

市政施工中地下管线施工技术分析

孔祥丞

新疆兵团城建集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：地下管线是城市市政工程的核心基础设施，其施工质量直接关乎城市运行安全与居民生活品质。本文梳理市政地下管线的分类与施工特征，阐述施工前期准备工作与技术应用原则，重点剖析明挖法、非开挖法等核心施工技术，总结施工中定位偏差、管线渗漏等常见问题，提出智能化施工、工艺优化及全程管控等优化对策，同时展望行业智能化、绿色化发展趋势，为市政管线施工提质增效提供参考。

关键词：市政施工；地下管线；施工技术

引言：城市化建设进程持续加快，城市管网系统日趋复杂，地下管线施工成为市政工程建设的关键环节。城市施工场地受限、管线分布交错、地质环境复杂等因素，大幅提升了管线施工的难度，极易引发管线破损、地面沉降等工程问题。为保障市政管线施工质量与施工安全，规避各类施工风险，本文结合市政施工实际情况，系统探究地下管线核心施工技术，剖析现存施工问题并制定优化方案，助力提升城市市政管网建设水平。

1 市政地下管线施工基础概述

1.1 地下管线分类及施工特点

(1) 管线分类：按功能划分为给排水管线、燃气管线、电力管线、通信管线等，各类管线服务城市运行的不同系统，功能与运行参数差异明显；按材质划分为钢管、混凝土管、PE管、铸铁管等，不同材质在强度、耐腐蚀性、柔韧性及使用寿命等方面各有优劣，直接影响施工工艺选择与验收标准。(2) 施工特点：施工场地多位于城市道路、居民区等人口密集区域，施工空间严重受限，大型机械作业困难；地下管线分布错综复杂，交叉施工、新旧管线叠加情况普遍，施工干扰因素多；施工质量受地质条件、地下水位、天气变化等环境影响大，对沟槽开挖精度、管线接口质量及安全防护措施要求极高，整体施工难度较大。

1.2 施工前期准备工作

(1) 现场勘察与资料收集：通过地质钻探、地下雷达探测等技术手段，精准掌握施工区域地质结构、地下水位及既有管线分布情况；系统收集原有管线竣工图纸、市政规划资料及周边建筑基础信息，全面识别潜在施工冲突点，为后续设计与施工提供可靠依据。(2) 施工方案编制与优化：结合现场实际工况、管线类型及施

工规范要求，编制涵盖开挖支护、管线安装、接口处理等环节的专项施工方案；运用三维建模技术模拟施工全流程，优化沟槽支护参数、土方开挖工序及管道安装顺序，确保方案的科学性与可操作性^[1]。(3) 设备与材料筹备：根据施工方案合理配置挖掘机、顶管设备、检测仪器等施工机具；严格筛选管材、接口配件等原材料，进场前完成质量检验与性能测试，确保设备材料满足施工标准要求。

1.3 施工技术应用原则

(1) 安全优先原则：施工全过程严格落实管线保护、基坑支护、通风防爆及临边防护等安全措施，建立动态监测机制，及时预警并处置安全隐患，坚决杜绝管线破损、基坑坍塌、有毒气体泄漏等安全事故。(2) 质量可控原则：严格遵循国家及行业市政施工规范，针对沟槽开挖、管道安装、回填压实等关键工序实施全过程质量控制，建立质量追溯机制，确保每道工序有检验、有记录、可追溯。(3) 高效环保原则：因地制宜选择顶管、定向钻等非开挖施工技术，最大限度减少土方开挖与地表破坏；采取围挡降噪、洒水抑尘等措施降低施工噪音与扬尘污染；合理压缩施工工期，减少对城市交通及居民正常生活的影响。

2 市政施工地下管线核心施工技术分析

2.1 明挖法施工技术

(1) 测量放线与沟槽开挖：依托全站仪、GPS等高精度测量仪器精准定位管线铺设中心线及边线位置，设置稳固的控制桩与高程基准点。严格控制沟槽开挖深度与宽度，遵循分层、分段开挖原则。明确区分人工开挖与机械开挖的适用场景：一般土质采用机械开挖提高效率，临近既有管线及槽底以上30cm范围内采用人工开

