

AI视觉技术在绿色建材智慧管理平台中的质量溯源应用

陈霞

电建十一局第六分局 河南郑州 450000

摘要：随着绿色建材行业的发展，质量溯源管理愈发重要，AI视觉技术为绿色建材智慧管理平台的质量溯源提供了有效手段。AI视觉技术凭借其强大的图像识别与分析能力，可在绿色建材生产、运输、存储及使用等全生命周期各环节发挥关键作用。在生产端，能对原材料外观、规格及生产过程中的产品缺陷进行精准检测与识别，为产品质量奠定基础；运输和存储阶段，可实时监测建材状态，确保其不受损坏；使用环节，通过记录和识别建材特征，实现快速准确的质量追溯。将AI视觉技术融入绿色建材智慧管理平台，能显著提升质量溯源的效率与准确性，增强质量管控能力，保障绿色建材质量安全，推动绿色建材行业的高质量、可持续发展。

关键词：AI视觉技术；绿色建材；智慧管理；质量溯源

引言

传统的绿色建材管理方式主要依靠人工检查和纸质记录，这种方式存在效率低下、信息不及时、容易出错等问题，难以满足现代绿色建材管理的需求。随着信息技术的快速发展，人工智能、大数据、物联网等新兴技术逐渐应用于绿色建材管理领域，为解决绿色建材管理中的问题提供了新的思路和方法。其中，AI视觉技术作为一种先进的智能感知技术，具有高精度、高效率、非接触式等优点，能够对绿色建材的外观、尺寸、质量等进行快速、准确的检测和识别，为绿色建材的质量溯源和分类管理提供了有力支持。

一、案例背景与工程概况

1. 企业背景

某大型基建企业第六分局（以下简称“分局”）隶属于国内领先的土木工程集团，专注于水利水电、隧道桥梁等大型基建项目。近年来积极响应国家绿色建材政策，承担多项国家级重点工程，年均建材采购量超200万吨。在数字化转型战略下，分局联合科技企业开发“绿色建材智慧管理平台”，重点解决建材质量追溯难、人工检测效率低等痛点。

作者简介：陈霞，女，1983-03-15，汉，河南驻马店，本科，高级政工师，研究方向：绿色建材智慧化管理平台。

2. 工程场景需求

以分局承建的某大型水电站项目为例，工程需满足三项核心需求：**质量合规性：**溢流面混凝土等关键建材需100%符合GB/T50082-2009抗冻融标准。该标准对混凝土在反复冻融循环下的耐久性能提出严格要求，尤其在高寒地区施工中至关重要。为实现这一目标，分局在原材料进场、配合比设计、搅拌运输及现场浇筑各环节均设置检测点，通过AI视觉技术实时识别混凝土试件表面缺陷，并结合实验室力学性能测试确保整体质量达标。**全链溯源：**从砂石骨料开采到预制件浇筑全程可追溯。传统建材管理存在信息断层、数据滞后等问题，难以实现真正意义上的闭环管控。为此，分局依托智慧管理平台构建覆盖供应链、生产链和施工链的全流程追溯体系。每个建材批次均生成唯一数字标识，记录其来源、加工工艺、运输路径及使用位置，确保质量问题可定位、责任可追究。**效率提升：**将传统7-14天的质检周期缩短至72小时内。传统人工检测依赖抽样检查与实验室分析，流程繁琐且响应迟缓。借助AI视觉系统，分局实现了建材外观质量的自动识别与分级，结合边缘计算与云端协同处理，大幅压缩检测时间。同时，系统支持缺陷自动标记与分类预警，提升了问题处置的及时性和精准度。

二、智慧管理平台技术架构

1. 系统整体框架

平台采用“1+3+N”架构（表1）：

该架构整合了AI视觉识别、区块链存证、BIM模型

表1 绿色建材智慧管理平台技术架构

层级	功能模块	核心技术支撑
数据感知层	建材图像采集、环境传感器	高精度工业相机+IoT物联网
AI分析层	视觉缺陷识别、质量评级	深度学习算法 (YOLOv7+ResNet)
业务应用层	质量溯源、供应商评估、预警系统	区块链+BIM模型集成
平台支撑层	分布式数据存储、算力调度	私有云+边缘计算节点

联动三大核心技术，实现建材从生产到施工的全周期闭环管理。AI视觉识别技术通过部署在关键节点的工业相机和图像分析系统，对混凝土预制件、钢筋骨架、砂石骨料等建材进行实时质量检测，精准识别裂缝、气泡、含杂等缺陷，大幅提升检测效率与准确性。区块链技术则用于建立不可篡改的质量存证体系，将每一批次建材的检测数据、运输信息、验收记录上链存储，确保全过程可追溯、可审计。BIM模型联动机制通过集成设计与施工数据，在建材进场、浇筑、安装各阶段自动比对三维模型与实体状态，辅助现场精准施工与质量控制。三大技术协同运行，构建起“感知—分析—存证—反馈”的闭环管理体系，有效支撑建材质量管理的数字化、智能化升级。

