

研究论文

DOI: 10.63221/eesp.v2i01.29-34

亮点:

- 系统阐述了在临近河道、厚层软土及高水位复杂地质条件下,深基坑支护与降水的关键技术。
- 以钻孔灌注桩结合冠梁为核心的支护体系,并进行了详尽的设计计算与稳定性验算。文章提出了“立体降水、动态监控”的综合技术方案。

*通讯作者邮箱:

15925652596@163.com

英文引用: Wang Weidong et al., 2026. Research and Application of Deep Foundation Pit-Support Technology in the Qinwangpu River Diversion Project Pump Station. Evidence in Engineering Science and Practice, v2i01.29-34.

中文引用: 汪卫东等., 2026. 秦望浦改移工程深基坑支护技术研究与应用. 工程科学与实践, v2i01.29-34.

稿件处理节点:

接收	2026年3月17日
修订	2026年3月18日
接受	2026年3月20日
发表	2026年3月26日

基金资助:

本研究基金资助为浙江省水利科技重点项目 (RB2513); 2024年浙江省水利科技重大项目 (RA2403); 2024年浙江省水利科技重点项目 (RB2415)。

版权:

本作品原创内容可依据《知识共享署名4.0国际许可协议》条款使用。任何对本作品的后续分发须标明原作者及作品标题、期刊引用及 DOI 信息。

秦望浦改移工程深基坑支护技术研究与应用

汪卫东¹, 裘加荣², 黄健³, 帅伟^{3*}, 张超杰⁴¹ 杭州景铭市政园林工程有限公司, 杭州市 310014² 杭州市富阳区新桐乡人民政府, 杭州市 311400³ 杭州市富阳区林业水利局, 杭州市 311400⁴ 浙江省水利河口研究院, 杭州市 310017

摘要 本文以秦望浦改移工程泵站深基坑为研究对象,系统阐述了在临近河道、厚层软土及高水位复杂地质条件下,深基坑支护与降水的关键技术。通过对工程地质与水文地质条件的深入分析,确立了以钻孔灌注桩结合冠梁为核心的支护体系,并进行了详尽的设计计算与稳定性验算。文章提出了“立体降水、动态监控”的综合技术方案,详细介绍了其设计思路、计算方法和实施要点,该技术方案成功在本工程成功应用。文末总结提炼的关键技术经验与普适性指导原则,为类似水文地质条件下的水利工程深基坑建设提供了从理论计算到施工管理的全流程、可复制的技术范式,具有重要的工程借鉴与推广价值。

关键词: 深基坑; 基坑支护; 降排水; 动态监测;

Research and Application of Deep Foundation Pit Support Technology in the Qinwangpu River Diversion Project Pump Station

Wang Weidong¹, Qiu Jiarong², Huang Jian³, Shuai Wei^{3*}, Zhang Chaojie⁴¹ Hangzhou Jingming Municipal Landscape Engineering Co., Ltd.² Hangzhou FuyangXintong Township People's Government³ Hangzhou Fuyang District Forestry and Water Resources Bureau⁴ Zhejiang Institute of Water Resources and Estuary

Abstract This paper takes the deep foundation pit of the pumping station in the Qinwangpu diversion project as the research object, systematically elucidating the key technologies for support and dewatering of deep foundation pits under complex geological conditions such as proximity to rivers, thick soft soil layers, and high water tables. Through an in-depth analysis of the engineering geological and hydrogeological conditions, a support system centered on bored piles combined with capping beams was established, accompanied by detailed design calculations and stability verification. The article proposes a comprehensive technical scheme of "3D dewatering and dynamic monitoring," detailing its design philosophy, calculation methods, and implementation key points. This technical scheme was successfully applied in the project. The key technical experiences and universal guiding principles summarized at the end of the paper provide a comprehensive, replicable technical paradigm for deep foundation pit construction in hydraulic engineering under similar hydrogeological conditions, spanning from theoretical calculations to construction management, offering significant engineering reference and promotional value.

