

关于城市综合管廊给水排水系统施工难点与技术创新的分析

陈益平

440582*****0111

摘要:城市综合管廊作为城市地下空间的“生命线工程”，其给水排水系统的施工质量直接关系到城市基础设施的安全运行与长效服务。本文针对综合管廊给水排水系统施工中的难点问题展开系统分析，从空间布局受限、防水要求严格、与其他管线交叉协调复杂及特殊地质环境适应性要求高等维度，深入探讨施工过程中面临的技术挑战；同时结合工程实践需求，从施工工艺优化、新型材料应用、智能监测技术集成等方面，提出一系列技术创新路径。研究成果旨在为综合管廊给水排水系统的高效施工与质量保障提供理论参考与技术支撑，推动城市地下空间开发的科学化与精细化。

关键词:城市综合管廊；给水排水系统；施工难点；技术创新；地下空间

DOI: 10.69979/3029-2727.25.12.079

引言

随着城市化进程的加速推进，城市地上空间资源日趋紧张，地下空间的高效开发利用成为解决“城市病”的关键途径。综合管廊作为集约化敷设电力、通信、给水、排水等多种市政管线的公共隧道，是城市地下空间的核心基础设施。其中，给水排水系统作为保障管廊内部环境稳定（如防火用水、排水防涝）与城市日常供水安全的关键子系统，其施工质量直接影响管廊的长期使用功能。然而，受管廊特殊的空间环境、严格的防水要求及多专业交叉施工等因素制约，给水排水系统施工面临诸多技术难点。如何通过技术创新突破这些瓶颈，成为当前综合管廊建设领域的重要研究课题。

1 城市综合管廊给水排水系统施工的主要难点

1.1 空间布局受限与施工操作难度大

综合管廊的标准断面通常根据敷设管线类型进行规划，其内部空间高度与宽度有限（常见断面尺寸为宽2.5-4.0米、高3.0-4.5米），而给水排水管道需同时满足供水干管、支管、排水沟、集水井等多元功能设施的布置需求。在有限空间内，管道的走向排布需避开其他市政管线（如电力电缆、通信线缆）的预留位置，同时考虑人员检修通道的最小宽度（一般不小于1.0米），导致管道安装的垂直与水平净距控制极为严格。此外，管廊内部常伴有通风管道、照明设备等附属设施，进一

步压缩了给水排水系统的施工操作空间。例如，供水管道与电力电缆桥架的垂直净距需满足电气安全间距要求（通常不小于300毫米），排水管道与通信线缆的水平交叉需避免信号干扰；同时，检修通道的畅通性要求管道安装不得侵占规定空间（如管道外缘距检修通道边缘不小于500毫米）。这些约束条件使得管道吊装、焊接、接口连接等工序的操作难度显著增加，施工人员需在狭小空间内完成复杂的安装作业，对施工组织与技术精度提出了极高要求。

1.2 防水与结构耐久性要求严格

综合管廊作为埋设于地下的密闭空间，其防水等级通常为一级（不允许渗水，结构表面无湿渍），而给水排水系统作为管廊内唯一可能产生液态介质流动的子系统，其防水性能直接影响管廊整体的结构安全与耐久性。一方面，给水管道的接口（如钢管焊接缝、球墨铸铁管承插口）若密封不严，可能导致介质泄漏并侵蚀周围混凝土结构，引发混凝土碳化、钢筋锈蚀等病害；排水系统的集水井、排水沟等构造若存在渗漏隐患，会使地下水反向渗透至管廊内部，造成设备锈蚀、电气短路等问题。另一方面，管廊结构长期处于潮湿环境（相对湿度常大于90%），给水排水管道及附属设施的防腐与抗渗要求显著高于地面工程。例如，钢管需采用环氧煤沥青涂层或3PE防腐层进行外壁防护，球墨铸铁管需内壁喷涂水泥砂浆衬里以防止介质腐蚀；排水沟与集水

井的混凝土需掺加防水剂与膨胀剂以提高抗渗性能（抗渗等级不低于 P8）。此外，接缝部位（如管道与集水井连接处、排水沟转角处）是防水的薄弱环节，需通过专项构造设计（如设置止水带、涂刷密封胶）进行加强处理。

