

市政地下综合管廊防水结构设计缺陷与渗漏治理措施探讨

于百安

中交一公局第八工程有限公司 天津 300000

【摘要】：市政地下综合管廊作为城市基础设施的“生命线”，其防水性能直接关系到管线安全与结构耐久性。本文基于“以防为主、刚柔并济”的设计原则，深入剖析了当前地下综合管廊在防水结构设计中存在的主要缺陷，包括混凝土自防水设计不足、细部节点构造缺失、防水材料选型不当及排水系统设计不合理等问题。通过对渗漏成因的系统性分析，针对性地提出了优化结构自防水、强化节点构造、科学选材及综合治理渗漏的技术措施。旨在为提升市政地下综合管廊的防水工程质量，延长其使用寿命提供理论参考与实践指导。

【关键词】：地下综合管廊；防水设计；结构缺陷；渗漏治理；节点构造

DOI:10.12417/2811-0528.26.11.032

引言

随着我国城镇化进程的加速，市政地下综合管廊的建设规模日益扩大。作为一种集约化的管线敷设方式，管廊有效解决了“马路拉链”问题，提升了城市防灾减灾能力。然而，地下管廊长期处于高湿度、高水压的复杂水文地质环境中，渗漏问题成为影响其安全运行的主要病害。渗漏不仅会腐蚀内部管线、降低结构强度，严重时还会引发地面沉降等次生灾害。目前，管廊渗漏问题多源于设计阶段的先天不足，如对地质条件考虑不周、节点构造设计简化、防水体系缺乏系统性等。因此，从源头识别防水结构设计缺陷，并研究科学有效的治理措施，对于保障管廊工程的全生命周期安全具有重要的现实意义。

1 市政地下综合管廊防水结构设计的主要缺陷

1.1 混凝土结构自防水设计不足

结构自防水是管廊防水的第一道防线，其设计缺陷主要体现在两个方面。一是混凝土配合比设计不合理，未充分考虑抗渗等级（P8及以上）要求，水胶比过大导致混凝土内部孔隙率高，抗渗性能差。二是裂缝控制设计缺失，未针对温度应力和收缩应力设置合理的伸缩缝间距，或未采用补偿收缩混凝土技术，导致结构产生贯通性裂缝，成为渗水通道。当前设计普遍存在“重外轻内”的误区，仅重视管廊外侧迎水面防水，完全忽略了结构内侧背水面的内防水层设计。未在管廊内壁（顶板、侧墙、底板）设置内防水涂层或砂浆保护层，导致一旦外侧防水层破损，地下水渗入结构内部后无二次拦截屏障，直接侵入管廊内部空间。同时，对管廊内各类管道自身的内防水密封设计缺失，管道接口、穿墙部位缺乏柔性密封与内防水构造，易造成管道自身渗漏，污染管廊环境。

1.2 细部节点构造设计缺失

变形缝、施工缝、穿墙管等部位是防水的薄弱环节，也是

渗漏的高发区。设计中常存在以下问题：变形缝止水带选型单一，仅设置中埋式止水带而缺乏外贴式辅助防线；施工缝处未设置止水钢板或遇水膨胀止水条，或止水带安装位置偏移、搭接处理不当；穿墙管、预埋件等部位未设计环向止水环和防水加强层，导致交接处密封失效。

1.3 防水材料选型与设计误区

部分设计存在“重材料、轻构造”的误区。一是盲目选用高性能防水材料，却忽视了材料与基层的兼容性，如在变形较大的结构上使用延伸率低的卷材，易导致卷材拉裂。二是将刚性防水材料（如防水砂浆）作为独立防水层，忽视了结构变形对防水层的破坏作用。三是防水层设计层次倒置，未形成有效的“迎水面设防”体系。

1.4 排水系统设计优化不足

管廊内部排水设计直接影响防水效果。设计中常出现排水坡度过缓、集水井布置间距过大或位置不合理，导致局部低洼处积水；盲沟排水系统的反滤层级配不当，易被细颗粒土堵塞，丧失排水减压功能，间接增大了结构外侧的水压力，加速防水层破坏。

2 渗漏治理的综合技术措施

2.1 优化主体结构自防水性能

主体结构自防水是地下综合管廊防水体系的核心，其性能优劣直接决定了管廊整体防水效果，需从混凝土材料性能与结构裂缝控制两方面进行优化。在混凝土抗渗等级提升方面，需严格遵循《地下工程防水技术规范》等相关标准要求，选用C40及以上强度等级的防水混凝土作为主体结构材料，通过优化配合比设计提升混凝土密实度。施工中需掺入高效减水剂降低混凝土用水量，同时添加粉煤灰等矿物掺合料，填充混凝土内部孔隙、改善骨料界面结构，严格控制水胶比不大于0.5，