2.AI视觉检测核心功能

针对不同建材类型定制化开发检测模型（表2）：

表2 AI视觉检测模块技术参数

检测对象	识别精度	检测效率	关键指标
混凝土预制件	≥ 99.2%	120件/分钟	裂缝识别灵敏度0.1mm
钢筋骨架	98.7%	90组/分钟	间距偏差检测 ± 2mm
砂石骨料	97.5%	30吨/小时	含泥量分级误差 ≤ 0.3%

通过部署在搅拌站、预制厂的关键节点，系统自动抓拍建材表面及截面图像，实时分析裂缝、气泡、含杂等缺陷，较传统人工检测效率提升15倍。

三、质量溯源全流程落地应用

1.溯源链条构建

以水电站溢流面混凝土施工为例，平台建立四阶溯源机制，实现从原材料进场到施工验收的全过程质量追踪与闭环管理。该机制通过技术手段将各环节关键信息进行结构化整合，构建了可追溯、可验证、不可篡改的质量数据链条。

原料溯源阶段，通过对砂石骨料运输车辆植入RFID

芯片，实现对每车材料的身份标识和动态追踪。芯片中记录了矿区GPS坐标、开采时间、批次编号等信息，并通过物联网网关上传至平台数据库，确保材料来源清晰、过程可控。同时，系统结合GIS地图功能，可直观展示材料流向与供应链路径。生产监控阶段，在混凝土搅拌站部署AI视觉识别系统，实时拍摄投料过程，自动识别并比对水泥、骨料、添加剂等配比数据与设计参数。系统不仅记录每批次混凝土的生产参数，还能在异常值出现时即时预警，防止因配料偏差导致质量问题。预制件跟踪阶段，在滑模浇筑作业中集成多传感器融合监测技术，实时采集坍落度、入模温度、环境温湿度等关键指标。所有数据与构件身份信息绑定，并生成唯一标识码（PSN-20250715-0112-C50-F100），形成构件“出生档案”，为后续流转提供数据支撑。施工验收阶段，现场质检人员通过移动端扫描构件标识码，快速调取对应的BIM模型与设计参数，系统自动匹配验收标准并推送检查清单。检测结果实时上传，与历史数据联动分析，实现质量行为留痕、过程可控、结果可查。

整个溯源体系依托于区块链技术，确保各环节数据的真实性与完整性，同时借助BIM模型实现三维可视化追踪，构建起贯穿建材全生命周期的质量管理闭环。

2.关键技术创新点

视觉-光谱融合检测技术通过在滑模浇筑阶段引入近红外光谱相机与AI模型相结合的方式，实现了对混凝土关键参数的实时分析。该技术分为三个核心部分：一是利用近红外光谱相机采集混凝土原材料和浇筑过程中混合料的光谱数据；二是通过AI算法对采集到的数据进行快速解析，识别出混凝土含水率的细微变化，并精准测算骨料粒径分布情况；三是基于数据分析结果实现无损检测，无需传统取样测试即可判断材料质量是否符合标准。该方法有效避免了因取样带来的材料浪费和施工中断问题，同时提高了检测效率和准确性，其核心技术原型已获得国家专利（CN222908803U）。

区块链存证机制则从数据完整性与透明性两个方面强化了质量溯源体系。一方面，将检测图像、操作人员身份信息、设备状态、环境温湿度等关键参数实时上传至区块链系统，确保数据采集过程全程可追溯；另一方面，利用区块链不可篡改特性，防止人为干预或伪造数据，为后续质量审计提供可信依据。该机制不仅提升了建材质量管理的公信力，也为相关责任认定提供了有力支撑。

BIM动态预警功能通过构建数字孪生模型实现智能化风险识别与响应。具体包括三方面内容：首先，在施工现场部署的传感器和视觉系统一旦检测到钢筋间距偏差超过设定阈值，系统即自动触发预警；其次，预警信息会同步反映在BIM模型中的相应构件上，形成可视化标记，方便管理人员快速定位问题区域；最后，系统将风险点位信息推送给对应施工班组，并记录处理进度，实现闭环管理。这一机制显著提升了施工过程中的质量控制效率与响应速度，是推动智能建造落地的重要技术手段。

四、实施成效与数据分析

1. 质量管控效能提升

在水电站项目中的对比数据（表3）：

表3 应用前后关键指标对比

指标	传统模式	智慧平台模式	提升幅度
建材缺陷漏检率	8.2%	0.9%	89% ↓
质检周期	平均10天	平均1.7天	83% ↓
质量纠纷发生率	每万吨4.2次	每万吨0.3次	93% ↓
返工成本	占项目成本1.8%	占项目成本0.4%	78% ↓

