

昌平区未来科技城（南区）南 6 号地块土地一
级开发（仅含征地拆迁）项目
地质灾害危险性评估报告

北京中地创见工程勘察设计院有限责任公司



昌平区未来科技城（南区）南 6 号地块土地一级开
发（仅含征地拆迁）项目

地质灾害危险性评估报告

审 定 人：刘国静

审 核 人：陈晓凯

项目负责人：李逸轩

技术负责人：刘云华

编 制 人：王成林

北京中地创见工程勘察设计院有限责任公司

二〇二五年九月

地质灾害防治单位资质证书

单位名称：北京中地创见工程勘察设计院有限责任公司 资质类别：地质灾害评估和治理
资质设计资质

住所：北京市海淀区香山南路92号院1号楼315室 资质等级：甲级
10010731201073

证书编号：11000202511200006 有效期至：2030年1月8日
10010731201073

发证机关：北京市规划和自然资源委员会
发证日期：2025年1月8日
10010731201073

昌平区未来科技城（南区）南 6 号地块土地
一级开发（仅含征地拆迁）项目
建设用地地质灾害危险性评估报告

评审意见书

受北京未来科学城置汇建设有限公司委托，北京中地创见工程勘察设计院有限责任公司完成了《昌平区未来科技城（南区）南 6 号地块土地一级开发（仅含征地拆迁）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 2025 年 9 月 4 日对“评估报告”进行了评审，经讨论，评审意见如下：

一、项目概况

昌平区未来科技城（南区）南 6 号地块土地一级开发（仅含征地拆迁）项目位于昌平区北七家镇，南至南区三路，北至南区一路，东至科技城路。规划总用地面积 381642.673 平方米，总建设用地面积 212389.406 平方米，其中建设用地 C-19 面积为：31592.626 平方米，建设用地 C-23 面积为：28776.046 平方米，建设用地 C-31 面积为：34681.543 平方米，建设用地 C-42 面积为：89810.000 平方米，建设用地 C-44 面积为：27529.191 平方米。代征绿地面积为：99281.535 平方米，代征道路总面积为：69971.732 平方米。规划用地性质为 S1 道路用地，G1 公共绿地，G2 生产防护绿地，C6 教育科研设计用地，R51 中学用地及 C2 商业金融用地等。

二、评审意见

1、评估单位全面搜集了评估区及周边区域气象、水文、地质、环境、工程地质、地质灾害等资料，开展了 4.85km^2 的专项地质测量、专项水文地质测量、专项生态环境地质测量、专项工程地质测量、专项地质灾害调查测量、遥感地质解译，同时现场施工钻孔 3 个，总进尺 60 米，为评估工作奠定了基础。

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“中等复杂”，该建设项目属于“较重要”建设项目，综合认定本次地质灾害危险性评估级别为“二级”是合适的。

3、“评估报告”通过资料分析和实地调查，确定评估区内存在地面沉降、砂土液化和活动断裂三种地质灾害类型。现状评估认为：评估场区及其附近地区地面沉降属比较平稳的区域性沉降，拟建工程现状地面沉降量约 680mm（东南角）-830mm（东北角），拟建工程地面沉降发育程度为“中”，地面沉降灾情为轻，地面沉降现状的地质灾害危险性“小”；建设用地地下 20.0m 深度范围内的饱和砂土地层，在现状地下水位和Ⅷ度地震烈度作用下不会发生砂土液化现象，砂土液化危害灾情等级为轻，拟建场地砂土液化现状的地质灾害危险性“小”；拟建工程距西北侧黄庄-高丽营断裂约为 1350m，但该断裂最晚活动时代为晚更新世，全新世活动尚无直接证据；拟建工程距西南侧南口-孙河断裂距离为 2000m 左右，但该断裂目前正处在间歇期，断裂活动不明显。活动断裂现状地质灾害危险性“小”。

现状评估符合客观实际。

4、预测评估认为：工程建设对附近地质环境影响不大，工程建设引发、加剧地面沉降、砂土液化和活动断裂地质灾害的危险性均为“小”；拟建工程遭受地面沉降、砂土液化和活动断裂地质灾害的危险性均为“小”。

预测评估依据充分。

5、综合评估认为：建设用地地质灾害危险性等级为“小级”，建设用地地质灾害防治难度为“小”，该场地适宜作为昌平区未来科技城（南区）南 6 号地块土地一级开发（仅含征地拆迁）项目的建设用地。

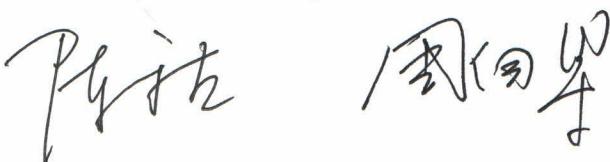
综合评估结论可信。

专家组认为，评估报告内容丰富，阐述清楚，依据充分，结论可信，评审通过。

专家组长：



专家：



2025 年 9 月 4 日

昌平区未来科技城（南区）南6号地块土地一级开发（仅含征地拆迁）项目
地质灾害危险性评估报告

评审专家组名单

职务	姓名	工作单位	职称	签名
专家组组长	张建青	中勘三佳工程咨询（北京）有限公司	研究员	
	陈永生	中材地质工程勘查研究院有限公司	高工	
评审专家	周自梁	北京岩土工程勘察院有限公司	高工	

目 录

前 言	1
1. 评估工作概述	3
1.1 建设工程概况	3
1.2 以往工作程度	7
1.3 评估工作方法及工作量	8
1.4 评估范围与级别的确定	10
1.4.1 评估工作范围	10
1.4.2 评估级别的确定	12
2. 地质环境条件	15
2.1 气象	15
2.2 水文	15
2.3 地形地貌	16
2.4 地层岩性	18
2.4.1 第四纪	18
2.4.2 基岩	18
2.5 地质构造及区域地壳稳定性	20
2.5.1 区域地质构造特征	20
2.5.2 区域地壳稳定性	22
2.6 工程地质条件	24
2.7 水文地质条件	27
2.7.1 第四系含水层组的分布规律及富水性	27
2.7.2 地下水补给、径流与排泄条件	27
2.8 人类活动对地质环境的影响	27
3. 地质灾害危险性现状评估	29
3.1 地质灾害类型确定	29
3.2 地质灾害危险性现状评估	29
3.2.1 地面沉降	29

3.2.2 砂土液化	32
3.2.3 活动断裂	37
3.3 现状评估小结	48
4. 地质灾害危险性预测评估	50
4.1 工程建设引发或加剧地质灾害危险性预测	50
4.1.1 地面沉降	50
4.1.2 砂土液化	50
4.1.3 活动断裂	50
4.2 工程建设可能遭受地质灾害危险性预测	50
4.2.1 地面沉降	50
4.2.2 砂土液化	52
4.2.1 活动断裂	54
4.3 预测评估小结	54
5. 地质灾害危险性综合分区评估及防治措施	56
5.1 地质灾害危险性综合评估原则	56
5.2 地质灾害危险性综合评估	56
5.3 建设场地适宜性评估	57
5.4 防治措施	58
6. 结论及建议	59
6.1 结论	59
6.2 建议	59

前　　言

根据原北京市国土资源局京国土环[2005]879号《关于做好地质灾害危险性评估工作的通知》，受北京未来科学城置汇建设有限公司的委托（以下简称“甲方”），北京中地创见工程勘察设计院有限责任公司对昌平区未来科技城（南区）南6号地块土地一级开发（仅含征地拆迁）项目建设用地进行了地质灾害危险性评估工作。

1. 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 893-2021），对技术要求中未明确的，执行国家和行业标准与技术规程。依据如下：

- (1)《地质灾害防治条例》（中华人民共和国国务院令第394号）；
- (2)《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）；
- (3)《国务院关于加强地质工作的决定》（国发[2006]4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)《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）；
- (6)《建筑抗震设计标准》(GB 50011-2010, 2024年版)；
- (7)《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2021）；
- (8)《建设用地批准书》（北京市国土资源局 京政地字【2012】69号）；
- (9)《未来科技城（南区）南6#拨地测量成果报告书》（北京京昌工程测绘技术有限公司）；
- (10)《北京市人民政府关于昌平区二〇一二年度批次建设用地的批复》（京政地字【2012】69号）；
- (11)《北京市规划委员会建设项目规划条件》（2010规条整字0026号）。

2. 评估主要任务和要求

- (1)充分收集工程相关资料、分析评估区自然地理、气象水文、水文地质、

工程地质等地质相关资料；调查并阐明评估区地质环境条件等。

(2)查明评估区内地质灾害的类型、分布范围、规模及其危害程度，进行地质灾害危险性现状评估。

(3)对工程在建设过程中及建成后可能引发或加剧的地质灾害，以及工程本身遭受地质灾害的可能性及危险性进行预测评估。

(4)在现状评估和预测评估的基础上，依据地质灾害危险性进行地质灾害危险性综合分区评估，根据各分区内地质灾害的危险性、防治难度及防治效益对建设场地的适宜性作出评估。

(5)针对评估区内存在和可能发生的地质灾害提出相应的防治措施。

1. 评估工作概述

1.1 建设工程概况

昌平区未来科技城（南区）南 6 号地块土地一级开发（仅含征地拆迁）项目位于昌平区北七家镇，南至南区三路，北至南区一路，东至科技城路。规划总用地面积 381642.673 平方米，总建设用地面积 212389.406 平方米，其中建设用地 C-19 面积为：31592.626 平方米，建设用地 C-23 面积为：28776.046 平方米，建设用地 C-31 面积为：34681.543 平方米，建设用地 C-42 面积为：89810.000 平方米，建设用地 C-44 面积为：27529.191 平方米。代征绿地面积为：99281.535 平方米，代征道路总面积为：69971.732 平方米。规划用地性质为 S1 道路用地，G1 公共绿地，G2 生产防护绿地，C6 教育科研设计用地，R51 中学用地及 C2 商业金融用地等（拟建工程交通位置见图 1-1，卫星位置见图 1-2，规划用地测量示意图见图 1-3），建设用地拐点坐标见表 1-1。



图 1-1 拟建工程交通位置示意图



图 1-2 拟建工程卫星位置图



图 1-3 拟建工程规划用地测量示意图

表 1-1 建设用地范围拐点坐标

序号	桩号	坐标	
		横坐标 (Y)	纵坐标 (X)
1	60	509759.409	327558.026
2	61	509821.281	327558.130
3	74	509820.668	327262.477
4	71	509820.108	326992.349
5	62	509819.241	326573.798
6	62'	509721.960	326573.056
7	QZ2	509675.661	326573.060
8	75'	509629.367	326573.779
9	75	509416.455	326578.728
10	63	509126.124	326585.477
11	59'	509300.028	326891.354
12	64	509349.717	326978.805
13	65	509440.056	326981.406
14	66	509455.914	327251.974
15	67	509587.597	327255.766
16	12'	509652.193	327369.453
17	1	509750.872	327543.011
18	2	509781.250	327543.062
19	3	509791.229	327533.079
20	8	509790.713	327284.114
21	9	509785.712	327278.978
22	10	509755.724	327278.114
23	11	509735.876	327272.541
24	12	509594.820	327268.479
25	12'	509652.193	327369.453
26	13	509671.298	327245.671
27	14	509735.515	327247.520
28	15	509755.651	327243.098
29	16	509785.639	327243.961
30	17	509790.619	327239.112
31	20	509790.153	327013.986
32	20'	509785.152	327008.850
33	21'	509755.164	327007.986
34	21	509735.316	327002.413

35	22	509670. 790	327000. 555
36	38	509476. 367	326960. 018
37	38'	509481. 597	326965. 095
38	23'	509511. 584	326965. 958
39	23	509531. 432	326971. 532
40	24	509734. 955	326977. 392
41	24'	509755. 092	326972. 970
42	25'	509785. 079	326973. 833
43	25	509790. 060	326968. 984
44	40	509789. 850	326867. 820
45	39	509470. 424	326858. 623
46	40	509789. 850	326867. 820
47	28	509789. 287	326596. 069
48	29	509784. 278	326591. 032
49	30	509754. 278	326590. 803
50	31	509734. 317	326585. 651
51	31'	509721. 864	326585. 556
52	QZ1	509675. 758	326585. 560
53	32'	509629. 658	326586. 276
54	32	509509. 853	326589. 060
55	33	509489. 974	326594. 524
56	34	509459. 982	326595. 221
57	35	509455. 285	326600. 319
58	48	509399. 132	326924. 076
59	43	509380. 258	326602. 063
60	44	509374. 977	326597. 197
61	45	509344. 985	326597. 894
62	46	509324. 874	326593. 360
63	47	509212. 612	326595. 970
64	48'	509360. 885	326856. 764
65	4	509801. 208	327523. 096
66	5	509801. 136	327488. 096
67	6	509806. 094	327468. 085
68	7	509805. 745	327299. 553
69	8	509790. 713	327284. 114
70	54	509476. 293	327215. 122
71	49	509497. 455	327235. 663

72	50	509527. 442	327236. 526
73	51	509547. 290	327242. 100
74	13	509671. 298	327245. 671
75	22	509670. 790	327000. 555
76	52	509533. 776	326996. 610
77	52'	509513. 640	327001. 032
78	53'	509483. 652	327000. 169
79	53	509464. 831	327019. 559
80	17	509790. 619	327239. 112
81	18	509805. 589	327224. 537
82	19	509805. 185	327029. 425
83	20	509790. 153	327013. 986
84	37	509460. 435	326944. 553
85	38	509476. 367	326960. 018
86	35	509455. 285	326600. 319
87	36	509441. 158	326615. 651
88	25	509790. 06	326968. 984
89	26	509805. 029	326954. 409
90	27	509804. 318	326611. 184
91	28	509789. 287	326596. 069
92	55	509342. 494	326966. 091
93	55'	509346. 336	326966. 202
94	56'	509366. 472	326961. 780
95	56	509396. 460	326962. 643
96	41	509411. 968	326946. 667
97	48'	509360. 885	326856. 764
98	47	509212. 612	326595. 970
99	58	509157. 514	326597. 250
100	58'	509137. 635	326602. 714
101	59	509135. 946	326602. 753
102	59'	509300. 028	326891. 354
103	48	509399. 132	326924. 076
104	41	509411. 968	326946. 667
105	57	509415. 28125	326943. 253
106	42	509396. 142	326616. 698
186	43	509380. 258	326602. 063

1.2 以往工作程度

工作区内的地质研究程度较高,以北京市地质矿产勘查开发局为主的各类地质勘查成果众多,特别是近年来因考虑到地质环境对工程建筑安全的影响,深层次的地质研究工作也相应在本区开展。早在1976年“北京市地震地质会战”便对此地区活动断裂展开了深入探测;随后,北京市地调院、北京市地质工程勘察院等单位完成了北京市平原区地下水资源与环境的调查评价及地下水开采环境问题调查研究等工作。特别是2004—2006年,北京市地勘局实施的“北京市多参数立体地质调查项目”,对北京平原区三维地质结构、基岩地质、活动断裂及地壳稳定性进行了详细的调查研究。近期,亦有多家科研单位对本区的地面沉降、砂土液化、活动断裂等地质灾害做了更为细致的评估工作,主要工作成果见表1-1。前人的工作成果为本次评估工作提供了重要资料。

