

Research on the application of intelligent construction technology in super high-rise steel structure construction

Hong Zhang¹ Shaojun Yang² Hao Feng² Wenjun Cui² Xiao Tong²

1. Shanghai Tongji Engineering Consulting Co., Ltd., Shanghai, 200092, China

2. China Metallurgical Group Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610023, China

Abstract

With the continuous advancement of urbanization, super-tall buildings have become an important component of modern urban construction. Steel structures, as commonly used building materials in super-tall buildings, play a key role in construction due to their high strength and light weight. The introduction of intelligent construction technology has driven the digitalization, informatization, and automation of steel structure construction, improving construction efficiency and quality while reducing safety risks associated with manual operations. This paper primarily explores the application of intelligent construction technology in super-tall steel structure construction, analyzing the practical applications and advantages of technologies such as BIM, the Internet of Things (IoT), intelligent sensors, and robotics in the construction process. Compared to traditional construction methods, the effectiveness of intelligent construction technology is reflected in its ability to improve construction precision, reduce risks, and enable intelligent management of the construction process. Additionally, this paper discusses the role of intelligent construction technology in optimizing resource allocation and reducing energy consumption, highlighting its broad prospects for future construction projects.

Keywords

Intelligent construction technology; Super-tall buildings; Steel structure construction; BIM technology; Construction safety management

智能建造技术在超高层钢结构施工中的应用研究

张红¹ 杨少军² 冯昊² 崔文军² 佟啸²

1. 上海同济工程咨询有限公司, 中国·上海 200092

2. 中国五冶集团有限公司, 中国·四川 成都 610023

摘 要

随着城市化进程的不断推进, 超高层建筑已成为现代城市建设的重要组成部分。钢结构作为超高层建筑中常用的建筑材料, 其高强度、轻质等特点使其在建筑中具有重要地位。智能建造技术的引入, 推动了钢结构施工的数字化、信息化与智能化, 提升了施工效率和质量, 减少了人工操作带来的安全隐患。本文主要探讨了智能建造技术在超高层钢结构施工中的应用, 分析了BIM技术、物联网、智能传感器、机器人技术等在施工过程中的实际应用及其优势。通过对比传统施工方法, 智能建造技术在施工中的有效性表现为提高了施工精度, 降低了风险, 并实现了施工过程的智能化管理。此外, 本文还讨论了智能建造技术在优化资源配置、节能降耗等方面的作用, 展现了其在未来建筑工程中的广泛前景。

关键词

智能建造技术; 超高层建筑; 钢结构施工; BIM技术; 施工安全管理

1 引言

随着全球人口的不断增加和城市化进程的加速, 超高层建筑在现代城市中扮演着越来越重要的角色。钢结构作为超高层建筑的重要承载体系, 其设计与施工过程中面临着诸多挑战, 如复杂的结构设计、施工精度要求高、时间紧迫等问题。传统的施工方法虽然在过去取得了一定的成效, 但随着建筑规模和技术要求的提升, 传统施工方式暴露出诸多

不足。为此, 智能建造技术应运而生, 它通过数字化、信息化和自动化手段, 有效提升了施工效率、质量与安全性。尤其是在超高层钢结构施工中, 智能建造技术的应用不仅能大幅提高施工精度, 还能优化资源配置, 降低安全风险。BIM技术、物联网技术、机器人自动化施工等技术, 已经在许多超高层建筑的施工中得到了广泛应用, 带来了前所未有的变革。因此, 研究智能建造技术在超高层钢结构施工中的应用, 具有重要的学术和实践价值。

【作者简介】张红(1990-), 男, 中国河北衡水人, 硕士, 中程师, 从事结构健康监测研究。

2 智能建造技术的概述

2.1 智能建造技术的定义与发展

智能建造技术是指通过数字化、信息化、自动化等技术手段,提升建筑施工过程的效率、质量和安全性。随着建筑业对高效、低耗和绿色施工的需求日益增加,智能建造技术逐渐成为建筑行业的重要发展方向。最初,建筑施工以传统人工操作为主,工期长、效率低且质量不易控制。然而,随着信息技术的发展,智能建造技术的应用逐步渗透到建筑设计、施工、运维等各个环节,实现了建筑全过程的数字化管理。近年来,BIM技术、物联网、大数据、机器人等技术的结合推动了智能建造的快速发展,极大地改变了建筑行业的生产方式,提高了工程质量和施工效率,减少了成本和风险,逐步迈向更高水平的智能化建设。