Keywords: Deep foundation pit; Foundation pit support; Dewatering and drainage; Dynamic monitoring

1. 工程概况及特点

秦望浦泵站改造工程是富阳区域防洪排涝体系的重要组成部分，工程规模为中型（III等），概算总投资 8749.66 万元，建设周期 24 个月。工程主要建设内容包括：新建泵站一座，配备排涝机组和生态流量机组，设计排涝流量 12m³/s，生态引水流量 0.1m³/s，总装机功率 1530kW；新建排水箱涵一处，净宽 3.5m；新建排涝管道 2 根，单根长度 1140 米；新建生态引水管道 1 根，长度 966 米，管径 DN320。工程配套实施政策处理、道路、管线、绿化及其他附属工程。

工程主要呈现以下特点：

（1）开挖深度大，安全等级明确：泵站基坑开挖深度为 6.7m，依据《建筑深基坑工程施工安全技术规范》(JGJ 311-2013)，基坑安全等级定为三级。

（2）水文地质条件复杂：工程场地位于亚热带季风气候区，雨量充沛。秦望浦河道宽 9.0~13.0m，水位标高在 5.40~6.88m 之间，与基坑地下水力联系密切，构成主要补给源。地质勘察揭示（如图 1），场区自上而下分布厚层③-1、③-2 淤泥质粉质粘土，呈流塑状态，具有强度低、压缩性高、易变形的特性，对基坑稳定极为不利。主要土层物理力学参数见表 1。

（3）周边环境制约：基坑紧邻秦望浦河道和交通干道，确保基坑稳定、控制变形及防止渗流破坏，直接关系到河道堤防的安全，施工要求高，技术难度大。

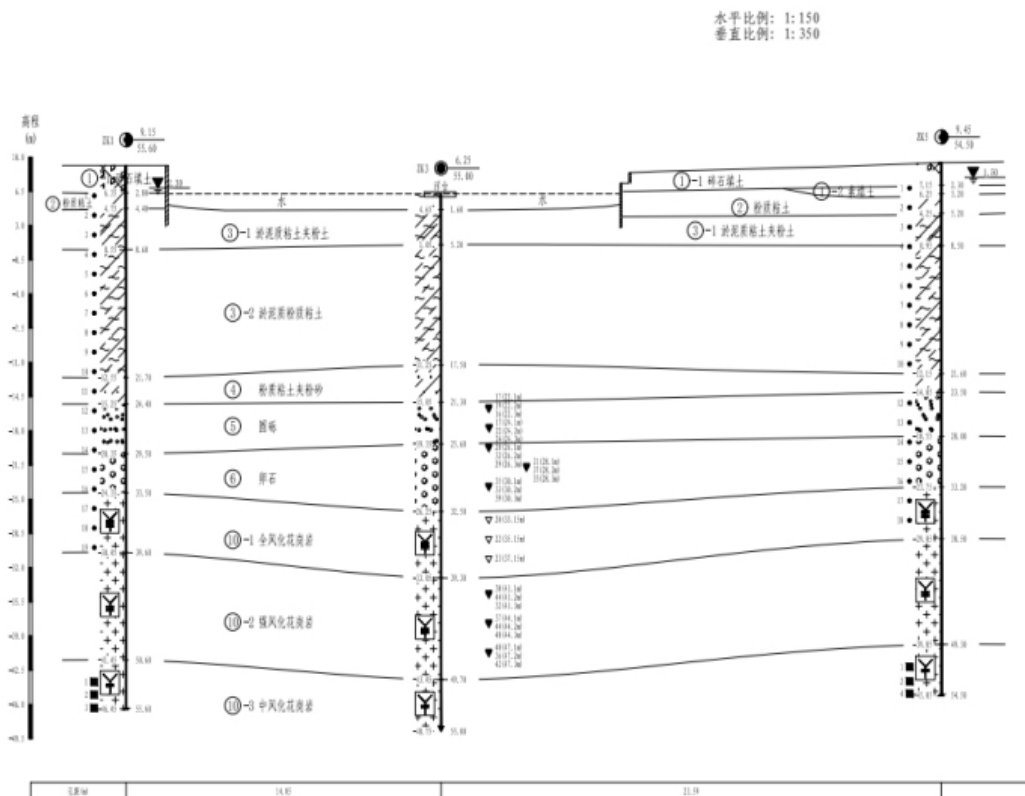


图 1 工程地层分布图

表 1 主要土层物理力学参数

层号	岩土名称	层厚 (m)	天然重度 γ (kN/m ³)	粘聚力 c(kPa)	内摩擦角 φ (°)	渗透系数 K(cm/s)
①	杂填土	1.5	18	5	10	5.0×10^{-5}
②	粉质粘土	2	19	25	18	2.0×10^{-6}
③-1	淤泥质粉质粘土	8.5	17.5	12	9	3.0×10^{-7}
③-2	淤泥质粉质粘土	6	17.2	10	8	2.5×10^{-7}
④	粉质粘土夹粉砂	10	19.5	30	20	1.0×10^{-5}

