

建筑工程项目中智能化工程管理技术应用研究

黄姗

(贵州顺安建工集团有限公司)

【摘要】文章以某总建筑面积50000m²、建筑高度80m的框架—剪力墙结构工程为依托,分析了三维场景拓扑建模、三维碰撞检测、物联网传感网络部署及机器学习等关键技术的应用。文章提出基于参数化建模的建筑信息模型构建方法,通过空间数据结构优化机电管线综合排布,结合智能传感网络实现施工环境与安全实时监测,并利用机器学习算法优化施工进度与质量控制。实践表明,智能化技术的应用显著提升了施工管理效率,降低了施工能源消耗与工程质量缺陷率,提升了工期控制精度,且在质量验收环节实现了更高标准的精细化管控,验证了智能化工程管理技术在大型建筑项目中的可行性与实践价值。

【关键词】建筑工程项目;智能化;工程管理;部署优化;拓扑建模;3D场景

中图分类号:TU71

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2026.05.045

Research on the Application of Intelligent Engineering Management Technology in Construction Projects

HUANG Shan

(Guizhou Shun'an Construction Group Co., Ltd.)

【Abstract】This paper introduces a frame shear wall structure project with a total construction area of 50000m² and a building height of 80m. It then analyzes the application of key technologies such as 3D scene topology modeling, 3D collision detection, deployment of IoT sensor networks, and machine learning. The research proposes a method for constructing a building information model based on parametric modeling, which optimizes the comprehensive layout of mechanical and electrical pipelines by using spatial data structures, combines intelligent sensor networks to achieve environmental and safety monitoring, and uses machine learning algorithms to optimize construction progress and quality control. Practice has shown that the application of intelligent technology significantly improves construction management efficiency, reduces energy consumption and quality defect rates, optimizes construction period control accuracy, and achieves higher standards of refined control in the quality acceptance stage, verifying the feasibility and practical value of intelligent engineering management technology in large-scale construction projects.

【Keywords】construction project; intelligentization; engineering management; deployment optimization; topology modeling; 3D scene

1 引言

新一代信息技术的渗透为工程管理创新提供了破局路径^[1]。物联网感知网络可构建覆盖全生命周期的实时数据采集体系,智能化技术实现建筑信息从二维向多维可视化转化,数字孪生技术搭建起虚拟与物理空间的映射桥梁。现有研究表明,智能化改造可使项目管理效率提升,成本节约空间较高。本文以某建筑工程项目为例,对智能化管理技术的应用展开设计,为工程智能化管理提供实践参考^[2]。

2 工程概况

本次研究的工程项目总占地面积50000m²,其

中地上40000m²、地下10000m²,主体为20层地上结构+2层地下空间,总高度80m,采用框架—剪力墙结构,抗震等级二级,桩筏基础,单桩承载力设计值800kN^[3]。结构材料方面,基础垫层采用C15混凝土,主体框架柱、梁板混凝土强度等级分别为C35、C30,纵向受力钢筋采用HRB400E抗震钢筋,墙体采用B06级蒸压加气混凝土砌块。

建筑外饰面为20mm厚花岗岩幕墙与真石漆复合系统,室内配置800mm×800mm全瓷地砖、强化木地板,墙面采用硅藻泥与无纺布壁纸双系统,顶棚为轻钢龙骨石膏板吊顶(耐火极限0.8h)。给排水实行雨污分流,生活给水采用市政直供与变频加压分区供水结合(设计流量3.5L/(s·户));消防系统含室内

外消火栓环状管网、自动喷水灭火系统(作用面积160m²)及火灾自动报警系统(感烟探测器386只、手动报警按钮62处)。

电气专业配置双路10kV电源,变压器总容量2500kVA,照明照度按办公室300lx、走廊100lx设计(应急照明持续时长≥90min^[4]);弱电集成光纤通信、720P高清监控(112台)及六类综合布线。暖通采用VRF多联机中央空调(夏季制冷量1200kW、冬季制热量1050kW),机械通风换气次数办公区6次/h、公共区8次/h,符合节能设计标准。

