

基于AI的市政道路施工质量智能监控系统研发

马 超

吴忠市市政工程有限公司 宁夏 吴忠 751100

摘 要：随着城市化进程的加快，市政道路建设规模不断扩大，对施工质量的要求也日益提高。传统的人工监控方式存在效率低、成本高、主观性强等问题，难以满足现代市政道路施工的需求。因此，研发基于AI的市政道路施工质量智能监控系统显得尤为重要。本文探讨了该系统的研发背景、意义、技术框架、关键技术、应用案例及未来展望，旨在为提高市政道路施工质量提供智能化解决方案。

关键词：市政道路施工；AI智能监控；施工质量；绿色施工；BIM技术

1 引言

1.1 研发背景

市政道路作为城市基础设施的重要组成部分，其施工质量直接关系到城市的交通顺畅、居民出行安全以及城市形象。随着科技的进步，特别是人工智能（AI）技术的快速发展，为市政道路施工质量的监控提供了新的思路和方法。传统的市政道路施工质量监控主要依赖人工巡查、抽样检测等方式，存在监控范围有限、数据处理滞后、主观性强等问题。而AI技术具有强大的数据处理能力、模式识别能力和自主学习能力，能够为市政道路施工质量监控提供全面、实时、客观的解决方案。

1.2 研发意义

一是提高监控效率：AI智能监控系统能够实现市政道路施工全过程的实时监控，及时发现施工中的质量问题，避免了传统人工巡查可能存在的遗漏和延误。通过自动化的数据采集和分析，大大提高了数据处理的速度和准确性，使项目管理人员能够迅速掌握施工质量的整体情况。二是降低成本：减少了人工巡查的人力成本，同时降低了因质量问题导致的返工和维修成本。通过智能化的质量预测和预防，避免了因质量问题引发的安全事故和经济损失。三是提升施工质量：AI技术能够对施工过程中的各种参数进行精确控制和分析，确保施工质量符合标准和规范要求。通过对历史数据和实时数据的深度挖掘，可以发现施工中的潜在问题，为质量改进提供科学依据。

2 基于AI的市政道路施工质量智能监控系统技术框架

2.1 系统架构

(1) 感知层：由各种传感器、摄像头、无人机等设

备组成，负责采集市政道路施工现场的各类数据，如图像、视频、温度、湿度、压力等。例如，在道路路基施工中，可安装土壤湿度传感器实时监测土壤含水量，为施工质量控制提供依据。(2) 网络层：负责将感知层采集到的数据传输到数据处理中心。可采用有线网络（如光纤）或无线网络（如4G/5G、Wi-Fi等）传输方式。对于一些偏远或网络覆盖不佳的施工区域，可采用卫星通信等方式进行数据传输。(3) 数据处理层：利用AI算法对采集到的数据进行处理和分析。包括数据清洗、特征提取、模式识别、质量预测等步骤^[1]。例如，通过图像识别算法对施工现场的图片和视频进行分析，识别出是否存在裂缝、坑洼等质量问题。(4) 应用层：根据数据处理层的结果，为项目管理人员提供决策支持。包括质量预警、问题定位、改进建议等功能。项目管理人员可通过手机APP、电脑端软件等方式实时查看施工质量监控结果，及时采取措施进行整改。

2.2 关键技术

(1) AI图像识别技术：在市政道路施工中，图像识别技术可用于识别路面的平整度、裂缝、坑洼等问题。例如，通过训练卷积神经网络（CNN）模型，使其能够自动识别路面图像中的裂缝特征，并计算裂缝的长度、宽度等参数。(2) AI数据分析技术：对采集到的大量施工数据进行深度分析，挖掘数据中的潜在规律和模式。例如，通过分析不同时间段、不同施工段的混凝土强度数据，预测混凝土强度的变化趋势，及时发现可能存在的质量问题。(3) AI预测模型：建立基于AI的施工质量预测模型，根据历史数据和实时数据预测未来的施工质量情况。例如，利用机器学习算法建立路面平整度预测模型，根据施工过程中的各种参数（如摊铺速度、压实度等）预测路面的平整度。



