

市政给排水管道非开挖修补技术研究

张仕堪

广东省源天工程有限公司

摘要：传统的开挖修补技术存在诸多局限性，如成本高、施工时间长、对周围环境造成影响等。因此，非开挖修补技术成为解决这些问题的关键。以不破坏地表为优势的非开挖技术，在城市内给排水管线工程的施工建设中发挥着重要作用。这种技术利用各种地质工程技术，以保持地表的完整性，进行地下管线的铺设、维护和更新。

关键词：市政；给排水管道；非开挖修补技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.20.050

随着城市化进程的不断推进，市政给排水工程的建设与发展成为现代城市建设中不可或缺的重要组成部分。然而，传统的大面积开挖施工方式在市政给排水管道系统的工程施工中存在诸多问题，如对道路交通的严重干扰、工程周期长、施工成本高等。为了克服这些问题，非开挖技术应运而生。本文通过非开挖技术的发展现状与进展，并对非开挖修补技术进行介绍和评价，为市政给排水工程领域的实际应用提供理论依据和技术支持，为建设更智慧、高效、可持续的城市环境作出贡献。

一、传统管道修补技术的局限性

传统管道修补技术在某些方面存在局限性，这限制了其在管道修复领域的应用。主要表现在以下几个方面：

(1) 传统管道修补技术对交通和环境的干扰较大。传统方法通常需要进行大规模的挖掘，这不仅占据了大量公共道路并严重干扰了交通流畅，还会对周围的环境造成影响。挖掘过程中会产生粉尘、噪音和废弃物，可能会污染土壤和水源，对附近的建筑物和生态环境造成破坏。这不仅增加了修复工程的成本，还给当地居民和企业带来了不便。

(2) 传统管道修补技术的耗时较长。传统方法通常需要经历挖掘、清理、重新铺设管道、填补缝隙等多个步骤，整个过程可能需要花费较长时间。这会导致管道的封闭时间延长，给当地居民和企业的正常生活和运营带来不便。对于城市道路等交通要道的管道修复，这更是具有重大的影响。

(3) 传统管道修补技术对部分地理条件的适用性有限。对于地下较深、狭窄或复杂的管道，传统的挖掘和铺设方法可能会面临困难和限制。例如，在城市中的繁忙道路下方修复给排水管道时，对地下空间的要求非常高，可能需要大范围的挖掘和管道移动，这对施工队伍和设备的要求非常高。

(4) 传统管道修补技术对管道损伤的修复能力有限。传统方法往往只能简单地填补或更换受损的管道部分，而无法对管道的整体结构进行修复。这可能导致管道在修复后仍然存在弱点和隐患，容易再度受损，需要进行重复修复^[1]。

传统管道修补技术在交通和环境干扰、耗时、适用性和修复效果方面存在一定的局限性。为了克服这些局限性，非开挖修补技术应运而生。非开挖修补技术通过在不破坏地面和环境的情况下进行修复，能够减少对交通和环境的干扰，节省时间和资源，并具备更好的修复效果。因此，非开挖修补技术被视为传统方法的有力补充，有着广阔的应用前景。

二、非开挖技术优势

非开挖技术作为市政给排水管道修补和维护的一种先进施工方式，具有多项显著的优势。

(1) 非开挖技术以不破坏地表为优势。传统的开挖施工方式需要大面积开挖地表，给道路交通和居民生活带来严重干扰与破坏。而非开挖技术则通过综合利用地质工程技术，高效进行地下管线的铺设、修补和维护，可以最大限度地保持地表的完整性，减少对周围环境的影响。

(2) 非开挖技术能够显著缩短工程周期。相较于传统的大面积开挖施工方式，非开挖技术不需要进行大规模的地面开挖和回填，节省了大量的施工时间。非开挖技术通常采用无开挖穿越、定向钻孔等技术，可以在较短的时间内完成管道的修补和维护工作，从而有效提高施工效率。