挖,避免机械碰撞损伤既有管线或超挖扰动地基。(2)沟槽支护与地基处理:针对深度超过5m的深沟槽,采用钢板桩、槽钢围檩加内支撑等组合支护方式,确保沟槽侧壁稳定,防止坍塌事故。根据地质勘察报告,针对软弱地基实施碎石换填、灰土夯实或水泥土搅拌等加固处理,提高地基承载力,从源头避免管线投入使用后发生不均匀沉降导致接口断裂或管线变形。(3)管线铺设与接口施工:规范化组织管线吊装、运输与就位流程,吊装作业设专人指挥,选用合适吊具避免管材受损。铺设过程中采用经纬仪与水准仪动态调整管线轴线偏差与坡度,确保安装精度满足设计要求。严格把控各类接口施工工艺——钢管采用焊接并执行无损检测,PE管采用热熔或电熔连接,铸铁管采用橡胶圈柔性接口,混凝土管采用水泥砂浆抹带或橡胶圈接口,杜绝接口渗漏、错位等质量缺陷^[2]。(4)沟槽回填与压实:在管线隐蔽工程验收合格后,及时组织分层回填作业。回填材料严格按设计要求选用,沟槽两侧同步对称回填,高差不超过30cm。每层虚铺厚度控制在20~25cm,采用小型压实机具与大型压路机结合碾压,每层完成后现场检测压实度,确保达到设计规范标准,防止后期地面沉降对管线造成损坏。

2.2 非开挖施工技术

(1)顶管施工技术:适用于穿越城市道路、铁路、河流及密集建筑物下方的管线铺设工程。重点分析泥水平衡与土压平衡两种顶管工艺的适用范围——泥水平衡适用于地下水丰富、透水性强的砂层地质,通过泥浆循环平衡正面土压并携带渣土外排;土压平衡适用于粘性土层,通过螺旋输送机控制出土量维持开挖面稳定。施工过程中需精确控制顶进轴线偏差、顶力变化及注浆减阻参数,及时纠偏调整,同步做好周边土体变形监测,保护邻近管线与建构筑物安全^[3]。(2)盾构施工技术:主要应用于大口径、长距离的深层地下管线工程。系统阐述盾构掘进姿态控制、预制混凝土管片机械化拼装及壁后同步注浆三大核心工艺环节。掘进过程中严格把控推进速度、刀盘转速及土仓压力,确保开挖面稳定;管片拼装控制错台量与接缝密封性;同步注浆及时填充盾尾空隙,控制地层沉降,保障施工全过程的稳定性与安全性。(3)管线修复非开挖技术:针对老旧管线破损渗漏、腐蚀老化等问题,重点介绍原位固化内衬修复技术,通过翻转或拉入浸渍树脂的软管衬入旧管,加热固化形成高强内衬层;以及不锈钢快速锁点状修复技术,在破损点位安装胀环或短管内衬实现局部加固。此类技术避免大面积开挖路面,显著缩短修复周期,降低改造

施工成本与交通干扰。

2.3 特殊工况施工技术要点

(1)交叉管线施工:针对多类型管线(电力、燃气、给排水等)交叉重叠区域的施工,首要开展详尽的管线探测与权属单位现场交底。优化施工顺序,原则上先深后浅、先主管后支管。对需保留的既有管线采取悬吊保护、钢套管隔离或支撑加固等措施,施工期间加密沉降与位移监测频率,严禁重型机械直接碾压跨越,最大限度避免施工活动对既有管线造成扰动损伤。(2)复杂地质施工:针对软土、流砂、高地下水位等复杂地质条件,综合采取井点降水、深井降水措施降低地下水位至槽底以下50cm;对软弱地基实施高压旋喷桩、注浆加固等超前加固处理;在流砂层中可辅助采用板桩密封或化学注浆止水,有效防范沟槽坍塌、管线上浮或侧向偏移等工程风险^[4]。(3)城区密集区域施工:在城市中心区、商业街区及居民聚集区施工时,合理压缩施工围挡范围,优化材料堆场与运输路线布局。优先选用小型化、低噪音、低振动的施工设备,合理安排作业时段,严格执行围挡全封闭、洒水降尘、出入车辆冲洗等环保措施。施工前公示施工计划与交通疏导方案,加强与周边社区沟通协调,保障城区施工有序、和谐推进。

3 市政施工常见问题与技术优化对策

3.1 管线施工常见技术与质量问题

(1)管线定位偏差问题:因前期勘察精度不足、测量控制点布设不合理或数据传递误差,导致管线实际铺设位置、标高与设计图纸偏离。偏差积累将直接影响管线与检查井的准确对接,造成后期运维中检修困难,严重时需返工开挖调整,增加工程成本与工期压力。(2)施工破损与渗漏问题:明挖法施工中机械开挖碰撞、支护结构挤压,以及顶管施工中顶进参数失控,均易造成邻近既有管线破损,引发燃气泄漏、供水爆管等次生灾害。与此同时,管线接口施工中焊接质量不达标、橡胶圈安装偏位、粘接面处理不当等操作缺陷,为后续运行埋下渗水、漏气的长期隐患。(3)沟槽与回填质量问题:沟槽支护方案设计不合理或支撑安装不及时,极易引发侧壁坍塌,威胁作业人员安全。回填作业中一次性堆填过高、压实遍数不足或回填材料含大粒径石块,导致回填密实度不达标,工后地面发生明显不均匀沉降,进而造成浅埋管线弯曲变形甚至断裂损坏。(4)新旧管线衔接问题:市政管网改造中,新建管线需与年代不同、材质各异(如铸铁管接PE管、混凝土管接钢管)的既有管线连通,因管径规格差异、接口形式不匹配、基础处理标准不统一,衔接部位易出现偏心错口、密封失

