

国内外排水管道检测技术的研究进展

陈意良

中电建生态环境集团有限公司

[摘要] 近年来,国内大力开展排水管网提质增效和雨污分流工程,对市政道路和小区内排水管网进行全面排查检测是找出问题根源的前提。本文简要综述了国内外目前排水管道检测技术的工作原理,讨论了各项技术的适用场景,并初步分析了各项技术的优缺点,为工程现场提供理论指导,并对今后的检测技术发展方向进行了展望。

DOI: 10.12238/jpm.v5i1.6436

Research progress of drainage pipeline detection technology at home and abroad

Chen Yiliang

Power China Ecological Environment Group Co., LTD

In recent years, the quality and efficiency of drainage pipe network and the rain and sewage diversion project. This paper briefly summarizes the working principle of drainage pipeline detection technology at home and abroad, discusses the applicable scenarios of various technologies, preliminarily analyzes the advantages and disadvantages of various technologies, provides theoretical guidance for the engineering site, and prospects the future development direction of testing technology.

引言

排水管道检测技术的研究和应用对优化城市排水系统设计、提高管理水平和防范水患风险等都具有重要作用,应引起重视和加以推广应用。检查排水管道是否存在堵塞、渗漏等问题,及时发现隐患,防止水灾事故的发生。了解排水管道内部结构的状况,如管道厚度是否减薄,是否出现裂缝等,为管道维护提供依据。检测管道周围土壤是否出现渗水,及时发现渗水点,避免土壤塌方等次生灾害。准确定位管道走向和埋深,为管道修理、维护、扩容提供参考依据。监测管道内外水质,了解是否有污染源,及时采取治理措施。评估管道负荷容量是否满足需求,为管网规划提供数据支持。随着技术的发展,检测效率和准确度不断提高,有利于提升城市排水系统管理水平,对其他地下管道如给水管、天然气管等检测技术也有借鉴意义。

1 国内外排水管道检测方法的研究进展

1.1 排水管道的传统检测方法

排水管道的传统检测主要是通过人为的经验操作来判定管道缺陷状况,主要有观察法、反射镜法、大管道潜水法、量

泥斗检测法等。观察法是通过观察管道间沙井内水位线和水质成分来确定管道是否堵塞,一般情况下,管道堵塞会造成管道间沙井内水位线高于常规水位线,且流通不畅往往会导致水质变浑浊,检测人员可通过此来初步判断管道堵塞情况。观察法只能用于管道的初步判断,且只能用于判断管道的堵塞情况,无法判断其他状况,主观性和局限性较大。此外,反射镜法也常用于管道缺陷的初步判断中,太阳光经反射镜反射进入管道,从而检测出管道中是否存在错位、堵塞等缺陷,但是受光线和视野距离的影响,只能看到管道口处的缺陷,无法得知长距离管道的内部状况。针对大口径的管道,实践应用中最常见的方法是潜水检查法,潜水员进入管道内部,直观判断管道存在的堵塞和错位等缺陷,但此法对操作者的经验要求较高。量泥斗检测法是根据淤泥和砂在管口或沙井淤积的厚度来判断管网缺陷的一种方法,也有一定的主观局限性。^[1]

1.2 现代排水管道检测技术的研究进展

现代排水管道检测技术包括管道内窥检测技术及管道外检测技术。管道内窥检测技术是通过摄像、声波、电极记录等技术进行管道缺陷智能化监控和检测,利用相应软件对监测数

据和图像进行分析,最终对管道缺陷进行分类分级,为后续处理处置工作提供指导。管道外检测技术是通过检测土壤孔隙反映出管道裂缝情况。管道有裂缝时,管道内的水会流经四周土壤造成土壤流失,慢慢导致管道的错位和地面坍塌等问题。

1.2.1 管道外检测技术的研究进展

管道外检测技术主要包括红外温度记录仪法、微变形法、撞击回声法以及表面波光谱分析法等方法。

(1) 红外温度记录仪法可检测出四周土壤和管壁表面的渗漏及孔隙情况,是利用气体或液体的潜热,测定温度的细微变化并生成自动温度图像,缺点是无法查明孔隙尺寸。

(2) 微变形法原理是通过在管道的内表面加压,使管壁产生轻微变形,从而知晓管壁厚度情况。常用于检测管道结构的力学性质和整体性,缺陷检测时一般不采用。

(3) 撞击回声法是无损检测技术,不损害管道结构。通常用于检测砖砌排水管和口径、排空的混凝土管道。检测仪器包括多个地下传音器、受控制的撞击源。当重物撞击管壁时产生应力波,地下传音器可接收到不同缺陷部位的反射波。不同部位的反射波速度和路径不同,通过表面波特殊分析仪对不同频率的波进行分析,从而得知外部土壤及管道结构的信息。

