

邻地铁深大基坑群坑降水统筹设计及运行管理

周新庆

(上海建工一建集团有限公司, 上海市 200120)

摘要: 随着“金色中环发展带”等战略的实施,上海再次掀起一波开发高潮;区域性中心的大量兴建,往往会在一个区域多个地块多个基坑同时开发、同时建设,庞大的基坑群需要在较短的时间内施工完成。基坑不同阶段不同程度的持续降水可能对周边环境造成不良影响,特别是在周边存在轨道交通等不利因素条件下,为减少群井降水对周边环境的影响,群坑降水的前期统筹设计及运行中的协调管理显得尤为重要。依托上海金鼎片区群坑项目降水实践,提出降水统筹设计及运行管理的理念,力求减少减压降水对相邻轨道交通的影响,根据现场群坑降水具体实施情况,结合实施过程中周边轨道交通的变形分析,总结群坑降水统筹设计及运行管理的经验。

关键词: 邻地铁基坑群;群坑降水;减压降水及回灌;环境影响

中图分类号: TU46+3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)05-0222-05

0 引言

随着深基坑工程规模不断扩大、深度加深,基坑降水不但对深基坑施工的安全威胁越来越大^[1-2],也对于周边环境尤其是地铁设施有非常重要的影响^[3]。随着区域性整体开发的趋于成熟,城市综合体等重大工程同时施工,各工程基坑相互关联,形成复杂的基坑群^[4]。此类型群坑项目往往会考虑施工工序及施工安排上的统筹协调,但群坑降水之间的相互影响及统筹设计往往会得到忽视,从而对运行的轨道交通安全运营及周边环境产生较大影响。

基于此,以上海金鼎片区群坑项目降水实践为例,采用群坑降水统筹设计及运行管理的理念为思路,总结了群坑降水的成功经验,可作为其他类似工程参考。

1 工程概况

上海金鼎片区群坑位于浦东新区,东至申轮路、北至涵桥路、南至巨峰路、西至申江路,共分为7个地块,6个单体项目进行施工,如图1所示。群坑总面积约14.05万m²,为有效缓解基坑开挖的时空效应,共分为25个分区基坑、4个开挖次序依次进行施工。

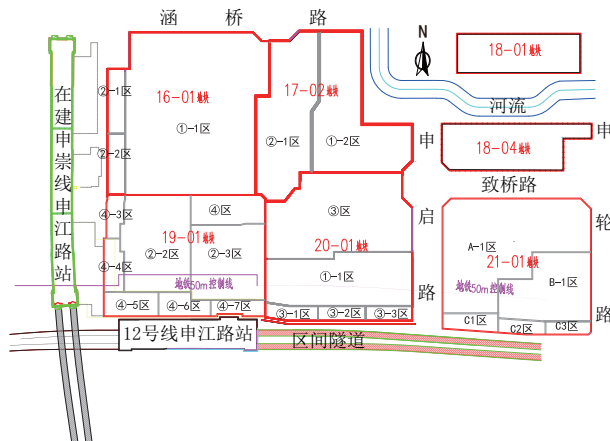


图1 基坑分区及周边环境示意图

基坑南侧及西侧邻近轨道交通,为地下两层基坑,普遍开挖深度13.10m,其他区域均为地下四层基坑,普遍开挖深度21.60m,最大开挖深度26.70m;25个分区基坑仅在17-02地块②-1区为逆作法施工,其他区域均为顺作法施工。

基坑南侧紧邻轨道交通12号线车站及区间隧道,区间隧道埋深较浅(埋深6.0~7.6m,隧道基本位于上海典型软土第③₁层淤泥质粉质黏土及第④层淤泥质黏土中),基坑边线距离轨道交通最近约8m,环境保护等级为一级;基坑西侧紧邻在建申崇线申江路站,在申江路站同期建设过程中,环境保护等级为二级,申江路站建设完成后,环境保护等级更改为一级;基坑其他侧环境保护等级均为二级。

