

装配式钢结构建筑工程施工技术及管理措施研究

周新宇 于美龙

中建八局第二建设有限公司 山东 济南 250000

摘要：装配式钢结构施工涵盖构件运输堆放、现场吊装安装、节点连接及配套围护体系施工四项关键技术。当前工程实践中存在施工人员专业能力不足、现场管理协调不畅、进度与成本管控矛盾突出等问题。针对这些问题提出了人员专业化培训、现场数字化精细管理、进度成本闭环管控等优化措施。同时智能化施工监测、数字化管理平台及新型装配工艺的推广应用，正在推动钢结构施工向高效精准方向持续发展。

关键词：装配式钢结构；施工技术；围护体系；施工管理

引言：装配式钢结构建筑作为新型建筑工业化的重要方向，近年来在工程领域获得广泛推广。其施工过程涉及构件运输堆放、现场吊装安装、节点连接以及配套围护体系施工等多个技术环节，各环节之间的衔接质量直接影响结构安全与工程进度。然而当前实际施工中仍面临人员专业能力不足、现场管理协调不畅以及进度与成本管控失衡等突出问题，亟需从人员培训、数字化管理以及工艺优化等维度进行系统性改进。随着智能化监测和数字化管理技术的逐步引入，装配式钢结构施工正在朝着更加高效精准的方向发展。

1 装配式钢结构建筑施工技术

1.1 构件运输与堆放技术

装配式钢结构的构件在出厂前需依据吊装顺序制定发运计划，运输过程中采用专用托架与柔性绑扎器具确保构件形态稳定，长细比较大的构件应增设临时支撑以防止弯曲变形。构件运抵现场后，堆放场地需提前硬化并设置排水坡度，依据构件编号分区分类放置，底层铺设垫木以隔离地面湿气。堆放高度严格控制以保证底层构件不受压屈变形，各构件之间留设足够操作间距方便后续检验和起吊准备。卸货过程采用与吊装同型号的起重设备配合信号指挥平稳落位，对受损涂层及时补涂，同时核对构件几何尺寸和连接端栓孔位置，确保质量合格方可进入安装流程。

1.2 现场吊装安装技术

吊装作业前依据构件重量和就位高度选定起重机械及吊具参数，明确每一吊次的主钩起升路径和回转半径，对高空就位构件设置溜绳以抑制风致摆动。钢柱吊装采用竖直起吊法，就位后借助柱底垫板和缆风绳临时固定，随即进行垂直度双向校正，校正完毕方可紧固地脚螺栓。钢梁吊装多采用两点对称绑扎方式，保证起吊过程梁体水平，就位时对准柱顶连接耳板，利用临时螺

栓锁固形成稳定的框架单元。楼层平面施工遵循由中心向四周或由一侧向另一侧的顺序展开，同步进行已安构件的轴线复测，使整体安装精度控制在容许偏差范围以内。

1.3 节点连接施工技术

装配式钢结构节点主要运用高强度螺栓连接和焊接连接两种方式。高强度螺栓连接时，先以普通扳手进行初拧使摩擦面紧密贴合，再以扭矩扳手或转角法实施终拧，终拧顺序从节点中心向外辐射展开，保证预拉力均匀分布而不使板件翘曲^[1]。焊接连接则需根据母材厚度和接头形式选定焊条或焊丝规格，施焊前进行预热处理并控制层间温度，焊接过程中采用对称分段倒退焊工艺以减小热输入引起的角变形。焊后对焊缝进行外观检测和无损探伤，对超差缺陷及时修磨补焊，连接完毕后按要求进行扭矩抽检或焊缝复检，确保节点刚度和安全储备满足结构整体受力需求。

1.4 配套围护体系施工技术

围护体系涵盖外墙板、屋面板及楼承板等非承重部件，其施工紧随主体框架分段进行。墙板安装前在钢梁翼缘上弹出水平控制线，并在立柱侧面标定垂直基准，板材由下而上逐层铺设，采用专用挂件与结构连接，连接件设置可调构造以吸收主体施工偏差。屋面板铺设时沿排水方向设定顺坡搭接长度，板肋与檩条可靠咬合，固定螺钉按设计间距沉入板面并保持密封不破坏覆层。楼承板铺设后需在板顶布置分布钢筋并浇筑混凝土，浇筑前在板底设置临时支撑以限制施工荷载下的挠度。围护体系所有贯穿部位和板缝均填充密封材料，刚性连接处设置隔垫避免不同金属间直接接触，使围护层兼具防水抗风与热工性能，并与主体结构协调变形。

