

1 概述

1.1 工程概况

1.1.1 工程的位置及周边环境情况

拟建扬州市六圩污水处理厂污泥系统改造工程位于扬州市邗江区施桥镇，临江路东侧、邗江河南侧，交通较为便利。拟建工程场地原多为厂区空地，具体场地周边环境见“工程位置示意图”。



图 1 工程位置示意图

1.1.2 工程规模

拟建工程包括：脱水机房、储泥池、污泥浓缩池及排泥泵房，据设计单位提供资料，各建（构）筑物工程概况如下：

拟建工程概况一览表 表 1

序号	建筑物	东西长 (m)	南北长 (m)	层数	高度 (m)	最大柱网 (m×m)	基底平均压力 kPa(含基础底板重)或单柱荷载 (kN)	结构形式	基础埋深 (m)	基础形式
1#	脱水机房	36.0	25.0	1	11.30	7.5×6.0	1800kN	框架	1.5	柱下独基
	储泥池	5.6	15.0	1	7.30	-	100kpa	混凝土	1.5	整板基础
2#	污泥浓缩池	18.0	51.0	1	5.50	-	200kpa	框架	2.3	整板基础
	排泥泵房	7.0	7.0	1	5.50	-	100kpa	框架	2.6	整板基础
	浮渣井	2.7	2.3	-	-	-	100kpa	混凝土	2.4	整板基础

注：1.脱水机房设计规模 20 万 m³/d；
2.拟建脱水机房储泥池含单跨 11m 的桁车（3T），2 个污泥浓缩池为Φ18m 圆形状；
3.本工程设计±0.000 标高为 4.53-4.80m，室外地坪标高约 4.50m，基础埋深为从室内地面标高 4.50m 处起算。

本工程建成后效果图如下图：



图 2 工程效果图

1.1.3 勘察来源、日程

受扬州市洁源排水有限公司委托，我公司承担了该场地的岩土工程勘察工作。我公司于 2018 年 10 月 11 日进入施工场地，2018 年 10 月 15 日完成外业工作。

1.2 勘察目的及任务

1.2.1 勘察的目的

本次勘察目的旨在查明拟建场地勘探深度内的地基岩土体分布规律、工程地质特征及其主要物理力学性质，场地水文地质条件，对场地和地基稳定性作出评价，为拟建建(构)筑物的地基基础设计和施工提供所需的岩土工程资料和参数。

1.2.2 勘察的任务

- 根据规范和委托方提出的详细勘察要求，本次勘察的具体任务为：
- (1). 查明场地各岩土层的构成、成因、类别、分布、厚度及特征,分析和评价地基的稳定性、均匀性。
 - (2). 查明场地不良地质作用的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，提出整治方案的建议。
 - (3). 查明场地各岩土层的物理力学性质，提供强度和变形参数。
 - (4). 对场地和地基的地震效应做出评价，划分建筑场地类别，并对饱和砂土及粉土进行液化判别。
 - (5). 查明地下水的埋藏条件，提供地下水位及变化幅度，判定地下水和地基土对建筑材料的腐蚀性。
 - (6). 判定地基土及地下水在工程施工和使用期间可能产生的变化及其对工程的影响，提出预防措施及建议。
 - (7). 对可采用的地基基础设计方案进行分析论证，提出经济合理的地基基础设计方案建议；
 - (8). 提供复合地基评价及其施工条件及其对环境的影响；
 - (9). 查明基坑开挖对周围环境可能产生的不利影响，提出地基基础、基坑支护、工程降水、地基处理的建议。
 - (10). 提供工程降排水设计、地下水控制设计的计算参数和施工控制的建议，并论证和评价降水对周围环境的影响；
 - (11). 针对设计、施工和使用过程中可能发生的岩土工程问题提出建议。

1.3 勘察依据的技术标准

- 本次勘察执行的主要标准、规范、规程如下：
- (1). 《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009 年版）；
 - (2). 《市政工程勘察规范》（CJJ56-2012）；
 - (3). 《岩土工程勘察规范》（DGJ32/TJ 208-2016）（省标）；
 - (4). 《高层建筑岩土工程勘察标准》（JGJ/T 72—2017）；
 - (5). 《建筑工程抗震设防分类标准》（GB 50223-2008）；
 - (6). 《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2015）；
 - (7). 《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）（2016 年版）；
 - (8). 《构筑物抗震设计规范》（GB 50191-2012）；
 - (9). 《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）；
 - (10). 《建筑桩基技术规范》（JGJ 94-2008）；
 - (11). 《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120-2012）；
 - (12). 《软土地区岩土工程勘察规程》（JGJ 83-2011）；
 - (13). 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》（JGJ/T87-2012）；
 - (14). 《静力触探技术标准》（CECS04: 88）；
 - (15). 《土工试验方法标准》（GB/T50123-1999）；
 - (16). 《地基动力特性测试规范》（GB/T50269-2015）；
 - (17). 《岩土工程勘察报告编制标准》（CECS99: 98）；
 - (18). 《岩土工程勘察安全规范》（CB 50585-2010）；
 - (19). 《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住房城乡建设部令第 37 号）；
 - (20). 《岩土工程勘察合同》等。

1.4 工程勘察分级

1.4.1 勘察等级划分

根据《市政工程勘察规范》（CJJ56-2012）第 3.0.1 条，并与设计院沟通，本工程脱水机房设计规模 20 万 m³/d，属于大型处理厂，本工程市政工程重要性等级：一级工程；场地复杂程度等级：二级（中等复杂）；岩土条件复杂程度等级：二级（中等复杂）。综合确定本工程市政工程的勘察等级为甲级。

经与设计院沟通，依据《建筑地基基础设计规范》（GB5007-2011）第 3.0.1 确定地基基础设计等级为乙级。

1.4.2 抗震设防分类

经与设计院沟通，并按照《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223-2008），依据使用功能的重要性，确定本工程的抗震设防类别为重点设防类（乙类），应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施，同时应按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。

1.5 勘察工作布置

1.5.1 勘察方法

本次勘察在收集已有资料的基础上，采用地质调查、钻探、原位测试与室内岩、土、水试验相结合的综合勘探方法。原位测试主要包括：静探、标准贯入试验等方法。

1.5.2 勘探孔布置

根据本工程特征，结合场地的地质条件，依据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（2009 年版）、《岩土工程勘察规范》（DGJ32/TJ 208-2016）结合设计院相关要求布置勘探点。

按拟建物角点、周边线、轴线布置勘探孔（对于中等复杂地基的勘探点间距要求为 15～25m）。拟建工程共布置勘探孔 18 个（取土机钻孔 7 个，静探孔 11 个）。主要勘探孔深度应能控制地基主要受力层，勘探孔深 25.0～30.0m。取土试样孔不少于总钻孔数的 1/3，取土和原位测试孔在总钻孔孔数的 1/2 以上。

勘探点具体位置详见“建筑物与勘探点平面位置图”。

1.6 勘察工作实施概况

1.6.1 工程地质调查(现场调查及踏勘)

本阶段根据设计部门提供的地形图，对项目范围内进行了工程地质调查，对沿线地貌基本特征，沿线地表水、地下水进行了相应的调查，同时收集地震基本烈度区划资料，划分对工程建设抗震有利、不利、一般或危险的地段，收集当地水文、气象等资料。场地地形地貌与地形图基本一致，局部受人工改造稍有变化。

1.6.2 勘探点放样测量控制

根据委托方提供的地形图读取各勘探点坐标，利用 JSCORS 系统进行勘探点定位及测量勘探点

高程，共测放勘探点 18 个。陆域平面位置定位偏差≤0.25m，高程偏差控制在±0.05m。施工前对现场地形进行核对，勘探作业结束后进行复测。

本工程高程系统为 1985 国家高程基准（下同），坐标系统为 1954 年北京坐标系。各孔口坐标、高程详见“勘探点一览表”。

1.6.3 钻探及取样

(1). 钻探

本次钻孔采用GXY-1型工程钻机及其配套设备，钻孔开孔直径130mm，终孔直径为110mm，钻进过程中采用泥浆护壁钻进,全断面取芯工艺。钻探控制操作的具体方法按《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009年版）第9.2.4条及《建筑工程地质钻探与取样技术规程》（JGJ/T87-2012）第5.5.1条执行，岩芯采取率：黏性土地层≥90%，粉土、砂土层≥80%（地下水位以上）；粉土、砂土层≥70%（地下水位以下）。

钻探野外记录按钻进回次逐段记录（一般回次不宜超过2.0m，在预计的地层界限附近及重点探查部位，回次进尺不宜超过0.5m），记录内容包括地层描述、孔口标高、地下水位、取样及原位测试、钻进异常等。原始记录做到正确、完整、可靠、清晰。每钻孔结束后，记录员及时签名，经队（组）长及检查人员签字后交现场技术负责人。

现场钻探过程中钻探设备、精度、取芯率、方法及野外记录均能满足规范要求。钻探结束后，钻孔及时采用原状土由孔底逐步向上灌注回填、封孔。

(2). 取样的技术要求

取样要求：对每个取土孔，每个主要土层取样数据至少 1 件，厚度大于 5m 时每层不少于 2 件；场地每一主要土层的原状样不应少于 6 件。

取样方法：一般黏性土采用常规取土器静压法或重锤少击法取样，软土用薄壁取土器静力压入法取样，砂土采用原状取砂器取样，标贯器中取扰动土样。所有原状样均达到 I ～ II 级样品标准。各类土样采取符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009 年版）第 9.4.5 条要求。

(3). 水样的采取

在拟建场地取有代表性的地下水，以及对工程有影响的地表水，进行水质简分析。取水样的钻孔采用无水干钻钻进，待水位恢复后取水样，孔内无泥浆、无外界物质，取样深度在水面下0.5～1.0m左右。

(4). 土质分析样的采取：取地表水位以上有代表性的土样进行试验。

(5). 土样的贮存、搬运与交付

为保证原状样的天然结构，天然含水率，做到轻拿轻放，避免人为扰动。土试样取出后，及时封装和黏贴标签，并用蜡封口防潮。终孔后，及时填写送样清单，与土样一并运回试验室。

