

数字化技术在市政工程中应用的研究进展

杜航

赤峰市城市建设投资(集团)有限公司, 内蒙古 赤峰 024000

[摘要]伴随着城市化进程日益加快,城市的基础设施建设规模也在不断扩大,传统的建设方式越来越难以满足当前的信息传递滞后以及资源配置不足的问题,数字化信息技术的发展也给城市基础设施建设带来新的机遇。文章对当前 BIM、物联网+云计算、AI、数字孪生等主要数字化技术进行归纳总结,从规划设计、施工建造以及运营管理这三个方面来探讨数字化信息技术如何贯穿市政工程的整个生命周期当中去,探究当前存在的大数据接口不一致、技术组合复杂,管理机制壁垒等问题,同时也提出了未来可能产生的多源数据整合、智能化运维升级、标准框架建立等趋势方向。为市政工程数字化转换提供有益借鉴。

[关键词]数字化技术;市政工程;全生命周期管理

DOI: 10.33142/ect.v4i3.19425

中图分类号: TU99

文献标识码: A

Research Progress on the Application of Digital Technology in Municipal Engineering

DU Hang

Chifeng Urban Construction Investment (Group) Co., Ltd., Chifeng, Inner Mongolia, 024000, China

Abstract: With the accelerating process of urbanization, the scale of urban infrastructure construction is also constantly expanding. Traditional construction methods are becoming increasingly difficult to meet the current problems of lagging information transmission and insufficient resource allocation. The development of digital information technology has also brought new opportunities for urban infrastructure construction. The article summarizes the current major digital technologies such as BIM, Internet of Things+cloud computing, AI, and digital twins, and explores how digital information technology can run through the whole life cycle of municipal engineering from three aspects: planning and design, construction, and operation management. It also explores the current problems of inconsistent big data interfaces, complex technology combinations, and management mechanism barriers. At the same time, it also proposes possible future trends such as multi-source data integration, intelligent operation and maintenance upgrades, and standard framework establishment, in order to provide useful reference for the digital transformation of municipal engineering.

Keywords: digital technology; municipal engineering; whole life cycle management

引言

伴随着城镇化水平不断提升,市政工程项目规模不断扩大,项目的复杂程度也随之增强,在传统的市政工程建设过程中存在着依靠人力的经验、粗放式的管理方式,导致各建设主体之间缺乏有效的信息沟通交流机制,施工资源得不到有效调配使用,从而产生出一系列诸如预算超标、进度滞后等问题的发生,无法满足城市发展中的高质量市政设施的需求,近段时间来信息技术日新月异的发展,如 BIM、物联网、人工智能等一系列的信息技术都开始应用于市政工程建设中,形成了智能化建造的技术体系,在该体系之下是围绕着大数据进行的,建立起了一个全生命周期数字化管理体系,串联起设计、建设、运维等各环节之间的数据链条,达到了对工程项目各个要素的即时监测预警、精准剖析判断决策的效果。现阶段关于数字化技术应用于市政工程方面研究也越来越多,包含了设计、施工以及运行维护三个方面的应用特点及相互作用关系。研究发现:多个数字化技术的同时运用可以大大加强市政工程施工计划合理性、施工安全性能以及运维智能化程度,但是在数据管理、技术和标准之间结合、成本管控等问题还需要突破。

1 数字化技术在市政工程中发展概述

数字化技术即以数字化的方式对物理世界的进行记录与整理,然后由计算机进行存储、计算、分析、运用的一门技术。城市基础设施建设中的数字化技术主要包括信息采集、建模分析、协同管理、智能决策等几个方面,数字化技术的核心特点是:依靠数据、利用模型、实现协同、做出智能判断。依靠数据来进行管理决策,建立三维模型来实现信息化的城市基础设施建设,互相分享信息,进行智慧型的管理决策。市政工程数字化变革的动力来源于三个方面。一是城市基础设施高质量发展的迫切需求。传统的建设模式已经不能满足不断提高了的工程质量和安全生产的要求,二是信息技术的完善及推广, BIM、物联网、AI 等相关信息技术的发展使得工程数字化具备了技术支撑。三是相关政策及标准体系的指引,在国家层面上不断有相关的政策出台以推进智能建造和新型建筑工业化的融合与发展。通过对国内外的研究现状分析发现,数字化技术应用于市政工程是从点到面的过程。最初的应用就是单一的设计绘图软件的应用以及简单的建模,而后 BIM 技术的出现带动整个行业的三维协同设计。近几年来,伴随着物联网以及数

