

Research on Leakage Treatment Technology of Underground Continuous Wall in Deep Foundation Pit

Jie Sun

Shanghai Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 200080, China

Abstract

This article takes the deep foundation pit project of Xiaodongmen plot in Huangpu District, Shanghai as the background, and systematically analyzes the causes and characteristics of leakage in the construction of underground continuous walls. It proposes a comprehensive treatment technology of “combination of blocking and prevention, blocking and diversion”, and elaborates on the emergency plugging process with practical cases. The research results indicate that the use of dual liquid grouting (cement water glass) sealing technology can effectively control joint leakage; The problem of water seepage in the middle partition wall was successfully solved by combining pre embedded grouting pipes, layered backfilling, and drainage. The research results of this article can provide technical references for similar projects.

Keywords

Deep foundation pit engineering; Underground continuous wall leakage; Leak sealing construction technology; Double liquid grouting

某深基坑地下连续墙渗漏治理技术研究

孙杰

上海建工集团股份有限公司, 中国·上海 200080

摘要

本文以上海黄浦区小东门地块深基坑工程为背景, 针对地下连续墙施工中常见的渗漏问题, 系统分析了渗漏成因及特征, 提出了“堵防结合、堵引结合”的综合治理技术, 并结合实际案例阐述了抢险堵漏工艺。研究表明: 采用双液注浆(水泥-水玻璃)堵漏技术可有效控制接缝渗漏; 通过预埋注浆管、分层回填与抽排结合的方法, 成功解决了中隔墙冒水问题。本文研究成果可为类似工程提供技术参考。

关键词

深基坑工程; 地下连续墙渗漏; 堵漏施工技术; 双液注浆

1 引言

随着城市地下空间开发的不断深入, 深基坑工程面临复杂地质条件与周边环境的约束^[1-4], 地下连续墙作为主要围护结构, 其渗漏问题直接影响着基坑安全、施工进度及周边环境安全^[5-6]。目前众多学者针对地下连续墙渗漏原因展开了分析和处理研究。如万明超等^[7]对槽壁塌方、卡锤、掉锤等常见问题进行分析并提出了相应的处理措施; 范晓臣^[8]通过对厦门地铁深基坑研究发现, 渗漏主要源于施工缝缺陷、墙体夹泥、地质条件突变等复合因素, 且渗漏形态呈现“多点散发、动态发展”的特征; 周克尧^[9]从夹泥、窝泥、

接缝处理等方面阐述了地下连续墙漏水原因, 并结合漏水实例详细描述了险情经过及处理措施。上海小东门616、735街坊北块项目基坑面积积达7.4万m², 开挖深度超20m, 周边紧邻国家级文保单位等敏感建筑, 且地下管线密集, 对围护结构防渗性能要求极高^[10-13]。

现有研究表明, 传统单一堵漏技术存在明显局限性。李伟等^[14]在地铁车站渗漏治理中发现, 单纯依赖水泥浆液难以应对动水压力下的持续渗漏; 而顾士超^[15]在煤矿井筒治理中采用地质雷达探测结合分层注浆的方案, 为复杂地质条件下的渗漏治理提供了新思路。针对富水砂层地质条件, 廖家全等^[16]提出“预埋注浆管+动态监测”的预防性治理策略, 验证了主动防控的有效性; 李金伟^[17]针对地下连续墙不同阶段提出了阶段性、选择性的加固措施, 总结出地下连续墙防渗漏的综合治理技术。

