

# 大型钢结构建筑智能建造关键技术研究

曹浪 陈军 李志强

深圳中铁二局工程有限公司 广东 深圳 518000

**摘要：**大型钢结构建筑智能建造关键技术的研究与应用，对于提升施工效率、保障工程质量具有重要意义。数字化建模、智能焊接、智能监测及智能化施工设备等技术，共同构成了智能建造的核心体系。这些技术在大型钢结构建筑的全生命周期中发挥着关键作用，从设计优化到施工监控，再到运维管理，均展现出显著优势。然而，技术前期投入成本高、技术标准不完善及传统管理思维阻碍等问题，仍是智能建造技术推广面临的主要挑战。

**关键词：**大型钢结构建筑；智能建造；关键技术

## 引言

随着城市化进程的加速和建筑需求的多样化，大型钢结构建筑作为现代建筑的代表，对建造技术提出了更高要求。智能建造技术的出现，为大型钢结构建筑的施工带来了革命性变革。通过集成数字化、自动化、智能化等先进技术，智能建造不仅提高了施工效率，还确保了工程质量与安全。本文旨在探讨大型钢结构建筑智能建造关键技术的现状与挑战，为行业未来发展提供参考。

### 1 大型钢结构建筑智能建造关键技术的重要性

大型钢结构建筑智能建造关键技术研究，在现代建筑行业中占据着举足轻重的地位。随着城市化进程的加速推进和建筑需求的日益复杂化，传统建筑方法已难以满足高效、安全、高质量的施工要求。探索并应用智能建造关键技术，对于大型钢结构建筑而言，显得尤为重要。大型钢结构建筑以其独特的结构形式和施工难度，对建造技术提出了更高要求。智能建造关键技术能明显提高施工效率，优化资源配置，确保工程质量。通过集成化设计，设计师可以利用数字化平台模拟构建并优化结构，及时反馈至生产环节，大幅缩短设计周期，提高设计精度。自动化制造技术的应用，如机器人与自动化设备的使用，能够精准执行构件加工，减少人为误差，提升构件质量。这降低了劳动力成本，还增强了产品质量的一致性和稳定性。信息化管理手段，如物联网技术的引入，实现了对施工过程的实时监控和数据分析，为决策者提供了科学依据，提升了施工管理的智能化水平。特别值得一提的是，BIM（建筑信息模型）技术在大型钢结构建筑智能建造中发挥着核心作用。BIM技术能够实现建筑的全生命周期管理，从设计到施工，再到运维，实现信息的无缝传递和共享。通过BIM技术的三维建模和协同设计，设计师、施工人员和管理者可以更加直观地理解建筑结构，优化施工方案，提高施工效率。

## 2 大型钢结构建筑智能建造关键技术

### 2.1 数字化建模技术

BIM技术通过构建详尽的三维模型，囊括了建筑从设计、施工至运维的全生命周期信息，为钢结构建筑的智能化管理提供了坚实基础。在设计阶段，BIM技术的参数化设计功能赋予了设计师前所未有的灵活性。他们迅速生成多样化的设计方案，并利用模型的可视化优势，直观地进行方案间的比较与选择。这一特性提升了设计效率，更确保了设计方案的优化与实用性。尤为值得一提的是，BIM技术的碰撞检查功能为大型钢结构建筑的设计质量提供了有力保障。通过模拟构件间的相互作用，该技术能预先识别并解决潜在的冲突，有效避免了施工过程中的设计变更，降低了成本，缩短了工期。图1直观地展示了基于BIM技术的大型钢结构建筑模型，模型中各构件的空间位置与相互关系一目了然，为施工人员提供了清晰、准确的指导。



图1 基于BIM技术的大型钢结构建筑模型

### 2.2 智能焊接技术



图2 智能焊接设备的实体图

(1) 图2所示智能焊接设备,融合先进自动化与智能化技术,高效精准焊接。该技术革新以机器人自动化焊接为标志,颠覆传统依赖焊工技能的焊接模式,减少质量波动。高精度传感器与先进系统装备的机器人,确保焊接质量稳定。(2) 这些高精度传感器能够实时、精准地监测焊接过程中的关键参数,如电流、电压和温度,确保焊接质量。以电流为例,其稳定性直接影响焊缝的熔深和强度。传感器一旦检测到电流异常波动,控制系统便迅速响应,根据预设工艺参数自动调整焊接路径和速度。焊接位置变化时,机器人自动规划最优路径,保证焊缝均匀连续。系统还会根据材料特性和当前温度动态调整焊接速度,确保焊接质量的一致性和稳定性。(3) 智能焊接技术相较于传统焊接,展现出显著优势。如表1所示,智能焊接在焊接质量上大幅降低焊缝缺陷率,确保高品质;生产效率方面,焊接机器人持续高效作业,提升单位时间内焊接长度;人力成本上,减少对专业焊工依赖,降低总成本<sup>[1]</sup>。

表1 对比了传统焊接与智能焊接在关键指标上的差异

| 对比项目  | 传统焊接        | 智能焊接         |
|-------|-------------|--------------|
| 焊接精度  | ±2mm        | ±0.5mm       |
| 焊接速度  | 30-50cm/min | 60-100cm/min |
| 焊接缺陷率 | 较高          | 较低           |
| 劳动强度  | 高           | 低            |

