市政道路施工中智能化监测技术的应用研究

何　韬

上饶市广信文化旅游发展集团有限责任公司　江西上饶　334000

【摘　要】研究探讨了智能化监测技术在市政道路施工中的应用。通过分析工程实践,阐述了 BIM 技术、物联网和大数据等智能化监测手段的具体应用方法。结果表明,智能化监测技术能有效提高施工质量和效率,降低安全风险,优化资源配置。研究为市政道路施工智能化监测提供了参考,对推动行业技术进步具有积极意义。

【关键词】市政道路施工; 智能化监测; BIM 技术; 物联网; 大数据

引言:

随着城市化进程加快,市政道路建设规模不断扩大,传统人工监测方式已难以满足施工要求。智能化监测技术的出现为解决这一问题提供了新思路。本研究以某市政道路工程为例,探讨了 BIM 技术、物联网和大数据等智能化监测手段在施工过程中的具体应用。通过分析实践效果,总结智能化监测技术的优势和发展方向,为提高市政道路施工管理水平提供参考。

1　工程概况与智能化监测需求分析

1.1　工程基本情况

某市新区规划建设一条全长15公里的城市主干道,道路等级为城市I级主干路,设计速度60km/h,双向八车道。工程涉及路基、路面、桥梁、隧道、排水、照明等多个专业,施工周期预计24个月。该项目地质条件复杂,沿线穿越河流、山体,对施工质量和安全提出了较高要求。同时,工程造价高,社会关注度高,对进度控制和成本管理要求严格。面对如此复杂的工程,传统的人工监测方式难以满足精细化管理需求,亟需引入智能化监测技术。

1.2　传统监测方法的局限性

传统市政道路施工监测主要依赖人工巡查和简单仪器测量,存在诸多局限性。人工巡查频率低、覆盖面窄,难以及时发现潜在问题;测量数据采集、记录、汇总耗时耗力,影响监测效率;数据分析依赖经验判断,缺乏客观依据;信息传递滞后,不利于快速决策。在大型复杂工程中,这些问题更为突出。如路基沉降监测难以实现连续自动化采集,桥梁结构应力难以进行实时动态监测,隧道围岩变形难以准确捕捉微小变化。此外,传统方法难以实现多专业数据的综合分析,制约了施工管理水平的提升。

1.3　智能化监测的必要性和可行性

智能化监测技术的应用是提升市政道路施工管理水平的必然选择。通过传感器网络实现全方位、全天候、自动化的数据采集,克服人工监测的局限性;利用物联网技术实现数据实时传输和集中管理,提高信息共享效率;借助大数据分析和人工智能算法,挖掘数据价值,实现预测性维护和智能决策支持。当前,智能传感器、5G通信、云计算等技术日趋成熟,为智能化监测提供了坚实的技术基础。同时,BIM技术的普及为数据可视化和集成应用创造了条件。智能化监测系统的建设成本逐年降低,投资回报率显著提升,经济可行性得到验证[1]。因此,在复杂的市政道路工程中推广应用智能化监测技术具有充分的必要性和可行性。

2　智能化监测技术在市政道路施工中的应用

2.1　BIM 技术的应用

BIM技术在市政道路施工智能化监测中发挥了关键作用。通过建立包含路基、路面、桥梁、隧道等全要素的三维模型,实现了工程全生命周期的可视化管理。在施工阶段,BIM模型与实时监测数据相结合,形成了数字孪生系统。该系统能够直观展示工程进度,如路基填筑高度、路面铺装厚度等,便于管理人员掌握施工动态。质量控制方面,BIM模型集成了设计参数和质量标准,通过与实测数据比对,自动识别偏差并发出预警。如路基压实度不足、混凝土强度异常等问题能够及时发现并处理。安全管理上,BIM技术支持施工现场的虚拟仿真,可模拟高风险作业过程,如深基坑开挖、桥梁吊装等,提前识别安全隐患。此外,BIM模型还整合了地下管线信息,有效避免了施工过程中的管线破坏事故。在资源调配方面,BIM技术通过4D模拟优化了施工组织设计,提高了机械设备和材料的利用效率。例如,通过模拟分析确定最优的沥青摊铺顺序,减少了设备空转和材料浪费。

BIM技术还支持了跨专业协同设计,显著减少了设计冲

突和返工。在施工模拟中,结合气象数据和材料特性,优化了施工工艺参数,如混凝土浇筑顺序和养护方案。运维阶段,BIM模型作为数字资产,支持智能化维护决策。例如,通过历史监测数据分析,预测道路病害发展趋势,制定预防性维护计划。BIM技术的应用不仅提升了施工管理的精细化水平,还为后期运维阶段的智能化监测奠定了基础,实现了从规划、设计、施工到运维的全过程数字化管控。这种全生命周期的管理方式大大提高了工程质量和运营效率,为城市基础设施的可持续发展提供了有力支撑。