土样搬运过程中必须轻拿轻放，手工搬运和车辆运输中应保持土样直立，对软弱土样、软土样，不允许横置、倒置，运输时采取防震、防雨、防晒等措施。

交付：野外勘察送样责任人将试样交试验室责任人，并进行验收、贮存。对试验项目有特殊要求需进一步明确时，应由项目负责人写出具体要求并签署。

1.6.4 原位测试

(1). 静力触探

本次所采用双桥探头：编号 5308，锥头系数为 4.363kPa，侧壁系数为 0.07379kPa，锥头截面 15cm²，侧壁面积 150cm²，锥角 60 度。采用液压静力触探仪架，试验采用静压法将探头贯入土中，贯入速率 1.2m/min，贯入读数间隔为 0.1m，现场归零误差小于 3%，采用溧阳应用计算机厂生产的 LMC-D310 型微机自动采集数据。技术要求符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009 年版）第 10.3.2 条规定。

(2). 标准贯入试验

标准贯入试验作为主要的原位测试手段之一，在第四系地层中进行，可用于判别地基土的软硬、密实程度，并可按地区经验确定承载力。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，为了对饱和砂土或粉土进行液化判别，按《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）（2016 年版）第 4.3.1 条、《构筑物抗震设计规范》（GB 50191-2012）第 4.3.1 条规定，采用标准贯入试验判别法判别地面下 20m 范围内土的液化，判别液化的勘探点不应少于 3 个。液化判别孔的 20m 深度以内的标贯点间距为 1.0-1.5m，20m 以下土层中的标贯点间距可放宽为 2.0-3.0m；场地每一主要土层的标贯测试数据不应少于 6 组。

进行试验时采用 42mm 触探杆、锤重 63.5kg(自由下落，落距 76cm)。先用钻具钻至试验位置以上 15cm 处，将贯入器打入土层 15cm(不计击数)后，记录每打入 10cm 的锤击数，累计打入 30cm 的锤击数为标准贯入击数。

(3). 波速测试

波速试验主要用来确定场地等效剪切波速，波速测试采用单孔检层法，测试仪器采用武汉岩

海公司生产 RSM24FD 浮点工程动测仪。波速测点间距为 1.0m，测试深度为 20m。对于本工程同一地质单元内的建（构）筑物，剪切波速测试孔数量不少于 3 个。本工程波速测试技术要求符合《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009 年版）第 10.10.2 条规定。

1.6.5 岩土室内试验

试验工作按《土工试验方法标准》（GB/T50123-1999）相关规定执行。

(1). 土样试验：

常规试验：天然含水率、密度、比重、孔隙比、液塑限、直剪快剪试验、压缩试验等；对于砂土（及扰动样）进行颗粒分析试验，颗分试验对粒径>0.075mm 的土用筛分法，粒径<0.075mm 的土用密度计法。

特殊性试验：固结快剪、渗透系数等。

(2). 水的腐蚀性试验

测试项目包括：pH 值、酸度、碱度、硬度、侵蚀性 CO₂、游离 CO₂、矿化度、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺、NH⁴⁺、SO₄²⁻、Cl⁻、HCO₃⁻、CO₃²⁻等。

(3). 土的腐蚀性试验

测试项目包括：pH 值、酸度、Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺、NH⁴⁺、SO₄²⁻、Cl⁻、HCO₃⁻、CO₃²⁻等。

1.7 完成的勘察工作量

本项目外业勘察最终工作于 2018 年 10 月 15 日结束。共投入 GXY-1 型钻机 1 台，静力触探设备 1 台。

本工程布置勘探孔 18 个：7 个机钻孔，11 个静探孔。本阶段完成外业工作量及试验工作量见详见表 2、表 3。

本次总体上勘察过程符合公司质量管理体系文件及国家有关规范实施控制，终孔验收满足设计要求，勘探孔均符合勘察方案审批表和规范要求。

本阶段完成外业工作量及试验工作量见详见表 2、表 3。

主 要 外 业 工 作 量 表 表 2						
工 作 项 目	机钻孔	静探孔	总进尺	原状/扰动样	标 贯	取水/土样
	进尺(m) /孔数(个)	进尺(m) /孔数(个)	(m)	(件)	(次)	(件)
工 作 量	205.00/7	276.00/11	481.00	97/59	113	3/2

试验工作量表 表3

工作项目	工作量	工作项目	工作量
常规物性试验	97 组	高压固结（利用）	8 组
液塑限试验	49 组	颗粒分析	132 组
直剪试验	43 组	渗透试验	76 组
固结快剪	54 组	无侧限抗压试验（利用）	8 组
压缩试验	97 组	水/土质分析	3/2 组

2 场地环境与工程地质条件

2.1 场地环境

2.1.1 气象

扬州市属于亚热带季风性湿润气候向温带季风气候的过渡区。气候主要特点是四季分明，日照充足，雨量丰沛，盛行风向随季节有明显变化。冬季盛行干冷的偏北风，以东北风和西北风居多；夏季多为从海洋吹来的湿热的东南到东风，以东南风居多；春季多东南风；秋季多东北风。冬季偏长，4 个多月；夏季次之，约 3 个月；春秋季较短，各 2 个多月。

(1). 气温：年平均气温为 14.9℃，与纬度地区相比，冬冷夏热较为突出。最冷月为 1 月，月平均气温 1.8℃；最热月为 7 月，月平均气温为 27.5℃。全年无霜期为 200~220 天。

(2). 降水：根据《江苏省环境水文地质图集》（江苏省地质矿产局编），场地位于中纬度地带，年平均降雨量 1033mm，年平均蒸发量 1518mm。潜水位年变幅最大为 2.15m，最小为 0.84m，高值一般出现在 7~9 月汛期，低值多出现在 11~12 月旱季。

(3). 日照：全年平均日照 2140 小时。

(4). 气象灾害：扬州市灾害性天气主要有暴雨、雷电、强对流天气（雷雨大风、雷暴等）、台风、寒潮、大雾及霾、烟等。

2.1.2 区域水文地质特征

根据“江苏省志·地质矿产志”的“江苏省水文地质分区略图”，本工程场地位于长江下游平原水文地质区(III) -长江三角洲平原水文地质亚区(III₁)，本区是三角洲相沉积主体部位,水文地质条件与长江三角洲发育历史有密切关系,本区松散岩类在350米深度内可分潜水、承压含水层组。

潜水含水层岩性以全新统三角洲相粉砂、亚砂土为主。水质为淡水。

承压含水层岩性以粉砂、细砂、含砾中粗砂等。古河床主流在扬州一口岸一带,在三角洲顶部与上下层含水层无隔水层,实为一巨厚潜水组,向东渐为厚度不等的黏性土相隔。



图3 区域水文地质图

2.1.3 区域地质构造

根据《江苏省及上海市区域地质志》（江苏省地质矿产局编），本项目工作区的大地构造区属扬子断块区的下扬子断块；区域地层隶属于扬子地层区，发育有元古界震旦系至新生界上第三系。

本场地构造区位于宁-通东西构造、宁镇山字型东翼反射弧构造、六合-扬州山字型东翼反射弧型构造交（重）接地带，区内历经多期构造运动，各类型构造形迹较发育，性质复杂多变。按展布方向划分为东西向构造体系、山字型构造体系，其中东西向构造体系为区域控制性构造。区域内主要构造形迹：江都隆起、扬州-江都断褶带、宜陵-蒋王庙断裂、宁-镇沿江断裂。