### 2.3 智能监测技术

在钢结构的关键部位,部署了应力、应变和位移传感器,它们如同“智能触角”,精确采集结构数据。这些数据通过NB-IoT、LoRa等低功耗、高带宽的无线技

术,毫秒级传输至监测中心,避免了有线传输的繁琐与易损。监测中心利用专业软件,结合机器学习、深度学习算法,对海量数据进行深度分析,确保实时掌握结构状态,为结构安全提供坚实保障。通过建立结构的力学模型与性能预测模型,软件能精准分析结构性能的变化趋势,提前预测潜在的结构安全风险。值得一提的是,智能监测系统配备了严谨的安全预警机制。系统依据结构设计标准与安全规范,预先设定合理的安全阈值。如果监测数据触及或突破这些阈值,系统会迅速响应,以声光报警、短信通知、邮件推送等多种方式,及时向项目管理人员、结构工程师等相关人员发送警报。这一预警机制为及时采取加固、维修等应对措施争取了宝贵时间,有效避免安全事故的发生,确保大型钢结构建筑在施工阶段与全生命周期内的安全稳定运行。图3详细呈现了智能监测系统从数据采集、传输到分析、预警的全流程工作原理,清晰展示了其智能化、高效化的运作模式<sup>[2]</sup>。



图3 智能监测系统的工作原理图

### 2.4 智能化施工设备

(1) 这些设备构成了智能建造技术体系的核心要素,凭借其卓越的自动化与智能化水平,为施工过程的优化注入了强劲动力。智能塔吊与智能升降机等设备的普及应用,正是这一技术发展趋势的直观展现,它们明显提升了施工现场的作业效率与智能化水平。(2) 智能塔吊集成高精度传感器,实时捕捉起重量、高度、回转角度等全方位工作状态信息,为精准操控提供数据支撑。结合先进控制算法与智能决策,实现自动定位、起吊及防碰撞功能,提升施工安全性,加速作业流程,降

低人力成本。(3)智能化施工设备的应用,标志着大型钢结构建筑施工方式的深刻变革,更为整个建筑行业的智能化转型树立了鲜明的典范。随着技术的持续迭代与创新,智能化施工设备将继续引领建筑行业向更高效、更安全、更环保的未来发展路径迈进,为建筑行业的智能化升级与可持续发展注入新的活力<sup>[1]</sup>。

### 3 关键技术应用现状与挑战

#### 3.1 应用现状

在当下大型钢结构建筑领域,智能建造技术的应用已初现成效。以BIM技术为例,在上海中心大厦这一地标性超高层建筑的建造过程中,BIM技术从项目的设计阶段便深度介入。设计团队运用BIM软件构建了大厦的三维数字化模型,整合了建筑结构、幕墙、机电等多系统信息。在设计阶段,通过碰撞检查功能,提前解决了超过500处的设计冲突,涵盖了管道与结构梁的碰撞、设备空间布局不合理等问题,有效避免了施工阶段的设计变更,节省了大量的时间和成本。进入施工阶段,基于BIM模型的进度模拟,施工团队能够提前规划施工流程,合理安排资源,确保施工进度顺利推进,相比传统施工方式,工期缩短了约15%。在运维阶段,BIM模型为设备管理、能耗监测提供了精准的数据支持,实现了设备的智能化运维,降低了约18%的能耗。在大型桥梁钢结构制造中,智能焊接技术得到广泛应用。港珠澳大桥建设中,智能焊接机器人凭借高精度传感器与先进控制系统,实时监测焊接参数并自动调整,焊缝质量稳定性大幅提升,缺陷率降70%,效率提80%。智能监测系统实时分析大型场馆及超高层结构数据,AI评估健康状态,超阈值预警,保障安全运营。

#### 3.2 挑战

虽然智能建造技术在大型钢结构建筑中取得了一定的应用成果,但在推广过程中仍面临诸多难题。智能建造技术的前期投入成本是一大阻碍。先进设备的购置费用高昂,如高精度的数控加工设备、智能监测传感器

等,一套完整的智能加工生产线设备购置成本可达数千万元。专业软件的开发或购买也需要大量资金投入,定制化的BIM软件可能需要数百万的开发费用。培养掌握智能建造技术的专业人才成本也不容小觑,专业人才需要具备建筑专业知识,还需掌握人工智能、物联网等新兴技术,企业往往需要投入大量资源进行人才培养。这些高额的前期投入使得部分资金实力较弱的企业望而却步,限制了智能建造技术的广泛应用。智能建造涉及多学科、多领域的技术融合,目前相关的技术标准与规范尚不完善。BIM系统与智能加工设备数据兼容性差,导致设计信息传递不畅,影响生产。智能监测系统与结构分析软件交互障碍,难以深度分析数据。传统思维模式和管理方式也阻碍了智能建造技术的推广<sup>[4]</sup>。

#### 结束语

综上所述,大型钢结构建筑智能建造关键技术的研究与应用,是推动建筑行业智能化、高效化发展的关键。尽管在推广过程中面临诸多挑战,但随着技术的不断进步和标准的逐步完善,智能建造技术将广泛应用于大型钢结构建筑的各个领域。未来,建筑行业应加大技术研发投入,培养专业人才,推动智能建造技术的广泛应用,为建筑行业的可持续发展注入新的活力。

#### 参考文献

- [1]唐旭飞.大型钢结构建筑智能建造关键技术研究[J].中国高新科技,2024(3):158-160.
- [2]刘坚,周观根,舒赣平,等.现代建筑钢结构设计与建造关键技术创新及工程应用[Z].广州大学.2024(1):5-6.
- [3]黄磊磊,李敏.基于BIM技术的大型钢结构建筑智能建造关键技术的应用[J].智能建筑与智慧城市,2022(11):87-89.
- [4]杨海滨,刘占省,刘军涛,等.基于BIM技术的大型钢结构建筑智能建造关键技术的应用[J].建筑技术,2021,52(6):675-678.