

复杂施工条件下软土地质超大深基坑综合降水技术的应用

陈雷

[上海城建市政工程(集团)有限公司, 上海市 200065]

摘要: 针对上海地区超大基坑止水帷幕无法及时封闭, 相邻分标段施工方案差异导致降水措施无法满足工程进度, 工程采用了三轴搅拌桩止水帷幕绕打未拆除厂房等建(构)筑物、管井代替坑内轻型井点、分层分区土方开挖等控制措施, 满足了建设单位整个地块进度推进工作, 以期复杂条件下软土地质超大深基坑开挖的类似工程带来借鉴。

关键词: 超大基坑开挖; 降水; 止水帷幕

中图分类号: TU46+3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)02-0142-05

0 引言

现阶段随着城市化发展, 地面建(构)筑物已经趋于饱和, 开发和利用地下空间为大势所趋, 全地下污水处理设施由于二次环境污染小、土地节约、上部空间可利用等优点^[1-2], 近年来在大城市中开始兴建。如何在强透水地层顺利、有效地开挖基坑, 并兼顾工程成本, 成为建设工程项目实施阶段攻坚的关键所在。

1 工程概况

1.1 工程背景介绍

白龙港污水处理提标改造工程(三期)西北地块土建部分共计分为三个标段, 为白龙港污水处理提标改造工程 BLG-C1 标、BLG-C2 标、BLG-C3 标(下文简称 C1 标、C2 标、C3 标)。目前仍然是全亚洲最大的基坑工程, 建成后将是全亚洲最大的污水处理基地, 将承担全上海 1/3 的雨、污水处理重责。

本文主要所述标段为 C1 标, 承建标高 -8.100 m 以上范围内的围护结构及土方开挖, 标高 -8.100 m 以下由 C2、C3 标段各承担一半污水处理的池体结构施工。具体分标示意如图 1 所示。

1.2 基坑基本情况

1.2.1 工程基坑平面尺寸

长 586.70 m, 宽 355.70 m, 面积约 19.78 万 m²。

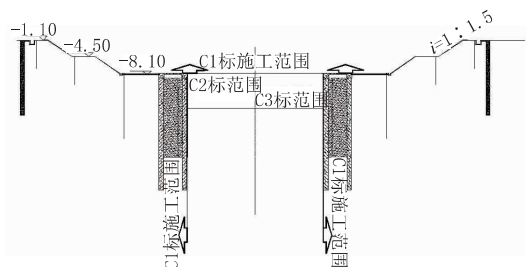


图1 污水厂西北地块分标示意图

基坑总开挖深度为 14 m, 采用二级放坡(坡度均为 1:1.5)、三级降水(一、二级采用轻型井点, 三级采用真空管井)形式。C1 标段开挖深度为 7 m, 且总计外运土方量约 160 万 m³, 属于深基坑工程(见图 2)。