2 装配式钢结构建筑施工现存问题

2.1 施工人员专业能力问题

当前从事装配式钢结构安装的一线作业人员,多数成长于传统现浇混凝土施工环境,对钢构件的受力特点、焊接变形控制以及高强螺栓施拧工艺缺乏系统性认知。许多操作者在识图放线环节就存在偏差,对节点大样中的尺寸标注和焊缝等级要求理解不到位,现场经常出现构件就位后连接板对孔困难或者焊缝成型不良的状况。加上新型调校设备和自动焊接机具的普及程度不高,工人更倾向于沿用旧有经验手法,很少按照标准化作业指导书执行。岗前培训往往走过场,实操考核流于表面,技能水平参差不齐,导致同一批构件由不同班组安装后的质量差异明显,说到底人的不稳定因素成了制约工程品质提升的关键堵点。

2.2 施工现场管理层面问题

现场管理最突出的症结在于多工种交叉作业时的协调机制不够顺畅,土建、钢构、机电等专业之间的施工界面划分含混,作业时间和空间常有冲突。构件进场验收和堆放顺序缺乏统一调度,来料时间与吊装需求不匹配,造成场地内反复倒运,不仅增加磕碰风险还挤占通道资源。质量巡检的频次和覆盖度都不足,尤其是隐蔽部位的焊缝和防锈涂层,常常等到下道工序覆盖后才暴露出缺陷,返修代价很高^[2]。安全防护方面,临时爬梯和操作平台的搭设随意性较大,高空水平绳设置不规范,监护人员对违规操作提醒不及时。管理层下达的整改指令层层衰减,执行反馈缓慢,整体现场秩序难以维持良性循环。

2.3 施工进度与成本管控问题

进度编制时过分依赖理想化的构件供应周期,没有充分考虑加工排产和运输途中可能出现的滞缓因素,一旦供货延迟,现场就陷入窝工状态,而后期为了追赶节点又不得不压缩各工序的间歇时间,检验和养护环节被大幅削减。成本侧则承受着钢材原材料价格起伏带来的预算压力,临时加固措施和大型机械的租赁时长因工期波动而不断增加,摊销成本远远超出初始测算。进度和成本之间形成两难局面,为了抢回工期只能增加劳动力投入和设备台班,结果人工费和燃油费大幅上升,反过来又推高总造价。设计变更后的签证办理拖沓,费用归集缺乏明细台账,最终导致结算时账面数据与实际出入较大,项目的整体经济目标难以把控。

3 装配式钢结构建筑工程施工管理优化措施

3.1 施工人员专业化管理

施工人员专业化管理的核心在于建立系统性的培训与考核机制,从源头提升作业队伍的综合素质。具体措施包括设立专门的实训场地,配备经验丰富的讲师团

队和针对性教材,围绕构件识别、吊装指挥、焊接操作、测量调校等关键工序开展理论讲授与实操演练相结合的教学活动。同时推行“理论加实操加施工模拟”三位一体的培训体系,借助虚拟焊接技术和沉浸式体验设备,让工人在安全环境中反复练习复杂操作。实行“师带徒”制度,为新入职人员指定业务骨干进行一对一指导,通过“交任务、压担子”的方式加速其岗位适应。培训结束后须进行严格考核,只有考核合格者方可进入相应岗位作业^[3]。2025年中建四局在北京某综合交通枢纽项目中成立农民工素质和技能提升站,配备10余名讲师和600余本专业教材,开设钢筋绑扎、电焊等课程;中建二局在河北依托钢构工匠学院打造“理论+实操+施工模拟”培训体系,通过VR设备模拟真实操作场景以增强工人风险防范意识。

3.2 施工现场精细化管理

施工现场精细化管理的着力点在于借助信息化手段实现全过程、全要素的精准把控。具体做法包括建立基于BIM和物联网技术的数字管理平台,将设计、生产、运输、安装各环节纳入统一的信息系统。每个构件出厂时赋予专属标识码,进场后通过扫描即可调取其生产批次、尺寸参数、检验记录和质量状态等全部信息,便于管理人员实时掌握构件动态并据此安排吊装顺序。施工过程中利用三维扫描和定位技术对构件安装位置进行复核,及时修正偏差。同时借助智能焊接机器人等自动化设备替代高风险人工操作,提升作业安全性和一致性。中建二局安装公司自主研发的钢结构全生命周期数字建造管理平台已在国家会议中心二期、中国中化总部大厦等重大项目中成功应用,管理人员通过平台可远程查看构件生产进度并指导现场安装;上海某装配式项目通过BIM驱动模式实现工期缩短37.8%、材料损耗降低46.2%。

