

智能建造技术驱动下的建筑工程质量管控模式创新

夏天 夏海宇

上海中侨职业技术大学

DOI: 10.12238/jpm.v6i12.8586

[摘要] 本文聚焦智能建造技术对建筑工程质量管控模式的创新驱动作用。通过分析传统质量管控模式的局限性，深入探讨 BIM 技术、物联网、人工智能等智能建造技术在质量管控各环节的应用机制。结合工程实践案例，验证智能建造技术对提升质量管控效率、精准度及全面性的显著效果，提出基于智能建造技术的质量管控模式创新路径，为建筑行业高质量发展提供理论支持与实践参考。

[关键词] 智能建造技术；建筑工程；质量管控模式；创新

Innovation of Construction Quality Control Mode Driven by Intelligent Construction Technology

Xiatian XiaHaiyu

Shanghai Zhongqiao Vocational and Technical University

[Abstract] This article focuses on the innovative driving role of intelligent construction technology in the quality control mode of construction projects. By analyzing the limitations of traditional quality control models, this paper explores in depth the application mechanisms of intelligent construction technologies such as BIM, IoT, and artificial intelligence in various aspects of quality control. By combining engineering practice cases, the significant effects of intelligent construction technology on improving quality control efficiency, accuracy, and comprehensiveness are verified. An innovative path for quality control mode based on intelligent construction technology is proposed, providing theoretical support and practical reference for the high-quality development of the construction industry.

[Key words] intelligent construction technology; architectural engineering; Quality control mode; innovation

引言

随着建筑行业朝着智能化、数字化的方向快速发展，传统的建筑工程质量控制方式受到了很多挑战。传统模式依靠人工巡检、经验判断和纸质记录，存在信息传递滞后、数据精度不高、问题发现滞后等问题，不能满足现代建筑工程复杂化、规模化、精细化的需求。智能建造技术是建筑行业创新发展的重要推动力，它把信息技术、自动化技术、物联网技术和人工智能技术融合起来，给质量管控模式的更新提供技术支持。依靠实时采集数据、智能分析、动态预警的智能建造技术，可以实现质量控制全过程、精细化、智能化管理，提高建筑工程的质量、加快施工进度。因此研究智能建造技术驱动下质量管控模式的创新，就成了推动建筑行业高质量发展的关键问题。

1 智能建造技术概述

智能建造技术是建筑行业与新一代信息技术深度融合的

新型建造模式，以数字化、网络化、智能化为核心驱动力，通过集成 BIM（建筑信息模型）、物联网、人工智能、大数据等前沿技术，重构建筑工程全生命周期管理体系。其本质在于构建“数据感知-智能分析-自主决策-精准执行”的闭环系统，例如利用 BIM 实现三维可视化设计与碰撞检查，通过物联网传感器实时采集施工环境与设备状态数据，借助 AI 算法优化施工方案并预测质量风险。该技术突破传统建造中信息孤岛与经验依赖的局限，使设计更加科学、施工更为高效、管理更具前瞻性。在虎林-长春天然气管道工程中，智能建造技术通过多源数据融合与机器学习预警，成功规避地质风险，彰显了技术赋能下工程质量、效率与安全的协同提升，代表着建筑行业向工业化、智慧化转型的必然方向^[1]。

2 传统建筑工程质量管控模式的局限性

2.1 信息传递效率低

传统建筑工程质量控制体系中，以人工巡检加纸质记录的方式存在着很大的弊端，信息传递的效率很低。人工巡检时，巡检人员需要在施工现场各个区域来回穿梭，对各种质量相关要素一个一个地查看并记录，此过程既耗时又费力，而且记录下来的信息大多是以纸质形式存在的。后续的信息传递要经过很多次的转递，从最基层的巡检人员开始，然后是班组负责人，再到项目的质量管理部门，有时候还会牵扯到更高层的管理者。每一级流转都存在由于人为疏忽、理解偏差等因素造成的信息失真的可能。流转环节越多，时间延误就越严重，管理层很难对施工现场的实时动态做到及时、准确的掌握。这就导致在遇到突发的质量问题时，不能及时做出反应和决定，从而严重影响质量控制的效果，增加质量事故发生的可能性^[2]。

2.2 数据精度与全面性不足

传统建筑工程质量控制中人工检测方式受诸多因素影响，数据的精度和全面性很差。从检测工具上来说，以混凝土强度检测为例，长期使用回弹仪等传统工具。回弹仪通过检测混凝土表面的硬度来间接判断其强度，但是混凝土表面情况、内部成分是否均匀等因素都会对测量结果造成较大的影响，造成数据误差较大，不能准确反映混凝土的真实强度。从人员经验上来说，不同的检测人员对于检测标准的把握程度不同，操作手法也各有千秋，导致检测数据会有所差异。并且人工检测范围有限，不能覆盖所有的施工环节。在隐蔽工程、复杂结构等部位，人工检测很难做到全面深入，存在质量控制盲区。存在这些盲区，质量问题就会被忽略，不能及时发现和处理，给建筑工程质量留下隐患。

