

紫外光固化内衬修复管道技术 在城市雨污分流改造施工中的应用

尹维军

中铁四局集团第七工程分公司

摘要：本文通过对曲阜雨污分流项目施工案例深入分析，阐述了紫外光固化内衬修复管道技术在城市雨污管道修复中的应用条件、工作原理、工艺流程、施工各阶段控制要点，以及紫外光固化内衬修复管道的技术的应用范围、优势和发展前景。

关键词：紫外光固化；修复管道；技术优势；发展前景

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.08.113

引言：众所周知，地下雨污管网是城市不可缺少的重要基础设施，相当于城市的血管。如果地下排水管网出现结构性、功能性故障，时间一长容易造成水土流失、地陷等事故，危及人身和财产安全。因此及时修复完善管道缺陷显得十分重要，传统的修复方法效果有限，耗时长且对周边建筑物和环境存在一定影响。而紫外光固化内衬修复管道是一种高效、环保、安全、经济的管道修复技术，具有广阔的应用前景和市场需求。

一、应用实例

（一）工程背景

曲阜市老城区由于建设时间较早，地下管道冒水、漏水严重，2021年开始，曲阜市针对老城区雨污管网进行分流升级改造，由于老城区拥有众多的历史遗存和文化遗产，如孔庙、孔府、孔林等。如何在确保这些景点正常运营情况下安全顺利完成改造任务尤为重要。

（二）工程概况

曲阜市神道路污水管道修复段位于老城区，管道长度为460m，范围内总共有检查井9个，管道内径为1.2m，管道材质为钢筋混凝土，南起于静轩中路北止于孔庙正门，由于该污水管道建设较早，管道已产生不均匀沉降，部分管道开始出现管道老化、破裂、渗漏、变形等结构性缺陷及树根、淤堵等功能性缺陷。受业主要求本单位对现状管道内存在破裂、渗漏、错口、腐蚀、接口材料脱落等结构性缺陷合理经济选取相应修复方法进行维修整改；确保管道能正常使用。

（三）施工条件

本污水管道修复段位于曲阜孔庙景区门口，管道两侧为经营中的商铺，该路段为曲阜旅游集散中心通往孔庙的必经之路，需修复的管道位于主车道，埋深在3-4米之间，周围地下管线密集，地质条件复杂，改造期间不得影响景区、商铺的正常运营。施工仅能与夜间10点至次日凌晨5点进行，施工时交通只容许占一个车道，夜间附近人员较多，需注意施工噪音对周边环境影响。

（四）方案选择

①开挖修复方式 考虑到本工程的施工条件，如果选用开挖方式，需要封闭一半车道，而且施工周期较长。对景区和商铺均有影响，因此开挖方式不适合。

②非开挖修复方式结合本项目特点和要求，比对常见非开挖修复方式如下表：

对比方案	适用管径 (mm)	修复方式	内衬材质	造 价	适用范围	优点	缺点	比选结果
				1.2m 管径				
机械制螺旋缠绕法	1000-1600	整体修复	PPC	9500 元 /m	多用于无压管道	施工方便，仅两端需工作井	对于起伏较大，转弯位置仍需要人工配合施工，对管型变形大的不适合	管型变形大、易渗漏，不合适
不锈钢内衬法	300-1600	点状修复	不锈钢	8000 元 /m		结构完整性好	施工周期长、污水易腐蚀	易腐蚀且不适合整段修复
短管置换法	200-600	整体修复	PE 管	没有 1.2m 管径的	管径小于 600mm 的管道	可在一定程度上增加管径	整体性好，施工速度慢	不适合 1200mm 管径管道修复
翻转内衬法	150-1600	整体修复	纤维布、树脂	7400 元 /m	无压管、污水管	施工较快、整体性好、可防渗	现场使用设备较大，需要使用锅炉存在安全隐患	现场需要设备较多，增加安全风险
紫外光原位固化	200-1600	整体修复	玻璃纤维、树脂	9800 元 /m	无压管、污水管	施工较快、整体性好、可防渗、施工过程智能化较高、技术成熟、	材料成本高、	相对适合，选用

