

城市排水管网非开挖修复技术的造价研究

何会敏 吴传杰

成都兴蓉市政设施管理有限公司 四川 成都 610000

【摘要】：城市化进程的加速使得城市排水管网的重要性愈发凸显，传统开挖修复技术因对城市交通、环境等影响较大，在城市核心区域的应用受限。非开挖修复技术凭借其独特优势逐渐得到应用，但造价问题成为制约其推广的关键。本文以某城市排水管网病害治理工程为例，深入分析非开挖修复技术的工艺流程与造价特征，对比该技术与开挖修复技术的造价，为城市排水管网修复技术的选择提供参考。

【关键词】：城市排水管网；非开挖修复技术；造价研究；开挖修复技术；工程案例

DOI:10.12417/2811-0722.25.10.034

引言

城市化的快速推进带动了城市排水管网建设的飞速发展，截至 2024 年初，全国城市排水管道总长度已突破 100 万公里。这些管网在长期运行中，由于地质变化、材料老化等原因，出现了不同程度的损坏，影响了排水系统的正常运行。非开挖修复技术作为一种新型的管道修复技术，无需大面积开挖路面，具有施工周期短、对环境影响小等优点，能够有效解决传统开挖修复技术存在的问题。然而，非开挖修复技术的初期造价相对较高，使得许多城市在选择修复技术时犹豫不决。因此，对城市排水管网非开挖修复技术的造价进行深入研究，分析其成本构成及影响因素，具有重要的现实意义。

1 城市排水管网非开挖修复技术工艺流程与造价特征分析

1.1 非开挖修复技术工艺流程

非开挖修复技术是在不开挖或少开挖路面的情况下，对损坏的排水管道进行修复的技术。其主要工艺流程包括：①管道检测：采用 CCTV 管道机器人等设备对管道内部进行全面检测，确定管道的损坏位置、程度和类型；②管道清洗：通过高压水射流等方式清除管道内的沉积物、杂物等，为后续修复工作创造良好条件；③修复准备：根据管道检测结果，制定修复方案，准备所需的材料和设备；④管道修复：采用相应的非开挖修复技术，如紫外光固化法、内衬法等对管道进行修复；⑤质量检测：修复完成后，再次采用 CCTV 等设备对修复效果进行检测，确保修复质量符合要求。

1.2 非开挖修复造价特征分析

非开挖修复技术的造价由直接成本和间接成本两部分组成。直接成本主要包括设备购置及租赁费用、材料费用、人工费用、运输费用等；间接成本主要包括施工期间的交通疏导费用、环境监测费用、管理费用等。与传统开挖修复技术相比，非开挖修复技术的直接成本中材料费用和设备费用占比较高，这是因为非开挖修复技术所使用的材料多为高性能复合材料，设备也较为先进。但非开挖修复技术的间接成本相对较低，因

为其施工对交通和环境的影响较小，不需要大规模的交通疏导和环境治理。两种修复技术的造价对比情况如表 1 所示。

表 1 非开挖与开挖修复技术造价对比表

项目	非开挖修复	开挖修复
直接成本	设备购置及租赁费用高、材料费用高、人工费用较高、运输费用较低	设备购置及租赁费用较低、材料费用较低、人工费用高、运输费用高
间接成本	交通疏导费用低、环境监测费用低、管理费用较低	交通疏导费用高、环境监测费用高、管理费用高
综合成本	初期较高，长期较低	初期较低，长期较高

2 项目简介

2.1 项目背景

本研究选取某城市老城区排水管网病害治理工程作为案例。该老城区排水管网建设年代久远，管道老化严重，存在多处破裂、渗漏等问题，严重影响了城市的排水功能和居民的生活环境。该区域人口密集，交通流量大，地下管线复杂，若采用传统开挖修复技术，将对城市交通和居民生活造成极大影响。

2.2 修复方案

综合考虑该项目的实际情况，决定采用非开挖修复技术进行修复。根据管道的损坏程度和位置，分别选用紫外光固化法、局部内衬法等非开挖修复技术。

3 城市排水管网非开挖修复技术的造价分析

3.1 各项费用构成分析

3.1.1 设备费用

非开挖修复技术对设备的依赖性极强，所使用的设备大多具有较高的技术含量和专业性。像 CCTV 管道机器人，它能够深入管道内部，清晰拍摄并传输管道内部的影像资料，为管道检测和评估提供精准的数据支持，其制造工艺复杂，技术先进，因此购置成本较高。紫外光固化设备则是紫外光固化法修复技术的核心设备，通过产生特定波长的紫外光，使玻璃纤维增强软管固化成型，设备的性能直接影响修复质量和效率，这类高

