

海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目
地质灾害危险性评估报告

北京龙源科建地质工程有限公司

二〇二三年七月

海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目

地质灾害危险性评估报告

项 目 负 责：王永强

报 告 编 写：王兴军

审 核：朱春生

单 位 负 责 人：李东帅

报告提交单位：北京龙源科建地质工程有限公司

报告提交日期：2023年07月





中华人民共和国

地质灾害防治单位资质证书

(正本)

单位名称：北京龙源科建地质工程有限公司

资质类别：评估

资质等级：乙

证书编号：112021210017

有效期至：2024 年 07 月 16 日

发证机关：北京市规划和自然资源委员会

发证日期：2021 年 07 月 16 日

海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目
建设用地地质灾害危险性评估报告

评审意见

受北京海开控股（集团）股份有限公司委托，北京龙源科建地质工程有限公司完成了《海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目建设用地地质灾害危险性评估报告》（以下简称“评估报告”），专家组于 2023 年 7 月 25 日对该“评估报告”进行了评审，意见如下：

一、项目概况

淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目位于北下关街道，项目北至气象路，西至五塔寺西路，南至五塔寺路，东至高梁桥斜街。该项目用地总面积 183511.958m²，其中建设用地总面积 34328.661m²，城市公共用地面积 149183.297m²。项目性质属于土地一级开发，具体实施内容包括征地、搬迁、安置、必要的基础设施建设等。在改造完成后，资金平衡地块达到“七通一平”条件。

二、评审意见

1、“评估报告”充分收集了前人区域地质、水文地质、工程地质、环境地质等资料，开展了 10km² 专项地质测量(1:2000)、专项水文地质测量(1:2000)、专项工程地质测量(1:2000)、专项生态环境地质测量(1:2000)和专项地质灾害测量(1:2000)等综合地质调查，为本次评估奠定了基础。

2、通过综合地质环境条件分析，该建设项目属于一般建设

项目，评估区地质环境条件复杂，综合认定本次工作属二级地质灾害危险性评估是合适的。


3、通过现场调查、分析，认为区内潜在地质灾害类型主要为砂土液化、地面沉降、活动断裂三种类型。现状评估认为：评估区各类地质灾害历史灾情轻，拟建场地处于非液化区，现状砂土液化地质灾害危险性小；评估区地面沉降发育程度弱，地面沉降地质灾害现状危险性为小；黄庄—高丽营断裂从拟建场地西北穿过，而且八宝山断裂和车公庄断裂分别从场地西北约 1500m 和东南 700m 处通过，场地附近的八宝山断裂和黄庄—高丽营断裂的强烈活动时代为中更新世，在全新世活动微弱；车公庄断裂规模较小，活动时代不明且活动性也较弱，活动断裂地质灾害现状危险性小。现状评估结论符合实际。

4、预测评估认为：拟建项目对场地周边地质环境影响小，引发、加剧和遭受砂土液化、地面沉降、活动断裂地质灾害的危险性均小，预测评估依据充分。

5、综合评估认为：建设用地综合地质灾害危险性等级属小级区，地质灾害防治难度小，适宜海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目的建设。

总之，专家评审组认为“评估报告”资料收集齐全、工作部署合理，评估依据充分，结论可信，评审予以通过。

2023年7月25日

评审组长： 

评审专家： 

海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目

建设用地地质灾害危险性评估报告

北京龙源科建地质工程有限公司

二〇二三年七月

海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目
建设用地地质灾害危险性评估报告

责 任 表

项目负责：

报告编写：

审 核：

总工程师：

总 经 理：

报告提交单位：北京龙源科建地质工程有限公司

报告提交日期：2023 年 7 月

目 录

1 前言	1
1.1 评估主要依据	1
1.2 主要任务	1
2 评估工作概述	3
2.1 项目概况	3
2.2 以往工作程度	5
2.3 技术路线、主要工作方法及完成的工作量	5
2.3.1 技术路线	5
2.3.2 主要工作方法	5
2.3.3 完成的工作量	6
2.4 评估范围与级别	7
2.4.1 评估范围的确定	7
2.4.2 地质环境条件复杂程度判定	8
2.4.3 建设项目的重要性类别划分	11
2.4.4 地质灾害危险性评估级别	11
3. 地质环境条件	13
3.1 气象、水文	13
3.1.1 气象	13
3.1.2 水文	13
3.2 地形地貌	15
3.3 地层岩性	15
3.4 区域地质构造特征	17
3.5 区域地震活动及地震动参数	17
3.5.1 区域地震活动	17

3.5.2 评估区地震动参数.....	19
3.6 工程地质条件.....	20
3.6.1 区域性工程地质特征.....	20
3.6.2 岩土体工程地质特征.....	20
3.7 水文地质条件.....	25
3.7.1 第四系含水层组的分布规律及富水性.....	25
3.7.2 第四系地下水位动态特征.....	25
3.7.3 地下水补给、径流与排泄条件.....	26
3.8 人类工程活动对地质环境的影响.....	26
4 地质灾害危险性现状评估.....	27
4.1 地质灾害类型的确定.....	27
4.2 砂土液化地质灾害现状评估.....	27
4.2.1 砂土液化机理及地质环境特征.....	28
4.2.2 砂土液化判别结果.....	29
4.3 地面沉降地质灾害现状评估.....	31
4.3.1 北京市地面沉降的时空发展过程.....	31
4.3.2 地面沉降现状评估.....	36
4.4 活动断裂地质灾害现状评估.....	38
5 地质灾害危险性预测评估.....	44
5.1 工程建设引发或加剧地质灾害的危险性预测.....	44
5.1.1 工程建设引发或加剧砂土液化地质灾害的危险性预测..	44
5.1.2 工程建设引发或加剧地面沉降地质灾害的危险性预测..	44
5.1.3 工程建设引发或加剧活动断裂地质灾害的危险性预测 .	44
5.2 工程建设可能遭受地质灾害危险性的预测.....	44
5.2.1 工程建设遭受砂土液化危险性的预测.....	44
5.2.2 工程建设可能遭受地面沉降地质灾害危险性的预测 ...	44

5.2.3 工程建设可能遭受活动断裂地质灾害危险性的预测 ...	45
6 建设用地地质灾害危险性综合评估及适宜性评价	47
6.1 建设用地地质灾害危险性综合评估	47
6.1.1 地质灾害危险性评定指标	47
6.1.2 地质灾害危险性综合评估	49
6.2 建设用地适宜性评价	49
7 结论与建议	50
7.1 结论	50
7.2 建议	50

1 前言

受北京海开控股（集团）股份有限公司委托，北京龙源科建地质工程有限公司承担了海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目建设用地的地质灾害危险性评估工作。

1.1 评估主要依据

本次评估的主要依据为：

- 国土资源部《地质灾害防治管理办法》(国土资源部第4号令)，1999年3月2日；
- 国土资源部《关于报国土资源部批准的建设用地审查报批工作有关问题的通知》(国资发〔2000〕201号)，2000年7月7日；
- 国务院办公厅转发国土资源部建设部《关于加强地质灾害防治工作意见的通知》(国办发〔2001〕35号)，2001年5月12日；
- 国务院29次常务会议通过《地质灾害防治条例》(中华人民共和国国务院令394号)，2003年11月24日；
- 国土资源部《国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》(国土资发〔2004〕69号)，2004年3月25日；
- 北京市国土资源局《关于做好地质灾害危险性评估工作的通知》(京国土环〔2005〕879号)，2005年12月23日；
- 《地质灾害危险性评估规范》(GB/T 40112—2021)；
- 《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893—2021)；
- 《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009年版)；
- 《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)(2016年版)；
- 《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015)等。

1.2 主要任务

本次评估工作的主要任务为：

(1) 充分收集海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目附近区域研究资料，了解区域自然地理、地质环境条件，活动断裂和地震等情况；收集当地的水文、气象资料及海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目附近的地质

灾害危险性评估资料和岩土工程勘察资料；

(2) 通过资料搜集和野外调查等手段，宏观把握海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目区域地质构造环境，初步查明海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目岩土体分布特征及主要物理力学指标，初步查明区域地表水分布情况和地下水分布规律；

(3) 调查海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目地质灾害类型、分布、发育规模和发育程度，分析评价现状条件下各类地质灾害对建设用地的可能影响，评估现状地质灾害危险性图；

(4) 在对上述资料研究的基础上，分析预测海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目在建设及使用过程中可能对地质环境的改变和影响，评价其可能引发或加剧各类地质灾害的危险性和危害程度，同时分析预测项目本身可能遭受各类地质灾害的危险性和危害程度，预测评估地质灾害危险性；

(5) 综合不同区域场地工程地质条件评价与地质灾害评估结果，采用定性、半定量分析方法对拟建海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目建设用地地质灾害危险性分级；

(6) 从地质灾害的角度对海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目建设用地进行适宜性评价；

(7) 针对拟建项目在未来设计和施工过程中可能出现的地质灾害防治问题，提出合理的处理措施与建议。

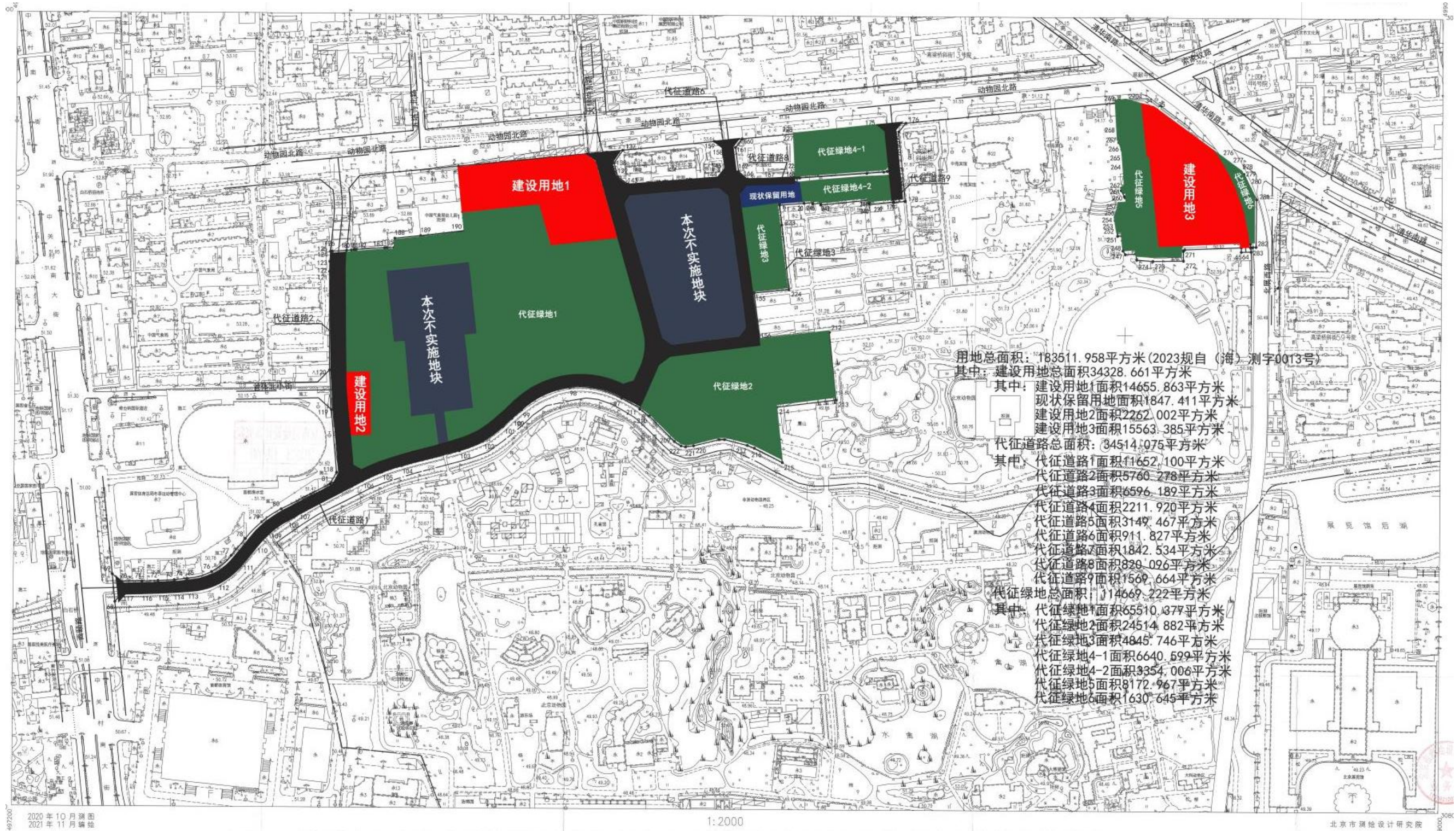


图2.2海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目土地使用功能规划图

2-1 规划条件指标表

序号	用地代码	用地性质	用地面积(平方米)	容积率	建筑密度(%)	建筑高度(米)	绿地率(%)	备注
1	A332	小学用地	14655.863	1.0	60	<9	-	迁建中国农业科学院附属小学气象路校区,符合文物保护单位三类建设控制地带要求
2	U12	供电用地	2262.002	0.17	-	-	-	现状动物园 110kv 变电站。
3	R2	二类居住用地	1847.411	2.2	-	-	-	现状多层住宅楼
4	B4	综合性商业金融服务用地	15563.385	4.2	50	45	10	含 3000 平方米社区公共服务设施和 250 平方米密闭式垃圾分类回收站
5	S	道路用地	34514.075	-	-	-	-	
6	G1	公园绿地	114669.22	-	-	-	100	

2.2 以往工作程度

本次工作充分搜集了规划建设用地及其附近反映地质环境条件和地质灾害现象的相关资料,包括区域工程地质、水文地质、地质构造、灾害地质、岩土工程勘察报告等,详见表 2.2“评估区内已有主要工作成果一览表”。由表中所列成果资料可见,在海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目区域曾开展过地质普查、岩土工程勘察等多项基础性地质工作,已积累形成较为系统而完整的地质成果,这是开展本次评估工作的重要基础。

2.3 技术路线、主要工作及完成的工作量

2.3.1 技术路线

本次地质灾害危险性评估工作采取收集、整理、分析已有资料与现场综合地质调查、钻探及原位测试相结合的技术路线,如图 2.3(“技术路线框图”)所示。

2.3.2 主要工作方法

根据本项目的特点及所处的地质环境条件,本次主要采用以现场地质调查为主,同时搜集利用已有工程地质钻探、物探等成果资料。

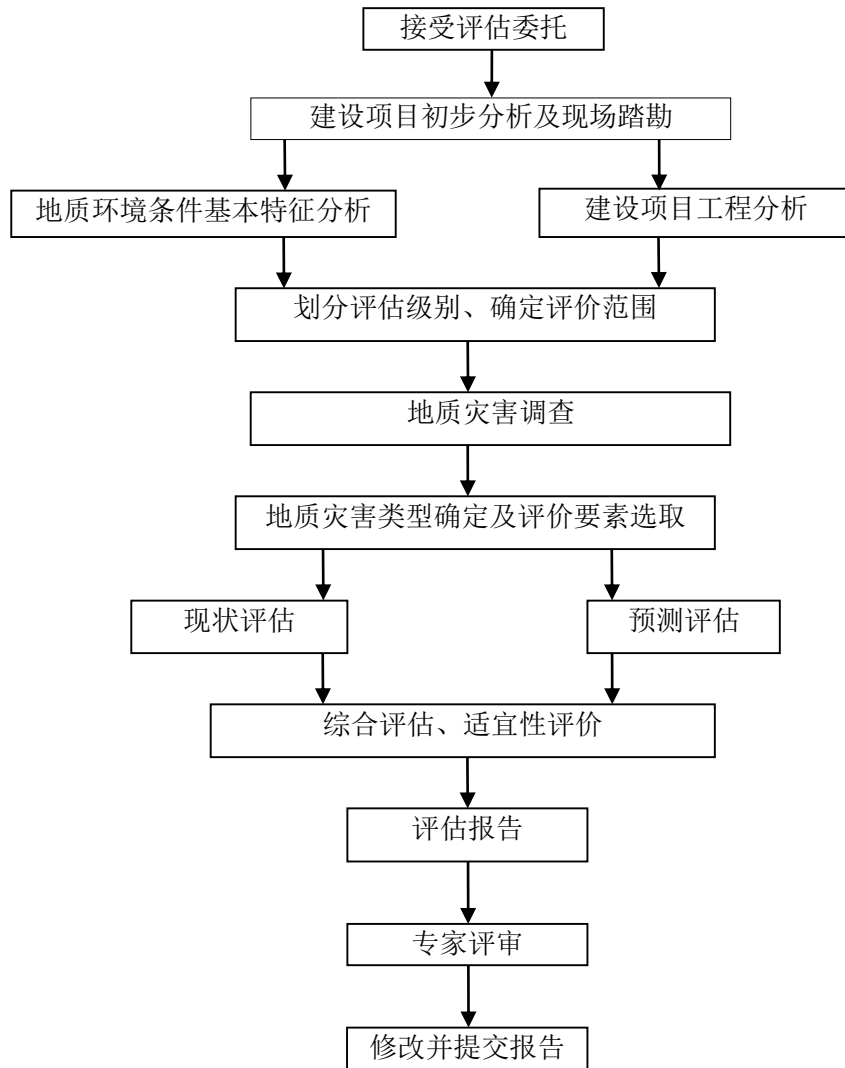


图 2.3 技术路线框图

(1) 现场地质调查

采用常规野外地质调查方法,以 1:1 万地形图为底图进行评估区工程地质、水文地质和地质灾害调查。

(2) 工程地质钻探

本次评估主要收集利用了前人勘探钻孔水位量测、原位测试等成果资料。

2.3.3 完成的工作量

我单位经过对拟建海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目规划的分析,制定了地质灾害评估工作大纲,在充分搜集前人相关资料基础上、现场开展了 10km² 的专项地质测量(1: 2000)、专项水文地质测量(1: 2000)、专项工程地质测量(1: 2000)、专项生态环境地质测量(1: 2000)和专项地质灾害测量(1: 2000),所完成的工作项目和内容参见表 2.3 和图 2-4。