基坑工程安全等级均为一,采用地下连续墙+内支撑作为围护体,地下四层区域外围围护深度分别

收稿日期: 2023-10-26

作者简介: 周新庆(1977—),男,本科,高级工程师,从事建筑施工管理工作。

为 57、61、63 m, 中隔墙区域深度为 44.10 m, 如图 2 所示。

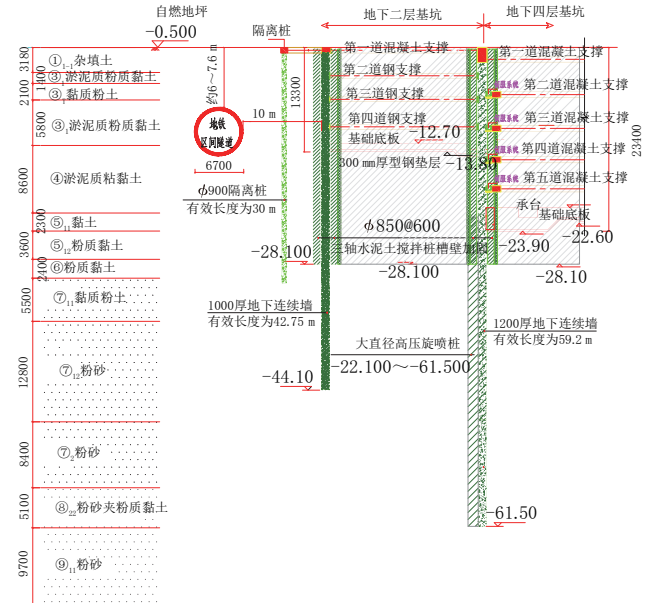


图 2 典型围护剖面与南侧地铁区间隧道相对位置图(单位:mm)

2 工程地质与水文地质概况

2.1 工程地质概况

本项目勘察阶段揭遇的土层,按其结构特征、地层成因、土性不同和物理力学性质上的差异可划分为 12 大类及若干亚层。

基坑开挖范围内土层主要为:第②₁层粉质黏土、第③₁层淤泥质粉质黏土、第③_T层黏质粉土、第④层淤泥质黏土、第⑤₁₁层黏土、第⑤₁₂层粉质黏土;基坑开挖范围下土层主要为:第⑤₄₂层砂质粉土、第⑦₁₁层黏质粉土、第⑦₁₂层粉砂、第⑦₂层粉砂、第⑧₂₂层粉砂夹粉质黏土、第⑨₁₁层粉砂。

2.2 水文地质概况

本项目范围内承压水主要为赋存于第⑤₄₂层、第⑦₁₁层、第⑦₁₂层、第⑦₂层、第⑧₂₂层、第⑨₁₂层、第⑨₂层中,上述承压含水层相互连通,形成巨厚含水层,含水层底部深度约 90 m,止水帷幕未隔断承压水含水层。本项目水文地质勘察情况如下。

(1)初始水位:承压含水层初始水位在地面以下 4.00 m 考虑。

(2)求得各层水文地质参数见表 1。

(3)单井出水量:38 m 孔深单孔试验时,降水孔单孔出水量约 14.00 m³/h;40 m 孔深单孔试验时,降水孔单孔出水量约 13.70 m³/h;42 m 孔深单孔试验时,降水孔单孔出水量约 16.47 m³/h。

(4)水位恢复:观测孔水位恢复非常快,最快约 6 min 恢复 10%左右,因此后期降水运行期间减压降

表 1 水文地质参数表

土层 层号	土层名称	水平渗透系 数/(m·d ⁻¹)	垂向渗透系 数/(m·d ⁻¹)	储水率/ (10 ⁻⁴ ·m ⁻¹)
⑤ ₄₂	砂质粉土	0.75	0.12	7.0
⑦ ₁₁	黏质粉土	0.58	0.07	6.3
⑦ ₁₂	粉砂	4.40	0.56	4.5
⑧ ₂₂	粉砂夹粉质黏土	0.78	0.15	14.0

