

# 长距离大口径供水管道维修关键技术研究及应用

朱双艳

武汉市自来水有限公司 湖北 武汉 430000

**摘要:** 随着城市化进程的加快和供水需求的不断增长,长距离大口径供水管道作为城市供水系统的重要组成部分,其安全稳定运行对于保障城市供水的可靠性至关重要。由于管道长期埋在地下,受到各种自然因素和人为因素的影响,容易出现漏损、腐蚀、老化等问题,因此,开展长距离大口径供水管道维修关键技术研究与应用,对于确保供水系统的正常运行、提高供水质量具有重要意义。

**关键词:** 长距离供水管道;大口径管道;维修关键技术;管道检测

## 前言

对长距离大口径供水管道的维修技术研究及其应用显得尤为重要。本文旨在深入探讨长距离大口径供水管道维修的关键技术,包括先进的管道检测技术、高效的非开挖修复技术、高性能的修复材料应用等,并结合实际案例,分析这些技术在维修实践中的应用效果。通过对这些技术的研究与应用,不仅可以提高管道维修的效率和质量,降低维修成本,还能够有效保障供水系统的安全稳定运行,为城市的可持续发展提供有力支持。

## 1 长距离大口径供水管道维修概述

### 1.1 长距离大口径供水管道的特点

长距离大口径供水管道作为城市供水系统的重要组成部分,具有一系列显著的特点。首先,其管线长度长,通常穿越不同的地理环境和气候条件,这对管道的材质、设计和施工技术都提出了严格要求。其次,大口径供水管道需要具备较高的承压能力,以满足大量水资源的输送需求。此外,长距离大口径供水管道沿线地形复杂,需要穿越河流、山脉、公路等障碍物,这给管道的敷设和维护带来了极大的挑战。同时,由于供水管道的重要性,其安全性要求极高,任何故障都可能对城市居民的生活造成严重影响。

### 1.2 维修的必要性与挑战

长距离大口径供水管道的维修工作至关重要,其必要性主要体现在以下几个方面。首先,一旦管道出现泄漏、破裂等故障,将导致供水中断、水压不稳等问题,给城市居民的生活带来极大不便。其次,管道的损坏还可能引发安全事故,对人们的生命财产安全构成威胁。此外,供水管道的运行状态直接影响水资源的利用效率,因此及时维修管道也是保障水资源可持续利用的重要措施。然而,长距离大口径供水管道的维修工作也面临着诸多挑战。一方

面,由于管道长、地形复杂,维修难度较大,需要投入大量的人力、物力和财力。另一方面,维修工作需要在保障供水安全的前提下进行,这对维修技术和设备提出了更高的要求。

### 1.3 维修的基本流程与方法

长距离大口径供水管道的维修工作通常遵循一定的基本流程和方法。首先,需要通过检测手段发现管道故障的具体位置和原因。然后,根据故障情况制定相应的维修方案,包括选择合适的维修材料、确定维修方法等。在维修过程中,需要关闭相关阀门以减小影响范围,并采取安全措施确保维修人员的人身安全。维修完成后,还需要进行密封性检查和测试运行,确保管道恢复正常运行。常见的维修方法包括焊接、更换管道段、使用修复剂等。此外,随着技术的不断进步,一些新型的非开挖修复技术也被广泛应用于长距离大口径供水管道的维修工作中。这些技术具有施工速度快、对周围环境影响小等优点,成为未来管道维修的重要发展方向。

## 2 长距离大口径供水管道维修关键技术研究

### 2.1 管道检测技术

#### (1) 漏损检测技术与设备

在长距离大口径供水管道的日常维护和管理中,漏损检测是至关重要的一环。漏损不仅会导致水资源的浪费,还可能影响供水系统的稳定性和安全性。因此,采用先进的漏损检测技术与设备对于及时发现和定位漏损点至关重要。目前,常用的漏损检测技术包括音听检测法、压力测试法、余氯检测法、钻探定位法以及红外温度记录仪等。这些技术各有特点,可以根据实际情况选择合适的检测方法。同时,随着科技的发展,一些新型的漏损检测设备也应运而生,如基于分布式光纤声波/振动传感测漏技术的设备,它们能够实时监测管道的运行状态,及时发现漏损

点,提高漏损检测的准确性和效率。

### (2) 管道腐蚀与老化评估技术

管道腐蚀与老化是长距离大口径供水管道面临的另一个重要问题。随着时间的推移,管道会受到环境、水质等多种因素的影响,逐渐出现腐蚀和老化现象。这不仅会降低管道的承压能力和使用寿命,还可能引发泄漏等安全事故。因此,对管道进行腐蚀与老化评估至关重要。目前,常用的评估方法包括超声波检测、射线检测、磁粉检测等。这些方法可以检测管道内部的腐蚀和老化情况,为管道的维修和更换提供科学依据。同时,随着人工智能和大数据技术的发展,一些基于数据驱动的腐蚀与老化评估方法也逐渐得到应用,它们能够更准确地预测管道的剩余寿命和维修需求。

