

市政污水管网工程施工难点与现场管控策略研究

张晓冰

中交三公局华东建设工程有限公司 浙江 杭州 311100

摘要: 市政污水管网作为城市基础设施的“地下生命线”，其建设质量直接关系到城市水环境治理成效、公共卫生安全及居民生活品质。然而，受限于城市建成区复杂的地下环境、密集的地上构筑物以及严格的环保要求，污水管网工程施工面临着前所未有的挑战。本文系统梳理了当前市政污水管网工程在施工过程中遭遇的核心难点，主要包括地质条件复杂多变、地下管线交错繁杂、交通导改与社会协调压力巨大、以及施工对周边环境扰动显著等。针对这些难点，本文提出了一套以“精细化、协同化、智慧化”为核心的现场管控策略体系。该体系强调通过深化前期勘察与设计优化来化解源头风险，依托BIM（建筑信息模型）与智慧工地平台实现施工全过程的可视化、数字化管理，并构建多方联动的沟通协调机制以保障工程顺利推进。研究表明，将先进的信息技术与科学的管理方法深度融合，是破解市政污水管网施工困局、提升工程建设品质与效率的关键路径。

关键词: 市政污水管网；施工难点；现场管控；BIM技术；智慧工地

引言

随着我国城镇化进程的纵深发展和生态文明建设的全面推进，城市水环境治理已成为关乎民生福祉和可持续发展的重大战略议题。作为水环境治理体系的基础性工程，市政污水管网承担着收集、输送城市生活污水与工业废水的核心功能，其完整性、密闭性与通畅性直接决定了污水处理厂的效能乃至整个城市的生态健康。近年来，国家层面相继出台《城镇污水处理提质增效三年行动方案》等一系列政策文件，大力推动老旧管网改造与雨污分流建设，市政污水管网工程迎来了新一轮的建设高潮。然而，与新建区域的“白纸作画”不同，当前大量的污水管网工程集中于既有城市建成区，施工环境异常复杂。工程不仅要面对松软流沙、高地下水位等不利地质条件，还需在纵横交错的既有地下管线“丛林”中精准穿行，同时要最大限度地减少对地面交通、商业活动及居民生活的干扰。这种“螺蛳壳里做道场”的施工模式，使得工程在技术、管理、协调等多个维度均面临严峻考验。传统的粗放式管理模式已难以适应新时代高质量发展的要求。因此，深入剖析市政污水管网工程施工的核心难点，并探索与之相匹配的现代化、精细化现场管控策略，对于保障工程安全、质量、进度与投资目标的全面实现，具有重要的理论价值和迫切的现实意义。

1 市政污水管网工程施工核心难点分析

1.1 地质条件复杂多变，施工安全风险高

城市地下地质状况极为复杂，特别是在老城区或河网密布的区域，其复杂性与不确定性尤为突出。施工

时，常会碰到淤泥质软土、流沙层、高地下水位以及破碎岩层等不良地质状况。淤泥质软土承载力极弱，开挖时极易引发边坡失稳、管沟塌方，甚至出现涌水涌砂等紧急状况，严重危及作业人员生命安全及周边建筑物的稳固。高地下水位不仅使降水作业难度增大、成本提升，而且一旦降水措施不合理，便可能诱发地面沉降，对邻近的地铁隧道、历史建筑等敏感设施造成难以挽回的破坏^[1]。此外，地下局部存在的孤石、旧基础等障碍物，也给顶管、定向钻等非开挖施工工艺带来极大阻碍，常导致设备卡滞、施工轨迹偏离设计轴线等棘手问题，严重影响施工进度与质量。

1.2 地下管线错综复杂，迁改协调难度大

城市地下空间经过数十年甚至上百年的累积开发，早已形成了一个由给水、排水、燃气、热力、电力、通信等各类管线交织而成的庞大而脆弱的网络。这些管线权属单位众多，资料往往存在缺失、不准或更新滞后的问题。在污水管网施工前，即便投入大量精力进行详尽的物探工作，受技术手段和现场环境限制，也很难精准探明所有管线的位置与埋深。一旦施工时稍有不慎，碰坏了高压电缆、燃气管道这类重要生命线工程，极有可能引发大面积停电、燃气泄漏爆炸等严重事故，危及公众生命财产安全。而且，管线迁改工作困难重重，涉及规划、审批、施工、验收等多个环节，需要与十余家甚至更多产权单位反复沟通协调。每个环节都可能因各种因素停滞不前，流程繁琐、周期漫长，常常成为阻碍工程整体推进的“卡脖子”难题，严重影响城市基础设施建设的效率与质量。

