

螺旋缠绕法非开挖修复管道运用研究

魏毅东

(深圳市利源水务设计咨询有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要: 现阶段, 非开挖修复技术已经在我国排水行业被普及, 应用于城市道路环境、公用行业中。但目前排水管道仍存在破损严重、强度较低、渗透率较大等问题。基于此, 本文结合实际思考, 首先简要分析螺旋缠绕法的主要内容, 其次阐述螺旋缠绕法在非开挖修复管道中的具体应用, 最后分析螺旋缠绕法运用方法, 以期对相关部门的各项工作有所帮助。

关键词: 螺旋缠绕法; 非开挖修复; 管道
中图分类号: TU992.05 **文献标志码:** A



随着时代的不断发展, 以及我国经济效益的不断提升, 政府及相关部门更加关注地下空间中管道建设工作。在此背景下, 为扩大管网规模, 应增加对管线布置工作的关注度, 控制地层沉降基础结构主阳台, 保证其不会发生损坏, 承压管道不易产生老化、破裂以及污水泄漏等问题。借助对螺旋缠绕法的利用, 保证排污系统的顺利运行, 发挥城市管道的输送作用, 提升人们的生活质量。

1 城市排水管道非开挖修复技术

1.1 小管穿大管

在破损管道的基础上套入新排水管道(如: 内衬短管、U形管等), 可有效解决燃眉之急。

1.2 树脂固化

使用新的排水管道[现场固化、CIPP(Cured-in-Place Pipe, 原位固化法)]达到修复工艺要求, 利用遇光固化、树脂加热的工作原理, 保证管道内水压、气压的合理翻转, 避免给管道内部造成影响。使用热水对管道内部进行加热, 保证树脂在管道内部能固化, 填补内部的破损问题, 实现整段管道的修复。采用局部修复、接口处修复方式, 规避管道渗漏风险。

1.3 螺旋制管

螺旋制管作为当下较为常见的修复方式, 可根据管道内壁的光滑程度、过水能力, 增加混凝土的应用, 控制具体的施工位置, 保证材料整体占地面积不会太大, 这样可实现长距离的管道修复, 有效缩短工程的施工时间, 避免出现成本造价过高的问题, 使管道通水特点能在非开挖修复技术中充分体现, 从而达到修复排水管道的目的^[2]。

2 螺旋缠绕法的主要内容

2.1 螺旋缠绕内衬修复工法

2.1.1 缩径扩张型

缩径扩张型仅适用于结构破损不大或修复水泥管、污水渠、被腐蚀的金属管道以及玻璃钢塑料管中。首先, 管道直径应在150~1050 mm, 设计缠绕直径应小于原管道口径。在施工前期, 专业的操作人员使用缠绕机检查井底部状态, 控制地面上型材的运送方式, 依次送入缠绕机, 使型材被固化, 调整初始管口的规格, 再进行二次缠绕, 保证其能进入下一检查井内。若出现停止缠绕的现象, 可将末端固定, 运用拉动钢线使管道实现对整体的扩张, 保证原管道壁紧贴下水管, 避免出现破损、泄漏等问题^[3]。

2.1.2 机头牵引型

为修复原管道结构的破损, 可使用机头牵引型修复法, 其适用的管道口径为800~1800 mm。这样可保证机头能在管道中正常行走, 通过贴壁运行的方式降低过水工作中的损失, 修复管段缺失的区域, 避免产生过多的成本损失。

2.1.3 钢塑加强型

钢塑加强型主要应用于聚氯乙烯型材外部, 起到加固作用, 强化管道刚度及硬度。在此背景下, 由于管道强度较高, 其适用于较深区域的掩埋, 仅需掌握原管道的破损程度, 测定口径、砖渠、水泥管以及被腐蚀金属管道的损坏程度即可。钢塑加强型适用于口径为450~2700 mm的管道中, 占据一定大口径管道修复优势。工作人员为保证此项工作的完整性, 可加快施工进度, 通过带水的方式, 避免对地面交通产生过多的影响, 控制具体施工用地, 保证周围环境不会受到污染。可通过机械安装的方式开展后续工作, 一来避免依赖员工, 二来可适用于复杂的施工环境, 能及时中断施工, 达到灵活施工的目的^[4]。

