

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2024.05.003

虹桥枢纽设施设备智慧运维平台研究

欧阳君涛, 印莉敏

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 随着数字化转型的深入,智慧运维平台已成为保障综合交通枢纽健康运营、改善运维效率与效果的重要建设内容。基于上海市虹桥枢纽数字化、智慧化运维目标,综合运用物联网技术、数字孪生技术、人工智能技术、大数据技术,提出基于数字孪生的枢纽设施设备一体化智慧运维平台,实现运营管理、停车场管理、智慧养护、能耗管理与资产管理五大功能,提升设备监控与诊断能力、设施设备智慧管控能力,提高运维响应速度与业务协同水平,为后续枢纽运维的数字化转型提供技术指引。

关键词: 数字孪生;交通枢纽;智慧运维

中图分类号: U491.1+16

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)05-0011-04

0 引言

综合交通枢纽是城市综合交通体系的重要组成部分,其高效有序运转是城市整体功能有机运作的保障。上海市虹桥交通枢纽是集航空、高速铁路、城际、轨道交通等于一体的国际一流的现代化综合交通枢纽,立足上海市,辐射长三角,面对全世界,对引导和促进区域性资源要素的有序流动与高效聚集具有重要作用。虹桥综合交通枢纽是世界规模最大、功能最全的综合性交通枢纽,单日客流峰值达到131万人次。

自2017年“数字化转型”替代“互联网+”起,“数字经济”已连续6a写入政府工作报告。“十四五”规划纲要中明确提出“加快数字经济、数字社会、数字政府,以数字化转型整体驱动生产方式、生活方式和治理方式变革”,确立“数字化转型”国家全新发展战略方向。

数字孪生(digital twin)通过建立物理世界和数字世界之间精准映射、实时反馈机制,构建虚拟世界对物理世界描述、诊断、预测、决策的新体系^[1]。作为数字化转型的重要内容,其可见性、预测性和假设分析特征,被广泛尝试应用于智慧运维系统构建^[2-4]。

本文以智慧综合交通枢纽为研究对象,针对综合交通枢纽运维过程中的人力不足、被动识别、协同度低等常发问题,基于物联网技术、数字孪生技术、

人工智能技术、大数据分析技术,构建枢纽设施设备智慧运维平台,提升设施设备监控与诊断能力,改善运维效率与效果,降低运维成本,助推枢纽智慧化升级与整体韧性目标的实现。

1 虹桥枢纽智慧运维平台整体目标

1.1 虹桥枢纽设施设备运维现状

虹桥综合交通枢纽汇聚了各类交通方式,日均旅客吞吐量在100万人次以上,“安全”与“便捷”是虹桥枢纽两大运营目标。虹桥枢纽投用10a来,随着承载的车客流的日益上升,设施与系统日益老化,缺乏信息共享和运营协同的短板也日益突出,给一线运营单位带来巨大压力,亟须更有效全面的动态的数字化手段,更精准地掌握枢纽设备运行管理、空间使用和设备设施及能耗的状态,对日常或突发的各种事件做出更科学合理的决策,节约能耗等资源投入,降低运营维护成本,提升资产运营水平和效率,确保枢纽运营的安全、平稳、经济,提供更精细化的服务。

(1)缺乏统一规划建设思路。设计与建设之初,各类交通体系的主体按照自身的特点、业务服务流程及调度与管理等需要,规划、设计和建设相对独立的设施与信息系统,承担各自交通体系的运营与管理、应急指挥及安全,导致各业务系统设计与集成方式无法兼容,数据无法交互,形成信息孤岛,共享共用融合度低,效率低下,反应迟缓。

(2)业务系统技术相对落后。运维系统建设时间较早,信息化、数字化、可视化程度低,已不能满足当

收稿日期: 2023-07-12

基金项目: 上海市科学技术委员会科技计划(21DZ1203701)

作者简介: 欧阳君涛(1981—),男,硕士,工程师,从事数字孪生、智慧交通、BIM技术研发工作。

前业务需求,急需运用人工智能、大数据、服务网格架构(service mesh)等新一代信息技术重构枢纽设施设备智慧运维系统,以数字化带动业务流程优化,全面支撑枢纽平稳运行,提升设施设备运维管理效率与监管能力。

(3)业务协同管理水平不高。各部门业务系统各自为政、数据分散,并不强调信息的互通与运营的协同,导致缺乏纵向贯通、横向协同的业务短板日益突出,给安全有序运营和有效决策管理带来风险。人工填报、手工台账等传统作业模式导致工作效率低下的同时,使得不同业务线运维信息与流程的局部化,加重了业务、系统的壁垒。整体业务协同管理能力有待提升。

