

# Study on Construction Technology of Deep Foundation Pit Dewatering Project in Soft Soil

Ruiqiang Zhang

The 20th Bureau Group of China Railway First Engineering Co., Ltd. Suzhou, Jiangsu, 215151, China

## Abstract

With the background of Xingtang Street Station of Line 5 in Suzhou, based on the construction characteristics of the project, this paper aims at the deep foundation pit project in soft soil layer, the underground aquifer with hydraulic connection inside and outside the foundation pit is separated by pipe wells for dredging precipitation. For confined water aquifers that are not hydraulically connected to the inside and outside of the foundation pit, the piped wells are used for decompression and precipitation when the foundation pit precipitation has a large impact on the water level outside the pit. Recharge wells are used to recharge the ground and reduce the impact on the surrounding environment outside the pit. This paper discusses the design of tube wells for dredging precipitation, decompression precipitation, and recharging groundwater in deep foundation pits, as well as the operation status of various types of tube wells during construction. Based on field effects, the theoretical and practical technical methods of deep foundation pit precipitation engineering are summarized.

## Keywords

foundation pit dewatering; dewatering; decompression dewatering; groundwater recharge

## 软弱土层深基坑降水工程施工技术研究

张睿强

中铁二十局集团第一工程有限公司, 中国·江苏 苏州 215151

## 摘要

以中国苏州市轨道交通5号线星塘街车站为背景, 根据项目施工特点, 针对软土地层深基坑工程, 对围护结构隔断基坑内外水力联系的地下含水层采用管井进行疏干降水; 对围护结构未隔断基坑内外水力联系的承压水含水层, 采用管井分层分别进行减压降水; 基坑降水对抗外水位影响较大时采用回灌井对地下进行回灌, 减少对抗外周边环境的影响。论文讨论了对深基坑疏干降水、减压降水及回灌地下水的管井设计, 以及施工过程中各种类型管井的运行状况; 通过现场效果, 总结深基坑降水工程的理论与实践技术方法。

## 关键词

基坑降水; 疏干降水; 减压降水; 地下水回灌

## 1 引言

目前中国城市基础设施和交通网络建设活动展现出迅猛的发展势头, 地下空间的开发利用能为城市生活提供巨大的活动场所, 地下工程的施工建设发展迅速。

基坑工程作为地下空间开拓的主要控制环节, 为工程施工安全和结构质量提供保障。在中国沿海地区等经济发达地区, 地下水位较高, 基坑周边环境复杂, 且部分承压含水层承压水头较高, 复杂的环境需要完善的技术方案为支撑, 保证工程建设质量。地下水是影响基坑工程的主要因素, 基坑降水不仅能够提供干作业环境, 更是基坑整体稳定的前提

保障。

论文以中国苏州市轨道交通工程星塘街车站基坑降水工程为例, 通过疏干降水、减压降水、回灌保证等技术措施, 结合现场相关测量数据及工程效果, 探讨深基坑降水工程的技术方案。

## 2 工程概况

### 2.1 项目简介

星塘街车站是中国苏州市轨道交通5号线的一个换乘折返车站, 与既有运营1号线正交, 本期预留两处换乘节点。车站外包总长度为491.713m, 标准段结构宽度为22.1m, 开

挖深度 24.1m–25.2m；端头井处结构宽度为 26.2m，开挖深度为 25.3–25.7m。车站主体结构为地下三层双柱三跨闭合框架结构，车站采用明挖顺做法施工。

## 2.2 基坑围护结构

基坑采用地下连续墙 + 内支撑的围护方案。

车站标准段与端头井段均采用 1000mm 厚地下连续墙，地墙接头为工字钢接头，竖向设置 6 道支撑，其中第一道、第四道支撑为钢筋砼支撑，其余均为钢支撑；竖向支撑系统采用格构柱，立柱桩为 Ø850 钻孔灌注桩；基坑地下连续墙加深已隔断承压。

## 2.3 工程地质条件

星塘街车站地质勘察 75.00m 深度范围内地基土属第四纪湖相、河泛相、河口~海湾相、滨海相、河口三角洲相及冲击相沉积物。主要由粘性土、粉土及砂土组成，一般呈水平向分布。

