

市政道路监理中智能化监测技术的应用与质量控制研究

付亚林

鹰潭市顺达公路工程监理有限公司 江西鹰潭 335000

摘要: 随着城市化进程加快,市政道路建设规模不断扩大,传统监理方式已难以满足现代工程质量管理需求。本文深入探讨了智能化监测技术在市政道路监理中的应用实践,系统分析了其在土基处理、路面结构施工、附属设施建设等各阶段的技术特点和实施方法。通过建立完善的质量控制体系,包括数据采集处理、质量评价、预警机制等关键环节,有效提升了道路工程监理效率和质量水平。以某市政道路项目为例,验证了智能化监测技术在实际工程中的应用效果,表明该技术能够显著降低施工质量风险,提高工程建设标准化水平。研究结果为市政道路工程监理现代化发展提供了重要参考依据。

关键词: 市政道路;工程监理;智能化监测;质量控制;施工管理

引言

市政道路作为城市基础设施的重要组成部分,其建设质量直接关系到城市交通安全和居民生活品质。近年来,随着城市建设步伐加快,道路工程规模日益扩大,施工环境日趋复杂,对工程监理提出了更高要求。传统监理模式主要依靠人工巡查和抽样检测,存在监测范围有限、数据获取滞后、质量控制精度不高等问题,已无法适应现代化道路建设的客观需要。智能化监测技术的兴起为解决上述问题提供了有效途径。该技术通过集成各类传感器设备、数据传输系统和分析处理平台,实现对道路施工全过程的实时监控和质量评估,为监理工作提供了科学决策依据。与传统方式相比,智能化监测具有覆盖面广、精度高、响应快等显著优势,能够及时发现施工中的质量隐患,有效防范工程风险。当前,国内外学者在智能化监测技术方面开展了大量研究工作,在传感器应用、数据处理算法、监测系统设计等领域取得了重要进展。然而,针对市政道路监理的具体应用研究相对较少,特别是如何建立适合道路工程特点的质量控制体系,仍需进一步探索完善。因此,深入研究智能化监测技术在市政道路监理中的应用方法和质量控制策略,对推动道路工程监理现代化发展具有重要意义。

一、市政道路监理智能化监测技术概述

市政道路监理智能化监测技术是在传统工程监理基础上,运用现代信息技术手段,构建集数据采集、传输、处理、分析于一体的综合监测体系。该技术主要包括传感器监测、无线通信、数据处理和决策支持等核心

模块,通过多元化监测手段实现对道路施工过程的全方位管控。在技术架构方面,智能化监测系统采用分层式设计理念,底层为各类传感器和数据采集设备,负责获取现场施工参数;中间层为数据传输和预处理模块,确保信息及时准确传递;顶层为数据分析和应用平台,提供质量评估、预警提示和决策建议等功能。与传统监理方式相比,智能化监测技术具有监测范围全面、数据获取实时、分析处理智能等特点,能够有效弥补人工监理的不足,显著提升监理工作的科学性和准确性。同时,该技术还具备良好的扩展性和兼容性,可根据不同项目需求灵活配置监测方案,为道路工程质量管理提供了强有力的技术支撑。

二、智能化监测技术在道路施工中的应用

1. 土基处理监测技术应用

土基是道路工程的基础结构,其处理质量直接影响整体工程稳定性。智能化监测技术在土基处理阶段主要通过布设压实度传感器、沉降监测设备和含水率检测仪器,实现对土基压实效果的实时监控。压实度监测采用振动式传感器和核密度仪等设备,能够连续记录压实过程中的密度变化情况,及时发现欠压实区域。沉降监测通过高精度位移传感器和倾斜仪,对土基沉降量和变形趋势进行长期跟踪,为后续施工提供重要参考。含水率监测利用土壤湿度传感器,实时掌握土基含水状况,确保在最佳含水率条件下进行压实作业。此外,监测系统还集成了气象监测模块,及时获取降雨、温度等环境信息,为土基处理时机选择提供科学依据。通过建立土基质量评价模型,系统能够自动判断处理效果是否满足设

