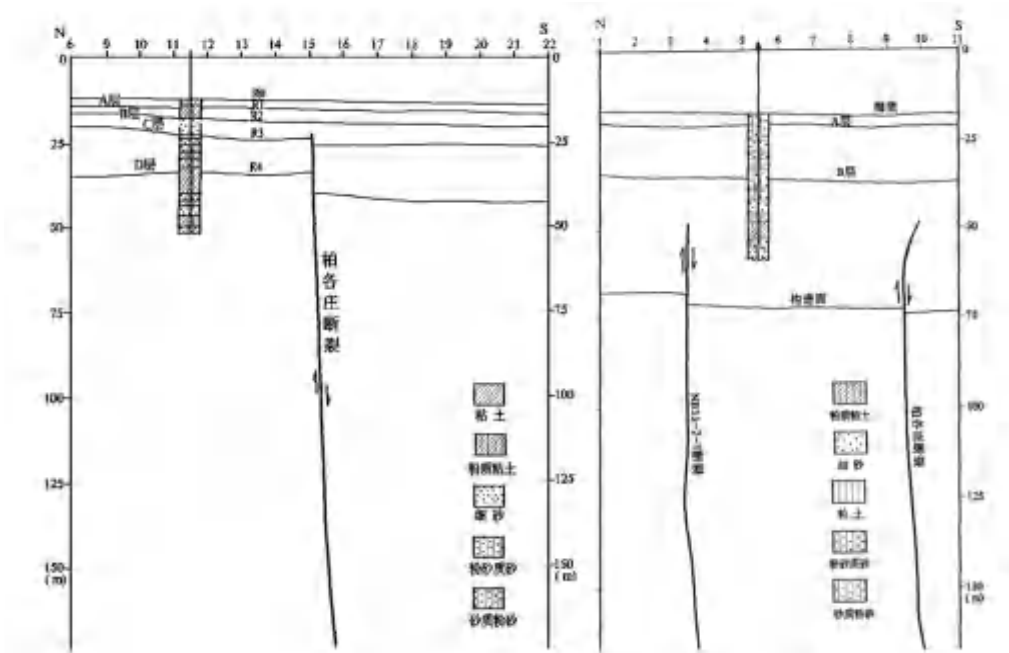


图 1.3.38 柏各庄断裂 B8、B6 测线浅层地震地质解释剖面
(中国地震局地壳应力研究所, 2007)

宁河—昌黎断裂 (F24)

断裂西南起自宁河，向东北经滦南县城南、南套南、大夫庄南、杨家坨到昌黎南，总体走向 NE，倾向 SE，倾角 35~50°，为一正断层。断裂表现为宽 3~4km 的重力梯级带，断面处于密集重力带斜坡上。断裂控制了南侧黄骅坳陷北段中、新生代沉积，是燕山山前隆起与黄骅坳陷的边界，进入新生代以来断裂活动明显，断裂南东盘古、新近纪时期强烈下陷，形成厚达 3000m 左右的堆积盆地；而断裂西北侧则不断上升，基本缺失古近系堆积。另据钻孔资料，第四纪时期断裂东盘降、西盘升，落差达 400 多米，位于上升盘的昌 1 孔，孔深 162.63m，穿过第四系见太古界，缺失第三系；而位于下降盘的昌 2 孔终孔深 453.93m，第四系底界深 426.6m，其下为第三系，第四系底界落差约 260m。据在王庄子—刘台庄水文地质剖面，该断裂错断了中更新统及其以下的地层，但未断错上更新统(图 1.3.39)。

河北省工程地震勘察研究院 (2007) 在施各庄北布设了一条浅层地震勘探线探测该断裂，根据剖面上各反射波同相轴的横向变化特征和反射波组关系，在该测线剖面上解释了 1 条断层，在 CDP271~301 之间 (图 1.3.40)，反射时间 100ms 以下的反射波同相轴的数目突然减少，波组间隔突然变化，显示断层的存在，断层倾向南，为正断层，断层上断点埋深 61m，根据测线附近钻孔资料，T1 为全新统底界的反射界面 (深约 45m)，T2 为上更新统底界的反射界面 (深约 120m)，断层错断上更新统底界，未错动全新统底界，最新活动时代为晚更新世。

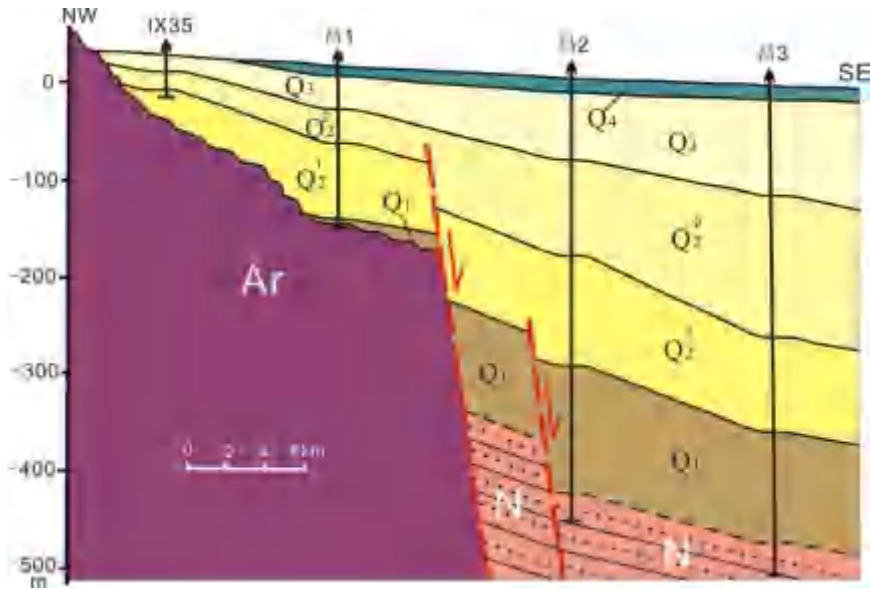


图 1.3.39 王庄子—刘台庄水文地质剖面
(据河北省地矿局水文队资料改编)

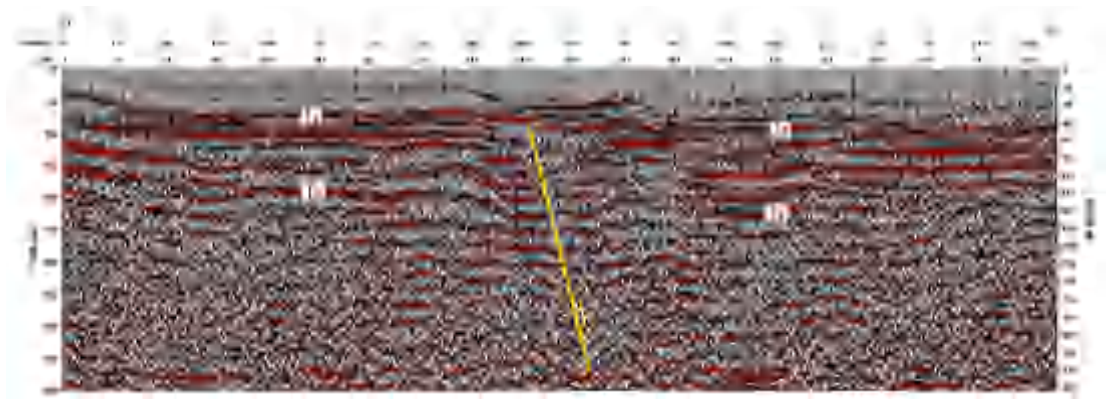


图 1.3.40 施各庄北地震勘探反射剖面
(河北省工程地震勘察研究院，2007)

河北省工程地震勘察研究院（2014）垂直该断裂由北到南的方向布设了四条浅层地震探测线，测线 Ts01 位于滦南县靳庄村南、测线 Ts02 位于滦南县王各庄北、测线 Ts03 位于唐海县十一农场五对南、测线 Ts04 位于丰南夏新庄东南。

图 1.3.41 为测线 Ts02 地震反射剖面，丰富的地层界面反射波组出现在剖面 500ms 以上的时间范围内，存在 2 组平缓变化的反射波组 T1、T2，T1 在桩号 1560~1640m 之间呈现不连续，根据剖面上反射波同相轴的横向变化特征和上下反射波组关系，剖面上解释了一条断层，断层倾向东，为“y”字型正断层，断层上断点埋深为 90m，根据测区地层资料，断层错动上更新统中部，未错动上更新统上部，最新活动时代为晚更新世中期。

测线 Ts01~Ts04 浅层地震勘探结果显示，宁河—昌黎断裂上断点埋深分别为 70m、90m、60m、120m，错动上更新统中部，未错动上更新统上部，最新活动时代为晚更新世中期。



图 1.3.41 测线 Ts02 浅层地震勘探剖面图
(河北省工程地震勘察研究院, 2014)

历史上仅在断裂东段昌黎一带发生过 1567 年的 $4\frac{3}{4}$ 级和 1805 年的 $5\frac{1}{2}$ 级地震。现今小震也无沿断裂密集成带的趋势, 说明该断裂现今活动不明显。

综上所述, 宁河—昌黎断裂最新活动时代为晚更新世中期, 部分段落活动时代为中更新世。

滦县西断裂 (F26)

该断裂形成于前古生代, 新生代强烈活动。北段走向 NNW 至 NNE, 倾向 NE, 为高角度逆断层; 南段走向 NW, 倾向 SW, 为正断层, 是乐亭凹陷的边界断裂之一。在滦县西北有一系列 NNW 向的断层残山, 断层西侧发育上升海岸, 出现高达 20-40m 的沙丘以及海蚀穴。西侧发育沉降海岸, 出现三角洲和湿地。断裂两侧分布着三个历史时期的滦河冲积扇, 它们是滦县—乐亭断裂新活动的结果。更新世晚期, 断裂西侧下沉, 滦河西迁, 形成早期冲积扇; 12000 年到 3000 年前, 断裂东侧下沉, 滦河东迁, 形成中期冲积扇; 3000 年以来, 又变成东侧上升, 西侧下降, 滦河西迁形成新的冲积扇。物探资料也揭示出晚更新世以来有活动(中国地震灾害防御中心等, 2007)。1976 年滦县 7.1 级地震发生在滦县—乐亭断裂北段, 其震源机制解得 NNE 向右旋节面与该断裂北段一致, 因此可以认为发震构造为滦县乐亭断裂。1945 年滦县 级地震, 极震区长轴方向为 NNW 向, 推测滦县—乐亭断裂为其发震构造。综合认为滦县—乐亭断裂为全新世活动断裂。

卢龙断裂 (F27)

该断裂北起刘家口以北, 沿青龙河经卢龙至滦县以南, 被 NNW 向坨子头断裂所截, 总体走向 NE30°, 倾向 SE, 倾角 63~75°, 长达 40 余公里。沿断裂有岩层动力变质现象。新构造运动时期该断裂活动明显, 沿断裂多处温泉分布, 沿断裂第四纪红色粘土层中发育大量水平擦面, 并有仰冲错断砾石。

河北省工程地震勘察研究院 (2001) 在跨滦河铁路特大桥桥址布设了三条近 EW 向浅层地震勘探探测线探测卢龙断裂。

滦河大桥北 150m 处测线、滦河大桥中心线测线。勘测结果显示，滦河大桥北 150m 处测线剖面中存在两条近于平行的断层，相距 60m 左右，断层倾向 E，倾角 70°左右，为正断层（图 1.3.42）。

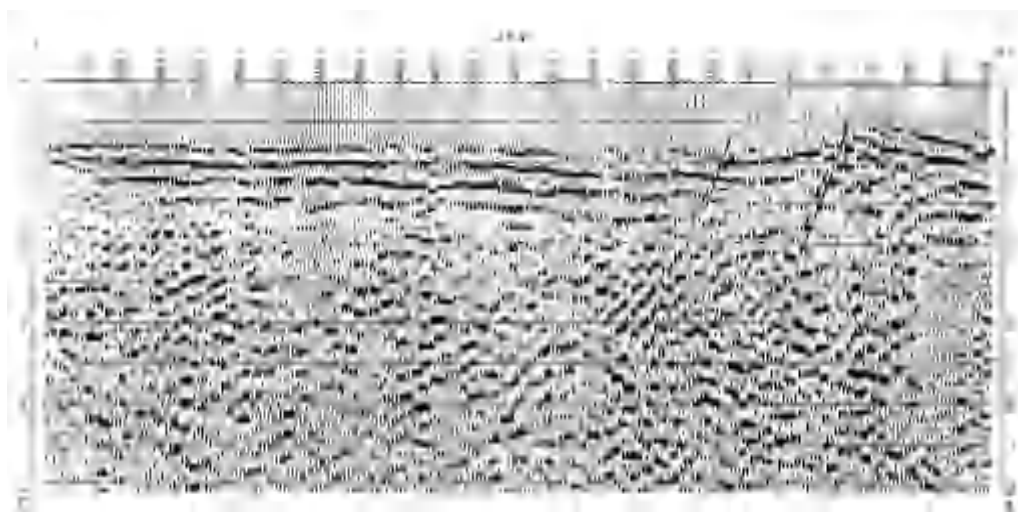


图 1.3.42 京山铁路滦河大桥北 150m 浅层地震勘探剖面
(河北省工程地震勘察研究院, 2001)

滦河大桥中心线测线剖面，也存在两条近于平行的次级断层，相距 60m 左右，断层倾向 E，倾角 70°左右，为正断层；在这两条东倾断层的西侧 150m 左右处，还有一条西倾逆断层，倾角 45°左右（图 1.3.44）；上述断层上断点距地表 20~30m，断裂活动影响的主要地层为第四系上部岩层，断错了晚更新世—全新世早期层位。在孔深 30m 第四系砂砾石层处取样测得热释光年龄 $(8.64 \pm 0.70) \times 10^4$ 年，在孔深 70m 深处断层破碎带断层泥取样测得热释光年龄为 $(17.02 \pm 1.40) \times 10^4$ 年，浅层地震勘探剖面中，卢龙断裂已明显断错晚更新中晚期地层。

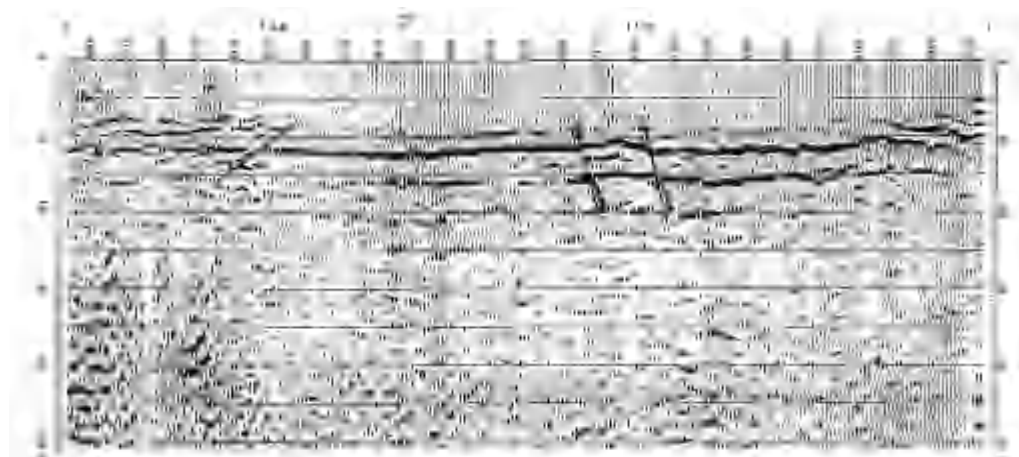


图 1.3.43 京山铁路滦河大桥中心线浅层地震勘探剖面
(河北省工程地震勘察研究院, 2001)

在滦河河心岛周王山庄见卢龙断裂的露头，断裂露头清楚，角砾岩、糜棱岩化强烈，破碎带宽 30 余米，地貌上形成哑口；在桃园乡南跨公路渡槽北约 100m 的西山坡采石场，在奥陶—寒武系灰岩中断裂破碎带发育；沿断裂走向在滦河两岸，卢龙断裂在地貌上也有明显显示。在卢龙县彭店子乡北，断裂以破碎带的形

式出露地表（图 1.3.44）。



图 1.3.44 卢龙县彭店子乡北卢龙断裂破碎带照片（镜向南）

（中国地震应急搜救中心，2012）

1976 年唐山 7.8 级地震序列活动扩展到滦县—卢龙地带，沿断裂及邻近地带小震活动密集，卢龙附近发生过 4 次 M5~5.7 级地震，并且其震源机制解中的一组节面与卢龙断裂的走向一致，说明这些余震为卢龙断裂活动的结果。

建昌营断裂（28）

详见第二章近场区建昌营断裂的描述。

张家营子—叨尔登断裂（F31）

也称为松岭子—叨尔登断裂或凌源断裂，断裂起于建平张家营子，经凌源延至叨尔登附近，由一系列 NNE 向的走滑断裂组成，断裂倾向 NW，倾角 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。断裂往南延入冀北，走向变为 NEE 向，断裂全长约 180km。在凌源以南，断裂表现为凌源三十家子盆地的西缘控制边界，松岭子以南则表现为燕山期火山—沉积槽地，在叨尔登一带为新近纪砾岩断块。在凌源及其以南的瓦房店—叨尔登一带可见第四系堆积物沿断裂走向呈狭长条带状分布。断裂切割了太古宇、中上元古界及侏罗白垩系地层，具左旋走滑性质。断裂形成于燕山运动晚期，喜山期仍有活动。断裂被上更新统黄土状粉质黏土平整覆盖，与区域其它断裂对比确定其最新活动时代为中更新世活动断裂，断裂第四纪以来的活动程度较弱。

渤中 1 号断裂（F36）

它为营潍断裂带北段的组成部分，是渤中凹陷东界的主要断裂，走向 NE，倾向 NW，长 70 余公里，正断兼右旋走滑，水平断距 2km，其古近系底面垂直断距 5500m，馆陶组底面断距 1260m（沿海大陆架及毗邻海域油气区石油地质编写组，1990）。断裂顶端进入第四系，为第四纪活动断裂。断裂两侧新近系—第四系中发育的次级 NE 向正断裂表明其新近纪以来具明显的右旋走滑活动。

渤中 2 号断裂（F37）

断裂走向 NW，长 22km。该断裂由相反倾向的南、北两支构成一条状地垒块构造。据石油人工地震资料，新近系底面落差(T2)150m，向上断至最浅为距海底以下 500m 深的地层，由于浅部分辨率低，上断点比实际偏深。该断裂在与营滩断裂带交汇部位，历史上发生过 1597 年 7 级地震。综上，判断该断裂为晚更新世—全新世活动断裂。

1.4 综合评价

1.4.1 区域地震活动综合评价

(1) 华北地区(除海域与边远区外)的记载能力，1303 至 1500 年可记到 6 级以上的地震；1500 年后可记到 5 级以上的地震；通过统计分析方法检验，得出华北地区(除黄海及边远地区外) $M \geq 4\frac{1}{4}$ 地震自 1484 年之后基本完整。区域范围记录最早的破坏性地震为 1481 年 7 月 6 日河北卢龙东北 5 级地震，记录到历史破坏地震共计 76 次，最大的为 1976 年 7 月 28 日河北唐山 7.8 级地震。区域现代观测台网范围地震监测能力达到 1.5 级及以上。

(2) 区域地震空间分布的主要特征是不均匀性，它的展布规律与区域地质构造密切联系，往往与地震构造带相吻合，表现了明显的成带性，地震呈稳定的带状分布。从卢龙—唐山—宁河形成一条 NE 向地震条带，该条带属华北平原地震带上的唐山老震区，主要受 1976 年唐山地震序列的影响，华北平原地震带地震活动频次高、强度大、多次发生 6.0 级以上地震。此外区域南部渤海湾破坏性地震离散分布。区域范围内震源深度集中分布在 5~24km 范围内，属于地壳中上层的浅源构造地震。

(3) 区域范围涉及华北平原地震带、郯庐地震带和东北地震区。华北平原地震带经历有两个地震活跃期，第一活跃期 194 年；第二活跃期 193 年，第二活跃期到 1984 年已经结束，但未来百年仍有个别 6 级地震出现的可能。从保守角度出发，未来百年总体上以平均水平估计未来地震活动趋势。郯庐地震带经历有两个地震活跃期，第一活跃期 190 年；第二活跃期从 1796 年至今。郯庐地震带目前处于第二活跃期后期，未来百年仍有个别 7 级以上地震的可能，其地震活动与活跃期的平均活动水平相当。东北地震区地震活动水平相对较低，地震样本量小，中强地震的成带和成丛分布特点不明显。对未来地震活动水平的估计，就以 1923 年以来的地震活动水平作估计。

(4) 区域现代构造应力场最大主压应力轴(P 轴)方位为北东东近东西向；最小主压应力轴(T 轴)方位为北北西。北北东和北东向断层具有右旋走滑的运动性质。北西西向断层具有左旋走滑的运动性质，北东东向断层具有正断层的运动性质。

(5) 破坏性地震对目标区西区的影响烈度达到 VI 度的共有 9 次，对目标区东区的影响烈度达到 VI 度的共有 5 次，对目标区西区和东区的最大影响烈度均为 VII 度。

1.4.2 区域地震构造环境综合评价

(1) 目标区所在区域位于华北平原断陷区。华北平原断陷区经历了古近纪的断陷运动和新近纪以来的区域沉降，第四纪以来该区整体活体特征更加明显，差异分化逐渐减弱。

(2) 华北平原断陷区是新构造运动分区的 I 级分区单元。其新构造运动特征表现为：河北平原裂陷盆地是华北平原裂陷区的主体部分，是由多个次级盆地组合而成，这些盆地大致于始新世在中生代构造隆起背景上发生裂陷作用形成，中新世时整体沉降，形成统一的盆地，华北断陷盆地断裂活动以北东向右旋走滑拉张为主。断陷内地震活动强烈，强震活动与北东向的断陷盆地及其边缘断裂有关，但同时又受控于北西向构造带。

(3) 区域范围的构造应力场为 NE 向，主要受来自太平洋板块的影响。工程所在区域，地震构造背景较为复杂，活动断裂发育。历史上曾发生多次强震、大震，其中包括 1796 年三河—平谷 8 级，1976 年唐山 7.8 级，滦县 7.0 级，1888 年渤海湾 7 级地震。

(4) 目标区位于华北地震构造区，强震主要沿华北平原地震构造带分布，不同震级档的地震构造标志如下：

1) 6 级以上强震发生的构造条件

① 6 级以上强震有定向集中的分布特征。它们绝大部分分布在三条地震构造带内，即 NW—NWW 向的张家口—蓬莱地震构造带、NE—NNE 的华北平原地震构造带和 NNE 的郟庐地震构造带内。

② 从形态特征来看，第四纪活动的，特别是晚更新世以来活动的 NE—NEE 向走滑正断层是 6 级以上强震的主要发震场所。

③ 从结构特征来看，第四纪以来活动断裂的某些特殊地段是强震的多发部位，如 NE—NNE 和 NW—NWW 向两组活动断裂的交汇部位附近，断层的端点附近和断层转折的弧形部位。区域 7 级以上的大震全部与这样的特殊部位有关。

④ 第四纪活动断裂控制的新近纪—第四纪断陷盆地或者是第四系覆盖的隐伏隆起的断陷构造内，它们多呈 NE 或 NNE 斜列状。

2) 6—6.9 级强震发生的构造条件

① 具备上述 6 级以上强震发生的构造条件；

② 第四纪活动断裂，特别是晚更新世以来的活动断裂；

③ 控制第四纪活动盆地的边界断裂；

④ NNE—NE 向和 NW—NWW 向活动断裂；

⑤ 由现今小地震活动图像和地震测深等方面资料推测浅层断裂下方存在地壳深断裂。

3) 7 级以上大震发生的构造条件

① 具备上述 6 级以上强震发生的构造条件；

② 新生代隆起构造单元与拗陷单元交接带的隆起单元一侧即隆起区的边缘拗陷较深一侧；

③ 隆起与拗陷单元之间有活动深断裂通过，这种断裂的走向主要是 NE—NNE 向；

第二章 近场区地震活动性和地震构造环境评价

本章在充分收集、分析已有的调查资料和研究成果基础上，为合理评定近场区发震构造、确定其空间位置和有关活动性参数，厘定潜在震源区边界和震级上限等提供依据，为目标区的地震危险性分析和地震地质灾害评价提供依据。

根据中震防函〔2019〕21号《区域地震安全性评价工作大纲（试行）》的规定，项目的近场区范围为目标区东区的北边界和东边界、西区的南边界和西边界外延不小于25km的地区，即近场区范围：东经119.08°~120.17°，北纬39.63°~40.26°。

2.1 近场区地震活动性分析

1970年以来河北省地震局在河北地区建立了许多地震观测台站，结合北京市地震局、天津市地震局和相邻省份的地震观测台站，控制了河北地区 $M_L \geq 2.0$ 级的地震。1984年遥测地震台网的建立和井下摆的成功观测，进一步提高了河北省遥测地震台网监测能力，尤其是随着国家数字化地震台网改造完成，河北省地震局与北京市地震局、天津市地震局、中国地震局地球物理研究和相邻省份地震观测台站数据联网后数据共享，单台个数达166个，覆盖了河北大部分地区，大大提高了我省地震监测能力和精度。地震三要素（发震时刻、震级、中震位置）的确定更加精确，监测震级为 $M \geq 1.5$ ，进一步证实资料的可靠性和完整性。

表 2.1.1 近场区地震目录 ($M \geq 3.0$)
(a) 破坏性地震目录 ($M \geq 4.7$, 1481~2021.07)

编号	发震时间 (年、月、日)	震中位置		精度	震中 烈度	震源 深度	震级	震中参考位置
		北纬 (°)	东经 (°)					
1	1567	39.7	119.2	2	VI		$4\frac{3}{4}$	河北昌黎
2	1805.08.05	39.7	119.2	2	VII		$5\frac{1}{2}$	河北昌黎
3	1934.10.27	39.9	119.2		VI		5	河北抚宁

(b) 现今小震目录 ($3.0 \leq M \leq 4.6$, 1970.01~2021.07)

编号	年	月	日	震中位置		震源 深度	震级
				北纬 (°)	东经 (°)		
1	1976	7	29	39.65	119.28		4.6
2	1977	3	7	39.75	119.10		4.0
3	1977	3	7	39.75	119.10		4.0
4	1977	3	7	39.75	119.10		4.0
5	1979	5	31	40.20	119.13	5	4.2
6	1979	10	24	40.20	119.47		3.3
7	1980	3	14	40.23	119.52		3.0
8	1980	3	28	40.10	119.40		4.5
9	1980	3	28	40.08	119.20		3.1
10	1980	3	29	40.10	119.38		3.2
11	1980	4	4	40.23	119.42		4.3
12	1980	4	16	40.18	119.40		3.3
13	1980	4	21	40.12	119.33	7	3.1
14	1980	4	21	40.13	119.20	19	3.0

15	1981	10	4	39.65	119.22		3.9
16	1989	5	1	39.73	119.85	30	3.0
17	1993	11	8	39.73	119.13	5	3.1
18	1995	8	9	40.23	119.12		3.6

从图 2.1.1 和表 2.1.1 可见，近场区范围内历史上记录到 3 次破坏性地震 ($M \geq 4.7$)，其中 $M4.7 \sim 4.9$ 级地震 1 次， $M5.0 \sim 5.9$ 级地震 2 次，最大地震为 1805 年 8 月 5 日河北昌黎 $5\frac{1}{2}$ 级地震。1970 年以来在近场区内范围内记录到 $M1.5 \sim 1.9$ 级地震 123 次， $M2.0 \sim 2.9$ 级地震 91 次， $M3.0 \sim 3.9$ 级地震 11 次， $M4.0 \sim 4.9$ 级地震 7 次，最大地震为 1976 年 7 月 29 日河北省秦皇岛市昌黎县 4.6 级地震，没有记录到 $M \geq 5.0$ 级地震。从图 2.1.1 可以看出，近场区现今地震活动主要集中在西部，南部渤海海域也有地震离散分布。

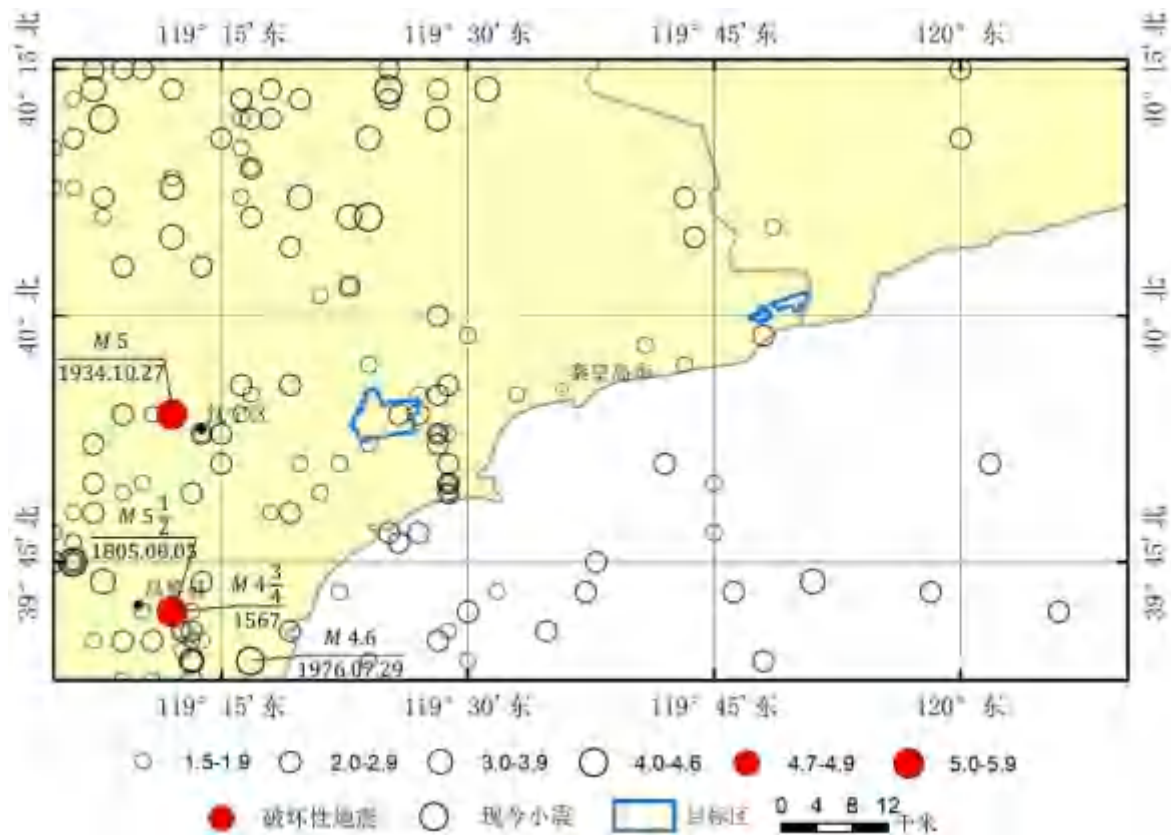


图 2.1.1 近场区地震震中分布图

破坏性地震 (1481~2021.07)；现今小震 (1970.01~2021.07)

2.2 近场区地震构造环境

2.2.1 地貌与新构造运动特征

1. 近场区地貌

近场区位于秦皇岛地区。从地貌上看，秦皇岛地区北部为燕山山脉东段，南部为华北平原北端的滨海冲积平原，地势西北高，东南低。由山地、丘陵、平原、滨浅海四个地带组成，总体上属于丘陵区。但其北部和西北部的局部为低山区，低山区以东、以南为丘陵地区，山体海拔高度在 500m 以下，并且多孤山，少线性山脊。

秦皇岛北部山区有四级夷平面，最高的一级夷平面分布于西部山区，海拔在 800m 左右，大约相当于北台期夷平面。二级夷平面海拔在 600 米左右，形成于早(老)

第三纪，分布范围较小。三级夷平面海拔在 450 米左右，形成于晚（新）第三纪。这两级夷平面相当于唐县期。第四级夷平面分布于区内广大地区，海拔 300 左右。上述四级夷平面受流水的侵蚀切割，其原始的完整连续性遭到不同程度的破坏，年代越老破坏越甚。

区内的主要河流有大石河、汤河、戴河和洋河等，它们大都发源于北部山区，其流向均为由北向南、由西北到东南流入渤海，均系入海河流，为临海小型水系，河流的补给以降水补给占绝对优势，约占全年径流量的 80% 左右，季节性明显。其特点是流程短、流量小、含沙量高、汛期洪水量大、暴涨暴落、非汛期河水干涸或断流。其中大石河水系发源于青龙县黄前山附近，是本区最主要的水系，由西北向东南流经柳江盆地后在山海关西侧老龙头入海，全长约 70km，流域面积为 600 多 km²，其中 560km² 在山区，因此为山区性河流，河长总高差约 400m，平均坡降为千分之六左右。河床组成主要为砾石，其次是粗砂和中砂，砾石主要岩性为火成岩。大石河水量丰富，年平均径流量 1.68 亿，以降水为主，七、八月份雨季的降水量为全年的 70%-80%，历史上曾发生过多水患，1972 年修建了大石河水库，又名燕塞湖，为市区主要供水水源库，亦是比较有名的旅游景点，库容 7000 万 m³ 左右。汤河位于秦皇岛市区西部，因其上游有汤泉而得名。

流水地貌包括沟谷流水地貌和河流地貌。沟谷流水地貌分布于低山丘陵区，这里地势高差较大，使蚀沟发育。一、二级夷平面地区切割强烈发育切沟和较大的冲沟，三级夷平面和河流阶地上多发育坳沟。大石河和汤河上游或支流河谷两侧广泛发育不同规模的洪积扇。

河流地貌，大石河的上庄坨以上河段河道蜿蜒曲折，坡降大、流速急。河谷呈“V”字型，谷窄坡陡。相对切割深度 200-300m，形成典型的深切曲流，反映本区新构造运动属强烈上升区。由于上升运动的间歇性，在曲流凸岸坡形成多级阶地。傍水崖附近受构造控制河流呈“之”字形拐折。同时河流在下切的过程中，还进行侧蚀，曲流截弯取直，发育内生环流。例如原来经过小傍水崖村的河流被废弃，现在小傍水崖村的沙砾石层是故河道的证据，相当于一级阶地的高度，被废弃的曲流所环绕的孤立小丘，称离堆山。

秦皇岛南部地区发育典型的海岸地貌。秦皇岛地区海岸带呈波状弯曲的岬湾式，一部分海岸凸向海岸形成岬角，另一部分海岸凹向陆地形成海湾，相应地产生两种海岸地貌类型：海蚀海岸地貌，海积海岸地貌。海岸阶地有堆积的和海蚀的两类。

海蚀阶地是昔日的岩滩抬升形成的，是一个崎岖的向海倾斜的基岩面，其后缘有一明显的坡折，是古海蚀崖遗迹。

海蚀地貌，在岬角附近海蚀地貌十分发育。海蚀柱是穿插在古老花岗岩内的伟晶岩脉经海水差别侵蚀而形成。海蚀崖后退形成海蚀平台。而海蚀天窗是由海水差别侵蚀形成，本区海蚀地貌十分发育。例如在山海关区东北的 9km 黄牛山脚下有典型的海蚀天窗地貌悬阳洞。

海蚀台地和阶地，一级剥蚀台地（联峰山剥蚀台地）高约 100~200m，由联峰山、烟台山和楼云山等山头组成，向山区逐渐升高成为低山。二级剥蚀台地（海滨区剥蚀台地），海拔 50~70m，以联峰山周围的 50m 台地为标志，向山区方向由一道道长梁地形组成。剥蚀海蚀阶地（金山咀剥蚀—海蚀阶地），以秦皇岛南山、金山咀

和赤土山一带的岩石平台为代表，高出海面 20~25m。海蚀阶地（小东山海蚀阶地），以小东山为代表，台面高出海平面 5~7m。初步估计，小东山海蚀阶地可能是全新世高海面时期，即前面提到的“秦皇岛海浸”时的产物。金山咀海蚀-剥蚀台地可能是晚更新世的产物，海滨区海蚀-剥蚀台地可能是中更新世的产物，联峰山剥蚀台地则可能是早更新世形成的。

海积地貌，水下沙坝是由波浪作用形成平行海岸线发育，两道沙坝的距离与两次波长成正比。秦皇岛地区海岸带水下岸坡上发育 3~4 级水下沙坝。

滨海沙丘，由于激浪和风力堆积作用，海滩以砾屑堆积为主，沉积物粒度特点是近岸较粗，远离岸边逐渐变细，海滩延伸方向与岸线平行。本区的海岸沙丘十分发育。例如黄金海岸的海岸沙丘，高约 30~40m，长约 10 km。海滩和海岸沙丘秦皇岛地区海滩多辟为浴场，沿岸公路高度 1.5~2m 大致相当于高潮线，由于强烈的激浪作用，海滩以砾屑堆积为主，生物碎屑较少，沉积物粒度以粗中沙和细沙为主。剖面分布特点是近岸较粗，远离岸边逐渐变细。

2. 近场区新构造运动特征

从新构造分区角度看，近场区位于燕山隆升区、燕山南麓断隆和渤中拗陷三个构造单元内（图 2.2.1）。

（1）燕山隆升区

包括燕山山脉主体部分，主体断裂以近 EW 向和 NE 向两个方向为主，前者局部被后者切割，显示 NE 向构造活动晚于近 EW 向断裂。海拔由中部向南北两侧逐渐降低，北台面海拔 900~1000m。第四纪地层以发育于河谷两侧的阶地堆积为主。中更新世发育 3 级以上的阶地，未发现明显的构造变形。区域地震和构造活动较弱，以整体隆升为主。

（2）燕山南麓断隆

南与冀中拗陷、沧县隆起、黄骅拗陷和渤中拗陷为界，北与燕山南麓相接。包括燕山南麓与华北平原的过渡地带，地形以低山丘陵为主。地貌特征与南侧的唐山断隆存在明显的差别。与建昌营断裂、蓟县山前断裂等和北侧的燕山隆升区为界。第四纪地层分布较广，但厚度有限，全新世地层不发育。断裂以 NE 向为主，为强震多发区，地震多发生在 NW 向的张家口—蓬莱活动构造带和河北平原断裂带上或两者的交汇处。

（3）渤中拗陷

渤中拗陷位于渤海水域，总体呈 NE 向，由渤中断凸、埕北断凹、渤中断凹组成。因受 NW 向、EW 向构造带和郯庐的影响，内部结构复杂，由数个凸起和凹陷组成。渤中断凸呈 EW 向，其核部新近纪底板埋深约 1800m。南部的埕北断凹为 NW 向，新近纪底板埋深 2400m。位于渤中断凸以北的渤中断凹的构造线以 EW 向为主，内部结构较复杂，有数个沉降中心和相对隆起。该区是渤海强震多发区，地震多发生在 NW 向活动断裂和郯庐带上或二者的交汇部位。

2.2.2 第四纪地层

根据地层层序、岩性岩相、成因类型及接触关系，将其划分为中更新统、上更新统和全新统，共十个成因类型（表 2.2.1）。现按时代将各成因类型堆积、沉积相

特征、接触关系特征分述如下：

(1) 全新统 (Q₄)

主要分布于测区南部山前平原区，其次分布于各主干河流的河床、河漫滩及山间谷地；在山区，以平行或角度不整合嵌入老地层中。根据岩性岩相、接触关系、地貌特征，划分为六种成因类型及岩相：河流冲积相 (Q₄^{al})、冲洪积相 (Q₄^{al+pl})、泻湖堆积相 (Q₄^l)、海积相 (Q₄^m)、风积相 (Q₄^{col}) 和洪积相 (Q₄^{pl})，厚度变化 0-20m。

表 2.2.1 第四系沉积相及时代划分简表

时代	成因类型	代号	厚度 (m)
全新世 (Q ₄)	河流冲积相	Q ₄ ^{al}	0-20
	冲洪积相	Q ₄ ^{al+pl}	0-20
	泻湖堆积相	Q ₄ ^l	0-10
	海积相	Q ₄ ^m	0-30
	风积相	Q ₄ ^{col}	0-10
	洪积相	Q ₄ ^{pl}	0-15
晚更新世 (Q ₃)	冲洪积相	Q ₃ ^{al+pl}	0-15
	洪坡积相	Q ₃ ^{pl+dl}	0-8
中更新世 (Q ₂)	洞穴堆积	Q ₂ ^{cl}	0-3
时代未分	残积相、残坡积相	Q ^{el} Q ^{el+dl}	0-5

河流冲积相 (Q₄^{al})：分布于大石河、戴河、汤河、洋河等主干河流及其支流的河床、河漫滩和 I 级阶地，入海处河漫滩除大石河为卵石堆积及细砂夹粉砂外，其它河流均系粗砂、含砾粗砂及细、粉砂；各主干河流在山区河流范围内，均以砂砾石沉积为主，愈近上游，砾石含量愈多，直径愈粗大，滚圆度及分选性愈差。砾石成分与河流流经地区的基岩类型关系密切，河漫滩堆积物为粗、细砂及粉砂淤泥，一般具清晰的水平层理及交错层理，中上游常见二元结构特征。本成因类型堆积物以河槽式切割上更新统及全新统各成因类型。厚 0-20m。

冲洪积相 (Q₄^{al+pl})：由棕黄、黄灰色含砾砂质土及砂砾石层组成，为测区最为发育的沉积类型，广布于南部平原地区及丘陵地带，其次呈条带状展布于山区主干河流旁侧及其支流河谷。与上更新统常呈河槽式平行不整合镶嵌接触，与全新统其它成因类型为渐变过渡关系，厚 0—20m。

泻湖堆积相 (Q₄^l)：主要为疏松、具水平层理的泻湖相细—中粒碎屑沉积物。分布于秦皇岛市东南李庄—向河寨一带，面积约 30 平方公里。与下伏浅海相堆积物为连续沉积，与全新统其它成因类型为交叉相变关系。厚度变化 0-10m。