水阶段不能出现长时间停电,且现场需配备发电机。

(5)回灌试验:常压回灌,群孔回灌过程中 42 m 深度的孔平均回灌水量为 3.56 m³/h。

3 群坑降水统筹设计

此群坑总面积约 14.05 万 m², 地下四层区域最大开挖深度达 26.70 m, 群坑抽降地下水的力度大、持续时间长,且同一阶段降水期间,分区基坑之间存在相互影响的情况,为保证降水的合理性,摒弃以往各地块项目单独设计的思路,统筹考虑,统筹设计。

3.1 疏干降水设计

开挖范围内需要疏干的层位为上海典型软土层,含水量高,疏干难度大,且存在第③_T层黏质粉土,为极难有效疏干的含水夹层。地下四层区域按照 200 m²/口设置真空疏干深井,井深设置在开挖面下 5~6 m,并做到“疏干与减压的分层降水”,根据地层起伏情况具体调整井深,疏干深井不进入承压水含水层,并在每个基坑第二层土方开挖前进行不少于 20 d 的潜水预降水,疏干开挖范围内潜水。靠近地铁侧退挖小坑为地下两层基坑,全部进行满堂加固,不需考虑进行疏干降水。

3.2 减压降水统筹设计

基坑底板下分布有(微)承压含水层⑤₄₂、⑦₁₁、⑦₁₂、⑦₂、⑧₂₂、⑨₁₂、⑨₂层相互连通,总厚度达 60 m,含水层最浅层顶埋深约 29.12 m,勘察测得水位埋深 4.00 m。根据地层埋深、开挖深度、水位埋深等条件,进行承压水抗突涌计算,基坑开挖需针对承压含水层进行减压降水,地下四层区域安全水位埋深 14.20~24.33 m,减压幅度大。

地下四层区域外围深度 57、61、63 m, 墙趾已进入第⑧₂₂层,未能将承压水隔断,形成减压降水悬挂式止水帷幕。减压深井根据各区域减压幅度、含水层埋深及起伏情况、止水帷幕设置情况,在设计阶段考虑尽量减少减压降水对周边环境的影响,设置减压深井井深 44、46、48 m,形成减压降水止水帷幕绕流路径 9~19 m。

根据基坑分区域分阶段开挖次序,利用基坑降水经验,并结合 Visual ModFlow 软件进行分阶段进行群坑三维渗流数值法计算,模型如图 3 所示,各同时施工基坑减压降水相互影响,相互叠加计算,为群坑降水设计与施工提供理论依据。

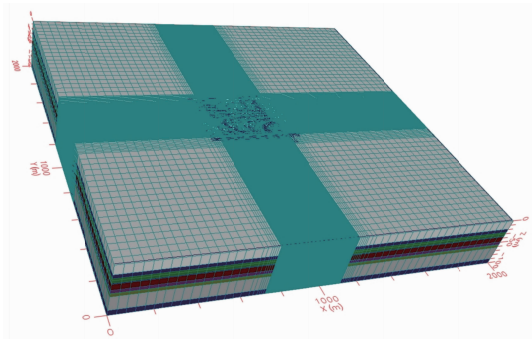


图 3 三维渗流模型

3.2.1 三维渗流数值法计算假设条件

(1)在计算模型中录入项目岩土工程勘察获得的地层信息、水文地质勘察含水层的水文地质参数及围护深度等工程信息。

(2)减压深井根据各区域减压幅度、含水层埋深及起伏情况、止水帷幕设置情况,设置减压深井井深 44、46、48 m,成孔孔径 650 mm,井管及过滤器外径 273 mm,考虑在减压降水深井抽水时,群井效应及围护止水绕流效果的综合影响,在减压降水运行时,减压降水深井单井涌水量平均为 6~10 m³/h。

(3)潜水的初始水位埋深 0.5 m;承压水初始水位埋深 4.00 m。

(4)止水帷幕的止水绕流效果良好。

3.2.2 三维渗流数值法计算结果

(1)经过各阶段开挖工况计算,在满足各分区基坑最大设计降深要求时,在各地块共设置 116 口减压降水深井。

(2)经过计算,在各基坑满足最大设计降深要求的同时,基于降水运行后基坑内外承压水水位的预测降深如图 4 至图 6 所示。

3.2.3 基坑内减压备用井、坑外井设计

在基坑内设置减压降水深井的同时,为实时观测基坑内水位情况,严格做到按需降水,并在设计深井的基础上另行增加应急备用减压能力,故在基坑内设置应急备用兼水位观测井,共设置 17 口。