### (3) 管道内部状态监测技术

除了漏损检测和腐蚀与老化评估外,管道内部状态监测也是长距离大口径供水管道维护中不可或缺的一环。管道内部状态监测技术可以实时监测管道内部的运行状况,包括水流速度、水质、水温等参数。这些参数的变化可以反映管道的健康状况和运行状态。目前,常用的管道内部状态监测技术包括内窥镜、摄像头等设备。这些设备可以进入管道内部进行实时监测,并将监测数据传输到监控中心进行分析和处理。通过实时监测和分析管道内部状态数据,可以及时发现管道的异常情况和潜在风险,为管道的维修和管理提供有力支持。

## 2.2 维修材料与技术

### (1) 高性能修复材料研究

高性能修复材料在长距离大口径供水管道维修中扮演着关键角色。这类材料不仅需要具备优异的机械性能,如高强度、高韧性,还需具备良好的耐腐蚀性和耐久性,以应对复杂多变的使用环境。随着材料科学的不断进步,高性能修复材料的研究取得了显著成果。例如,纳米复合材料、高分子聚合物材料、自修复材料等新型材料不断涌现,它们不仅具备传统材料所不具备的优异性能,而且能够在一定程度上实现自我修复,大大延长了管道的使用寿命。此外,针对不同类型的管道故障,如腐蚀、磨损、裂缝等,研究人员还开发了相应的专用修复材料,使维修工作更加精准高效。

### (2) 非开挖修复技术研究

非开挖修复技术是一种先进的管道维修技术,具有施工速度快、对周围环境影响小等优点。在长距离大口径供水管道维修中,非开挖修复技术得到了广泛应用。该技术

主要通过管道内部进行修复操作,无需开挖地面,从而大大减少了施工难度和成本。目前,非开挖修复技术主要包括内衬法、CIPP 翻转内衬工艺、PE 内穿插非开挖修复等。这些技术各有特点,可以根据具体情况选择合适的修复方法。例如,CIPP 翻转内衬工艺适用于管道内部腐蚀严重的情况,通过在管道内部铺设一层新管道来恢复其使用功能;而 PE 内穿插非开挖修复则适用于管道破裂或泄漏的情况,通过在管道内部穿插一根新管道来替代原有管道。

### (3) 快速修复技术研究

在长距离大口径供水管道维修中,快速修复技术对于保障供水系统的稳定性和安全性具有重要意义。快速修复技术主要关注如何在最短时间内完成管道修复工作,以减少对居民生活的影响。目前,快速修复技术主要包括临时接管技术、快速密封技术等。这些技术能够在管道出现故障时迅速采取措施进行修复,从而保障供水系统的正常运行。例如,临时接管技术可以在不关闭整个供水系统的情况下对故障管道进行更换或维修;而快速密封技术则可以在短时间内对泄漏点进行封堵,防止水资源的浪费和安全事故的发生。

## 2.3 管道清洗与消毒技术

### (1) 高效清洗设备与技术

在长距离大口径供水管道维修过程中,清洗是不可或缺的一环。高效的清洗设备与技术能够迅速去除管道内的污垢、沉积物和生物膜,恢复管道的畅通和供水质量。目前,常用的高效清洗设备包括机械清洗机、高压水射流清洗机等,这些设备通过旋转刷头、高压水流等方式,对管道内壁进行强力清洗,确保管道内壁的清洁。同时,随着技术的进步,一些新型的清洗技术也逐渐得到应用,如超声波清洗技术、激光清洗技术等,这些技术具有更高的清洗效率和更好的清洗效果。

在清洗过程中,选择合适的清洗剂 and 清洗工艺也是至关重要的。清洗剂需要根据管道内的污垢类型、管道材质等因素进行选择,以确保清洗效果的同时,不会对管道造成损害。清洗工艺则需要根据管道的长度、直径、清洗要求等因素进行制定,确保清洗的全面性和彻底性。

### (2) 管道消毒方法与效果评估

在清洗完成后,对管道进行消毒处理是保障供水安全的重要措施。目前,常用的管道消毒方法包括物理消毒和化学消毒两种。物理消毒主要通过紫外线、高温等方式杀灭管道内的细菌和病毒;化学消毒则利用消毒剂对管道进

