

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2022.08.001

城市重大市政设施数字化转型分析

范益群¹, 王安业¹, 于晓宇², 黄瑞达¹, 项 辉¹

[1.上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092; 2.同济大学,上海市 200092]

摘要:随着城市化进程的速度不断加快,作为保障城市正常运营的基本生命线,市政设施的建设和发展尤为重要。在生态保护和可持续性发展的时代背景下,为推进市政设施健康发展,城市重大市政设施数字化转型是一条必经之路。市政设施数字化转型将以建立市政基础设施智能化管理平台为目标,通过对市政设施运行数据的全面感知和自动采集,实现市政问题的智能预警和应急处置。以城市地下空间、道路交通、水务、环保、应急消防、城市信息模型(CIM)等为例,分别梳理数字化转型过程中的工作基础、法规政策与标准规范、国内外先进经验和问题瓶颈与发展趋势,从而提出对城市重大市政设施数字化转型的建议。

关键词:城市重大市政设施;城市信息模型(CIM);数字化转型;智慧城市;智慧城市建设;运维与管控模式

中图分类号: TU99

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)08-0001-05

0 引言

城市市政基础设施是城市的“骨架”,是城市正常运营和健康发展的物质基础,对于改善人居环境、增强城市综合承载能力具有重要作用。

2020 年 8 月,住建部、网信办、科技部、工信部、人社部、商务部、银监会七部委联合发文《关于加快推进新型城市基础设施建设的指导意见》中,明确要求“推进智能化感知设施建设,实现对市政设施运行数据的全面感知和自动采集”,并“建立基于 BIM 平台的市政基础设施智能化管理平台,对水电气热等运行数据进行实时监测、模拟仿真和大数据分析,实现对管网漏损、防洪排涝、燃气安全等及时预警和应急处置,促进资源节约利用,保障市政设施安全运行”^[1]。

在 2021 年初,上海市发布的《关于全面推进上海城市数字化转型的意见》中,也指出要塑造数字时代的城市全新功能^[2]。融合应用数字孪生城市、大数据与人工智能等技术,推动城市“规建管用”一体化闭环运转,实现城市决策“一张图”、城市治理“一盘棋”,为城市精细管理和科学决策提供“说明书”。推进城市建筑、市政设施和地下管线的数字化管理系统建设和信息备案,逐步实现城市可视化、可验证、可诊断、可预测、可学习、可决策、可交互的“七可能

力”,使城市更聪明、更智慧。

2020 年 10 月份,上海市政总院作为牵头单位,联合了中国科学院上海微系统与信息技术研究所、上海电气自动化设计研究所有限公司、中国城市规划设计研究院、联通产业互联网有限公司等 9 家国内行业顶尖单位,获得国家重点研发计划“物联网与智慧城市关键技术及示范”专项 2020 年度计划“1.1 城市重大市政设施智能化运维与管控平台构建及应用示范(项目编号:2020YFB2103300)”立项。该项目旨在探索重大市政设施运管智能化架构体系,攻克多状态混杂环境自主接入关键技术,研制恶劣工况下长期值守智能感知终端和移动便携式采集与边缘处理终端,搭建基于泛在物联网的市政设施智能化运管平台,并在超大城市实现 100 万以上监测节点的示范应用。进而保障重大市政设施的正常运行,对接“一网统管”城市运管平台,支撑基础设施传统运管模式的转型升级。据此,本文参考上海市政总院编制的《城建城市数字化转型研究报告》,对城市重大市政设施数字化转型的现状和趋势做进一步分析和总结。

1 城市重大市政设施工作现状

城市重大市政设施及城市信息模型工作现状见表 1。

2 城市重大市政设施存在的问题与瓶颈

2.1 城市地下空间

(1)地下空间法律体系尚未健全

收稿日期: 2021-12-29

基金项目: 国家重点研发计划项目(2020YFB2103300)

