

昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目 A 地块  
建设用地地质灾害危险性评估报告

中色资源环境工程股份有限公司  
二〇二三年九月



昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目 A 地块  
建设用地地质灾害危险性评估报告

项目负责: 于英娜

报告编写: 于英娜 李坤龙 吕相辉

审 核: 贾 斌

审 定: 高树志

总工程师: 王新建

总 经 理: 马小计

中色资源环境工程股份有限公司

2023 年 9 月

单位名称：中色资源环境工程股份有限公司

单位地址：北京市顺义区临空经济核心区金桥中路4号院  
1号楼501室

中华人民共和国  
地质灾害防治单位资质证书  
(副本)

资质类别：危险性评估

资质等级：甲级

证书编号：112018110017

发证机关：

有效期至：2024年02月01日

发证日期：2021年05月18日



中华人民共和国自然资源部监制

# 昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目A地块 建设用地地质灾害危险性评估报告 评审意见

受北京市昌平房地产开发有限责任公司委托，中色资源环境工程股份有限公司完成了《昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目A地块建设用地地质灾害危险性评估报告》（以下简称“评估报告”）。2023年10月11日，专家组对“评估报告”进行了评审，意见如下：

## 一、项目概况

本项目位于北京市昌平区百善镇中心区，东至规划一路中线、规划三路中线，南至规划水厂北路，西至回昌路，北至高教园北四街。本项目规划用地性质为：R2二类居住用地、A33基础教育用地、S1城市道路用地、G1公园绿地、E1水域，总用地面积335947 m<sup>2</sup>。

## 二、评审意见

1、评估单位广泛搜集了评估区及周边地区气象、水文、地理、区域地质、环境地质和地质灾害等资料，开展了4.0km<sup>2</sup>水文地质、工程地质、环境地质及地质灾害等综合地质调查，为本次评估奠定了基础。

2、“评估报告”认为，拟建工程所属区域总体地质环境条件为复杂，拟建工程属较重要建设项目，综合认定属一级建设用地地质灾害危险性评估是合适的。

3、“评估报告”经综合地质条件分析，确定评估区存在的潜在地质灾害为活动断裂、地面沉降和砂土液化三种类型。

4、现状评估认为：南口—孙河断裂为全新世活动断裂，距离建设用地300m，现状危险性小；评估区内地面沉降现状发育弱，灾情轻，地面沉降现状危险性小；建设用地地下水位按埋深0.5m考虑，不会发生砂土液化，砂土液化地质灾害现状危险性小。

现状评估符合实际情况。

5、预测评估认为：本工程建设不会引发和加剧活动断裂、地面沉降、砂

土液化地质灾害。建设用地遭受活动断裂的危险性中等；遭受地面沉降和砂土液化地质灾害危险性小。

预测评估依据充分。

6、综合评估经分区评价确定：昌平区百善镇西部地块土地一级开发项目（A区）建设用地综合地质灾害危险性等级为“中级”，建设用地适宜性为基本适宜。

综合评估结论可信。

专家组认为，该“评估报告”资料完整、论述清楚，依据充分，结论可信，评审通过。

评审组长：

评审专家：

张英波 崔向青 王刚

2023年10月11日

昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目A地块  
建设用地地质灾害危险性评估报告  
评审专家组名单

专家组	单位	职称/职务	签字
组长	北京市地质灾害防治研究所	教授	张海波
宋英波	北京市地质灾害勘查院	教授	宋英波
组员	中建力达工程咨询有限公司	助理	王海波
王海波	航辰规划设计集团有限公司	石开江	王海波
王海波	北京绿建科技术有限公司	李文海	王海波

# 目 录

前 言 .....	1
一、任务由来.....	1
二、评估依据.....	1
三、评估任务.....	2
第一章 评估工作概述.....	3
一、建设项目概况.....	3
二、以往工作程度.....	3
三、工作方法及工作量.....	4
(一) 工作方法.....	4
(二) 完成工作量.....	6
四、评估范围.....	8
五、评估级别确定.....	8
(一) 建设项目重要性的确定.....	8
(二) 评估区地质环境复杂条件确定.....	8
(三) 评估级别确定.....	9
第二章 地质环境条件.....	11
一、气象.....	11
二、水文.....	12
三、地形地貌.....	12
四、地层岩性.....	15
五、地质构造及区域地壳稳定性.....	17
(一) 区域地质构造特征.....	17
(二) 地震活动.....	18
(三) 区域地壳稳定性.....	20
六、工程地质条件.....	21
七、水文地质条件.....	27
(一) 地下水类型及含水特征.....	27
(二) 地下补给、径流、排泄条件及水位动态分析 .....	27
八、人类活动对地质环境的影响.....	28
第三章 地质灾害危险性现状评估.....	29
一、地质灾害类型确定.....	29
二、现状评估.....	29
(一) 砂土液化.....	29
(二) 活动断裂.....	33
(三) 地面沉降.....	35
三、现状评估小结.....	44
第四章 地质灾害危险性预测评估.....	45
一、工程建设引发或加剧地质灾害危险性的预测.....	45
(一) 砂土液化.....	45
(二) 活动断裂.....	45
(三) 地面沉降.....	45

二、建设工程自身可能遭受地质灾害危险性的预测.....	46
(一) 砂土液化.....	46
(二) 活动断裂.....	47
(三) 地面沉降.....	47
三、小结.....	50
第五章 地质灾害危险性综合分区评估.....	51
一、综合评估原则.....	51
二、评估指标的确定.....	51
(一) 砂土液化.....	51
(二) 活动断裂.....	51
(三) 地面沉降.....	52
三、地质灾害危险性综合评估.....	53
四、建设场地适宜性评估.....	54
第六章 结论与建议.....	55
一、结论.....	55
二、建议.....	55

## 附件

附图 1 建设用地危险性综合评估分区图

附图 2 建设用地适宜性分区图

# 前 言

## 一、任务由来

受北京市昌平房地产开发有限责任公司的委托，中色资源环境工程股份有限公司（以下简称“我公司”）承担了昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目 A 地块建设用地地质灾害危险性评估报告工作。

我公司接受委托任务后，于 2023 年 9 月 5 日开始工作，并赴现场进行了地质环境条件和地质灾害调查等工作，收集了有关的区域地质、环境地质、工程地质、水文地质、地质灾害调查与区划以及该项目勘察报告等资料，并进行室内外综合分析，编制了地质灾害危险性评估报告及相应附图，于 2023 年 10 月 10 日完成《昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目 A 地块建设用地地质灾害危险性评估报告》的编制工作。

## 二、评估依据

本次地质灾害危险性评估工作，以相关的法规为依据，评估的原则、内容、技术方法和工作程序等执行北京市地方标准《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2012)，对技术规范中未明确的，执行国家和行业标准与技术规程。

本次评估工作的依据主要有：

- 1、《地质灾害防治条例》(中华人民共和国国务院令第 394 号);
- 2、《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);
- 3、《关于加强地质灾害防治工作意见的通知》(国办发[2001]35 号);
- 4、《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);
- 5、《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);
- 6、《地质灾害危险性评估规范》(DZ/T 0286-2015);

- 7、《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2012);
- 8、《工程地质调查规范》(DZ/T0097—1994);
- 9、《岩土工程勘察规范》(GB/50021—2001 (2009 版));
- 10、《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010 (2016 版));
- 11、《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)。

### 三、评估任务

本次评估工作调查分析评估区的现状地质灾害，预测工程建设引发地质灾害以及工程建设本身遭受地质灾害的可能性和危险性，以此对已发和潜在的地质灾害危险性做出综合评估，同时依据建设工程的特点和布局，提出相应的地质灾害防治措施建议。

本次评估工作的主要任务有：

- 1、收集评估区及其附近区域遥感影像、区域地质、水文地质、工程地质、地质灾害、环境地质和气象水文等资料，进行地面调查，并阐明评估区地质环境条件，确定地质环境条件复杂程度。
- 2、基本查明评估区及周边已发生（或潜在）的各种地质灾害的形成条件，分布类型、活动规模、变形特征、诱发因素与形成机制等，对其稳定性（发育程度）进行初步评价；查明评估区地质灾害对生命财产和工程设施造成的危害程度；并确定地质灾害危险性进行地质灾害现状评估。
- 3、在现状评估的基础上，根据评估区地质环境条件、建设工程的类型和工程特点，对工程建设中、建成后可能引发或加剧的地质灾害发生的可能性、发育程度、危害程度和危险性做出预测评估；并对建设工程本身可能遭受已存在的地质灾害危险性进行预测评估。
- 4、依据地质灾害危险性现状评估和预测评估结果，充分考虑评估区地质环境条件的差异和潜在地质灾害隐患点的分布、危害程度，确定判别区段危险性的量化指标；根据“区内相似，区际相异”的原则，采用定性、半定量分析法，进行评估区地质灾害危险性分区；根据地质灾害危险性、防治难度、防治效益，对评估区的建设场地的适宜性做出评估。提出对地质灾害的防治措施和建议。

# 第一章 评估工作概述

## 一、建设项目概况

本项目位于北京市昌平区百善镇中心区，东至规划一路中线、规划三路中线，南至规划水厂北路，西至回昌路，北至高教园北四街。建设用地中心坐标：东经  $116^{\circ} 17' 9.70''$ 、北纬  $40^{\circ} 10' 14.50''$ 。

本项目规划用地性质为：R2 二类居住用地、A33 基础教育用地、S1 城市道路用地、G1 公园绿地、E1 水域，总用地面积  $335947m^2$ 。项目建设用地地理位置参见图 1-1。



图 1-1 项目建设用地交通位置示意图

## 二、以往工作程度

本次工作充分收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，包括区域地质、水文地质、地震地质以及地质灾害调查等方面的工作成果，主要工程成果汇总并整理详见表 1-1。

表 1-1 以往主要工作成果统计表

序号	成果名称	完成单位或人	完成时间
1	北京市平原区基岩地质构造图(1: 10万)	水文地质工程地质大队	1979年
2	《北京地区地质灾害现状调查》	北京市地质研究所	1991年
3	《北京市区域地质志》	地质出版社, 北京市地质研究所	1991年
4	北京市地质环境调查	北京市水文地质工程地质大队, 北京市地质研究所	1996-1998年
5	《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有限公司	1999年
6	《北京地质百年研究》——北京地区基础地质研究的历史与最新成果	地质出版社	2001年
7	《北京地质灾害》——北京城市地质丛书	北京市地质矿产勘查开发局、北京市地质研究所	2008年
8	《北京市地质灾害调查与区划综合研究》	北京市地质研究所	2010年
9	阿苏卫循环经济产业园区重点工程村庄搬迁定向安置房项目(3号地块)岩土工程勘察报告 (编号: 2020-020)(相邻地块勘察报告)	北京市建平工程勘察有限责任公司	2018年

### 三、工作方法及工作量

#### (一) 工作方法

本次评估工作, 按《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2012) 和有关技术规范进行。

为了科学全面地对拟建项目用地的地质灾害危险性进行评估, 接受甲方委托任务后, 我公司于 2023 年 9 月 5 日成立了专门项目小组, 赴现场开展踏勘, 在现场踏勘的基础上, 充分收集、整理场地附近已有气象、水文、地理、区域地质、环境地质和地质灾害及工程勘察等资料, 进行了地质环境条件综合调查。根据本规划建设场地的地质环境条件及地质灾害现状, 在综合分析的基础上, 对评估区潜在的危险性地质灾害进行了重点调查, 从而进行综合分区评估

和建设用地适宜性评估。并收集建设用地附近场地岩土工程勘察成果，为本次评估提供基础资料。

本次评估工作程序见图 1-2 “评估工作程序框图”。

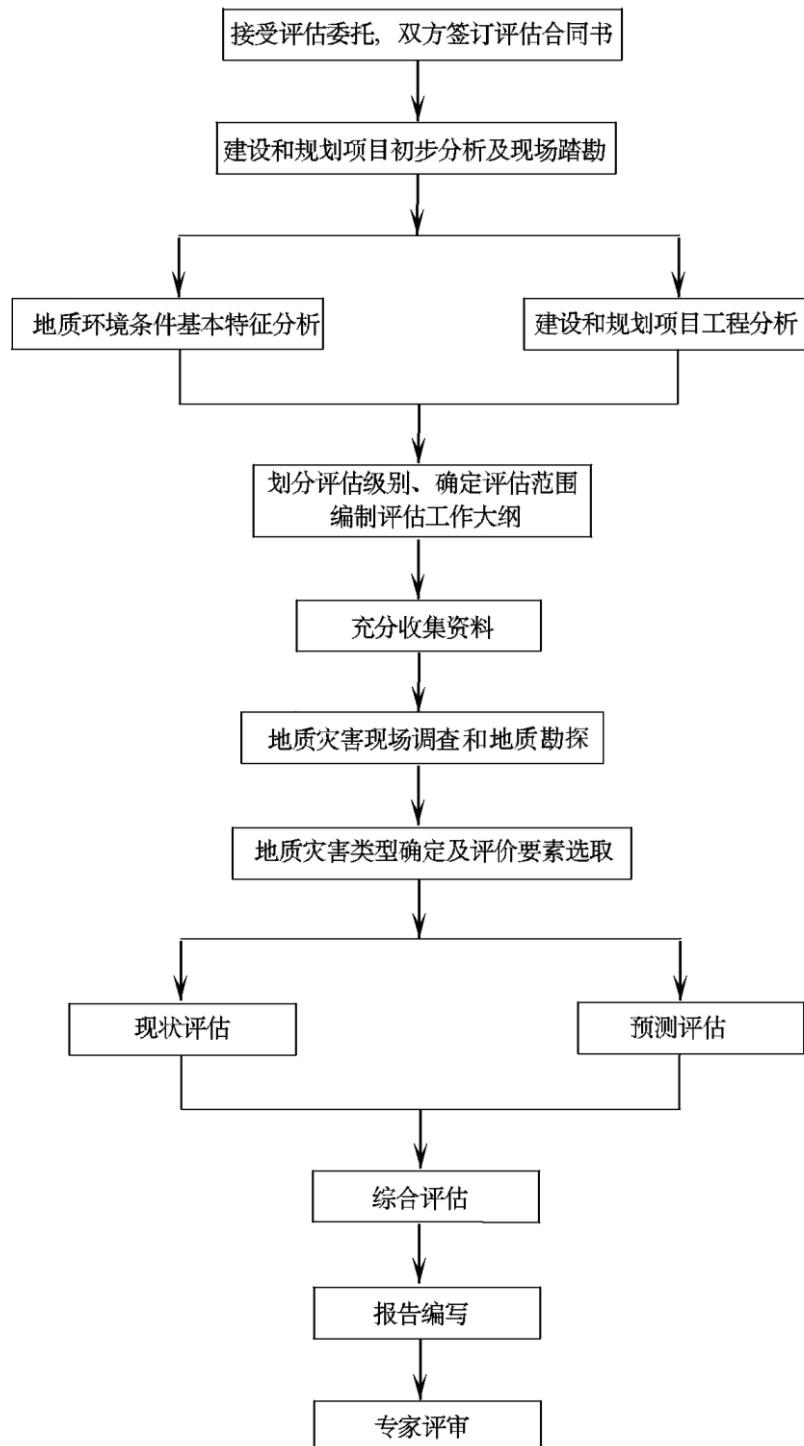


图 1-2 评估工作程序框图

## (二) 完成工作量

为了尽可能客观、全面和科学地对建设用地进行地质灾害危险性评估，本次工作在搜集和研究有关区域地质、工程地质、水文地质等成果资料的基础上，针对昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目 A 地块建设用地评估区开展了水文地质、工程地质和地质灾害调查工作，调查面积为 4km<sup>2</sup>。

