

管道检测机器人3D影像系统在城镇排水影像缺陷自动化判读中的应用

黄露 唐露 秦田田 聂美香

广州番禺职业技术学院

[摘要]伴随海绵城市建设和黑臭水体综合治理等工程的持续推进,城镇地区排水管网问题得到愈来愈多的关注度。在此时代背景下,地方政府积极开展排水管网检测与整治工作。但受到管理机制、资金投入以及管道权属等诸多因素影响,传统治理手段与理念已难以充分契合城市精细化管理的现实需求,亟须采用现代技术手段提高城镇排水管网治理水平。而管道检测机器人3D影像系统操作便捷、体积较小以及灵活性强等技术优势,可有效解决城镇排水管道检测和评估工作所面临的现实问题。基于此,文章重点研究管道检测机器人3D影像系统在排水影像缺陷自动化判读中的应用,以期完善城镇排水管理系统提供理论参考。

[关键词]管道检测机器人; 3D影像系统; 排水影像; 排水管网整治

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2021.12.831

一、引言

2019年,住建部、工信部等相关部门共同下发关于强化城市地下管线建设管理工作的通知,要求秉持安全、集约以及共享等理念,推动部门协同配合,统筹落实城市地下管线普查与维护,着力完善城市地下管线综合管理协调机制。作为地下管线的关键构成部分,城镇地下排水管网随着城镇化进程的快速推进而不断发展。在现代化城镇迅猛发展的时代背景下,工业废水、居民生活污水对土壤生态和自然水生态系统造成较为严重的污染。为确保将城镇污水对自然生态环境的消极影响控制在合理环境容量限度内,相关部门有必要充分掌握和分析城镇污水排放的具体情况。但由于城镇污水管道检测工作的技术性要求较高,常规检测方法并非完全适用。管道检测机器人3D影像系统作为一项新型数字化技术,将其应用于城镇污水管道检测工作中可有效解决常规手段无法解决的难题。鉴于此,本文着重对管道检测机器人3D影像系统在城镇排水影像缺陷自动化判读中的应用进行研究,希冀为推进城镇地下管线建设与管理提供一定有益借鉴。

二、城镇地下管线建设与管理时代背景

改革开放以来,我国城镇化进程呈现出持续加快的发展态势,突出表现为城镇规划建设已发生巨大变化。历经四十余年的快速发展,城镇原始地貌逐步演变为人口大量汇集、高楼大厦林立和交通路网交织的全新场景。在此过程中,城镇地区基础设施建设俨然成为提高城镇化发展水平的重要一环,对推动经济高质量发展具有至关重要的作用。其中,排水管网系统建设对提高居民生活水平和城市综合实力发挥着关键作用。具体而言,排水管网系统是由多层次结构体系所构成,并且不同层级之间互相衔接。伴随城镇建设的持续推进,城镇工业污水和居民生活污水排放量进一步加大,逐步形成了具有网络性、复杂性以及流域性等特征的庞大排水结构体系。在城镇建设进程中,受到诸多因素影响,城镇排水管线的少数检修井已被掩埋,逐步形成深埋老旧的排水

管线。由于这些排水管线内部堆积了大量污浊物,氧气含量较低,对相关排水管线管理人员的生命安全与健康造成较大威胁。加之部分排水管线的管径相对较小,通过常规方法难以对其进行检测与维护。针对此,工作人员可使用管道检测机器人3D影像系统,对城镇排水管道内部进行可视化摄像检测,开展管道普查与修复工作。在此基础上,根据管道检测机器人3D影像系统所反馈的影响数据,利用人工和相关软件对管道腐蚀、裂纹以及结垢等相关情况加以分析,明确排水管道是否存在结构性缺陷或功能性缺陷,进而为后续开展城镇排水管道验收和维护提供必要数据支撑。

三、城镇排水管网整治工作面临的现实问题

历经多年实践与发展,我国已基本形成城市排水管网架构。然而,受到建设规划体系不完善、收集管网残缺不齐等一系列因素影响,许多地区在黑臭水体治理方面仍面临严峻挑战。具体而言,现阶段我国城镇地区排水管网覆盖率已超过90%,这一数据与欧美发达经济体相当。但总体上来看,许多城市排水管网密度与欧美等国家城市相比存在较大差距,普遍存在收集管网不完善的突出问题。究其原因,许多地区在推进城市排水管网建设进程中,过于重视总管、干管建设,却在一定程度上忽略了污水收集管网建设。该现象在国内大部分县级城市更为严重,这导致大量生活污水、工业废水难以汇入污水管网,造成城市河道黑臭问题,极大影响着生态文明建设的有序推进。此外,受到生活污水和工业废水冲刷、侵蚀、腐蚀以及沉积等因素影响,排水管网破损问题在国内许多城镇地区普遍存在。如何采用新型技术手段对城镇排水管网内部情况进行全面检测,已然成为地方政府所面临的一项重大议题。

伴随科学技术的不断进步,城镇地区排水管网检测手段亦呈现出持续发展的良好态势,管道声呐系统、管道潜望镜以及电法侧漏等技术不断涌现。但就现实情况而言,城镇排水管线检测依然面临诸多亟待解决的突出问题。一是机器人在较为复杂的环境下存在越障能力不足的问题;二是相关技