表 1-2 以往主要工作成果统计表

成果名称	完成单位	完成时间
《北京市水文地质图(1:10万)》及说明书	北京市水文地质工程地质大队	1978
《北京市平原区基岩地质构造图(1:10万)》	北京市水文地质工程地质大队	1979
《北京地区活动构造体系图(1:10万)》及说明书 《北京地区构造体系图(1:10万)》	北京市地震地质会战办公室	1979
《北京市主要地质灾害调查(1:10万)》	北京市地质研究所	1991
《北京市地质灾害现状调查》	北京市地质研究所	1992
《1:50000区划地质调查(通县幅)》	北京市地质调查研究院	1991
《北京市区域地质志》	北京市地质研究所	1991
《北京市用水调研与须水预测研究报告》	北京市水文地质工程地质大队	2002
《北京市平原区地下水开采环境问题调查研究报告》 《北京市平原区地下水位降落漏斗现状调查报告》 《北京市平原区1:10万工程地质勘察报告》	北京市地调院、 北京市地质工程勘察院	2003
《北京市多参数立体地质调查系列成果报告》	北京市地勘局	2006
《北京市地面沉降监测总结报告(2021年)》	北京市水文地质工程地质大队	2021

1.3 评估工作方法及工作量

为了科学全面地对昌平区未来科技城(南区)南6号地块土地一级开发(仅含征地拆迁)项目拟建场地及其周边地区地质灾害危险性进行评估,接受甲方委

托任务后,我公司成立了专门地质灾害评估项目小组,在现场踏勘的基础上,收集、整理场地附近的气象、水文、地理、区域地质、环境地质和地质灾害等资料,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,对评估区活动断裂、砂土液化、地面沉降等地质灾害进行了调查。由于区内及周边工程地质资料、地层结构资料较丰富,本次评估主要在收集整理现有资料的基础上结合野外调查、现场钻探等手段完成。评估工作程序见图 1-4。

本次评估工作经历了资料收集、野外调查、现场钻探和室内综合分析、图件绘制和报告编写三个阶段。本次评估工作完成的主要工作量见表 1-3。参加本次评估工作的主要人员包括高级工程师 1 人,工程师 2 人,野外描述人员 1 人,共计 4 人。

表 1-3 资料收集和完成工作量表

项 目 名 称		单 位	数 量	说 明
资 料 收 集	区域地质调查报告	份	1	1: 5 万
	地震专题研究成果资料	份	1	1
	其它生产科研报告	份	2	多种比例尺
野 外 调 查	专项地质测量	km ²	4.85	1: 1 万
	专项水文地质测量	km ²	4.85	1: 1 万
	专项生态环境地质测量	km ²	4.85	1: 1 万
	专项工程地质测量	km ²	4.85	1: 1 万
	专项地质灾害测量	km ²	4.85	1: 1 万
	遥感地质解译	km ²	4.85	1: 1 万
勘 察 钻 孔	钻 探	钻 孔	个	3
		进 尺	m	60
		标贯试验	次	21
报 告 编 写	评估报告		字	22400
	调查绘制剖面		条	1

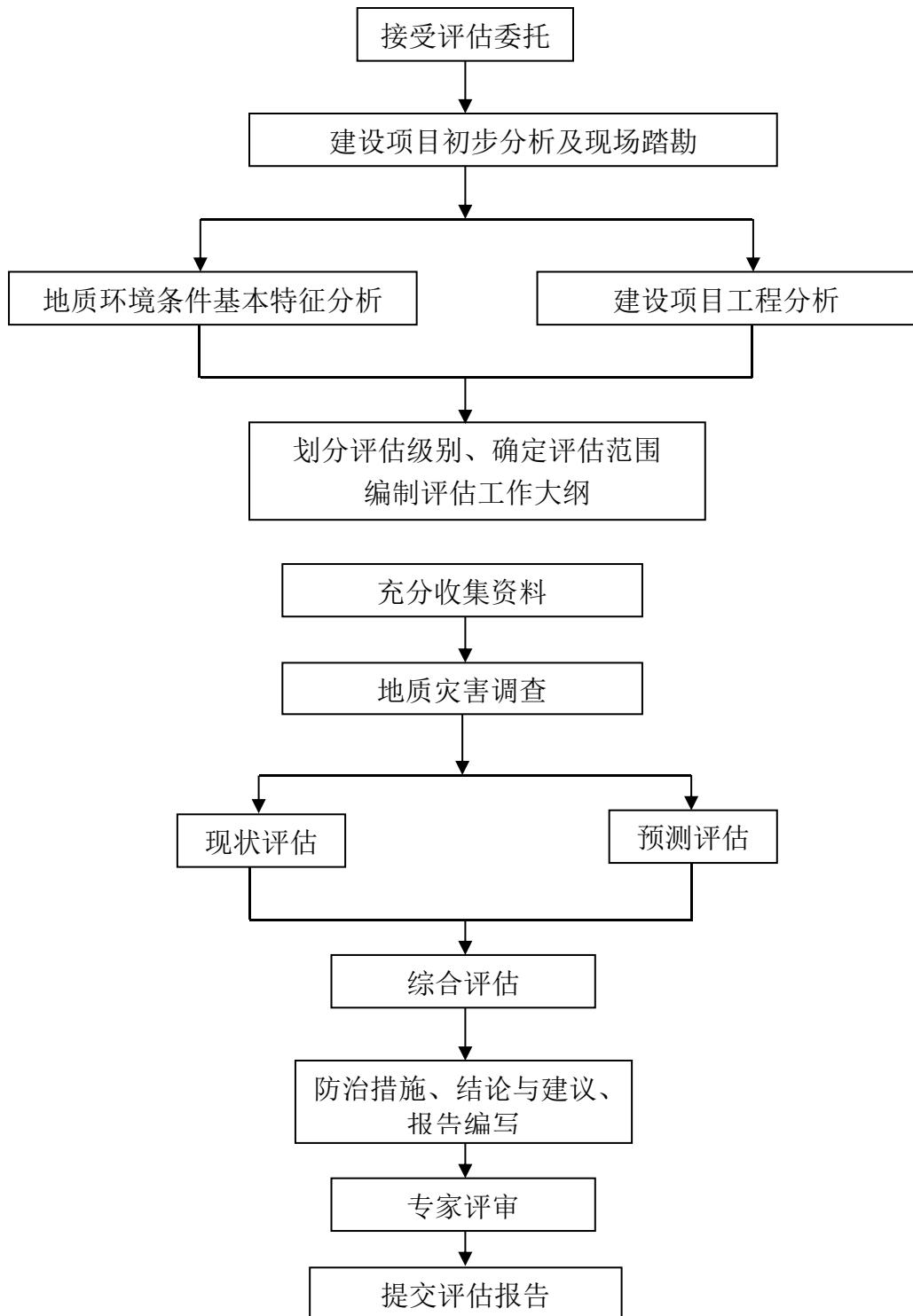


图 1-4 评估工作程序框图

1.4 评估范围与级别的确定

1.4.1 评估工作范围

由于地质灾害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用地。应根据建设用地区域地质环境条

件复杂程度、工程规模、地质灾害的分布规模和特点扩展到建设用地四周的一定范围。同时依据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2021）表1的相关规定来确定评估范围。

根据场区及其周边范围地质灾害影响范围及分布特点，确定本次评估工作总体范围，对于地面沉降和活动断裂地质灾害，调查重点放在评估场地及其周边区域；对于砂土液化地质灾害，调查重点放在拟建场地区域。由于拟建工程为面状工程，同时距离地面沉降中心较近，故拟建工程重点调查范围确定为以拟建工程外缘向四周各延伸1000m，即向东至京承高速公路，向西至北七家路，向北至未来科学城滨水公园北区，向南至北京温榆河公园未来智谷（拟建工程评估范围见图1-5），此外还对周边的重点沉降区域进行调查，调查面积共约4.85km²。调查了此范围内的区域地质、水文地质、工程地质和环境地质情况，并针对活动断裂、沙土液化及地面沉降进行了重点调查。



图1-5 拟建工程评估范围图

1.4.2 评估级别的确定

1.4.2.1 建设项目重要性类别

本项目建设用地性质为城市建设用地，规划总用地面积 381642.673 平方米。依据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2021）建设项目重要性分类表（附录 B.2）规定，本项目占地面积 0.212 万平方米，小于 2 万平方公里的界限值，属于较重要建设项目。

表 1-4 地质环境条件复杂程度分类表（规范性附录 B.2 节选）

项目类型/类别	重要建设项目	较重要建设项目	一般建设项目
工业和民用建设 项目	开发区、城 镇新区	占地面积 $\geq 2\text{km}^2$ 或建 筑面积 $\geq 12\text{ 万m}^2$	其他

1.4.2.2 地质环境条件复杂程度

依据北京市《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2021），本项目地质环境条件复杂程度主要考虑自然条件和地质条件，以及人类工程活动对地质环境条件的影响，地质环境条件复杂程度分类标准见表 1-5。

表 1-5 地质环境条件复杂程度分类表（规范性附录 B.1）

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 2~3 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：地面坡度以大于 25° 为主，区内相对高差大于 200m	地形较简单，地貌类型单一：地面坡度以 8~25° 的为主，区内相对高差 50~200m	地形简单，地貌类型单一：平原(盆地)和丘陵。地面坡度小于 8°，区内相对高差小于 50m	
上游 流域面积	$>5\text{km}^2$	$2\sim 5\text{km}^2$	$<2\text{km}^2$	主要指 泥石流
构造地质	建设场地与全新世活动断裂带的距离小于 1000m；非全新世断裂发育	建设场地与全新世活动断裂带的距离 1000~3000m；非全新世断裂较发育	建设场地与全新世活动断裂带的距离大于 3000m；非全新世断裂不发育	
水文地质 和工程地 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 2~3 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 工程活动	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。

现状地质灾害发育方面，经现场调查并根据已有观测资料，评估区现状地质灾害主要存在地面沉降、活动断裂、砂土液化等三种地质灾害问题，评估区位于未来科学城地面沉降中心边缘地带，区内 1955-2021 年地面累计沉降量为 600-900mm。因此，拟建场地地质灾害发育程度为中等。

地形地貌方面，评估区位于北京平原的中上部，总体位于永定河冲洪积扇中东部沉积区域。地貌类型单一，地形地貌简单。

地质构造方面，拟建场地距西北侧黄庄-高丽营断裂约 1350m，该断裂最晚活动时代为晚更新世，全新世活动尚无直接证据；拟建场地距西南侧南口-孙河断裂距离约 2000m，该断裂在全新世至少有三次强烈活动，评估区地质构造条件属中复杂。

工程地质和水文地质方面拟建场地地下水条件较为复杂，受季节性降水影响较大。根据现场钻探资料，本场地在深度 20m 内存在一层地下水（潜水），但岩土体结构复杂，综合考虑上述原因，评估区工程地质和水文地质条件复杂程度为中等复杂。

人类工程活动方面，场区范围内以人类居住为主，周边主要分布有居民住宅和商业区，区内人类活动以房屋建设、居民居住和小型工业生产为主，居民小区及商业区生产生活用水由自来水厂集中供给。区内破坏地质环境的人类工程活动一般，破坏地质环境的人类工程活动简单。

综上所述，评估区内现状地质灾害发育程度中等，地形地貌简单，地质构造条件中等复杂，工程地质、水文地质条件中等复杂，破坏地质环境的人类工程活动简单，评估区地质环境条件复杂程度为中等复杂。

1.4.2.3 建设项目评估级别

昌平区未来科技城（南区）南 6 号地块土地一级开发（仅含征地拆迁）项目为“较重要”建设项目，建设用地地质环境条件复杂程度为“中等复杂”，依据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2021）之规定，确定本建设用地地质灾害危险性评估分级为“二级”。

表 1-6 地质灾害危险性评估分级表

评估级别	地质环境复杂程度		
	复杂	中等复杂	简单
建设项目重要性	重要	一级	一级

	较重要	一级	二级	三级
	一般	二级	三级	三级

2. 地质环境条件

2.1 气象

评估区属暖温带半湿润、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，秋季晴爽，冬季寒冷干燥。据昌平气象台多年观测资料，本区多年平均气温 11.8°C ，极端最高气温 40.3°C （1961 年 6 月 10 日），极端最低气温 -19.6°C （1962 年 2 月 24 日）。本区年均降雨量 550mm 左右，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 $2\text{-}3\text{m/sec}$ ，最大超过 20m/sec 。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。

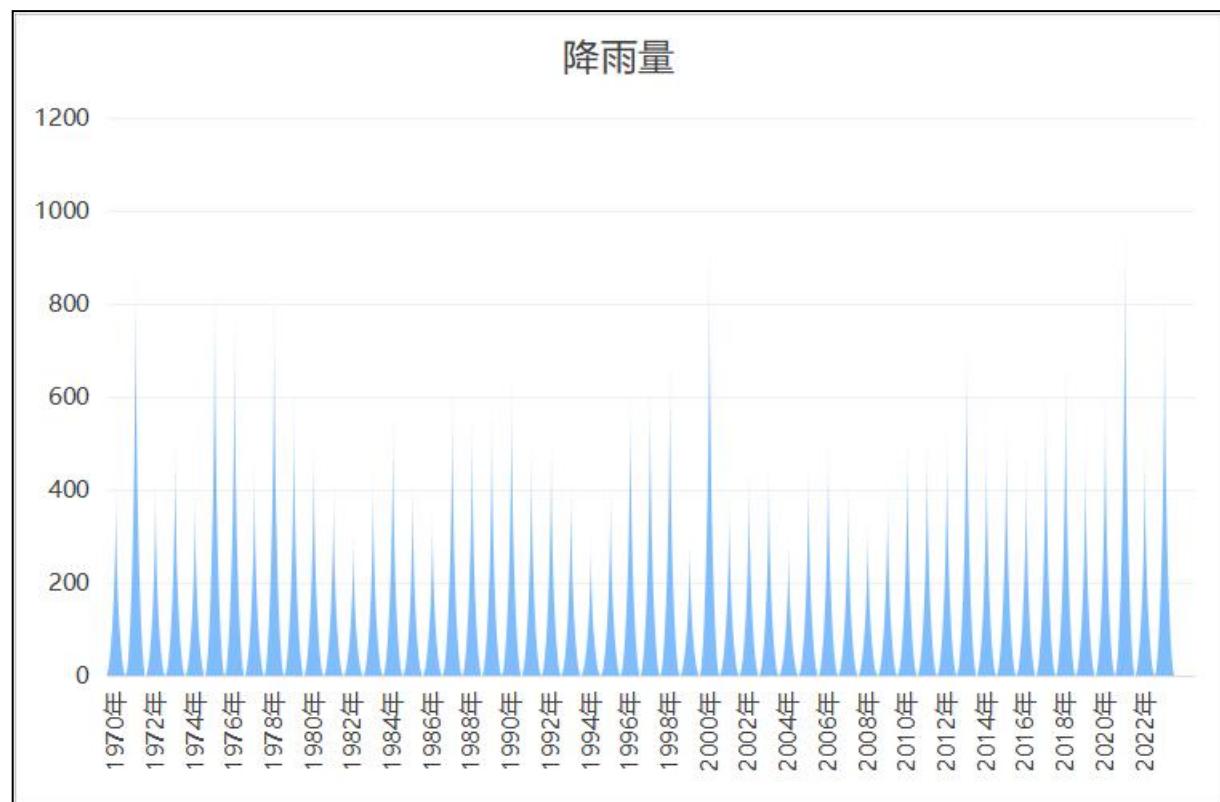


图 2-1 昌平地区 1970-2023 年降雨量曲线图

2.2 水文

北京地区主要河流分为大清河、永定河、温榆河（北运河）、潮白河、蓟运河五条河流，均属海河水系。其中大清河、永定河水系主要分布于北京西部、南

部地区，温榆河主要分布于中部、东部地区，潮白河、蓟运河水系主要分布于北部、东部地区。

评估区域内主要天然河流为位于场区北部的南沙河和北沙河。两水系呈树枝状，为温榆河的上游支流，水量随季节变化很大。北沙河发源于南口洪积扇溢出带的北小营～西北地一带，南沙河发源于前后、沙涧一带，二者在沙河镇以东与发源于昌平区卫星城东北部十三陵水库地区的东沙河汇合成温榆河，向东南流经通州区汇入北运河。

