

市政道路施工中的地下管道施工要点探讨

文 / 邵 军 淮南市建发市政工程有限公司

摘要：为解决市政道路地下管道施工中存在的管线碰撞、地基沉降等技术难题，以某城市新区主干道工程为例，对地下管道施工全过程关键技术要点展开系统研究。研究提出施工图纸与地质勘察精准对接、三维评估体系指导施工方案制定、全过程质量控制体系构建等系列技术措施，形成从前期准备到后期维护的完整解决方案。重点阐述沟槽支护、管道接口处理等施工工艺参数，以及多专业协同管理、环境保护等现场管理方法。研究成果在多个实际工程中验证了技术可行性，管道安装合格率达到 97.3%，为类似市政管道工程提供了可复用的技术参考。

关键词：市政道路；地下管道；施工技术；质量控制；安全管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.18.068

引言

当前新型城镇化建设持续推进，市政道路地下管网系统面临更高标准的质量要求。地下管道施工涉及多专业交叉、环境复杂等特点，传统施工方法已难以满足现代城市建设的精细化需求。研究聚焦市政道路地下管道施工全过程，重点解决地质勘察与设计脱节、施工工艺标准化不足等突出问题。以某城市新区主干道工程为实证案例，系统分析从前期规划到后期运维的关键技术节点。研究成果对于提升城市地下管网建设质量、保障城市安全运行具有重要实践价值。

一、施工前期准备与规划

（一）施工图纸与地质勘察的精准对接

地下管道施工的核心前提在于实现设计图纸与现场地质条件的无缝衔接。传统施工中常见的管线碰撞、地基沉降等问题，往往源于勘察数据与图纸设计的脱节。某城市新区主干道施工案例显示，通过采用三维地质雷达扫描技术，勘察团队精准定位了地下 2.5 米处的古河道沉积带，设计方据此将原定 1.8 米的管道埋深调整为 2.8 米，避免了后期地基不均匀沉降风险。这种数据联动机制要求勘察单位不仅提供常规的土层承载力报告，还需标注地下水位季节性波动范围、流沙层分布厚度等动态参数。图纸审核阶段需建立由地质工程师、结构设计师、施工方三方参与的会签制度，重点核查管道基础处理方式与地质剖面图的匹配度，例如软土区是否标注了碎石换填要求，岩层区是否设计了爆破开挖预案。施工方在图纸会审阶段需完成两项关键转化：一是将设计标高转化为现场测量控制网，利用全站仪在作业面外设置永久性基准点，避免后续机械操作破坏临时放线标记；二是将管道平面位置图转化为地下障碍物排查清单，特别是对 20 世纪 80 年代前建设的无档案管线，必须采用电磁探测仪进行补充定位。某老城区改造项目中，施工团队通过对比 1983 年市政档案与热力管线探测结果，发现了 3 处图纸未标注的铸铁蒸汽管道，及时调整了新建污水管的水平避让距离。这种精细化对接能够将设计阶段的毫米级误差控制在施工允许的 5 厘米偏差范围内。

（二）施工方案的科学制定

管道施工方案的决策树应包含技术可行性、环境影响、成本控制三维评估。在技术层面，明挖法与顶管法的选择不能仅凭管径大小简单判定，需综合考量路面交通荷载、周边建筑物基础形式及地下空间利用率。例如在跨越地铁隧道的段落，即使 DN2000 雨水管具备明挖条件，也需采用微型盾构工艺控制地表沉降，其施工参数需根据隧道监测数据动态调整，将日沉降量控制在 0.3 毫米警戒值以内。某省会城市下穿高铁枢纽区工程中，施工方通过注入膨润土泥浆平衡掌子面压力，将顶进轴线偏差成功控制在设计允许的 1.5‰ 范围内。环境控制指标必须量化到具体工艺环节，如非开挖施工的泥浆配比需满足 pH 值 7-9、含砂率 < 5% 的环保标准，噪声敏感区的破碎作业应限定在昼间 62 分贝以下。成本模型则需纳入隐性风险因素，例如在膨胀土地区，常规的 10% 不可预见费比例应提升至 15%，以覆盖可能的基底二次处理费用^[1]。某丘陵城市施工组织设计显示，通过 BIM 技术模拟管道安装顺序，优化了大型吊装设备的进场路线，将原本需要 3 次转场的 HDPE 管焊接（见图一）作业压缩至 1 次完成，机械台班费用降低 22%。这种方案比选过程应形成包含 20 项量化指标的评估矩阵，涵盖从沟槽支护刚度验算到回填土压实度检测的全流程控制节点。施工段划分需要突破传统的等距分段模式，转而依据地下障碍物密度、交通疏导难度等实际约束条件进行动态分区。



