

CIPP紫外光固化技术在复杂地质条件下市政管道修复的应用研究

王铭玺

中国水利水电第十二工程局有限公司 浙江 杭州 310030

摘要：本文深入探讨了CIPP紫外光固化技术在复杂地质条件下市政管道修复的应用。通过分析软管置入、紫外光照射固化过程及其技术要求，评估了不均匀沉降、地下水位变化和土壤腐蚀性对修复效果的影响。研究提出了针对地质条件的内衬设计策略、地下水位控制和土壤腐蚀性防护措施，以及温度控制和固化均匀性保证技术。此外，本文还分析了CIPP技术非开挖方式的优势、修复效果评估、施工效率提升以及环境和社会效益。最后，总结了技术应用前的准备工作、管道清理与预处理、操作过程中的注意事项以及技术应用的后续管理，为CIPP技术在市政管道修复中的应用提供了科学依据和实践指导。

关键词：CIPP技术；紫外光固化；市政管道修复；复杂地质条件

引言

CIPP紫外光固化技术是一种高度先进的非开挖管道修复手段，它通过将预先浸渍有特定树脂的软管精确地置入待修复管道内部，随后利用高强度的紫外光线对树脂进行照射，促使其发生化学反应并快速固化，进而达到有效修复管道的目的。这项技术在市政管道修复领域扮演着至关重要的角色，它凭借出色的性能，能够大幅度地延长管道的使用寿命，显著提升管道的运行效率，并且在实施过程中还能有效地降低对城市交通和环境造成的不良影响。在复杂多变的地质环境中，诸如地表不均匀沉降、地下水位频繁波动以及土壤具有的强烈腐蚀性等一系列问题，均给CIPP技术的应用带来了众多严峻的挑战。研究CIPP（Context, Input, Process, Product）技术在特定施工环境、材料要求及操作规范等这些复杂条件下的具体应用策略和实施细节，对于提升市政管道修复的效率和保证修复质量而言，具有不可忽视的重要意义。本研究将深入探讨CIPP技术的核心原理、在实际应用中所面临的挑战，并具体分析其在复杂地质条件下的适用情况，旨在为市政管道修复领域提供坚实的科学依据和先进的技术支持。

1 CIPP 技术应用概述

1.1 技术应用过程

软管置入的具体步骤包括了管道的预先准备、软管内衬材料的细致铺设，以及随后的充气扩张过程。操作的核心要点在于必须保证软管能够严密且均匀地贴合于原管道的内壁，从而有效防止气泡的产生，并确保软管表面无任何褶皱出现。紫外光照射固化时，需确保光源

能够均匀覆盖软管表面，同时，固化时间和技术参数必须经过精确调控，以确保内衬材料能够得到充分的固化处理，进而形成具有高强度特性的内衬层^[1]。内衬固化完成后，需开展一系列详细的质量检查和评估工作，这包括了视觉检查以确认表面状况、使用专业工具进行厚度测量以确保达到规定标准，以及执行压力测试来验证结构强度等关键环节，从而全面确保修复效果满足既定的标准要求，为管道的长期安全稳定运行提供坚实保障。

1.2 地质条件对技术应用的影响

在复杂多变的地质环境中，CIPP紫外光固化技术在应用过程中遭遇到了包括地层不稳定、土壤含水量高等在内的多重技术挑战。不均匀沉降会引起管道发生显著的错位和各种变形情况，这不仅极大地增加了软管置入过程中的操作难度，而且还可能对紫外光照射的均匀分布造成不利影响，从而对内衬的固化效果产生负面作用。在设计和施工的实际操作中，必须全面考虑管道的沉降状况，包括沉降的幅度、速度以及可能带来的影响，并据此采取针对性的措施，以确保内衬与管道壁之间达到紧密的贴合效果。高水位状况可能会引发管道内部大量积水，进而对软管的顺利置入以及紫外光固化修复过程的实施产生不利影响。积水可能会加速土壤对内衬材料的侵蚀过程，特别是通过增加水分与材料的接触时间和渗透深度，从而降低修复工程的整体效果。