1、永定河水系：永定河水系上游有洋河和桑干河。洋河发源于蒙古高原的南缘，向南流至十八台入山峡，在山峡中约行 50km 有东洋河来汇，在柴沟堡与西洋河、南洋河相会，往宣化向东南流在涿鹿与桑干河相会；桑干河发源于山西省恒山之北坡，经左云、大同、山阴等县至涿鹿与洋河相会。自洋河和桑干河相会后称为永定河。永定河入怀来延庆境内纳妫水河流入市界，于官厅村东入官厅山峡，奔流至清白口又纳清水河至三家店始出峡谷而入平原，经北京平原西侧转向东南流至屈家店与其它河流汇合成海河，在塘沽入渤海。永定河是流经北京市最大的河流，在本市的河长为 165.5km，流域面积为 3168km²，占全市总面积的 18.9%，其中山区的流域面积为 2491km²，占流域面积的 79%，平原流域面积为 677km²，占流域面积的 21%。多年平均天然径流量 $3.41 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

2、北运河水系：北运河水系界于潮白、永定两大河系之间，历史上北运河曾几度受潮白河的侵夺，自 1912 年潮白河在李遂镇附近决口夺箭杆河下行经蓟运河入海以后，两河已基本各成系统。自决口改道后，温榆河也成为北运河的唯一源流。温榆河流至通州以下始称北运河，南行至天津附近与其它河流汇合成海河在塘沽入渤海。北京市平原区中部的地表迳流及地下水向东北、东、东南汇成几个放射状河沟流入北运河。

2.3 地形地貌

评估区地处北京平原区中上部，地貌单元属于永定河冲积扇沉积区域。地势平坦。场区周边分布有：民用住宅、办公楼、学校、医院等。地形地貌较简单（建设场地现状及现场钻探见照片 1~10）。



照片 1：拟建场地西南部（镜向西）



照片 2：英才南二街（镜向东）



照片 3：未来科学城东路（镜向北）



照片 4：蓬莱苑南街（镜向北）



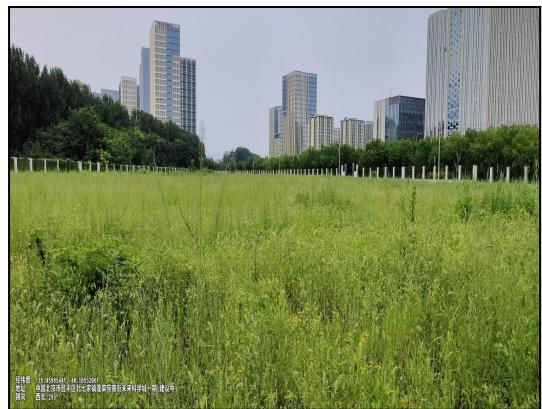
照片 5：英华街（镜向东）



照片 6：英泽路（镜向北）



照片 7: 拟建场地中部 (镜向东北)



照片 8: 拟建场地中南部 (镜向西北)



照片 9: 现场钻探



照片 10: 岩芯照片

2.4 地层岩性

2.4.1 第四纪

评估区内广泛分布，沉积物主要由沟河和洳河联合冲洪积而成，岩性为粘质粉土、粉质粘土、细砂组成。由北部冲洪积扇顶部向南部下游平原区，颗粒由粗变细，层次由少增多，厚度由小到大，建设用地第四系地层沉积厚度 200m 左右。

2.4.2 基岩

主要沉积有蓟县系、侏罗系、白垩系等地层（见图 2-2 拟建工程评估区基岩地质图）。

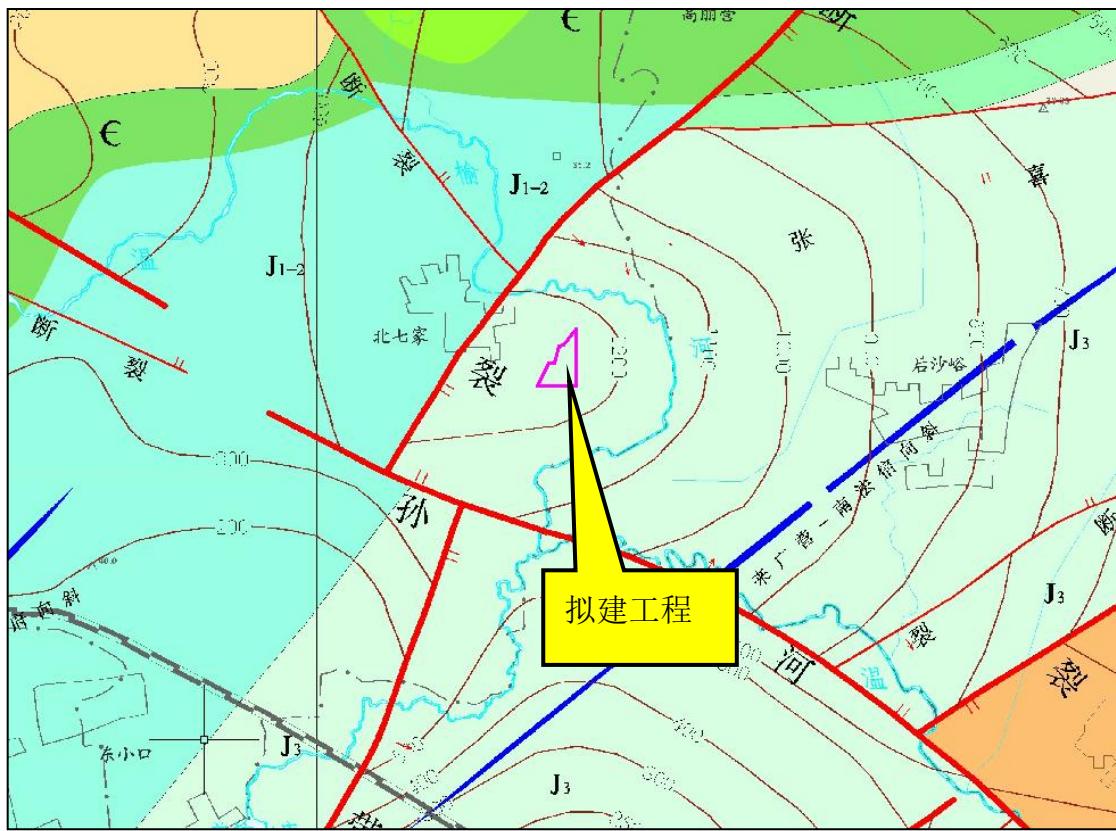


图 2-2 拟建工程区基岩地质图 (1: 100000)

(1) 蓟县系：蓟县系在北京广泛分布，昌平、延庆、房山等广泛发育，平谷、密云、怀柔等少量出露，岩石类型以白云岩为主，页岩及砂岩次之。是一套具有多种形态藻叠层石的富镁碳酸盐，属滨-浅海相沉积地层，该地层主要分布于评估区东南角。

(2) 早、中侏罗统 (J₁₋₂)：主要分布于评估区西北部。岩性为深绿色、暗紫色的玄武岩。

(3) 晚侏罗统 (J₃)：评估区内广泛分布该地层，晚侏罗统为一套火山岩系，主要岩石类型为凝灰质粉砂岩、安山岩、安山质角砾岩和凝灰岩等。物探资料表明，其岩石密度在 2.55g/cm³-2.60g/cm³ 之间，岩石最大磁化率为 245×10⁻⁶CGSM。

(4) 白垩系 (K)：主要分布于评估区南侧，白垩系岩性主要是灰绿、灰色泥岩为主，次为含钙泥岩、泥灰岩、砂岩。

2.5 地质构造及区域地壳稳定性

2.5.1 区域地质构造特征

1、区域地质构造位置

建设用地地处中朝准地台(I 级构造单元)、燕山台褶带(II)级构造单元部分。西北与八达岭中穹断(IV₆)、西南与门头沟迭陷褶(IV₁₁)相邻, 东南与顺义迭凹陷(IV₁₃)相接, 东北与昌(平)怀(柔)中穹断(IV₅)相邻(见图 2-3)。

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)
		兴隆迭坳褶(III ₃)	新城子中陷褶(IV ₈)
		蔚县中坳褶(III ₄)	平谷中穹断(IV ₉)
		西山迭坳褶(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)
	华北断坳(II ₂)	北京迭坳褶(III ₆)	顺义迭凹陷(IV ₁₃) , 塚里-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)

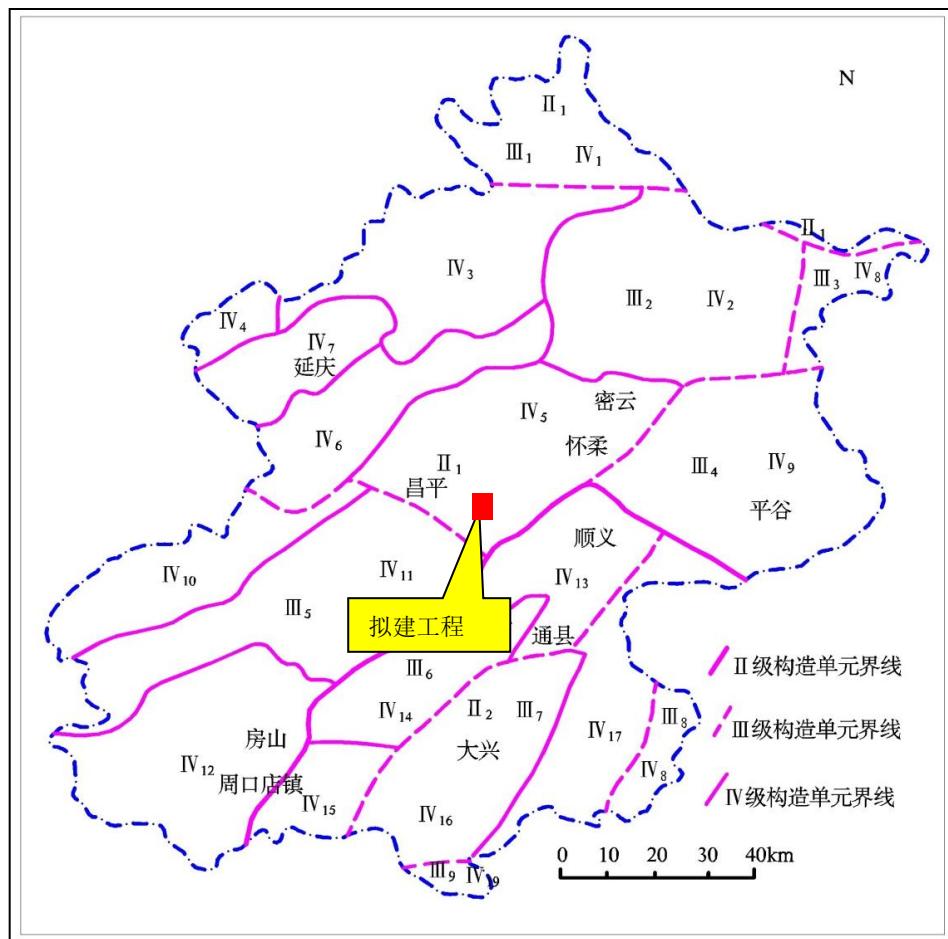


图 2-3 北京市构造单元划分略图

2、区域地质构造特征

中生代燕山运动以来,北京地区形成了一系列以北东及北西向为主的断裂构造。北京平原区大型北东向断裂自西向东依次有八宝山断裂、黄庄~高丽营断裂、良乡~前门~顺义断裂、南苑~通县断裂及礼贤~夏垫断裂,北西向断裂自南向北主要为永定河断裂和南口~孙河断裂。受断裂活动的控制,以北东向黄庄~高丽营断裂、南苑~通县断裂和礼贤~夏垫断裂构造为界,北京平原区分划为京西北隆起、北京凹陷、大兴隆起和大厂拗陷四个区域性构造单元(见图 2-4),断块之间第四系沉积物厚度变化较大。

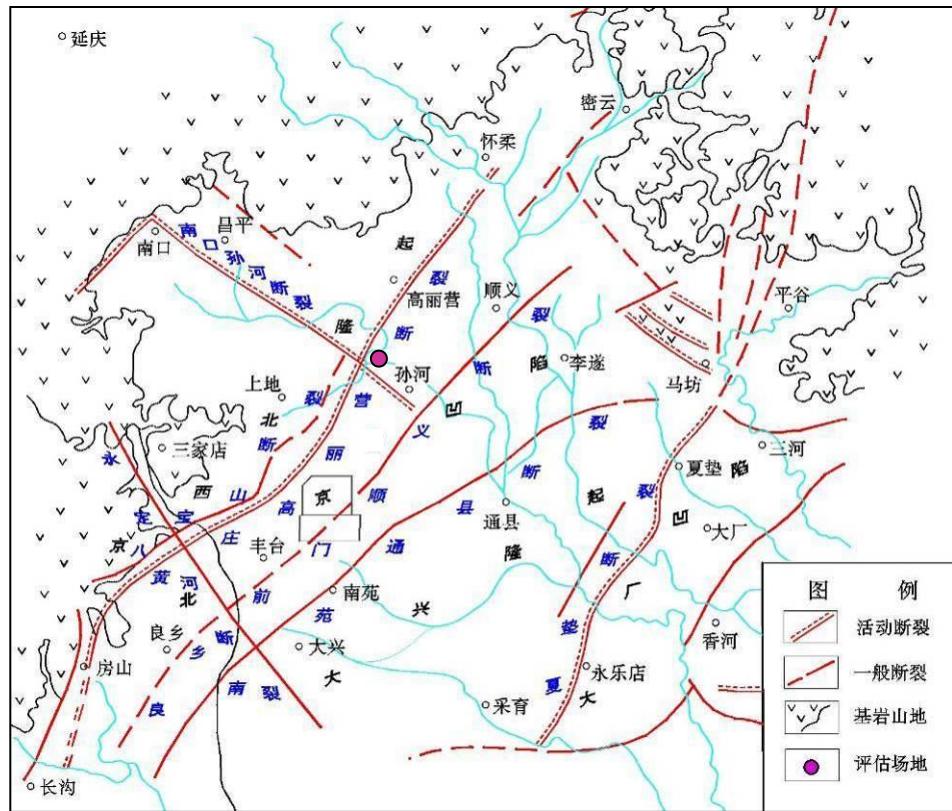


图 2-4 北京平原区构造略图

2.5.2 区域地壳稳定性

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. 北京地区的强震历史

京津唐张地区（ $38.5^{\circ}\sim41^{\circ}\text{N}$ ； $114^{\circ}\sim120^{\circ}\text{E}$ ），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， $5\sim5\frac{1}{2}$ 级 20 次， $5\frac{3}{4}\sim6$ 级 6 次， $6\frac{1}{4}\sim6\frac{1}{2}$ 级 6 次， $6\frac{3}{4}\sim7$ 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 2-2、图 2-5）。评估场地范围内无历史破坏性强震发生记录，主要受到周边地区地震影响。