海积相 (Q₄^m)：分布于大蒲河—东山—秦皇岛市—辽东一线的古海岸 I 级海积阶地、海岸前沿及海滩。根据沉积特征、地貌及生成先后顺序，划分海湾堆积 (Q₄^{m-1}) 及海岸堤—海滩堆积 (Q₄^{m-2}) 两个亚相。其中海岸堤—海滩堆积较海湾堆积为晚。

风积相 (Q₄^{col})：主要为灰白，黄灰色中—细粒砂。浑圆度及分选性良好，具明显的风成交错层理或水平层理。分布于大蒲河黄金海岸至南戴河，及大薄荷寨至山东堡沿海一带。直接覆盖于海湾地积物之上。

洪积相 (Q₄^{pl})：为土黄-黄灰色砂土、砾石混杂堆积；其中以砾石堆积物为主，

夹不规则状砂砾石层，局部夹砂土层。砾石杂乱堆积，分选性极差，大小悬殊，多呈机械性破碎的棱角-次棱角状，少数次圆状。主要分布于后石湖山北侧朱清峪-东塔一带，平市庄附近有零星分布。地貌为由一系列相邻山口形成的洪积扇相互迭覆构成的洪积裙；厚 0-10m。

(2) 上更新统 (Q₃)

广泛分布于滨海堆积平原及水下岸坡底部，其次分布于秋子峪、北戴河、浑河等地山麓边缘和丘陵地带，地表分布零散，出露面积小。根据岩性和地貌特征，可分为冲洪积相和洪坡积相两个成因类型；二者为过渡关系，均呈角度不整合于基岩之上。厚度变化 0-15m。

冲洪积相 (Q₃^{al+pl})：主要分布于滨海堆积平原及水下岸坡底部，其次分布于山羊寨-秋子峪一带。

根据河北地矿局第四水文地质工程地质大队 (1986) 钻孔资料揭露，在汤河、石河冲洪积平原及南李庄以南的水下岸坡一带，其底层均为上更新统冲洪积相松散堆积物，以不整合形式直接覆盖于太古代花岗岩基底之上，充填了原始的剥蚀洼地，其上为全新世早期不同沉积相所覆盖。本层沉积物起到了填平补齐的作用，厚度随原始地形起伏程度不同变化很大，但厚度不超过 15m。沉积物主要由砾石和卵石、含砾粗、细砂组成，一般底部颗粒较粗，上部颗粒较细，在多数钻孔剖面中，均可见到较好的粒度韵律。砾石成分以花岗岩、石英岩为主，其次为火山岩，砾径最大 10cm，一般为 2-3cm，分选不良，圆度中等，但大都具有良好的球度。砾石之间往往为粗砂充填。

在秋子峪-山羊寨一带，岩性为棕黄色含砾及砾石透镜体黄土状粉砂粘土，柱状节理发育，显微水平层理。愈近山麓，砾石含量愈多，滚圆度愈差，砾径一般 1-10cm，呈滚圆-次圆状；砾石成分以花岗岩、灰岩为主，少量火山岩及砾岩。黄土状粉砂粘土由细粉砂及粘土 (20%-30%) 组成，干结后呈颗粒状，饱和时具可塑性，结构疏松。与下伏地层呈角度不整合接触关系。

洪坡积相 (Q₃^{pl+dl})：主要分布于太古代花岗岩和变质岩剥蚀丘陵区山麓边缘及河谷 II 级阶地。北部山区亦有零星分布。地貌形态为洪坡积裙，常形成陡坎，与全新统冲洪积物为过渡关系或呈河槽式嵌入接触。厚度变化 0-8m。

岩性较单一，为棕黄色含角砾及角砾透镜体黄土状粉砂粘土，以垂直节理发育，大孔隙及含有钙质结核为特征，常夹有砂砾，碎石透镜体及古土壤层；底部与太古代花岗岩之残积层平行不整合，局部呈嵌入关系，接触面上常有砾石，卵石成层分布；上部常过渡为浅黄色粉土质亚砂土或粘土。自靠近山缘至远离山缘，角砾含量由多变少，由大变小，由杂乱排列到显示水平层理；砾石成分随下伏基岩变化而变化，呈棱角-次棱角状。

(3) 中更新统 (Q₂)

分布于山羊寨及黄土营一带，局部地区山区河谷 III 级阶地之上亦有零星残留，成因类型主要为洞穴堆积。

洞穴堆积 (Q₂^{ca}) 分布于山羊寨、黄土营一带的石灰岩溶洞内。岩性为红色、棕黄色含角砾、岩屑的粘土及含砾亚粘土堆积。山羊寨洞穴堆积内含大量哺乳动物化石，经鉴定计有灵长类，兔形目、啮齿目、肉齿目 (狼：Canion sp.; 熊：Ursus sp.)，

奇蹄类、偶蹄类（羚羊：*Gazella sp.*）等。化石被棕黄色含岩屑粘土紧密胶结，杂乱堆积。根据胶结物类型、胶结程度和哺乳动物化石组合，其地质时代为中更新世，大致相当于周口店组。厚 0-3m。

（4）时代未分的沉积相

时代未分的沉积主要为残积，其次为残坡积。多分布在太古代花岗岩剥蚀台地区及其边缘或冲沟部分。因其厚度薄且分布极为零散，未作为制图单位予以划分，仅将其岩性叙述如下；

残积（ Q^{al} ）：主要岩性为含花岗岩碎石及角砾的桔红色、褐灰色砂质粘土、砂质粉砂粘及粘土质砂土；其中掺杂各类脉岩成分的碎石角砾。分选极差，层理不明显或具假层理，与下伏基岩呈渐变关系。残积层的厚度及风化程度与测区地质、地貌条件关系密切，太古代花岗岩剥蚀区，长期遭受物理风化和化学风化双重作用，残积层及风化壳厚度较大，粘土类矿物自下而上增加。残积层厚度 0-3m，风化深度可达 5m 以上。北部低山区地形较陡峭，基岩风化较弱，残积层很薄。

残坡积（ Q^{al+dl} ）：岩性与残积物基本相似，但粒度较细，主要为灰黄、黄色含碎石角砾粘土或粘土质砂土、粘土。主要由粘土类矿物、石英、长石及褐铁矿组成。碎屑物质圆度及分选程度均较差。一般不具层理，厚度不均一，常呈透镜状或似层状产出，与基岩呈渐变过渡或不整合关系。

2.2.3 断层活动性

据现有资料近场区内断裂主要有蔡各庄—山东堡断裂、香营—东吕洼断裂、石河断裂、汤河断裂、鸽子窝断裂、宁河—昌黎断裂，建昌营断裂（图 2.2.1、图 2.2.2，表 2.2.2）。通过现场野外地质地貌调查，多种手段探测查明了断裂的性质、规模、产状及活动时代和强度。对断层活动性鉴定工作是工程地震安全性评价工作的重要内容。下面分别对近场区的断裂进行介绍。

表 2.2.2 主要断裂构造的基本特征表

编号	断裂名称	长度 km	产状			断层性质	活动时代	与目标区最近距离 (km)	附近地震活动
			走向°	倾向	倾角°				
F1	蔡各庄-山东堡断裂	65	NE65	SE	50-70	正断层	Qp2	3	
F2	香营-东吕洼断裂	39	NE	SE	60	正断层	Qp1	3.6	
F3	石河断裂	18	NW	NE	55	正断层	preQ	7.5	
F4	汤河断裂	27	NE20	NW	60	正断层	preQ	9.6	
F5	鸽子窝断裂	20	NW	NE	80	正断层	Qp2	2.4	
F6	宁河-昌黎断裂	160	NE	SE	35-50	正断层	Qp1-2	8.1	1805 年宁河昌黎 5 $\frac{1}{2}$ 级地震，1567 年宁河昌黎 4 $\frac{3}{4}$ 级地震
F7	建昌营断裂	110	NW	NE	50-65	正断层	Qp1-2	0	



图 2.2.1 近场区地震构造图

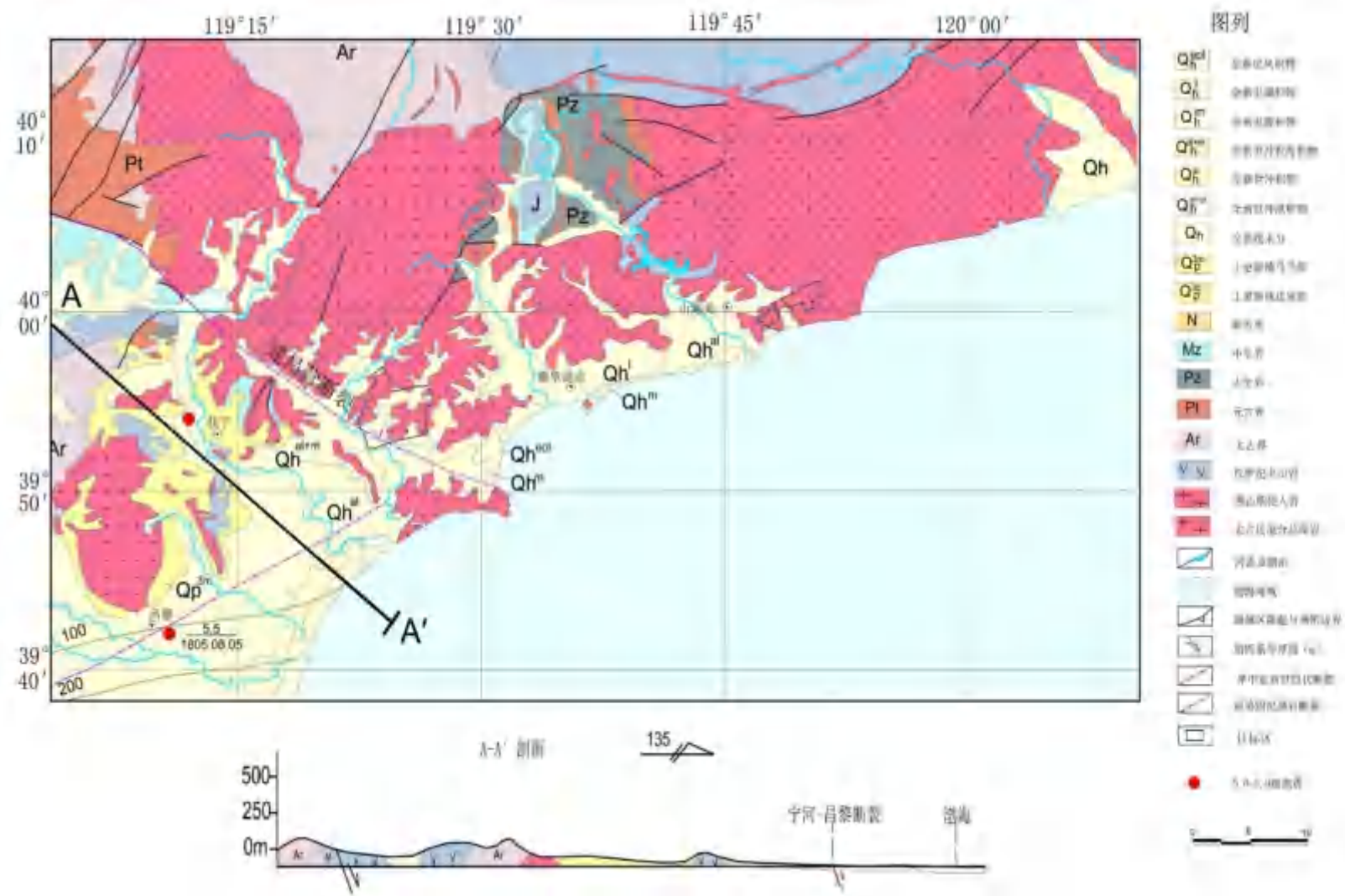


图 2.2.2 近场区地质构造图

(1) 蔡各庄—山东堡断裂 (F1)

该断裂走向 NE65°，倾向 SE，为正断层，由北戴河风景区的西北侧向北东，沿现今海岸线展布，经海港区的海滨，并穿越海港区延伸到山海关一带，为隐伏断裂，地貌上没有明显显示，其控制了全新世海相沉积；以往地球化学探测资料表明，该断裂有异常显示，表明第四系以来该断裂可能活动。

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所进行了浅层人工地震勘探工作，完成了 QHDXK01、QHDXK02、QHDXK03、QHDXK05、QHDXK06 和 QHDXK14 等 6 条地震剖面（图 2.2.3，图 2.2.4）。在所有地震剖面上探测到的 F1 断层均倾向南，为正断层，在一些地震剖面上，存在有宽度不等的破碎带，地震探测到的断层与原推断的断层位置在有些地震剖面上吻合程度较好，在个别地震剖面上，吻合程度较差。通过地震剖面时-深转换和钻孔标定，T₀-T₁ 强反射波组，在各剖面上具有可对比性，为太古代变质花岗岩长期风华剥蚀形成的强风化壳，厚度 5-20m，F1 在多条地震剖面中断错该标志层。

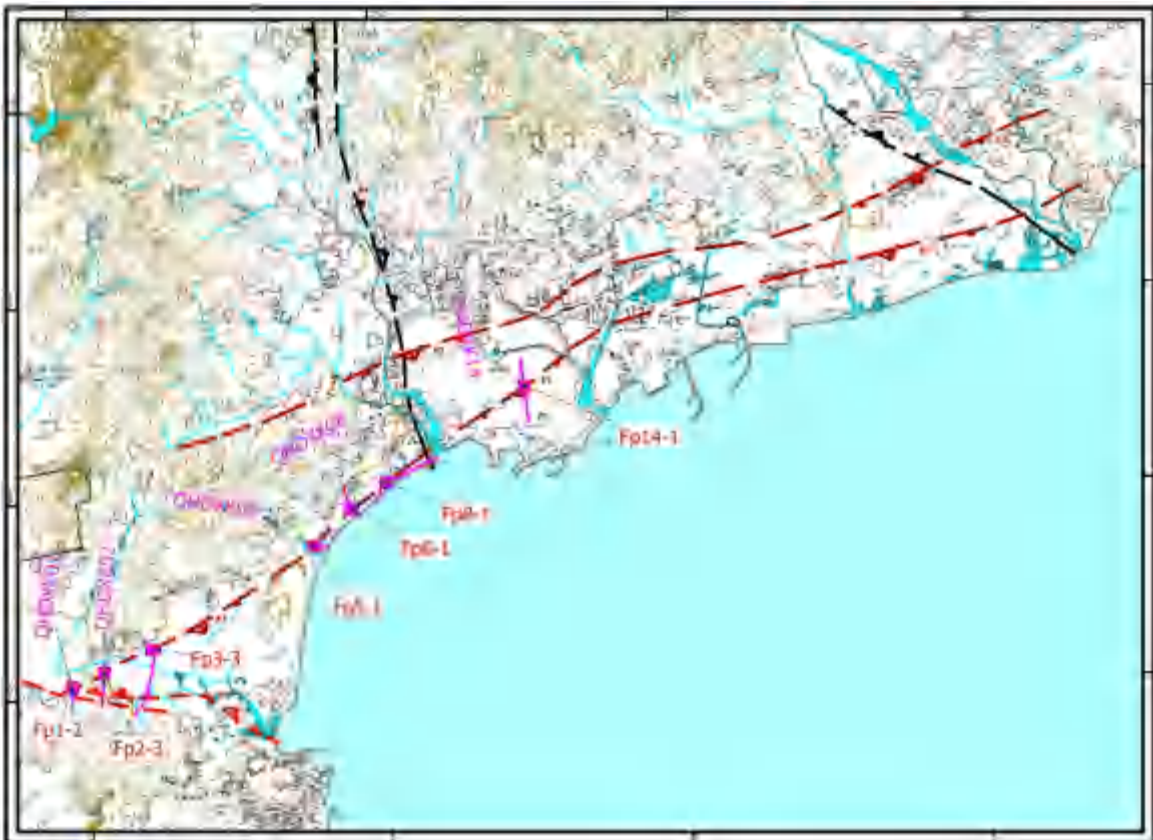


图 2.2.3 F1 断裂测线位置及断点分布图（黑框为目标区边界）
（中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所，2008）

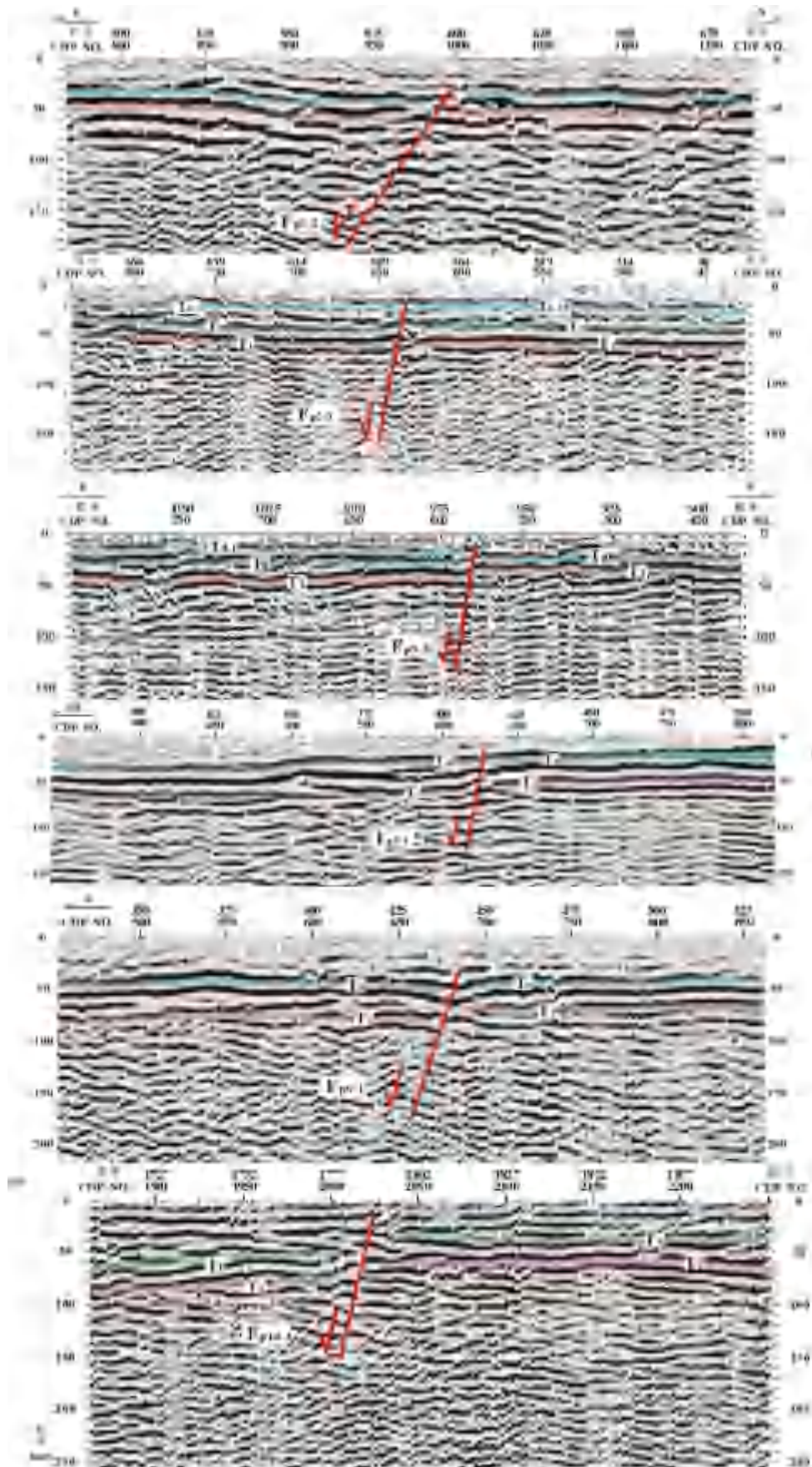


图 2.2.4 浅勘剖面上的蔡各庄—山东堡断裂 (F1)
 (中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 2008)

蔡各庄—山东堡整体呈 NE 向，为了有效控制该条断裂的位置和活动性，自 SW-NE 方向实施了 3 个跨断层钻孔场地施工：金山路场地(Qz10)、慕义寨场地(Qz7)和机场路场地(Qz3)（图 2.2.5）。

金山路场地和慕义寨场地位于北戴河-海港区的三角型沉积洼陷中，第四系覆盖层相对较厚，通过对这两个场地的对比分析表明：金山路场地(Qz10)在 Qp² 残坡积层的底部存在 0.5m 的落差；慕义寨场地(Qz7)晚更新世地层底界平整，无明显断错，该场地中更新世地层缺失或较薄，至少可以证实晚更新世以来该断裂无明显活动。机场路场地(Qz3)位于山海关区机场路东侧，钻探揭示泥砾层底界存在 2.65m 落差，但由于施工条件限制，钻孔间距为 35m，难以确证断裂断错山海关泥砾层（图 2.2.6）。基于上述勘探成果，初步认为该断裂为中更新世之前或早第四纪有活动的断层。

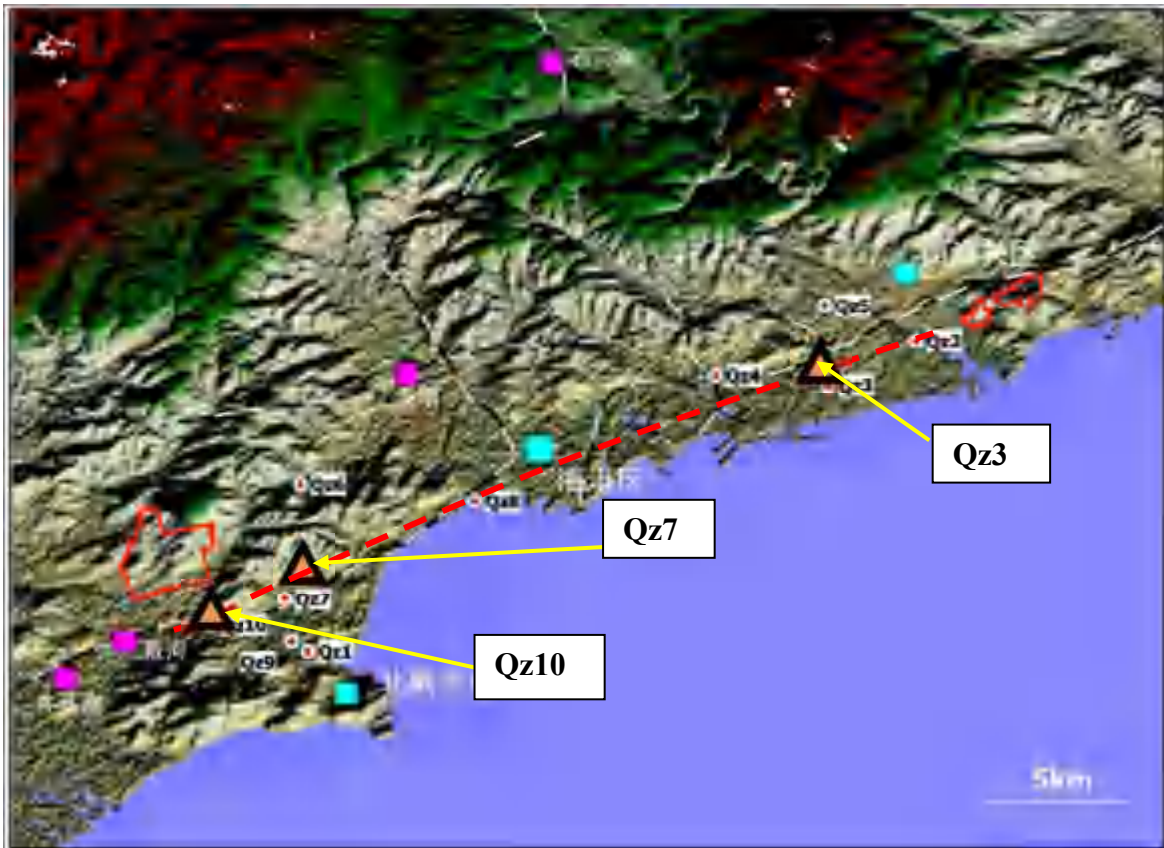


图 2.2.5 控制 F1 断裂钻孔场地分布图（红框为目标区边界）

（中国地质大学（北京），2013）

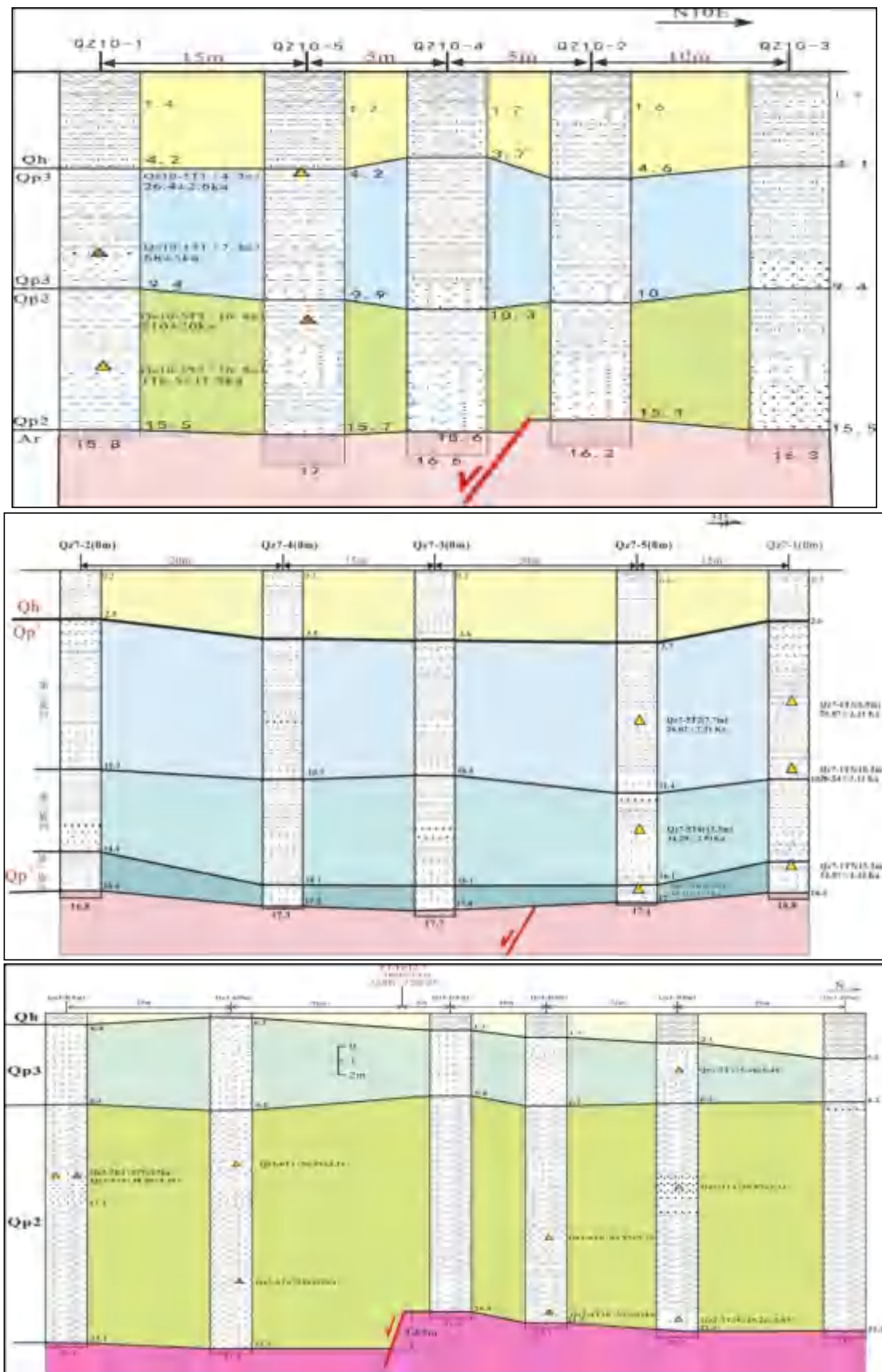


图 2.2.6 控制 F1 断裂钻孔场地剖面图

(中国地质大学(北京), 2013)

根据上述资料判断该断裂的活动时代为中更新世早期。

(2) 香营—东吕洼断裂 (F2)

该断裂走向北东，倾向南东，推测为兼走滑性质的正断层，与蔡各庄—山东堡断裂 (F1) 近平行展布，经秦皇岛市开发区，并穿越海港区北部延伸到山海关一带，为隐伏断裂，地貌上没有明显显示；以往地球化学探测资料表明，该断裂有异常显示，开发区的部分浅层地震探测也发现断点，表明第四系以来该断裂可能活动。

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所进行了浅层人工地震勘探工作，完成了 QHDXK07、QHDXK11、QHDXK12、QHDXK13、QHDXK15 和 QHDXK16 等 6 条地震剖面（图 2.2.7，图 2.2.8）。在所有地震剖面上探测到的 F2 断层均倾向南，为正断层，F2 在多条地震剖面中断错 T_0 - T_1 强反射波组。

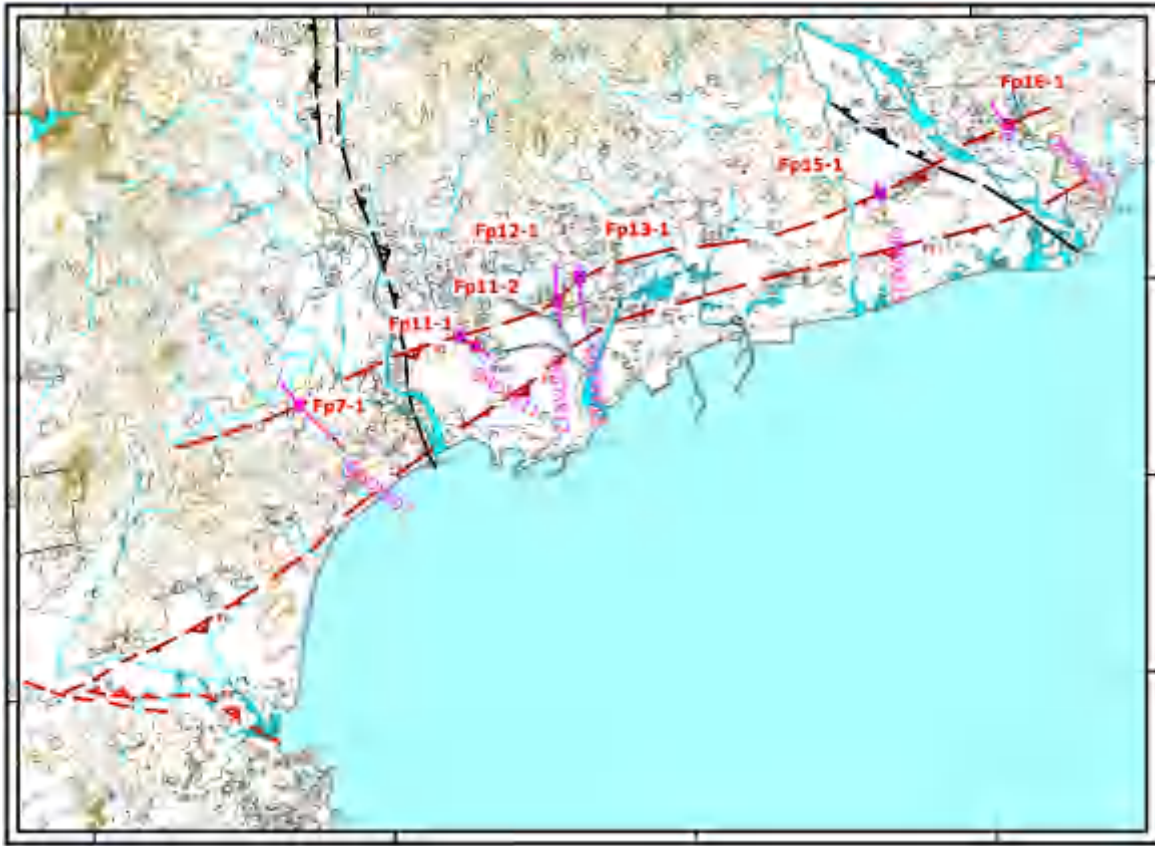


图 2.2.7 F2 断裂测线位置及断点分布图（黑框为目标区边界）
（中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所，2008）

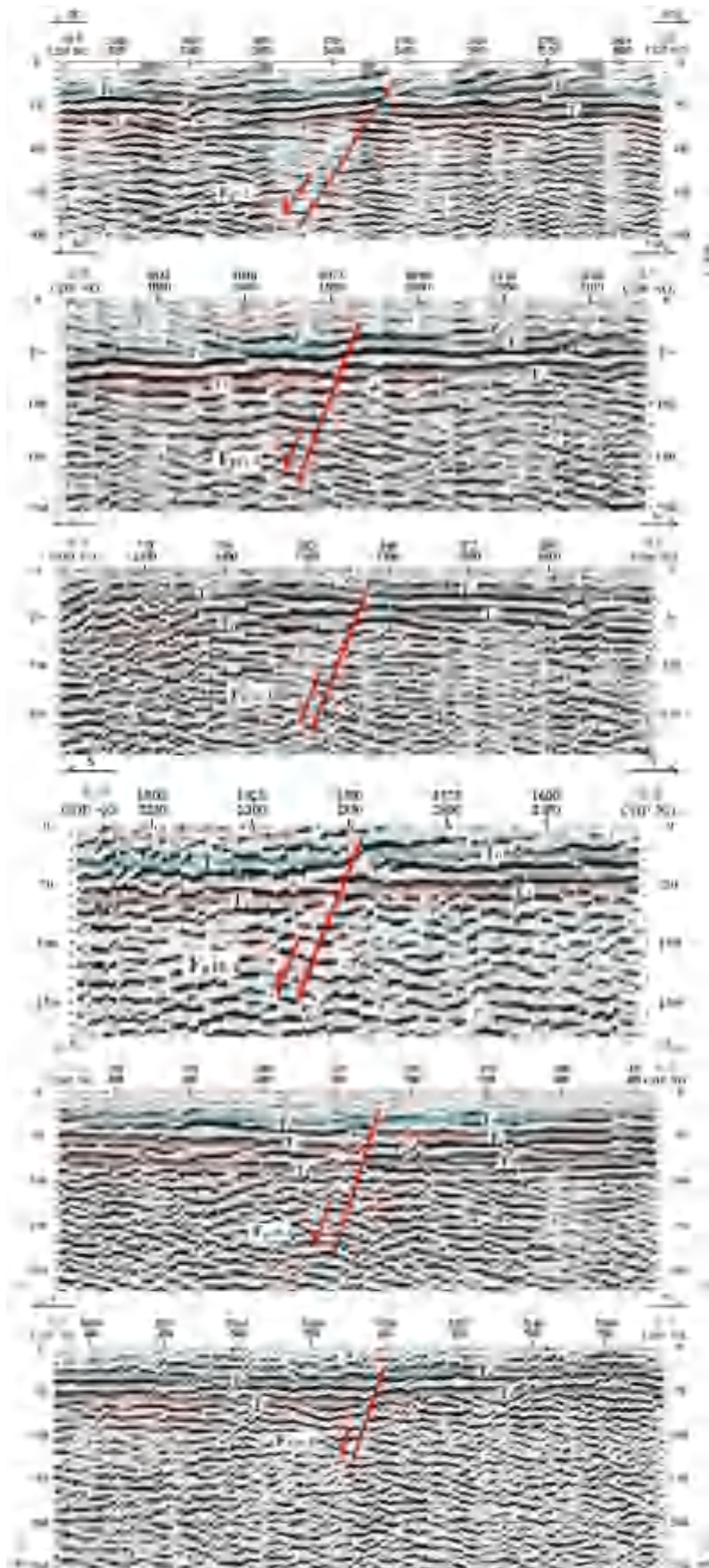


图 2.2.8 浅勘剖面上的东营—东吕洼断裂 (F2)
 (中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 2008)

该断裂为与 F_1 断裂平行的 NE 向断裂, 为了有效控制该条断裂的位置和活动性, 自 SW-NE 方向实施了 2 个跨断层钻孔场地施工: 公富庄场地 (Qz6) 和黄土坎场地 (Qz4) (图 2.2.9)。

通过对这两个场地的对比分析表明 (图 2.2.10): 公富庄场地第四系覆盖层薄, 花岗岩风化壳顶部的 Q_p^2 残坡积层 ESR 样品年龄分别为 $435\pm 43\text{ka}$ 、 $527\pm 52\text{ka}$, 无明显断错迹象, 而花岗岩强风化与中风化的反射界面断错了 8.1m; 黄土坎场地第四系覆盖层 7-8m, 在 Q_p^2 残坡积层底界存在 1.0m 落差。基于上述勘探成果, 初步认为该断裂为中更新世之前或早第四纪有活动的断层。



图 2.2.9 控制 F_2 断裂钻孔场地分布图
(中国地质大学 (北京), 2013)

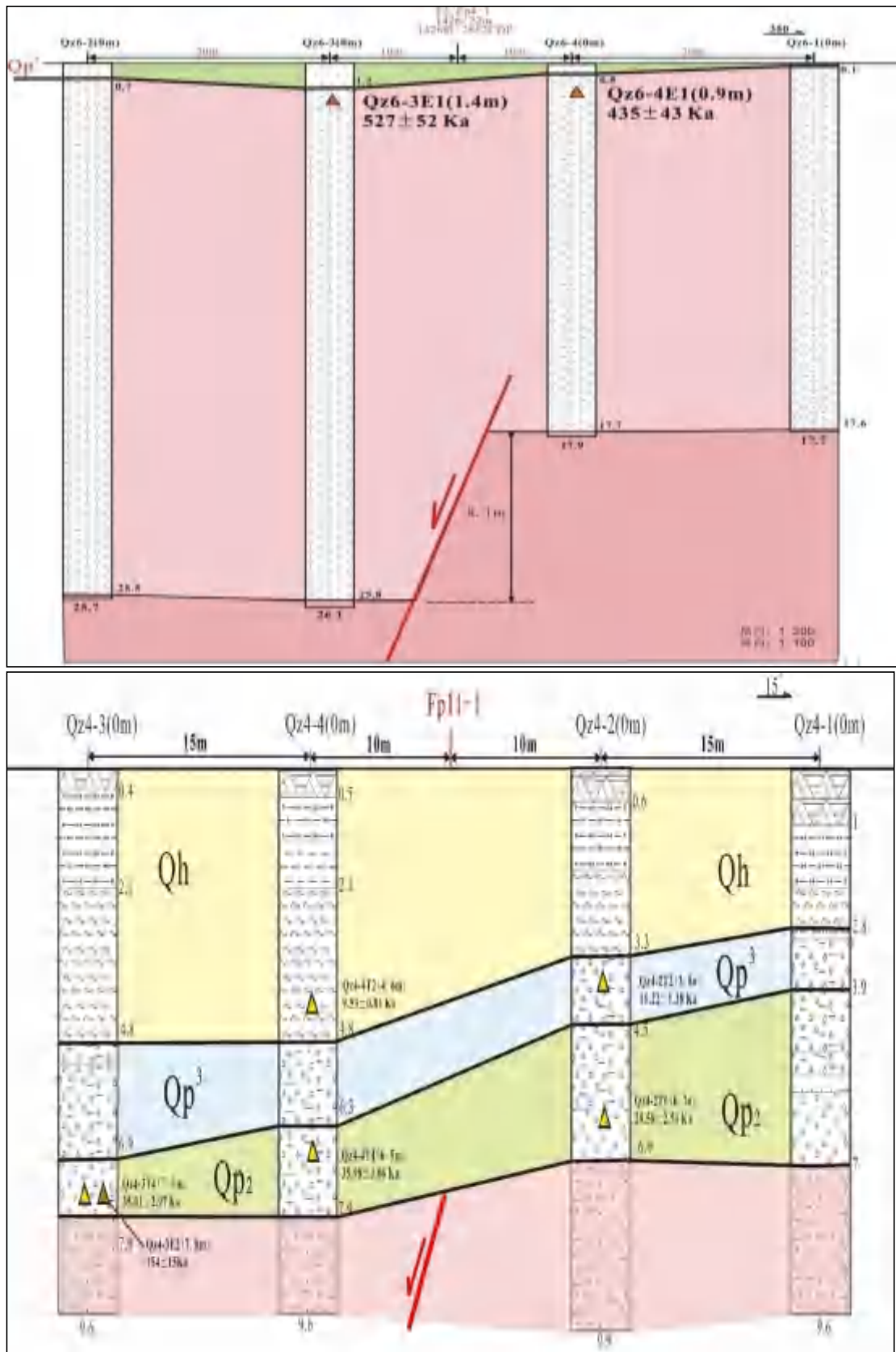


图 2.2.10 控制 F2 断裂钻孔场地剖面图

(中国地质大学(北京), 2013)

综合上述资料，该断裂的活动时代为早更新世。

(3) 石河断裂 (F3)

该断裂沿石河河谷展布，走向北西，倾向不清，推测为兼走滑性质的正断层，地貌上为河谷谷地，在石河上游的基岩中，可见侏罗系中发育断层破碎带，断层近直立，在山海关附近为隐伏断裂，推测表明第四系以来该断裂可能活动。

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所进行了浅层人工地震勘探工作，完成了 SHG-01 和 SHG-02 等 2 条剖面，在这 2 条地震剖面上，共探测到了与该断层有关的断点 2 个，如图 2.2.11、图 2.2.12 所示。地震剖面上探测到的 F3 断层均倾向 NE，为正断层，花岗岩强风化壳底部有断错现象。