评估工作自 2023 年 9 月 5 日开始，历经资料搜集、野外调查、综合研究、报告与图件编制等工作阶段，至 2023 年 10 月 10 日评估工作结束，完成工作量详见表 1-2。

表 1-2 工作量统计表

项目名称		单 位	数 量	说 明
资 料 收 集	区域地质调查资料	份	1	1:5 万
	抗震专题研究成果资料	份	1	
	其他生产科研报告	份	9	多种比例尺
野 外 工 作	区域地质调查	km <sup>2</sup>	4	
	水工环地质调查	km <sup>2</sup>	4	
	地质灾害调查	km <sup>2</sup>	4	
	地质及地灾隐患调查点	处	25	
	拍摄照片	张	75	
报 告 编 写	地质灾害危险性评估报告	份	1	2 万 1 千字

## 昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目 A 地块建设用地地质灾害危险性评估报告

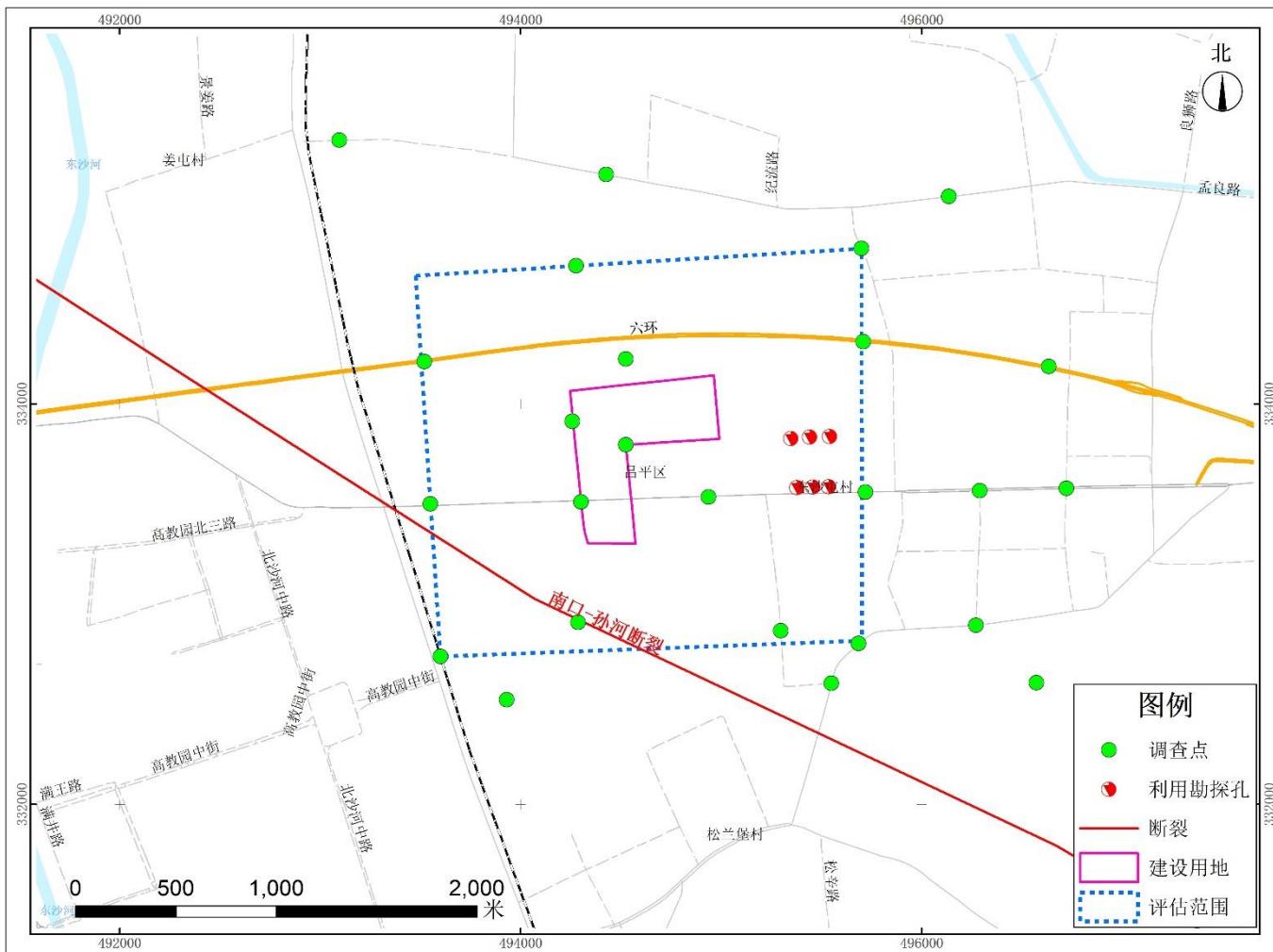


图 1-3 地质灾害危险性评估实际材料图

## 四、评估范围

评估范围主要根据建设项目特点及灾害类型特点，结合区域水文地质、工程地质条件，同时考虑可能对建设场地产生破坏和影响的主要地质灾害类型及其分布范围综合确定。

根据规划建设场地的地质灾害发育特征和地质灾害的孕灾条件，潜在地质灾害主要为砂土液化、地面沉降及活动断裂。根据本工程具体情况，将评估区扩大至约 4km<sup>2</sup>，以满足地质灾害危险性评估的要求。

## 五、评估级别确定

### （一）建设项目重要性的确定

项目用地总规模 33.59 公顷，规划用地性质为 R2 居住用地等，依据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2012) 表 B.2 之规确定该建设项目为较重要建设项目。

### （二）评估区地质环境复杂条件确定

依据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2012)，对项目建设用地地质环境条件复杂程度的判别，主要从地形与地貌复杂程度、地质构造复杂程度、现状地质灾害的发育程度、工程地质与水文工程地质条件复杂程度及现状人类活动破坏程度等五个方面进行综合评价。

#### 1、地形与地貌

评估区位于永定河冲洪积扇的中上部，微地貌单元属于温榆河故道上游的台地上，地形基本平坦，综合分析认为评估区属地形地貌简单区。

#### 2、地质构造

根据北京市平原区 1: 10 万基岩地质构造图，南口—孙河断裂从建设用地西南侧约 300m 处通过，评估区内属于全新世活动断裂。综合分析认为，评估区属断裂构造复杂区。

#### 3、地质灾害

根据已有观测资料及现场调查，评估区内无崩塌、泥石流、地面塌陷（含

矿山采空塌陷)、地裂缝、岩溶塌陷、滑坡等地质灾害，但存在砂土液化、活动断裂、地面沉降地质灾害隐患的可能，评估区属于地质灾害**中等发育区**。

#### 4、工程地质与水文工程地质条件

评估区内 20m 范围内有 3 层地下水，地下水以第四系孔隙水为主，地下水补给来源主要为大气降水，人工开采为地下水的主要排泄途径。

评估区内出露地层为第四系全新统地层，主要由人工填土，第四纪沉积的粉土、黏性土、砂土构成，浅部有粉土和砂土层，岩土体结构较复杂。

因此，评估区属**水文地质与工程地质条件中等区**。

#### 5、人类活动

评估区内现状大部分为耕地和人类生活区，区内人类活动以建设房屋、修路和耕种为主。评估区内破坏地质环境的人类工程活动一般。

#### 6、地质环境复杂程度

综上所述，评估区内地形地貌简单，地质构造复杂，工程地质水文地质条件中等，现状地质灾害发育程度中等，破坏地质环境的人类工程活动一般，依据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2012) 表 B.1，确定评估区地质环境条件复杂程度为**复杂**。

### (三) 评估级别确定

本项目属于较重要建设项目，地质环境条件程度属于复杂，依据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2012) 表 2 之规定，确定本项目建设用地地质灾害危险性评估级别为**一级**。



图 1-4 评估区遥感影像图

## 第二章 地质环境条件

### 一、气象

评估区所在北京地区属暖温带半湿润、半干旱大陆性季风气候，一年四季分明，春季干旱多风，夏季炎热多雨，秋季凉爽，冬季寒冷干燥。年平均气温为 $11^{\circ}\text{C} \sim 12^{\circ}\text{C}$ ，1月份最低月平均气温为 $-4^{\circ}\text{C} \sim -5^{\circ}\text{C}$ ，7月份最高月平均气温为 $25^{\circ}\text{C} \sim 26^{\circ}\text{C}$ 。北京地区年平均降水量 $550 \sim 660\text{mm}$ ，降水量季节性变化大，年降水量80%以上集中在汛期（6~9月份），夏季降水量可达 $400 \sim 450\text{mm}$ ，冬季降水量 $10\text{mm}$ 左右。由于年降雨量高度集中，即使旱年，局部地势低洼地区也可能积水成涝。雨季施工对明挖段的基坑开挖、支护和施工降水等将产生不利影响。北京地区为季风区，冬季以西北风和北风为主，夏季多偏南风，春秋两季为南北风向转换季节，年平均风速为 $2 \sim 3\text{m/s}$ ，7月份最大风速 $14\text{m/s}$ ，1月份最大风速超过 $20\text{m/s}$ 。

根据昌平区气象观测资料，昌平区多年平均降雨量为 $512.10\text{mm}$ ，最大降雨量出现在1998年，降雨量为 $901.4\text{mm}$ ，最小降雨量出现在2009年，仅为 $285.9\text{mm}$ （见图2-1）。每年降雨多集中在7、8两个月，占总降雨量的 $60\% \sim 70\%$ ，1、2月份降雨量最小。图2-1为“昌平区1981~2012年年降雨量柱状图”。

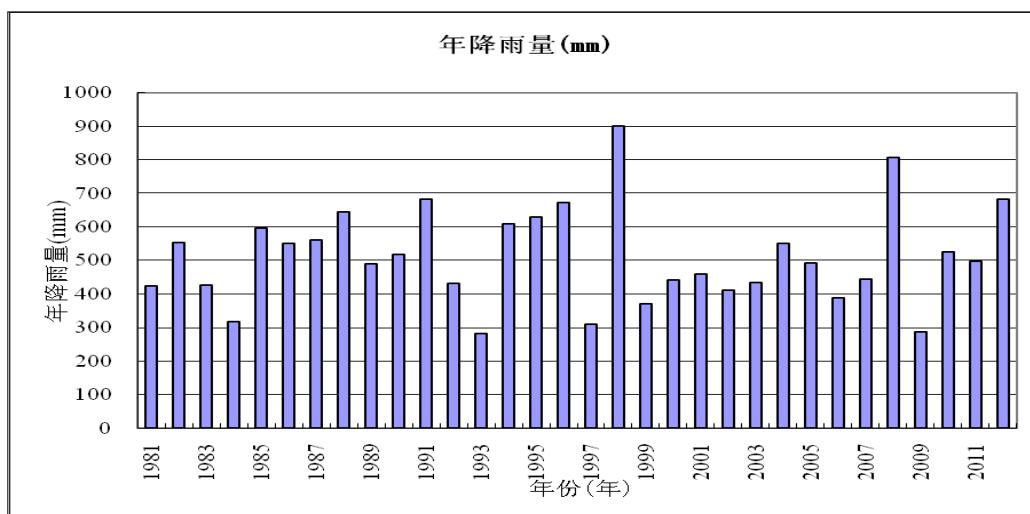


图2-1 昌平区1981~2012年年降雨量柱状图

## 二、水文

评估区水系属温榆河水系，评估区南侧有沙河水库，距离场地约 3.5km。温榆河位于北京市东北部，自沙河水库至通州区北关拦河闸，是大运河的上游。发源于北京市昌平区军都山麓。

温榆河上游由东沙河、北沙河、南沙河 3 条支流汇合而成。全长 47.5 公里，其间又有蔺沟河、清河、龙道河、坝河、小中河汇入。流域面积 4423 平方公里。温榆河古称湿余水、温余水。



照片 2-2 评估区南侧的沙河水库照片

## 三、地形地貌

评估区位于永定河冲洪积扇的中上部，微地貌单元属于温榆河故道上游台上地，地形基本平坦，一般地面标高在 43~49m 左右。建设用地内主要为现状荒地，覆盖有绿网，四周围墙。建设用地四周主要为大学、荒地、林地和市政道路，见照片 2-3~2-6。



照片 2-3 场地西侧的中央财经大学沙河校区（镜像西）



照片 2-4 场地南侧林地（镜像南）



照片 2-5 场地东侧荒地（镜像东）



照片 2-6 场地北侧荒地（镜像北）

## 四、地层岩性

根据区域地质资料，评估区为第四系地层覆盖，厚度在 40~200m 之间。第四系地层主要以粘性土、粉土及砂类土互层为主。第四系下伏基岩地层岩性为蓟县系硅质白云岩、硅质白云质灰岩夹页岩，青白口系页岩、砂岩及泥质白云质灰岩及寒武系页岩、泥灰岩、鲕状、竹叶状灰岩，详见图 2-7。