表 2.2 评估区内已有主要工作成果一览表

序号	成果名称	完成单位	完成时间
1	北京市平原区基岩(前新生界)地质构造图(1: 10 万)	北京市地质调查研究院、	2007 年
2	北京地质百年研究	地质出版社	2001 年
3	《北京市区地下断裂对地面工程影响的研究》	北京市勘察设计研究院	1999 年
4	《北京地质灾害》	北京市地质矿产勘查开发局	2008 年
5	《北京平原区基岩地质构造图（1：10 万）及说明书》	北京水文地质工程地质大队	1979 年
6	《北京市地震地质会战专题研究成果》	北京市地震局	1982 年
7	《北京市地面沉降调查报告》	北京市水文地质工程地质公司	1984 年
8	《北京市平原区区域工程地质勘察报告（1：100000）》	北京市水文地质工程地质公司	1990 年
9	《北京市海淀区御水苑小区建设用地质灾害危险性评估报告》	北京市地质工程勘察院	2001 年
10	《首都地区地下水资源和环境调查评价》	北京市地质调查研究院	2003 年
11	《北京市地面沉降预警预报系统（一期）工程地面沉降调查报告》	北京市地质矿产勘查开发局	2004 年
12	五塔寺路（西三环路——白颐路）道路工程建设用地地质灾害危险性评估报告	建设部综合勘察研究设计院	2004 年
13	动物园北路（中关村南大街——高粱桥斜街）道路工程地质灾害危险性评估报告	建设部综合勘察研究设计院	2005 年

2.4 评估范围与级别

2.4.1 评估范围的确定

根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893—2021)的有关规定，地质灾害评估范围不应小于规划用地、建设用地范围，并应根据规划建设项目特点，结合区域地质环境条件，同时考虑可能对海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目建设用地产生影响和破坏的主要地质灾害种类及其分布、影响范围等综合确定。海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目可能存在的地质灾害主要为砂土液化、地面沉降、活动断裂，根据各种地质灾害的分布及影响范围，本项目建设用地地质灾害评估工作的评估范围包括场地周边 1000m，因此确定本项目评估区面积约 10km²。

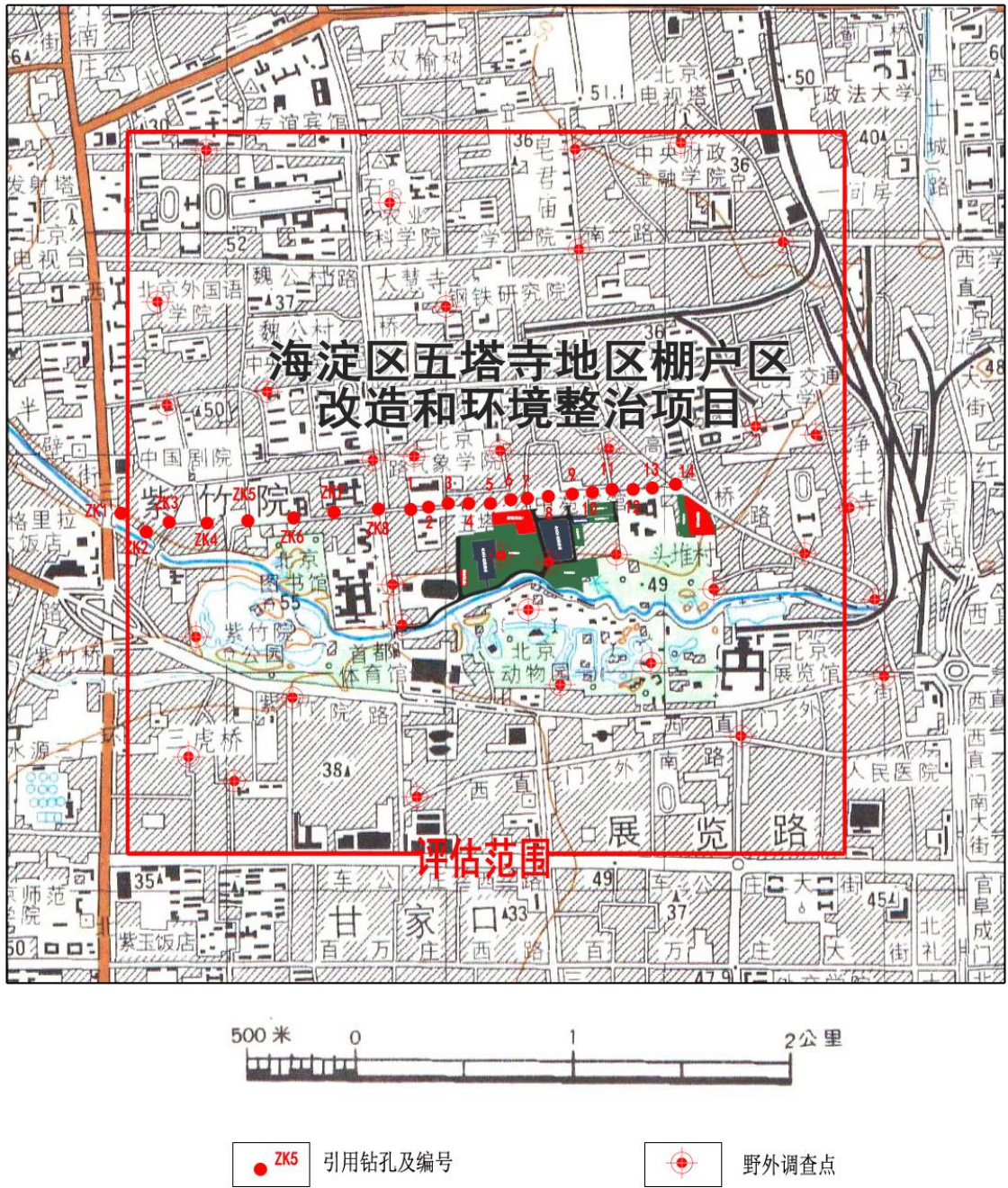


图 2.4 实际材料图

2.4.2 地质环境条件复杂程度判定

(1) 地形地貌

北京平原主要由温榆河、潮白河、永定河河流冲洪积作用形成，总体上由西北向东南呈缓倾斜状。拟建项目位于北京城区西部平原地区，整体地势西北高东南低，拟建项目地面高差小于 50m。综合考虑，评估区地形地貌复杂程度为简单。

表 2.3 完成工作量一览表

工作内容		数量
资料收集	可行性研究阶段勘察报告	3 份
	地质灾害危险性评估报告	2 份
	地面沉降专题成果报告	1 份
	地下水信息系统查询及地下水研究成果	19 孔
	区域地质及普详查资料	11 份
野外地质测量 (1: 2000)	专项地质测量	10km ²
	专项水文地质测量	10km ²
	专项工程地质测量	10km ²
	专项生态环境地质测量	10km ²
	专项地质灾害测量	10km ²
	地质灾害调查范围	10km ²
利用勘探资料	勘探孔/总进尺	22 孔/127.0m
室内整理、分析及 报告编写	绘制图件	29 件
	报告总字数	约 2.1 万字

(2) 断裂构造

根据区域地质资料，黄庄—高丽营断裂从拟建场地西北穿过（图 2—5），而且八宝山断裂和车公庄断裂分别从场地西北约 1500m 和东南 700m 处通过。综合分析认为，评估区断裂构造复杂程度为复杂。

(3) 水文地质和工程地质条件

区内第四系地层岩性主要为卵砾石层，工程地质、水文地质条件良好。因此，综合认为评估区工程地质、水文地质条件简单。

(4) 地质灾害

本次调查评估除见到发生于评估区附近 1730 年的 6.5 级地震记载外，没有发现其它与地质灾害有关的文字记载和口述，地质灾害不发育。

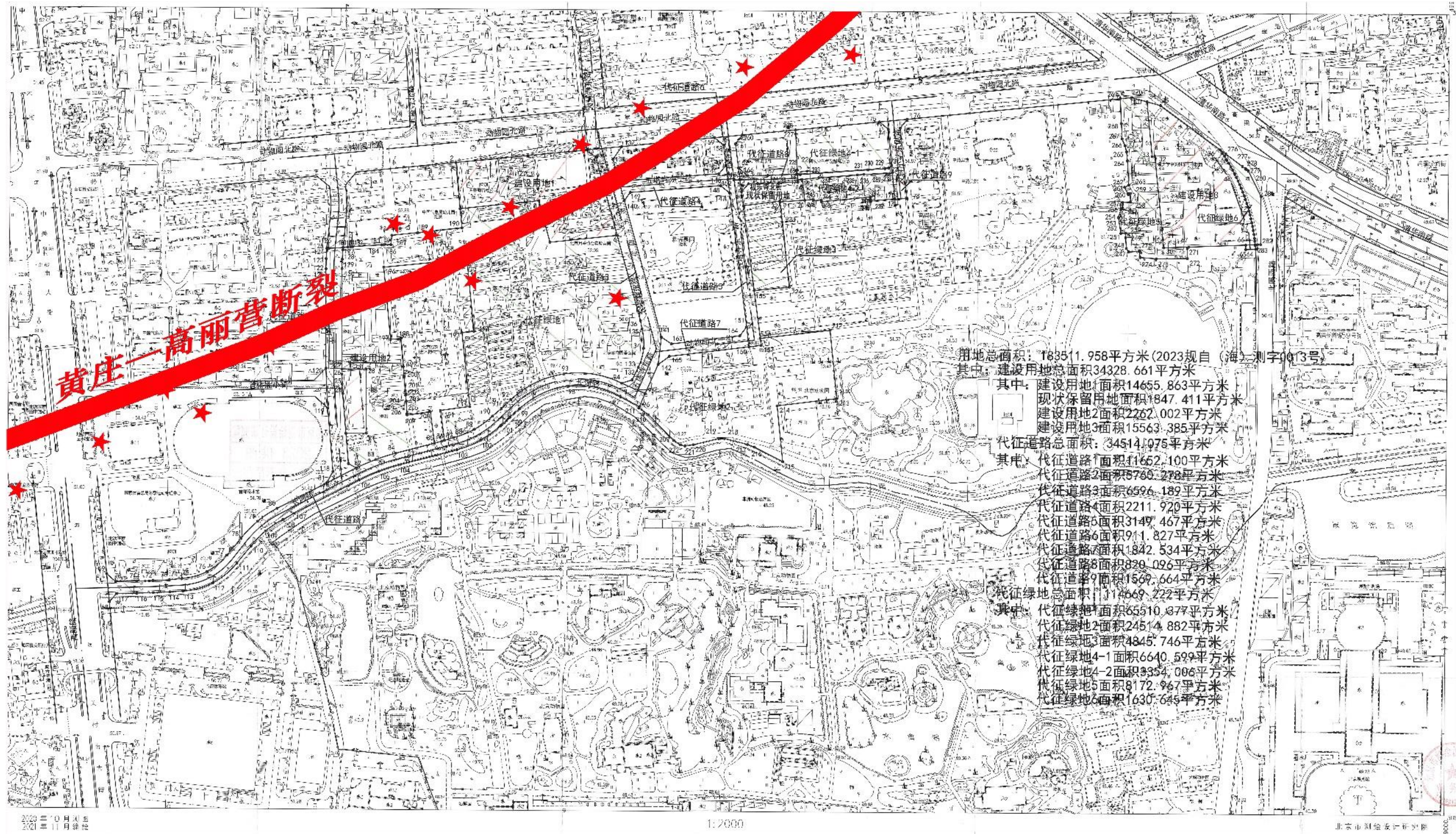


图2—5 黄庄——高丽营断裂与拟建项目关系图

(5) 人类工程活动

评估区未见破坏环境的人类工程活动。

综上所述，根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)中的相关规定如表 2.4(“地质环境条件复杂程度分类表”)，判定本项目评估区地质环境条件为**复杂**。

2.4.3 建设项目的重要性类别划分

拟建项目用地总面积 183511.958m²，其中建设用地总面积 34328.661m²，城市公共用地面积 149183.297m²。项目性质属于土地一级开发，具体实施内容包括征地、搬迁、安置、必要的基础设施建设等。在改造完成后，资金平衡地块达到“七通一平”条件。因此，根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)的有关规定，本项目属于一般建设项目。

2.4.4 地质灾害危险性评估级别

依据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)有关规定，本项目是在地质环境条件复杂区进行的一般建设项目地质灾害危险性评估。因此，将拟建项目地质灾害危险性评估分级划分为**二级**。

表 2.4 地质环境条件复杂程度分类表

类别/条件	复杂	中等	简单	备注
地质灾害	地质灾害发育强烈：现状地质灾害3种或以上，或单种地质灾害规模达到大型，危害较大	地质灾害发育中等：现状地质灾害2种~3种，或单种地质灾害规模为中小型，危害中等	地质灾害一般不发育：现状地质灾害1种或无，个别地质灾害规模小，危害小	
地形地貌	地形复杂，地貌类型多样：地面坡度以>25°为主，区内相对高差>200m	地形较简单，地貌类型单一：地面坡度以8°~25°为主，区内相对高差50m-200m	地形简单，地貌类型单一：平原(盆地)和丘陵。地面坡度<8°，区内相对高差<50m	
上游流域面积	>5km ²	2km ² ~5km ²	<2km ²	主要指泥石流
构造地质	与全新世活动断裂带的距离<1000m；非全新世断裂发育	与全新世活动断裂带的距离1000m~3000m；非全新世断裂较发育	与全新世活动断裂带的距离>3000m；非全新世断裂不发育	
水文地质工程地质	含水层为多层结构且地下水位年际变化大；岩土体结构复杂、性质差	含水层为2层~3层结构且地下水位年际变化较大；岩土体结构较复杂、性质较差	含水层为单层结构，地下水位年际变化小；岩土体结构简单、性质良好	
人类活动	破坏地质环境的人类工程活动强烈	破坏地质环境的人类工程活动较强烈	破坏地质环境的人类工程活动一般	

注：每类条件中，有一条符合条件者即为该类复杂类型。

3. 地质环境条件

3.1 气象、水文

3.1.1 气象

北京地区属典型暖温带半湿润半干旱大陆性气候区，春季干旱多风，夏季炎热多雨，秋季天高气爽，冬季寒冷干燥。本区年平均气温为 11℃~12℃，年极端最高气温一般在 35℃~40℃之间，年极端最低气温一般在-14℃~-20℃之间。7月最热，月平均气温为 26℃左右。1月最冷，月平均气温为-4℃~-5℃。

根据北京市 1949~2022 年气象观测资料，见图 3.1(“北京地区多年平均降水量图”)，多年平均降雨量约为 600mm 左右，最大降雨量出现在 1959 年，降雨量为 1400mm，最小降雨量出现在 1965 年，仅为 280mm。每年降雨多集中在 7、8 月份，占总降雨量的 60%~70%，1、2 月份降雨量最小。