根据群坑周边环境保护的不同要求,在基坑外分别设置不同间距的深井作为承压水水位观测井或回灌井,基坑外南侧(临近轨道交通 12 号线车站及区间隧道)设置承压水回灌井,井间距 10 m,在群坑

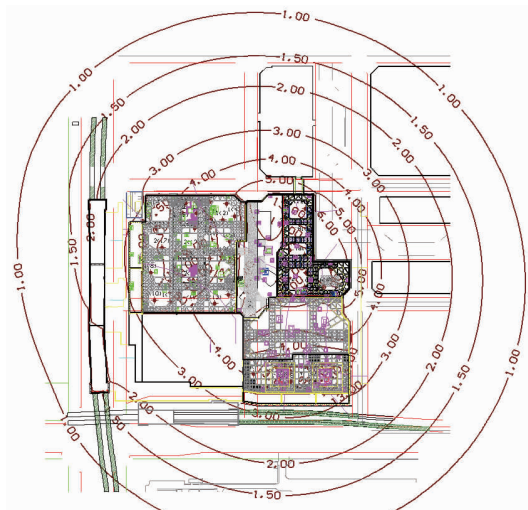


图 4 ①序基坑减压降水后承压水降深预测等值线图(单位:m)

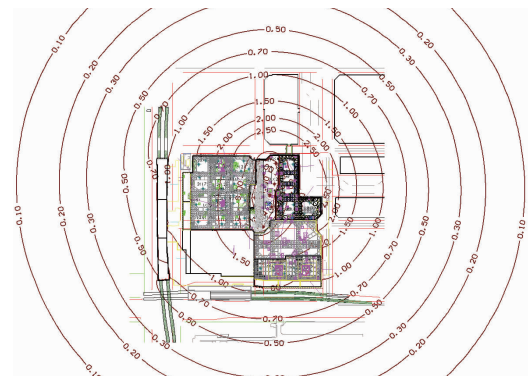


图 5 ②序基坑减压降水后承压水降深预测等值线图(单位:m)

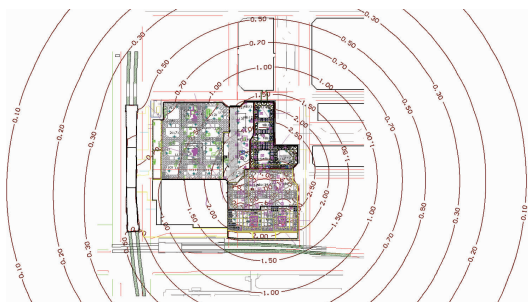


图 6 ③序基坑减压降水后承压水降深预测等值线图(单位:m)

减压降水阶段,根据水位变化及轨道交通沉降变化进行按需统筹回灌,缓解减压降水对轨道交通的影响;在基坑外其他侧设置承压水位观测井,井间距 50 m,观测坑外承压水水位变化。

