

保障城市运行安全

——综合管廊安全运维及智能诊断研究与应用

潘竹¹ 陆锦豪²

1. 合肥市综合管廊投资运营有限公司; 2. 上海博坤信息技术有限公司

摘要: 现下综合管廊承载了大量城市市政管线和各类附属设施, 管廊规模、管线数量日益增大, 运维过程中存在着各类安全风险隐患, 如何保证综合管廊内部空间的安全性和稳定性变得更加重要, 因此管廊安全运维是当前城市管理过程中面临的重要问题。通过建立完善的智慧管廊安全运维系统, 可以实现对地下综合管廊的全面监控和管理, 提高运维效率和安全性, 为城市的可持续发展和安全运行提供更加可靠的支持。

关键词: 城市管理; 综合管廊; 安全运维; BIM技术; 运维管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.13.074

一、引言

地下综合管廊是建设在城市地下, 用于集中敷设电力、通信、广播电视、给水、排水、热力、燃气等市政管线的公共隧道。随着城市化进程的加快、城市基础设施的不断发展和城市管理的新要求, 地下综合管廊的重要性日益凸显。城市地下综合管廊作为一种公共市政基础设施, 在发挥其巨大优势、服务大众、带来效益的同时, 也将伴随着大量的运维安全风险。

随着综合管廊大规模建设完成并投入运营, 管廊运行和维护的需求日益增大, 但由于早期管廊建设规模较小, 且投入运营的数量有限, 致使运维管理模式不够成熟、经验有所欠缺; 现下综合管廊承载了大量城市市政管线和各类附属设施, 管廊规模、管线数量日益增大, 廊内构成庞大复杂, 运维过程中存在着各类安全风险隐患, 且各类安全隐患影响因素众多、动态变化^[1-2], 如何保证综合管廊内部空间的安全性和稳定性变得更加重要, 因此管廊安全运维是当前城市管理过程中面临的重要问题。

二、综合管廊安全运维的必要性

综合管廊运维安全需要有效识别整个管网运维管理中的风险因素^[3], 并提出针对性的防范对策, 实现综合管廊的信息化和智慧化, 打造“智慧管廊”, 能够降低运维管理风险事故发生率、避免人力和经济损失, 同时对于提升管理水平、优化城市资源、美化城市地下管网建设、提升城市管理能力有着十分积极的作用。

提升管廊设施的安全性: 智慧管廊可以实时监测管道的运行状态, 及时发现异常情况, 从而提高管廊设施

的安全性。

优化运维管理效率: 通过智能化的监测和诊断手段, 可以对管廊设施进行精确的故障定位和预测, 提高运维管理的效率。

减少事故风险和经济损失: 智慧管廊的安全运维可以有效预防事故的发生, 减少事故带来的经济损失和对城市正常运行的影响。

三、综合管廊运维现状

本文以合肥市综合管廊监控中心为示范应用, 作为市级综合管廊监控中心, 下设包河、肥西、新站、蜀山等分控中心, 通过综合管廊运维管理平台及分控中心平台对各管廊进行运维管理。

合肥市综合管廊内配备了消防、排水、监控系统等附属设施, 各系统协调工作, 保障管廊的安全有效运行。管廊内一般设有监控室, 可以实现对综合管廊内部的实时监控, 对于温湿度和集水坑内水位数据异常时及时报警, 并支持远程或手动开启消防、风机、排水泵等应急措施, 保障综合管廊内设施设备的安全运行。

目前合肥市综合管廊投资运营有限公司已建设完成并投入运营的综合管廊有: 黑龙江路、山海关路、习友路及肥西县产城融合示范区等综合管廊。通过一系列的安全防护措施和监测手段, 各综合管廊运维至今尚未发生过任何安全风险事故, 处于安全运维状态。

四、综合管廊运维管理平台信息化建设

综合管廊安全运维离不开管廊运维的信息化和智慧化, 借助物联网、BIM/GIS及大数据技术针对管廊智慧化运维建设的系统平台, 应用层包括基础数据管理系统、智能监控系统、运维管理系统、运营管理系统、安全与应急管理系统、信息管理系统、地理信息监控管理系统、移动端系统等多个子系统, 基于统一数据库实现, 满足数据共享和再利用的要求, 同时监控系统部分与管廊内相应的机电设备具备远程和联动控制功能, 满足综合管廊日常运维的需求^[4]。

在此基础上, 在安全运维方面更进一步, 借助综合管廊安全运维平台的相关技术, 实现和保障综合管廊安全运维目标, 主要包括以下三点:

数据采集与传输技术: 利用传感器、监测设备等技术手段, 实时采集管廊设施的运行数据, 并通过物联网的传输方式将数据传输到运维中心。

数据分析与处理技术：利用大数据和人工智能技术，对采集到的数据进行处理和分析，提取关键信息，实现对管廊设施状态的监测和诊断。

智能诊断与决策支持技术：通过建立管廊设施的模型和算法，实现智能诊断和预测，为运维人员提供决策支持，优化管廊设施的运行和维护策略。

五、综合管廊运维智能诊断研究技术路线

虽然管廊运维管理过程中大多已采用综合安防监控技术，且与各专业管线单位建立定期联络机制，实现了互通共管，但目前管廊安全运维的日常检查、管廊巡检仍以人工方式为主，信息化手段为辅，频次相对较低，不能实时掌握管廊运行情况，无法及时精准地对突发灾害事件进行处理或预判，且大多依靠运维经验对安全风险进行识别、评估和控制。

智能诊断技术是指利用人工智能、大数据分析和传感器技术等手段对综合管廊运行设备进行故障诊断和预测的方法。随着人工智能和大数据技术的快速发展，智能诊断技术在管廊领域得到了广泛应用^[5]。其中包括基于机器学习和深度学习的故障诊断方法、传感器网络和物联网技术的实时监测以及大数据分析和预测模型的构建等。

随着管廊设施设备监控信息数据的汇聚，数据池的管理、分发、反馈要求日渐提高，针对大数据的处理、分析和优化，有助于综合管廊的安全运维。

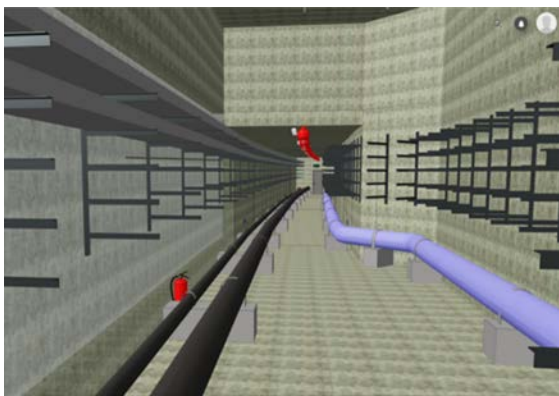
本文研究基于BIM的管廊模型与数据融合技术，建立安全运维管理标准和体系，实现管廊管理态势感知与应急联动，进一步提高综合管廊运维平台安全管理水平。

通过对风险进行有效识别、评估和控制，确保管廊安全运维，实现以下安全运维目标：

(1) 分析综合管廊运维过程中的潜在安全风险，结合先进技术、科学评估方法构建管廊安全运维管理标准和管理体系^[6]。

(2) 加强管廊安全运维及应急联动：

基于BIM技术将监控信号与管廊模型相结合，实现监控信息与管廊结构信息、设备信息一一对应，初步实现综合管廊运维数字孪生。



结合三维可视化及BIM技术实现虚拟漫游，直观感受管廊内部实时动态；用于运维人员巡检培训和管廊运维安全教育；模拟突发事件，实现虚拟安全演练。

(3) 加强综合管理态势感知，研究智能诊断决策应用：

通过物联感知设备建设，强化对于廊体结构、廊内环境、入廊管线、附属机电设备的态势感知和分析应用；优化算法对综合管廊内运维实时数据的学习和大数据分析进行趋势预判，实现安全风险的智能预测、决策辅助。

本文主要采用系统调研、理论研究、平台开发，同时结合具体项目进行示范应用等研究方法，主要采取的技术路线如下：

(1) 分析综合管廊运维过程中的潜在安全风险，通过风险识别、评估、控制，构建管廊安全运维管理标准和体系，为运维管理平台的设计和开发奠定基础；

(2) 开展BIM模型轻量化技术研究，通过解析重复数据、冗余描述和联动关系，针对各种几何表达方式制定优化算法并开发自动处理模块、设计手动处理策略，从而形成一套模型轻量化解决方案；

(3) 依据调研成果，设计平台的功能框架，并开发相应模块，构建集监控预警、现场巡查、虚拟巡检、应急管理、应急模拟演练、智能诊断、风险评估、绩效考核、移动APP等于一体的运维管理平台；

(4) 依托大连路综合管廊项目为示范应用，开展管廊安全运维管理平台应用和实施，收集用户反馈，评估应用成效，完善平台开发，并提供安全管理制度和运维流程优化的合理化建议，提质增效，实现管廊运维管理平台高质量运行，最终实现平台向市政、房建、桥梁、隧道、轨道交通等其他基础设施领域推广的目标。

六、综合管廊安全运维应用实例

(一) 项目概述

合肥市大连路作为城市主干路，将打通青海路~包河大道区间长约2.5公里空间，该道路还将配套建设综合管廊，已列入合肥市2020~2022年大建设计划。大连路（青海路-包河大道）综合管廊项目全长2.3公里，总投资为2.2亿元，规划为支线管廊，在管廊运维管理过程中，重点运维安全及大数据分析等功能。

(二) 平台功能框架设计与开发

研究管廊全生命周期各参与方在同一平台上的数据采集、大数据分析、监控运维等所有应用服务，构建集监控预警、现场巡查、虚拟巡检、应急管理、应急模拟演练、智能诊断、风险评估、绩效考核、移动APP等于一体的管廊运维管理平台。同时，智慧管廊的安全运维面临着一系列挑战，包括系统复杂性、数据管理和隐私保护、故障预测的准确性等。为了克服这些挑战，需要

