

Analysis of waterproofing construction technology in underground station during subway construction

Yang Li

Sinohydro Bureau 7 CO., LTD. Chengdu, Sichuan, 610213, China

Abstract

Underground stations are frequently exposed to high groundwater levels and saturated strata, subjecting them to continuous pressure throughout construction and operation. Field experience indicates that water infiltration primarily occurs at construction joints, expansion joints, wall-penetrating pipes, bolt holes, and corners. Without prompt remediation, these areas may develop leakage pathways, complicating subsequent repairs. To address this, we analyze common leakage patterns in both open-cut and closed-cut station construction methods and propose targeted control measures to enhance waterproofing quality.

Keywords

underground station; waterproofing construction; technical points; maintenance contro

地铁施工中地下车站防水施工技术分析

李扬

中国水利水电第七工程局有限公司, 中国·四川成都 610213

摘要

由于地下车站经常处于地下水位高、地层含水量大的环境,因此在整个施工和运营过程中都要承受着地下水的压力。从施工现场的经验来看,渗漏水的主要部位集中在施工缝、变形缝、穿墙管、螺栓孔洞及阴阳角等位置,如果没有及时处理,极易出现渗水通道,并且后期维修难度大。为此,我们结合了车站的明挖及暗挖常见渗漏情况,探讨相关的控制措施,旨在提高防水施工质量。

关键词

地下车站; 防水施工; 技术要点; 养护控制

1 引言

随着城市化进程的不断推进,地铁作为解决城市交通拥堵、提高城市交通效率的重要手段,其建设规模和速度都在不断增加。地下车站作为地铁系统中的关键节点,其防水施工质量直接关系到整个地铁系统的安全与稳定。因此,深入研究和优化地下车站的防水施工技术,对于提高地铁工程的整体质量具有重要意义。

2 地下车站关键部位常见渗漏问题

2.1 水平施工缝与后浇带界面渗漏

地下车站底板一侧墙、侧墙—顶板交接处一般会设置水平施工缝或者后浇带,此类部位构成渗漏水的“高发区”。当首仓混凝土浇筑完成后,若有大量泌水聚集、浮浆层厚度过大,而二次浇筑前又未及时剔除浮浆层、凿毛不到位,那么就会造成后浇处的两仓接合面糙度差、结合不牢,使得后

浇混凝土接口处产生微小裂缝。再者,因次级界面应力集中的影响,该裂缝随之延伸长大,从原先的细小裂缝逐步发展成为线性渗漏源。最后,后浇带两边的钢筋布置密集,常出现振捣棒插不进去或插不到位情形,或者止水带在支模、绑扎、浇筑冲击中发生位移,翼缘未裹严实等,都可能带来绕水漏水问题。

2.2 变形缝与沉降缝多层构造失效

为了解决温度应力及地基不均匀沉降所带来的不利影响,地下车站主体结构常采用分段形式设置变形缝或沉降缝。然而车站主体部分结构层次较为复杂、空间有限,容易形成长期渗漏点。中埋式钢边橡胶止水带要求处于缝中心并保证钢边翼缘展开到位,若现场对定置钢筋或者夹具固定不足,加上浇筑混凝土过程中受侧压力影响,极易造成止水带扭曲、褶皱、局部上浮,甚至钢边被混凝土中的钢筋头割断,大大缩小有效止水宽度,进而留下后期漏水隐患。其次,止水带接头采取硫化或热熔连接方式时,如果温度、压力控制不符合工艺要求会出现接头边缘裂口,引起渗水;另外止水带钢边锚固孔位偏差较大也会产生局部夹持不牢,形成薄弱点。

【作者简介】李扬, (1989-), 男, 中国四川成都人, 本科, 工程师, 从事轨道交通工程施工及管理研究。

2.3 围护结构接缝与复合墙叠合界面渗漏

地下车站明挖施工常用连续墙或者咬合桩为支护结构,也有围护作为主体受力构件的,所以墙体幅间接缝、止浆墙局部缺陷以及围护墙与内衬之间的结合面都可能成为渗漏通道。在连续墙成槽过程中,如果泥浆比重、黏度控制不好,槽壁局部塌边掉土,容易造成接缝处有残留沉渣或软泥;后续因接头凿除或刷壁不净,还会出现“夹泥缝”。一旦这些缝隙对准迎水面就会产生条状渗水。而对于“围护+内衬”这种复合墙结构来说,倘若围护墙表面有破损、露筋没有处理好、孔洞没有封堵,那么在浇筑内衬混凝土之后,围护墙和内衬之间势必会出现空隙,引导地下水到达中板和顶板边缘,产生渗漏,而且这种隐性渗漏不容易查找定位^[2]。