字孪生等新技术的发展逐渐应用于施工管控以及运维管理当中，在技术综合方面也不断提高，在一定程度上实现了由单一工具型产品到平台级、生态系统转变的态势。

2 市政工程中关键数字化技术体系

2.1 BIM 技术及其集成应用

BIM (Building Information Modeling) 技术是市政工程信息化的关键性技术之一。BIM 基于三维模型集成了工程全生命周期的数据信息，形成了一个信息交流的基础平台，在与传统 CAD 系统相比，BIM 模型不仅包含了几何形状信息还有物理性质、材料规格以及制造工艺等很多附加的信息，并可应用于多专业合作设计、碰撞检测、工程清单编制及施工过程仿真等功能。而在市政工程项目中的 BIM 集成应用主要是为了进行各专业的配合以及信息的交换。设计过程中，各设计人员在平台上可以相互查询、编辑同一个模型，完成信息互通及协作无缝对接。模型中具有的碰撞排查功能能够对不同专业的图纸进行自动化的碰撞排查，便于设计师提前识别可能存在的问题，在设计过程中予以纠正，施工中利用 BIM 加进度管控、造价信息成为 4D/5D BIM，做到对整个建筑过程的实时模拟和调度管理。运维时用 BIM 存储相关资产信息便于后续运行维护的工作开展，在表 1 中可以看到 BIM 技术应用于市政工程各个时期的内容和技术支持、效益也有所不同从而构建起了涵盖工程建设全过程的技术应用框架体系。

表 1 BIM 技术在市政工程各阶段的应用

应用阶段	主要应用内容	关键技术支撑	应用价值
规划设计	三维建模、碰撞检查、管线综合	协同设计平台、参数化建模	减少设计错误、优化设计方案
施工建设	进度模拟、成本控制、施工交底	4D/5D BIM、移动端	优化施工组织、提高交底效率
运营维护	设施管理、资产运维、空间管理	BIM-FM 系统、移动巡检	提升运维效率、延长设施寿命
全生命周期	信息集成、协同管理、数据共享	数据中台、云平台	打破信息孤岛、支撑协同决策

2.2 物联网 (IoT) 技术在工程监测中的应用

物联网技术利用在施工场地、工程项目设备以及建筑物体内安装各种各样的传感器来及时获取相关的物理参数信息并且发送出去从而把实有工程与虚拟模型相结合，在城市基础设施建设领域里物联网主要应用在了对基础设施结构安全状况的监视、周围环境的观察、项目设备运行状况等方面。传感器组网是物联网的基础，基于不同的被测物以及需要测量的指标可以采用不同的传感器。对于结构检测来说使用加速度计、应变片、位移计等来记录桥梁、隧道、管道等工程结构的应力情况，变形程度，震动幅度；对于环境观察则借助气体传感器、温度湿度计、水位表等装置来了解有毒有害气体含量水平、空气中湿度大小、是否存在积水现象等。从表 2 可以看出，物联网技术应用于市政工程建设监测包括了桥梁、隧道、管廊、基坑、城市内涝等各种场合，不同的监测目标有各自不同的传感

器种类、监测指标及应用方式。

表 2 物联网技术在市政工程监测中的应用

监测对象	常用传感器类型	监测参数	数据传输方式	应用场景
桥梁结构	应变计、加速度计、位移计	应力、变形、振动频率	无线传输/光纤光栅	桥梁健康监测监测系统
隧道工程	收敛计、压力盒、水准仪	收敛变形、衬砌压力、沉降	ZigBee/LoRa	隧道施工期监测
综合管廊	气体传感器、温度湿度传感器、液位计	有害气体浓度、温湿度、积水	有线/无线混合	管廊环境监控
基坑工程	测斜仪、轴力计、水位计	桩体位移、支撑轴力、地下水位	自动化采集系统	深基坑施工监测
城市内涝	雷达水位计、埋式液位监测仪	水位变化、积水深度	物联网平台	防汛预警系统