现有研究多聚焦于单一渗漏类型的治理, 且鲜有堵漏实例分析。本文依托上海小东门项目堵漏实例, 从渗漏机理

【基金项目】上海建工集团课题(项目编号: 24JCSF-15)。

【作者简介】孙杰(1980-), 男, 中国江苏滨海人, 本科, 高级工程师, 从事建筑施工研究。

分析、堵漏材料优选、施工工艺创新以及项目堵漏实例几方面展开研究，提出“堵防结合、堵引结合”的综合治理理念，以期同类工程提供借鉴。

2 工程概况及渗漏分析

2.1 工程概况

项目位于上海市黄浦区董家渡地区，北块总占地面积 69 673 m²，总建筑面积 582 680.7 m²，是集办公、商业、酒店于一体的综合体建筑群，如图 1 所示。项目根据建筑功能和施工先后顺序划分为 T1 地块、GL 地块、J1 地块、A 地块、F 地块和天主堂保护区（G2、J2、A2、F2 四个小地块），如图 2 所示。

主要单体为 T1 塔楼（建筑高度 300 m），T2 塔楼（建筑高度 150 m），A1 办公楼（建筑高度 77.65 m），

A2 办公楼（建筑高度 55.15 m）和商业裙房不等（建筑高度 10~34 m）。地下室结构层数为地下 3~4 层。

基坑围护采用地下连续墙，接头形式包括锁口管、H 型钢及十字钢板。槽壁加固采用三轴搅拌桩、TRD 工法及 RJP 高压旋喷桩，局部通过压密注浆加密，共同形成复合止水体系。相关参数如表 1 所示。

2.2 渗漏特征及成因

渗漏主要集中于地墙接缝与预埋接驳器部位，具体特征如表 2 所示。基于达西定律与裂隙流理论，可建立渗流量预测模型：

$$Q = kA \frac{\Delta h}{L} \tag{1}$$

式中：k 为渗透系数（m/s），A 为渗流断面面积（m²），Δh 为水头差（m），L 为渗流路径长度（m）。

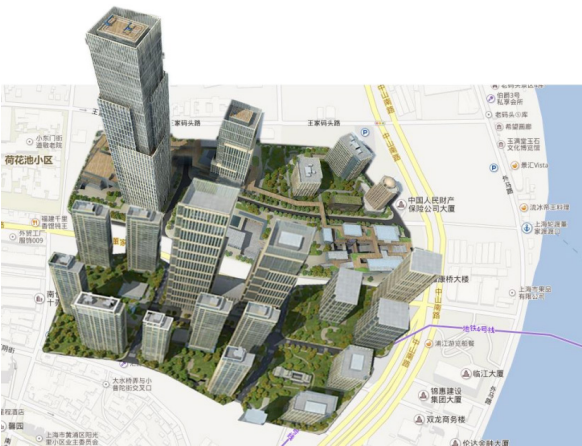


图 1 项目位置图

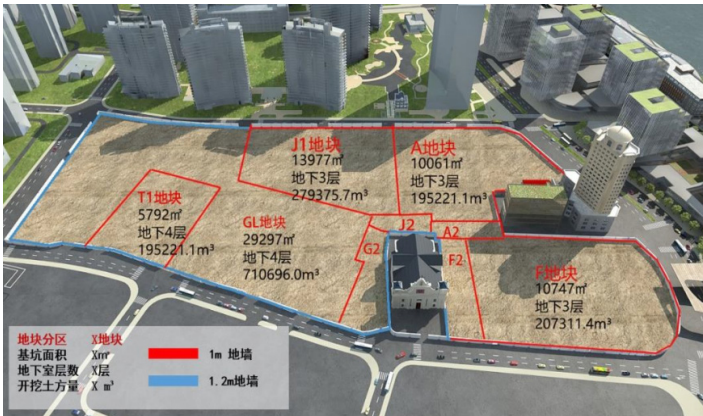


图 2 基坑划分示意图

表 1 围护结构参数

项目	详细数据
钻孔灌注桩	桩长 30 m，直径 800 mm，桩间距 1000 mm，混凝土设计强度 C30
压密注浆	注浆深度 17 m，注浆压力 0.2~0.3 MPa
地下连续墙	厚度 1000~1200 mm，深度 25.7~58.2 m；混凝土设计强度 C35，抗渗等级 P8~P10
三轴槽壁加固	三轴规格 φ 850@600，加固深度 24.1~29.4 m
RJP 工法	深度 21 m，直径 2600 mm，半幅摆喷工艺
TRD 工法	深度 50 m，宽度 800 mm