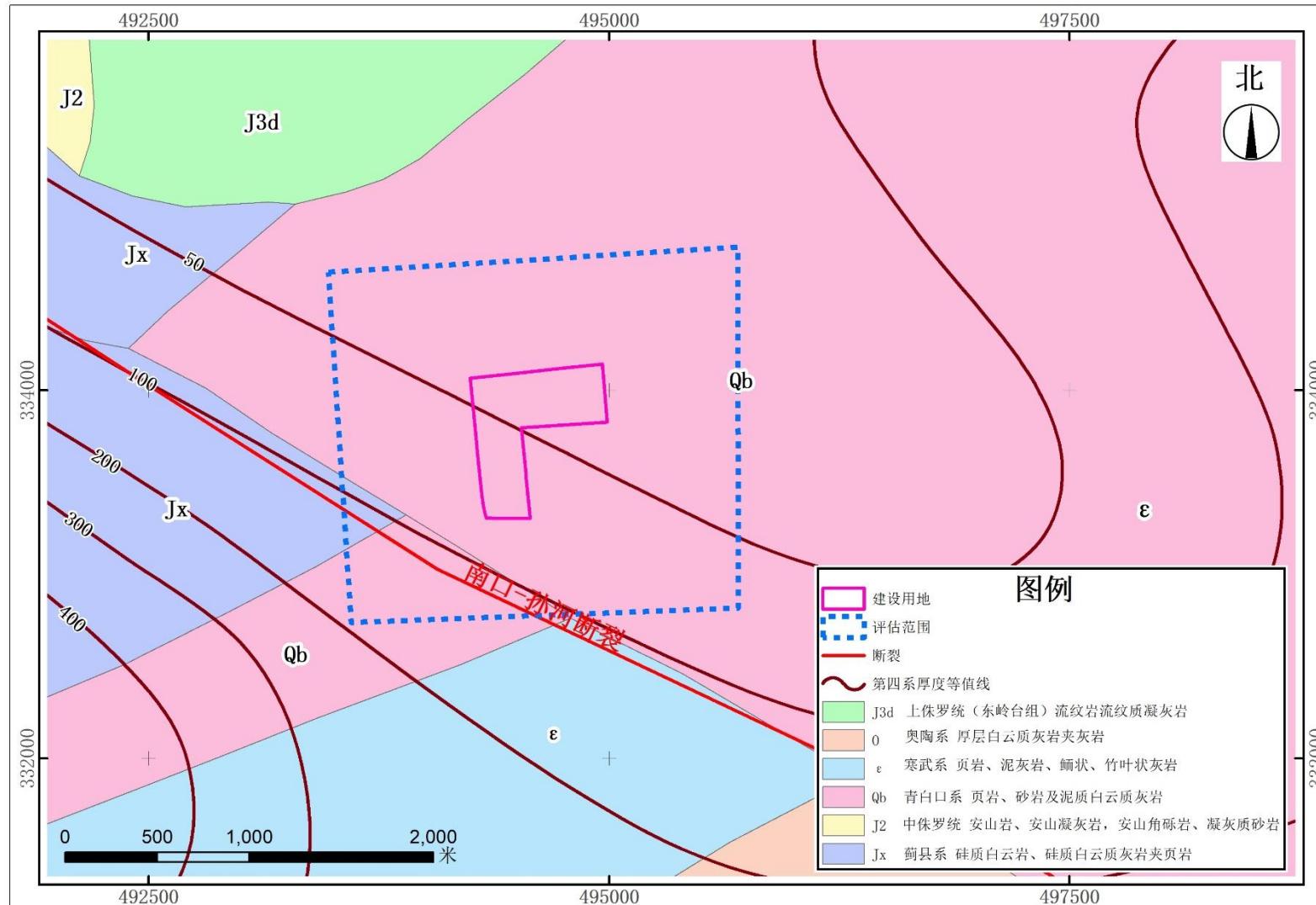


图 2-7 项目所在地区基岩地质构造图

## 五、地质构造及区域地壳稳定性

### (一) 区域地质构造特征

#### 1、区域地质构造位置

在大地构造位置上，评估区位于中朝准地台、华北断坳(II<sub>2</sub>)、西山迭拗褶(III<sub>5</sub>)中的门头沟迭陷褶(IV<sub>11</sub>)构造单元北侧边界附近（见图 2-8）。

#### 2、区域地质构造特征

北京地区的构造格局形成于中生代，新生代以来得到进一步改造，其特点是以断裂及其控制的断块活动为主要特征。新生代活动的断裂主要有北北东—北东向和北西—东西向两组，大部分为正断裂性质，并在不同程度上控制着新生代不同时期发育的断陷盆地。

评估区附近主要断裂构造为北西走向的南口—孙河断裂，见图 2-7 “项目所在地区基岩地质构造图”。

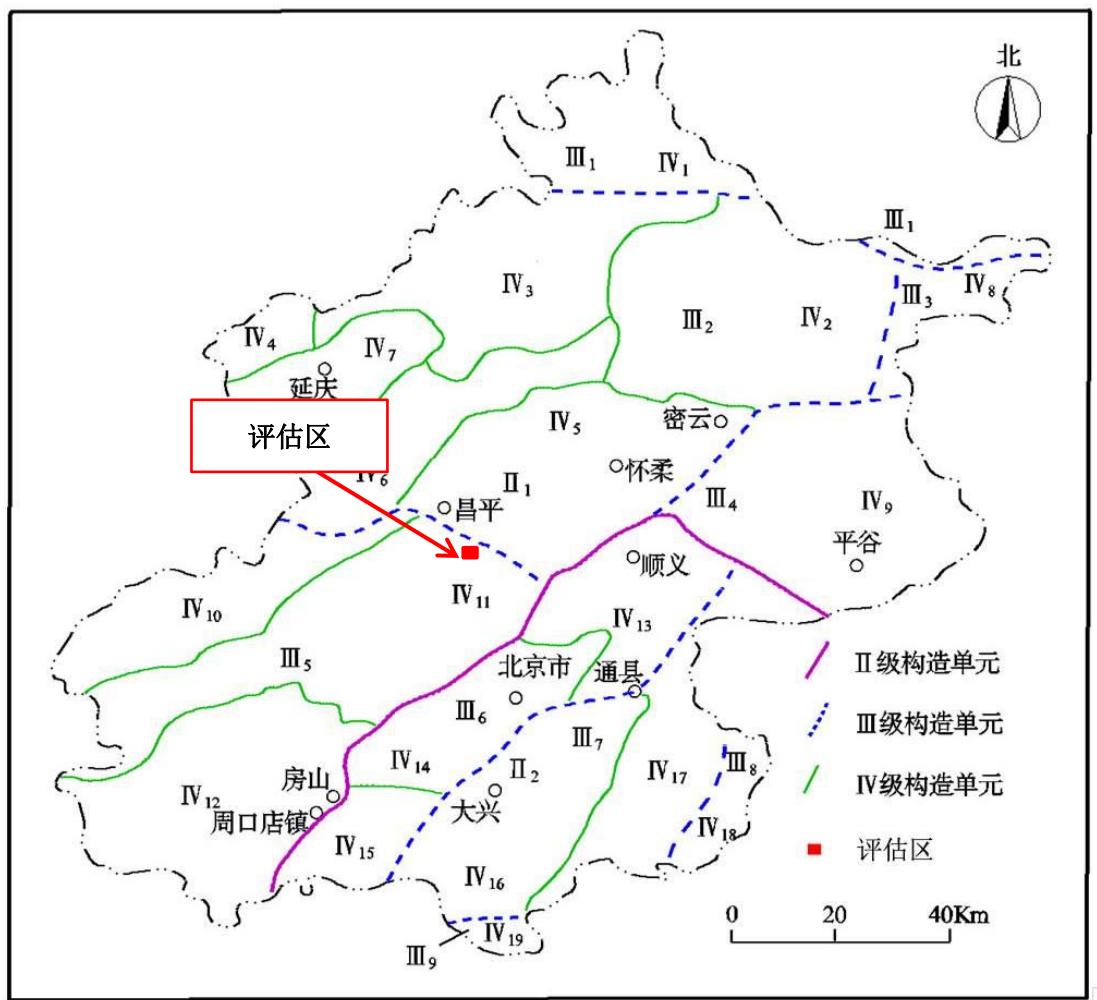


图 2-8 北京地区构造单元划分略图

## (二) 地震活动

评估区位于河北平原地震带西北部的北京地堑内，又位于张家口-北京-渤海北西地震带上，属于中强地震活动区。

### 1、北京地区的历史强震

京津唐张地区 ( $38.5^{\circ} \sim 41^{\circ}$  N;  $114^{\circ} \sim 120^{\circ}$  E)，自有历史记载以来（西晋开始），共查证到五级以上地震 60 余次（不含余震）。计五级的 20 次， $5 \sim 5\frac{1}{2}$  级 20 次， $5\frac{1}{4} \sim 6$  级 6 次， $6\frac{1}{4} \sim 6\frac{1}{2}$  级 6 次， $6\frac{3}{4} \sim 7$  级 4 次， $7\frac{1}{2}$  级以上的 4 次。平均 10 年发生一次，频率虽不高但破坏极大。北京市及附近地区，已经发生过大至八级的各种级别的强震，危害程度极大（见表 2-1）。处于北京北部的评估场地范围，无历史破坏性强震发生记录，主要受到周边地区地震影响。

表 2-1 北京地区历史强震记录表

编 号	地震时间	震中位置		震级	地 点	震中烈度
		纬度	经度			
1	274.3	40.3	116.0	5 <sup>1/4</sup>	居庸关一带	VII
2	294.9	40.5	116.0	6	北京延庆东	VIII
3	1057.3.24	39.7	116.3	6 <sup>3/4</sup>	固 安	IX
4	1076.12	39.9	116.4	5	北 京	VI
5	1337.9.8	40.4	115.7	6 <sup>1/2</sup>	怀 柔	VIII
6	1484.1.29	40.5	116.1	6 <sup>3/4</sup>	北京居庸关	VIII-IX
7	1536.10.22	39.8	116.8	6	北京通县南	VII-VIII
8	1665.4.16	39.9	116.6	6 <sup>1/2</sup>	北京通县	VIII
9	1679.9.2	40.0	117.0	8	三河、平谷	X-XI
10	1720.7.12	40.4	115.5	6 <sup>3/4</sup>	沙 城	IX
11	1730.9.30	40.0	116.2	6 <sup>1/2</sup>	北京西郊	VIII
12	1746.7.29	40.2	116.2	5	北京昌平	VI

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)、《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016年版)有关规定综合判定，拟建场地抗震设防烈度为8度，设计地震分组为第二组，设计基本地震动峰值加速度值为0.20g，50年超越概率为10%的特征周期为0.55s。

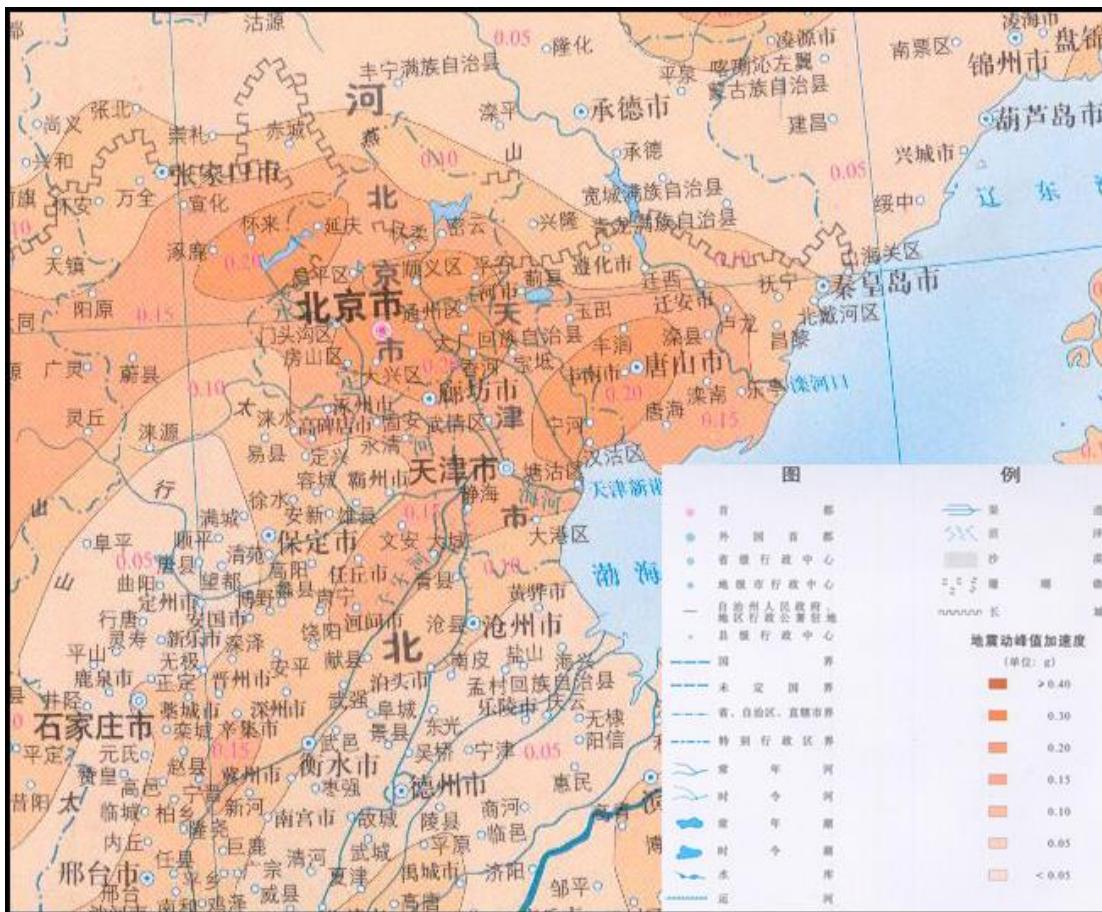


图 2-9 中国地震动峰值加速度区划图

### (三) 区域地壳稳定性

北京地区地震活动规律从属于华北地区的地震活动特征及发展趋势。地震活动在时间上存在着明显的活动期和相对平静的交替周期。自公元 1000 年以来，大致划分四个地震活动期和三个相对平静期。目前处于第四次活动期向相对平静期过渡中。地震在空间分布上具有一定的成带性，主要发生在华北平原或与山区接壤的地区。大陆地震活动，7 级以上强震未在原震区重现，但 6 级左右地震重复出现屡见不鲜。

北京地区区域地壳的稳定性，主要依据区域构造体系、断裂活动性、地震危险区及地震活动规律等分析推断，北京地区地震烈度 6~7 度为地壳稳定区；7 度为地壳基本稳定区，8 度为地壳较不稳定区，9 度为地壳不稳定区。

