

市政路桥施工中管道非开挖施工工艺的优化及质量控制

曹铭锋

常熟市给排水工程有限公司, 江苏省苏州市, 215000;

摘要: 随着城市化进程的加速, 市政路桥建设规模不断扩大, 传统开挖式管道施工方法对城市交通、环境及居民生活造成诸多不便。非开挖施工工艺凭借其综合成本低、施工周期短、环境影响小等优势, 在市政路桥管道施工中得到广泛应用。本文深入探讨市政路桥施工中管道非开挖施工工艺的优化策略, 并从材料、设备、施工过程及验收等环节提出质量控制要点, 旨在为提升市政路桥管道施工质量提供理论支持与实践指导。

关键词: 市政路桥; 管道施工; 非开挖工艺; 工艺优化; 质量控制

DOI: 10.69979/3029-2700.26.03.104

引言

市政路桥是城市重要基础设施, 其管道系统承担给排水、燃气输送等重要功能。传统开挖施工需大面积破路, 破坏交通、污染环境且可能损坏其他管线。非开挖工艺采用钻掘技术, 无需或微开挖即可铺设管道, 具有精度高、影响小、周期短等优势, 但技术要求高、质量控制难, 需深入研究其优化与质量控制。

1 市政路桥施工中管道非开挖施工工艺概述

1.1 非开挖施工工艺的分类

非开挖施工工艺主要包括水平定向钻进法、顶管法、夯管法、微型隧道法、原位固化法、螺旋缠绕内衬法等多种类型。不同类型的非开挖施工工艺适用于不同的施工场景与管道类型。

水平定向钻进法: 适用于单次施工长度在 2500 米左右、铺设管径在 1200 毫米左右的管道施工, 尤其适用于穿越公路、铁路、河流等障碍物的管道铺设。但该工艺对施工地段的土质环境要求较高, 在沙土地段或松散土质地段不宜应用。

顶管法: 一般应用于大型下水道施工工程, 根据施工工艺可分为土压平衡式、气压平衡式、泥水平衡式或手掘式等。顶管法施工工艺在盾构施工工艺基础上发展而来, 具有施工精度高、对周围环境影响小等优点, 适用于各种土质环境。

夯管法: 适用于距离较短、施工长度小于 150 米、施工的管道管径小于 1500 毫米的工程。该工艺施工成本较低, 能适应土壤中含水量较大或土质比较疏松的地段。

原位固化法: 通过对现有缺陷管道采用内衬、喷涂等方式进行修复或加固, 将浸渍树脂的软管引入待修复管道内, 利用内压和外压使其紧贴管壁, 并在树脂固化后形成新管道。

螺旋缠绕内衬法: 通过缠绕机将带状型材在旧管道内螺旋旋转缠绕成一条新管, 带状型材两边的公母锁扣在螺旋旋转中互锁, 使新管连续无缝。该工艺可实现非开挖带水修复, 具有占地面积较小、可带水作业、组装便捷、移动速度快等优点。

1.2 非开挖施工工艺的优势

环境影响小: 非开挖施工工艺无需大面积开挖路面, 减少了对城市交通、环境及居民生活的影响, 降低了施工过程中的粉尘、噪音等污染, 有利于环境保护与城市可持续发展。

施工周期短: 非开挖施工工艺采用机械化、自动化作业, 施工效率高, 能够大大缩短施工周期, 减少对城市交通的占用时间, 提高城市基础设施的建设效率。

综合成本低: 虽然非开挖施工工艺的设备与技术成本相对较高, 但由于其减少了路面开挖、恢复等费用, 降低了对周边环境的影响, 从整体上看, 综合成本较低。

施工精度高: 非开挖施工工艺利用先进的导向与定位技术, 能够精确控制管道的铺设位置与方向, 提高施工精度, 确保管道系统的正常运行。

2 市政路桥施工中管道非开挖施工工艺的优化策略

2.1 施工前的优化准备

详细的地质勘察与资料收集: 施工前应对施工地段

的地质、水文、土质条件进行详细勘察，了解地下管线的分布情况，收集相关资料，为施工方案的设计提供依据。通过地质勘察，确定合适的施工工艺与设备，避免施工过程中出现意外情况。例如，在水平定向钻进法施工中，需根据地质条件选择合适的钻头与泥浆配方，确保钻孔的顺利进行。