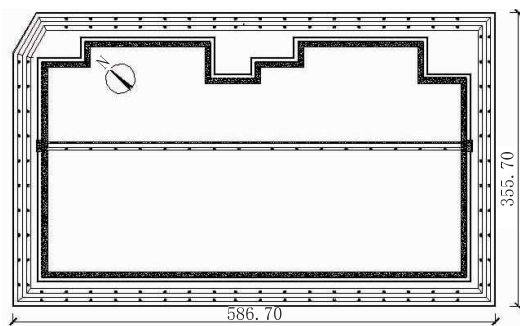


图2 基坑围护平面布置图

1.2.2 围护体系结构形式

围护体系结构形式如图 3 所示。

1.3 工程地质条件

工程地质条件见表 1。

1.4 水文地质条件

1.4.1 潜水

勘察期间测得钻孔中地下水潜水水位埋深在

收稿日期: 2020-01-06

作者简介: 陈雷(1985—), 男, 本科, 工程师, 从事市政工程施工管理工作。

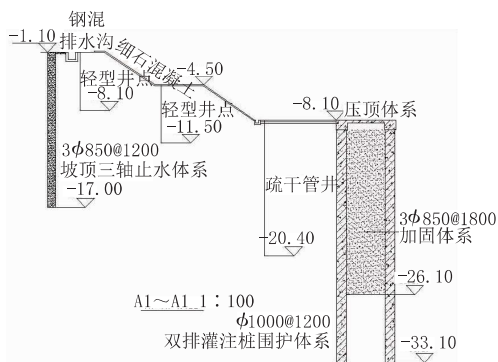


图3 基坑围护结构形式

表1 工程土体参数

层号	土层名称	一般层顶埋深/m	直剪固块试验强度 (峰值均值)		渗透系数 K_v/K_H $/(cm \cdot s^{-1})$
			C/kPa	$\varphi/(^{\circ})$	
① ₃	吹填土		11	10.5	
② ₃₋₁	灰色黏质粉土	0.60 ~ 9.80	10	28.0	$1.46 \times 10^{-4}/1.84 \times 10^{-4}$
② ₃₋₂	灰色砂质粉土	5.00 ~ 12.30	6	30.5	$5.09 \times 10^{-4}/6.33 \times 10^{-4}$
③	淤泥质粉质黏土	7.20 ~ 18.80	14	14.5	$3.73 \times 10^{-6}/5.06 \times 10^{-6}$
④	淤泥质黏土	13.00 ~ 24.00	14	12.5	$2.50 \times 10^{-7}/3.02 \times 10^{-7}$
⑤ ₁	黏土	20.60 ~ 31.40	16	14.5	$1.80 \times 10^{-7}/2.27 \times 10^{-7}$

0.50~4.60 m,相应标高在 2.52~6.48 m,按场地地形、地貌及上海地区年平均地下水位,以不利因素考虑,高水位埋深取 0.50 m,低水位埋深取 1.50 m。

1.4.2 承压水

工程场地有第③₂层承压水分布,层顶埋深为

53.3~59.5 m。

1.5 基坑周边环境

该标段基坑开挖深度的 3 倍水平范围内存有停产待拆单层厂房(川航通用零件厂,具体如图 4 所示),在基坑降水时由于止水帷幕无法封闭,该标段采用三轴搅拌桩绕打(见图 5)厂房,形成临时封闭止水,厂房拆除后完成施工设计止水帷幕的贯通。

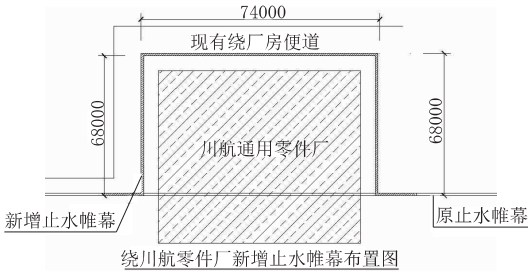


图5 绕厂房新增止水帷幕布置图

在土方开挖时厂房已经完成拆除工作。

综合上述因素判定,该标段在基坑降水及土方阶段开挖对周边环境并不产生影响。

2 基坑降水控制

西北地块开挖无任何支撑栈桥体系,三期工程总计出土量约为 250 万 m³。土方开挖严格遵循“分层分区”开挖的方式。该基坑为长方形,经过测算,该标段把整个基坑划分为 6 个大区域、72 个小块。同时充分运用“时空效应”,保证土方开挖进度及安全(见图 4)。为了保证土方开挖的安全及进度,根据土方开挖方案,该标段采取了相应的降水控制技术。