建设用地所在区域地震烈度为 8 度，属地壳较不稳定区。

## 六、工程地质条件

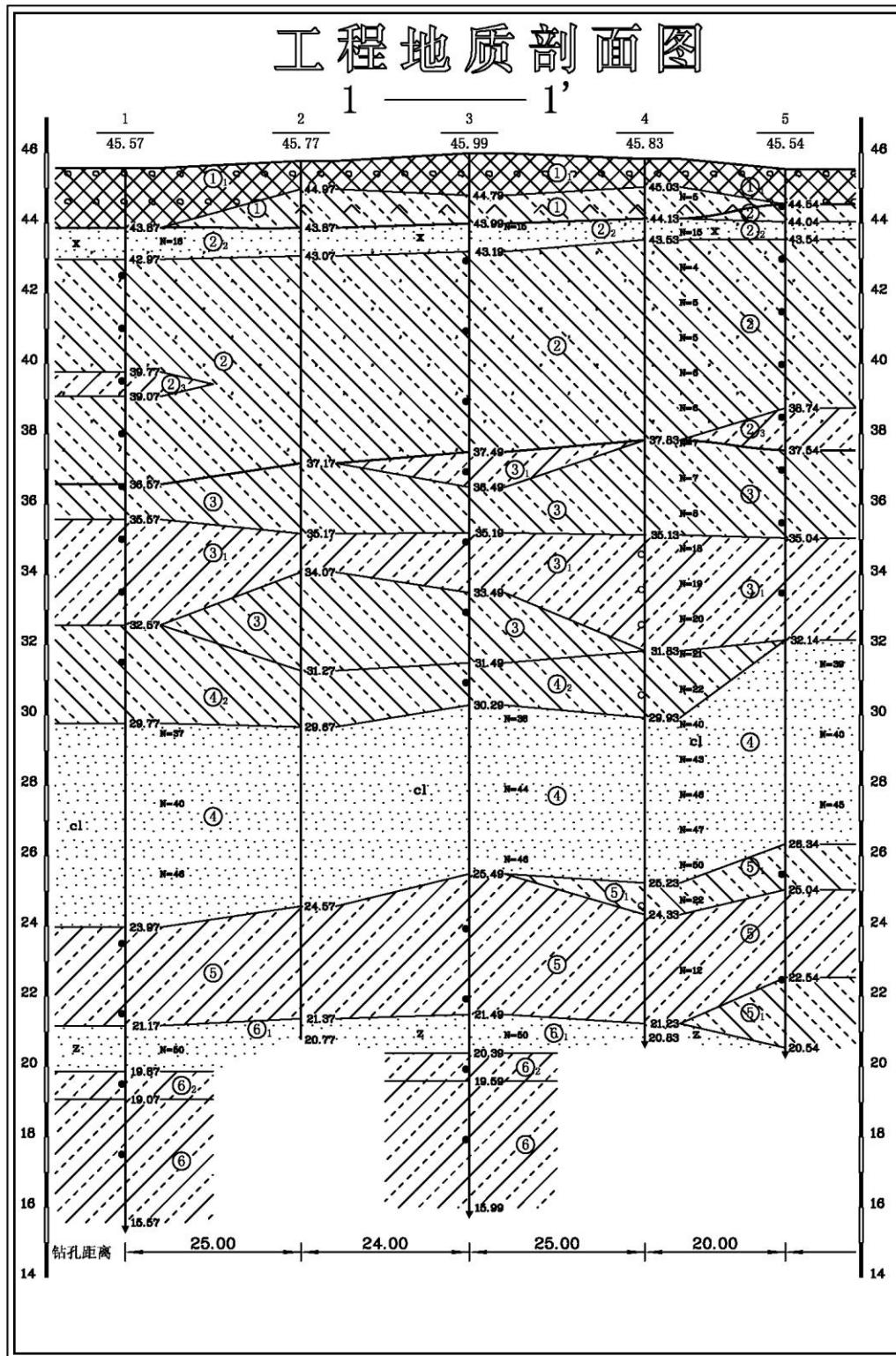
根据邻近地块项目岩土勘察报告资料 45.00m 范围内的地层按沉积年代和成因类型可分为：人工堆积层、新近沉积层和第四纪沉积层三大类。按照岩性，物理力学性质及工程特性，进一步将本场区已勘深度范围内土层划分为 7 个大层，土层自上至下的分布情况见下表 2-2：

表 2-2 地层主要参数统计表

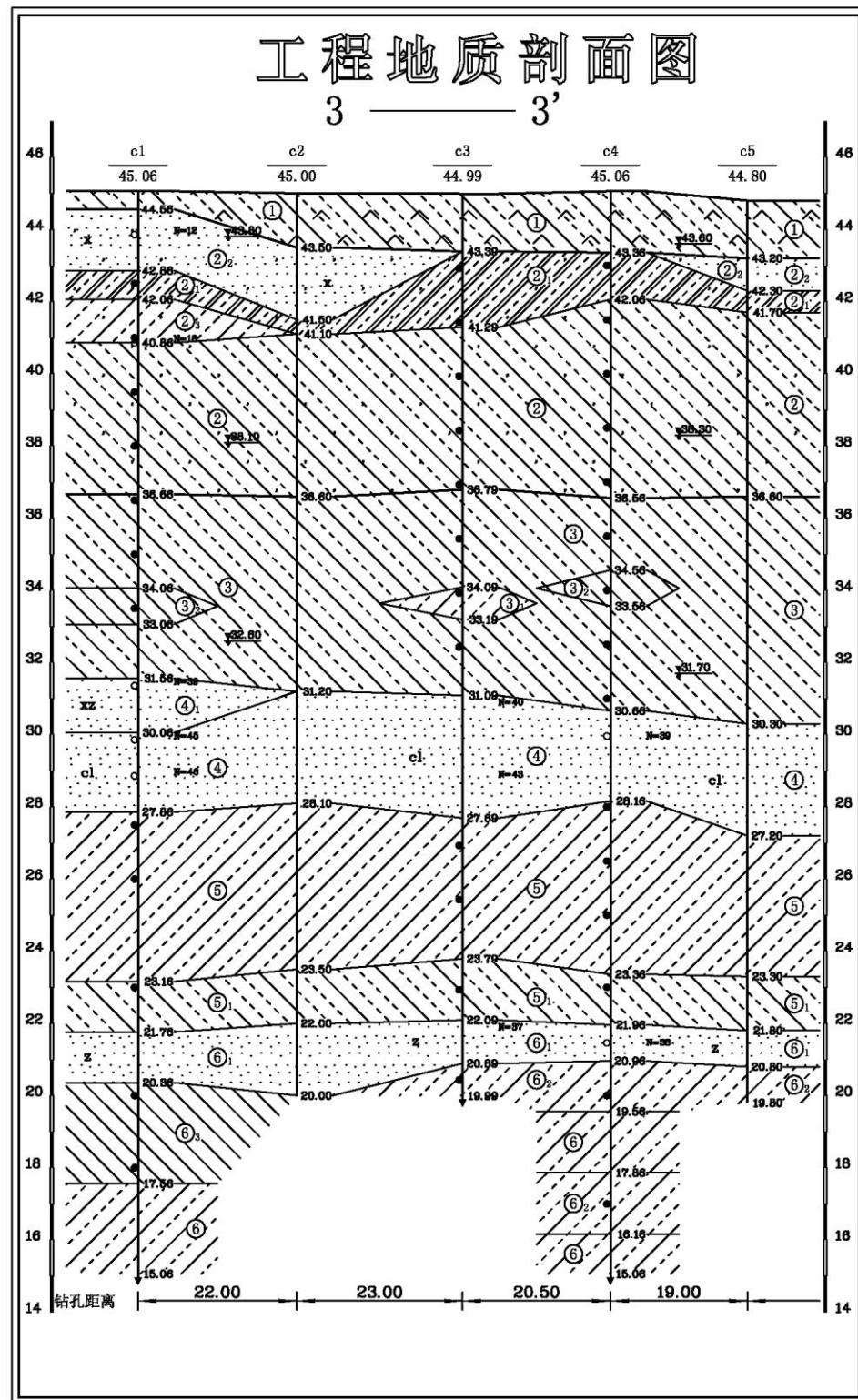
成因年代	地层序号	地层岩性	W (%)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	e	$E_{100}$ (MPa)	N
人工堆积层	①	粘质粉土~砂质粉土素填土	19.14	1.99	0.63	3.63	5
	①1	房渣土	/	1.80*	/	/	/
	①2	有机质粘土~重粉质粘土填土	32.7	1.93	0.91	3.3	/
	①3	细砂填土	/	1.85*	/	/	/
新近沉积层	②	粉质粘土~粘质粉土	23.65	2.01	0.67	5.1	6
	②1	重粉质粘土~粘土	31.35	1.9	0.89	3.65	4
	②2	细砂	/	1.9*	/	10*	16
	②3	粘质粉土	18.54	2.09	0.53	9.62	15
第四纪沉积层	③	粉质粘土~粘质粉土	23.2	2.02	0.65	6.45	9
	③1	粘质粉土	18.9	2.09	0.54	11.63	19
	③2	粘土~重粉质粘土	32.4	1.9	0.9	5.01	12
	③3	粗砂	/	2.0*	/	28*	38
	④	粗砂~砾砂	/	2.0*	/	30*	41
	④1	细砂~中砂	/	2.0*	/	28*	36
	④2	粉质粘土~粘质粉土	22.1	2.04	0.63	8.16	21
	⑤	粉质粘土~重粉质粘土	25.28	1.99	0.71	8.79	13
	⑤1	粘质粉土	20.83	2.06	0.59	13.56	22
	⑤2	粘土	31.35	1.91	0.88	8.61	9
	⑤3	中砂	/	2.0*	/	28*	40
	⑥	粉质粘土~重粉质粘土	22.51	2.04	0.63	11.52	14

成因年代	地层序号	地层岩性	W (%)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	e	$E_{S100}$ (MPa)	N
	⑥1	中砂	/	2.0*	/	30*	44
	⑥2	粘质粉土~砂质粉土	19.42	2.09	0.55	18.13	/
	⑥3	粘土	30.21	1.93	0.85	9.89	15
	⑦	粉质粘土~重粉质粘土	23.23	2.02	0.66	10.85	11
	⑦1	中砂	/	2.05*	/	30*	42

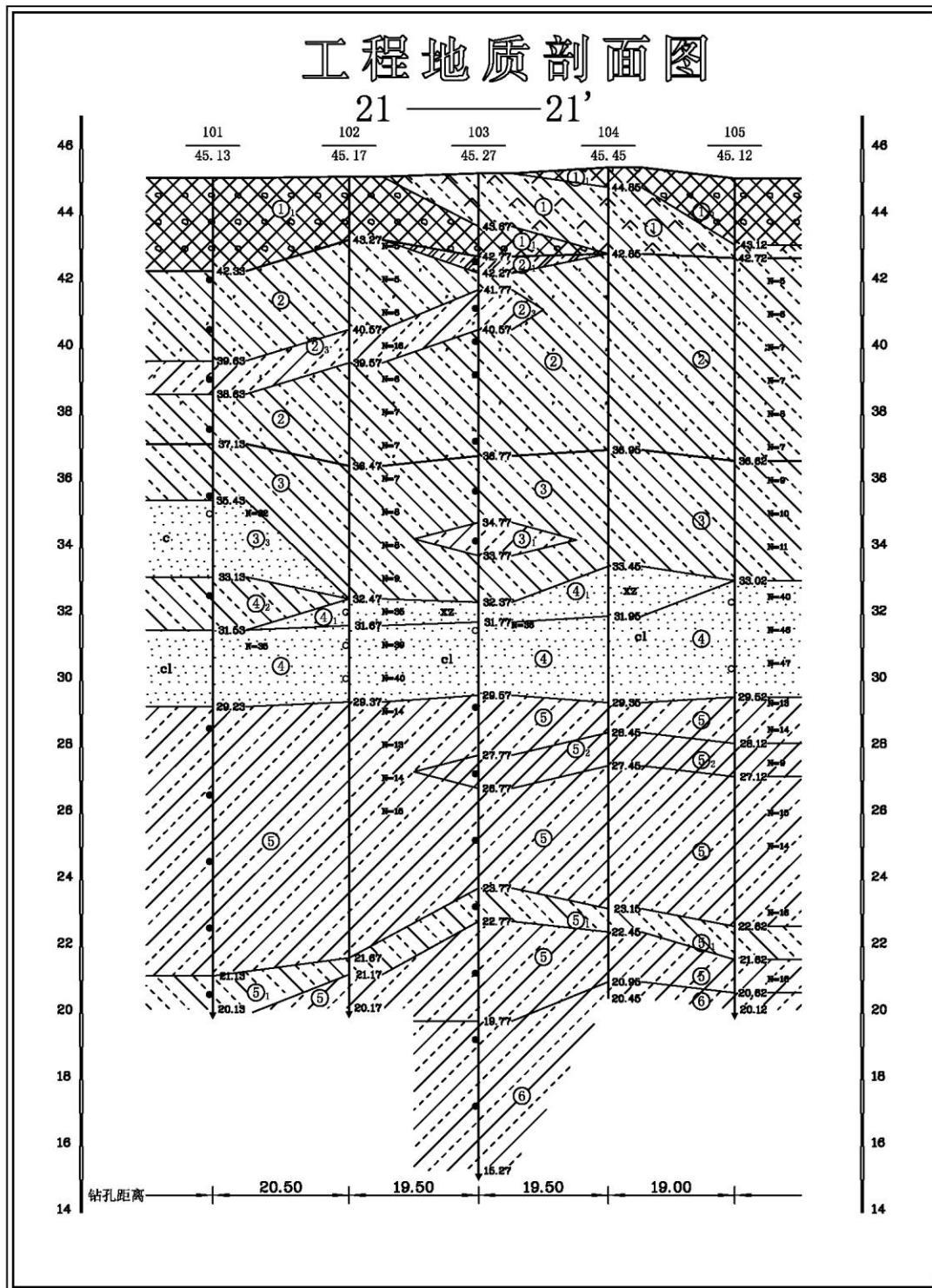
注：表中数据引自该项目岩土工程勘察报告，\*中数据为经验值。



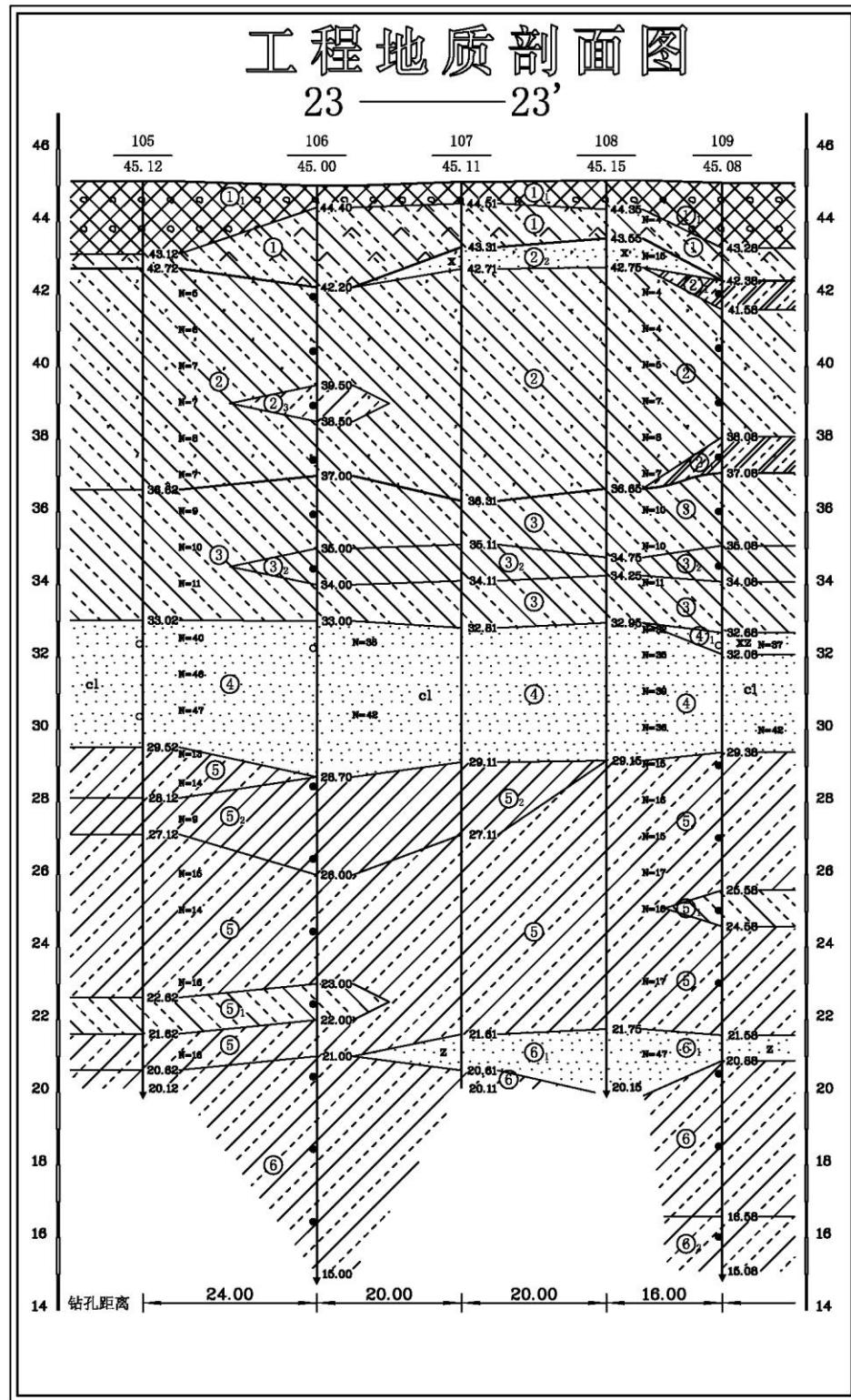
附图 2-10 建设场地区工程地质剖面示意图



附图 2-11 建设场地区工程地质剖面示意图



附图 2-12 建设场地区工程地质剖面示意图



附图 2-13 建设场地区工程地质剖面示意图

## 七、水文地质条件

### (一) 地下水类型及含水特征

评估区第四系孔隙水主要赋存于层状分布的粉土和砂类土中。根据邻近地块项目勘察报告资料，评估区地表以下 20.00m 深度范围内主要分布 3 层地下水。各层地下水统计情况见表 2-3。