1.2 虹桥枢纽智慧运维平台整体目标

构建基于 BIM(Building Information Management, 建筑信息模型)技术的数字孪生枢纽,运用 5G、人工智能、物联网等技术,部署枢纽全息感知体系,结合深度学习技术与基于大数据技术的历史数据分析模型,实现精准、高效、可靠的设施设备智慧运维平台。打造一套可承载海量数据的枢纽轻量化 BIM 模型,一个完善的全息感知环境,一个动态立体的数字底板,一套枢纽设施智慧运维决策支持模型工具集,一个多维度、开放式的一体化运维平台,来有效整合设备管理与监控、远程预警、远程诊断、运维保障、节能优化、数据分析等功能。

2 智慧运维平台系统架构

2.1 业务架构

平台采用 BIM、倾斜摄影、人工智能、物联网等先进技术以辅助枢纽设施设备基本信息、监检测、事件、故障、维修、应急等动态数据采集;通过建立故障库、专家库、业务库,以辅助枢纽运维数字孪生底座建设。通过对设施设备运维工作组织架构和业务模式分析,结合数字化需求,枢纽智慧运维平台涵盖设备运营商、枢纽运控管理中心(HOC)、地产虹桥三级责任主体的管理业务,同时可实现与外部业务系统的衔接,实现枢纽相关业务的协同。

2.2 技术架构

基于上海虹桥枢纽智慧运维需求,构建从资产管理、运行检测到设施运维服务的全过程智慧运维系统平台,如图 1 所示。

其中,支撑层主要实现对外场设施设备,摄像头、GPS、各类传感器(包括环境、压力、光电传感器

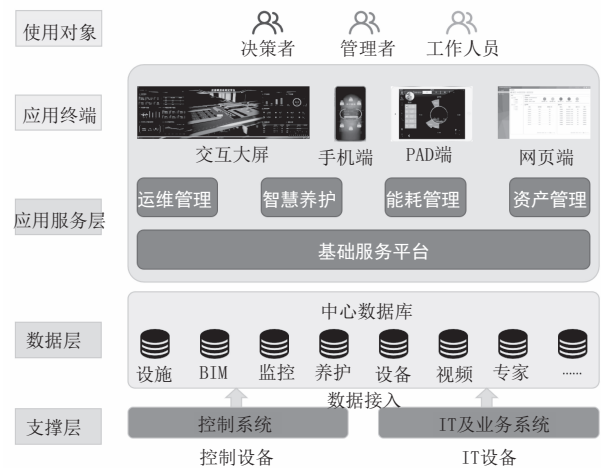


图 1 虹桥设施设备智慧运维平台总体架构示意

等)、二维码、RFID(Radio Frequency Identification, 射频识别)标签和读写器、M2M(Machine-to-Machine/man, 一种人机交互通信协议)终端、探测器等实时状态信息采集汇聚,同时对机房内的网络设备、服务器、机房环控等设备的运行状态进行实时检测与采集,通过智能网关将所采集汇聚的数据上传至数据层。

数据层负责系统性数据的存储与处理、静态数据的标准化处理、数据融合处理及数据的存储,机理模型、数据驱动模型的存储与优化,保障应用层对各类数据及其运算结果的便捷调用。

应用层基于数字孪生底座,通过调用专家库模型算法、流程机制实现功能的展示、事件预警、故障报警、事件的流程化流转、决策支持等业务功能,提供 3D 可视化、信息化、人性化的标准交互操作界面和功能界面,实现枢纽“数智”运维场景。

3 数字孪生应用模型

BIM 模型、激光点云技术与设施运维服务要求相结合,构建枢纽运维三维场景。

模型基于 UE4(Unreal Engine 4, 虚幻引擎 4)实现 BIM 模型三维真实场景可视化,结合支持海量数据的轻量化图形引擎技术构建数字孪生枢纽,结合 5G、人工智能,构建枢纽“数据底板”,实现设施数据的实时在线监测及图形化显示,以及基于大数据技术的历史数据分析模型。

BIM 模型包含三维几何数据和模型结构属性等非几何数据两部分,数据量庞大,通过浏览器查看 BIM 模型时易出现加载缓慢甚至无法基于广联达 BIMFACE 对模型渲染进行优化,实现轻量化。

