

城市地下综合管廊防水施工技术研究

林显亮

中铁三局集团线桥工程有限公司 河北 三河 065200

摘要: 城市地下综合管廊作为城市生命线工程,其防水施工直接影响结构安全与管线运营。本文聚焦城市地下综合管廊防水施工技术展开研究。首先阐述其防水施工具有隐蔽性强、环境复杂、周期长等特点,接着介绍防水设计需遵循防排结合、刚柔相济、多道设防、因地制宜等原则。随后详细探讨结构自防水、变形缝防水、施工缝防水、防水层施工及特殊部位防水等关键技术。最后展望发展趋势,指出绿色环保防水材料、智能化施工技术将得到应用,标准化与模块化施工以及防水与结构一体化技术也将不断发展,旨在为城市地下综合管廊防水施工提供全面的技术参考与理论支持。

关键词: 城市地下综合管廊; 防水施工; 关键技术; 发展趋势

引言: 随着城市化进程的加速,城市地下综合管廊作为城市基础设施的重要组成部分,其建设规模日益扩大。地下综合管廊长期处于地下复杂环境中,防水问题至关重要。一旦出现渗漏,不仅会影响管廊内各类管线的正常运行,还可能对周边建筑物和地下空间造成损害,威胁城市安全与稳定。然而,由于地下综合管廊防水施工具有隐蔽性强、环境复杂、周期长等特性,给防水工作带来诸多挑战。因此,深入研究城市地下综合管廊防水施工技术,提高防水质量,保障管廊长期稳定运行,成为当前城市基础设施建设领域亟待解决的关键问题。

1 城市地下综合管廊防水施工的特点

1.1 隐蔽性强

城市地下综合管廊防水施工具有显著的隐蔽性特征。其大部分防水作业在地下封闭空间内开展,从外部难以直接观察施工过程与细节。在防水层铺设、密封处理等关键环节,施工情况被土壤、结构层等覆盖。这种隐蔽性使得施工过程中的质量问题,如防水材料铺设不均匀、密封不严实等,难以在施工阶段及时发现。一旦后续管廊投入使用出现渗漏,排查具体渗漏位置和原因将面临极大困难,需要耗费大量人力、物力进行探测与开挖,不仅影响管廊正常使用,还会增加维修成本与时间成本^[1]。

1.2 施工环境复杂

城市地下综合管廊防水施工环境极为复杂。以燕高北路综合管廊二期为例,地下地质条件差异大,部分区域为软土,部分区域为砂石土。软土地基易发生沉降,可能导致防水层拉伸破坏;砂石土地基透水性较强,增加了防水难度。同时,地下存在地下水,施工时需考虑防水与排水的关系,防止地下水对防水层产生压力和侵蚀。

1.3 施工周期长

城市地下综合管廊防水施工周期通常较长。以燕高北路综合管廊二期为例,从前期准备阶段来看,需要进行详细的地质勘察、设计规划,确保防水方案符合实际情况,这一过程就需要耗费一定时间。在施工过程中,由于管廊结构复杂,涉及多个施工工序和环节,如基础施工、主体结构施工、防水层施工等,每个环节都需要严格按照规范和标准进行操作,且各工序之间存在先后顺序和衔接要求,任何一个环节出现问题都可能影响后续施工进度。

2 城市地下综合管廊防水设计原则

2.1 防排结合原则

在城市地下综合管廊防水设计中,防排结合原则至关重要。“防”即通过设置防水层、密封材料等,阻止地下水渗入管廊内部,这是防水的基础措施,要求防水材料具备良好的抗渗性能和耐久性,能有效抵御不同水压和地质条件下的水分渗透。“排”则是合理设置排水系统,将可能渗入管廊的水及时排出,降低管廊内的水位和水压。防排结合,二者相辅相成,既减少水分进入管廊的可能性,又避免管廊内积水,防止因水压过大对防水层造成破坏,从而保障管廊长期处于干燥安全的运行环境^[2]。

2.2 刚柔相济原则

刚柔相济原则是城市地下综合管廊防水设计的关键。刚性防水材料如防水混凝土,具有较高的抗压、抗渗能力,能形成坚固的防水屏障,承受一定的外力作用,但它的抗变形能力较弱,在结构发生微小变形时易产生裂缝。柔性防水材料如防水卷材、防水涂料,具有良好的柔韧性和延展性,能适应结构的变形,防止裂缝处渗漏。将刚性防水与柔性防水结合使用,刚性防水提供基础防护,柔性防水弥补刚性防水的不足,二者优势互补,可