1.3 交通导改与社会协调压力巨大

市政污水管网多沿城市主干道或次干道敷设，施工必然占用部分甚至全部道路断面，对城市交通组织构成严峻挑战。如何在保障施工工作面的同时，科学制定交通疏解方案，维持区域路网的基本通行能力，是摆在项目管理者面前的一道难题。这不仅需要与交警、公交、城管等多个政府部门紧密协作，还需充分考虑周边商户的经营需求和居民的日常出行习惯。施工期间产生的噪音、粉尘、振动等扰民问题，也极易引发周边社区的投诉甚至阻工事件。因此，平衡好工程建设与社会公共利益之间的关系，做好细致入微的群众工作，是确保项目顺利实施不可或缺的一环。

1.4 施工扰民与环境保护要求严苛

污水管网施工，特别是开挖作业，会产生显著的环境影响。渣土运输、重型机械作业带来的扬尘和噪音污染，以及施工废水、生活污水的排放，都受到日益严格的环保法规约束。在人口密集的城区，施工方必须采取高标准的绿色施工措施，如设置全封闭围挡、安装雾炮降尘、对裸露土方进行全覆盖、建立沉淀池处理施工废水等。任何环保违规行为都可能招致严厉处罚，甚至被勒令停工。这不仅增加了项目的直接成本，也对现场管理水平提出了更高要求。

2 市政污水管网工程现场管控策略体系构建

面对上述多重挑战，必须摒弃传统的被动应对模式，构建一套主动、前瞻、集成的现场管控策略体系。

2.1 源头化解：深化勘察设计与方案优化

市政污水管网工程的成败，很大程度上取决于前期工作的深度与精度。必须将风险管控的关口前移，在设计源头就为后续施工扫清障碍。

2.1.1 精细化地下空间探测与信息整合

摒弃传统的单一物探模式，推行“多源数据融合、多技术互补”的综合探测方法。在常规地质钻探的基础上，全面应用地质雷达（GPR）进行浅层管线普查，利用高密度电法或微动勘探技术探测深层不良地质体，并结合CCTV（闭路电视）和QV（管道潜望镜）对既有排水管线内部状况进行精准评估^[2]。所有探测数据应统一汇交至项目BIM协同平台，构建一个高精度、全要素的城市地下空间信息模型（CIM），作为后续所有决策的唯一权威数据源。

2.1.2 多方案比选与价值工程（VE）分析

设计阶段应基于精细化的地下空间模型，对线路走向、埋深、管径及施工工法进行不少于三个方案的比选。比选标准不应局限于初始投资，而应引入全生命周

期成本（LCC）理念，综合评估各方案在施工难度、工期、对交通及环境的影响、以及未来50年运维成本等方面的差异。通过组织跨专业的VE工作坊，邀请施工、运维专家共同参与，对设计方案的功能与成本进行系统分析，力求在满足核心功能（污水收集与输送）的前提下，实现长期综合效益的最大化。例如，对于穿越主干道的管段，即便顶管法造价高出明挖法30%，但其避免了长达数月的交通中断和社会成本，从LCC角度看往往是更优选择。

2.1.3 BIM驱动的三维协同设计与冲突预演

全面采用BIM技术进行正向设计。各专业（道路、给排水、结构、岩土等）在同一BIM平台上并行作业，实时共享模型信息。通过自动化的碰撞检查功能，可以提前发现并解决污水管与地基桩、地铁隧道、人防工程等构筑物之间的空间冲突，以及与其他市政管线的净距不足问题。此外，利用BIM模型进行4D（时间维度）和5D（成本维度）模拟，可以直观地预演施工全过程，优化施工顺序，精确计算工程量，为后续的施工组织和成本控制提供坚实依据。

2.2 过程赋能：打造基于BIM与智慧工地的数字化管控平台

将先进的信息技术深度融入施工管理的血脉，是提升管控效率与精度的核心手段。

2.2.1 构建统一的智慧工地集成管理平台

以BIM模型为核心，集成物联网（IoT）、云计算、移动互联网等技术，搭建一个覆盖“人、机、料、法、环”全要素的智慧工地平台。该平台作为项目管理的“数字驾驶舱”，能够打破各部门、各参建方之间的信息壁垒，实现数据的实时采集、集中存储、智能分析与可视化展示。