综上所述，拟建场地区域断裂均为非全新活动断裂，场地基本稳定，适宜项目建设。

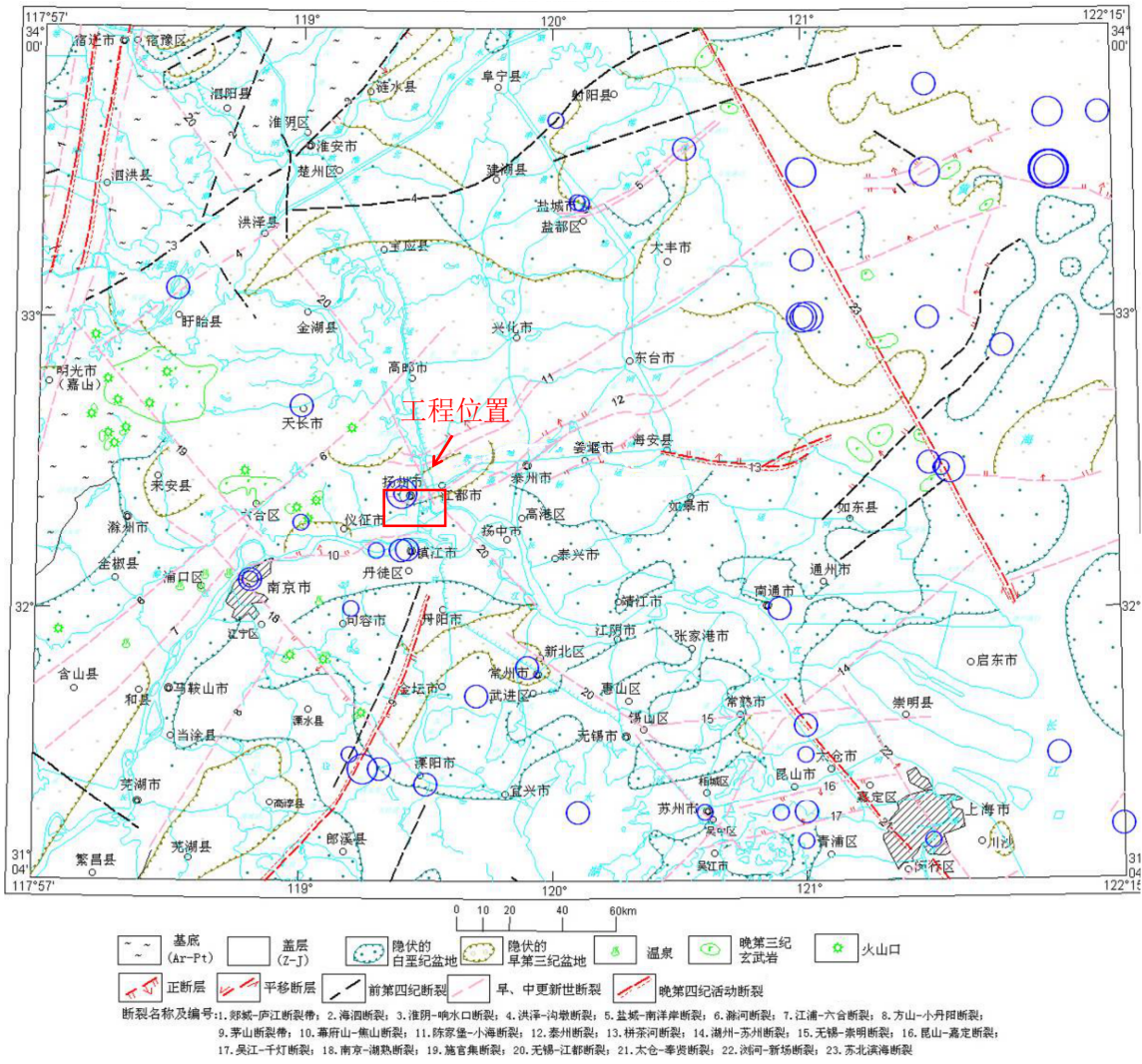


图 4 区域地质构造图

2.1.4 地形地貌

拟建场地地势较平整，地面高程约 4.44~4.77m。拟建工程临近现有临江路、春江路、金山路，交通较便利。

根据《岩土工程勘察规范》（DGJ32/TJ 208-2016）附录 C “江苏省地貌分区图”，拟建场地位于长江下游，地貌类型单一，地貌类型为长江三角洲平原区：新三角洲平原。具体位置详见“江苏省地貌分区图（部分）”。

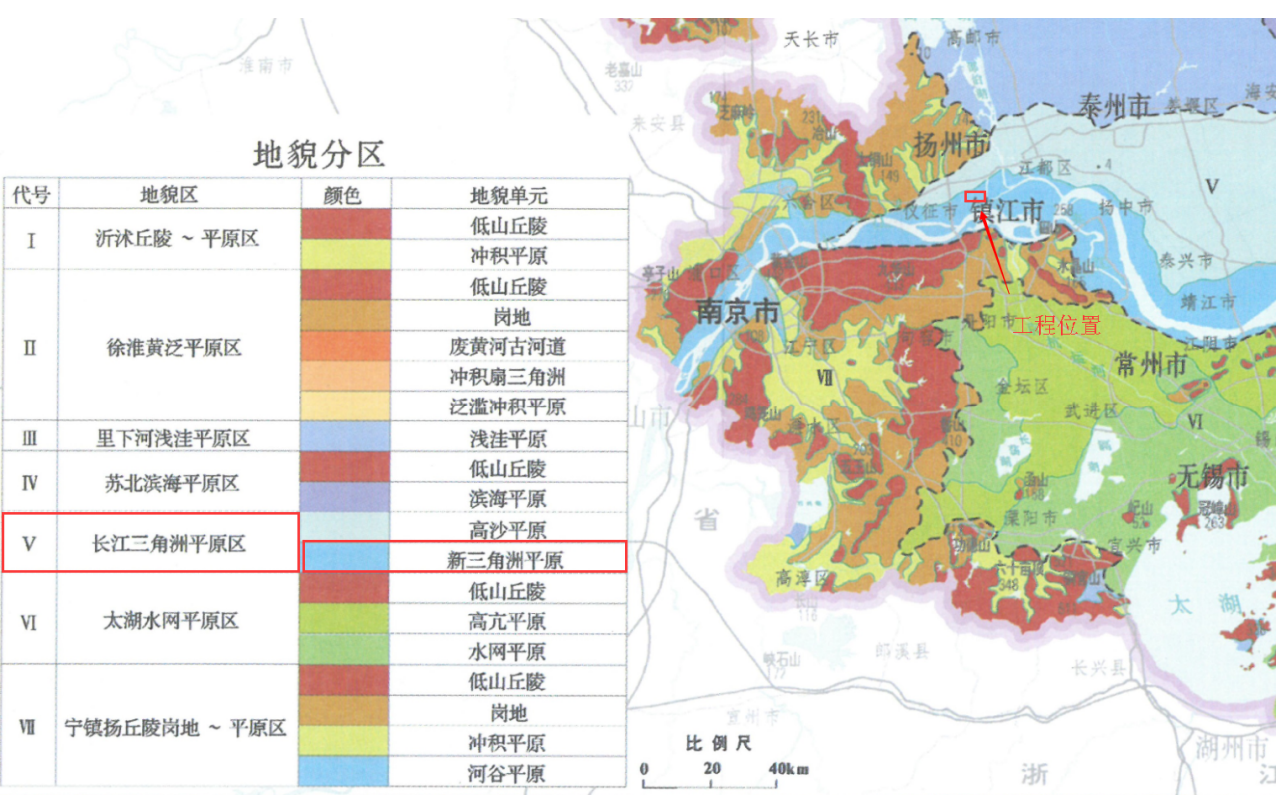


图 5 江苏省地貌分区图（部分）

2.1.5 地震历史

查《中国主要地震区和地震带分布图》，场地处于华南地震区扬铜地震带北部，场地周围 100km 范围地震活动主要受构造活动控制，具有震中原地重复等特征。据地震资料分析， $M_s \geq 5.0$ 级的主要地震有公元 548 年 10 月 27 日南京 5.25 级，震中烈度 7 度；999 年 11 月 3 日，常州 5.5 级，震中烈度 7 度；1491 年 9 月 14 日，天长 5 级；1624 年 2 月 10 日扬州 6 级，震中烈度 8 度；1642 年 10 月 4 日盱眙 5 级，震中烈度 6 度；1679 年 12 月 26 日溧阳 5.25 级，震中烈度 7 度；1829 年 11 月 18 日安徽五河 5.5 级，震中烈度 7 度；1913 年 4 月 3 日镇江 5.5 级，震中烈度 7 度；1930 年 1 月 3 日镇江 5 级，震中烈度 6~7 度；1974 年 4 月 22 日溧阳 5.5 级，震中烈度 7 度；1979 年 7 月 9 日溧阳 6 级，震中烈度 8 度；2012 年 7 月 20 日扬州市高邮市、宝应县交界发生 4.9 级，震中烈度 6 度；此外，场地区周围地区小级别地震多有发生，区内地震活动序列以主震余震型为主。

2.2 工程地质条件

根据勘察资料，结合场地地层的沉积特点和物理力学特性，场地勘察深度范围内土层自上而下共分 8 主层和 2 亚层，各土层特征描述如下：

层①素填土(Q₄^{ml+al})：灰色，松散，表层含少量植物根茎，下部主要成分为粉质黏土、粉土，为近 3-5 年新近回填，性质差。场区普遍分布，厚度分布不均匀。

层②粉质黏土（Q₄^{al+pl}）：灰色，软塑，含少量砂粒，切面稍有光泽，韧性中等，干强度中等。场区普遍分布，厚度分布不均匀。

层③粉土夹粉砂（Q₄^{al+pl}）：粉土，灰色，很湿、局部湿，稍密状、局部中密，低干强度，低韧性，摇震反应迅速；夹粉砂，深灰色，松散，主要矿物成分石英、长石，含云母片，颗粒形状亚圆状，颗粒级配不良。场区普遍分布，厚度分布不均匀。

层④淤泥质粉质黏土（Q₄^{al+pl}）：灰色，流塑、局部软塑，稍有光泽，韧性、干强度中等，正常固结，灵敏度中等，含少量腐植物，偶夹薄层粉土（很湿、稍密）。场区普遍分布，厚度分布不均匀。

层④-1 粉土（Q₄^{al+pl}）：灰色，很湿、局部湿，稍密、局部中密，低干强度，低韧性，摇震反应迅速；夹少量粉砂。场区局部缺失，厚度分布不均匀。

层⑤粉土（Q₄^{al+pl}）：灰色、灰黑色，很湿、局部湿，稍密、局部中密，低干强度，低韧性，摇震反应迅速；夹少量粉砂（饱和、松散）。该层主要分布于脱水机房及储泥池地段，厚度分布较均匀。

层⑥粉砂夹粉土（Q₄^{al+pl}）：粉砂，青灰色，饱和，中密，主要矿物成分石英、长石，含云母片，颗粒形状亚圆状，颗粒级配不良；夹粉土，灰色，湿、中密，低干强度，低韧性，摇震反应中等。场区普遍分布，J3 孔地段缺失，厚度分布不均匀。

层⑦粉砂（Q₄^{al}）：粉砂，青灰色，饱和，中密，主要矿物成分石英、长石，含云母片，颗粒形状亚圆状，颗粒级配不良。场区普遍分布。

层⑦-1 粉质黏土夹粉土（Q₄^{al+pl}）：灰色、可塑，韧性、干强度中等；局部夹少量粉土，湿、中密。场区普遍分布，厚度分布不均匀。

层⑧粉砂（Q₄^{al+pl}）：青灰色，中密，主要矿物成分石英、长石，含云母片，颗粒形状亚圆状，颗粒级配不良，局部夹少量细砂。场区局部地段未钻至该层，且未穿透，最大揭露厚度 7.50m。