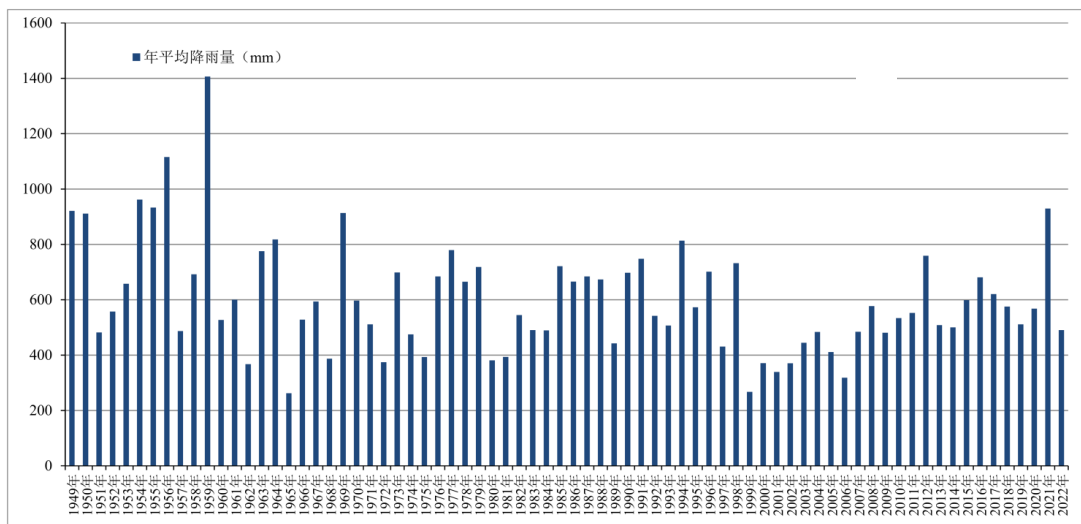


图 3.1 北京地区多年平均降水量图

标准冻结深度：近二十年城内及郊区标准冻结深度为 0.80m。

风速及风向：全市月平均风速以春季四月份最大，其次是冬、秋季，夏季风速最小，夏季受大陆低气压控制，多东南风，秋、冬季受蒙古高气压控制，多为西北风，寒冷干燥。平均风速 2.4m/s，近十年春季市区最大风速达 3.6m/s。

3.1.2 水文

北京平原发育 5 大水系：西部大清河及永定河水系，中部温榆河—北运河水系，东部潮白河及蓟运河水系。其中，温榆河-北运河水系发源于北京市，永定河水系发源于内蒙古、山西，其余 3 个水系均发源于河北省，参见图 3.2(“评估区域地表水系水体分布示意图”)。

海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目附近主要位于温榆河水系流域范围，主要地表水体南长河。

评估区内主要河流为南长河（照片 3—1、2），自西向东从项目区南侧通过，上游与昆明湖相接，下游向南流入玉渊潭；在北洼村附近有双紫支渠向东北流至紫竹院、北京动物园，与护城河相通。南长河于紫竹院与双紫支渠汇合；评估区西侧还有永定河引水渠向东流入玉渊潭。

京密引水渠、双紫支渠、南长河及永定河引水渠的地表水入渗，对本区地下水有一定的补给作用。



照片 3—1、2 长河美景

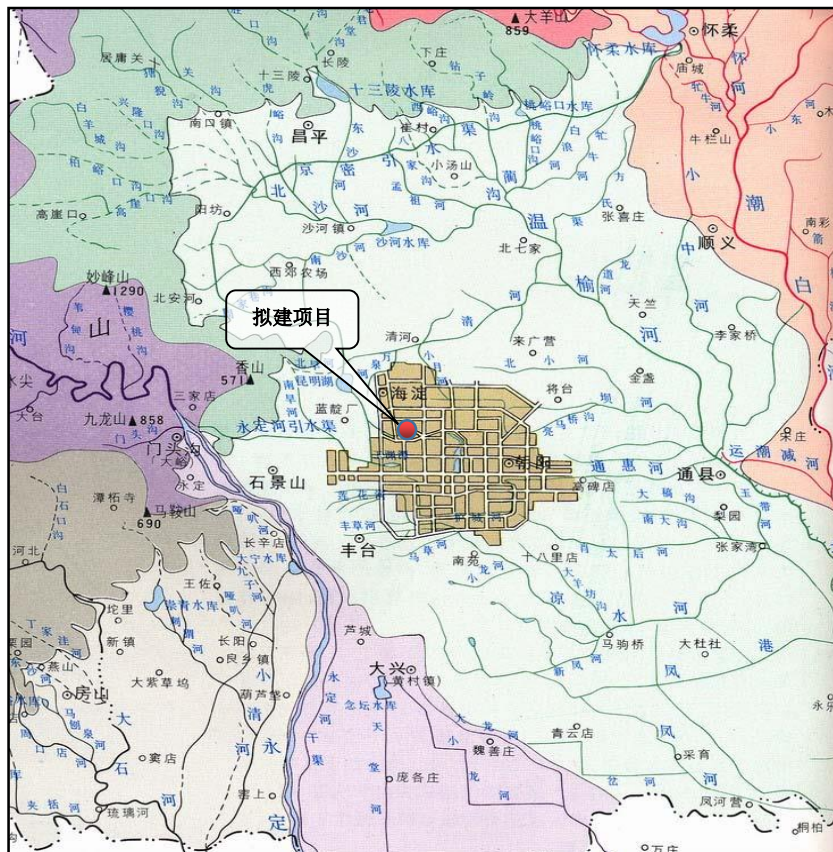


图 3.2 拟建项目地表水系水体分布示意图

3.2 地形地貌

评估区地处北京平原北部，总体地势南低北高。建设工程坐落在温榆河水系一级阶地和三级阶地上（图 3—3）。温榆河一级阶地为全新世中期古清河冲积而成，地面平坦，向南微倾，坡降为 0.5%左右，表层为厚约 3 米的粘土，其下为卵石。三级阶地由晚更新世冲积物组成，主要岩性组合为粘性土、砂土呈互层状产出。

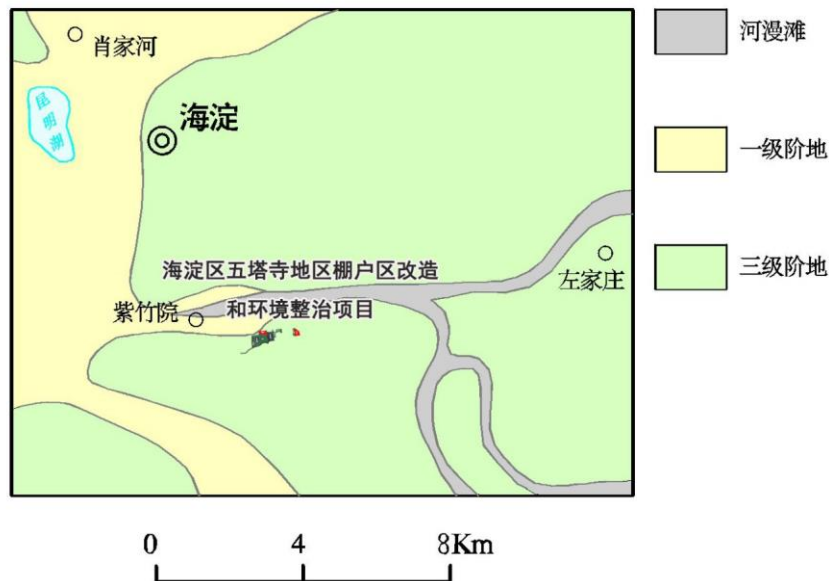


图 3—3 场地附近地貌图

3.3 地层岩性

北京地区第四纪以来由于受新构造运动的影响，山区不断抬升，平原强烈下降，并接受了巨厚的第四纪古河流沉积物。在北京平原区的不同区域，由于受断裂活动的影响和古地理环境的限制，第四纪沉积物的厚度有明显的差异。

在北京市区，第四纪沉积地层的厚度由西向东逐渐增大，岩相分布由山地向平原具有明显过渡的特征，即市区西部的第四纪古河流形成的冲洪积扇顶部、中上部的地层以厚层砂土、卵砾石层为主；向东过渡为冲洪积扇的中部和中部下部，第四纪地层为黏性土、粉土与砂土、卵砾石交互沉积层。

评估区第四系厚约 100m，其中全新统为湖积、冲积，岩性以粘土及沙砾石为主；上更新统洪冲积及洪积物，岩性以黄土夹沙砾石为主，图 3—4。评估区第四系之下的基岩地层有下白垩统火山碎屑岩、中、上侏罗统火山碎屑沉积岩、石炭一二叠系沉积岩、马家沟组灰岩及元古界蓟县系白云岩，图 3—5。

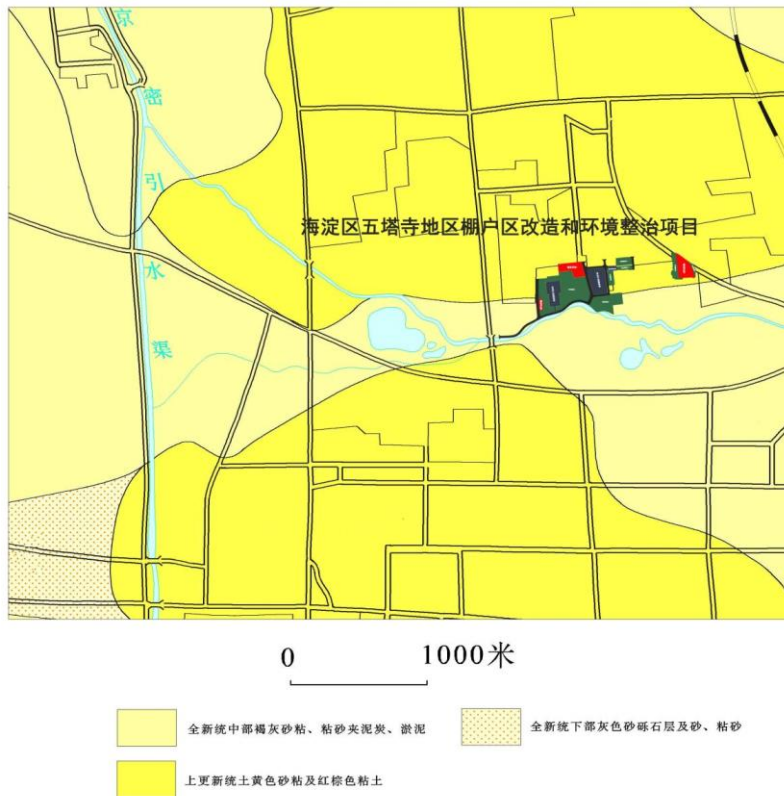


图 3—4 场地附近第四系地质图

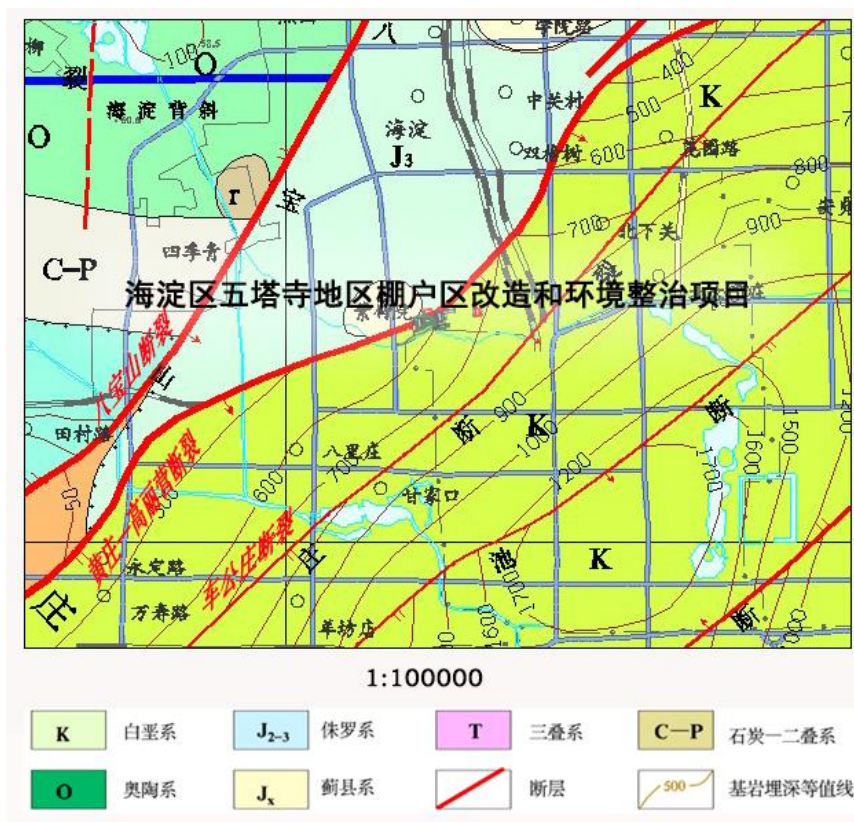


图 3—5 场地附近基岩地质图

3.4 区域地质构造特征

评估区位于中朝准台地（I）燕山台褶带（II1）西部，西山迭拗褶（III5）之门头沟迭陷褶（IV11）东北部，图3—6。

黄庄—高丽营断裂从拟建场地西北穿过，而且八宝山断裂和车公庄断裂分别从场地西北约1500m和东南700m处通过，有关它们的特征描述见本报告的地质灾害危险性评估章节。

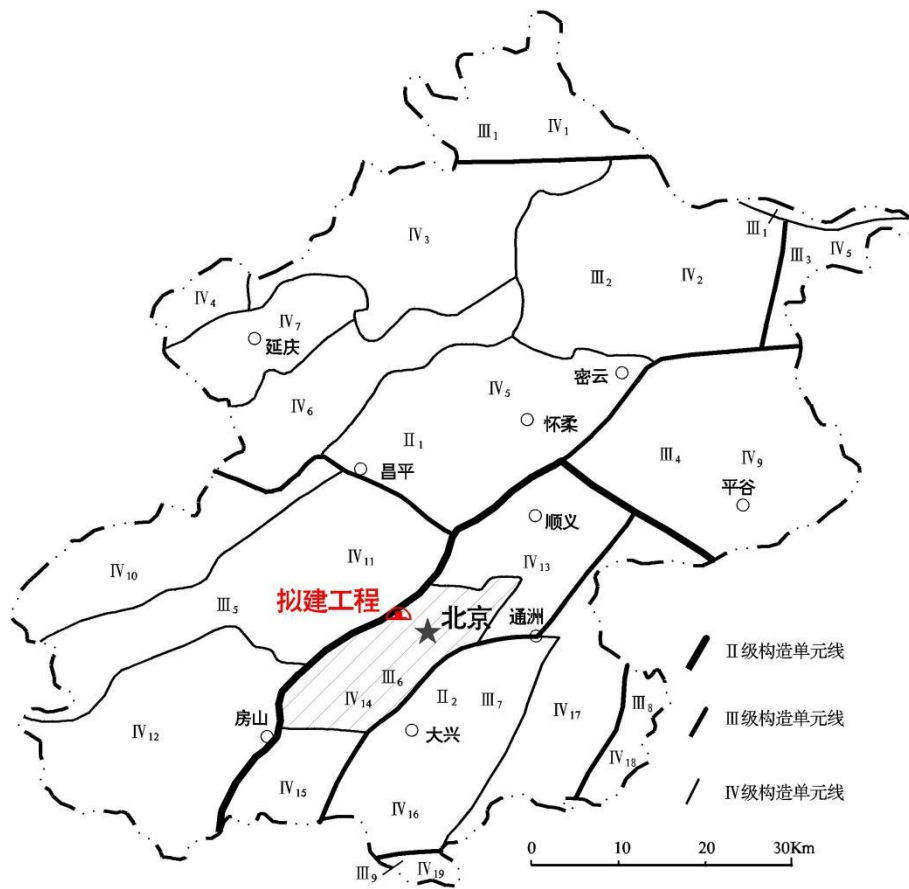


图 3.7 北京市构造分区略图

3.5 区域地震活动及地震动参数

3.5.1 区域地震活动

北京及邻近地区新构造运动十分强烈，且新构造运动以断裂及其控制的断块活动为基本特征，活动断裂具有继承性和新生性的特点。以北东向断裂为主，与之近于正交的北西向及近东西向、近南北向断裂活动次之，活动方式以升降运动为主，亦有一定的走滑运动。地表构造变异、深部地球物理场和现代形变场均明显反映出北京地区具有孕育强震深部背景。

(1) 北京地区历史震害

根据历史记载，京津冀地区(38.5°~41°N; 114.8°~118.3°E)曾发生过若干次不同级别的地震。自公元 294 年居庸关 5^{1/2} 级地震以来至 2020 年，共记录到 4^{3/4} 级以上破坏性地震 92 次，其中，8 级地震 1 次(1679 年三河~平谷地震)；7~7.9 级地震 1 次；6~6.9 级地震 15 次。图 3.8 为“区域破坏性地震震中分布图”。