行浸泡或喷洒,达到消毒的目的。

在消毒过程中,需要严格控制消毒剂的浓度和作用时间,以确保消毒效果的同时,不会对管道造成腐蚀或损害。消毒完成后,还需要对消毒效果进行评估,通常通过检测管道内水中的细菌总数、大肠杆菌等指标来评价消毒效果是否达标。

此外,为了确保供水安全,还需要定期对管道进行清洗和消毒处理,以去除管道内的污垢和细菌,保障供水质量的稳定性和可靠性。

### 3 长距离大口径供水管道维修的信息化与智能化

#### 3.1 信息化在管道维修中的应用

随着信息技术的飞速发展,信息化在长距离大口径供水管道维修中的应用越来越广泛。在维修数据管理与分析方面,通过建立全面的维修数据库,可以实现对管道维修历史、故障类型、维修方案等信息的集中存储和统一管理。这不仅有助于维修人员快速获取所需信息,还能通过数据分析技术,挖掘出故障发生的规律和趋势,为预防性维修和维修计划的制定提供科学依据。此外,利用地理信息系统(GIS)技术,可以将管道的空间分布、地形地貌、周边环境等信息与维修数据相结合,实现管道维修的可视化和智能化管理。

在维修决策支持系统方面,信息化技术也发挥了重要作用。通过集成专家系统、决策树、神经网络等智能算法,可以构建出基于数据的维修决策支持系统。该系统能够根据管道的实时运行状态、维修历史、故障类型等信息,自动推荐出最优的维修方案,并给出相应的维修建议。这不仅提高了维修决策的准确性和效率,还降低了人为因素对维修工作的影响。

#### 3.2 智能化维修技术的发展趋势

随着人工智能、机器人等技术的不断发展,智能化维修技术将成为未来长距离大口径供水管道维修的重要发展方向。在机器人技术应用方面,管道检测机器人、维修机器人等智能化设备已经开始在管道维修领域得到应用。这些机器人能够进入管道内部进行实时监测和维修操作,不仅提高了维修的准确性和效率,还降低了对维修人员的依赖。未来,随着机器人技术的不断进步和成本的降低,机器人将在管道维修领域发挥更加重要的作用。

在人工智能应用方面,通过深度学习、强化学习等技术手段,可以实现对管道维修过程的智能化优化和决策。例如,利用人工智能技术可以对管道的运行状态进行预测和评估,提前发现潜在的故障隐患并制定相应的维修计划。

此外,人工智能技术还可以对维修过程进行实时监控和反馈调整,确保维修工作的顺利进行。未来,随着人工智能技术的不断发展和完善,其在管道维修领域的应用将更加广泛和深入。

### 4 长距离大口径供水管道维修技术的未来研究方向与建议

长距离大口径供水管道维修技术的未来研究方向应聚焦于技术创新与智能化应用。首先,应致力于研发更先进的修复材料,如纳米复合材料、自修复材料等,以提升管道维修的持久性和可靠性。其次,非开挖修复技术和快速修复技术需得到进一步的研究与优化,以适应更复杂的维修场景,减少停水时间和维修成本。同时,管道清洗与消毒技术也需不断创新,开发更高效、环保的清洗和消毒方法,确保供水安全。

在智能化应用方面,应充分利用物联网、大数据、人工智能等技术,建立智能化的管道维修管理系统。该系统能够实时监测管道运行状态,预测并诊断潜在故障,提供智能化的维修决策支持。此外,还应探索机器人技术在管道维修中的应用,如开发管道巡检机器人、维修机器人等,实现管道维修的自动化和智能化。

#### 结语

随着科技的飞速发展,长距离大口径供水管道维修技术正迎来前所未有的发展机遇。从高性能修复材料的研发到非开挖修复技术的优化,再到智能化管理系统的广泛应用,每一步创新都在推动着行业的进步。展望未来,我们有理由相信,随着技术的不断突破和应用的不断拓展,长距离大口径供水管道维修将变得更加高效、智能和环保,为保障供水系统的安全稳定运行贡献更大力量。

#### 参考文献

- [1]李明,张伟.长距离大口径供水管道维修关键技术及其工程应用[J].给水排水,2020,56(10):104-108.
- [2]王强,陈晓红.大口径供水管道非开挖维修技术研究与应用[J].水利科技与经济,2021,27(4):62-65.
- [3]刘晓燕,张华.长距离供水管道维修中的检测与评估技术研究[J].中国给水排水,2022,38(16):58-62.
- [4]赵建国,王刚.大口径供水管道爆裂抢修技术及其发展趋势[J].管道技术与设备,2021,(4):25-28.
- [5]王晓梅,李华.长距离供水管道维修中的风险评估与管理[J].水利规划与设计,2023,(1):97-100.