

# 城市地下排水管道智能检测系统研究及应用

谷思勇 何海波 刘稼德 束晟立 郭在洁  
江苏煤炭地质物测队 江苏省 南京市 210046

**摘要:** 对城市地下排水管道进行动态检测具有巨大的经济和社会效益,为城市的水环境保护提供重要依据。然而,由于长期以来受技术水平等因素影响,多采用人工方式进行管道检测作业。基于此,本文对城市地下排水管道智能检测系统研究及应用进行深入的研究分析,期望能够为同行从业者提供参考。

**关键词:** 地下排水; 管道检测; 智能系统; 应用分析

## Research and Application of Intelligent Detection System for Urban Underground Drainage Pipeline

Siyong Gu; Haibo He; Jiade Liu; Shengli Shu; Zaijie Guo  
Jiangsu Coal Geological Survey Team Nanjing, Jiangsu 210046

**Abstract:** Dynamic detection of urban underground drainage pipeline has great economic and social benefits, and provides an important basis for urban water environment protection. However, due to the influence of technical level and other factors for a long time, pipeline inspection is often conducted manually. Based on this, this paper conducts in-depth research and analysis on the research and application of urban underground drainage pipeline intelligent detection system, hoping to provide reference for the industry.

**Key words:** Underground drainage; Pipeline inspection; Intelligent system; Application analysis

引言: 随着城市化进程的加快,城市基础设施建设尤其是老城区的建设面临着很大的压力。作为“城市血管”的地下管线,在城市建设和发展过程中起着举足轻重的作用。目前,国内大部分的排水管都是采用水泥管,其设计寿命一般为30~40年,根据统计,大部分城市的老旧建筑中,排水管道的寿命已达设计年限。因此,本文对城市地下排水管道智能检测系统研究及应用分析,具有重要的现实意义。

### 1 城市地下排水管道智能检测

地下排水管道是指在一定的时空条件下埋设的,供排水功能的特殊结构物,主要包括雨水管道、燃气管道等。随着城市的快速发展,城市地下排水管道的种类和数量日益增多。目前,国内排水管道已达到80.3万km,但我国管道种类非常少,尚不能全面反映我国城市地下排水管道的运行状况。为此,为更好地反映我国城市水环境现状与健康水平,实现城市水环境的可持续发展,需要对地下排水管道进行定期监测。而对检测数据进行智能化处理分析是地下排水管道健康监测工作的重要组成部分,也是整个监测系统实现智能化检测分析的前提和基础。

#### 1.1 检测内容

目前,我国城市管网系统存在诸多问题,地下排水管道破损隐患多,严重影响城市排水功能。在对城市地下管道检测时,其主要内容包括雨水管道、燃气管道等排水管道本体

及周边环境质量等参数。其中,雨水管道主要检测其物理特性和化学特性等;污水管道主要检测其化学特性和微生物特性等;燃气管道主要检测其可燃气体含量及泄漏等情况;燃气管道由于在生产过程中存在安全隐患,可能会发生爆炸等事故;燃气管道主要观察其运行状态及有无渗漏等。另外,由于管道运行多年,存在一定程度变形、腐蚀、渗水等影响因素而可能导致管道出现渗漏等问题,因此应定期重点加大其维修维护力度。检测内容主要包括:内壁腐蚀缺陷分布、缺陷大小与尺寸、缺陷位置、外露长度等;内壁结垢及渗水问题及其成因等情况。

#### 1.2 检测对象

其中道路雨水管道主要检测区域为道路范围内所有沟渠,需测量沟渠外壁高度和沟渠内壁直径等数据。污水管道主要检测范围为雨水管道(长度大于10 km)和污水管道(长度小于10 km)。对雨水管检测内容包括雨水管道接口、井口、管道管径、排水性能等;对污水管道检测内容包括管壁厚度、管壁断面形状、排水管道破裂或损坏情况等;对雨水管监测内容包括管内水质情况、渗流速率、流量变化、泥沙含量等;对雨水管检测内容包括井口排水能力检测(含井盖、防坠物检测)、管径、断面尺寸及管线弯曲情况等<sup>[1]</sup>。

#### 1.3 指标参数及检测方法

根据检测要求,检测项目主要包括:管道的断面、长

度、管径、埋深、深度、材质、环境等参数。为满足上述监测要求和开展相应监测工作打下基础,还需要对检测数据进行智能化处理分析,实现对检测数据的智能化分析和处理。为此需要使用高效快速、自动分析方法和先进设备来满足对各项目实时控制要求。

