

昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目
地质灾害危险性评估报告

北京中地大工程勘察设计研究院有限责任公司

二〇二一年五月



昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目

地质灾害危险性评估报告

北京中地大工程勘察设计研究院有限责任公司

二〇二一年五月



昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目

地质灾害危险性评估报告

项目主持及

康 秀

报告编写：

图件编制：

康 秀

项目参加人：

庞素芬

报告审查：

邓丁海

总工程师：

邓丁海

院 长：

齐之龙

北京中地大工程勘察设计研究院有限责任公司



昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目

地质灾害危险性评估报告

评审意见

受北京未来科学城置汇建设有限公司的委托，北京中地大工程勘察设计研究院有限责任公司完成了《昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目地质灾害危险性评估报告》（以下简称“评估报告”），专家组于 2021 年 5 月 28 日对“评估报告”进行了评审，意见如下：

一、项目概况

昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目位于北京市昌平区史各庄街道，东至回昌东路，西临京藏高速公路，南至规划回龙观工业区南路，北至定泗路，总用地面积约为 370139.238m^2 ，需同步实施整理（拆迁）用地规模 28292.344m^2 ，地上建筑规模约 557406m^2 。

二、评审意见

1. “评估报告”广泛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 9km^2 水文、工程、环境等综合地质调查，施工了 4 个勘探孔（总进尺 80m），进行了标贯试验、室内试验，为本次评估奠定了基础。

2. “评估报告”通过综合环境地质条件分析，认为评估区地质环境条件复杂程度“中等复杂”，建设项目属于“重要建设项目”，综合确定建设用地地质灾害危险性评估等级为“一级”是合适的。

3. “评估报告”通过全面的资料分析，认为评估区内可能存在的地质灾害有地面沉降及砂土液化二种类型。

现状评估认为：规划用地 1955~2019 年的累计地面沉降量约 890~1010mm，地面沉降的现状发育程度为“中”，地面沉降地质灾害的灾情为“轻”，地面沉降地质灾害的现状危险性“小”；评估区 20m 深度范围内的地基土在设计基本地震加速度值为 0.20g，设计地震分组为第二组，现状最高地下水位（水位埋深 7.3m）时不液化，砂土液化地质灾害的灾情为“轻”，砂土液化地质灾害的现状危险性“小”。

现状评估符合实际。

4. 预测评估认为：拟建工程规划建设引发、加剧地面沉降及砂土液化等地质灾害的危险性均为“小”；预测至 2026 年，规划用地的累计地面沉降量约为 1080~1220mm，年均沉降速率约 27~30mm/a，规划用地地面沉降的发育程度为“弱~中”，危害程度为“轻”，规划用地遭受地面沉降地质灾害的危险性“小”；经标贯法判别，规划建设用地 20m 深度范围内的地基土在设计基本地震加速度值为 0.20g，设计地震分组为第二组，近 3~5 年最高地下水位（水位埋深约 3m）时不液化，砂土液化的危害程度为“轻”，规划用地遭受砂土液化地质灾害危险性“小”。

预测评估依据是充分的。

5. 综合评估认为，建设用地地质灾害危险性等级为“小级”，“适宜”昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目的建设。

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。

评审组长：



评审专家：

张永红 梁荣波
孙敬 李强

2021 年 5 月 28 日

目 录

前 言.....	1
第一章 评估工作概述.....	1
一、工程和规划概况与征地范围.....	1
二、以往工作程度.....	6
三、工作方法及完成的工作量.....	7
四、评估范围与级别的确定.....	11
第二章 地质环境条件.....	13
一、气象、水文特征.....	13
二、地形地貌.....	16
三、地层岩性.....	17
四、地质构造与区域地壳稳定性.....	20
五、工程地质条件.....	24
六、水文地质条件.....	28
七、人类工程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、地质灾害类型的确定.....	29
二、地质灾害的现状评估.....	29
三、现状评估小结.....	37
第四章 地质灾害危险性预测评估.....	38
一、工程建设引发、加剧地质灾害危险性的预测.....	38
二、工程建设可能遭受地质灾害危险性预测.....	38
三、预测评估小结.....	41
第五章 地质灾害危险性综合分区评估及防治措施.....	42
一、地质灾害危险性综合评估原则与量化指标的确定.....	42
二、地质灾害危险性综合分区评估.....	43
三、规划用地适宜性分区评估.....	44
四、防治措施.....	45
第六章 结论与建议.....	46
一、结论.....	46
二、建议.....	46

前 言

根据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2012），受北京未来科学城置汇建设有限公司的委托，北京中地大工程勘察设计研究院有限责任公司承接了昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目地质灾害危险性评估工作。

一、评估依据：

1. 中华人民共和国国务院第 394 号令《地质灾害防治条例》；
2. 国土资源部[2004]69 号《关于加强地质灾害危险性评估工作的通知》；
3. 《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2012）；
4. 《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版）；
5. 《北京地区建筑地基基础勘察设计规范》（DBJ11-501-2009）（2016 年版）；
6. 《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001，2009 年版）；
7. 《中国地震动参数区划图》（GB18306—2015）。

二、评估目的和任务：

本次地质灾害危险性评估的主要目的和任务为：

1. 基本查明规划用地及其周边的地质环境条件；
2. 调查规划用地及其周边的地质灾害类型、规模、分布、稳定状态等，分析评价其对场地和建筑物的影响；
3. 分析预测拟建工程在建设使用过程中对地质环境的改变和影响，评价其可能引发或加剧地质灾害的可能性及灾害的范围、危害程度；
4. 对地质灾害的危险性及土地使用的适宜性进行综合评价，并提出对地质灾害的防治措施及建议。

本次评估原则、内容、技术方法和工作程序等按《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2012）（以下简称“评估规范”）执行，对“评估规范”中未明确的执行国家和行业标准与技术规程。

第一章 评估工作概述

一、工程和规划概况与征地范围

昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目位于北京

市昌平区史各庄街道，其西侧紧临京藏高速公路，北侧临定泗路，东侧临回昌东路，周边公路四通八达，交通较为便利，详见规划用地交通位置示意图（图 1-1）。



图 1-1 规划用地交通位置图

昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目东至回昌东路，西临京藏高速公路，南至规划回龙观工业区南路，北至定泗路，总用地面积约为 370139.238m^2 ，需同步实施整理（拆迁）用地规模 28292.344m^2 ，地上建筑规模约 557406m^2 。

规划用地范围见图 1-2，规划用地现状见图 1-3～图 1-5。

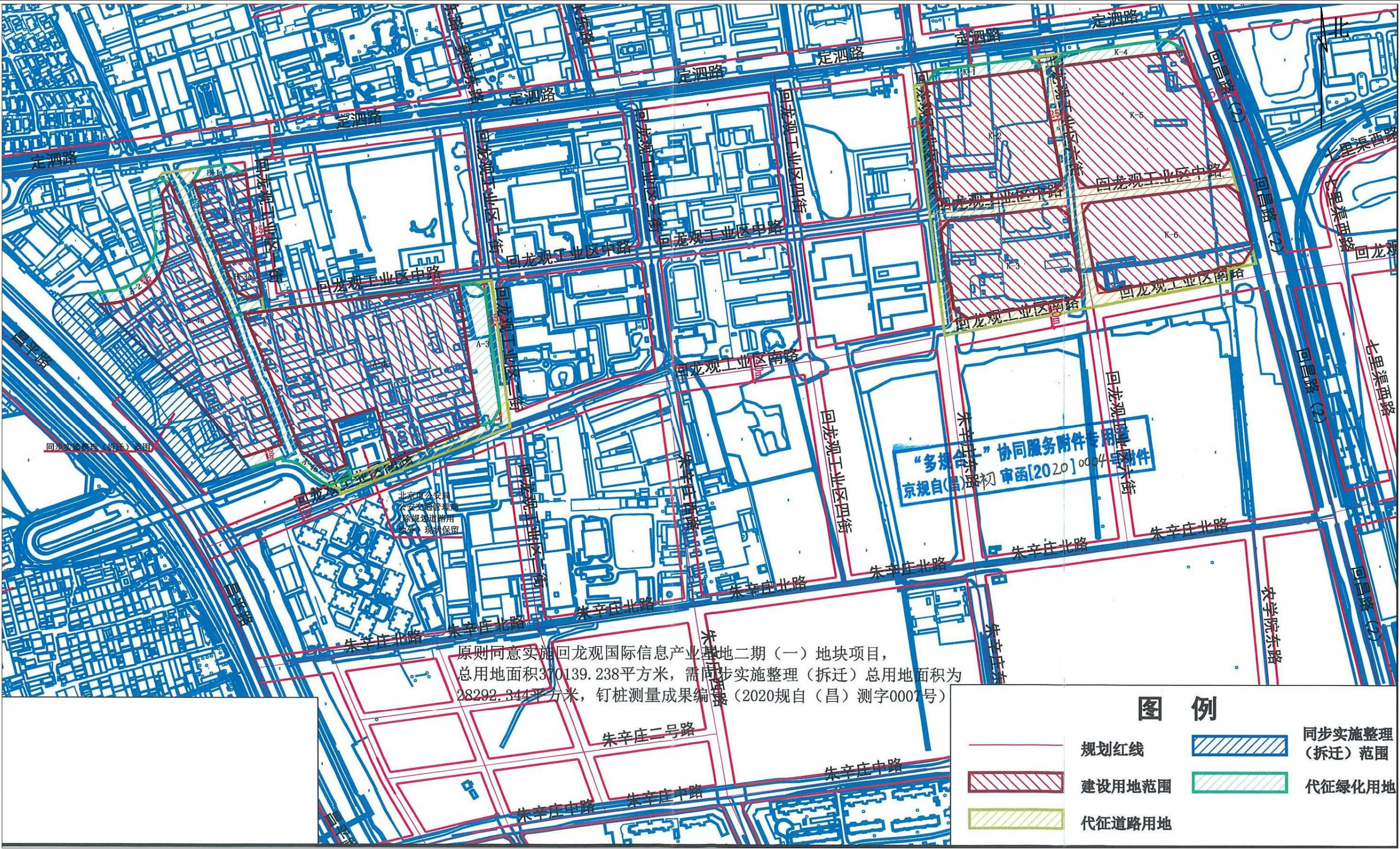


图 1-2 规划用地范围图



镜向东



镜向北



镜向北



镜向北



镜向北



镜向北



镜向北



镜向南

图 1-3 规划用地现状照片



镜向西



镜向东



镜向南



镜向南



镜向北



镜向西



镜向西



镜向南

图 1-4 规划用地现状照片



图 1-5 规划用地现状照片

二、以往工作程度

评估区位于北京市昌平区，地质研究程度较高，已完成了大量的区域地质工作，包括水文地质、工程地质、环境地质、灾害地质等工作，主要研究成果有：60年代到70年代，完成了第一轮1:5万区域地质调查，并提交了1:5万各图幅区域地质调查报告；1979年北京市水文地质工程地质大队完成的《北京平原区基岩地质构造图（1:10万）》及1979年6月北京地震地质会战第二专题《北