图1 AI图像识别技术在路面裂缝检测中的应用示例

3 市政道路施工新技术在智能监控系统中的应用

3.1 道路工程

在道路施工中，高精度定位技术发挥着至关重要的作用。它能够精确确定施工机械的位置和姿态，为施工的精确性提供坚实保障。以沥青摊铺过程为例，摊铺机的位置精准与否直接影响着摊铺质量。借助高精度定位技术，可实时获取摊铺机的准确位置信息，并结合AI智能监控系统，对摊铺厚度、平整度等关键参数进行实时监测。一旦监测到参数偏离预设标准，系统能及时发出警报，提醒施工人员及时调整，从而确保沥青摊铺质量符合设计要求，有效减少后期返工维修的成本和时间。冷拌铺路技术主要应用于农村和二级公路的混合料铺设。通过AI智能监控系统，可对该技术的施工过程进行全方位监测。在冷拌铺路施工中，传感器能够实时监测混合料的温度、湿度等参数。AI算法会对这些数据进行深入分析，精准判断混合料的质量是否符合要求。例如，若监测到混合料温度异常，可能意味着其性能受到影响，系统会及时发出预警，以便施工人员采取相应措施，保证冷拌混合料的配比合理、摊铺均匀，进而确保施工质量^[2]。

3.2 桥梁工程

以中国中铁研制的“共工号”桩梁一体智能架桥机为例，它采用北斗定位系统打桩，实现了引孔、打桩、架梁的全套“空中”作业。AI智能监控系统与智能架桥机紧密结合，在架桥过程中发挥着关键作用。系统能够实时监测桩的垂直度、梁的架设精度等各种参数。桩的垂直度直接关系到桥梁基础的稳定性，梁的架设精度则影响着桥梁的整体结构安全。通过实时监测和数据分析，一旦发现参数异常，可及时调整施工操作，确保桥梁施工质量达到高标准。在桥梁施工过程中和建成后，安装各类传感器监测桥梁的健康状况是保障桥梁安全的重要举措。这些传感器能够实时采集桥梁的应力、应变、振动等参数。AI智能监控系统对这些数据进行实

时分析，通过建立科学的模型，预测桥梁的使用寿命和安全性。一旦发现潜在的安全隐患，系统能及时发出警报，为桥梁的维护和管理提供准确的决策支持，确保桥梁在长期使用过程中安全可靠。

4 绿色施工建造技术在智能监控系统中的融合

4.1 绿色施工的原则与目标

原则为减少场地干扰、尊重基地环境。在市政道路路施工中，应尽量减少对周边环境的破坏和干扰。节约资源、保护环境。通过科学管理和技术进步，最大限度地节约资源并减少对环境负面影响的施工活动。目标是实现节能、节地、节水、节材和环境保护（“四节一环保”）。例如，在市政道路路施工中，可采用节能型施工机械、合理利用土地资源、采用节水型施工工艺、优化材料使用等措施，实现绿色施工目标。

4.2 绿色施工建造技术在智能监控系统中的应用

AI智能监控系统可监测施工机械的能耗情况，如摊铺机、压路机等燃油消耗量。通过分析能耗数据，可发现能耗异常的施工机械，及时采取措施进行节能改造或维修。在市政道路路施工中，可采用喷雾降尘、循环用水等节水型施工工艺。AI智能监控系统可监测施工现场的用水量和水质情况，确保节水技术的有效实施。通过优化施工方案和材料使用计划，减少材料的浪费。AI智能监控系统可监测材料的使用情况，如混凝土的用量、钢筋的损耗率等参数，为节材技术的评估和改进提供依据。在市政道路路施工中，应采取有效的环保措施，如减少噪音污染、控制扬尘、处理施工废水等^[3]。AI智能监控系统可监测施工现场的噪音、扬尘、废水等环保指标，确保环保技术的有效实施。

5 BIM 应用技术在智能监控系统中的集成

5.1 BIM技术概述

BIM (Building Information Modeling) 即建筑信息模型，是以建筑工程项目的各项相关信息数据作为模型的基础，进行建筑模型的建立，通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。BIM技术提供了可视化的思路，让人们将以往的线条式的构件形成一种三维的立体实物图形展示在人们的面前。BIM建筑信息模型可在建筑物建造前期对各专业的碰撞问题进行协调，生成协调数据，提供出来。BIM技术可以模拟建筑物在真实世界中的状态，如节能模拟、日照模拟、紧急疏散模拟等^[4]。BIM技术可以把项目设计和投资回报分析结合起来，计算出设计变化对投资回报的影响，使业主知道哪种项目设计方案更有利于自身的需求。