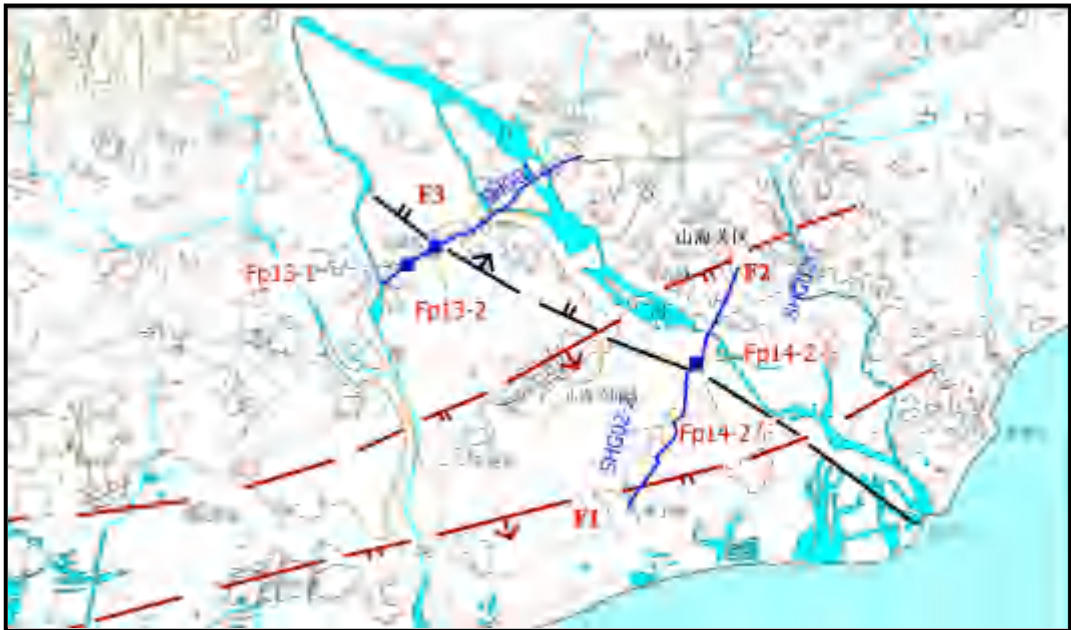


图 2.2.11 F3 断裂测线位置及断点分布图

(中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 2008)

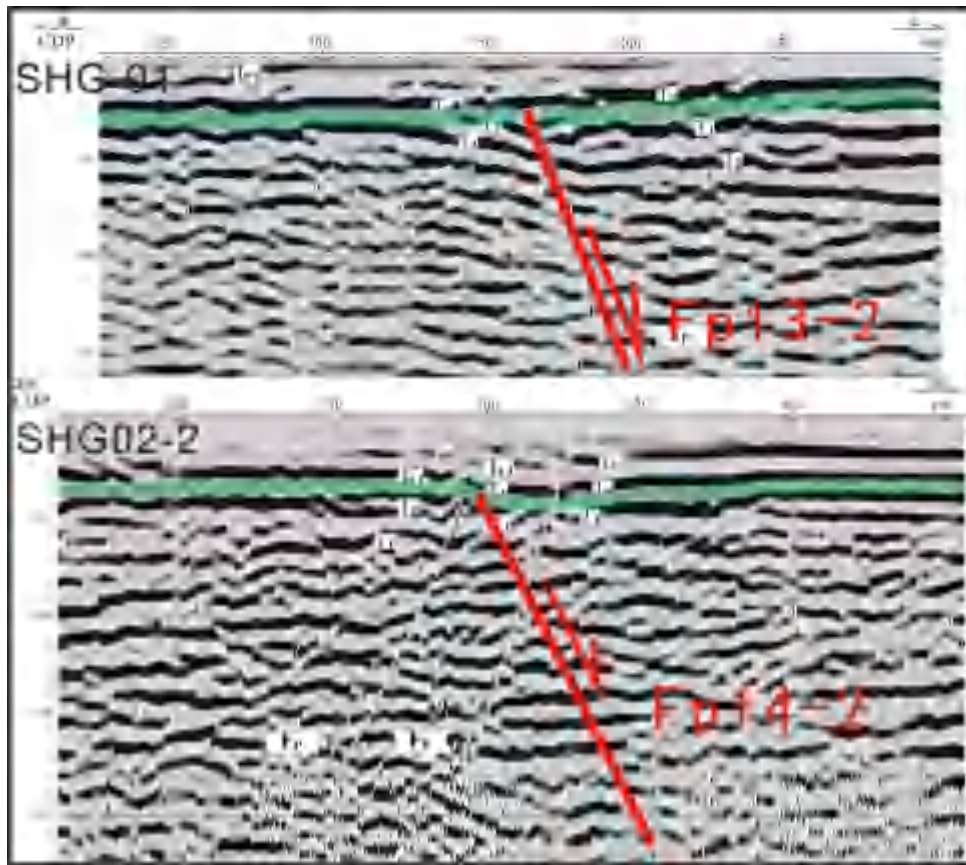


图 2.2.12 浅勘剖面上的石河断裂 (F3)

(中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 2008)

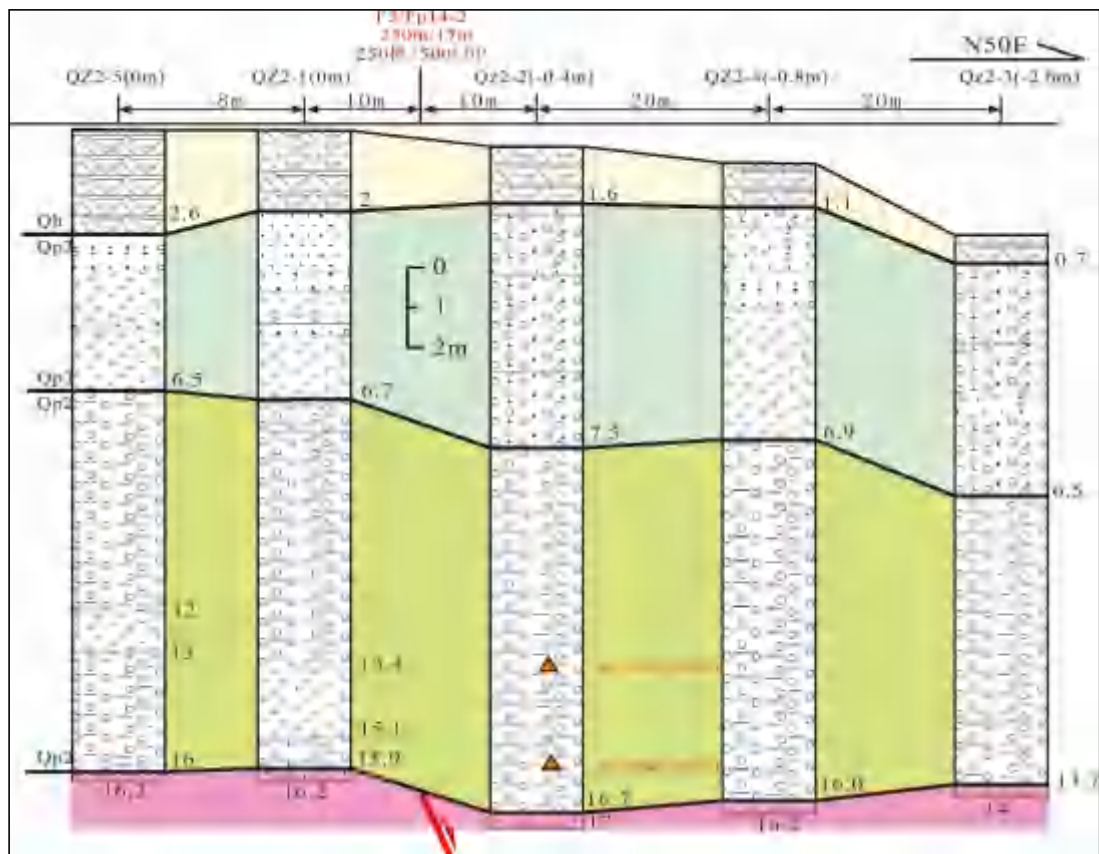
该断裂控制石河谷底的 NW 向断裂, 为了有效控制该条断裂的位置和活性, 自 SE-NW 方向实施了 2 个跨断层钻孔场地施工: 团练部落场地 (Qz2) 和孟家店场地 (Qz5) (图 2.2.13)。

通过对这两个场地的对比分析表明 (图 2.2.14): 团练部落场地钻孔根据岩性特征可以划分为两大套: 上部为上更新统砂砾, 下部为中更新统泥砾, 在其底界 20m 范围内存在 1.2m 落差; 孟家店场地钻遇的第四系厚度小, 在第四系地层中不存在错断, 为了进一步验证浅层人工地震剖面中断裂的位置, Qz5-4 孔向下继续钻探, 直至花岗岩强风化壳约 24.1m, 在 15-18m 间钻至后期沿断裂带侵入的伟晶岩脉体, 进一步证实了该断裂的存在, 结合野外露头观察, 沿断裂带后期酸性岩脉侵入是该区的一种常见地质构造现象, 为前第四纪基岩断层。



图 2.2.13 控制 F3 断裂钻孔场地分布图

(中国地质大学(北京), 2013)



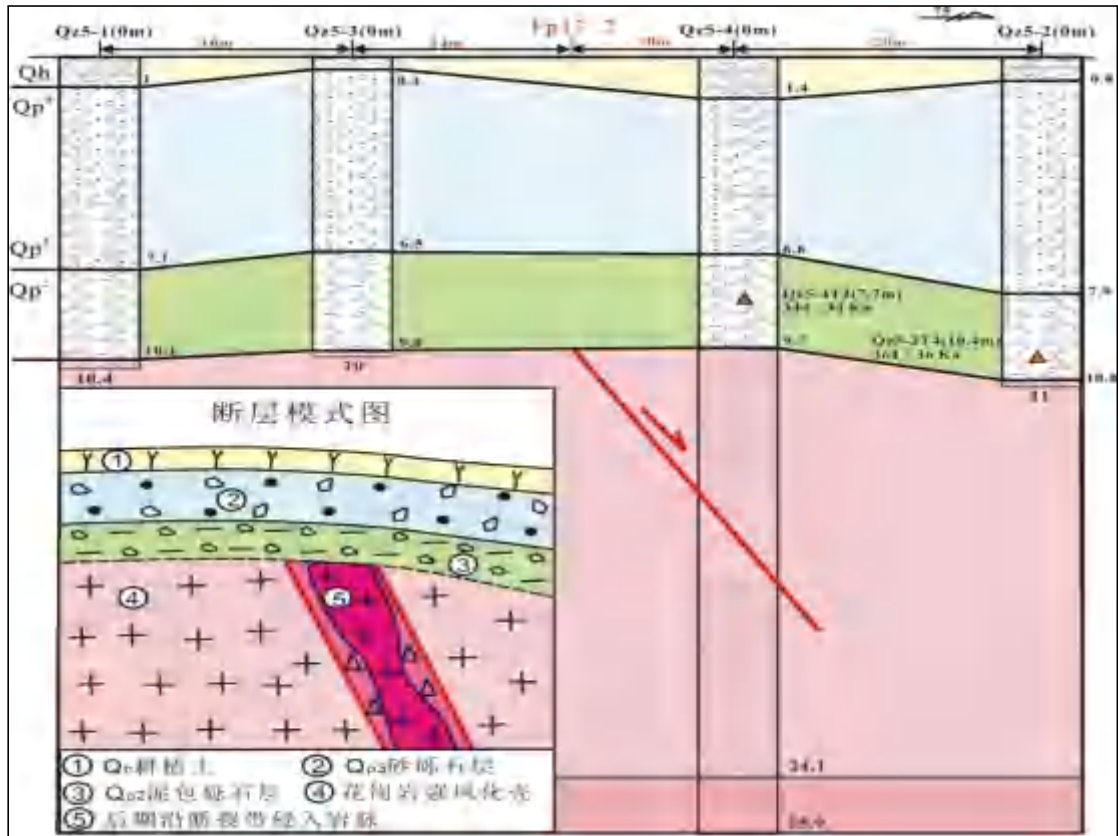


图 2.2.14 控制 F3 断裂钻孔场地剖面图

(中国地质大学(北京), 2013)

综合上述资料, 该断裂为前第四纪断裂。

(4) 汤河断裂 (F4)

该断裂沿汤河展布, 走向北西, 倾向不清, 推测为兼走滑性质的正断层, 地貌上为河谷谷地, 在开发区的部分浅层地震探测也发现断点, 在开发区附近为隐伏断裂, 推测表明第四系以来该断裂可能活动。

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所进行了浅层人工地震勘探工作, 完成了 QHD-03、QHD-04、QHDXK08、QHDXK10 和 QHDXK09 等 5 条地震剖面 (图 2.2.15)。

根据本次浅层地震探测结果看出 (图 2.2.16), 汤河断裂倾向 E, 为正断层。在 QHD-03 海阳镇地震剖面上, 在解释的该断层位置, 解释的地震波组呈现下凹趋势, 在 QHD-04 和平路地震剖面上, 反射波组的强相位发生变化, 且出现扭曲和不连续。在 QHDXK10 和 QHDXK09 地震剖面上, 在解释的断层上升盘, 由于第四系厚度较薄或缺失, 没有探测到第四系底界面反射波。推断为沿石河河谷展布的 NW 向断裂, 由于受施工条件限制, 仅实施了 1 个跨断层钻孔场地施工: 河滨路场地 (Qz8) (图 2.2.17, 图 2.2.18)。

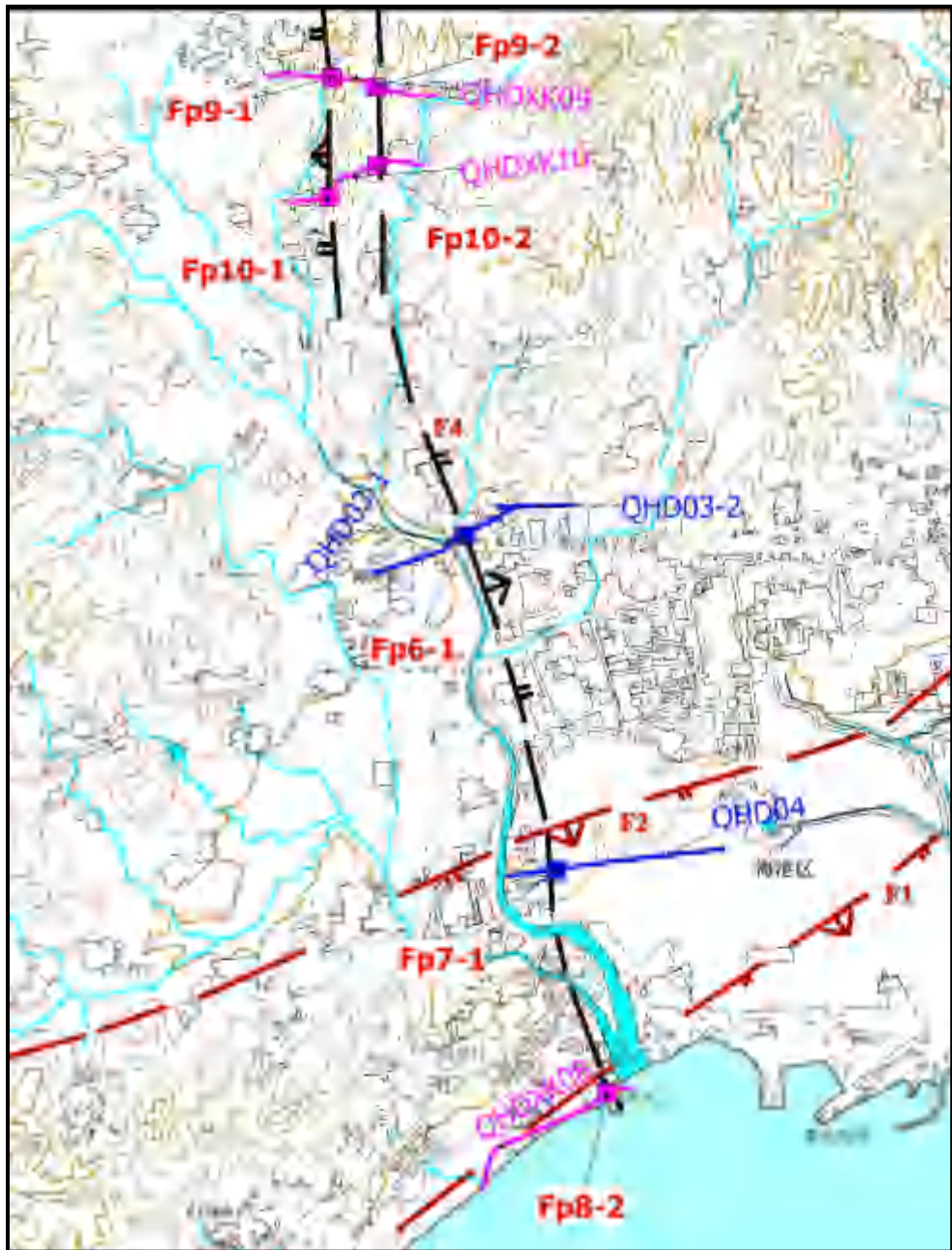


图 2.2.15 F4 断裂测线位置及断点分布图
 (中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 2008)

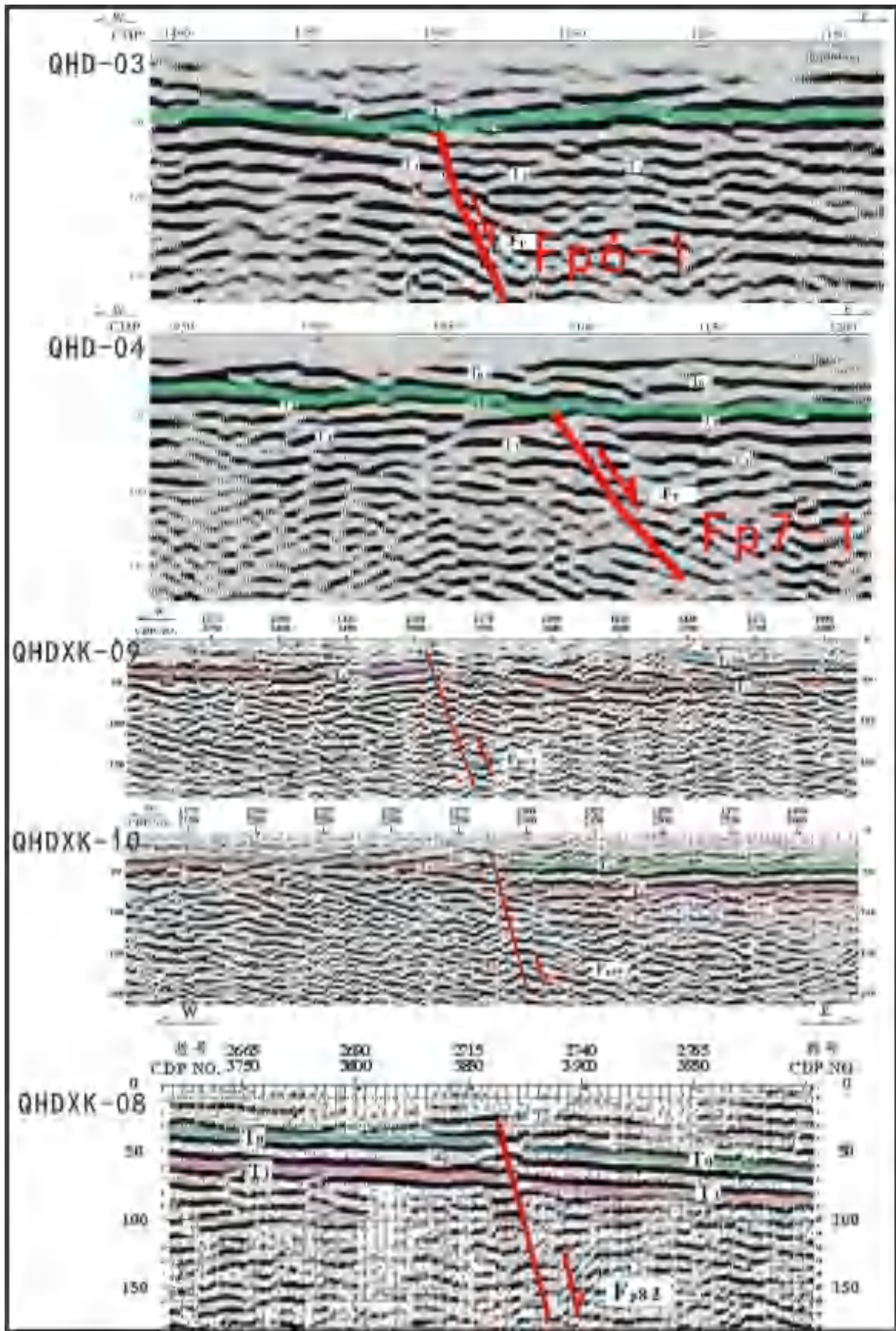


图 2.2.16 浅勘地震剖面上的汤河断裂 (F4)
 (中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 2008)

河滨路场地位于海港区汤河入海口西秦皇岛游船码头一带、河滨路两侧，第四系覆盖层厚度 14-16m，晚更新世地层底界平整，无明显断错；为进一步验证浅层人工地震勘探所揭示的波组及断层特征，特布设一钻孔钻至 30m，仍为太古代变质花岗岩风化壳，其断裂模式类似于石河断裂（F₃）孟家店场地所揭示的特征，为基岩断层模式，初步认为该断裂为隐伏前第四纪基岩断裂。



图 2.2.17 控制 F4 断裂钻孔场地分布图
(中国地质大学(北京), 2013)

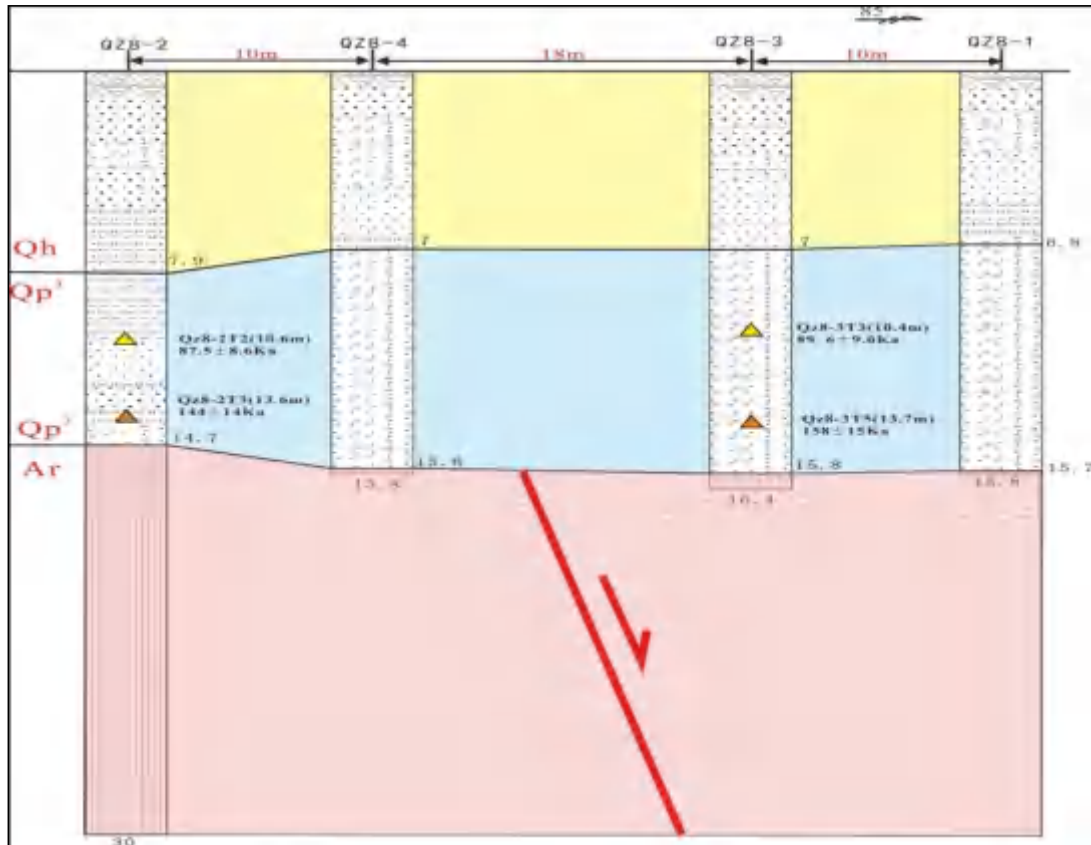


图 2.2.18 控制 F4 断裂钻孔场地剖面图

(中国地质大学(北京), 2013)

综合上述资料, 该断裂为前第四纪断裂

(5) 鸽子窝断裂 (F5)

该断裂走向 NW300°, 倾向 NE, 倾角 80°, 为秦皇岛一大连断裂的陆上部分, 向西与建昌营断裂相连, 地貌上表现为河谷谷地, 构成第四系断陷盆地, 向东在鸽子窝东侧海域通过, 其西侧为北戴河北西向隆起带, 东侧为近海平原, 线形地貌清晰, 总体为隐伏断裂, 在鸽子窝附近的基岩中, 有分支断裂发育, 可见典型的断裂三角面, 具有走滑和挤压等多期活动。

1988 年 6 月 22 日 2.2、2.4 级微震, 北戴河区震感明显, 微震呈北西向展布, 另外在渤中及渤海海峡, 秦皇岛一大连断裂与郟庐断裂交汇处, 历史上多有中强地震发生, 表明该断裂现今活动是比较明显的。

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所进行了浅层人工地震勘探工作, 完成了 QHDXK01、QHDXK02、QHDXK03 和 QHDXK04 等 4 条地震剖面(图 2.2.19)。根据本次浅层地震探测结果看出, 鸽子窝断裂呈 Y 字形分布, 整体倾向 N, 为正断层, 在 BDH02 地震剖面上, 还可看到明显的断裂破碎带。由于人工地震方法的前提是依据地下地层界面的波阻抗差, 因此人工地震方法划分的地层应为物理上的分层, 解释的断点也应为物理断点。

该区为编图区内第四系厚度最大的区域，通过地震剖面时-深转换和钻孔标定， T_0 - T_1 强反射波组，在各剖面上具有可对比性，为太古代变质花岗岩长期风华剥蚀形成的强风化壳，厚度 5-20m， F_5 在多条地震剖面中不仅断错该波组，还向上断错第四系底界松散堆积层的反射波组，在剖面上表现为活动性最强的断层（图 2.2.20）。

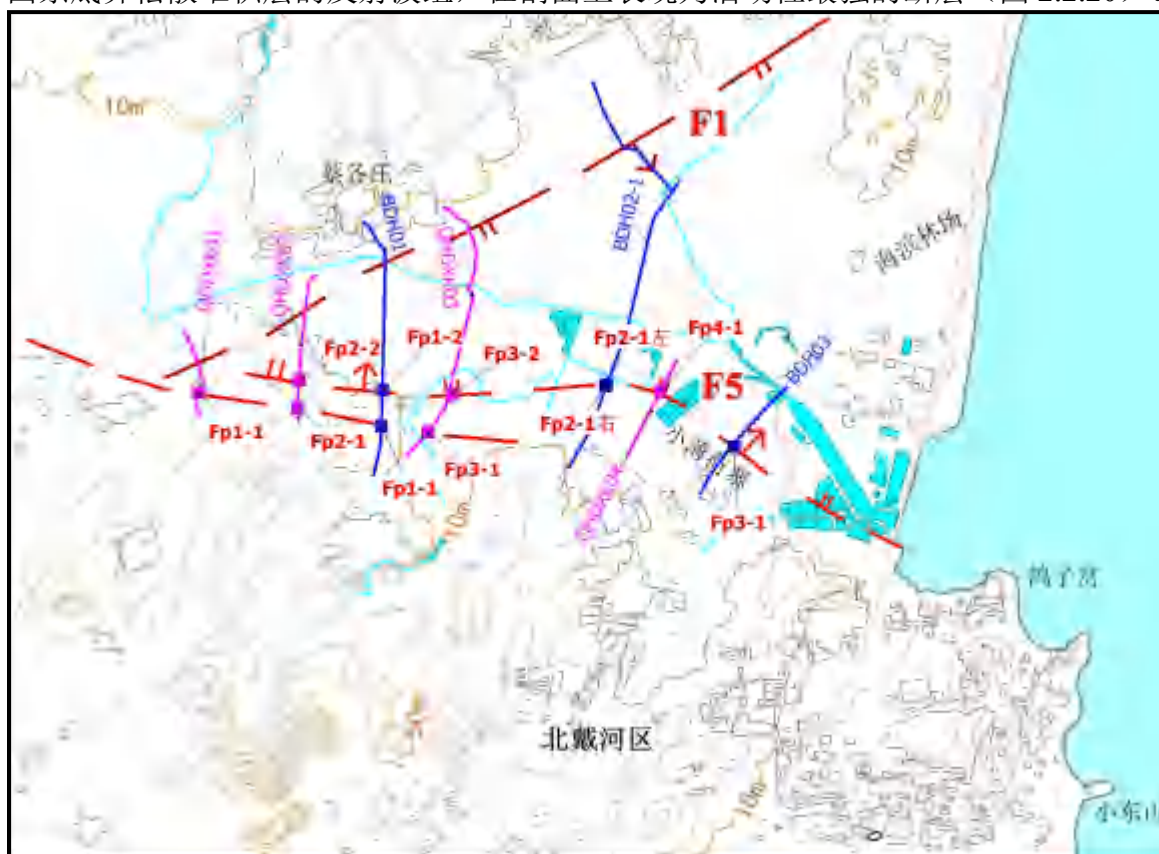


图 2.2.19 F_5 断裂测线位置及断点分布图

（中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所，2008）

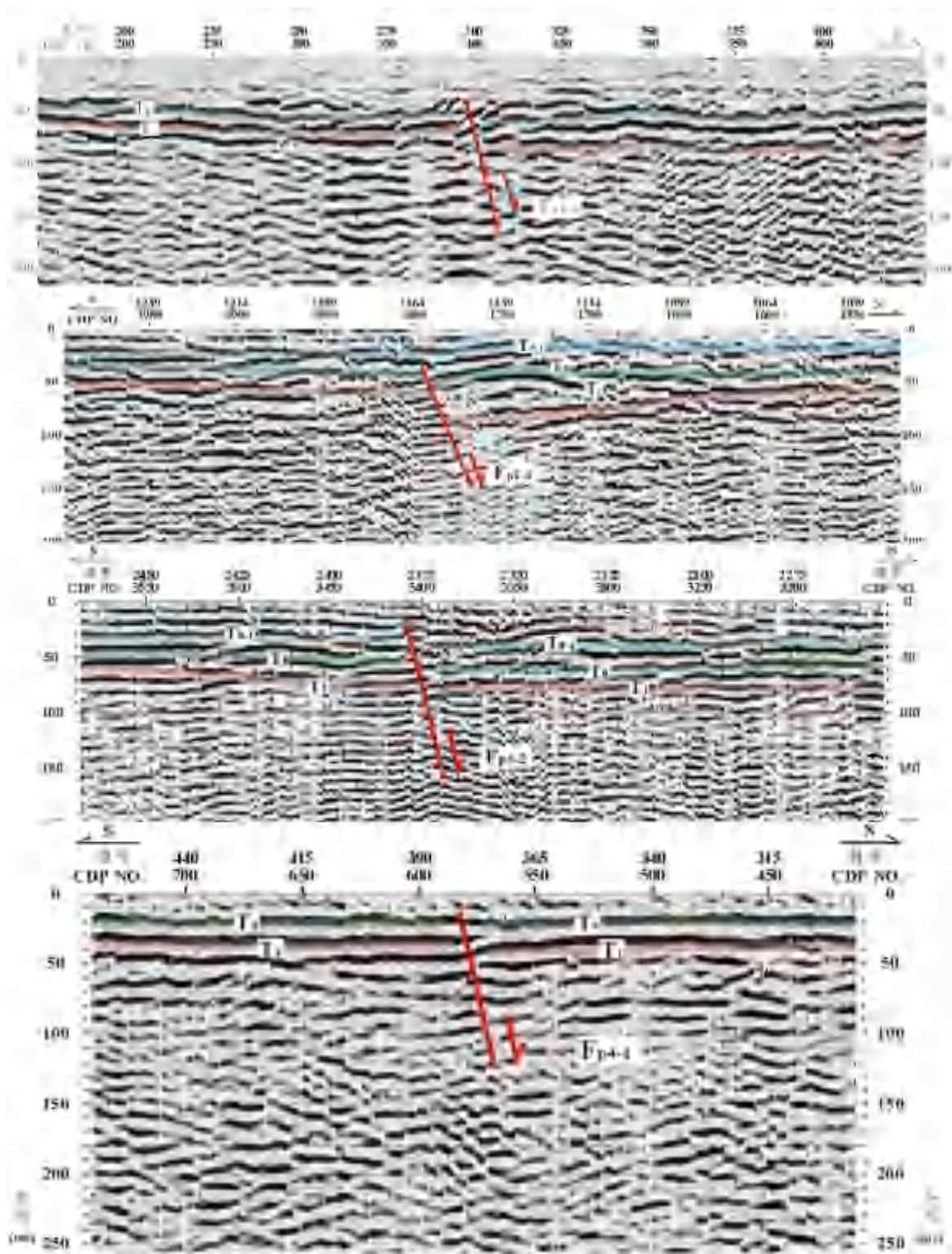


图 2.2.20 浅勘地震剖面上的鸽子窝断裂 (F5)
 (中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 2008)

该断裂是一条控制北戴河-海港区三角型凹陷南部边界的 NW 断裂, 为了有效控制该条断裂的位置和活动性, 自 SE-NW 方向实施了 2 个跨断层钻孔场地施工: 沙窝垂钓园场地 (Qz1) 和小薄荷寨场地 (Qz9) (图 2.2.21, 图 2.2.22)。

沙窝垂钓园场地和小薄荷寨场地位于北戴河-海港区的三角型沉积洼陷南部边界

一带，第四系覆盖层为目标区内最厚，通过对这两个场地的对比分析表明：沙窝垂钓园场地中更新统地层埋深在 21-26m，中更新统下部层位存在明显断层，其底界面断距为 2.3m 和 1.4m，在断层组合上形成一小型地堑，与浅层人工地震勘探剖面解释一致；小薄荷寨场地中更新统厚度达 11m，其底界面断距为 2.3m，与沙窝垂钓园场地一致。基于上述勘探成果，初步认为该断裂为中更新世有活动的断层。

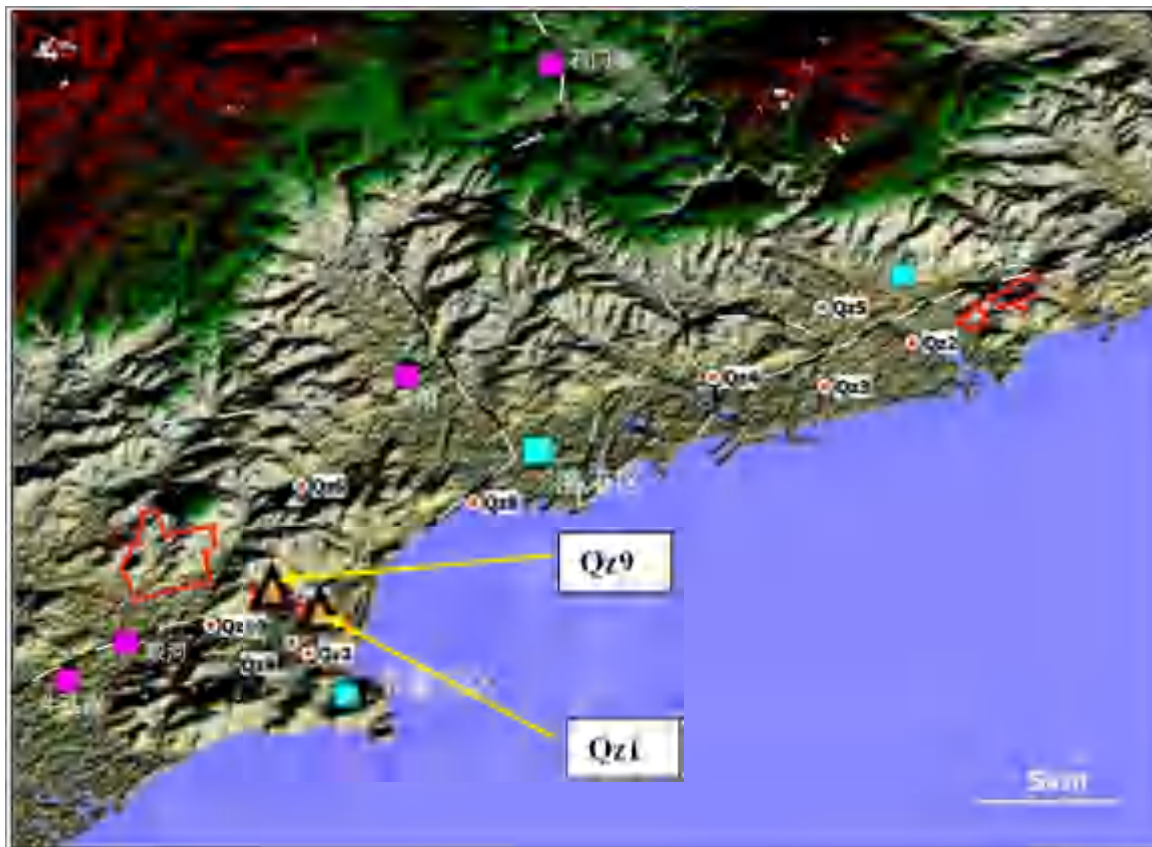
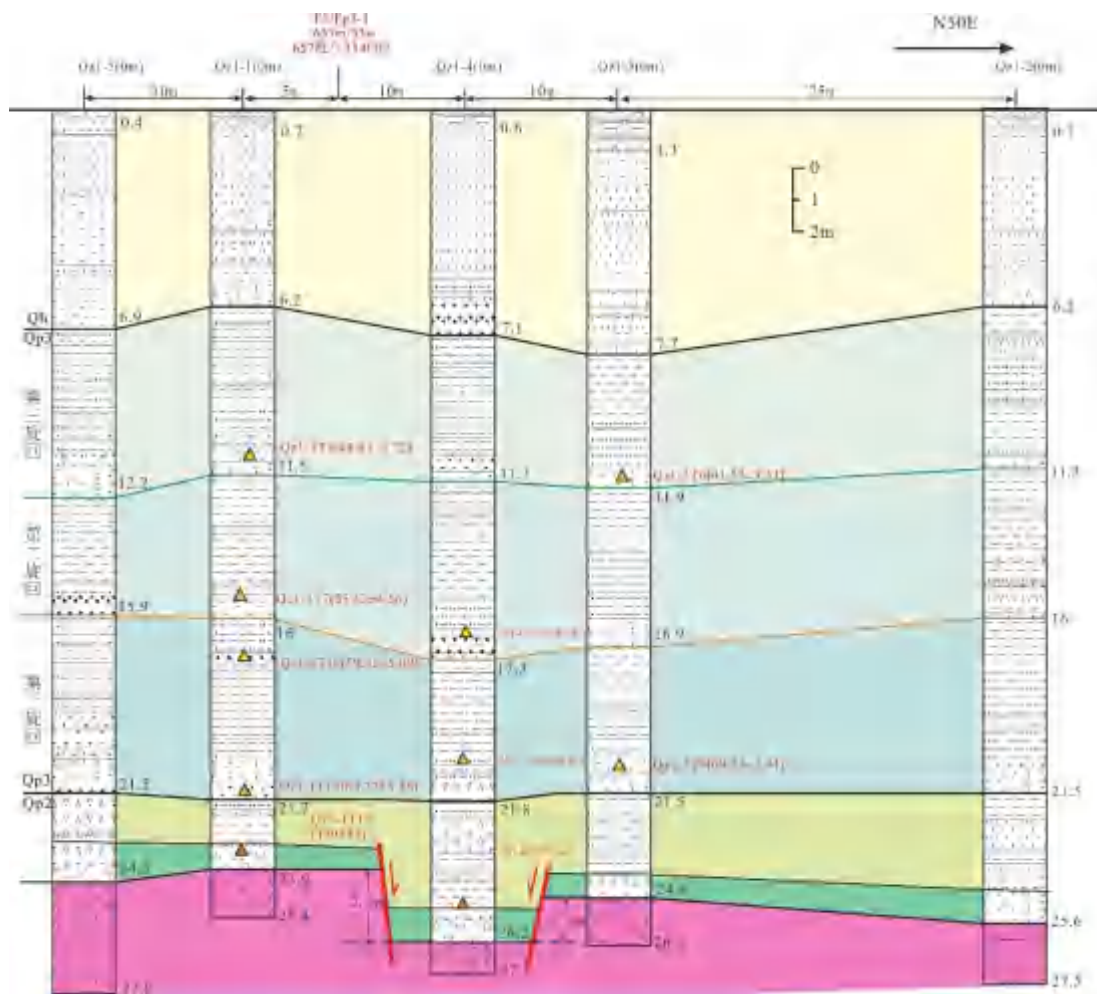


图 2.2.21 控制 F5 断裂钻孔场地分布图
(中国地质大学(北京), 2013)



