

城市综合管廊污水入廊关键技术研究

余 波 高胜凯 李治国 王 迪
中冶武勘工程技术有限公司 湖北 武汉 430000

摘 要：本文探讨城市综合管廊污水入廊技术。阐述综合管廊定义、发展历程、分类及结构形式，强调污水入廊在提升环境质量、保障污水处理系统稳定及优化城市空间等方面的必要性。深入分析排水体制优化、防水与防腐蚀、污水提升与输送等关键技术。以成都天府新区鹿溪智谷12km综合管廊污水入廊工程为例，介绍通过精准规划雨污管道、采用多种防水防腐手段及合理设置提升泵站等措施，实现了污水系统稳定运行，为城市新区发展提供坚实污水收集输送保障，提升了城市基础设施水平。

关键词：城市综合管廊；污水入廊；关键技术；案例分析

引言

随着城市化进程的加速，城市规模不断扩张，基础设施建设面临诸多挑战。城市综合管廊作为整合各类市政管线的创新模式应运而生，而污水入廊作为其中关键一环，愈发受到关注。传统分散敷设的污水管道弊端丛生，环境污染风险高、易受外界干扰。在此背景下，探索污水入廊的关键技术，对提升城市建设水平、保障城市可持续发展具有重大现实意义，成为当下城市基础设施领域研究的重要课题。

1 城市综合管廊概述

1.1 城市综合管廊的定义与发展历程

城市综合管廊，又称共同沟，是建于城市地下用于集中敷设电力、通信、广播电视、给水、排水、热力、燃气等市政管线的公共隧道。其发展历程可追溯到19世纪，早期在一些发达国家的大城市开始建设。随着城市化进程的加速和城市规模的不断扩大，综合管廊在全球范围内得到了更广泛的应用和发展。我国对城市综合管廊的建设重视程度也在不断提高，近年来多个城市积极推进综合管廊项目的规划与建设。

1.2 城市综合管廊的分类与结构形式

(1) 分类

1) 干线综合管廊：主要用于容纳城市主干管线，通常设置在城市主要道路下方，连接不同区域的大型节点。它管径较大、输送能力强，为支线综合管廊和用户提供方源支持。2) 支线综合管廊：与干线综合管廊相连，主要负责将干线管廊的管线分支到各个街区或用户，管径相对较小，分布较为广泛。3) 缆线管廊：主要用于敷设电力电缆、通信电缆等，对环境要求相对较低，结构较为简单，成本相对较低。

(2) 结构形式

1) 矩形结构：具有空间利用率高、施工方便等优点，适用于各种规模的综合管廊。可根据容纳管线的数量和种类进行灵活分隔，常见于城市主干道下方的大型综合管廊。2) 圆形结构：受力性能好，抗土压和水压能力强，通常采用盾构法施工，适用于穿越河流、铁路等特殊地段的综合管廊。但圆形结构内部空间利用相对不灵活，对于多管线布置的适应性稍差。3) 拱形结构：结合了矩形和圆形结构的部分特点，具有较好的受力性能和一定的空间利用率，在一些特定地质条件和设计要求下会被采用。

2 污水入廊的必要性

一是传统的污水管道大多分散敷设，容易出现泄漏、堵塞等问题，对土壤和地下水造成污染。污水入廊后，便于集中维护和管理，可有效减少污水泄漏风险，降低对城市环境的污染，提升城市整体环境质量。二是综合管廊内环境相对稳定，污水管道受外界因素影响较小，能减少因道路开挖、自然灾害等导致的管道损坏和污水输送中断情况，保障城市污水处理系统的稳定运行，提高污水处理效率。三是污水入廊可避免污水管道与其他市政管线在地下空间的相互干扰，减少道路反复开挖，为城市其他基础设施建设和城市空间的合理规划利用创造有利条件。

3 污水入廊关键技术分析

3.1 排水体制优化与改造技术

(1) 合流制向分流制改造

对于有条件的城市区域，逐步将合流制排水系统改造为分流制是解决污水入廊流量和水质波动问题的有效途径^[1]。改造过程中，需要重新规划雨水和污水管道的布局，将原有的合流管道分别接入新建的雨水管道和污水管道。这需要对城市地下管网进行详细勘察，制定合理

的改造方案,尽量减少对城市交通和居民生活的影响。在改造过程中,可采用雨污分流井等设备实现雨水和污水的分离。雨污分流井应具备自动控制功能,能够根据降雨量和污水流量的变化,合理调整分流比例,确保污水管道在不同工况下都能稳定运行。