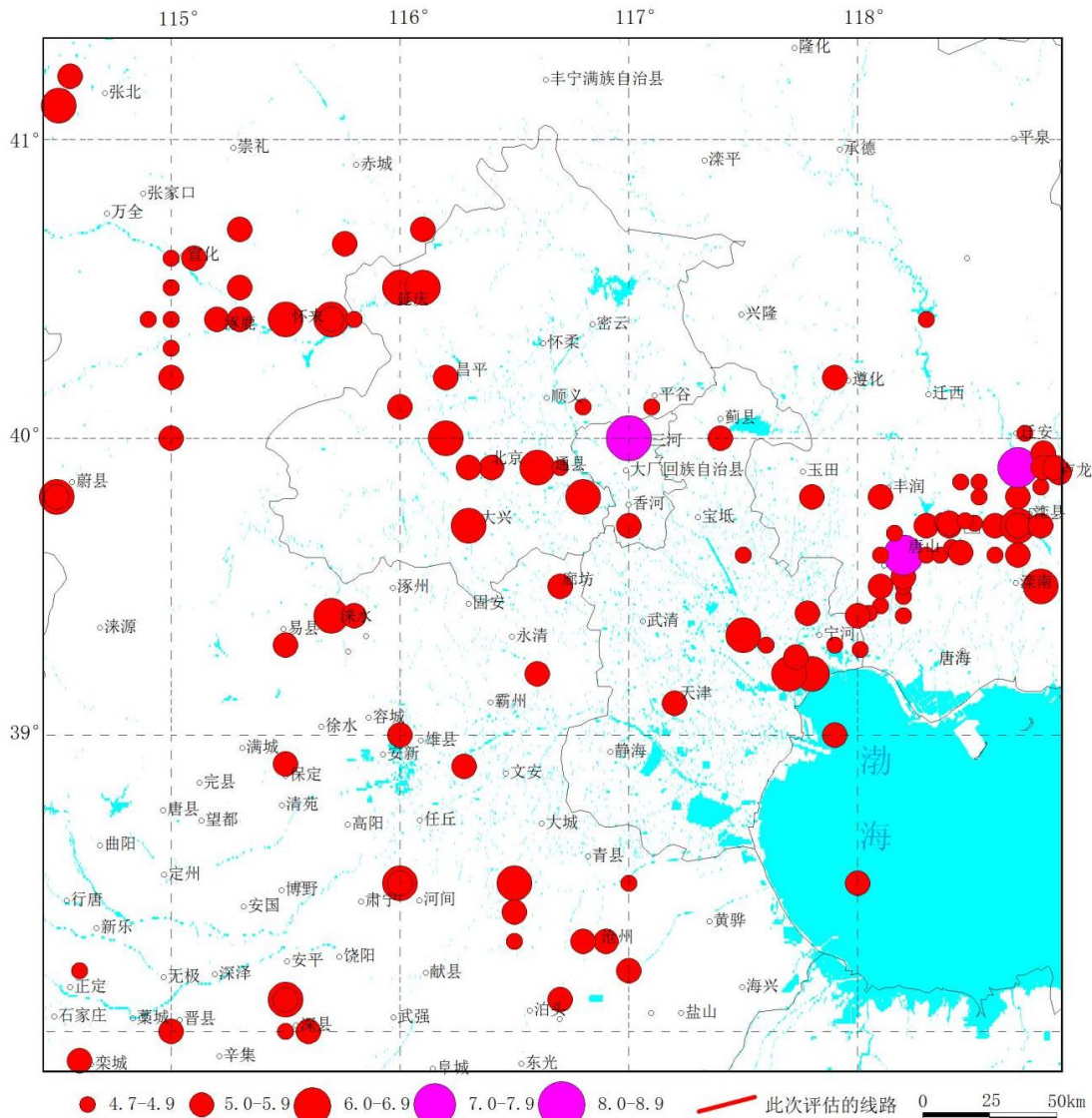


图 3.8 区域破坏性地震震中分布图($M_s \geq 4.7$, 公元 294 年—2020 年)

(2) 北京地区的现代小震

从记录到的地震分布来看，北京市及其周边地区明显存在三个地震活动相对集中的区域(张家口、宣化、怀来一带；北京、三河、平谷一带；唐山、滦县一带)，三个区呈北西方向排列如图 3.9(“北京市及周边地区现代小震分布图”)。现代小震除了与历史破坏性地震呈北西向排列形式一致外，在区域南部也较密

集，并明显地呈现出北西向和北东向条带活动格局。北西向条带与历史破坏性地震活动排列一致；一条明显的北东向条带从北京、唐山一带向邢台一带排列，它是华北平原地震带一部分。通过对历史强震、现代小震的对比分析，可以看到二者的分布有很大的相似性。两者的相似说明现代小震仍然是北京地区长期地震活动的继承，也意味着小震的发生与强震有相似的成因，即受北东向和北西向断裂构造控制。

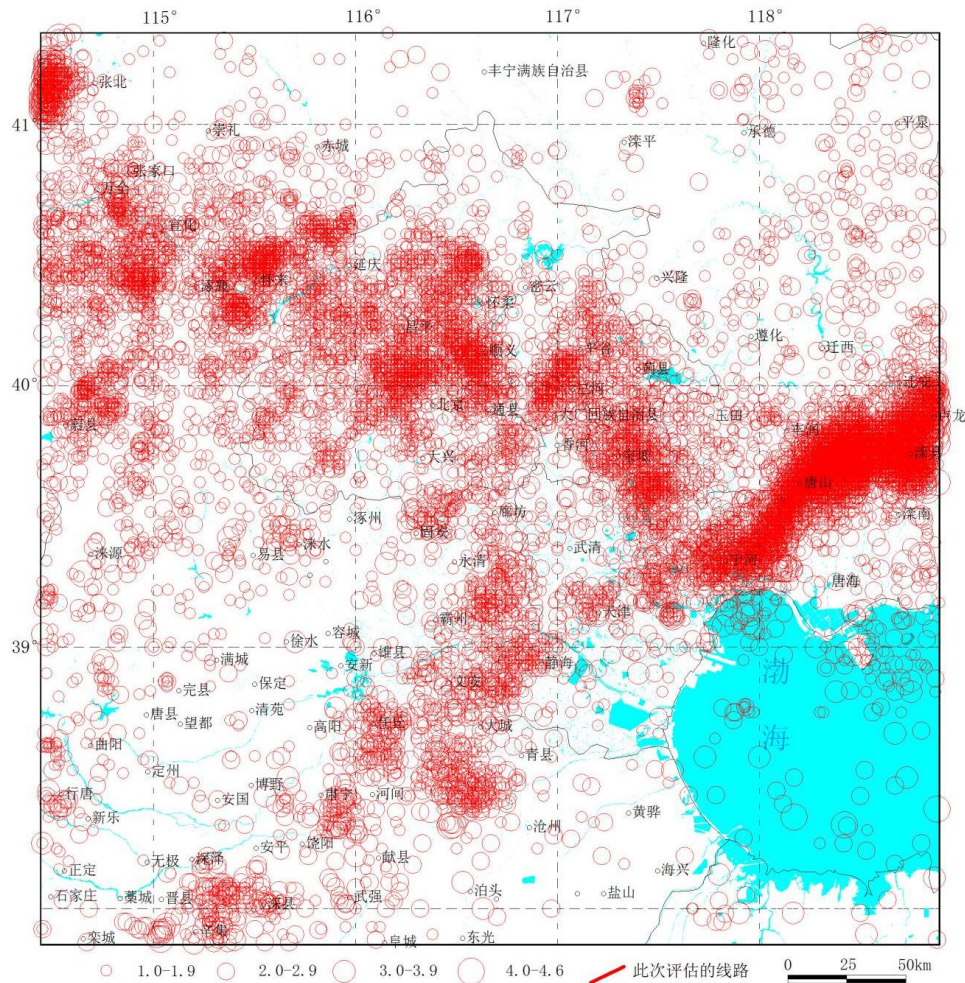


图 3.9 北京市及周边地区现代小震分布图

3.5.2 评估区地震动参数

根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2015)及《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)(2016 年版)，此次评估的一期工程线路位于地震动峰值加速度为 0.20g 区。该段线路对应于Ⅱ类场地条件下的地震动加速度反应谱特征周期为 0.40s，设计地震分组为一组。

3.6 工程地质条件

3.6.1 区域性工程地质特征

本工程线路沿线第四纪沉积物主要由永定河、潮白河、漯河冲洪积形成，沿线地层主要为黏性土、粉土与砂类土互层沉积为主，局部深部地层分布有卵石、圆砾层。地层沉积物的组构、空间相变规律具有较为明显的区域性特征和过渡、渐变性，并具有典型的多沉积旋回的特征。

3.6.2 岩土体工程地质特征

根据“五塔寺路（西三环路—白颐路）道路工程建设用地地质灾害危险性评估报告”和“动物园北路（中关村南大街—高粱桥斜街）道路工程地质灾害危险性评估报告”，拟建项目地处古金沟河道上游边缘地带，地面标高为51.53-53.37m左右。地表以第四系松散土层为主，厚度约100m。

针对影响场地工程地质条件的第四系，为详细了解其工程地质条件，本次工作收集前人22个钻孔资料，及相关原位测试及相关土工试验结果。

地下20米深度范围内除表层有人工堆积层（低液限粘土素填土及含细粒土砾杂填土）外，其下一般为第四纪冲洪积层（主要为低液限粘土夹粉砂、细砂和高液限粘土透镜体），再下为低液限粉土以及卵石层。不同土层空间分布见图3-10~13。

场区地层岩性及工程地质特征见表3—1。

表 3—1 ZK6 号钻孔波速测试成果表

层次	地层名称	层底深度	标尺	岩性柱状图	剪切波速	波速分布图(x100m/s)			
						1	2	3	4
1	杂填土	2.7			150				
2	素填土	2.9			160				
3	低液限粘土	4.9			180				
4	低液限粉土	5.7			190				
5	细砂	6.5			230				
6	低液限粉土	7.7			210				
7	低液限粘土	8.6			210				
8	低液限粉土	10.1			230				
9	圆砾	10.4			290				
10	卵石	15.0			370				

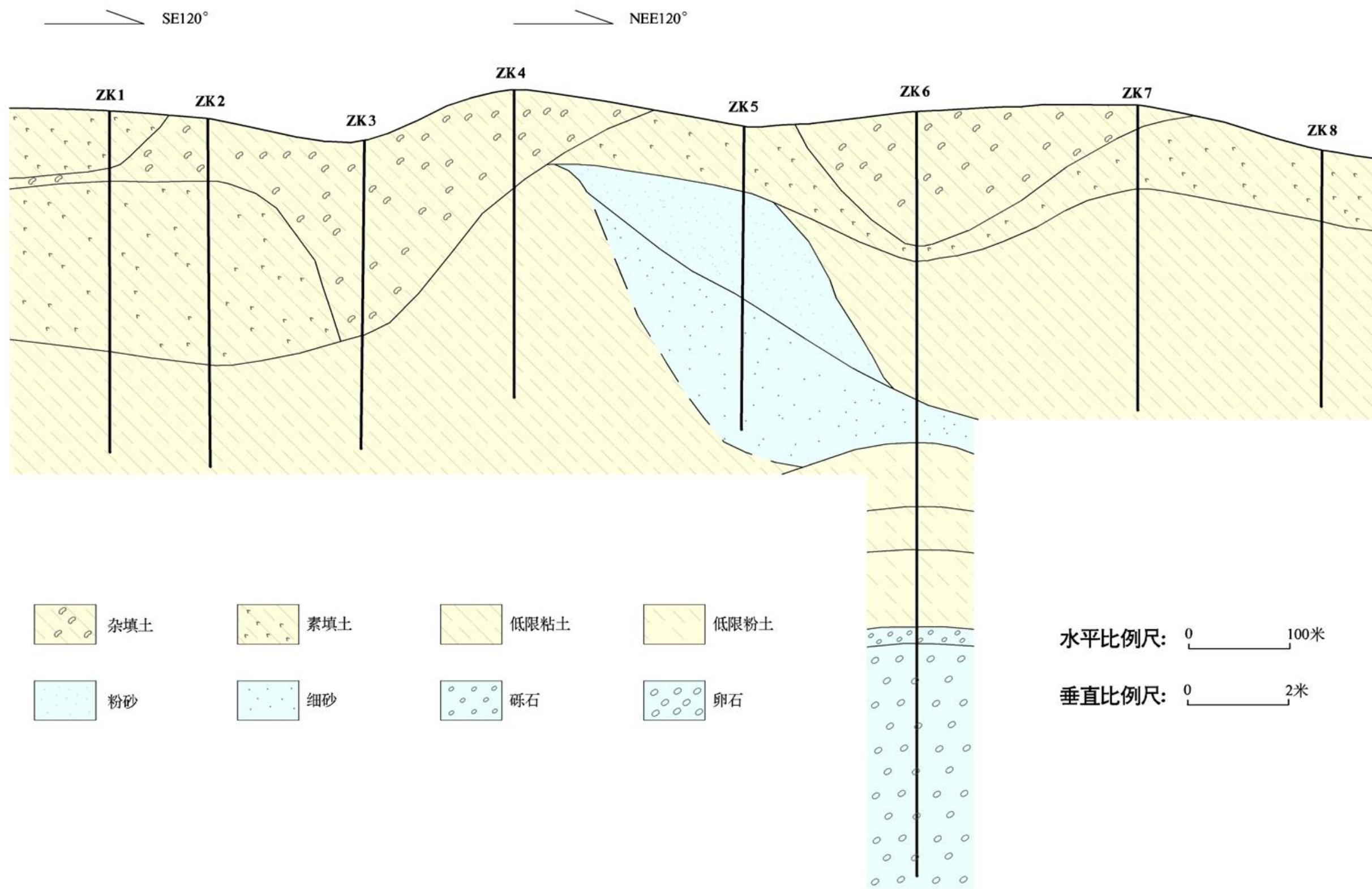


图 3-10 拟建场地附近工程地质剖面图（一）

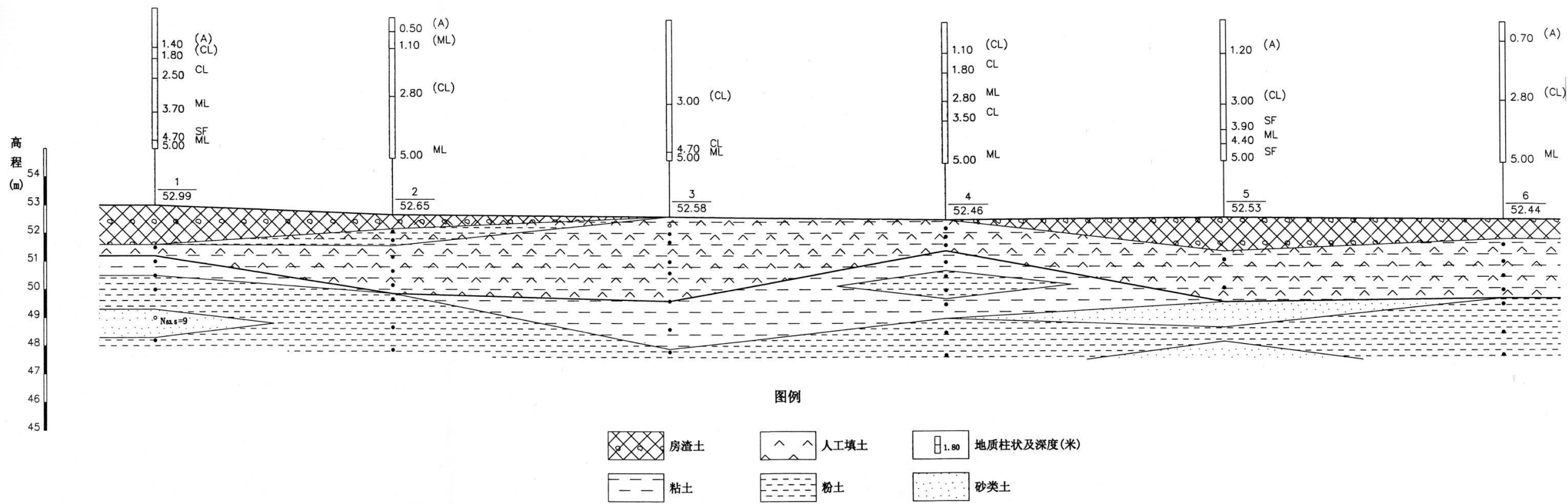


图 3-11 拟建场地附近工程地质剖面图 (二)