表 2 渗漏分类

渗漏分类	渗漏部位特征	典型部位	渗漏原因
面漏	混凝土蜂窝麻面区域湿润	混凝土浇筑薄弱区域	混凝土振捣不密实或骨料离析导致孔隙率 >5% ^[19]
线漏	地下连续墙及混凝土接缝处连续渗流	地下墙接缝及水平施工缝 ^[18]	槽段垂直度偏差或接缝处存在夹泥导致
点漏	钢筋、接驳器密集区呈点状涌水	接驳器密集区域	钢筋间距过小阻碍混凝土流动，形成空洞

表 3 堵漏材料选择

渗漏类型	主材	辅助材料	适用场景
轻微渗流	无机堵漏材料（快凝快硬水泥）、化学注浆（TZS）	油麻丝、引流管	缝宽较小的线漏
严重渗漏	双液注浆（水泥 + 水玻璃）	聚合物防水砂浆	接缝涌砂

注：双液注浆体积比 1:0.1~1:1。

3 堵漏材料与工艺设计

3.1 堵漏材料优选

根据渗漏类型宜采用差异化材料组合，如上表 3 所示，渗漏时可根据渗漏程度合理选择材料。

3.2 堵漏施工技术

3.2.1 轻微渗漏

对于轻微渗漏情况，堵漏流程：渗漏定位→凿“V”形槽→埋引流管→无机材料封堵→TZS 注浆。

(1) 渗漏定位：通过目视检查与人工敲击法确定渗漏范围。

(2) 凿槽清缝：沿渗流缝凿“V”形槽（宽 120 mm，深 50~70 mm），彻底清除夹泥及松散混凝土。

(3) 埋管封堵：槽内按渗流长度埋设引流管，采用无机堵漏水泥封槽至密实，如图 3 所示。

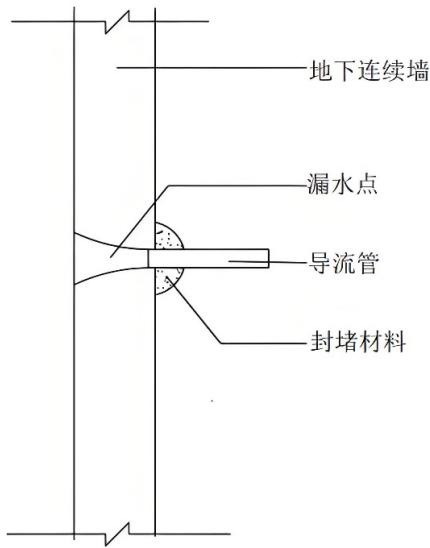


图 3 堵漏示意图

(4) 注浆加固：以 0.3 MPa 压力、0.5 L/min 注浆流量注入 TZS 浆液，注浆量以相邻管口溢浆为终止标准。

(5) 效果验证：封堵 24h 后，进行 0.2 MPa 压水试验，渗漏量 ≤ 0.1 L/min 为合格。《地下工程防水技术规范》中规定注浆后抗渗压力不应小于设计值。