各土层的分布详见“工程地质剖面图”、“钻孔柱状图”及“静力触探单孔曲线柱状图”。

各岩土层的厚度埋深及层底标高见下表：

场地地层厚度埋深及层底标高 表 4

层号	厚度（米）			层底深度（米）			层底标高（米）		
	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
①	0.80	2.00	1.37	0.80	2.00	1.37	2.48	3.87	3.21
②	1.10	2.10	1.45	2.10	3.40	2.82	1.13	2.47	1.76
③	1.80	2.90	2.21	4.00	5.50	5.02	-0.96	0.67	-0.45
④	2.30	7.70	3.93	8.40	13.20	9.89	-8.62	-3.91	-5.32
④-1	0.70	2.00	1.42	6.80	9.00	8.18	-4.52	-2.13	-3.63
⑤	2.60	3.50	3.14	11.60	12.70	12.04	-7.93	-7.09	-7.43
⑥	0.90	4.90	2.89	13.00	14.90	14.06	-10.13	-8.51	-9.49
⑦	6.90	9.20	7.91	21.90	23.70	22.96	-19.13	-17.37	-18.38
⑦-1	0.50	2.00	1.12	17.10	23.50	19.54	-19.00	-12.61	-14.97

3 岩土参数统计

3.1 岩土参数可靠性分析

场区内岩土的评价指标采用室内岩土试验指标与原位测试等多种方法综合确定。现场取样方法、取样质量、原位测试及土工试验基本满足规范及室内试验的要求，对所取各类岩土样的试验参数均进行了分层统计和分析。主要土层试验组数能符合有关规范要求，分层较合理，参数能反映各岩土层的现状，参数可靠、适用。

3.2 岩土参数的统计

参与统计的指标有：含水量、天然密度、塑限含水量、液限含水量、剪切指标、压缩系数、压缩模量、特殊试验（固快、渗透等）以及原位测试的标准贯入等。统计前对部分离散数据进行了剔除，统计的项目包括：最小值、最大值、样本数、平均值、标准差、变异系数、标准值。

统计方法和公式选用《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）（2009年版）第14.2节要求。统计修正系数公式为《岩土工程勘察规范》14.2.4-1、14.2.4-2：

$$\phi_k=rs \cdot \phi_m$$

$$r_s =1\pm(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2}) \delta$$
，式中正负号按不利组合考虑。

统计分析结果详见“物理力学指标统计表”。分析表明，在对极少数离散不合理的数据作了舍弃后，各主要土层变异系数正常，说明本次工程勘察分层比较合理，主要土层试验组数(不低于

6 组)符合有关规范要求，各类参数能够反映各层土的固有性状。

3.3 岩土参数选用

根据规范，各土层物理力学指标按如下原则选用：物理性指标的天然含水率、密度、孔隙比、液限、塑限、塑性指数、液性指数、压缩性指标、颗粒分析采用平均值；剪切指标、标准贯入测试指标等采用标准值，数据分布离散者采用平均值。

各土层的物理力学性质指标、原位测试统计结果见下列各表：

物理指标（平均值） 表 5

类别 层号	ω (%)	G_s	r (KN/m³)	e_0	W_l (%)	W_p (%)	I_L	I_p
②	33.9	2.72	17.74	1.015	34.9	22.7	12.2	0.92
③	31.2	2.70	18.12	0.910	33.1	26.0	7.1	0.67
④	34.2	2.71	17.49	1.045	33.5	21.8	11.7	1.06
④-1	31.5	2.70	17.74	0.961	33.0	25.8	7.2	0.75
⑤	31.2	2.70	17.87	0.946	33.2	25.7	7.5	0.74
⑥	28.9	2.68	18.33	0.851	31.4	24.3	7.1	0.57
⑦	28.1	2.68	18.75	0.797	-	-	-	-
⑦-1	28.9	2.72	18.41	0.867	32.9	20.7	12.2	0.67
⑧	27.1	2.68	19.15	0.746	-	-	-	-

土的抗剪强度、压缩性指标 表 6

层号	土 层 名 称	抗 剪 强 度(标准值)				压 缩 性 值（建议值）	
		快剪		固结快剪		α_{1-2} (Mpa ⁻¹)	Es (MPa)
		C (kpa)	ϕ (度)	C_q (kpa)	ϕ_q (度)		
②	粉质黏土	-	-	11.6	10.4	0.45	4.5
③	粉土夹粉砂	-	-	4.7	15.5	0.34	5.6
④	淤泥质粉质黏土	-	-	6.8	7.9	0.54	3.8
④-1	粉 土	-	-	4.2	13.7	0.36	5.4
⑤	粉 土	-	-	5.7	15.2	0.33	5.9
⑥	粉砂夹粉土	-	-	2.5	24.9	0.26	7.1
⑦	粉 砂	3.1	33.0	-	-	0.20	9.0
⑦-1	粉质黏土夹粉土	24.3	13.5	-	-	0.34	5.5
⑧	粉 砂	3.5	35.0	-	-	0.18	9.7

双桥静力触探 表 7

统计项目 层号		最小值	最大值	厚度加权平 均值	标准差	变异系数	标准值
①	q_c (Mpa)	1.163	4.782	2.776	1.037	2.203	1.970
	f_s (kpa)	31.2	106.3	70.8	27.8	0.39	55.5
②	q_c (Mpa)	0.636	1.261	0.941	0.203	0.22	0.829
	f_s (kpa)	20.4	48.0	29.8	9.4	0.31	24.6
③	q_c (Mpa)	2.308	3.903	2.945	0.521	0.18	2.658
	f_s (kpa)	16.8	36.5	27.4	6.6	0.24	23.8
④	q_c (Mpa)	0.623	0.928	0.781	0.105	0.13	0.723
	f_s (kpa)	12.7	21.9	16.9	2.9	0.17	15.3
④-1	q_c (Mpa)	2.688	3.829	3.001	0.380	0.13	2.720
	f_s (kpa)	24.8	53.1	30.4	10.7	0.35	22.4
⑤	q_c (Mpa)	1.818	2.397	2.040	0.244	0.13	/
	f_s (kpa)	24.1	32.8	28.8	3.2	0.11	/
⑥	q_c (Mpa)	3.668	4.892	4.208	0.425	0.10	3.973
	f_s (kpa)	21.5	41.4	31.9	7.4	0.23	27.8
⑦	q_c (Mpa)	5.576	7.298	6.518	0.658	0.10	6.155
	f_s (kpa)	37.1	54.0	43.8	4.5	0.10	41.3
⑦-1	q_c (Mpa)	1.350	2.945	2.367	0.468	0.20	2.108
	f_s (kpa)	31.4	48.2	41.4	5.1	0.12	38.5
⑧	q_c (Mpa)	7.573	9.188	8.428	0.531	0.06	8.135
	f_s (kpa)	47.3	70.6	60.6	6.7	0.11	56.9

标准贯入试验（标准值） 表 8

层号	地 层 名 称	标准贯入 实测（击）	标准贯入 修正（击）
②	粉质黏土	2.0	2.0
③	粉土夹粉砂	6.2	5.8
④	淤泥质粉质黏土	1.1	0.9
④-1	粉 土	5.8	5.1
⑤	粉 土	5.2	4.2
⑥	粉砂夹粉土	15.5	12.2
⑦	粉 砂	20.6	14.9
⑦-1	粉质黏土夹粉土	9.0	6.3
⑧	粉 砂	25.5	16.5

3.4 地基承载力

场地各土层地基承载力特征值 f_{ak} 根据有关规范规定，按土层物理力学指标，结合静力触探锥（尖阻力 q_c 、侧壁摩阻力 f_s ）、标准贯入试验击数 N 以及地区工程经验综合确定。

土层承载力特征值表 表 9		
层号	土层名称	承载力特征值 f_{ak} (kPa)
②	粉质黏土	70
③	粉土夹粉砂	110
④	淤泥质粉质黏土	65
④-1	粉 土	100
⑤	粉 土	100
⑥	粉砂夹粉土	130
⑦	粉 砂	150
⑦-1	粉质黏土夹粉土	130
⑧	粉 砂	170

上述 f_{ak} 仅供评价土性之用，设计时应根据实际基础的形状、尺寸和埋深进行计算。使用表中所提供的地基土承载力未考虑基坑开挖后长时间的暴露、地下水的浸泡等因素的影响，表中所提供的地基土承载力未考虑地基的变形要求及下卧层强度要求，宽度修正时尚应考虑邻近建筑施工对基础侧限的可能产生卸载的影响。

4 水文地质条件

4.1 场地地表水、地下水类型及动态

4.1.1 地表（河）水

拟建场地无地表水分布。

4.1.2 地下水

根据含水层的埋藏条件和水理特征, 场地内勘探深度范围内地下水类型为孔隙型潜水，潜水含水层为①～⑧层。勘察期间测得潜水水初见水位标高 3.50～3.86m，稳定水位标高 3.70～3.96m。地下水补给方式为大气降水和地表径流补给，蒸发、地下迳流和人工开采为地下水的主要排泄方式。

地下水水位相对稳定。正常条件下，地下水水位随季节变化有所升降。据调查，地下水水位

变化幅度约为标高 3.00～4.50m，高值一般出现在 7～9 月汛期，低值多出现在 11～12 月旱季，近 3-5 年和历史最高水位接近地表。

4.2 水文地质参数

勘察表明，场地内上部土层以粉质黏土、粉土、粉砂为主。粉土、粉质黏土富水性及透水性较差。根据室内渗透试验成果结合之前报告，将场地内上部土层的垂直渗透系数 K_v 建议值列于下表：

垂直渗透系数 K_v 建议值 表 10			
层号	土层名称	垂直渗透系数 K_v (cm/s)	渗透性评价
①	素填土	3.00E-05*	弱透水
②	粉质黏土	3.99E-05	弱透水
③	粉土夹粉砂	5.58E-04	弱透水
④	淤泥质粉质黏土	4.99E-05	弱透水
④-1	粉 土	5.47E-04	弱透水
⑤	粉 土	4.37E-04	弱透水
⑥	粉砂夹粉土	7.45E-04	弱透水
⑦	粉 砂	8.41E-04	弱透水
⑦-1	粉质黏土夹粉土	8.00E-05	弱透水
⑧	粉 砂	7.47E-04	弱透水
备注	1、上表渗透性评价参考《岩土工程勘察规范》（DGJ32/TJ 208-2016）第 16.2.3 条文说明有关内容进行： $1.2 \times 10^{-5} \leq k < 1.2 \times 10^{-3}$ 为弱透水。 2、①层素填土带“*”为经验值。		

