

市政道路管道工程施工技术的应用研究

蒋水均

浙江伟达园林工程有限公司 浙江 杭州 311225

摘要：市政道路管道工程施工技术涵盖开挖与非开挖两大方向。开挖施工中，通过精准地质勘察与支护设计保障沟槽稳定性，结合热熔、橡胶圈密封等工艺确保接口严密性；非开挖技术如水平定向钻进、顶管法等，可高效穿越复杂地层，减少地表破坏。BIM技术实现三维碰撞检测与施工模拟，物联网实时监测沉降位移。应用再生材料与雨水收集系统，强化环保节能效益，保障工程全生命周期质量。

关键词：市政道路管道工程；施工技术；应用

引言：市政道路管道工程作为城市运行的“生命线”，承担着供水、排水、燃气及通信等关键功能。随着城市化进程加速，传统开挖施工面临交通阻断、环境破坏等挑战，非开挖技术、BIM信息化管理及绿色施工理念逐渐成为行业趋势。本研究聚焦管道工程施工技术创新，通过分析传统与新型技术适用场景，结合质量控制与环保要求，探索高效、安全、可持续的施工方案，为提升城市基础设施韧性提供理论支持与实践参考。

1 市政道路管道工程基础理论

1.1 管道工程分类与特点

(1) 按功能可分为给排水管道、燃气管道、电力通信管道等。其中，给排水管道承担城市供水与污水排放功能，需具备耐腐蚀性与密封性，常用球墨铸铁管、PE管等材质；燃气管道输送易燃易爆介质，对管材耐压性和接口严密性要求极高，多采用无缝钢管或聚乙烯燃气管；电力通信管道侧重保护线缆免受外界损伤，通常选用MPP管、CPVC管，且需做好防干扰设计。(2) 地下管道与地上管道施工差异显著。地下管道施工需先进行土方开挖，受地质条件影响大，需做好支护防护，防止坍塌，且管道敷设后需分层回填压实；地上管道多采用支架或架空敷设，施工空间相对开阔，但需考虑交通通行与周边建筑影响，同时要做好防风、防腐等外部防护措施，施工周期通常短于地下管道。

1.2 施工流程与关键环节

(1) 设计阶段是工程核心，需结合城市规划与实际需求进行管网布局，确保管网覆盖性与合理性，同时通过水力计算确定管径，保障管道流量、流速满足使用要求，避免出现拥堵或浪费；还需开展现场勘察，明确地下障碍物位置，减少施工冲突。(2) 施工准备环节需严格执行材料检验，核查管材、管件的质量证明文件，对外观、尺寸及性能进行抽样检测，不合格材料严禁入

场；同时完成设备调试，如挖掘机、起重机、管道焊接设备等，确保设备运行稳定，满足施工精度要求。(3) 开挖与支护需根据土质情况选择合适开挖方式，软土或深基坑区域需采用钢板桩、排桩等支护结构，防止边坡坍塌；管道安装需控制接口质量，采用焊接、热熔连接等方式，确保接口严密无渗漏；回填与压实需分层进行，每层压实度符合设计规范，避免管道后期沉降。

(4) 验收环节需依据国家规范开展水压试验、气密性试验等，检测管道性能；后期维护需定期巡检，及时修复管道破损、堵塞等问题，保障管道长期稳定运行^[1]。

1.3 施工质量控制标准

(1) 需严格遵循国家规范，如《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB50268)、《城镇燃气输配工程施工及验收规范》(CJJ33)等，规范明确了施工各环节技术要求、质量指标与验收标准，是工程质量控制的核心依据。(2) 常见质量问题需重点防控，渗漏多因接口处理不当或管材质量缺陷导致，施工中需加强接口检测与管材筛选；沉降主要源于回填压实度不足，需严格控制回填材料与压实工艺；接口脱落常发生于管道连接不牢固时，需规范连接操作，确保接口强度达标。

2 市政道路管道工程施工关键技术的应用

2.1 传统开挖施工技术

(1) 沟槽开挖与支护需根据开挖深度、土质条件制定方案。浅沟槽可采用放坡开挖，深沟槽或软土地层需选用钢板桩、土钉墙等支护结构：钢板桩通过打入地下形成连续支护墙，兼具挡土与止水作用，适用于地下水位较高区域；土钉墙则通过土钉与土体固结，增强边坡稳定性，成本较低且施工便捷，多用于黏性土或粉土地层，支护过程中需实时监测边坡位移，防止坍塌。(2) 管道安装与接口处理直接影响密封性。塑料管道常用橡胶圈密封连接，安装时需清理接口杂质，确保橡胶圈无