2. 北京地区的现代微震

自 1966 年邢台大地震后，北京地区建立了较密集、完善的地震观测台网，30 余年来记录到北京地区微震活动上万次，将二级以上的微震与近两千年记载的历史地震相比较，发现二者的分布有很大的相似性，说明现代微震仍然是北京地区长期地震活动的继承，同时也意味着微震的发生与强震具有相似的成因。

总体上，评估区所在地区，没有历史破坏性强震发生，现代微震发育水平

较低，显示出较好的区域稳定性。

表 2-2 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 ¹ / ₄	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 ³ / ₄	固 安	IX
4	1076.12	39.9	116.4	5	北 京	VI
5	1337.9.8	40.4	115.7	6 ¹ / ₂	怀 柔	VIII
6	1484.1.29	40.5	116.1	6 ³ / ₄	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 ¹ / ₂	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 ³ / ₄	沙 城	IX
11	1730.9.30	40.0	116.2	6 ¹ / ₂	北京西郊	VIII
12	1746.7.29	40.2	116.2	5	北京昌平	VI
13	1976.7.28	39.36	118.12	7.8	河北唐山	XI

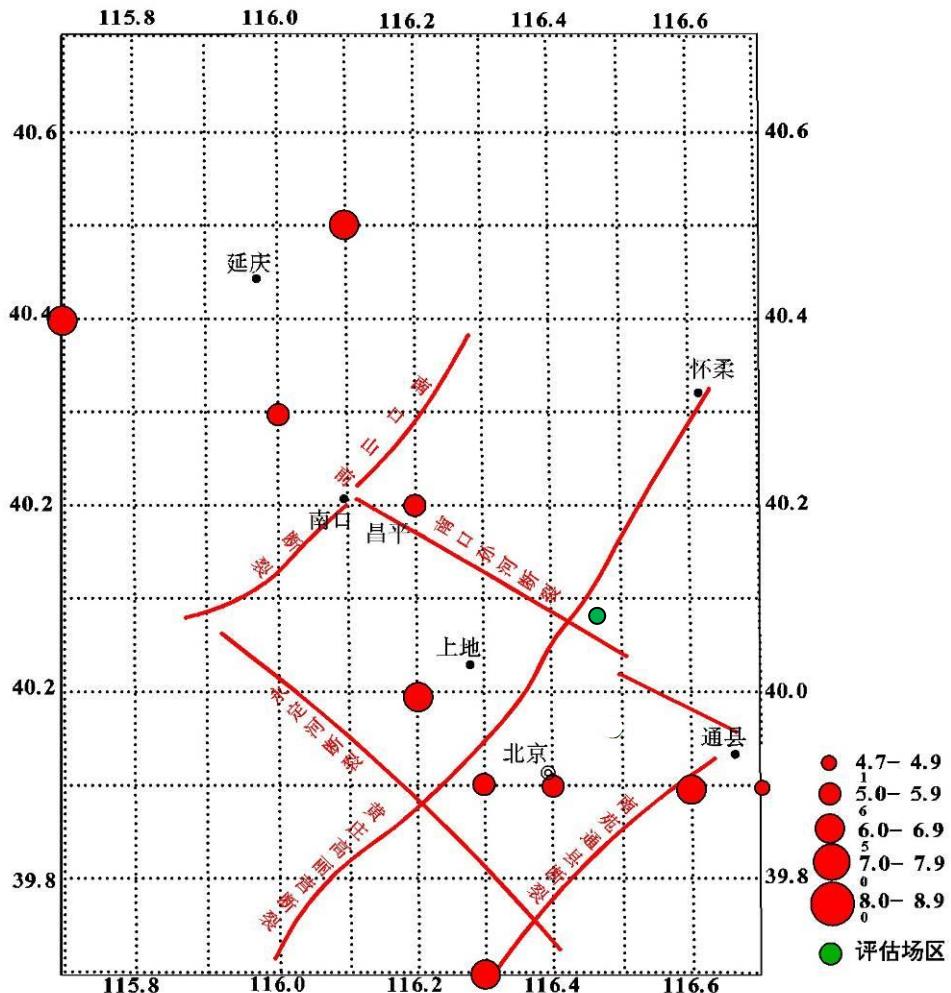


图 2-5 北京及周边地区历史地震震中分布图

2.6 工程地质条件

1、工程地质

为了了解拟建场地工程地质水文地质情况,判断拟建场地是否有砂土液化的地质灾害,本次地质灾害危险性评估在现场布置了3个钻孔(剖面见图2-6),钻孔标高以未来科技城东路与英才南三街叉路口B01为相对水准点(假设该点高程为40.00m),每个钻孔孔深20m,依据对现场钻探、原位测试的综合分析,将本次钻探深度范围内(最深20.00m)的地层,按成因类型、沉积年代划分为人工堆积层、第四纪沉积层两大类,并按其岩性及工程特性进一步划分为6个大层及2个亚层,现分述如下:

人工堆积层:

表层为人工堆积之一般厚度为2.40m~3.40m的杂填土①层:杂色,松散、

稍湿，含碎砖、灰渣；

第四纪沉积层：

细砂及粉砂②层，褐黄，中密，湿，含云母、氧化铁。

粉质黏土及黏质粉土③层：灰色，中密，可塑，饱和，含云母、有机质。

砂质粉土及黏质粉土④层，灰色，饱和，中密，含云母、氧化铁。

粉质黏土及重粉质黏土⑤层，灰色，可塑，饱和，含云母、有机质；细砂⑤1层，灰色，密实，饱和。

细砂⑥层，灰色，密实，饱和，含云母、氧化铁；砂质粉土及粘质粉土⑥1层，灰色，中密，可塑，饱和，含云母、氧化铁。本次钻探对该层未穿透。

2、工程地质条件评价

根据钻孔资料、标准贯入试验结果，评估区地表浅层分布人工填土层，土层松散软弱，为不良工程地质层。其下分布第四纪沉积层，地层沉积时间长，分布较稳定均匀，工程地质条件较好。场区土层物理力学性质较好，无不良工程地质地层存在。

经估算场区 20.0m 深度内土层等效剪切波速值 $150 < V_{se} < 250 \text{m/S}$ ，本区建筑场地类别属于III类。根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）之附录 A（“中国地震动峰值加速度区划图”）和《建筑抗震设计标准》（GB50011-2010，2024 年版），评估区所在的北京市区的设计基本地震加速度为 $0.20g$ ，设计地震分组为第二组，所对应的抗震设防烈度为VIII度。

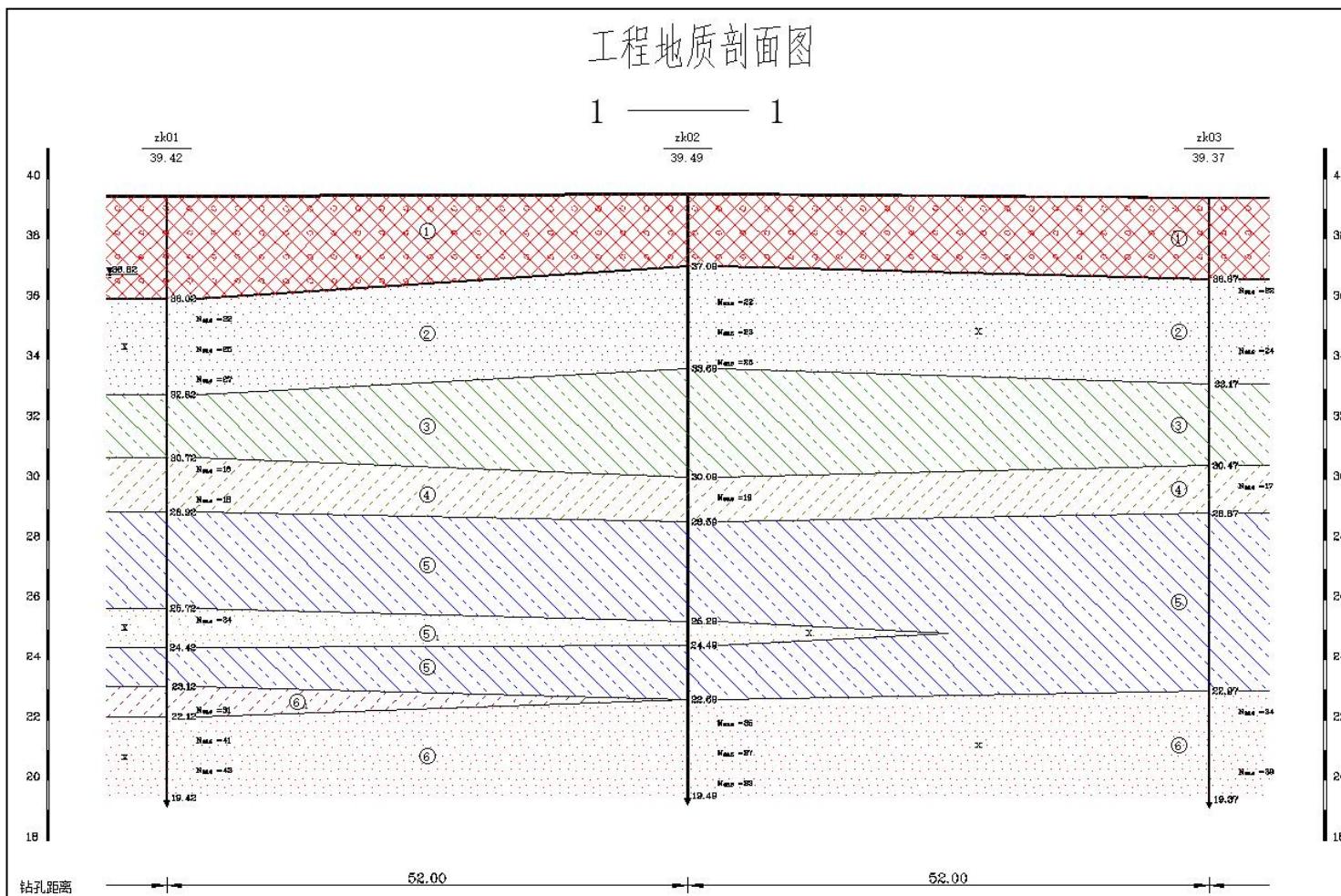


图 2-6 工程地质剖面图

2.7 水文地质条件

2.7.1 第四系含水层组的分布规律及富水性

评估区位于永定河冲洪积扇上，沉积物表层岩性主要为粉土，以下为粘性土及细砂，含水层厚度 4-6m。

1、评估区地下水分布规律及水位条件

评估区第四系空隙水主要赋存于层状分布的粉土和砂类土中，根据本次勘察资料，评估区地面以下 20m 深度范围内地下水以潜水为主，同时钻孔资料表明，本区共存在一层含水层，以大气降水及邻近地表水体补给为主，受季节变化影响非常明显。

2、评估区地下水位情况

根据本项目建设用地的现场钻探资料，建设用地内 20m 深度范围共存在一层含水层，为潜水，地下水静止水位埋深 2.6m。

此外，评估区历史最高地下水位接近自然地表，近 3~5 年最高地下水位埋深为 7.0m 左右。

2.7.2 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主要有：大气降水入渗、农业灌溉水回归入渗、地表河水入渗及上游地下水的侧向流入等。

地下水迳流：区内地下水的迳流方向为自西北、北及东北向南部流动。

地下水排泄：本区地下水的消耗方式主要有人工开采、地下水向下游的侧向流出及地下水蒸发等，其中人工开采为主要的消耗方式。其水位季节变化规律一般，6 至 9 月份为大气降水丰水期，地下水位自 6 月份开始上升，9 至 10 月份达到当年最高水位，至次年 3 月水位开始下降至 5 月份达到当年的最低水位，年变化幅度一般 2~3m 左右。

2.8 人类活动对地质环境的影响

评估区及周边分布有农田、居民区、各类市政设施等。

高层和多层的建筑均需要开挖较深的基坑，并采取措施降低地下水位，含水层中地下水的排出，会使含水层中的孔隙水压力减小，增大土的有效应力，引起土的进一步固结，造成不同程度地面沉降。

低层民居的基坑开挖较浅，施工周期短，影响土体的深度有限，一般不会对周围地质环境条件造成破坏。桥梁、道路的修建不需要开挖深大基坑，虽然会在一定程度上影响地质环境的平衡状态，但不致诱发地质灾害问题。

根据上述分析，人类工程活动虽然一方面对环境可造成破坏性影响，另一方面又能美化和改善恶劣的自然环境，使自然环境变的优美且更适于人类的生活。本工程的建设对地质环境不会造成大的影响。

3. 地质灾害危险性现状评估

3.1 地质灾害类型确定

依据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2021）和本次评估工作收集的评估区区域地质、水文地质、工程地质、环境地质资料，以及现场调查无地裂缝的情况，评估区进行评估的地质灾害类型主要有地面沉降、砂土液化、活动断裂。

(1) 地面沉降：评估区位于未来科学城地面沉降中心边缘地带，区内 1955-2021 年地面累计沉降量为 600-900mm。随着本区经济的不断建设，必将加大对地下水的需求量，但受到南水北调影响，北京市地下水位逐年上升，对地面沉降的发展趋势带来一定影响。

(2) 砂土液化：评估区位于北京北部冲积扇平原区，具体地貌单元属于永定河老冲积扇平原区。地下 20.0m 深度范围内分布多层饱和的粉土及砂土地层，存在砂土液化的潜在危险性。

(3) 活动断裂：拟建场地距西北侧黄庄-高丽营断裂约 1350m，距西南侧南口-孙河断裂距离约 2000m，因此拟建场地受到黄庄-高丽营断裂及南口-孙河断裂的影响。

综上所述，评估区内地质灾害类型主要为地面沉降、砂土液化、活动断裂三种类型。

3.2 地质灾害危险性现状评估

3.2.1 地面沉降

3.2.1.1 北京地区地面沉降

北京的地面沉降主要发生在平原地区，于上世纪三十年代中期发现在北京城内的西单至东单一带发生了地面沉降，五十年代初主要发生在京城东郊东八里庄棉纺织工业区到酒仙桥电子工业区，最大地面沉降量为 58mm。随着北京城市建设工业的飞速发展，沉积范围和沉降量均在不断加大，目前全市沉降面积（累计沉降量超过 100mm 地区）已达 2815km²，累计最大沉降量大于 1400mm。除东郊老沉降区继续发展外，新沉降区正在形成，主要分布在昌平、顺义、通县、丰台、大兴、延庆等卫星城镇。地面沉降已在北京城东部地区造成部分建筑开裂、

地面积水、地下排水管失效、水准点失准等，有的已经影响建筑物及市政设施的正常使用。如由于沉降速率快，北京城东部地区测量水准点失效；棉纺一厂、三厂、中科院印刷厂、北京合成纤维厂等的建筑物墙体开裂、泵房倒塌等。地面沉降地质灾害已成为北京平原地区的主要地质灾害类型之一。

目前北京平原地区主要地面沉降中心有：东郊来广营、东八里庄—大郊亭、昌平的沙河—八仙庄、大兴榆垡—礼贤、顺义平各庄、未来科学城等地面沉降中心。另外围绕卫星城镇形成了一些新的地面沉降中心。