采用计算机图像处理技术、射频识别技术与视

频识别技术实现三维模型与实际设备设施的交互,形成运维系统中的设施设备资产信息、状态信息及维护信息。构建融合设计信息、施工信息和运维信息的运维模型。通过三维场景高度仿真,可直观表达设备实景及实时运维状况。通过在三维模型上显示核心数据指标,便于管理者对整个运维系统的整体把控。

虹桥枢纽数字孪生模型局部如图2所示。

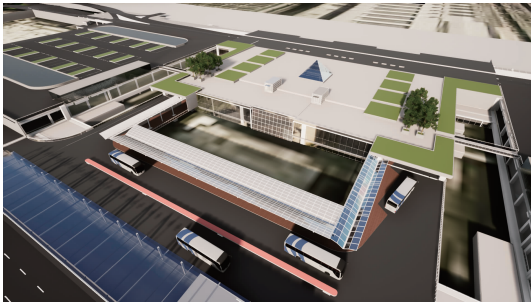


图2 虹桥枢纽数字孪生模型局部示意

4 主要功能

4.1 运营管理子系统

将楼宇自控系统(BAS)、消防自动化系统(FAS)、安全防范系统(SAS)等智能化系统和枢纽运维数字孪生模型结合,形成基于数字孪生的枢纽设施设备运营管理系统及运行管理方案,有利于实施建筑设备控制、消防、安全等信息化监控与管理。运营管理子系统主要功能及应用效果包含以下方面。

(1)信息总览。在数字孪生模型上展示设施设备信息,包括机电设备、安防设备、消防设备,以及各类传感设备的监控项目、报警内容、养护情况等信息,直观体现运行工作内容,实现多种运营数据、区域、资产、设施的集成与展现。除总览外,可通过对设施设备基本信息、运行状态、运维情况等不同信息的按业务线显示、按区域显示、按时间段显示等不同查询模式,为管理人员提供全局性、可视性的信息总览与提炼,整体掌握设施设备运维状况。

(2)视频监控。集成枢纽内部各摄像头信息及视频数据与数字孪生空间数据,辅助管理人员完成实时监控及事件、报警等报告的远程实时定位、查看及确认。并支持连接多路视频监控信号实时查看、分帧视频信号历史回放。视频监控与门禁、消防等系统联动,全面保障枢纽运行安全。

(3)环境管理。实时监测、跟踪和显示不同区域及设施的温湿度、空气质量、静电等环境信息,根据阈值判定环境健康状态,并通过设备系统协同管理,

消除潜在环境不利因素。

(4)应急管理。协同管理突发事件及各子系统的各类事件,自动完成报警、自检、事件溯源。根据实时数据,运用数字孪生模型调用仿真程序开展事件模拟、仿真,针对预案开展动态优化,直至事件消除。并开展事后评估与记录,为后续应急管控优化提供依据。

(5)系统管理。实现用户管理与权限管理、数据库存取,以及操作日志等功能。

4.2 停车场管理子系统

运用视频识别技术、ETC技术、电子标识技术、蓝牙定位技术等实现对停车场运行的统一、精细化的管理。实时检测数据与数字孪生模型相结合,高效、精准管控停车场、出租车蓄车场运行,为使用者提供库内寻路寻车服务,并运用大数据分析技术,辅助优化场地运行效率。

(1)运行监控。停车场地通过检测器与数字孪生模型实现时空对接,实现对停车场、出租车蓄车场实时车辆进出记录与统计、场内占有率、场内人流与车流密度、车位占有情况、空间利用率、出入口运行状况等三维可视化查询、显示、事件报警等功能。并可协同视频监控,对实时状态进行人工查询与确认。

(2)收费管理。协同出入口控制系统,根据所识别的车牌、车型、车辆进出时间等信息,计算费用和收费,满足对出入口收费、中央收费和移动收费3种模式的管理,支持中央收费处、自助缴费机、ETC、APP、小程序等不同支付方式。

(3)车位引导与反向寻车。融合室内定位导航技术、智能泊位诱导技术,基于数字孪生模型计算车或人的最优路径并获取路径可视化信息,通过触摸屏查询机、动态提示板、APP等途径为使用者提供导航语音指引、箭头文字描述、在关键路口提供放大图,实时引导用户前往目的地。

(4)数据分析。实时记录与存储停车场、出租车蓄车场内车辆的使用情况,包括车型车种、车辆图像信息、停车时间、停车费用、停车库占用率、平均存取车时间、停车位周转率等资料,提供各种数据报表。