4 群坑降水运行管理

(1)筹划潜水预降水:在每个基坑第二层土方开挖前约 20 d,进行潜水预降水,满足土方开挖疏干要求,并在继续下挖过程中逐步疏干降水。

(2)承压水验证性试验:在每个基坑开挖前,进行承压水验证性试验,了解每个基坑减压设计能否满足本基坑的最大减压降水需求;保证同一次序基

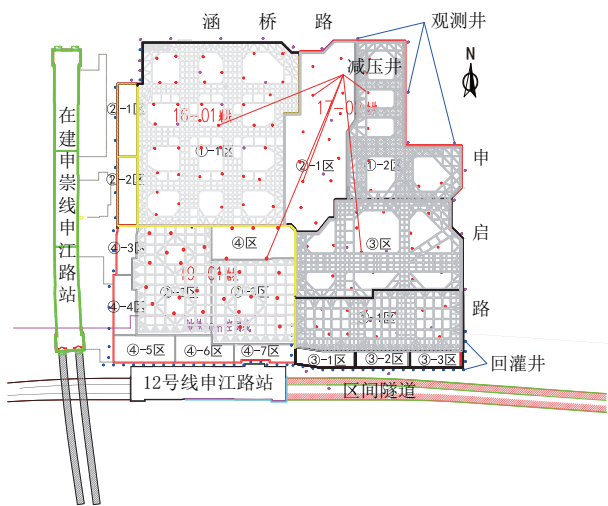


图7 基坑内减压井及其备用井、基坑外观测井及回灌井平面布置图

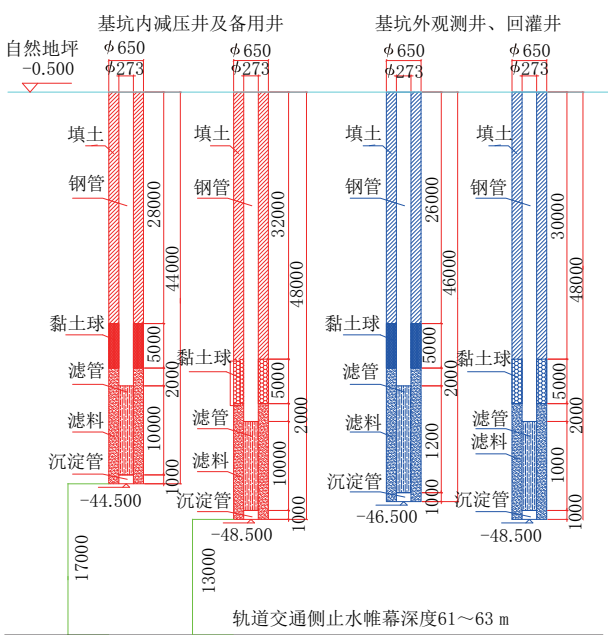


图8 基坑内减压井及其备用井、基坑外观测井及回灌井结构剖面图(单位:mm)

坑群坑减压降水、单坑单独减压降水的情况下,均能满足减压降水需求,保证基坑开挖安全。

(3)观测水位协调管理:在前期次序基坑施工过程中,前期次序基坑中隔墙外侧基坑暂未施工,但本项目分区分坑多,特别是①序基坑,基坑四周围护由2~3道中隔墙组成,在前期次序基坑开挖阶段、特别是减压降水阶段,若中隔墙存在缺陷,将给工程安全带来较大不利影响。本项目在施工过程中提前筹划,中隔墙外侧深井提前成井完成,开挖区域基坑外四周均有观测井,在基坑验证性试验阶段、开挖减压降水阶段观察水位变化,及时发现问题,保证群坑施工过程中各个基坑的安全。

(4)减压降水协调管理:对整个区域基坑降水进

行总体统筹协调管理,加强各地块基坑开挖期间的协调、信息共享,能够有效避免长期抽取地下水造成的区域性地面沉降,降低基坑施工对周边环境的影响,并能够在某一基坑出现漏水、涌砂等险情时,区域协同,将损失降到最小程度。

(5)回灌协调管理:群坑南侧存在轨道交通12号线车站及区间隧道,在前期验证性试验过程中,监测到减压降水对区间隧道变形影响明显,为严格控制重要构筑物的变形,在群坑施工过程中,加强各个地块施工单位的沟通,特别是降水单位的信息共享、协调降水,形成降水信息共享群,每个基坑开启、关闭减压降水等节点均提前沟通。在群坑区域某个基坑减压降水的同时,需密切关注轨道交通侧水位、沉降情况,根据水位监测数据、地面沉降监测数据以及地铁监测数据,综合考虑,协调启动、调整轨道交通侧回灌井,尽量消除群坑减压降水对轨道交通的影响。