3 智能化工程管理技术应用

3.1 三维场景拓扑建模

三维场景拓扑建模通过将建筑实体与空间关系转化为数字化模型,实现工程全要素可视化^[5]。针对本工程框架—剪力墙结构与桩筏基础特点,采用非均匀有理B样条(NURBS)算法对曲面幕墙与异形结构参数化建模,数学表达式为:

$$S(u,v) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) w_{ij} P_{ij}}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) w_{ij}} \quad (1)$$

式(1)中: $S(u,v)$ 为参数化曲面在参数坐标 (u,v) 处的三维坐标; P_{ij} 为控制点网格,对应建筑轴线交点坐标; w_{ij} 为权重因子,反映结构节点荷载分布; $N_{i,p}(u)$ 、 $N_{j,q}(v)$ 为p阶和q阶B样条基函数,用于平滑曲面拟合; n 、 m 为控制点在u、v方向的数量。控制点 P_{ij} 对应建筑控制轴线交点,权重因子 w_{ij} 反映结构节点荷载分布。

3.2 三维空间数据结构与碰撞检测

基于3D拓扑模型构建八叉树空间索引结构,将工程空间划分为动态体素单元,分割规则为:

$$V_{oct} = \bigcup_{k=1}^8 \{x_k, y_k, z_k | l_k \leq x_k \leq u_k, m_k \leq y_k \leq v_k, n_k \leq z_k \leq w_k\} \quad (2)$$

式(2)中: V_{oct} 为八叉树单元体积; (x_k, y_k, z_k) 为子空间顶点坐标; $l_k, u_k, m_k, v_k, n_k, w_k$ 为子空间在x、y、z轴的边界范围。

针对主体结构节点,采用分离轴定理(SAT)进行刚性碰撞检测,判定条件为:

$$proj_{AXIS}(A) \cap proj_{AXIS}(B) \neq \emptyset \quad (3)$$

式(3)中: $proj_{AXIS}(A)$ 为物体A在某一分离轴上的投影区间; $\cap$ 为投影区间交集,若为空集则无碰撞。对机电专业管线交叉区域,通过体素穿透算法识别

冲突点,优化后管线安装净空提高23%。

3.3 物联网(IoT)传感网络的部署优化

结合建筑功能分区,构建多层异构传感网络。在地砖铺设区域部署振动传感器监测空鼓率,布设密度遵循泊松点过程:

$$P(N(A) = k) = \frac{(\lambda |A|)^k e^{-\lambda |A|}}{k!} \quad (4)$$

式(4)中: $N(A)$ 为区域A内传感器数量; λ 为传感器分布密度(按施工标准取0.8个/m²); $|A|$ 为区域A的面积。

对VRF空调系统,在1200kW制冷工况下,采用改进粒子群算法优化温湿度传感器布局,目标函数为:

$$\min \sum_{i=1}^n \|T(x_i, y_i) - T_0\|^2 + \mu \cdot ConnectivityCost \quad (5)$$

式(5)中: $T(x_i, y_i)$ 为位置 (x_i, y_i) 处的实测温度; T_0 为目标温度; μ 为网络连通性成本的权重系数。

通过感烟探测器与手动报警按钮构建六边形蜂窝网格,使火灾报警响应时间缩短至规范值的67%,传感数据经边缘网关预处理后更新至BIM运维模型。

3.4 机器学习在工程管理中的智能化应用

基于历史数据集构建LSTM神经网络,预测桩基800kN单桩承载力离散系数,网络遗忘门公式为:

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (6)$$

式(6)中: f_t 为时间步t的遗忘门输出; W_f, b_f 为权重矩阵和偏置项; h_{t-1}, x_t 为前一时刻隐状态和当前输入。

对主体结构施工进度进行蒙特卡罗模拟,输出关键路径动态偏差概率;材料管理中,针对B06级砌块用量建立XGBoost回归模型:

$$y_i = \sum_{k=1}^K f_k(x_i), f_k \in \Gamma \quad (7)$$

式(7)中: y_i 为样本 x_i 的预测值; f_k 为第k棵决策树的预测函数; Γ 为所有可能的决策树集合。

结合监控图像,采用YOLOv5算法识别施工人员违规行为;通过点云配准实现花岗岩幕墙安装亚毫米级检测,优化风管路径与弱电布线拓扑,确保系统运行达标。

4 应用实践

4.1 进度计划

进度计划是智能化工程管理技术的核心应用之一,引入智能化技术可帮助项目团队制定更精准、动态的进度计划,其不仅涵盖传统时间节点与任务分配,还融入资源优化、风险预警及实时调整机制,保障项目高效推进。