计要求，为监理人员提供直观的质量评估结果。

2. 路面结构层施工监测

路面结构层施工是道路建设的关键环节，智能化监测技术在此阶段发挥着重要作用。针对基层施工，采用厚度检测传感器和平整度监测设备，实时掌握铺筑厚度和表面平整情况。温度传感器网络用于监控拌和料温度和施工环境温度，确保在适宜条件下进行铺筑作业。压实质量监测通过压路机载传感器和独立检测设备相结合的方式，对压实遍数、压实速度和压实效果进行全程跟踪。对于沥青面层施工，温度监测尤为重要，系统通过红外温度传感器阵列，实时监控沥青混合料温度分布，防止因温度控制不当导致的质量问题。接缝处理监测采用激光扫描技术，精确测量纵横向接缝质量，确保接缝平顺密实。此外，监测系统还具备材料用量统计功能，通过重量传感器和流量计，准确记录各类材料消耗情况，为成本控制和质量分析提供数据支撑。

3. 道路附属设施监测

道路附属设施包括排水系统、护栏、标线等重要组成部分，其施工质量同样需要严格监控。排水系统监测主要针对管道铺设和检查井施工，采用管道内窥镜和水位传感器，检查管道连接质量和排水效果。护栏安装监测通过位置传感器和力学传感器，确保护栏安装位置准确、连接牢固。标线施工监测利用激光测距仪和图像识别技术，检测标线位置、宽度和厚度是否符合规范要求。信号灯和标志牌安装监测采用倾斜传感器和定位设备，保证设施安装的垂直度和位置精度。绿化工程监测通过土壤传感器网络，监控种植土壤的酸碱度、养分含量和湿度状况，为植物生长提供适宜环境。照明系统监测集成了电流电压传感器和光照度检测仪，确保照明设施正常运行和照明效果达标。通过建立附属设施质量数据库，系统能够为后期维护管理提供重要参考，实现从施工监理到运营维护的全生命周期管理。

三、智能化监测技术的质量控制体系

1. 监测数据采集与处理

监测数据采集作为智能化质量控制体系的根基，需构建科学的数据获取机制。在市政道路施工中，不同阶段的监测对象差异显著：路基施工期需重点监测压实度与沉降位移，沥青摊铺阶段则侧重温度场与平整度数据。因此，数据采集方案需依据摊铺机等设备的运行参数及结构受力特性，选择光纤光栅传感器、倾角仪等设备，以每10米1个监测点的密度布设传感器网络，确保数据能精准反映路基压实度、混凝土强度等关键指标的时空

变化。采集频率的动态调控需平衡施工进度与数据价值：桩基施工阶段按1次/30分钟高频采集，以捕捉桩基承载力的实时变化；路面养护期则调整为1次/天，避免冗余数据占用存储资源。数据预处理环节通过三重机制保障质量：首先利用 3σ 原则识别超出均值 ± 3 倍标准差的异常值，如混凝土养护温度骤升超 5°C 的离散点；其次采用小波变换滤除振动监测中的机械噪声；最后通过统一数据接口将不同传感器的电压、频率信号转换为标准化数值。分布式存储架构采用区块链技术，将路基、路面等不同施工段的数据分区块存储于云端服务器，既防止单点故障导致数据丢失，又通过哈希算法确保数据不可篡改。数据分析融合多元统计与工程经验：运用主成分分析降维处理路基沉降的多维度数据，结合《城镇道路工程施工与质量验收规范》建立质量评价模型，将位移、应力等原始数据转化为0-100分的质量评分。系统内置的数据挖掘模块可自动分析历史工程数据，如通过关联规则发现“连续3天路基含水率 $> 25\%$ ”与“后期沉降超标”的强相关性，为质量预测提供依据。可视化展示采用BIM+GIS技术：三维模型实时标注桥梁支座沉降量，热力图动态呈现沥青路面摊铺温度场，监理人员通过交互界面可钻取任意施工区段的小时级数据曲线，实现从宏观质量态势到微观指标的精准把控。

2. 质量评价标准与方法

建立科学的质量评价标准是智能化监测技术有效应用的关键。评价标准应以现行技术规范为基础，结合工程实际情况和监测技术特点，制定适用的质量判定准则。评价指标体系应包括关键质量参数和综合质量等级，既要体现工程质量的核心要求，又要便于量化评估和比较分析。质量评价方法采用定量分析与定性判断相结合的方式，通过建立数学模型，将多个监测参数综合为统一的质量评价结果。评价过程中需要考虑不同施工条件和环境因素的影响，建立动态调整机制，确保评价结果的准确性和适用性。质量等级划分应与工程验收标准相衔接，便于监理决策和工程管理。评价结果的表达形式直观明了，采用颜色编码、数值显示和文字描述等多种方式，满足不同用户的需求。同时，系统还应具备质量趋势分析功能，通过对比历史数据，识别质量变化规律，为持续改进提供依据。质量评价标准需要定期更新完善，结合工程实践经验和技术发展水平，不断优化评价方法和标准。