车站基坑底板主要落在⑤ 1 层粉质粘土，北侧端头部分位于⑤ 2 层粘质粉土夹粉质粘土，局部位于⑤ 2 层粘质粉土夹粉质粘土。

## 2.4 水文地质条件

本车站范围内地下水类型主要为松散岩类孔隙水，按形成时代、成因和水理特征可划分为潜水含水层、微承压水含水层及承压水含水层。

其中与本工程建设密切相关的含水层为潜水含水层；第③ 3 层、④ 2a 层及中部第⑤ 2 层微承压含水层；第⑦ 2a 层、⑦ 2 层、⑦ 4 层及⑨层承压含水层。

根据本工程地质勘察报告数据所述，⑦ 2a 层、第⑦ 2 层及⑦ 4 层之间水力联系较为密切，其余各微承压水和承压水含水层之间水力联系较弱。场地第⑦ 2a 层及⑦ 2 层承压水水位埋深为 3.51m，相应绝对标高为 0.43m，第⑨层承压水水头埋深一般在 11.0m 左右。

## 3 基坑降水方案深化设计

本车站采用地下连续墙围护结构，土方开挖深度范围内潜水、微承压水内外联系均已被切断，采用坑内疏干降水方法，抽排基坑开挖范围地下水。

本期车站基坑与既有 1 号线对接，虽然 5 号线地下连续

墙已经完全隔断第⑦ 2a 承压水含水层，但是由于 1 号线地下连续墙基底未能完全封闭⑦ 2a 层承压水，遗留孔隙为 0.1–0.36m 之间，土方开挖阶段须考虑⑦ 2a 层承压降水，避免承压水造成坑底突涌。考虑第⑨层承压水对坑底突涌的影响<sup>[1]</sup>。

由于车站基坑周边环境复杂，且临近既有运营 1 号线，基坑降水可能对周边环境影响较大，采用回灌井对拟降承压水层进行回灌，减少坑内降水对周边环境的影响。

## 3.1 疏干降水设计

基坑标准段管井伸入基坑底部以下 6.0m，疏干井管井直径为 0.7m，井壁管采用焊接钢管，直径 273mm，壁厚 4mm，滤管段采用桥式滤水管，滤水管外包一层 30–40 目尼龙滤网，滤水管直径与井壁管直径一致，沉淀管接在滤水管底部，长度为 1.0m，沉淀管底口用铁板封死，从井底向上滤管范围内全部回填中粗砂。

疏干降水设计有效疏干面积取 200m<sup>2</sup>，根据基坑工程总面积，设置疏干井 54 口，延基坑纵向分 2 排布置，距离四周止水帷幕 6.0m，管井纵向间距为 16–17m。

## 3.2 承压水降水设计

### 3.2.1 坑底突涌稳定性计算

对基底下伏的承压含水层进行抗突涌分析，基坑底板抗突涌稳定条件：基坑底板至承压含水层顶板间的土重应大于承压水的顶托力。即

$$\frac{D\gamma}{h_w\gamma_w} \geq K_h$$

公式中： $K_h$ ——突涌稳定安全系数， $K_h$ 不应小于 1.1；

$D$ ——承压含水层顶面至坑底的土层厚度

(m)， $D = H_a - H_b$ ；

$\gamma$ ——承压含水层顶面至坑底土层的天然重度 (KN/m<sup>3</sup>)；对多层土，取按土层厚度加权的平均天然重度 (KN/m<sup>3</sup>)；

$h_w$ ——承压含水层顶面的压力水头高度 (m)，(承压水位至承压含水层顶板距离)；

$\gamma_w$ ——水的重度 (10KN/m<sup>3</sup>)；

$H_a$ ——基坑开挖底板高程 (m)；

$H_b$ ——含水层顶板高程 (m)；

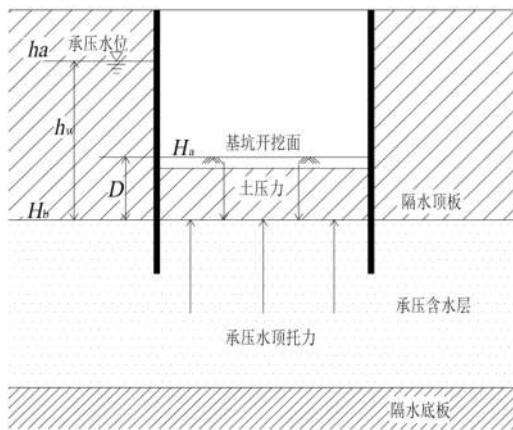


图 1 基坑底板抗突涌验算示意图

根据承压水抗突涌稳定性验算，承压水含水层抗突涌稳定性如表 1、表 2 所示。

表 1 第 9 层粉砂抗突涌验算结果表

依据钻孔	开挖底板 $H_a$ (m)	含水层顶板 $H_b$ (m)	土加权重度 $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$H_{\text{初始水位}}$	安全水位高程 $h_a$ (m)	水位降深 $S$ (m)
Jc-M3-XT-10	-22.106	-58.07	18.9	-8.30	3.85	无需降水
Jc-M3-B62	-21.450	-52.25	19.1	-8.30	1.23	无需降水
Jc-M3-XT-25	-22.650	-64.11	19.0	-8.30	7.50	无需降水