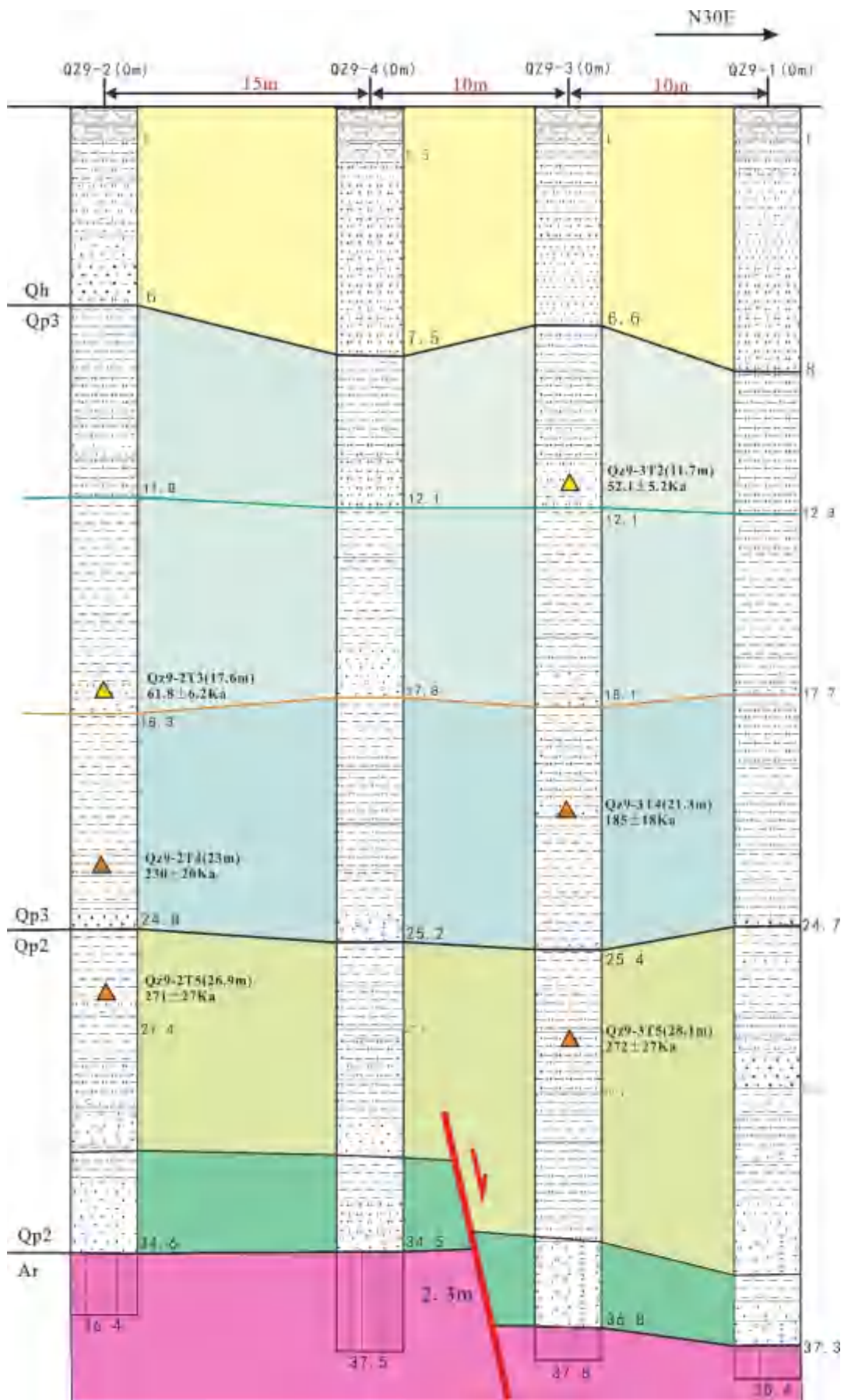


图 2.2.22 控制 F5 断裂钻孔场地剖面图

(中国地质大学(北京), 2013)

(6) 宁河—昌黎断裂(F6)

宁河—昌黎断裂为燕山隆起、山海关隆起与黄骅拗陷的分界断裂，长期控制着西北侧隆升东南侧下沉的差异运动，走向 NE50°—70°，倾向 SE，倾角 35°~50°，为上陡下缓的铲形正断层。西南起自宁河，向东北经滦南至昌黎，由图 2.2.23 可以看出，宁河—昌黎断裂没有继续向北东方向延入秦皇岛市，重力梯级带代表的断裂带过昌黎 4km 后转向东入海。断裂产生于震旦纪，中生代有强烈活动，其东南盘下降，堆积了很厚的中生代砾岩系；西北盘上升，缺失中生代地层。新生代活动强烈，东南盘第三纪强烈下沉，形成厚达 4000m 左右的堆积盆地；西北盘上升，缺失第三系沉积。

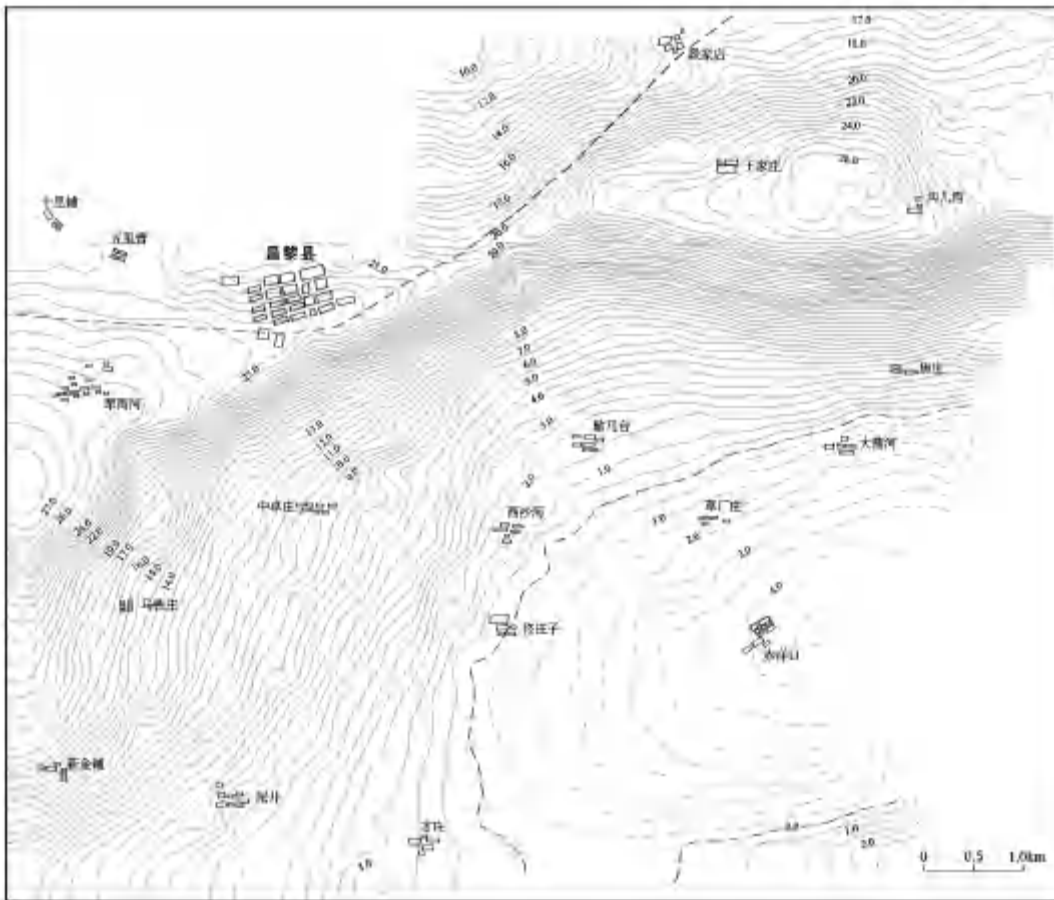


图 2.2.23 秦皇岛布格重力异常图

昌黎西南地段。根据钻孔资料，第四纪时期断裂东盘降、西盘升，落差达 400 多米，如图 2.2.24 所示，位于上升盘的昌 1 孔，孔深 162.63m，穿过第四系见太古界，缺失第三系；而位于下降盘的昌 2 孔终孔深 453.93m，第四系底界深 426.6m，其下为第三系。第四系底界落差约 260m。

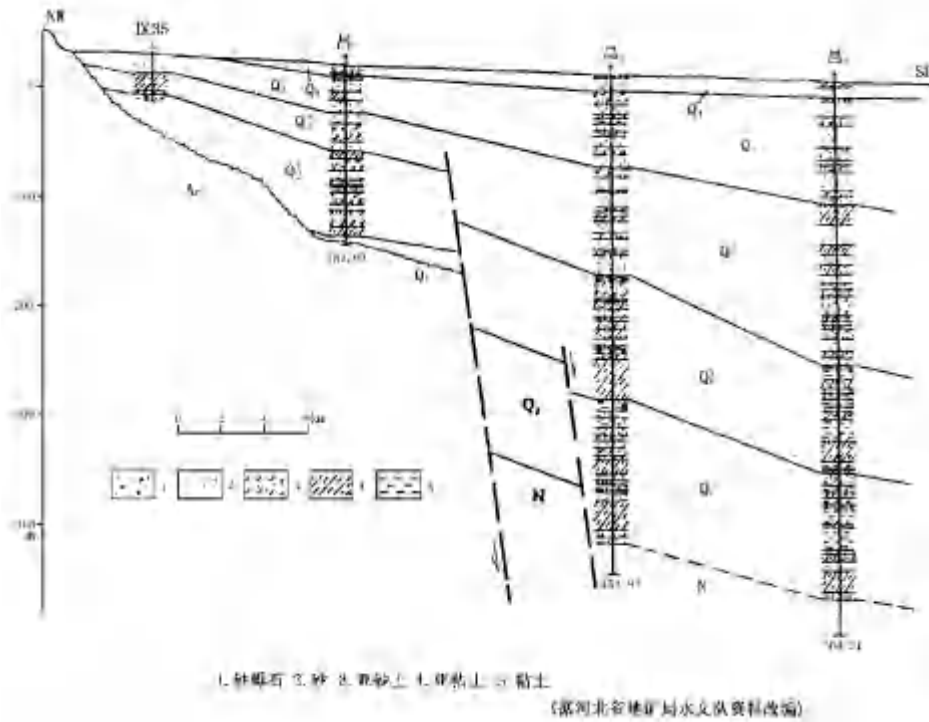


图 2.2.24 王庄子—刘台庄水文地质剖面

根据中国地震局地壳应力研究所在滦南附近进行的浅层人工地震勘探资料（图 2.2.25），该断裂未切错中更新统上界。在昌黎县城北部出露的燕山期花岗岩上发育有两级海蚀平台，海拔高度为 40m、80m，均位于宁河—昌黎断裂西北盘，而断裂东南盘同时期花岗岩却深埋于第四系之下，其深度可达 200—300m。

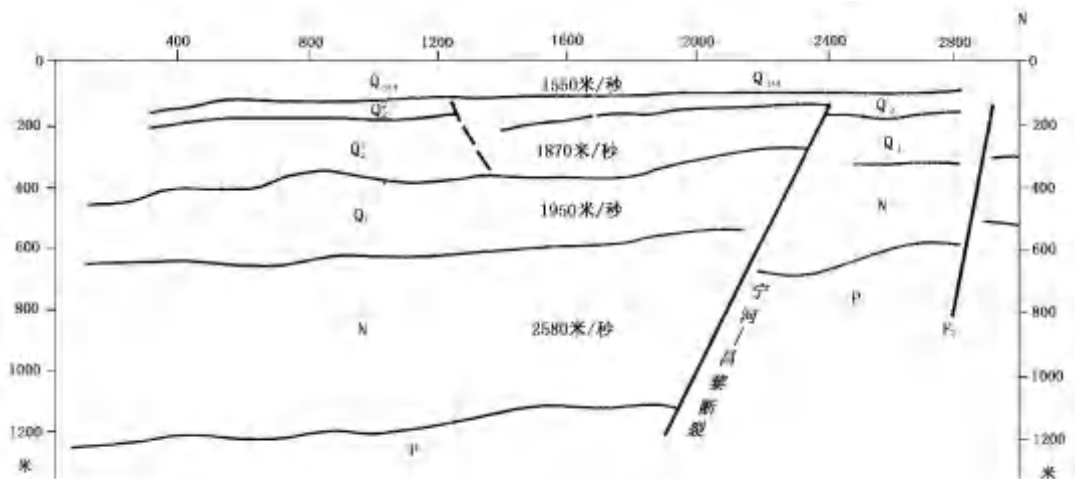


图 2.2.25 滦南附近跨宁河—昌黎断裂人工地震剖面

唐山、丰南段人工地震测深剖面（图 2.2.26）穿过宁河—昌黎断裂（图中右起第 1 条断裂）。在司各庄附近下方测得一条地壳基底深断裂，对应于铲状的宁河—昌黎断裂。深断裂东侧莫霍界面上升，两侧下降，可能是一条高角度正断层。此外，张家口—秦皇岛天然地震转换波剖面也穿过宁河—昌黎断裂，在昌黎、秦皇岛之间下方存在近于直立的深断裂，它切错了 G、C、M 界面（国家地震局《深部物探成果》编写组，1986）。

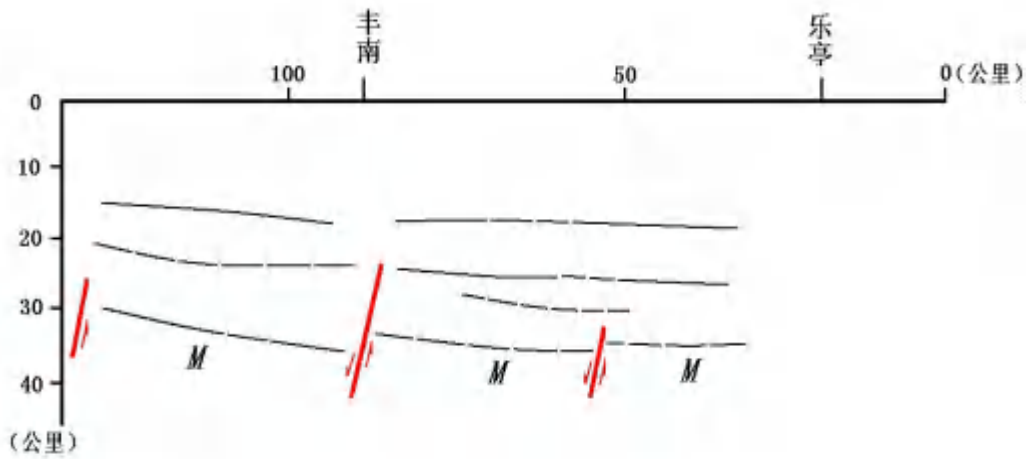


图 2.2.26 唐山、丰南段人工地震测深剖面图(据中国地震局地质研究所)

2007年河北省工程地震勘察研究院在施各庄北布设了一浅层地震勘探线(编号LCDZ—1,图2.2.27),剖面长876m,在CDP271~301之间,反射时间100ms以下的反射波同相轴的数目突然减少,波组间隔突然变化,显示断层的存在,断层均向南倾,为正断层,断层上断点双程旅行时间85ms(深61m)。根据测线附近钻孔资料,全新统(Q4)和上更新统(Q3)地层埋深45m左右、中更新统(Q2)地层埋深140~150m左右,参考反射层的地震波速度,T1反射层对应于全新统和晚更新统(Q3+4)地层的底界,T1反射层对应于中更新统(Q2)地层的底界由浅层地震勘探剖面可见,宁河—昌黎断层,倾向南东,断层上断点埋深61m,断层错断中更新统(Q2)底界的反射面,未错动上更新统(Q3)底界的反射面(图2.2.28),断层最新活动时代为中更新世,不是晚更新世活动断裂。

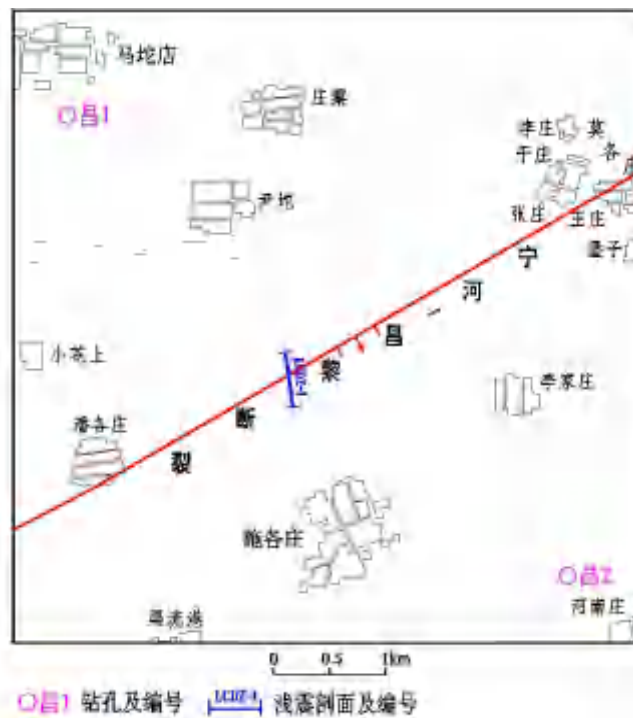


图 2.2.27 宁河—昌黎断裂物探剖面位置图

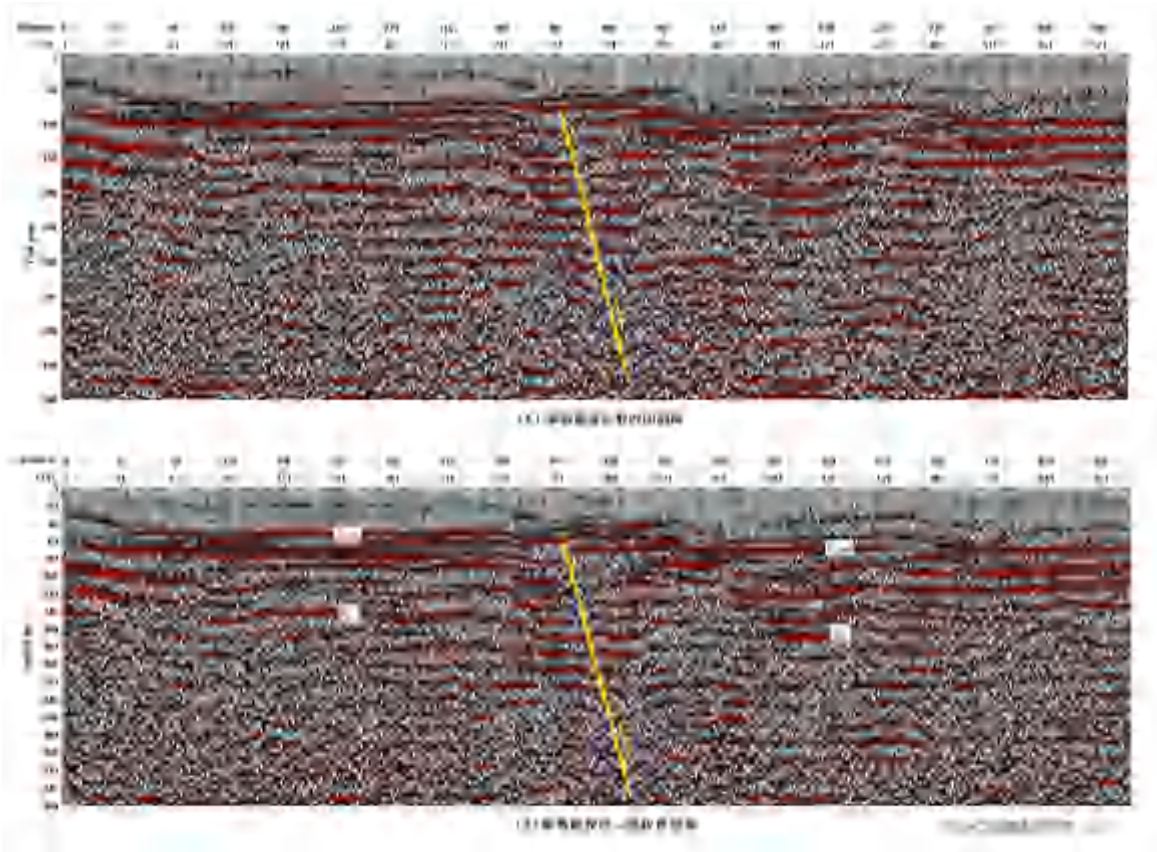


图 2.2.28 地震勘探反射时间及时深转换剖面

(河北省工程地震勘察研究院, 2007)

历史上仅在区外昌黎一带发生过 1567 年的 $4\frac{3}{4}$ 级和 1805 年的 $5\frac{1}{2}$ 级地震。现今小震也无沿断裂密集成带的趋势, 说明该断裂现今活动不明显。

综上所述, 宁河—昌黎断裂在近场区范围内未见明显的差异性活动, 是一条早、中更新世活动断裂。

(7) 建昌营断裂(F7)

建昌营断裂西起喜峰口, 向东经建昌营、燕河营、麻姑营, 继续向东经榆关、蔡各庄、赤土山入海, 走向 $NW315\sim 300^\circ$, 倾向南北不定, 倾角 $50\sim 65^\circ$, 长 110km。航磁表现为平稳的负异常窄长条带, 地貌上断裂的反映明显, 是现代山区和丘陵、平原的分界。断裂西北段, 在地表有十几条断层出露, 北盘是震旦亚界和寒武系, 南盘是前震旦系。在建昌营大庄附近见到前震旦系逆冲于寒武系之上。破碎带、断层角砾岩和糜棱岩相当普遍, 一般宽 $20\sim 30m$, 最宽可达百米。断层两侧还伴有岩层直立、倒转及褶皱等现象。断裂东南段, 控制中生代早侏罗世的抚宁盆地以及中、晚侏罗世的建昌营盆地和燕河营盆地的发育。

西安地质学院刘国昌等(1989)在卢龙秀格庄西南、抚宁麻姑营、东新寨和赤土山进行了建昌营断裂的氦气观测, 氦气的高异常显示断裂的存在和活动性。在麻姑营破碎带上采集样品做热释光测试, 结果表明断裂最后一次活动时距今 $6.09\pm 0.39\sim 5.16\pm 0.32$ 万年, 为晚更新世中期, 断层泥石英碎砾 SEM 扫描显示断裂在晚更新世中晚期有明显活动。在鸽子窝可见到十分典型的断层三角面。该断裂与

宁河昌黎断裂交叉并构成三角形断陷盆地，形成区内厚度最大 (>50m) 的第四系沉积物。

据中国地震应急搜救中心 (2012) 在沙窝垂钓园跨鸽子窝断裂 (建昌营断裂分支断裂) 进行钻孔剖面探测 (图 2.2.29)，沙窝垂钓园第四系覆盖层中更新统地层埋深在 21~26m，中更新统下部层位存在明显断层，其底界面断距为 2.3m 和 1.4m，在断层组合上形成一小型地堑。



图 2.2.29 鸽子窝断裂 (建昌营断裂分支断裂) 跨断层钻孔探测综合解释图 (沙窝)
(中国地震应急搜救中心, 2012)

中国地震应急搜救中心 (2009) 对该断裂进行了野外考察，在该断裂北段四道沟村西北约 2km 处有一采石场，揭露出断裂 (图 2.2.30)，在中生代厚层灰岩中，存在一走向为 NWW 向与地表断层洼地一致的大型断裂带，断层倾向西，断面光滑呈波状，断层擦痕显示断层以正地层为主，并有少量的左旋走滑性质。在该出露剖面西南桃林口一带，断裂线性特征依然清晰可见，构成东侧基岩山地与西侧第四纪以来台地地面之间的界线；垂直断裂带有一采石场同样揭露出该断裂带，断裂带宽约 20m，断裂带中灰岩十分破碎并存在明显的铁质侵染，其上被晚更新世早期坡积物覆盖，无明显错断迹象，晚更新世以来的冲积和坡积层表面平整，无活动的微地貌证据，表明晚更新世以来无活动。综合分析，该断裂为早、中更新世断裂。



图 2.2.30 建昌营断裂基岩露头剖面
(中国地震应急搜救中心, 2009)

2.3 综合评价

2.3.1 近场区地震活动综合评价

1970 年以来河北省地震局在河北地区建立了许多地震观测台站, 结合北京市地震局、天津市地震局和相邻省份的地震观测台站, 控制了河北地区 $M \geq 1.5$ 级的地震。进一步证实资料的可靠性和完整性。

近场区历史上发生过 3 次破坏性地震, 最大地震为 1805 年 8 月 5 日河北昌黎 $5\frac{1}{2}$ 级地震。1970 年有台网记录以来至 2021 年 7 月, 近场区共记录到 $M 1.5 \sim 1.9$ 级地震 123 次, $M 2.0 \sim 2.9$ 级地震 91 次, $M 3.0 \sim 3.9$ 级地震 11 次, $M 4.0 \sim 4.9$ 级地震 7 次, 最大地震为 1976 年 7 月 29 日河北省秦皇岛市昌黎县 4.6 级地震, 没有记录到 $M \geq 5.0$ 级地震。近场区现今地震活动主要集中在西部, 南部渤海海域也有地震离散分布。

2.3.2 近场区地震构造综合评价

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) 近场区位于太行山燕山隆起区和华北平原拗陷区的交界部位。新构造运动时期, 燕山隆起与山前平原的差异运动强烈。一方面太行山隆起区不断上升, 另一方面山前平原不断差异沉降。晚第三纪以来形成由多凹多凸盆—岭构造转为全区整体下沉, 尽管如此, 多数凸起、凹陷仍有一定的继承性活动, 多数凹陷的上第三系和第四系总厚度仍大于相邻的凸起。这与渤海湾盆地其它地区的新构造发育史是一致的。

(2) 第四纪时平原区基本处于沉降状态, 第四系沉积厚度由山前向渤海海岸地区逐渐加厚, 厚达 100~200m。

(3) 近场区内存在 7 条北东向和北西向的断裂，其中蔡各庄—山东堡断裂、香营—东吕洼断裂、鸽子窝断裂、宁河—昌黎断裂和建昌营断裂为早中更新世断裂。石河断裂和汤河断裂为前第四纪断裂，近场区内未发现晚更新世以来活动断裂。

(4) 近场区内未发现晚更新世以来活动断裂，历史上发生过 1805 年 $5\frac{1}{2}$ 级地震，近场区内发生地震的震级上限为 6 级。

第三章 目标区断层勘查和活动性鉴定

目标区是指场址所在地区，为了更好分析场址附近断裂展布与活动情况，将场址外延约 500m 范围作为研究区。研究区附近地区为第四系覆盖区，但是覆盖层厚度很浅，断层探查主要以地质雷达为主。本项目的目标区分为东西两块，根据现有资料，目标区东区附近无断裂经过；目标区西区附近有北西向的建昌营断裂经过。因此，目标区断层探查及活动性鉴定工作应在对目标区开展控制线调查与探测的基础上，重点查明建昌营断裂的展布、活动性及其与目标区的关系。

3.1 目标区地质构造背景

3.1.1 场地地貌特征

地质史上的多次地壳运动造成了秦皇岛境内复杂的地质构造，加之外应力的作用，逐步形成了境内形态多样的地貌类型。

秦皇岛市地貌总体特征为西北高、东南低，受北东向断裂的控制，燕山山脉由西向东逐渐地势降低，西北部海拔高度由几十米~几百米，秦皇岛市区海拔几米~几十米，其中北戴河和山海关相对较高，海港区较低，海滨总体平坦，以沙滩和泥滩为主，有部分岩滩，如山海关的老龙头，北戴河的鸽子窝一带。

3.1.2 地层

秦皇岛为典型的浅覆盖区，区内地层分布从上至下为第四系地层，秦皇岛市区范围内基岩以风化的燕山期花岗岩、混合花岗岩、变质沉积岩（石英砂岩等）、侏罗纪和白垩纪火山岩和侵入岩为主；第四系地层以早中更新世残积层、全新世坡洪积、冲洪积、泻湖淤泥、海相沉积和人工填土分布为主，沉积厚度较小，一般在 10-40m 之间，泻湖淤泥、海相沉积主要分布在滨海区域，以沙、淤泥等为主，包括北戴河、海港区和山海关及其之间的滨海区域；冲洪积主要沿几条穿越北戴河、海港区和山海关区域的北西向河流分布。

3.2 目标区断层调查与探测

3.2.1 工作任务

根据中震防函〔2019〕21 号《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》要求，结合近场区地震构造图可知，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断裂。故在东西两个目标区及邻近区布设了 25 条（东区 15 条，西区 10 条）总计长 30.9km 的地质雷达测线，用以探测东西目标区及邻近区是否存在隐伏断裂，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。

3.2.2 方法试验与选择

本次工作对面波法、地震映像法、地质雷达法进行了对比，获得的探测效果大不相同，试验剖面见图 3.2.1。

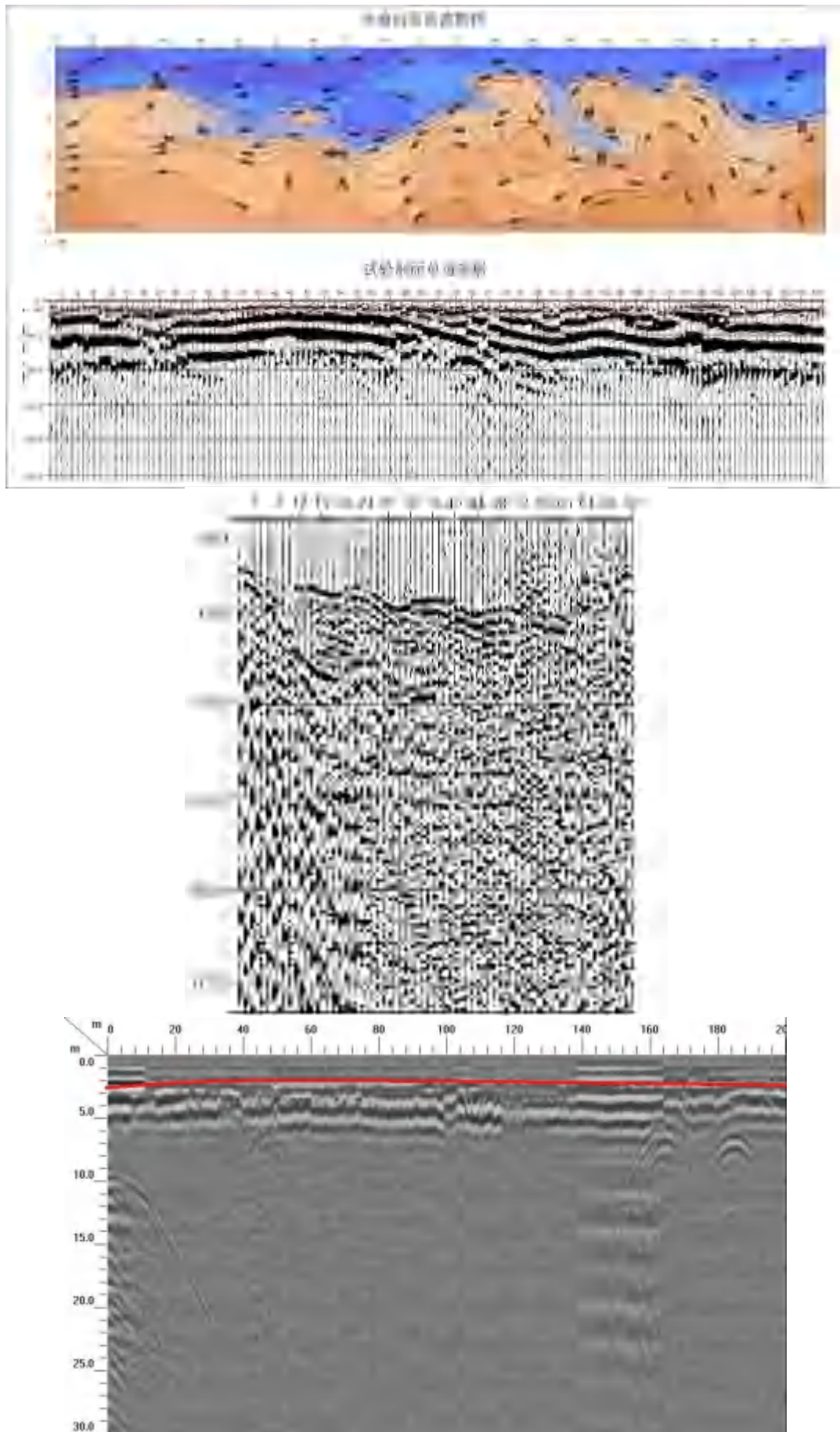


图 3.2.1 试验剖面图

图 3.2.1 为目标区内开展的试验探测，选取了区内典型地区，应用面波勘探、地震映像、地质雷达法进行探测，从结果可以看出，面波试验体现的是速度结构的变化，无法体现出地层的变化，无法判断速度变化是由于断层错断地层引起的还是由于水平地层的横向不均匀性引起的；地震映像整体频率较低，能量轴扭曲，与实际地层分布状况不符合，无法根据其结果来做出合理的判断；反射波法由于基岩较浅且反射面不平整，从剖面中可以看出，面波发育，反射信号非常弱，很难从反射信号中提取有效的地层信息，故而排除反射波法；地质雷达法的反射波同相轴较为明显，能够较好的反应地层的分布特征，对基岩也有较好的显示效果，而且探测深度能够达到要求，因此本次勘探选用了地质雷达法进行探测。

3.2.2 地质雷达法方法简介

地质雷达是采用高频电磁波（10MHz~3GHz）通过介质之间的电性差异（主要是介电常数和电导率）来确定介质结构和物性特征的近地表地球物理探测技术。地质雷达系统主要由中心控制单元、发射天线、接收天线组成。地质雷达系统工作时，中心控制单元触发信号控制发射天线发射电磁波，电磁波在地下介质传播过程中遇到电性差异的界面时发生反射，接收天线接收反射信号并将异常现象显示出来，通过后期数据处理并根据电磁波波形、反射强度和时频特征等可以推断地下异常区域的空间位置、几何形态等参数，以此实现对地下空间结构的有效探测。

电磁波的传播取决于介质的电性，介质的电性主要有电导率 μ 和介电常数 ϵ ，前者主要影响电磁波的穿透（探测）深度，在电导率适中的情况下，后者决定电磁波在该物体中的传播速度，因此，所谓电性介面也就是电磁波传播的速度介面。不同的地质体（物体）具有不同的电性，因此，在不同电性的地质体的分界面上，都会产生回波（图 3.2.2）。

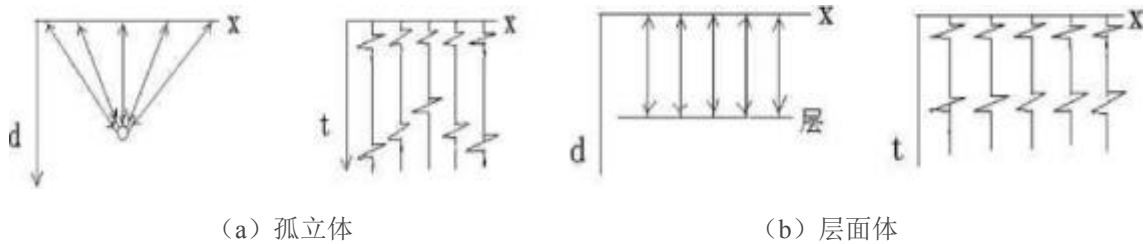


图 3.2.2 地质雷达探测对地下不同反射体反射形式示意图

探地雷达在勘查中的基本参数描述如下：

1、电磁脉冲波旅行时间

$$t = \sqrt{4z^2 + x^2}/v \approx 2z/v$$

式中： Z —勘查目标体的埋深； x —发射、接收天线的距离（式中因 $Z > x$,故 x 可忽略）； V —电磁波在介质中的传播速度。

2、电磁波在介质中的传播速度

$$v = c/\sqrt{\epsilon_r \mu_r} \approx c/\sqrt{\mu_r}$$

式中： C -电磁波在真空中的传播速度（0.29979m/ns）； ϵ_r -介质的相对介电常数， μ_r -介质的相对磁导率（一般 $\mu_r \approx 1$ ）

3、电磁波的反射系数

电磁波在介质传播过程中，当遇到相对介电常数明显变化的地质现象时，电磁波将产生反射及透射现象，其反射和透射能量的分配主要与异常变化界面的电磁波反射系数有关。

4、探地雷达记录时间和勘查深度的关系

$$z = \frac{1}{2}vt = \frac{1}{2} \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} t$$

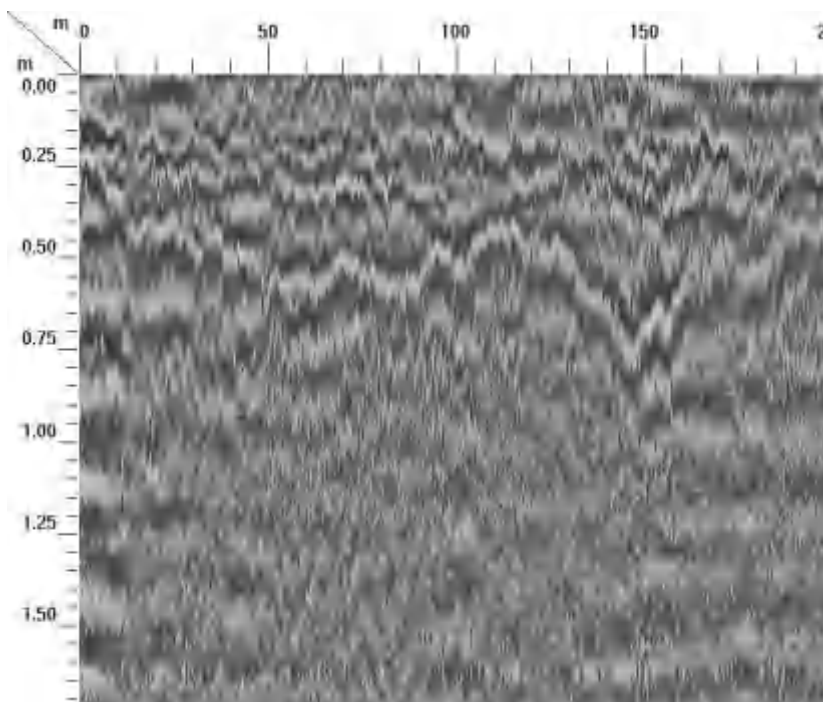
式中：Z—勘查目标体的深度；t—雷达记录时间。

断层活动会造成地层界面的不连续，这也为地质雷达探测方法提供了物理条件。本次工作主要采用反射测量法，将测线布设在断裂大致穿过的区域，通过追踪同一套反射同相轴确定地下反射界面，反射界面发生错动、不连续以及横向上发生波形频率、振幅和反射强度变化，都将是推断断裂所在位置的重要信号。

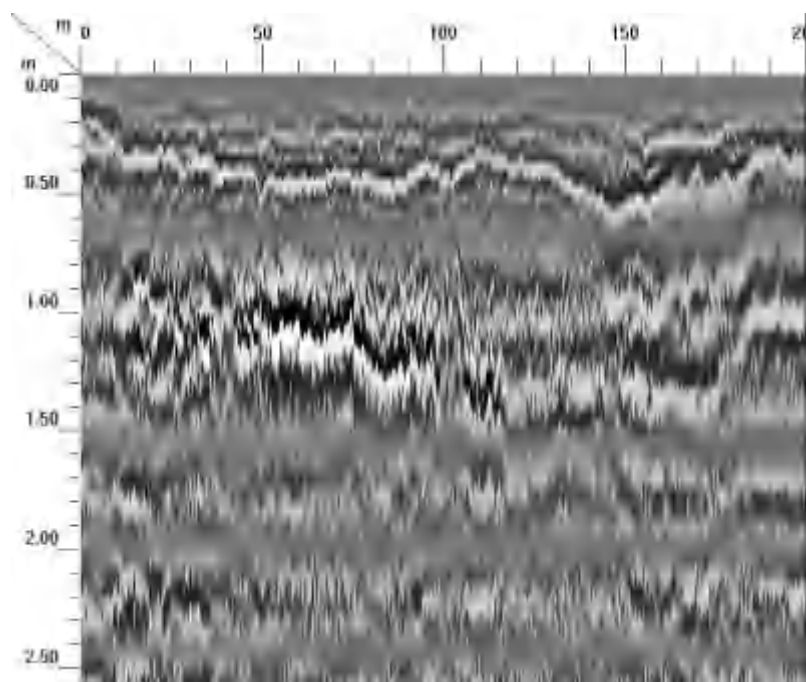
本次探测过程中由于现场条件的影响，仪器接收到的信号会受到周围环境的干扰。本次探测受到的干扰主要有地质雷达测线附近地面存在孤立的物体，如路灯杆，高压电线，道路上的大型车辆等会对采集造成电磁干扰。

本次工作使用的是美国劳雷工业公司生产的 SIR 4000 轻量、便携式地质雷达系统，配备的天线的中心频率分别为 100MHz、400MHz 和 900MHz，选择不同天线、设置不同的采集参数，获得的剖面优势分辨率、探测深度有所不同，因此我们在目标区内布置试验测线对仪器进行了试验和质量检查，以选取最佳参数，获得更好探测效果。

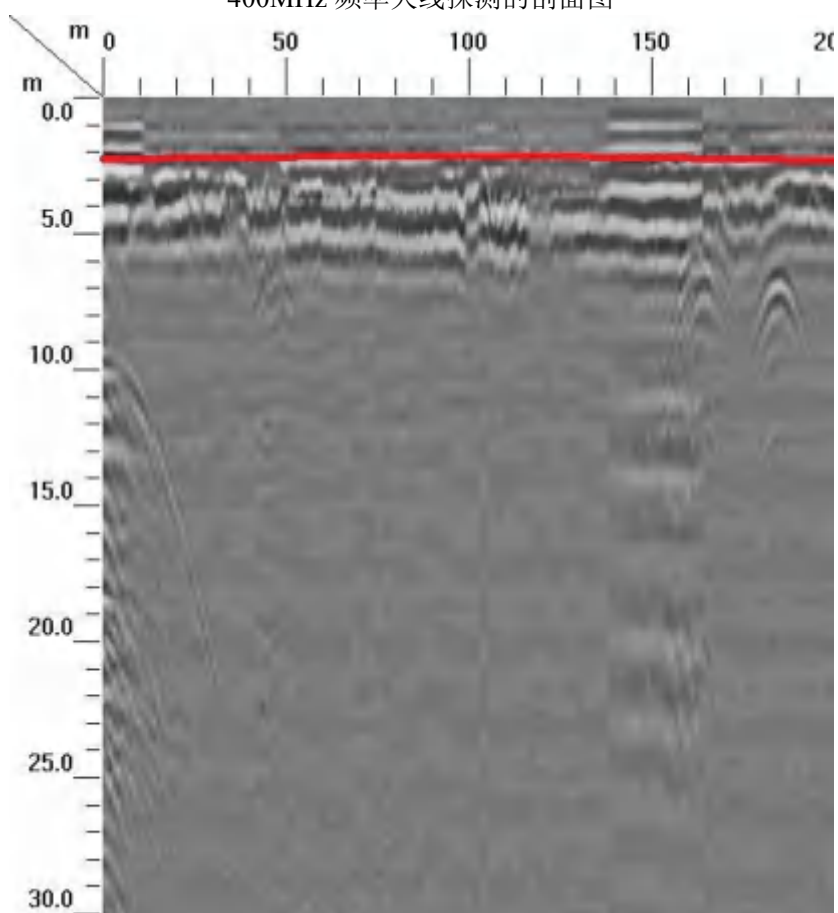
下图为在目标区内开展的实验探测，选取了区内典型地区，自上到下依次为 900MHz、400MHz、100MHz 三种不同中心频率天线探测的剖面图（图 3.2.3），从结果可以看出，不同频率天线探测效果差异很大，其中：100MHz 天线探测深度较深，反射波同相轴总体较为明显；400MHz、900MHz 天线探测深度较低，总体效果较差，无法追踪有效反射波同相轴；几乎无法获得有效反射信息，因此本次探测主要采用中心频率为 100MHz 的天线进行探测。