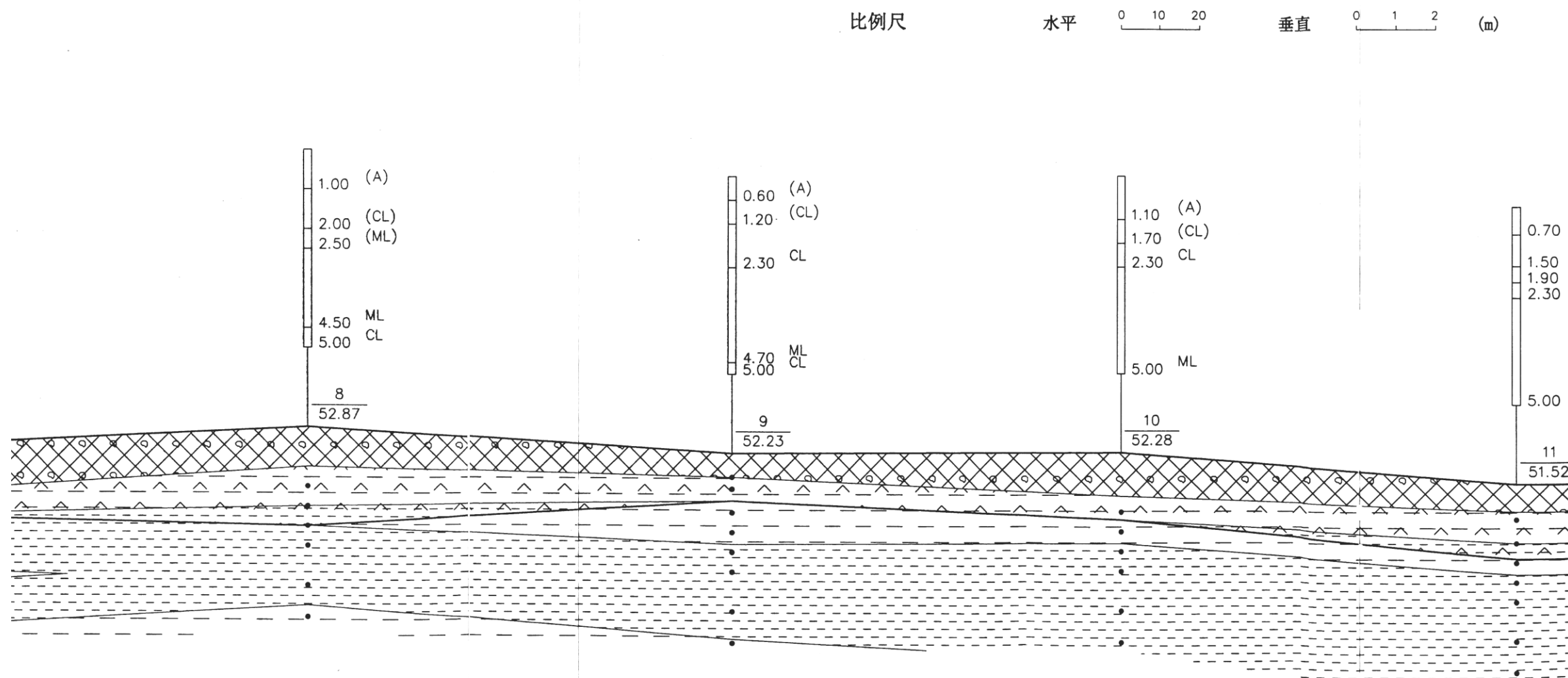


图 3-12 拟建场地附近工程地质剖面图 (三)

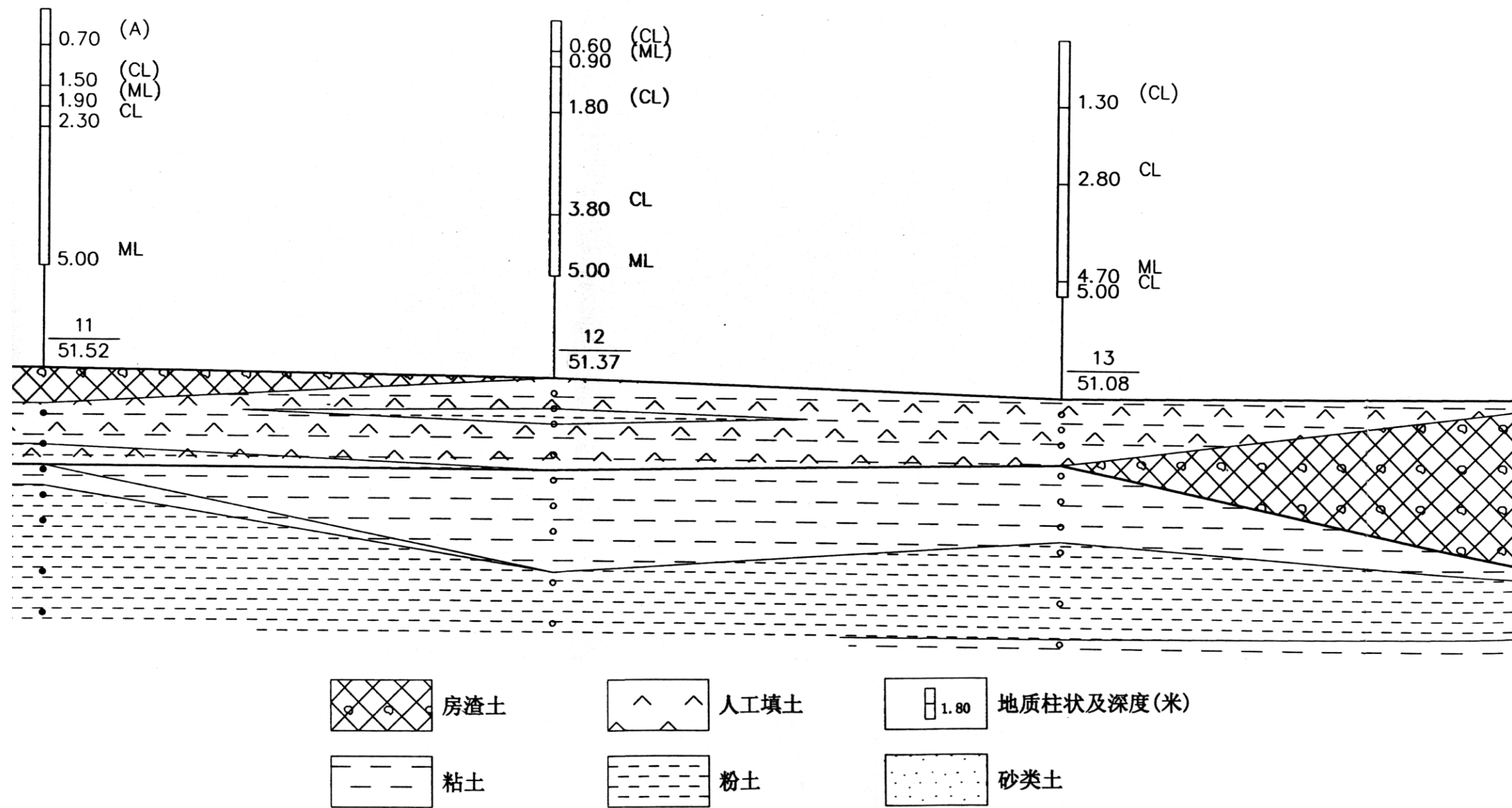


图 3-13 拟建场地附近工程地质剖面图 (四)

3.7 水文地质条件

3.7.1 第四系含水层组的分布规律及富水性

区域上含水层组岩性为砂砾（卵）石及中细砂层颗粒由粗变细。在垂直方向上由于受新构造运动的影响，表现出多旋回的沉积规律。含水层层数由单一变为多层，含水层单层厚度 4~10m，累计厚度 30~50m，含水层底板埋深 50~100m。

3.7.2 第四系地下水位动态特征

区域上 30.00m 深度范围内可观测到三层地下水，具体情况详见表 3—2。

表 3—2 评估区地下水特征表

层号	稳定水位		地下水类型	主要含水层
	埋深 (m)	标高(m)		
1	8.2~8.8	31.20~32.00	上层滞水	黏质粉土-砂质粉土③ ₁ 层、粉砂③ ₂ 层
2	10.9~13.8	25.95~29.30	潜水	细砂④层
3	20.6~21.1	18.34~19.15	承压水	细砂⑦层、砂质粉土⑦ ₁ 层

上层滞水的动态随季节大气降水及管道渗漏的变化而变化，在古河道水文地质单元，上层滞水呈几乎被疏干的状态，不具有明显的多年连续升降趋势。在河间地块水文地质单元，随着地面环境的变化，农田变为住宅小区，地面硬化，大气降水垂直渗入补给量迅速减少，上层滞水的水位逐年下降。在仍为农田的地区，地下水位仍然较高，不具有明显的多年连续升降趋势。

潜水的动态与大气降水关系密切。每年 7 至 9 月份为大气降水的丰水期，地下水位自 7 月份开始上升，9 至 10 月份达到当年最高水位，随后逐渐下降，至次年的 6 月份达到当年的最低水位，平均年变幅约为 2 至 3m。一般情况下，潜水的动态受农田供水开采的影响，不直接受城市供水开采的影响，但由于潜水与承压水具有密切的水力联系，当承压水头降低时，越流补给量增大，潜水水位也随之下降。1970 年以前，北京市的城市规模和工农业生产规模发展速度较慢，地下水位下降速度缓慢。七十年代以来，北京市开始大规模打井开采地下水，潜水水位逐年下降。

承压水的动态比潜水稍有滞后，当年最高水位出现在 9~11 月，最低水位出现在 6~7 月，年变幅约为 2~3m。自七十年代以来，随着工农业生产的迅速发展和城市的扩大，地下水开采量逐年增加，地下水位不断下降。近

3~5 年以来，由于北京市政府采取了一系列保护地下水环境、限制地下水的开采、增大地下水补给量等有效措施，地下水位的下降速度变缓。

该场地历年最高地下水接近自然地面。

3.7.3 地下水补给、径流与排泄条件

评估区第四系地下水的补给来源有四个主要方面:大气降水补给、地下水的侧向径流补给、基岩构造裂隙水的顶托补给和地表水的入渗补给。

区内地下水是由山前地带流向平原，并由西北向东南方向流出，地下水除了水平方向的运动外，还有深部承压水的顶托作用，存在着自下而上的垂直运动。

区内地下水的排泄方式主要有两种:一是侧向径流。二是人工开采地下水。

3.8 人类工程活动对地质环境的影响

评估区主要人类工程活动包括人类建设工程活动、人工抽采地下水等，上述人类工程活动会对地质环境产生一定影响，主要包括如下几方面：

评估区普遍存在建筑、河务、城市公路、管线施工等各类规模不等的工程建设活动，上述工程建设活动对地质环境条件的影响不大。

4 地质灾害危险性现状评估

4.1 地质灾害类型的确定

由于评估区地处平原区，可排除崩塌、滑坡和泥石流等山区地质灾害的可能影响。根据评估区区域工程地质、水文地质、地震地质和环境地质等资料，并结合现场调查结果，综合分析认为：

① 拟建场地附近地下 20.00m 深度内分布的饱和砂土和粉土层在未来强震作用下有发生液化的可能，因此，需对评估区砂土和粉土层地震液化的危险性进行评估。

② 拟建场地附近地面沉降影响区，需要对评估区地面沉降地质灾害进行评估。

③ 黄庄—高丽营断裂从拟建场地西北穿过（图 2—4），而且八宝山断裂和车公庄断裂分别从场地西北约 1500m 和东南 700m 处通过（图 3—5），需要评价断裂对拟建项目的影响。

综上所述，评估区潜在的主要地质灾害类型为砂土液化、地面沉降、活动断裂。

4.2 砂土液化地质灾害现状评估

北京平原区砂土液化区主要分布于潮白河、温榆河、沟河和小中河等河流的中下游沿岸地区，如图 4—1（“北京市液化分区示意图”）。这些地区地势低洼，多分布新近沉积的粉砂、细砂及粉土层，密实度一般松散~稍密。砂土液化区具体分布在通州西集~郎府、顺义王家场~李遂和泥河、平谷门楼、昌平鲁疃、大兴采育和房山沿村等地，其中又以通州西集~郎府地区最严重。上述地区砂土液化影响除了表现为建(构)筑物因倾斜、下沉等破坏较严重外，其直接标志是地面喷砂冒水，并伴有地裂缝和沉陷等现象。喷出的大量砂土覆盖了农田、堵塞沟渠。如西集~郎府地区的耿楼村 1976 年唐山地震时地面喷砂冒水口达 1000 个以上，遍地皆是。村库房由于不均匀沉陷造成七扭八歪的形状。西集粮库由于砂土液化，导致土园仓下沉和倾斜。

本项目均位于非液化区，历史上从未发生过砂土液化。



图 4—1 北京市液化分区示意图

4.2.1 砂土液化机理及地质环境特征

(1) 砂土液化机理

砂土液化是砂土的液化表现，是饱和或接近饱和的砂土，当地震发生时，在地震力的往复作用下，被震动压密而向上部排水，排入上部的水由于砂土层上面的覆盖层隔水无法排出，而在砂土层内聚集起来，形成超静孔隙水压力，随着这种往复震动的持续，下部砂土层不断被压密向上排水，上部超静孔压就会不断增加，当超静孔压达到能够承担全部上覆土重时，砂土层上部就会膨胀而顶起上覆土层，砂土层内最上部砂就会处于悬浮状态，这时砂土层处于液化状态，若此时孔压还得不到宣泄，随着地震的持续，超静孔压的增加会使处于悬浮状态砂的范围向深部扩展，当扩展到某一深度并且在地震停止之前，超静孔压在上覆土层薄弱处找到了突破口，悬浮状态的砂土随水喷出地表，孔压得以宣泄，就形成了液化效应而致灾。若当地震结束时，超静孔压仍然不能突破上覆土体的覆盖，超静孔压就会逐渐耗散，不会形成喷砂冒水现象，但实际上，这一深度以上的砂土在地震中已经处于液化状态，只是没有形成液化效应而造成灾害。

(2) 可液化砂土层的地质环境特征：

- ① 砂土层处于地下水位以下；
- ② 砂层密实度差，结构松散；
- ③ 地下

水位埋藏浅和迳流条件滞缓地区。

由此可见，可能产生液化的砂土层必须处于饱和或近于饱和，即砂土层内部孔隙水连通，若砂土层颗粒之间的孔隙水不连通，则孔隙水压力不能传递，也就没有聚集超静孔压的基本条件，砂土层不可能液化。

具有上述地质环境特征的粉土、砂土层，也就具备了可能液化的条件。但是否会产生液化，还取决于地震条件、埋深及可液化与非液化层之间的关系等因素。

4.2.2 砂土液化判别结果

评价饱和砂土液化方法很多，但常用剪应力对比法和标准贯入试验法。

剪应力对比法具有较强的针对性，但需要采取大量样品，对区划场地或一般场地预测很不适用。标准贯入试验法以及利用它构成的液化判别式反映了影响液化的主要因素，因此它已成为最有代表性，应用最广泛的液化判别方法。

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)，地面下存在饱和砂土和饱和粉土时，除 6 度外，应进行液化判别。结合已有的经验，液化判别按二个程序进行，即初判和复判。

初判

饱和的砂土或粉土（不含黄土），当符合下列条件之一时，可初步判别为不液化或可不考虑液化影响：

(1) 地质年代为第四纪晚更新世 (Q_3) 及其以前时，7、8 度时可判为不液化。

(2) 粉土的黏粒（粒径小于 0.005mm 的颗粒）含量百分率，7 度、8 度和 9 度分别不小于 10、13 和 16 时，可判为不液化土。

(3) 浅埋天然地基的建筑，当上覆非液化土层厚度和地下水位深度符合下列条件之一时，可不考虑液化影响：

$$d_0 > d_b + d_w - 2 \quad (4-1)$$

$$d_w > d_b + d_0 - 3 \quad (4-2)$$

$$d_0 + d_w > 1.5 d_b + 2 d_0 - 4.5 \quad (4-3)$$

式中： d_w ——地下水位深度 (m)，宜按设计基准期内年平均最高水位采用，也可按近期内年最高水位采用；

d_0 ——上覆盖非液化土层厚度 (m)，计算时宜将淤泥和淤泥质土层扣除；

d_b ——基础埋置深度 (m)，不超过 2m 时应采用 2m；

d_0 ——液化土特征深度 (m)，可按表 4—1 采用。

表 4—1 液化土特征深度 (m)

饱和土类别	7 度	8 度	9 度
粉土	6	7	8
砂土	7	8	9

注：当区域的地下水位处于变动状态时，应按不利的情况考虑。

复判

《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010) (2016 修订) 规定，当饱和砂土、粉土的初步判别认为需进一步进行液化判别时，应采用标准贯入试验判别法判别地面下 20m 范围内土的液化；但对《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010) (2016 修订) 中第 4.2.1 条规定可不进行天然地基及基础的抗震承载力验算的各类建筑，可只判别地面下 15m 范围内土的液化。当饱和土标准贯入锤击数（未经杆长修正）小于或等于液化判别标准贯入锤击数临界值时，应判为液化土。