表 2-3 评估区地下水位统计表

地下水	稳定水位埋深	稳定水位标高	平均稳定水位标高	地下水类型
第 1 层	1.10m~3.50m	41.82m~44.36m	43.60m	上层滞水
第 2 层	5.50m~7.60m	38.10m~39.64m	38.98m	潜水
第 3 层	10.20m~13.30m	31.70m~35.04m	33.79m	潜水

### (二) 地下补给、径流、排泄条件及水位动态分析

评估区潜水类型地下水主要来源为大气降水补给及相邻含水层越流补给，径流水力坡度小，排泄方式主要为下渗或侧向补给其他含水层。场地内地下水年变化幅度约 1.0m。径流水力坡度小，排泄方式主要为蒸发、人工开采、下渗或侧向补给其他含水层。

评估区内承压水属迳流～开采型动态。该区承压水水位变化的影响因素主要为人工开采及侧向径流。根据评估附近的水位观测资料看出，该层地下水位总体呈下降趋势，局部时段有波动；2004~2010 年 8 年间累计下降了约 6m，平均每年地下水位下降约 1m；自 2010 年至 2013 年间地下水位有所回升；2013 年至现在地下水位呈下降趋势，年下降速率 1m 左右，见图 2-14。

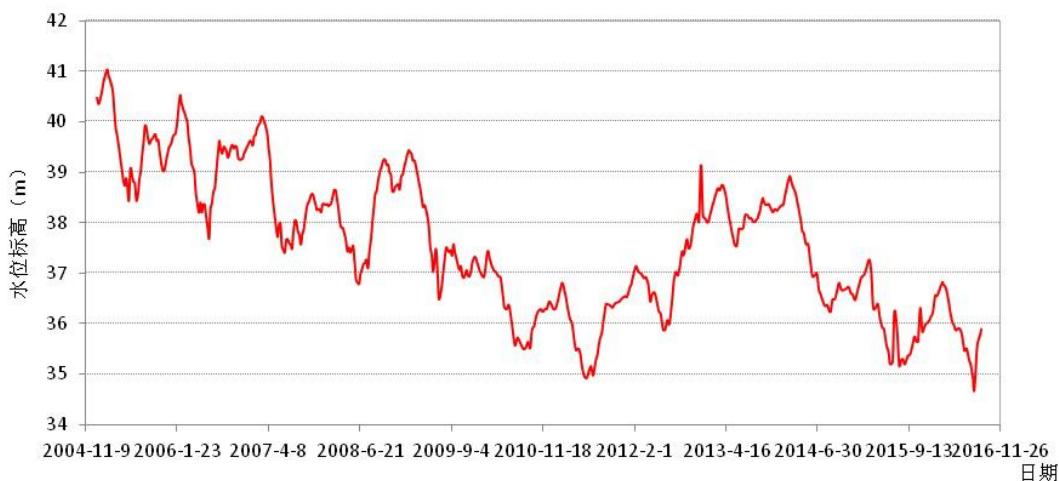


图 2-14 评估区附近承压水水位观测资料

根据在建设场区附近取得的勘察资料和北京市地下水动态观测资料，近年最高水位标高约 41.50m，历年地下水最高潜水位（1959 年）标高达到 44.50m。

## 八、人类活动对地质环境的影响

评估区及附近的人类工程活动强度一般，主要包括建设房屋、修路和耕种等。工程建设及农田耕种等人类活动中存在开采地下水的情况，会对地质环境产生一定的影响，如过量开采地下水导致地面沉降问题等。

## 第三章 地质灾害危险性现状评估

### 一、地质灾害类型的确定

根据野外调查及本项目勘探成果，结合所在区域地质、水文地质、工程地质、地震地质和环境地质等资料，综合分析认为：

(1) 评估区地表下 20.00m 深度内分布有饱和粉土和砂土层，在强震和饱水条件下建设用地地基土有产生液化的可能。因此，需对评估区砂土液化的危险性进行评估。

(2) 区域地质资料表明，南口-孙河断裂自建设用地附近通过，因此，需考虑活动断裂对拟建工程的影响。

(3) 据已有资料，评估区存在由于地下水开采引起的地面沉降问题，随着区域工程建设的进行，本地区的用水量有可能增加，会对地面沉降的发生、发展产生一定影响，因此，需对地面沉降的危险性进行评估。

综上所述，砂土液化、活动断裂和地面沉降是本次评估工作的主要地质灾害类型。

### 二、现状评估

#### (一) 砂土液化

##### 1、评估区潜在可液化饱和土层

砂土和粉土的液化是土的液态化表现，是密实度较差的饱和砂土和粉土，在外部动荷载作用下，内部产生超静孔隙水压力，随着动荷载的不断作用，超静孔隙水压力越聚越高，直到达到上覆荷载时，土单元体中的有效应力为零，土的抗剪强度完全丧失，这时砂土和粉土即处于液化状态，若此时在上部覆盖层薄弱处找到突破口，超静孔压得到宣泄，就会在地表形成喷砂冒水的现象。根据对已有资料的分析和本次调查，评估区不位于北京主要砂土液化区，在 1976 年唐山地震时未曾发生过地面喷水冒砂现象。

本次评估工作引用工程勘察成果资料，根据现场钻孔资料判断，评估区内地

面下 20m 范围内土有砂质粉土、黏质粉土、粉质黏土、细粗砂土层。

根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010) (2016 年版) 有关内容, 拟建场地抗震设防烈度为 8 度, 设计基本地震加速度值为 0.20g, 设计地震分组为第二组。

粉土层的黏粒含量百分率为 6%~7%, 根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010) (2016 年版), 场地抗震设防烈度为 8 度区粉土的黏粒含量百分率为小于 13%, 初步判别认为需要进一步进行液化判别。

## 2、液化土判别

依据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016 年版), 评估区液化土判别采用标准贯入试验判别法判别地面下 20m 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。液化判别标准贯入锤击数临界值可按下式计算:

$$N_{cr} = N_0 \beta [\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w] \sqrt{3/\rho_c} \quad (3-1)$$

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, 应按表 3-1 采用;

$d_s$ ——饱和土标准贯入点深度 (m);

$d_w$ ——地下水位 (m);

$\rho_c$ ——粘粒含量百分率, 当小于 3 或为砂土时应取 3 计算;

$\beta$ ——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 3-1 液化判别标准贯入锤击数基准值  $N_0$

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

依据公式 3-1 计算可知, 参照上述地震砂土液化判别方法, 当地震烈度为 8 度, 地下水位取勘探期间建设用地周边实测最高潜水水位(埋深 5.5m), 饱和土标准贯入锤击数(未经杆长修正) 小于液化判别标准贯入锤击数临界值, 应判为液化土, 结果如表 3-2 所示。

表 3-2 建设用地液化土判别计算表

钻孔编号	岩性	标贯中点 (ds) (m)	黏粒含量百分率 (ρc) (%)	基准值 (N₀)	临界值 (Ncr)
4	黏质粉土	11.30	6	12	12.61
	黏质粉土	12.30	6	12	13.17
	黏质粉土	13.30	7	12	12.68
	粗砂	16.30	3	12	21.35
	粗砂	17.30	3	12	21.94
	粗砂	18.30	3	12	22.51
	粗砂	19.30	3	12	23.04
102	细砂	13.30	3	12	19.37
	粗砂	14.30	3	12	20.07
	粗砂	15.30	3	12	20.73
105	粗砂	12.60	3	12	18.85
	粗砂	13.60	3	12	19.59
	粗砂	14.60	3	12	20.27
108	粗砂	12.50	3	12	18.78
	粗砂	13.50	3	12	19.51
	粗砂	14.50	3	12	20.21
	粗砂	15.50	3	12	20.86

### 3、液化等级划分

判定为液化土后，依据液化土层的深度和厚度，按照式 3-2 计算每个钻孔的液化指数，并按照表 3-3 综合划分地基的液化等级。

$$I_{IE} = \sum_{i=1}^n \left[ 1 - \frac{N_i}{N_{cri}} \right] d_i W_i \quad (3-2)$$

式中：

$I_{IE}$ ——液化指数；

$n$ ——在判别深度范围内每个钻孔标准贯入试验点的总数；

$N_i$ 、 $N_{cri}$ ——分别为 i 点标准贯入锤击数的实测值和临界值，当实测值大于临界值时应取临界值；当只需要判别 15m 范围以内的液化时，15m 以下的实测值可以按临界值采用；

$W_i$ ——i 土层单位土层厚度的层位影响权函数值（单位为  $m^{-1}$ ）。当该层中点深度不大于 5m 时采用 10，等于 20m 时采用零值，5~20m 时应按线性内插法取值；

表 3-3 液化等级与液化指数的对应关系表

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

依据公式 3-2 计算可获得评估区每个土钻孔的液化指数（见表 3-4），对比表 3-3，可判断各钻孔的液化指数为 0，天然沉积土层不会发生液化。

表 3-4 建设用地液化土液化指数计算表

钻孔编号	岩性	锤击数 (N)	临界值 (Ncr)	代表土层厚度 di	液化指数 ( $I_{IE}$ )
4	黏质粉土	18	12.61	1.10	0
	黏质粉土	19	13.17	1.00	
	黏质粉土	20	12.68	1.20	
	粗砂	40	21.35	0.90	
	粗砂	43	21.94	1.00	
	粗砂	46	22.51	1.00	
	粗砂	47	23.04	1.20	
102	细砂	35	19.37	1.10	0
	粗砂	39	20.07	1.00	
	粗砂	40	20.73	1.00	
105	粗砂	40	18.85	1.00	0
	粗砂	46	19.59	1.00	
	粗砂	47	20.27	1.50	
108	粗砂	32	18.78	0.80	0
	粗砂	35	19.51	1.00	
	粗砂	39	20.21	1.00	
	粗砂	36	20.86	1.00	

#### 4、砂土液化现状评估结论

依据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T893-2012) 中砂土液化现状评估、预测评估危险性确定表（见表 3-5）规定，评估区砂土液化现状评估依据砂土液化等级与现状危害程度确定。评估区现状评估不会发生砂土液化，评估区未发生地面砂土液化灾情，危害程度小。因此现状砂土液化危险性“小”。

表 3-5 砂土液化现状评估、预测评估危险性确定表

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

## (二) 活动断裂

### 1、南口-孙河断裂

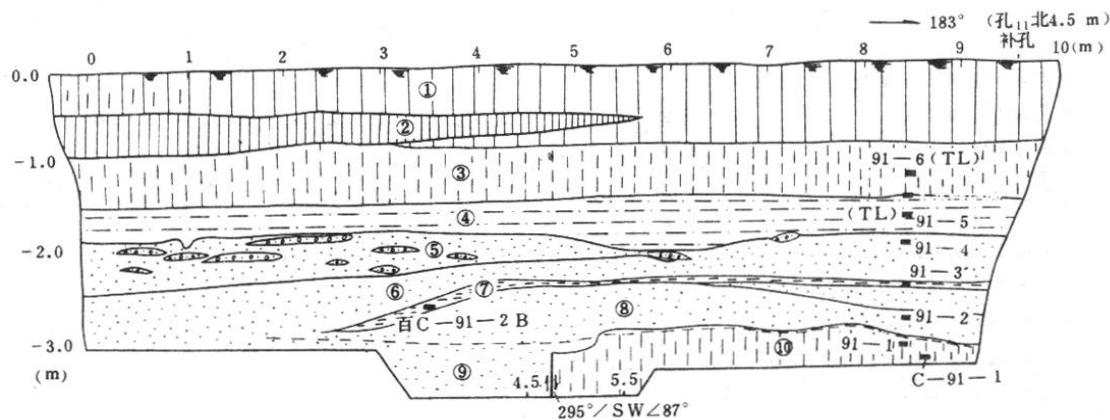
南口-孙河断裂是评估区内一条重要的活动断裂，晚更新世晚期-全新世期间发生过地表错动，控制着沙河凹陷和顺义凹陷的形成与演化。西北端起自昌平区南口镇关沟沟口附近，向南东经昌平旧县、百泉庄，过百善、东三旗，延至孙河附近，与良乡-顺义断裂相交，继续延伸到通州西北，止于南苑-通县断裂，总体走向310°，全长约58km。该断裂由一系列不同级序的北西西向断层右阶斜列组成，是一条以正断为主要表现的左旋正走滑活动断裂(向宏发等，1993, 1994; 国家地震局地质研究所，1992; 徐锡伟等，2002)。

南口-孙河断裂形成于前中生代。燕山运动后期，断裂活动使中侏罗统的沉积边右旋位错3km。第四纪以来，断裂再度明显活动，表现为对两盘第四纪断陷活动的控制，其垂直差异活动在地层分布、地貌表现、水系布局及第四系厚度变化上均有反映，具有明显的分段特征。大致在沙河水库大坝附近与小汤山-东北旺断裂、在孙河附近与顺义-良乡断裂交汇、在宋庄西与南苑-通县断裂交汇而划分为三段。