1.3 技术实施中的难点应对

在面对包含各种复杂地质状况，如坚硬岩层、松软土壤及地下水丰富等条件下的市政管道修复时，CIPP紫外光固化技术需要针对性地解决包括材料适应性、固化

效果以及施工难度在内的多项难点。针对不均匀沉降问题,内衬设计在策划时需着重考虑如何增强材料的柔韧性和强度特性,可通过引入预应力技术或采取分段固化策略来实现。这些措施旨在灵活应对管道可能产生的不规则形变,从而确保内衬层能够与管道壁形成紧密且无缝的贴合状态^[2]。在复杂地质条件下,针对管道出现的变形、错口、脱节等缺陷,CIPP紫外光固化技术实施中可采取以下难点应对措施:先对管道进行精确检测与评估,采用预处理技术修复或调整变形部位,利用柔韧性强的内衬材料适应错口,对脱节部分进行临时支撑并注入填充材料,确保内衬紧密贴合,提高修复效果,保障管道长期稳定运行。

地下水位的的有效管理与控制是确保工程安全与环境保护的另一至关重要因素。采用最新一代的地下水抽取与高效引流技术,并结合精密设计的临时封堵方案,从而严格保证施工区域的干燥状态,有效防止水分对内衬固化过程可能产生的任何负面效应。针对土壤的腐蚀性特性,选用具有卓越耐腐蚀性能的内衬材料,并在施工工作开展之前,对土壤样本进行了详细的化学分析,以便根据分析结果定制化出最适合的防护方案,从而有效地延长管道的整体使用寿命。

温度控制的精确性以及固化过程的均匀性,这两者都是确保最终产品质量不可忽视的关键因素。在固化过程中通过精密调控紫外光源的强度以及严格设定照射时间,同时,结合先进的智能温控系统,以实现对固化温度的持续稳定控制。采用均匀分布的紫外光灯带,结合高效的旋转固化装置,确保内衬材料能够进行全面且均匀的固化处理,从而显著提升修复的质量和长期的稳定性。

2 CIPP 技术优势分析

2.1 非开挖方式的优势

CIPP紫外光固化技术采用非开挖方式,对排水管道进行修复,其优势显著。该技术无需开挖路面,大大减少了施工对城市交通的影响,尤其适用于交通繁忙路段。在修复过程中,该技术能确保管道过水断面基本无影响,保证管道过水流量的通畅,有效应对管道破裂、腐蚀、轻微错口、轻微脱节等结构性缺陷,恢复管道功能。此外,非开挖方式还减少了噪音、粉尘等污染,保护了周边环境,体现了绿色环保的施工理念。总之,CIPP紫外光固化技术的非开挖方式,在城市管道修复中具有重要意义。

2.2 修复效果评估与质量保障

修复效果的全面评估,包括对修复前后的性能对比、固化效果的均匀性以及长期稳定性等方面,构成了

CIPP紫外光固化技术应用研究中的至关重要环节。对修复后管道的承压能力和耐久性进行深入分析,这包括了内衬材料的力学性能评估,包括其抗拉强度、抗压强度等关键指标,以及长期稳定性考察,诸如耐老化、耐腐蚀等方面的表现,从而全面确保管道在各种复杂地质条件下的可靠性和持久使用^[3]。评估内衬材料与原管道的粘合效果,这一关键指标直接关联着修复后管道的结构稳固性及其长期的使用寿命表现。

2.3 施工效率的提升

在复杂地质条件下,通过对施工流程的细致优化,CIPP紫外光固化技术的实际应用过程得以显著加速。例如,将软管置入、紫外光照射及固化等一系列关键步骤,通过精细化编排,如优化操作步骤顺序、调整设备布局等,有效减少了等待时间,从而显著提高了各环节之间的衔接效率。施工设备的不断更新换代与技术优化,以及对其进行的持续改进与维护,均是提升工作效率不可或缺的关键环节。采用配备了更尖端技术的紫外光灯车和经过优化的固化控制系统,以确保固化流程既迅速又均匀进行,并且大幅度降低了设备的故障发生概率,进而有效保障了施工过程的连续性和稳定性。结合实时监控机制,能够迅速捕捉施工中的异常情况,并通过严格的质量控制机制,及时发现并有效处理这些问题,从而确保整体施工进度得以稳定且高效地推进。

2.4 环境和社会效益

CIPP紫外光固化技术,作为一种先进的非开挖修复手段,在应对复杂地质条件下的市政管道修复任务时,凭借其独特的技术优势,能够显著地降低施工活动对周边环境造成的干扰与潜在破坏。该技术通过创新手段,有效规避了传统开挖方式所引发的交通阻塞问题,同时显著减少了噪音污染的产生,从而将对居民日常生活的负面影响降到了最低程度。