使用内衬管结构设计的方式，计算内衬管的独立承受外部荷载参数，完成内衬管壁厚设计以及内衬管的结构设计，具体公式如下

$$t=0.721D_0 \left[\frac{(M \times qt)^2}{E_L \times R_w \times B^2 \times E_S} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

$$q_t=0.00981h_w + \frac{y \times H_s \times R_w}{1000} + W_s \quad (2)$$

$$R_w=1-0.33 \times \frac{H_w}{H_s} \quad (3)$$

$$B'=\frac{1}{1+4e^{-0.213H_s}} \quad (4)$$

$$\frac{E^{1/3}}{D_0} \geq 0.1973 \quad (5)$$

式中， q_t 为管道的外部压力； R_w 为水浮力因素（最小取值为0.67）； H_w 为管底以上地下水水位高度； H_s 为管顶覆土厚度； W_s 为活荷载； B' 为弹性支撑系数； $E^{1/3}$ 为管测土综合变形模量； E 为内衬管短期弯曲弹性模量； E_L 为内衬管的长期弯曲弹性模量； e 为自然对数； Y 为土的重度（KN）； D_0 为内衬管管道外径； M 为安全系数（取2）； C 为椭圆度析减因子； t 为内衬管厚度。

由此方式，应用管道修复新工艺实现一边焊接一边修复，利用大管道将其套住，在管道空隙内灌注黏合剂，方可实现临时修复，保证不会对现有水流量造成影响，以缠绕的方式保证螺旋内衬工作的顺利开展，使内部形成压制卡口。若水深达到30%，则不能开展此项作业^[1]。

此方法在施工期间可分为两个阶段，首先，通过缠绕的方式，将PVC（Polyvinyl chloride，聚氯乙烯）型材与钢带进行协调，确认两者间无问题后，方可进行检查工作。使用专用的缠绕机，将型材与钢带共同压制，在确保检查井装套稳定的前提下，进行注浆工作，实施完毕后方可进入下一检查井，有效填补新旧管道之间的空隙。施工人员需控制填充浆的配比，以此提高新管的强度。

2.1.4 贴壁自行理

对大口径且形状不规范的管道进行分析，了解其难于修复的特点，利用缠绕机的拼装实现对内部管道形体的检查，应用钢型材互锁构架出强度较高的管道。这适用于口径周长为2000~6000 mm的管道，这样可加强在新旧管之间的测定，规划出具体注浆区域，保证注浆工作的顺利开展，利用钢型材互锁缩短构件之间的距离，通过缠绕作用提高新管强度。

2.2 螺旋缠绕工艺内容

2.2.1 工艺原理

使用聚氯乙烯型材检查井底部，运用专业的缠绕设备保证管道内部口径固定的一致，增加管道之间的联系性，实现管道结构的无缝连接，以此形成具有防水性能的新管道，确定两部分管道之间距离后方可在空隙内灌注水泥砂浆，保证螺旋缠绕法的顺利实施。

2.2.2 工艺流程

采用前期准备—原管道清洗—管道检测—缠绕机应用—添加润滑剂—确定管道缠绕位置—加入钢丝材料—空隙灌浆—管道检查、支管设置—二次检测—浸水试验的方式保证施工工艺流程的完整性。

2.2.3 主要施工工艺

管道参数、检测现场工作井、设备准备、管道清洗等皆为主要的施工工艺。工作人员需测定孔井位置，在进口处进行修复管道操作，控制管道规格，保证修复管道的无限延长，在施工期间避免出现接口，进而达到螺旋缠绕法非开挖管道修复的标准。

2.3 螺旋缠绕法的技术优势

可实现真正意义的非开挖，利用带水作业的方式，一次性测定施工距离，全程无须实施加热、充气等烦琐的程序，可合理控制使用时间并具有施工占地面积较小的优势，进而提高施工速率。