京地区构造体系图（1：10 万）》、《北京地区活动构造体系图（1：10 万）》及说明书；北京市水文地质工程地质大队 1978 年 10 月完成的《北京市水文地质图（1：10 万）》及说明书。同时我公司还收集了规划用地附近的地质灾害评估报告多份，如《昌平区东小口镇陈营村土地一级开发项目建设场地地质灾害危险性评估报告》（中地宝联（北京）基础工程有限公司，2006 年）、《沙河卫星城北区规划建设场地之 F5、D4-D8、D11-D16 及 G8-G10 地块地质灾害危险性评估报告》（北京市勘察设计研究院，2006 年）、《银山别墅工程建设用地地质灾害危险性评估》（中国建筑科学院地基所，2006 年）、《昌平未来科技城北 1 区、北 2 区土地一级开发项目地质灾害危险性评估报告》（北京市地质矿产勘查开发总公司，2009 年）、《北京新能源汽车设计制造产业基地 A 地块土地一级开发项目地质灾害危险性评估报告》（中航勘察设计研究院有限公司，2011 年）、《昌平郝庄集中供热工程地质灾害危险性评估报告》（中航勘察设计研究院有限公司，2012 年）、《北京大学第六医院异地扩建工程地质灾害危险性评估报告》（中航勘察设计研究院有限公司，2012 年）、《北京大学第六医院异地扩建工程地质灾害危险性评估报告》（中航勘察设计研究院有限公司，2012 年）、《北京沙河高教园区（G-7-2 地块）农民搬迁楼项目地质灾害危险性评估报告》（中航勘察设计研究院有限公司，2013 年）及《昌平回龙观至海淀上地地区自行车专用路工程地质灾害危险性评估报告》（中地地矿建设有限公司，2018 年）。以往的地质灾害评估报告和科研等地质工作为本项目工作的开展提供了基础条件。

三、工作方法及完成的工作量

我公司接受评估任务后，为了科学全面地对规划用地及其周边地区进行地质灾害危险性评估，在现场踏勘的基础上，结合场地附近的区域地质、工程地质、水文地质、环境地质等资料，进行了地质环境条件的综合分析评价。并针对甲方提供的委托书及相关资料进行分析研究，编写了工作大纲及评估报告提纲。确定了野外和室内的工作内容。

野外部分主要是区域地质、水文地质、工程地质、环境地质调查等。野外调查范围主要根据该建设工程项目特点及地质环境条件来确定。本次工程地质、水文地质及环境地质调查面积为 9km²。工作流程见图 1-6，调查范围见图 1-7。评

估工作自 2021 年 5 月 1 日开始，于 2021 年 5 月 25 日全部完成。本次评估完成的实物工作量见表 1-1。

表 1-1 工作量统计表

项目名称		单位	完成工作量	说明
收集资料	报 告	份	27	
	图 件	张	12	
工程地质调查		km ²	9	
水文地质调查		km ²	9	
环境地质调查		km ²	9	
勘察钻孔		个	4	总进尺 80m
标贯试验		次	47	
数码照相		次	136	

通过上述工作，基本查清了场地的区域地质、水文地质、工程地质、环境地质特征。了解了场地上部地层情况，为评估地面沉降及砂土液化提供了详实资料。

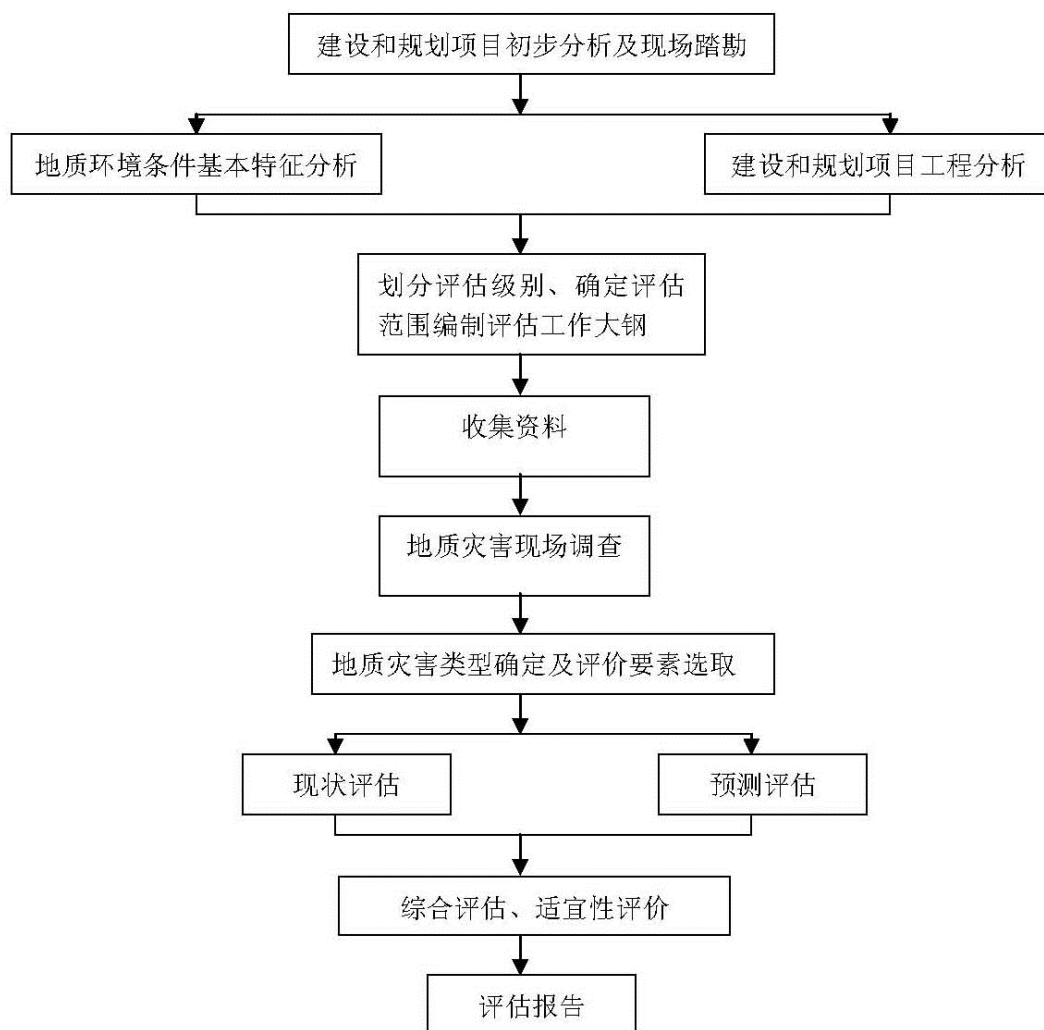


图 1-6 地质灾害评估工作程序框图

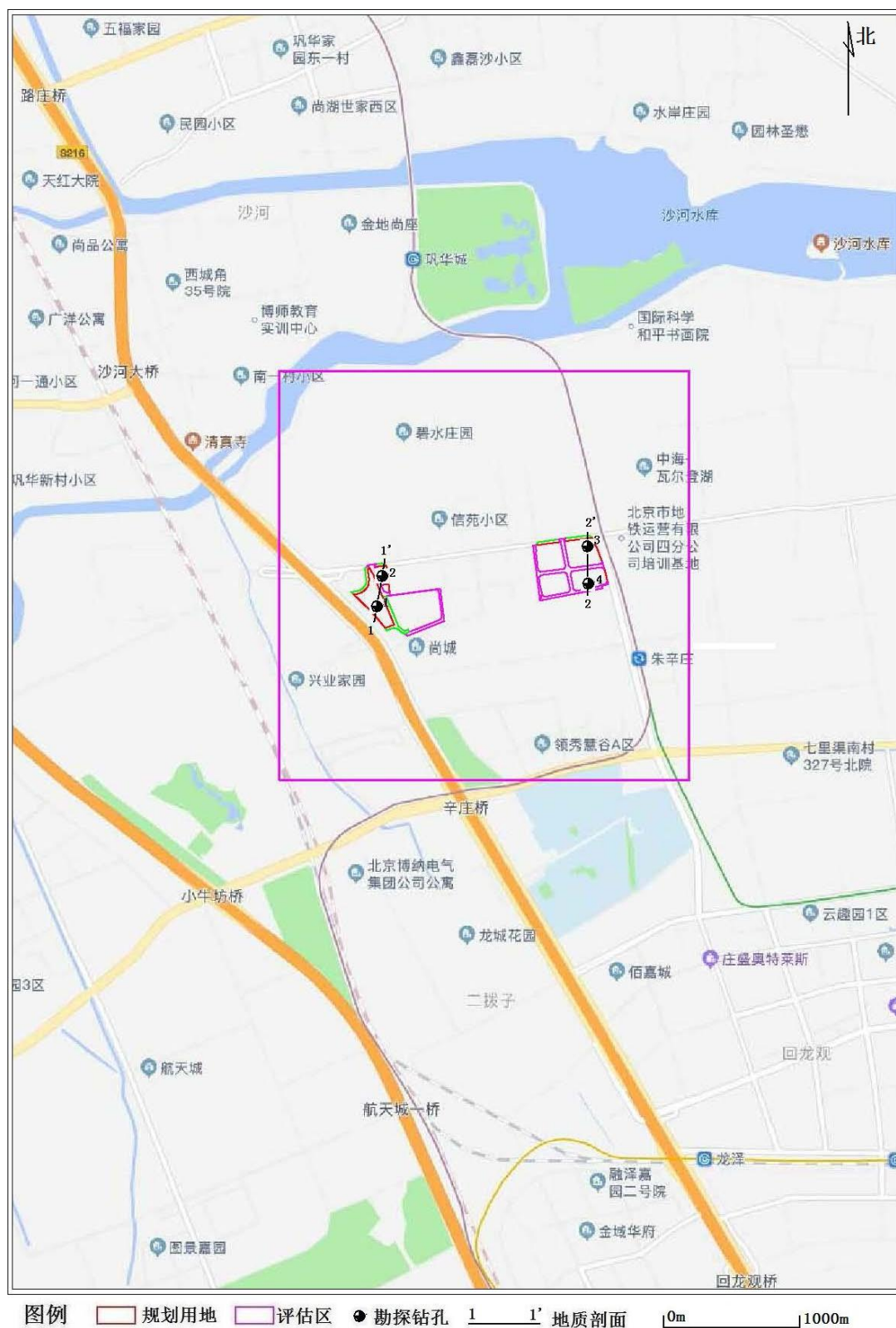


图 1-7 调查范围图

四、评估范围与级别的确定

（一）评估范围

由于地质灾害的发生和对环境的影响往往涉及一个较大的范围，因此在地质灾害危险性评估中，其评估范围不能只局限于建设场地。根据“评估规范”的规定及规划建设项目特点、地质环境条件和地质灾害种类、规模、特点等，确定此次评估工作应对昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目及周边进行地质灾害现状、水文地质、工程地质、环境地质调查，确定本次地质灾害危险性评估的评估范围为 9km^2 。

（二）评估级别的确定

1. 建设项目重要性类别划分

昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目总用地面积约为 370139.238m^2 ，需同步实施整理（拆迁）用地规模 28292.344m^2 ，地上建筑规模约 557406m^2 ，按照“评估规范”附录 B 的规定，确定该建设项目为“重要建设项目”。

2. 地质环境复杂程度判定

昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目位于北京市平原区西北部，地貌上属于永定河冲积扇中上部，现为林地、厂房、荒地等，地形较平坦，地形、地貌条件复杂程度为“简单”。