在地面下 20m 深度范围内，液化判别标准贯入锤击数临界值可按下式计算：

$$N_{cr} = N_0 \beta [\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w] \sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \quad (4-4)$$

式中： N_{cr} ——液化判别标准贯入锤击数临界值；

N_0 ——液化判别标准贯入锤击数基准值，可按表 4—2 采用；

d_s ——饱和土标准贯入点深度 (m)；

d_w ——地下水位 (m)；

ρ_c ——黏粒含量百分率，当小于 3 或为砂土时，应采用 3；

β ——调整系数，设计地震第一组取 0.80，第二组取 0.95，第三组取 1.05。

表 4—2 液化判别标准贯入锤击数基准值 N_0

设计基本地震加速度 (g)	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
液化判别标准贯入锤击数基准值	7	10	12	16	19

根据“五塔寺路（西三环路——白颐路）道路工程建设用地地质灾害危险性评估报告”、“动物园北路（中关村南大街——高粱桥斜街）道路工程地质灾害危险性评估报告”和北京市砂土液化分区，在地震烈度为 8 度时，场区附

近 20 米深度范围内的天然沉积的土层均不会发生地震液化，砂土液化地质灾害的现状危险性小。

4.3 地面沉降地质灾害现状评估

地面沉降是指在自然和人为因素作用下，由于地下松散地层固结压缩而导致区域性地面标高降低的一种环境地质现象，地面沉降会给城市建筑物、道路交通、管道系统及给排水、防洪等带来诸多困难。地面沉降是平原区主要灾害之一，与城市建设、发展和人民生活密切相关。

4.3.1 北京市地面沉降的时空发展过程

北京平原区地面沉降按其发展过程可划分为 4 个阶段，即形成阶段、发展阶段、扩展阶段和快速发展阶段(现阶段)。这 4 个阶段的地面沉降的变化范围、面积、沉降量及沉降速率等有很大不同，见表 4—3(“北京市地面沉降发展阶段概况表”)。

表 4—3 北京市地面沉降发展阶段概况表

发展时期	时间/年	沉降面积(km ²)		沉降速率 mm/a	沉降地区	沉降量 mm	最大累计沉降量 mm
		>50m m	>100m m				
形成阶段	1955~1966	局部		4.8	东八里庄	58	58
				2.5	酒仙桥	30	30
	1966~1973	400	/	28.2	东八里庄-大郊亭	172	230
				16	来广营	66	126
发展阶段	1973~1983	/	/	30.2	东八里庄-大郊亭	81	590
				18.1	来广营	181	307
扩展阶段	1983~1987	1557	860	15.5	东八里庄-大郊亭	62	665
				15	来广营	60	367
				33.7	昌平沙河-八仙庄	135	303
				34.5	大兴礼贤-榆垓	138	298
	1987~1999	2815	1826	5.3	东八里庄-大郊亭	70	722
				19.8	来广营	198	565
				29.6	昌平沙河-八仙庄	385	688
				24.2	大兴礼贤-榆垓	363	661
				19.2	顺义平各庄	250	250
快速阶段	1999~2015	4114.1 2	2815.2 9	66.3	昌平沙河-八仙庄	398	1086
				65.4	朝阳区来广营	392	677
				56.3	东八里庄-大郊亭	338	750
				37	大兴榆垓-礼贤	224	813
				28	顺义平各庄	188	420
				44	通州梨园-台湖	265	/
				33	顺义羊房、昌平燕丹	200	/

(1) 地面沉降形成阶段

1955年~1973年为地面沉降形成阶段。20世纪五六十年代，随着北京城市建设和工业发展，在北京东郊八里庄及酒仙桥一带分别建立了纺织工业区和电子工业区，并大量开采地下水，随着地下水开采量日益增加，地下水位逐年下降，逐渐在东郊的东八里庄-大郊亭一带和东北郊的来广营-酒仙桥一带形成了区域性的降落漏斗，导致局部地区开始出现地面沉降，逐渐形成了东郊、东北郊沉降区，并逐渐扩大。1966年北京市地面水准测量资料显示，东郊东八里庄纺织工业区和酒仙桥电子工业区地面累计沉降量分别为58mm和30mm，年平均沉降速率分别为4.8mm/a和2.5mm/a。到1973年前述两区域累计沉降量分别达到230mm和126mm，地面沉降范围扩大到400km²，年平均沉降速率为16.0mm~28.2mm。

(2) 地面沉降发展阶段

1973年~1983年为地面沉降发展阶段。20世纪70至80年代初，北京市地下水长期处于大量超采状态，水位大幅度下降，东郊地面沉降也随之快速发展扩大。该时期东郊和东北郊地面沉降区面积迅速扩大，累计沉降量快速增加。据1983年5月北京市地面水准测量资料，北京东郊地面沉降区范围北起昌平区东三旗、顺义区古城，南至左安门、十八里店，西起西四、大钟寺，东到双桥一带，沉降面积达600km²，其中，地面累计沉降量大于100mm的面积为190km²，累计沉降量大于200mm的面积为42km²。在大郊亭和来广营地区形成似哑铃状的南、北两个地面沉降中心，见图4—2（“北京市东郊地面沉降1966~1983年等值线图”）。据北京内燃机总厂内双陶1号水准点测量资料，1955~1983年该点地面累计沉降量590mm，年平均沉降速率31mm/a。其中1979年至1980年个别地面水准监测点的沉降量甚至达到81mm。这个时期北京市地面沉降发展特点是沉降速率高、沉降范围相对集中，最大累计沉降量达到590mm。远郊区昌平沙河-八仙庄、大兴榆垓-礼贤等沉降区逐渐形成。

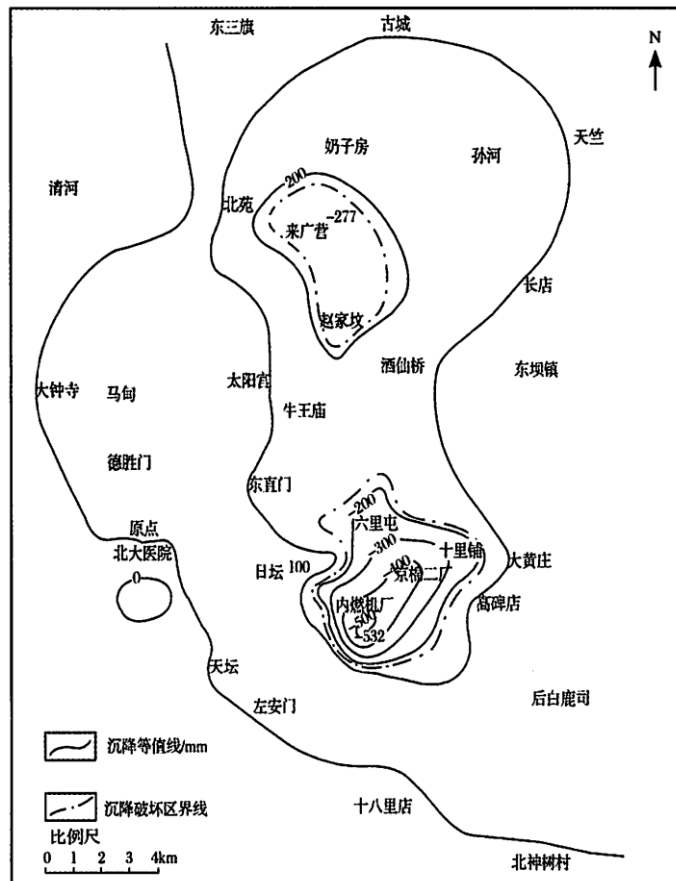


图4—2 北京市东郊地面沉降1966~1983年等值线图

(3) 地面沉降扩展阶段

1987年~1999年为地面沉降的扩展阶段。20世纪80年代初，北京第八水厂自来水引入北京市区，并采取了节约用水和加强地下水开发管理等措施，使北京东郊地区地下水开采量减少，地下水位下降速率明显减缓。北京内燃机总厂内双陶1号地面水准点至1987年地面累计沉降量达665mm，1999年地面累计沉降量达722mm，年平均沉降速率为5.7mm/a，说明该沉降区地面沉降速率在减小；但在北京城市边缘地带及远郊区(如通州城关、顺义天竺、昌平沙河镇、大兴榆垓等地区)地下水开采量不断增加，超采区范围继续扩大，出现了许多新的地下水降落漏斗区，从而引发了北京地区地面沉降范围继续扩大，沉降区向郊区迁移。来广营沉降区向北扩展到昌平区南部及顺义区西南部，1987年~1999年平均沉降速率为19.8mm/a，沉降保持高速发展；新形成的沙河-八仙庄(海鹈落)沉降区、大兴礼贤-榆垓沉降区和顺义平各庄沉降区1987~1999年平均沉降速率分别为29.6mm/a、24.2mm/a和19.2mm/a，均呈现较快速发展的态势。

东郊、东北郊沉降区沉降速率逐渐变缓，昌平沙河-八仙庄、大兴榆垓-礼贤、顺义平各庄等沉降区沉降速率以20~35mm/a快速发展。到1999年，全市累计

沉降量大于 50mm 的地面沉降区面积达到 2815km²，见图 4—(“北京市地面沉降 1987~1997 年等值线图”)。在东郊八里庄-大郊亭、东北郊来广营、昌平沙河-八仙庄、大兴榆垓-礼贤、顺义平各庄等地形成了 5 个较大的沉降区，沉降中心累计沉降量分别达到 722mm、565mm、688mm、661mm 和 250mm。在通州、顺义等地区逐渐形成了新的沉降区。累计沉降量大于 100mm 的面积达到 1826km²，累计沉降量大于 500mm 的沉降范围为 104km²。

这一时期北京市地面沉降发展的特点是老沉降区的沉降速率减缓，但沉降面积却在迅速扩大，不断出现新的沉降中心。

(4) 地面沉降快速发展阶段

1999 年~现在为地面沉降的快速发展阶段。近年来，朝阳区、大兴区、通州区、顺义区的大部分区域，以及昌平的南部地面沉降迅速发展，以东北二环为界范围内的城区、房山区、石景山区、丰台区、密云区和怀柔区等地质条件较好的区域内，沉降量很小。总体上，老沉降区仍旧快速发展，同时又有新的沉降区逐渐形成，沉降区面积不断扩大，累计沉降大于 100mm 的沉降区面积由 1999 年的 1826km² 增加到 2005 年的 2815km²。分布呈南北两个区：北区主要分布于朝阳区、通州区、昌平区、顺义区，区内包括东八里庄-大郊亭沉降中心(累计沉降量 750mm)，朝阳区来广营沉降中心(累计沉降量 677mm)、昌平沙河-八仙庄沉降中心(累计沉降量 1086mm)和顺义平各庄(累计沉降量 420mm)；南区主要分布于大兴区南部的庞各庄、榆垓、礼贤等地，累计最大沉降量达 813mm。

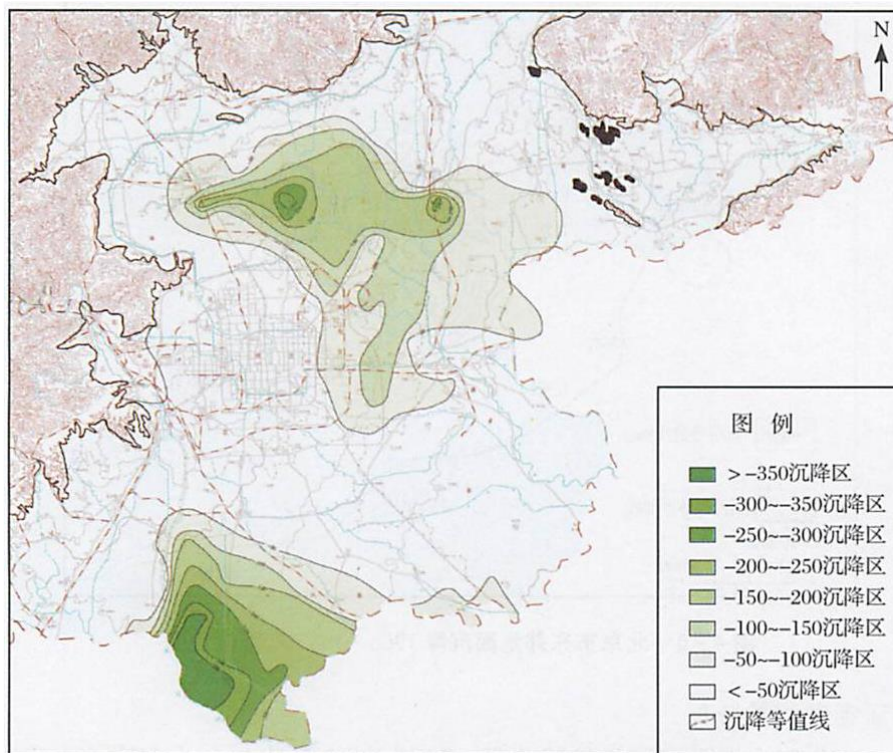


图4—3 北京市地面沉降1987~1997年等值线图

分析 1999~2005 年地面沉降发展变化，如图 4—5a(“1999 年与 2005 年地面沉降面积对比直方图”)和图 4—5b(“北京市平原区 1999~2005 地面累计沉降量图”)，可明显看出，北京市平原区地面沉降处于快速发展时期。从沉降速率来看，1999~2005 年 6 年间地面沉降面积的年均增加速度要远快于以往的 45 年。2005 年最大沉降速率是 20 世纪 80 年代的 2~3 倍，也是北京有监测资料以来最快的时期，且远大于上海、天津、沧州等沉降严重区同期的年沉降速率。从沉降面积来看，1999~2005 年 6 年期间沉降速率大于 17mm/a 的区域有 1441km²，大于 33mm/a 的区域达到 310km²，主要集中在沙河-八仙庄、来广营、后沙峪、大郊亭-三间房、通州梨园-台湖以及榆垓-礼贤等沉降区。大于 50mm 沉降量的沉降面积的年均增加速度是过去 45 年年均增长速率的 3 倍多，大于 100mm 沉降量的沉降面积的年均增加速度是过去 45 年年均增长速率的将近 4 倍。

由图 4—6(“北京平原区 1955 年~2015 年累计沉降量综合分析图”)可知，1955~2015 年累计沉降量大于 100mm 的面积为 4008km²，北区内最大沉降量为 1749mm，位于朝阳区金盏沉降区；南区最大沉降量为 1299mm，位于礼贤小马坊。已有研究成果表明，2005~2015 年间北京平原区地面沉降仍处于快速发展阶段。

根据《北京市城市地质工作成果通报》(2021 年度,北京市市地质矿产勘查院),本年度平原区地面沉降总体呈减缓趋势。地面沉降速率大于 30mm/a 区域面积为 146km²,2020 年面积为 303 km²;地面沉降速率大于 50mm/a 区域面积为 16km²,2020 年面积为 45 km²;金盏地区沉降速率为 74.9mm/a,仍为全市最大沉降点。1955~2021 年累计沉降量继续增加,其中朝阳金盏地区累计沉降量为 2287mm,为全市最大沉降点;南部礼贤小马坊地区累计沉降量达 1597mm。

4.3.2 地面沉降现状评估

图 4—7(“评估区 1955-2020 年累计沉降量图”)为本工程拟建项目及周边 1955 年~2020 年累计地面沉降量等值线,由图可以看出,评估区累计地面沉降量不足 50mm。地面沉降弱发育。根据本次现场调查结果,评估区未发现因地面沉降而发生的建筑物、路面等明显开裂下沉等现象,灾情为轻。因此,现状评估评估区地面沉降现状危险性小。