涉及本建设用地评估区范围内的为“南口~孙河断裂的西北段”，其特征及活动特性如下：

断裂倾向南南西，第四纪期间上盘强烈持续下降，形成一个长轴北西西向、沉降中心靠近南口-孙河断裂的单断型盆地(沙河第四纪凹陷)，地势低平，河沼发育，沉积厚度可达600m以上；下盘则相对抬升，中上元古界残丘出露，第四系极薄，仅有30m~100m厚，两侧落差约500m。

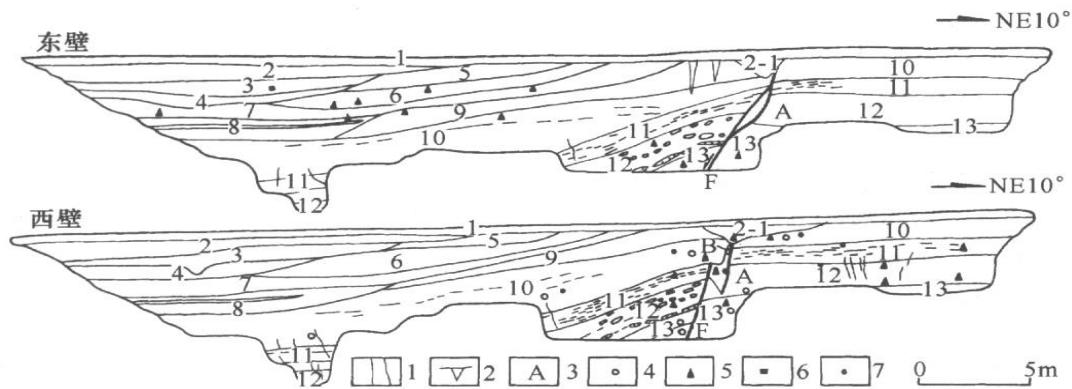
在百泉庄村西，浅层地震、地质雷达、钻孔和探槽一致地发现了近地表断裂的存在(见图3-1)。断层高角度南倾，上断点埋深约3m，揭露断距0.6m~0.8m，被断地层顶部14C年龄为距今1.21万年，未断地层底部14C年龄为距今1.17万年，表明该处断裂晚更新世末、全新世初发生过一次断错地表的活动。



1. 褐灰色亚黏土，耕作层；2. 深灰色亚黏土；3. 棕黄色亚黏土，顶部有钙结核；4. 浅灰色亚砂土、亚黏土，含少量砾石；5. 浅灰黄色中砂层，含透镜状砂砾层；6. 浅灰白色中细砂，具交错层理；7. 深灰色亚黏土；8. 浅灰、灰白色细砂层；9. 浅灰白、灰黄色中细砂；10. 黑灰色亚黏土、黏泥，顶部有3-5cm厚的炭末腐殖质土层

图 3-1 百泉庄综合探测剖面(据时振梁等, 1995)

在昌平旧县村西的山前冲洪积平原西北边缘、南口台地西南缘地表断层陡坎东南端开挖的探槽及相关分析表明(图3-2；江娃利等, 2001；徐锡伟等, 2002)：① 地层分14个基本单元，层1~3为全新世晚期堆积，层4~7是全新世中晚期地层，层8~12属全新世早期，层13~14属晚更新世晚期；② 构造变形带宽度可达30m，变形现象包括构造楔、地层倾斜、小角度不整合、超复和堆积楔、黏土脉、薄层黏土和砂层的断错、密集的竖立条带等；③ 可识出全新世的3次地表破裂型古地震事件，分别发生于距今 $12.24\pm0.25$ ka、 $7.89\pm0.15$ ka和 $3.99\sim3.67$ ka之间，复发间隔分别为4.70ka和4.50ka，同震垂直位移分别为1.0m、2.0m和2.0m。



- 1.黏土脉；2.张裂隙；3.构造楔编号；4.实验取样点；5.TL 取样点；  
6.C14 取样点；7.全化学分析和扫描电镜样品取样点

图 3-2 旧县南口-孙河断裂探槽剖面(据徐锡伟等, 2002)

综上所述, 南口-孙河断裂(西北段) 走向北西西, 为枢纽正走滑断层, 全新世发生过3次古地震活动(江娃利等, 2001), 是评估区内一条变形强烈的第四纪晚期活动断层。

## 2、活动断裂对地面工程影响评价

综上所述, 北西西走向的南口—孙河断裂(西北段)距拟建场地最小距离约300m, 其最晚活动年代在全新世。按照《建筑抗震设计规范》(GB50011—2010及 2016 年局部修订)的规定: 抗震设防烈度为 VIII 度建筑抗震设防类别为乙类的情况下全新世活动断裂的最小避让距离为 200m; 依据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2012)中的相关规定, 现状评估认为活动断裂现状地质灾害危险性小。

## (三) 地面沉降

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。

### 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 3-6)。

表 3-6 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 <sup>2</sup> )		沉降速率 mm/a	沉降地区	沉降量 mm	最大累计沉降量 mm
		>50mm	>100mm				
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		66	126
发展阶段	1973~1983	/	/	30.2	东八里庄-大郊亭	81	590
				18.1		181	307
扩展阶段	1983~1987	1557	860	15.5	东八里庄-大郊亭	62	665
				15		60	367
				33.7	昌平沙河-八仙庄	135	303
				34.5		138	298
	1987~1999	2815	1826	5.3	东八里庄-大郊亭	70	722
				19.8		198	565
				29.6	昌平沙河-八仙庄	385	688
				24.2		363	661
				19.2	顺义平各庄	250	250
				66.3		398	1086
快速阶段（现阶段）	1999~2005	4114.12	2815.29	65.4	朝阳区来广营	392	677
				56.3	东八里庄-大郊亭	338	750
				37		224	813
				28	大兴榆垡-礼贤	188	420
				44		265	/
				33	顺义羊房、昌平燕丹	200	/

### (1) 地面沉降形成阶段

1955~1973 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 400km<sup>2</sup>，年平均沉降速率为 16mm/a~28.2mm/a。

## （2）地面沉降发展阶段

1973~1983 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 600km<sup>2</sup>，其中，地面累计沉降量大于 100mm 的面积为 190km<sup>2</sup>，累计沉降量大于 200mm 的面积为 42km<sup>2</sup>。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 3-3）。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、大兴榆垡-礼贤等沉降区逐渐形成。

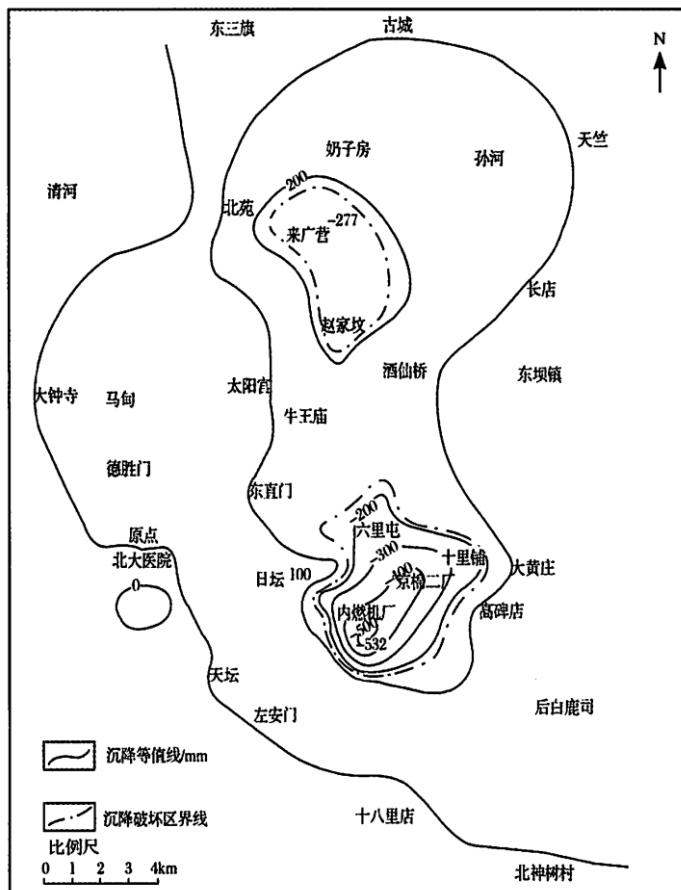


图 3-3 北京市东郊地面沉降 1966~1983 年等值线图

### (3) 地面沉降扩展阶段

1987~1999 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、大兴榆垡等地区) 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, 1987~1999 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(海鵠落)沉降区、大兴礼贤-榆垡沉降区和顺义平各庄沉降区 1987~1999 年平均沉降速率为 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、大兴榆垡-礼贤、

顺义平各庄等沉降区沉降速率以  $20\text{mm/a}$ ~ $35\text{mm/a}$  快速发展。到 1999 年，全市累计沉降量大于  $50\text{mm}$  的地面沉降区面积达到  $2815\text{km}^2$ （见图 3-4）。在东郊八里庄-大郊亭、东北郊来广营、昌平沙河-八仙庄、大兴榆垡-礼贤、顺义平各庄等地形形成了 5 个较大的沉降区，沉降中心累计沉降量分别达到  $722\text{mm}$ 、 $565\text{mm}$ 、 $688\text{mm}$ 、 $661\text{mm}$  和  $250\text{mm}$ 。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  $100\text{mm}$  的面积达到  $1826\text{km}^2$ ，累计沉降量大于  $500\text{mm}$  的沉降范围为  $104\text{km}^2$ 。

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。

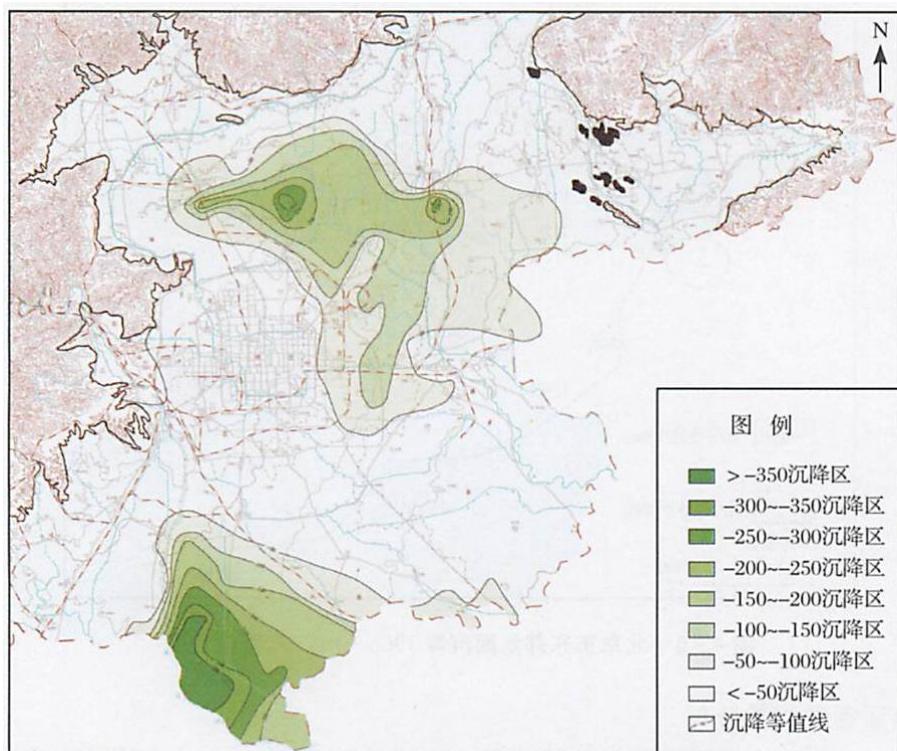


图 3-4 北京市地面沉降 1987~1997 年等值线图

#### （4）地面沉降快速发展阶段

1999~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，以及昌平区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  $100\text{mm}$  的沉降区面积由 1999 年的  $1826\text{km}^2$  增加到 2005 年的  $2815\text{km}^2$ 。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、榆垡、礼贤等地，累计最大沉降量达813mm。

分析1999~2005年地面沉降发展变化(图3-5和图3-6)，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1441km<sup>2</sup>，大于33mm/a的区域达到310km<sup>2</sup>，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-台湖以及榆垡-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。

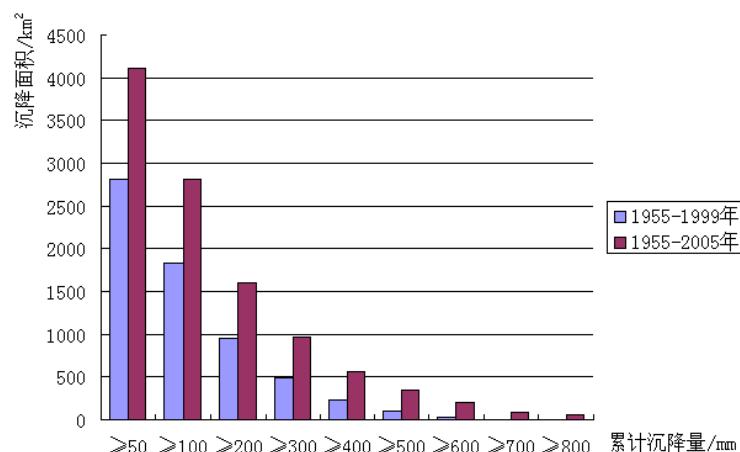


图3-5 1999年与2005年地面沉降面积对比直方图

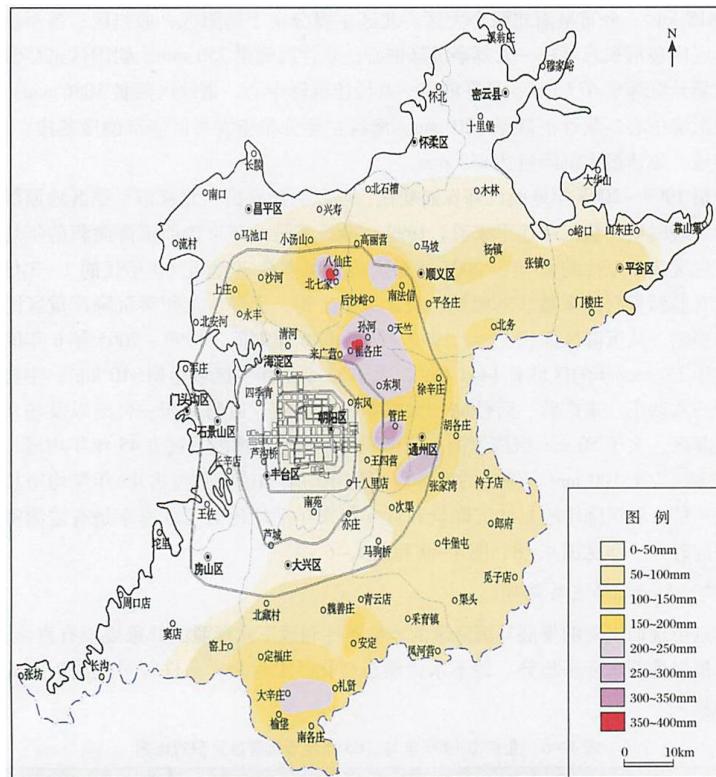


图 3-6 北京市平原区 1999~2005 地面累计沉降量图

由图 3-7 可知, 1955~2015 年累计沉降量大于 100mm 的面积为  $4008\text{km}^2$ , 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。2005~2015 年间北京平原区地面沉降仍处于快速发展阶段。