合理的施工方案设计与优化：根据地质勘察结果与工程要求，设计合理的施工方案。施工方案应包括施工工艺的选择、施工设备的配置、施工工序的安排等内容。在方案设计中，应充分考虑施工过程中的各种因素，如土质变化、地下管线冲突等，制定相应的应对措施。同时，对施工方案进行优化，通过模拟施工过程，分析方案的可行性与合理性，提高施工效率与质量。例如，在顶管法施工中，可通过优化顶进速度、出土方式等参数，提高施工效率与顶进精度。

施工设备的选型与调试：根据施工方案的要求，选择合适的施工设备。施工设备的选型应考虑设备的性能、可靠性、适用性等因素，确保设备能够满足施工要求。在设备进场前，应对设备进行调试与检查，确保设备性能良好，能够正常运行。例如，在水平定向钻进法施工中，需对钻机的导向系统、动力系统等进行调试，确保钻孔的精度与效率。

2.2 施工过程中的优化措施

精确的导向与定位控制：在非开挖施工过程中，精确的导向与定位控制是确保施工质量的关键。利用先进的导向与定位技术，如激光导向、陀螺仪定位等，实时监测管道的铺设位置与方向，及时调整施工参数，确保管道按照设计要求铺设。例如，在水平定向钻进法施工中，通过导向系统实时监测钻头的位置与方向，根据监测结果调整钻机的推进方向与钻进速度，确保钻孔的精度。

合理的施工参数控制：根据不同的施工工艺与地质条件，合理控制施工参数，如顶进速度、出土量、泥浆压力等。施工参数的控制直接影响施工质量与施工效率。例如，在顶管法施工中，顶进速度过快可能导致管道偏移，顶进速度过慢则会影响施工效率；出土量过大可能导致地面沉降，出土量过小则会增加顶进阻力。因此，应根据实际情况合理调整施工参数，确保施工的顺利进行。

加强施工过程中的监测与检测：在施工过程中，应

加强对管道铺设位置、方向、高程等参数的监测与检测，及时发现施工过程中的偏差与问题，并采取相应的措施进行调整。同时，对施工设备的工作状态进行监测，确保设备正常运行。例如，在螺旋缠绕内衬法施工中，通过 CCTV 检测设备对修复后的管道内部进行检测，确保管道内壁光滑、无褶皱、无渗漏等问题。

2.3 施工后的优化处理

施工场地的恢复与清理：施工完成后，应及时对施工场地进行恢复与清理，拆除临时设施，回填土方，恢复路面平整度，减少对城市环境的影响。同时，对施工过程中产生的废弃物进行妥善处理，避免对环境造成污染。

施工资料的整理与归档：施工完成后，应对施工过程中的各种资料进行整理与归档，包括施工图纸、施工记录、检测报告、验收资料等。施工资料的整理与归档有助于为后续的管道维护与管理提供依据，同时也为类似工程的施工提供参考。

3 市政路桥施工中管道非开挖施工质量控制要点

3.1 材料质量控制

管材质量把控：不同功能的管道需选用相应性能的管材。给水管应耐腐蚀、卫生，可选 PE 管等；排水管需抗冲击、密封，如 HDPE 双壁波纹管。进场时需核验质量证明，检查外观有无裂缝、变形及接口尺寸。关键管材需抽样检测环刚度、耐水压等性能，如 PE 给水管应检测热熔连接后的拉伸强度。

修复材料质量控制：在管道修复施工中，修复材料的质量直接影响修复效果。如原位固化法中使用的树脂材料，应具有良好的流动性、固化性能与粘结性能。修复材料进场时，需检查其质量证明文件，并进行性能测试，确保材料符合工程要求。

3.2 设备质量控制

施工设备选型：施工设备的选型应根据施工工艺与工程要求进行，确保设备性能满足施工需要。例如，在水平定向钻进法施工中，应选择具有足够动力与导向精度的钻机；在顶管法施工中，应选择顶进力合适、出土效率高的顶管机。

设备调试与检查：设备进场前，应对设备进行调试与检查，确保设备性能良好，能够正常运行。在施工过

程中,应定期对设备进行维护与保养,及时发现并排除设备故障,确保施工的连续性。例如,对钻机的导向系统、动力系统、泥浆系统等进行定期检查与维护,确保钻孔的精度与效率。