3 螺旋缠绕法在非开挖修复管道中的具体应用

3.1 螺旋缠绕法非开挖修复管道中的注意事项

3.1.1 加强信息收集工作重视程度

做好开工前期的勘察工作，保证准备工作的完整性。工作人员可测定管道长度，检查井的实际长度、管道直径（其中包括最大直径以及最小直径），适当调整缩径范围，保证管节长度、管道现状、用途以及弯曲程度等不会出问题。若施工区域管道出现错台、流量不符合等问题，应及时向上级汇报，调节管道的纵向、横向以及顺向状态，方便检查井的高度。同时应检查井内是否有台阶（或梯子），在最小范围内进行封道施工，了解井附近是否可以停车，以此规划具体的施工时间。

另外，为保证信息收集工作的准确性，应通过修复的方式保证检查井各项指标满足施工要求。例如：测量工作不准确会造成缠绕安装工作中出现问题；前期技术人员相关信息收集不准确、员工经验不足，亦会对此工程造成影响。

3.1.2 增强型材质量检查工作

因为管道型材在运输期间易出现破损现象，咬合部位易产生变形，若出现咬合不严的现象，则会增加质量隐患出现的频率。例如：钢材T形带肋平面尺寸（PVC/T形带肋高度）见表1。

表1 钢材T形带肋平面尺寸（PVC/T形带肋高度）mm

编号	PVC型材类型	126/20 (T形) 钢带高度	126/15 (T形) 钢带高度	91/15 (T形) 钢带高度
1	钢片厚度	0.7	0.6	0.7
2		0.9	0.7	0.9
3		1.2	0.9	1.2
4		1.5	1.2	1.5
5	钢片宽度	98.8	50.5	116.5
6		98.8	50.5	116.5
7		96.5	50.5	114.5
8		96.5	49	114.5

因此可加强对型材偏离状态的分析，保证缠绕区域的运行状态，确保管道机头与末端不会出现脱离现

象, 规避质量事故发生的风险, 根据地面特点进行分析, 确保缠绕速度的一致性, 把控型材支架的运行速度, 定期检查型材外观有无破损。一旦发生破损, 应及时进行修理, 避免出现较大的损坏, 并调整施工时间, 及时通知指挥人员对此区域进行修复, 提高钢带机的利用率, 实现对型材质量的全面检查。

3.1.3 稳定型材焊接运行状态

结合缠绕工作开展前期进行考虑, 保证驱动头的正常运行, 增加对内部不同因素的了解, 控制驱动头、钢带、型材等的质量, 匹配缠绕笼的运行状态, 适量插入聚氯乙烯型材, 稳定连接锁扣的咬合状态, 实现对检查井缠绕位置的测定, 使其与原管道保持平行状态, 达到缠绕全过程监控的目的。此外, 若焊接区域质量不达标, 则无法保证缠绕过程不会出现断裂等问题, 应结合型材的偏离状态进行分析, 将焊接台设置在作业区域, 保证接头处不存在杂质, 使用异丙醇、酒精或丙酮进行擦拭, 将焊接压力控制在40 kPa内。这样可实现型材平顺, 使管道之间黏结牢固。若作业环境温度较低, 可通过接口处预热的方式保证两者的顺利焊接。

3.2 螺旋缠绕法运用方式

3.2.1 设备准备

做好前期准备工作, 将所需设备(特殊缠绕机、不同口径缠绕头、软管及动力设备、发电机、闭路电视、支架、滚筒、灌浆泵、通风设备)安装在卡车上, 确定各项设备检查无误后, 进行二次调试, 施工前期设备安装完毕后, 开展非开挖修复工作, 为后续操作奠定良好基础。

3.2.2 管道检测及清洗

清除管道内杂物, 使用高压水枪进行清理, 避免给新管安装带来影响。根据修复管线设置闭路电视, 对各项操作进行监控及录像, 记录管道内的障碍物, 在特定情况下清洗, 确定支管位置后方可进行安装, 使管道更好地插入支管内, 以此降低对后续安装操作带来的影响。