3.2.2 严重渗漏

当出现以下情况时则认为发生了严重渗漏：

(1) 渗流路径明显：接缝或接驳器处形成集中渗水通道。

(2) 流量大：渗漏量显著影响基坑排水系统。

(3) 土体损失风险：渗水夹带泥沙，可能引发周边土体沉降。

3.2.2.1 坑内外结合堵漏

当在开挖过程中认定发生了严重渗漏时，应立即暂停开挖，避免渗漏扩大。然后采取坑内回填和坑外加固（注浆）方式进行止水：

坑内回填：在渗漏点处回填黏土至渗流停止，回填高度需覆盖渗漏点；

坑外加固（注浆）：先采用聚氨酯注浆进行堵水，再用双液注浆以补强土体^[20]。

在基坑重新开挖时需密切跟踪坑内的封堵。

3.2.2.2 坑外加固

坑外加固除注浆外，还可选择高压旋喷桩加固或两者结合的方式。

(1) 高压旋喷桩加固施工

注浆孔布孔形式宜采用“品”字形布置，必要时亦可采用双排梅花形和封闭形，如下图 4 所示。

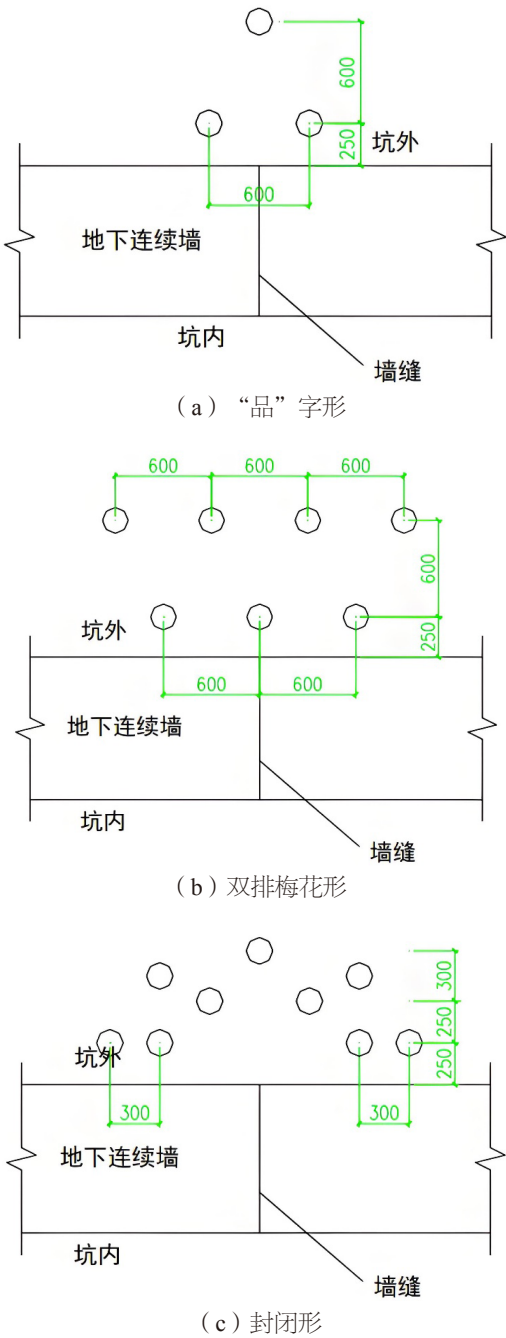


图 4 注浆孔布孔形式

高压旋喷桩桩径宜为 1 m 以上, 套打比 30% ~ 40%, 孔距 0.5~1.0 m, 桩深需低于基坑开挖面以下 1 m 以上。

(2) 坑外注浆

注浆孔布置可参考高压旋喷桩孔位布置。双液“水泥浆与水玻璃浆液”体积比宜为 1:0.1~1:1，注浆压力宜为 0.2~0.8 MPa（松散地层）或 0.2~1.0 MPa（淤泥质土和粉质粘土层），泥浆液水灰比宜为 0.5~0.55。

注浆时“先外围后内部，跳孔间隔注浆”，以防止浆液串流。泥浆液注入时需自下而上分层注入，分层厚度小于

400 mm.

