

薛家岛地铁站暗挖渗漏水注浆治理技术研究

徐会照

青岛市地铁一号线有限公司, 中国·山东 青岛 260001

摘要: 渗漏水是城市地铁暗挖车站施工与运营中最常见的工程病害之一, 直接影响结构耐久性、运营安全和使用功能。本文以青岛地铁 1 号线薛家岛站 C 出入口为工程背景, 针对该出入口在施工过程中出现的衬砌渗漏水问题, 系统开展了渗漏水成因分析、治理方案设计与注浆施工技术研究。文章详细阐述了注浆孔布置、钻孔施工、注浆管埋设等关键工艺参数, 工程实践表明, 采用单方向沿拱顶向上开孔注浆、1:1 水泥浆液、注浆压力 $\leq 0.3 \text{ MPa}$ 的技术方案, 能够有效封堵暗挖车站出入口衬砌渗漏水通道, 治理后衬砌表面无湿渍、无色差, 达到了预期治理效果, 为类似地质条件下暗挖地铁车站渗漏水治理提供参考。

关键词: 地铁车站; 暗挖施工; 渗漏水治理; 注浆技术

Research on Grouting Treatment for Underground Leakage in Xuejia Island Metro Station

Xu Huizhao

Qingdao Metro Line 1 Co., Ltd., China Shandong Qingdao 260001

Abstract: Water leakage is one of the most common engineering problems in the construction and operation of urban subway tunnels. It directly affects the durability of the structure, operational safety, and usage functions. This paper takes the C entrance of Xuezhadao Station on the Qingdao Metro Line 1 as the engineering background. It systematically conducted research on the causes of water leakage, the design of treatment plans, and the construction technology of grouting for this water leakage problem that occurred during the construction of the entrance. The article elaborates on the key process parameters such as the layout of grouting holes, drilling construction, and the embedding of grouting pipes. Engineering practice shows that the technical scheme of opening grouting holes in a single direction upward along the arch roof, using 1:1 cement slurry, and with a grouting pressure of $\leq 0.3 \text{ MPa}$ can effectively seal the water leakage channels of the lining of the entrance of the underground tunnel station. After treatment, there are no wet stains or color differences on the lining surface, achieving the expected treatment effect. This provides a reference for the treatment of water leakage in underground subway stations under similar geological conditions.

Keywords: Metro station; Underground excavation construction; Leakage water treatment; Grouting technology

0 引言

随着我国城市化进程的加速推进, 城市轨道交通建设进入高速发展期。地铁作为城市公共交通的骨干系统, 其建设规模不断扩大, 施工难度持续增加。在众多地铁施工方法中, 暗挖法因其对地面交通和周边环境影响小、适应复杂城市环境等优势, 在我国城市地铁建设中得到广泛应用。

本文以青岛地铁 1 号线薛家岛站 C 出入口渗漏水治理工程为研究对象, 旨在通过对渗漏水成因的系统分析、治理方案的科学设计和施工工艺的精细控制, 形成一套适用于暗挖车站附属结构渗漏水治理的完整技术方案。研究成果不仅可直接指导薛家岛站 C 出入口的渗漏水治理施工, 也可为青岛地铁乃至国内其他类似地质条件下暗挖地铁车站的渗漏水治理提供技术参考和经验借鉴。

1 工程概况与水文地质条件

薛家岛站位于青岛西海岸新区(原黄岛区)长江东路

与衡山路十字路口以东, 沿长江东路呈东西向布置。站址周边地块已基本实现开发, 西北方向为金岭尚座, 西南方向为金海岸商场, 东南方向为 3 层临街商铺, 东北部为青岛农商银行。长江东路为黄岛区主干道之一, 现状道路宽 50m, 车流量较大。

本站为地下两层岛式车站, 站台宽度 11m, 有效站台长度为 118m。车站起点里程为 K15+991.440, 终点里程为 K16+221.440, 中心里程为 K16+072.800, 全长 230m, 标准段宽度 21.22m。车站所在位置地面起伏较大, 车站顶板覆土 18.7m~16.5m。车站采用拱盖法暗挖施工, 附属结构采用明暗挖结合的施工方法。

本标段包括 2 站 1 区间, 其中明挖车站 1 座、暗挖车站 1 座, 暗挖区间长 0.307km。具体包括丁薛区间折返线、薛家岛站、天目山路站。

青岛地区具有典型的滨海城市水文地质特征。由于青

岛地区濒临海岸线,地下水丰富,地铁深大基坑开挖遇到软硬复合地层、构造破碎带的复杂地层时,易发生地下水渗漏。青岛具有典型的岩土二元复合地层结构,地铁线路广泛穿越第四系砂土层、强风化花岗岩等不良地质体。

C 出入口为薛家岛站附属结构之一,采用明暗挖结合的施工方法。出入口结构为复合式衬砌,由初期支护(喷射混凝土+钢拱架)、防水层(防水板)和二次衬砌(模筑混凝土)组成。复合式衬砌的设计理念是通过多道防线实现结构防水,但在实际施工过程中,由于各种因素的影响,渗漏水问题仍难以完全避免。渗漏水主要表现为局部湿渍、线状渗水和点状滴水等形式。渗漏水不仅影响结构混凝土的耐久性,还影响车站的整体观感,成为制约工程质量的关键问题。