4.3 环境介质腐蚀性评价

地下水：勘察期间在钻孔 J1、J5、J6 孔位置分别取地下水（潜水）进行水质分析；

土易溶盐：勘察期间在 J3、J5 孔位置分别取土进行土易溶盐分析。

结果分别见“水质分析报告”、“土易溶盐分析报告”。

据《岩土工程勘察规范》（DGJ32/TJ 208-2016）表 16.4.7，本工程地基混凝土全部长期处于水中，环境类别按Ⅱ类，混凝土接触的是强透水性地层（砂土，依据表 16.4.7 的表注），环境条件按 A 考虑；污泥浓缩池、排泥泵房等部分混凝土一面与水接触，一面暴露在空气中，环境类别按Ⅰ_c类。综合上述条件，本工程环境类别按不利的Ⅰ_c类考虑。

按环境类型水和土对混凝土结构的腐蚀性评价 表 11-1

腐 蚀 介 质	测试方法	环境类型（I c）	腐蚀等级
水中硫酸盐含量 SO_4^{2-} （mg/L）	EDTA 容量法	131.8~150.3（<250）	微
土中硫酸盐含量 SO_4^{2-} （mg/kg）	EDTA 容量法	160.3~175.2（<375）	微
水中铵盐含量 NH_4^+ （mg/L）	纳氏试剂比色法	2.9~3.2（<800）	微
土中铵盐含量 NH_4^+ （mg/kg）	纳氏试剂比色法	0~0（<1200）	微
水中苛性碱含量 OH^- （mg/L）	酸滴定法	0~0（<50000）	微
土中苛性碱含量 OH^- （mg/kg）	酸滴定法	0~0（<75000）	微

按地层渗透性水和土对混凝土结构的腐蚀性评价 表 11-2

腐蚀介质	测试方法	地层渗透性按 A 条件	腐蚀等级
水中 pH 值	电位法	7.2~7.3（>6.5）	微
土中 pH 值	锥形玻璃电极法	7.2~7.2（>6.5）	微
水中侵蚀性 CO_2 （mg/L）	盖耶尔法	0（未检出）（<15）	微
水中 HCO_3^- （mmol/L）	酸滴定法	3.94~4.67（>1.0）	微
水中 Mg^{2+} （mg/L）	EDTA 容量法	84.5~96.9（<1000）	微
土中 Mg^{2+} （mg/kg）	EDTA 容量法	61.4~73.7（<1500）	微

水和土按《岩土工程勘察规范》（DGJ32/TJ 208-2016）16.4.13~16.4.15 款腐蚀性评价 表 11-3

评价	腐蚀介质 水中 pH 值、侵蚀性 CO_2 、 HCO_3^- “十字法”评价	硫酸盐与 Mg^{2+} 腐蚀介质并存时腐蚀评价		硫酸盐与其他腐蚀介质并存时腐蚀评价	
		水	土	水	土
	水中 pH 值： 7.2~7.3 侵蚀性 CO_2 ： 0（未检出） HCO_3^- （mmol/L）： 3.94~4.67	Mg^{2+} （微腐蚀性） 型 A	Mg^{2+} （微腐 蚀性）型 A	其它腐蚀介质与 硫酸盐腐蚀强度 相等（均为微）； pH 值>4.0	其它腐蚀介质与 硫酸盐腐蚀强度 相等（均为微）； pH 值>4.0
评价结果	微腐蚀区（①区）	以硫酸盐结晶腐 蚀作为评价结果	以硫酸盐结晶 腐蚀作为评价 结果		
结论（腐蚀等 级）	微	微	微	微	微

水和土对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价 表 11-4

腐 蚀 介 质	测试方法	长期浸水	腐蚀等级	非长期浸水	腐蚀等级
水中 Cl^- 含量 （mg/L）	摩尔法	52.0~74.6（<10000）	微	52.0~74.6（<100）	微
腐 蚀 介 质	测试方法	湿、很湿的粉土，可塑、软塑、流塑的黏性土			腐蚀等级
土中 Cl^- 含量 （mg/kg）	摩尔法	55.7~83.6（<250）			微

综合分析，判定场地地下水和土对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性。

水、土对建筑材料的腐蚀的防护，设计时应满足现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB50046 的规定。

4.4 抗浮、防水设计水位建议

参照《高层建筑岩土工程勘察标准》（JGJ/T 72-2017）第 8.6.2 条结合扬州市地区经验，本工程建(构)筑物的抗浮水位取室外设计地坪标高，根据设计提供资料，室外设计地坪标高约 4.50m；根据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（2009 年版）第 4.1.13 及其条文说明结合扬州市地区经验，防水设防高度应高出室外设计地坪标高 0.50m 以上。

4.5 地下水对工程的影响

场地孔隙潜水水位一般较高且呈季节性变化，本场地孔隙型潜水对本工程施工均具有一定影响。本场地与基坑开挖时地下水可能产生流土、突涌、坑壁渗水等破坏，影响基坑稳定；对污泥浓缩池、浮渣井等具有浮托作用。

5 不良地质作用和地质灾害、特殊性岩土

5.1 场地和地基的地震效应

5.1.1 地震动参数

本场地位于扬州市邗江区施桥镇。查《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2015）附录 C 表 C.10：施桥镇的 II 类场地基本地震动峰值加速度为 0.15g，基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.35s（第一组），相应的地震基本烈度为Ⅶ度。



图 6-1 地震动峰值加速度图



图 6-2 地震反映谱特征周期图

5.1.2 建筑场地类别划分

根据《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）、《构筑物抗震设计规范》（GB 50191-2012），在 J1、J5、J6(3 个)孔内进行现场单孔剪切波速测试，提供了测试报告。根据测试报告成果见下表(详见场地剪切波速测试报告)。

实测等效剪切波速表 表 12			
孔号	J3	J5	J6
土层等效剪切波速值 V_{se} (m/s)	126.5	133.4	137.9

根据《江苏省及上海市区域地质志》“基岩地质图”，场地覆盖层厚度>80m（约 100m），依据《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）第 4.1.6 条和 5.1.4 条、《构筑物抗震设计规范》（GB 50191-2012）第 4.1.6 条和 5.1.5 条，判定建筑场地类别为**Ⅳ类**，特征周期按不利情况考虑取值为 0.65s。

4.1.3 饱和砂土、粉土的液化判别

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010)(2016 版)、《构筑物抗震设计规范》(GB 50191-2012)、《岩土工程勘察规范》（DGJ32/TJ 208-2016）应对场地 20m 深度范围内的③、④-1、⑤、⑥、⑦、⑦-1、⑧层含饱和粉土、砂土层进行液化判别。

- (1). 初步判别如下：
- 根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 版）第 4.3.3 条、《构筑物抗震设计规范》（GB 50191-2012）第 4.3.3 条、《岩土工程勘察规范》（DGJ32/TJ 208-2016）第 15.3.2 条及其条文说明对本场地 20m 深度范围内的粉土、粉砂分别进行如下初步判别：
- (一). ③、④-1、⑤、⑥、⑦、⑦-1、⑧层粉土、粉砂均属第四系全新统（Q₄）；
- (二). ③、④-1、⑤、⑥、⑦-1 层粉土粘粒百分含量未全大于 10；
- (三). ⑦-1 层为粉质黏土夹粉土，以粉质黏土为主（粘性土合计厚度占土层总厚度约 2/3，超过 1/2）；

(四). 近期内年最高地下水位埋深 d_w 为 0.00m，基础埋深 d_b 取 3.0m（按不利情况考虑），上覆非液化土层厚度 d_u 取 0.00m，液化土层特征深度 d_0 取 6（粉土）、7（砂土），下列条件均不符合：

$$d_u > d_0 + d_b - 2$$
$$d_w > d_0 + d_b - 3$$
$$d_u + d_w > 1.5d_0 + 2d_b - 4.5$$

综上所述，⑦-1 层符合初判不液化条件，③、④-1、⑤、⑥、⑦层土不符合初判不液化条件

(2). 进一步判别：

利用 J1、J2、J3、J4、J5、J6、J7 孔资料采用标准贯入判别法对③、④-1、⑤、⑥、⑦土层作进一步的判别。

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 版）第 4.3.4 及 4.3.5 条、《构筑物抗震设计规范》（GB 50191-2012）第 4.3.4 及 4.3.5 条、《岩土工程勘察规范》（DGJ32/TJ 208-2016）第 15.3.3 及 15.3.5 条，计算场地 20m 深度范围内的液化指数。

计算时采用公式如下：

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

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

- 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，本工程取值为 10 击；
- d_s ——饱和土标准贯入点深度（m）；
- d_w ——地下水位（m）；
- ρ_c ——黏粒含量百分率（%），当小于 3 或为砂土时，应采用 3；
- β ——调整系数，设计地震第一组取 0.80，第二组取 0.95，第三组取 1.05；
- I_{IE} ——液化指数
- n ——每一个钻孔深度范围内液化土中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
- d_i —— i 点所代表的土层厚度（m）
- w_i —— i 土层考虑单位土层厚度的层位影响权函数值（ m^{-1} ）

判别计算结果表明，在设防烈度为 7 度时，场地 20m 范围内③、④-1、⑤、⑥层土有液化点分布，为可液化土层；⑦层土无液化点分布，为非液化土层。各个孔的液性指数见下表“液化指数成果表”。

液化指数成果表 表 13				
孔号	J1	J2	J3	J4
液化指数 I_{IE}	10.88	10.37	4.77	3.03
孔号	J5	J6	J7	-
液化指数 I_{IE}	10.29	10.15	5.80	-