5.2 BIM应用技术在智能监控系统中的集成

将BIM模型与AI智能监控系统相结合,实现市政道路施工的三维可视化监控。项目管理人员可通过BIM模型直观地查看施工现场的布置、施工进度、施工质量等情况。在市政道路施工前,利用BIM技术进行碰撞检测,发现设计中可能存在的冲突和问题。通过AI智能监控系统对施工过程中的实际情况进行监测,与BIM模型进行对比分析,进一步优化施工方案。利用BIM技术建立市政道路工程的工程量模型,结合AI智能监控系统采集到的施工数据,实现工程量的自动核。这有助于提高工程量计算的准确性和效率,为工程造价管理提供可靠依据。

6 数字化、智能建造技术在市政行业内的创新应用成果

6.1 数字化建造技术

数字化建造技术是以数字信息为核心,通过集成BIM、物联网、人工智能等工具实现工程全生命周期的智能化管理。创新应用成果包括:(1)设计阶段的创新:参数化设计工具支持复杂曲面建筑的快速建模,为市政道路设计中的特殊造型提供了可能。(2)施工阶段的创新:无人机测绘与机器人砌墙技术已在上海智慧工地试点,工期缩短15%。在市政道路施工中,可借鉴这些技术,提高施工效率和质量。(3)运维阶段的创新:新加坡滨海湾金沙酒店采用数字孪生技术,实时分析能耗数据,年节能率达12%。市政道路运维阶段也可采用类似技术,实现能耗的智能化管理。

6.2 智能建造技术

智能建造技术是利用人工智能、物联网、大数据等先进技术,实现建筑施工过程的智能化、自动化和高效化。创新应用成果包括:(1)智能调度:通过收集和分析历史数据,让AI算法学习并预测设备的使用模式和效率,实现设备的智能调度和维护。在市政道路施工中,可智能调度摊铺机、压路机等施工机械,提高设备利用率。(2)质量控制:通过机器学习和数据分析技术,建立施工质量预测模型,实现质量的智能控制。一旦发现数据出现异常,模型会自动触发警报系统,通知管理人员进行及时处理。(3)风险管理:利用大数据和AI技术进行风险的智能识别和预防。通过实时监测和分析各种数据,AI算法可以识别出潜在的安全事故和质量问题的

征兆,自动生成预防策略和建议。

6.3 市政行业内的其他创新技术成果

(1)装配式建筑技术:如中铁科工研制的“共工号”桩梁一体智能架桥机和“赤沙号”建筑构件装配机器人,推动了桥梁建造和建筑构件装配的智能化、高效化发展。在市政道路施工中,也可探索采用装配式建筑技术,提高施工效率和质量。(2)新型道路材料技术:如赤腹物质用于坑洼路修复、高性能冷拌沥青修复产品用于沥青修补等新型道路材料技术,为市政道路施工提供了新的解决方案。AI智能监控系统可监测这些新型道路材料的使用情况,确保其施工质量。

结语

基于AI的市政道路施工质量智能监控系统具有监控效率高、成本低、提升施工质量等优势。通过集成多种先进技术(如AI图像识别技术、BIM技术、物联网技术等),实现了对市政道路施工全过程的实时监控和智能化管理。在多个市政道路施工项目中得到了成功应用,取得了显著的应用效果。提高了施工质量和效率,降低了施工成本和风险,为项目管理人员提供了实时、准确的决策支持。随着AI技术的不断发展和完善,基于AI的市政道路施工质量智能监控系统将更加智能化、自动化和高效化。例如,未来可进一步探索将深度学习、强化学习等先进算法应用于系统中,提高系统的自主学习能力和决策能力。基于AI的市政道路施工质量智能监控系统不仅在市政道路施工中具有广泛的应用前景,还可推广到其他基础设施领域(如铁路、桥梁、隧道等)。通过智能化、数字化的管理手段,提高基础设施建设的整体质量和效率,推动行业的可持续发展。

参考文献

- [1]乔震霖.基于多智能体强化学习的道路施工自动化监控系统[J].电子设计工程,2024,32(23):85-87
- [2]王立宇.智能传感技术在城市地下管道施工安全监控中的应用效果分析[J].中华建设,2025,(02):54-56.
- [3]徐健.智能监控系统在绿色工业建筑施工中的应用[J].佛山陶瓷,2025,35(01):92-94.
- [4]白毅飞.城市桥梁智能施工与施工过程监控的创新技术探索[J].智能建筑与智慧城市,2024,(02):163-165.