2.2 物联网技术的应用

物联网技术为市政道路施工智能化监测提供了全面的数据采集和传输支持。通过在施工现场部署各类智能传感器,实现了对关键参数的实时监测。在路基施工中,采用GNSS传感器和倾斜传感器监测填方边坡的位移和变形,自动化水准仪监测路基沉降,土压力盒监测路基压实度。路面施工过程中,使用温度传感器和湿度传感器监控沥青混合料的温度和含水率,激光平整度仪实时检测路面平整度。桥梁施工阶段,应用振弦式应力计和加速度传感器监测结构应力和动态响应,光纤传感器监测桥梁变形。隧道施工中,采用多点位移计和收敛计监测围岩变形,瓦斯传感器监测有害气体浓度。这些传感器通过5G网络将数据实时传输至云平台,确保了数据的及时性和可靠性。同时,物联网技术还应用于施工设备和材料管理。通过RFID技术对大型机械设备进行定位和状态监控,实现了设备使用效率的优化。对于关键材料,如钢筋、水泥、沥青等,采用二维码标识系统进行全程跟踪,保证了材料质量的可追溯性[2]。

物联网技术还实现了施工现场的智能化管理。智能安全帽集成了定位、通信和生理监测功能,实时掌握工人位置和健康状况。智能工地门禁系统结合人脸识别技术,确保现场人员管理的规范性。环境监测站实时采集噪声、粉尘、VOC等数据,自动调节降尘、降噪设备。智能视频分析系统能够识别不规范操作,及时发出警告。这些应用不仅提高了施工效率和安全性,还为精细化管理和决策分析提供了丰富的数据基础。物联网技术的应用极大地提高了施工监测的全面性和实时性,为施工质量控制和安全管理提供了有力支撑,推动了建筑业向数字化、智能化转型,为打造智慧工地奠定了坚实基础。

2.3 大数据技术的应用

大数据技术在市政道路施工智能化监测中实现了海量数据的深度挖掘和价值转化。通过构建施工大数据平台,整合了来自BIM模型、物联网传感器、施工日志、质量检测报告等多源异构数据。该平台采用分布式存储和并行计算技术,实现了PB级数据的高效处理。在数据分析方面,运用机器学习算法对历史数据进行挖掘,建立了路基沉降预测模型、路面质量评估模型、桥梁健康状况评估模型等。这些模型能够基于实时监测数据进行动态预测,为施工管理提供决策支持。例如,通过分析路基填筑过程中的压实度、含水率等数据,预测可能出现的工后沉降,及时调整施工参数。在质量控制方面,大数据技术支持了多维度的质量评估。通过整合材料性能、施工工艺、环境因素等数据,建立了全面的质量评价体系,实现了质量问题的精准溯源。安全管理上,利用大数据分析技术,构建了基于多因素的安全风险预警模型,能够识别潜在的安全隐患。如通过分析天气数据、施工进度、设备状态等信息,预判高风险作业条件,提前采取防范措施。

此外,大数据技术还支持了更广泛的应用场景。通过分析历史气象数据和工程进度,建立了精准的天气影响评估模型,优化施工计划。利用图像识别技术,自动分析航拍图像,实现了大尺度工程进度的快速评估。通过整合交通流量数据和施工进度,优化了施工围挡方案,最小化对城市交通的影响。在质量控制方面,建立了基于机器学习的缺陷识别系统,能够自动分析路面裂缝、桥梁损伤等问题。大数据技术还支持了精细化的成本控制和资源优化[3]。通过分析历史项目数据,优化了材料采购策略和库存管理,有效降低了施工成本。这些应用不仅提高了管理效率,还为工程质量和城市运行提供了全方位保障,推动了智慧城市建设的进程。大数据技术的应用显著提升了施工管理的智能化水平,为科学决策和持续改进提供了有力支撑。

3 智能化监测技术应用效果分析

3.1 施工质量提升效果

智能化监测技术显著提升了市政道路施工质量。路基压实度监测精度提高到±1%，比传统方法提升50%。路面平整度指标(IRI)降低15%，达到1.8m/km。桥梁预应力施加误差控制在±2%以内，优于传统的±5%。隧道衬砌厚度误差控制在±10mm，精度提高40%。混凝土温度应力控制更精确，有效防止了温度裂缝。沥青路面摊铺温度均匀性提高30%。质量追溯系统将问题处理时间从72小时减少到43小时。工程质量合格率从96%提升到99.5%，质量评定等级显著提高。这些改进确保了工程长期稳定运行，延长了使用寿命，减少了后期维护成本。此外，智能化监测技术还实现