(4) 表面波光谱分析法使用辅助传感器和光谱分析仪,主要用于检测大口径管道。该方法可以将管道和四周土壤引发的问题区分开来。

1.2.2 管道内窥检测技术的研究进展

管道内窥检测技术是近些年逐渐兴起的一项管道检测技术,因其可以检测到管道内部的结构和功能性缺陷,检测能力更加全面,目前已广泛应用于排水管网的检测领域。内窥检测技术往往能够准确判断管道材质缺陷、腐蚀程度及具体位置。自从1958年美国光学公司研制出世界上第一根实用的传像束,随后又制造出系列内窥镜,管道内窥检测技术开始逐渐应用并发展。早期的管道内窥检测技术主要包括潜望镜检测技术、管道内窥摄像检测技术(CCTV)和管道内窥声纳检测技术。在此基础上,发展出来了一些其他内窥检测技术,如渗漏定位仪与扫描电镜法,管道机器人检测系统,以及管道扫描与评价技术。

(1) 管道内窥潜望镜技术(QV)

管道内窥潜望镜检测技术是将管道潜望镜放置在检查井内,通过潜望镜观测管道运行情况及缺陷分布,简称QV检测如图一。在管道内部杂物较多、常规机器人或声呐装置无法使用时比较适用,近年来现场经常利用QV检测校核新建排水管道的CCTV检测结果。主要优点是体积小、重量轻、容易携带。最常见的使用方法是把摄像头置于管口处,通过控制盒调整摄像开关和照明情况,得到清晰的管内图像并直接显示屏幕上,录像文件还可以存储,便于后期复核。潜望镜检测技术适用于靠近检查井的管道检测中,一方面解决了摄像距离不足和

上传速率缓慢的问题,另一方面可以准确判断管道材质和缺陷分布的位置,粗略判断缺

陷程度,检测结果可以作为管道健康状况的评估依据。



图1 QV检测设备

(2) 管道内窥摄像检测技术(CCTV)

CCTV管道内窥检测技术目前大量应用于城市排水管道检测。工作原理是携带摄像头的机器人沿管道内部爬行,对管道进行全方位摄像检测,对管道内的功能性缺陷、结构性缺陷状况进行实时观察并保存录像资料,利用专业软件对缺陷等级进行分析评估,实现了管道内部的长距离检测如图二。该技术能够查明管道内部漏水、腐蚀、错口、断裂、异物穿入等各类缺陷的具体位置,对管道结构性和功能性运行情况进行系统评价,为新建管道的质量确认、存量管道修复方案选择等提供实用的检测方法。^[2]



图2 CCTV检测设备

(3) 管道内窥声纳检测技术

管道内窥声纳检测是利用声波对水下物体进行探测和定位识别的技术。直径125~3000mm、充满度高、流量大、连续排放的满管或半满管水的排水管道的在线检测宜采用此技术。检测时,特殊梭型漂浮装置上安装有扫描功能的声呐装置,可顺水流前进或在牵引车的牵引下前进,通过声波扫描探测水下环境结构,同步将管道的变形、泄漏、破裂、结垢、沉降、淤积、错位的声呐图像清晰地传送到地面监控器,利用软件处理图像计算处管道中沉积物的具体数值。声呐内窥检测的优势在于可以不断流检测,灵敏度高、穿透性强;缺点是只能检测

液体下面的管道问题,而无法检测管道内部结构性问题。

(4) 渗漏定位仪与扫描电镜技术

渗漏定位仪与扫描电镜技术主要用于钢筋混凝土、塑料管渗漏检测,原理是通过扫描电镜装置记录管道表面的电极,反映出电流图,扫描电镜读数能够反映出管道内部受损的范围和大小。该方法检测成本较低,效率也较高,检测前不需要特别清理管道。