作者简介: 范益群(1969—),男,博士,教授级高级工程师,从事城市交通与地下空间设计研究工作。

表1 城市重大市政设施工作现状

| | 工作基础 | 法规政策与标准规范 | 先进经验 |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 城市地下空间 | <p>1. 城市地下空间正在进行从规划、设计、施工、监测、运维等项目全生命周期中数字化应用和管理;</p> <p>2. 运用建筑信息模型 BIM, 结合 GIS、大数据、人工智能、虚拟现实、数值模型等先进技术, 形成在地下空间开发建设中规划、设计和施工多方协同的局面和数据化监控、运营^[1]</p> | <p>1. 住房和城乡建设部印发《关于加强城市地下市政设施建设的指导意见》, 意见指出: 到2025 年底, 基本实现综合管理信息平台覆盖和城市地下基础设施建设效率明显提高^[4];</p> <p>2. 相关标准规范有: 住房和城乡建设部发布的《建筑信息模型应用统一标准》; 《建筑信息模型施工应用标准》, 和《建筑信息模型分类和编码标准》等</p> | <p>1. 上海世博央企总部基地利用 BIM 技术打造超大型地下空间;</p> <p>2. 伦敦铁路项目将 BIM 和 GIS 相结合, 整合地上建筑、地铁和地下管线模型, 并将信息与各方互通共享, 减少了沟通成本, 提高了地下设施建设效率</p> |
| 城市道路交通 | <p>道路交通主要开展以智能运维物联网系统、道路空间信息感知、无人机智能巡检等技术为代表的研发和实践工作, 为道路交通设施运维管控提供技术支撑^[5]</p> | <p>1. 2020 年, 交通运输部印发的《推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》中, 明确到 2035 年交通运输领域新型基础设施建设须取得显著成效^[6];</p> <p>2. 相关标准规范有: 《城市道路工程设计规范》; 《城市道路交通设施设计规范》; 《道路交通信号灯设置与安装规范》等</p> | <p>近年来国内重点聚焦在自动驾驶与智能网联、智慧道路等方面, 提出了智慧城市道路概念内涵和体系架构, 并开展了工程专项关键技术研究</p> |
| 城市水务 | <p>1. 水务行业以加强传感器技术研究为重点, 促进水务行业构建更完善、广泛布设的感知系统;</p> <p>2. 积极利用信息技术融合水务管理模式创新, 促进水务管理和社会服务效能提升;</p> <p>3. 在智慧水务建设的基础上构建城市供排水信息系统性平台, 实现城市水系统的统一规划、建设和运营^[5]</p> | <p>1. 2021 年中国水协发布《城镇水务 2035 年行业发展规划纲要》, 其中提出了智慧水务发展的具体目标和任务^[7];</p> <p>2. 相关标准规范有: 《室外给水设计规范》、《室外排水设计规范》等</p> | <p>1. 国外经验: 英国很多水司通过建立数据库, 布设大量压力或流量传感器来采集生产运营中的数据;</p> <p>2. 国内经验: 部分供水企业通过构建基础数据采集平台等综合管理平台, 部分实现了生产业务流程实时监控、故障及时反馈和经营数字化管理</p> |
| 城市环保 | <p>大数据、数字孪生、BIM 等技术在环保领域的部分领域应用仍处于初步阶段, 应用场景有限, 缺乏示范性创新应用^[5]</p> | <p>1. 环境保护部关于印发《生态环境大数据建设总体方案》的通知中, 提到“运用大数据、云计算等现代信息技术手段, 快速搜集和处理环保问题中的海量数据, 开展大数据统计分析, 构建大数据分析模型, 建设基于空间地理信息系统的环境应急大数据应用, 提升应急指挥、处置决策等能力”^[8];</p> <p>2. 相关标准规范有: 安徽省市场监督管理局发布的《数字化环卫收运运维信息系统管理规范》等</p> | <p>1. 浙江省绍兴市运用数字化、信息化、智能化手段, 建立固废治理数字化应用系统, 让固体废物可监控、可预警、可追溯、可共享、可评估;</p> <p>2. 新加坡固体废物收运系统引入 RFID(射频识别)技术对清运的垃圾进行跟踪, 为垃圾分类准确性验证及回收率统计提供了数据支撑</p> |
| 城市应急消防 | <p>通过先进技术和消防救援应急预案不断优化应急救援流程, 从而实现消防信息化、智慧化, 提升城市的预警和应急能力。现阶段正在探索建立无线通信的智慧消防和建立数字化消防救援指挥中心或平台^[8,9]</p> | <p>1. 《中华人民共和国消防法》规定, 负责公共消防设施维护管理的单位, 应当保持消防供水、消防通信、消防车通道等公共消防设施的完好有效;</p> <p>2. 相关标准规范有: 《建筑消防设施检测技术规范》等</p> | <p>国内应急消防设施的维保还处在探索阶段</p> |
| 城市信息模型(CIM) | <p>从城市级 CIM 和园区级 CIM 两个层级框架建设城市信息模型(CIM), 并在数据融合和展示可视化取得了一定的成绩。然而, CIM 建设还存在缺少针对性和更深入的应用研究等问题^[10]</p> | <p>1. 2018 年 11 月, 住建部启动了城市信息模型(CIM)平台建设的试点工作, 在雄安等城市对“运用建筑信息(BIM)进行工程审查审批和城市信息模型(CIM)平台建设”试点^[11];</p> <p>2. 相关标准规范有: 《城市信息模型(CIM)基础平台技术导则》; 《城市信息模型基础平台技术标准》征求意见稿等</p> | <p>国内现阶段城市信息模型(CIM)建设情况还处于探索阶段, 北京市副中心、广州、南京、厦门、雄安新区一同被列为运用 BIM 系统和 CIM 平台建设的试点城市</p> |