2.2 智能建造技术的关键组成部分

智能建造技术的核心组成部分包括BIM技术、物联网、人工智能、大数据分析、无人机、机器人等。这些技术各自发挥着重要作用,通过协同工作提高建筑施工的自动化水平。BIM技术作为信息化平台,通过三维建模技术与信息集成,将设计、施工与运维阶段的数据贯通,提升项目管理和资源调度的效率。物联网技术通过实时采集建筑施工现场的各种数据,提供精确的监控和反馈,确保施工过程的高效性和安全性。机器人技术与自动化设备则在施工过程中承担了重复性强和危险性高的工作,减少了人工干预,提高了施工精度与安全性。人工智能则通过对大数据的分析,优化施工流程,提高施工的预测性与可控性。这些技术协同作用,为智能建造的实施提供了强大的技术支持[1]。

3 超高层钢结构施工的特点与挑战

3.1 超高层钢结构的设计特点

超高层钢结构建筑具有复杂的设计特点,要求在高强度、大跨度和高度等方面具备优异的性能。钢结构因其轻质高强、抗震性能优越的特点,在超高层建筑中得到了广泛应用。设计时需考虑结构的抗风、抗震、抗变形等多重因素,确保建筑在极端气候和地震等自然灾害下的稳定性。超高层钢结构通常采用组合结构形式,结合钢材与混凝土等材料,以增强建筑的稳定性和安全性。设计师还需要充分考虑建筑的美观性、功能性和经济性,综合利用现代技术和计算机辅助设计手段,使钢结构在高层建筑中的应用更加合理与安全。复杂的设计要求增加了施工的难度,需要精确的计算与精细的设计,以保证结构的安全性和长期稳定性。

3.2 超高层钢结构施工的技术难点

超高层钢结构施工涉及大量的技术难点。首先,施工过程中要求高精度的钢结构节点连接,以确保整个结构的稳定性和安全性。其次,施工需要面对巨大的风力、地震力以及建筑物自重等多重力的作用,这就要求施工中的每一步都要精确无误。另一个技术难点是钢结构构件的运输与安装,

超高层建筑的钢构件通常体积庞大、重量较重,如何高效地运输并在施工现场进行精准安装是施工中的一个难题。为了确保施工质量和安全,施工过程中需要进行精细的管理和监控,采用高效的施工设备和技术手段来完成安装任务。此外,施工过程中可能会遇到施工环境限制,如高空作业、天气变化等,均增加了施工的难度和风险。

4 智能建造技术在超高层钢结构施工中的应用

4.1 BIM 技术在施工中的应用

BIM技术在超高层钢结构施工中的应用极大提高了设计精度、施工效率和管理水平。通过BIM模型,施工团队可以对建筑的每一部分进行详细模拟,精准计算结构的承载能力,避免因设计误差造成的施工问题。此外,BIM技术能够将各项施工任务进行细化和分配,减少了传统施工中的重复性工作,缩短了施工周期。在钢结构施工过程中,BIM还能够对钢结构构件进行预制和预装配,提高了施工的精度和效率。通过三维可视化技术,施工团队能够在施工前提前识别潜在的风险和问题,做出合理的调整,确保施工安全。BIM技术的全面应用,使得超高层钢结构施工中的各项工作得以精确控制,大大提升了施工质量和工作效率[2]。

4.2 物联网(IoT)与智能传感器的应用

物联网与智能传感器的结合为超高层钢结构施工带来了实时数据监测和控制的可能。通过安装在施工现场的智能传感器,可以实时监测建筑结构的温度、湿度、位移、应力等关键参数,确保钢结构在施工过程中的稳定性和安全性。物联网技术能够将这些数据实时传输到云端,通过大数据分析,施工团队可以及时掌握现场状况,预测并排除潜在的安全隐患。这种实时监控能力使得施工管理更加精细化,能够对施工进度、资源使用和质量进行动态调整,避免了传统施工中的滞后问题。同时,物联网技术还能够提高现场管理人员的响应速度,使得施工现场管理更加高效和安全。

5 智能建造技术提升超高层钢结构施工效率的路径

5.1 施工过程中的智能监控与数据管理

智能监控与数据管理技术在超高层钢结构施工中的应用,极大提升了施工过程的透明度与效率。通过物联网和传感器设备,施工现场的各项数据实时被采集并上传至中央管理平台,提供施工过程中各项关键参数的实时监控。工程进度、材料使用、施工质量等信息能够快速反馈给管理人员,使得施工团队能够及时调整施工方案,避免资源浪费和工期延误。数据的集中管理使得施工过程中的各个环节得以有效协调,进一步优化资源配置与调度,降低了项目管理中的复杂性。

5.2 智能建造技术对工程质量的提升

智能建造技术在提升超高层钢结构施工质量方面发挥了重要作用。通过BIM技术,施工团队可以在施工前进行

全面的三维建模,对钢结构的每一个细节进行精确计算与模拟,确保设计的可实施性与结构的稳定性。施工过程中,智能传感器实时监控构件的状态,确保每个施工环节符合设计标准,避免人为操作失误导致质量问题。自动化设备和机器人技术在钢结构安装中的应用,不仅提高了施工精度,还减少了由于工人疲劳或技术不熟练而引发的质量问题。通过实时数据分析,智能建造技术能够帮助施工管理者及时发现并解决潜在的质量隐患,确保超高层钢结构建筑的安全性与稳定性。