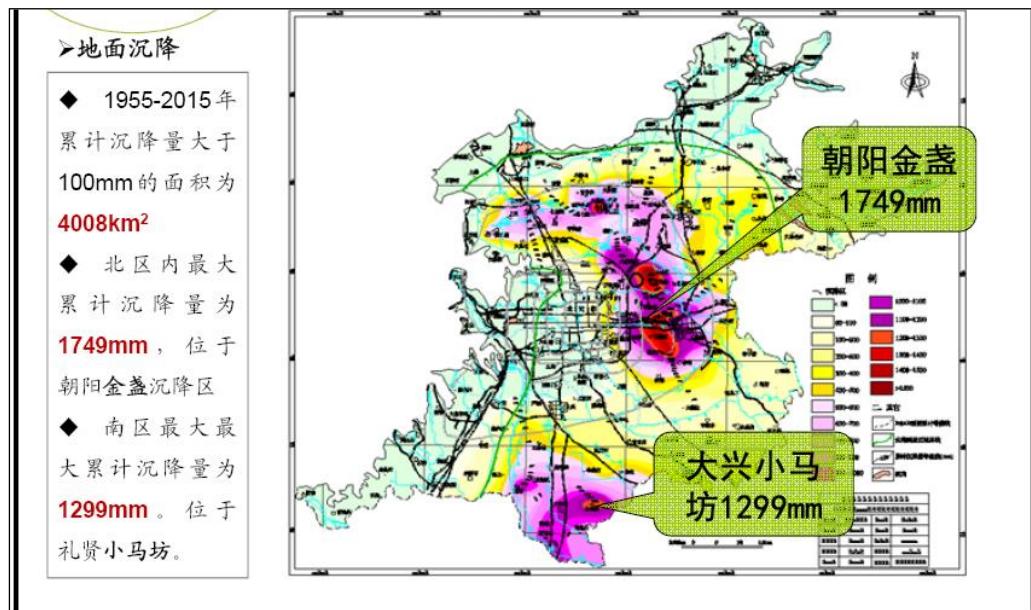


图 3-7 北京平原区 1955~2015 年累计沉降量综合分析图

上述资料充分说明: 过量开采地下水是导致北京市地面沉降的最主要原因。

## 2、地面沉降现状评估

依据北京市平原区 1955~2013 年累计沉降量图（见图 3-8），评估区 1955 年至 2013 年累计沉降量约为 50~200mm，建设用地累计沉降量约为 100mm。依据北京市平原区 2013 年沉降速率图（见图 3-9），评估区 2013 年沉降速率为 15mm~30mm/年，建设用地沉降速率约为 20mm/年。根据搜集到的该地区近几年的地面沉降监测资料表明，近年来评估区范围地面沉降速率相对稳定。因此估算，1955 年到 2019 年评估区地面累计沉降量为 140~380mm，建设用地累计沉降量约 220mm。本次现场调查中，对评估区内的建筑、道路进行了详细调查，未明显发现评估区地面沉降对现状建（构）筑物产生危害。

依据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T893-2012）中地面沉降现状发育程度表（见表 3-7），评估区地面沉降现状发育程度弱。

表 3-7 地面沉降现状发育程度表

分级		强	中	弱
因素	累计地面沉降量 (mm)	>1500	500~1500	<500
	沉降速率 (mm/a)	>50	30~50	<30

注：1) 累计地面沉降量指自 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) 上述两项因素满足一项即可，并按照强至弱顺序确定。

依据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T893-2012）中地面沉降现状评估、预测评估危险性确定表（见表 3-8）规定，评估区地面沉降现状评估依据地面沉降发育程度与现状灾情确定。评估区现状地面沉降发育程度弱，评估区未发生地面沉降灾情，灾情为轻。因此现状地面沉降危险性“小”。

表 3-8 地面沉降现状评估、预测评估危险性确定表

危险性		灾情（危害程度）		
		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、预测评估用危害程度。

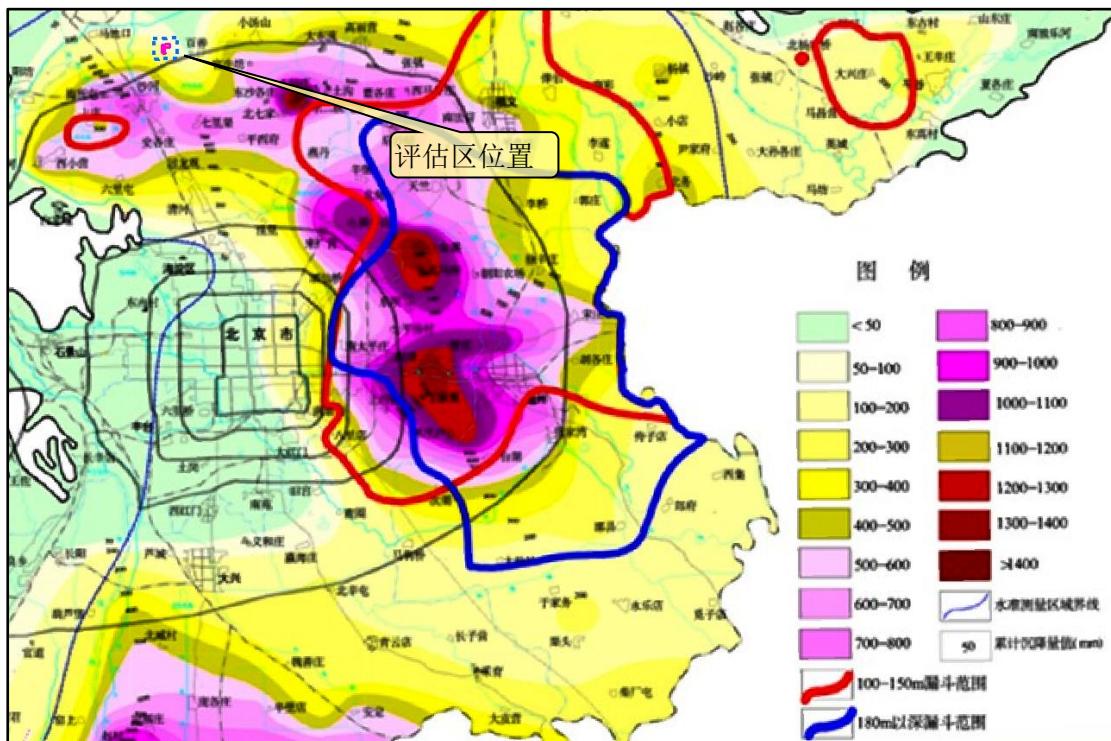


图 3-8 北京市平原区 1955~2013 年累计沉降量图

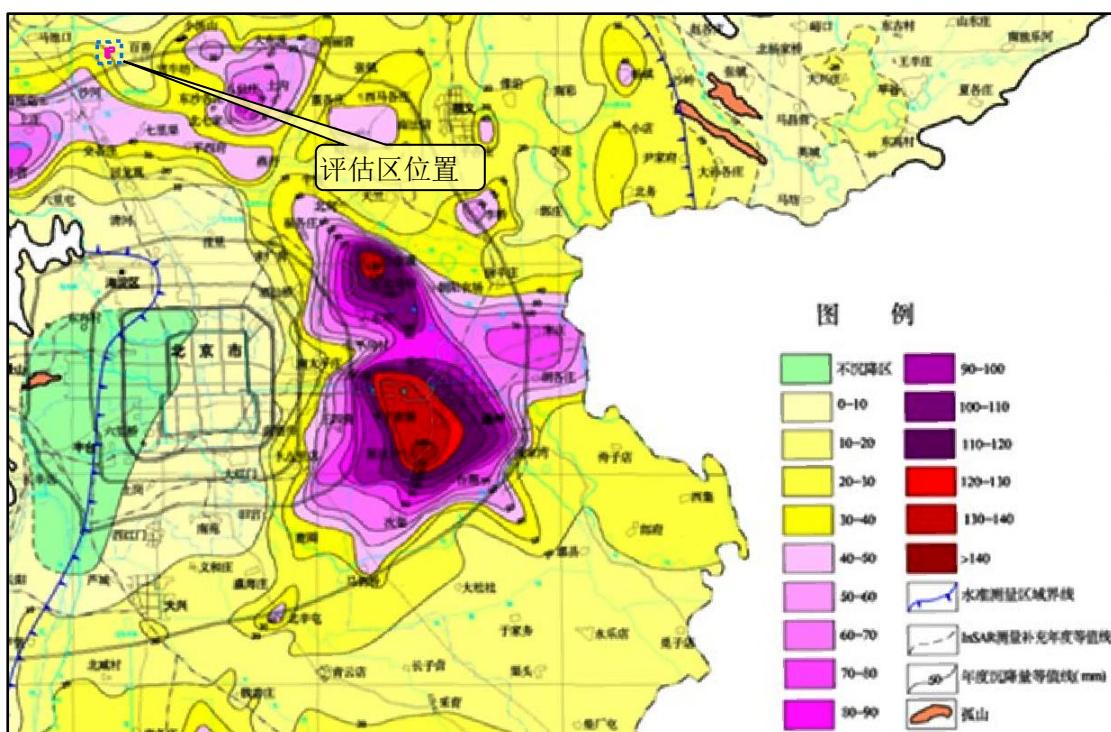


图 3-9 北京市平原区 2013 年沉降速率图

### 三、现状评估小结

评估区内主要地质灾害类型为砂土液化、活动断裂和地面沉降，根据本次对评估区地质灾害现状调查及评估结果，小结如下：

#### 1、砂土液化

对评估区内可能存在的液化土层进行了液化判别，最终确定评估区自然沉积的土层在现状水位下不会发生地震液化，危害程度小。因此现状砂土液化危险性“小”。

#### 2、活动断裂

对评估区活动断裂进行了评估，南口—孙河断裂（西北段）距离建设用地西南侧边界最近约 300m，该段最晚活动时代为全新世。现场调查表明，周边的村庄、新建开发区建筑均未发生地表错动裂缝及断裂活动对建筑物的影响迹象，综合考虑现状评估认为活动断裂的危险性“小”。

#### 3、地面沉降

对评估区地面沉降现状进行了评估，评估区现状地面沉降发育程度弱，评估区未发生地面沉降灾情，灾情为轻。因此现状地面沉降危险性“小”。

## 第四章 地质灾害危险性预测评估

### 一、工程建设引发或加剧地质灾害危险性的预测

#### (一) 砂土液化

本项目建设内容主要为一级土地开发。项目规划用地性质为：R2 二类居住用地、A33 基础教育用地、S1 城市道路用地、G1 公园绿地、E1 水域。建设项目位于北京平原区，地势平坦开阔，工程建设场地整平过程中除基坑开挖外没有大规模的挖填方工程，预测本工程建设过程中及建成运营后，引发或加剧砂土液化地质灾害的可能性小，可能造成的经济损失小，引发或加剧砂土液化地质灾害危险性小。

#### (二) 活动断裂

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。

#### (三) 地面沉降

根据现场调查及业主提供的相关，本项目及周边已建成或正在建设的项目生产用水均采用市政中水，由市政府配套建设中水管道，水源拟由污水处理厂提供；生活用水及锅炉补给水均采用自来水，由市政府配套建设自来水管道。因此，本工程建设不会加剧因地下水过量开采引起的地面沉降地质灾害。

工程建设引发地面沉降包括两部分，一是施工降水引起的地面沉降，二是建筑物引起的地面沉降。

由于北京市对工程建设施工的要求越来越严格，责任越来越明确，所以施工降水的设计施工单位会采取适宜的地下水控制措施，避免因施工降水引起地面沉降导致不必要的损失。因此，可忽略施工降水引起的地面沉降。另外，工程建设地基方案的选取综合考虑了地基承载力、变形和稳定性，其地基沉降量一般均满足规范要求，建筑物地基沉降量在规范允许的限度之内；且工程建设引发建筑物附加应力影响范围内的周边地面沉降量比建筑地基自身沉降量值还要小。因此，

由施工降水、建筑荷载引发的地面沉降的危险性小。

## 二、建设工程自身可能遭受地质灾害危险性的预测

### (一) 砂土液化

根据本次调查和地质灾害危险性现状评估,评估区内有遭受砂土液化地质灾害的可能。

根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)(2016年版)及历年最高地下水位,本次砂土液化预测评估地下水埋深按自然地面下0.5m考虑。对可液化土层进行液化判别,判别结果见表4-1,经计算,评估区预测自然沉积的土层不会发生地震液化,危害程度小。因此预测工程建设可能遭受砂土液化的危险性小。

表4-1 建设用地砂土液化预测评估判别表

孔号	岩性	标贯中点 ds (m)	黏粒含 量 $\rho_c$	基准值 ( $N_0$ )	标贯击 数 N	临界值 $N_{cr}$	土层厚 度 $d_i$ (m)	液化指数 ( $I_{IE}$ )
4	细砂	2.80	3	12	15	12.62	0.60	0
	黏质粉土	11.30	6	12	18	16.64	1.10	
	黏质粉土	12.30	6	12	19	17.20	1.00	
	黏质粉土	13.30	7	12	20	16.41	1.20	
	粗砂	16.30	3	12	40	27.05	0.90	
	粗砂	17.30	3	12	43	27.64	1.00	
	粗砂	18.30	3	12	46	28.21	1.00	
	粗砂	19.30	3	12	47	28.74	1.20	
102	黏质粉土	4.90	6	12	16	11.61	1.00	0
	细砂	13.30	3	12	35	25.07	1.10	
	粗砂	14.30	3	12	39	25.77	1.00	
	粗砂	15.30	3	12	40	26.43	1.00	
105	粗砂	12.60	3	12	40	24.55	1.00	0
	粗砂	13.60	3	12	46	25.29	1.00	
	粗砂	14.60	3	12	47	25.97	1.50	
108	细砂	2.10	3	12	15	11.00	0.80	0
	粗砂	12.50	3	12	32	24.48	0.80	
	粗砂	13.50	3	12	35	25.21	1.00	
	粗砂	14.50	3	12	39	25.91	1.00	
	粗砂	15.50	3	12	36	26.56	1.00	

## (二) 活动断裂

南口—孙河断裂（西北段）距离建设用地西南侧边界最近约 300m，该段最晚活动时代为全新世。综合考虑断裂的复杂性和相对位置关系，根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB 11/T 893-2012) 和《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010, 2016 年版) 的相关规定，本工程建设用地未来遭受活动断裂地质灾害危险性中。

