

# 地下管网修复工程设计研究

闫建锦

深圳市市政设计研究院有限公司

**摘要：**为了探讨地下管网修复工程的设计原则与实施策略，本文以长沙市湘江新区东南部的洋湖片区为案例进行深入分析，首先评估了该地区地下管网的当前状况，发现结构性和功能性缺陷普遍存在，然后通过对管网材质老化、结构损坏、维护不足及技术更新滞后等原因的深入分析，提出了一系列修复工程设计原则，包括人水和谐、绿色发展，问题导向，精准施策，统筹兼顾，系统治理，以及突出重点，远近结合等，具体的修复及新建方法主要有现场原位固化法（CIPP）、胀管碎管法及非开挖新建技术等多种现代技术，还阐述了施工步骤、质量控制措施 and 环境保护策略，旨在恢复和提升地下管网的功能，实现城市基础设施的可持续发展。

**关键词：**地下管网修复；项目管理；可持续性；现场原位固化法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.12.097

## 引言

随着城市化进程的加速，地下管网作为城市基础设施的重要组成部分，其安全运行和高效管理已成为城市发展的关键。然而，多数城市地下管网面临着老化、破损及技术落后等问题，这不仅威胁到城市的正常运作，还可能引发环境污染和公共安全事件<sup>[1]</sup>。因此，对地下管网进行及时有效的修复与升级至关重要。本文结合具体工程实例，通过深入分析地下管网修复工程设计的必要性，探讨各种现代修复技术，如现场固化管道（CIPP），并结合项目管理和风险评估方法，提出针对性的设计和实施策略，不仅能提供实用的设计指南，还为城市基础设施的可持续发展提供理论支撑和实践指导。

## 一、工程概况

洋湖片区地下管网修复工程设计旨在改善该地区现有的排水系统、市政排水管道及其配套设施。项目地处长沙市湘江新区东南部，东临湘江，南至三环线，西北邻靳江河，总规划面积为11.37平方公里，包括多个村镇的用地。对洋湖片区地下管道采用管道潜望镜进行全面检测，检测长度130043.6m，检测共发现缺陷4233处，其中结构性缺陷1650处，功能性缺陷2583处。根据管道缺陷类型，缺陷中以错口（541处）为主，占32.79%，其次为变形（485处）和破裂（355处），分别

占29.39%和21.52%；功能性缺陷以沉积（1275）为主，占49.36%，其次为障碍物（1190处），占比46.07%。区域排水管道检测共发现结构性缺陷1650处，主要表现为：变形和错口较为严重。区域排水管道检测共发现功能性缺陷2583处，主要表现为较为严重的管道沉积和障碍物，总计共有沉积、障碍物2155处，淤积方量总计6117m<sup>3</sup>。根据管道缺陷等级，通过检测共发现缺陷4233处，其中1级缺陷2187处，占比51.7%；2级缺陷1030处，占比24.3%；3级缺陷447处，占比10.6%；4级缺陷569处，占比13.4%。整个片区2级以内缺陷密度为40m/处，3、4级缺陷密度为128m/处。通过检测共发现检查井缺陷5111处，其中外部缺陷1160处，内部缺陷3951处。外部缺陷中以井盖标示错误（1046处）为主，占90.2%，其次为周边路面破损、沉降（57处）和井盖破损（33处），分别占4.9%和2.8%；内部缺陷以无防坠落装置（1762处）为主，占44.6%，其次为无爬梯（1736处）和水流不畅（334处），分别占43.9%和8.5%。工程设计的主要目标是解决排水系统中存在的各类问题、病害、污染源及内涝问题，实现市政排水管网原设计功能的基本恢复，确保雨污分流，提高排水管网的过流能力，并提出整改修复设计及合理化建议。项目建设条件成熟，技术上采用成熟技术，工程的社会、经济和环境效益显著，对提升周边居民的环境质量具有重要意义。

## 二、地下管网问题产生原因分析

由于长期使用和缺乏有效的维护，洋湖片区的地下管网系统出现了老化和破损的问题。首先，管网材质老化是关键因素之一。随着时间推移，管材如混凝土、铁等材料会因环境因素如土壤腐蚀、地下水侵蚀及温度变化而逐渐退化。其次，地下管网由于长期承受地表载荷和地质变动的影 响，结构会出现裂纹或变形。由于缺乏规律的维护检查和及时的修复，小的缺陷未能在早期发现和处理，随着时间的推移，这些问题逐渐累积，导致管网的整体性能下降。随着新材料和新技术的出现，旧管网系统在设计上和材料上已不再适应当前的需求。此外，城市发展和人口增长导致原有设计容量不足，增加了管网的负担，进一步加剧了老化和破损问题。

