

市政管网检测及结构性缺陷分析研究

段兵 张磊 和永付

三峡绿色发展有限公司 北京 100043

摘要：市政管网检测对保障城市运行至关重要。本文研究市政管网的结构性缺陷，利用CCTV、QV及声纳等检测技术，分析裂纹、腐蚀、错口等缺陷类型及成因。通过科学评估缺陷严重程度，提出施工质量控制、管材选择、智慧水务技术及非开挖修复等策略，以提升管网安全性和运维效率，确保城市基础设施的可靠运行。

关键词：市政管网检测；结构性缺陷；应对策略与改进措施

引言：市政管网作为城市基础设施的核心，其运行状况直接影响城市的运行效率与居民的生活质量。随着城市快速发展，管网负荷日益加重，结构性缺陷成为亟待解决的问题。本研究聚焦于市政管网的检测与结构性缺陷分析，旨在通过科学方法评估管网健康状态，识别缺陷类型及成因，并提出有效的修复与管理策略，以确保市政管网的稳定运行，促进城市的可持续发展。

1 市政管网现状与问题分析

1.1 市政管网概述

市政管网作为城市基础设施的重要组成部分，涵盖了供水、排水、燃气、热力、电力等多个管网系统，这些系统相互交织，共同支撑起城市的日常运行。供水管网负责将清洁的水源输送到千家万户，确保居民的饮水和工业生产的用水需求；排水管网则承担着收集和处理城市雨污水的重要任务，保障城市环境卫生和防洪排涝安全；燃气和热力管网为居民提供温暖的生活环境和工业生产的动力来源；而电力管网则是城市动力系统的命脉，保障着照明、交通及各项生活设施的正常运行。

1.2 管网存在的主要问题

(1) 管网超负荷运行现象普遍。随着城市人口的增长和经济的快速发展，用水量、排水量及能源消耗量不断增加，部分老旧管网因设计标准低、容量有限，难以满足当前需求，导致堵塞、渗漏等问题频发。(2) 设计不合理也是影响管网运行的一大因素。部分管网在规划设计阶段未能充分考虑城市发展的长远需求，布局不合理、管径选择不当等问题时有发生，影响了管网的运行效率和安全性。(3) 施工缺陷也是不可忽视的问题。在施工过程中，由于管理不严、技术不到位等原因，容易出现管道接口不严密、回填材料压实度不够等问题，为管网的后续运行埋下了隐患。(4) 维护管理不善也是导致管网问题频发的重要原因。部分城市对市政管网的维护管理重视不够，缺乏科学的维护计划和专业的维护队

伍，导致管网病害得不到及时发现和处理，加剧了管网的老化和破损。

2 市政管网管道检测方法

2.1 电视检测（CCTV检测）

(1) 基本概念。CCTV检测系统，是一种利用高清摄像技术对管道内部状况进行实时记录和分析的现代化检测手段。该系统主要由摄像头、爬行器、电缆绞盘、控制主机、监视器及图像记录设备等组成。通过爬行器将摄像头送入管道内部，操作人员可远程控制摄像头在管道内移动，捕捉并传输管道内部的实时影像至控制主机，进而在监视器上展示并进行记录。CCTV检测广泛应用于各类管道的内部检测，包括供水、排水、燃气等。

(2) 检测过程。CCTV检测过程可分为准备阶段、检测实施阶段和数据分析阶段。在准备阶段，需根据管道类型、直径、材质及现场条件选择合适的CCTV检测设备及配件，如不同尺寸的摄像头、照明装置、伸缩杆等。同时，还需进行降水疏通工作，确保管道内水位降至摄像头能正常工作的范围。检测实施阶段，操作人员将摄像头安装在爬行器上，通过电缆绞盘送入管道，利用控制主机远程控制爬行器的前进、后退、旋转等动作，实现对管道内部的全方位扫描。在此过程中，摄像头实时捕捉管道内部的影像，并通过电缆传输至监视器进行显示和记录。数据分析阶段，专业人员对记录的影像进行仔细分析，识别并记录管道的结构性缺陷和功能性缺陷，如变形、起伏、裂缝、腐蚀、沉积物、树根入侵等^[1]。

(3) 优缺点分析。CCTV检测具有直观性强、定位精确、记录详细等优点。通过实时影像，操作人员可直接观察到管道内部的真实状况，准确判断缺陷的类型、位置和严重程度。同时，高清影像的记录也便于后续的数据分析和缺陷修复工作。然而，CCTV检测也存在一些局限性，如需要人工参与操作，对操作人员的技能和经验要求较高；同时，对水位也有一定要求，高水位会限制

摄像头的工作范围和清晰度。

2.2 管道潜望镜检测 (QV检测)