图一：HDPE 管焊接

二、地下管道施工技术控制

(一) 沟槽开挖与支护措施

沟槽开挖的精度直接影响管道安装质量及后期运行安全。在粉质黏土地层中,开挖边坡坡度通常控制在1:0.67至1:1之间,而砂性土或回填土区域需加大放坡比例或采用分级台阶式开挖,避免塌方风险。某滨海城市道路施工案例表明,在地下水位较高的流砂层区,采用轻型井点降水结合钢板桩支护的方案,使沟槽稳定性提升40%,日均沉降量控制在3mm以内。支护结构的选择需依据土层力学参数进行验算,例如在深度超过5m的沟槽中,拉森IV型钢板桩的嵌固深度应不小于1.2倍开挖深度,并设置两道内支撑,水平间距不超过2m。施工过程中需实时监测边坡位移,采用全站仪或测斜仪采集数据,当日变形量超过预警值(如黏土层5mm、砂土层10mm)时,应立即暂停开挖并采取注浆加固或增加支撑等措施。对于临近建筑物的敏感区域,可采用微型桩+土钉墙的复合支护体系,某老城区改造项目通过该技术将周边房屋沉降控制在8mm以内,远低于15mm的允许标准。回填阶段同样影响管道长期稳定性,胸腔部位应采用中粗砂分层夯实,每层虚铺厚度不超过30cm,压实度不低于95%,而管顶50cm范围内禁止使用重型压路机,改用平板夯逐层压实。

(二) 管道安装与接口处理

管道安装的核心在于确保轴线平直度与接口密封性。HDPE双壁波纹管采用承插连接时,需使用橡胶圈密封并涂抹食品级硅脂润滑剂,插入深度应标记在管端外壁,避免过深导致应力集中或过浅引发渗漏。某工业园区污水管工程中,施工方通过激光对中仪控制管道轴线,使300米直线段的中心偏差仅2.3cm,达到0.8%的高精度标准。对于球墨铸铁管,安装前需用钢丝刷清理承口内的沥青涂层,采用T型滑入式接口时,插入后需用塞尺检查橡胶圈压缩均匀性,确保各点间隙差小于1mm。接口处理工艺因材料而异:钢筋混凝土管采用钢丝网水泥砂浆抹带时,需先在接缝处凿毛并刷界面剂,抹带厚度控制在15-20mm,养护期不少于7天;PVC-U管热熔连接则需精确控制加热温度(260±5℃)和承插时间(夏季4秒、冬季6秒)。压力管道安装后必须进行水压试验,试验压力为工作压力的1.5倍,稳压30分钟压降不超过0.05MPa为合格^[2]。某给水管网改造项目通过分区试压,发现3处因橡胶圈扭曲导致的微渗漏,经重新安装后漏水量从12L/min降至0.5L/min以下。特殊地段还需考虑柔性接口的抗震性能,例如在地震设防烈度7度区,钢管焊接接头需加装不锈钢波纹补偿器,轴向补偿量不小于10mm。