(2) 截流式合流制优化

对于短期内无法完成合流制向分流制改造的区域,可对截流式合流制系统进行优化。通过合理设置截流倍数,在雨天时将部分混合污水截流至污水处理厂进行处理,其余部分通过溢流井排放至自然水体。同时,可在截流管线上设置调蓄池,对雨天的混合污水进行暂时储存,待雨停后再逐步输送至污水处理厂,以减轻污水处理厂的冲击负荷。利用智能监测与控制系统,实时监测截流管内的流量、水质等参数,根据实际情况动态调整截流倍数和调蓄池的运行状态,提高截流式合流制系统的运行效率和污水处理效果。

3.2 污水管廊防水与防腐蚀技术

(1) 防水技术

1) 结构自防水:管廊主体结构采用防水混凝土浇筑,通过优化混凝土配合比,提高混凝土的抗渗性能。在施工过程中,严格控制混凝土的浇筑质量,确保混凝土的密实度,减少裂缝的产生。同时,在混凝土中可添加适量的防水剂、膨胀剂等外加剂,进一步增强混凝土的防水性能。2) 附加防水层:在管廊结构外侧设置附加防水层,常用的防水材料有卷材防水、涂料防水等。卷材防水可选用高分子防水卷材,其具有良好的耐水性、耐腐蚀性和拉伸强度。涂料防水可采用聚氨酯防水涂料、聚合物水泥防水涂料等,这些涂料施工方便,能形成连续、无缝的防水层,对管廊结构的复杂部位具有较好的适应性。3) 施工缝与变形缝防水:管廊施工过程中不可避免地会出现施工缝和变形缝,这些部位是防水的薄弱环节。在施工缝处,可设置止水钢板、橡胶止水带等止水设施,确保施工缝的防水效果。对于变形缝,应采用中埋式橡胶止水带和外贴式止水带相结合的方式,并在缝内填充密封材料,如聚硫密封胶、硅酮密封胶等,以适应管廊在使用过程中的变形要求,防止渗漏。

(2) 防腐蚀技术

1) 管材选择:污水管道应选用耐腐蚀性能好的管材,如高密度聚乙烯(HDPE)管、玻璃钢夹砂管(FRP)等^[2]。HDPE管具有良好的耐化学腐蚀性、柔韧性和抗冲击性能,使用寿命长。FRP管则具有重量轻、强度高、耐腐蚀性能优异等特点,能有效抵抗污水中的各种腐蚀性介质。2) 防腐涂层:对于金属材质的污水管道

或管廊内的金属构件,可采用防腐涂层进行防护。常用的防腐涂层有环氧煤沥青涂层、聚乙烯防腐涂层等。环氧煤沥青涂层具有良好的附着力、耐水性和耐化学腐蚀性,施工工艺相对成熟。聚乙烯防腐涂层具有优异的耐候性、耐磨性和耐腐蚀性,能为金属提供长期有效的保护。3) 阴极保护:在管廊内的污水管道系统中,可采用阴极保护技术,通过外加电流或牺牲阳极的方式,使金属管道表面成为阴极,从而防止金属管道发生腐蚀。阴极保护技术与防腐涂层联合使用,能进一步提高管道的防腐蚀效果,延长管道的使用寿命。

3.3 污水提升与输送技术

(1) 污水提升泵站设计

1) 泵站选址与布局:根据管廊内污水管道的走向和高程,合理选择污水提升泵站的位置。泵站应尽量靠近污水源,减少污水管道的埋深和长度,降低工程投资和运行成本。同时,要考虑泵站与周围环境的协调性,避免对周边居民生活 and 环境造成不良影响。在布局上,应合理安排泵站内的设备,如水泵、格栅、集水池等,确保设备运行维护方便,工艺流程顺畅。2) 水泵选型与配置:根据污水的流量、扬程、水质等参数,选择合适的水泵类型。对于污水提升泵站,常用的水泵有潜水电机、离心泵等。潜水电机具有安装方便、占地面积小、运行稳定等优点,适用于各种规模的污水提升泵站。离心泵则具有流量大、扬程高的特点,在一些大型泵站中应用较为广泛。在水泵配置上,应根据泵站的设计流量和扬程,合理确定水泵的数量和型号,采用多台水泵并联运行的方式,以提高泵站的运行灵活性和可靠性。3) 泵站自动化控制:为提高污水提升泵站的运行管理效率,应采用自动化控制系统。通过传感器实时监测泵站内的水位、流量、水质等参数,根据设定的控制程序自动控制水泵的启停、运行频率等。同时,自动化控制系统还应具备远程监控功能,管理人员可通过监控中心对泵站进行远程操作和管理,及时掌握泵站的运行状态,发现并处理故障。