破损,均匀嵌入凹槽,再采用机械牵引或顶推方式对接,保障接口严密;金属管道多采用焊接连接,如燃气管道的氩弧焊打底+电弧焊填充工艺,焊接后需进行无损检测,避免焊缝缺陷导致渗漏,接口处还需做好防腐处理,延长使用寿命。(3)回填材料选择与压实工艺需严格把控。优先选用级配砂石、素土等透水性好、压缩性低的材料,避免使用腐殖土、冻土等不合格材料;压实采用分层回填,每层厚度控制在20-30cm,小型沟槽用蛙式打夯机夯实,大型沟槽用压路机碾压,压实度需达到设计要求(如给排水管道胸腔部位压实度 $\geq 95\%$),防止后期土壤沉降挤压管道^[2]。

2.2 非开挖施工技术

(1)水平定向钻进(HDD)技术通过导向钻具按预设轨迹钻进,形成先导孔后扩孔,再将管道回拖入孔,适用于穿越道路、河流等敏感区域。其核心是导向系统,通过地下探头实时传输钻孔位置数据,确保管道埋深与走向精准,可施工管径范围广(DN50-DN2000),对地表破坏小,施工周期短,但需提前勘察地下管线与地质情况,避免钻孔坍塌或损坏既有设施。(2)顶管法施工流程分为工作井与接收井开挖、顶管设备安装、管道顶进三步:借助千斤顶等顶推设备,将管道从工作井逐步顶入土层,直至接收井。优势在于无需大面积开挖,适用于城市核心区或复杂地层,可实现长距离顶进(单次顶进可达数百米),且对周边交通、环境影响小;但施工前期准备工作量大,需精准计算顶推力,防止管道偏移或管节损坏。(3)微型隧道掘进技术(Microtunnelling)采用专用隧道掘进机(MTBM)进行自动化施工,适用于小口径管道(DN300-DN2000)。设备集成挖掘、排土、管片拼装等功能,通过远程控制系统实时调整掘进参数,施工精度高(轴线偏差 $\leq 50\text{mm}$),且无需人工进入隧道作业,安全性强;多用于雨水、污水管道施工,尤其适合地质条件复杂、对施工精度要求高的项目。

2.3 BIM与信息化施工管理

(1)BIM技术通过构建三维管道模型,可提前进行碰撞检测,排查管网与地下管线、建筑物基础的空间冲突,优化管网布局;在施工模拟中,能模拟开挖、安装等全过程,预判施工难点,制定合理施工方案,如复杂交叉口管道安装顺序优化,减少现场返工。此外,BIM模型还可关联材料、进度等数据,实现施工全过程可视化管理。(2)物联网(IoT)实时监测系统通过在沟槽边坡、管道接口等关键部位布设传感器,实时采集沉降、位移、渗漏等数据,传输至管理平台。当数据超出预警

值时,系统自动报警,便于管理人员及时采取加固、修补等措施,如监测到沟槽边坡位移超标,可立即增加支护力度,避免事故扩大;同时可远程监控施工设备运行状态,提高设备利用率。(3)数字化施工档案管理将设计图纸、施工记录、检测报告等资料转化为电子档案,存储于云端平台。档案可按施工阶段、分项工程分类管理,支持快速检索与共享,避免纸质档案丢失或损坏;同时可关联BIM模型,实现“模型-档案”双向查询,方便后期维护时追溯管道施工信息,如查询某段管道的焊接检测报告,提升运维效率^[3]。

2.4 环保与节能技术应用

(1)再生材料在管道工程中应用广泛,如再生混凝土用于沟槽回填或检查井砌筑,其由建筑垃圾破碎筛分制成,性能满足设计要求,可减少天然砂石开采与垃圾填埋量;再生塑料管道以废旧塑料为原料加工而成,具备良好的耐腐蚀性与抗压性,适用于排水管道,降低资源消耗,符合循环经济理念。(2)雨水收集与海绵城市理念结合,在管道工程施工中同步建设雨水渗透沟、蓄水池等设施,通过透水铺装、渗透管道等将雨水引入地下或收集利用。如在道路两侧铺设渗透式雨水管道,雨水经管道过滤后渗入土壤,补充地下水,减少城市内涝,同时降低雨水管网排水压力,实现水资源循环利用^[4]。(3)施工降噪与粉尘控制技术通过多措施减少环境影响:选用低噪声设备(如静音破碎机),在施工区域设置隔声屏障;粉尘控制采用雾炮机喷雾降尘、施工便道洒水硬化、渣土车辆密闭运输等方式,确保施工场界噪声与粉尘浓度符合国家标准(如噪声 $\leq 70\text{dB}$,PM10 $\leq 0.5\text{mg}/\text{m}^3$),减少对周边居民生活的干扰。