三、施工质量与安全保障

(一) 质量控制体系构建

地下管道施工质量控制需建立全过程、多层次的监

管体系。在材料进场环节,HDPE管材必须查验原料检测报告,实测壁厚偏差不得超过±0.2mm,同时进行5%抽样液压试验,保持试验压力为1.5倍工作压力并持续1小时无渗漏。某市污水管网工程通过引入第三方检测机构,将管材合格率从供应商自检报告的98%修正为实际91%,及时拦截3批次不合格产品。施工过程质量控制重点包括沟槽验收、管道安装和回填检测三个关键节点,每个节点设置“班组自检-项目部复检-监理终检”三级检查制度。数字化技术为质量管控提供新手段,某新区采用BIM+GIS系统建立管道施工数字孪生模型,通过移动终端实时上传混凝土浇筑温度、管道轴线偏差等数据,系统自动比对设计参数并触发预警。回填土压实度检测采用智能环刀法,每50米布设一个检测点,通过压力传感器直接传输数据至监控平台,避免人为篡改检测结果。竣工阶段实施闭路电视检测(CCTV),管道内壁裂缝宽度超过3mm或接口错位超过5%管径的必须返工处理。这种闭环管理使某工程竣工验收一次合格率提升至97.3%,较传统方法提高12个百分点。

(二) 安全管理机制落实

地下管道施工安全风险主要集中在有限空间作业、机械伤害和地下管线破坏三个方面。针对管径小于1.2米的受限空间,必须严格执行“先通风、再检测、后作业”流程,配备四合一气体检测仪实时监测氧气、硫化氢、一氧化碳和可燃气体浓度。某工程事故分析显示,80%的井下窒息事故发生在未进行强制通风的应急抢修作业中。大型机械操作实行“一人一机”监护制度,挖掘机作业半径内设置电子围栏,人员闯入时自动切断液压系统。临近既有管线的施工区域采用“三色”标识管理:红色区域为管线正上方1米范围,严禁机械开挖;黄色区域为管线两侧各3米范围,允许人工探挖;绿色区域为安全作业区。某燃气管道泄漏事故后,施工单位升级定位技术,将金属管线探测仪与BIM模型联动,使地下管线平面定位误差控制在±5cm内。应急预案演练需结合工程特点,如顶管施工专项预案必须包含掌子面坍塌、泥水平衡失效等场景的处置流程,每季度组织带负荷演练,确保应急物资储备满足72小时连续抢险需求。通过构建“风险辨识-过程控制-应急处置”三道防线,某重点项目实现连续安全生产1200天。

四、施工协调与环境适应

(一) 多专业协同与交叉施工管理

地下管道施工需要与道路路基、电力管廊、绿化工程等形成动态配合机制。在施工时序安排上,遵循“先深后浅、先主后次”原则,将雨污水主干管施工安排在路基处理前完成,避免后期开挖破坏已成型路基。某城市综合管廊项目中,通过BIM技术建立四维进度模型,精准定位给水管与通信管交叉节点27处,提前调整管线

标高,减少设计变更8次。交叉作业区实施“时空分隔”管理,电力管道焊接与燃气管道铺设错开至少15米安全距离,时间间隔不少于4小时。建立联合调度中心是解决协同难题的有效方案。某新区建设项目采用智能调度平台,集成各专业施工进度数据,当给水管道的安装滞后影响道路水稳层施工时,系统自动推送预警并重新调配施工机械。每日召开15分钟现场协调会,重点解决管位冲突、施工面交接等问题,会议决议纳入电子施工日志实时共享。针对突发情况制定“中断-评估-调整”响应流程,如遇地质异常导致顶管施工暂停,2小时内必须完成对相邻电力管沟施工的影响评估并调整进度计划^[3]。

(二) 环境保护与文明施工

地下管道施工的环境控制需聚焦扬尘治理、噪声控制和泥浆处置三个关键环节。开挖作业面采用移动式雾炮机组网覆盖,PM10实时监测值超过 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时自动启动强化降尘模式。某市中心城区项目创新使用高分子抑尘剂,在裸露土体表面形成固化层,使扬尘浓度下降65%。噪声敏感时段(6:00-8:00、12:00-14:00、22:00-6:00)禁用冲击夯等高分贝设备,破碎作业区设置4米高隔音屏障,确保边界噪声昼间 $\leq 70\text{dB}$ 、夜间 $\leq 55\text{dB}$ 。非开挖施工产生的泥浆实施“三级沉淀+机械脱水”处理,脱水后泥饼含水率控制在40%以下,运至指定消纳场所。某河道穿越工程配置泥浆处理车,实现现场泥水分离,日均减少泥浆外运量30立方米。文明施工要求细化到材料堆放环节,管材垫木间距不超过1.5米,HDPE管材露天存放时覆盖防紫外线篷布,避免材料老化。施工围挡设置自动喷淋系统,结合当地文化特色设计公益广告,既满足防尘要求又提升市容形象。通过建立“日巡查、周考评”制度,将环保指标与班组绩效挂钩,某项目连续6个月获得市级文明工地称号。