2. 泵站基坑支护方案设计与稳定性分析

2.1 支护结构选型与依据

面对 6.7m 的开挖深度、厚达十余米的流塑状淤泥质软土，以及高地下水位和临近河道的复杂工况，常规放坡开挖无法保证安全，而钢板桩在此类深厚软土中可能因嵌固不足和刚度有限而失效。经综合比选，最终确定采用 $\phi 1000\text{mm}$ 钻孔灌注桩密排（桩中心距 1.2m）结合顶部钢筋混凝土冠梁的刚性支护

体系。该方案优势在于：桩体刚度大，能有效限制土体变形；桩长可灵活调整，确保嵌入下部稳定的④层粉质粘土夹粉砂层，获得足够嵌固力；密排布置具有一定的截水效果。

2.2 支护平面与断面设计

泵站基坑支护结构的平面布置遵循“封闭支护、方便施工”的原则^[1]，如图 2 所示，钻孔灌注桩沿泵站基础轮廓线密布形成连续挡墙。

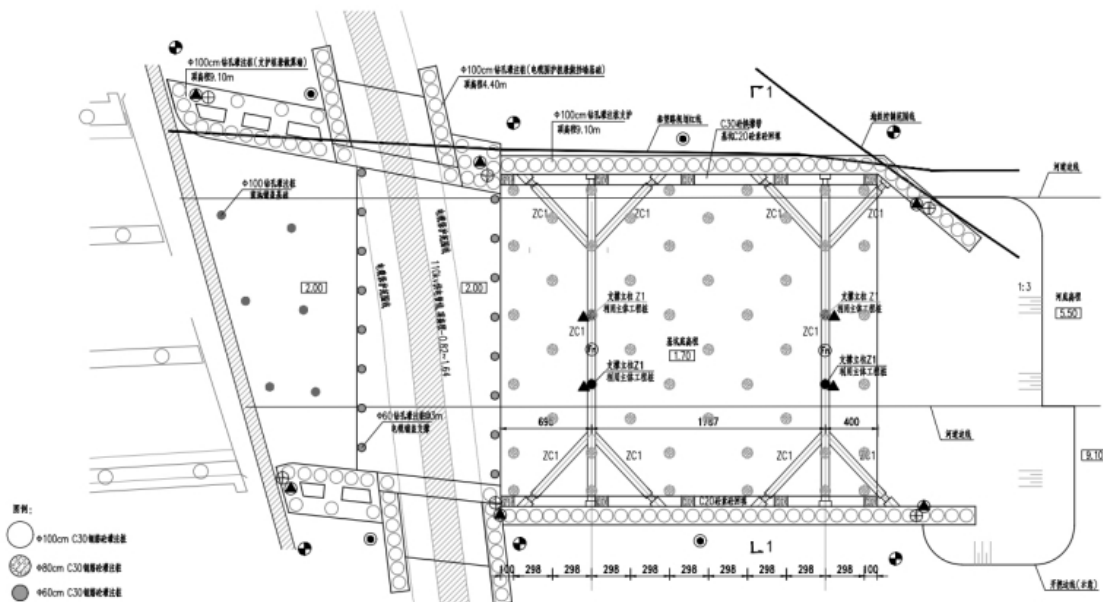


图 2 泵站基坑支护平面布置图

（注：图中比例尺为 1:200，具体尺寸以设计图纸为准）

支护结构的典型断面设计（图 3）直观反映了支护桩与复杂地层的空间关系，明确了桩长 18.9m、嵌

固深度远大于开挖深度的设计理念，以及冠梁的连接作用。

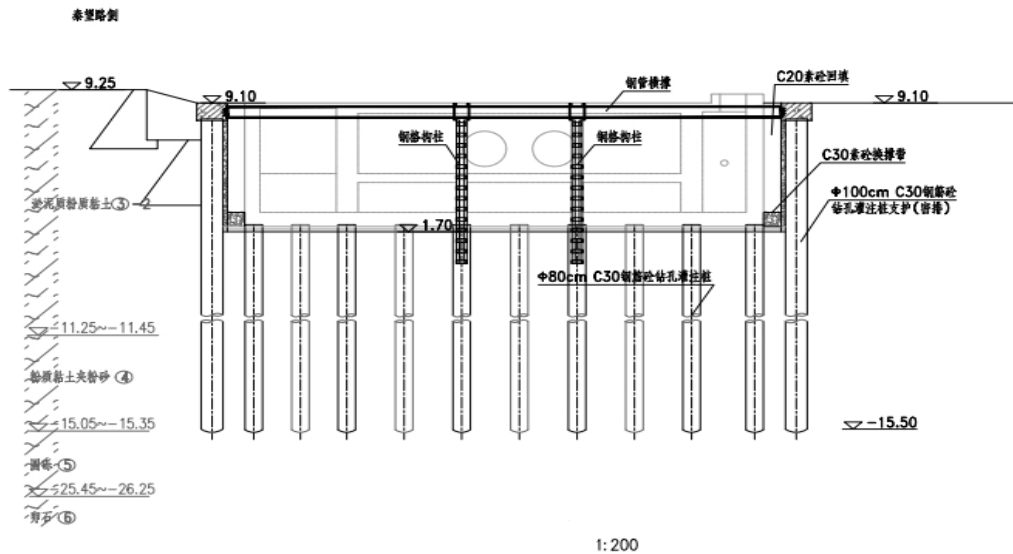


图3 泵站基坑支护典型断面图

2.3 支护结构计算与稳定性验算

依据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-2012)进行定量化设计计算。

(1) 土压力计算：采用朗肯土压力理论，依据各土层物理力学参数进行分层计算。计算结果表明，深厚的流塑状淤泥质粘土层产生的主动土压力是支护结构需承担的主要荷载，其低抗剪强度参数是设计的控制性因素。

(2) 嵌固稳定性验算：对支护桩进行抗倾覆稳定性验算。计算得出，嵌固稳定安全系数为 2.379，远大于规范要求的 1.2。这一结果充分验证了采用 18.9m 桩长、使桩端进入稳定④层的设计方案，能够提供极高的抗倾覆安全储备，有效保障了基坑的整体稳定。

(3) 结构内力与配筋设计：通过多工况（如开挖至基底、支撑发挥作用等）结构分析，求得支护桩控制性内力：最大弯矩设计值 $M=771.133\text{kN}\cdot\text{m}$ ，最大剪力设计值 $V=472.476\text{kN}$ 。据此进行桩身结构设计：采用 C30 混凝土，配置 20 根直径 25mm 的 HRB400 级钢筋作为主筋沿圆周均匀布置，箍筋为直径 12mm 的 HRB400 级钢筋，间距 100mm。经验算，正截面受弯承载力、斜截面受剪承载力及最小配筋率均满足规范要求，保证了支护桩自身的结构安全。