3.2.3 水流改道

螺旋缠绕工艺实施时无须有泵水的介入, 使水流改道工作在管内即可运行。但水流出现过急、过大的现象会影响施工人员的安全, 无法保证该工程满足业方要求。因此可利用泵水、水流改道的方式实现对管段的修复, 控制内部水流运行状态, 检查上下游管内水流状态, 确保管道不会出现堵塞问题, 增加对螺旋缠绕新工艺的应用, 在设备可执行区域间暂停施工, 使水流可以正常流通。

3.2.4 管道缠绕

在新管固定好规格后, 方可进行缠绕, 若聚氯乙烯型材注入缠绕机内较多, 则可运用螺旋旋转型材进行互锁, 保证两者在固定口径内充分融合, 构建无缝的防水型新管。在管道各项检测完毕后, 可应用在检查井, 若到下一检查井内, 应及时停止缠绕工作, 固定螺旋缠绕口, 使用电熔机, 保证聚氯乙烯型材可被

充分利用。

3.3.5 管道灌浆

测量缠绕新管规格, 在衬管安装完成后, 方可在衬管与母管之间设置形环, 使用水泥浆液填满空隙, 使环面起到承载作用, 保证母管载荷转移工作的顺利开展, 以便灌浆作用带到新安装管道上。但在操作环节, 对灌浆材料有一定要求, 其需具有流动性小, 水合热量低、收缩能力小的特点, 因此, 控制水、水泥的比例为1:3, 这样可调节两者间密度, 保证基础强度在5 MPa以上。运用分段式灌浆的方式, 使缠绕区域不会出现杂物; 利用注水压管进行灌浆, 提高管道末端的封闭性; 确定注水位置到达管环面的一半后, 方可进行灌浆。这样可保证水泥浆不会对管道造成过多影响, 使缠绕管相互之间进行黏合, 运用逐段灌浆的方式可将每个管环面填满。同时应边注浆边振捣, 利用搅拌器控制环面状态, 避免出现水泥浆注浆过满等问题, 使其在压力表可测定区域内, 进而控制内部升压情况。

3.3.6 管道修复安装

以某排水管道改造工程为例, 利用螺旋缠绕法控制具体的施工工期, 将灌浆期限设置为1个工作日, 螺旋缠绕设置为3个工作日。以两个班组为建设小组, 分别成立灌浆小组以及螺旋缠绕制管小组, 策划修复工程为30 d。应利用非开挖修复控制施工进度, 勘察周围环境, 控制该工程的实际占地比例, 避免对交通、环境以及地下管线带来过多影响。就经济方面而言, 非开挖修复技术既可节省材料成本, 减少所需开挖路面, 又可及时将路面故障问题进行修复, 保证基坑支撑开挖、土方回填工作的顺利开展。利用螺旋缠绕法修复城市地下管道, 工程造价金额节省至少30%。

4 结束语

综上所述, 为提高人们的生活质量, 可在非开挖修复管道中应用螺旋缠绕法, 以保证现场工作井、管道清洗检测、管道缠绕以及水流改道等环节不会出现问题。若该方法未落实到位, 不仅会增加对城市地下管网网络的影响, 还会导致地下管道产生无法修复的问题, 给人们的生活带来一定影响。因此, 应充分发挥螺旋缠绕法的技术优势, 避免管道出现严重破损, 同时满足周边环境复杂的要求。

参考文献

- [1] 赵建敏, 贺治鹏.非开挖修复技术在某排水管道工程中的应用[J].云南水力发电, 2021, 37(12): 94-96.
- [2] 张彦彦, 吴欢, 何田.CIPP水翻固化法在污水管道非开挖修复中的应用[J].工程技术研究, 2021, 6(22): 113-114.
- [3] 周杨军, 蒋仕兰, 解铭, 等.非开挖修复技术在城市排水管道维护中的应用[J].中国给水排水, 2020, 36(20): 58-62.
- [4] 李子明.软土地基排水管道螺旋缠绕修复理论研究[D].北京: 中国地质大学, 2020.