900MHz 频率天线探测的剖面图



400MHz 频率天线探测的剖面图



100MHz 频率天线探测的剖面图

图 3.2.3 试验探测剖面图

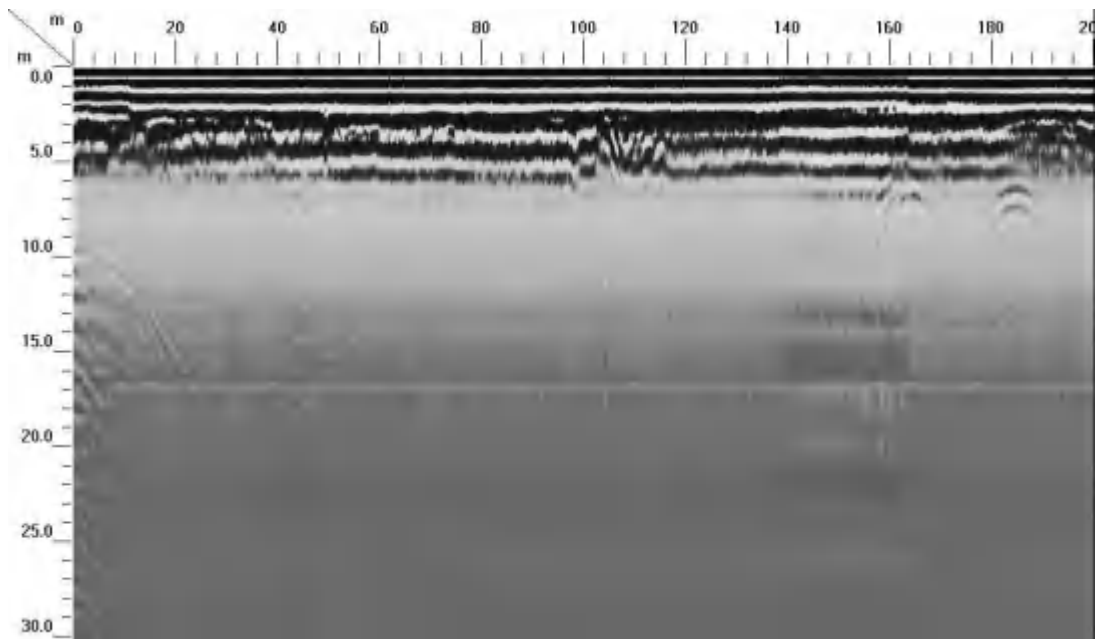


图 3.2.4 原始剖面记录图

本次工作获得的典型原始波形剖面记录如图 3.2.4，在未处理的原始剖面记录图中可以看出，剖面浅部反射信号较强，强信号层向下反射强度急剧衰减，信号强度在水平方向上总体较为一致。此次探测结果较好，部分地区受到测线附近路灯、车辆以及线路干扰，在剖面中形成干扰，我们在后续处理中进行了滤波压制，在解释过程中也进行了识别和标注，具体剖面解释见后文。

3.2.4 测线布置

测线布置是根据前人推断断裂的走向，以及测区、地形地貌和人文环境等综合因素确定。测线布置的原则是：长短线结合、尽量增加控制测线、控制测区北东向与北西向主体构造、便于施工以及后期处理和解释。本次地质雷达探测测线具体位置如图 3.2.5 所示，其坐标参数见表 3.2.1。



图 3.2.5a 目标区地质雷达勘探线布置图（东区）



图 3.2.5b 目标区地质雷达勘探线布置图（西区）

表3.2.1a 东区地质雷达测线布置一览表

测线号	X	Y	备注	测线长度 (m)	测线方向
L1	4429023.809	481431.669	起点	500	W→E
	4429306.586	481842.79	终点		
L2	4429286.225	481765.699	起点	1200	W→E
	4429305.564	482965.941	终点		
L3	4428456.684	482532.459	起点	800	S→N
	4429256.476	482522.883	终点		
L4	4427186.863	483052.185	起点	800	S→N
	4427896.219	482681.974	终点		
L5	4429900.626	482952.252	起点	600	N→S
	4429300.71	482960.182	终点		
L6	4430447.638	482962.616	起点	500	N→S
	4429947.66	482968.043	终点		
L7	4429306.738	482994.93	起点	1400	W→E
	4429581.475	484357.753	终点		
L8	4430303.98	484040.882	起点	1000	W→E
	4430664.44	484969.169	终点		
L9	4431073.559	484928.718	起点	1600	W→E
	4431639.424	486383.932	终点		
L10	4431552.643	485435.049	起点	1800	N→S
	4429878.616	486096.356	终点		

L11	4429817.521	486120.404	起点	1000	N→S
	4428900.496	486517.869	终点		
L12	4431848.719	485698.136	起点	1000	W→E
	4432364.1	486308.698	终点		
L13	4432133.949	486040.928	起点	400	N→S
	4431906.393	486361.597	终点		
L14	4432279.558	485440.808	起点	400	N→S
	4432076.171	485783.265	终点		
L15	4429512.134	485462.26	起点	800	N→S
	4428786.187	485798.677	终点		

表3.2.1b 西区地质雷达测线布置一览表

测线号	X	Y	备注	测线长度 (m)	测线方向
L1	4418355.875	446109.325	起点	2200	N→S
	4418767.544	448627.220	终点		
L2	4422180.634	449287.013	起点	2700	E→W
	4420026.077	449731.174	终点		
L3	4418016.936	448713.454	起点	3100	W→E
	4418647.329	451746.798	终点		
L4	4419452.381	453498.331	起点	1900	E→W
	4419052.791	451767.716	终点		
L5	4417630.215	451616.078	起点	900	S→N
	4418508.037	451425.318	终点		
L6	4416645.657	450325.095	起点	1600	N→S
	4415037.191	450271.548	终点		
L7	4417468.669	449556.421	起点	1100	N→S
	4416421.942	449660.677	终点		
L8	4417349.757	447345.150	起点	500	NE→SW
	4416998.463	447048.295	终点		
L9	4415994.558	452812.758	起点	1000	S→N
	4416921.601	452465.944	终点		
L10	4420400.571	451459.128	起点	2100	N→S
	4418374.705	451860.326	终点		

3.2.5 资料分析与解释

在参考已有地质资料、初勘成果的基础上，对地质雷达剖面进行分析和解释，得到了测线的深度解释剖面图，从而得到地质解释结果。本次地质雷达勘探的主要探测成果概述如下。

1. 目标区东区地质雷达剖面解释

(1) L1 测线

L1 测线自西向东布设，总长度 0.5km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.6，L1 测线从整体上看剖面反射波在横向上变化较小，剖面信噪比相对较低。从剖面总体上看，雷达波总体反射强度较为稳定，测线沿途的地表干扰（路灯、红绿灯、车辆等），在剖面上形成明显的强振幅抛物线波形。红线以下为反射相对较强的基岩层，其横向上稳定连续，未见明显的错动现象。

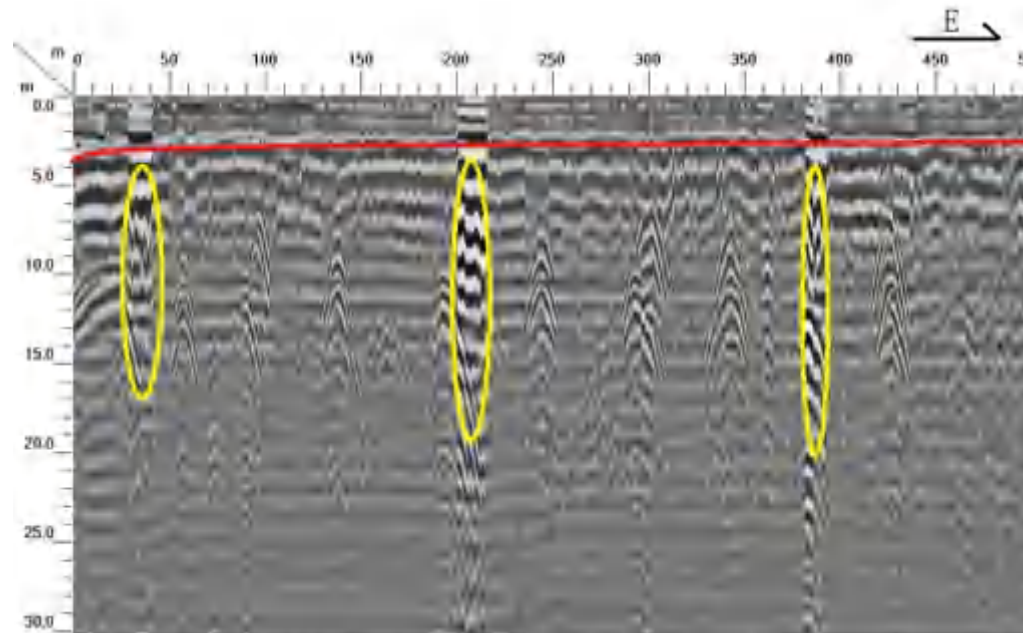


图 3.2.6 L1 测线剖面图

(2) L2 测线

L2 测线自西向东布设，总长度 1.2km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.7，L2 测线从整体上看在横向上存在明显且连续的振幅和频率变化。剖面上存在连续且均匀的抛物线状干扰，为路边路灯杆造成的干扰。红线下方有清晰的反射，反射波横向均匀分布、未见反射波同相轴垂直向位错现象，因此本测线未见断层存在。

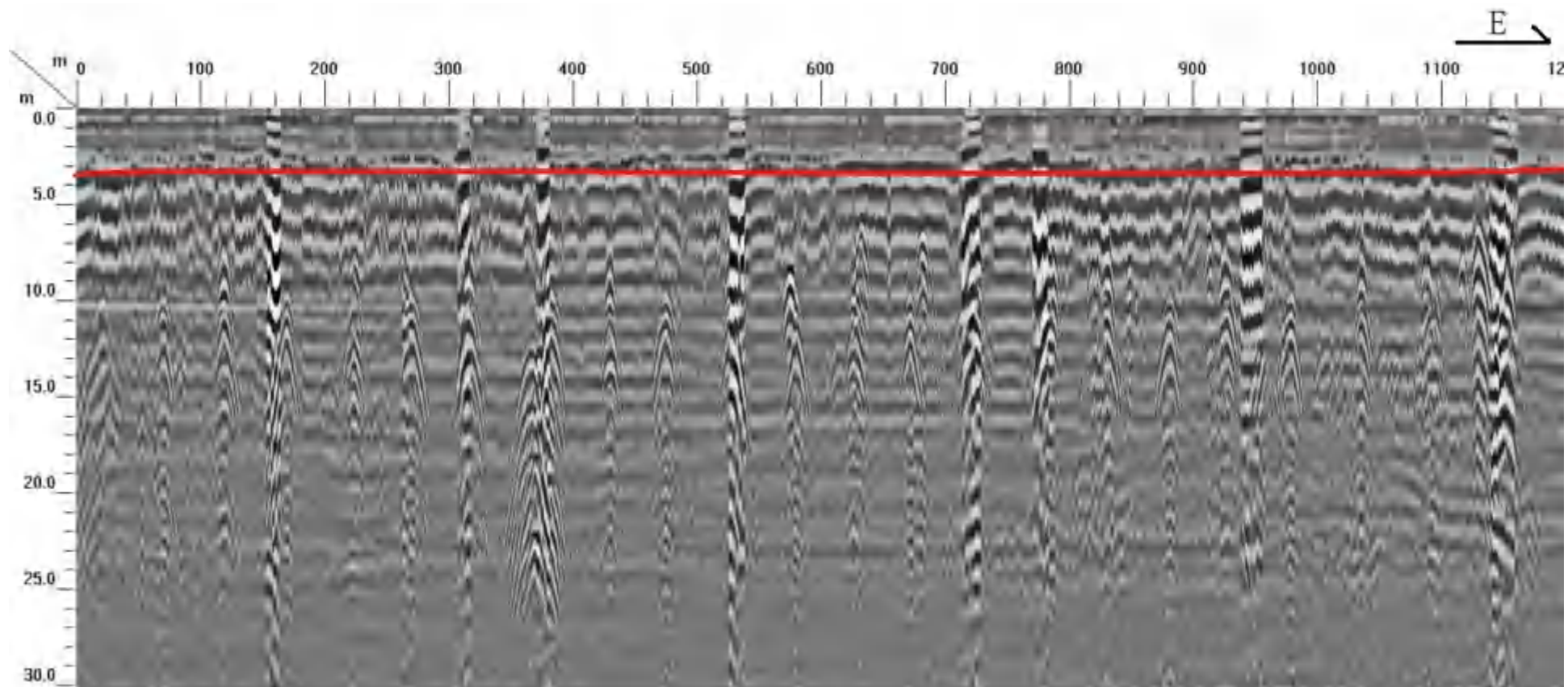


图 3.2.7 L2 测线剖面图

(3) L3 测线

L3 测线自南向北布设，总长度 0.8km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.8，剖面反射波形较为清晰。从横向上看较为稳定，穿透力较好。路面上的路灯杆对剖面造成了较强的干扰。红线下方为反射稳定连续的基岩地层，该层未见明显错断现象。

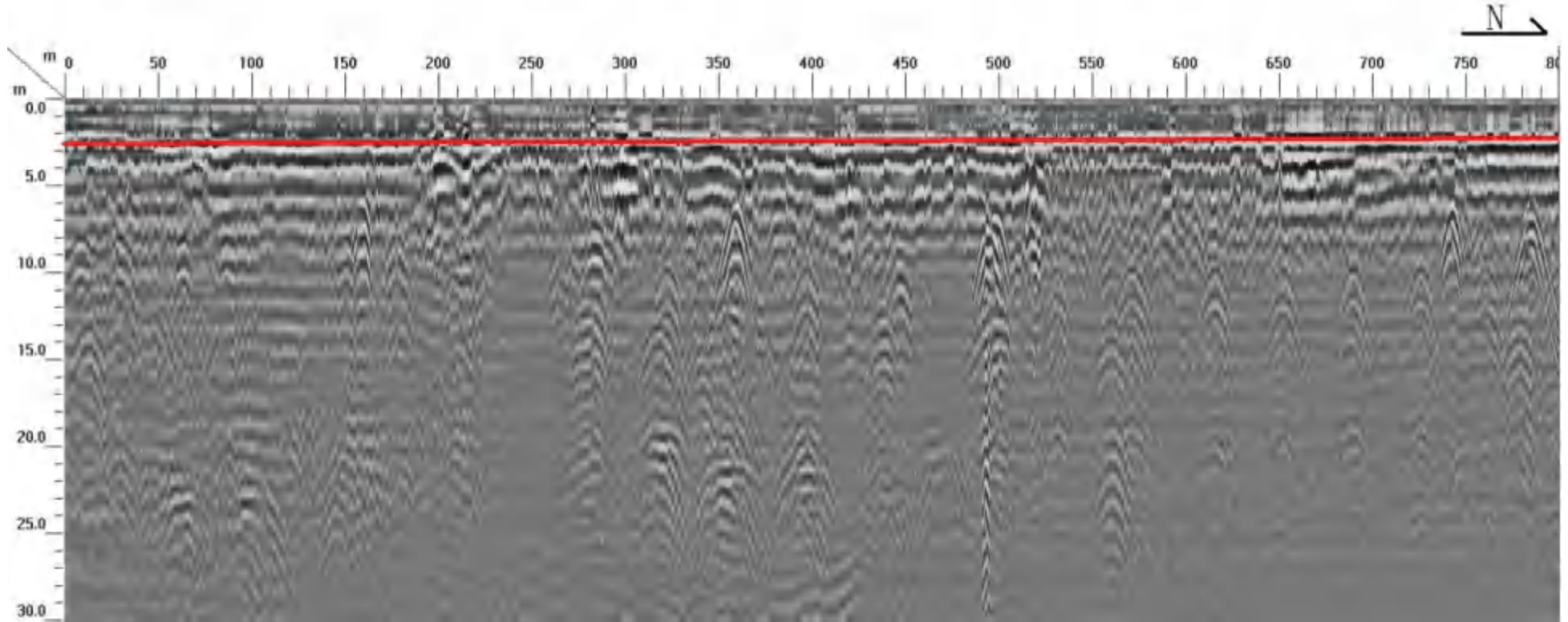


图 3.2.8 L3 测线剖面图

(4) L4 测线

L4 测线自南向北布设，总长度 0.8km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.9，剖面反射波形较为清晰。从横向上看较为稳定，连续性强，频率较高。测线上分布有均匀的抛物线状图像，原因是路边的路灯杆造成的均匀干扰。红线下方为反射稳定连续的基岩地层，该层未见明显错断现象。

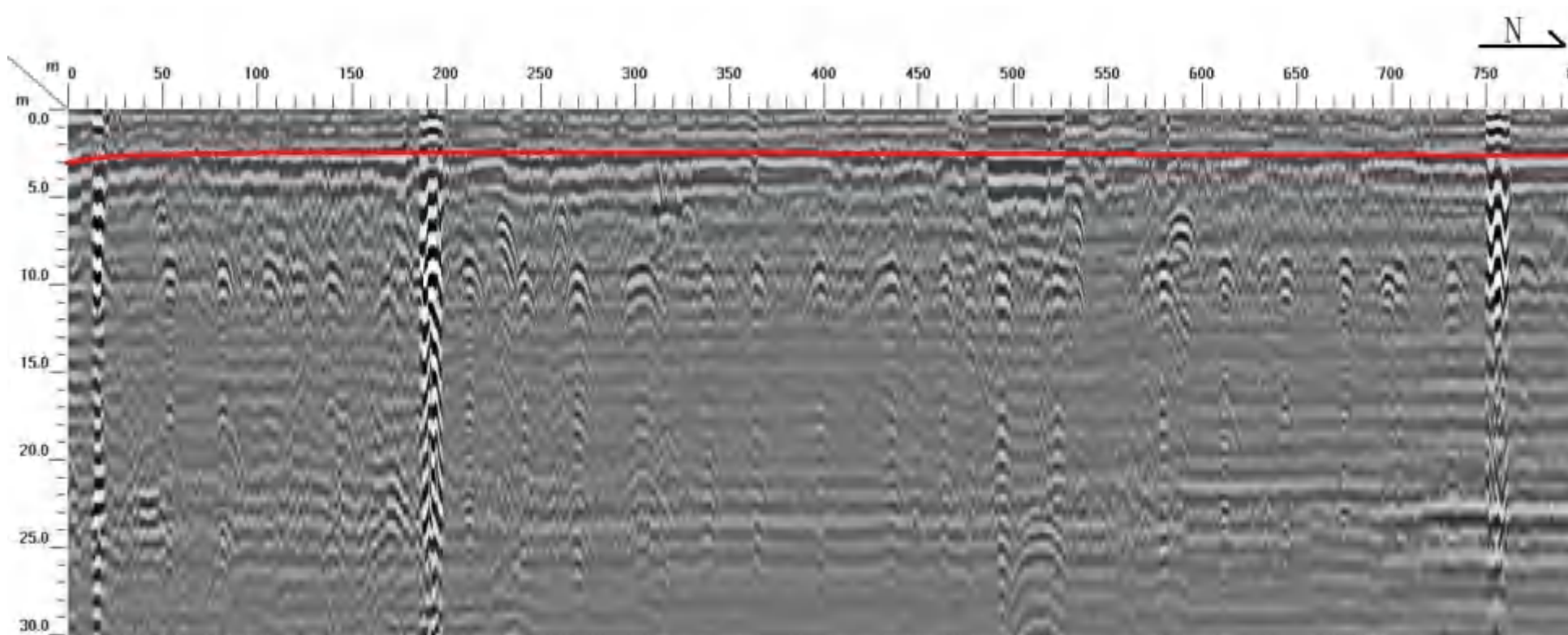


图 3.2.9 L4 测线剖面图

(5) L5 测线

L5 测线自北向南布设，总长度 0.6km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.10，25-75 米处有强烈的波形，为桥洞造成的干扰。从测线剖面可明显看出红线下方有清晰的反射，反射波横向均匀分布、未见反射波同相轴垂直向位错现象，因此本测线未见断层存在。

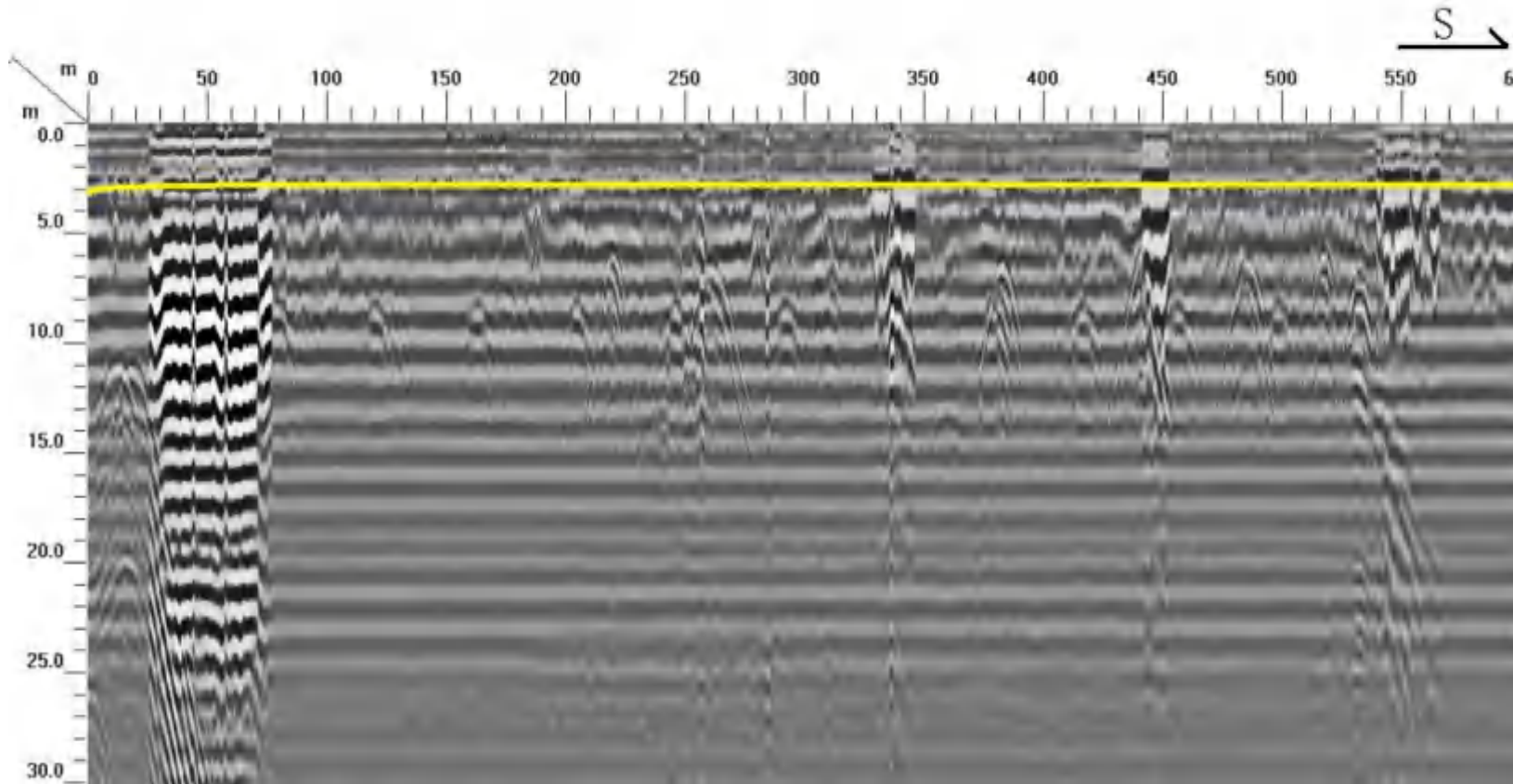


图 3.2.10 L5 测线剖面图

(6) L6 测线

L6 测线自北向南布设，总长度 0.5km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.11，剖面反射波形较为清晰。从横向上看较为稳定，穿透力较好。红线下方为反射稳定连续的基岩地层，该层未见明显错断现象。

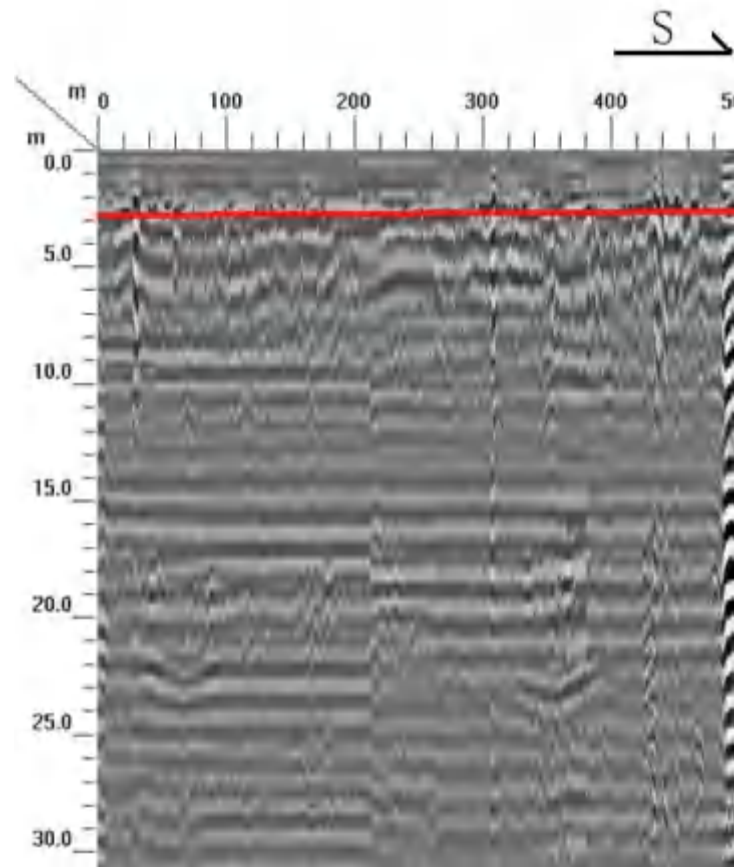


图 3.2.11 L6 测线剖面图

(7) L7 测线

L7 测线自西向东布设，总长度 1.4km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.12，剖面反射波形较为清晰。红线下方波形横向连续，未发生垂直位移。该层未见明显错断现象。

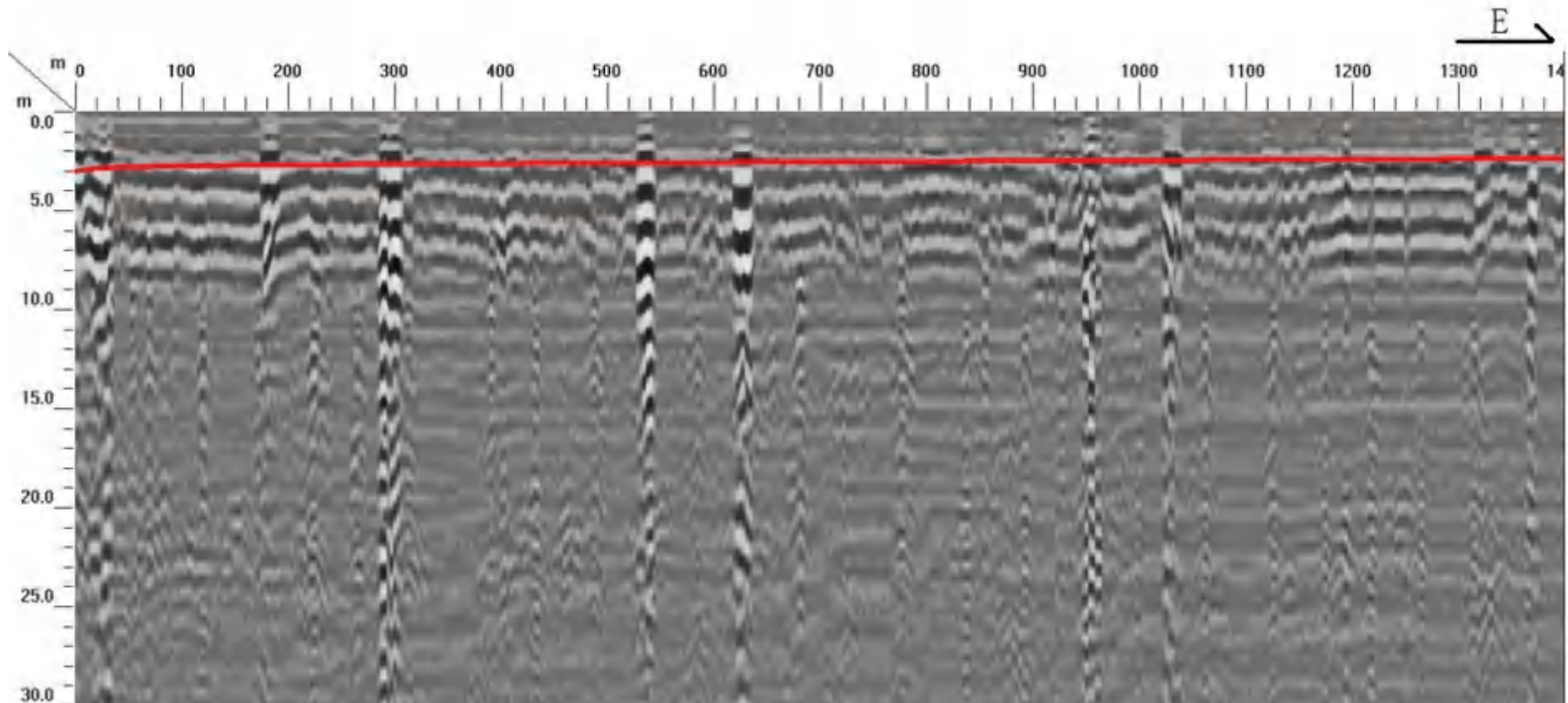


图 3.2.12 L7 测线剖面图

(8) L8 测线

L8 测线自西向东布设，总长度 1.0km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.13，测线上分布有均匀的抛物线状图像，原因是路边的路灯杆造成的均匀干扰。从整体上看剖面反射波在横向上存在振幅和频率的波动变化，红线下侧两米内反射波相对较强，具有一定的连续性。同相轴整体较为连续，未见垂直错动迹象，因此未识别出断层存在。

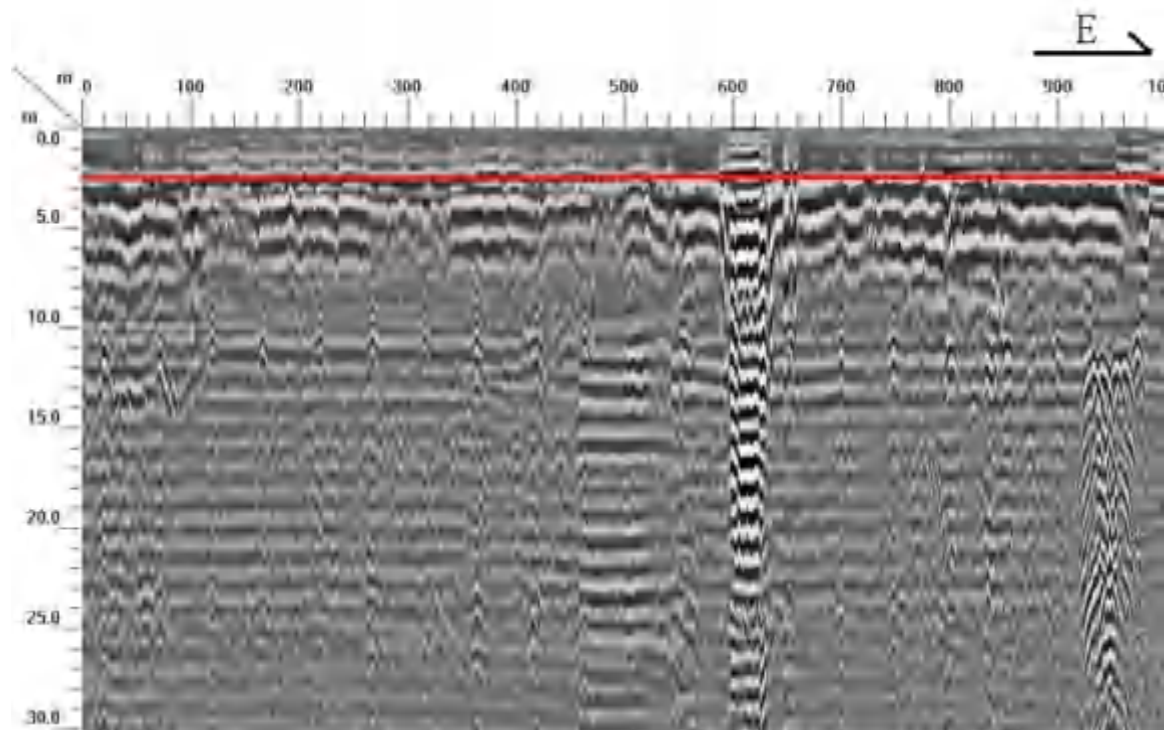


图 3.2.13 L8 测线剖面图

(9) L9 测线

L9 测线自西向东布设，总长度为 1.6km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.14，从整体上看剖面反射波在横向上存在振幅和频率的波动变化，红线下侧两米内反射波相对较强，具有一定的连续性。同相轴整体较为连续，未见垂直错动迹象，因此未识别出断层存在。

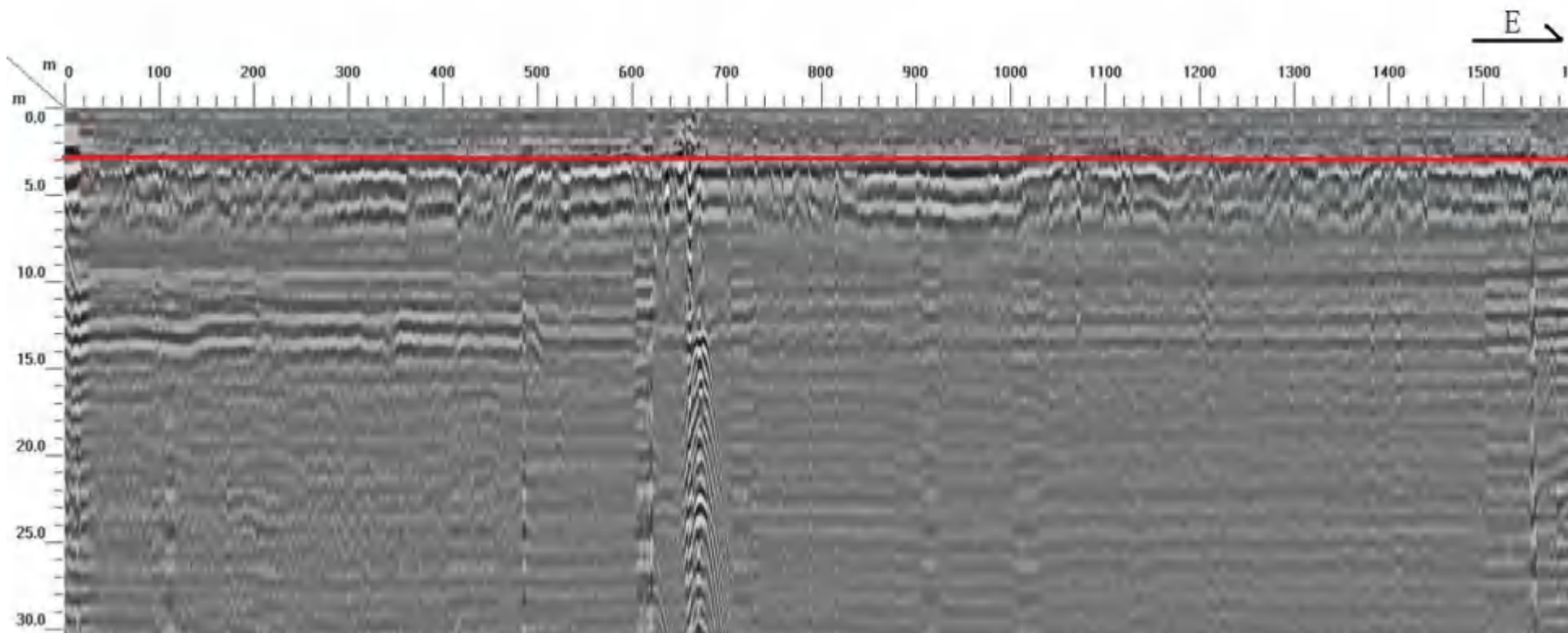


图 3.2.14 L9 测线剖面图

(10) L10 测线

L10 测线自北向南布设，总长度 1.8km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.15，从整体上看剖面反射波在横向上存在振幅和频率的波动变化，红线下侧两米内反射波相对较强，具有一定的连续性。同相轴整体较为连续，未见垂直错动迹象，因此未识别出断层存在。

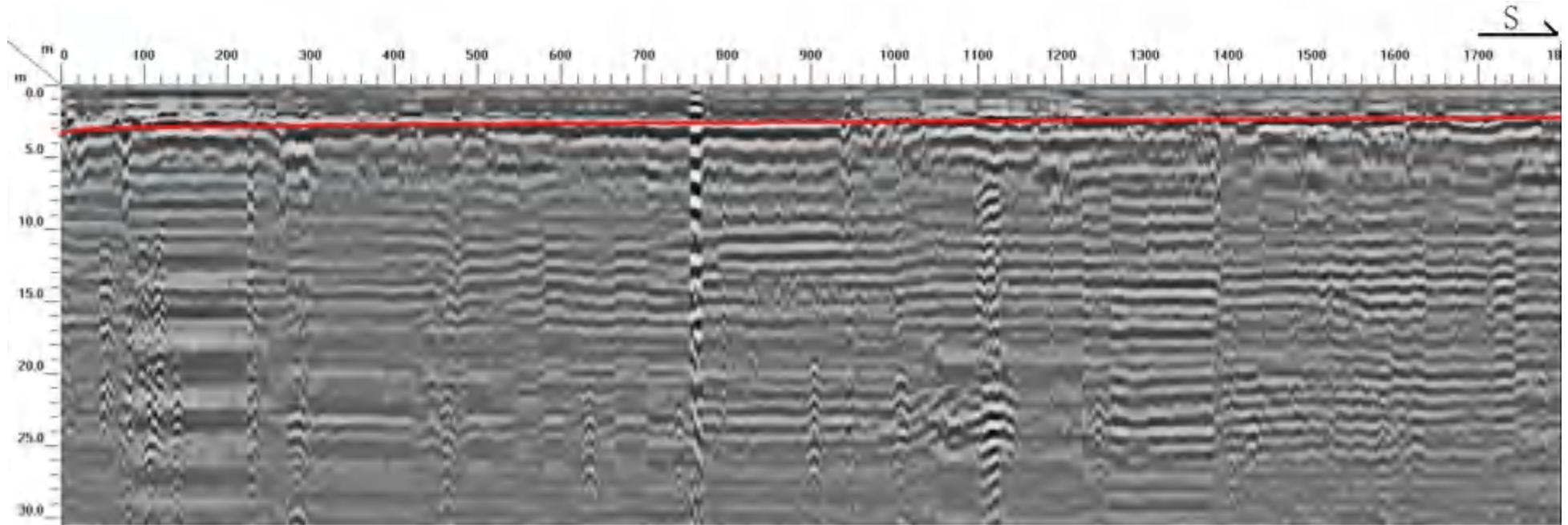


图 3.2.15 L10 测线剖面图

(11) L11 测线

L11 测线自北向南布设，总长度 1.0km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.16，从整体上看剖面反射波在横向上存在振幅和频率的波动变化，红线下侧两米内反射波相对较强，具有一定的连续性。同相轴整体较为连续，未见垂直错动迹象，因此未识别出断层存在。