评估区在大地构造位置上位于中朝准地台（I）燕山台褶带（II₁）中段的西山迭拗褶（III₅）中的门头沟迭陷褶（IV₁₁），其附近 3km 范围内无活动断裂通过，评估区断裂构造简单。

评估区位于平原区，主要由人工填土、新近沉积及一般第四纪冲洪积成因黏土、粉土及砂土，岩土体结构较复杂，工程地质条件中等复杂。评估区内存在多层地下水，且年际变化较大，水文地质条件中等复杂。

根据现场调查，评估区内存在的潜在的地质灾害主要为地面沉降、砂土液化，其中地面沉降位于沙河—七里渠地面沉降区的中心地带，评估区地质灾害中等发

育。评估区附近的人类活动主要是抽汲地下水及进行工程建设，其中地下水的开采形成大范围的地面沉降区，对工程建设有一定的影响，工程建设改变原地下水的赋存环境，对地质环境有一定的影响，评估区破坏地质环境的人类活动较强烈。

通过以上分析，依据“评估规范”附录 B，确定场地的地质环境条件复杂程度为“中等复杂”。

3. 确定评估级别

规划用地地质环境复杂程度“中等复杂”，拟建项目为“重要建设项目”，依据按照“评估规范”表 2 的规定，确定本次地质灾害危险性评估的级别为“一级”。

第二章 地质环境条件

一、气象、水文特征

（一）气象

昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目位于北京市昌平区，所属区域属暖温带半湿润半干旱大陆性季风气候区，一年四季分明，春季干旱多风，夏季炎热多雨，秋季晴朗清爽，冬季寒冷干燥。据昌平气象台的资料，本区多年平均气温 11.9℃，极端最高气温 40.3℃（1961 年 6 月 10 日），极端最低气温-19.6℃（1962 年 2 月 24 日）。

本区降雨主要集中在 6~9 月份，占全年降雨量的 70%~80%。昌平区降雨量多年变化见图 2-1。

本区为季风区，冬季以西北风和北风为主，夏季多偏南风，春秋两季为南北风转换季节，年平均风速 2~3m/s，最大超过 20m/s。本区土壤冻结自 11 月下旬至次年 2 月下旬，冻结深度 0.8~1.0m。

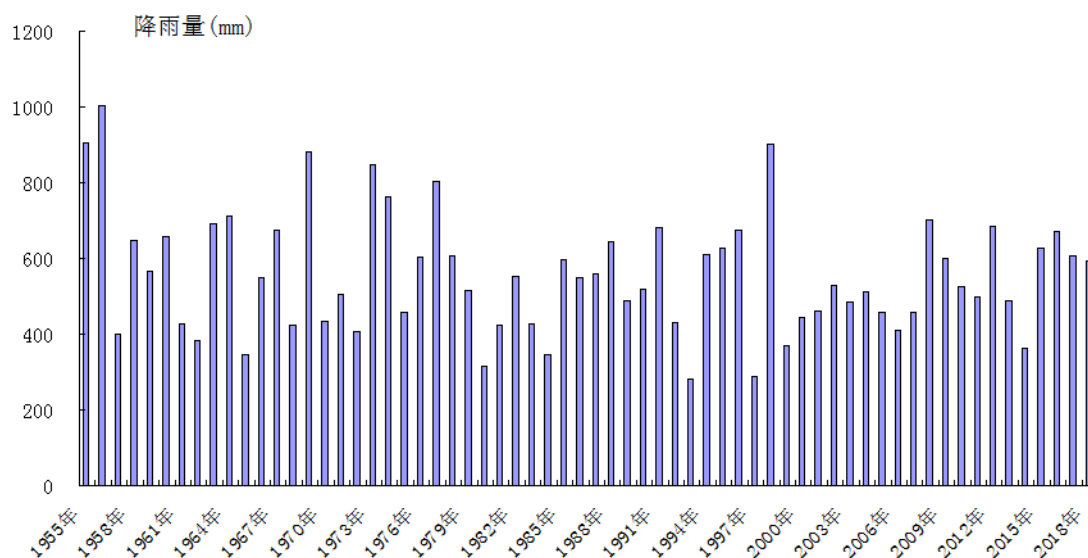


图2-1 昌平区1959-2018年降水量变化直方图

（二）水文

规划用地北侧约 1.1km 有南沙河通过，见图 2-2，属温榆河水系，温榆河发源于北京市昌平区军都山麓，上游由东沙河、北沙河、南沙河 3 条支流汇合而成，全长 47.5km，其间有蔺沟河、清河、龙道河、坝河、小中河汇入，流域面积 4423km²。1970 年至 1972 年曾两次整治，沿河筑堤，并建闸 4 座。蔺沟河口以上防洪标准按 50 年一遇设计，洪峰流量 400m³/s；蔺沟河口以下按 20 年一遇设计，50 年一遇校核，洪峰流量 1562m³/s。可灌溉农田 20 万亩。温榆河古称湿余水、温余水。

北沙河，上源有高崖口沟、柏峪口沟、白羊城沟、兴隆口沟、沟猊沟，汇合后称北沙河。沿途在双塔村东汇入关沟，在踩河村东汇入虎峪沟，于沙河镇北与东沙河汇合入沙河水库。

南沙河，上源是周家巷沟，它发源于海淀区寨口村附近，向东北流，在常乐村以南汇入发源于二道河的一条小河后称南沙河。再向东流在沙河镇以东入沙河水库。规划用地北侧的南水河宽约 100~110m，深约 3~4m，见图 2-3。

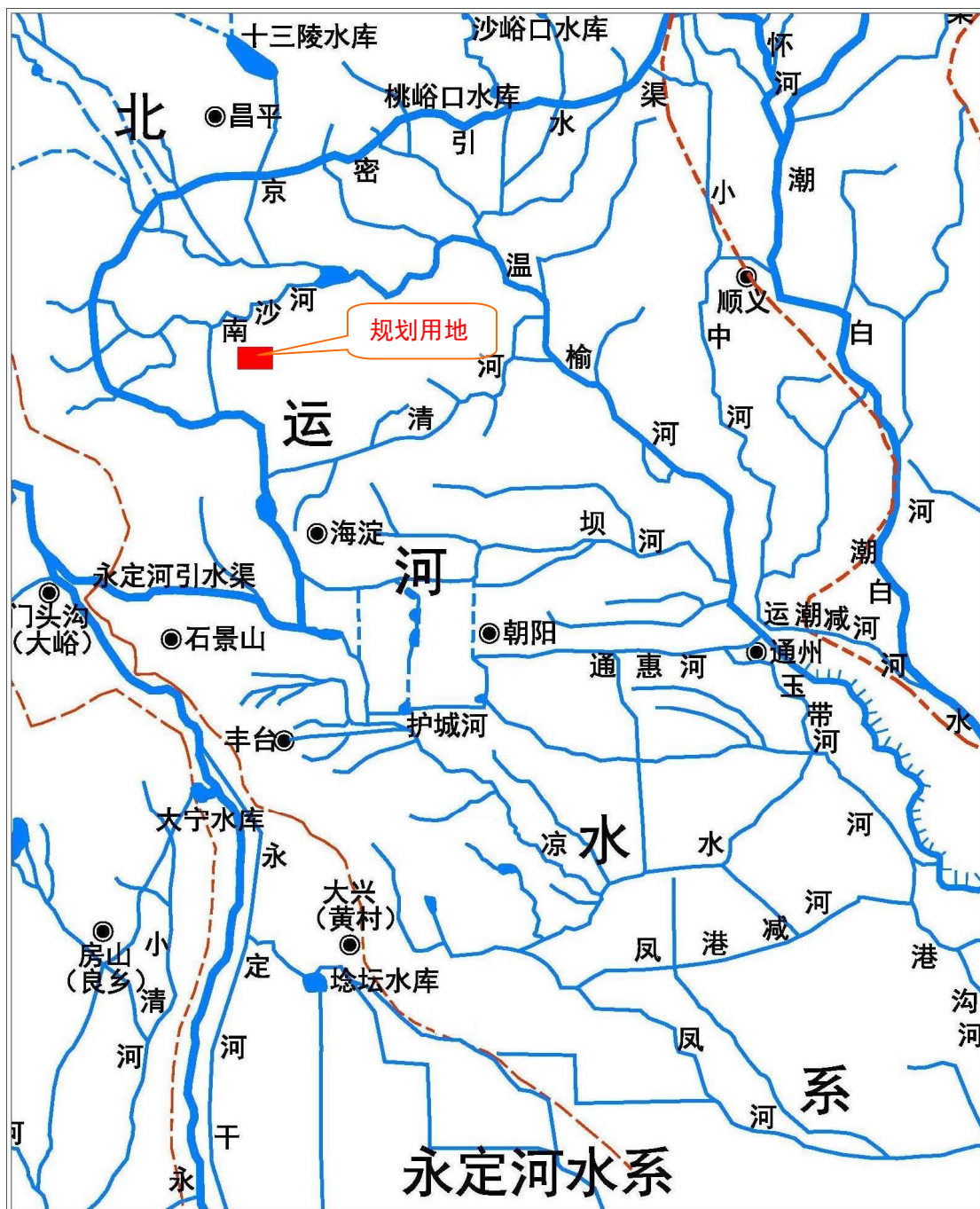


图 2-2 规划用地附近水系分布图



图 2-3 规划用地北侧的南沙河（镜向北）

二、地形地貌

昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目位于北京市平原区西北部，地貌上属于永定河冲积扇中上部，见图 2-4，现为林地、厂房、荒地等，地形整体较平坦。