目前, 城市地下空间法治体系存在的主要问题有: 法律体系对地下空间的经营权、所有权界定不清, 法律主体不明确, 管理标准不统一^[3]。具体来看, 在国家法律层面上, 尚未形成完整的法律体系, 法律上既没有明确城市土地的地下部分哪些属于国家的权利范围, 也没有明确规定地下空间是一种资源, 所以很难界定城市地下空间的所有权主体。

(2) 地下设施和地质调查不完全

要实现城市地下空间数字化, 摸清地下资源和了解地质信息是前提。然而, 我国大部分城市还没有进行相关调查, 有的也仅仅是对近期的项目进行了了解, 不能形成系统化的方法体系。加之管理上, 各部门对城市地下空间的运营各自为政, 相互缺乏沟通, 很难形成合力, 调查很难执行^[12]。

(3)项目全过程智能应用不足

当前,针对地下工程的国产软件很少而且大部分并不成熟。虽然各软件公司在不断研发,开发了如博超、探索者和鲁班等软件,但国内在核心建模、可持续分析等方面尚未开发出相关的软件。BIM技术应用建立在相互协同的基础之上,需要建模,制图,施工模拟等软件相互配合,这些都需开放兼容的设计软件环境和统一的数据标准。此外,地下环境分析软件的不成熟也使地下工程很难通过数字孪生将模型应用到项目的全生命周期^[3]。

2.2 城市道路交通

城市道路智慧化设计和建设缺少系统指导和顶层设计。在现行的项目中,设施重复建设问题突出,比如传感器,云存储中心、5G网络等配套基础设施^[6]。

道路是城市活动的重要空间,是交通设施、新基础设施的核心载体,相比公路领域,涉及到公交、停车、物流等各种交通场景建设和利用的空间,因此城市道路的智慧化建设的需求类型更多、建设内容范围更广,需要针对性、统一地对城市道路特征进行建设。

2.3 城市水务

(1)智慧水务的目标不明确

我国各地区智慧水务的建设目标各不相同,发展水平参差不齐,主要表现在偏重于信息化建设,忽视对解决水务问题能力的提升;偏重于强调实时监测等“感知”建设,忽略数据挖掘和“智慧”应用建设等。这使得一些地方在智慧水务建设过程中,大多停留在信息化表达上,导致建成项目系统性弱、可应用性弱、兼容性差,技术融合不充分,也不具备智慧化所需大数据甄别和计算模型的应用,难以真正发挥智慧水务应有的作用。

(2)智慧水务建设系统性差

目前,大部分水务企业未开展系统的智慧水务建设规划,因采集系统、传输系统、控制系统等配套系统不匹配甚至未配置,造成工装设备智能化水平低、智能化改造难度大、智能化设备利用率低。这些问题不仅造成资源浪费,也阻碍了真正有利于提高生产效率的智慧技术的推广应用。