## 三、地下管网修复工程设计原则

### （一）人水和谐，绿色发展

在遵循水生态文明建设理念的指导下，洋湖片区地

下管网修复工程设计坚持尊重、顺应、保护自然的生态文明理念，秉持以人为本、实现人水和谐相处的可持续发展治水思路。项目设计重点关注解决洋湖片区水环境存在的问题，将其作为首要任务，坚持社会经济发展规律与自然规律的协调统一。在此过程中，妥善处理保护与开发的关系，推动洋湖片区实现绿色发展。在管网修复中，不仅要注重技术和功能的提升，更要充分考虑环境保护和生态平衡，确保工程的实施能够与自然环境和谐共存，为当地居民带来长远的社会、经济及环境效益。

### （二）问题导向，精准施策

为实现洋湖片区水环境的提升，项目设计人员广泛收集并分析了该区域的历史资料，深入了解其水环境的变化过程及特点。通过全面开展流域污染源及水质指标调查，精确掌握了水环境质量的现状，并对水环境问题的成因进行了科学论证。在此基础上，坚持问题导向和目标指引的原则，科学规划和精准施策，确保水环境治理工作既符合实际情况，又能有效达成总体目标。

### （三）统筹兼顾，系统治理

在“统筹兼顾，系统治理”原则下，洋湖片区地下管网修复工程采取了全面而系统的治理思路，包括“流域、水陆、江湖”三个统筹维度，以及“水安全、水环境、水生态、水景观、水管理”五位一体治理理念<sup>[2]</sup>。具体措施主要有：对陆域点源、面源及水域内源实施统一管控，严格控制入渠污染负荷；加强水系连通，提升水体流动性，增加河道自净能力；通过生态恢复促进河道向健康水生态系统发展；在此基础上，加强综合管理，建立完善的水环境监测系统。

### （四）突出重点，远近结合

针对洋湖片区管网整改治理的长期性、复杂性和艰巨性，采取“突出重点，远近结合”的策略。近期措施以控制污染物入湖和增加水体自净能力为重点，全面启动并着重突破；远期措施则聚焦于恢复健康水生态和完善水环境保护监督机制，不仅考虑了当前的紧急需求，也规划了长远的目标，有助于实现洋湖片区流域健康水生态系统的自我维持和良性循环，建立人与水和谐相处的优美环境。

## 四、地下管网修复工程设计方案

根据管道的具体条件（如材料、直径、损坏程度等），选择适宜的修复技术，例如现场固化管道（CIPP）、管道爆破或无开挖技术。考虑管道的材料、直径、损坏程度以及地理位置等因素，以确保修复工作既高效又具有成本效益，还需考虑工程的安全性、环境影响和后期维护的便捷性。

### （一）现场原位固化法（CIPP）

CIPP（现场原位固化法）技术是一种无须进行大规模挖掘的地下管道修复方法，广泛应用于城市基础设施的维护。通过在现有管道内部安装树脂浸泡的管道衬里，然后在现场原位固化来修复管道。CIPP技术适用于各种类型的管道材料，如混凝土、铸铁和塑料管道。CIPP技术的主要优势包括节省成本和减少对周围环境的影响。由于无须大规模挖掘，CIPP技术减少了对交通、商业活动和居民生活的干扰，同时降低了修复过程中的噪音和尘土污染。CIPP技术由于减少了物理挖掘，相比传统的管道修复方法，对地下现有设施的破坏也较小。首先，管道清洗和检查，以确定修复范围和确保衬里可以正确安装。然后，制备和安装衬里，其中衬里材料通常是树脂和纤维复合材料。衬里安装后，使用蒸汽或热水来固化树脂，使之硬化并紧密贴合原管道内壁。完成上述过程后，新的管道衬里将恢复或甚至提高原有管道的结构完整性和流量。

### （二）胀管碎管法

胀管碎管法技术适用于彻底更换老化或严重损坏的管道段。当管道的状况过于恶劣，无法通过修复来恢复其功能时，需要采用胀管碎管法技术进行完全替换。胀管碎管法工作涉及高精度的计划和执行，以确保安全和效率。胀管碎管法技术通常包括对待更换管段的准确评估、周围地区的风险评估、胀管碎管方案的制定、实施以及后续的管道更换工作。由于其操作的复杂性和潜在风险，胀管碎管法工作需要由专业团队在严格监控下进行。尽管胀管碎管法会导致一定程度的周边环境干扰，但在某些情况下，它仍然是修复严重损坏管道的最有效手段。

### （三）非开挖新建技术

非开挖新建技术，如顶管或顶推技术，主要应用于城市密集区域的修复或更换地下管网，因为它能最小化对地面交通和周围建筑的影响<sup>[3]</sup>。通过在地面以下创建新的管道路径，而无须进行大规模的地面挖掘，从而减少了对日常生活和商业活动的干扰。在起始坑里安装推进设备，然后逐段推进管道至预定位置，而顶推技术则是通过从一侧推动管道进入地下的方式来进行安装，需要精确的工程规划和地质评估，确保安全有效地完成管道的安装或更换。