评估区位于未来科学城地面沉降中心西侧边缘地带，其沉降作用主要受地面沉降中心控制。

3.2.1.2 地面沉降地质灾害现状调查及评价

地面沉降灾害对北京部分地区的建筑设施造成的危害主要表现形式为：井管较地面相对上升，泵房破坏，影响供水井的正常使用和工农业的正常生产；楼房建筑物开裂，影响建筑物的使用寿命；改变地面坡度，形成碟形集水洼地，雨季积水不能自然排除，而且改变地下水管坡度，加速管道淤积；水准点失准，影响测量资料的准确性，水准点使用周期变短。

根据地面沉降的危害特点，我们对建设场地及其附近地区的公路桥梁变形、建筑物开裂等情况进行了调查，重点调查了规划建设场地及附近地区的立交桥等，调查了这些房屋及道路是否存在水井井管位移、管道变形、建筑物开裂及其他情况，调查结果表明没有发生上述明显的灾害现象（见表 3-1）。

表 3-1 地面沉降地质灾害调查表

调查内容	位 置	数 量	调查结果
公 路	英才南三街、未来科学城东路、蓬莱苑路、蓬莱苑南街、英华街、英泽路、英泽西路、鲁疃西路等	11km	未见公路明显开裂、位移
桥 梁	泗上桥	1 座	未见桥梁开裂
房 屋	鲁疃嘉苑北区 1 号楼、5 号楼、6 号楼，未来金茂府 4 号楼、7 号楼、17 号楼，未来慧园 6 号楼、9 号楼、13 号楼，鲁疃嘉苑南区 11 号楼、17 号楼、22 号楼等	多栋	未见房屋开裂

根据建设场地附近地区的水准高程变化资料及已有评估资料，拟建工程区域 1955-2021 年累计沉降量约为 680mm（东南角）-830mm（东北角）（图 3-1 拟建工程 1955-2021 年地面沉降等值图）。

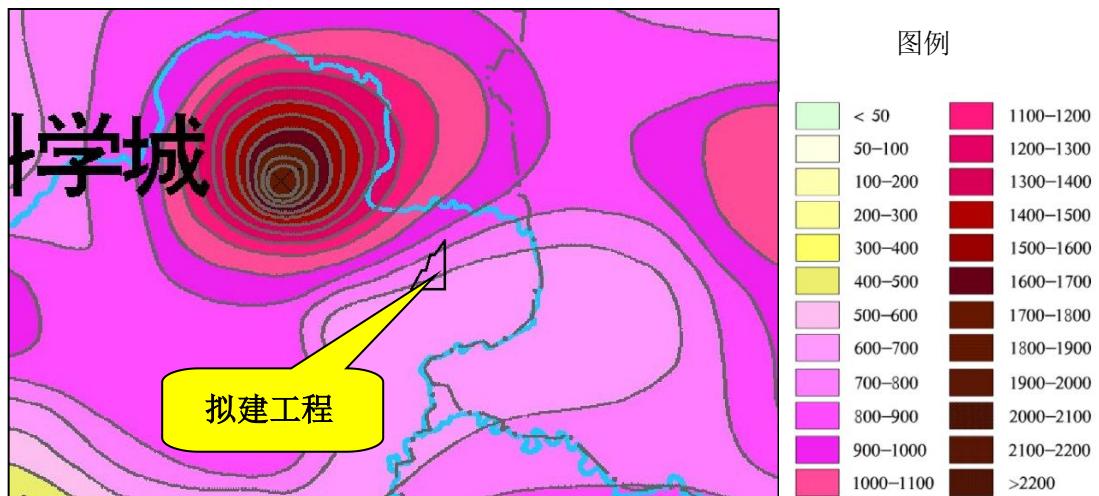


图 3-1 拟建工程 1955-2021 年地面沉降等值图 (1: 200000)



图 3-2 拟建场地 2021 年地面沉降速率图 (1: 100000)

根据收集资料 (见图 3-2 拟建场地 2021 年地面沉降速率图), 拟建场地位于地面沉降上升区, 按 0mm/a 计算。拟建场地 1955-2021 年累计沉降量约为 680mm (东南角) -830mm (东北角), 由此可以计算出, 到 2024 年底建设场地累计地面沉降量约 680mm (东南角) -830mm (东北角)。根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021) 表 4 可知 (表 3-2), 拟建场地地面沉降现状发育程度为“中”。

表 3-2 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)	>1000	500-1000	<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/T 893-2021）表 5 确定拟建场地地面沉降发育程度为“中”，同时根据踏勘及查阅历年资料发现沉降对该地区没有造成人员伤亡，直接经济损失小于 100 万元，故根据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2021）表 3 确定，灾情为轻（表 3-3, 3-4）。拟建场地地面沉降现状的地质灾害危险性小。

表 3-3 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

表 3-4 地面沉降现状危险性确定

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

3.2.2 砂土液化

3.2.2.1 砂土液化原理及影响

1. 砂土液化原理

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，其整个过程

称为砂土液化。

2. 区域性砂土液化区的分布及影响

北京平原区砂土液化区主要分布于潮白河、温榆河、泃河和小中河等河流的中下游沿岸地区。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县西集~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。其中又以通县西集~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(见图 3-3)。

根据对已有资料的分析和本次调查，评估区不位于上述主要砂土液化区，唐山地震时在其影响烈度 VI 度条件下，评估场区范围未产生地震引发的喷砂冒水现象。

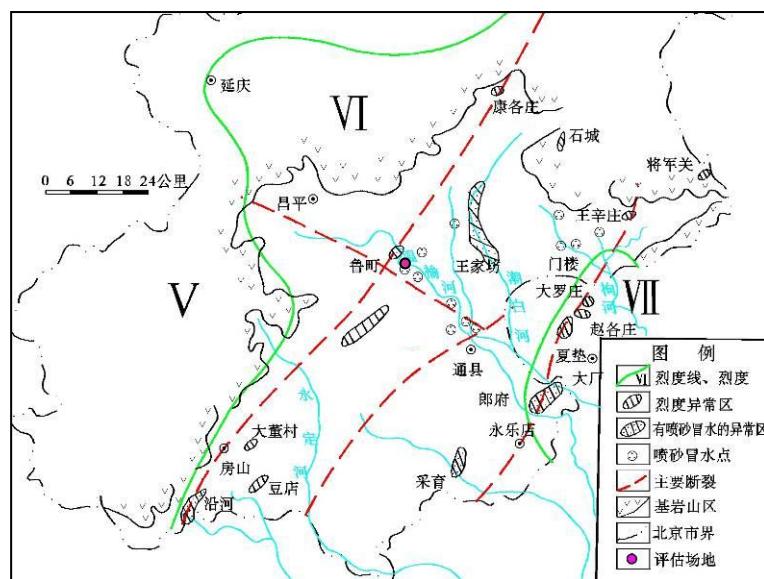


图 3-3 唐山地震北京地区砂土液化分布图

3.2.2.2 评估区砂土液化判别

根据对拟建项目的现场勘探成果资料，依据《建筑抗震设计标准》(GB 50011-2010, 2024 年版)，通过标准贯入实验，判定砂土层是否液化，当土层实测的修正标准贯入锤击数 N_0 小于计算的修正液化临界标准贯入锤击数 N_{cr} ，可判为液化，否则为不液化。

1) 初判

对饱和砂土和粉土，首先根据土层地质年代、地震基本烈度、上覆非液化土层厚度、液化土层特征深度、基础埋置深度、地下水位深度以及粉土的粘粒含量百分率，初步判定该场地饱和砂土和粉土是否可能发生液化。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地质年代为第四系晚更新世（Q₃）及其以前时，7、8度时；
- ②粘土的黏粒（粒径小于0.005mm的颗粒）的含量百分率，7度、8度和9度分别不小于10、13和16时；
- 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：

$$d_u \geq d_o + d_b - 2 \quad (1)$$

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

$$d_u + d_w > 1.5d_o + 2d_b - 4.5 \quad (3)$$

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_u ——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按2m计算；

d_o ——液化土特征深度（m），按表3-5采用。

表3-5 液化土特征深度（m）

饱和土类别	烈 度		
	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。

2) 复判

目前砂土液化的判别多采用现场标准贯入试验法，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：

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

式中： N_{cr} ——液化判别标准贯入锤击数临界值；

N_0 ——液化判别标准贯入锤击数基准值, 可按表 3-6 采用, 本场地基本烈度为 8 度, 设计基本地震加速度为 $0.20g$, 取 $N_0=12$;

d_s ——饱和土标准贯入点深度 (m) ;

d_w ——地下水位深度 (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; 本场地设计地震为第二组, 取 0.95。

表 3-6 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《建筑抗震设计标准》(GB50011-2010) (2024 年版), 对存在液化土砂土、粉土层的地基, 应探明各液化土层的深度和厚度, 按下式计算每个钻孔的液化指数, 并按表 3-7 综合划分地基的液化等级。

$$I_{IE} = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{N_i}{N_{cri}} \right) d_i w_i$$

式中: I_{IE} — 液化指数;

n — 在判别深度范围内每一个钻孔标准贯入试验点的总数;

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

d_i — i 点所代表的土层厚度 (m), 可采用与该标准贯入试验点相邻的上、下两标准贯入试验点深度差的一半, 但上界不高于地下水位深度, 下界不深于液化深度;

w_i — i 土层单位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 时应采用 10, 等于 20m 时采用零值, 5~20m 时按线性内插法取值。

表 3-7 液化等级与液化指数的对应关系

液化等级	轻 微	中 等	严 重
------	-----	-----	-----

液化指数 I_{LE}	$0 < I_{LE} \leq 6$	$6 < I_{LE} \leq 18$	$I_{LE} > 18$
---------------	---------------------	----------------------	---------------

根据钻孔资料显示, 依据《建筑抗震设计标准》(GB50011-2010) (2024年版) 对拟建项目区进行砂土液化判别, 20m 范围内拟建项目区域地层砂土液化判别结果如表 3-8 所示, 在现状地下水位最高为 2.6m 时, 拟建项目区场地饱和砂土不会液化。

表 3-8 评估场地砂土液化现状判别结果

孔号	标贯中点 ds (m)	地下水位 (m)	层号	岩性	黏粒含量 ρ_c	实测标贯击数 N	临界值 N_{cr}	液化判别	液化指数 I_{LE}
zk01	4.0	2.6	②	细砂及粉砂	3	22	12.6	不液化	0.00
zk01	5.0	2.6	②	细砂及粉砂	3	25	14.2	不液化	
zk01	6.0	2.6	②	细砂及粉砂	6	27	11.0	不液化	
zk01	9.0	2.6	④	砂质粉土及黏质粉土	6	16	13.5	不液化	
zk01	10.0	2.6	④	砂质粉土及黏质粉土	6	18	14.1	不液化	
zk01	14.0	2.6	⑤1	细砂	3	34	23.2	不液化	
zk01	17.0	2.6	⑥1	细砂	3	31	25.1	不液化	
zk01	18.0	2.6	⑥	细砂	3	41	25.6	不液化	
zk01	19.0	2.6	⑥	细砂	3	43	26.2	不液化	
zk02	3.5	2.6	②	细砂及粉砂	3	22	11.6	不液化	
zk02	4.5	2.6	②	细砂及粉砂	3	23	13.4	不液化	0.00
zk02	5.5	2.6	②	细砂及粉砂	3	26	14.9	不液化	
zk02	10.0	2.6	④	砂质粉土及黏质粉土	6	19	14.1	不液化	
zk02	17.5	2.6	⑥	细砂	3	35	25.4	不液化	
zk02	18.5	2.6	⑥	细砂	3	37	25.9	不液化	

zk02	19.5	2.6	⑥	细砂	3	33	26.5	不液化	
zk03	3.0	2.6	②	细砂及粉砂	3	22	10.6	不液化	
zk03	5.0	2.6	②	细砂及粉砂	3	24	14.2	不液化	
zk03	9.5	2.6	④	砂质粉土及黏质粉土	6	17	13.8	不液化	0.00
zk03	17.0	2.6	⑥	细砂	3	34	25.1	不液化	
zk03	19.0	2.6	⑥	细砂	3	39	26.2	不液化	

表 3-9 砂土液化现状危险性确定

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

表 3-10 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

3.2.3 活动断裂

活动断裂的活动性及断裂破碎带对建筑场地的稳定性具有重要影响, 其诱发的地质灾害, 对建筑物有较大的破坏作用, 评估场地周边分布断裂构造主要有黄庄~高丽营断裂、南口-孙河断裂, 拟建工程遭受黄庄~高丽营断裂、南口-孙河断裂影响, 对断裂的构造特征及活动性分述如下:

3.2.3.1 断裂分布特征

黄庄~高丽营断裂位于拟建工程西北侧, 距拟建场地约 1350m, 南口~孙河断裂位于拟建工程西南侧, 距拟建场地约 2000m。



图 3-4 拟建工程与活动断裂关系示意图

3.2.3.2 活动断裂性质及特征

(1) 黄庄-高丽营断裂

黄庄-高丽营断裂出露很少，主要根据物探（重力、电法和部分人工地震）及钻探资料分析，属发育在八宝山断裂的东南侧的断裂带，重力异常图上表现为明显的梯度带（图 3-5）。黄庄-高丽营断裂与八宝山断裂共同组成北京断陷的西北边界。

断裂总体走向 $NE20-50^\circ$ ，局部走向有一定变化，大致与八宝山断裂平行，平面上呈舒缓波状展布于八宝山断裂东侧，一般相距 1-2km，最远 4-5km。人工地震资料表明，断裂两侧基岩反射界面不连续且深度变化较大，据黄庄-高丽营断裂地震反射剖面图（见图 3-14），断裂下盘（北西盘）基岩埋深 450m，其上盘（东南盘）基岩埋深达 1000m，反映出断裂倾向南东，倾角约 $65-75^\circ$ 。断裂南起涞水，向北经石楼、辛开口、晓幼营、大灰厂、辛庄西、芦井、过永定河，再经黄庄、洼里、北七家、高丽营继续北延至怀柔庙城一带，全长约 130km。

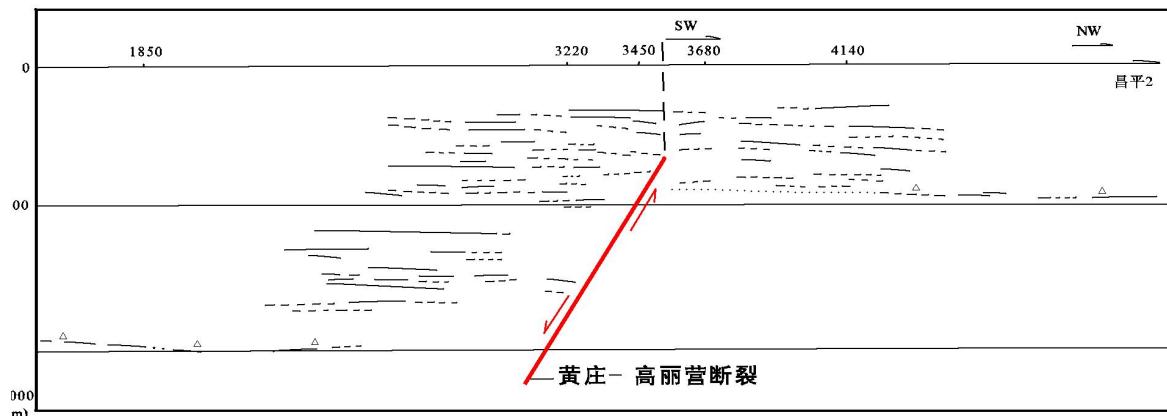


图 3-5 黄庄-高丽营断裂地震反射剖面图

断裂早白垩纪开始发育，控制下白垩纪地层厚度分布，新生代基本上取代八宝山断裂而构成北京断陷的西边界，活动时间自南向北变新。除个别地段有露头而外，整体上属于一条隐伏断裂。