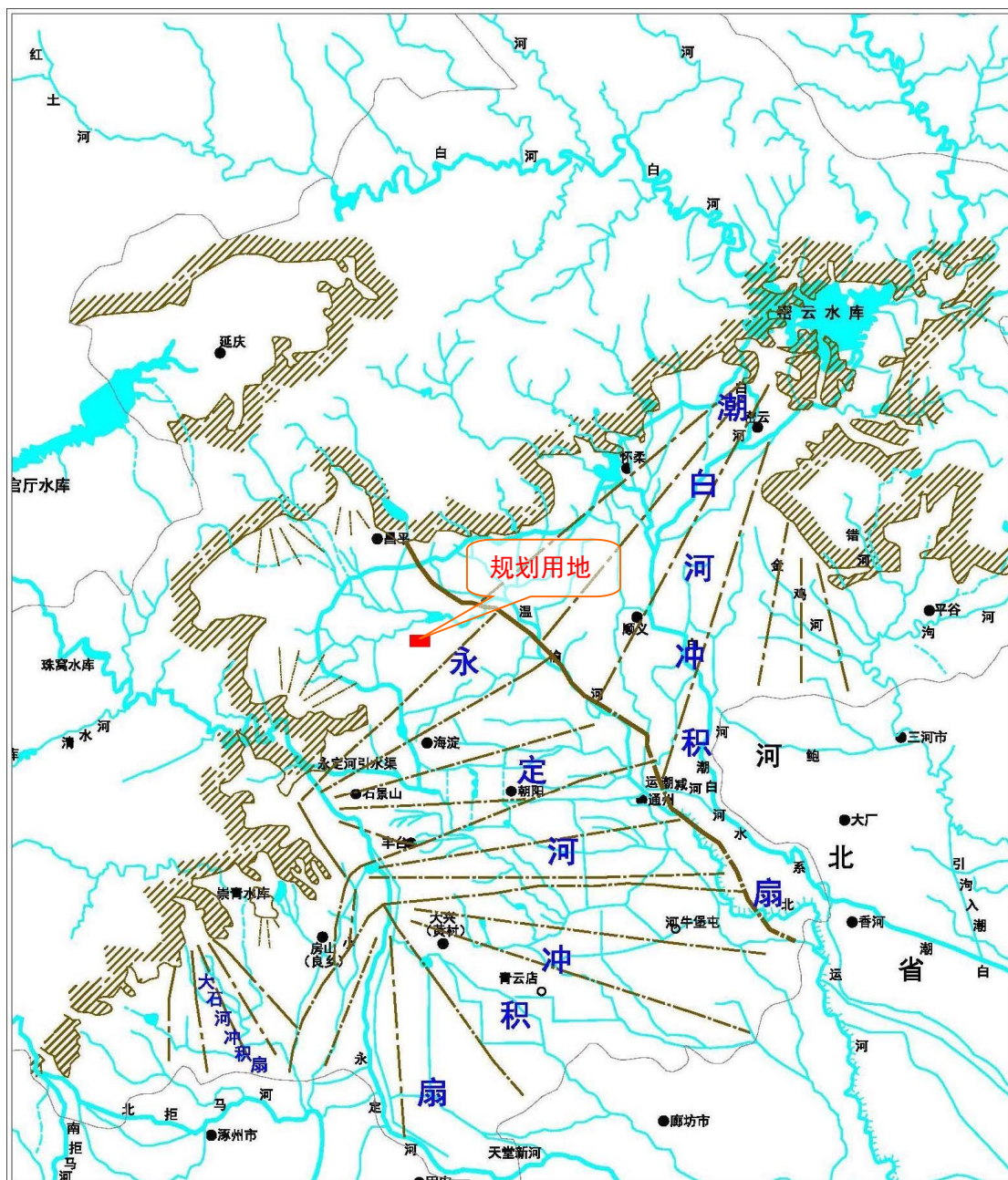


图 2-4 北京地区各冲洪积扇分布图

三、地层岩性

评估区位于永定河冲洪积扇的中上部，第四系堆积物厚度 300m，第四系以下为石炭一二叠系及侏罗系，见图 2-5。现由老至新简述如下：

1. 石炭-二叠系 (C-P)

分布在本区北部大部分地区，埋深 300m，岩性为砂页岩、砾岩夹煤系地层。

2. 中侏罗统(J₂)

分布于南部大部分地区，埋深 200~300m。岩性主要为一套中酸性火山熔岩与火山碎屑岩组成。

3. 第四系

广泛分布在规划用地表层，厚度约 300m 左右，岩性以黏性土、粉土、砂土及圆砾交互沉积为主。



图 2-5 评估区基岩地质图

四、地质构造与区域地壳稳定性

（一）大地构造位置

评估区大地构造位置（表 2-1）位于中朝准地台（I）燕山台褶带（II₁）中段的西山迭拗褶（III₅）中的门头沟迭陷褶（IV₁₁），见图 2-6。

表 2-1 北京地区构造单元划分简表

I	II	III	IV
中朝准地台	燕山台褶带 (II ₁)	承德迭隆断 (III ₁)	三岔口-丰宁中穹断 (IV ₁)
		密(云)怀(来)中隆断 (III ₂)	密云迭穹断 (IV ₂)，花盆-四海迭陷褶 (IV ₃)，大海坨中穹断 (IV ₄)，昌(平)怀(柔)中穹断 (IV ₅)，八达岭中穹断 (IV ₆)，延庆新断陷 (IV ₇)
		兴隆迭拗褶 (III ₃)	新城子中陷褶 (IV ₈)
		蓟县中拗褶 (III ₄)	评估中穹断 (IV ₉)
		西山迭拗褶 (III ₅)	青白口中穹断 (IV ₁₀)，门头沟迭陷褶 (IV ₁₁)，十渡-房山中穹褶 (IV ₁₂)
	华北断拗 (II ₂)	北京迭拗褶 (III ₆)	顺义迭凹陷 (IV ₁₃)，坨里-丰台迭凹陷 (IV ₁₄)，琉璃河-涿县迭凹陷 (IV ₁₅)
		大兴迭隆起 (III ₇)	黄村迭凸起 (IV ₁₆)，牛堡屯-大孙各庄迭凹陷 (IV ₁₇)
		大厂新断陷 (III ₈)	觅子店新凹陷 (IV ₁₈)
		固安-安清新断陷 (III ₉)	固安新凹陷 (IV ₁₉)

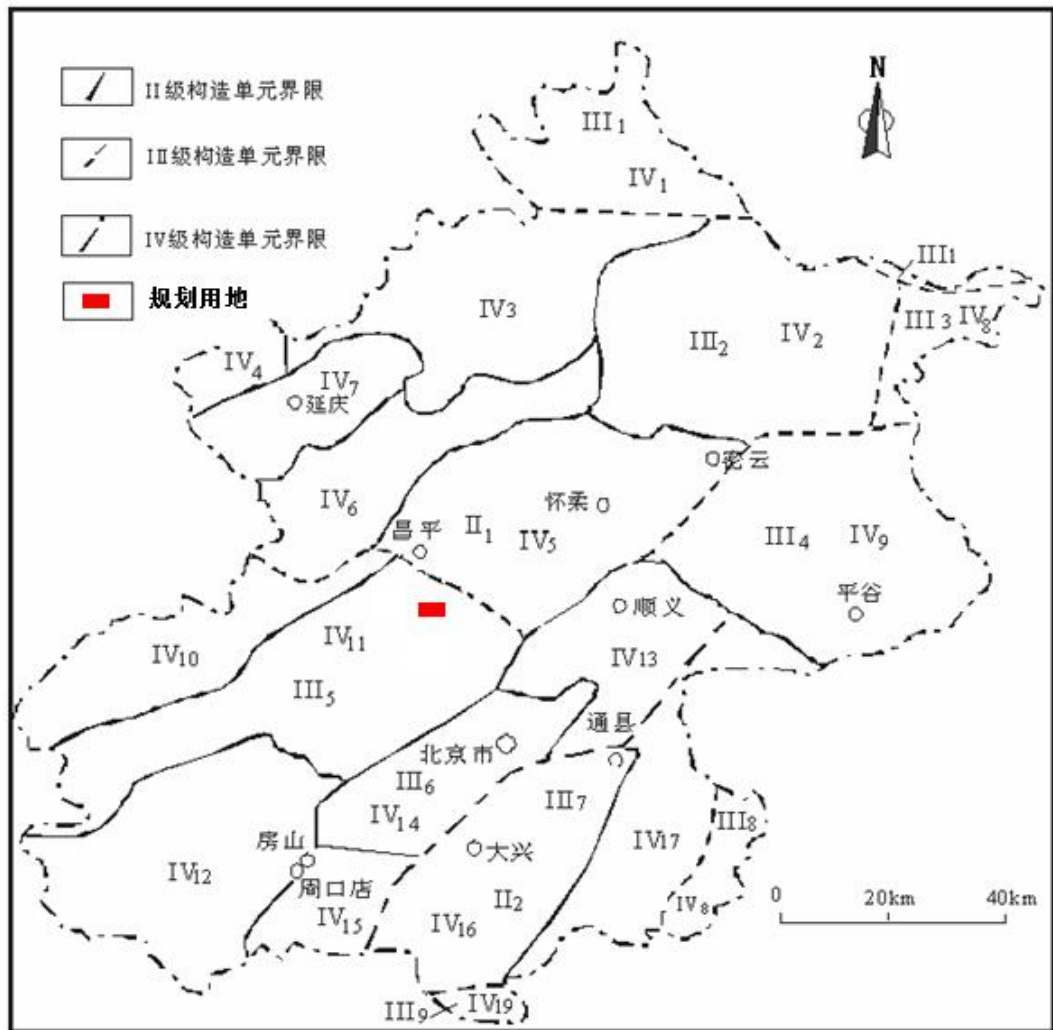


图 2-6 北京市构造分区略图

门头沟迭陷褶（IV₁₁）位于门头沟至杜家庄一带，属西山迭拗褶之腹心地带。与北部青白口中穹褶和南部十渡—房山中穹褶呈构造过渡关系，东北与昌怀穹断和北京迭断陷相邻。受燕山运动的作用形成了一系列的北东—南西向的构造线，且因构造运动和侵蚀作用的剧烈影响，使地层改造成多个连续或不连续的短轴背向斜构造。

（二）区域内主要断裂

北京地区处于阴山纬向构造带南缘，祁吕～贺兰山字型东翼反射弧构造带附近及新华夏系构造带与延昌弧型构造东翼南缘的复合部位。区内由于受上述构造体系的综合作用和燕山期频繁的岩浆活动影响，致使本区构造形迹较为复杂。北部山区属燕山纬向断褶带，南部平原区为新华夏系冀中拗陷，北京平原区主要表

现为一系列北东向或北北东向与北西向的断裂构造（其中以北东向断裂构造为主）。这一构造格局在中生代晚期已基本形成。到第三纪又形成了北东向的西山迭拗摺、北京迭凹陷、大兴迭隆起、大厂新凹陷这样隆凹相间的构造格局。

北京平原区主要发育新华夏系的一系列呈北东向或北北东向与北西向展布的断裂构造（其中以北东向或北北东向断裂构造为主）。呈北东向或北北东向展布的主要断裂构造有八宝山断裂、黄庄—高丽营断裂、良乡—前门—顺义断裂、南苑—通县断裂、礼贤—牛堡屯断裂；呈北西向展布的主要有南口—孙河断裂、永定河断裂等。

（三）地震地质概况及区域地壳稳定性

1. 北京地区的破坏性地震

北京周边地区（ $38^{\circ} 51' \sim 41^{\circ} 34' N$ ； $114^{\circ} 43' \sim 118^{\circ} 16' E$ ），共查证到 4.7 级以上地震 75 次（不含余震）。计 4.7~4.9 级地震 28 次，5.0~5.9 级地震 33 次，6.0~6.9 级地震 12 次，7.0~7.9 级地震 1 次，8.0 级地震 1 次。最早的一次地震发生在公元 294 年居庸关一带，为 6 级地震；最近的一次地震发生在 2006 年 7 月 4 日河北文安县附近，为 5 级地震。总体来看，地震频率不高但破坏极大。如 1679 年 9 月 2 日三河-平谷地震，是中国东部人口稠密地区影响广泛和损失惨重的知名历史地震之一，也是北京附近历史上发生的最大地震。据史书记载，以河北省三河县和北京市平谷县的灾情最重，震中烈度为 XI 度，破坏面积纵长 500 千米，北京城内皇宫有多处损坏。再如 1976 年 7 月 28 日河北唐山大地震，是近年来中国东部震级最大、破坏性最强的一次地震，震中烈度为 XI 度。北京周边地区发生过 $5\frac{1}{2}$ 级及以上的破坏性地震共 23 例（表 2-2）。

