

市政工程施工中地下管线施工技术分析

张鑫

沧州市市政工程股份有限公司 河北 沧州 061000

摘要: 本文围绕市政工程地下管线施工展开,分析施工前的准备工作,包括管线信息调查、规划及施工方案制定。阐述开挖施工、非开挖施工等关键技术,探讨质量控制要点,涉及材料、过程及隐蔽工程验收。还分析施工中的风险管理与安全环境协调,为地下管线施工提供技术参考,以保障施工质量与安全。

关键词: 地下管线; 施工技术; 质量控制; 风险管理; 市政工程

引言: 市政工程中地下管线是城市运转的重要基础设施,其施工质量直接影响城市功能发挥。施工环境复杂,涉及地质条件、既有管线等多方面因素,易出现各类问题。研究地下管线施工技术,做好前期准备、质量控制及风险管理,对提升施工效率、保障管线安全稳定运行具有重要意义。

1 地下管线施工前的准备工作

1.1 管线信息调查与规划

地质勘察需全面分析施工区域土质特性,黏性土需评估其压缩性对管线基础稳定性的影响,砂质土要关注渗透系数以防施工中出现流沙现象^[1]。地下水位的高低决定排水措施的选择,水位较高时需提前规划降水方案。岩层分布情况影响开挖工具的选用,坚硬岩层需考虑破碎处理方式,为管线埋深确定和支护结构设计提供基础参数。既有管线探测借助地质雷达发射电磁波,通过反射信号分析判断地下金属或非金属管线的走向与埋深,管线仪则通过电磁感应定位金属管线的具体位置,详细记录各类管线的材质和功能,标注与拟建管线的相对位置关系,为后续施工规避现有设施提供准确依据。管线布局设计需契合城市整体规划,沿道路敷设时需与道路红线保持合理距离,平行管线之间预留足够间距便于后期维护,交叉管线需明确上下层分布顺序,遵循压力管让重力管的原则,处理好交叉点的密封防护以防止相互干扰。

1.2 施工方案制定

根据管线类型选择适宜的施工方法,刚性管因抗变形能力较强可采用大开槽施工,但需注重基础平整度控制;柔性管对基础沉降较为敏感,施工中需加强地基处理,必要时采用非开挖技术减少对周边土体的扰动。埋深较浅且周边空旷区域可优先考虑开挖施工,埋深较大或穿越建筑物、道路时非开挖技术更能体现优势。分阶段施工计划需明确前期场地清理与障碍物移除的范围,

划定施工区域与周边环境的隔离界限。土方开挖阶段要确定开挖顺序和堆放位置,避免占用施工通道或压占既有管线。基础处理环节需明确夯实标准和材料选择,确保管线敷设后的承载能力。管线安装阶段要规定接口处理的操作步骤,不同连接方式需匹配相应的施工条件。质量控制标准需覆盖各环节的关键节点,从地基承载力检测到管线高程偏差控制,形成连贯的质量保障链条。

2 地下管线施工关键技术

2.1 开挖施工技术

2.1.1 沟槽开挖

根据土质条件选择放坡开挖或支护开挖,黏性土边坡可适当放缓以增强稳定性,砂质土则需加密支护措施。钢板桩支护适用于软土地层,通过咬合排列形成连续挡墙阻挡土体坍塌,土钉墙则借助锚杆与土体的摩擦力加固边坡^[2]。开挖过程中严格控制沟槽宽度与深度,宽度需满足管线安装与人员操作空间,深度需符合设计标高且预留基础处理层。机械开挖至基底上方时改用人工清理,避免机械扰动原状土层导致承载力下降。

2.1.2 基础处理

软土地基需进行针对性加固,换填法采用级配砂石替换软弱土层,分层夯实至规定密实度;水泥搅拌桩通过深层搅拌使土体与水泥浆液固化形成复合地基,提升地基承载力。铺设砂垫层前需平整基底,确保厚度均匀且级配合理,混凝土基础需按设计标号浇筑,设置伸缩缝避免温度变化产生裂缝,为管线提供平整均匀的支撑面,减少沉降不均导致的管线损坏。

2.1.3 管线安装与连接

刚性管安装时先复核基础标高,混凝土管采用承插连接时在接口处填塞橡胶密封圈,确保密封严密;钢管焊接前清理接口处锈蚀与杂质,焊接后检查焊缝平整度。柔性管安装需避免拖拽导致的变形,PE管热熔连接时控制加热温度与对接压力,使接口处熔融材料充分融

合。安装过程中持续校准管线轴线，确保偏差在允许范围内，排水管线的坡度需符合水流方向，通过水准仪实时监测调整，保障排水通畅。

2.1.4 回填与压实

回填材料选用中粗砂或土石屑，剔除其中的大块石与尖锐杂物，防止冲击管线外壁。分层回填厚度根据压实机械确定，每层虚铺后采用振动压路机或平板夯夯实，边角区域辅以人工夯实。水撼砂工艺适用于砂质回填材料，通过注水使砂粒重新排列密实，压实后检查回填层密实度，避免因沉降导致地面塌陷或管线受力不均。