按断裂对第四系的控制、横向断裂的交切、活动性等可将其自北向南分为北、中、南 3 段（表 3-11）。

表 3-11 黄庄-高丽营断裂分段特征
(据中国地震局地质研究所, 1999)

分段	出露形式	主要产状	地质作用	最晚活动时代
涞水-芦井	部分隐伏	NE20-60°，倾角 20-80°	对第四系影响不明显	中更新世末-晚更新世初
芦井-洼里	隐伏	NE30-60°	对第四系影响不明显	中更新世-晚更新世
洼里-庙城	隐伏	NE20-30°	控制两个第四系沉降中心	晚更新世

北段庙城-洼里段，长约 36km，控制两个第四系沉积中心西界，以一隐伏的横向相对隆起为界，一个是庙城以东大于 400m 沉降中心，另一个是南王路-鲁疃村构成控制大于 600m 深的第四纪盆地中心，石油勘探资料表明，断裂两侧的上第三系底面垂直落差最大达 800m，估计第四系底面的垂直落差有 400m 左右（刘光勋等，1983），本段可能是整个黄庄-高丽营断裂第四纪以来活动强度最大、延续年代最新的段落，推测沉积中心在鲁疃村以东一带。

中段洼里-芦井段，长约 26km，此段大部分隐伏于北京城区及其东北郊区，断裂两侧的第四系厚度相差不大，显示了新活动性较弱的特点。

南段芦井-涞水段，长约 70km，芦井-房山成为前白垩纪地层与下白垩统地层

里组合下第三系长辛店组的断裂分界，是一相对隆起剥蚀的地段，第四系较薄，断裂新活动仅断错中更新世地层，晚更新世地层未断错，例如，于芦井-辛庄一带，断裂成为控制东侧下第三系长辛店组砂砾石层堆积的西边界，在芦井村原砖厂采土场剖面见有断错中更新世红黄色亚粘土层，基岩面垂直断距达14m，而上覆的晚更新世黄土TL年代为(6.42±0.41)万年未断；在辛庄北错断TL年代为(29.39±1.79)万年的中更新世砂土砾石层；在大灰厂北铁路边人工开挖剖面，断裂新活动显示右旋逆平移性质，断错TL年代为(12.84±1.79)万年的中更新世晚期地层，由此认为其最晚活动的时期大约是发生在中更新世末或晚更新世初期（汪良谋等，1990）。

关于黄庄-高丽营断裂最晚活动时代评价，近些年结合工程地震研究，国家地震局所属各研究所，特别是国家地震局地质研究所作了许多研究工作，所累积的一些资料概述于表3-12。基本结论认为黄庄-高丽营断裂最晚活动时代为晚更新世，全新世活动尚无直接证据。有关黄庄-高丽营断裂活动性测年结果资料列于表3-13。

表3-12 关于黄庄-高丽营断裂最晚活动时代评价概况
(据中国地震局地质研究所, 1999)

研究单位或研究人	研究时间	研究方法	最晚活动时代评价	资料来源
国家地震局地质研究所	1988	地质测年	中更新世-晚更新世	北京市房山区琉璃河水泥厂厂区地震基本烈度复核报告
国家地震局地质研究所	1992	地质测年	晚更新世-全新世	陕甘宁气田-北京输气管道沿线主干断裂活动性勘察于地震烈度研究报告
国家地震局地质研究所	1993	地质测年	中更新世-晚更新世	北京市房山区石楼输油泵站地震基本烈度复核报告
徐杰, 方仲景等	1993	地质, 测年	晚更新世	首都圈地震地质环境与地震灾害
国家地震局地壳应力研究所	1996	地质综合分析	中更新世-晚更新世	北京市液化石油气公司北郊罐瓶厂地震安全性评价及震害预测报告
国家地震局工程地震研究中心	1996	地质测年	中更新世-晚更新世	北京市热力公司方庄供热厂及双井蒸汽厂工程震害预测工作报告
国家地震局分析预报中心	1997	地质测年	晚更新世-全新世	永定河枢纽渠段地震安全性评价
北京震害防御与工程地震研究所	1997	地质测年	晚更新且	北京石景山煤气贮配厂地震安全性评价报告

表 3-13 黄庄-高丽营断裂活动性测年数据

(据国家地震局分析预报中心, 1997)

地 点	观测点	样品编号	测龄方法	样品物质	测龄结果 (万年)
郭家坟-房山	辛开口 (T9)	BJTL11	TL	黄土	13.7±1.40
		BJTL12	TL	黄土	6.90±0.50
晓幼营 (T5)		BJTL06	TL	黄土	6.60±0.40
		BJTL09	TL	黄土	2.10±0.14
		BJTL10	TL	黄土	1.30±0.19
		X01	TL	黄土	2.45±0.19
		X02	TL	黄土	9.29±0.74
芦井-晓幼营	后甫营 (T4)	BJTL08	TL	黄土	0.90±0.07
		BJTL07	ESR	断层泥	25.1±7.50
	辛庄北 (n)	BJTL04	ESR	断层泥	36.1±10.8
		BJTL05	ESR	断层泥	12.9±3.90
	芦井 (T1)	BJTL01	TL	风沙	1.80±0.40
		BJTL02	TL	黄土	6.20±0.40
		BJTL03	TL	黄土	4.20±0.50

(2) 南口-孙河断裂

南口-孙河断裂是北京平原区一条重要的活动断裂, 总体呈 SE130-140°方向展布。断裂西起南口, 沿七间房、旧县、百泉庄、白浮、东三旗至孙河镇东北为黄庄-高丽营断裂所截后, 继续向东南延伸到通县西北一带, 有可能与南苑-通县隐伏断裂相接。

该断裂全部隐伏于第四纪松散沉积物之下, 断裂在第四纪以来的垂直差异活动, 对沿线区域的地层分布、地貌差异、水系布局及第四纪厚度变化等影响均有较明显的表现。

南口至百善地段, 断面倾向 SW, 上盘下落, 形成一个 NW 向的陷落带, 即马池口第四纪凹陷, 堆积了厚达 800m 的第四纪沉积物。在马池口的钻孔钻至 800m 未穿透第四纪沉积物, 下伏基岩为侏罗系。而在断层的下盘第四系沉积极薄, 并在雪山—百泉庄一带有基岩残丘裸露地表。重力图上此段为明显的重力梯度带。从百善至通县段, 断裂倾向 NE, 控制了顺义第四纪凹陷南部的东坝沉积中心。上盘下降, 如后沙峪、古城一带堆积了厚达 800 余米的第四系, 下盘相对抬升, 如来广营一带第四系厚仅 200~300m。断裂西北端未延入南口以西的基岩山区, 很明显是受到 NE 向南口山前断裂的限制, 在孙河一带穿过顺义断裂向南

东方向的反应不明显。据测年数据显示，该断裂形成的时间应在新近纪末至第四纪初。

该断裂不仅在宏观上有明显的表现，大量的地表物化探工作和槽探工作也证实了断裂的存在，通过高精度定位以及测年基本确定了断裂的位置及其活动规律。

1) 化探证据

沿断裂分布区布置的化探剖面清晰反映了断裂的位置。包括东三旗测线、白浮测线、百泉庄测线和雪山村测线（见图 3-6）。

从图上看出，除通县富豪村测线没有异常，其余 5 条测线都有明显的异常反应。说明从化探的资料看断裂主要发育在顺义断裂以西，没有向南东延伸。沿断裂的电性差异也很明显。

2) 槽探证据

昌平区的旧县村西和百泉庄小学附近的槽探工程揭露了断裂的存在及其特征，根据对旧县探槽进行的研究和测年结果（图 3-7），可识别出全新世三次古地震事件。

第一次发生在层 11 沉积之后，层 10 沉积之前，层 11 的三个热释光测年平均值为距今 10463 ± 216 a；层 10 的 5 个热释光测年平均值为距今 9706 ± 1235 a。第一次地震发生在两者之间。

第二次古地震以构造楔 A 为代表，组成构造楔黑色黏土的 ^{14}C 年龄为距今 7894 ± 150 a，反映古地震发生在 7894a 之后；从剖面上看出，断层下盘的层 8 对应本次事件的负地形堆积，古地震应发生在层 8 之前，而层 8 的热释光年龄为距今 7640 ± 650 a。第二次古地震发生在 7894a—7640a 之间。

第三次古地震发生在层 6 之后，层 3 之前，即距今 5130 ± 410 a— 2466 ± 70 a 之间。综合考虑第三次事件发生在距今 3987—3670a 之间。强震的平均间隔时间为 4446a 左右。从时间间隔因素考虑，现阶段也处在该断裂强震间歇期的末期，因此该断裂也是应该关注的发震断裂。

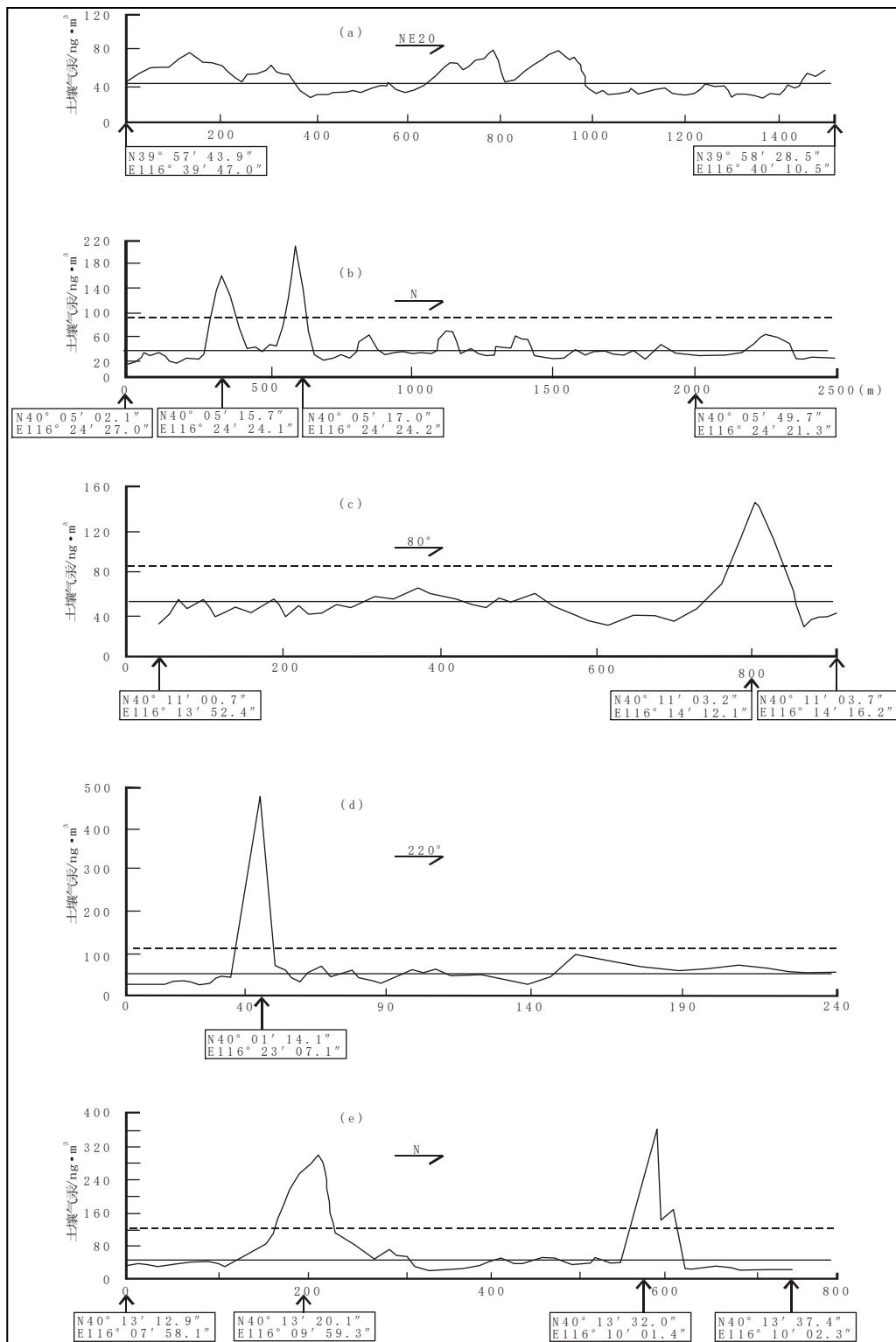


图 3-6 南口-孙河断裂带上 5 条测线探查结果 (据王基华)
 (a) 富豪村 (NS-1) 测线; (b) 东三旗 (NS-2) 测线; (c) 白浮 (NS-3) 测线;
 (d) 百泉庄 (NS-4) 测线; (e) 雪山村 (NS-5) 测线

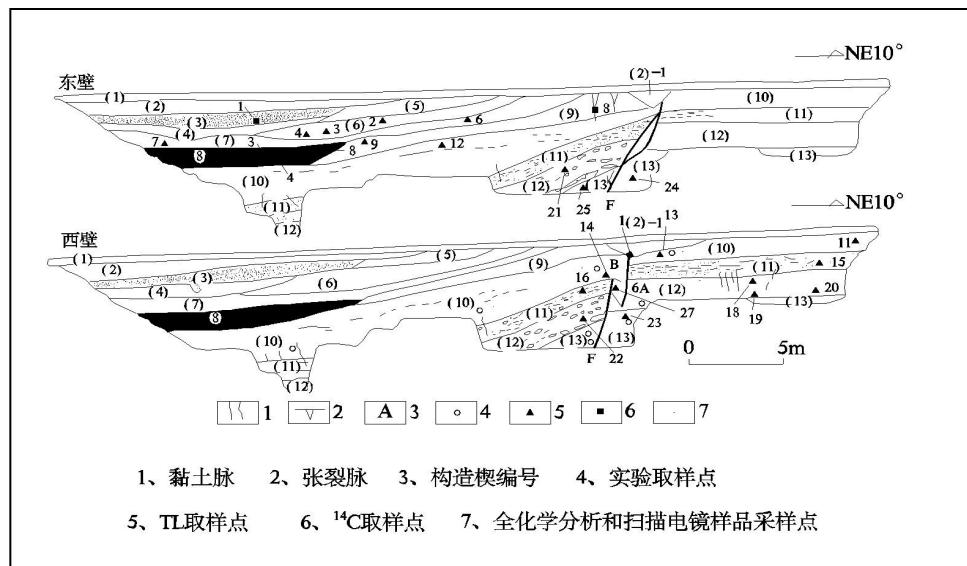


图 3-7 旧县村西探槽剖面图 (据江娃利)

对百泉庄探槽的研究表明 (图 3-8)，层 10 的 ^{14}C 测年为距今 12120a；层 7 中木头的 ^{14}C 年龄为距今 17120a；层 4 的热释光年龄为距今 11058a，探槽揭露的断裂发生在晚更新世至全新世之间。