(6)群坑中隔墙拆除风险协调管理:本项目共分为25个分区基坑,分为4个开挖次序依次进行施工,在基坑逐步施工完成后,中隔墙随后续基坑回筑结构进行拆除,拆除中隔墙将造成墙体与土体扰动,因本项目下伏承压含水层层顶埋深浅,且基坑开挖深度大,拆除中隔墙过程中极有可能出现墙壁涌水风险,所以,中隔墙两侧减压深井在本区基坑底板浇筑完成后持续保留,作为拆除中隔墙应急降水井,在对应中隔墙拆除完成后,进行封井处理。

5 群坑降水统筹设计及运行管理成效

目前本群坑项目第一阶段施工基坑(16-01地块①-1区、17-02地块①-2区、18-01地块、18-04地块、20-01地块①-1区)顺利开挖完成,基坑回筑施工也已基本完成。

针对在基坑开挖前后群坑南侧轨道交通变形数据进行统计分析。

由图9可以看出轨道交通沉降变形在基坑开挖前与①序基坑开挖完成停止降水后对比,无明显变化,开挖前后沉降曲线基本重合,且在大部分区域,沉降变形值还存在一定的抬升恢复。

图10所示为针对沉降累计变化最大点与沉降累计变化普通点进行了沉降历时曲线统计,在基坑减压前期,为弥补围护施工阶段对轨道交通的影响,加大回灌里力度,沉降呈现逐步恢复状态,最终,受群坑大规模降水及协调回灌整体影响,沉降趋于稳定,其中沉降累计变化最大点(XJL23)沉降值在基坑

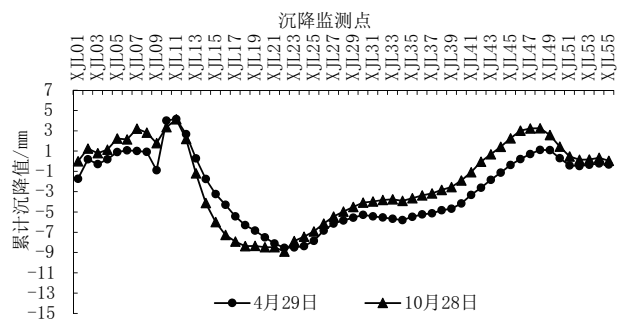


图9 减压降水前后轨道交通沉降值对比曲线

减压降水前后由 8.54 mm 变为 8.60 mm, 最终各沉降观测点沉降值基本与基坑开挖前持平, 且部分区域存在一定的沉降抬升恢复。

6 结 语

在群坑降水的统筹设计及协调运行管理下, 基坑降水保证群坑开挖安全的同时, 通过前期群坑降水统筹设计、过程中抽降水协调管理、统筹按需回灌补水等, 将群坑降水对周边环境、特别是轨道交通的影响降到了最小, 取得了极好的经济效益和社会效

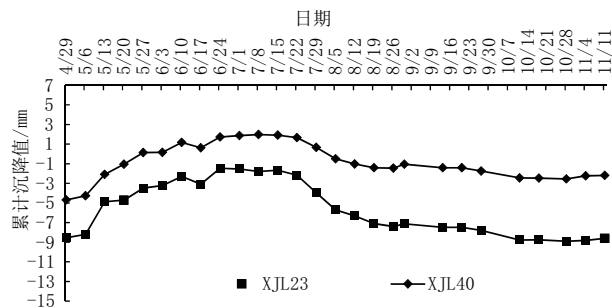


图10 减压降水前后轨道交通沉降点沉降值历时曲线

益。

参考文献:

- [1] 罗军涛. 上海闹市区超深基坑降水技术研究[J]. 低温建筑技术, 2022, 44(1): 154-157.
- [2] 龙莉波. 悬挂式围护深基坑外地下水回灌技术的研究[J]. 建筑工程, 2014, 36(4): 327-329.
- [3] 崔永高. 深厚强透水含水层超大基坑降水群井效应研究[J]. 工程地质学报, 2015(3): 574-579.
- [4] 凌岗. 毗邻轨道交通地下线等复杂环境的深基坑施工变形控制研究[J]. 建筑施工, 2019, 41(8): 1399-1400.

《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