综上所述，且按不利情况考虑，判别场地液化等级为中等。有关计算过程见“标准贯入试验液化判别及液化指数计算成果表”（附后）。

根据《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）第 4.3.6 条、《构筑物抗震设计规范》（GB 50191—2012）第 4.3.6 条规定，本工程抗震设防类别为乙类，应采取抗液化措施，全部消除液化沉陷，或部分消除液化沉陷且对基础和上部结构处理。

5.1.4 软土震陷判别

根据经验，场地分布土层剪切波速均大于 90m/s，根据《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）第 5.7.11 条文说明，一般可不考虑震陷影响。

5.2 不良地质作用和地质灾害

场地除③、④-1、⑤、⑥层液化土层外，无岩溶、滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区、活动断裂等明显不良地质作用和地质灾害分布。场地液化等级为中等液化，本工程建构筑物应采取抗液化措施：乙类设防建构筑物，全部消除液化沉陷，或部分消除液化沉陷且对基础和上部结构处理，如换填、加固等。

5.3 特殊性岩土

拟建场地分布的特殊性岩土有填土、软土。

5.3.1 填土

拟建场地表层普遍分布填土为①层素填土。

①层素填土：灰色，松散，表层含少量植物根茎，下部主要成分为粉质黏土、粉土，为近 3-5 年新近回填，性质差。场地浅部普遍分布，建议可进行换填垫层处理。

5.3.2 软土

拟建场地普遍分布软土层为④层淤泥质粉质黏土。

④层淤泥质粉质黏土：灰色，流塑，稍有光泽，韧性、干强度中等，偶夹薄层粉土（很湿、稍密）。场区普遍分布，厚度分布不均匀，层厚：2.30～7.70m。

根据《软土地区岩土工程勘察规程》（JGJ 83-2011），结合我公司出具的“中小企业创业园”（勘察编号：1-2018-Y032，位于拟建场地西侧，间距约 500m）勘察报告中淤泥质粉质黏土层的试验数据，判定本场地④层淤泥质粉质黏土为正常固结土，中等灵敏性。具体评价如下表：

土的固结状态、结构分类 表 14（引用）

土层	④淤泥质粉质黏土						
参数	前期固结压力 Pc(kPa)	有效自重应力 p ₀ (kPa)	压缩指数 C _c	超固结比 OCR	原状土无侧限抗压强度 q _u	重塑土无侧限抗压强度 q' _u	灵敏度 S _t
样本数	8	8	8	8	8	8	8
最大值	53	54.4	0.223	1.09	48.4	14.5	3.82
最小值	46	43.3	0.183	0.95	33.6	8.8	3.16
平均值	49.6	48.0	0.210	1.04	38.4	11.0	3.52
状态、结构分类	正常固结				中等灵敏		

本工程软土埋深浅，层厚不均，力学性质差，一般可采取（超）载预压法、水泥土搅拌桩、复合地基等处理措施。软土分布特征详见“工程地质剖面图”，相关参数见“物理力学指标统计表”。

5.4 对工程不利的埋藏物

通过本次勘探及场地周边调查，拟建场地临近现有建（构）筑物，地下分布污水管网，其余未发现埋藏的河道、沟塘、墓穴、防空洞、孤石等对拟建工程不利影响的埋藏物。建议施工期间进一步勘查、观察，对已有管线、管道等应采取相应的防护或迁移措施，并考虑施工对周边建（构）筑物的不利影响。

5.5 场地抗震地段类别的划分

建筑场地上部③、④-1、⑤、⑥层土层为可液化地层（场地液化等级为中等）、④层软弱土，按照《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）第 4.1.1 条、《构筑物抗震设计规范》（GB 50191—2012）第 4.1.1 条的划分标准，本建筑场地应属对建筑抗震不利地段。

6 岩土工程分析、评价

6.1 场地稳定性和适宜性评价

据区域地质资料及附近工程地质资料，场地及其周围不存在全新活动的断裂地裂缝、滑坡、崩塌、岩溶、土洞塌陷、建筑边坡等影响场地稳定性的岩土工程问题等不良地质作用，场地处于相对稳定的地块上，新构造运动以震荡、缓慢升降为主，有液化土层分布，场地稳定性一般。

纵观本次勘察成果该场区地形地势平坦，地貌类型单一，地层结构一般，分布连续，厚度较稳定，物理力学性质较均匀，除③、④-1、⑤、⑥层液化土层外，无不良地质作用分布，适宜该建筑物的兴建。

6.2 地基土工程特性和均匀性评价

各土层的工程特性及均匀性评价 表 15

层号	土层名称	承载力	物理力学性质	压缩性	岩土性质均匀性
①	素填土	-	-	-	不均匀
②	粉质黏土	较低	较差	中-高	较均匀
③	粉土夹粉砂	中等	一般	中	较均匀
④	淤泥质粉质黏土	低	差	高	较均匀
④-1	粉 土	中等	一般	中	较均匀
⑤	粉 土	中等	一般	中	较均匀
⑥	粉砂夹粉土	中等	一般	中	较均匀
⑦	粉 砂	中等	一般	中	较均匀
⑦-1	粉质黏土夹粉土	中等	一般	中	较均匀
⑧	粉 砂	较高	较好	中	较均匀

6.3 基础方案评价（分析论证）

6.3.1 地基评价

经与设计院沟通，根据工程重要性等级并结合本场地地基土性质情况，建议拟建工程建（构）筑物采用水泥土搅拌桩进行地基处理或桩基础（预制方桩）。设计时应对应软弱下卧层进行强度验算。

若采用水泥土搅拌桩进行地基处理，其抗液化措施需满足《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）第 4.3.6 条、《构筑物抗震设计规范》（GB 50191-2012）第 4.3.6 要求：全部消除液化沉陷，或部分消除液化沉陷且对基础和上部结构处理。

6.3.2 地基的稳定性评价

根据工程现场条件，拟建场地普遍分布软弱土、液化土，地基稳定性较差。设计时应进行稳定性验算，并采取相应预防措施。

6.4 水泥土搅拌桩

本工程建（构）筑物当采用水泥土搅拌桩进行地基处理，抗液化措施满足规范要求。

6.4.1 水泥土搅拌桩参数、计算

当选用水泥土搅拌桩进行地基加固处理。全部挖除①层，以第⑦/⑧/⑨层为桩端持力层。地基处理深度宜进入持力土层 1.0m 左右。施工时应进行实际桩长及电流值的双重控制。下表提供了相关参数供设计参考。

水泥土搅拌法设计参数 表 17

层号	②	③	④	④-1	⑤	⑥	⑦
桩周土侧阻力特征值 q_{si} （kPa）	7	11	6.5	10	10	13	15
桩端地基土承载力特征值 q_{pk} （kPa）	-	-	-	-	-	130	150

上表提供了有关水泥土搅拌法设计参数供设计人员估算复合地基承载力特征值，桩长按设计桩长及电流值双重控制，水泥的掺入比应根据水泥土室内强度试验确定，单桩竖向承载力特征值和复合地基承载力特征值应通过现场静载荷试验确定。

根据《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79-2012），第 7.1.5 条及 7.3.3 条，设计时，单桩承载力特征值可按下列二公式估算，取其中最小值：

$$Ra = u_p \sum q_{si} l_{pi} + a_p q_p A_p$$
 式(1)

$$Ra = \eta f_{cu} A_p$$
 式(2)

式中 Ra -----单桩竖向承载力特征值（kN）；

u_p -----桩 的 周 长；

q_{si} -----桩周第 i 层土的侧阻力特征值；

l_{pi} -----桩长范围内第 i 层土的厚度；

a_p -----桩端端阻力发挥系数，经验值取 0.8；

q_p -----桩端端阻力特征值；

A_p -----桩的截面积（ m^2 ）；

η -----桩身强度折减系数，干法可取 0.20~0.25；湿法可取 0.25；

f_{cu} -----与搅拌桩桩身水泥土配比相同的室内加固土试块，边长为 70.7mm 的立方体在标准养护条件下 90d 龄期的立方体抗压强度平均值（kPa）。

式中参数 q_{si} 、 q_{pk} 可参照前文选用，其中素填土层①计算时不考虑桩周土的极限摩阻力。以钻孔 J1、J3、J5 为例，按桩径 0.50m，桩长 8.50-12.0m 估算搅拌桩单桩竖向承载力特征值，计算结果详见下表。

单桩竖向承载力特征值估算表（式 1） 表 18

孔 号	持力层	桩顶标高	桩端标高	桩 径	桩 长	单桩竖向承载力特征值 Ra
		(m)	(m)	(m)	(m)	(kN)
J1	⑥	2.20	-7.80	0.50	10.0	182
J3	⑦	2.20	-9.80	0.50	12.0	179
J5	⑦	3.00	-10.00	0.50	13.0	199
备注	表中未考虑液化及负摩阻力影响					

单桩竖向承载力特征值估算表（式 2） 表 19

孔号	桩身强度折减系数 η	桩的截面积 A _p	试块标养立方体抗压强度 f _{cu}	单桩竖向承载力特征值 Ra
		(m²)	(kPa)	(kN)
J1	0.25	0.196	1600	79
J3	0.25	0.196	1600	79
J5	0.25	0.196	1600	79
备注	表中 f _{cu} 为经验值			

设计时，复合地基承载力特征值可按下列公式估算

$$f_{spk} = \lambda m R_a / A_p + \beta (1 - m) f_{sk}$$
 式(3)

式中 λ -----单桩承载力发挥系数，可按地区经验取值；

m -----面积置换率；

β -----桩间土承载力发挥系数，可按地区经验取值；

f_{sk}-----处理后桩间土承载力特征值（kPa），可按地区经验取值；

f_{spk}-----复合地基承载力特征值（kPa）。

复合地基承载力特征值估算表（式 3） 表 20

孔号	单桩承载力发挥系数	桩间距	面积置换率 (按正方形布桩)	单桩竖向承载力特征值	桩的截面积	桩间土承载力发挥系数	处理后桩间土承载力特征值	复合地基承载力特征值
	λ	s (m)	m	Ra (kN)	A _p (m²)	β	f _{sk} (kPa)	f _{spk} (kPa)
J1	1.0	1.0	0.196	79 (式 1、式 2 取小值)	0.20	0.4	110	114
J3	1.0	1.0	0.196	79 (式 1、式 2 取小值)	0.20	0.4	70	100
J5	1.0	1.0	0.196	79 (式 1、式 2 取小值)	0.20	0.4	70	100