3. 降水与排水方案

3.1 基坑降水计算

该基坑内降水、排水主要包括坑内岩土渗水、施工用水、雨水及外江水入侵等。根据基础埋置深度和拟建场地地层情况，考虑进行井点降水^[2]。

根据地勘资料，基坑主要位于③层淤泥质粉质粘土中，取渗透系数 $K=0.05\text{m/d}$ （综合经验值），潜水含水层厚度 $H_0=15\text{m}$ ，基坑水位降深 $S=7.0\text{m}$ （要求降至基底以下 1m）。采用岸边降水公式计算基坑涌水量：

$$Q=1.366K[(2H_0-S)S/(\lg R-\lg x_0)] \times [(H_0+0.5r)/H_0]^{1/2} \times [(2h_0-l)/h_0]^{1/2} \quad (1)$$

式中：Q——基坑涌水量(m^3/d)；K——渗透系数(m/d)； H_0 ——潜水含水层厚度(m)；S——基坑水位降深(m)；R——降水影响半径(m)； x_0 ——基坑等效半径(m)；r——基坑等效半径（与 x_0 同，用于修正）； h_0 ——含水层有效带厚度(m)，取 $h_0=1.85(S+l)=15.5\text{m}$ ；l——滤管长度(m)，取 $l=2.0\text{m}$ 。

代入计算得 $Q \approx 520\text{m}^3/\text{d}$ 。

井点需要根数计算采用公式：

$$n=1.1Q/q, \quad q=65\pi dl \times K_1 \cdot i^3 \quad (2)$$

式中：d——滤管直径(m)，取 $d=0.05\text{m}$ ；l——滤管长度(m)； K_1 ——渗透系数，与 K 相同；q——

单井出水量(m^3/d)。计算得 $q \approx 15 \text{m}^3/\text{d}$,
 $n = 1.1 \times 520 / 15 \approx 38$ 根。

井点管间距计算采用公式:

$$D = 2(L+B)/n \quad (3)$$

式中: L 、 B ——矩形井点系统的长、宽(m), 取
 $L = 40 \text{m}$, $B = 30 \text{m}$ 。计算得 $D \approx 2.0 \text{m}$, 即井点间距 2.0m ,
井管间距约 10m (按实际布置调整)。