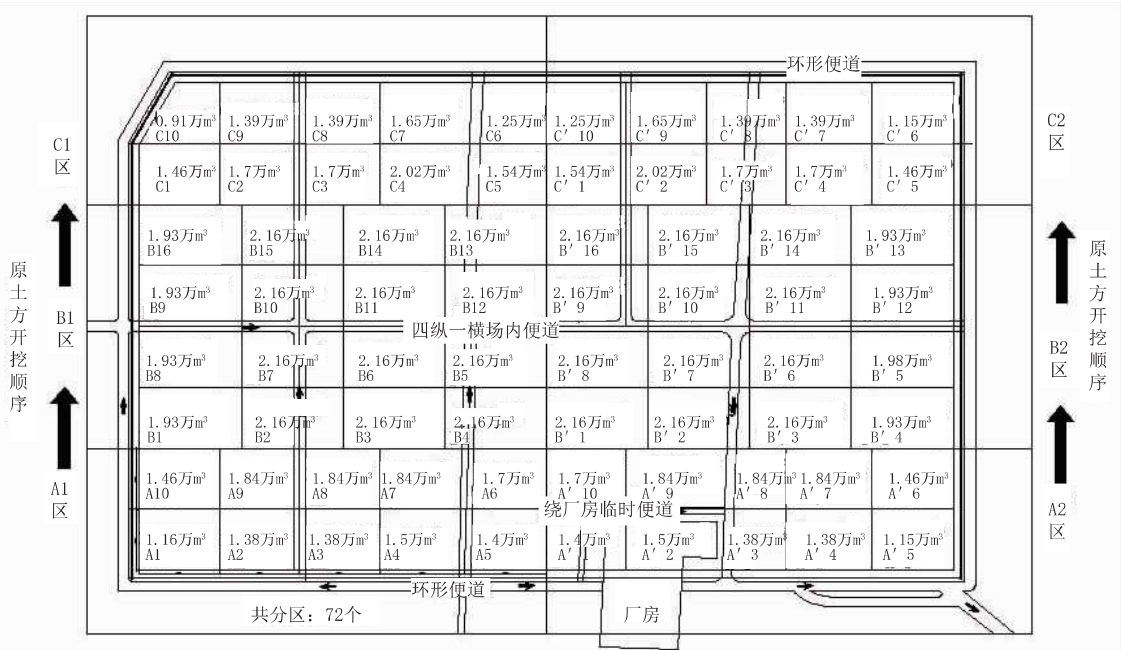


图4 原土方开挖行进路线及分块示意图

2.1 原地下水控制技术

西北地块基坑面积大,工期紧张,又紧邻长江入海口,水系发达,水资源补充丰富,开挖 7~11 m 深度范围内分布有②₃₋₁黏质粉土及②₃₋₂砂质粉土,其渗透系数相当大。且根据上海市长期观测资料,(微)承压水水头高度一般均低于潜水位,承压水水头埋深一般为 3.0~12.0 m,随季节呈周期性变化。根据安全系数计算基坑底板抗突涌验算: $P_{cz}/P_{wy}=(53.0-7.0) \times 19.4/(53.0-3.0) \times 10.0=1.7848>F_s=1.10$,故该工程基坑无突涌风险,不需考虑降压。

2.1.1 基坑出水量计算

地下水容积储存量计算:
 $W=\mu V$ 或 $W=\mu Ah$ (1)
式中: W 为容积储存量, m^3 ; V 为含水层体积, m^3 , $V=$ 基坑面积 $A \times$ 降水深度 h (即潜水静止水位至基坑底面以下 1.0 m); μ 为含水层的给水度 (此次根据上部土层的性质取 $\mu=0.12$)。

该基坑地下水容积储存量见表 2。

表 2 基坑地下水容积储存量				
工程部位	面积 /m ²	降水深度 /m	含水层 体积 /m ³	储存量 /m ³
地下污水处理厂 基坑	199 705.0	7.5	1 497 788.0	179 734.5

2.1.2 基坑内井点出水量计算

按照设计要求及土方开挖工况,对开挖影响范围内的地下水采用以下控制技术:坡顶、一级平台轻型井点、坡脚疏干井(真空管井)、基坑内随开挖进度提前满布轻型井点。施工方向由 A1、A2 区→B1、B2 区→C1、C2 区整体推进(见图 4),其中坑内轻型井点循环利用。