统计分析后的数据被用来评估停车场、蓄车场的使用效率、流量变化特征、泊位使用特征等信息,为管理方案优化、空间分配和调度提供依据。

4.3 智慧养护子系统

将数字孪生模型、监测数据、巡检数据、维护数

据与专家库、知识库深度结合,应用人工智能、大数据分析、PHM (Prognostics and Health Management, 故障预测与健康管理系统)等先进技术,构建设施设备可视化智慧养护系统,实现流程电子化、工作可视化、事件可追踪、决策智慧化、统一设备台账与实时数据,以及多单位协同,满足全过程管理的需要。

(1) 检测数据管理。提供设施检测数据的录入、查询、统计、分析等功能。可分别通过列表或数字孪生模型快速开展实时数据和历史数据的检索与查看,可快速获取监测点位置、检测值和预警信息等,并实现图表绘制,实现设施设备状态和养护规律的分析。

(2) 巡检管理。对当前及历史巡检任务的实时查看与监督。利用可视化场景辅助完成设备巡检任务,包括巡检区域指导、路径制定、巡检计划派发和信息录入等。利用视频监控、射频技术对巡检作业全过程进行记录与跟踪,避免巡检点位遗漏。记录巡检工作人员通过手持 PDA 回传的设备基本信息、维护信息等,并以表单形式输出。

(3) 工单管理。平台根据接收到的来自检测器的故障信息分析确认后自动创建运维工单,同时支持人工通过 PDA 报送现场维护申请工单。实现维修工单的新建、提交、导出,维修挂起、重启、导出、压手的自动化处理,以及维保验收的半自动化。支持移动端接受工单、查看工单流转、反馈处理结果。系统根据工单记录,自动完成维修信息汇总、各类故障率统计、各类维修记录统计、保修统计分析,

(4) 智能分析。结合检测数据、巡检数据与维修信息建立故障库与运维专家库,供系统开展设施设备健康状态智能评估,实现对设备状态的远程实时自动诊断及预警,运用仿真分析与故障推演,辅助确定故障点,提高故障排除的时效与精准度。根据历史数据积累开展分析推演,对不同设备进行养护分级并提出管养建议。

(5) 绩效管理。依据故障发现和故障处理的及时性、对故障处理结果的满意度、故障的发生率等不同维度,实现对相关运维作业的日常考核。此外,还可以根据日常分析结果、对比、总结,向统计分析系统推送月度、季度、年度报表。

4.4 能耗管理子系统

依托数字孪生模型,分区域、分类别监测、统计、分析建筑能耗,直观捕捉能耗分布特征,快速发现异常点,通过节能模型算法开展节能分析、评估与优化

调节,以达到降低能耗和维持枢纽绿色节能运行的目的。

(1) 能耗监测。针对枢纽使用的水、电、气、热(冷)量等多种能源类型,进行分类与实时监测、数据采集、分项统计和整理。依托数字孪生模型,实现能耗分布、积累情况及异常报警信息的可视化展示,可为管理人员提供总览耗能总量、标杆能耗、能耗分析、区域能耗,并支持柱状图和统计表的方式展示各测点的监测数据支持按日、月、年的周期统计测量数据。

(2) 能耗统计分析。分项、分层、分区、分单元等不同维度对各类能耗进行统计分析,挖掘能耗的时空分布特征。构建枢纽能耗评估体系,基于枢纽建筑能源的分类、分项、分区域监测的能耗大数据,对枢纽建筑运行能耗进行节能分析及预测,评估用能现状与存在的用能问题。并针对环境、设备运行、外部接入的车流与客流信息,与能耗开展关联分析,捕捉能耗变化规律与影响因素,为节能优化提供数据支撑。

(3) 智慧节能管理。构建枢纽智慧节能调控模型及能耗管理计划,基于设备运行状态数据、环境质量监测数据、节能分析结果及建议,制定实时能耗设备运行计划,实现枢纽内温湿度监控与能耗设备的自动化控制。

4.5 资产管理子系统

运用 RFID 和数字孪生技术实现对枢纽设施设备资产的可视化、自动化管理。使用 AI 技术,对资产价值和设施绩效进行综合评估,辅助资产配置和处置决策。

(1) 设备资产管理。建立枢纽监控、能源等品类的设备资产树和设备档案卡,记录设备的采购、安装、运行、变动、折旧、维修、保养、报废等全程管理数据,形成完整设备管理档案。利用 RFID 技术,建立设施设备电子身份标识,同时将物理设施设备与电子档案信息相关联,实现资产实时监控。基于数字孪生,实时掌控设备整体状况和使用情况,对设施状态进行跟踪,对资产进行可视化管理、移动跟踪记录和报警,优化调控方案,简化管理流程。