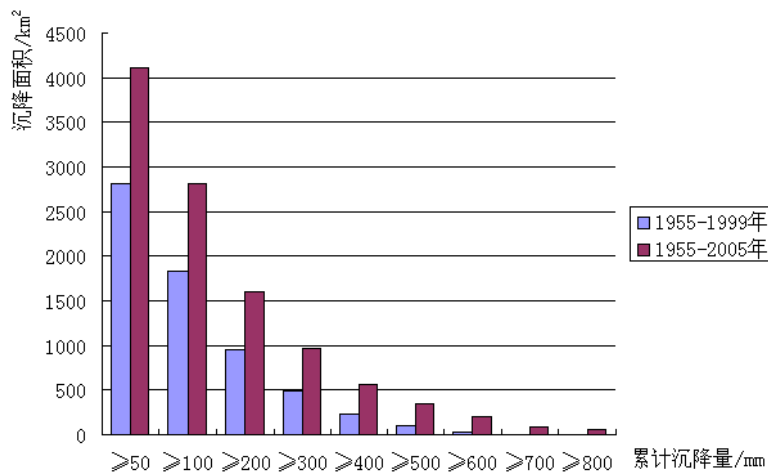


图4—5a 1999年与2005年地面沉降面积对比直方图

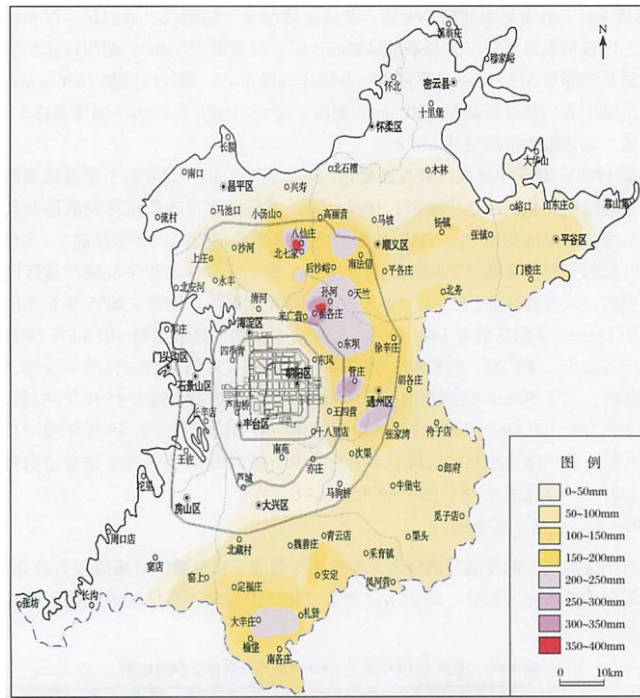


图 4—5b 北京市平原区 1999~2005 地面累计沉降量图

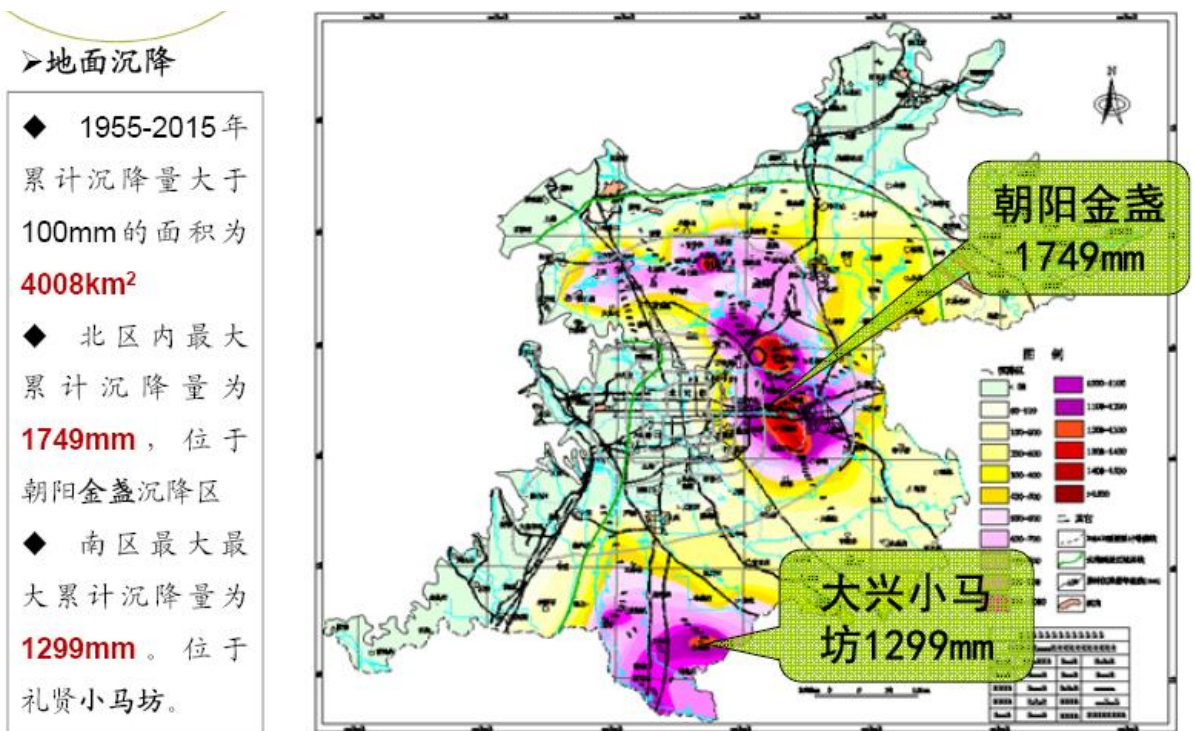


图 4—6 北京平原区 1955 年~2015 年累计沉降量综合分析图

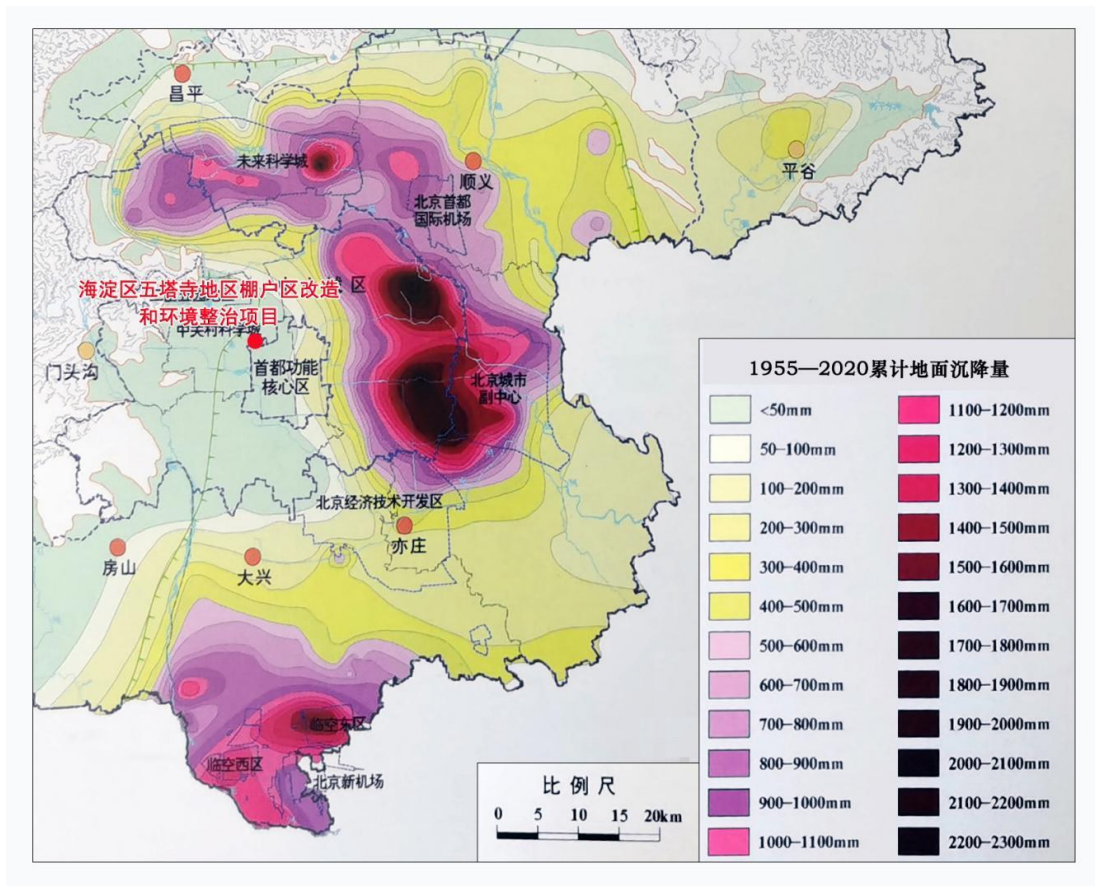


图 4—7 评估区 1955-2020 年累计沉降量图

4.4 活动断裂地质灾害现状评估

黄庄—高丽营断裂从拟建场地西北穿过（图 2—5），而且八宝山断裂和车公庄断裂分别从场地西北约 1500m 和东南 700m 处通过（图 3—5）。

(1) 黄庄—高丽营断裂

黄庄—高丽营断裂是北京市重要的活动断裂之一，为京西隆起和北京凹陷的分界断层。该断裂南起涿县，经黄庄、高丽营，北至密云白马关，长度大于 400 公里，总体上呈北东 20° — 50° 方向展布，倾向南东，倾角较陡 65° — 75° ，图 4—8。

该断裂在燕山期活动较强烈，断裂性质显压扭性，左行，沿断裂或旁侧伴有大量的酸性岩体侵入，南东盘（上盘）逆冲，北西盘下降。新生代喜山期（北京称前门期）该断裂再次显示强烈活动，断裂性质显张剪性，右行，北西盘抬升，遭受剥蚀，南东盘（上盘）下降，接受沉积。沿断裂或旁侧伴有裂隙式基性玄武岩浆溢流。喜山后期，断裂总体活动相对减弱。平面上断裂最终显示右行，错距在 2.7 公里以上。

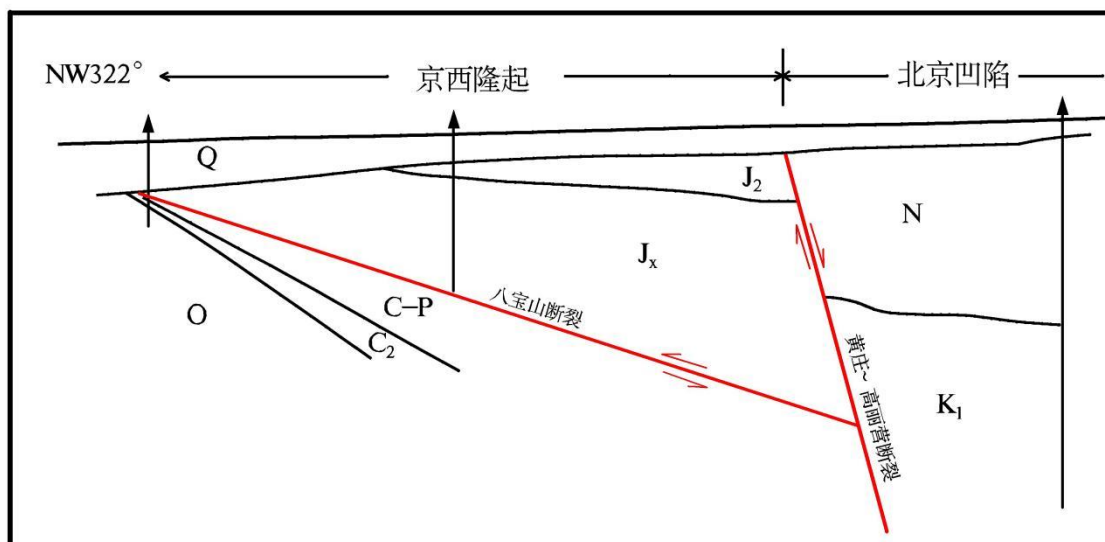


图 4—8 黄庄—高丽营断裂彰化村钻孔联合剖面图

根据该断裂对第四系沉积厚度的控制作用，断裂本身活动性的地区差异、形态变化及与其它断裂的错断关系，由南向北将其划分五段：房山～晓幼营段；晓幼营～大灰厂段；大灰厂～芦井段；永定河～北七家庄段；北七家庄以北段。

永定河～北七家庄段从拟建项目北侧通过，南端以永定河为界，北部以南口～孙河断裂为界，全部地段均被第四纪所覆盖。断裂的空间展布特征主要是根据物探、化探和钻孔资料确定，总体走向北北东向，断层面倾向南东，长度约为 35Km。

地震会战期间，在蓝靛厂南侧的彰化村进行了钻探工作，如图 4—8，位于八宝山断裂上盘的两个钻孔分别在深 128.8m 和 417m 处钻透蓟县系的白云质灰岩后见到断层破碎带，其下为石炭系、二叠系煤系地层。而位于黄庄—高丽营断裂上盘的钻孔在深 1001.5m 处仍未见到元古界，说明黄庄～高丽营断裂两盘的垂直落差在千米以上。

为确定断裂通过的位置，北京市地震局(1997)在衙门口村东侧和黄庄西侧布设了两条气汞测线，均有明显的异常显示，见图 4—9。在此基础上根据异常的延伸趋势，之后又在玉泉路西侧沿异常线进行了浅层人工地震探测，由多波段高密度成像技术获得物探剖面，自地表 20m 深的土层内（晚更新世以来的沉积物）未见层理错断现象，说明黄庄—高丽营断裂在该处晚更新世以来没有活动。因此，在玉泉路处的黄庄—高丽营断裂的强烈活动时代为中更新世，全新世活动轻微。

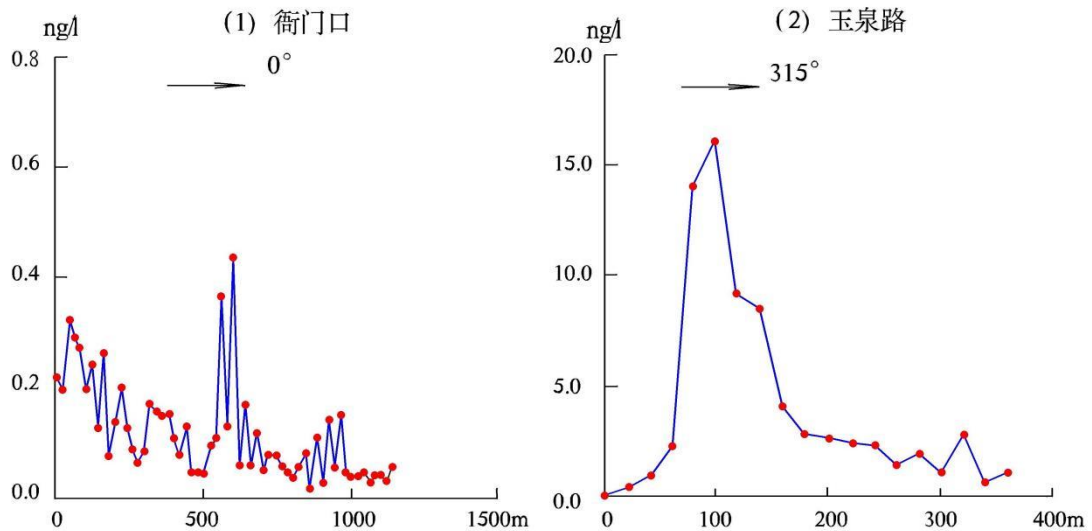


图 4—9 黄庄—高丽营断裂衙门口、玉泉路气汞剖面图
(2)八宝山断裂

为本区较重要构造，该断裂呈北东方向展布，南起河北涞水，向北经牛口峪、房山、南观、磁家务、北辛营、晓幼营、大灰厂、八宝山、清华园、太平庄沿线，全长约为 110Km。根据其空间展布、新构造、断裂新活动历史等特征，可以将其划分为三段：南段：房山～磁家务；中段：北车营～永定河；北段：永定河以北地段，其中北段距拟建场地较近，最近距离 1.5 公里左右，对评估区场地稳定性影响较大。

八宝山断裂北段（永定河以北地段）距拟建场地的垂直距离约 1.5 公里，南起永定河，往北东经八宝山、中关村、洼里、在太平庄北侧被南口～孙河断裂所截，南口～孙河断裂以北延伸不清。北段的总体走向比较稳定，平均为 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，倾向南东东，倾角约为 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。

八宝山断裂北段的大部分隐伏于平原第四系覆盖层之下，但在八宝山东侧可见该断裂出露，如图 4—10 所示，断裂两盘分别为下侏罗统的含砾粉砂岩和蓟县系雾迷山组硅质条带白云岩，可见后者逆冲到下侏罗统含砾粉砂岩之上，表明该断裂为压扭性逆掩性质。中国地震局分析预报中心（1997）对断层面接触处的断层泥进行了热释光测龄，测试结果为距今 13.97 ± 1.13 万年，说明八宝山断裂的强烈活动时代为中更新世。

在水屯北——田村地区，八宝山断裂表现为一组平行的叠瓦式断层，走向 $NE30^{\circ}$ ，倾向南东，倾角 $30^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 。雾迷山组地层逆掩于下双泉组之上，表明该断裂为压扭性逆掩性质。

北京市地矿局物化探队（1990）在清华园附近进行了浅层人工地震探测，如图4-11，结果表明八宝山断裂在该处仅穿切早、中更新世以前的地层，对上更新世的地层没有任何影响，全新世和上更新世的地层层理清楚连续，同样说明了八宝山断裂强烈活动时代为中更新世。