基坑的出水量主要包括地下水的储存量与降雨量,由于对降雨量难以估测,因此此次对基坑的抽水量确定井点组数设计与抽水泵的选择只考虑地下水的储存量,对于降雨或明水采用明排水措施来解决。经验算,在基坑开挖阶段,降水方案可满足基坑土方开挖要求(见表 3)。

2.1.3 基坑内降水设计

综合经济、施工效率、对周围环境的影响等因素后,决定在基坑上部二级坡的坡顶及一级平台处采用轻型井点降水方式,在二级坡坡底采用井管降水方式,满足上部二级放坡土方开挖的降水需求^[3-5]。

一级平台(-8.10 m)及二级平台(-11.50 m)轻型井点,每一套轻型井点长度为 37.5 m,井点管直径为 48 mm,每根井点管之间的间距为 1.5 m,成孔直

表 3 基坑井点预计出水量

井点类型	井点 数量	日均抽水量 /m ³	周期 /d	总出水量 /m ³
坡顶轻型井点	44	4.5	150	29 700
一级平台轻型井点	43	4.5	45	8 707.5
坑内疏干井(坡脚)	113	7.5	45	38 137.5
坑内轻型井点(分区交界)	28	7.5	60	12 600.0
坑内轻型井点(分区交界)	30	7.5	45	10 125.0
坑内疏干井	12	7.5	60	5 400.0
坑内轻型井点(各分区内)	513	7.5	20	76 950.0
合计				181 620.0

径大于 300 mm。坑内轻型井点每套之间的间距为 10 m。

二级坡坡底疏干井分为 SJ1(-20.40 m)、SJ2(-22.10 m),管井采用 $\phi 273$ 钢管,成孔直径 $\phi 650$,每根疏干井间距 15 m。

坑内轻型井点降水效果,通过观测井对水位进行不间断读数,满足要求后,在开挖前拔出相应部位的轻型井点,通过不断的循环推进,完成整个基坑的降水及土方开挖工作。

井点构造示意如图 6 所示。

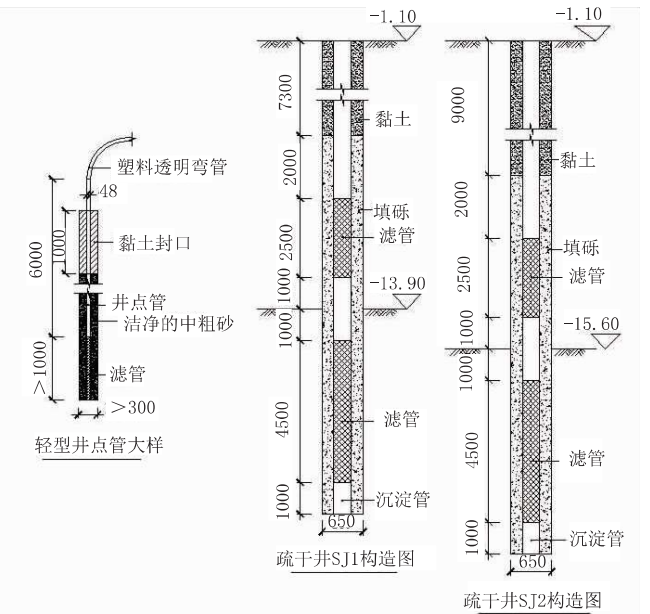


图 6 井点构造示意图

2.2 场地移交重大调整

原西北地块整个基坑专家论证后的基坑开挖、降水方案是三个标段全部在地面(-1.10 m)施工围护桩、工程桩、井点降水。后 C2 标段施工方案在内部筹划时发生变化,建设单位多次协调后通知该标段,场地移交顺序需进行相应调整。C2 标段下基坑(-8.10 m)施工工程桩、井点降水,这就要求该标段