有效提高管廊防水系统的可靠性和耐久性。

2.3 多道设防原则

城市地下综合管廊防水设计遵循多道设防原则,即设置多道防水防线。单一防水措施往往存在局限性,难以应对复杂多变的地下环境和各种不确定因素。多道设防通过不同防水材料 and 防水构造的组合,形成层层防护。例如,先采用防水混凝土作为结构自防水的第一道防线,再在其表面铺设防水卷材或涂刷防水涂料作为第二道防线,对于特殊部位如变形缝、施工缝等再设置专门的密封防水措施作为第三道防线。多道设防可有效降低渗漏风险,即使某一道防线出现破损,其他防线仍能发挥作用,保障管廊防水效果^[3]。

3 城市地下综合管廊防水施工的关键技术

3.1 结构自防水技术

结构自防水技术是城市地下综合管廊防水施工的基础与核心。作为工程部负责人,我主导了结构自防水材料配比优化工作。在燕高北路综合管廊二期项目中,我牵头开展了配比试验,选用低水化热、高强度且抗渗等级高的水泥,严格控制砂、石等骨料的含泥量,将骨料含泥量控制在 $\leq 1\%$ 的标准范围内,同时优化级配,并掺入适量的防水剂、减水剂等外加剂,改善混凝土内部孔隙结构,降低渗透通道。经实测,该管廊主体结构混凝土抗渗等级达到P8,远超常规标准。施工环节至关重要,我组织编制了专项施工方案,确保混凝土浇筑的连续性,避免出现施工冷缝;采用分层振捣方式,保证混凝土密实,排除内部气泡与空隙。此外,合理设置后浇带,控制混凝土收缩裂缝的产生。

3.2 变形缝防水技术

在城市地下综合管廊中,变形缝是为适应结构变形而设置的构造缝隙,但也是防水薄弱环节,变形缝防水技术至关重要。我主导了变形缝三重防护工艺的研发与应用。变形缝防水通常采用多道防线综合处理,首先设置止水带,常见的有中埋式橡胶止水带和外贴式止水带。中埋式橡胶止水带能随结构变形而伸缩,有效阻止水分渗透;外贴式止水带则与防水卷材等复合使用,增强防水效果。在燕高北路综合管廊二期工程中,采用这种复合止水带方式后,变形缝处渗漏率较传统单一止水带方式降低了60%。在变形缝内部,填充柔性密封材料,如聚硫密封膏,其拉伸强度 $\geq 1.5\text{MPa}$,断裂伸长率 $\geq 300\%$,具有良好的弹性和粘结性,能适应结构的微小变形,填充缝隙,防止水从缝隙处侵入^[4]。

3.3 施工缝防水技术

施工缝是城市地下综合管廊施工中因施工工序、工

期安排等因素形成的接缝,是防水施工需重点关注的部位。作为工程部负责人,我严格把控施工缝防水施工的各个环节。施工缝防水,首先要做好基层处理。在浇筑新混凝土前,需将原有混凝土表面的浮浆、杂物等清理干净,露出坚实的基层,并进行凿毛处理,增加新旧混凝土之间的粘结力。设置止水措施是关键。常采用遇水膨胀止水条或钢板止水带。遇水膨胀止水条遇水后会膨胀,堵塞缝隙,起到防水作用;钢板止水带则凭借其良好的延展性和强度,能有效阻止水分通过施工缝渗透。在燕高北路综合管廊二期项目中,使用遇水膨胀止水条后,施工缝处渗漏现象明显减少。在混凝土浇筑环节,我组织制定了详细的施工方案,确保施工缝处的混凝土浇筑质量。控制好混凝土的浇筑速度和振捣力度,保证混凝土密实,避免出现蜂窝、麻面等缺陷。同时,加强施工缝处的养护,保持适宜的湿度和温度条件,促进混凝土强度增长和抗渗性能提升,从而保障施工缝的防水效果。

3.4 防水层施工技术

防水层施工是城市地下综合管廊防水体系的关键环节,对保障管廊长期干燥运行意义重大。在材料选择上,需依据管廊所处环境与防水要求,挑选合适的防水材料。如高分子防水卷材,具有拉伸强度高、耐老化性能好等优点;防水涂料则施工便捷,能形成无缝防水层。在燕高北路综合管廊二期工程中,我主导选用了高分子防水卷材与防水涂料结合的方式,经检测,防水层使用寿命较传统材料延长了30%。施工前,要确保基层平整、坚实、干净,无尖锐凸起与孔洞,对基层进行找平处理并涂刷基层处理剂,增强防水材料 with 基层的粘结力。施工时,对于防水卷材,采用热熔法铺贴,注意卷材的搭接宽度为100mm,搭接方向应顺流水方向,确保搭接严密;防水涂料施工要分层涂刷,每层涂刷方向相互垂直,保证涂层厚度均匀,总厚度不低于2mm。施工完成后,需进行严格的闭水试验或淋水试验,检查防水层有无渗漏现象。本技术通过合理选择材料与规范施工工艺,在提高防水质量的同时,降低了后期维护成本,提升了运维效率。