经过专家组的调研分析比选，确定该段污水管道采用紫外光固化内衬修复管道方式。

(五) 主要施工机械配置

管道修复工程的关键在于选择合适的施工机械，对于紫外光固化内衬修复施工而言，一套完备的机械配置能够提高施工效率，降低工程成本。曲阜市神道路污水管道修复工程实例中，我们根据工程规模、管道条件、技术要求以及对多家设备机械比选，最终选用中仪股份X120-UV-SUPER型集装箱式车，该设备具备高度自动化、智能化、方便，固化时间短，满足在市区的工程施工时间安排，对交通影响小等优点，在本工程实例中使用效果特别好。

(六) 施工效果

曲阜神道路污水管道修复工程，总共长度460m，共分四次施工，每三段管道作为一个施工段，检查井连续通过修复后进行切割开孔，恢复检查井功能。施工总工期4天，现场配置了9名技术人员，联合疏通车1台，用于管道修复前预处理，CCTV检测机器人1台，用于管道检测，潜水泵1台，用于调排水工作，紫外光固化修复车一台，材料运输车一台，施工过程中只需占用一个车道，施工过程没有产生任何污水，施工过程通过噪音检测，最高值为56分贝，夜间施工对周围居民没有任何影响，通过施工实践验证，人员和设备配置较为合理。紫外光固化修复施工过程全程可视，操作简单，便于质量控制，安全性较高。配置的紫外光固化内衬管输送设备确保修复软管顺利送入管道，减少施工过程中的阻力。配置专业的内衬管切割设备可以精确地切割内衬管，减少了材料浪费。通过各项技术检测及外观查看，修复效果较好，一次性通过了曲阜市组织的验收。

二、紫外光固化内衬修复管道技术工作原理及工艺流程

(一) 工作原理

紫外光固化内衬修复管道技术是原位固化技术的一种。指在不改变待修复管道位置的条件下，将渗透树脂的软管，从检查井口通过专用设备拉入所要修复的管道内部，封闭两端管口，在软管内充压缩空气，使软管与待修复管道内壁紧密贴合，然后利用软管内树脂遇紫外光固化的特性，将紫外光灯放入充气的软管内进行照射，使软管固化，从而使已发生破损的地下管道在原位得到修复。这种方法不仅可以修复管道的破损和塌陷，还可以提高管道的耐久性和承载能力。

(二) 工艺流程

紫外光固化内衬修复管道工艺流程，见图1：

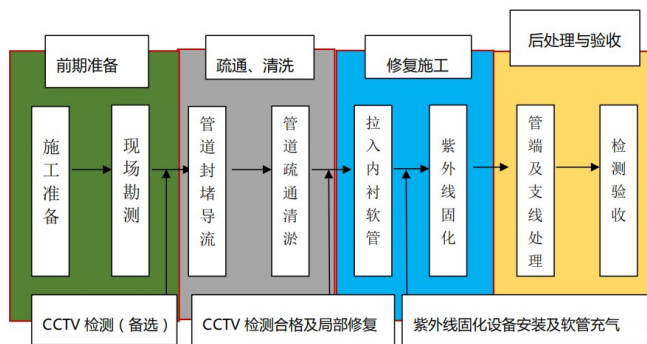


图1 紫外光固化内衬修复管道工艺流程图

三、紫外光固化内衬修复管道技术在施工应用各阶段的注意事项

(一) 修复方案设计

①软管的外径与待修管道内径一致，以保证固化后内衬管与原有管道的内壁紧密贴合在一起，达到应力的连续传递。必须在修复前认真复核确认待修管道的内径；②软管的长度应大于两检查井中心间距离，以保证两端部施工牵拉和扎头要求；③如果待修复的管道结构已没足够的强度承载其上部荷载，设计内衬管时需独立承受全部外部压力，内衬管壁厚根据内衬管使用树脂参数、管道直径、管道所处的地质条件等参数，依据《城镇给排水管道原位固化法修复工程技术规程》T/CECS 559中不同条件下内衬管壁厚计算公式计算所得；④地下管道需要承载的荷载包括其上部土层压力、地下水压力、地面活动荷载和其他需要考虑的外部荷载；⑤当待修管道局部开裂、局部腐蚀、管道渗漏等局部轻微损坏时，可对管道进行点状修复，对同一管段的点状修复超过3处的，宜采用整体修复；⑥软管设计时需考虑拖拉时应满足最大允许拖拉力要求。