3.2 排水系统布置

在基坑底部四周设置排水沟, 将渗水、施工用水等汇集至多个集水井。集水井位置考虑基坑形状和渗流场分布, 通常设于角部和长边中部。对集水井周边土体进行稳定性评估, 必要时采用松木桩等进行局部加固, 防止渗流破坏^[3]。

3.3 应急排水保障

考虑到富水地层和雨季施工的不确定性, 现场配备了充足的备用排水设备(共 10 台污水泵), 并制定了在暴雨或出现异常渗水时启动应急排水预案, 确保排水系统冗余度^[4]。

4. 施工监测分析

本工程实施了以仪器监测为主、人工巡视为辅的信息化施工方案, 对基坑状态进行全过程动态监控^[5]。

(1) 监测项目与报警值: 核心监测项目为基坑边坡水平位移, 设定累计变化量报警值 30mm , 变化速率报警值 $3 \text{mm}/\text{d}$ 。

(2) 监测方法: 采用高精度全站仪定期对布设在支护结构顶部的监测点进行位移观测。同时, 安排专人每日进行现场巡视, 检查坑壁有无渗漏、裂缝、隆起及排水系统是否畅通(如图 4)。

(3) 监测成果分析与反馈: 监测数据表明, 在整个基坑开挖和主体结构施工期间, 支护桩顶最大水平位移仅为 5.1mm , 平均位移约 2.4mm , 远低于报警值。位移-时间曲线变化平缓, 无突变现象^[6]。这些数据有力地证实了: 1) 钻孔灌注桩支护体系刚度大, 变形控制效果显著; 2) 设计计算模型与参数选取合理, 安全储备充足; 3) 降水排水措施有效, 维持了基坑内土体的稳定。监测成果为工程的安全推进提供了实时、可靠的数据支持^[7-8]。



图 4 现场定期基坑监测和巡查

5. 总结

基于秦望浦改移工程泵站深基坑的成功实践, 本研究系统提炼出适用于临近河道深厚软土条件下深基坑工程的“立体降水、动态监控”综合技术方案, 形成结论如下:

(1) 刚性支护体系: 采用“大直径钻孔灌注桩+钢筋混凝土冠梁”刚性支护方案, 通过精准计算验证嵌固稳定安全系数达 2.379 , 变形控制在 5.1mm 以内, 为深厚软土基坑提供了可靠的支护范式。

(2) 量化设计方法: 以精细化地质勘察数据为基础, 建立完整的量化设计流程(土压力分层计算、稳定性验算、结构内力分析), 实现了从经验判断向科学设计的转变, 提升了设计可靠性与科学性。

(3) 立体排水系统: 采用明排与强排相结合的立体排水方案, 并建立应急保障体系, 有效解决了临河基坑的水力控制难题。

(4) 动态监控体系: 构建“仪器监测+人工巡视”的双重监控体系, 实现施工过程的可视化、数字化管理, 通过实时数据验证设计合理性, 体现了现代工程管理从被动应对向主动预控的转变。

参考文献

- [1] 杨波. 临近江河的超深基坑降水控制系统研究[D]. 上海: 同济大学, 2005.
- [2] 何勇, 邓伏波. 综合降水措施在黄河入海口同兴干渠泵站工程中的应用[J]. 浙江水利科技, 2003, (4): 45-47.
- [3] 杨泽彬. 番禺区前锋水闸重建工程导流围堰技术分析[J]. 海河水利, 2024, (1): 109-112.
- [4] 张飞, 侯盼, 朱丽丽, 等. 基于 MIKE21 的半幅围堰工程对河道行洪的影响[J]. 水利技术监督, 2025, (2): 214-217, 240.
- [5] 袁志波, 林思群, 邵雅, 等. 江都水利枢纽泵站智能管理平台构建思路[J]. 水利技术监督, 2020, (3): 74-76.
- [6] 李磊, 尚庆明, 丁旭东. 河道巡查与监管多平台信息协同系统设计[J]. 水利技术监督, 2020, (2): 55-57.
- [7] 周勇, 严登平, 任永忠. 明挖地铁车站对临近桩基的影响分析[J]. 水利与建筑工程学报, 2018, (03): 81-85.
- [8] 董桂红, 刘有军, 郭海力. 昆明市某深基坑变形监测实例分析[J]. 水利与建筑工程学报, 2019, (4): 76-81.