2.3 缺乏动态预警与决策支持

传统的建筑工程质量控制方式大多依靠经验来判断，事后的整改居多，在动态的预警以及决策的支持上存在着很大的不足。经验判断只能对常见的质量问题进行一定程度的识别，对一些复杂的、隐蔽的或者新出现的质量问题很难做出正确的判断。经验判断没有科学的数据支持，主观性较大，容易造成误判。事后整改一般是在质量问题已经产生并造成一定影响之后再行整改。施工期间结构变形、材料性能变坏等状况，传统模式只能依靠定时检测来察觉。但是定期检测的间隔时间较长，在检测期间问题可能会不断恶化。等到发现问题时，往往已经错过了最好的整改时间，整改的难度和成本大大增加，甚至会造成质量事故，给建筑工程造成巨大的经济损失和安全风险，不能对质量问题进行动态预警和主动防控^[3]。

3 智能建造技术在质量管控中的应用机制

3.1 BIM 技术：质量管控的数字化基础

BIM 技术属于建筑工程范畴的一项革新性创造，依靠创建

三维数字化模型，把建筑整个生命周期内的信息做到高度整合，给质量控制形成了牢固的数据支撑架构。BIM 模型在施工前的筹备阶段有着非常重要的作用。可以模拟整个施工过程，用虚拟建造的方法在设计图纸中提前准确地发现冲突点，例如管线与结构构件之间是否会存在碰撞问题，施工过程中遇到的一些难点，复杂的节点施工顺序等等。施工人员可以依据此进行施工方案的针对性优化，防止由于设计问题或者施工难度而导致的质量隐患。施工阶段，BIM 模型同质量检测数据联系紧密，一旦出现质量问题，就可以在模型里快速完成可视化定位，清楚看到问题发生的确切位置，还能追查问题产生的原因，给及时整改给予有力支撑。施工结束之后，BIM 模型就变成了详细的质量档案，里面记载着建筑工程的所有质量信息，可以为后来的运维阶段给予全面而精确的数据支撑，保证建筑的全生命周期质量稳定^[4]。

3.2 物联网技术：实时数据采集与动态监控

物联网技术给建筑工程的质量管理带来了实时、精确的数据采集和动态监控的能力。在施工现场部署大量的传感器、RFID 标签等设备，可以实现施工环境、材料性能、设备状态等多方面数据的全方位、实时采集。拿混凝土浇筑来说，温湿度传感器被机智地安置到混凝土里面，可以随时不间断地观测混凝土的温度和湿度变化状况。根据这些实时的数据，施工人员可以及时地采取保温或者降温的措施，有效地防止因为温湿度异常而产生的裂缝，保证混凝土浇筑的质量。在钢结构施工现场，应变传感器被精确地安装在重要的结构部位上，可以及时地感知到结构应力的微小变化。应力超过安全范围时，系统会立刻发出警报，施工人员可以立即采取加固等措施，保证施工安全，对钢结构施工质量进行动态把控。

3.3 人工智能技术：智能分析与决策支持

人工智能技术通过使用机器学习、深度学习等算法，给建筑工程质量控制赋予了强大的智能分析和决策支持能力。施工过程中会产生大量的质量数据，人工智能技术可以对这些数据进行深入挖掘、智能分析。基于图像识别技术的质量检测系统属于典型的应用之一，可以快速、准确地自动识别混凝土表面的蜂窝、麻面等缺陷，也可以识别钢筋间距偏差等问题，极大地提高了检测效率和准确性。并且，利用大数据分析的施工进度预测模型可以对历史数据、实时数据进行综合分析，能够准确预测出施工进度，提前找到可能影响工期的潜在因素。施工人员可以依据这些预测结果，及时地对施工计划进行调整，合理调配资源，有效地减少工期延误的风险，保证建筑工程按照预定的计划高质量的完成，提高整体质量管控水平^[5]。

4 智能建造技术驱动下的质量管控模式创新实践

4.1 全过程质量管控体系构建

选取一个大型商业综合体项目作为样本，项目团队创新性地搭建起 BIM+物联网+人工智能全过程质量控制体系。施工前期准备阶段，利用 BIM 模型强大的模拟功能对施工过程进行全方位的模拟演练。经由模拟，可以预先察觉设计图纸里的冲突点，譬如管线同建筑结构的碰撞，不同专业施工工序的交叉干扰等等，而且能评判可能出现的质量风险，混凝土浇筑时振捣不密实的风险之类。据此，制订出具有针对性的具体管控措施，为以后施工筑牢质量防线。施工阶段，在施工现场关键部位大量布置物联网传感器，实时采集混凝土强度、构件应力、环境温湿度等质量数据。这些数据传输到管理平台之后，再通过人工智能算法进行动态分析。当数据超过预设的阈值时，系统马上发出预警，管理人员可以快速找到问题的根源并进行改正，从而实现对质量问题的实时预警和闭环管理。施工结束之后，凭借 BIM 模型展开严格的质量验收工作，保证每一个指标均达到标准要求，把验收数据全面归档起来，给后续的运维阶段赋予详尽的数据支撑。项目实施以后效果显著，质量缺陷率下降了 40%，工期缩短了 15%，成本节省了 8%^[6]。