2. 综合效益分析

经济效益方面，项目通过智能化质量管控系统实现了多环节成本节约：一是因缺陷率大幅下降减少返工维修费用约760万元；二是质检效率提升带来的人工与时间成本压缩约320万元；三是建材精准使用使浪费率从行业平均3.5%降至1.1%，直接节省材料支出超120万元。生态效益层面，平台依托BIM模型优化混凝土配比设计，结合近红外光谱实时检测技术，确保每批次混凝土均满足强度要求的同时避免过度配置，从而实现碳排放削减——按年施工量测算，共计减少CO₂排放1.2万吨，相当于种植约66万棵树的固碳效果。行业影响上，该平台不仅完成与省级绿色建材采信数据库的对接，还基于区块链技术分别为水泥、钢筋、保温材料等6类关键建材建立全生命周期数字质量档案，涵盖生产、运输、进场、使用全过程，为后续构建透明化、可追溯的绿色供应链体系提供了标准框架和技术路径支撑。

五、AI视觉技术在绿色建材智慧管理平台中的质量溯源应用优化措施分析

在数据层面需要进行优化。目前，绿色建材生产、运输、销售等环节产生的数据种类繁多、格式不一，这给数据的整合和分析带来了很大挑战。要建立统一的数

据标准和规范，明确各类数据的采集格式、存储方式和传输协议。例如，对于建材的原材料信息、生产工艺参数、检测报告等数据，制定统一的字段名称和数据类型，使得不同来源的数据能够无缝对接。要加强数据的清洗和预处理工作。由于数据在采集过程中可能存在噪声、缺失值和异常值，这些都会影响AI视觉技术的分析结果。通过数据清洗算法，去除噪声数据，填补缺失值，识别并处理异常值，提高数据的质量和可靠性。利用数据挖掘技术对海量数据进行深度分析，挖掘出有价值的信息和潜在的关联，为质量溯源提供更有力的支持。

提升AI视觉技术本身的性能也是关键。随着绿色建材行业的发展，对质量溯源的精度和效率要求越来越高。要不断优化AI视觉算法。采用更先进的深度学习模型，如卷积神经网络（CNN）、循环神经网络（RNN）等，提高对建材表面缺陷、尺寸精度、颜色纹理等特征的识别准确率。例如，在表面缺陷识别中，通过增加训练数据的多样性和数量，调整模型的参数和结构，使模型能够更准确地识别各种类型的缺陷。要提高AI视觉系统的实时性。采用分布式计算、并行处理等技术，加快图像采集、处理和分析的速度，确保在短时间内能够给出准确的溯源结果。

加强系统的集成和协同也是重要的优化方向。绿色建材智慧管理平台涉及多个子系统，如现场视频监控系统、安全智能监管系统、质量检测系统等。要实现这些系统之间的无缝集成和协同工作，打破数据壁垒，实现信息的共享和交互。例如，现场视频监控系统采集的视频数据可以为质量溯源提供直观的证据，安全智能监管系统识别的安全风险信息可以与质量溯源数据进行关联分析，为质量溯源提供更全面的信息支持。要建立统一的平台接口和数据交换标准，使得不同厂商开发的系统能够方便地接入到智慧管理平台中，提高系统的兼容性和扩展性。

另外，强化人员培训和管理也不容忽视。AI视觉技术在绿色建材质量溯源中的应用需要专业的技术人员进行操作和维护。要加强对相关人员的技术培训，提高他们对AI视觉技术的掌握程度和应用能力。例如，定期组织技术培训课程和研讨会，邀请专家进行授课和交流，让技术人员了解最新的技术发展动态和应用案例。要建立完善的人员管理制度，明确各岗位的职责和权限，规范操作流程，确保系统的安全稳定运行。

注重与行业标准和法规的接轨。绿色建材行业有其自身的标准和法规，AI视觉技术在质量溯源中的应用要符合这些标准和法规的要求。要及时关注行业标准和法规的更新变化，对智慧管理平台进行相应的调整和优化。

结语

分局的实践表明，AI视觉技术驱动的质量溯源体系不仅大幅提升了工程质量管控效能，更推动了建材采购模式从“价格导向”向“质量导向”转变。随着《建材工业智能制造标准体系建设指南》的落地，该模式有望成为基建行业绿色低碳转型的核心基础设施，为建造“百年工程”提供数字化保障。

参考文献

- [1] 蒋鹏. “双碳”目标下绿色建筑建造智慧管理模式研究[J]. 绿色建造与智能建筑, 2024(12).
- [2] 尹书霞, 张春惠. 基于BIM技术的智慧绿色工程管理研究[J]. 办公自动化, 2024, 29(20): 80-82.
- [3] 杨超然, 柯宏伟. 数字孪生衍生下的城市“智慧化”建设应用分析[J]. 河南建材, 2023(1): 112-114.
- [4] 林希艇. 大跨度钢结构吊装及安装关键技术研究——以福州滨海新城智慧城市运营管理中心项目为例[J]. 福建建材, 2023(5): 93-95.
- [5] 郭绍刚, 陈丹丹, 张雅芬, 等. 北京市建材信息化管理“天眼”系统建设思考[J]. 混凝土世界, 2024(9): 76-78.