(1) 基本概念。QV检测, 是一种便携式、快速的管道检测方法。该系统主要由伸缩杆、摄像头、显示器及记录设备组成。通过伸缩杆将摄像头送入管道内部, 操作人员可实时观察并记录管道内部的情况。QV检测以其轻便灵活、操作简便的特点, 在小型管道和难以进入的区域检测中占据优势。(2) 检测原理与方法。QV检测的基本原理与CCTV检测相似, 都是利用摄像技术捕捉管道内部的影像。不同之处在于, QV检测采用伸缩杆作为摄像头进入管道的工具, 无需复杂的爬行器和电缆系统。检测时, 操作人员只需将伸缩杆插入管道口, 通过旋转和伸缩操作将摄像头送至目标位置, 即可在显示器上观察到管道内部的实时影像。QV检测特别适用于短距离、小口径的管道检测, 以及那些因空间限制无法使用大型设备的场合。(3) 优缺点分析。QV检测的主要优点在于其便携性和操作简便性。设备小巧轻便, 易于携带和安装, 可快速进入现场进行检测。同时, 操作方法简单直观, 无需复杂的培训即可上手。然而, QV检测也存在一定的局限性。首先, 其对水位较为敏感, 高水位会阻挡摄像头的视线, 影响检测效果。其次, 由于伸缩杆的长度和强度限制, QV检测在检测长距离、大口径管道时显得力不从心。此外, QV检测的图像质量和清晰度也可能受到管道内部环境(如光线、污物等)的影响^[2]。

2.3 声纳检测

(1) 基本原理。声纳检测技术是一种利用声波反射原理对管道内部结构进行非接触式扫描的方法。该系统

发射高频声波信号, 声波在管道内传播过程中遇到不同介质(如管壁、沉积物、裂隙等)时会产生反射波。通过接收并分析这些反射波的信号特征(如时间延迟、波幅、频率变化等), 可以推断出管道内部的结构信息。声纳检测技术特别适用于满水或高水位管道的检测, 因为声波可以在水中传播而无需排空管道。(2) 检测流程。声纳检测的流程包括系统安装、调试、数据采集和后期处理四个环节。在系统安装阶段, 需将声纳探头固定在合适的载体上(如水面漂浮装置、管道内壁附着器等), 并确保探头与管道内壁保持一定距离以避免直接接触产生的干扰。调试阶段主要调整声波发射器的频率和功率以及接收器的灵敏度等参数以获得最佳的检测效果。数据采集阶段通过发射声波并接收反射波的方式获取管道内部的声纳图像数据。后期处理阶段则利用专门的软件对采集到的数据进行处理和分析以提取管道内部的结构信息^[3]。(3) 适用范围与优势。声纳检测技术在市政管网维护中具有广泛的适用范围, 尤其在满水或高水位状态的管道检测中表现出色。由于其非接触式的测量方式, 声纳检测可以在不排空管道、不影响正常运营的情况下进行, 大大提高了检测效率。此外, 声纳检测在识别管道内的沉积物、淤泥堆积、管径变化以及部分结构性缺陷(如较大的裂缝或孔洞)方面具有独特的优势。它能够生成管道的二维或三维图像, 为运维人员提供直观的管道内部视图, 帮助他们准确判断管道状况。

通过三种检测方法的对比分析, 总结了三种管道检测方法的检测条件、优缺点见表1。

表1 管道检测方法对比分析表

方法	检测条件	优点	缺点	备注
CCTV	管道内部水位不得大于管道直径的20%、管道内壁应无污物或杂物堆积。	能够直观的辨别各种缺陷能对缺陷位置精确定位。	检测前必须降水、疏通, 对于满水的大管径段。	常用主要方法
QV	管道潜望镜检测时管内水位不宜大于管径的1/2、管段长度不宜大于50m。	优点是便携式设计、操作简便、直观。	不能探测水面下的结构情况一次性探测距离较短不能精确定位缺陷位置。	常用次要方法
声纳检测	声纳检测时管内水深应大于300mm, 满水为最佳状态。	满水状态下能对管道内部结构进行模拟成像能对管道内部淤积程度进行量化分析。	仅能检测水位以下的管道状况, 水位以上部分为检测盲区不能直观辨别结构性缺陷类型, 对小型缺陷无辨识能力。	较少使用

3 市政管网检测结构性缺陷分析

3.1 缺陷类型与评估

在市政管网检测过程中, 结构性缺陷的准确识别与评估是后续修复与管理的关键。根据检测结果, 常见的结构性缺陷主要包括变形、起伏、裂纹、腐蚀、错口和

脱节等类型。裂纹通常是由于管道材料老化、外力作用或地基沉降等原因导致的管道壁面破损; 腐蚀则是由于管道长期受到介质侵蚀, 如水质不佳、土壤中的化学物质等, 使管道材质逐渐损坏; 错口则是管道接口处未对齐或密封不严, 导致接口处出现缝隙; 脱节则是管道因

