

紫外光固化技术在非开挖管道修复中的应用

黄 凯

启东市保障房建设投资有限公司 江苏 启东 226200

摘 要：紫外光固化技术是一种高效环保的非开挖管道修复方法。该技术利用紫外线照射使浸有树脂的玻璃纤维软管迅速固化，形成无缝内衬，从而修复破损管道。相比传统开挖修复方式，紫外光固化具有施工周期短、对周边环境影 响小、修复后管道性能优越等优势。它适用于各种材质的管道，能有效解决管道老化、腐蚀、破裂等问题，提高管道使用寿命和流体输送效率。随着技术的不断进步，紫外光固化技术在非开挖管道修复领域的应用前景将更加广阔。

关键词：紫外光固化技术；非开挖管道修复；应用

引言：随着城市化进程的加速，地下管道系统的维护与修复成为城市基础设施建设的重要一环。传统开挖修复方法不仅施工周期长、对交通影响大，而且成本高昂。为此，紫外光固化技术作为一种高效、省时、环保的管道修复方法应运而生。该技术通过紫外线快速固化树脂内衬，实现对破损管道的修复与强化，具有施工简便、对周边环境影 响小、修复后管道性能优越等优点。本文将深入探讨紫外光固化技术在非开挖管道修复中的应用及其优势。

1 非开挖管道修复技术

1.1 非开挖管道修复技术的起源与发展

非开挖管道修复技术起源可追溯至20世纪70年代的石油、天然气行业，在这一时期，随着石油、天然气管道的长期使用，老化、腐蚀及损坏问题日益凸显，传统的开挖修复不仅费时费力，且会对地面交通和周边环境造成严重影响。在此背景下，非开挖管道修复技术应运而生，并逐渐发展成为一种高效、环保的管道维护手段。特别是近年来，随着城市化进程的加快，非开挖管道修复技术在城市给排水管道的翻新改造中得到了广泛应用，成为城市管道维护领域的重要支撑。

1.2 常见的非开挖管道修复工艺

（1）短管内衬法。短管内衬法是一种较为简单的非开挖修复工艺，通过在旧管道内部拖入一段新管道（短管），并注浆填满新旧管道之间的间隙，从而实现管道的修复。该工艺施工速度快，但管道断面损失较大，适用于水流量较低的情况。（2）碎（裂）管法。其原理是采用碎（裂）管设备从内部将旧管道破碎，同时将新管道拉入或顶入，替换旧管道。该工艺可以对管道进行结构性的更换，新管道强度高；其次，施工速度相对较快，效率较高；并且可以用于多种管材的更换，比如陶

土管、铸铁管等能被换成PE管等更耐用的管材。（3）螺旋缠绕法。螺旋缠绕法通过在旧管道内部将带状型材通过压制卡口不断前进形成新的管道，实现管道的修复。该工艺可在通水情况下作业（水深30%以下），修复后的管道内壁光滑，过水能力提高，且材料占地面积小，适合长距离管道修复^[1]。（4）不锈钢内衬修复技术。其原理是将薄壁不锈钢管插入待修复的旧管道内，使不锈钢管与旧管道紧密贴合，然后通过焊接等方式将不锈钢管连接成连续的内衬管，从而恢复管道的输送功能，同时利用不锈钢的耐腐蚀性等优良特性，有效延长管道使用寿命。（5）防腐砂浆喷涂法。防腐砂浆喷涂法是将经过特殊处理的高分子砂浆材料通过专用设备均匀地喷涂在管道内壁上，形成一层耐腐蚀的保护层。这种方法施工便捷，能够快速提高管道的耐腐蚀性能，降低维护成本。此外，防腐砂浆喷涂法的适用范围广泛，能够修复多种材质和口径的管道。然而，该技术对施工条件要求较高，需在管道完全干燥的情况下进行，以避免施工质量问 题。（6）点状原位固化法。点状原位固化法是通过特定的注浆设备，将修复材料精确注入到管道局部的破损区域，并利用化学或物理方式使其固化，从而达到修复的目的。该方法具有高度的针对性，可以大幅降低施工对正常管道运行的干扰。点状原位固化法通常用于管道轻微破损的修补，特别适用于维修地点有限或不能进行全面开挖的区域。