表 2-2 北京市及周边地区破坏性地震目录

编号	地震时间	震中位置		地点	震级 (M)	震中烈度 (I ₀)
		经度 (°)	纬度 (°)			
1	294.9	116.0	40.5	北京延庆东	6.0	VIII
2	1057.3.30	116.3	39.7	北京南	6 ¼	IX
3	1138.08.22	115.5	39.3	河北易县	5 ½	VII
4	1337.9.16	115.7	40.4	河北怀来一带	6 ½	VIII
5	1484.2.7	116.1	40.5	北京居庸关一带	6 ¾	VIII-IX
6	1511.12.11	116.6	39.2	河北霸县	5 ½	未给出
7	1527	118.1	39.8	河北丰润	5 ½	VII
8	1536.11.1	116.8	39.8	北京通县附近	6.0	VII-VIII
9	1621.3	116.7	39.5	河北永靖东北	5 ½	VII
10	1624.7.19	115.5	38.9	河北保定	5 ½	VII
11	1626.5.30	117.4	40.0	天津蓟县	5 ½	VII
12	1658.2.3	115.7	39.4	河北涞水	6.0	VII-VIII
13	1665.4.16	116.6	39.9	北京通县西	6 ½	VIII
14	1679.9.2	117.4	40.0	河北三河平谷	8.0	XI
15	1679.9.4	117.0	39.7	河北雄县一带	5 ¾	未给出
16	1720.7.12	115.5	40.4	河北沙城	6 ¾	IX
17	1730.9.30	116.3	40.0	北京西北郊	6 ½	VIII
18	1923.9.14	115.8	39.4	河北新城 (高碑店)	5 ½	VII
19	1976.7.28	117.9	39.0	河北塘沽东	5 ½	未给出
20	1976.7.28	117.8	39.2	河北汉沽	6 ¼	未给出
21	1976.7.28	118.2	39.6	河北唐山	7 ¾	XI
22	1976.11.15	117.5	39.3	天津宁河西	7.0	VIII
23	1977.5.12	117.7	39.2	河北汉沽附近	6 ¼	VII

2. 北京地区的现代小震 (M<4.7)

1966 年邢台地震后,在北京地区建立了 8 条有线台网,1975 年海城地震后,又将这些台网扩充为 21 条线。新建成的首都圈数字地震台网由 107 个数字地震台站组成,平均台站间距约为 20km,覆盖了京、津、河北 15 万 km² 的面积。30 年来记录到北京市周围包括城区小震 (M<4.7) 活动 1450 多次,以西北部与东南部小震较为密集,频度和强度均较高。小震密集区表现出一个地区构造处于不

稳定的状态，应予以关注。同时破坏性地震也常常在小震密集区内发生。

3. 评估区区域地壳稳定性

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306—2015），在Ⅱ类场地条件下，本评估区基本地震动峰值加速值为 0.20g，基本地震动加速度反应谱特征周期值为 0.40s，评估区场地类别为Ⅲ类，基本地震动加速度反应谱特征周期值经场地类别调整后为 0.55s。根据表 2-3 判定，评估区属地壳次不稳定区。

表 2-3 区域地壳稳定性分级评价指标

指标 因素	稳定	基本稳定	次不稳定	不稳定
地震震级	$M < 4.5$	$4.5 \leq M < 5.5$	$5.5 \leq M < 6.5$	$M > 6.5$
最大加速度	$a_{\max} < 0.05g$	$0.05g \leq a_{\max} < 0.1g$	$0.1g \leq a_{\max} < 0.25g$	$a_{\max} \geq 0.25g$
断裂活动速率 (mm/a)	< 0.01	$0.01 \sim 0.1$	$0.1 \sim 1$	> 1
强震周期 (a)	> 10000	$1000 \sim 10000$	$100 \sim 1000$	< 100
地壳升降速率 (mm/a)	< 0.1	$0.1 \sim 0.5$	$0.5 \sim 2$	> 2
水平应力与垂直应力比值		< 1	$1 \sim 2$	$2 \sim 3$

五、工程地质条件

根据本次评估所施工的勘探钻孔，评估区 20.0m 范围内的土层划分为人工堆积层、新近沉积层和一般第四纪沉积层三大类；并按岩性及物理力学性质进一步划分为 4 个大层。现分述如下：