2 渗漏水治理方案设计

2.1 设计思路及技术选择

整体技术思路为:首先对渗漏水点进行全面排查,确定渗漏部位和渗漏形式;然后根据渗漏情况布置注浆孔和泄水孔;最后通过注浆施工封堵渗漏通道,实现治理目标。

注浆技术是现代地下工程加固与防渗的重要施工手段,在封堵渗漏通道、加固周边土体、控制地下水渗流等方面发挥着关键作用。针对 C 出入口的渗漏水特点,选择如下水泥注浆技术:

首先,水泥注浆技术成熟、设备简单、操作方便,适合在出入口等空间受限的施工条件下应用。其次,水泥浆液具有良好的充填性和凝固性,能够有效封堵混凝土裂缝和孔隙等渗漏通道。再者,水泥材料来源广泛、成本较低,适合中等规模的渗漏水治理工程。根据规范要求,工程结构注浆宜选用水泥类浆液。

2.2 注浆方案设计

注浆方向采用单方向沿拱顶向上开孔注浆。地下水在重力作用下通常自上而下渗流,从拱顶向上开孔注浆,浆液可在重力作用下更好地向下渗透和扩散,充填渗漏通道。同时,拱顶是衬砌最容易形成空洞和渗漏的部位,从拱顶注浆可直接针对渗漏源头。

注浆孔布置在渗漏水区域,按 20cm 的间距钻孔,孔径 42mm,孔深根据衬砌实际厚度确定。注浆孔数量、布置间距、钻孔深度除应符合设计要求外,尚应符合规范规定。注浆管采用 $\phi 25$ 钢管,外露端安装阀门,插入孔口与孔之间的空隙用速凝水泥封堵。

在拱脚位置开设泄水孔,泄水孔距离注浆孔位置 5m 以内。泄水孔接入引流管,将水引入离壁沟中。泄水孔的

设置旨在降低渗漏区域的水压力,为注浆施工创造有利条件,同时避免注浆过程中浆液被水流冲散。

浆液配制浆液采用 1:1 水泥浆(水与水泥的质量比为 1:1),水泥采用 P.O42.5 型普通硅酸盐水泥,拌和水采用消防栓自来水。水灰比 1:1 的水泥浆具有良好的流动性和适当的凝固时间,既能够充分充填细小裂缝,又能够在合理时间内凝固形成强度。这一配比与青岛地铁隧道微裂隙渗漏水治理中确定的最佳水灰质量比一致。

注浆压力控制在 ≤ 0.3 MPa,稳压时间 5 min。注浆压力的选择是注浆施工的关键参数之一。压力过低,浆液无法有效充填渗漏通道;压力过高,则可能对衬砌结构造成损伤,甚至引发新的裂缝。0.3 MPa 的注浆压力对于暗挖车站衬砌渗漏水治理而言是安全且有效的。注浆达到设计压力后稳压 5 min,确保浆液充分充填渗漏通道。

2.3 材料与设备配置

根据施工计划,渗漏水处理材料主要包括:普通水泥 10t、超细水泥 10t、灌浆料 20 桶。普通水泥用于常规注浆施工,超细水泥用于细微裂缝的注浆充填,灌浆料用于特殊部位的修补处理。注浆设备主要包括注浆机、制浆机、钻孔设备等。注浆机现场一用一备,施工前对设备进行调试,确保两台设备的完好性。注浆机械一般采用排浆量 <50 L/min、压力 <2 MPa 的单液泵。

3 施工工艺与关键技术

3.1 施工工艺流程

第一步:渗漏水排查。针对渗漏水点进行统一排查,评估渗漏水的形式和严重程度。这是后续所有施工的基础,排查的准确性直接影响治理效果。

第二步:设备调试。确保钻具正常施工,确保注浆压力和排浆量满足要求。

第三步:钻孔施工。按 20cm 的间距钻孔,孔径 42mm,孔深根据衬砌实际厚度确定,必须将模筑混凝土凿穿。施工中注意保护防水板,防止造成新的破损。

第四步:埋设注浆管。打入 $\phi 25$ 注浆管,采用速凝水泥埋设注浆管。注浆管外露端安装阀门,便于注浆操作和压力控制。

第五步:泄水孔设置。泄水孔距离注浆孔位置需在 5m 以内,泄水孔接入引流管,将水引入离壁沟中。

第六步:注浆施工。浆液采用 1:1 水泥浆,注浆压力 ≤ 0.3 MPa,稳压 5 min。注浆过程中应密切观察压力变化和浆液注入情况。

第七步:拆管与修饰。待水泥浆液硬化且不再渗水后,拆除注浆管并进行表面修饰处理,恢复衬砌表面平整。

3.2 钻孔施工关键技术

钻孔施工是注浆治理的关键工序之一,其质量直接影响后续注浆效果。钻孔施工中需要注意以下关键技术要点:

(1) 孔位精度控制。根据规范要求,注浆孔深小于 10m 时,孔位最大允许偏差应为 100mm,钻孔偏斜率最大允许偏差应为 1%。钻孔精确度是注浆效果好坏的关键。

(2) 防水板保护。钻孔必须将模筑混凝土凿穿,见到防水板同时又不损坏防水板。可采用电锤凿孔,孔径 32mm,孔深为混凝土设计厚度的 3/4,余下的孔采用人工手锤、钢钎继续凿孔至凿穿为止。为防止损伤防水板,在凿混凝土过程中,经常用一根直径较大的钢筋在孔内敲击混凝土,根据声音的变化判断孔是否快凿通,并不断用手电筒观察情况。

(3) 孔深控制。孔深应根据衬砌实际厚度确定,既要确保穿透模筑混凝土到达防水板位置,又要避免过度钻进损坏防水板。

3.3 注浆施工关键技术

(1) 浆液配制质量控制。严格按照 1:1 的水灰比配制水泥浆,确保浆液的流动性和凝固性能满足要求。现场原材料必须经过检验确认合格后方可使用。水泥应选用 P.O42.5 型普通硅酸盐水泥,质量稳定可靠。

(2) 注浆压力控制。注浆压力是影响浆液扩散范围和充填效果的关键参数。注浆过程中应将压力严格控制在 $\leq 0.3 \text{ MPa}$ 范围内,避免压力过高对衬砌结构造成损伤。当发生围岩或衬砌变形等异常情况时,应及时降低注浆压力或采用间歇注浆。

(3) 注浆过程监控。注浆过程中应加强监测。密切观察注浆压力的变化趋势、浆液注入量的变化情况以及渗漏水点的变化。当注浆达到设计压力并稳压 5 min 后,方可停止注浆。

(4) 注浆顺序。注浆顺序应由低处向高处、由无水段向有水段进行。这种顺序有利于提高封闭渗水点的效果,避免浆液被水流冲散。

3.4 施工组织与资源配置

施工现场配备两组注浆工班,进行 24 小时不间断施工。每个注浆班配备 1 名班长、2 名制浆工、3 名注浆工(负责开孔),两班组合计 12 人。注浆施工期间,项目部安排 2 名管理人员全程盯控。两班制 24 小时不间断施工的安排,保证了施工进度快速推进,缩短了渗漏水对结构的影响时间。

地面制浆及出入口开孔施工用电采用 C 出入口内检修或备用电箱。地面放置数个大桶,用车站消防水或积水坑

积水作为施工用水。由于 C 出入口倒运水泥、施工用水困难,将制浆站设置在地面出入口平台,从制浆站铺设两根注浆管路至需注浆位置。这种布置方式有效解决了材料倒运和供水的困难,保证了施工的连续性。

4 施工质量与安全保障

本工程采取了以下质量保证措施:(1) 组织保障。成立由项目总工程师为首的施工技术小组,主要负责注浆施工的工艺组织实施、试验等,全面确保施工质量。技术小组对施工全过程进行技术指导和质量控制。(2) 制度保障。推行全面质量管理的科学管理方法,抓好关键部位、关键工序的质量关,严格执行“三检制度”(自检、互检、专检)。三检制度的落实确保了每一道工序的质量都得到有效控制。(3) 技术交底。对现场管理人员和施工班组做好技术交底。使每一位参与施工的人员都清楚了解施工工艺、质量标准 and 操作要点。(4) 材料控制。现场原材料经过检验确认合格后再使用。严把材料进场关,杜绝不合格材料用于工程。(5) 过程记录。施工过程中做好记录,发现问题及时上报。完整的施工记录为质量追溯和效果评价提供了依据。

5 结语

本文以青岛地铁 1 号线薛家岛站 C 出入口渗漏水治理工程为研究对象,通过对渗漏水成因分析、治理方案设计、施工工艺实施和治理效果评价的系统研究,分析出暗挖车站复合式衬砌渗漏水的主要成因可归纳为防水层破损、防水板与模筑混凝土之间的空隙、混凝土防水性能差三类。采用“先排查、后钻孔、再注浆”的技术路线,以水泥注浆为核心手段的治理方案,能够有效封堵暗挖车站出入口的渗漏通道。钻孔施工中防水板的保护、注浆压力的精确控制、浆液配比的严格执行是保证治理效果的关键环节。健全的质量保证体系、安全管理体系和应急保障体系是渗漏水治理工程顺利实施的重要保障,本方案对青岛地区类似地质条件下的暗挖地铁车站渗漏水治理具有参考价值。

参考文献:

- [1] 王哲. 潜水变化区域明挖地铁车站结构渗漏治理技术[J]. 工程机械与维修, 2024(8): 93-95.
- [2] 城市轨道交通地铁车站渗漏水处理施工技术[J]. 工程机械与维修, 2024(3).
- [3] 近海 TBM 始发井侧壁渗漏水注浆治理技术研究[J]. 工程建设与设计, 2024(5).

作者简介: 徐会照(1986.02-),男,汉族,山东青岛人,本科,中级工程师,研究方向:轨道交通建设管理。