表 2 第 ⑦ 2a 层粉砂夹粘质粉土抗突涌验算结果表

依据钻孔	开挖底板 $H_a$ (m)	含水层顶板 $H_b$ (m)	土加权重度 $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	$H_{\text{初始水位}}$	安全水位高程 $h_a$ (m)	水位降深 $S$ (m)
Jc-M3-XT-10	-22.106	-31.46	18.9	0.43	-15.4	需降水
Jc-M3-B62	-21.450	-31.65	19.1	0.43	-13.94	需降水
Jc-M3-XT-14	-20.526	-30.68	19.0	0.43	-13.14	需降水
Jc-M3-XT-15	-20.596	-31.44	19.0	0.43	-12.71	需降水

根据计算结果，第 9 层承压水层不需要进行进行减压降水，承压水坑底抗突涌稳定性满足规范要求；第 ⑦ 2a 层承压水须按要求进行减压降水，根据计算设置减压降水，确保基坑安全。

### 3.2.2 第 ⑦ 2a 层承压降水设计

为保证 ⑦ 2a 层承压水不造成基坑突涌，针对 ⑦ 2a 层承压水设置 9 口减压降水井，根据现场实际情况合理均匀布置，减压井分别配置一台 4m<sup>3</sup>/h 的泵，设计流量取 96m<sup>3</sup>/d。

减压井管井直径为 0.7m，井壁管采用焊接钢管，直径 273mm，壁厚 4mm，滤管段采用桥式滤水管，滤水管外包一

层 30-40 目尼龙滤网，滤水管直径与井壁管直径一致，沉淀管接在滤水管底部，长度为 1.0m，沉淀管底口用铁板封死。减压井滤管长度根据第 ⑦ 2a 层含水层厚度确定，除滤管段采用中粗砂回填外，其余部分均采用粘性土回填<sup>[2]</sup>。

### 3.3 回灌井设计

由于 1 号线处地墙未隔断 ⑦ 2a 层承压水，承压水降水过程对 1 号线结构影响较大，可能造成 1 号线结构沉降。为减小坑内降水对抗外影响较大，在与 1 号线对接位置设置 4 口备用回灌井，针对 ⑦ 2a 层承压水降水造成坑外水位下降较大时启用，回灌井采用常压回灌，回灌水源为市政自来水。

## 4 基坑降水工程运行方案

### 4.1 疏干降水运行

正式降水之前，准确测定各井口和地面的标高，测定静止水位，安排好抽水设备、电缆及排水管道，进行降水试运行。其目的是为了检查排水及电路是否正常，排水系统是否完好，保证整个降水系统正常运转。

基坑开挖前 20 天对坑底进行预降水。通过基坑监测井即时监控地下水位，检验降水效果及止水帷幕质量效果。

坑内疏干降水达到设计高程后停止抽水，疏干管井随基坑开挖进程逐步割除<sup>[3]</sup>。

### 4.2 减压降水运行

承压水降水运行控制应满足两个基本要求：其一，通过承压水降水运行，应能保证将承压水位控制在安全埋深以下；其二，从保护基坑周边环境的角度考虑，在承压水位降深满足基坑稳定性要求的前提下，应避免过量抽水、水位降深过大。

每个减压井的水泵出口安装水量计量装置和单向阀，降水运行实行不间断的连续监控。严格遵守“按需减压降水”的原则，根据基坑土方开挖的顺序、方式，制定承压水位降深的运行方案。

### 4.3 回灌井运行

根据基坑外侧承压水位初值，坑内承压降水造成坑外承压水头降低时启动回灌井，采用常压回灌的方式对承压水层进行回灌，回灌水源选用供水管网自来水。

## 5 结语

主要针对星塘街车站深基坑降水工程方案设计及运行的

讨论,通过现场降水效果核验,结合相关基坑周边环境监测数据分析。

止水帷幕隔断基坑内外水力联系的情况下,采用疏干井降水可满足基坑施工要求,且对基坑周边环境影响较小;在基坑工程须承压降水,且周边环境要求较高时,选择坑内减压降水,结合坑外回灌措施,加强周边数据监测分析,降水效果满足各项指标要求。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部 .JGJ 120-2012 建筑基坑支护技术规程 .[S]. 北京 : 中国建筑工业出版社 .2012.
- [2] 建设部综合勘察研究设计院 .JGJ/T111-98 建筑与市政降水工程技术规范 .[S]. 北京 : 中华人民共和国建设部 ,1999.
- [3] 北京市城乡建设委员会 .GB 50299-1999 地下铁道工程施工及验收规范 .[S].(2003 年版). 北京 : 中国计划出版社 ,2004.