(2) 污水输送管道设计

1) 管道水力计算:根据污水的流量、流速、充满度等参数,进行污水输送管道的水力计算,确定管道的管径和坡度。在计算过程中,要考虑污水的特性,如污水的粘度、密度等,以及管道的粗糙度、局部阻力系数等因素,确保管道内的污水能够在重力或提升设备的作用下顺利输送^[3]。2) 管道连接方式:污水管道的连接方式应根据管材的类型和工程要求进行选择。对于HDPE管,常用的连接方式有热熔连接、电熔连接等,这些连接方

式能够确保管道连接的密封性和可靠性。对于FRP管,可采用承插连接、法兰连接等方式,连接时应注意密封材料的选择和安装质量,防止管道连接处出现渗漏。3)管道清通与维护:为保证污水管道的畅通,应设置合理的清通设施,如检查井、清扫口等。检查井的间距应根据管道的管径和长度合理确定,以便于定期对管道进行检查和清通。同时,可采用管道检测机器人等设备对管道进行定期检测,及时发现管道内的堵塞、破损等问题,并采取相应的修复措施。

4 案例分析

4.1 案例背景

成都天府新区作为国家级新区,发展迅速。鹿溪智谷规划建设了一条长达12km的综合管廊,其中污水入廊工程是重要组成部分。该区域采用分流制排水体系,周边分布着8个居民小区与5处商业区域,日产污水量约4万吨。综合管廊采用矩形结构,划分多个舱室,污水舱室设置于管廊一侧,确保污水输送的独立与安全。

4.2 关键技术应用

(1) 排水体制保障措施

在污水收集系统建设时,严格遵循分流制标准进行设计与施工。通过精准的地下管线勘察,科学合理地规划布局,实现了雨污管道的完全分离。在污水接入管廊前,设置了4个水质监测点与2套流量调节设施。水质监测点配备的高精度水质分析仪,能够实时监测化学需氧量、氨氮等关键水质指标。流量调节设施借助智能系统,依据监测数据自动调控阀门,有效稳定污水水质与流量,降低了对管廊污水系统的冲击,确保了污水收集的稳定性。

(2) 防水与防腐蚀措施

管廊主体采用C35防水混凝土浇筑,抗渗等级达到P6,外侧铺设两层3mm厚的高分子防水卷材。施工缝设置2mm厚止水钢板,变形缝采用中埋式与外贴式橡胶止水带结合,并在缝内填充密封胶。污水管道选用DN600的HDPE管,采用热熔连接方式。管廊金属构件表面涂刷0.3mm厚环氧煤沥青防腐涂层,同时对污水管道实施牺牲

阳极阴极保护,每60m设置一组锌合金牺牲阳极,显著提升了整体的防腐蚀性能,延长了设施的使用寿命。

(3) 污水提升与输送设施

根据管廊高程与污水流量,在距起点7公里处建设了污水提升泵站。站内安装4台WQ800-12-55型潜水排污泵,单台流量800m³/h,扬程12m,功率55kW,采用3台工作1台备用的模式^[4]。通过自动化系统,利用液位计监测水位,自动控制水泵的启停与频率。污水输送管道依据水力计算选择管径,并设置0.25%的坡度,沿线每100m设置检查井,每250m设置清扫口,便于日常的清通与维护。

4.3 实施效果

经这些关键技术应用,鹿溪智谷综合管廊污水入廊工程成效显著。运行2年来,污水系统稳定,无渗漏、堵塞。泵站正常运行,满足污水输送需求。防水、防腐蚀性能良好,经检测各项指标达标,保障管廊与管道使用寿命,为天府新区发展提供有力污水收集输送保障,提升了基础设施水平与环境质量。

结束语

综上所述,城市综合管廊污水入廊技术通过一系列关键技术的协同应用,能有效解决传统污水管道存在的问题。如鹿溪智谷案例所示,其在改善城市环境、保障污水处理系统稳定运行等方面成效显著。未来,应持续深入研究和推广这些技术,针对不同城市特点进行优化。尤其是在排水体制复杂、地质条件多样的区域,更要因地制宜完善技术方案,推动城市综合管廊污水入廊工程广泛且高质量地发展,为城市建设注入强大动力。

参考文献

- [1]尹冬,梁朋飞,苗雷强.污水管道入廊关键问题分析及对策[J].安徽建筑,2021,28(5):82-84.
- [2]王灿.污水管道纳入综合管廊设计要点分析[J].工程技术研究,2024,9(15):208-210.
- [3]马昭,张璐.污水管道在综合管廊中的应用与研究[J].中国建筑金属结构,2024,23(z2):118-122.
- [4]韩明伦.城市地下综合管廊建设与发展探析[J].智能建筑与智慧城市,2023(2):160-162.