(3)信息技术与水务业务融合度差

智慧水务建设与互联网、计算机、数字信息技术、云计算、人工智能等当代先进技术融合性差。一方面,当前很多智慧水务建设所采用的技术设备不能适应水务行业的应用需求;另一方面,行业缺乏技

术改进与管理改进相融合的研究与实践,许多技术和设备只是单纯的将计算机技术、检测技术、自控技术等与水务行业相结合,未考虑企业复杂的生产运行条件,导致很多“先进技术”表现出功能差、易损坏、难维护等问题,不仅不能提升运行效率,更影响到企业建设智慧水务的信心和决心,不利于行业发展。

(4)数据挖掘和分析弱,难以支撑水务行业科学发展

智慧水务系统缺乏合理规划设计,规模较小,功能也不尽完善,未建立基于数学模型和海量信息融合分析的辅助决策系统,各应用功能无法充分发挥;各类管理平台仍以数据汇总分析为主,平台决策功能还过于分散和薄弱,决策过程仍然依赖决策者的经验判断,斥巨资建立的系统难以为政府和水务企业提供有效的决策支持。

2.4 城市环保

(1)固废处理技术亟待升级换代

目前,还缺少统一的新一代信息化技术架构、物联设备和接口等标准;适用于固体废物管理的物联技术设备和应用软件开发投入和产业化不足;固体废物管理的大数据分析、数据挖潜应用能力较为落后。因此,现有信息化管理系统的整体架构和技术手段还难以满足新固废法提出的全过程监控和信息化追溯的要求。

(2)固废管理制度需要调整和创新

固体废物信息化管理使现有管理制度实施更加便利,同时也对现有制度提出新的改进和提升要求。例如,基于第三方信息服务的固体废物申报和转移带来了管理模式的变化,数据的权属和企业、政府等相关方的权责问题有待明确,信息化管理流程和数据的法律地位、效力问题需要明晰。解决上述问题将推动固体废物管理模式的持续转变和升级。

(3)环保行业数字化应用需拓展和提升

目前,信息化工作虽然在支撑固体废物环境管理制度落实、支持相关部门业务办理、服务企业和社会需求等方面发挥了一定作用,但仍有巨大的提升空间,比如:在未来可以支持生态环境部门排污许可制度实施和环境执法工作,支撑国家和地方税收政策、产业政策、金融政策的实施。同社会生产和生活的其他领域一样,信息化工作也将为固体废物管理和相关产业发展提供极大便利并产生积极深远的影响^[13]。

2.5 城市应急消防

(1)消防设施管理体制不顺

以市政消火栓为例,设计、建设、维护、使用、执行部门不同,带来很多问题,如按规范建设到位、设计不合理。

(2)应急避难场所运行维护管理不完善

已建成的应急避难场所受管理经费及管理人员的限制,对场所内的设备设施管理不够完善,也缺少人员专门进行管理;另外,已建成的场所大多为场地型,平时主要为休闲广场、绿地公园等公共场所,除要满足应急避难的需要外,更多注意的是平时的使用需求。为了满足平时的需要,应急避难必须的设备设施没有专门的场地,客观上也给维护管理造成了困难。

2.6 城市信息模型 CIM

(1)数据集成与处理难

在多源异构数据集成方面,传统数据如何与

BIM 数据之间形成有效对接仍存在困难。面对大体量、精细化的 BIM 数据,如何生产存储和更新、如何更高效精准地应用数据等,都需要做大量的工作,BIM 数据的处理、高效载入、组织是一个难点。

(2)技术研发和推广普及弱

不论是基于 GIS 还是 BIM 等技术来搭建 CIM 平台,目前都存在一定的不适应性。BIM 技术对大场景城市级的支持较弱,GIS 对部件等建筑单体级的模型支持较弱,这都是需要攻关的难题。

技术的更新换代需要一定的时间,CIM 区别于以往的空间信息平台,引入了 BIM 技术,在建设工程领域,BIM 技术处于初步发展阶段,BIM 软件的普及需要一个实践过程。此外,CIM 平台搭建成本很高,给推广带来了较大压力。