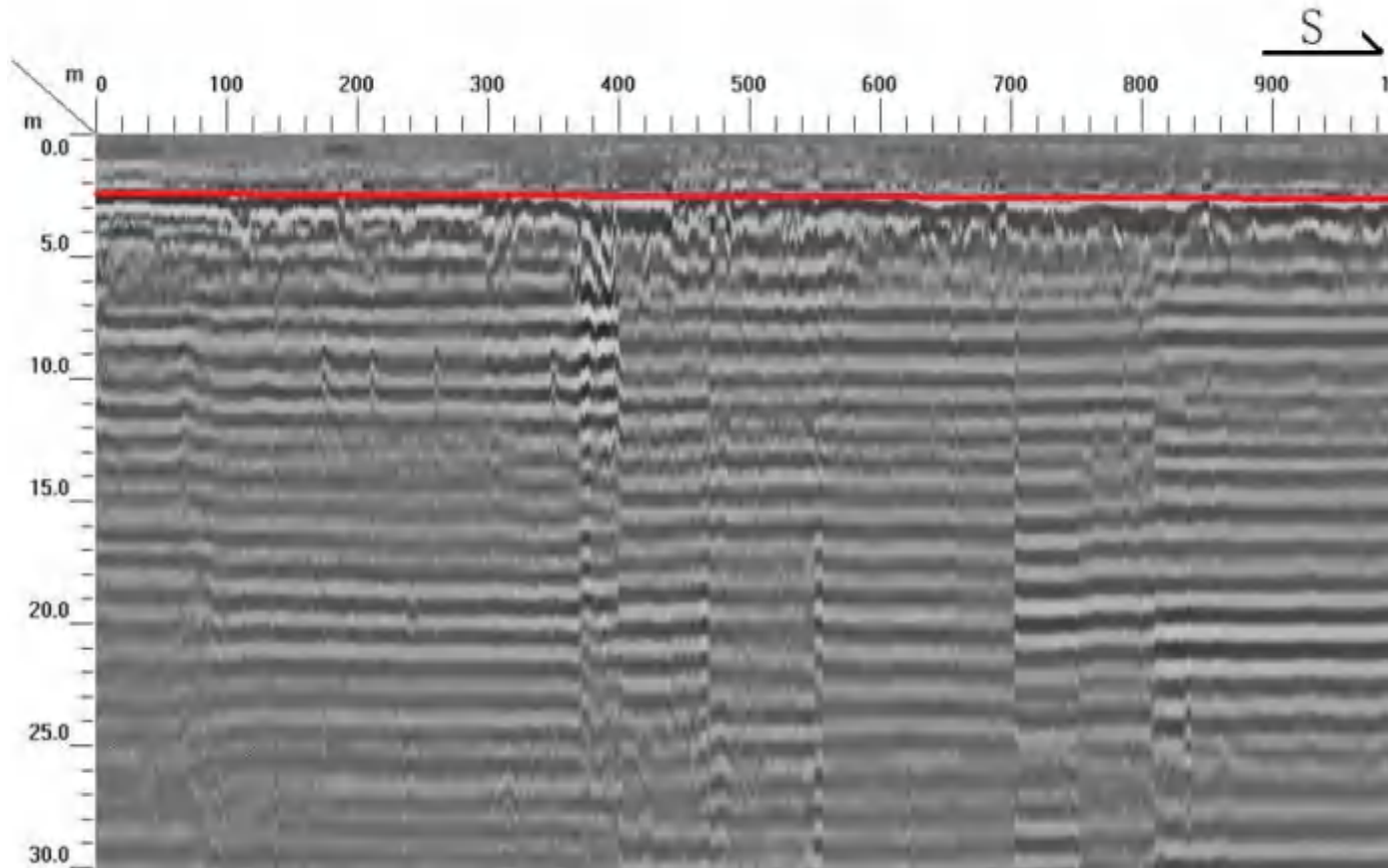


图 3.2.16 L11 测线剖面图

(12) L12 测线

L12 测线自西向东布设，总长度 1.0km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.17，从整体上看剖面反射波在横向上存在振幅和频率的波动变化，红线下侧两米内反射波相对较强，具有一定的连续性。同相轴整体较为连续，未见垂直错动迹象，因此未识别出断层存在。

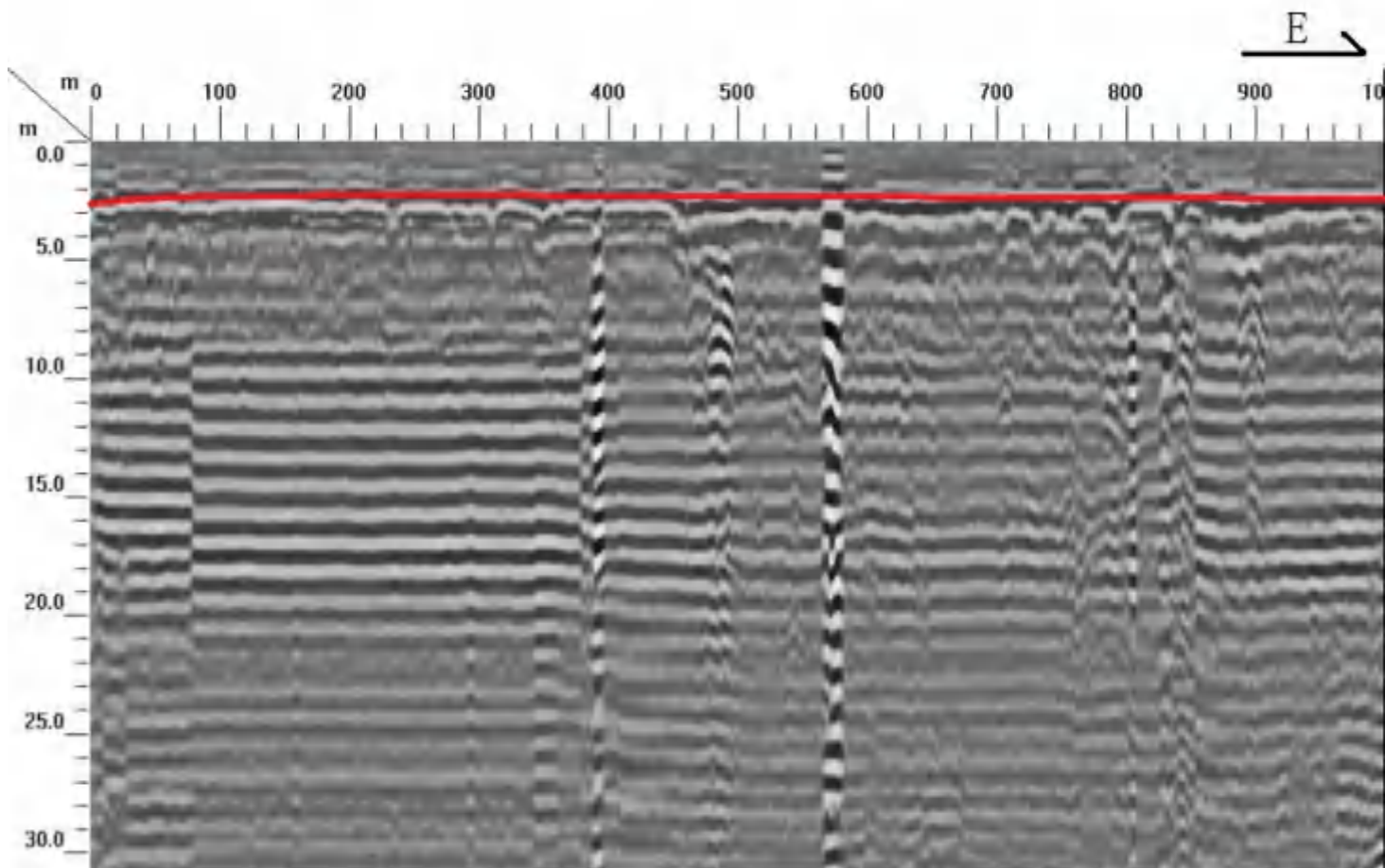


图 3.2.17 L12 测线剖面图

(13) L13 测线

L13 测线自北向南布设，总长度 0.4km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.18，从整体上看剖面反射波在横向上存在振幅和频率的波动变化，红线下侧两米内反射波相对较强，具有一定的连续性。同相轴整体较为连续，未见垂直错动迹象，因此未识别出断层存在。

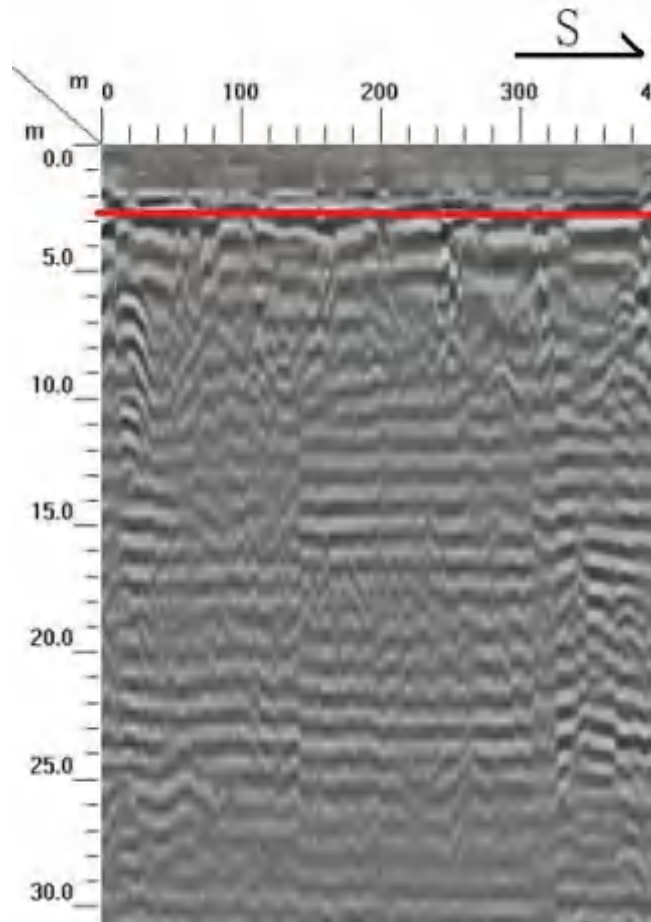


图 3.2.18 L13 测线剖面图

(14) L14 测线

L14 测线自北向南布设，总长度 0.4km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.19，从整体上看剖面反射波在横向上存在振幅和频率的波动变化，红线下侧两米内反射波相对较强，具有一定的连续性。同相轴整体较为连续，未见垂直错动迹象，因此未识别出断层存在。

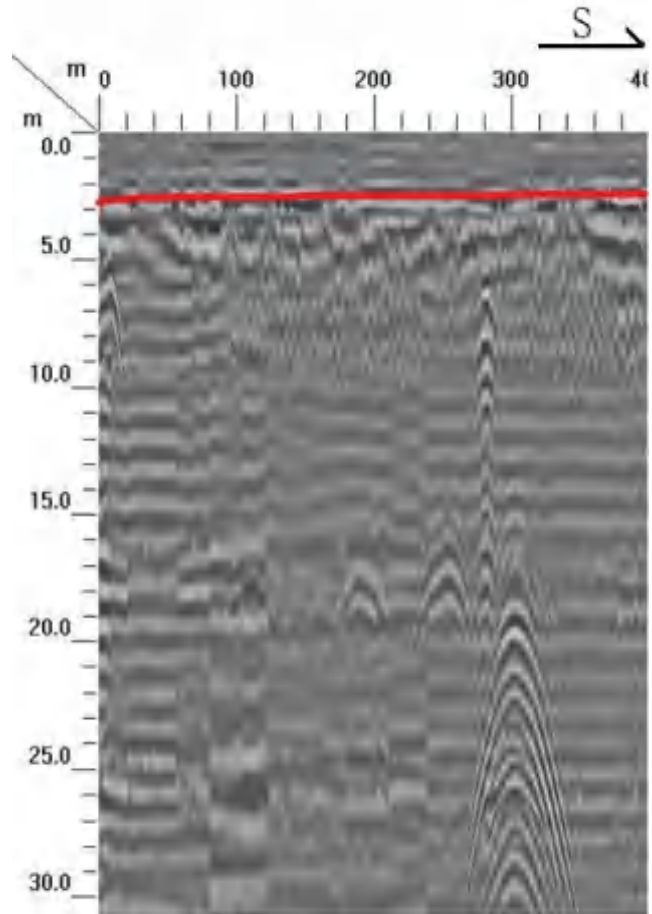


图 3.2.19 L14 测线剖面图

(15) L15 测线

L15 测线自北向南布设，总长度 0.8km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.20，从整体上看剖面反射波在横向上存在振幅和频率的波动变化，红线下侧两米内反射波相对较强，具有一定的连续性。同相轴整体较为连续，未见垂直错动迹象，因此未识别出断层存在。

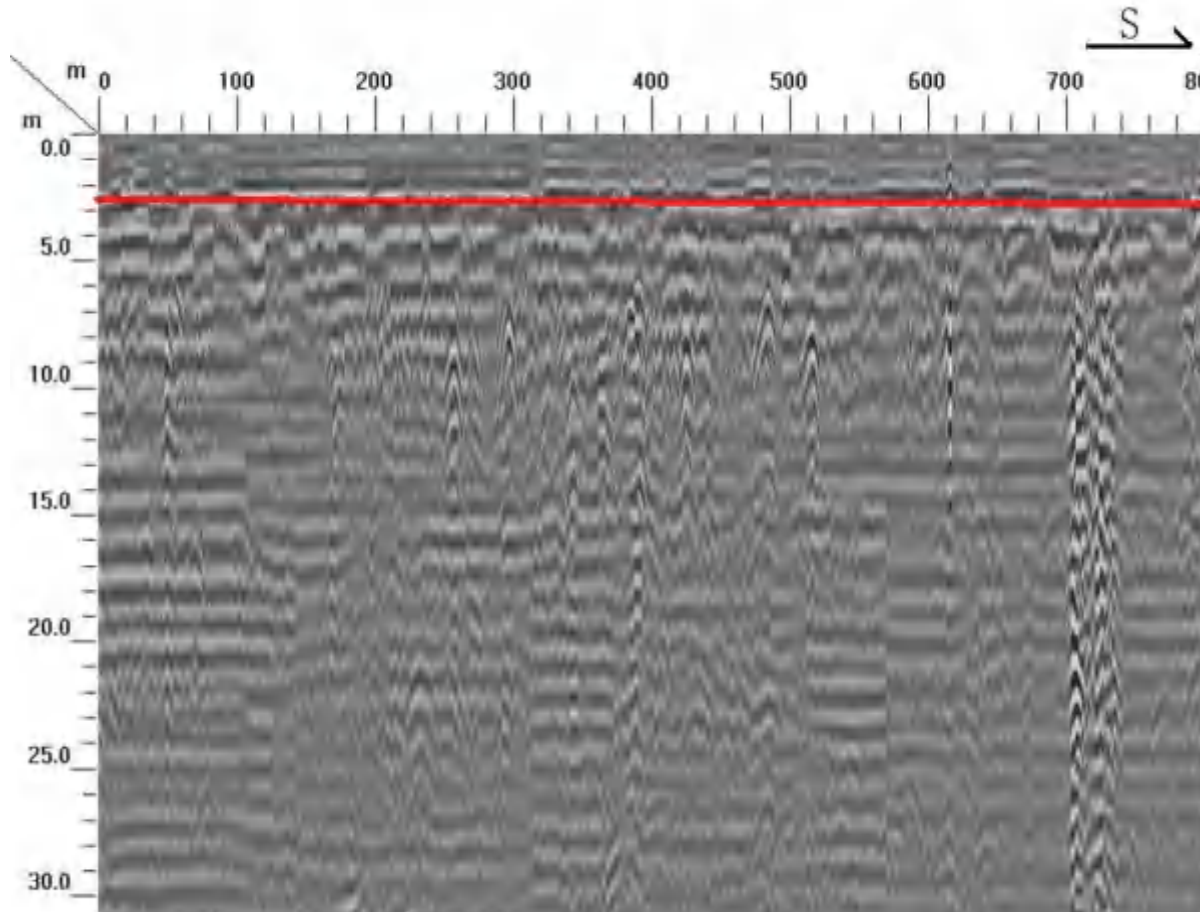


图 3.2.20 L15 测线剖面图

2. 目标区西区地质雷达剖面解释

(1) L1 测线

L1 测线自北向南布设，总长度 2.2km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.21，L1 测线从整体上看剖面反射波在横向上变化较小，剖面信噪比相对较低。从剖面总体上看，雷达波总体反射强度较为稳定，测线沿途的地表干扰（路灯、红绿灯、车辆等），在剖面上形成明显的强振幅抛物线波形。从纵向上看，由于公路路基覆盖层对雷达波吸收明显，信号衰减较快，本测线总体穿透力较低。剖面浅部可以识别明显的反射波强弱变化，红线以上部分反射较弱，为公路下部的覆盖土层，厚度较为稳定，约为 1 米；红线以下为反射相对较强的基岩层，其横向上稳定连续，未见明显的错动现象。

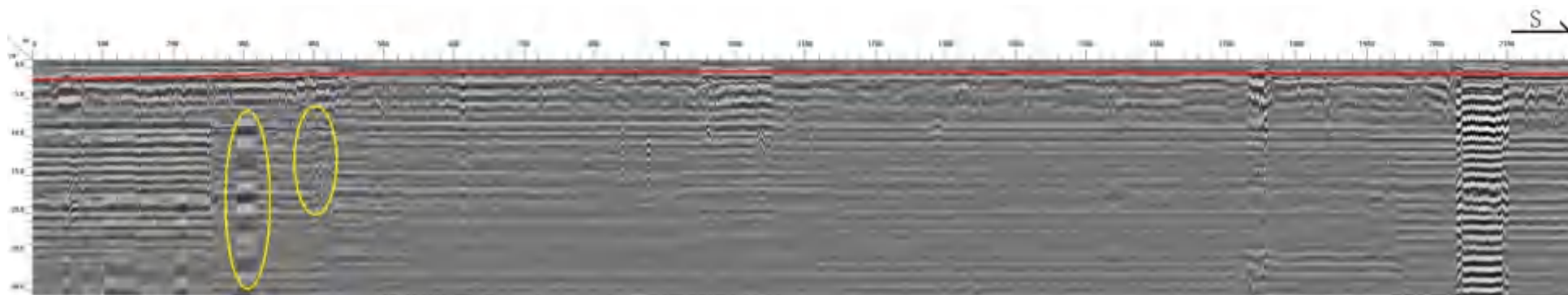


图 3.2.21 L1 测线剖面图

(2) L2 测线

L2 测线自东向西布设，总长度 2.7km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.22，L2 测线从整体上看在横向上存在较大的振幅和频率变化，测线在 2400 米处波形发生明显错位现象，横向上的同相轴出现错断现象，推测此处为断层位置。断层倾向为 W。断层东侧反射较强，连续性较好。

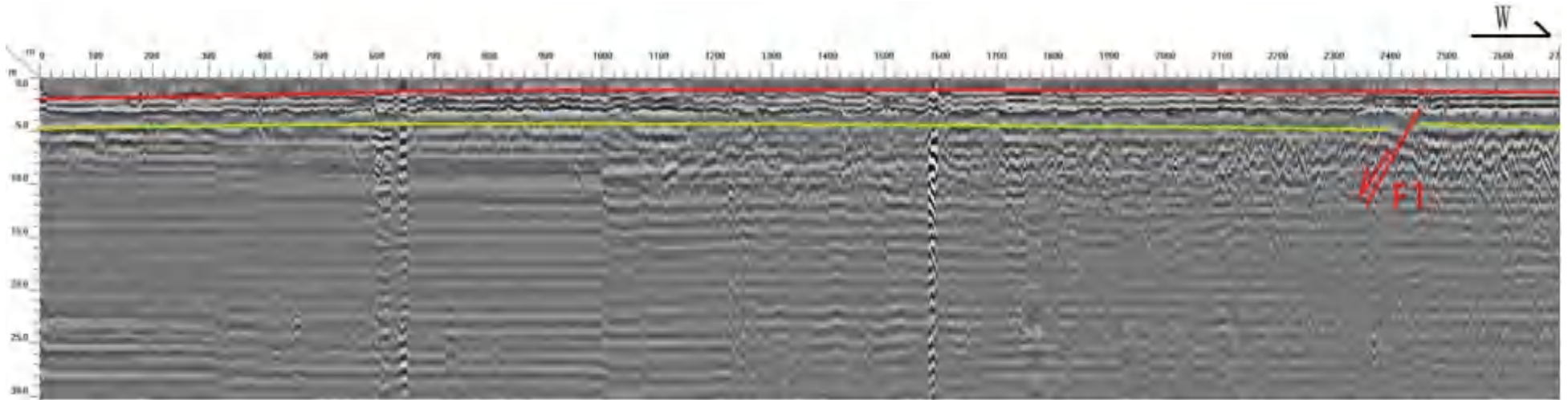


图 3.2.22 L2 测线剖面图

(3) L3 测线

L3 测线自西向东布设，总长度 3.1km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.23，剖面反射波形较为清晰。从横向上看较为稳定，穿透力较好。其中 640-820 米处为数据增益较大，原因是测线从此处开始离开公路，进入地表土裸露的场地。红线下方为反射稳定连续的基岩地层，该层未见明显错断现象。

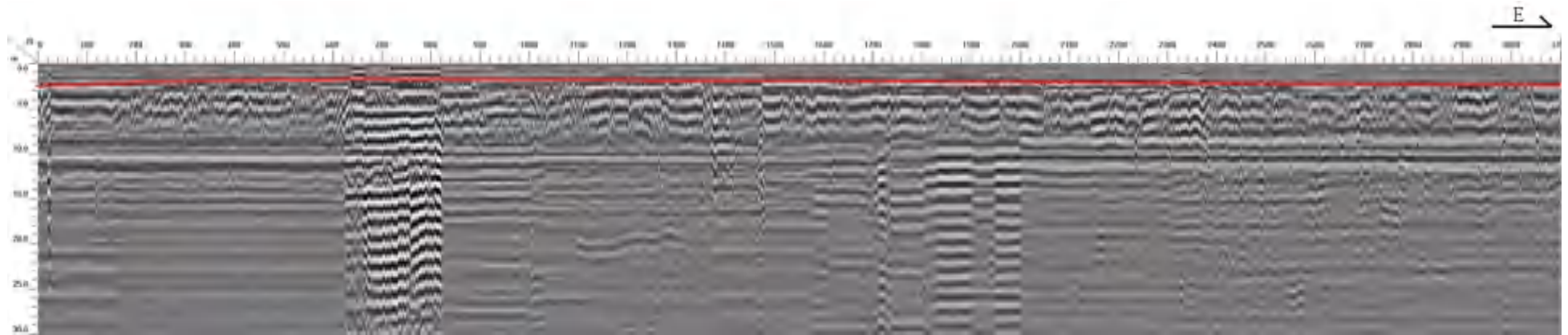


图 3.2.23 L3 测线剖面图

(4) L4 测线

L4 测线自东向西布设，总长度 1.9km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.24，剖面反射波形较为清晰。从横向上看较为稳定，连续性强，频率较高。测线上分布有均匀的抛物线状图像，原因是路边的路灯杆造成的均匀干扰。红线下方为反射稳定连续的基岩地层，该层未见明显错断现象。

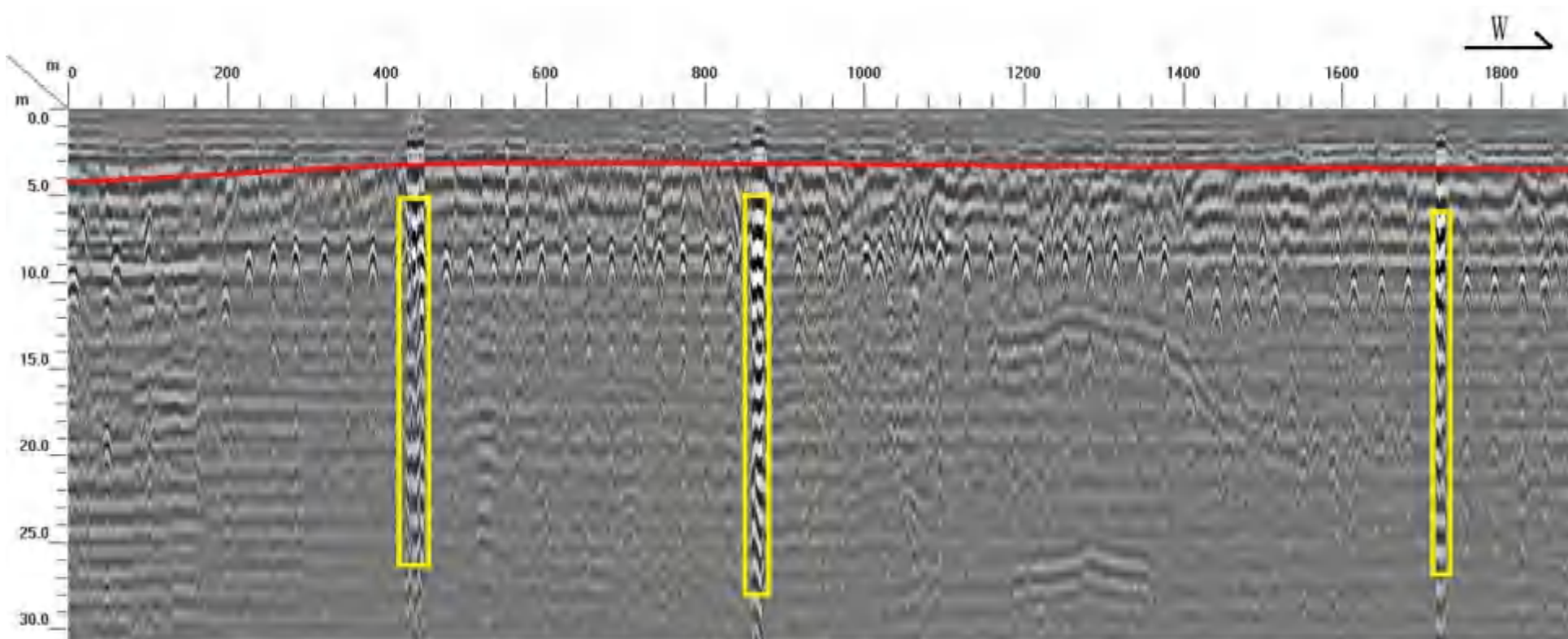


图 3.2.24 L4 测线剖面图

(5) L5 测线

L5 测线自南向北布设，总长度 0.9km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.25，从测线剖面可明显看出红线下方有清晰的反射，反射波横向均匀分布、未见反射波同相轴垂直向位错现象，因此本测线未见断层存在。

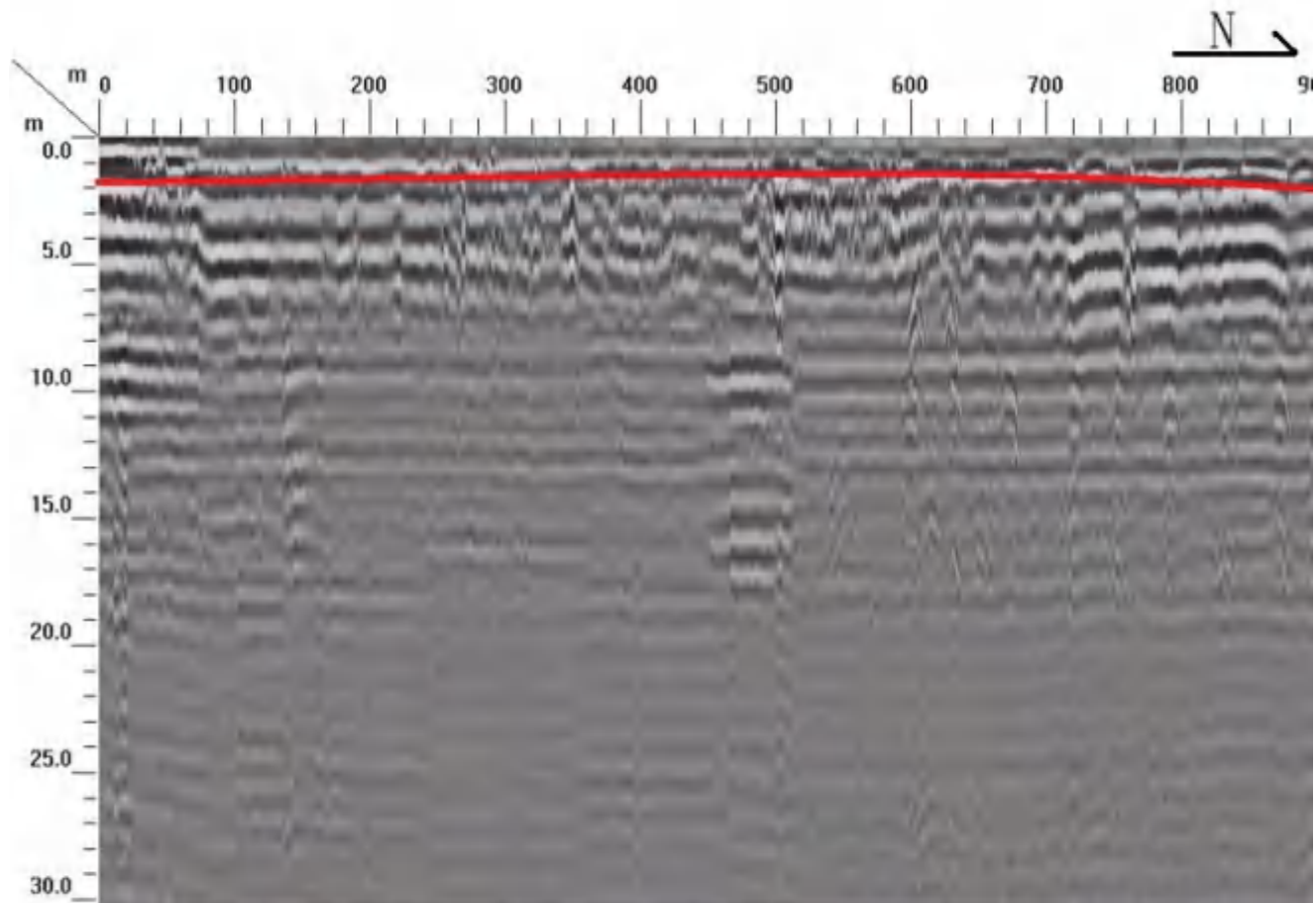


图 3.2.25 L5 测线剖面图

(6) L6 测线

L6 测线自北向南布设，总长度 1.6km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.26，剖面反射波形较为清晰。从横向上看较为稳定，穿透力较好。红线下方为反射稳定连续的基岩地层，该层未见明显错断现象。

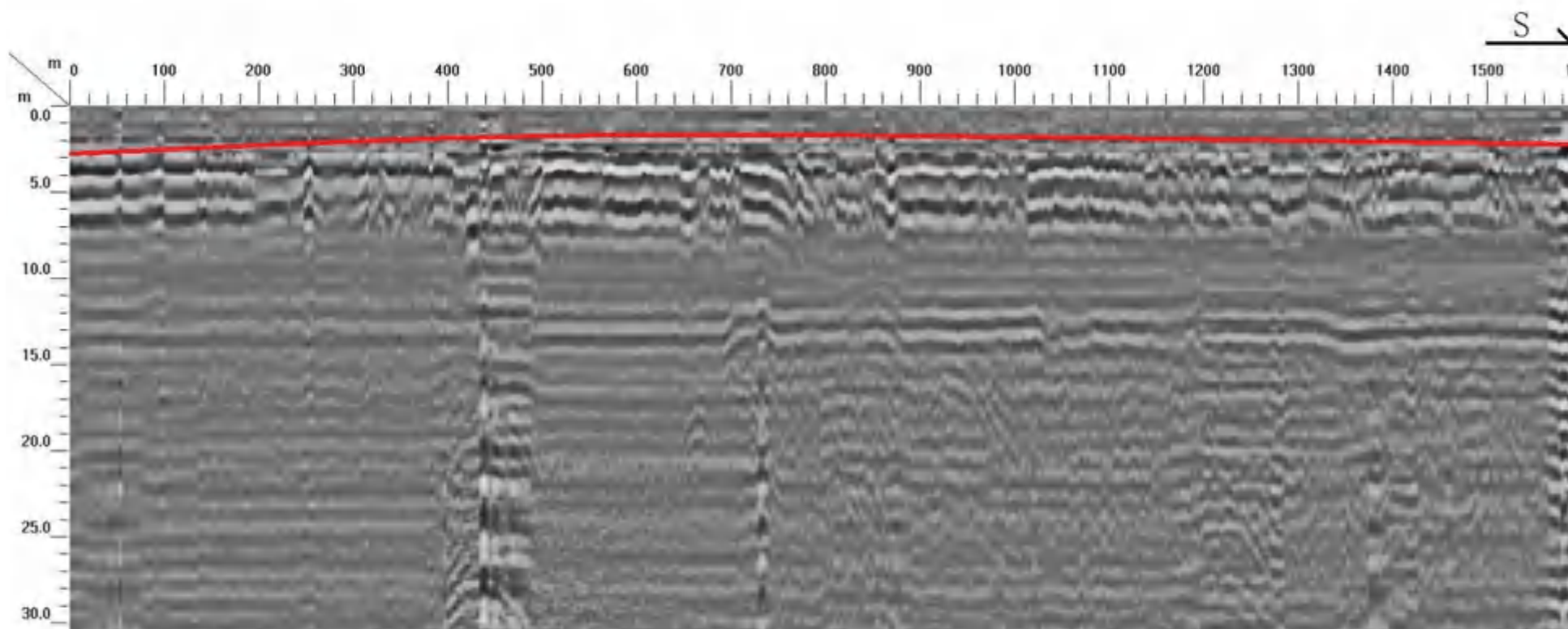


图 3.2.26 L6 测线剖面图

(7) L7 测线

L7 测线自北向南布设，总长度 1.1km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.27，剖面反射波形较为清晰。红线下方波形横向连续，未发生垂直位移。该层未见明显错断现象。

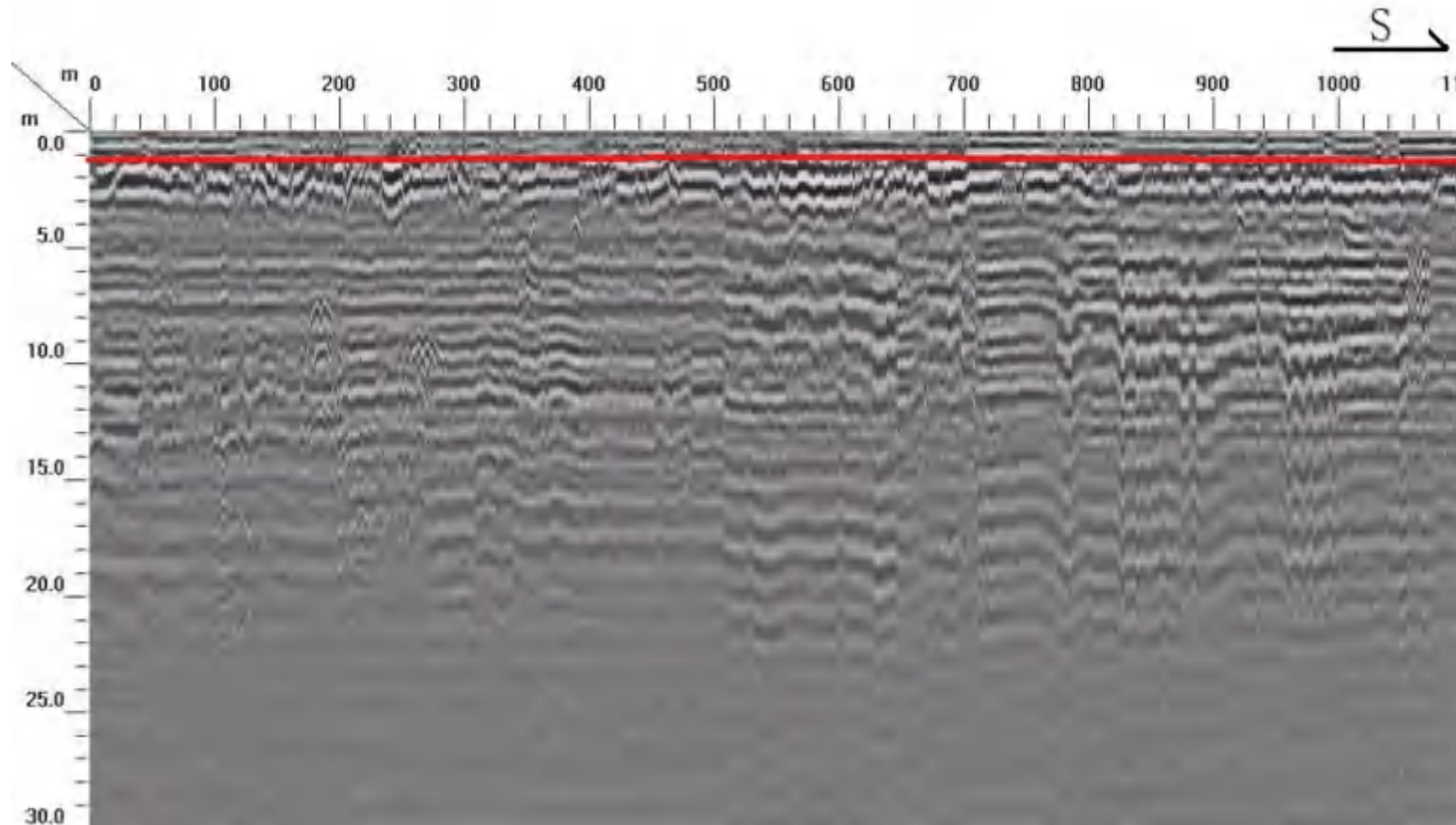


图 3.2.27 L7 测线剖面图

(8) L8 测线

L8 测线自北东向南西布设，总长度 0.5km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.28，从剖面整体上看，在横向上反射波振幅变化较小。在 350-400 米处，横向上无明显连续性，可作为判断断层位置的标志层。反射波同相轴发生错断，同时，异常点两侧反射较强的同相轴波组厚度也不同，推测为断层造成。断层活动使稳定且连续分布的标志层发生错断，在剖面图中表现为标志层同相轴整体错动。该断层为 E。同时，不同岩性中电磁波的传播速度、波形频率、波长均有差异，在剖面上表现为异常点两侧标志层反射波组的厚度变化，波形的波长也发生变化。

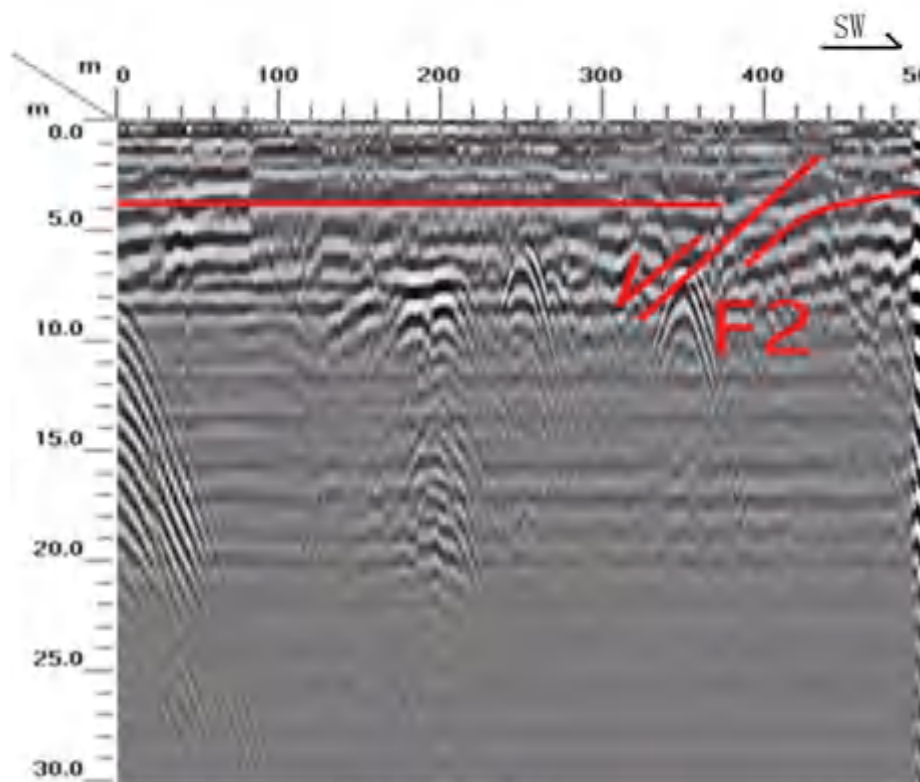


图 3.2.28 L8 测线剖面图

(9) L9 测线

L9 测线自南向北布设，总长度为 1km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.29，从整体上看剖面反射波在横向上存在振幅和频率的波动变化，红线下侧两米内反射波相对较强，具有一定的连续性。同相轴整体较为连续，未见垂直错动迹象，因此未识别出断层存在。