## 2 城市地下排水管道智能检测系统研究分析

城市地下排水管道智能检测系统主要由数据采集、分析与显示三个部分组成数据采集:采用实时影像自动识别系统,通过智能检测平台实现对地下排水管道健康状态检测,并对管道健康状态评价进行管理;分析与显示:通过数据库平台对检测数据进行实时分析汇总,为管道状态分析预测提供技术支持,实现管道健康状态管理;数据分析与显示:基于对城市地下排水管道数据模型进行数据分析,结合三维可视化图形展示技术进行科学指导和管理,为管道健康状态评价提供技术支持。

### 2.1 检测方法

智能检测系统总体实施步骤如下:(1)系统设置:管道检测采用分层采样、分点采样和全断面采样等多种采样方式。对取样后的管道内部图像及管道断面图进行检测。(2)检测目的与范围:以排水管道为单位建立管道三维实景照片。(3)检测技术要求:本次检测技术主要采用全自动设备。例如,采用德国 Helio Keysoft公司设计生产的CAD软件设备。(4)测试方法:在PDA、TCP/IP协议、IEC61850及EN51861协议下采用基于BIM方法的数据采集及处理方法进行测管测试。(5)系统验收:本次智能检测系统验收由技术人员负责验收工作。

利用人工智能等技术识别地下排水管道内壁和附属结构表面上的缺陷部位,包括管材、管壁缺陷、断面缺陷等。通过对图像或影像的自动识别和特征提取,形成地下排水管道实时影像及特征档案,实现对排水管道健康状态及病害发生的早期判定及故障诊断。同时,系统设计基于深度学习神经网络技术识别管线缺陷和病害部位、特征信息自动提取以及特征关联技术、数字图像识别技术等软件,实现对管线健康状态和病害部位特征信息快速准确识别和判断。

采用先进的影像自动识别技术,以满足地下排水管道的检测要求。结合三维可视化图形展示技术,利用管道三维实体模型,对管道检测流程形成完整的过程监控和反馈。基于三维建模技术及管道实体制作技术形成管道三维动画。

### 2.2 数据处理

检测数据采集完成后,进行分类存储、分项统计、分类查询。检测数据的处理主要包括以下两个方面:①对检测数据的识别与处理;②对各检测参数对应关系数据进行统计处理。在提取到满足存储要求的前提下(如空间定位等),对检测参数按空间定位规则格式输出;同时对检测参数和数据统计类型进行分组排序。上述方法应用于检测项目中,在保证检测结果准确性一致前提下,对不同检测参数下不同检测

对象的检测行为进行有效的对比分析可以提高分析结果的准确性,实现不同类型检测成果的可视化展示。

### 2.3 可视化展示

基于TFT技术,采用三维可视化图形展示技术,实现对城市地下排水管道的可视化分析与评价。将管道检测数据进行分析计算,实时获取监测数据,再由可视化界面对管道运行状况进行直观展示和评价,从而为管道健康状态管理提供技术支持。为方便检测人员了解实时检验数据情况,对已检查出的管线状况进行分析显示、历史记录显示、趋势预测查询功能等<sup>[2]</sup>。

### 2.4 安全预警

在管道健康状态评价过程中,基于各种安全预警指标体系对管网健康状态评定结果进行评估,同时对检测结果作出预警提示。其中安全预警指标体系由安全因素、安全预警等级、安全风险等级三部分组成。安全因素是指检测人员对检测结果有影响或存在潜在威胁;安全预警等级是指检测人员具有判断是否存在安全风险且有相关预警提示;安全风险等级是指针对风险等级较高的检测人员设计的特定安全技术措施。对检测人员提出预警提示的目的在于提示检测人员加强对管网安全隐患或潜在风险点识别、评估、处理和预防;在风险识别和评估过程中,要求各专业技术人员按照风险分析和预判处理安全风险事件。安全风险等级是指在对检测结果有影响或有潜在隐患时,对其提出警报提示要求进行相应处理。