1.3 与其他管线及专业工程的交叉协调复杂

综合管廊内通常集成给水、排水、电力、通信、热力等多种管线，各专业管线的敷设位置、标高及施工顺序需通过 BIM 技术或专项协调方案进行统筹。给水排水系统施工时，常面临与其他管线的空间冲突问题：例如，排水管道与电力电缆桥架的垂直净距不足可能导致电缆受潮短路，给水管道与通信线缆的水平交叉可能因振动传递影响信号传输；此外，热力管道的高温辐射可能对相邻的给水管道造成热应力损伤，需通过隔热材料隔离或调整管道间距解决。除空间冲突外，给水排水系统的施工进度需与管廊主体结构施工、内部装修工程紧密衔接。主体结构未完成防水层施工时，排水管道的预埋可能破坏防水结构；而内部装修阶段若未提前预留检修口或支墩位置，将导致给水管道阀门、消火栓等设施无法正常安装。这种多专业交叉施工的协调难度，不仅增加了施工组织的管理复杂度，还可能因工序衔接不当引发返工或质量隐患，是给水排水系统施工的核心挑战之一。

2 给水排水系统施工的关键技术难点成因分析

2.1 设计与施工协同不足

当前部分综合管廊项目存在“设计先行、施工滞后”的脱节现象，给水排水系统的设计方案未充分考虑管廊内部的实际空间约束。例如，设计阶段未根据其他管线敷设情况调整管道标高，导致供水干管与电力电缆桥架发生垂直冲突；或未针对特殊地质条件提出明确的施工技术要求（如软土地层中管道接口的特殊加固措施），使得施工过程中需临时调整方案，增加协调难度与施工成本。此外，设计变更频繁也是常见问题。例如，因其他管线（如热力管道）的路由调整，导致排水管道需改变原有走向；或因主体结构施工误差，导致预埋的排水管线位置与设计图纸不符。这些变更若未及时同步至施工方，可能导致现场施工与设计意图不符，影响整体工程质量。

2.2 材料与工艺的适配性不足

传统给水排水管道材料（如普通钢管、混凝土管）在综合管廊特殊环境下的性能存在局限。普通钢管的耐腐蚀性较差（尤其在潮湿环境中易生锈），长期运行后可能因管壁减薄导致泄漏；混凝土管的抗渗性与抗裂性不足（易因温度应力或地基沉降开裂），且自重较大增加了安装难度。同时，部分施工工艺（如明挖法中管道直接铺设于回填土上，未设置柔性基础）无法适应管廊内部的空间限制与环境要求。例如，回填土的密实度不均匀可能导致管道基础沉降，进而引发接口渗漏；混凝土基础未设置伸缩缝可能导致温度应力集中，造成管道开裂^[1]。

2.3 施工管理与质量控制的精细化程度低

给水排水系统施工涉及管道安装、接口连接、防水处理、设备调试等多个工序，任一环节的质量缺陷均可能引发系统性风险。然而，部分项目存在施工管理粗放问题：管道安装时未严格校核标高与轴线（导致与其他管线碰撞），接口连接时未进行严密性试验（如钢管焊接后未做压力测试），防水处理时未对节点（如集水井与底板交接处）进行专项加强（仅做普通抹灰处理）。此外，施工过程中的质量检测手段单一。例如，接口密封性仅依靠目测检查外观，无法检测内部微小裂纹；排水沟的坡度仅通过尺量验证，未采用水准仪精确测量；防水层的完整性仅通过蓄水试验初步判断，未结合红外热成像技术检测隐蔽渗漏点。这些粗放的管理方式与单一的检测手段，难以及时发现并解决隐蔽性缺陷，增加了后期运营阶段的渗漏与维修风险。

3 给水排水系统施工的技术创新路径

3.1 空间优化与模块化施工技术

针对空间布局受限问题，可采用“BIM 三维模拟 + 模块化预制”技术实现施工优化。通过 BIM 软件建立管廊内部全专业管线模型，模拟给水排水管道与其他管线的空间关系，提前优化管道走向与标高。例如，利用 BIM 的碰撞检测功能识别供水管道与电力电缆桥架的垂直冲突，调整管道路由至检修通道上方；或通过三维可视化设计确定排水管道的最佳坡度与走向，避免与通信线缆交叉干扰^[2]。同时，推广管道模块化预制技术，在工厂内将给水管道（含阀门、接头）、排水沟（含集水井盖板）等部件组装为标准化模块，运输至现场后整体吊装。模块化设计可集成防腐与抗渗功能（如模块内壁