2.4 穿墙套管、孔洞与锚孔点源渗漏

车站主体结构内的穿墙管线套管、预留孔洞、止水螺杆孔、二次锚固孔均具有“点源渗漏”特征,其共性是孔口处结构变化大、界面多,一旦有水灌入即呈现集中受压状态,且渗漏径路短、发展快。其次,如果穿墙套管并未设置止水环或止水环与套管焊接不严、不连续,地下水将沿套管外壁与混凝土间的缝隙窜流。再者,套管与管道之间仅用普通水泥砂浆填塞,在干湿交替作用下套管周围也会存在破裂脱落风险,加之昼夜温差的影响,管道支撑处逐渐呈现环向渗漏。在机电安装阶段,如果新增加电缆孔、风水管穿越口,而未按防水做法要求施工时,现场凿孔会损坏局部保护层,使得孔口周围出现细微裂缝并带有铁锈的黄褐色水迹渗水。

3 地铁施工中地下车站防水施工技术要点

3.1 抗裂抗渗混凝土体系与温控养护控制

车站主体结构自防水策略是利用抗裂抗渗混凝土和温控养护把“裂缝源头”压住,使其在施工波动情况下依然保证抗渗指标。(1)配合比与材料应落实到拌合站参数上:试配时抗渗等级可较设计提高一级,固定水胶比、胶凝材料用量及外加剂掺量,杜绝施工现场随意加水;其次,采用矿粉+粉煤灰复掺降低水化热并填充孔隙;迎水面或后浇带附近可少量掺硅灰细化毛细孔,限制坍落度防止流动性过大,同时进场检查氯离子、碱含量,减少钢筋锈蚀导致的隐性裂缝。(2)浇筑振捣工序决定“渗流通道”能否被切断:底板、侧墙按分仓分层对称推进,避免冷缝;泵送落点跟随浇筑,随浇随移,并及时二次抹面,以防出现集中泌水引起弱化;钢筋密集部位则用短间距快插慢拔振捣,其中角部、穿墙管及预埋件部位搭配小振幅棒补振,止水带及止水钢板周边不得长时间强行振捣;模板拼缝处要先贴止浆条,一旦出现蜂窝麻面、气泡和漏浆现象于初凝前进行补浆和压平,拆模后对孔洞用聚合物砂浆封堵,使其结构表皮完整致密,以达到防水效果。(3)温控监测和保湿养护的价值在于减少温度裂缝及干缩裂缝产生:大体积底板铺设测温点,按GB50496要求控制里表温差不大于25℃,表面与环境温差

不大于20℃,同时限制降温速率。建议夏季在夜间进行浇筑,骨料要进行遮阳降温、拌和用水降温;冬期则利用覆膜及保温被蓄热;拆模时分段拆卸以减小温差,顶板覆膜加湿或者薄层蓄水、侧墙喷淋保湿不少于14d,浇筑结束后2h内完成覆盖,雨期设置排水沟防止表面冲刷起砂,最后形成测温养护台账留查^[2]。

3.2 施工缝与后浇带复合止水及预埋修复通道

施工缝及后浇带是车站结构最容易出现“先湿后漏”的部位,现场控制应做到“界面干净、装稳止水、留好修复通道”,具体而言:一是界面处理满足验收要求。首仓混凝土终凝后,采用机械凿毛或者水冲毛化方式剔除表层浮浆,直至露出坚实骨料并达到凿毛深度要求,确保在二次浇筑前用钢丝刷+高压水彻底清除泥浆、脱模剂、锈蚀物等杂物,必要时用吸水布拭去水分。注意控制好基面饱和和表干状态(不要让表面过干吸水或过湿夹水造成冷缝)。二是复合止水要防止“偏、翘、断”。中埋式钢边橡胶止水带应卡于中心位置,利用定位筋及夹具进行定位,在浇筑前检查翼缘是否已经打开并且是否已与钢边夹紧组合完整,在钢筋末端需采用保护套件加以防护,以免钢筋剪切受伤;遇水膨胀止水条应放在预留槽中用专用胶贴牢且钉压条固定,不得有突出点和断开点,在振捣时切勿直接冲击避免其移位;接头应根据施工图纸规定用专用设备制作成品,并经过生产厂家质检部门确认热熔/硫化后质量标准,搭接长度、加热时间和外观饱满度形成记录,便于后期追溯,最大限度满足现场要求。三是预埋注浆管以后期“少拆少凿”为技术要点。应做到底板一侧墙水平缝沿线排布注浆管,并且在拐角处设置固定卡留出外接口,端部封堵后做通水及压力保压试验,分段编号以便定位。处理线状渗水时,优先采取预埋注浆管系统进行压注超细水泥浆或水泥-水玻璃浆,须严格按照“低压起注-稳压扩散-一见回浆封闭”的工艺控制方法进行封孔养护。第四,后浇带封闭浇筑、分层对称方式推进,在止水带两侧加强振捣,拆模后马上对表面缺陷进行当班修补。面向需要补强的部位,采用刮抹法在缝两侧约200mm宽处刷结晶型材料,再抹聚合物水泥防水砂浆,把边缘压实。浇筑结束后24h立即检查背水面湿带,更新问题清单,为夜间注浆施工交底^[3]。