### 2.5 应用价值

检测结果具有唯一性,能及时为管理者提供管道检测结果,保障其对环境变化的感知和应对能力。系统的运行维护成本较低,节省大量人力和物力用于管道检测工作。对地下排水管道长期高强度的运行条件下发生的水毁、滑坡、泥石流等突发事件以及管沟内垃圾漂浮物、管道管壁脱落等原因造成的管壁破坏情况所造成的后果或管道损伤、管沟堵塞等情况进行精确感知和及时响应,可以减少因应急抢修对城市地下排水管道造成的损失。系统对工程进度、质量、资金投入等指标进行评价,通过可视化平台对项目进展和质量情况进行直观呈现,能够及时掌握项目进展中存在各种问题;建立实时统计分析模型平台,对项目整体进展情况实时跟踪;通过模型及可视化界面,能及时了解到工程中存在哪些问题以及项目进度变化趋势,为决策者合理安排工程进度进行有效决策提供技术支持,避免出现工程质量不达标等现象。本系统为科学管理城市地下排水管道提供有效手段,并有效地改善排水管道安全状况、降低工程建设成本、提高工程质量和建设效率。

## 3 系统的应用效果

目前,该系统已在市政、水利、交通、电力、公安等部门得到广泛应用,该系统的运行结果表明:该系统在城市地下排水管道数字化健康监测体系中的应用是可行的;在国内

城市地下排水管线智能化健康监测体系中起到重要作用。系统的应用结果表明,该系统能够有效地提高城市地下排水管线的安全运行水平,并为排水系统管理人员提供良好的工作条件与信息,为城市排水管线的设计与施工提供参考,能够有效地降低管道检测费用。同时,系统的运行结果显示该系统应用前景广阔,可以在一些特殊环境中为城市排水管线的健康状态提供必要的依据<sup>[3]</sup>。

### 3.1 降低工作成本

由于该系统在技术上处于研究阶段,在工程实践中还没有大规模地进行应用,因此暂时不对其安全性进行评价。但该系统利用GPS定位技术和管道检测技术,能够实现管道的实时定位和动态监测。该系统利用高精度定位技术来实现管道的实时监控;同时通过高精度高分辨率三维激光扫描技术和高精度红外成像技术用于管道的定位。采用三维激光扫描技术利用激光扫描对管道进行实时监控和动态测量;通过红外成像技术对管道内的情况进行实时监控和监测。此外,采用动态测量技术对地下排水管线检测与分析系统进行研究应用,在系统技术上具有一定优势。因此,在城市排水管线检测中应用上述技术方案是可行的。

### 3.2 保证检测质量

智能化系统的成功应用,使各检测部门能够通过对检测数据的分析、总结,不断提高管道隐患排查数据的质量,提高各单位相关部门决策水平和风险管理水平,使城市地下排水管线检测水平逐步提升。而该系统不仅能够为检测人员提供科学准确的统计信息,同时还能对现场的作业情况进行检查监督,使被检单位更好地履行自己的职责。系统为实现对排水管线全过程自动监测和可视化管理提供必要和可靠的依据。因此,管道自动检测技术在实际使用中具有良好的效果和较高的性价比。同时系统对各环节监控实行全过程控制,确保检测系统各个环节有效运转。并在实际工作中加强对监测控制软件和系统质量检验人员技术水平的要求,使工作质

量不断提高、检测结果更加准确、保证各项指标参数能有效运行于系统之中。

### 3.3 指导设计与施工

通过建立工程数据库,将工程数据输入到智能检测系统中,将其作为地下排水管道设计的依据。系统中包含有大量的施工数据信息和工程统计数据,为各施工单位的人员及时掌握工程信息提供必要的依据。目前,该系统已在国内许多城市得到广泛的应用,如在上海地铁建设初期为上海地铁提供技术支撑,对地下排水管线的设计和施工起到重要的指导作用。另外,对上海市地区的管道施工提供借鉴。据统计,2015年上海市地下排水管线工程累计完成施工总量为507 km左右<sup>[4]</sup>。

结论:综上所述,城市地下排水管道的健康监测技术是实现城市地下排水管道安全运营管理的重要手段之一,也是水环境保护和防灾减灾最有效的手段。通过检测地下排水管道健康状况,可以准确了解城市排水管网运行状况及其潜在风险,为提高城市地下管道设计水平和养护水平提供科学依据。

### 参考文献:

- [1]白丁.城市排水管道检测技术的应用及发展[J].建材世界.2019,(4).
- [2]赵佳佳,夏永强.智能清淤机器人:为市政排水系统保驾护航[J].市政技术.2017,(5).
- [3]孙乐乐,景江峰.管道潜望镜检测技术在排水管道检测中的应用[J].山西建筑.2019,(2).
- [4]赵恒志.管道CCTV检测技术在城市排水项目中的应用研究[J].建筑与装饰.2019,(4).

通讯作者:谷思勇,1983年2月,汉,男,山东泗水,江苏煤炭地质物测队,市政勘测院院长,物探高级工程师,本科,210046,工程地震与工程勘查