2 紫外光固化技术及使用范围

2.1 紫外光固化技术

紫外光固化技术是一种先进的非开挖管道修复工艺。原理是将含有光敏剂的树脂浸渍的玻璃纤维软管拉入待修复管道内，通过紫外光照射使软管中的树脂迅速固化，形成高强度的内衬层，从而达到修复管道的目

的。在施工时,先将软管一端固定在管道入口,用牵引设备将其拉进旧管道并就位,然后将紫外光发射装置放入软管内,开启照射,让树脂固化。

2.2 使用范围的确定

管道修复应以管道检测成果为依据,即根据管道CCTV检测情况及城市排水管道检测与评估技术规程,确定管道修复等级及管道缺陷密度,进一步确定管道修复的必要性和修复形式。密度,进一步确定管道修复的必要性和修复形式。管道修复方案的选择则需要根据原有管道的基本情况、工程地质、水文条件和经济性等多种因素确定。紫外光原位固化法一般可用于DN150~DN1800排水管道修复,以启东市高新区排水管网维修工程为例,该工程中除缺陷破裂、变形、起伏、错口、其余2级及以上缺陷,位置大于等于3处的管段采取整段紫外光原位固化。

3 紫外光固化技术的优势分析

(1) 适用性强。各类材质雨污排水管道均可修复。适用多种断面形式,变径、45°以内的弧度时同样可采用。

(2) 环境与交通等影响小。紫外光固化的应用不需要大面积的开挖,在交通方面,不用长时间封闭路面,避免了车流量大的主干道的拥堵。在环境方面,相比传统开挖,不会造成很大噪音和粉尘。

(3) 修复质量有保证。内衬管密封效果好,抗腐蚀性强。固化后的玻璃纤维内衬管与旧管道之间形成了紧密的粘合层,具有优异的密封性能。这一粘合层能够有效防止介质渗漏和外界腐蚀物质的侵入,延长了管道的使用寿命。同时,内衬管本身具有良好的抗腐蚀性能,能够抵抗各种化学物质侵蚀和渗透^[2]。

(4) 作业工期短。该工艺施工作业时间短,内衬管的固化速度最高可达到1m/min,修复完成后的管道即可投入使用,大幅度缩短了管道封堵的时间。

(5) 施工安全性好。施工过程中没有大型危险机械的参与,管道内提前进行CCTV检测,管道内情况可视,同时可通过灯杆上的探头观察固化情况。

4 紫外光固化修复工艺流程及技术要求

4.1 施工准备

施工准备主要是现场布置及管道预处理,包括必要的交通疏导、封堵倒排和管道预处理。其中,交通疏导应按照当地市政和交通管理部门的要求实施;管道封堵倒排一般采用气囊和砖砌墙相结合形式,当工况复杂时,应由设计验算确定;管道预处理主要包括障碍物清除、漏水修复、损坏修复和坍塌修复等。紫外光固化技术管道经预处理后应满足管道内无垃圾、沉积物及其他

障碍物,不应有影响施工的积水和渗水现象;管道表面应干净,无影响软管衬入的突出物、尖锐毛刺等。

4.2 软管拉入

拉入底膜,底膜需平铺管底、平顺无褶皱翻转,底膜的粗糙面对顶部,光滑面对旧管,并应覆盖超过1/3的管道长度。同时带回一根牵引绳,以便拉回内衬修复材料;沿管底的底膜将浸渍树脂的软管缓慢、平稳地拉入原有管道,拉入速度不得大于5m/min;在软管拉入过程中,不得划伤或磨损软管;软管的轴向拉伸率不得大于2%;软管两端应比原有管道长出300mm至600mm;软管拉入原有管道之后,对折放置在垫膜上。

4.3 连接充气设备及安装固化灯

安装固定扎头,并将充气高压管道和压力管连接到扎头装置上,软管的尾部与充气设备连接。检查软管连接处的密闭性,然后打开充气装置对软管进行充气,压力值依据产品说明书确定。软管膨胀后紧贴原有管道内壁,迅速打开软管端头放入紫外线固化灯,固定好扎头盖板。