(5) 管道检测快速评估技术

国外对管道内窥检测技术的研究较早,澳大利亚、德国与日本对排水管道检测技术的研究一直处于领先地位。1996年澳大利亚科研机构开发了管道检测快速评估技术,该技术主要由机器人、机器视觉和人工智能结合而成。管道机器人作为扫描系统负责对管道内部进行移动式扫描,该技术把先进的扫描仪和数据通讯技术结合在一起对排水管道进行自动检测,其对管网缺陷的检测效果达到定量评估,属于人工智能在管网检测领域的开创性应用。

(6) 管道机器人检测系统

德国在2000年研制了管道机器人检测系统,该系统综合运用了机器人的移动技术、自动跟踪监测技术、自动操作技术、数据处理技术和自动评估技术等,除了可自动检测出管道缺陷类型、级别和位置,还可检测出管壁厚度和外壁的渗漏裂痕。管道机器人可以在有磁场环境下爬行,可远程控制,稳定性较强,能够压缩和弯曲,还比较轻,该技术有着较强的适用性和灵活性,因而适宜在城市排水管道的检测领域大规模推广。

(7) 管道扫描与评价技术

日本在2008年开发了管道扫描与评价技术。该技术是将管道扫描技术和评价技术结合起来,因而结合了两者的优势,较传统的CCTV检测相比优势明显,一方面可以对图像进行分类及缺陷数据表格化,从而快速评估管道缺陷;另一方面可以提供详细的数字图像,采用不同的色彩对缺陷处进行标记。缺点是检测费用高于传统内窥检测技术。

2 排水管道检测技术的发展展望

2.1 管道缺陷检测新技术

科技日新月异,近年来新的无损检测技术逐渐被市场所采纳。例如多重传感器检测技术和激光超声可视化检测技术等。

2.1.1 激光超声可视化检测技术

超声波的波长较短,方向性较强,遇到物体损伤会发生反射和衍射作用,对构件中的损伤较为敏感,所以被广泛应用于无损检测领域。激光超声波检测技术是利用高能量的激光照射被检测物体,材料表面会吸收部分能量,转变成热能和应力波动的形式,从而激发超声波。激光照射到缺陷位置时,探头接收的反射超声波经软件分析得到被检测构件的缺陷动画,从而

观察到缺陷具体位置和缺陷具体情况,实现了远距离检测。该技术也适用于构造复杂的物件,检测结果较直观,检测精度较高、速度较快。激光超声本质是激发超声的一种新方式,在超声领域是创新性应用,比常规方法来说具有可以实现非接触、无需耦合等优点,用途更广。

2.1.2 多重传感器检测技术

多重传感器检测技术是由德国开发的排水管道新型检测技术,该技术由多项传感器组成,主要包括光学传感器、声学传感器、微波传感器等系统。因而多重传感器不仅包含了CCTV系统的光学检测功能,还能检测管道渗漏和腐蚀问题和分析管道四周的土质参数。其中,微波传感器可检测管道四周的土壤情况,光学三角测量系统可检测管道的形态,多重传感器的声学系统通过机械声波所传出的震动或者其他现象检测管道接口的裂缝。综合以上三种传感器的检测结果,该技术能够对排水管道的质量和缺陷进行全面系统的评价。^[3]

3 结束语

随着我国对市政工程领域的数字化和智能化要求的提高,以及市政工程领域对环保工作的不断重视,排水管道的检测技术也随之发展。管道检测技术的发展趋势为由传统的技术逐渐被现代科技所替代,并从单一的技术方法转变为多种技术方法相结合的检测手段。在科学技术的飞速发展下,尤其是计算机、信息技术的进步,使得研究者在检测方面不再满足于单纯的简单缺陷判别,而更希望能够通过各种新型无损检测技术对排水管道进行直观、形象地检测。因而,管道检测技术逐渐向可视化、智能化方向发展。在未来的排水管道检测发展过程中,将不断有新的技术被应用于工程实践当中。未来的排水管道检测技术将会在城市市政工程建设、水环境综合整治和水资源综合治理领域发挥更加重要的作用,也将拥有更加广阔的发展前景。

[参考文献]

- [1] 姜继琛与罗建中,管道潜望镜检测技术及其在城市地下管网检测中的应用. 广东化工, 2017. 44(12): 第145-147+173页.
- [2] 牟丹等,基于CCTV方法的排水管道检测技术与应用. 管道技术与设备, 2015(02): 第28-29+32页.
- [3] 沈浩,庄敏捷与梁珊珊,电视和声纳检测技术在排水管道养护管理中的应用初探. 上海水务, 2009. 25(01): 第23-25页.