4 项目堵漏实例

2024年9月19日，管理人员在巡场时发现中隔墙边底板标高处冒水，项目部立即组织人员对地下室进行抢险堵漏。

4.1 现场情况

漏水点位置位于 T1 塔楼西南侧,地墙与底板超前止水之间,根据当日现场情况,当前中隔墙机械凿出至底板板面 -22.6 m 位置,漏水点位置如图 5、图 6 所示。

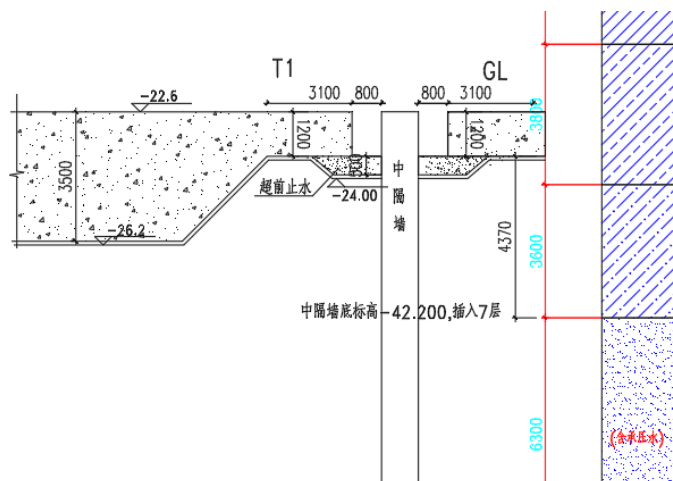


图 5 漏水点平面图

4.2 冒水点地墙情况

根据地墙主筋位置,基本确定冒水点位于 2 幅地墙接缝处。图纸复核后发现漏水点靠近 T1 A3-8 地墙两端接缝处,根据地墙凿除的钢筋判断(如图 7 所示),T1 A3-8 的地墙与两端地墙可能有错位。T1 西侧地墙宽度 1 m,深度 43 m,混凝土等级水下 C35P10,地墙钢筋保护层厚度 70 mm。地下连续墙接头采用锁扣管柔性接头。

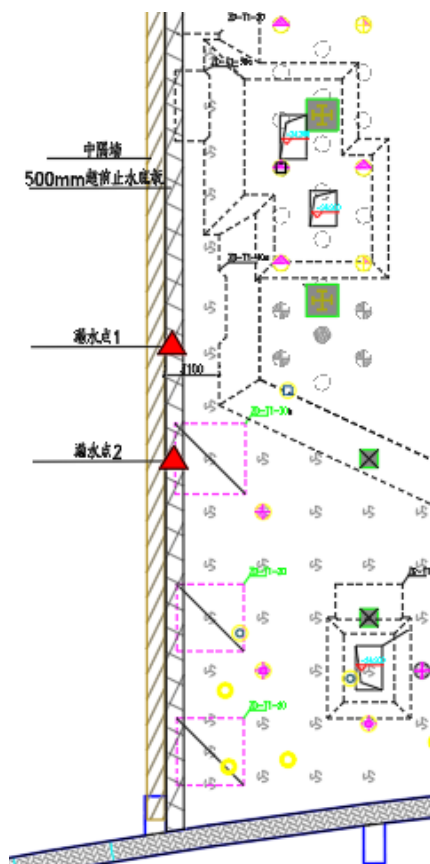


图 6 漏水点剖面图



图 7 漏水点地墙主筋情况

4.3 抢险堵漏步骤

4.3.1 准备工作

人工凿除：机械改人工，凿深至底板下 20 cm，以避免振动扰动，地墙凿除如图 8、图 9 所示。凿除区域铺设碎石层与疏水板，形成临时疏水通道。

导流降排：埋设 $\phi 400$ 与 $\phi 150$ 排水管，如图 10 所示。粗管用于后浇带混凝土浇筑期间的持续抽水，降低水位压力，细管专用于冒水点排水，防止局部积水。漏水地墙两侧预埋 4 根 $\phi 25$ 注浆管，如图 11 所示。

4.3.2 具体步骤

针对 T1 塔楼西南侧冒水点，采用“六步封堵法”进行堵漏。

混凝土浇筑：浇筑大面混凝土，同步启动粗管不间断抽水，确保水位稳定；抽水持续至底板混凝土浇筑完成 14 天后。

降低水位：粗管停止抽水后，启用深井泵（管径 <150

mm），通过细管继续抽水，降低整体水位。

分层封堵：水位降低后，采用尼龙布 + 钢板 + 混凝土（C45P10）的形式，如图 12 所示。先行堵住下端滤头部位，下部塞紧后，用粗管抽排积水，随后上部浇筑剩余混凝土至封堵层密实。顶部焊接 5 mm 钢板封头。整个过程需在 24 小时内完成，避免渗漏扩大。