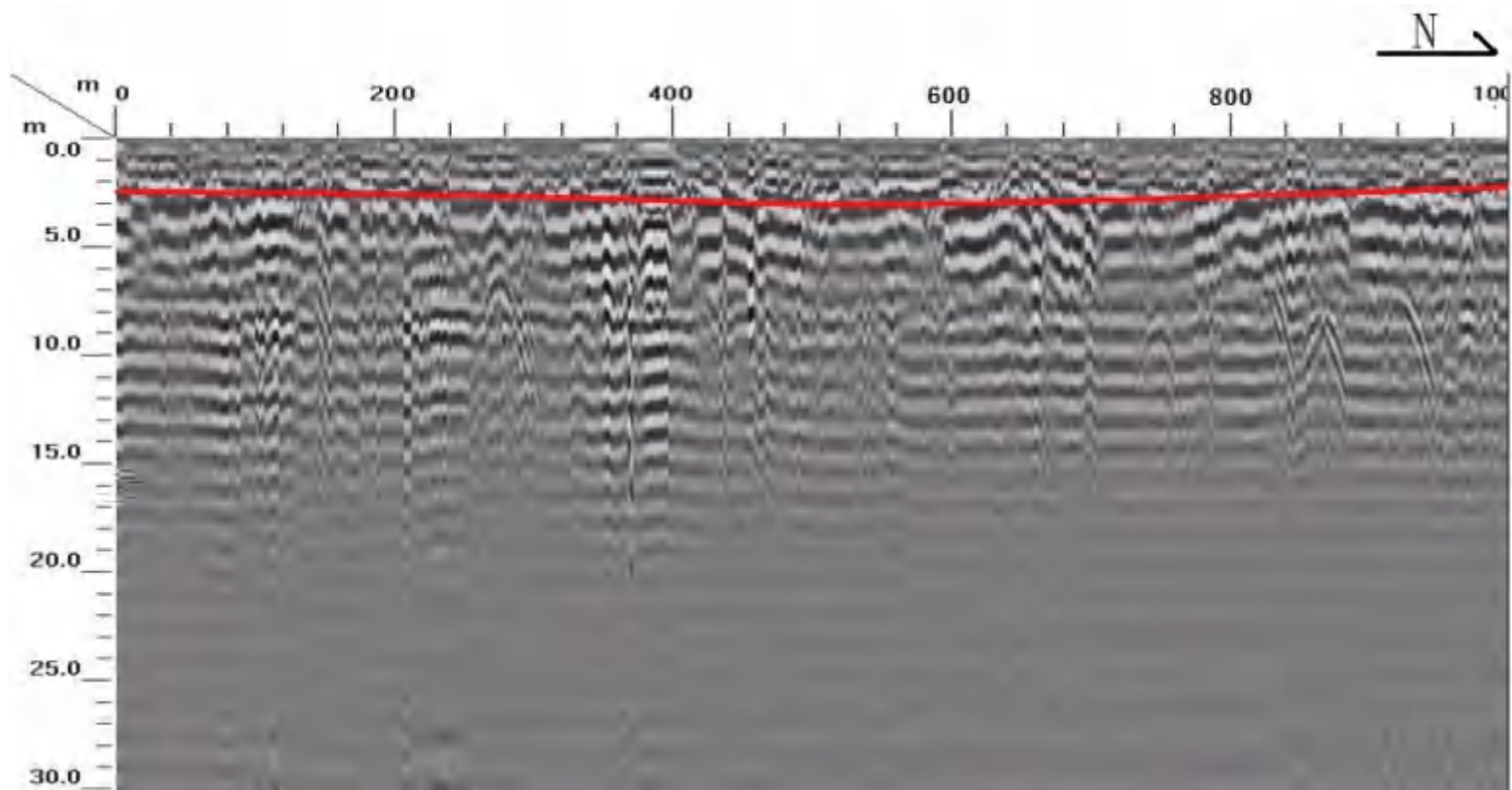


图 3.2.29 L9 测线剖面图

(10) L10 测线

L10 测线自北向南布设，总长度 2.1km，数据处理后的剖面解释图见 3.2.30，从剖面整体上看，雷达波总体反射强度较为稳定，测线沿途的地表干扰（路灯、红绿灯、车辆等），在剖面上形成明显的强振幅抛物线波形（图中黄色圈处），在处理中使用滤波方法对其进行了统一压制，以尽量减少其对剖面其余真实信号的影响。红线下方的波形相对稳定连续，未见明显的错动现象。

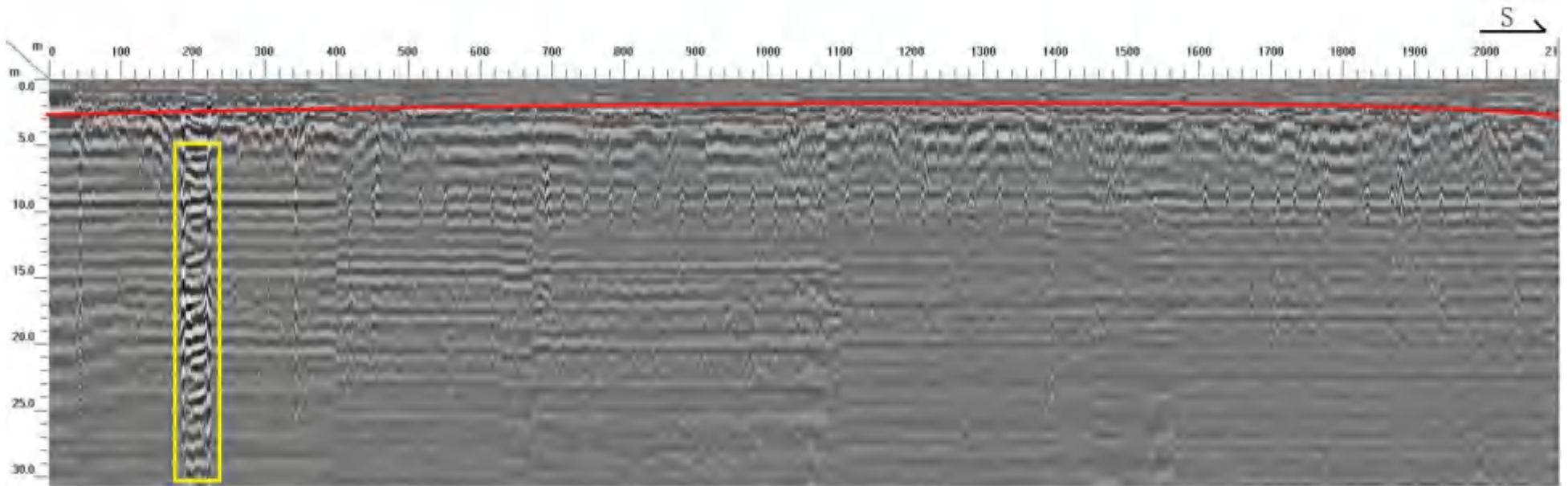


图 3.2.30 L10 测线剖面图

3.3 主要断层活动性鉴定

目标区东区及邻近地区无断裂穿过。建昌营断裂穿过目标区西区，该断裂的基本特征见表 3.3.1，其活动性鉴定描述如下。

表 3.3.1 主要断裂构造的基本特征表

编号	断裂名称	产状			断层性质	活动时代	与目标区距离 (km)
		走向°	倾向	倾角°			
F ₇	建昌营断裂	NEE	NNW	30-50	正断层	Q _{p1-2}	0

目标区西区内有建昌营断裂经过，建昌营断裂在该段活动时代为早中更新世。地质雷达测线 L2 在距测线起点 2400 米左右处出现同相轴不连续，错位的现象，推测为断层通过。结合区域地质资料分析，推断可能为建昌营断裂。地质雷达 L8 在距测线起点 370 米左右出现同相轴不连续、错位情况，断点两侧波形差异较大，推测为断层通过。结合区域地质资料分析，推断可能为建昌营断裂（图 3.3.1）。



图 3.3.1 目标区西区地质雷达解释成果图

中国地震应急搜救中心(2009)对该断裂进行了野外考察,在该断裂北段四道沟村西北约 2km 处有一采石场,揭露出断裂在中生代厚层灰岩中,存在一走向为 NWW 向与地表断层洼地一致的大型断裂带,断层倾向西,断面光滑呈波状,断层擦痕显示断层以正地层为主,并有少量的左旋走滑性质。在该出露剖面西南桃林口一带,断裂线性特征依然清晰可见,构成东侧基岩山地与西侧第四纪以来台地地面之间的界线;垂直断裂带有一采石场同样揭露出该断裂带,断裂带宽约 20m,断裂带中灰岩十分破碎并存在明显的铁质侵染,其上被晚更新世早期坡积物覆盖,无明显错断迹象,晚更新世以来的冲积和坡积层表面平整,无活动的微地貌证据,表明晚更新世以来无活动。综合分析,该断裂为早、中更新世断裂。

3.4 断层活动性综合评价

经目标区地质雷达勘探,并结合前人工作资料综合分析,目标区东区内未发现断裂活动;目标区西区内有建昌营断裂穿过西南角,其最新活动时代为早中更新世。

第四章 场地地震工程地质条件勘测

场地地震工程地质条件评价是场地地震安全性评价工作的重要内容。本章通过对场地资料收集、野外调查、工程地质钻探、钻孔土层剪切波速测试和土层动三轴试验工作，综合地形地貌、岩土类型及组合、第四系厚度、场地类别等因素对场地地质单元进行了分区，评价了场地工程地质条件。通过地震地质野外考察和地球物理勘探，对场地及其附近存在断裂及其活动性进行了深入细致的研究。

4.1 场地勘探与分区

4.1.1 各地块场地概述

为完成本项目场地地震工程地质条件勘测，收集了《河北省城市活断层探测与地震危险性评价》（秦皇岛市）（北京吉奥星地震工程勘测研究院，2013）在秦皇岛经济技术开发区周边地区开展的地震安全性评价项目资料以及石油部门、地质调查单位在目标区及周边地区开展的钻探、物探等工作基础资料，掌握了该项目目标区及其附近的钻孔、地层剖面、工程地质、水文地质、地形地貌和地质构造基础资料。

秦皇岛经济技术开发区隶分为东区和西区两个部分，目标区现状为已落成的工厂企业、已征用的待建地块和农田等。通过现场踏勘，基本查明了区内的工程地质、水文地质、环境地质条件等；此外，我中心在场区内完成增加了钻探与波速测试工作，为本次报告编写提供了大量资料。

4.1.2 地形地貌、水文地质、工程地质概况

目标区场地分为两个区段，东区位于山海关区东侧渤海乡附近，西区位于秦皇岛海市经济技术开发区管理委员会附近，两区段地形起伏较大，东区地貌单元属于剥蚀残丘，西区地貌单元属于冲洪积平原。

4.1.3 水文地质与地下水

目标区场地在钻探深度范围内，西区各钻孔均见地下水，初见水位埋深 2.0~4.5m，稳定水位埋深 1.2~3.7m，标高 9.63~35.72m，属基岩裂隙水和上层滞水，东区初见水位埋深 2.5~7.5，稳定水位埋深 1.8~7.0m，标高 6.08~59.08m，属孔隙潜水、基岩裂隙水和上层滞水，孔隙潜水主要埋藏于各砂层中；地下水补给来源主要为大气降水及区域迳流，以蒸发和侧向迳流为排泄方式。

目标区场地丰水期在 6~9 月，一般至 8 月下旬地下水位达最高值，枯水期间最低水位约在每年的 5 月。地下水位年变化幅度约为 1.0m 左右。从秦皇岛市气象局搜集相关资料知：历史最高水位 12.5m（1998 年），近 3-5 年最高地下水位 11.3m（2017 年）。

4.1.4 各地块场地勘探工作布置及实施

（1）各地块场地钻孔布置

首先在调查、收集、整理各地块场地工程地质、水文地质、地形地貌、地质结构资料的基础上，勾绘了各地块地层岩性特征。为了查明各地块场地第四系覆盖区的地层结构，本次在覆盖区实施地震工程地质钻探，根据地震安全性评价设计要求严格按照中震防函〔2019〕21号文关于钻孔间距以及设定场点所需要的控制性钻孔要求以及冀震函〔2021〕15号文关于目标区边界场点对钻孔的要求。结合已掌握的目标区工程地质资料，同时考虑到场地的现有条件，该项目布置地震波速测试钻孔86个（东区21个，西区65个），根据钻探工作技术要求，钻探深度定14-45米（至少进入中风化1m），本次钻探工作总进尺为2557.60米。其中典型钻孔32个；钻孔布置的位置在能够完整反映场地工程地震地质条件的前提下尽可能在场地均匀分布，相邻的钻孔之间距离不大于700米，确保目标区内任意一点700米范围内至少有2个钻孔。考虑到目标区以往的工作经验，波速测试深度定为剪切波速不小于500m/s。土工试验取样坚持按层取样与按深度取样相结合的原则，保证不重样、不漏样，数目与位置视具体工作情况而定。各地块场地钻孔布置见图4.1.1。

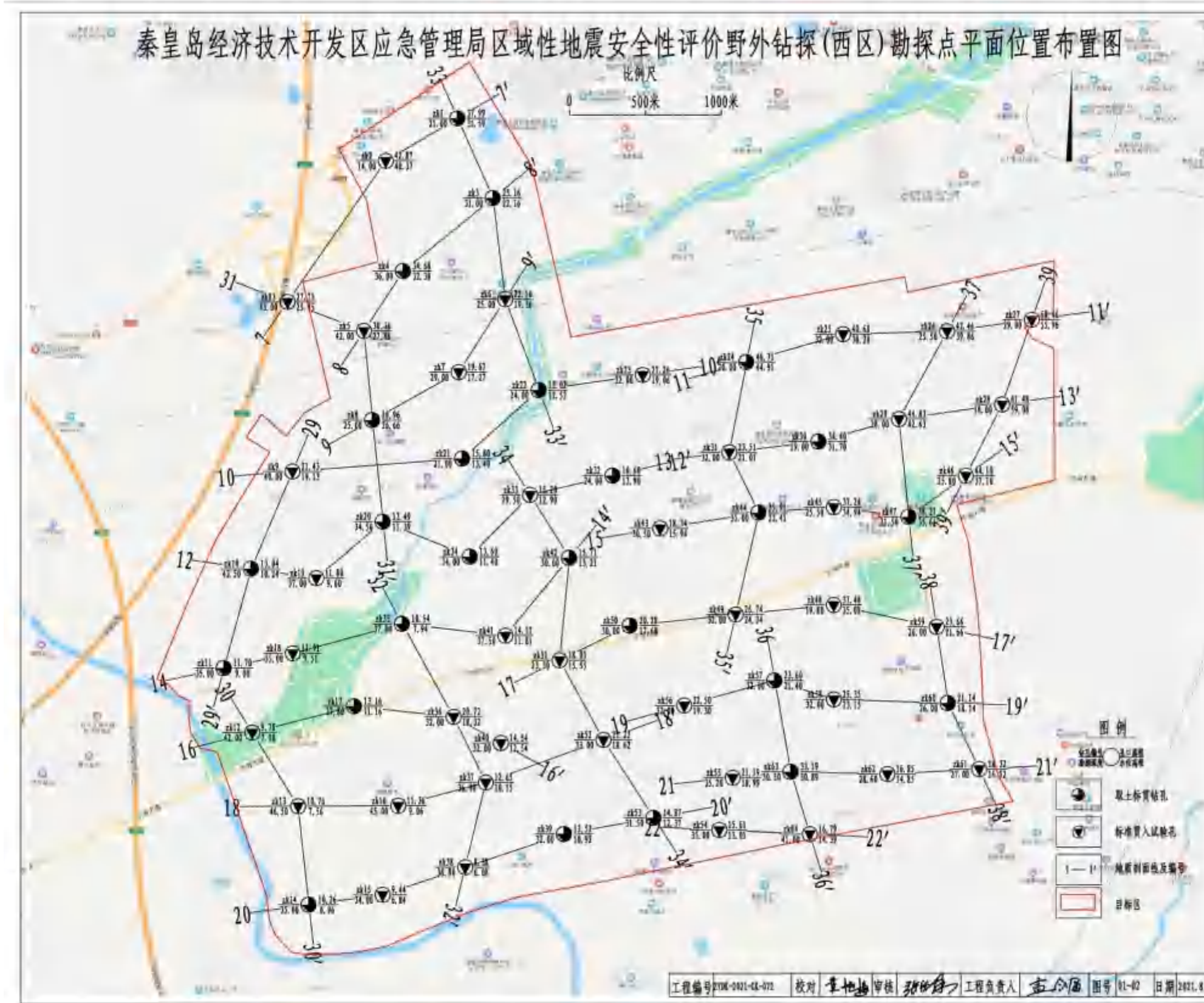


图 4.1.1A 目标区(西区)钻孔布置

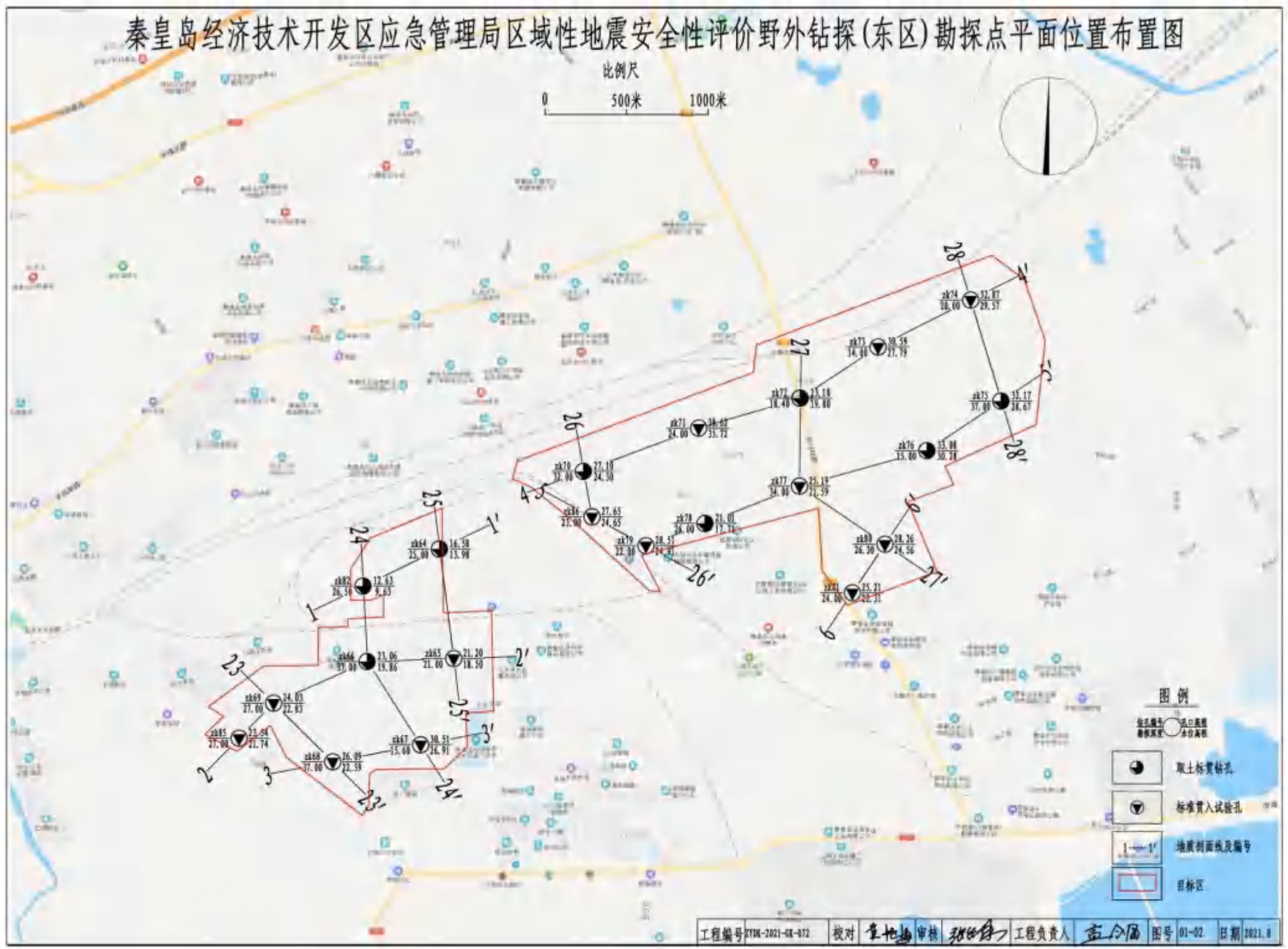


图 4.1.1B 目标区（东区）钻孔布置

(2) 各地块场地现场钻探施工及工作量

本次现场钻探孔采用履带式钻机成孔，采用标准贯入试验手段对深度 30 米以上粉土、砂土地层进行标贯试验，并在钻孔中采取土试样。具体施工过程与要求如下：

(1) 钻探施工共投入 XY-180 型钻机 3 台。地下水位以上采用干法钻进，地下水位以下采用泥浆护壁回转钻进；

(2) 现场原状土试样的采取，采用薄壁取土器静力连续压入取土法，原状土样质量等级 I 级；扰动土试样采用标准贯入取土器取土，塑料袋密封；

(3) 标准贯入试验采用自动脱钩落锤装置，操作严格遵守《岩土工程勘察规范》；

(4) 室内常规土工试验与土动力学试验严格遵守《土工试验方法标准》；

(5) 场地钻探点采用导航仪预放点，再用 GPS(RTK)精确放点；

(6) 钻孔勘探现场施工与波速测试过程见后附《钻探施工照片一组》。

项目共完成钻孔 86 个，其中东区钻孔 21 个，西区钻孔 65 个，根据钻探工作技术要求，钻探深度定 14-45 米（至少进入中风化 1m），本次钻探工作总进尺为 2557.60 米。其中典型钻孔 32 个，孔号分别为东区 8 个（zk64、zk66、zk70、zk72、zk75、zk76、zk78、zk82），西区 24 个（zk1、zk4、zk8、zk10、zk11、zk14、zk17、zk20、zk21、zk22、zk24、zk30、zk32、zk34、zk35、zk39、zk42、zk44、zk47、zk50、zk53、zk57、zk60、zk63），其钻孔编号及经纬度坐标见下表 4.1.1。

表 4.1.1A 目标区（西区）各钻孔经纬度坐标一览表

孔号	经度 (E)	纬度(N)	孔号	经度 (E)	纬度(N)
zk1	119.39763036	39.92098135	zk34	119.39881776	39.89501715
zk2	119.39210914	39.91843210	zk35	119.39362423	39.89101052
zk3	119.40040416	39.91627663	zk36	119.39762313	39.88551377
zk4	119.39351762	39.91191097	zk37	119.40013622	39.88163811
zk5	119.39051639	39.90834880	zk38	119.39859299	39.87660918
zk6	119.40138588	39.91028343	zk39	119.40621649	39.87861592
zk7	119.39784221	39.90594714	zk40	119.40127640	39.88398390
zk8	119.39122294	39.90306913	zk41	119.40156839	39.89034826
zk9	119.38508201	39.89998973	zk42	119.40646946	39.89498918
zk10	119.38195997	39.89421330	zk43	119.41344339	39.89676150
zk11	119.37991835	39.88831050	zk44	119.42104428	39.89773823
zk12	119.38211786	39.88450647	zk45	119.42680868	39.89809446
zk13	119.38568930	39.88015788	zk46	119.44010175	39.89889737
zk14	119.38657744	39.87432300	zk47	119.43259565	39.89755059
zk15	119.39225284	39.87494177	zk48	119.42685022	39.89229228

zk16	119.39340252	39.88022362	zk49	119.41930496	39.89169156
zk17	119.38997981	39.88610158	zk50	119.41117565	39.89099307
zk18	119.38520131	39.88921660	zk51	119.40576013	39.88891083
zk19	119.38697520	39.89367876	zk52	119.40917937	39.88420875
zk20	119.39209172	39.89705764	zk53	119.41310358	39.87961193
zk21	119.39818027	39.90082710	zk54	119.41814620	39.87891690
zk22	119.40404583	39.90491432	zk55	119.41915575	39.88201663
zk23	119.41202468	39.90584809	zk56	119.41538130	39.88627919
zk24	119.42002607	39.90666104	zk57	119.42234904	39.88779691
zk25	119.42743357	39.90834755	zk58	119.42690513	39.88669596
zk26	119.43545724	39.90855547	zk59	119.43478601	39.89103212
zk27	119.44197261	39.90926999	zk60	119.43572174	39.88652558
zk28	119.43972377	39.90423825	zk61	119.43814158	39.88262298
zk29	119.43178781	39.90333449	zk62	119.43106820	39.88229543
zk30	119.42562783	39.90197967	zk63	119.42363361	39.88239519
zk31	119.41873099	39.90129724	zk83	119.39881776	39.89501715
zk32	119.40977012	39.89987614	zk84	119.39362423	39.89101052
zk33	119.40340301	39.89870134			

表 4.1.1B 目标区（东区）各钻孔经纬度坐标一览表

孔号	经度 (E)	纬度(N)	孔号	经度 (E)	纬度(N)
zk64	119.79682285	40.00646350	zk75	119.83716038	40.01469995
zk65	119.79783794	40.00041309	zk76	119.83184232	40.01195485
zk66	119.79164929	40.00023778	zk77	119.82266161	40.00997436
zk67	119.79547734	39.99564550	zk78	119.81590365	40.00790569
zk68	119.78916052	39.99469847	zk79	119.81163206	40.00666590
zk69	119.78490878	39.99793052	zk80	119.82880814	40.00677488
zk70	119.80715870	40.01077223	zk81	119.82647603	40.00409134
zk71	119.81540662	40.01317155	zk82	119.79134089	40.00440717
zk72	119.82272232	40.01483681	zk85	119.78243351	39.99598503
zk73	119.82828709	40.01767002	zk86	119.80775357	40.00825881
zk74	119.83493484	40.02027117			

4.1.5 场地地层及岩性特征

目标区东西两个区距离较远，地层结构差异较大，跨越不同地貌单元，根据勘察结果，在钻探深度范围内本工程按地质结构划分为两区段，每区段依据岩性、

年代成因、按工程地质分层自上而下可分层，现就各段地层分述如下：

东区：由钻孔 zk1~zk63、zk83、zk84 控制

本次勘察在钻探深度范围内，其主要岩性为素填土、杂填土、粉质黏土、砂质黏性土、全风化混合花岗岩、强风化混合花岗岩、强风化泥质砂岩、中等风化混合花岗岩。根据地层的埋藏条件、岩性特征和物理力学性质指标，将场地土自上而下分为 6 个标准层，2 个亚层，现分述如下：

①素填土 (Q4ml)：黄褐色，松散，稍湿，主要由黏性土、砂和少量风化岩碎屑等组成。层厚 0.5~7.9m。分布范围：大部分钻孔。

①1 杂填土 (Q4ml)：杂色，松散，稍湿，主要由黏性土、砂、建筑垃圾等组成。层厚 1.0~1.9m。分布范围：见于钻孔 zk64、zk66、zk67、zk69、zk85。

②粉质黏土 (Q4al)：黄褐色，可塑-硬塑，含砂粒。层顶标高 12.13~22.30m，层厚 1.1~4.1m。分布范围：见于钻孔 zk64、zk72、zk82。

③砂质黏性土 (Q3el)：黄褐色，硬塑，为风化岩产物，组织结构全部破坏，矿物成分已风化，矿物成分长石、石英、云母，层顶标高 27.26~31.68m，层厚 1.7~2.9m。分布范围：见于钻孔 zk76、zk80。

④全风化混合花岗岩 (Ar)：黄褐色;结构构造已破坏，矿物成分大部分风化呈土状，主要矿物成分长石、石英、云母等，岩芯呈碎砂状，属极软岩，岩体基本质量等级为 V 级。层顶标高 13.68~37.82m，层厚 0.7~2.1m。分布范围：大部分钻孔。

⑤强风化混合花岗岩 (Ar)：黄褐色，中粗粒结构，块状构造，主要矿物成份长石、石英、云母，岩芯呈砂土-碎块状，局部夹石英岩脉，属软岩，岩体基本质量等级为 V 级。层顶标高 8.03~36.32m，层厚 2.8~34.0m。分布范围：所有钻孔。

⑤1 强风化泥质砂岩 (Ar)：黄褐色;细粒结构，泥状构造，主要矿物成分长石、石英、粉土等，节理裂隙发育，岩芯呈碎块状-短柱状，岩芯锤击易碎、声音黯哑，属软岩，岩体基本质量等级为 V 级。层顶标高 24.31m，层厚 16.10m。分布范围：仅见于钻孔 zk79。

⑥中等风化混合花岗岩 (Ar)：黄褐色;中粗粒结构，块状构造，主要矿物成分长石、石英、云母等，节理裂隙发育，岩芯呈碎块状及短柱状，一般节长 3-15cm，最大节长 35cm,锤击声脆，属较硬岩，岩体基本质量等级为 V~IV 级。该层均有揭露且未揭穿，揭露厚度 1.0~3.3m，层顶高程-12.34~21.38m。

西区：由钻孔 zk64~zk82、zk85、zk86 控制

本次勘察在钻探深度范围内，其主要岩性为素填土、杂填土、粉质黏土、中粗砂、砂质黏性土、全风化混合花岗岩、全风化混合花岗片麻岩、强风化混合花岗岩、强风化混合花岗片麻岩、中等风化混合花岗岩、中等风化混合花岗片麻岩、中等风化角砾岩。根据地层的埋藏条件、岩性特征和物理力学性质指标，将场地土自上而下分为 7 个标准层，7 个亚层，现分述如下：

①素填土 (Q4ml)：黄褐色，松散，稍湿，主要由黏性土、砂和风化岩碎屑等组成。层厚 0.5~9.1m。分布范围：大部分钻孔。

①1 杂填土 (Q4ml): 杂色, 松散, 稍湿, 主要由黏性土、砂、建筑垃圾等组成。层厚 1.5~9.1m。分布范围: 部分钻孔。

②粉质黏土 (Q4al): 黄褐色, 可塑-硬塑, 含砂粒。层顶标高 2.18~29.86m, 层厚 0.7~11.6m。分布范围: 大部分钻孔。

②1 中粗砂 (Q4al+pl): 黄褐色, 湿-饱和, 稍密-中密, 颗粒不均匀, 成分长石、石英, 层顶标高 5.14~11.14m, 层厚 0.9~6.8m。分布范围: 见于钻孔 zk11、zk12、zk15、zk40。

③中粗砂 (Q4al+pl): 黄褐色, 湿-饱和, 稍密-中密, 颗粒不均匀, 成分长石、石英, 层顶标高-5.06~21.16m, 层厚 0.7~10.5m。分布范围: 大部分钻孔。

③1 粉质黏土 (Q4al): 黄褐色, 硬塑, 含砂粒。层顶标高-2.16~-0.04m, 层厚 1.4~2.9m。分布范围: 分布钻孔 zk14、zk15、zk16。

④砂质黏性土 (Q3el): 黄褐色, 硬塑, 为风化岩产物, 组织结构全部破坏, 矿物成分已风化, 矿物成分长石、石英、云母, 层顶标高-2.92~28.86, 层厚 0.5~5.1m。分布范围: 部分钻孔。

⑤全风化混合花岗岩 (Ar): 黄褐色, 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈碎砂状, 属极软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。层顶标高-7.36~42.07m, 层厚 0.6~3.2m。分布范围: 大部分钻孔。

⑤1 全风化混合花岗片麻岩 (Ar): 黄褐色, 结构构造基本破坏, 矿物成分大部分风化成土, 岩芯呈砂土状, 属极软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。层顶标高 8.19~36.74m, 层厚 0.7~3.9m。分布范围: 部分钻孔。

⑥强风化混合花岗岩 (Ar): 黄褐色, 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成份长石、石英、云母, 岩芯呈砂土-碎块状, 局部夹石英岩脉, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。层顶标高-9.16~57.96m, 层厚 1.5~35.5m。分布范围: 大部分钻孔。

⑥1 强风化混合花岗片麻岩 (Ar): 浅灰绿色, 细粒结构, 片麻状构造, 主要矿物成份长石、石英、云母, 岩芯呈砂土状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。层顶标高 1.8~46.21m, 层厚 2.6~32.8m。分布范围: 部分钻孔。

⑦中等风化混合花岗岩 (Ar): 黄褐色, 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及短柱状, 一般节长 3-15cm, 最大节长 35cm, 锤击声脆, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为 V~IV 级。该层大部分有揭露但未揭穿, 揭露厚度 1.0~4.0m, 层顶高程-34.44~44.48m。

⑦1 中等风化混合花岗片麻岩 (Ar): 灰白色, 粗粒结构, 片麻状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母, 岩芯呈碎块状-短柱状, 属较软岩, 岩体基本质量等级为 IV~V 级。该层部分有揭露但未揭穿, 揭露厚度 1.0~6.0m, 层顶高程-13.20~-25.36m。

⑦2 中等风化角砾岩 (Ar): 灰黑色, 中粗砾状结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 角砾径 10-15mm, 含量大于 50%, 岩芯呈碎块状及短柱状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为 V~IV 级。该层仅钻孔 zk53 有揭露但

未揭穿，揭露厚度 2.3m，层顶高程-14.33m。

上述各土层的空间分布情况，详见钻孔柱状图（图 4.1.2）及对应工程地质剖面（图 4.1.3），各岩土样品取样情况见表 4.12。

钻孔柱状图

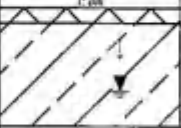
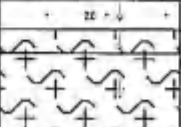

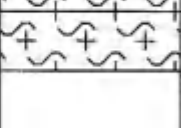

第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目																					
工程编号		ZYDK-2021-GK-072				钻孔编号		zk2															
孔口高程(m)		42.87		经度		E= 119.392109		开工日期		2021.7.2		稳定水位深度(m)	2.50										
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N= 39.918432		竣工日期		2021.7.2		测量水位日期	2021.7.3										
地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征		取	标贯	稳定水位	和												
①	Q ₄	42.87	2.89	0.02	+ + + + + + + + + + + + + + +	表土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、砂粒、植物根系等组成。																	
②		41.47	1.41	0.02	+ + + + + + + + + + + + + + +	全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级。																	
③	A ₁	38.87	12.00	18.61	+ + + + + + + + + + + + + + +	强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈砂土状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级。3.5-3.8米岩脉, 5.8米以下呈块状, 8.8-10.3米岩脉, 11.8米以下呈短柱状。																	
④		38.87	14.00	2.00	+ + + + + + + + + +	中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈短柱状及长柱状, 一般节长10-35cm, 属硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。																	
工程编号		ZYDK-2021-GK-072		校对		李艳		审核		张世		工程负责人		孟令		图号		03-02		日期		2021.8	

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称	秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目				
工程编号	ZYDK-2021-GK-072	钻孔编号	zk3	开工日期	2021.7.2
孔口高程(m)	25.16	经度	E=119.400404	稳定水位深度(m)	3.40
孔口直径(mm)	110.00	纬度	N=39.916277	竣工日期	2021.7.2
				测量水位日期	2021.7.3

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征	取 样	标贯 击数	稳定水位 P 水位日期
①	Q ₄ ^{al}	24.55	0.50	0.50	1:100 	表土: 黄褐色; 粘粉; 粘湿; 主要含黏性土、砂粒等组成。 粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等, 局部粉土。		1.01 -0.01 1.41-1.71 -0.01 2.70-3.40	▼ (1) 22.16 2021.7.3
②	Q ₄ ^{al}	21.16	4.03	3.50	22 	中粗砂: 黄褐色; 稍密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英。		0.00 -1.00 4.41-4.71 -0.00 5.49-5.79	
③	Q ₄ ^{al}	20.16	5.03	1.00		全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属极软岩, 岩体基本质量等级为V级。		-125.00 -1.00-1.31 -100.00 2.71-3.41	
④	A ₁	19.36	5.80	0.80		强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈砂土状及碎块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级。5.8-11.0米呈砂状, 11.0-29.0米呈碎块状-块状。			
⑤		-3.84	29.00	33.23		中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及短柱状, 属软硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。			
⑥		-5.84	31.00	2.00					

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭海	审核	张海涛	工程负责人	孟令国	图号	03-03	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk4								
孔口高程(m)		34.68		经度		E=119.393518		开工日期		2021.7.3		稳定水位深度(m)		2.30	
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N=39.911911		竣工日期		2021.7.3		测量水位日期		2021.7.4	
地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数	稳定水位 和 水位日期					
①	Q ₄	34.18	0.29	0.21	+34.18 +34.39	素填土:黄褐色;松散;稍湿;主要由黏性土、砂粒、风化岩碎屑等组成。		1	-16.00	稳定水位 和 水位日期 2021.7.4					
②		32.98	1.70	1.28	+34.39 +35.67	全风化混合花岗岩:黄褐色;结构构造已破坏,矿物成分大部分风化呈土状,主要矿物成分长石、石英、云母等,岩芯呈砂土状,属软岩,岩体基本质量等级为V级。		0.90-1.00	0.70-1.00						
③	A ₁				+35.67 +36.95 +38.23 +39.51	强风化混合花岗岩:黄褐色;中粗粒结构,块状构造,主要矿物成分长石、石英、云母等,风化强烈,裂隙发育,岩芯呈砂土状,属软岩,岩体基本质量等级为V级,8.5米以下呈碎块状,10.6-21.2米岩脉。		1	-41.00						
								3	3.70-4.00						
								4	-44.00						
								5	5.30-5.60						
④		33.91	34.68	31.90	+39.51 +40.79	中等风化混合花岗岩:黄褐色;中粗粒结构,块状构造,主要矿物成分长石、石英、云母等,节理裂隙发育,岩芯呈柱状及长柱状,一般节长10-30cm,属较硬岩,岩体基本质量等级为V-IV级。		1	-53.00						
⑤		-1.32	36.32	1.41	+40.79 +42.20			1	7.80-8.13						

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭海	审核	张明	工程负责人	孟令国	图号	03-04	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

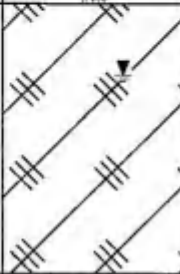
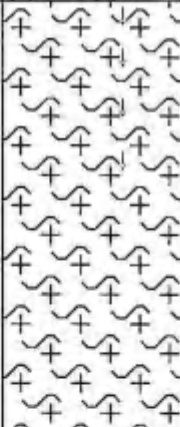
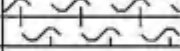
工程名称	秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目				
工程编号	ZYDK-2021-GK-072	钻孔编号	zk5		
孔口高程(m)	30.36	经度	E=119.390516	开工日期	2021.7.3
孔口直径(mm)	110.00	纬度	N=39.908349	竣工日期	2021.7.3
				稳定水位深度(m)	2.50
				测量水位日期	2021.7.4

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征	取 样	标贯 击数	初见水位 与 本层日期
①	Q ₄ ^{al}	29.86	0.50	0.50	+30.00 +29.86	表土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由粘土、粉质粘土、细砂等组成。			
②	Q ₄ ^{al}	28.86	1.00	1.00	+28.86	粉质粘土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等, 含砂粒。		+22.00 2.00-2.10	▼ 1127.86 2021.7.4
③	Q ₄ ^{al}	27.86	2.40	0.90	+27.86	砂质黏性土: 黄褐色; 硬塑; 为风化岩产物, 组织结构全部破坏, 矿物成分已风化。		+11.00 4.50-4.60	
④		25.36	5.20	1.80	+25.36	全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属较软岩, 岩体基本质量等级为V级。		+25.00 1.20-1.10	
⑤					+25.36	强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及柱状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级, 回弹较慢, 约1.5分钟/10cm, 30.3-30.7米为石英岩脉, 38.8-40.0米为发育岩脉。		+18.00 3.00-3.10	
⑥		-10.34	48.70	35.50	-10.34				
⑦		-11.84	47.00	1.50	-11.84	中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈柱状及柱状, 一般节长10-15cm, 锤击声脆, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。			

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭海	审核	张海涛	工程负责人	孟令国	图号	03-05	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图



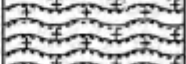


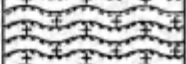
第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GK-072				钻孔编号		zk6							
孔口高程 (m)		22.16		经度		E=119.401386		开工日期		2021.7.3		稳定水位深度 (m)		2.60	
孔口直径 (mm)		110.00		纬度		N=39.910283		竣工日期		2021.7.3		测量水位日期		2021.7.4	
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数 (击)	稳定水位 中 水位日期					
①	Q ₄ ^{al}	13.06	9.10	3.10		杂填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、砂粒、碎石、建筑垃圾等组成。				▼Q119.36 2021.7.4					
②	A ₁	-1.84	24.00	14.98		强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及碎块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。			-125.00 5.00-7.98 -214.00 11.00-11.38 -258.00 12.70-13.00 -593.00 14.59-14.81						
③		-2.84	25.00	1.00		中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及短柱状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为 V-IV 级。									

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张	工程负责人	孟	图号	03-06	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	---	-------	---	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GK-072				钻孔编号		zk7							
孔口高程(m)		19.67		经度		E=119.397842		开工日期		2021.7.6		稳定水位深度(m)		2.40	
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N=39.905947		竣工日期		2021.7.6		测量水位日期		2021.7.7	
地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标 贯 击数	稳定水位					
①	Q ₄	18.17	1.50	1.50		素填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、砂粒、植物根系等组成。			-1.00	稳定水位 2021.7.7					
②		17.07	2.60	1.10		全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属极软岩, 岩体基本质量等级为V级。			4.70-1.00						
③	A ₂					强风化混合花岗岩片麻岩: 浅灰色; 中细粒结构, 片麻状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母, 岩芯呈砂土状及碎块状, 裂隙发育, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级, 6.5米以下碎块状, 钻进较慢, 23.5米以下为浅灰色碎块状。			1.70-1.00						
									0.50-0.20						
									2.80-1.10						
		-8.03	27.70	25.10		中等风化混合花岗岩: 浅灰色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈长柱状及短柱状, 长度10-25cm, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。			-1.00						
		-8.33	29.66	1.33					4.00-4.10						
④															

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张	工程负责人	孟	图号	05-07	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	---	-------	---	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GK-072				钻孔编号		zk8							
孔口高程(m)		28.96		经度		E=119.391223		开工日期		2021.7.4		稳定水位深度(m)		2.30	
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N=39.903669		竣工日期		2021.7.4		测量水位日期		2021.7.5	
地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数	稳定水位 = 水位日期					
①	Q ₄	27.86	1.18	1.10	1:200 	素填土: 黄褐色; 松散; 潮湿; 主要由黏性土、砂粒、风化石碎屑等组成。 强风化混合花岗岩: 黄褐色; 细粒结构, 片麻状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母, 岩芯呈碎块状及碎块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级, 8.0米以下灰褐色。		3.50-3.63	161	▼(1)26.66 2021.7.5					
②	A ₁	9.96	19.00	17.98		中风化混合花岗岩: 深灰色; 细粒结构, 片麻状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母, 岩芯呈碎块-短柱状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级, 夹煌斑岩脉。		21.60-21.91							

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李艳梅	审核	张作林	工程负责人	孟令国	图号	03-08	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