术手段对排水管道基础以及管周土体难以进行精确检测；三是排水管道内部存在的起伏、裂缝以及变形等问题检测缺乏有效手段；四是缺乏对排水管道结构完整性、管壁破裂变形以及钢筋保护层厚度等诸多方面的诊断与评估，亟须相关部门和科研人员开展新型技术手段研发工作。与此同时，城市排水管网整治还面临监测队专业素养不足、检测人员操作规范性不够等困境，极易造成检测结果和数据出错的问题。

四、管道检测机器人3D影像系统在城镇排水影像缺陷自动化判读中的应用

管道检测机器人3D影像系统拥有操作方便、体积较小以及灵活性极强等技术优势，能够对城镇排水管道全面开展3D检测与集中排查。管道检测机器人3D影像系统主要是由两部分构成，即便便携式计算机控制系统及爬行机器人。就计算机控制系统而言，其组成部分主要包括硬盘、CPU、显示器、可充锂电池以及记录存储系统等，可借助显示屏对排水管道内部情况进行观测和记录。就爬行机器人而言，主要是由电源机架、电缆、机座、机头以及爬行器等诸多部分构成。其中，机架部分所使用的是螺旋进动的推进装置，以及具有强度更高、装载韧性较强、弯曲性良好等特点的半刚性玻璃纤维线缆，可以有效推动前端探头对排水管道进行系统检测。爬行器在遇到管道弯曲时不仅可实现自动转向和360度旋转，还可以穿过90度弯头排水管道，具有较强的越障能力和动力性能。而高清防水摄像头可提供大量高清图片与视频影像，并将其传输至控制系统，通过显示器展示排水管道内的实际情况。计算机控制系统和爬行机器人间主要通过传输电缆加以连接。总体而言，管道检测机器人3D影像系统尚处于起步发展阶段，但目前已被部分发达国家应用于城市排水管道检测等领域。值得一提的是，近年来北京、上海以及广州等一线城市也已开始应用这一排水管道检测系统。

在检测人员缺乏相关条件时，可采用管道检测机器人3D影像系统对城镇排水管线进行检测，利用高清防水摄像头记录和拍摄排水管道内的实际情况。这不仅可以全面掌握排水管道内的水质、水量以及污水流向，还可以了解排水管道是否存在变形、堵点以及裂缝等相关情况，进而为后续开展评估、修复以及改造升级等工作提供事实依据。在利用管道检测机器人3D影像系统对城镇排水管道内部情况进行系统分析的基础上，检测人员通过信息资源采集、处理以及编绘等工作，确定更为详实的排水管线图。就实际情况而言，非常规排水管线检测工作往往面临准备工作较为繁杂、人力与资金成本投入较高、工作效率低下等问题。同时，排水管道内部空气含氧量相对偏低、存有一定有毒有害气体，加之部分排水管道埋设较深、线路极长、操作空间有限。这要求相关检测人员在经过系统化培训后，配备好专业防护设备方可进行排水管线排查和检测工作。在此情况之下，使用管道检测

机器人3D影像系统有利于高效应对上述难题，进入存有安全隐患、作业难度极大的城镇排水管线，便捷获取更为精准的排查与检测结果。

总结来看，借助管道检测机器人3D影像系统对城镇排水管线进行检测，通常会受到管道淤积厚度、水位高度、排水管道埋深以及水流情况等诸多因素。是以，有关部门、工作人员在利用管道检测机器人3D影像系统开展相关工作时，应科学制定排水管线检测方案。除此之外，在使用管道检测机器人3D影像系统进行检测的同时，有必要通过闭气和闭水试验来明确排水管道是否存在渗漏等状况。这是因为管道检测机器人3D影像系统仅提供排水管道内部的相关影像，最终还需对管道内部情况进行综合考量。

参考文献

- [1] 孙江宏, 何宇凡, 王佳林, 张奇梁. 管道检测机器人虚拟仿真实验系统设计[J]. 实验技术与管理, 2021(09): 138-142.
 - [2] 李文章. 应急管道检测机器人的研制与试验[D]. 北京交通大学, 2021.
 - [3] 卢意祺. 城市地下排水管道智能检测系统研究及应用[J]. 中国市政工程, 2021(06): 51-55+63+128.
 - [4] 杨远明, 杜伟. CCTV管道检测机器人3D影像系统在排水溯源的实践[J]. 中国测绘, 2020(02): 52-53.
 - [5] 唐路璐, 王殿君, 刘占民, 王伟, 冯玉倩. 市政排水管道检测机器人系统设计[J]. 机械科学与技术, 2013(12): 1802-1806.
 - [6] 左福浩. 城市污水管道壁面损伤图像采集机器人的研制[D]. 北京交通大学, 2019.
 - [7] 朱光召. 城市排水管道检测机器人研究与开发[D]. 沈阳工业大学, 2017.
 - [8] 柏蔚, 李怀正, 陈卫兵, 汤霞. 机器人在排水管道中的研究和应用[J]. 环境科学与管理, 2012(09): 45-50.
 - [9] 蔡辉. 排水管道检测机器人的设计及应用[D]. 湖南大学, 2012.
 - [10] 吕耀志. 市政排水管网整治工作展望[J]. 城乡建设, 2019(04): 16-18.
- 作者简介:
 黄露, 女, 2001.10, 籍贯: 湖南永州, 汉族, 专科学历
 唐露, 女, 2001.11, 籍贯: 湖南邵东, 汉族, 专科学历, 研究方向: 地下管线
 秦田田, 女, 2001.02, 籍贯: 河南平顶山, 汉族, 专科学历, 研究方向: 地下管线
 聂美香, 女, 2002.01, 籍贯: 广东佛山, 汉族, 专科学历, 研究方向: 地下管线