双液注浆：利用预埋的 4 根注浆管采用双液注浆由南向北，由远至近封堵。

空洞填充：通过细管进行双液注浆，填满下部空洞，注浆完成后拆除上节管道，关闭阀门并拧紧闷头，如图 13 所示。

钢筋加强：在三通上方 50cm*50cm 范围内布置加强钢筋，底板预留 6 根水平钢筋压紧闷头，钢筋布置如图 14 所示。

中隔墙抢险堵漏从 2024 年 9 月 19 日发现漏水起，至 2025 年 1 月 15 日底板完全堵漏完成。过程中施工节点如表 4 所示。

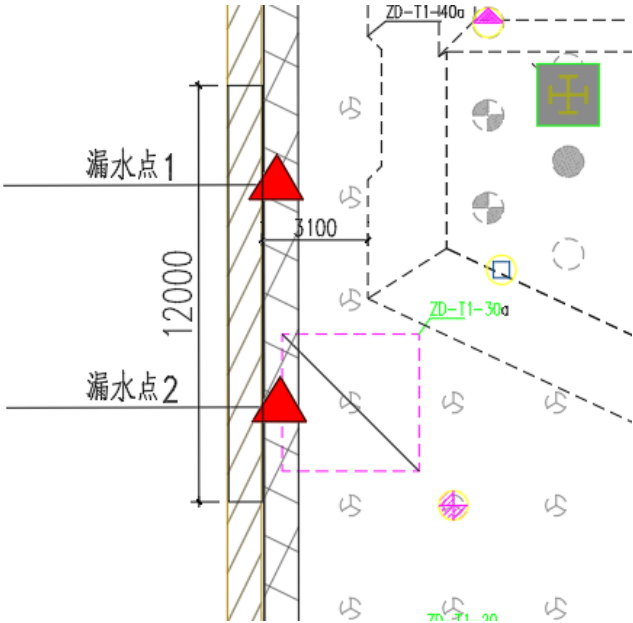


图 8 地墙凿除平面布置图

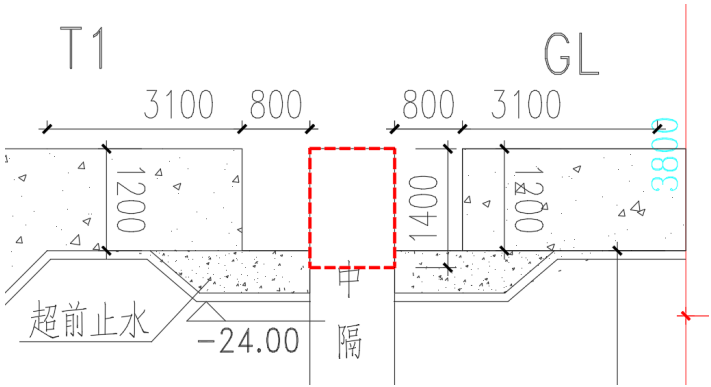


图 9 地墙凿除剖面示意图

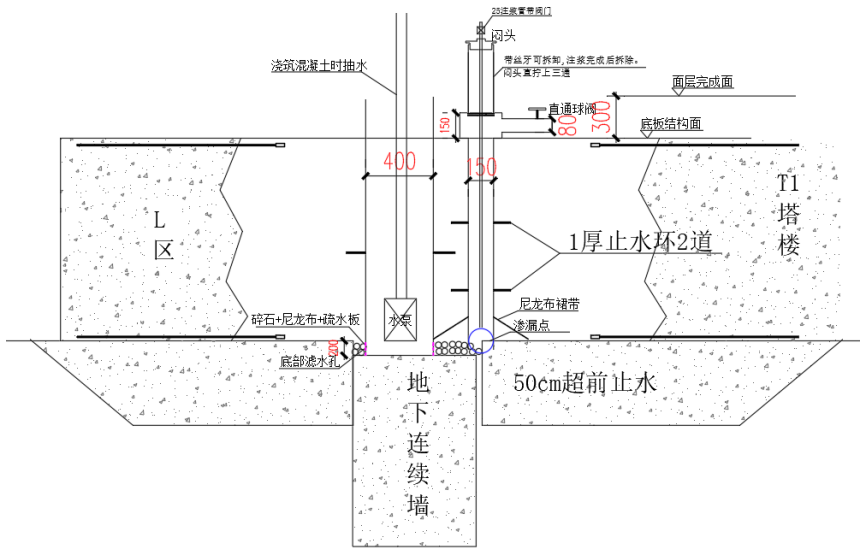