外力作用或地基变动而发生的断裂或分离现象。为了准确评估这些缺陷的严重程度和潜在风险,需要制定统一的评估标准和方法。评估标准通常包括缺陷的尺寸(如长度、宽度、深度)、数量、分布情况以及是否伴随渗漏、堵塞等现象。评估方法则包括现场观察、测量记录、影像分析以及必要的实验室检测等。通过综合运用这些方法,可以对结构性缺陷进行全面、客观的评估,为后续修复工作提供科学依据。

3.2 缺陷成因探讨

结构性缺陷的成因复杂多样,涉及施工质量、管材质量、运维管理等多个方面。首先,施工质量是影响管道结构完整性的重要因素。施工过程中若存在操作不规范、材料选用不当、接口处理不严密等问题,都可能导致管道在使用过程中出现裂纹、错口等缺陷。其次,管材质量也是决定管道使用寿命的关键因素。若管材本身存在质量问题,如材质不均匀、强度不足等,将直接影响管道的抗腐蚀能力和承压能力,从而加速管道的老化和损坏。此外,运维管理不善也是导致结构性缺陷的重要原因之一。缺乏有效的定期检查和维护保养,将使得管道内部沉积物积累、腐蚀加剧,进而引发各种结构性缺陷。同时,对于已发现的缺陷若不及时采取修复措施,也将导致缺陷进一步扩大和恶化。因此,在市政管网检测与管理工作中,应高度重视结构性缺陷的成因分析,从源头上预防和控制缺陷的发生。通过加强施工质量管理、选用优质管材、完善运维管理制度等措施,可以有效降低结构性缺陷的发生率,保障市政管网的安全稳定运行。

4 市政管网检测及结构性缺陷应对策略与改进措施

4.1 施工质量控制

为确保市政管网的长期稳定运行,加强施工质量控制是至关重要的。具体措施包括:一是实施严格的施工监督制度,确保施工过程符合规范标准,减少人为错误和疏忽;二是提高沟槽回填质量,采用合适的回填材料和科学的回填方法,确保回填压实度,防止因地基沉降引起管道损坏;三是优化管道基础处理,根据地质条件选择合理的基础形式和施工方法,增强管道的承载能力和稳定性。通过这些措施,可以从源头上降低管网结构性缺陷的发生率。

4.2 管材选择与维护

管材的选择和质量直接关系到管网的运行寿命和安

全性。因此,建议采用高质量的管材,并加强管材质量检测,确保管材满足设计要求和使用条件。同时,定期进行管网维护也是必不可少的。通过定期检查、清淤、防腐处理等维护措施,可以及时发现并解决潜在的缺陷问题,防止缺陷扩大和恶化。此外,还应建立完善的维护档案,记录管网运行状况和维修历史,为后续的管理和决策提供依据。

4.3 智慧水务技术应用

智慧水务技术的推广应用是提高管网管理科学性和精准性的重要手段。通过CCTV、QV、声纳等智能检测技术的广泛应用,可以实现对管网内部状况的实时监测和准确评估,提高检测的效率和准确性。同时,运用大数据分析技术对检测数据进行深度挖掘和分析,可以发现管网运行的规律和趋势,预测潜在的风险和问题,为管网的管理和维护提供有力支持。

4.4 非开挖修复技术

非开挖修复技术作为一种高效、环保的修复手段,在市政管网修复中发挥着越来越重要的作用。该技术具有施工周期短、对交通影响小、成本低廉等优势,特别适用于城市繁忙区域和难以开挖地段的管网修复。针对不同缺陷类型,如裂纹、腐蚀、脱节等,可以采取相应的非开挖修复策略,如内衬修复、局部修复、胀管修复等,以达到快速恢复管网功能的目的。通过推广和应用非开挖修复技术,可以有效降低修复成本和环境影响,提高管网修复效率和效果。

结束语

本研究通过对市政管网检测技术的综合应用与结构性缺陷的深入分析,为管网运维提供了科学依据与实践指导。面对管网老化、负荷加重等挑战,需持续创新检测技术,优化修复策略,强化预防性维护。展望未来,智慧水务的引入将进一步提升管网管理水平,确保城市基础设施的安全与高效运行,为城市可持续发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1]何巍伟.城市排水管网诊断评估技术讨论[J].科技资讯,2023,(11):134-137.
- [2]李立碑.市政管网工程存在的问题与质量控制[J].河南科技,2021,(07):84-85.
- [3]张海峰.探究市政管网渗漏的检测与控制[J].工程建设与设计,2020,(10):77-78.