6.4.2 水泥土搅拌桩评价及建议

①. 建议设计前应进行室内配合比试验，并根据当地有无工程经验决定是否通过现场试验确定搅拌桩对本工程的适用性；施工时可能产生水泥土废浆、废渣等，应采取措施进行处理，避免影响环境；

②. 建议根据上部结构对承载力及变形的要求确定置换率及桩长；

③. 建议施工时对上部 2/3 桩长部位进行复搅；

④. 施工时应进行实际桩长及电流值的双重控制；

⑤. 地基处理及抗液化处理效果应进行检测，复合地基承载力特征值应通过现场静载试验确定，质量检验按相关规范的要求进行。

6.5 桩基础

6.5.1 桩基类型选择

当复合地基不能满足设计要求时，亦可采用桩基础，以⑦层为桩端持力层（桩型采用预制方桩或灌注桩）。

6.5.2 桩端持力层选择

根据设计荷载要求及场地土层工程地质条件、分布情况，建议采用场地勘察深度内⑦作为桩端持力层。桩端进入稳定土层的长度（不包括桩尖部分）应按计算确定，对于砂性土不宜小于1.5d（d为桩径）。有关设计参数详见桩基设计参数一览表及物理力学性质指标统计表，根据勘察结果及荷载要求由设计人员选择桩端土层，桩长根据荷载要求具体确定。根据土工试验分层统计资料，各土层的极限端阻力标准值、桩的极限侧阻力标准值按《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）表 5.3.5-1、表5.3.5-2及表5.7.5分别取值，有关设计参数详见如下表：

桩基设计参数表 表21

层号	土层名称	预制（方）桩		负摩阻系数 ξ n	液化折减系数 ψ _l
		Q _{sik} (kPa)	q _{pk} (kPa)		
②	粉质粘土	32	/	0.25	/
③	粉土夹粉砂	28	/	0.33	1/3
④	淤泥质粉质黏土	22	/	0.25	/
④-1	粉 土	32	/	0.35	1/3
⑤	粉 土	30	/	0.35	1/3
⑥	粉砂夹粉土	48	/	0.45	2/3
⑦-1	粉质粘土夹粉土	45	/	/	/
⑦	粉 砂	50	2000 (9<L≤16) 2200 (16<L≤30)	/	/
注：表中 q _{pk} 值未经深度修正。					

对于桩身周围有液化土层的低承台桩基，当承台底面上下分别有厚度不小于 1.5m、1.0m 的非液化土或非软弱土层时，可将液化土层极限侧阻力乘以土层液化折减系数计算单桩极限承载力标准值，当不能满足上述要求时，土层液化折减系数取 0。

由于场地内③、④-1、⑤、⑥层为液化（中等液化）土层，桩身穿越上述土层进入持力层一定深度，如桩周土层的沉降超过基桩的沉降，亦应考虑桩侧负摩阻力对桩基承载力和沉降的影响；本工程桩周存在软弱土层（④层），当临近桩侧地面承受局部较大的长期荷载，或地面大面积堆载（包括填土）时，如桩周土层的沉降超过基桩的沉降，亦应考虑桩侧负摩阻力对桩基承载力和沉降的影响。中性点深度比（ l_n/l_0 ）建议值为 0.55。

6.5.3单桩承载力估算

按照《建筑地基基础设计规范》第8.5条中的有关规定，估算公式采用《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）中第5.3.5条，估算如下见下表：

单桩竖向抗压极限承载力标准值估算表 表22								
参照 孔号	桩型	桩径 (mm)	桩顶 标高	桩端 标高	有效 桩长	桩端持力 层	计算结果	建议参考值
							Q_{uk} (kN)	
J1	预制方桩	400*400	2.2	-11.8	14	⑦	1154	1100
J3	预制方桩	400*400	2.2	-11.8	14	⑦	989	950
J4	预制方桩	400*400	3.0	-12.0	15	⑦	1139	1100
J4	预制方桩	400*400	3.0	-17.0	20	⑦	1558	1500
备注	表中未考虑液化土层相关计算参数的液化折减及负摩阻折减							

以上估算结果供设计时参考，桩长桩型改变时基础设计工程师可根据“工程地质剖面图”、“钻孔柱状图”、“桩基设计参数表”提供的参数重新估算单桩竖向极限承载力。单桩极限承载力标准值的最后确定应以现场载荷试验结果为准。

6.5.4沉桩可行性分析及对周围环境的影响

本工程①层为素填土，松散，建议桩基施工前将场地预夯实，防止钻孔桩机械设备施工时倾斜，造成桩倾斜。其余土层（②-⑦层土）均适合预制桩的施工。

当采用预应力方桩时，为避免噪声影响，施工工艺宜选用静压预制桩；沉桩施工过程前应掌握现场的土质情况，做好沉桩设备的检查和调试，保证使用可靠，以免发生施工中途间断，引起

间歇后沉桩阻力增大，发生桩不能压入的滞桩事故；考虑到沉桩的可能性，注意减小沉桩的挤土效应，建议布桩中宜适当增大相应的桩距，采取合理的施打顺序、日打桩数量等并根据单桩承载力要求选择相应的动力设备、必要时应采取引孔或采用桩尖等措施。

静压预应力方桩的优点是施工噪音小，无污染，施工工期短。方桩桩基施工时可采用双控制标准（即桩长与压桩反力），并以压桩反力控制为主。静压预应力方桩施工时应合理安排施工顺序，控制好静压预应力方桩的挤土效应。

根据规范要求及考虑地质条件的复杂性，建议通过试桩确定成桩方式及施工工艺的可行性。

6.5.5 地下水对桩基的影响

拟建场地上部土层较松软，对桩基施工机械的行进不利，建议桩基施工前在场区周边设置排水沟，同时地面回填适当厚度的素土，并压实形成“硬壳层”便于机械行进。

设计时应考虑地下水对桩身的腐蚀以及桩承载力的不利影响，地下水对预制桩和灌注桩表面混凝土有微腐蚀性，对预制桩接头处桩帽有弱腐蚀性，施工时还应考虑地下水对灌注桩的钢筋的腐蚀作用，应做好必要的防护措施。预制桩施工时需考虑由于地下水的渗透力作用而加速孔壁缩孔，建议施工时控制泥浆高度，保证浆液面高于地下水位一定高度。桩周局部分布黏性土层（②层粉质黏土、④层淤泥质粉质黏土、⑦-1 层粉质黏土夹粉土），挤土桩与黏性土间产生的超孔隙水压力不易消散，施工中应防止产生隆起等不良影响。

拟建污泥浓缩池、浮渣井临近东侧现有建筑（浓缩储泥间、储泥间，间距约 1.5m）；脱水机房距南侧围墙最小间距约 5.0m，距西侧临江路约 15m(具体情况见“建筑物与勘探点平面位置图”)，应注意挤土桩对邻近建（构）筑物的不良影响，做好监测工作。

6.6 地下水作用的评价

6.6.1 地下水力学作用的评价

地下水对水位以下的土体和结构有静水压力作用，并产生浮托力。本工程基础底标高 1.90-3.00m，深于近年来最高水位，地下水对基底具有浮力作用，在设计时应考虑地下水的浮力作用，浮力作用同样也影响地基承载力特征值的确定，对于地下水位以下的地层平均重度确定时，都应取有效重度（即浮重度）。

6.6.2 抗浮评价

经与设计沟通，本工程储泥池、污泥浓缩池、浮渣井靠自重满足抗浮要求。

储泥池、污泥浓缩池、浮渣井施工期间，宜考虑通过降排地下水解决临时抗浮稳定问题。基坑部位的地下水位至少降至基坑以下 0.5m，只有当主体结构砌筑到一定高度，荷载大于地下水的上浮力时方可停止降水，并且在骤降大暴雨期间，应有临时强排水措施。

6.7 建筑物的地基变形特征

拟建脱水机房、排泥泵房的地基变形主要由框架结构相邻柱基的沉降差控制；储泥池、污泥浓缩池、浮渣井的地基变形主要由总沉降量控制，施工时应注意沉降观测。

设计时请根据实际压力情况，在各土层的综合固结试验曲线上选取相应于土层自重至土层自重附加应力段的压缩系数值，然后按分层总和法计算最终沉降量等变形特征值。

地基变形计算参数统计表 表 23

层号	土的重度	各级压力 P（kPa）下的孔隙比 e _i 平均值					压缩模量
	r(KN/m³)	0	50	100	200	400	Es (MPa)
②	17.74	1.015	0.962	0.925	0.880	0.829	4.5
③	18.12	0.910	0.857	0.827	0.793	0.751	5.6
④	17.49	1.045	0.991	0.959	0.905	0.846	3.8
④-1	17.74	0.961	0.914	0.883	0.847	0.803	5.5
⑤	17.87	0.946	0.893	0.864	0.831	0.791	5.9
⑥	18.33	0.851	0.810	0.783	0.757	0.720	7.1
⑦	18.75	0.797	0.761	0.745	0.725	0.699	9.0
⑦-1	18.41	0.867	0.798	0.768	0.734	0.692	5.5
⑧	19.15	0.746	0.727	0.712	0.694	0.671	9.7

6.8 基坑工程的分析、评价

6.8.1 基坑场地条件

拟建工程场地大部分为空地，污泥浓缩池、浮渣井临近东侧现有建筑（浓缩储泥间、储泥间，间距约 1.5m）；脱水机房距南侧围墙最小间距约 5.0m，距西侧临江路约 15m(具体情况见“建筑物与勘探点平面位置图”)，勘测期间实测稳定水位标高 3.70-3.96m。