从材料层面阻断渗水通道,确保混凝土抗渗等级达到P10以上,抵御地下高压水侵蚀。在结构裂缝控制方面,需结合管廊结构受力特点与施工环境,合理设置变形缝,将间距控制在30m以内,避免因温度变化、混凝土收缩产生过大应力。同时采用补偿收缩混凝土技术,在混凝土拌合过程中掺入适量膨胀剂,利用混凝土硬化过程中产生的微膨胀效应,抵消收缩与温度应力,减少结构裂缝的产生,从根源上降低因裂缝引发的渗漏风险。构建“外防+内堵”双重防水体系,在管廊内壁增设结构内防水层。采用水泥基渗透结晶型防水涂料或聚合物防水砂浆,在顶板、侧墙、底板形成连续封闭的内防水涂层;阴阳角、施工缝等薄弱部位增设防水附加层,材料渗透至混凝土内部形成结晶体,封堵内部渗水通道。同时对管廊内部管道进行内防水密封设计:管道接口采用柔性橡胶圈密封,穿墙处设置防水套管并填充密封膏,支架部位加装防水垫片,实现管廊结构与内部管线的整体内防水防护。

2.2 强化关键节点防水构造设计

变形缝、施工缝、穿墙管等关键节点是管廊防水的薄弱环节,易因构造设计不合理、施工处理不到位引发渗漏,需针对性强化防水构造设计。变形缝作为适应结构变形的重要部位,需构建“中埋式橡胶止水带+外贴式止水带+嵌缝密封胶”三道防水设防体系,中埋式橡胶止水带需居中安装并固定牢固,避免混凝土浇筑时偏移、破损,外贴式止水带与结构基层紧密贴合,缝口采用高弹性嵌缝密封胶填充密封,形成多层防护。施工缝处理需区分水平与垂直类型,水平施工缝设置企口构造并埋设钢板止水带,增强新旧混凝土结合力与防水性;垂直施工缝安装遇水膨胀止水条,止水条需粘贴牢固、搭接严密。施工前需彻底清理施工缝处浮浆、杂物,进行凿毛湿润处理,确保新旧混凝土粘结紧密。穿墙管部位需统一设置刚性防水套管,套管与管廊结构同步浇筑,管道与套管间隙采用密封膏填塞严实,同时在管道外壁焊接止水环,阻断水分沿管道外壁渗透路径,提升节点防水可靠性。

2.3 科学选用防水材料工艺

防水材料与施工工艺的合理选择是提升管廊防水效果的关键,需遵循“刚柔并济、多道设防”的核心原则,构建复合型防水体系。主体结构以防水混凝土作为刚性防水层,利用其高强度、高密实度的特性承担主要防水功能,同时在管廊迎水

面附加柔性防水卷材,优先选用高分子自粘胶膜卷材,该材料具有良好的粘结性、延伸性与耐腐蚀性,能适应结构轻微变形,与刚性混凝土形成互补,提升整体防水性能。针对变形缝、伸缩缝等动态变形部位,需摒弃刚性防水材料,选用高弹性、高延伸率的密封材料,确保结构变形时防水层不发生开裂、脱落。对于混凝土表面毛细孔隙、微小裂缝等渗漏隐患,可采用渗透结晶型防水涂料,该材料能渗透至混凝土内部形成不溶于水的结晶体,封堵毛细孔隙,实现混凝土结构的自愈式防水,通过差异化选材与工艺适配,满足不同部位的防水需求。

2.4 实施“堵排结合”的综合治理

针对已发生渗漏的市政地下综合管廊,需根据渗漏位置、渗漏程度,采用“堵排结合”的综合治理模式,实现渗漏问题的有效解决。表面封闭法适用于管廊结构表面微小裂缝、毛细渗漏等轻微渗漏情况,施工时清理渗漏部位表面浮尘、杂物,均匀涂刷聚合物水泥基渗透结晶型涂料,涂料渗透至混凝土内部形成防护层,封堵表面渗水通道,操作简便且适用性强。压力注浆法主要针对结构贯通性裂缝、蜂窝麻面等较严重渗漏问题,通过高压注浆设备将聚氨酯或环氧树脂浆液注入裂缝内部,浆液遇水膨胀固化后填充裂缝空隙,与混凝土结构紧密结合,实现固结止水,适用于深层渗漏治理。背水面减压排水作为辅助治理措施,针对管廊内侧渗漏严重、水压较大的区域,增设排水盲沟与集水井,通过盲沟收集渗水并引流至集水井,再通过排水系统主动排出,降低结构内部水压,缓解渗漏压力,与“堵”的措施配合使用,形成“以堵为主、以排为辅”的综合治理体系,确保渗漏治理效果的长效性。

3 结语

市政地下综合管廊的防水工程是一项系统工程,设计阶段的缺陷是导致后期渗漏的根本原因。本文通过分析混凝土自防水、节点构造、材料选型及排水系统等方面的设计缺陷,提出了从源头优化设计、强化关键节点、科学选材以及“堵排结合”的综合治理策略。在实际工程中,必须坚持“设计是前提、材料是基础、施工是关键、管理是保障”的理念,将防水设计与地质勘察、结构受力、施工工艺紧密结合,构建全周期、多层次的防水体系。唯有如此,才能从根本上解决管廊渗漏难题,确保城市地下“生命线”的安全与畅通。

参考文献:

- [1] 周凯旋.市政地下综合管廊结构工程防水施工技术[J].智能建筑与工程机械,2025,7(12):7-9.
- [2] 李小波.市政地下综合管廊结构工程防水施工技术[C]//2024智慧施工与规划设计学术交流会议论文集.2024:1-3.
- [3] 刘以汉.市政地下综合管廊结构工程防水施工技术分析[J].工程技术研究,2024,9(14):97-99.