### （四）施工步骤及流程

在洋湖片区地下管网修复工程中，为了确保工程的顺利实施，应从项目的初步启动阶段开始，经过精心规划和组织，直至工程的最终完成。施工步骤主要包括：

#### （1）项目准备阶段

项目准备阶段是洋湖片区地下管网修复工程成功实施的基础，此阶段包括对工程的整体规划，对设计方案的细致审核以确保其符合技术和安全标准。获取施工许可证和进行环境影响评估也是关键步骤，以保证项目符合法规要求，并最小化对环境的负面影响。在此阶段，多方协调和精确规划尤为重要，以确保项目的顺利开展。这一阶段的周密准备为后续施工活动奠定了坚实基础，确保了整个工程的顺利进行。

#### (2) 施工前的准备工作

在洋湖片区地下管网修复工程的施工前准备工作中，重点在于确保施工现场的充分准备，包括搭建必要的临时设施，如临时办公室、储存区和休息区，以及施工材料的准备和运输。材料准备工作涉及确保所有必要材料的及时采购和运送至施工现场，包括管材、衬里材料、施工机械等。此外，施工场地的布置要考虑到高效作业空间的规划，安全通道的设置，以及对周边交通和居民生活最小的干扰。这一阶段的精细准备是确保施工顺利进行的关键，同时也有助于降低施工中可能出现的风险和延误。

#### (3) 实际施工阶段

在洋湖片区地下管网修复工程的实际施工阶段，工作重点集中于管网的清理、损坏部分的修复或更换，以及新管道的安装。首先，进行管道的彻底清理，以确保修复工作的顺利进行。由于洋湖片区为新开发片区，近期开发强度较大，大量施工废水就近排入至污水管网，加上片区管网维护不到位，导致洋湖片区市政排水管网淤堵严重，局部管段淤堵已严重影响片区排水系统正常运行，对片区排水管网进行清淤迫在眉睫。同时，对片区排水管网进行修复前，必须先对修复段管网进行清淤处理。结合洋湖片区污水管网淤积现状情况，本次洋湖片区污水管网在有条件实施管道采用高压水射流清淤、水冲刷清淤，采用高压清洗车和真空吸污车作业，在复杂管段及机械清理条件不足情况下采用机器人清淤。然后，对于已经识别出的损坏部分，根据其损坏程度和位置，采取相应的修复或更换措施。最后，安装新管道，需要精确和高效的操作，以确保新管道的正确安装和长期的稳定运行。整个施工阶段都严格遵守安全规范，确保施工质量，同时尽量减少对周边环境的影响。

#### (4) 施工后的检验和维护

在洋湖片区地下管网修复工程中，施工后的检验和维护阶段至关重要。工作完成后，首先进行的是管网的全面测试和检验，以确保所有修复和安装工作均达到了设计要求和安全标准，包括对管道的压力测试、泄漏检测和结构完整性评估，确保修复后的管网能够安全、有

效地运行。制定相应的维护计划和策略也是必要的，以确保长期的稳定性和管网的最优性能。

#### (五) 施工质量控制措施

为确保洋湖片区地下管网修复工程的质量，项目方案中应包含工程质量控制措施，确保所有工程活动均严格符合相关的标准和规定。从设计阶段起，每部分设计方案都经过严格的质量审核和评估，确保符合工程标准和安全规范。进入施工阶段，细致的材料检验和施工质量监控成为日常工作的核心，以确保所有使用材料和施工方法都达到预定标准。此外，定期的安全和质量检查帮助识别潜在问题，并及时采取措施解决。最后，在工程完成后，进行全面的质量评审和验收，确保整个工程从设计到实施再到完成的每个环节都符合最高的质量标准。

#### (六) 环境保护策略

在洋湖片区地下管网修复工程中，环境保护策略被赋予了高度的重视。整个方案着重于减少工程对环境的影响，体现在多个方面：首先，项目在材料选择上优先考虑环保材料，减少对自然环境的负面影响。其次，工程施工过程中采用了各种措施以减少噪音和尘土污染，如使用低噪音设备和封闭式施工。此外，施工过程中还特别注意对周边生态系统的保护，避免对水质和土壤造成污染。

### 五、结语

综上，本本主要通过对洋湖片区地下管网修复工程设计的全面分析，提出了地下管网修复策略，不仅考虑到技术的先进性和实用性，还兼顾了环境保护和社会经济效益。通过采用现代修复技术如CIPP、胀管碎管法及非开挖新建技术，结合精细的项目管理和风险评估，本研究为地下管网的高效修复和可持续管理提供了实用的指导和理论支持，确保了工程的成功实施和长远效益。

### 参考文献

- [1] 敖翔宇, 李英成. 山地城市既有地下排水管网检测及更新修复技术研究[J]. 重庆建筑, 2022, 21(8): 64-66.
- [2] 陈钰林, 郑登登. 城市地下排水管网渗漏非开挖注浆修复施工技术分析[J]. 工程技术研究, 2021, 6(10): 130-131.
- [3] 葛琛. 城市地下排水管网气动碎裂管道置换技术[J]. 国防交通工程与技术, 2022, 20(5): 59-62.

作者简介: 闫建锦(1989.02-), 男, 汉族, 籍贯: 山西省太原市, 本科, 工程师, 研究方向: 市政给排水。