人工填土层：

粘质粉土素填土①层：黄褐色，稍密，稍湿，以粘质粉土为主，局部为粉质粘土、砂质粉土，含砖渣、灰渣、姜石等。

杂填土①₁层：稍密，稍湿，以砖渣、灰渣为主，含粘质粉土等。

新近沉积层：

砂质粉土②层：褐黄色，稍密～中密，湿～很湿，含云母、氧化铁，局部夹粉质粘土薄层。

粉砂②₁层：褐黄色，稍密，湿～很湿，要矿物成分以石英、长石、云母等。

粉质粘土②₂层：褐黄色，可塑，含云母、氧化铁等。

一般第四纪冲洪积层：

细砂③层：黄褐～褐黄色，中密～密实，湿～饱和，主要矿物成分以石英、长石、云母等。

粉质粘土③₁层：灰～黄灰色，可塑，含云母、氧化铁、氧化锰、有机质等。

砂质粉土③₂层：灰～黄灰色，湿～很湿，含云母、氧化铁、有机质等。

粉质粘土④层：褐黄～灰色，可塑，含云母、氧化铁等。

砂质粉土④₁层：褐黄～灰色，中密～密实，湿～饱和，含云母、氧化铁等。

细砂④₂层：黄褐～褐黄色，中密～密实，湿～饱和，主要矿物成分以石英、长石、云母等。

本次评估施工的勘探钻孔的平面位置见图 1-7，工程地质剖面见图 2-7 及图 2-8。

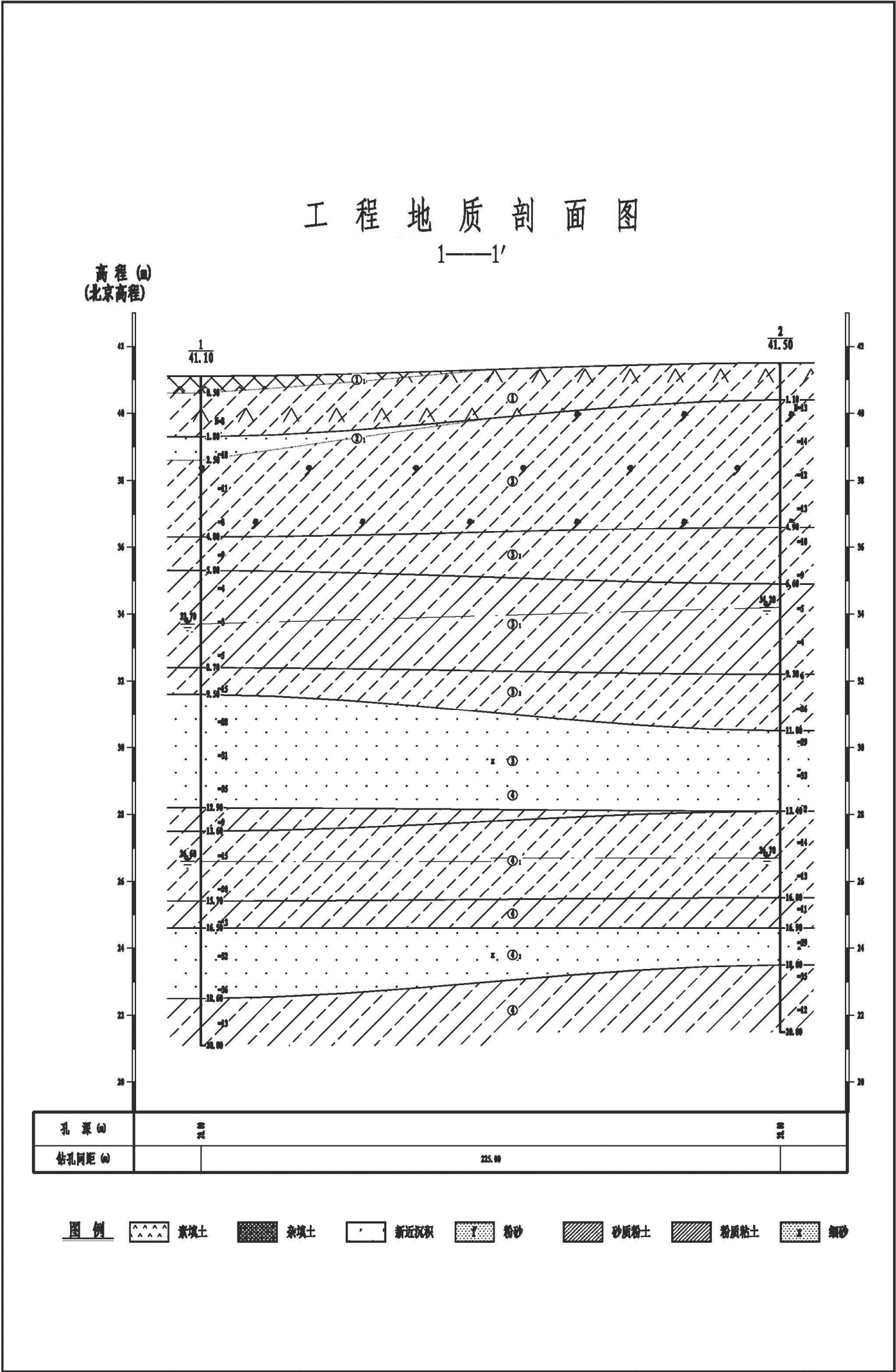


图 2-7 工程地质剖面图

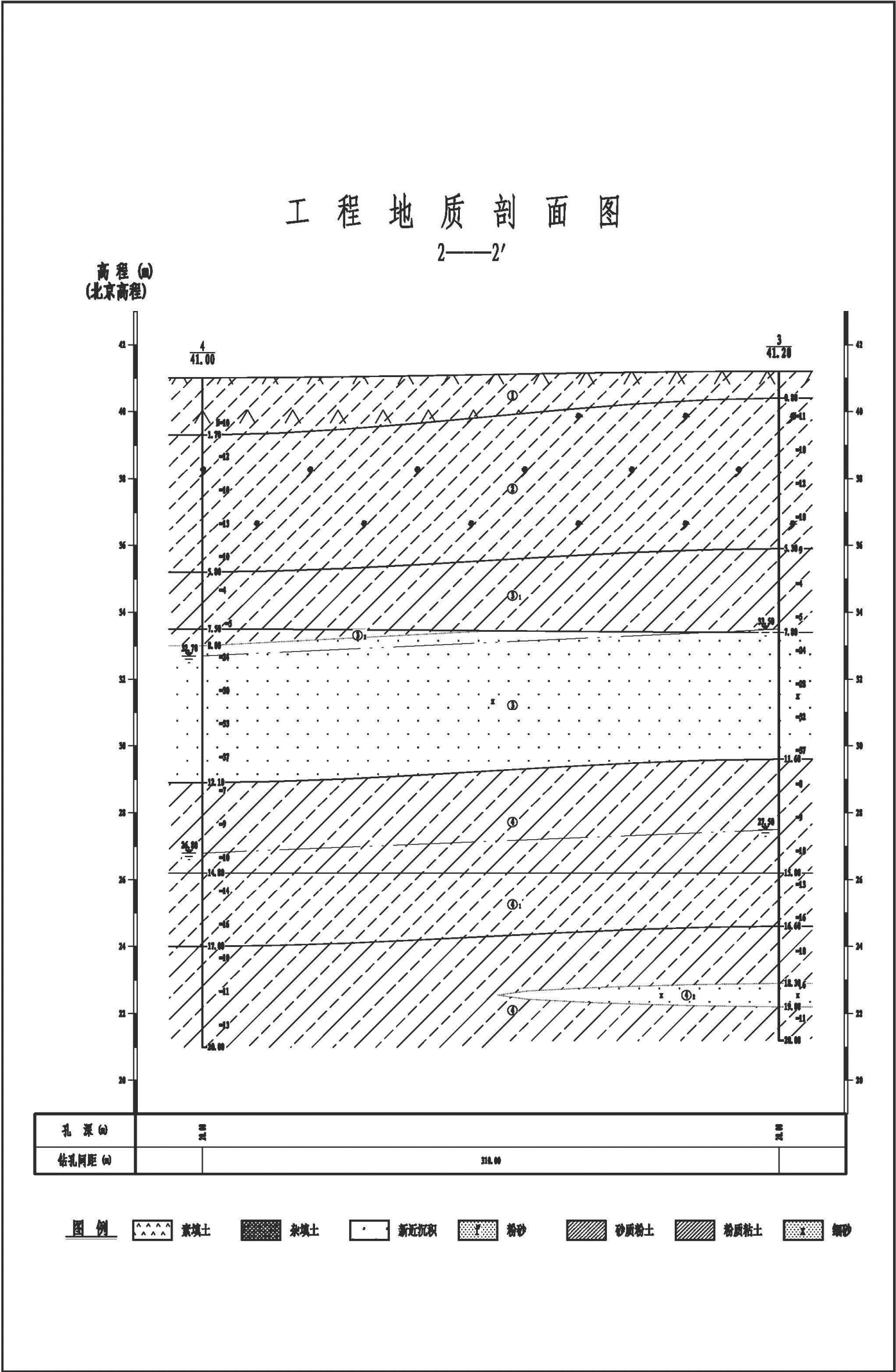


图 2-8 工程地质剖面图

六、水文地质条件

评估区第四系厚度约 300m，沉积物主要以黏性土、粉土、砂土及圆砾交互沉积为主，评估区赋存多层地下水。

根据区域资料，评估区内单井涌水量一般在 1200m³/d(降深 5m 时)，开采层位主要为 250m 深度范围内的以砂土为主的含水层，属弱富水区，见表 2-3。

表 2-3 含水层富水性分类表

含水层 富水性	强富水区	富水区	中等富水区	弱富水区	贫水区
降深 5m 时单井 涌水量 (m ³ /d)	>5000	3000~5000	1500~3000	500~1500	<500

根据本次评估所施工的勘察钻孔，在勘察深度（20 米）范围内揭露的地下水类型为潜水和承压水，地下水主要受大气降水及生活排水、地下径流补给，以侧向径流和自然蒸发为主要排泄方式。

本次评估期间，拟建场地揭露 2 层地下水，第 1 层潜水水位初见水位埋深 7.9~10.1m（水位标高 31.4~33.0m），稳定水位埋深 7.3~8.3m（水位标高 32.3~34.2m）；第 2 层承压水水位初见水位埋深 15.8~18.8m（水位标高 22.2~25.5m），稳定水位埋深 14.2~17.2m（水位标高 23.8~26.7m）。

根据调查了解和收集区域资料，拟建场区 1959 年历史最高水位接近自然地面，近 3~5 年最高地下水位约为自然地面下 3m 考虑。

七、人类工程活动对地质环境的影响

评估区地处北京市昌平区，主要人类工程活动是工程建设及开采地下水。人类工程活动及地下水的开采，使得该区域地下水呈现下降趋势，地面沉降也呈现持续发展的趋势，评估区位于沙河—七里渠地面沉降区的中心区域中，地下水的开发引起区域性的地面沉降，对地质环境的影响较大。

第三章 地质灾害危险性现状评估

一、地质灾害类型的确定

通过现场踏勘，分析研究了大量的资料，确定评估区应对以下地质灾害进行评估：

1. 北京市平原区上世纪 30 年代就开始出现地面沉降，目前已经形成多个地面沉降中心，对地面沉降地质灾害的评估也是本次地质灾害危险性评估的内容之一。

2. 规划用地潜水位埋藏较浅，规划用地是否存在饱和粉土、砂土，是否存在地震液化问题，本次地质灾害危险性评估也将做详细的工作予以确定。

综上所述，本次评估将对规划用地的地面沉降及砂土液化地质灾害进行现状评估，预测工程在建设中和建成后，对地质环境的改变和影响，是否会引发新的地面沉降、地震液化。

二、地质灾害的现状评估

（一）、地面沉降

北京市地面沉降主要发生在北京市市区、东郊、东北郊及周围一些卫星城镇。根据历史测量资料，北京市早在 1935 年就已经发生了地面沉降。当时地面沉降仅发生在西单到东单一带。1935～1952 年局部地面沉降量最大值仅为 58mm。解放后，沉降区逐步扩展到平原地区。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、扩展阶段和加速发展阶段，见表 3-1。

1. 1955～1973 年为地面沉降形成阶段。该时段北京市平原地下水开采量日益增加，地下水位逐年下降，在市东郊的东八里庄-大郊亭一带，东北郊的来广营-酒仙桥一带形成了区域性的地下水降落漏斗中心，东郊、东北郊地面沉降区逐渐形成，面积不断扩大。到 1973 年，东郊大郊亭、东北郊来广营累计沉降量分别达到 230mm 和 126mm，地面沉降面积达到 400km²（累计沉降量大于 50mm），年平均沉降速率 16～28.2mm。

2. 1973~1983 年为地面沉降发展阶段。在该时期，北京市平原地下水水位持续下降，地下水位降落漏斗面积逐年增加，漏斗范围由东郊向昌平、顺义、通州地区逐年扩大。东郊、东北郊沉降区面积迅速扩大，累计沉降迅速增加，到 1983 年沉降面积达 600km^2 （累计地面沉降量大于 50mm ），累计地面沉降量大于 200mm 的面积达 42km^2 。最大累计沉降量 590mm 。逐渐形成了远郊区昌平沙河-八仙庄、大兴榆垓-礼贤等沉降区。

3. 1983~1999 年为地面沉降的扩展阶段。上世纪 90 年代中后期，由于连年的干旱少雨，使得地下水位普遍下降，地下水漏斗范围进一步扩大。地面沉降面积迅速扩大，沉降区向郊区迁移。东郊、东北郊沉降区沉降速率逐渐变大，昌平沙河-八仙庄、大兴榆垓-礼贤、顺义平各庄等沉降区以 $20\sim 35\text{mm/a}$ 速率快速发展。到 1999 年，地面沉降区面积达到 2815km^2 （累计沉降量大于 50mm ）。形成了东郊八里庄-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 5 个较大沉降区，沉降中心累计沉降量分别达到了 722mm 、 565mm 、 688mm 、 661mm 、 250mm 。在通州、顺义等地区形成了新的沉降区。平原区累计沉降量大于 100mm 的面积达 1826km^2 。累计沉降量大于 500mm 的面积达 104km^2 。

4. 1999~2005 年为地面沉降快速发展阶段。北京市老的沉降区持续发展，新的沉降区逐渐形成，沉降区面积不断扩大，累计沉降量大于 100mm 的沉降区面积由 1999 年的 1826km^2 增加到 2005 年的 2815km^2 。地面沉降分布呈南北两个大区。北区主要分布于城区东南的朝阳区、通州区以西、昌平区以南、顺义区的西南部。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 ；顺义平各庄沉降中心，累计沉降量 580mm ，共 5 个沉降区。另外局部沉降中心还有顺义区北务等。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 。地面沉降监测站分层标监测数据显示，2005 年天竺站地面标（F3-8）年沉降量为 43mm ，望京站地面标年沉降量达到 54.19mm 。

表 3-1 北京市地市地面沉降发展概况

发展时期	时间 (a)	沉降面积 (km ²)		沉降 速率 (mm/a)	沉降区	沉降量 (mm)	累计最大 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	来广营	66	126
发展阶段	1973-1983			30.2	东八里庄-大郊亭	302	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	652
				15	来广营	60	367
				33.7	昌平沙河-八仙庄		303
				34.5	大兴礼贤-榆垓		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
快速阶段	1999-2005	4114.12	2815.29	19.2	顺义平各庄	250	250
				66.3	昌平沙河-八仙庄	398	1086
				65.4	朝阳区来广营	392	677
				56.3	东郊八里庄-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	

2005 年至 2012 年，北京的地面沉降处于加速发展阶段，1955 年至 2012 年的北京地区的最大累计沉降量超过了 1500mm，最大年沉降速率达到了 159.2mm/a。

2013 年至 2019 年，北京的地面沉降仍持续发展，截止 2013 年底，全市平原区累计地面沉降量大于 500mm 的地区面积为 1349km²，累计地面沉降量大于 1m 的地区面积为 197km²。2013 年“北区”区域沉降速率减小，“南区”部分地区沉降速率增大。表 3-2 为 2009 年~2013 年各主要沉降中心最大沉降量统计表。图 3-1 为 2009 年~2018 年各主要沉降中心最大沉降量变化曲线图。

表 3-2 2009 年~2013 年各主要沉降中心最大沉降量统计表

沉降中心		2013 年	2012 年	2011 年	2010 年	2009 年
北区	昌平区八仙庄	81.3	111.6	92.8	83.9	75.1
	海淀区西小营	83.6	127.2	110.4	95.1	
	顺义区平各庄	—	65.6	38.1	50.8	48.3
	朝阳区金盏	138.1	159.2	125	131.4	137.5
	朝阳区三间房	135	142.4	122.6	129.9	111.7
	朝阳区黑庄户	143.3	159.6	128.2	135.8	91.4
	通州城区	105.9	130.7	105	90.7	89.3
南区	大兴区榆垓-礼贤	74.5	70.6	76.4	78.7	53.8

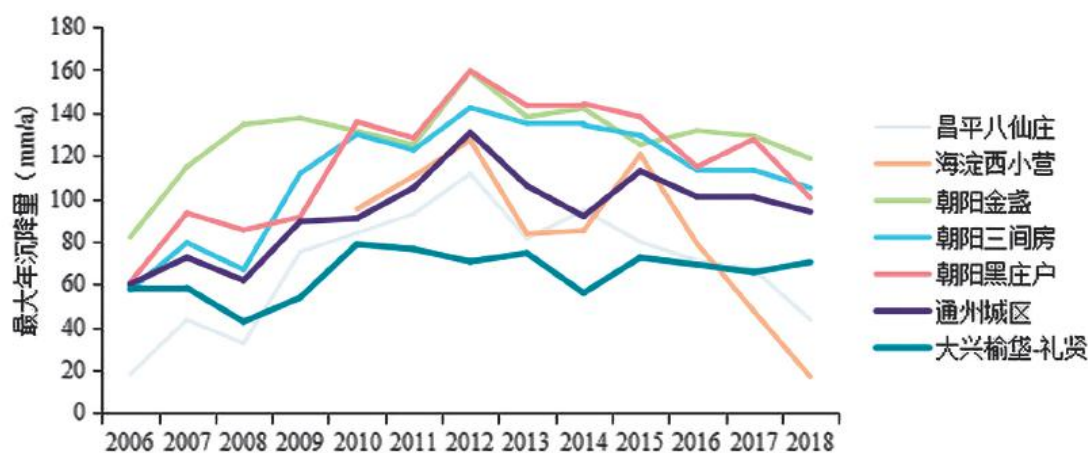


图 3-1 2009 年~2018 年各主要沉降中心最大沉降量变化曲线图

截止到 2019 年，北京的累计最大累计沉降量达到了 2169mm，位于朝阳金盏沉降区，是北京平原区累计沉降量最大值，南区的最大沉降量位于礼贤小马坊，最大累计量为 1530mm。截止到 2019 年，大于 1500mm 的地区主要分布在朝阳金盏—楼梓庄—朝阳农场以内地区和管庄—三间房—丁家围—黑庄户以内地区以及昌平八仙庄和大兴礼贤小马坊地区，面积约 104km²。累计沉降量 500~1000mm 的地区面积为 1539km²，主要分布在累计沉降量大于 1500mm 地区的外围，主要包括北部几大沉降中心附近地区以及南部大兴北臧村—庞各庄—半壁店—安定一带以南地区。累计沉降量小于 500mm 的地区面积为 4447km²，主要分布在北京平原区西部以及北部山前地带。