5.3 智能建造技术在节能降耗方面的作用

智能建造技术在节能降耗方面的应用对于超高层钢结构施工具有重要意义。通过智能化的资源管理系统,施工材料的采购、运输和使用可以得到合理规划和调度,避免了材料浪费与过度采购。BIM 技术为施工提供了准确的材料需求预测,减少了不必要的材料损耗。智能设备的高效运作使得施工过程中能源的消耗得到了有效控制,降低了建筑过程中的能耗。施工设备的自动化程度提高,减少了人工干预,降低了能源消耗与作业时间。通过实时监控系统,施工现场的温度、湿度等环境因素可以得到精确调控,从而减少了建筑材料对环境的依赖,优化了施工过程中的能源使用效率[2]。

6 智能建造技术在超高层钢结构施工中的风险控制与管理

6.1 施工风险的识别与监测

施工风险的识别与监测是确保超高层钢结构施工安全的重要环节。智能建造技术通过物联网技术和传感器实时监控施工现场的各项数据,能够有效识别潜在的风险源。例如,通过传感器监测结构变形、应力、温度等数据,系统能及时发出预警信号,提示施工人员采取相应的应对措施。智能监控系统还能够将现场数据与历史数据进行对比,识别施工中可能出现的异常趋势,如设备故障或材料损坏,确保风险在第一时间被识别和控制。此外,施工管理平台通过综合分析施工过程中的各项数据,能够对工程中的各种风险进行精准评估,形成全面的风险管理报告,为决策者提供科学依据,从而实现对施工风险的有效控制与预防。

6.2 智能建造技术对风险应对的优化

智能建造技术在风险应对中的作用表现在优化施工过程的每一个环节,通过智能化手段提高反应速度和应对效率。施工过程中,当监控系统检测到风险信号时,相关部门能够及时收到警报并进行响应,避免因信息传递滞后造成的事故发生。通过 BIM 技术,管理人员可以提前模拟不同风

险情境下的施工过程,制定科学的应急预案。当实际施工中出现类似情况时,智能系统能够迅速启动应急响应,执行预设的应对措施,有效降低风险带来的损失。此外,基于大数据分析,施工管理者能够更好地预测潜在的风险点,优化施工方案,避免由于资源配置不合理、施工步骤不精确等问题引发的风险事件。智能建造技术的应用显著提升了施工项目的抗风险能力。

6.3 施工安全管理的智能化改进

智能建造技术的引入为超高层钢结构施工的安全管理提供了创新的解决方案。通过智能安全管理系统,施工现场的安全状况可以实时监控,所有安全设备和防护设施的运行状态都能够通过物联网技术得到反馈。在高风险作业区域,智能传感器和无人机能够对作业人员进行实时跟踪,确保安全防护措施得到落实。施工现场的人员进入、离开和工作状态均可通过智能化管理系统进行记录和监控,确保所有作业环节都符合安全规定。人工智能与大数据的结合,使得施工安全管理更加精确,能够预测并预防可能的安全隐患,自动调整施工计划与人员安排。智能化的安全管理不仅减少了事故发生的概率,还提高了现场安全管理的透明度和响应速度,从而有效提升了超高层钢结构施工的安全性。

7 结语

智能建造技术在超高层钢结构施工中的应用,显著提升了施工效率、质量及安全性,为建筑行业带来了深远的变革。通过 BIM 技术、物联网、机器人等先进技术的结合,施工过程的各个环节得到了精细化管理与控制,实现了施工过程的数字化与智能化。在提高施工精度、减少资源浪费的同时,智能建造技术也在风险控制与安全管理方面发挥了重要作用,确保了施工过程中的高效与安全。随着技术的不断发展,智能建造将在超高层钢结构施工中发挥更大的潜力,推动建筑行业迈向更加绿色、可持续的未来。面对未来,智能建造技术的进一步创新与普及,将不断优化施工方式,提升建筑质量,推动建筑行业的现代化进程。通过不断完善技术体系和管理模式,智能建造技术将在全球建筑领域的应用中占据越来越重要的位置。

参考文献

- [1] 李文成.高层钢结构住宅建筑施工测量工艺探讨[J].居舍,2025,(29):65-68.
- [2] 叶智明.超高层建筑钢结构施工质量精细化管理的研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(18):103-105.
- [3] 王重阳.装配式高层钢结构梁柱栓焊混合节点施工技术探究[J].中国建筑金属结构,2025,24(17):100-102.