(3) 非开挖技术能够降低工程成本。开挖施工方式需要占用大量的人力、物力和机械设备资源，施工成本较高。而非开挖技术不需要进行大规模开挖，减少了对昂贵的施工设备和材料的需求，从而有效降低了工程成本。此外，非开挖技术还可以减少人工操作风险和施工事故的可能性，降低了工程维修和安全管理费用。

(4) 非开挖技术具有较高的环保性。传统开挖施工方式会引起大量的土地破坏和土壤污染问题，对生态环境造成不可逆转的影响。而非开挖技术以保护地表和减少土壤破坏为原则，对周围环境造成的影响极小。非开挖技术还可以有效减少土地资源的占用和能源的消耗，对可持续发展具有积极意义^[2]。

非开挖技术具有不破坏地表、缩短工程周期、降低工程成本以及较高的环保性等显著优势。随着技术的不断进步和应用的推广，非开挖技术将为市政给排水管道的修补和维护工作提供更加可行和可靠的解决方案，使

城市的基础设施建设更加高效、环保和可持续。

三、排水管道非开挖修复技术的类型及特点

排水管道非开挖修复技术是在不破坏地表的情况下对给排水管线进行修补和维护的一种先进施工方式。本文将介绍几种典型的非开挖修复技术类型及其特点。

(一) 管道内补强技术

管道内补强技术是利用补强材料对管道内壁进行修复和加固的方法。常见的补强材料有纤维增强材料、环氧树脂等。这种技术具有施工简便、工期短、成本低的特点，可以有效增加管道的抗压能力和抗老化性能，延长其使用寿命。

(二) 管道补丁修复技术

管道补丁修复技术是将补丁材料粘贴或绑扎在损坏处，用于封堵管道的漏水或破裂部分。补丁材料可以是橡胶补丁、聚合物材料等。这种技术修复快速、成本较低，适用于管道局部小范围的损坏修复。

(三) 管道衬里修复技术

管道衬里修复技术是在已有管道内布置一层管壁衬里，用于修复损坏或老化的管道。衬里材料常见的有玻璃钢、聚乙烯、聚氯乙烯等。这种技术具有无须开挖、施工速度快的优势，可以减少环境破坏和对交通的干扰。

(四) 管道包裹修复技术

管道包裹修复技术是将修复材料包裹在管道周围，用于修复管道的损坏或变形。包裹材料可以是水泥、聚乙烯薄膜等。这种技术具有增加管道强度、改善管道稳定性的特点，适用于管道局部或整体的修复和加固工程^[3]。

除了以上技术，还有一些创新修复技术正在不断发展与应用，如点线结合修复技术、光固化修复技术、热烟修复技术等。这些技术在管道维修和改造过程中具有更高的灵活性和适应性，能够更好地满足不同类型管道的修复需求。

总的来说，非开挖修复技术在市政给排水管道工程中具有不破坏地表、施工快速、成本低、环境友好等特点。这些技术的应用能够减少对城市交通和人们生活的干扰，提高施工效率，延长管道使用寿命，为城市的可持续发展做出积极贡献。然而，每种技术都有其适用范围和局限性，需要根据实际情况选择合适的修复方法，并与其他施工技术相结合，实现更好的工程效果。随着技术的不断创新和发展，相信非开挖修复技术将在市政给排水管道工程中发挥越来越重要的作用。

四、市政给排水管道非开挖修补技术的应用

(一) 市政给排水管网结构承载力评估

市政给排水管网的结构承载力评估是非开挖修补技术中重要的一环，其目的是确定管道系统在运行过程中能够承受的最大载荷，以保证管道的稳定性和安全性。

市政给排水管网是常用混凝土材料构建的，但由于混凝土的力学特性，管网会存在承载能力的极限问题。

因此，为了准确评估给排水管网的结构承载能力，需要考虑到管道的受力特性。本文采用虚拟裂缝模型进行承载力结构分析，并设置了给排水管网的裂缝自由面和裂缝扩展作用的影响。在分析过程中，也要考虑到裂缝的敏感性，并构建应力分布网格以有效分析承载力和裂缝之间的关系，以得出准确的分析参数^[4]。