(二) 修复施工前的准备

①内衬软管在储存和运输过程中，要按照厂家要求温度条件，同时避免阳光直射。②提前报交通管理部门和道路管理部门的批准。设置临时交通导行标志，设置路障，隔离设施。设专职交通疏导员进行交通导引。③对参与施工人员进行安全技术交底，重点强调劳保用品的穿戴、设备安全操作注意事项、有限空间作业安全管理规定等。④对待修管道进行预处理，对管道内壁存在较大凸起、异物穿插等缺陷要采用管道切削打磨机器人进行局部处理避免划伤内衬软管；预处理后的原有管道应无沉积物、垃圾及其他障碍物，不应有渗水现象。

(三) 修复施工过程

①拉入软管之前应在原有管道内铺设垫膜（底膜），垫膜应置于原有管道底部，并覆盖大于 1/3 的管道周长，且应在原有管道两端固定。②内衬管道拉入待修复管段时应沿管底的垫膜平稳、缓慢地拉入原有管道，拉入速度不得大于5m/min；在拉入软管过程中，不得磨损或划伤软管；软管两端应比原有管道长 300-600mm软管拉入原有管道之后，应对折放置在底膜上。③、充气膨胀软管应严格按照产品说明书充气流程执行，且不可一次性或过快冲入大量压缩空气膨胀软管，避免导致内衬褶皱，影响固化的管道质量。④紫外光固化时需要保持内衬管内温度、压力达到要求值。内衬固化完成后，应缓慢降低管内压力至大气压；⑤紫外光固化速度要严格按照工艺操作规程来控制，在紫外光前端安装CCTV监控温度，若是发生意外，应立即停止并进行处理。

(四) 对初步修复管道进行处理

①内衬管头切除：固化完成后，卸掉扎头、回拉内衬膜、内衬管端头应进行密封和切割处理；端口应切割平整，并密封内衬管和原有管道间的空隙；②支管开孔：对于有支管的主管道修复后，应依据管道权属单位的要求，采用管道切割打磨修复机器人，在支管接头位置打

磨通孔。

(五) 质量检测与验收

紫外光固化内衬管道修复技术完工后的检查验收非常重要,需要从下面几个方面对修复效果进行全面评估。

①管道完整性检测:完成紫外光固化内衬管道修复后,应进行管道完整性的检测。通过外观检查、内部检测等方式,确认管道没有出现破损、裂缝、气泡等问题。同时,应检查修复位置是否与原管道紧密贴合,没有脱层、起泡等现象。

②管道功能性检测:功能性检测主要是测试管道是否能够正常工作,包括水流是否顺畅、压力是否稳定等。通过加压测试、通水测试等方式,确认管道在使用过程中没有异常现象,能够满足正常使用要求。

③涂层厚度检测:涂层厚度检测主要是检查涂层的均匀性和厚度是否符合要求。采用涂层测厚仪等工具进行测量,确保涂层厚度符合标准,能够起到防腐、防渗等作用。

④固化程度检测:固化程度检测主要是检查紫外光固化内衬材料是否完全固化。采用硬度测试、折射率测试等方式,确认材料已经完全固化,并具备良好的物理性能和化学性能。

四、紫外光固化内衬修复管道技术的应用范围、优势及发展前景

(一) 应用范围

紫外光固化内衬管道修复技术适用于各种材质和管径的管道,包括钢管、铸铁管、混凝土管等。该技术适用于各种管道长度,可以分段修复或整段修复。紫外光固化内衬管道修复技术适用于各种管道状况,如管道破损、渗漏、腐蚀等,同时对于管道内部的堵塞、污垢等问题也有较好的处理效果。该技术广泛应用于市政、工业、水利、电力等领域的管道修复工程。需要注意的是,紫外光固化内衬管道修复技术对于一些特殊管道或特定工况可能不适用。因此,在实际应用中,应根据具体情况选择合适的管道修复技术。