端设备的购置或租赁费用自然不菲。

在本项目中，设备费用在直接成本中占比约 30%。这部分费用不仅包括设备的购置或租赁费用，还涵盖了设备的运输、安装、调试以及日常维护等费用。例如，设备从生产厂家运输到施工现场，需要支付运输费用；为确保设备能够正常运行，在使用前需要专业技术人员进行安装和调试，这也会产生相应的费用；同时，为延长设备的使用寿命，保证其性能稳定，定期的维护保养必不可少，维护过程中更换零部件、支付维修人员工资等也构成了设备费用的一部分。

3.1.2 材料费用

在本项目中，材料费用占直接成本的比例达到 40%左右，是直接成本中占比最高的一项。材料费用不仅包括主要修复材料的采购费用，还涉及到材料的运输、存储等费用。由于部分复合材料具有一定的特殊性，如需要避光、防潮存储，在运输和存储过程中需要采取特殊的措施，这无疑增加了材料的成本。此外，为了确保材料的质量符合工程要求，在材料进场前还需要进行检验检测，检验费用也应计入材料费用之中。

3.1.3 人工费用

非开挖修复技术的人工费用相对较高，在本项目中占直接成本的 20%左右。这部分费用包括施工人员的工资、奖金、津贴等。由于非开挖修复工程往往具有一定的时效性，为了加快施工进度，可能需要安排加班，加班工资也会增加人工费用的支出。同时，为了提高施工人员的技术水平，施工单位需要定期对其进行培训，培训费用也应计入人工费用之中。

3.1.4 其他费用

运输费用主要包括修复材料和设备从供应商到施工现场的运输费用，以及施工过程中产生的废弃物的运输处理费用。交通疏导费用是在施工过程中，为了减少对周边交通的影响，需要设置交通警示标志、安排专人引导交通等所产生的费用。环境监测费用则是为了监测施工过程中对周边环境的影响，如噪声、扬尘等，确保施工符合环保要求而产生的费用。

3.2 非开挖修复与开挖修复的造价对比分析

以本项目中一段 DN600 的污水管道修复为例，对非开挖修复和开挖修复的造价进行对比分析，结果如表 2 所示。

表 2 DN600 污水管道修复造价对比表

修复方式	直接成本（元/m）	间接成本（元/m）	总造价（元/m）
非开挖修复	4500	500	5000
开挖修复	3000	2500	5500

从表 2 可以看出，在本项目中，非开挖修复技术的直接成本高于开挖修复技术，但间接成本远低于开挖修复技术，总造价略低于开挖修复技术。这主要是因为该区域交通流量大，开

挖修复需要支付高额的交通疏导费用和环境治理费用。

4 影响非开挖修复技术造价的因素分析

4.1 管道管径

管道管径是影响非开挖修复技术造价的关键因素之一。一般来说，管道管径越大，非开挖修复的造价越高。从材料消耗来看，大管径管道需要的修复材料数量显著增加，例如紫外光固化法中使用的玻璃纤维增强软管，其长度和直径需与待修复管道匹配，管径增大意味着软管的用料量大幅上升，而这类高性能材料的单价相对较高，直接推高了材料成本。从设备需求角度，大管径管道修复所需的设备规格也更大，如用于管道清洗的高压水泵、用于固化作业的紫外光灯架等，设备的购置或租赁费用会随规格提升而增加。同时，大管径管道的修复作业空间更大，对施工人员的数量和技术要求也更高，人工费用相应增加。此外，大管径管道的修复工艺相对复杂，施工周期可能延长，间接导致设备使用成本和管理费用的上升。

4.2 管道损坏程度

管道损坏程度与非开挖修复造价呈正相关关系，即损坏程度越严重，修复造价越高。当管道仅存在局部轻微缺陷，如小范围渗漏、局部腐蚀等，采用局部修复技术即可完成修复，所需材料较少，施工流程简单，人工和设备投入也相对有限，造价较低。而当管道出现严重的结构性损坏，如大面积破裂、严重错口、变形等，需要采用整体修复技术，如紫外光固化内衬修复、机械螺旋缠绕等。这些技术不仅需要大量的修复材料，还要求更复杂的施工工艺和更高性能的设备，施工难度大幅增加，导致材料、人工和设备费用显著上升。同时，严重损坏的管道可能需要进行更多的预处理工作，如彻底清除管道内的破碎物、进行局部加固等，这些额外的工序也会增加修复成本。此外，管道损坏程度越严重，修复后的质量检测要求越高，可能需要多次检测以确保修复效果，进一步增加了检测费用。