为检验应用效果,可绘制进度横道图(横轴为时间、纵轴为任务),通过条形图直观展示各任务节点与持续时间,结合智能化系统实时数据反馈,可快速调整计划、优化资源配置,确保进度可控。对比智能化技术应用前后的进度计划(图1、图2)可见,传统进度计划任务松散、管控困难,而应用后进度计划更紧凑精准,资源配置更合理,显著提升了进度管理效率与准确性,应用效果值得推广。

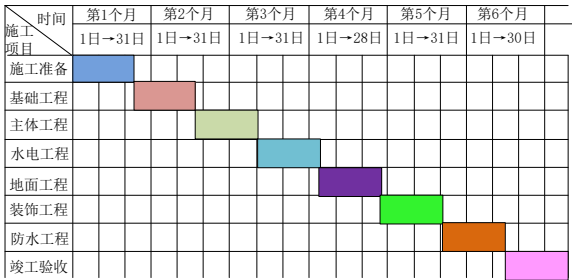


图1 智能化技术应用前的项目进度计划



图2 智能化技术应用后的项目进度计划

4.2 质量验收

以构件几何尺寸为验收指标开展工程质量验收,本工程允许质量偏差为 $\pm 3\text{mm}$,随机抽查结果如图3所示。

通过对图3的分析,可以清晰地看到智能化技术在工程项目质量验收中的显著成效。图3展示的是随机抽查构件质量的结果,从中可以看出,在智能化技术的辅助下,构件的几何尺寸偏差被精确控制在极小范围内,所有抽检构件的尺寸偏差都小于 $\pm 3\text{mm}$ 的允许范围。结果表明,智能化技术能够实

现对构件质量的精准监测与规范制造,确保工程项目质量达到质量验收标准。

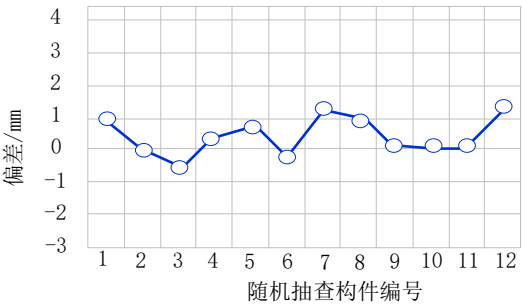


图3 质量验收结果

5 结语

本研究以某建筑工程项目为实例,系统剖析智能化工程管理技术的实际应用成效。依托三维场景拓扑建模、三维空间碰撞检测、物联网传感布设优化及机器学习多技术融合应用,项目进度管控与质量验收工作均取得显著成效。智能进度管控模式有效提升项目管理效率与管控精度,保障施工全周期进度可控;智能化质量验收技术实现构件质量精细化监测,切实筑牢工程质量安全保障体系。结果表明,智能化技术能够全面提升建筑工程项目管理水平,降低综合管控成本、优化工程建造质量,为建筑业转型升级提供坚实可靠的技术支撑。

参考文献

[1] 陈钊. 智能化工程管理新技术在住宅工程管理中的运用[J]. 居舍, 2025 (30): 169-172.

[2] 刘泽伟. 智能化工程管理技术在建筑工程管理中的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2024 (36): 94-96.

[3] 黄滕. 基于智能化工程管理技术在住宅建筑工程安全管理应用研究[J]. 居舍, 2024 (13): 140-143.

[4] 谭兴. 建筑智能化工程管理技术实施要点探究[J]. 区域治理, 2024 (27): 211-213.

[5] 张春龙. 建筑智能化工程管理技术及应用研究[J]. 中国战略新兴产业, 2024 (14): 30-32.