3 市政道路管道工程施工质量控制与优化

3.1 质量影响因素分析

(1)地质条件是基础影响因素:软土地层易导致沟槽坍塌、管道沉降,需加强支护与回填压实;岩质地层则增加开挖难度,可能造成管道接口受力不均;地下水位较高时,若未做好降水处理,易引发管基浸泡、管材锈蚀。(2)气候因素直接干扰施工:雨季施工易导致沟槽积水、土壤含水率超标,影响回填压实度;高温天气会加速管材老化,如PE管受热易变形,需做好防晒措施;冬季低温可能导致混凝土管接口砂浆冻结开裂,需采取保温养护。(3)人为操作是关键变量:施工人员技术水平不足可能导致接口连接不规范、测量放线偏差;管理人员质量意识薄弱易造成材料检验疏漏、施工流程简化;施工组织不当(如交叉作业协调差)可能引发管线碰撞,影响工程质量。

3.2 质量控制技术措施

(1) 原材料检测需覆盖管材关键性能, 管材强度检测通过压力试验(如给水管道水压试验)验证其耐压能力, 确保在设计压力下无破裂、渗漏; 密封性检测采用气密性试验(如燃气管道)或闭水试验(如排水管道), 检查接口与管材本身的密封效果, 检测不合格的管材、管件需立即退场, 严禁用于工程。(2) 施工过程监控需重点关注关键环节: 沉降观测通过布设沉降观测点, 定期测量沟槽边坡、管道顶部的沉降数据, 若沉降量超出规范允许值(如道路下管道沉降 $\leq 30\text{mm}$), 需及时采取加固措施; 压力试验在管道安装完成后进行, 给水管道需进行强度试验(试验压力为设计压力的1.5倍)和严密性试验(试验压力为设计压力的1.25倍), 燃气管道需进行强度试验(设计压力 $\leq 0.8\text{MPa}$ 时, 试验压力为设计压力的1.5倍)和严密性试验(试验压力为设计压力的1.15倍), 确保管道运行安全。(3) 成品保护需采取针对性措施, 管道安装后避免重型机械碾压, 沟槽回填时在管道顶部铺设缓冲层(如砂石层); 验收严格遵循国家规范, 如《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB50268), 检查管道轴线位置(偏差 $\leq 15\text{mm}$)、高程(偏差 $\leq \pm 20\text{mm}$)、接口质量等, 验收合格后方可进入下一工序, 未达标的需整改至合格^[5]。

3.3 常见问题与解决方案

(1) 管道偏移预防需在施工前复核测量控制点, 安装过程中采用全站仪实时校准管道轴线与高程, 确保每节管道安装偏差在允许范围内; 渗漏预防需加强接口处理, 橡胶圈接口需清理接口杂质、确保橡胶圈完好且安装到位, 焊接接口需规范焊接工艺并进行无损检测; 接口断裂预防需选用合格管材, 避免管材因材质缺陷导致

脆性断裂, 同时控制回填压实度, 防止不均匀沉降拉裂接口。(2) 塌方应急处理预案: 若沟槽发生塌方, 立即停止施工, 疏散现场人员, 采用沙袋堆砌或钢板桩加固塌方区域, 防止坍塌扩大; 若塌方导致管道损坏, 需清理坍塌土体后修复或更换管道, 修复完成后重新检测。管线冲突应急处理预案: 施工中发现与既有管线冲突, 立即停止作业, 联系产权单位确认管线位置与功能, 共同制定调整方案, 如重新设计管道路由或采用非开挖技术穿越既有管线, 调整后需复核管线位置, 确保无二次冲突。

结束语

市政道路管道工程施工技术的创新与应用是推动城市基础设施高质量发展的关键。通过传统开挖工艺的精细化管控与非开挖技术的突破性发展, 结合BIM、物联网等信息化手段, 工程效率与安全性显著提升。同时, 再生材料应用与雨水资源化实践彰显了绿色施工理念。未来, 需进一步强化技术集成与标准化管理, 以应对复杂地质条件与环保需求, 为构建智慧、韧性城市提供坚实保障。

参考文献

- [1] 魏洪禄. 市政道路给排水管道施工的常见问题及预防措施研究[J]. 四川水泥, 2020, (03): 95-96.
- [2] 丁寅佳, 徐鑫. 市政道路工程中排水管道施工管理与技术要点分析[J]. 居舍, 2020, (34): 73-75.
- [3] 刘锋. 市政道路工程污水管道施工技术应用[J]. 中华传奇, 2022, (24): 58-59.
- [4] 徐培桢. 市政道路工程排水管道预防渗漏施工技术研究[J]. 中国房地产业, 2021, (05): 152-153.
- [5] 韩庆达. 市政工程道路排水管道施工技术的重点研究[J]. 装备维修技术, 2021, (26): 61-62.