## (三) 地面沉降

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粉土层、黏性土和砂土层互层组成。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、粉土层与粘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：

$$S_{\text{含}} = \frac{\Delta P \cdot H_{\text{含}}}{E_s} \quad (4-1)$$

式中：

$S_{\text{含}}$  ——含水层最终沉降量(cm)；

$H_{\text{含}}$  ——含水层的初始厚度(cm)；

$\Delta P$  ——水位降低引起的附加荷载应力(kPa)， $\Delta P = \gamma_w \Delta h$ ， $\Delta h$  为水位

降低值， $\gamma_w$  为水的容重；

$E_s$  ——含水层的压缩模量。

## 2) 粘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。当含水层水位下降时，其上下粘性土隔水层中的孔隙水压力将降低，以便与含水层组成新的平衡体系，该降低值必然转嫁到土颗粒上，使粘性土层产生固结沉降。粘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：

$$u(z,t) = \sum_{m=1}^{\infty} \left( \frac{2}{H} \int_0^H u_0 \sin \frac{(2m-1)\pi Z}{2H} dZ \right) \sin \frac{(2m-1)\pi Z}{2H} e^{-\frac{(2m-1)\pi}{2} T_v} \quad (4-2)$$

式中：

$T_v$ ——时间因子， $T_v = C_v t / H^2$ 。

$C_v$ ——土的固结系数（cm<sup>2</sup>/年）， $C_v = k(1+e) / \gamma_w \alpha_v$ ；

$\alpha_v$ ——土的压缩系数（1/kPa）；

$k$ ——土的渗透系数（cm/年）；

$e$ ——土层在固结过程中的平均孔隙比；

$H$ ——粘性土层厚度（cm），（单面排水取粘性土层全厚，双面排水取粘性土层全厚之半）。

## （2）地面沉降预测评估结论

根据北京地区地面沉降长期监测资料，目前北京地面沉降区范围仍在扩大，总体沉降速率较高。在主要地面沉降区继续开采地下水在近期是不可避免的，所以本次预测评估假定近期北京市用水情况基本保持平稳，短期内地下水位的变化趋势不变，对近期水位的预测以近几年场区内水位观测资料为分析基础，在此基础上进行水位变化预测。未来 5 年的水位变化按近年来水位下降的平均速率考虑，即 2020 年～2024 年预测地下水位下降速率取 1.0m/a。

根据地面沉降公式（4-1）和（4-2），利用图 4-1 所示的地层模型（评估区附近深层地层资料），计算得到未来 5 年中地面累计沉降量约为 95mm，年沉降速率约为 19mm/a，加上 1955～2019 年的累计沉降量值，到 2024 年评估区地面沉降量将达到 235～475mm 左右，建设用地地面沉降量将达到 315mm 左右。综上，根据北京市地方标准《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893 - 2012）之

表 6 “地面沉降预测发育程度”可知本工程评估区地面沉降预测发育程度等级为“弱”，地质灾害危害程度级别为“轻”，综合判定评估区预测评估区遭受地面沉降的危险性“小”。

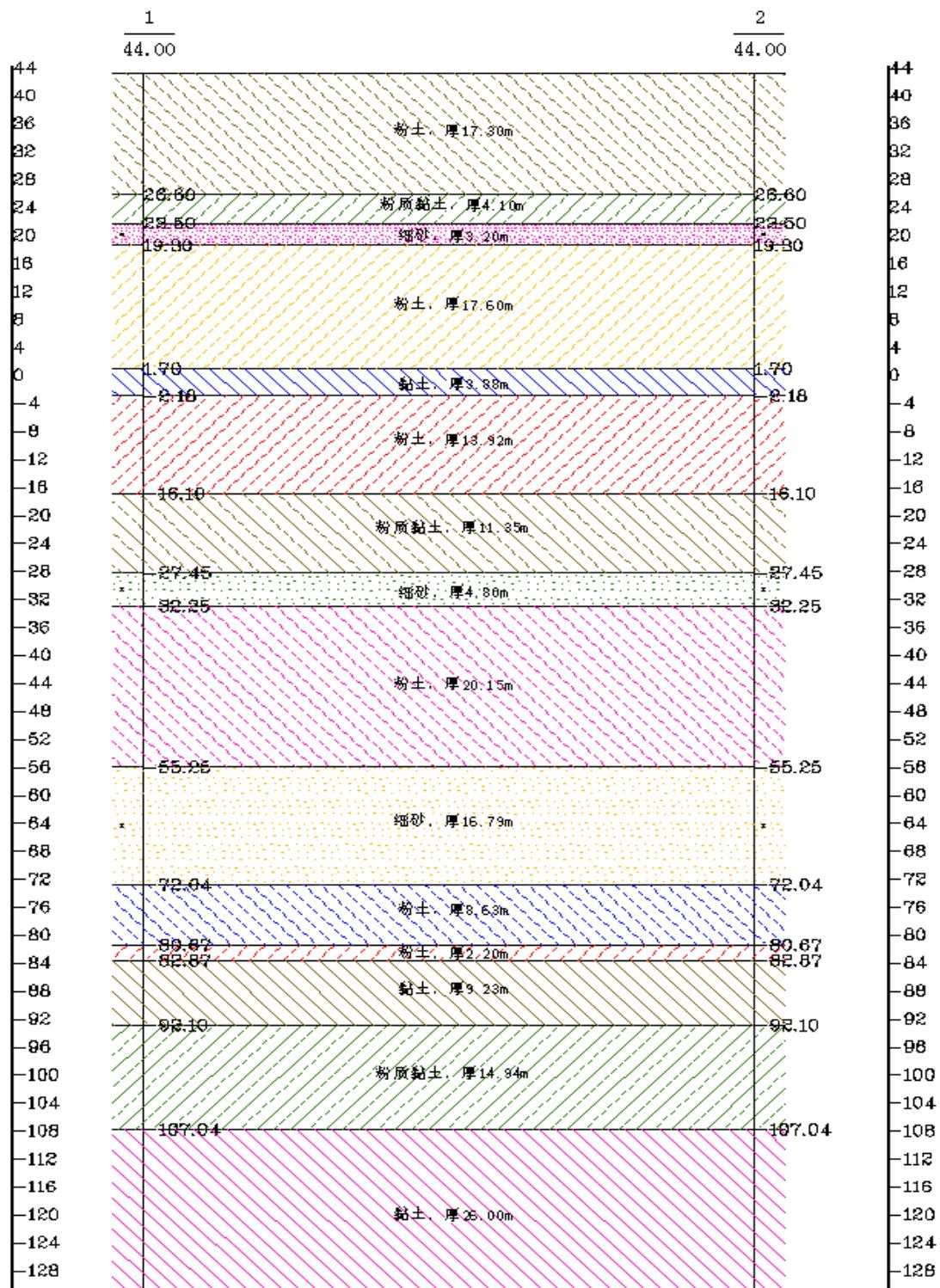


图 4-1 沉降计算地层概化图

### 三、小结

通过预测评估得知：

工程建设引发或加剧砂土液化、活动断裂、地面沉降地质灾害的可能性小，危险性小。

拟建工程建设可能遭受砂土液化、地面沉降地质灾害危险性小；遭受活动断裂地质灾害危险性中。

## 第五章 地质灾害危险性综合分区评估

### 一、综合评估原则

综合评估为在现状评估和预测评估的基础上，采取定性、半定量的方法综合评估地质灾害危险性程度，确定地质灾害危险性的级别。对评估区的地质灾害进行综合评估，对建设用地适宜性进行评估，并提出防治地质灾害的措施。本建设用地的综合评估按北京市地方标准《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2012）表 43 确定地质灾害危险性级别之方法进行（见表 5-1）。

表 5-1 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		
		小	中等	大
现状评估危险性	大	大级	大级	大级
	中等	中级	大级	大级
	小	小	中级	大级

### 二、评估指标的确定

#### （一）砂土液化

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）中第 4.3.5 的规定来确定。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综合划分地基的液化等级。依据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2012）有关规定确定地质灾害灾情与危害程度。根据液化等级及灾情分级，确定砂土液化现状评估和预测评估的危险性。

#### （二）活动断裂

活动断裂量化指标主要根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010，2016 年版）第 4.1.7 的规定来确定。

《建筑抗震设计规范》（GB50021-2001，2008 年版）第 4.1.7 的规定：

1) 发震断裂存在如下条件之一时, 可忽略发震断裂错动对地面建筑的影响:

- ① 抗震设防烈度小于Ⅷ度;
- ② 非全新世活动断裂;
- ③ 抗震设防烈度为Ⅷ、Ⅸ度时, 前第四纪基岩隐伏断裂的土层覆盖厚度分别大于 60m 和 90m。

对不符合上述条款规定的情况, 应避开主断裂带。其避让距离不宜小于表 5-2 (“发震断裂的最小避让距离”) 对发震断裂最小避让距离的规定。

表 5-2 发震断裂的最小避让距离(m)

烈度	建筑抗震设防类别			
	甲	乙	丙	丁
8	专门研究	200m	100m	—
9	专门研究	400m	200m	—

根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2012), 活动断裂危险性评估按照表 5-3 (“断裂现状评估、预测评估危险性确定”) 来确定。

表 5-3 断裂现状评估、预测评估危险性确定

危险性大	危险性中等	危险性小
全新世活动断裂强烈影响带	全新世活动断裂中等影响带或晚更新世活动断裂	非活动断裂
注: 1) 全新世活动断裂强烈影响带指断裂两侧各 100m 范围;		
2) 全新世活动断裂中等影响带指断裂两侧各 200m 范围。		

### (三) 地面沉降

根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2012), 按照表 5-4 确定地面沉降灾情与危害程度, 按照表 5-5 确定地面沉降现状发育程度, 按照表 5-6 确定地面沉降预测发育程度, 按照表 5-7 确定地面沉降现状及预测评估危险性。

表 5-4 地质灾害灾情与危害程度的分级标准

损失程度		灾情		危害程度	
		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)
级别	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) 灾情分级, 即已发生的地质灾害灾度分级, 采用“人员伤亡情况”“直接经济损失”栏指标评价;

2) 危害程度分级, 即对可能发生的地质灾害危险程度的预测分级, 采用“受威胁人数”或“可能

直接经济损失”栏指标评价。

表 5-5 地面沉降现状发育程度

分级		强	中	弱
因素	累计地面沉降量 (mm)	>1500	500~1500	<500
	沉降速率 (mm/a)	>50	30~50	<30

注：1) 累计地面沉降量指自 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) 上述两项因素满足一项即可，并按照强至弱顺序确定。

表 5-6 地面沉降预测发育程度

发育程度		强	中	弱
因素	沉降速率 (mm/a)	>50	30~50	<30

表 5-7 地面沉降现状评估、预测评估危险性确定

危险性		灾情（危害程度）		
		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、预测评估用危害程度

### 三、地质灾害危险性综合评估

根据现状评估与预测评估结果，按照《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2012) 的相关规定，对拟建场地各地块进行了综合分区，分区结果见表 5-8。

评估区经野外调查和分析评价，区内可能存在砂土液化、活动断裂、地面沉降地质灾害隐患。现状评估最终确定区内砂土液化、活动断裂、地面沉降地质灾害危险性小。预测评估区内工程建设引发或加剧砂土液化、活动断裂、地面沉降地质灾害的危险性小；遭受砂土液化、地面沉降地质灾害的危险性小；遭受活动断裂地质灾害的危险性中。对照表 5-1 地质灾害危险性分级标准，评估区地质灾害危险性综合评估等级为中级（表 5-8）。

表 5-8 拟建地块地质灾害综合评估分级表

位置	灾害类型	现状评估危 险性等级	预测评估危险性等级		危险性等级综 合评定
			引发或加剧地 质灾害的危险 性	遭受地质灾害 的危险性	
建设 用地	砂土液化	小	小	小	中级
	活动断裂	小	小	中	
	地面沉降	小	小	小	

## 四、建设场地适宜性评估

根据以上对拟建场地地质灾害危险性的现状评估、预测评估及综合评估。拟建项目建设用地适宜性根据地质灾害危险性综合评估分级和地质灾害防治难度（见表 5-9）按表 5-10 综合确定。

根据地质灾害危险性综合评估结果，建设用地地质灾害危险性等级综合评定为“中级”。防治工程中等复杂、治理费用较高，防治效益与投资比中等。因此，从地质灾害危险性评估角度认为昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目 A 地块建设用地适宜性为基本适宜。

表 5-9 建设用地防治难度划分

地质灾害防治难度	分 级 说 明
大	防治工程复杂、治理费用高，防治效益与投资比低
中等	防治工程中等复杂、治理费用较高，防治效益与投资比中等
小	防治工程简单、治理费用较低，防治效益与投资比高

表 5-10 建设用地适宜性划分

综合评估分级	防治难度		
	大	中等	小
大级	适宜性差	适宜性差	基本适宜
中级	适宜性差	基本适宜	适宜
小级	基本适宜	适宜	适宜

## 第六章 结论与建议

拟建工程为昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目 A 地块，项目规划用地性质为：R2 二类居住用地、A33 基础教育用地、S1 城市道路用地、G1 公园绿地、E1 水域，总用地面积 335947m<sup>2</sup>。经对建设用地地质灾害危险性现状评估、预测评估和综合评估，结论和建议如下。

### 一、结论

1、评估区地形基本平坦，地形地貌简单，地质构造复杂，工程地质、水文地质条件中等，地质灾害中等发育，破坏地质环境的人类活动一般，综合判定地质环境条件为“复杂程度”。

2、拟建项目为较重要建设项目，且位于地质环境条件复杂区域，依据北京市地方标准《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2012）中的有关规定，拟建工程的建设场地地质灾害危险性评估级别为“一级”。

3、评估区内潜在地质灾害类型包括砂土液化、活动断裂、地面沉降，砂土液化、活动断裂、地面沉降现状评估结论为危险性小；预测评估拟建工程建设可能引发或加剧砂土液化、活动断裂、地面沉降的危险性小，本身可能遭受砂土液化、地面沉降的危险性小，遭受活动断裂的危险性中。

4、在现状和预测评估的基础上，对拟建场地进行综合分区评估，地质灾害危险性综合评估等级为中级。

5、综合评估确定昌平区百善镇中心区西部地块土地一级开发项目 A 地块建设用地适宜性为基本适宜。

### 二、建议

1、根据区域地质资料，南口-孙河断裂距离本项目场地较近。而活动断裂地质灾害分布具有一定的隐蔽性且相对复杂，建议对该断裂开展专题研究，进一步查明判断该断裂对本次土地开发的影响，做好必要的结构加固甚至是避让措施。

2、建设单位应做好基坑开挖、支护等工作，防止因基坑开挖产生基坑边坡的垮塌。

3、涉及深基坑开挖需要进行地下水控制设计、施工，建议优先采用帷幕隔

水+坑内疏干的地下水控制措施，以有效保护地下水水源。

- 4、建议工程建设及园区运营期间建立监测系统，动态监测基坑开挖、残渣飞灰填埋等环节可能引发或加剧的地质灾害。
- 5、工程弃土应按照国家相关要求进行合理堆放，确保施工安全；
- 6、本报告不代替评估区工程地质勘察工作及其他专项评价工作。