图 10 排水管埋设示意图

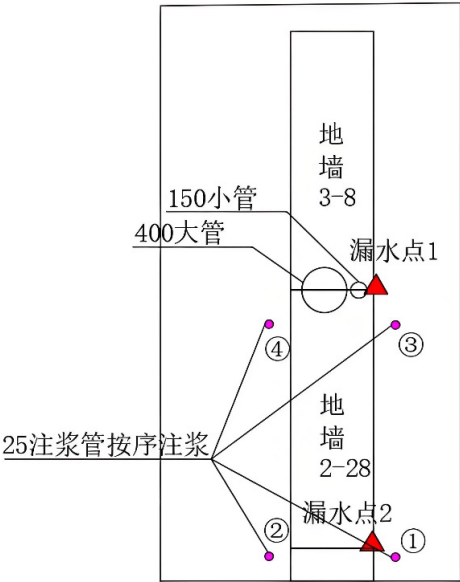


图 11 注浆管埋设示意图

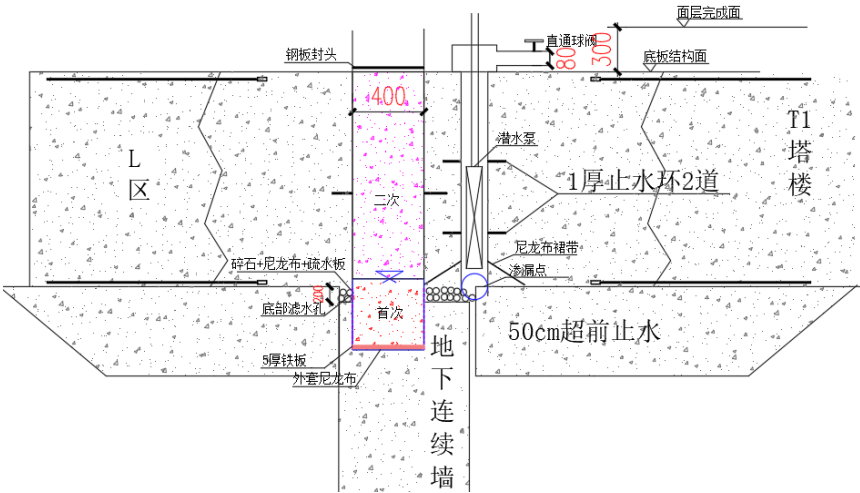


图 12 上下封堵与混凝土浇筑示意图



节点	时间	抢险内容
中隔墙发现漏水	2024 年 9 月 19 日	除前述抢险堵漏部署外，发现漏水时同步开启现场 11 口剩余降压井，直至底板完全堵漏完成；另外，在中隔墙凿除至停止后浇带抽水时安排 2 名工人 24h 不间断抽水
中隔墙人工凿除	2024 年 10 月 13 日	
底板浇筑时间	2024 年 11 月 27 日	
后浇带停止抽水	2024 年 12 月 11 日	
底板完全堵漏完成	2025 年 1 月 15 日	