预涂防腐涂层），并精确控制尺寸精度（减少现场安装误差）。模块化施工不仅能缩短现场安装时间（较传统施工效率提升 30%以上），还能降低操作空间需求，显著提升施工安全性与质量可控性。

3.2 高性能防水与结构一体化技术

为满足严格防水要求，可采用“结构自防水+接缝特种密封+附加防水层”复合体系。管廊主体结构采用抗渗等级不低于 P8 的防水混凝土，给水排水管道接口采用双密封设计^[3]。排水沟与集水井的阴阳角处增设聚硫密封胶或膨润土防水毯，形成多道防水屏障。此外，推广应用预铺反粘防水卷材，并在管道穿墙部位设置止水套管。对于集水井与底板交接处等关键节点，采用微膨胀混凝土浇筑并增设附加防水层。通过结构与防水的一体化设计，从根本上提升接缝与构造节点的防水可靠性。

3.3 智能监测与动态调控技术

针对施工过程质量控制难题，引入智能监测技术实现实时反馈。在管道接口处安装应变传感器，在排水沟内设置液位传感器，在集水井中布置水质监测仪（检测渗漏水是否含有腐蚀性物质，如氯离子浓度超标提示混凝土侵蚀）。通过物联网平台将监测数据传输至控制中心，当接口变形量超过阈值、液位异常升高或水质出现异常时，系统自动报警并提示施工人员调整工艺参数。

此外，利用 BIM 技术建立施工进度模拟模型，动态优化给水排水系统与其他管线的施工顺序。例如，通过模拟分析确定优先完成排水管道预埋，再施工电力电缆桥架；或根据管廊分段施工进度，调整给水管道的分段安装顺序（确保每段管道安装后及时进行压力测试）。智能监测与进度模拟技术的结合，可显著提升多专业协同效率与施工质量可控性^[3]。

4 技术创新的实施保障与效益分析

4.1 技术实施的组织保障

技术创新需依托“设计-施工-运维”全生命周期协同机制。设计阶段组织给水排水、结构、地质等多专业联合评审，确保技术方案的可行性（如接缝宽度计算符合实际变形需求、防水构造层次满足长期耐久性要求）；施工阶段建立技术交底制度（向作业人员详细说明创新

工艺的操作要点，如模块化吊装的吊点设置、智能传感器的安装位置），并配备专业技术人员现场指导（实时解决施工中的技术问题）；运维阶段通过智能监测数据反馈优化设计方案^[4]。

4.2 经济与社会效益

技术创新可显著提升综合管廊给水排水系统的施工质量与长期性能。模块化施工缩短工期约 15% – 20%，降低人工成本；高性能防水技术减少后期渗漏维修费用，延长管廊结构使用寿命；智能监测技术提前发现隐患，避免重大安全事故发生（如结构坍塌、电气短路）。从社会效益看，可靠的给水排水系统保障了城市供水安全与防洪排涝能力，为地下空间的可持续利用奠定了基础，同时减少了因渗漏导致的资源浪费^[5]。

5 结论

城市综合管廊给水排水系统施工面临空间受限、防水严格、交叉协调复杂及特殊地质适应等难点，其核心挑战源于设计与施工协同不足、材料与工艺适配性差及管理精细化程度低。通过 BIM 三维模拟与模块化预制优化空间布局、复合防水体系提升结构抗渗性、智能监测技术实现动态质量控制、专项工艺适应特殊地质条件等技术创新，可有效突破传统施工瓶颈。未来研究可进一步结合数字孪生技术构建虚拟施工模型，实时模拟给水排水系统的运行状态，为综合管廊的全生命周期管理提供更精准的技术支持，推动城市地下基础设施向智能化、绿色化方向发展。

参考文献

- [1] 城市综合管廊污水入廊设计优化及关键技术研究 [J]. 朱岩. 净水技术, 2025 (8) : 1-6.
- [2] 给排水管网施工重难点及改善措施 [J]. 佚名. 工程建设与设计, 2025 (10) : 167-169.
- [3] 科技赋能市政管道智慧施工综合方案 [J]. 佚名. 市政技术, 2025 (5) : 1-6.
- [4] 综合管廊给排水工程施工难点与应对措施 [J]. 佚名. 中国建设信息化, 2024 (24) : 46-47.
- [5] 城市综合管廊给水排水系统施工技术创新与应用 [J]. 佚名. 建筑技术开发, 2025 (9) : 135-137.