3 发展趋势

城市重大市政设施数字化发展趋势见表 2。

表 2 城市重大市政设施数字化发展趋势

| 类别 | 发展趋势 |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 城市地下空间 | 1. 建立市政管线统一标准,构建地下市政感知设备统一编码编目; 2. 将 BIM、GIS 等先进技术运用于城市综合管廊建设,对复杂工况及多附件和构筑物进行实时仿真,实现管网安全运行过程中的动态预警,为施工精益管理提供强大支撑 |
| 城市道路交通 | 1. 对传统城市交通基础设施逐步完成智慧化改造,构建面向城市交通基础设施智慧化监管的交通平台; 2. 通过对城市交通设施的智慧化监管,能够及时掌握基础设施状况变化情况,通过对监测信息及业务数据的深入挖掘,提高风险预警能力的提高,保障基础设施的安全和稳定运行 |
| 城市水务 | 1. 强化城镇供水全过程智慧感知与智能服务,通过信息技术融合实现供水全过程安全保障与智能化控制; 2. 强化感知设备研制与模型平台开发,开发精准的在线监测仪器、供水安全保障运行控制节点识别技术、精确富有弹性的控制系统,通过信息技术改变供水行业传统的工作方式,实现城镇供水覆盖“源头到龙头”全过程智能化管控; 3. 强化排水防涝信息化精细化管控,健全以城市防洪排涝综合决策支持为目标的预警系统,对城市地表径流情况和城市雨水排水设施进行信息普查,建立雨水排水系统信息档案,提升防洪排涝智能预警能力 |
| 城市环保 | 1. 通过新技术的发展提高环卫信息化应用的智慧程度,兼顾不同主体的管理需求,更加细致并有针对性地促进未来环卫信息化的应用; 2. 建立标准规范体系推进形成行业数据库,对不同地域不同管理环节的信息系统的参数进行统一的规定 |
| 城市应急消防 | 1. 构建统一的行业标准,统筹应急管理部门体系下的数据、管理与安全共享标准以及应急管理部门与其他部门之间的数据共享标准; 2. 运用 5G、物联网等新技术围绕应急消防的事前、事中、事后建立仿真推演信息平台,辅助应急决策指挥救援处置、重现事故演化过程支撑事故调查等 |
| 城市信息模型 (CIM) | 1. 通过完善 BIM 应用标准体系,扩大 BIM 报建应用,推进工程建设项目全生命周期 BIM 报建,实现自主审图信息化、现代化,促进工程建设项目快速落地; 2. 制定 CIM 标准和配套政策,扩大 CIM 平台建设优势,打造区示范项目,推动智慧城市建设,形成可复制可推广的经验,提升城市空间治理能力 |

4 重点工作建议

通过上述现状和趋势的分析梳理,围绕城市重大市政基础设施数字化转型的需求与任务,初步形成以下工作建议:

(1)建设城市地下空间综合智慧化平台,运用信息化、智能化等技术推动城市地下市政基础设施管理手段、模式、理念创新,提升运行管理效率和事故

监测预警能力。首先,建立健全的城市地下空间法律法规体系和推动地下空间信息透明化。其次,推动地下空间开发利用全生命周期智能化。基于 3D 数字空间为载体,落实地下空间全域和全要素管控。

(2)推进以“数字感知、智慧底座”为核心的交通经济新转型,实现交通基础设施全要素、全周期、智能化、全链条、一体化的交通服务的广泛应用。道路交通数字化转型建设总体包括交通基础设施的数字

化建设、数字化监管和行业治理模式建设和构建创新的交通场景和交通方式。在实施路径上,以问题和目标为导向,重点以交通场景建设为切入和抓手,通过场景建设带动行业产学研联动和产业生态的构建。结合政策、标准规范的制定,引导行业的转型发展,最终全面提升交通行业。

(3)坚持以面向行业、支撑政府、服务社会为原则,通过新一代信息技术与水务业务的深度融合,不断推动水务行业创新发展与升级换代,实现城镇水务的数据资源化、控制智能化、管理精细化、决策智慧化,支撑城镇水务行业运营更高效、管理更科学、服务更优质。首先,加强智慧水务整体规划设计,为智慧水务持续发展筑牢基础。其次,着力水务自动化智能化建设,工作开展上以人为因素为关键节点。然后,建立智慧水务系统平台,形成智慧水务体系,全面实现全自动化。最后,打造完善的自主运行智慧水务业务系统,进行全域推广。