4.2 模块化建筑中的质量管控创新

模块化建筑属于智能建造领域的重要发展方向，它依靠工厂化预制、现场组装的高效模式，达成施工效率和施工质量的双提升。以某装配式住宅项目为例，在设计阶段用 BIM 技术进行模块化设计，把建筑分成多个标准化的模块，对每个模块的尺寸、构造和连接方式进行详细的规划，从源头上保证设计质量。对预制构件生产、运输过程实行物联网监督。工厂内传感器对构件生产过程中混凝土浇筑温度、养护时间等各项数据进行采集，保证生产质量可控；运输途中使用定位和状态监测设备，对构件的运输位置和状态实施实时监控，防止构件受损。现场组装时，用人工智能算法改进组装顺序，加快施工速度，还要对连接节点重点检测，用智能检测设备快而准地判定连接质量。项目完成后构件合格率为 99.5%，现场施工时间比原来提前了 30%，质量投诉率下降了 60%^[7]。

4.3 智能监控系统在安全管理中的协同应用

智能监控系统依靠深度整合视频监控、传感器数据、先进的 AI 算法，给施工现场安全、质量协同管控提供强大的支持。在现场对超高层建筑项目进行了全方位的智能监控。该系统可以实时监测施工人员的行为举止，是否佩戴安全帽、违规操作设备等，可以准确监测设备的运行状态，塔吊的倾斜角度、施工电梯的载重情况等，还可以对环境参数进行实时感知，风速、温度等。依靠人工智能算法，系统可以自行察觉违规操作以及

潜藏的安全风险。发现异常情况时立即自动触发预警机制，用声光报警、短信通知等方式及时通知有关管理人员。管理人员可以快速到达现场进行处理，将安全隐患消灭在萌芽之中。项目实施后安全事故率下降 70%，质量整改效率提高 50%，施工现场安全、质量得到有力保障^[8]。

5 结语

智能建造技术为建筑工程质量管控模式的创新提供了强大驱动力。通过 BIM 技术、物联网技术与人工智能技术的深度融合，质量管控模式实现了从“人工驱动”向“数据驱动”、从“事后整改”向“主动防控”、从“局部管控”向“全过程协同”的转变。未来，随着智能建造技术的不断成熟与普及，质量管控模式将进一步向智能化、精细化与可持续化方向发展。建筑企业应积极拥抱智能建造技术，构建适应时代需求的质量管控体系，为建筑行业高质量发展贡献力量。

[参考文献]

- [1]彭竞一.EPC 模式下智能建造技术驱动的成本控制体系研究——基于 BIM 技术与供应链协同的实践路径[J].建筑与预算, 2025 (2) .
 - [2]孟玉静, 祝敏, 翟硕, 等.石景山鲁谷项目基于智能建造技术的施工管理[C]//2023 全国 BIM 高峰论坛暨第十三届“龙图杯”启动会及第十二届“龙图杯”颁奖会.1. 北京优比智成建筑科技有限公司 2. 中建三局集团有限公司, 2023.
 - [3]程剑.物联网技术智能综合管控沥青路面施工质量[J].四川建筑, 2023, 43 (1) : 235-238.
 - [4]王平, 刘国杰, 傅重阳, 等.装配式高位料仓标准化建造及智能管控技术[J].建筑机械化, 2023 (9) : 52-54.
 - [5]雷婷, 杜熙茹, 周德书, et al.我国体育服务综合体建设路径研究——基于国外体育服务综合体建设经验[C]//第十二届全国体育科学大会论文摘要汇编——专题报告(体育产业分会).2022.
 - [6]陈凯, 兰敬爽, 英振, 等.装配式建筑全生命周期的智能建造管控及应用研究[J].住宅产业, 2022 (7) : 95-97.
 - [7]李震.在智能建造背景下构建建筑工程安全施工管理体系[J].前卫, 2024 (26) : 0203-0205.
 - [8]刘璐.智能建造背景下 BIM 驱动装配式建筑造价精益管控研究[J].智能建筑与智慧城市, 2025 (8) .
- 作者简介：夏天，2003-10-15，男，上海，汉族，大学本科，本科在读，研究方向：建筑工程；
- 通讯作者 夏海宇，1977-2-24，男，上海，汉族，大学专科，工程师，研究方向：工程管理。