地面沉降的危害主要体现在两个方面：一是由于差异性的地面沉降，直接引起建筑物及构筑物的开裂；二是由于区域性的地面沉降影响给排水系统、加剧地

基沉降量及使地面高程点失准。本次评估对区内的道路、建筑物、构筑物等进行了详细调查，除发现局部围墙存在 1~3mm 开裂外，其它建构筑物未发现明显开裂。根据北京市的监测资料，规划用地 1955~2012 年的累计地面沉降量约为 630~720mm，见图 3-2，近几年年均沉降速率约为 37~41mm/a，按此速率计算至 2019 年，规划用地 1955~2019 年的累计地面沉降量约为 890~1010mm。根据“评估规范”表 4，确定规划用地地面沉降的现状发育程度为“中”，根据“评估规范”表 3 判别规划用地地面沉降的灾情分级为“轻”，根据“评估规范”表 5 判别规划用地地面沉降地质灾害的现状“危险性小”。

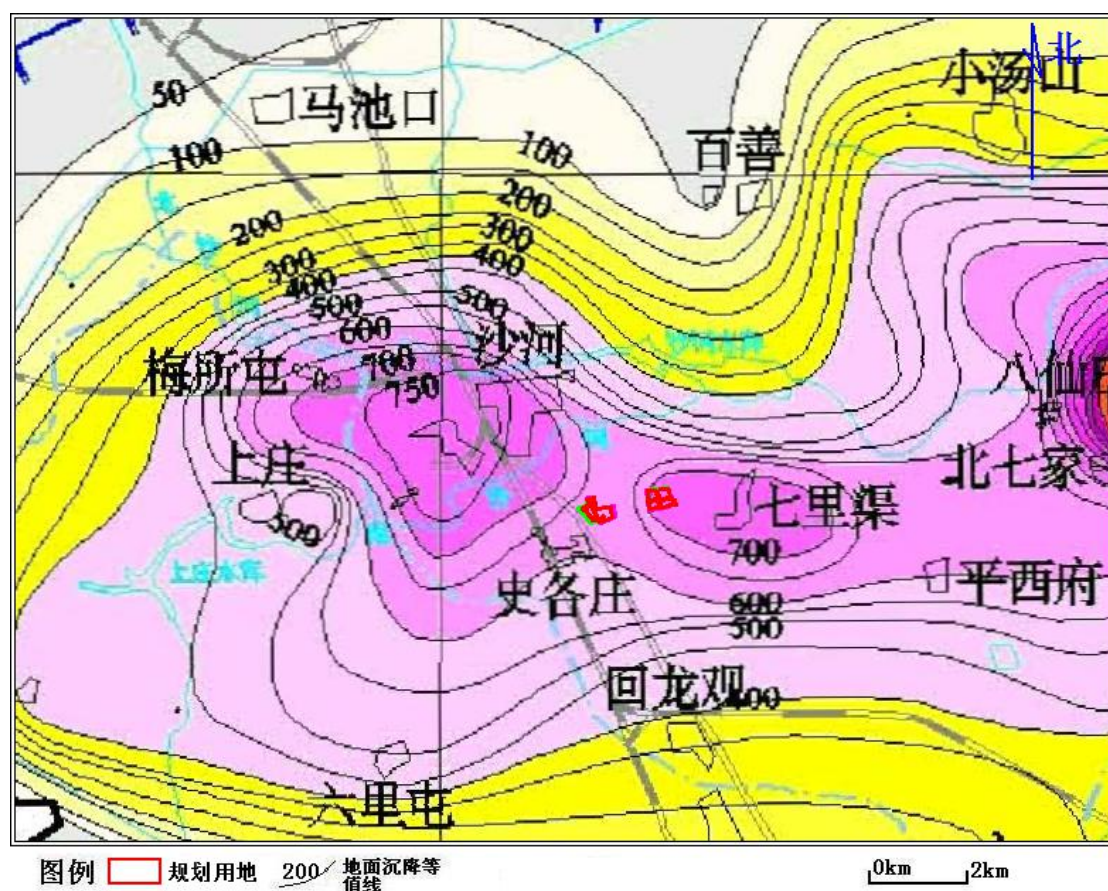


图 3-2 规划用地 1955~2012 年地面沉降等值线图

（二）、砂土液化

1. 砂土液化机理及特征

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，砂土层下部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。

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 地下水位埋藏浅和径流条件滞缓地区。

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、砂土层埋深及可液化与非液化层之间的关系等因素。

2. 评估区及周边地震液化历史情况

根据北京市地震地质会战专题成果《北京平原区地震影响小区划》，1976年7月28日唐山～丰南一带发生了7.8级强烈地震，北京市各区县都遭受了不同程度的地震灾害。

3. 砂土液化判别

目前评价饱和砂土液化方法很多，但基本为两种：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。

中华人民共和国国家标准《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016 年版) 第 4.3.4 款规定，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地面下 20m 范围内土的液化；但对该规范第 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。

本评估结合已有的经验，液化判别按二个程序进行，即初判和复判。

初判：

参照《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016 年版) 的有关规定，结合评估区的抗震设防烈度，可液化层（为全新统 Q_4 地层的饱和粉、细砂和粉土）所处的地质环境特征，评估区周边历史上曾发生过砂土液化地质灾害，经初判规划用地也有液化的可能，需要进行进一步的液化判别。

复判：

本报告依据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016 年版) 即标准贯入试验判别法进行复判。

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进行计算：

$$N_{cr} = N_0 \beta \ln(0.6d_s + 1.5) + 0.1d_w \sqrt{\frac{3}{\rho_c}} \quad (\text{公式 1})$$

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，可按表 3-3 采用；

d_s —饱和土标准贯入点深度 (m)；

d_w —地下水位 (m)，按现状最高地下水位 (7.3m) 采用。

ρ_c —黏粒含量百分率，当小于 3 或为砂土时，均采用 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 3-3 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	7	10	12	16	19

注：本规划用地抗震设防烈度为 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。

评估区地基土的液化判别结果见表 3-4。

表 3-4 评估区液化判别结果表

孔号	N_0	d_s	d_w	ρ_c	N_{cr}	N	液化判别结果
1	12	9.3	7.3	10.6	7.4	15	不液化
	12	10.3	7.3	3	14.9	28	不液化
	12	11.3	7.3	3	15.8	31	不液化
	12	12.3	7.3	3	16.6	35	不液化
	12	14.3	7.3	19.4	--	15	初判不液化
	12	15.3	7.3	15.2	--	20	初判不液化
	12	17.3	7.3	3	19.9	32	不液化
	12	18.3	7.3	3	20.5	36	不液化
2	12	10.3	7.3	10	8.2	26	不液化
	12	11.3	7.3	3	15.8	29	不液化
	12	12.3	7.3	3	16.6	33	不液化
	12	13.3	7.3	10	9.5	32	不液化
	12	14.3	7.3	18.2	--	14	初判不液化
	12	15.3	7.3	15.6	--	13	初判不液化
	12	17.3	7.3	3	19.9	29	不液化
3	12	8.3	7.3	3	13.0	24	不液化
	12	9.3	7.3	3	14.0	28	不液化
	12	10.3	7.3	3	14.9	32	不液化
	12	11.3	7.3	3	15.8	37	不液化
	12	15.3	7.3	10.8	9.8	13	不液化
	12	16.3	7.3	13.6	--	16	初判不液化
4	12	8.3	7.3	3	13.0	24	不液化
	12	9.3	7.3	3	14.0	30	不液化
	12	10.3	7.3	3	14.9	33	不液化
	12	11.3	7.3	3	15.8	37	不液化
	12	15.3	7.3	16.6	--	14	初判不液化
	12	16.3	7.3	11.2	10.0	16	不液化

根据以上砂土液化的判别，评估区 20m 深度范围内的地基土在设计基本地震加速度值为 0.20g，设计地震分组为第二组，现状最高地下水位（水位埋深 7.3m）时不液化，砂土液化的危害程度为“轻”，根据“评估规范”表 12 判别规划用地砂土液化地质灾害的现状“危险性小”。

三、现状评估小结

规划用地 1955～2019 年的累计地面沉降量约 890～1010mm，规划用地地面沉降的现状发育程度为“中”，灾情分级为“轻”，规划用地地面沉降地质灾害的现状“危险性小”。规划用地 20m 深度范围内的地基土在设计基本地震加速度值为 0.20g，设计地震分组为第二组，现状最高地下水位（水位埋深 7.3m）时不液化规划用地砂土液化地质灾害的现状“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、加剧地质灾害危险性的预测

（一）地面沉降

拟建工程部分基槽开挖较深，潜水位位于基槽的开挖范围内，需采取可靠的措施控制地下水，基槽开挖过程中可能会进行基槽降水，但需降低的水头不大且降水的时间较短，预测拟建工程引发、加剧地面沉降的危险性小。

（二）砂土液化

拟建工程无论在建设过程中及建成后都不会促使当地的地下水位上升，基槽回填土按规范要求经过振动夯实，这些将改良土层的性质，因此按国家相关规范进行拟建工程的建设后将会改良土体的性质，降低发生砂土液化的危险，而不会引发砂土液化。

二、工程建设可能遭受地质灾害危险性预测

（一）地面沉降

根据“评估规范”附录 C 地面沉降可用分层总和法来进行预测分析，计算公式如下：

（1）黏性土及粉土层按下式计算：

$$S_{\square} = \frac{a_v}{1 + e_0} \square p \square H$$

（2）砂层按下式计算：

$$S_{\square} = \frac{\square p \square H}{E}$$

式中： S_{\square} ——最终沉降量（cm）；

a_v ——黏性土或粉土的压缩系数或回弹系数（ MPa^{-1} ）；

e_0 ——原始孔隙比；

$\square p$ ——水位变化施加于土层上的平均荷载（MPa）；

H ——计算土层的厚度（cm）；

E ——砂土的弹性模量，压缩时为 E_c ，回弹时为 E_s （MPa）。

总沉降量等于各土层沉降量的总和。

根据该区域的发展规划，预计该区域地下水位下降速率约为 0.2m/a，按上式进行计算，预测至 2026 年，见图 4-1，规划用地的累计地面沉降量约为 1080～1220mm，年均沉降速率约 27～30mm/a，根据“评估规范”表 4，预测规划用地地面沉降的发育程度为“弱～中”，根据“评估规范”表 3，预测规划用地地面沉降地质灾害的危害程度为“轻”，根据“评估规范”表 5，预测规划用地未来遭受地面沉降地质灾害的“危险性小”。