5 结论

本文通过对小东门项目堵漏实例进行分析，得到的结论如下：

地下连续墙渗漏主因包括接缝施工缺陷及接驳器密布，需结合地质条件精细化设计堵漏方案。

深基坑地下连续墙渗漏治理需遵循“堵引结合、分级堵漏、动态调控”原则，双液注浆可有效封堵接缝渗漏。

中隔墙冒水抢险可采用导排与分层封堵相结合的方式。预埋注浆管、分层回填与抽排工艺能显著提升止水效果。

渗漏治理需建立“机理分析 - 材料优选 - 工艺创新”的全链条技术体系^[21]。本工程堵漏实例可为类似软土地区深基坑工程提供可靠的技术参考。

参考文献

[1] 郑刚. 软土地区基坑工程变形控制方法及工程应用[J]. 岩土工程学报, 2022, 44(1): 1-36+201.

[2] 陈勇. 软土地铁深基坑开挖前的先期施工对环境影响的实测分析[J]. 建筑施工, 2024, 46(8): 1176-1180.

[3] 杨敏, 卢俊义. 上海地区深基坑周围地面沉降特点及其预测[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2010, 38(2): 194-199.

[4] 刘建航, 侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.

[5] 李泽文, 谭勇, 廖少明, 等. 上海超深基坑地下连续墙的空间变形特性实测分析[J]. 岩土工程学报, 2024, 46(11): 2380-2390.

[6] 刘梅斌. 地下铁道车站几种渗漏现象的原因分析[J]. 建筑技术, 2001, (4): 256-257.

[7] 万明超, 张桂芳. 地下连续墙施工中常见问题的分析和处理[J]. 科技传播, 2011, (8): 151-152.

[8] 范晓臣. 深基坑地下连续墙发生渗漏原因及治理对策[J]. 门窗,

2018, (8): 192.

[9] 周克尧. 地下连续墙渗漏处理措施[J]. 科技风, 2010, (4): 134.

[10] 李康健, 王保磊, 王革, 等. 基坑地下连续墙接缝渗水监测试验研究[J]. 广州建筑, 2024, 52(2): 99-102.

[11] 陈丰弘. 城市轨道交通工程混凝土结构裂缝与渗漏水现状调查及探讨[J]. 隧道与轨道交通, 2021, (S2): 36-40.

[12] 何敬民. 抗干扰PZT主动传感监测系统设计与基于HHT谱的混凝土健康监测分析[D]. 广州: 华南理工大学, 2021.

[13] 牟明俊, 马草原, 李文龙, 等. 地下连续墙渗漏原因及处理措施研究[J]. 技术与市场, 2023, 30(2): 83-85.

[14] 李伟, 李蓉. 地下工程渗漏水治理技术研究[C]//2009全国工程建设防水技术学术交流会议论文集. 2009: 78-82.

[15] 顾士超. 基于地质雷达探测的煤矿井筒渗漏水治理技术研究[J]. 能源与环保, 2020, 42(8): 147-150+167.

[16] 廖家全, 王军鹏. 地铁车站富水砂层地下连续墙渗漏水原因分析及预防治理[C]//《施工技术(中英文)》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2024年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(上册). 中铁七局集团郑州工程有限公司, 2024: 482-485.

[17] 李金伟. 谈深基坑地下连续墙渗漏水防治技术[J]. 山西建筑, 2013, 39(7): 66-67.

[18] 岑卫红. 简述深基坑地下连续墙渗漏的原因及处理方法[J]. 建筑安全, 2016, 31(8): 58-60.

[19] DG/TJ 08-61-2010, 上海市基坑工程技术规范[S].

[20] 潘国庆. 软土地区地铁深基坑渗漏水的应急处置方案[J]. 建筑施工, 2023, 45(4): 639-641.

[21] 李蓉, 李传富. 青藏铁路昆仑山隧道渗漏水治理技术研究[J]. 中国建筑防水, 2008, (3): 26-31