2.2 非开挖施工技术

2.2.1 水平定向钻进

适用于穿越道路、河流等障碍物的管线施工，导向钻头内置探测装置，操作人员根据地面接收信号调整钻进方向。钻进过程中根据地质条件调配泥浆，黏土层需增加泥浆黏度以携带钻屑，砂层则需提高泥浆比重防止塌孔。扩孔阶段根据管线直径选择合适的扩孔器，分阶段扩大孔径，确保管线回拖时顺利通过孔洞，避免因孔径不足导致管线外壁磨损。

2.2.2 顶管施工

在工作井内安装主顶油缸，通过油缸推力推动管节沿设计轴线前进，管节接口采用橡胶止水圈密封防止渗漏。顶进过程中实时监测管线偏移量，通过调整纠偏油缸伸缩量纠正方向偏差。出土量需与顶进速度匹配，过多出土会导致地面沉降，过少则可能增加顶进阻力。工作井与接收井的支护结构需具备足够刚度，承受顶进过程中的反作用力。

2.2.3 微型隧道掘进

采用盾构机或夯管锤进行小断面隧道开挖，盾构机通过刀盘切割土体，同步拼装管片形成隧道结构，适用于复杂地层中的管线敷设。夯管锤利用冲击力将钢管沿设计轴线夯入地层，施工速度快且对周边影响小。掘进过程中监测土压力与推进速度，及时调整参数防止超挖或欠挖，确保隧道轴线与设计一致，保障后续管线安装精度。

2.3 管线交叉与共沟处理技术

2.3.1 交叉处理

遵循压力管让重力管小管让大管的原则，当管线交叉时，上方管线采用套管保护，套管长度需超出交叉区域一定范围，套管与管线之间填充柔性材料缓冲沉降影响。垂直交叉时控制净距，水平交叉时调整角度减少重叠长度，避免管线相互挤压。柔性管线与刚性管线交叉处，需在刚性管外侧设置支墩固定，防止位移导致接口

损坏。

2.3.2 共沟敷设

将电力、通信等管线集中布置在同一沟槽内，不同类型管线之间设置防火隔板，防止故障时相互影响。支架分层固定管线，间距根据管线重量与跨度确定，确保受力均衡。共沟内预留足够宽度与高度的检修通道，管线排列整齐避免杂乱交错，热力管线需采取保温措施，与其他管线保持安全距离，防止高温影响管线性能。

3 地下管线施工中的质量控制要点

3.1 材料质量控制

检验管线材质需核对产品出厂证明，确认材质成分与设计文件一致。规格检查涵盖管径、壁厚及长度，确保与施工方案匹配^[3]。防腐性能测试针对外层防腐层的完整性，检查是否存在破损或附着不牢情况，抽样进行附着力测试，防止局部脱落影响使用寿命。管件外观需无裂纹、砂眼等缺陷，尺寸偏差控制在允许范围内，螺纹接口需检查牙型完整性，避免连接时出现松动。密封材料需检查质地均匀性，避免因杂质存在影响密封效果，存放时注意防潮，防止结块或失效。进场材料需按批次分类存放，远离热源与腐蚀性物质，防止存储过程中出现性能退化。对疑似不合格的材料进行隔离标记，未经复核不得用于施工，必要时进行抽样复检，确认性能达标后方可使用。

3.2 施工过程监控

沟槽开挖时跟踪测量深度与宽度，及时调整开挖参数避免超挖。基底土层若出现扰动需采取压实或换填处理，恢复地基承载能力，遇软土地基时增加监测频率，防止不均匀沉降。管线安装时监测轴线位置，通过拉线或仪器校准确保走向符合设计，柔性管线需预留伸缩量，适应温度变化引发的长度变化。连接接口需观察密封状态，柔性接口检查橡胶圈安装位置是否准确，刚性接口检查砂浆或混凝土饱满度。回填过程中分层监测压实程度，根据回填材料特性选择合适的压实工具，确保每层密实度均匀，靠近管体的回填层采用人工夯实，避免机械冲击损伤管线。

3.3 隐蔽工程验收

管线覆土前对基础平整度进行检查，确保无凸起或凹陷，砂石基础需检查级配是否合理。接口部位需逐一排查连接牢固性，查看是否存在渗漏隐患，压力管道可进行试压测试，观察压力变化判断密封效果。坡度复核需覆盖全段管线，重点检查变坡点位置是否符合设计，与相邻管线的衔接坡度是否顺畅。验收过程中对关键部位进行影像记录，留存管线走向、接口处理及基础状况