(4)构建和完善结构清晰、系统高效的环保行业数字化工作平台。通过数字化平台协同设计,并将设计成果运用至项目的建、管、运过程中,在此过程不断积累建管运数据,形成独有的行业数据库。其次,通过数字化平台进一步对数据库进行总结、分析,形成大数据资产,作为技术支撑,并提供数字化的系统解决方案。具体实施路径:搭建以 BIM 为核心的数字化技术平台,形成支撑环保设施建管运的大数据库,通过数字化技术以“工程+服务”的方式推动环保行业从工程建设向服务建设转型,通过数字建造驱动构建互利共赢融合发展的环保数字化产业链生态圈。

(5)构建基于“智慧城市”的应急消防设施预警和决策系统。首先,建设开发应急消防设施和物资全生命周期管理平台。其次,基于物联网技术,建设应急消防设施场所等的安全监测平台,实现应急设备状态、应急水源安全、消防通道占用情况等风险源的远程监控。最后,建设应急消防设施人员分布管理系统,利用人员定位标识,通过综合接收信号强度算法和网络拓扑分析法对受控目标进行环境位置分析和计算。

(6)建设 CIM 基础平台,推进 CIM 基础平台在上海市新型城市基础设施建设中的广泛应用,吸引

智慧产业资本、人才、企业的流动和集聚,带动数字孪生、BIM、CIM、“云大物智链”等具有高技术、高附加值的数字经济产业的发展,提升城市系统化、精细化、智慧化管理水平,推动城市治理体系和治理能力现代化。

5 结 语

实践表明,城市重大市政设施数字化转型需依托数字经济的发展,利用大数据、人工智能、数字孪生等计算机技术赋能市政设施绿色高效的运行。可以预见,在不久的将来,城市重大市政设施数字化转型将走产业化发展之路,形成产业链和生态链,在市政行业加快数字化的同时,数字化产业也会蓬勃发展,相互促进,多方协作,共同促进社会进步。

参考文献:

- [1] 国家互联网信息办公室,中华人民共和国科学技术部,中华人民共和国工业和信息化部,等.关于加快推进新型城市基础设施建设的指导意见[Z].北京:国家互联网信息办公室,中华人民共和国科学技术部,中华人民共和国工业和信息化部,2020.
- [2] 中共上海市委,上海市人民政府.关于全面推进上海城市数字化转型的意见[Z].上海:中共上海市委,上海市人民政府,2021.
- [3] 住房和城乡建设部.城市地下空间开发利用“十三五”规划[Z].北京:住房和城乡建设部,2016.
- [4] 住房和城乡建设部.关于加强城市地下市政设施建设的指导意见[Z].北京:住房和城乡建设部,2022.
- [5] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司.城建城市数字化转型研究报告[R].上海:上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,2021.
- [6] 王建伟,高超,董是,等.道路基础设施数字化研究进展与展望[J].中国公路学报,2020,33(11):101-124.
- [7] 张金松,李旭,张炜博,等.智慧水务视角下水务数字化转型的挑战与实践[J].给水排水,2021,57(6):1-8.
- [8] 朱鸣君.基于无线通信的智慧消防[J].上海信息化,2021(3):19-22.
- [9] 姚永锋.建设数字化消防救援队伍指挥中心[J].信息化建设,2020(7):62-64.
- [10] 武鹏飞,刘玉身,谭毅,等.GIS与BIM融合的研究进展与发展趋势[J].测绘与空间地理信息,2019,42(1):1-6.
- [11] 武鹏飞,李建锋,胡子航.城市信息模型(CIM)的建设思考[J].科技创新与应用,2021,11(31):55-58.
- [12] 杨华勇,江媛,李喆,等.地下空间开发综合治理发展战略研究[J].中国工程科学,2021,23(4):126-136.
- [13] 韦洪莲,侯贵光.信息化管理实现固废“应管尽管”[N].中国环境报,2020-03-02.