海康威视助力城市生命线建设普及物联网技术的应用。在苏州，AI 多模态大模型和毫米波雷达产品的深度融合实现对排水内涝点、管网运行状况、桥梁状态等的实时收集并通过监测-分析-预警-处理-督办的全流程闭环管理。

2.3 人工智能与机器学习技术

人工智能及机器学习技术为城市基础设施大数据的深层次分析、发现价值提供了帮助。以强大的模式辨识、预估能力，对大量的工程数据进行分析，给城市的工程建设决策做参考。对于结构健康监测来说，用物联网传感器以及 AI 模型的集成的方式达到对工程结构状态进行实时监控，及时发现问题，辅助提前维护及基础设施升级等，相较以前的监控方式有着明显的优点。

2.4 数字孪生技术在市政工程中的应用

基于数字孪生技术所建立的物理对象与数字副本间实时对应及互动关系，对城市的基础设施建设进行了实时化、精确化的数字化展现。对于数字孪生技术和 BIM 而言，在建模数据动态性方面有所不同；前者是动态的、跨行业的、以决策为导向的复杂系统的映射，后者一般用于静态的、特定领域内、专注于设计过程中的建筑工程信息系统。针对市政设施运营管理工作来说，数字孪生的目标就是要形成数据收集-模拟-运营管理-数据更新这样的一种闭合回路，实现从经验到模型的转换。

3 数字化技术在市政工程全生命周期中的应用进展

3.1 规划设计阶段的数字化应用

规划设计阶段是数字技术应用的基础环节，在此阶段大数据对场地的选择及设计方案进行分析成为了主要的应用内容。在市政工程规划设计初期，大数据利用互联网采集城市地形地貌、交通状况、人口密度等多元数据信息，形成数据库，用 GIS 中的地理加权回归方法来对项目所在的区域进行全方位的分析，在研究区域内不同地理要素之间关系的基础上找到最佳的项目地址。BIM 正向设计与协同设计在这类规划设计中起到了重要的作用。设计师

利用专业的软件创建综合性的包含建筑、结构以及给排水等多个专业的三维模型,在互联网平台下各专业之间能够随时查看编辑共享的同一个模型并进行及时的信息更新以及相互配合。在镇江荣誉酒店项目中,基于 0.03m 分辨率的倾斜摄影模型为基础结合地形、管网等多种来源的数据,在虚拟环境中对周边一平方公里实景进行完全复制,利用 BIM 同实体环境结合、日照计算、视线分析等手段,最后合理布置建筑平面及方向以及停车场进出口的位置等。

3.2 施工阶段的数字化管理与控制

工程实施期间为数字化技术应用效果最好的时期,在工程实施过程中广泛应用了智能化施工设备以及机器人等,传统施工方式发生了变化。智能摊铺机安装有自动找平装置,以激光扫描仪测量路面标高值,再由控制中心进行精确控制摊铺厚度和坡度;测量机器人接入 BIM 模型,自动接收测量任务,借助全站仪进行精准地定位一些重要的施工节点,实时发送信息,达到对施工质量的实时监测和反馈要求,在工程项目的施工过程中借助物联网实现了施工计划与资源的智能化管理。布设施工的机械设备及物资、工人的传感器在云端获取设备的状态、物资的数量以及工人的方位等信息并把其结合到 BIM 中去进行实时的监督施工进度,在 A 市海绵城市建设项目的施工过程中有 85% 的施工机械都安装了传感器来收集施工中的运行情况,例如植草沟的施工中传感器可使土壤覆盖的偏差不超过 $\pm 2.5\text{cm}$,无人机每隔六天进行一次检查并且用机器视觉识别发现 130 多个工程上的问题。