4.4 紫外光固化

由后向前依次开启8盏紫外线灯,间隔30s,并保证管内温度都在80℃以上;固化过程中内衬管内保持空气压力确保毡筒紧贴着管壁,使树脂能够均匀的渗透到待修复管道表面和连接部位;为了确保固化过程的均匀性和完整性,需要严格控制紫外光的照射强度和照射时间,通常固化过程需要持续数小时,具体时间取决于管道的长度、直径以及树脂复合材料的类型^[3],观察三个测点的温度和卷线速度,随时调整,最大速度为1m/min。在距离末端1.5m处,应减速0.5m/min;固化结束后由后向前依次关闭紫外线灯,间隔30s,缓慢将管内压力降低至大气压。

4.5 卸掉扎头、端口处理

冷却衬管,松开扎头,取出紫外线灯,注意防烫伤;轻拿轻放,防止损坏灯头;用角磨机处理好管口,拉出内膜;收拾工具,清理现场。如固化完成后,出现端口处的内衬管与原有管道不紧密时,可在原有管道与内衬管之间充填树脂混合物进行密封,树脂混合物与软管浸渍的树脂材料相同,内衬管端头应切割整齐。

4.6 检测及验收

4.6.1 管道CCTV检测。修复完成后对修复管道外观质量进行检测,要求新形成内壁表面无干斑、气泡,表面平整无褶皱,无整体或局部损坏,无拉伸形变或薄弱带等缺陷及损伤。

4.6.2 厚度检测。内衬新管厚度检测位置应避免在软管的接缝处,检测点为内衬新管四周均等取四点,取其

平均值；厚度误差允许0-25%。

表规定。

4.6.3 含玻璃纤维的内衬管的短期力学性能应符合下

含玻璃纤维的内衬管的短期力学性能表

性能	测试方法	最小值（Mpa）
弯曲强度	T/CECS 717—2020附录F	125
弯曲模量	T/CECS 717—2020附录F	8000
抗拉强度	GB/T 1040.4	80

4.6.4 验收资料。内衬新管竣工验收技术资料有：玻 新管实测实量资料；内衬新管试块测试资料等。

璃纤维性树脂的质量合格证书及试验报告单，并应在保
质期内使用；施工前后的排水管道检测录像资料；内衬

5 相关缺陷分析及预防措施

序号	缺陷类型	缺陷分析	预防措施
1	内衬管提前固化	储存或运输过程中的温度不满足要求，受强光照射，防紫外光膜破损	严格按照材料说明说进行储存、运输及使用
2	内衬管与原管道不紧密贴合	①设计尺寸不合理；②固化过程中气压偏低；③原管道预处理不满足要求	①内衬管尺寸设计合理；②固化过程中确保气压使内衬管充分撑开，且与原管道内壁紧密贴合；③缺陷预处理满足相关标准要求
3	固化内衬管强度不达标	①树脂浸润不密实；②局部渗漏冲刷导致树脂流失；③固化反应不彻底	①严控树脂浸润工艺；②提高原管道预处理质量；③确保光照度、温度和速度，并保持足够长的固化反应时间
4	固化内衬管存在软弱带	①树脂量太少；②固化时温度低	严控树脂浸润工艺和现场施工工艺
5	鼓包	①预处理存在凸起、渗漏；②固化过程气压偏低	①满足固化气压要求；②保证缺陷预处理质量
6	起泡	施工过程中固化温度过高	严控固化温度和紫外灯架的移动速率
7	固化内衬管表面褶皱	①内衬管尺寸设计不理；②气压太低；③缺陷预处理不满足要求	①内衬管尺寸设计合理；②保证气压充足；③缺陷预处理满足相关标准要求

结束语

综上所述，紫外光固化技术以其独特的优势在非开挖管道修复领域展现出了巨大的应用潜力和价值。它不仅能够有效解决管道老化、破损等问题，还能够最大程度减少对周边环境和交通的影响，实现快速、高效、环保的修复效果。随着技术的不断进步和创新，相信紫外光固化技术将在未来得到更广泛的应用和推广，为城市地下管道系统的安全、稳定运行提供更加可靠的

保障。

参考文献

[1]吴江燕.排水管道非开挖原位固化修复工艺比较研究[J].市政技术,2021,(08):108-110.
[2]赵忠冬.紫外光固化法在城市排水管网修复中的应用研究[J].四川利,2022,(09):91-92.
[3]贾军红,刘大昌.紫外光固化聚氨酯改性沥青及其混合物自愈合性能研究[J].中外公路,2022,(05):41-42.