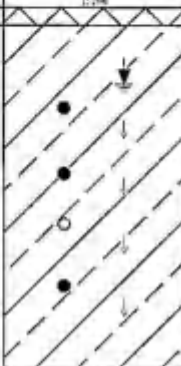

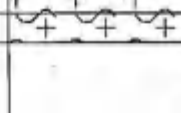
工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目							
工程编号		ZYDK-2021-GK-072		钻孔编号		zk9			
孔口高程(m)		21.43		经度		E=119.385982			
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N=39.899990			
				开工日期		2021.7.5			
				竣工日期		2021.7.5			
				稳定水位深度(m)		2.58			
				测量水位日期		2021.7.6			
地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征	取 样	标贯 击数 (次)	水位标高 m 测量日期
①	Q ₄	20.43	1.50	0.60		表土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由粘土、粉质粘土等组成。			
②	Q ₄	18.13	2.58	1.90		粉质粘土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无裂隙反应, 干强度及韧性中等, 含砂粒。		-9.88 1.50-1.90	▼(11)1.13 2021.7.6
③	Q ₄	14.03	3.48	0.90		砂质粉性土: 黄褐色; 硬塑; 为风化岩产物, 组织结构全部破坏, 矿物成分已风化。		1.90-1.30	
④		16.33	4.38	1.10		全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级。		-60.89 4.38-4.48	
⑤		13.43	4.88	1.50		强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级。		-75.89 6.10-6.10	
⑥		-17.37	38.60	32.68		强风化混合花岗岩: 黄绿色-灰黑色; 中粗粒结构, 片麻状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母, 岩芯呈碎块状及块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级。			
⑦		-21.37	46.00	1.40		中风化混合花岗岩: 暗灰色; 细粒变晶结构, 片麻状构造不明显, 主要矿物成分长石、石英等, 含铁质矿物, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及柱状, 锤击声脆, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。			

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张俊	工程负责人	孟令福	图号	03-09	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称	秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目				
工程编号	ZYDK-2021-GK-072	钻孔编号	zk10	开工日期	2021.7.6
孔口高程(m)	13.04	经度	E=119.381960	稳定水位深度(m)	2.80
孔口直径(mm)	110.00	纬度	N=39.894213	竣工日期	2021.7.6
				测量水位日期	2021.7.7

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征	取 样	标贯 击数 (blu)	孔底高程 + 孔口高程
①	Q ₄ ^{al}	12.44	0.00	0.60	1:200 	表粘土: 黄褐色; 粘粒; 稍湿; 主要由粘土、粉质粘土等组成。 粉质粘土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无层理反应, 干强度及韧性中等, 含铁质胶膜, 局部硬斑。	1 3.10-3.43 2 5.40-5.67 3 7.10-7.33 4 9.23-9.48	-0.00 2.09-2.38 -11.00 -4.10-4.43 -15.00 -2.00-2.33 -2.00 5.00-5.33 -2.00 14.19-14.43 -41.00 12.55-12.88 -158.00 15.40-15.74	孔底高程 + 孔口高程 110.24 2021.7.7
②	A ₁	0.84	12.20	11.60		全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。 强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。20.0-24.0米片麻岩层, 24.0米以下呈碎块状及短柱状, 锤击可断, 26.5米以下红褐色。			
③		-23.46	42.52	25.50		中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及短柱状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V-IV 级。			

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	董地地	审核	张世峰	工程负责人	孟令国	图号	03-10	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GK-072				钻孔编号		zk11							
孔口高程(m)		11.70		经度		E=119.379918		开工日期		2021.7.9		稳定水位深度(m)		2.70	
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N=39.888311		竣工日期		2021.7.9		测量水位日期		2021.7.10	
地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标 贯 击 数	稳定水位 # 水位日期					
①	Q ⁴	11.20	8.70	0.50		素填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由粉土、粉质黏土等组成。 粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等。			+0.00 1.40-1.70	稳定水位 # 2021.7.10					
②	Q ⁴	8.30	3.40	2.90		中粗砂: 黄褐色; 松散; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英。 粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等, 含砂粒。			+12.00 3.50-7.00 4.50-4.00						
③	Q ⁴	7.40	4.30	0.90		中粗砂: 黄褐色; 稍密-中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英, 11.1-11.4米夹粉黏土层, 15.4米以下含砾砂。			+13.00 7.20-7.30 9.00-9.30						
④	Q ⁴	5.70	6.00	1.70					+13.00 11.10-11.40						
⑤	Q ⁴								+18.00 8.00-9.30						
⑥	Q ⁴								+13.00 11.10-11.40						
⑦	Q ⁴								+28.00 11.50-11.60						
⑧	Q ⁴								+15.00 15.10-15.30						
⑨	A ₁	-4.80	15.50	16.50		全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分为长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属极软岩, 岩体基本质量等级为V级。 强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分为长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级, 19.0-19.7米岩层。			+4.00 16.70-17.00 +61.00 18.00-18.30						
⑩	A ₁	-5.50	17.20	0.70					+15.00 20.00-20.50						
⑪	A ₁	-22.00	33.70	16.50											
⑫	A ₁	-23.30	35.00	1.70		中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分为长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及柱状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。									
⑬	A ₁														

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张永	工程负责人	孟令国	图号	03-11	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称	秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目				
工程编号	ZYDK-2021-GK-072	钻孔编号	zk12		
孔口高程(m)	9.78	经度	E=119.382118	开工日期	2021.7.8
孔口直径(mm)	110.00	纬度	N=39.884506	竣工日期	2021.7.8
				稳定水位深度(m)	1.80
				测量水位日期	2021.7.9

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征	取 样	标贯 击数 (击)	稳定水位 + 水位日期
①	Q ₄ st	8.98	0.80	8.18	1.100	素填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、砂粒、风化岩碎屑等组成。		<1.00	▼(1)7.98
②	Q ₄ st	2.18	7.00	4.82	1.100	中粗砂: 黄褐色; 稍密-中密; 饱和; 颗粒不均匀; 主要矿物成分为长石、石英, 3.3-4.4米混黏性土成分, 局部夹粉砂层, 4.5-5.2米灰褐色, 5.2米以下含砾砂层。		1.50-1.80 <1.00 3.10-3.40 <3.00 5.10-5.50 <7.00 3.00-3.50	2021.7.9
③	Q ₄ st	-2.92	12.78	9.86	1.100	粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无揉皱反应, 干强度及韧性中等, 含砂粒。		<5.00 5.10-9.40 <5.00 11.10-11.40	
④	Q ₄ st	-4.02	14.48	10.46	1.100	砂质黏性土: 黄褐色; 硬塑; 为风化岩产物, 组织结构全部破坏, 矿物成分已风化。		<18.00 15.00-13.50	
⑤	K ₁	-5.72	15.58	10.86	1.100	全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属极软岩, 岩体基本质量等级为V级。		<45.00 35.10-15.20	
⑥		-31.02	49.88	25.50	1.100	强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级, 25.3-25.9米、29.0-30.4米、33.9-34.2米岩层。		<150.00 17.10-17.50	
⑦	K ₁	-32.22	47.08	15.20	1.100	中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈短柱状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。			
⑧									

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张作	工程负责人	孟令国	图号	03-12	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称 秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目											
工程编号 ZYDK-2021-GK-072				钻孔编号 zk13							
孔口高程 (m)		10.76	经度		E=119.785689	开工日期		2021.7.19	稳定水位深度 (m)		3.20
孔口直径 (mm)		110.00	纬度		N=39.880158	竣工日期		2021.7.19	测量水位日期		2021.7.20
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数	稳定水位 和 水位日期	
①	Q ⁴ _{al}	19.95	3.79	6.76	1:100 	表壤土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、细砂等组成。			101		
②	Q ⁴ _{al}	5.58	5.20	4.38		粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无盐渍反应, 干强度及韧性中等, 含砂粒, 4.5-5.2米灰褐色。			+6.00 1.30-1.80 +5.00 3.10-3.60 +6.00 4.50-4.80 +12.00 6.10-6.40 +22.00 6.90-6.30 +23.00 10.10-10.40 +25.00 12.30-12.60	▼(1)7.56 2021.7.20	
③	Q ⁴ _{al}	-2.94	17.60	7.60		中粗砂: 黄褐色; 稍密-中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英, 含少量小砾石, 7.0米以下粗砂。			+12.00 6.10-6.40 +22.00 6.90-6.30 +23.00 10.10-10.40 +25.00 12.30-12.60		
④	Q ⁴ _{al}	-4.44	15.20	2.40		砂质黏性土: 黄褐色; 硬塑; 为风化岩产物, 组织结构全部破坏, 矿物成分已风化, 矿物成分长石、石英、云母。			+45.00 16.00-15.30 +725.00 18.00-18.30 +188.00 24.00-24.30		
⑤	K ₁	-5.24	16.50	1.30		全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属极软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。					
⑥		-34.44	43.20	28.70		强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及块状, 属软岩; 岩体基本质量等级为 V 级, 37.0米以下进尺较慢。					
⑦		-35.74	45.50	1.30		中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及柱状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为 V-IV 级。					

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张明	工程负责人	孟令国	图号	03-13	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk14								
孔口高程(m)		10.26		经度		E=119.386577		开工日期		2021.7.21		稳定水位深度(m)		3.30	
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N=39.874323		竣工日期		2021.7.21		测量水位日期		2021.7.22	
地层编号	时代成因	层底高程	层底深度	分层厚度	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数	稳定水位					
①	Q ⁴	8.55	0.75	1.78		素填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由粉土、细砂等组成。 粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等, 含砂粒, 5.3-7.0米灰褐色, 8.4-8.7米夹中粗砂薄层。		1 2.45-3.65	1 1.86-1.30	稳定水位 标高: 6.96 日期: 2021.7.22					
②	Q ⁴	-0.24	14.50	3.88				2 5.46-5.90							
③	Q ⁴ ml	-2.24	12.45	1.98		中粗砂: 黄褐色; 中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英、黏粉土成分。		3 11.40-11.10	2 11.00-11.30						
④	Q ⁴	-3.54	12.80	1.40		粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等。		4 12.80-13.00	3 12.70-13.00						
⑤	Q ⁴ ml					中粗砂: 黄褐色; 中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英, 含砾石薄层。		5 14.20-14.40	4 14.20-14.50						
⑥		-6.94	17.20	3.40				6 15.20-16.60	5 15.20-16.60						
⑦		-8.24	18.50	1.30		全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属较软岩, 岩体基本质量等级为V级。 强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及块状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为V级, 21.6-22.7米, 27.0-27.3米, 28.0-29.3米岩脉。		7 18.00-18.20	6 17.70-18.00						
⑧		-23.14	33.40	14.95				8 26.50-28.70	7 26.50-28.70						
⑨		-24.74	35.00	1.60		中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及短柱状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。		9 34.40-35.00	8 34.40-35.00						

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张世林	工程负责人	孟令国	图号	03-14	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称 秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目									
工程编号 ZYDK-2021-GK-072					钻孔编号 zk15				
孔口高程 (m) 9.44			经度 E=119.392253		开工日期 2021.7.22		稳定水位深度 (m) 2.60		
孔口直径 (mm) 110.00			纬度 N=39.874942		竣工日期 2021.7.22		测量水位日期 2021.7.22		
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征	取 样	标贯 击数 (s)	稳定水位 如 未定日期
①	Q ⁴	7.44	1.00	2.38		素填土: 黄褐色; 块状; 稍密; 主要由粉土、粉质黏土、细砂等组成。		-12.93	▼ (1)6.84 2021.7.22
①	Q ⁴	5.14	4.30	2.38		粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等, 含砂粒, 含粉土薄层。		1.18-1.40	
①	Q ⁴ ml	4.24	5.18	0.98		中粗砂: 黄褐色; 稍密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英, 含黏性土成分。		-9.40	
①	Q ⁴					粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等, 含砂粒。		-12.00	
①	Q ⁴	-0.38	19.99	4.88		中粗砂: 黄褐色; 中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英。		4.18-4.90	
①	Q ⁴ ml	-2.16	11.69	1.09		粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等, 12.6-12.9米夹中砂薄层。		-7.40	
①	Q ⁴	-5.06	14.58	3.99		中粗砂: 黄褐色; 中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英。		4.18-4.30	
①	Q ⁴ ml	-7.36	16.88	3.28		中粗砂: 黄褐色; 中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英。		-5.00	
②		-9.16	18.68	1.88		全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。		11.10-13.40	
③	A ₁					强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。		-29.88	
④		-32.86	32.10	19.79		中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及短柱状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V-IV 级。		-167.00	
⑤		-34.56	34.00	1.70		中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及短柱状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V-IV 级。		14.00-15.00	
⑥								-167.00	
⑦								24.00-24.30	

工程编号 ZYDK-2021-GK-072 校对 李地海 审核 张世伟 工程负责人 孟令国 图号 03-15 日期 2021.8

钻孔柱状图


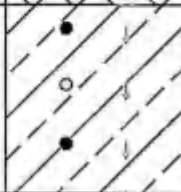
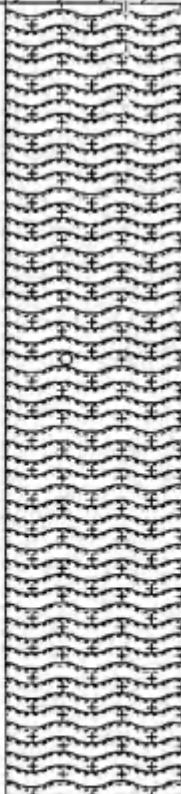
第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk16								
孔口高程(m)		11.36		经度		E=119.393403		开工日期		2021.7.23		稳定水位深度(m)		2.30	
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N=39.880224		竣工日期		2021.7.23		测量水位日期		2021.7.23	
地层编号	时代成因	层底高程	层底深度	分层厚度	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标 贯 击 数	水位					
①	Q ⁴	10.26	1.00	1.00		素填土: 黄褐色; 粘粉; 稍湿; 主要由粉土、风化岩屑等组成。			10.00	稳定水位					
②	Q ⁴	2.66	8.50	7.50		粉质粘土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无溶蚀反应, 干强度及韧性中等, 局部含砂粒, 7.5-7.9米夹中砂薄层。			-2.00 1.60-1.90 -5.00 5.10-5.30 -5.00 5.10-5.40 -7.00 7.00-7.30	1119.66 2021.7.23					
③	Q ⁴	-3.24	13.40	2.30		中粗砂: 黄褐色; 中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英, 粘粒性土成分。			-27.00 5.10-9.40						
④	Q ⁴	-2.84	14.30	2.00		粉质粘土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无溶蚀反应, 干强度及韧性中等, 含砂粒。			-2.00 11.00-11.90 -5.00 13.50-13.80						
⑤	Q ⁴	-3.24	15.30	1.20		中粗砂: 黄褐色; 中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英, 含少量小砾石。			-21.00 15.00-15.30 -10.00 16.10-16.40						
⑥	A ₁	-32.34	41.70	27.70		全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属极软岩, 岩体基本质量等级为V级。			-107.00 19.00-19.30						
⑦	A ₂	-33.44	43.00	7.30		中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 裂隙较发育, 岩芯呈碎块状及柱状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。									

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张海涛	工程负责人	孟令国	图号	03-16	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目									
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk17				
孔口高程(m)		13.16		经度		E=119.389980	开工日期	2021.7.11	稳定水位深度(m)		2.00
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N=39.886102	竣工日期	2021.7.11	测量水位日期		2021.7.12
地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征	取 样	标贯 击数 (击)	稳定水位 和 水位日期		
①	Q ₄ ^{al}	13.16	2.00	1.00		素填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、砂粒、建筑垃圾等组成。			▼ (1) 11.16 2021.7.12		
②	Q ₄ ^{al}					粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无缩裂反应, 干强度及韧性中等, 7.5米以下含砂。	1 2.00-2.81	-5.00 3.00-3.21			
		4.76	3.48	6.40			2 4.50-6.71	-6.00 4.00-5.21			
							3 6.50-8.71	-8.00 6.00-7.21			
③	K ₁					强风化混合花岗岩片麻岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 片麻状构造, 主要矿物成份长石、石英、云母; 岩芯呈碎块状及碎块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级。		-11.00 8.00-9.21 -13.00 12.00-13.21 -20.00 11.00-12.21			
		-22.84	36.83	27.66			4 10.20-21.36				
④		-24.64	37.81	1.81		中风化混合花岗岩片麻岩: 灰白色; 中粗粒结构, 片麻状构造, 主要矿物成份长石、石英、云母; 岩芯呈碎块-柱状, 一般节长10cm, 属软岩, 岩体基本质量等级为IV-V级。					

工程编号 ZYDK-2021-GK-072 校对 李旭 审核 张海涛 工程负责人 孟令国 图号 03-17 日期 2021.8

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页




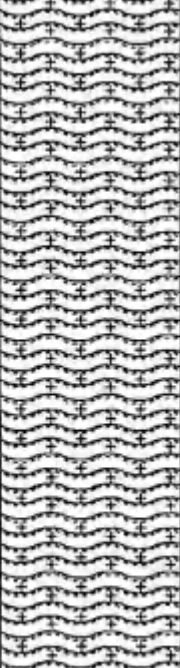


工程名称	秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目				
工程编号	ZYDK-2021-GK-072	钻孔编号	zk18		
孔口高程(m)	11.91	经度	E=119.385701	开工日期	2021.7.7
孔口直径(mm)	110.00	纬度	N=39.889217	竣工日期	2021.7.7
				稳定水位深度(m)	2.40
				测量水位日期	2021.7.8

地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征	取 样	标贯 击数 (s)	稳定水位 和 水位日期
①	Q ₄ ^{al}	18.91	1.00	1.92	+18.91	表土:黄褐色;松散;稍湿;主要由黏性土、粗砂等组成。			
②	Q ₄ ^{al}	5.21	6.70	5.78	+5.21	粉质黏土:黄褐色;可塑-硬塑;切面光滑,无显著反应,干强度及韧性中等。		-19.80 3.60-2.30	▼(1)9.51 2021.7.8
③	Q ₄ ^{al}	3.51	8.40	1.78	+3.51	中粗砂:黄褐色;中密;级配不均,主要矿物成分为长石、石英、含黏性土成分。		-8.00 4.30-4.00	
④	A ₁	0.31	11.88	3.38	+0.31	全风化混合花岗岩:黄褐色;结构构造已破坏,矿物成分大部分风化呈土状,主要矿物成分长石、石英、云母等,岩芯呈砂土状,属较软岩,岩体基本质量等级为V级。		-19.80 7.50-7.00 +1.00 8.70-8.00	
⑤		-21.88	33.88	33.32	-21.88	强风化混合花岗岩:黄褐色;中粗粒结构,块状构造,主要矿物成分长石、石英、云母等,风化强烈,裂隙发育,岩芯呈碎块状及块状,属软岩,岩体基本质量等级为V级,16.4-22.0米片麻岩岩层,26.0米以下进尺较慢,岩芯局部呈柱状。		-42.00 11.60-11.30 -84.00 11.60-11.30	
⑥		-23.89	35.88	1.22	-23.89	中等风化混合花岗岩:黄褐色;中粗粒结构,块状构造,主要矿物成分长石、石英、云母等,节理裂隙发育,岩芯呈柱状及短柱状,锤击声脆,属较硬岩,岩体基本质量等级为V-IV级。		-118.00 18.80-18.30	

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张俊	工程负责人	孟令国	图号	03-18	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

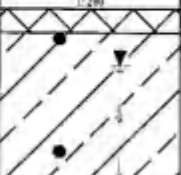

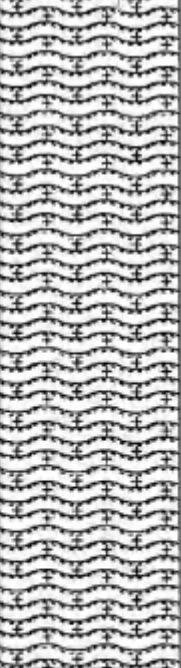
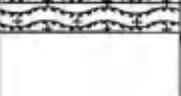
第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GK-072				钻孔编号		zk19							
孔口高程(m)		11.80		经度		E=119.386975		开工日期		2021.7.5		稳定水位深度(m)		2.20	
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N=39.893679		竣工日期		2021.7.5		测量水位日期		2021.7.6	
地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征		取	标贯	稳定水位					
								样	击数	和					
									(g)	水位日期					
①	Q ₄ ^{al}	11.00	9.80	0.80		赤壤土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、砂粒、植物根系等组成。 粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等, 5.7米以下含砂粒。				▼(1)9.60					
②	Q ₄ ^{al}	5.00	6.00	6.00											
③	Q ₄ ^{ml}	1.80	10.00	3.20		中粗砂: 黄褐色; 中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英, 局部细砾砂。									
④	A ₁					强风化混合花岗岩: 黄褐色; 粗粒结构, 层片状构造, 主要矿物成分为长石、石英、云母, 岩芯呈碎块状及碎块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级, 10.0-16.0米碎块状, 16.0-36.0米碎块状。									
⑤		-24.20	26.00	26.20											
⑥		-23.20	27.00	1.00		中风化混合花岗岩: 深灰色; 粗粒结构, 层片状构造, 主要矿物成分为长石、石英、云母, 岩芯呈块状及短柱状, 属软岩, 岩体基本质量等级为IV-V级。									

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	董地海	审核	张世海	工程负责人	董金国	图号	03-19	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图



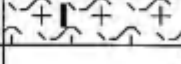
第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目										
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk20					
孔口高程 (m)		11.49	经度		E=119.392092		开工日期		2021.7.6	稳定水位深度 (m)		2.10
孔口直径 (mm)		110.00	纬度		N=39.897058		竣工日期		2021.7.6	测量水位日期		2021.7.7
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数 (N)	稳定水位 日期		
①	Q ₄ ^{al}	11.49	6.86	4.63	1:200 	素填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、细砂等组成。 粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等, 局部加砂。	1 2 3 4	-7.00 -7.80 -8.60 -9.40	▼ (0) 11.39 2021.7.7			
②	Q ₄ ^{al}	7.47	6.20	1.27		中粗砂: 黄褐色; 稍湿; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英、尖晶石、云母, 岩芯呈碎块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。	5 6 7 8 9 10 11 12	-5.00 -5.50 -6.00 -6.50 -7.00 -7.50 -8.00 -8.50				
③	Q ₄ ^{al}	4.49	3.20	1.29		中风化混合花岗岩片麻岩: 黄褐色; 细粒结构, 片麻状构造, 主要矿物成分为长石、石英、云母, 岩芯呈块状及短柱状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。	13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100	-10.00 -10.50 -11.00 -11.50 -12.00 -12.50 -13.00 -13.50 -14.00 -14.50 -15.00 -15.50 -16.00 -16.50 -17.00 -17.50 -18.00 -18.50 -19.00 -19.50 -20.00 -20.50 -21.00 -21.50 -22.00 -22.50 -23.00 -23.50 -24.00 -24.50 -25.00 -25.50 -26.00 -26.50 -27.00 -27.50 -28.00 -28.50 -29.00 -29.50 -30.00 -30.50 -31.00 -31.50 -32.00 -32.50 -33.00 -33.50 -34.00 -34.50 -35.00 -35.50 -36.00 -36.50 -37.00 -37.50 -38.00 -38.50 -39.00 -39.50 -40.00 -40.50 -41.00 -41.50 -42.00 -42.50 -43.00 -43.50 -44.00 -44.50 -45.00 -45.50 -46.00 -46.50 -47.00 -47.50 -48.00 -48.50 -49.00 -49.50 -50.00 -50.50 -51.00 -51.50 -52.00 -52.50 -53.00 -53.50 -54.00 -54.50 -55.00 -55.50 -56.00 -56.50 -57.00 -57.50 -58.00 -58.50 -59.00 -59.50 -60.00 -60.50 -61.00 -61.50 -62.00 -62.50 -63.00 -63.50 -64.00 -64.50 -65.00 -65.50 -66.00 -66.50 -67.00 -67.50 -68.00 -68.50 -69.00 -69.50 -70.00 -70.50 -71.00 -71.50 -72.00 -72.50 -73.00 -73.50 -74.00 -74.50 -75.00 -75.50 -76.00 -76.50 -77.00 -77.50 -78.00 -78.50 -79.00 -79.50 -80.00 -80.50 -81.00 -81.50 -82.00 -82.50 -83.00 -83.50 -84.00 -84.50 -85.00 -85.50 -86.00 -86.50 -87.00 -87.50 -88.00 -88.50 -89.00 -89.50 -90.00 -90.50 -91.00 -91.50 -92.00 -92.50 -93.00 -93.50 -94.00 -94.50 -95.00 -95.50 -96.00 -96.50 -97.00 -97.50 -98.00 -98.50 -99.00 -99.50 -100.00				
④		-20.01	33.30	13.29		中风化混合花岗岩片麻岩: 深灰色; 细粒结构, 片麻状构造, 主要矿物成分为长石、石英、云母, 岩芯呈块状及短柱状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 IV-V 级。						

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭海	审核	张明	工程负责人	孟金福	图号	03-20	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图


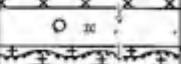


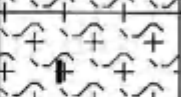
第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GK-072				钻孔编号		zk21							
孔口高程 (m)		15.80		经度		E=119.398180		开工日期		2021.7.5		稳定水位深度 (m)		2.40	
孔口直径 (mm)		110.00		纬度		N=39.900827		竣工日期		2021.7.5		测量水位日期		2021.7.6	
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数	稳定水位 和 水位日期					
①	Q ₄	15.18	8.78	6.70		素填土：黄褐色；松散；稍湿；主要由黏性土、砂粒、碎石等组成。			-58.80 1.00-1.30	稳定水位 ▼(11)1.40 2021.7.6					
②	A ₁	-3.31	15.30	18.61		强风化混合花岗岩：黄褐色；中粗粒结构，块状构造。主要矿物成分长石、石英、云母等，风化强烈，裂隙发育，岩芯呈砂土状，属软岩，岩体基本质量等级为V级，6.0米以下为碎块状，约0.5-12cm不等。			-79.81 1.70-3.00						
		-5.28	21.00	1.72		中等风化混合花岗岩：黄褐色；中粗粒结构，块状构造。主要矿物成分长石、石英、云母等，节理裂隙发育，岩芯呈长柱状及短柱状，一般节长10-25cm不等，属较硬岩，岩体基本质量等级为V-IV级。		15.10-19.90	-138.00 4.30-4.60						

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李艳梅	审核	张世林	工程负责人	孟令国	图号	03-21	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------


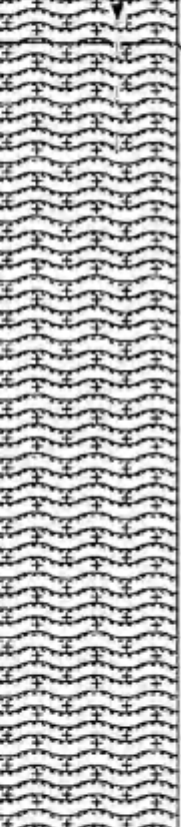
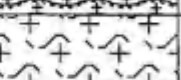
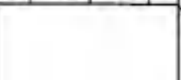
钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目											
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk22						
孔口高程 (m)		15.02	经度		E=119.404046		开工日期		2021.7.4	稳定水位深度 (m)		2.50	
孔口直径 (mm)		110.00		纬度		N=39.904914		竣工日期		2021.7.4	测量水位日期		2021.7.5
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标 贯 击数 (次)	稳定水位 和 水位日期			
①	Q ⁴	11.32	3.70	3.70		素填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、砂粒、风化岩碎屑等组成。				▼ 11.12.50 2021.7.5			
②	Q ⁴ ml	10.92	3.40	1.30		中粗砂: 黄褐色; 中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英, 含砾石25%, 粒径2-25mm不等, 4.0-5.0米夹粉黏土层。		4.19-4.20	-21.00 3.95-4.20 -14.00 5.29-5.50				
③	K ₁	7.02	8.40	3.00		强风化混合花岗岩: 浅灰绿色; 中粗粒结构, 片麻状构造, 主要矿物成分为长石、石英、云母, 岩芯呈碎块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级。							
④		-5.91	21.00	13.48		强风化混合花岗岩: 浅灰色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分为长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈砂土状及碎块状, 14.0米以下呈碎块状, 进尺较慢, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级。							
⑤		-4.91	24.00	3.00		中等风化混合花岗岩: 灰褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分为长石、石英、云母等, 裂隙发育, 岩芯呈长柱状及短柱状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。				22.69-22.91			
工程编号		ZYDK-2021-GK-072		校对	李旭海		审核	张明		工程负责人	孟令国		
				图号	03-22		日期	2021.8					

钻孔柱状图




第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目									
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk23				
孔口高程 (m)		21.26	经度		E=119.412025	开工日期		2021.7.8	稳定水位深度 (m)		2.20
孔口直径 (mm)		110.00	纬度		N=39.905848	竣工日期		2021.7.8	测量水位日期		2021.7.9
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数	稳定水位 和 本公司原	
①	Q ₄	19.96	1.30	1.30	1:200 	素填土：黄褐色；松散；软弱；主要由黏性土、砂粒、植物根系等组成。			-8.01		
②		18.46	2.89	1.50		全风化混合花岗岩片麻岩：黄褐色；结构构造基本破坏，矿物成分大部分风化。成土；岩芯呈沙土状，属较软岩，岩体基本质量等级为V级。			0.70-1.31 -22.00 1.30-2.33 -27.00 3.00-3.31 -150.00 4.50-4.82 -188.00 6.20-6.58	▼ (1) 19.06 2021.7.9	
③	K ₁	-4.44	29.70	24.98		中等风化混合花岗岩：浅灰色；中粗粒结构，块状构造，主要矿物成分长石、石英、云母等，节理裂隙发育，岩芯呈长柱状及短柱状，属较硬岩，岩体基本质量等级为V~IV级。					
④		-10.74	32.00	1.50		中等风化混合花岗岩：浅灰色；中粗粒结构，块状构造，主要矿物成分长石、石英、云母等，节理裂隙发育，岩芯呈长柱状及短柱状，属较硬岩，岩体基本质量等级为V~IV级。					

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李地海	审核	张世伟	工程负责人	孟令国	图号	03-23	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

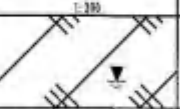

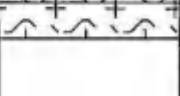
第 1 页 共 1 页

工程名称 秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目															
工程编号 ZYDK-2021-GK-072					钻孔编号 zk24										
孔口高程 (m)		经度		E=119.420026		开工日期		2021.7.15		稳定水位深度 (m)		1.80			
孔口直径 (mm)		110.00		纬度		N=39.906661		竣工日期		2021.7.15		测量水位日期		2021.7.16	
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数	稳定水位		日期			
①	A ₁	48.11	8.78	0.92	1:200 	表土：黄褐色；松散；稍湿；主要由黏性土、风化岩屑等组成。			-150.00 1.10-1.40 200.00 2.70-3.10	▼ 0144.91 2021.7.16					
②		28.71	16.00	15.50		强风化混合花岗岩：灰白色；中粗粒结构，片麻状构造，主要矿物成分长石、石英、云母，岩芯呈碎块状及碎块状，属软岩，岩体基本质量等级为 V 级，12.0-16.0 米块状岩脉。			-500.00 4.50-4.80 750.00 8.00-9.30						
③		26.71	20.00	4.02		中等风化混合花岗岩：灰白色；中粗粒结构，块状构造，主要矿物成分长石、石英、云母等，节理裂隙发育，岩芯呈柱状及短柱状，一般节长 10cm，最大节长 30cm，属较硬岩，岩体基本质量等级为 V-IV 级。		19.30-19.60							

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李艳梅	审核	张世海	工程负责人	孟令国	图号	03-24	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目									
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk25				
孔口高程 (m)		40.68	经度		E=119.427434	开工日期		2021.7.16	稳定水位深度 (m)		2.40
孔口直径 (mm)		110.00	纬度		N=39.908348	竣工日期		2021.7.16	测量水位日期		2021.7.17
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数	稳定水位 和 冻结日期	
①	Q ₄	37.58	3.10	3.10		杂填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、建筑垃圾等组成。			(4)	▼10.28.28 2021.7.17	
②	A ₁	5.88	30.80	27.70		强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级, 3.1-16.0 米砂砾, 16.0-28.0 米砾砂及砾块状, 28.0-30.8 米砾块岩层。			-150.00 3.50-3.10 -180.00 5.00-5.10 -200.00 6.70-7.00 -280.00 8.50-8.80 -350.00 10.10-10.50		
③		8.68	32.00	1.10		中等风化混合花岗岩: 浅灰色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈柱状, 一般节长 10cm, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为 V-IV 级。					

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李地	审核	张	工程负责人	孟	图号	03-25	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	---	-------	---	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

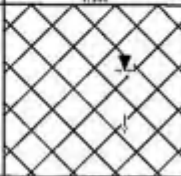


第 1 页 共 1 页

工程名称 秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目									
工程编号 ZYDK-2021-GK-072					钻孔编号 zk26				
孔口高程 (m) 42.46			经度 E=119.435457		开工日期 2021.7.17		稳定水位深度 (m) 2.60		
孔口直径 (mm) 110.00			纬度 N=39.908555		竣工日期 2021.7.17		测量水位日期 2021.7.18		
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征	取 样	标贯 击数	稳定水位 和 水位日期
①	Q ₄	42.95	1.59	1.50		杂填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、砂粒、建筑垃圾等组成。		101	
②	A ₁					强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造。主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈砂土状及碎块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级, 5.0-8.0 米不连续碎块状岩脉。		-55.00	▼ (1) 20.06 2021.7.18
					-174.00				
					-125.00				
					-188.00				
					-275.00				
③		18.46	24.00	27.50		中等风化混合花岗岩: 灰白色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈柱状, 一般节长 10cm, 最大节长 30cm, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为 V~IV 级。			
		16.96	25.58	1.58					

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李艳梅	审核	张海涛	工程负责人	孟凡国	图号	03-26	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图


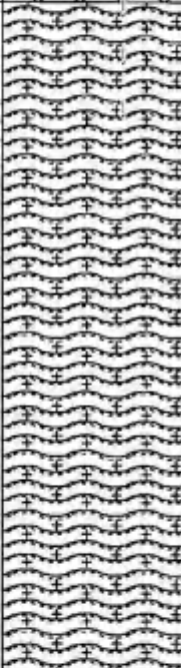
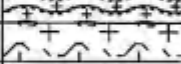
第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk28								
孔口高程(m)		61.48		经度		E=119.439724		开工日期		2021.7.17		稳定水位深度(m)		2.40	
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N=39.904238		竣工日期		2021.7.17		测量水位日期		2021.7.18	
地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数 (bl)	稳定水位 和 水位日期					
①	Q ₄	55.68	5.90	5.92		素填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、砂粒、碎石、风化岩碎屑等组成。				稳定水位 2021.7.18 水位日期					
②	A ₁	44.48	17.00	12.52		强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈土状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级。局部夹石英岩脉, 11.0米以下碎块状, 10.3-10.8米条脉。			-18.00 4.60-4.90 -51.00 6.10-6.40 -93.00 8.00-8.30 -150.00 9.30-9.50						
③		43.48	18.00	1.00		中等风化混合花岗岩: 浅灰色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈柱状及短柱状, 节长5-25cm, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。									

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张	工程负责人	孟	图号	03-28	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	---	-------	---	----	-------	----	--------

钻孔柱状图


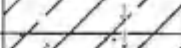
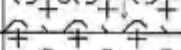
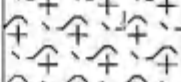
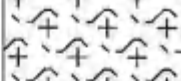
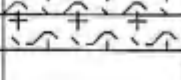
第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目									
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk29				
孔口高程(m)		44.83	经度		E=119.431788	开工日期		2021.7.18	稳定水位深度(m)		2.20
孔口直径(mm)		110.00	纬度		N=39.903334	竣工日期		2021.7.18	测量水位日期		2021.7.19
地层编号	时代成因	层底高程 m	层底深度 m	分层厚度 m	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数 (kN)	稳定水位 m 和 水位日期	
①	Q ₄	41.33	3.56	3.56	1:200 	表土: 黄褐色, 粘粒; 稍湿; 主要由黏性土, 砂粒, 碎石, 风化岩碎屑等组成。				▼(1) 42.62 2021.7.19	
②	A ₁	18.13	26.76	23.20		强风化混合花岗岩片麻岩: 浅灰绿色; 中细结构, 片麻状构造, 主要矿物成分长石, 石英, 云母, 岩体呈块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为V级, 10.6-11.4米岩层, 13.0米以下为碎块状。			43.00 3.78-4.10 44.00 5.39-5.60 45.00 7.18-7.40		
③		16.82	28.00	1.18		中等风化混合花岗岩: 浅灰褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石, 石英, 云母等, 节理裂隙发育, 岩体呈柱状及短柱状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为V-IV级。					

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张世	工程负责人	孟金	图号	03-29	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	----	-------	----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目											
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk30						
孔口高程 (m)		34.40	经度		E=119.425628	开工日期		2021.7.18	稳定水位深度 (m)		2.70		
孔口直径 (mm)		110.00	纬度		N=39.901980	竣工日期		2021.7.18	测量水位日期		2021.7.19		
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数 (击)	稳定水位 水位日期			
①	Q ₄ ^{al}	28.20	6.20	6.20		素填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、砂粒、风化岩碎屑等组成。				▼ 01.20.70 2021.7.19			
②	Q ₄ ^{al}	26.20	3.70	1.50		粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无摇震反应, 干强度及韧性中等, 含砂粒。			+1.00				
③	Q ₄ ^{al}	25.50	8.50	0.80		粉质黏土: 黄褐色; 硬塑; 为风化岩产物, 组织结构全部破坏, 矿物成分已风化, 主要成分长石、石英、黏土等。		1.40-1.50	7.00-7.50				
④	A ₁	24.10	8.80	1.30		全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状及碎块状, 属极软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。			-4.00				
		16.60	17.80	8.00		强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。			-5.00				
⑤		15.40	19.80	1.70		中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及块状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为 V-IV 级。			11.50-11.60				
工程编号		ZYDK-2021-GK-072		校对	李旭海	审核	张世东	工程负责人	孟金福	图号	03-30	日期	2021.8

钻孔柱状图

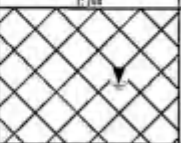
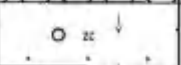

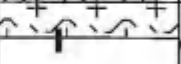
第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GK-072			钻孔编号		zk31								
孔口高程(m)		23.31		经度		E=119.418731		开工日期		2021.7.16		稳定水位深度(m)		2.50	
孔口直径(mm)		110.00		纬度		N=39.901297		竣工日期		2021.7.16		测量水位日期		2021.7.17	
地层编号	时代成因	层底高程(m)	层底深度(m)	分层厚度(m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数 (60)	稳定水位 井 井口日期					
①	Q ₄ ^{al}	22.81	6.70	0.73		素填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由粉质黏土、粉土、少量建筑垃圾等组成。			-7.00	▼ 11) 21.01 2021.7.17					
②	Q ₄ ^{al}	21.31	2.20	1.50		粉质黏土: 黄褐色; 可塑-硬塑; 切面光滑, 无显著反应, 干强度及韧性中等, 含砂粒。			1.50-1.80 +24.00 3.00-3.30						
③	Q ₄ ^{al}	17.71	5.00	3.60	砂质黏性土: 黄褐色; 硬塑; 为风化岩产物, 组织结构全部破坏, 矿物成分已风化, 成分长石、石英、云母、粉土等。			+25.00 5.00-5.30							
④	A ₁	15.31	8.00	2.70	全风化混合花岗岩: 黄褐色; 结构构造已破坏, 矿物成分大部分风化呈土状, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 岩芯呈砂土状, 属极软岩, 岩体基本质量等级为 V 级。			+43.00 7.10-7.40 +52.00 8.50-8.80							
⑤					强风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈碎块状及块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级, 16.8-17.0米, 25.0-28.0米岩层。			+128.00 18.50-18.80							
⑥						中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈碎块状及短柱状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为 V-IV 级。									
⑦		-7.19	32.70	11.70											
⑧		-8.49	32.00	1.30											

工程编号	ZYDK-2021-GK-072	校对	李旭	审核	张明	工程负责人	孟令国	图号	03-31	日期	2021.8
------	------------------	----	----	----	----	-------	-----	----	-------	----	--------

钻孔柱状图

第 1 页 共 1 页

工程名称		秦皇岛经济技术开发区应急管理局区域性地震安全性评价野外钻探项目													
工程编号		ZYDK-2021-GX-072				钻孔编号		zk32							
孔口高程 (m)		16.60		经度		E=119.409770		开工日期		2021.7.9		稳定水位深度 (m)		2.70	
孔口直径 (mm)		110.00		纬度		N=39.899876		竣工日期		2021.7.9		测量水位日期		2021.7.10	
地层编号	时代成因	层底高程 (m)	层底深度 (m)	分层厚度 (m)	柱状图	岩土名称及其特征		取 样	标贯 击数	稳定水位 和 水位日期					
①	Q ⁴	12.00	4.60	4.60		素填土: 黄褐色; 松散; 稍湿; 主要由黏性土、砂粒、风化岩碎屑等组成。				▼ (1) 13.90 2021.7.10					
②	Q ⁴ pl	9.80	6.80	2.20		中粗砂: 黄褐色; 中密; 饱和; 颗粒不均匀, 主要矿物成分为长石、石英, 含少量小砾石, 4.6-5.0米夹灰色粉砂层。		5.50-5.60	-21.88 5.50-5.60						
③	A ₁	-6.20	22.88	16.00		强风化混合花岗岩: 浅灰色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 风化强烈, 裂隙发育, 岩芯呈砂土状及碎块状, 属软岩, 岩体基本质量等级为 V 级, 14.0-14.5米岩脉。			-18.88 1.00-1.30						
		-7.40	24.88	1.20					-150.00 9.74-11.00						
④		-7.40	24.88	1.20		中等风化混合花岗岩: 黄褐色; 中粗粒结构, 块状构造, 主要矿物成分长石、石英、云母等, 节理裂隙发育, 岩芯呈长柱状及短柱状, 属较硬岩, 岩体基本质量等级为 V-IV 级。		4	11.70-13.90						

工程编号	ZYDK-2021-GX-072	校对	李旭海	审核	张世伟	工程负责人	孟令国	图号	03-32	日期	2021.8
------	------------------	----	-----	----	-----	-------	-----	----	-------	----	--------