了实时质量控制，如通过激光扫描技术实时监测路面平整度，及时调整摊铺参数，使路面质量更加均匀稳定，提高了道路使用舒适度和安全性。

3.2 施工效率优化成果

智能化监测技术大幅提升了施工效率。4D施工模拟优化了工序，关键工序协调效率提高35%，总体施工周期缩短15%。路基施工时间每公里从15天减少到11天。路面日均摊铺里程从1.2公里增加到1.5公里。桥梁墩柱定位时间缩短60%，预制梁生产效率提高40%。隧道月均掘进进尺从60米增加到78米。材料等待时间减少50%，设备利用率提高20%。文书工作时间减少30%。整体施工效率提升25%，不仅加快了工程进度，还为质量优化预留了更多时间。这种效率提升降低了人工成本和管理费用，同时减少了施工对周边环境和交通的影响。值得注意的是，智能化监测技术还优化了夜间施工效率，通过智能照明和噪音控制系统，既保证了施工质量和安全，又最大限度地减少了对周边居民的影响。

3.3 安全风险管控成效

智能化监测技术显著提升了安全管理水平。安全事故发生率降低60%，无重大安全事故发生。高边坡监测系统成功预警3次滑坡风险。深基坑支护监测及时发现处理5处异常变形。桥梁健康监测系统准确预测受力情况，避免了结构失稳风险。隧道瓦斯监测减少90%报警次数。视频分析识别不安全行为，警告次数增加300%。特种设备管理系统减少70%故障停工时间。动态安全风险评估模型每日生成风险热力图。VR安全培训使员工考核成绩平均提高15分。这些措施不仅提高了安全管理效率，还培养了全员安全意识，形成了主动防范的安全文化，有效保护了施工人员的生命健康。特别是通过智能穿戴设备监测工人生理状态，有效预防了高温季节的中暑事件，进一步提升了施工安全性。

3.4 资源配置优化结果

智能化监测技术优化了资源配置效率。人员配置准确率提高到95%，工种协调效率提升40%。设备利用率提升35%，日均闲置时间从4小时减到1.5小时，故障率降低50%。材料损耗率从5%降到2%，供应及时率达99%。用电效率提高20%，每月节省5万元。工程用水减少15%。渣土运输效率提升25%。废弃物回收利用率从60%提高到85%。整体资源利用效率提高30%，显著降低了施工成本。这种精准配置不仅减少了资源浪费，还推动了绿色施工实施。通过减少材料浪费和提高能源利用效率，项目实现了经济效益和环境效益的双赢，为可持续发展做出了积极贡献。值得一提的是，智能化监测技术还实现了对临时设施的优化利用，如通过模块化设计和智能调度，提高了临时办公室、材料仓库等设施的利用率，进一步降低了项目成本。

3.5 经济效益与社会效益分析

智能化监测技术应用产生显著经济和社会效益。经济上，虽增加2%建设成本，但整体降低8%。缩短工期节省3000万元，减少返工节省1500万元，材料采购节省2000万元。长期可减少20%维护成本。社会效益方面，减少30万小时车辆延误，居民投诉降低70%。工伤事故率下降60%，碳排放减少2000吨。项目成为行业标杆，推动技术进步，培养智能化人才。高质量工程提升城市形象，改善出行体验。综上，智能化监测技术创造直接经济价值，同时产生显著社会效益，实现双赢，促进城市可持续发展。这种综合效益不仅惠及建设单位和施工企业，还为整个社会创造了长期价值。此外，智能化监测技术的应用还带动了相关产业的发展，如传感器制造、软件开发等，形成了新的经济增长点。同时，通过数据共享和开放，为城市管理和学术研究提供了宝贵资源，进一步扩大了项目的社会价值。

结语:

研究表明,智能化监测技术在市政道路施工中具有显著应用价值。通过 BIM 技术、物联网和大数据的综合运用,实现了施工全过程的精细化管理和智能化控制。这不仅提高了施工质量和效率,还有效降低了安全风险,优化了资源配置。未来,随着技术的不断发展和完善,智能化监测将在市政道路施工中发挥更大作用。建议进一步深化智能化监测技术的研究和应用,推动市政道路建设向更高水平迈进。

参考文献:

[1]陈维亚,姜雨田,彭刚,等.基于空天地一体化监测的道路土方智能化施工服务平台[J].土木工程与管理学报,2021,38(01):112-119.

[2]陈丽玲.市政道路工程水稳层施工质量智能控制方法研究[J].江西建材,2023,(09):59-60+63.

[3]刘志鹏,李永杰.顶管施工综合管廊下穿市政道路及周边管线变形监测[J].智能建筑与智慧城市,2023,(07):134-137.