按照 C2 区→B2 区→A2 区施工顺序完成场地交付工作。C3 标段施工方案未发生调整, 仍然按照 A1 区→B1 区→C1 区于 -1.10 m 标高施工工程桩, 其完成后交付该标段进行土方开挖、结构施工。

这种施工方案的调整给该标段带来的影响无疑是巨大的, 该标段原计划坑内降水控制措施、土方开挖、结构施工需要全部进行调整。按照该标段原降水控制计划坑内井点降水应在 C1、C2 区完成最后的收尾工作。但是调整后, 按照分标段(见图 7)两侧区域该标段的施工顺序全部变化。

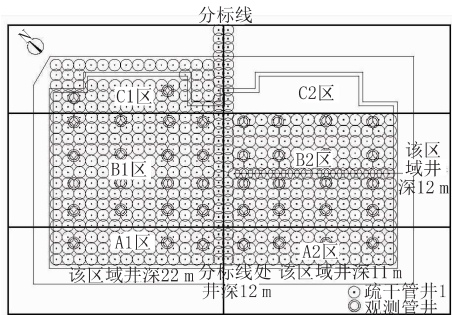


图 7 降水方案调整后布置图

受建设单位要求, C2-6 区块(见图 8)内所有工作必须全部完成后首先完成交付, C2 标段需要在此处施工下坡通道。当时在基坑坡顶止水帷幕并没有完全封闭的情况下, 且加急施工的降水井点抽水周期并未完全满足开挖需要。迫于压力, 该标段对该区域强行收底, 降水措施由原来的轻型井点为主调整为由管井为主, 轻型井点辅助收底。过程中针对施工场内②₃₋₂ 灰色砂质粉土砂性强、含水量大、容易造成轻型井点施工塌孔的特点, 该标段改进了轻型井点的施工工艺, 研发了一种实用新型国家专利——一种易塌孔地层轻型井点降水结构, 取得了显著效果, 最终按照节点要求完成场地交付任务。

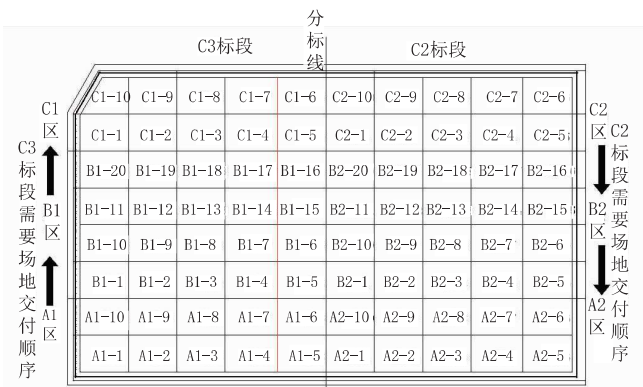


图 8 调整后土方分区及开挖示意图

后续降水控制经过详细验算, 该标段对降水方案做出重大调整, C2 标段区域调整为由疏干井为主(188 口, 深 11 m, 观测井 20 口), 轻型井点辅助收

底, 保证降水工作不间断。

C3 标段基坑降水疏干井共计布设 286 口(按照不大于 200 m² 梅花形布设至少一口深 22 m, 观测井 23 口), 根据开挖进度直至降至底板标高 -15.6 m 以下 0.5 m。