(2) 资产分析。建立枢纽设备管理评价体系,对资产周期费用进行数据采集,运用 AI 等数字化手段对设备资产的经济价值、运行性能、与管理相关的工作效率和工作效率进行评价和分析,为资产的处置提供辅助决策支持。

(下转第 29 页)

政道路过江通道与高速公路、轨道交通等过江通道,形成衔接有序、互联互通、高效畅达的交通路网络局,提高通行效率。

4.3 加强建设资金保障

以经营城市为理念,充分发挥市场资源配置作用,结合两岸产业转型、业态调整和环境优化,依托通道两岸存量土地综合开发和经济效益提升,探索项目建设融资新模式。积极抢抓国家政策红利“窗口期”,加大符合条件项目包装、申报政府专项债券发行工作。研究通道建设基金模式,依托城市有机更新,成立通道建设基金,借助通道两岸片区综合开发模式,利用国有资本引入央企、险资等社会资本参与过江通道建设。

4.4 做深前期研究

全面开展过江通道技术专题研究,提前启动气象水文、工程地质、地形地貌、河床冲刷等调查、试验。深入开展桥隧比选、施工工艺、慢行交通、公铁(轨)合建等难点问题研究,为项目决策、实施做好技术支撑。目前,瓯江尚无市政道路过江隧道,过江通道形式比较单一,在当前隧道盾构、沉管等施工技术非常成熟的情况下,在市区核心区段更应选择隧道方案。

4.5 完善推进机制

建立健全通道建设工作协调机制,加强组织领

导,集中人力、物力、财力有序推进通道建设和瓯江两岸开发。加强统筹协调,围绕瓯江两岸一体化发展策略,科学系统研究、超前谋划论证,全力推进实施过江通道项目,既建设一批成熟项目,加快项目从前期准备转入实施推进,尽快转为生产推动力、辐射带动力;又储备一批预备项目,紧盯政策变化,强化项目策划,积极争取更多上级要素支持。

5 结语

过江通道规划建设是一项持续变动积累的过程,温州正大力实施拥江面海城市发展,过江通道的建设水平对城市发展影响巨大。加快过江通道建设,不仅需从两岸交通、城市发展研究规划布局,还应注重建设管理技术及新政策适用,做到建设规划科学合理、投资效益高效、通行服务能力完善,以满足两岸城市建设发展。

参考文献:

- [1] 许永兵,朱方正.城市过江通道的建设和发展分析[J].公路与汽运,2010(2):39-41.
- [2] 叶亮.长江与国外典型河流过江(河)通道比较研究[J].公路,2016(5):120-124.
- [3] 陈光华,陆炜.武汉市过江交通需求分析与过江通道规划[J].科教文汇,2008,9(27):285-289.
- [4] 高雅婷,卢毅,吴颖,等.长沙市过江通道的建设问题与对策研究[J].公路与汽运,2018(6):15-18.

(上接第14页)

利用 AI 视频识别技术手段收集枢纽建筑空间内的客户行为数据,通过分析和处理数据清晰展现用户的消费行为,帮助商家深刻掌握客户行为和需要的变化规律,进而进行更精准的资源分配和服务规划,对设施绩效进行综合评估,辅助物业进行资产配置和处置决策,提高枢纽整体商业价值。

5 结语

本文针对虹桥枢纽设施设备运维现状,为解决缺乏统一规划、业务系统技术落后、业务协同管理水平不高等问题,提出了虹桥枢纽智慧运维平台整体目标,设计并开发了智慧运维平台,提升了设备监控

与诊断能力、设施设备智慧管控能力,提高了运维响应速度与业务协同水平,并为枢纽运维的数字化转型指引了方向。

参考文献:

- [1] 袁烽,柴华.数字孪生 关于 2017 年上海“数字未来”活动“可视化”与“物质化”主题的讨论[J].时代建筑,2018(1):17-23.
- [2] 陶飞,刘蔚然,刘检华,等.数字孪生及其应用探索[J].计算机集成制造系统(自然科学版),2018,24(1):1-18.
- [3] 张瑞昌,杜秦川,何晓,等.基于 BIM 的设施运营管理模式研究[J].智能建筑,2018(6):58-60.
- [4] 林剑远,张涛.TOD 模式综合交通枢纽智慧运维平台研究[J].智能建筑,2022(3):14-18.