3.3 变形缝“主止水+密封+导排”组合工艺

变形缝受温差收缩、列车动荷载及周围土体沉降共同作用,其宽度会不断扩大,如果仅用一种止水带封闭,则容易产生止水带定位偏离、褶皱以及黏结不良等问题,最终导致条带状渗漏。实践表明,“主止水+密封+导排”的组合方式值得推广,通过逐层落实承压止水、变形适应、渗水控制,保证可操作性和可检修性。具体操作步骤为:第一,主止水为埋设型钢边橡胶止水带,背水侧设置背贴式橡胶止水带作为第二道防线,施工前先做一段试拼装样板校核中线与孔位的匹配程度,在绑扎时利用定位钢筋、限位夹具和防

偏移卡具来固定止水带,使钢边锚固孔对准模板孔位,不允许随意开孔破坏受力筋。浇筑振捣时要注意避开翼缘,按照“短插快拔、分区循环”办法浇筑,时刻关注止水带的上浮、跑偏及尖锐骨料刮破,止水带外侧可安排固定块进行保护。第二,转角部位与接头位置都属于易漏水区域,优先选择工厂预制转角、预制接头件,现场焊接应严格控制温度和压力工况,之后再 将焊缝冷却进行复验与拉拔检验,防止有虚焊或拉扯产生渗水漏洞。第三,填塞料选用闭孔回弹封闭性回弹材料分层塞紧至弹性恢复 60% (厚度按弹性恢复量定),并在其表面嵌入耐水密封胶。先除净基底表面的浮浆、油污、杂物、松散颗粒再打胶,待干燥后涂刷界面处理剂;合理控制胶缝的宽深比,溢出胶液连续收口,并保证胶体与背贴止水带无断线粘连。第四,背水侧预留凹槽,安装不锈钢接水盒,接水口顺坡接入排水支管,盒内设可拆滤网防堵塞,并用密封胶封堵周边留检修口;富水地段或者沉降敏感区预埋可到达止水带翼缘的注浆嘴和导管,以期在渗漏时分段进行低压注浆补强,注意注浆前先用接水盒的回水量判断渗漏位置,并进行分区封堵。

3.4 大面设防与点源封堵相结合

地下车站主体结构的防水施工首先要杜绝后期找漏返工,坚持“大面铺得住、点源封得死”的基本做法。第一,大面设防宜选择预铺反粘材料,底板垫层须先找平、扫净,起砂处补浆,尖石子、钢筋头剔除;再把阴阳角做成圆弧,施工前做一指宽的附加层,并提前预留侧墙翻边、顶板收头的宽度,沿放样线将大面积整体铺开,用配套胶条或热风焊搭接边,焊接完成后立即用压辊压紧、做针孔检查,如发现有起鼓现象立即放气、补贴。第二,大面质量不是只注重表面的检查就能达到,还应在班前给作业班组进行技术交底,制定“搭接宽度、焊缝连续、破损补片、收头压条”控制清单,例如,材料到场要抽测厚度和外观,再进行现场试焊确

认风温、风速、行走速度;钢筋绑扎、支模前做好隐蔽验收并加装一层保护层,浇筑时让布料口避开卷材边,防止被振捣棒扎破,划破立马补片,拆模后翻边、穿墙口等重点部位要勘验复查。第三,将穿墙套管、预留孔洞及螺杆孔作为防水重点,凡设有穿墙套管均需加止水环且满焊,并对四周进行分层压实振捣以防止根部蜂窝。其次,管道与套管之间的空隙先用遇水膨胀止水胶塞实再行压实,再在外侧设置 20 ~ 30mm 的凹槽便于封边,同时孔洞补强与结构面保持齐平,不得留有薄边。第四,点源封堵早期应尽快修补到位,并建立缺陷台账(注明部位、工法、材料批次与拍照留存),方便日后复检及追溯,同时预留好后浇带两侧及施工缝结合部位的加强带,防止后浇筑的防水层被挤偏^[4]。

4 结语

综上所述,地下车站防水的核心是将施工过程高频出现的薄弱点变成过程控制链路,通过把细部节点做好,坚持“结构自防水为基础、复合止水为重点、导排与修复为保障”的防渗漏思路,形成材料检验、样段引路、隐蔽验收和台账追溯的闭环管理。这一整套体系能够确保问题及早发现并解决,真正做到提高车站主体结构防水可靠性和耐久性的目的。

参考文献

- [1] 青山雄. 地铁车站结构防水施工处理技术应用[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2024(002):000.
- [2] 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]//2024年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(上册). 2024.
- [3] 王江华. 超深地铁车站地下连续墙受力性能及防水施工关键技术研究[J]. 建筑机械, 2025(5).
- [4] 李引雄. 基于双导洞PBA法的城市轨道交通地下暗挖车站施工技术[J]. 建筑技术, 2025(7).