3. 预警机制与风险控制

预警机制是智能化监测系统的重要功能，能够及时

发现质量风险并采取相应措施。预警阈值的设定应基于工程设计要求、规范标准和历史经验，建立多级预警体系，包括正常、注意、警告和危险等不同级别。预警触发条件应综合考虑单项指标超限和多项指标异常等情况，通过建立预警规则库，实现自动预警判断。预警信息发布采用多种方式，包括现场声光报警、短信通知和系统推送等，确保相关人员及时获得预警信息。风险评估方法采用概率分析和工程判断相结合的方式，对潜在质量风险进行定量评估，为决策提供科学依据。应急响应机制应明确不同预警级别对应的处置程序和责任分工，确保能够快速有效地处理质量问题。预警记录和处理结果应完整保存，为后续分析和经验总结提供资料。系统还应具备预警效果评估功能，通过分析预警准确率和响应效果，不断优化预警算法和处置程序。此外，建立预警信息共享机制，加强各参建单位之间的协调配合，形成质量风险防控合力。

4. 监测结果应用与反馈

监测结果的有效应用是智能化监测技术发挥作用的关键环节。监测结果应及时向相关单位反馈，包括施工单位、设计单位和建设单位等，为工程决策提供科学依据。反馈内容应包括质量状况评价、存在问题分析和改进建议等，采用报告、图表和会议等多种形式进行沟通交流。对于发现的质量问题，应建立闭环管理机制，跟踪整改措施的落实情况和效果验证。监测结果还应用于施工过程优化，通过分析监测数据规律，指导施工工艺改进和质量控制措施调整。建立监测数据档案，为工程验收和后期维护提供重要资料。系统应具备报告自动生成功能，根据预设模板和数据分析结果，生成标准化的质量监测报告。监测结果的统计分析有助于发现质量控制的薄弱环节，为管理制度完善和技术改进提供方向。同时，通过对比分析不同项目的监测结果，总结质量控制经验，建立最佳实践案例库。反馈机制还应包括对监测系统本身的评估，根据应用效果不断改进监测方案和技术方法。

四、某市政道路项目智能化监测应用案例分析

某市新建城市主干道工程全长5.2公里，设计为双向六车道，包括路基处理、路面结构和附属设施建设。该项目采用智能化监测技术进行全过程质量控制，取得了良好的应用效果。项目监测系统包括300余个各类传感

器，覆盖土基压实、路面厚度、温度控制、平整度检测等关键质量要素。在土基处理阶段，通过布设压实度监测点，实时掌握压实效果，发现并及时处理了3处欠压实区域，避免了质量隐患。路面施工过程中，温度监测系统有效控制了沥青铺筑温度，使温度合格率达到98%以上。厚度监测发现并纠正了12处厚度不足问题，确保了路面结构完整性。平整度监测结果显示，该项目平整度指标优于设计要求15%。监测系统还发挥了重要的预警作用，累计发出各类预警信息68次，均得到及时处理，有效防范了质量风险。通过数据分析，项目总结了适合当地条件的施工工艺参数，为后续类似工程提供了参考。监测结果表明，采用智能化监测技术后，该项目质量控制效率提高30%，质量一次合格率达到96%，较传统监理方式有显著提升。工程竣工验收时，各项质量指标均满足或超过设计要求，得到了建设单位和质量监督部门的高度认可。该案例充分证明了智能化监测技术在市政道路工程中的应用价值和发展前景。

结束语

智能化监测技术在市政道路监理中具有重要理论与实用价值，可实时监控施工全过程，提高监理效率精度。建立完善质量控制体系是应用基础，需统筹数据采集等环节，工程实践表明其能提升道路工程质量。当前技术应用仍处发展阶段，未来应加强监测技术标准化、深化数据分析方法研究，完善预警机制与应急响应，加强技术培训与人才培养。随着科技进步，智能化监测技术将为城市道路建设提供支撑，推动监理向现代化、智能化发展。

参考文献

- [1] 张栋山. 智能工程监理技术的应用与任务研究[J]. 居舍, 2022, (18): 81-83.
- [2] 王冬冬. 智能工程监理技术的运用与管理分析[J]. 现代企业文化, 2022, (15): 52-54.
- [3] 黄玉龙, 普新友, 曹刘光, 等. 智能信息化与创新技术在工程监理中的应用[J]. 建设监理, 2022, (01): 20-24.
- [4] 陈化泽. 智能工程监理技术的应用与任务分析[J]. 建设监理, 2021, (08): 33-35.