3 技术应用前的准备工作

3.1 管道检测与评估

对目标管道实施详细无遗的全面检测工作,深入分析其结构布局与构成材料的当前实际状况,力求精准无误地把握管道每一处的实际使用详情,确保无任何遗漏。深入评估管道内部环境,具体考察沉积物的类型、分布以及水流速度的快慢等因素,同时综合考虑外部地质条件,诸如土壤的稳定性状态、地下水位的高低及其变化趋势等,这些因素都将对修复方案的制定产生直接且重要的影响。基于详细的检测与综合评估结果,我们科学地制定出一套精确的管道修复方案,并依据方案合理安排施工计划,确保每一步操作都严格契合管道的实

际需求,同时充分考虑到地质条件的各种限制因素,从而为后续CIPP紫外光固化技术的顺利实施奠定一个既稳固又可靠的坚实基础。

3.2 管道清理与预处理

管道内部的清洁工作,作为CIPP紫外光固化技术应用前不可或缺的一环,要求彻底地移除管道内壁的各类沉积物、油脂积累、伸入的树根以及其它可能影响施工的细小杂物,以此来保证内衬材料在安装过程中能够毫无缝隙地紧密贴合于管道内壁。这一步骤普遍采用高压水射流清洗技术,该技术凭借强大的冲击力,能够高效地去除管道内的污垢,同时其精确的控制能力确保了不会对管道结构造成任何损伤。管道表面预处理的主要目的是通过一系列工艺手段,增强内衬材料与管道原始壁面之间的结合力,从而提升粘合强度。这包括了去除管道表面锈蚀、清除旧涂层残留等不利因素的步骤,同时还涉及采用机械或化学手段来提升表面粗糙度,以此来保证内衬在固化后能构建出一个坚固且稳定的结构层。预处理过程中,还需特别注意对管道内壁实施妥善的保护措施,以防止因过度处理而引发管壁厚度减少或造成管壁损坏的情况。

3.3 操作过程中的注意事项

在CIPP紫外光固化技术的整个操作流程中,确保软管材料与管道密闭贴合是核心环节。为此,施工团队需精准操作,使软管无褶皱、无气泡地紧密贴合于管道内壁,尤其在管口位置,采用专用密封技术处理,以抵御复杂地质条件下湍急流水的侵蚀,防止软管脱落。同时,施工安全性与环境保护不容忽视,团队必须严守安全规程,保障人员安全,降低环境干扰。技术参数的精准监控同样关键,紫外光强度、照射时间、温度等均需严格控制,确保内衬材料均匀固化,从而保障修复质量。施工质量的实时监控,包括对各个施工阶段的细致观察与记录,以及问题的迅速处理,构成了不可忽视的关键环节。通过安排定期的现场检查 and 全面的评估工作,能够及时发现并有效应对施工过程中的各种潜在问

题,从而有力保障管道修复工作的平稳、有序进行。

3.4 技术应用的后续管理

修复后管道的定期检查,包括对管道结构完整性的评估、连接部位的密封性检查,以及潜在腐蚀点的监测,与维护措施相结合,是确保修复效果长期稳定、持久有效的关键环节。对管道的结构完整性进行细致评估,检查内衬材料的粘合状态是否稳固,并对管道运行状态进行全面监测,以确保能及时发现并妥善处理任何潜在问题。通过系统性地定期收集并分析管道运行数据,深入探究管道的承压能力变化、水流特性的具体表现以及抗腐蚀性能的稳定性等关键性技术指标,可以为后续的技术革新和实际应用提供坚实而有力的数据支撑。技术改进的具体措施和应用过程中的宝贵经验总结,共同构成了推动CIPP紫外光固化技术持续发展的重要基石。通过对已完成项目的每一个细节进行全面而深入的回顾与细致分析,我们精心提炼出了宝贵的成功经验以及亟需改进的不足之处。

4 结语

CIPP紫外光固化技术,作为一种创新的市政管道修复手段,在各类市政管道修复项目中展现出了极为广阔的应用前景。它不仅能够显著提升城市基础设施的整体质量与服务水平,确保城市功能的顺畅运行,而且对推动相关技术进步和市政管理的现代化进程具有不可估量的重要意义。鉴于此,我们有理由相信,CIPP紫外光固化技术在未来的市政管道修复领域将拥有更加可期的应用前景。

参考文献

- [1]石东优,张军,李静,等.城镇排水管道CIPP紫外光固化修复技术工程应用[J].给水排水,2024(2):113-120.
- [2]宁朋飞.雨污水管道紫外光原位固化修复施工技术研究[J].安家,2024(6):0016-0018.
- [3]徐敏.紫外光原位固化在给排水管道修复中的应用[J].中国高新科技,2024(8):56-57.