效等问题,整体适配性与耐久性难以保证。

3.2 施工技术优化措施

(1) 精准勘察与智能化定位优化:采用三维地质雷达、管线探测仪及孔内成像等技术开展全方位、立体化勘察,全面查明地下管线分布与属性信息。在此基础上,引入 BIM 技术建立施工区域三维管线信息模型,进行碰撞检测与施工模拟,科学优化管线平面与竖向布局,从设计源头规避空间冲突,显著提升管线定位与施工放样精度。(2) 核心施工工艺优化:系统规范明挖与非开挖各工序操作流程,针对沟槽支护制定量化安装验收标准,细化管道接口从清理、对口到固化养护的全过程工艺参数。针对给水、排水、燃气、电力等不同类型管线的结构特性与功能需求,分别定制差异化施工技术措施——压力管道侧重接口严密性,重力流管道侧重坡度精准控制,燃气管道侧重焊接质量与防泄漏检测,确保工艺方案与管线特性精准匹配^[5]。(3) 新旧管线衔接技术优化:统一制定新旧管线衔接专项作业指导书,明确不同材质组合下的标准做法。依据管径差与材质差异选用专用转换接头、哈夫节或法兰短管等适配配件,杜绝强行对接。衔接完成后在连接部位增设混凝土支墩或管箍加固,并采取双组分密封胶、遇水膨胀止水条等进行多重密封处理,提升新旧管线过渡段的整体结构稳定性与密封可靠性。

3.3 施工质量与安全管控对策

(1) 建立全过程质量管控体系:开工前落实分级技术交底制度,确保图纸、规范、工艺逐级传达到一线作业人员。施工过程中质检人员实施动态巡检,重点工序(沟槽验收、管线安装、接口处理、回填压实)实行监理旁站与举牌验收制。施工结束后组织开展闭水试验、闭气试验、CCTV 内窥检测等验收检测,确保各环节质量受控、全程可追溯。(2) 强化安全防护与风险防控:施工现场配齐配全标准化安全防护设施,包括临边防护栏杆、安全梯笼、通风及有毒气体监测报警设备。定期组织施工人员开展安全技能培训与基坑坍塌、管线泄漏等专项应急演练,增强全员安全意识和应急处置能力。针对深基坑开挖、顶管穿越等高风险工序,编制专项应急预案,备足应急抢险物资,确保突发事件能够快速有

效响应。(3) 引入智能化监测技术:在沟槽周边、既有管线及邻近建筑体上布设位移、沉降、土压及地下水位等各类传感器,搭建数据自动采集与无线传输的实时监测预警平台。通过对监测数据的动态分析与趋势预判,即时识别施工安全隐患,实现从“事后处置”向“事前预警”的转变,为施工决策提供可靠数据支撑。

3.4 施工技术发展展望

(1) 智能化施工技术普及:随着 BIM 技术深度应用、物联网传感网络全覆盖以及自动化掘进与管片拼装设备的推广,地下管线施工将加速向数字化交付、精准化作业、智能化决策的方向演进,实现施工过程自感知、自分析、自调整的闭环管理。(2) 绿色施工技术升级:高性能耐腐蚀环保管材的推广应用,配合微型隧道、水平定向钻等低扰动非开挖技术的持续创新,将最大程度减少市政施工对城市生态与地表环境的干扰,推动管线建设全面走向低碳减排、环境友好、资源节约的绿色建造模式。

结束语

综上所述,市政地下管线施工具有复杂性、风险性、系统性的特点,施工技术的规范应用与优化升级是保障工程质量的核心。本文详细梳理了主流施工技术要点,分析了施工全过程的质量安全问题并提出针对性管控对策。未来需依托智能化、绿色化技术持续革新施工工艺,完善全过程管控体系,有效解决城区管线施工难题,推动城市地下管网工程高质量、可持续发展。

参考文献

- [1] 赵运,胡健健,郭伟河,陈勇杰.不良地质下穿越既有管线顶管施工技术应用[J].广州建筑,2024,52(02):53-56.
- [2] 宋成光.市政给排水管道开槽施工与沟槽支护技术研究[J].全面腐蚀控制,2026,40(03):96-98.
- [3] 叶舟.基坑开挖临近大型地下管线悬吊保护施工技术[J].广州建筑,2023,51(04):45-48.
- [4] 张强.市政工程道路施工中地下管线施工技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2022,16(23):139-141.
- [5] 于忠波,江鹏.市政施工中地下管线施工技术的应用分析[J].中国建筑装饰装修,2022,20(01):112-116.