4.3 施工环境

施工环境的复杂程度对非开挖修复技术造价有着重要影响。在地下管线密集的区域进行非开挖修复作业，需要对周边管线进行详细探测和保护，以避免施工过程中对其造成损坏。这不仅需要投入额外的探测设备和人力，还可能因管线保护要求而调整施工方案，增加施工难度和成本。例如，在临近燃气管、电缆等重要管线的区域施工，需要采用更精细的施工工艺和更严格的安全措施，导致人工和设备费用上升。交通流量大的区域也是施工环境复杂的典型场景，为减少施工对交通的影响，可能需要在夜间或交通低谷期施工，这会产生夜间施工补贴、交通疏导设施租赁等额外费用。

5 城市排水管网非开挖修复技术的造价控制措施

5.1 优化材料选择与管理

非开挖修复技术所使用的材料在直接成本中占比较高，优

化材料选择与管理是控制造价的重要环节。一方面,在满足工程质量和性能要求的前提下,应进行充分的市场调研,对比不同供应商的材料价格和质量,选择性价比高的材料。例如,对于紫外光固化法所用的玻璃纤维增强软管,可通过批量采购等方式降低材料采购成本。另一方面,要加强材料的运输、存储和使用管理,减少材料的损耗和浪费。建立严格的材料出入库制度,对材料的数量和质量进行严格把控,避免因材料损坏或丢失而增加成本。

5.2 合理配置设备资源

非开挖修复技术依赖先进的设备,设备费用在直接成本中占比也比较大。合理配置设备资源可有效降低设备费用。对于一些大型、高价的设备,如紫外光固化设备等,可根据工程需求采用租赁的方式,避免设备闲置造成的资源浪费和成本增加。同时,要加强设备的维护和保养,提高设备的完好率和使用效率,减少设备故障导致的工期延误和额外费用。此外,在设备选型时,应综合考虑设备的性能、效率和成本,选择适合工程实际情况的设备,避免盲目追求高端设备而增加不必要的成本。

5.3 加强施工管理

科学合理的施工管理能够提高施工效率,减少不必要的成本支出。首先,应制定详细的施工计划,合理安排施工进度,避免因工期延误而产生额外的人工、设备租赁等费用。其次,加强施工现场的人员管理,提高施工人员的技术水平和工作效率。通过岗前培训等方式,使施工人员熟练掌握施工技术和操作规程,减少因操作不当造成的返工和材料浪费。再者,做好施工过程中的质量控制,避免因质量问题导致的修复和返工,从而降低成本。同时,加强施工现场的安全管理,避免安全事故的发生,减少因安全事故造成的经济损失和工期延误。

参考文献:

- [1] 黄帅.城市排水管网非开挖修复的技术研究与运用[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(04):205-207+195.
- [2] 奕建波.城市排水管网修复更新技术研究[J].工程技术研究,2024,9(02):226-228.
- [3] 王勇,崔平晋,张旭.浅谈非开挖修复技术在市政排水管网修复中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(10):131-133.
- [4] 赵文力,刘启超.城市排水管网短管置换非开挖修复施工技术应用[J].四川建筑,2025,45(02):245-247.

5.4 推动技术创新与应用

技术创新是降低非开挖修复技术造价的重要途径。积极研发和引进新型的非开挖修复技术和材料,提高修复效率,降低材料和设备成本。例如,研发成本更低、性能更优的复合材料,改进非开挖修复设备的性能,提高施工效率。同时,加强对现有技术的优化和整合,根据不同的管道损坏情况和施工环境,选择最适合的修复技术方案,避免技术选择不当造成的成本增加。此外,推广应用先进的施工工艺和管理方法,如BIM技术在施工中的应用,可提高施工的精细化管理水平,减少施工误差和成本浪费。

5.5 优化修复方案设计

修复方案设计的合理性直接影响非开挖修复技术的造价。在进行修复方案设计时,应充分考虑管道的损坏程度、管径、施工环境等因素,制定经济合理的修复方案。对于不同损坏程度的管道,应采用不同的修复技术。例如,对于轻微损坏的管道,可采用局部修复技术,避免采用整体修复技术造成的成本浪费;对于大管径管道,可根据实际情况选择合适的整体修复技术,在保证修复质量的前提下降低成本。同时,在设计过程中,应充分考虑施工的可行性和经济性,避免设计方案过于复杂导致施工难度增加和成本上升。

6 结语

非开挖修复技术作为一种先进的城市排水管网修复技术,具有施工周期短、对环境影响小等优点。虽然其初期造价相对较高,但从长期来看,综合考虑交通、环境等因素,其总造价并不高于传统开挖修复技术。在实际工程中,应根据管道的管径、损坏程度、施工环境等因素,合理选择修复技术,以达到降低成本、提高修复效果的目的。同时,应加强对非开挖修复技术的研究和推广,不断降低其造价,使其在城市排水管网修复中发挥更大的作用。