(1) 裂缝敏感性计算公式：

$$S = \Delta L / L_0$$

其中，S表示裂缝敏感性， ΔL 为裂缝的长度变化(m)， L_0 为裂缝初始长度(m)。

经过计算，发现给排水管网结构的变化符合线性变化关系，并采集可能产生的损伤变量来处理弹性刚度，以确定给排水管网的位置，提高检测的精确性。此时，由于力学损伤参数会受变量影响产生连续性误差，可以利用ABAQUS损伤属性模型，并结合流动法则建立改进的DP屈服面。这样可以得到不同的软化曲线，并设计相应的损伤演化函数，进一步评估市政给排水管网的结构承载能力，确保评估的有效性。

(2) 损伤属性模型：

$$G = (\sigma - \sigma_0) / (\sigma_F - \sigma_0)$$

其中，G表示损伤属性， σ 为当前应力(MPa)， σ_0 为裂缝的起始应力(MPa)， σ_F 为裂缝完全破坏时的应力(MPa)。

在这个过程中，混凝土的力学特性会对给排水管网的结构承载能力产生影响。混凝土会出现尖端应力集中效应，导致排水管应力改变，并可能导致破裂。因此，结合给排水管网的受力特性，采用虚拟裂缝模型进行承载力结构分析是非常必要的。通过设置裂缝自由面和考虑裂缝扩展作用的影响，可以更加准确地评估管网的承载能力。另外，对于可能产生的连续性误差，我们采用了ABAQUS损伤属性模型和改进的DP屈服面，以及相应的软化曲线和损伤演化函数来进行评估。这些工具和方法的使用，可以提高评估的准确性，并确保市政给排水管网的结构承载能力在设计和使用过程中得到有效的保证。

改进的DP屈服面计算公式：

$$fD = \sigma - (1-R) * \sigma_0$$

其中，fD为改进的DP屈服面函数， σ 为当前应力(MPa)，R为软化曲线的参数。

综上所述，市政给排水管网的结构承载力评估需要结合管道的受力特性，并使用虚拟裂缝模型、裂缝扩展作用的分析，以及损伤参数和软化曲线的构建。通过这些方法，我们可以获得更准确的评估结果，从而确保给排水管网的结构稳定和安全。这对于保障城市给排水系统的正常运行和提高可持续发展水平具有重要意义。

(二) 顶管施工法

顶管施工法是在地下作业区内利用顶压设备克服管道与土壤之间的摩擦力，将管道推入前方土壤，并通过人工或机械的方式将管道内的土壤挖出。该施工法通常

适用于铺设中小型钢管或钢筋混凝土管道，可以将地下工程施工中的土方产生、施工现场的占地面积减少到最小限度。

针对顶管施工法，主要可以分为两种具体类型：反向顶管法和反向拉管法。具体选择哪种顶管施工方法，要根据工程要求、工程特点以及相关规定等实际情况进行考虑和确定。

顶管施工法的优势主要体现在以下几个方面：

(1) 减少土方产生：顶管施工法避免了传统开挖

方法中大面积的土方开挖，减少了施工现场的土方处理和运输工作量。这不仅有利于环境保护，减少对土壤和生态的破坏，还减少了土方处理对施工进度的影响。

(2) 节约施工现场的占地面积：顶管施工法可以在较小的工作坑内进行操作，相对于传统开挖方法，可以大幅度减少施工所需的占地面积。特别是在需要穿越建筑物的情况下，顶管施工法能够更好地保护现有建筑物的结构完整性^[5]。

表1 顶管施工类型概述

顶管施工法类型	特点与优势	适用范围
反向顶管法	通过顶压设备将管道推入前方土壤	中小型钢管或钢筋混凝土管道
	减少土方产生，节约施工现场占地面积	穿越建筑物等狭小空间，减少土方处理工作
反向拉管法	使用顶压设备将管道拉入前方土壤	较长的管道，适用于弯曲或复杂路线
	减少土方产生和挖掘作业，节约施工现场占地面积	土质条件较差，需避免土方开挖的地方