五、竣工验收与后期维护

(一) 竣工验收标准执行

地下管道工程验收采用“三阶段四维度”检测体系,即隐蔽工程验收、分段压力试验和整体功能性检测三个阶段,覆盖结构安全、水力性能、接口质量和附属设施四个维度。压力管道必须进行强度试验和严密性试验,给水管网试验压力为工作压力的1.5倍,保持30分钟降压不超过 0.05MPa 。某市供水管网改造工程中,采用声波检漏仪对全长12公里的管道进行24小时监测,发现3处微渗漏点并及时修补,使管网漏损率从验收初检的8.3%降至1.2%。非开挖施工段验收增加特殊检测项目,顶管工程需进行激光陀螺仪轨迹测量,轴线偏差超过管径15%的管段必须返工^[4]。CCTV检测严格执行《城镇排水管道检测与评估技术规程》,管道结构性缺陷按裂缝宽度、错口程度等指标分为四个等级,III级及以上缺陷

必须进行修复处理。某污水处理厂配套管网工程通过QV管道检测发现两处接口橡胶圈位移缺陷,采用不锈钢快速锁修复技术在不破路情况下完成整治,节省维修费用35万元。

(二) 运维衔接与长效管理

工程移交阶段建立“双档案”制度,纸质档案包含材料检测报告、隐蔽工程影像资料等法定文件,数字档案则集成BIM模型、传感器布设点位等智能运维数据。某智慧水务试点项目为每段管道设置电子身份证,扫码即可查看管材参数、施工单位和保修期限等信息。运维单位提前三个月介入,参与最后三次月度质量检查,熟悉管线走向和关键节点,这种“建管衔接”模式使某园区管网运维故障响应时间缩短60%。长效管理机制重点监控管道沉降和腐蚀状况,在软土地基段布设光纤沉降监测系统,当年沉降量超过10mm时触发预警。金属管道每三年进行一次管壁厚度检测,采用超声波测厚仪在阀门井、转弯处等关键部位取点测量,腐蚀速率超过 $0.3\text{mm}/\text{年}$ 的管段纳入优先改造计划。某燃气公司建立管道健康度评价模型,综合管龄、腐蚀数据、运行压力等12项参数,实现风险管段精准定位,使预防性维护占比从30%提升至75%,大幅降低突发爆管事故率。

结语

市政道路地下管道施工质量直接关系到城市基础设施运行安全与使用寿命。研究系统梳理了从勘察设计到运维管理的全周期技术要点,特别强调地质数据与施工图纸的匹配性验证、施工方案的量化评估以及数字化质量管控手段的应用价值。实际工程案例表明,采用标准化施工工艺配合智能化监测技术,能够有效控制管道安装偏差在5厘米以内,将管网渗漏率降低至1.2%以下。研究成果为提升地下管道施工质量提供了技术支撑,建议在后续工程中推广应用BIM协同管理平台和管道健康度评价模型,进一步强化市政管网的长期服役性能。施工企业应当重视技术交底与人员培训,确保各项技术措施落实到位。

参考文献

- [1] 路鹏. 市政道路排水管道施工关键技术分析[J]. 工程建设与设计, 2025, (07): 248-250.
- [2] 林毅. 市政道路施工质量影响因素及控制措施探讨[J]. 中国住宅设施, 2025, (01): 73-75.
- [3] 熊文. 市政工程道路排水管道施工技术要点分析[J]. 散装水泥, 2024, (06): 53-55.
- [4] 张耀辉. 浅谈市政工程道路排水管道施工技术要点[J]. 居业, 2024, (11): 58-60.

作者简介: 邵军(1987.12),男,汉族,安徽长丰人,一级建造师,本科学历,主要从事市政工程施工。