建立完善的数据管理系统、加强网络安全保护、提高故障诊断的准确性和实时性等。

1) 监控预警

基于管廊综合监控系统,对可能发生的安全事件进行预测预警,提前采取相关措施消除安全隐患。

2) 现场巡查

现场巡查作为自动化监测的辅助手段,以填表、拍照、摄像等方式将巡查情况记录并上传,可与自动化监测数据比对,发现异常或险情及时报警。

3) 虚拟巡检

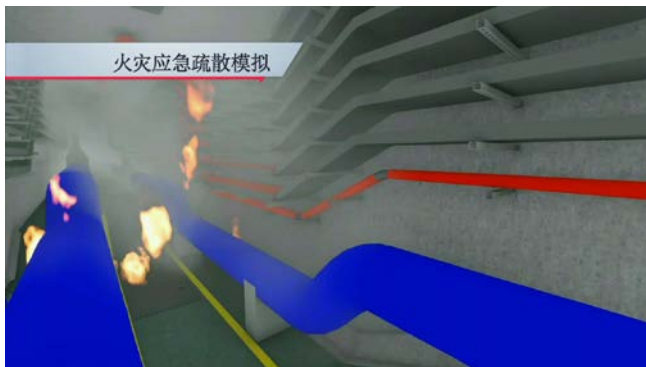
作为人工巡检的辅助方式,虚拟巡检可以采用视频巡检和传感设备数据调阅的方式,实现廊内态势感知;考虑利用无人机进行廊外巡检,针对廊外井盖、出入口等进行空中巡检,提升巡检效率。

4) 应急管理

实现应急指挥调度、应急流程管理、事故分析、辅助决策等功能。

5) 应急模拟演练

以三维场景资源为数据支撑,对各类安全应急事件进行模拟和仿真,实现多角色场景同步协同演练,包括上层决策、人员培训等。



6) 智能诊断

借助大数据、人工智能技术实现对管廊内报警数据的积累、归类、预测分析,可以判断出运维过程中的潜在安全风险隐患,支持将分析结果以多样可视化手段进行呈现。

7) 风险评估

基于综合风险评估模型,在GIS地图上叠加风险热力图,实时展示综合管廊风险分布情况,实现综合管廊风险透明化,并指导管廊日常运维业务。

8) 绩效考核

通过人员出勤率、巡检完成率、维修完成率等指标对日常运维情况进行考核,总结管理经验,提升运维水平。

9) 移动APP

方便运维管理人员实时监控、在线指挥、管理协同,包括廊内定位、应急事件确认、人工巡检、设备维护等功能。

通过本次研究的成果形式和示范应用实施的经验积累,接入与集成城市工程项目管理数据,结合物联网、BIM、GIS、大数据分析等技术,为城市地下空间管理者提供综合监控、数据分析、效能分析、安全风险管控等全方位的综合管廊安全运维管理平台,实现综合管廊运行状况实时动态监测,全面掌控运行安全风险;预测隐患事件,提前采取措施;一体化监测廊体、管线、设备,创新管理模式;精细业务流程化管理。

七、结论

智慧管廊安全运维及智能诊断的研究与应用正在不断深入。相关的技术领域包括传感器技术、数据采集与处理技术、模型建立与优化技术等。同时,对于系统的可靠性和安全性也提出了更高的要求。为了进一步推动智慧管廊的发展和应用,需要加强跨学科的合作研究,整合各方资源,提升技术水平和解决方案的可行性。

智慧管廊安全运维及智能诊断的研究与应用对于城市基础设施管理具有重要意义。通过建立完善的智慧管廊安全运维系统,可以实现对地下管廊(管线)的全面监控和管理,提高运维效率和安全性,减少事故的发生。随着技术的不断发展和创新,智慧管廊将为城市的可持续发展和安全运行提供更加可靠的支持。

参考文献

[1]李宏远.城市地下综合管廊运维安全风险研究[D].北京建筑大学,2019.

[2]强万明,商冬凡,卢明,赵一凡.综合管廊全生命周期安全风险辨识体系[J].土木工程与管理学报,2019,36(05):40-44.

[3]王银辉.城市地下综合管廊运维火灾风险因素研究[J].价值工程,2019,38(05):57-60.

[4]李永奎.建设工程生命周期信息管理(BLM)的理论及实现方法研究[D].同济大学,2007:25-27.

[5]王东伟,王璟,马亚飞,卫文.综合运用新一代信息技术建设智慧管廊[J].智能建筑,2018(06):23-25+30.

[6]康无双.城市地下综合管廊运维安全风险控制研究[D].西安建筑科技大学,2021.

作者简介:潘竹,1981.01,男,安徽,汉,本科,工程师,研究方向:城市综合管廊信息化建设与研究。

陆锦豪,1983.11,男,江苏,汉,本科,工程师,研究方向:信息系统建设及信息管理研究。