3.3 运维阶段的智能化管理

维养阶段是数字化技术创造不断收益的核心时期。设施运行状况动态监控及报警是最基本的应用。对城市基础设施安装各种类型的感知器,在线采集结构内部应变以及结构构件变形、位移还有振动等各种重要运行指标信息。将相关数据发送到后台大数据分析平台,运用统计过程控制手段对设施状态做出评判,判定设施是否在安全可靠的工作区间之内。基于 AI 的设施检修方案制订是运维监管高级应用。借助人工智能对建筑设施运行记录及相关维修档案开展深入分析,构建故障预测算法模型,得出设施出现故障的时间节点和位置。通过分析预测结果,使用维护决策算法制定个性化的维护方案,完成从被动维修到主动预防性维护的变化,在 A 市海绵城市建设运维环节安装四类共 320 多个传感器来采集设施工作信息,通过大数据及人工智能算法进行智能化诊断以及制定维护周期,相比较传统建设模式,智能建造技术应用使运维反应速度从 36h 变为 8h,降低 77.8% 左右。

3.4 全生命周期数据集成与协同管理

全生命周期数据集成及一体化管理是数字化技术运用最高层级,项目规划到运维全过程,智能化建造技术打造了全方面的信息交流与共享体系。BIM 模型为物联网数据提供空间基准,物联网数据实时刷新 BIM 模型,AI 及大数据分析成果回传给 BIM,对设计方案的优化、施工决策给予支持^[2]。镇江市依托多测合一信息系统平台把二维审批变

成三维可视化管理,推进工程审批从纸上跑到云端管。在江滨新村旧城改造过程中,综合 1980 年以来的管线信息建设地下管网三维信息系统,准确找出 18 公里老化管线,推算出最优小范围开挖维修计划,使道路开挖面积缩小 60%。

4 数字化技术应用的关键问题与挑战

虽然数字化技术应用于市政工程建设取得了很大的进步,但是还存在着不少的问题。数据标准及信息壁垒问题。市政工程项目各个阶段所采用的软件系统、数据的类型以及编码规则不同,从而使得数据相互之间不能连通。BIM 与 GIS 之间的数据集成以及物联网数据同 BIM 模型进行链接等技术壁垒还未突破。技术集成及平台互通问题^[3]。数字化技术体系包含了 BIM、GIS、IoT、AI、数字孪生等众多的技术,由于不同的技术间接口规范、格式以及通讯协议的不同,导致了系统的集成工作会变得更加困难且耗费更多的时间。体制及组织间的协调难度大。传统的建设管理模式下组织机构、运营体系以及信息化需求不对等,项目各参建单位间协调配合不够健全。安全及数据管理方面的问题。市政基础设施逐渐走向数字化时代,在此过程中物联网装置、云服务器、数据交互接口等都极易成为黑客入侵的对象,由此带来相应的安全威胁。缺乏专业技术和能力支撑。数字化新技术的应用离不开既熟悉工程建设又了解信息技术的专业技术人员,现有人员配备不足阻碍了技术的发展应用。

5 结语

信息技术正在对城市的基础设施建设及管理方式产生重大革新影响着。本文全面总结出 BIM、GIS、物联网、大数据和云服务、AI、数字孪生等多种重要信息化技术应用于城市基础设施工程的应用框架,在规划、建设和运行养护三个环节总结得出整体的应用现状。研究发现:多项信息化技术联合使用可以极大的提高城市市政基础设施工程的规划合理性、施工安全度以及运营管理智能化程度。未来的城市基础设施工程信息化发展趋势有三点,首先是各技术间的融合及综合型服务平台的进一步完善。多类型信息资源的集成共享的一体化协同服务平台建设将成为重点。二是标准体系及政策支持不断健全,市政工程信息化标准化体系构建与评价准则的确立将会对行业的信息化发展起到指导作用;三是智慧城市与城市发展深度融合,城市信息模型成为数字底板也将带动市政设施与智慧城市建设的一体化进程,推进城市的精细化管理。

[参考文献]

- [1]王婧,王伟,姚爱军,等.数字化技术在市政工程中应用的研究进展[J].水利与建筑工程学报,2025,23(4):66-75.
- [2]张科,白快,俞浩亮,等.市政工程数字化应用的关键技术与发展趋势[J].居业,2025(7):241-243.
- [3]刘文玉,产成成.数字化背景下市政工程施工技术的革新与发展趋势[J].新城建科技,2025,34(5):31-33.

作者简介:杜航(1994.2—),毕业院校:内蒙古农业大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:赤峰市城市建设投资(集团)有限公司,职务:职员,职称级别:工程师。