的影像资料,标注具体位置与验收时间。参与验收人员需共同确认验收结果,形成书面记录并签字确认。发现问题时及时提出整改要求,整改完成后重新验收,明确整改部位的复检标准^[4]。验收合格后方可进行后续覆土作业,避免未验收即隐蔽导致质量追溯困难,覆土时需分层轻放,防止冲击管线造成位移。对于穿越特殊地段的管线,需额外检查与周边构筑物的安全距离,确保无相互干扰。

4 地下管线施工中的风险管理

4.1 常见风险识别

地质条件突变易引发沟槽坍塌,流沙层在开挖过程中会因失去支撑向沟槽内流动,导致边坡失稳,随开挖深度增加坍塌范围可能扩大。岩层分布不均时,坚硬岩块可能在开挖时突然脱落,冲击沟槽底部结构。黏土层遇水后会软化膨胀,增加沟槽侧壁压力,可能造成支护结构变形。既有管线破损风险来自施工机械的误碰或开挖时的土体扰动,老旧管线材质老化,轻微外力即可造成破裂,引发燃气泄漏或供水中断,影响周边区域正常运行。非金属管线因探测难度大,更易在施工中被误损,导致通信中断或电缆故障。非开挖施工中轨迹偏差可能导致管线与设计路径偏离,穿越建筑物基础下方时,可能挤压地基引发结构沉降,靠近其他地下设施时,可能造成设施变形或功能受损。施工过程中突降暴雨会增加沟槽积水,降低土体强度,间接加剧坍塌风险,低温环境可能导致管材脆性增加,影响接口密封性。

4.2 风险应对措施

应急预案需明确各类风险的处置流程,针对沟槽坍塌制定支护加固方案,配备钢板桩、千斤顶等抢险设备,储备沙袋与止水材料应对渗水情况。既有管线破损时,预案需包含关阀止水或停气的操作步骤,确保快速阻断泄漏源,准备临时管线连接件以便紧急修复。高风险环节施工时安排专人全程旁站,沟槽开挖时实时观察边坡位移,发现裂缝或沉降立即暂停施工,调整开挖速度与支护密度。非开挖施工中持续监测导向数据,根据偏差值微调钻进参数,避免轨迹偏离过大。加强与管线产权单位的沟通,施工前获取详细的管线档案,明确各类管线的保护范围,施工期间及时反馈现场情况,共同研判潜在风险。定期组织风险排查,对地质条件复杂段增加探测频率,对老旧管线周边施工区域加密监测点,

记录土体变形与管线位移情况,为风险预判提供依据。施工前对作业人员进行风险处置培训,使其熟悉应急工具的使用方法,确保险情发生时能快速响应。

4.3 施工安全与环境协调管理

安全防护措施在沟槽周边设置防护栏杆,栏杆高度需符合安全标准,底部加装挡脚板防止杂物坠落^[5]。警示标志应设置在施工区域入口及主要通道旁,采用醒目的色彩与图案提醒注意危险。深基坑作业前需检测坑内空气质量,配备通风设备持续置换空气,避免有害气体积聚。有限空间作业时实行人员轮换制度,限定单次作业时间,确保作业人员体力与注意力处于良好状态。环境影响控制方面,施工场地周边设置围挡,减少扬尘扩散范围,易起尘材料堆放时覆盖防尘网,定期洒水保持湿润。泥浆排放前经过沉淀处理,分离出的清水可循环使用,固态废弃物采用固化技术处理后运至指定地点。合理安排机械作业时段,避免在居民休息时间进行高噪声施工,必要时对施工机械采取降噪措施。文明施工管理需划分材料堆放区域,不同类型材料分开存放并做好标识,避免混杂。施工废弃物分类收集,及时清运出场,保持场地通道畅通。定期与周边社区沟通,告知施工进度与可能产生的影响,设立反馈渠道,对居民提出的问题及时回应与处理,营造和谐的施工环境。

结束语

市政工程地下管线施工需兼顾技术应用与风险管控,从前期准备到施工全过程,每环节都影响最终质量。合理运用开挖与非开挖技术,严格质量控制,做好风险防范与安全环境协调,能保障管线施工顺利进行,为城市基础设施稳定运行奠定基础,助力城市健康发展。

参考文献

- [1] 闫俊杰.市政工程施工中地下管线施工技术分析[J].砖瓦世界,2025(1):100-102.
- [2] 苗世军,靳一军,陈永辉,等.市政工程施工中地下管线施工技术分析[J].科技资讯,2021,19(17):30-32.
- [3] 张鹏,薛应应.市政工程施工中地下管线施工技术分析[J].数码设计(上),2021,10(3):132.
- [4] 郝玉龙.市政工程施工中地下管线施工技术的应用分析[J].科技资讯,2023,21(7):78-81.
- [5] 苏惠新,林芝旭.市政工程施工中地下管线施工技术的应用分析[J].陶瓷,2024,(05):225-227.