剖面 (图 3-9) 见到的层 9 与层 10 的断层接触面断面平直，近直立，如刀切，产状 $205^\circ \angle 87^\circ$ 。据剖面见到的断错、钻探揭示及地质雷达探测资料分析，地表以下 3—5m 的垂直断距在 0.6-0.8m 左右。

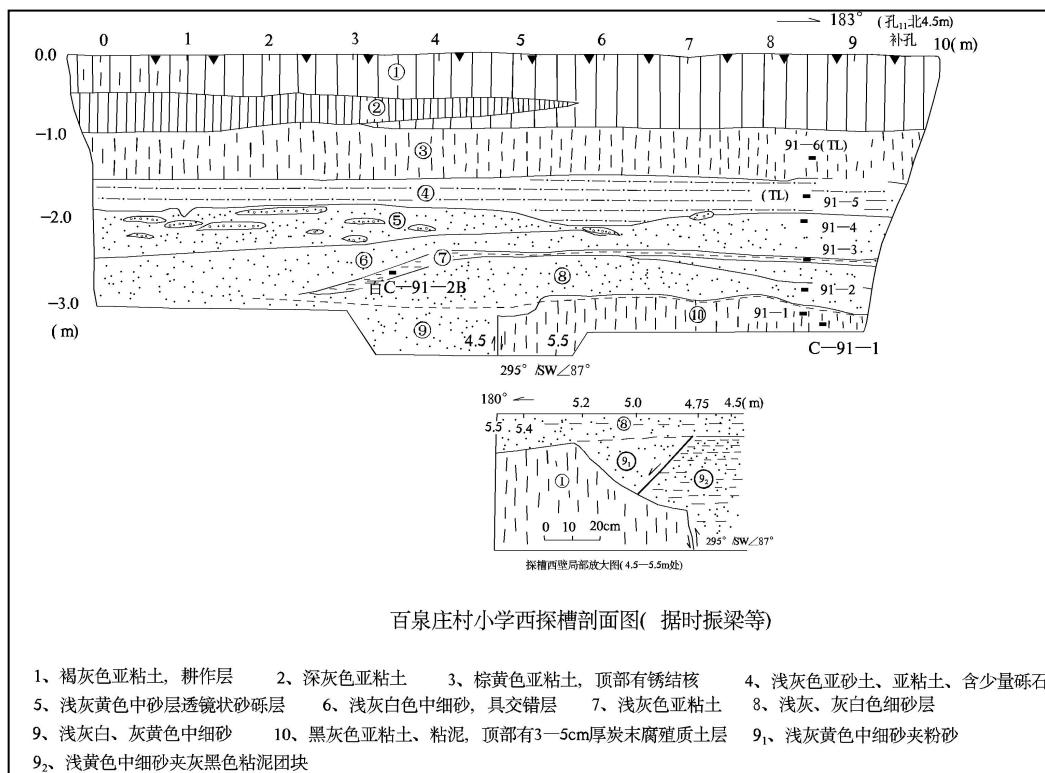


图 3-8 百泉庄小学探槽剖面 (据时振梁)

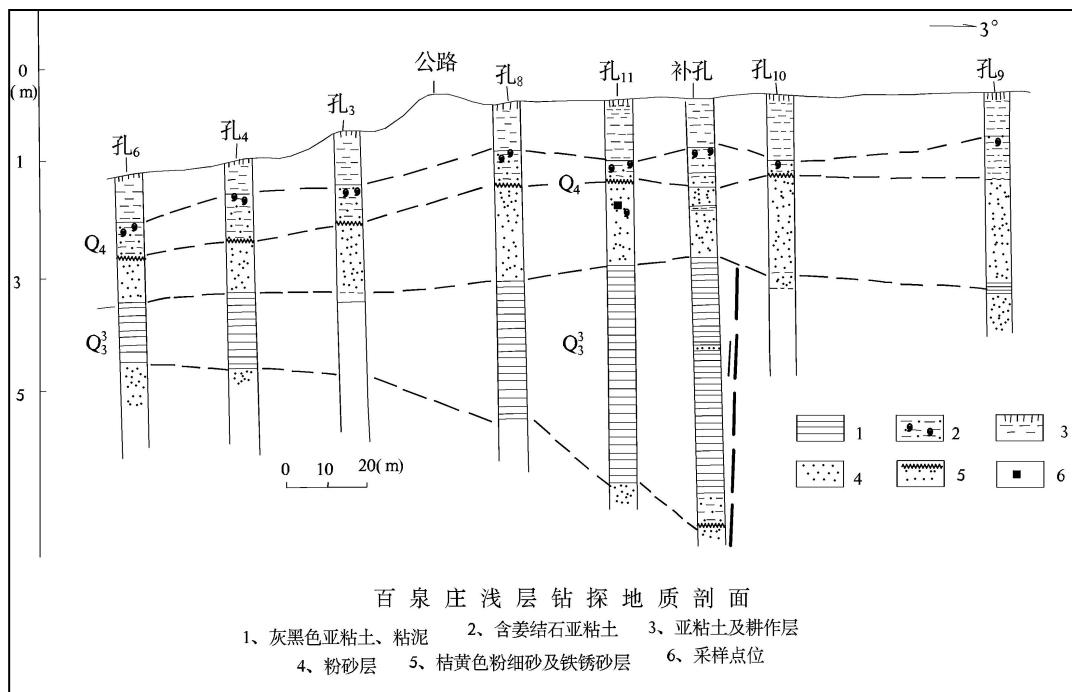


图 3-9 百泉庄钻探剖面 (据北京地调院)

沿立汤路东三旗-小汤山的重力测量剖面以及沿京顺路—机场路的重力测量、CSAMT 测量等物探成果显示 (图 3-10、3-11、3-12)，该断裂在顺义断裂以西反映明显，尤其 CSAMT 剖面显示南口—孙河断裂的宽度较大，可达 1km。此外在两条重力测线的北段都见到异常显示。

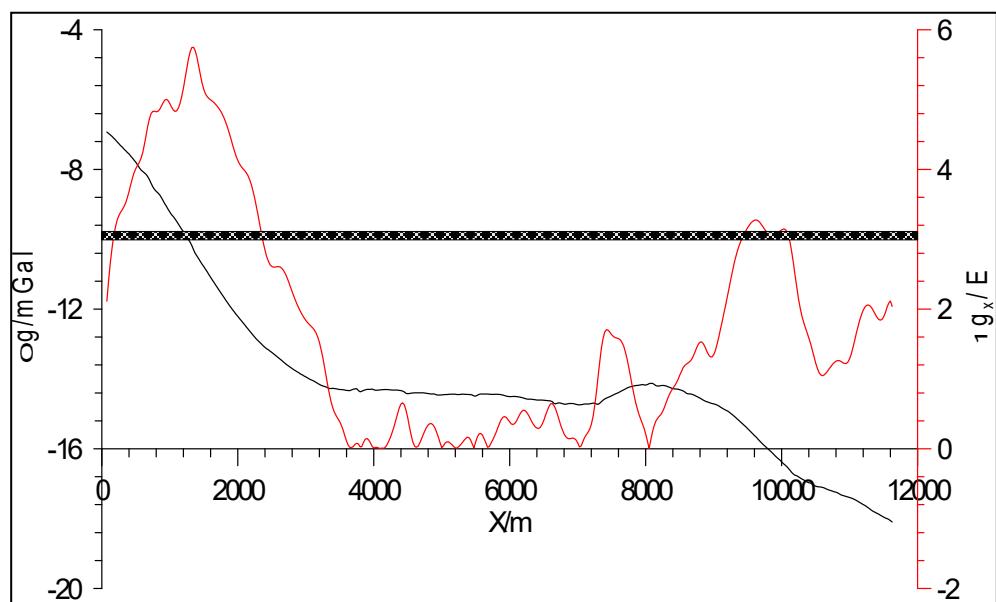


图 3-10 立汤路 ZL-1 重力测线成果图 (据北京地调院)

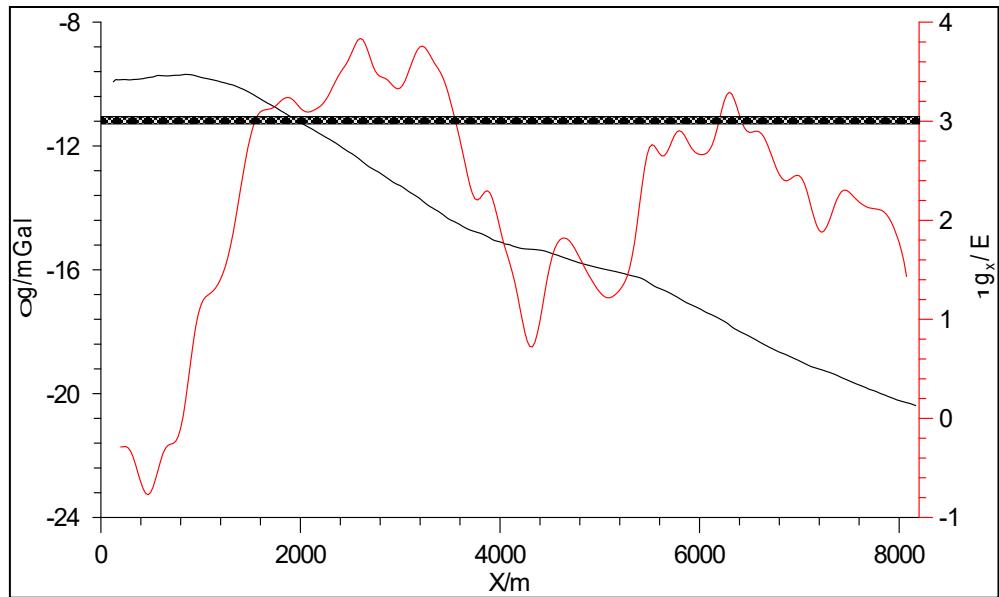


图 3-11 ZL-2 京顺路重力测线成果图 (据北京地调院)

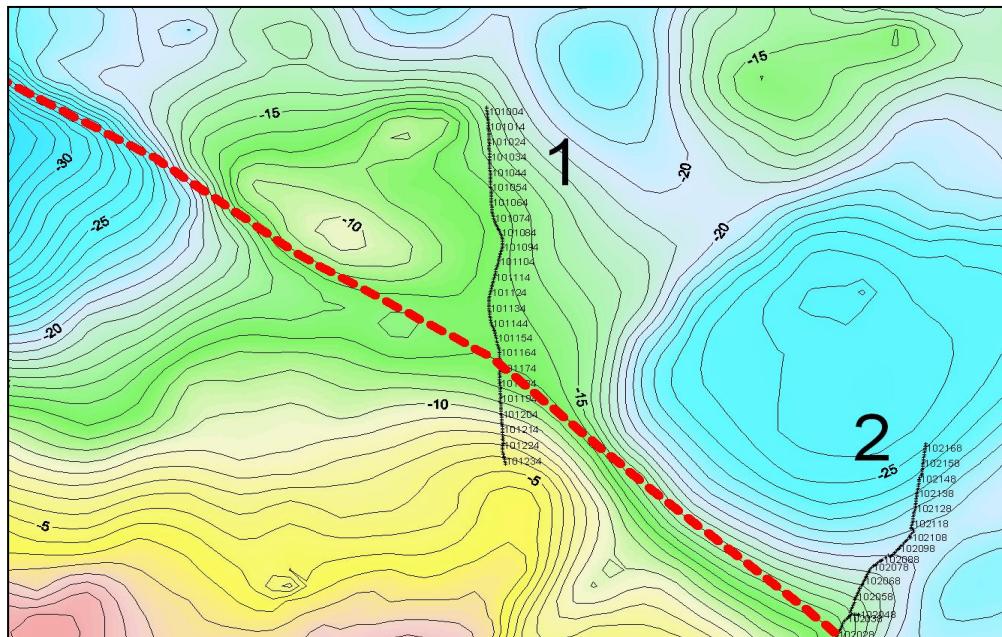


图 3-12 ZL-1、ZL-2 重力测线与区域重力布伽异常关系图（据北京地调院）

但在通过顺义断裂后，南口—孙河断裂在南东延伸方向构造迹象不明显。在楼梓庄—皮村以及通县城北部沿京哈路布置的重力测线（图 3-13、3-14），都没有捕捉到大规模北西向断裂的痕迹。据此并结合大量已有资料，认为南口—孙河断裂的活动主要限制在顺义断裂以西。

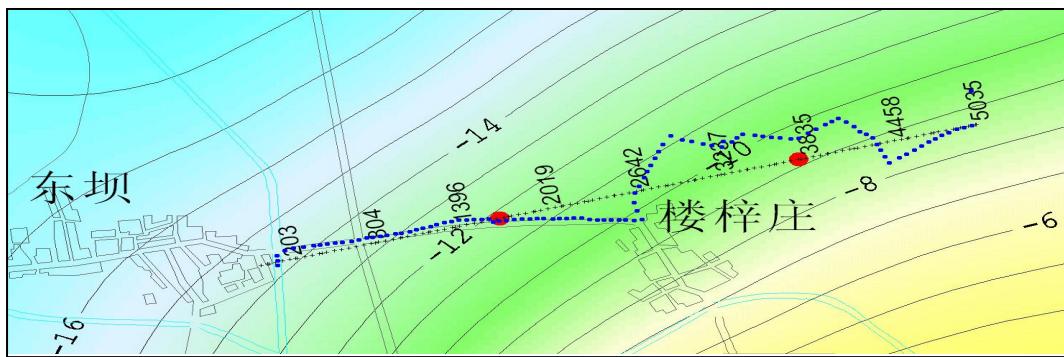


图 3-13 ZL-3 测线位置及成果图 (据北京地调院)

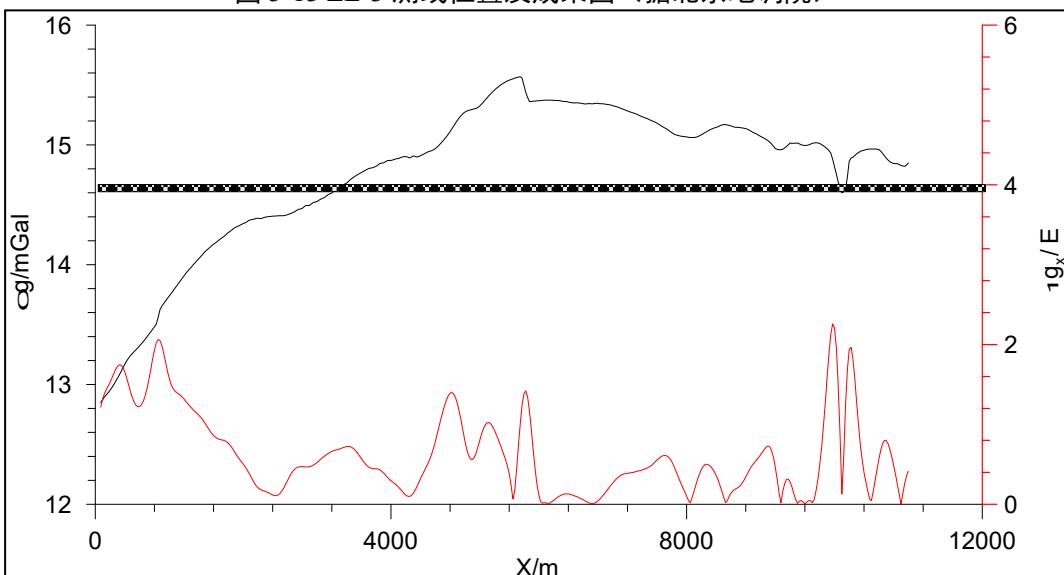


图 3-14 GL-2 京哈高速重力剖面成果图 (据北京地调院)