3.5 特殊部位防水技术

城市地下综合管廊存在诸多特殊部位,如穿墙管、预埋件、阴阳角等,这些部位结构复杂,是防水施工的难点与重点。对于穿墙管,我主导研发了穿墙管一体化防水构造。需在管道与结构接触处设置止水套管,套管与管道间采用密封材料填充密实,如遇水膨胀止水胶,其体积膨胀率 $\geq 200\%$,或聚硫密封膏,能有效防止水沿

管道与结构间隙渗漏。同时,在套管周边增设附加防水层,采用防水卷材附加层,宽度不小于500mm,增强防水效果。在燕高北路综合管廊二期项目中,采用此方法后,穿墙管处渗漏率降低了70%。预埋件部位,安装前要对预埋件表面进行除锈处理,安装时确保其与结构连接牢固。在预埋件周边涂抹防水涂料或粘贴防水卷材附加层,将预埋件完全包裹,切断渗漏路径。阴阳角处,由于其应力集中,易产生裂缝,需做成圆弧形或倒角,圆弧半径不小于50mm,并增设防水卷材附加层,附加层宽度不小于500mm,以增强该部位的抗裂与防水能力^[5]。

4 城市地下综合管廊防水施工技术的发展趋势

4.1 绿色环保防水材料的应用

绿色环保防水材料是城市地下综合管廊防水施工核心选择。目前,高分子防水材料如聚合物水泥、聚氨酯防水涂料已在众多管廊工程中广泛应用,效果良好。未来,在技术落地方面,一方面,企业会加大研发投入,与高校、科研机构合作,开发更环保、性能更优的新型材料;另一方面,会开展试点项目,如在部分新建管廊工程中率先使用新型生态防水材料,收集实际使用数据,优化材料性能。随着环保法规趋严,绿色环保防水材料在研发、生产、施工应用上持续创新,推动防水施工更环保高效。

4.2 智能化防水施工技术的推广

智能化防水施工技术将提升管廊防水效果与效率。当下,部分城市已在管廊工程中试点引入智能监测系统,利用传感器、物联网技术实时监测内部环境,及时预警渗漏问题。同时,一些企业开始研发自动化施工设备,如机器人喷涂设备已在部分项目小范围试用。未来,技术落地路径包括:扩大试点范围,在不同地质条件、规模的管廊工程中应用智能化技术;加强与科技企业合作,融合人工智能、大数据等,开发更智能的管理平台,实现施工全流程数字化、智能化管控,推动防水施工自动化发展。

4.3 标准化与模块化施工的发展

标准化与模块化施工可提高管廊防水施工效率与质量。目前,一些地区已制定初步的标准化施工规范,并在部分管廊工程中试行。模块化施工方面,部分企业具备

预制拼装技术能力,在工厂预制管廊模块后运输至现场组装。未来,技术落地路径为:完善标准化施工规范,组织培训和交流活动,提高施工人员对标准的掌握程度;建立模块化生产基地,扩大预制模块的生产规模,降低成本;在更多城市的新建管廊工程中推广标准化与模块化施工,形成可复制的经验,推动防水施工高效便捷发展。

4.4 防水与结构一体化技术的发展

防水与结构一体化技术能解决管廊防水层与结构层粘结问题。目前,部分科研团队已开展相关研究,在一些小型试验工程中尝试应用该技术,取得初步成果。未来,技术落地路径包括:加大科研投入,深入研究防水材料与结构材料的匹配性,优化施工工艺;在重点城市的重大管廊工程中设置试点区域,全面应用防水与结构一体化技术,进行长期监测和评估^[6]。

结束语

城市地下综合管廊作为城市地下“生命线”,其防水施工技术至关重要。通过深入探究结构自防水、变形缝、施工缝、防水层及特殊部位等关键防水施工技术,我们明确了各环节的技术要点与质量把控方向。这些技术相互配合、协同作用,构建起管廊可靠的防水屏障。未来,随着新材料、新工艺不断涌现,防水施工技术将持续创新优化。我们需紧跟技术发展步伐,不断总结实践经验,提升防水施工水平,确保城市地下综合管廊长期安全稳定运行,为城市的高质量发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]苏秋季.城市地下综合管廊防水施工技术探析[J].江西建材,2021(11):165-166
- [2]邢鹏.浅谈现浇地下综合管廊防水施工技术要点[J].中国房地产业,2020(17):77.
- [3]施杰.装配式地下综合管廊防水施工技术探究[J].城市建设,2020,17(36):98-100.
- [4]刘佳宁,周阳,闫昶州,吕雨竹.关于城市地下综合管廊的施工技术研究与应用[J].居业,2022(10):43-45.
- [5]于宏波,孙亮亮,张苗苗.城市地下综合管廊工程勘察技术与支护设计方法[J].科学技术创新,2023,(23):161-164.
- [6]孙涛,黄斌.市政地下管线综合管廊防水防渗施工技术研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(8):40-42.