分标线左侧采用管井降水, 分标线右侧采用轻型井点辅助管井降水, 具体地下水位控制调整如图 7、图 9 所示。

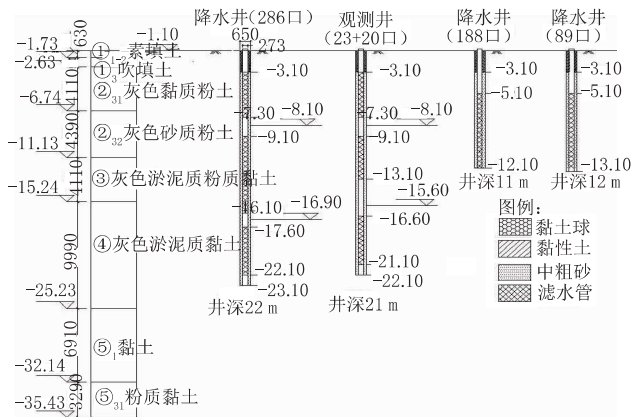


图 9 调整后新增管井构造示意图

经验算, 在基坑开挖阶段, 调整后的地下水控制措施可满足基坑稳定性要求(见表 4)。降水完成后的结构施工与场地交付现场图如图 10、图 11 所示。

表 4 调整后基坑井点预计出水量

井点类型	井点数量	日均抽水量 /m ³	周期 /d	总出水量 /m ³	备注
坡顶轻型井点	44	4.5	150	29 700	
一级平台轻型井点	43	4.5	45	8 707.5	
坑内疏干井(坡脚)	113	7.5	45	38 137.5	
坑内疏干井(深 22 m)	286	7.5	90	193 050	降深按 7.5 m
坑内疏干井(深 12 m)	83	7.5	30	18 675	
坑内疏干井(深 11 m)	182	7.5	15	20 475	
合计				308 745	

注: 其中 22 m 深疏干井在本文中只需降深 7.5 m, 取计算结果一半(其实际需降深 16 m)。



图 10 降水完成结构施工图

2.3 现有建筑物未拆除采取的临时封闭措施

现有厂房拆除工作未完成, 该标段止水帷幕、围



图 11 结构施工完成场地交付图

护体系无法建立,对整个基坑降水工作带来极大影响。后与设计单位、监理单位沟通,经建设单位同意后确定绕开厂房,且在不侵界的情况下新增一部分止水帷幕(与坡顶止水帷幕相同构造),先保证隔离外界地下水的施工方案,效果显著,最终顺利完成了A1、A2区域的收底工作。

3 结 语

就该工程来说,若分标线处、土方分区(A区、B区、C区)处采用三轴搅拌桩止水帷幕工艺,采取区域降水,封闭一块降一块,工期至少提前一个月,但是其成本经过测算为疏干井的16倍。若综合考虑白龙港污水处理厂提标改造西北地块整体工期,以及延误一个月带来的整体经济损失,如何取舍还是值

得商榷的。

轻型井点的造价约为管井的一半,但若采用轻型井点,降水效率远远跟不上工程进度,通过测算降水效率仅为管井的30%。且轻型井点埋深较浅,对成井质量、填砂量、气密性要求较高,几百套的轻型井点需要很多人员连续不断地检查管井是否漏气、真空泵是否损坏等,人力资源消耗较大。但管井的施工深度是轻型井点无法比拟的,若加上真空,出水量完全可以满足土方开挖的要求。在复杂条件下的超大深基坑内,“化整为零”“围追堵截”的降水思路是正确的。在工程利润为上的大环境下,如何合理选择技术经济效果最佳且安全快捷的止水、降水、土方开挖组合控制技术,仍然是相关人员不断学习、研究的方向。

参考文献:

- [1] 叶源新.地下污水处理厂的建设特点和难点探讨[J].中国市政工程,2018,197(2):82-84,139.
- [2] 孙世昌,汪翠萍,王凯军.地下式污水处理厂的研究现状及关键问题探讨[J].给水排水,2016,52(6):37-41.
- [3] 黄时锋,吴樟强,胡董超,等.综合降水方式在超大超深基坑施工中的应用[J].建筑施工,2019,41(4):557-561.
- [4] 顾靖.超大型深基坑综合降排水施工技术的应用[J].建筑施工,2010,32(5):410-412.
- [5] 刘清文,车灿辉.长江漫滩复杂地层条件下超大超深基坑降水设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):54-59.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com