2.2.2 施工过程可视化与动态模拟

利用BIM模型进行三维可视化技术交底，取代传统的二维图纸，使一线作业人员能直观、准确地理解复杂的节点构造和施工工艺。针对关键工序，如深基坑开挖、大管径顶管始发/接收、复杂交叉口施工等，进行精细化的4D施工模拟。这不仅能优化工序逻辑，还能提前预判潜在的安全风险点，并据此制定针对性的应急预案^[3]。同时，将交通导改方案在BIM模型中进行动态模拟，可以量化评估不同方案对周边路网通行能力的影响，辅助决策者选择最优疏解路径。

2.2.3 地下管线迁改的全流程在线协同

在智慧工地平台上建立“管线迁改管理”模块。所有已探明的管线信息均在BIM模型中清晰标注。当需要迁

改时,施工单位可在模型中直接规划新的路由,并自动生成迁改方案图。该方案可在线推送至相关管线产权单位进行审核确认,各方可在同一模型上进行批注、讨论和修改,极大地缩短了传统纸质文件来回传递的沟通周期。迁改施工进度也可通过移动端APP实时上传,确保信息同步。

2.2.4 关键风险源的实时监测与智能预警

在深基坑、临近敏感建筑物、高地下水水位区等关键风险部位,布设自动化监测传感器(如测斜仪、水位计、沉降观测点、应力计等)。这些传感器的数据通过无线网络实时传输至智慧工地平台。平台内置的预警算法会对数据进行实时分析,一旦监测值超过预设的安全阈值,系统会立即通过短信、APP推送等方式向项目经理、安全员等相关责任人发出分级预警,并在BIM模型上高亮显示风险位置,确保险情能在第一时间得到响应和处置。

2.3 协同保障:构建多方联动的沟通协调机制

再先进的技术和再完美的方案,若缺乏有效的外部协同,也难以顺利落地。必须建立起一套高效、透明、互信的沟通体系。

2.3.1 建立常态化的多方协调会议制度

由建设单位牵头,成立由设计、施工、监理、主要管线产权单位(水、电、气、通信等)、属地街道办、交警大队、社区居委会等组成的“工程协调推进小组”。该小组应建立周例会或双周例会制度,定期通报工程进展,集中会商解决管线迁改、交通疏解、居民投诉等跨部门、跨领域的问题,形成会议纪要并明确责任分工与时限,确保事事有回音、件件有着落。

2.3.2 制定专项应急预案与桌面推演

针对施工中可能发生的重大风险事件,如挖断高压电缆、燃气泄漏、基坑坍塌等,应联合相关应急管理部门(消防、医疗、公安)共同制定专项应急预案。预案需明确各方的应急职责、响应流程、疏散路线和救援资源^[4]。在工程关键节点施工前,组织相关方进行桌面推演或实战演练,检验预案的可行性和各方的协同配合能力,确保一旦发生险情,能够迅速、有序、高效地开展

应急处置,最大限度减少损失。

2.3.3 强化社区沟通与公众参与

施工扰民是引发社会矛盾的主要根源。项目部应主动作为,变被动应对为主动沟通。在施工围挡上设置醒目的工程公示牌,公开项目概况、施工计划、负责人及投诉电话。设立现场便民服务点,安排专人接待居民来访,耐心解答疑问。对于受施工影响较大的商户和住户,可发放《致市民的一封信》和便民联系卡,建立微信群等线上沟通渠道,及时发布施工动态和降噪、降尘措施落实情况,争取最广泛的公众理解与支持,营造和谐的施工外部环境。

3 结语

市政污水管网工程施工是一项典型的“城市微创手术”,其成功与否,不仅取决于技术本身,更依赖于一套系统、精细、智慧的现场管控体系。本文通过深入剖析施工中面临的地质、管线、交通、环保四大核心难点,提出了一套涵盖“源头化解、过程赋能、协同保障”三个维度的综合管控策略。实践证明,唯有将深化前期工作、拥抱数字技术、强化多方协同三者有机结合,才能有效驾驭复杂的城市地下环境,将施工对城市肌理的扰动降至最低,最终高质量地完成这一功在当代、利在千秋的民生工程。未来,随着人工智能、大数据等技术的进一步成熟,市政管网工程的管控将朝着更加智能、自主的方向发展,为建设韧性、智慧、宜居的现代化城市提供坚实支撑。

参考文献

- [1]邓美庆.市政工程雨污水管网施工的技术要点[J].建材发展导向,2025,23(10):64-66.
- [2]卓连接.市政工程污水管网施工要点及效果分析[J].工程技术研究,2025,10(02):226-228.
- [3]刘建辉.市政工程中的污水管网施工技术研究[J].工程技术研究,2024,9(17):82-84.
- [4]聂丽艳,王振磊,王婧.市政污水管网改造工程施工管理策略探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(27):178-180.