综合各方面资料,可以确定南口—孙河断裂形成于第四纪初期,该断裂的形成和活动对第四系沉积、沿线的地貌和地表水系有强烈影响。断裂在全新世至少有三次强烈活动,活动间隔约为 4446 年左右,最晚一期强烈活动约发生在距今 3500 年前左右,目前正处在间歇期的后期,断裂活动不明显。

3.2.3.3 活动断裂现状评估

拟建工程距西北侧黄庄-高丽营断裂约为 1350m,该断裂最晚活动时代为晚更新世,全新世活动尚无直接证据;拟建工程距西南侧南口-孙河断裂为 2000m

左右,现有资料分析表明,该断裂在全新世有三次强烈活动,活动间隔约为4446年左右,最晚一期强烈活动约发生在距今3500年前左右,目前正处在间歇期,断裂活动不明显。根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)表6(如表3-14)对该活动断裂进行现状地质灾害危险性评估,判定活动断裂发育弱;根据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)表7(如表3-15)活动断裂地质灾害危险性现状评估表判定,活动断裂对本工程现状危险性“小”。

表3-14 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3-15 活动断裂地质灾害危险性现状评估表

危 险 性	灾 情		
	重	中	轻
发育程度	强	大	大
	中	大	中
	弱		小

3.3 现状评估小结

评估区主要存在地面沉降、砂土液化、活动断裂三种地质灾害,根据本次对评估区地质灾害现状及调查结果,进行如下小结:

(1) 地面沉降:评估场区及其附近地区地面沉降属比较平稳的区域性沉降,拟建场地1955-2021年累计沉降量约680mm(东南角)-830mm(东北角),拟建场地位于地面沉降上升区,按0mm/a计算,由此可以计算出,到2024年底建设场地累计地面沉降量约680mm(东南角)-830mm(东北角)。拟建工程区地面沉降现状发育程度为“中”,地面沉降灾情为轻,地面沉降现状的地质灾害危险性“小”。

(2) 砂土液化:建设用地地下20.0m深度范围内的饱和砂土地层,在现状地下水位和VIII度地震烈度作用下不会发生砂土液化现象,砂土液化危害灾情等

级为轻，拟建场地砂土液化现状的地质灾害危险性“小”。

(3) 活动断裂：拟建工程距西北侧黄庄-高丽营断裂约为1350m，该断裂最晚活动时代为晚更新世，全新世活动尚无直接证据；拟建距工程西南侧南口-孙河断裂距离为2000m左右，但该断裂目前正处在间歇期，断裂活动不明显。活动断裂对本工程现状危险性“小”。

4. 地质灾害危险性预测评估

4.1 工程建设引发或加剧地质灾害危险性预测

4.1.1 地面沉降

拟建工程在施工过程中可能会采取降水措施，但降深一般不大于10m，施工过程中抽汲的地下水主要为上层滞水及潜水，且施工时间较短。该地区的地面沉降主要来自深部承压含水层的开采，因此，拟建工程在建设过程中不会加剧该地区的地面沉降量。

根据拟建工程总体规划，项目建成后生产生活用水由自来水厂通过城市管网统一供水，建设区内没有抽汲地下水的规划，因此，拟建工程在建成后不会加剧该地区的地面沉降危害。

4.1.2 砂土液化

砂土液化问题是根据地下水位变化进行判别的，拟建工程无论是在建设过程中还是建成后都不会引起地下水位的长期性变化。因此，拟建工程在建设过程中及建成后都不会诱发或加剧砂土液化灾害。

4.1.3 活动断裂

拟建工程荷载不大，工程在建设过程中及建成后不会改变地壳结构或区域应力场状态，不会引发或加剧周边断裂构造的活动性，即工程建设引发或加剧活动断裂地质灾害危险性小。

4.2 工程建设可能遭受地质灾害危险性预测

4.2.1 地面沉降

地面沉降量预测，是在维持目前地下水开采状况及水位下降速度的前提下进行。因为沉降量的计算是建立在水位预测基础上的，如果造成水位变化的条件发生改变，就无法对水位的变化趋势进行预测，也就无法预测沉降量。

根据北京市水文地质工程地质大队对北京昌平八仙庄地面沉降中心研究成果，由于地下水位下降引起的地面沉降量计算为：

$$S_1 = \frac{H_0 \cdot \Delta P}{E_s} \quad (1) \text{ (砂土、碎石类土沉降量计算式)}$$

$$S_2 = \frac{H_0 \cdot C_c}{E_s} \cdot \lg \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \quad (2) \text{ (粘性土沉降量计算式)}$$

式中: H_0 —— 地层初始厚度

ΔP —— 水位降低引起的附加荷载应力, $\Delta P = \Delta h \cdot r_w$

E_s —— 压缩模量

E_0 —— 地层初始孔隙比

e —— 水位下降后地层孔隙比 (计算求得)

P_0 —— 地层初始容重

P —— 水位下降后地层容重

$$C_c = \frac{e_0 - e}{\lg P - \lg P_0}$$

Δh —— 水位降低值

r_w —— 水的容重

根据上述二式, 经初步预测计算, 得出建设场地到 2029 年累计地面沉降量约为 680mm (东南角) -830mm (东北角)。

依据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021) 的表 4 (表 4-1) 确定, 地面沉降预测发育程度为“中”; 同时根据历年资料及其现场踏勘可以对此可能发生的地质灾害危险程度进行预测, 未来五年内该用地内不会因地面沉降影响而发生人员伤害, 该危害程度级别为“轻”(表 4-2)。拟建场地可能遭受地面沉降地质灾害的危险性为“小”(表 4-3)。

表 4-1 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)	>1000	500-1000	<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 4-2 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

表 4-3 地面沉降预测评估危险性确定

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

4.2.2 砂土液化

本次评估设定地下水位埋深 0.0m（历史高水位）条件下，对场区砂土液化的可能性进行预测。

依据《建筑抗震设计标准》（GB50011-2010）（2024 年版），经判别（表 4-4）在拟建工程区地下 20.0m 深度范围内的饱和粉土、砂土层在地下水位埋深 0.0m 和Ⅷ度地震烈度作用条件下不会发生砂土液化现象。

表 4-4 评估场地砂土液化预测评估判别结果

孔号	标贯中点 ds (m)	地下水位 (m)	层号	岩性	黏粒含量 ρ_c	实测标贯击数 N	临界值 N _{cr}	液化判别	液化指数 I _{LE}
zk01	4.0	0	②	细砂及粉砂	3	22	15.5	不液化	0.00
zk01	5.0	0	②	细砂及粉砂	3	25	17.1	不液化	
zk01	6.0	0	②	细砂及粉砂	6	27	13.1	不液化	
zk01	9.0	0	④	砂质粉土及黏质粉土	6	16	15.6	不液化	
zk01	10.0	0	④	砂质粉土及黏质粉土	6	18	16.2	不液化	
zk01	14.0	0	⑤1	细砂	3	34	26.1	不液化	
zk01	17.0	0	⑥1	细砂	3	31	28.0	不液化	

zk01	18.0	0	⑥	细砂	3	41	28.6	不液化	0.00
zk01	19.0	0	⑥	细砂	3	43	29.2	不液化	
zk02	3.5	0	②	细砂及粉砂	3	22	14.6	不液化	
zk02	4.5	0	②	细砂及粉砂	3	23	16.4	不液化	
zk02	5.5	0	②	细砂及粉砂	3	26	17.9	不液化	
zk02	10.0	0	④	砂质粉土及黏质粉土	6	19	16.2	不液化	
zk02	17.5	0	⑥	细砂	3	35	28.3	不液化	
zk02	18.5	0	⑥	细砂	3	37	28.9	不液化	
zk02	19.5	0	⑥	细砂	3	33	29.4	不液化	
zk03	3.0	0	②	细砂及粉砂	3	22	13.6	不液化	
zk03	5.0	0	②	细砂及粉砂	3	24	17.1	不液化	
zk03	9.5	0	④	砂质粉土及黏质粉土	6	17	15.9	不液化	0.00
zk03	17.0	0	⑥	细砂	3	34	28.0	不液化	
zk03	19.0	0	⑥	细砂	3	39	29.2	不液化	

依据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2021），根据液化等级和危害程度（表 4-6）确定建设场地遭受砂土液化地质灾害危险性小（表 4-7）。

表 4-6 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

表 4-7 砂土液化预测危险性确定

危险性	危害程度
-----	------

		重	中	轻
液化等级	严重	大	大	中
	中等	大	中	小
	轻微	小		

4.2.1 活动断裂

黄庄-高丽营断裂从拟建工程西北侧外约 1350m 处通过，该断裂最晚活动时代为晚更新世，全新世活动尚无直接证据。南口-孙河断裂从拟建工程南侧外 2000m 处通过，同时根据收集资料显示，该断裂目前正处在间歇期，断裂活动不明显。依据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2021）表 8（表 4-8）确定，拟建工程可能遭受的活动断裂预测的地质灾害可能性为“小”；依据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2021）表 9（表 4-9）确定，拟建工程可能遭受的活动断裂预测的地质灾害危险性为“小”。

表 4-8 建设项目遭受活动断裂可能性判别表

可能性	判别标准
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 4-9 活动断裂地质灾害危险性预测评估表

危 险 性		险 情		
		重	中	轻
可能 性	大	大	大	中
	中	大	中	小
	小	小		

4.3 预测评估小结

评估区主要存在地面沉降、砂土液化和活动断裂三种地质灾害，根据本次对评估区地质灾害预测评估，进行如下小结：

（1）拟建工程工程建设对地质环境影响不大，工程建设可能引发或者加剧

地面沉降、砂土液化、活动断裂等地质灾害危险性均为“小”。

(2) 拟建工程地面沉降发育为“中”，危害程度级别为轻，则拟建工程可能遭受地面沉降灾害危险性等级为“小”；拟建工程地下 20.0m 深度范围内的饱和粉土、砂土层在地下水位埋深 0.0m 和Ⅷ度地震烈度作用条件下不会发生砂土液化现象，危害程度级别为轻，拟建工程工程砂土液化预测的地质灾害危险性“小”；黄庄-高丽营断裂从拟建工程西北侧外约 1350m 处通过，该断裂最晚活动时代为晚更新世，全新世活动尚无直接证据；南口-孙河断裂从拟建工程西南侧外 2000m 处通过，同时根据收集资料显示，该断裂目前正处在间歇期，断裂活动不明显。拟建工程工程可能遭受的活动断裂地质灾害危险性为“小”。

5. 地质灾害危险性综合分区评估及防治措施

5.1 地质灾害危险性综合评估原则

综合评估级别以现状和预测评估为基础，危险性采取“就高不就低”的原则进行确定。在单一灾种地质灾害综合评估及分区的基础上，对同一评估单元内不同灾种的综合评估结果进行叠加，按“就高不就低”的原则得出多灾种的综合评估及分区评估结论。

5.2 地质灾害危险性综合评估

通过现状评估和预测评估，该建设用地内不存在地形地貌和地质灾害分布的明显分带和异常，视为一个整体区段进行评估，依据上述量化指标综合评估如下（表 5-1、表 5-2、表 5-3）。

综合评估级别以现状和预测评估为基础，危险性采取“就高不就低”的原则进行确定。在单一灾种地质灾害综合评估及分区的基础上，对同一评估单元内不同灾种的综合评估结果进行叠加，按“就高不就低”的原则得出多灾种的综合评估及分区评估结论。

经单灾种地质灾害危险性综合评估，建设用地内砂土液化地质灾害现状危险性小，地面沉降地质灾害现状危险性小，活动断裂地质灾害现状危险性小；预测建设用地遭受砂土液化为小，遭受地面沉降地质灾害危险性小，遭受活动断裂危险性为小；综合评估建设用地遭受地面沉降、砂土液化、活动断裂地质灾害的危险性等级均为小级。

经多灾种地质灾害危险性综合评估，拟建工程地质灾害危险性等级为小级。

表 5-1 地灾灾害危险性综合评估分级表

综合评估分级		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

表 5-2 拟建工程单灾种地质灾害危险性综合评估分区表

评估区	灾种	现状评估 危险性	预测评估		综合评估 危险性
			可能遭受危险性	引发或加剧危险性	
拟建工程	地面沉降	小	小	小	小
	砂土液化	小	小	小	小
	活动断裂	小	小	小	小

表 5-3 拟建工程多灾种地质灾害危险性综合评估分区表

评估区	灾种	单灾种综合评估危险性等级	多灾种综合评估危险性等级
拟建工程	地面沉降	小	小
	砂土液化	小	
	活动断裂	小	

5.3 建设场地适宜性评估

通过对建设用地地质灾害危险性的综合评估，根据《地质灾害危险性评估技术规范》（DB11/T 893-2021）表 44（见表 5-4）确定建设用地地质灾害防治难度为“小”。根据上述规范中表 43（见表 5-5）确定建设用地适宜性划分为“适宜”。

表 5-4 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 5-5 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

5.4 防治措施

（1）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。

（2）砂土液化、活动断裂

本项目可不考虑砂土液化、活动断裂的防治措施。

6. 结论及建议

6.1 结论

(1) 评估区内现状地质灾害发育程度中等，地形地貌简单，地质构造条件中等复杂，工程地质、水文地质条件中等复杂，破坏地质环境的人类工程活动简单，评估区地质环境条件复杂程度为中等复杂。

(2) 拟建工程为较重要建设项目，位于地质环境条件中等复杂区，依据《地质灾害危险性评估技术规范》(DB11/T 893-2021)中的有关规定，拟建工程建设用地地质灾害危险性评估级别为二级。

(3) 经现状评估，评估区潜在地质灾害类型主要为地面沉降、砂土液化和活动断裂。砂土液化地质灾害现状危险性为“小”；地面沉降地质灾害现状危险性为“小”，活动断裂现状地质灾害危险性“小”。

(3) 预测评估认为，工程建设对附近地质环境影响不大，工程建设引发、加剧地面沉降、砂土液化和活动断裂地质灾害的危险性均为“小”；拟建工程遭受地面沉降、砂土液化和活动断裂地质灾害的危险性均为“小”。

(4) 经地质灾害危险性综合评估，拟建工程建设用地地质灾害危险性等级为“小级”，建设用地地质灾害防治难度为“小”，该场地“适宜”作为昌平区未来科技城(南区)南6号地块土地一级开发(仅含征地拆迁)项目的建设用地。

6.2 建议

(1) 评估区位于未来科技城沉降中心西侧，随着区域地下水开采量增大，地面沉降范围及其灾害效应将会加大，建议本项目建设中加强对地下水资源的管理和合理开发，防止地面沉降进一步发展，同时在规划设计中预先考虑可能发生的地面沉降量，并采取相应的防治措施。

(2) 根据北京地区关于断裂活动性的研究资料，并结合本次断裂探测成果综合分析，黄庄-高丽营断裂从规划建设用地西北侧通过、南口-孙河断裂从规划建设用地南侧通过，而关于其活动性的评价是基于已有资料和图件得出的；本工程在考虑黄庄-高丽营断裂、南口～孙河断裂影响、进行抗震设防和抗震设计时，应主要依据场地地震安全性评价结果和相关结论，考虑合理的规避距离和安全、可靠的工程措施，并应同时符合现行有关标准的规定。

(3) 本报告不代替其他专项评价工作。