图 4-1 规划用地 1955～2026 年累计地面沉降量预测图

（二）砂土液化

规划用地地基土在将来是否会遭受砂土液化的危害，主要考虑将来评估区地下水位上升时，是否有发生砂土液化的危险。

根据搜集的资料，评估区近 3～5 年最高地下水水位埋深 3m，本次评估按照

该水位进行砂土液化的预测判别，判别结果见表 4-1。

表 4-1 评估区砂土液化预测判别结果表

孔号	N_0	d_s	d_w	ρ_c	N_{cr}	N	液化判别结果
1	12	3.3	3	15.4	--	11	初判不液化
	12	4.3	3	8.8	7.4	8	不液化
	12	5.3	3	10.2	7.7	9	不液化
	12	9.3	3	10.6	10.1	15	不液化
	12	10.3	3	3	19.8	28	不液化
	12	11.3	3	3	20.7	31	不液化
	12	12.3	3	3	21.5	35	不液化
	12	14.3	3	19.4	--	15	初判不液化
	12	15.3	3	15.2	--	20	初判不液化
	12	17.3	3	3	24.8	32	不液化
	12	18.3	3	3	25.4	36	不液化
2	12	3.3	3	15.6	--	12	初判不液化
	12	4.3	3	10.4	6.8	13	不液化
	12	5.3	3	14.4	--	10	初判不液化
	12	6.3	3	18.8	--	9	初判不液化
	12	10.3	3	10	10.9	26	不液化
	12	11.3	3	3	20.7	29	不液化
	12	12.3	3	3	21.5	33	不液化
	12	13.3	3	10	12.2	32	不液化
	12	14.3	3	18.2	--	14	初判不液化
	12	15.3	3	15.6	--	13	初判不液化
	12	17.3	3	3	24.8	29	不液化
3	12	3.3	3	18.6	--	12	初判不液化
	12	4.3	3	11.6	6.4	10	不液化
	12	8.3	3	3	17.9	24	不液化
	12	9.3	3	3	18.9	28	不液化
	12	10.3	3	3	19.8	32	不液化
	12	11.3	3	3	20.7	37	不液化
	12	15.3	3	10.8	12.4	13	不液化
	12	16.3	3	13.6	--	16	初判不液化
4	12	3.3	3	19.2	--	10	初判不液化
	12	4.3	3	12.2	6.3	13	不液化
	12	5.3	3	8.0	8.7	10	不液化
	12	8.3	3	3	17.9	24	不液化
	12	9.3	3	3	18.9	30	不液化
	12	10.3	3	3	19.8	33	不液化

续表 4-1 评估区砂土液化预测判别结果表

孔号	N0	ds	dw	pc	Ncr	N	液化判别结果
	12	11.3	3	3	20.7	37	不液化
	12	15.3	3	16.6	--	14	初判不液化
	12	16.3	3	11.2	12.5	16	不液化

根据以上的判别结果，评估区 20m 深度范围内的地基土在设计基本地震加速度值为 0.20g，近 3~5 年最高地下水位（水位埋深 3m）时不液化，根据“评估规范”表 3 判别规划用地砂土液化的危害程度为“轻”，根据“评估规范”表 12 预测规划用地遭受砂土液化的“危险性小”。

三、预测评估小结

拟建工程引发、加剧地面沉降及砂土液化等地质灾害的“危险性小”。预测至 2026 年，规划用地的累计地面沉降量约为 1080~1220mm，年均沉降速率约 27~30mm/a，规划用地地面沉降的发育程度为“弱~中”，危害程度为“轻”，规划用地遭受地面沉降地质灾害的“危险性小”；经标贯法判别，评估区 20m 深度范围内的地基土在设计基本地震加速度值为 0.20g，设计地震分组为第二组，近 3~5 年最高地下水位（水位埋深 3m）时不液化，砂土液化的危害程度为“轻”，预测规划用地遭受砂土液化地质灾害“危险性小”。

第五章 地质灾害危险性综合分区评估及防治措施

一、地质灾害危险性综合评估原则与量化指标的确定

（一）地质灾害危险性综合评估原则

地质灾害的形成条件异常复杂，因而，在分析地质灾害危险性时，所涉及的内容非常广泛。在这种情况下，如果将所有标示地质灾害形成条件的要素都纳入潜在危险性分析之中，不但不可能，而且也不必要。为了适应分析需要，应按下列原则确定分析指标。

分主次原则

将那些对地质灾害危险性具有重要作用和直接关系的要素指标纳入危险性分析，舍去其他次要的，间接性要素指标。

分层次原则

危险性分析的目的是评价地质灾害的发生概率、可能形成的规模和破坏范围，为破坏损失评价或风险评价提供基础。因此，灾害活动概率、规模、破坏范围是危险性分析的目标指标。但这些指标是在分析地质灾害活动条件充分程度的基础上才能获得，因而称这些对地质灾害活动具有影响的要素指标为分析指标。地质灾害活动条件是在一定的自然和社会经济条件下出现的，所以将反映区域自然环境社会经济条件的指标称为背景指标，它对于地质灾害活动具有区域性控制作用。于是，地质灾害危险性指标的层次系统为背景指标-分析指标-目标指标。

共性与个性兼顾原则

地质灾害灾情评估涉及不同的灾种，它们既具有许多共同特点，具有许多方面差异。因此，在地质灾害危险性评估时，既要充分反映它们的共同特性，又要表现出它们的个性差异。

（二）地质灾害量化指标的确定

根据上述论证，评估区内潜在地质灾害主要为地面沉降及砂土液化。现就这二类地质灾害量化指标分别论述：

1. 地面沉降

根据“评估规范”，地面沉降的发育程度按表 5-1 确定，地面沉降的发育程度按表 5-2 确定。

表 5-1 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 5-2 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

2. 砂土液化

砂土液化危险性评估的主要内容是划分其液化等级从而判断砂土液化对拟建工程的危害程度。根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) (2016 年版)，液化等级分为轻微、中等、严重 3 类 (表 5-3)。

表 5-3 砂土液化等级划分标准

液 化 等 级	轻 微	中 等	严 重
液化指数 I_{LE}	$0 < I_{LE} \leq 6$	$6 < I_{LE} \leq 18$	$I_{LE} > 18$

二、地质灾害危险性综合分区评估

通过对规划用地地质灾害分析得知：

1. 规划用地 1955~2019 年的累计地面沉降量约 890~1010mm，规划用地地面沉降的现状发育程度为“中”，灾情分级为“轻”，规划用地地面沉降地质灾害的现状“危险性小”。拟建工程引发、加剧地面沉降的危险性小；预测至 2026 年，规划用地的累计地面沉降量约为 1080~1220mm，最近年均沉降速率约为 27~30mm/a，规划用地地面沉降的发育程度为“弱~中”，危害程度为“轻”，规划用

地遭受地面沉降地质灾害的“危险性小”。

2. 评估区 20m 深度范围内的地基土在设计基本地震加速度值为 0.20g，设计地震分组为第二组，现状最高地下水位（水位埋深 7.3m）时不液化，砂土液化的危害程度为“轻”，规划用地砂土液化地质灾害的现状“危险性小”；拟建工程的建设不会引发砂土液化现象，经预测分析，评估区 20m 深度范围内的地基土在设计基本地震加速度值为 0.20g，设计地震分组为第二组，近 3~5 年最高地下水位（水位埋深 3m）时不液化，砂土液化的危害程度为“轻”，预测规划用地遭受砂土液化地质灾害“危险性小”。

根据以上分析，规划用地地质灾害各灾种的现状评估及预测评估的等级划分见表 5-4，综合确定规划用地地质灾害的危险性等级为“小级”。

表 5-4 规划用地地质灾害危险性分级综合评估表

灾种	现状评估	预测评估	危险性分级
地面沉降	危险性小	危险性小	小级
砂土液化	危险性小	危险性小	

三、规划用地适宜性分区评估

根据上述综合分区评估，规划用地地质灾害的危险性等级为“小级”，防治工程简单，根据“评估规范”表 44 的规定，确定规划用地的适宜性为“适宜”。

四、防治措施

规划用地发育的主要地质灾害为地面沉降。

地面沉降的防治需从多方面考虑，政府可根据地下水位下降情况及地面沉降的发展情况，对地面沉降快速发展地区采取限采、回灌等措施，同时合理规划水资源的分配，使地面沉降的发展在可控的范围内。建设方可根据建设场区周边地面沉降的特点，在规划、设计阶段采取一些预防性的工程措施，考虑地面沉降对地基、管线、路面等可能带来的不利影响。

第六章 结论与建议

一、结论

1. 昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目总用地面积约为 370139.238m^2 ，需同步实施整理（拆迁）用地规模 28292.344m^2 ，地上建筑规模约 557406m^2 ，拟建工程属于“重要建设项目”，评估区地质环境复杂程度“中等复杂”，本次地质灾害危险性评估的级别属于“一级”。

2. 现状评估认为：规划用地 1955～2019 年的累计地面沉降量约 $890\sim 1010\text{mm}$ ，地面沉降的现状发育程度为“中”，灾情分级为“轻”，地面沉降地质灾害的现状“危险性小”。评估区 20m 深度范围内的地基土在设计基本地震加速度值为 $0.20g$ ，设计地震分组为第二组，现状最高地下水位（水位埋深 7.3m ）时不液化，砂土液化的危害程度为“轻”，规划用地砂土液化地质灾害的现状“危险性小”。

3. 预测评估认为：拟建工程引发、加剧地面沉降及砂土液化等地质灾害的危险性均为“小”。预测至 2026 年，规划用地的累计地面沉降量约为 $1080\sim 1220\text{mm}$ ，年均沉降速率约 $27\sim 30\text{mm/a}$ ，规划用地地面沉降的发育程度为“弱～中”，危害程度为“轻”，规划用地遭受地面沉降地质灾害的“危险性小”；经标贯法判别，评估区 20m 深度范围内的地基土在设计基本地震加速度值为 $0.20g$ ，设计地震分组为第二组，近 3～5 年最高地下水位（水位埋深 3m ）时不液化，砂土液化的危害程度为“轻”，预测规划用地遭受砂土液化地质灾害“危险性小”。

4. 综上所述，规划用地遭受地面沉降及砂土液化地质灾害的危险性均为“小”，经综合评估确定规划用地的地质灾害危险性级别属“小级”。

5. 从地质灾害评估角度来看，该场地作为昌平区回龙观国际信息产业基地二期（一）地块土地一级开发项目的建设场地是“适宜”的。

二、建议

1. 鉴于规划用地地面沉降仍存在继续发展的可能，建议在工程设计时，考

考虑地面沉降对给排水、地基沉降等的影响。

2. 受本次评估工作阶段所限，评估阶段对规划用地地基土进行的液化判别不能代表岩土工程详细勘察阶段的液化判别，工程建设时需根据岩土工程勘察报告成果按规范及设计要求，做好相应的抗液化措施。