(二) 应用优势

①高效快捷:采用了快速、高效的光固化反应,可以在短时间内完成长距离的管道修复工作。相较于传统的管道修复技术,紫外光固化内衬修复技术的施工时间大大缩短,能够迅速恢复管道的正常使用,减少了对生产和生活的影响。

②环保安全:是一种环保型技术,施工过程中不需要使用任何化学药剂或粘胶剂,避免了废液、废气的排放,对环境友好。此外,该技术施工过程中不会产生噪音、震动等干扰因素,保证了施工安全和周边环境的稳定性。

③强度高:紫外光固化内衬修复技术的材料具有较高的强度和耐压性能,能够承受较高的压力和负荷,保证了管道的正常使用。同时,该技术的材料还具有良好的韧性和耐久性,能够适应管道的变形和伸缩,不易出现开裂、破损等问题。

④耐久性好:紫外光固化内衬修复技术的材料具有良好的耐腐蚀性和耐老化性,能够长期保持管道的使用

寿命。该技术的材料还具有较好的防渗漏性能,能够有效地阻止腐蚀介质和水分的渗透,避免了对管道的进一步损坏。

⑤操作简单:施工步骤简单,操作容易,而且智能化程度较高,只需进行短时间培训后即可操作设备。该技术的设备和材料相对较为轻便,便于运输和搬运,降低了施工难度。同时,该技术的自动化程度较高,减少了人工操作的误差和不确定性。

(三) 发展前景

随着城市化进程的加快和管道设施的日益老化,管道修复市场呈现出巨大的发展潜力。紫外光固化内衬修复技术作为一种高效、环保、耐久的管道修复技术,具有广阔的应用前景。未来,该技术将在以下几个方面得到进一步的发展和应用:

①材料研发:随着科技的进步,新型的紫外光固化材料将不断涌现,进一步提高内衬材料的性能和耐久性。

②设备优化:紫外光固化设备的研发和优化将进一步提高设备的稳定性和可靠性,降低设备的成本和维护成本。

③智能化应用:通过引入智能化技术,实现紫外光固化内衬修复技术的自动化和智能化,提高修复效率和精度。

④拓宽应用领域:紫外光固化内衬修复技术将进一步拓宽应用领域,不仅局限于供水、排水、化工等领域,还将应用于其他行业的管道修复工作中。

⑤环保要求提高:随着环保意识的不断提高,紫外光固化内衬修复技术的环保优势将得到更广泛的认可和

五、结束语

紫外光固化内衬管道修复技术作为一种新型的管道修复技术,具有广阔的应用前景。通过不断的实践和探索,该技术的优势和应用领域将得到进一步拓展。未来,紫外光固化内衬修复技术有望成为城市管道修复工程中的主流技术,为城市的可持续发展提供有力支持。

参考文献

- [1]郭函君.大口径供水管道紫外光固化修复工艺的工程应用[J].净水技术,2021,40(S1):211-214.
- [2]谢堂水,崔光强,张和明.CIPP紫外光固化全内衬修复施工技术在广州城区污水管道修复中的应用[J].工程建设与设计,2021(02):182-183.
- [3]赵志健,庞常.紫外光固化(CIPP)非开挖修复工艺在病害管网修复中的应用[J].智能城市,2019,5(21):83-84.
- [4]廖宝勇.排水管道UV-CIPP非开挖修复技术研究[J].中国地质大学博士论文,2018(07):23
- [5]喻靖.紫外光固化全内衬管道非开挖修复技术在污水旧干管改造工程中的应用[J].中国新技术新产品,2014,22(07):33-34.

作者简介:尹维军(1977.10-12),男,湖南华容人,汉族,本科学历,工程师,主要从事桥梁、隧道及城市市政工程施工技术管理工作。