顶管施工法能够提高施工效率和工作安全性，并减少对环境和现有结构的影响。这种施工方法在城市地下管道工程、市政给排水系统改造、高速公路等领域被广泛应用。在实际施工中，需要根据具体工程情况、地质条件和施工要求，选择合适的顶管施工方法，并结合现代技术手段进行施工过程的监控和控制，以确保施工质量和安全。

(三) 管道喷涂法

管道喷涂法是一种修复管道的方法，通过使用专用设备或人工将胶结材料送入管道内，将其直接喷涂在需要修补的位置上。在进行喷涂之前，必须确保原有管道已经清洗干净，并仔细检查待修补部位的管壁，以确保没有水渍残留，从而保证喷涂材料与管壁之间的良好黏结。

根据具体工程要求，常用的喷涂材料包括环氧砂浆、水泥混凝土砂浆以及其他化学类浆液。这些材料具有较高的黏结强度和耐久性，可以有效修复管道的损伤。喷涂层的厚度较薄，大约在1mm至4mm之间，具体厚度取决于所采用的修复材料。

为了增强喷涂层材料的耐久性，通常会在喷涂完成后再覆盖一层防腐材料。这层防腐材料可以提供进一步的保护，防止管道再次受到腐蚀和损坏，延长管道的使用寿命。

管道喷涂法的优点包括以下几个方面：

(1) 快速高效：管道喷涂法施工简单快速，可以在短时间内完成对管道的修复，提高修复效率，缩短工期。

(2) 无须拆除管道：与传统的管道修复方法相比，喷涂法无须拆除或更换管道，降低了工程成本和对施工现场的干扰。

(3) 良好的修复效果：喷涂材料可以与管道壁面良好黏结，形成坚固的修复层，能够有效填补管道损伤，提高管道的密封性和强度。

(4) 耐久性更好：通过喷涂层与防腐材料的复合使用，可以增强管道的耐久性，提高其抗腐蚀和耐久性，延长管道的使用寿命。

总之，管道喷涂法是一种高效、经济、耐久的管道修复方法，具有广泛的应用前景。在实际施工中，需要根据管道的具体情况和工程要求，选择合适的喷涂材料，确保喷涂过程的质量控制，从而实现管道的有效修复和维护^[6]。

五、结语

当前，我国正处于城市化进程不断推进的阶段，各种管线在地下错综复杂地分布。特别是给排水管道往往被设置在城市道路之下。然而，随着交通量的不断增长，修复地下管线变得越来越困难且代价高昂，经常需要封闭半幅道路，严重影响道路通行。非开挖修补技术以其经济、环保和对交通干扰小的显著优势成为市政给排水管道修补的重要方法，并且正在受到越来越广泛的关注。这项技术具有非常广阔的应用前景。因此，地下管道的非开挖修补技术迫切需要推广和应用。

参考文献

[1] 焦丽娟. 非开挖技术在市政给排水管道的应用及研究[J]. 黑龙江科技信息, 2016, (09): 220
 [2] 旷小军, 陈国卿. 浅谈城镇排水管道非开挖修复技术[J]. 人民黄河, 2021, 43 (S2): 255-256+258.
 [3] 郑满水. 市政给排水管道非开挖修补技术研究[J]. 科学技术创新, 2022 (26): 104-107.
 [4] 梁佳保. 浅析市政给排水管道施工中非开挖施工技术[J]. 市场周刊: 商务营销, 2020 (053): 1.
 [5] 苏瑾. 非开挖技术在城市给排水管道施工中的应用[J]. 建材发展导向, 2020, 18 (3): 1.
 [6] 曾亮. 城市道路给排水管道施工中的非开挖技术探析[J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023 (4): 5.