综上所述，八宝山断裂为压扭性逆掩性质，在近场区范围的强烈活动时代为中更新世时期。

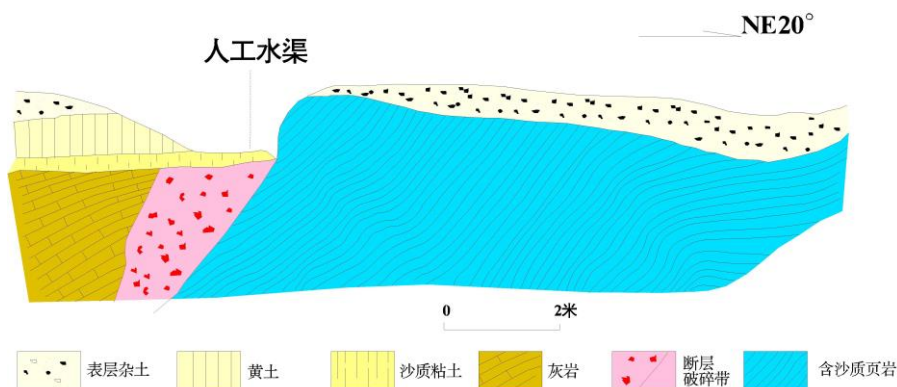


图4-10 八宝山东侧八宝山断裂剖面

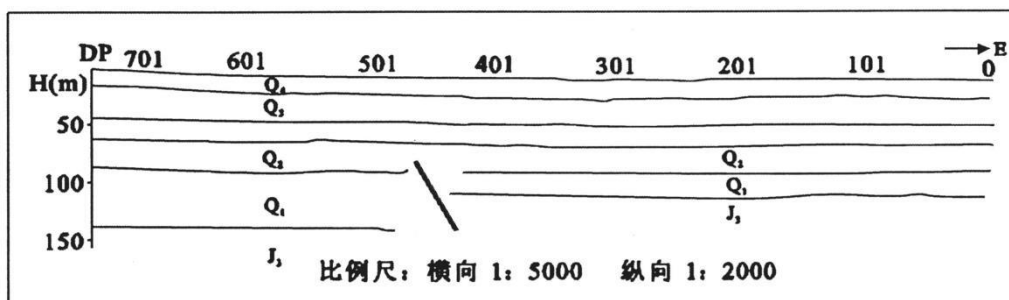


图4-11 清华园八宝山断裂浅层人工地震剖面

(3)车公庄断裂

该断裂从拟建场地东南0.7Km处通过，依据电法、重力等物探手段确定它顺展览路—西直门—德胜门—药王庙一线延伸，它是城区另一条活动断裂。受它的影响，明、清时期前海西北角的城墙屡建屡垮，始终修不成方形城廓；1679年三河八级地震，“德胜门下裂一大沟，水如泉涌”；1976年唐山地震时国务院第一招待所大楼、建筑工程学院、及德胜门城楼等均遭受了不同程度的破坏。

评估区附近的三条断裂特征见表4-4。评估区附近八宝山断裂和黄庄—高丽营断裂的强烈活动时代为中更新世，在全新世活动微弱；车公庄断裂规模较小，活动时代不明且活动性也较弱。

表 4-4 评估区活动断裂主要特征表

断裂名称	与拟建场地空间关系	产状	活动性质	强烈活动时代
八宝山断裂	距离拟建场地 1500m	110~120° ∠25~35°	压扭逆掩	中更新世
黄庄—高丽营断裂	从拟建场地西北部穿过	130~150° ∠5~75°	正断层	中更新世
车公庄断裂	距离拟建场地约 700m	/	正断层	不详

外业调查阶段，我们对评估区及周围的小区、学校、住宅楼、企事业单位、地铁、公路等进行了地质灾害及其危害现象的综合调查，调查情况见表 4—5，照片 4—1~8。

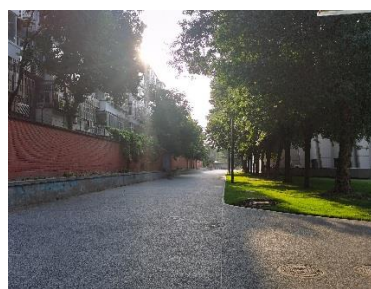
调查结果显示，评估区内无明显因地质灾害引起的建筑物破坏现象。但个别的民房、院墙局部有开裂现象，而上述现象多是由于地基土不均匀，结构不合理，基础较差，或局部坐落在填土层之上等综合因素而引起的。

表 4—5 建设场地周边地区地质灾害调查情况表

调查对象	调查数量	调查结果	备注
地铁、公路	8 处	无因地质灾害引起的明显变形和开裂损坏现象	地铁国家图书馆站、中关村南大街、动物园北路等
企、事业单位、小区、学校	6 个	无因地质灾害引起的明显差异变形和开裂损坏现象	气象医院、中国气象局社区、北京石刻艺术博物馆、紫瑞嘉园、五塔寺村、金地华著等



照片 4—1 地铁国家图书馆站（2009 年建成）
维也纳国际酒店（1993 年）



照片 4—2 中国气象局社区
2 号楼、3 号楼



照片 4—3 中关村南大街



照片 4—4 紫瑞家园



照片 4—5 国家图书馆（1987 年建成）



照片 4—6 首都滑冰馆（建于 1990 年）



照片 4—7 五塔寺（明代 1403—1424 年）



照片 4—8 钢铁研究总院（建成于 1952 年）

经过本次活动断裂的现场调查，未发现因该断裂活动而引发的灾害，灾情为轻，按照《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)相关规定，活动断裂对拟建项目地质灾害现状危险性为小。

活动断裂小结

黄庄—高丽营断裂从拟建场地西北穿过，而且八宝山断裂和车公庄断裂分别从场地西北约 1500m 和东南 700m 处通过。经过本次活动断裂的现场调查，未发现评估区内的断裂活动而引发的灾害，灾情为轻。按照《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)相关规定，评估区内的活动断裂对拟建项目地质灾害现状危险性为小。

5 地质灾害危险性预测评估

5.1 工程建设引发或加剧地质灾害的危险性预测

5.1.1 工程建设引发或加剧砂土液化地质灾害的危险性预测

根据砂土液化的机理和条件，结合本项目特点分析，拟建工程本身不会引发、加剧砂土液化灾害。

5.1.2 工程建设引发或加剧地面沉降地质灾害的危险性预测

拟建海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目运营主要依赖市政管网供水，工程建设运营本身不会加剧地下水的过量开采。因此不用考虑本工程建设运营相应的开采地下水引发或加剧地面沉降地质灾害。

北京市于 2007 年颁布并实施了《北京市建设工程施工降水管理办法》，本工程规划线路的建设过程中应按照上述规定采取有效的加强地下水资源的管理和保护措施，从而防止地面沉降地质灾害发生，因此，本工程的建设一般不会加剧因施工降水引起的地面沉降地质灾害。

综上所述，拟建项目引发或加剧地面沉降地质灾害的危险性小。

5.1.3 工程建设引发或加剧活动断裂地质灾害的危险性预测

工程建设引起的附加应力与引起地壳活动的地壳应力相比可以忽略不计，因此工程建设引发或加剧活动断裂的地质灾害危险性为小。

5.2 工程建设可能遭受地质灾害危险性的预测

5.2.1 工程建设遭受砂土液化危险性的预测

根据北京市砂土液化分区图，在地震烈度为 8 度和历史最高水位接近自然地面条件下，场区附近 20 米深度范围内的天然沉积的土层均不会发生地震液化，拟建项目遭受砂土液化地质灾害的危险性小。

5.2.2 工程建设可能遭受地面沉降地质灾害危险性的预测

地面沉降是指在自然和人为因素作用下，由于地下松散地层固结压缩而导致区域性地面标高降低的一种环境地质现象。地面沉降给城市建筑物、道路交通、管道系统及给排水、防洪等带来了诸多困难。

(1) 地面沉降机理

评估区第四系松散地层主要由砂类土、粉土层和黏性土组成。由于含水层

与相对隔水层颗粒大小、排列结构等不同,导致其水理性质亦存在较大的差别,因此当开采地下水时,砂土、粉土层与黏性土层的压密变形具有不同的特点。

①含水层的压密变形特征

当大量抽取地下水,并形成水位下降漏斗后,承压水头降低,而原来孔隙水承担的压力转嫁到含水层颗粒骨架上,使含水层的颗粒骨架压力增大而发生了弹性压密。含水层最终沉降量计算公式如下:

$$S_{\text{含}} = \frac{\Delta P \cdot H_{\text{含}}}{E_s} \quad (1)$$

$S_{\text{含}}$ —含水层最终沉降量(cm);

$H_{\text{含}}$ —含水层的初始厚度(cm);

ΔP —水位降低引起的附加应力(kPa), $\Delta P = \Delta h \cdot \gamma_w$, Δh 为水位降低值, γ_w 为水的容重;

E_s —含水层的压缩模量。

②黏性土层的压密变形特征

在含水层水位降低之前,整个含水层、隔水层为一平衡体系。当含水层水位下降 Δh 时,其上下黏性土隔水层中的孔隙水压力将降低 $\gamma_w \Delta h$,以便与含水层组成新的平衡体系,该降低值 $\gamma_w \Delta h$ 必然转嫁到土颗粒上,使黏性土层产生固结沉降。黏性土层固结服从太沙基固结理论方程,最终固结沉降量的计算公式如下:

$$u(z,t) = \sum_{m=1}^{\infty} \left(\frac{2}{H} \int_0^H u_0 \sin \frac{(2m-1)\pi Z}{2H} dZ \right) \sin \frac{(2m-1)\pi Z}{2H} e^{-\left(\frac{(2m-1)\pi}{2}\right)^2 T_v} \quad (2)$$

式中, T_v 为时间因子, $T_v = C_v t / H^2$ 。 C_v —土的固结系数($\text{cm}^2/\text{年}$), $C_v = k(1+e) / \gamma_w \alpha_v$;

α_v —土的压缩系数(1/kPa); k —土的渗透系数($\text{cm}/\text{年}$); e —土层在固结过程中的平均孔隙比; H —黏性土层厚度(cm), (单面排水取黏性土层全厚, 双面排水取黏性土层全厚之半)。

(2) 地面沉降预测评估

根据评估区历史地面沉降规律(图4—7)、场地地质环境条件和北京地下水的发展趋势,预测至2027年建设用地累计地面沉降量依然不足50mm,地面沉降弱发育,地面沉降险情等级小,拟建工程遭受地面沉降的危险性小。

5.2.3 工程建设可能遭受活动断裂地质灾害危险性的预测

黄庄—高丽营断裂从拟建场地西北穿过,而且八宝山断裂和车公庄断裂分

别从场地西北约 1500m 和东南 700m 处通过。八宝山断裂和黄庄—高丽营断裂的强烈活动时代为中更新世，在全新世活动微弱；车公庄断裂规模较小，活动时代不明且活动性也较弱。按照《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)(2016 年版)相关规定，拟建项目遭受活动断裂的地质灾害危险性为小。

6 建设用地地质灾害危险性综合评估及适宜性评价

6.1 建设用地地质灾害危险性综合评估

6.1.1 地质灾害危险性评定指标

根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)的相关规定,地质灾害灾情与危害程度分级标准如表 6-1(“地质灾害灾情与危害程度分级标准”)。

表 6-1 地质灾害灾情与危害程度分级标准

危害程度	灾 情		险 情	
	人员伤亡情况	直接经济损失(万元)	受威胁人数(人)	可能直接经济损失(万元)
重	有人员死亡	>500	>500	>5000
中	有伤害发生	100~500	100~500	500~5000
轻	无	<100	<100	<500

注 1: 灾情即已发生的地质灾害损失情况,采用“人员伤亡情况”、“直接经济损失”指标评价,用于现状评估

注 2: 险情即可能出现的地质灾害危害,采用“受威胁人数”、“可能产生的经济损失”指标评价,用于预测评估

注 3: 危害程度按就高原则,符合一项即可确定

(1)砂土液化判别危险性评定指标

砂土液化量化指标主要根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版)来确定。对存在液化土层的地基,应探明各液化土层的深度和厚度,根据计算的每个钻孔的液化指数,按表 6-2 综合划分地基液化等级。

表 6-2 地基液化等级与液化指数对应关系

地基液化等级	轻微	中等	严重
液化指数 I_{LE}	$0 < I_{LE} \leq 6$	$6 < I_{LE} \leq 18$	$I_{LE} > 18$

根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)有关规定,按表 6-3 确定砂土液化危险性等级。

表 6-3 砂土液化现状评估、预测评估危险性确定

危险性		灾情或危害程度		
		重	中	轻
液化等级	严重	大	大	中
	中等	大	中	小
	轻微	小		

(2) 地面沉降对场地危险性的量化指标

根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)中关于地面沉降地质灾害现状发育程度量化指标和相应危险性分级标准见表 6-4 和表 6-5。

表 6-4 地面沉降发育程度判别表

分级		强	中	弱
因素	累计地面沉降量(mm)	>1000	500~1000	<500
	沉降速率(mm/a)	>50	30~50	<30

注：①累计地面沉降量指 1955 年至最近政府公布数据；
 ②沉降速率指近 3 年的平均年沉降量；
 ③上述两项满足一项即可，并按照强至弱顺序确定。

表 6-5 地面沉降地质灾害危险性现状评估、预测评估表

危险性		灾 情(险情)		
		重	中	轻
发育程度	强	大	大	中
	中	大	中	小
	弱	小		

注：现状评估用灾情、预测评估用险情

(3) 活动断裂对场地危险性的量化指标

根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)有关规定，活动断裂的危险性分级标准见表 6-6~表 6-8。

表6-6 活动断裂发育程度判别表

发育程度	描述
强	全新世以来活动强(年平均活动速率大于1mm/a)
中	全新世以来活动弱
弱	全新世以来不活动

表6-7建设项目遭受活动断裂可能性判别表

可能性	描 述
大	全新世活动断裂强烈影响带
中	全新世活动断裂中等影响带或晚更新世活动断裂影响带
小	全新世及晚更新世断裂影响带以外地区

注1：全新世活动断裂强烈影响带指断裂两侧各200m
 注2：全新世活动断裂中等影响带指强烈影响带外侧各100m范围
 注3：晚更新世活动断裂影响带指断裂两侧各100m范围

表6-8 活动断裂地质灾害危险性评估表

危险性		灾情		
		重	中	轻
发育程度	强	大	大	中
	中	大	中	小
	弱	小		

6.1.2 地质灾害危险性综合评估

根据现场地质灾害调查结果、建设用地的地质环境条件以及地质灾害危险性的现状评估和预测评估结果，按表 6-9 对建设用地进行了地质灾害危险性综合评估，将海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目建设用地按地质灾害危险性等级划分为小级区。

表 6-9 地质灾害危险性综合评估分级表

危险性综合评估等级		预测评估危险性		
		大	中	小
现状评估危险性	大	大级	大级	中级或大级
	中	大级	中级或大级	中级
	小	大级	中级	小级

6.2 建设用地适宜性评价

根据地质灾害危险性综合评估结果，拟建场地均处于地质灾害危险性小级区，防治难度小，适宜建设海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目。

7 结论与建议

7.1 结论

(1) 评估区的地质环境条件复杂程度为复杂； 拟建项目为一般建设项目，海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目建设用地地质灾害危险性评估级别为二级。

(2) 经现状评估，评估区潜在地质灾害类型主要为砂土液化、地面沉降、活动断裂。评估区各类地质灾害历史灾情轻，拟建场地处于非液化区，现状砂土液化地质灾害危险性小；拟建场地地面沉降发育程度弱，地面沉降地质灾害现状危险性为小；黄庄—高丽营断裂从拟建场地西北穿过，而且八宝山断裂和车公庄断裂分别从场地西北约 1500m 和东南 700m 处通过，八宝山断裂和黄庄—高丽营断裂的强烈活动时代为中更新世，在全新世活动微弱；车公庄断裂规模较小，活动时代不明且活动性也较弱，活动断裂地质灾害现状危险性小。

(3) 经预测评估，工程建设引发、加剧和遭受砂土液化、地面沉降、活动断裂地质灾害危险性均为小。

(4) 经地质灾害危险性综合评估，海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目建设用地地质灾害危险性均属小级区，地质灾害防治难度小，适宜海淀区五塔寺地区棚户区改造和环境整治项目的建设。

7.2 建议

(1) 本项目二级建设阶段进一步查证地基土砂土液化特征和物理力学性质等内容，为地基基础方案选择和对设计、施工建议方面提供可靠依据。

(2) 鉴于工作性质，本次对活动断裂评估是基于前人资料开展的，必要时建议开展专项地震安全性评价，并采取相应的抗震设计、施工措施。