6.8.2 基坑工程安全等级

基坑外侧土层分布与拟建建筑物范围内一致；本工程基坑开挖 1.50~2.60m，周边环境条件较

复杂（临近现有建筑），地下水位较高、对施工影响较严重，综合判定本场地基坑工程安全等级为二级。

6.8.3 基坑形式建议、参数建议、抗渗流稳定性评价

本工程场地潜部土层（①素填土、②粉质黏土、③粉土夹粉砂）自立性差。基坑工程安全等级为二级，建议基坑开挖时采取如水泥土搅拌桩、SMW 工法桩配合内支撑等支护措施。施工前应编制专项施工方案，以保证基坑壁的稳定和安全。

基础施工过程中禁止基坑外侧超载堆土；基坑外侧应采取有效的排水措施（轻型井点、管井降水），将地下水位将至基坑底面以下 0.5m，防止因大量大气降水从基坑顶面地面入渗产生渗流破坏。本工程②层粉质黏土、④层淤泥质粉质黏土普遍分布，基槽开挖过程中，由于上部卸荷以及粉质黏土垂直渗透系数相对较小，可能会出现下部较大渗透系数土层中地下水微承压现象，可能产生底板隆起、突涌破坏，施工时应注意加强监测并采取预防措施基坑开挖后应及时封闭。同时做好施工期间基坑的排水工作。

基坑支护设计参数见下表：

基坑支护设计参数建议值 表 24

土层	重度(kN/m)	固结快剪（标准值）		渗透系数 K(cm/s)
		c _q (kPa)	Φ _q (°)	K _v
①	17.5*	10.0*	12.0*	3.00E-05*
②	17.74	11.6	10.4	3.99E-05
③	18.12	4.7	15.5	5.58E-04
④	17.49	6.8	7.9	4.99E-05
④-1	17.74	4.2	13.7	5.47E-04
⑤	17.87	5.7	15.2	4.37E-04
⑥	18.33	2.5	24.9	7.45E-04

注：表中带*指标均为经验值，渗透系数取平均值。

当基坑内外侧的水力坡度大于下表中临界值的 50%时易产生渗流破坏。

基坑主要土层渗透变形判别表 表 25

层号	土名	破坏类形	土粒比重 G _s	最大孔隙比 e	孔隙率 n	临界水力坡度 i _c
①	素填土	流土型	-	-	-	-
②	粉质黏土	流土型/突涌型	2.72	1.097	0.469	0.903
③	粉土夹粉砂	流土型	2.70	0.970	0.492	0.863
④	淤泥质粉质黏土	流土型/突涌型	2.71	1.128	0.530	0.804
④-1	粉 土	流土型	2.70	1.014	0.503	0.844
⑤	粉 土	流土型	2.70	1.008	0.502	0.847
⑥	粉砂夹粉土	流土型	2.68	0.905	0.475	0.882

由于基坑开挖上部卸载、大量降水，②粉质黏土、④层淤泥质粉质黏土存在微承压现象，微承压水的水头按不利情况考虑取 4.00m（潜水水位标高），微承压水水头高于建（筑）物基坑底面，根据《建筑地基基础设计规范》（GB 50007-2011）附录 W 进行基坑渗流稳定性计算如下：

公式：

$$\frac{g_m(t+\Delta t)}{p_w} \geq 1.1$$

式中：γ_m ——透水层以上土的饱和重度（kN/m³）；
t+Δt ——透水层顶面距基坑底面的深度（m）；
p_w——含水层水压力（kPa）。

基坑渗流稳定性计算表 表 26

建（构）筑物 序号名称	选用 孔号	基坑底面 标高	地下水 水头标高	渗透层顶 面标高	透水层以上 饱和重度	计算 结果	是否≥ 1.1
脱水机房	J5	3.00	4.00	2.11	16.72	0.79	否
污泥浓缩池	C2	2.20	4.00	1.13	16.72	0.62	否
排泥泵房	J2	1.90	4.00	1.18	16.72	0.43	否
注：水重度 10.0kN/m³，计算结果≥1.1 时抗渗流稳定性较好，<1.1 时抗渗流稳定性较差。							

经计算，本工程地下水由于②、⑤层粘性土引起的微承压现象，工程基坑抗渗流稳定性较差，设计时应考虑地下水对基坑底部土层造成突涌破坏的影响，基坑开挖前应做好降水措施，保证施工过程中地下水位距基底的距离不小于 50cm。

应根据场地条件和开挖支护的施工设计确定基坑工程监测方案，确保施工安全。

6.8.4 降水方法及对环境的影响

本场地土层渗透较大，可采用轻型井点降低地下水位，保证施工过程中地下水位距基底的距离不小于 50cm。必要时辅以管井降低地下水位。根据地区轻型井点可以疏干基坑积水，基坑总涌水量可根据施工时的地下水位，采用《建筑基坑支护技术规程》附录 E 中有关公式计算。拟建场地邻近市政管道、线路和邻近厂区建筑，需考虑降水对环境的影响，建议做好回灌、支护工作。

6.8.5 对邻近建筑物及地下管线的影响

场地东侧临近现有建筑，南侧临近围墙，设计时应考虑对其影响。基坑开挖后应及时采取封闭措施，建议做好回灌、支护工作，以确保基坑安全。

6.8.6 施工监测建议

施工期间应进行监测。监测内容包括：

- (1). 不均匀和软弱地基上建构筑物的沉降监测；
- (2). 基坑开挖过程中地下水位变化的监测；
- (3). 市政道路、管线、周边建筑等部位边坡的基坑工程的变形监测；
- (4). 发现异常应及时调整设计并采取相应的补救措施。

7 设计、施工和使用过程中应注意的问题和建议

7.1 储泥池、污泥浓缩池、浮渣井施工期间，宜考虑通过降排地下水解决临时抗浮稳定问题。基坑部位的地下水位至少降至基坑以下 0.5m，只有当主体结构砌筑到一定高度，荷载大于地下水的上浮力时方可停止降水，并且在骤降大暴雨期间，应有临时强排水措施。

7.2 基坑开挖过程中和开挖后要防止坡面受雨水、地表水冲刷而影响坡面稳定；基坑开挖和降水期间，应对周边建筑、道路路面等进行沉降观测，对坑壁进行位移观测，应特别注意上部填土结构松散造成的局部塌方；基坑开挖时，必须做好地表排水工作，对基坑回填土应进行分层夯实处理，防止暴雨或连续大雨流（渗）入基坑，以避免基坑壁土体坍塌和底板上浮事故的发生。

7.3 根据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住房城乡建设部令第 37 号），本工程配套服务用房及地下车库、雨水收集池的基坑工程（土方开挖、支护、降水）：基坑开挖深度虽未超过 3m，但地质条件、周围环境复杂，影响毗邻建构筑物安全，属危险性较大的分部分项工程。建议基坑施工前施工单位编制专项施工方案，基坑按专项施工方案组织施工，以保证基坑壁的稳定和临近建、构筑物的安全。

7.4 基础工程的监测、检验应严格遵守《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202-2002)及相关规范、规程。

7.5 拟建脱水机房临近南侧高压线，施工时注意保持安全距离。

8 结论及建议

8.1 本工程市政工程的重要性等级为一级；场地复杂程度等级为二级；岩土条件复杂程度等级为二级；综合确定本工程市政工程的勘察等级为甲级。

拟建工程场地类别为Ⅳ类，场地基本地震动反应谱特征周期取值为 0.65s。本工程场地抗震设防烈度为 7 度，设计基本地震加速度为 0.15g（第一组）。

本工程建（构）筑物的抗震设防类别为重点设防类（乙类），应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施，同时应按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。

8.2 本场地适宜本工程建设。

8.3 拟建工程场地属对建筑抗震不利地段。

8.4 该场地地下（表）水、场地土对混凝土结构及钢筋混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性。

8.5 本工程场地液化等级为中等。根据《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）第 4.3.6 条、《构筑物抗震设计规范》（GB 50191—2012）第 4.3.6 条规定，各建（构）筑物的抗震设防类别为乙类，应采取抗液化措施，全部消除液化沉陷，或部分消除液化沉陷且对基础和上部结构处理。建议对本工程采取相应的抗液化措施，如换填、加固等。

8.6 基础形式建议：经与设计院沟通，根据工程重要性等级并结合本场地地基土性质情况，建议拟建工程建（构）筑物采用水泥土搅拌桩进行地基处理或桩基础（预制方桩）。设计时应针对软弱下卧层进行强度验算。

若采用水泥土搅拌桩进行地基处理，其抗液化措施需满足《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）第 4.3.6 条、《构筑物抗震设计规范》（GB 50191-2012）第 4.3.6 要求：全部消除液化沉陷，或部分消除液化沉陷且对基础和上部结构处理。

8.7 单桩极限承载力标准值的最后确定应以现场载荷试验结果为准。

8.8 本场地土层渗透较大，可采用轻型井点降低地下水位，保证施工过程中地下水位距基底的距离不小于 50cm。必要时辅以管井降低地下水位。根据地区轻型井点可以疏干基坑积水，基坑总涌水量可根据施工时的地下水位，采用《建筑基坑支护技术规程》附录 E 中有关公式计算。基坑开挖后应及时采取封闭措施，必要时采取适当措施对基坑进行支护。基坑开挖后应进行施工验槽

工作，发现异常情况应立即会同有关部门协商解决。

8.9 基坑开挖时，必须做好地表排水工作，对基坑回填土应进行分层夯实处理，防止暴雨或连续大雨流（渗）入基坑，以避免基坑壁土体坍塌和底板上浮事故的发生。希望建设、设计、施工单位予以足够重视。

8.10 基坑开挖后应进行施工验槽工作，发现异常情况应立即会同有关部门协商解决，必要时可配合进行施工勘察。

9 说明

9.1 本资料剖面图中的 N 值未经杆长修正。

9.2 “工程地质剖面图”中各钻孔地面线为两孔之间的连线 and 大概地形，不代表实际地形线。