3.3 施工过程质量控制

测量放线控制:测量放线是确保管道铺设位置准确的关键环节。应采用高精度仪器(如全站仪、电子水准仪)进行测量放线,并设置临时水准点与轴线控制桩。施工中需复测校核,槽底开挖前复核轴线,管道安装后复测高程,确保偏差符合规范要求。对于曲线段管道,需加密测量点,采用CAD辅助计算坐标,避免人工放线误差。

沟槽开挖与支护控制:沟槽开挖应遵循“分层开挖、严禁超挖”原则,根据土质确定放坡系数。软土地基需采用钢板桩、槽钢支护,支护间距 $\leq 1.5\text{m}$ 。槽底预留200mm原状土,人工清理至设计标高,避免机械扰动持力层。超挖处理需合规,若局部超挖 $\leq 150\text{mm}$,可用级配砂石回填夯实;超挖 $> 150\text{mm}$ 时,需浇筑C15混凝土找平,确保基础承载力达标。

管道基础与安装控制:管道基础需与管材适配,混凝土基础需振捣密实,表面平整度偏差 $\leq 5\text{mm/m}$;砂石基础需分层摊铺、压实,压实度 $\geq 95\%$ 。管道安装需严控接口质量,承插式接口的橡胶圈需清理承口凹槽,涂抹润滑剂后缓慢推入,接口间隙均匀;热熔连接的PE管需控制加热温度($210\pm 10^\circ\text{C}$)与时间,连接后冷却至常温方可移动。顶管施工中,顶铁需与管道轴线垂直,顶进速度 $\leq 30\text{mm/min}$,及时纠偏(偏差 $> 20\text{mm}$ 时采用楔形工具管调整)。

检查井与回填控制:检查井砌筑需采用MU10砖、M7.5砂浆,灰缝饱满度 $\geq 80\%$,井壁与管道连接处需用防水砂浆填实,避免渗漏。井圈、井盖需与路面高程顺接,高差 $\leq 5\text{mm}$ 。回填土需分层压实(每层 $\leq 300\text{mm}$),管顶以上500mm内采用轻夯,压实度 $\geq 90\%$;管顶500mm以上采用机械压实,压实度 $\geq 95\%$ 。回填材料优先选用级配砂石,避免建筑垃圾、冻土块混入。

3.4 质量检测与验收控制

过程检测:压力管道需进行水压试验,试验压力为工作压力的1.5倍(且 $\geq 0.6\text{MPa}$),稳压1h压降 $\leq 0.05\text{MPa}$ 为合格。排水管道需做闭水试验,试验段上游管内水位高出管顶2m,30min渗水量 \leq 规范允许值。隐蔽工程(如基础、接口、回填前)需经监理验收,留存影像与检测记录,避免后期质量纠纷。

竣工验收:竣工验收需核查资料完整性,包括施工记录、检测报告、隐蔽验收单等。实体质量验收包括管道坡度(排水管道坡度偏差 $\leq \pm 5\%$ 设计值)、检查井尺寸(内径偏差 $\leq \pm 20\text{mm}$)、接口密封性等。对于功能性管道(如给水管网),需进行通水试验,检查管网压力、流量是否满足设计要求,确保无漏点。

4 结束语

市政路桥施工中管道非开挖施工工艺具有环境影响小、施工周期短、综合成本低等优势,是城市基础设施建设的发展方向。通过施工前的优化准备、施工过程中的优化措施以及施工后的优化处理,能够有效提高非开挖施工工艺的施工效率与质量。同时,从材料、设备、施工过程及验收等环节加强质量控制,严格把控施工质量,能够确保市政路桥管道系统的安全、可靠运行。未来,随着技术的不断发展与创新,非开挖施工工艺将在市政路桥管道施工中得到更广泛的应用,为城市的建设与发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]李琦炜.市政排水管道非开挖修复技术适用性分析与工程实践[C]//广西网络安全和信息化联合会.第十三届工程技术与数字化转型学术交流会议论文集.昆山市乐佳市政建设工程有限公司;,2025:359-360.
- [2]翁祖勇.非开挖技术在市政给水管道施工中的应用研究[J].现代工程科技,2025,4(21):125-128.
- [3]严孟佳.市政排水管道施工中非开挖技术的应用研究[J].城市开发,2025,(06):114-116.
- [4]许志强.非开挖技术在市政给水管道施工中的实践[J].建设科技,2023,(20):44-46.
- [5]路冬.非开挖施工技术在市政管道施工中的应用研究[J].工程建设与设计,2022,(19):210-212.