3.3 施工进度与成本精细化管理

施工进度与成本精细化管理的重点在于将计划编制、资源调配和过程监控融为一体,形成闭环管控机制。具体措施包括在项目启动阶段运用BIM技术进行施工全过程模拟,识别关键节点和潜在瓶颈,据此制定切实可行的工期计划。构件生产阶段依托信息化平台实现全程跟踪,确保供货节奏与现场吊装需求精准匹配。施工过程中采用模块化预制和智能化安装的快速建造技术,通过优化节点设计和吊装路径来压缩主体结构施工周期^[4]。成本侧则通过提高工厂预制比例来减少现场湿作业和临时措施投入,同时借助精细化的材料管理降低损耗。2025年广州某钢结构装配式住宅项目采用工厂化生产模

式,将工厂工作量提升至80%,实现施工现场免支撑、免模板,节省工期30%,减少建筑垃圾80%;同时因工期缩短帮助节省了1700万元临迁费,材料回收再利用率达80%。某多层钢结构厂房项目通过BIM全生命周期管理,使构件吊装效率提升30%、焊接合格率达99.2%,主体结构工期较传统缩短47%、综合成本降低18%。

4 装配式钢结构施工新技术与智能化管理应用

4.1 智能化施工监测技术应用

智能化施工监测技术主要依托布设于构件和作业面的各类传感装置,对施工全程进行动态数据采集与分析。在起重机械的吊钩部位及缆风绳锚固点安装拉力传感器,实时感知起吊荷载变化,一旦出现超载或突然卸载情形便触发报警并自动锁止操作。在钢柱柱脚和悬挑梁端等关键部位粘贴应变片和倾角仪,持续记录构件受力状态和垂直度偏移量,数据经无线网络汇总至现场处理终端,由算法自动判别偏差是否超出警戒区间。监测平台还接入了风速仪和温度计,将环境因素纳入预警模型,当风力或温差达到影响吊装安全的阈值时系统主动推送停工建议。所有监测数据生成可视化曲线和云图,管理人员通过移动终端即可随时调阅,实现了从被动检查向主动预控的转变。

4.2 数字化施工管理技术应用

数字化施工管理技术以建筑信息模型和物料编码系统为双核心,将深化设计出的构件清单与生产排产、运输调度、现场安装等业务环节进行数据贯通。每个钢构件在出厂前被赋予唯一的二维码或射频标签,内嵌几何尺寸、材质牌号、焊缝等级和涂装要求等参数,进场时通过手持终端扫描即可完成验收和自动台账登记。安装过程中管理人员在模型上逐件标记已就位构件的实际坐标和高程,形成与设计模型的实时对比,发现偏差后系统自动计算纠偏量并生成调校指导值^[5]。在进度管理侧,模型按施工段拆分并关联各工序的计划起止时间,现场反馈的每日完工量促使系统动态更新剩余工期预测,辅助管理者提前识别滞后工序并调整次日机械与人员配置

方案。

4.3 新型装配式施工工艺推广应用

新型装配式施工工艺着重于减少现场高空焊接量和湿作业量,转而将更多连接工作前置到工厂或地面拼装阶段。预制组合柱工艺将多段钢柱在工厂内完成拼接和探伤,运抵现场后仅需进行柱底就位和柱顶对接,大幅降低高空对接口的数量。整体提升工艺常用于大跨度屋面或连廊结构,在楼面将桁架或网架单元全部组装成型,利用同步液压提升设备将其一次性抬升至设计标高,整个提升过程中通过多点位移监测保证同步性,到位后立即与周边支座锁定。楼层板方面采用钢筋桁架叠合板,工厂预先焊接好桁架钢筋,现场仅需铺设和浇筑混凝土,省去了传统支模和绑扎工序。

结束语:装配式钢结构施工技术的成熟程度直接关系到建筑工业化的推进成效。从构件运输到围护体系安装,各环节均有明确的技术要点,而实际工程中暴露的人员素质、管理协调及成本控制问题则需通过系统化培训、数字化管控和工艺革新加以解决。当前智能化监测手段与数字化管理平台的逐步融入,为施工过程提供了精准调控工具,新型装配工艺也有效压缩了现场作业时间。随着技术与管理双轮驱动的持续深化,装配式钢结构施工将进一步提升质量保障能力和综合效益水平。

参考文献

- [1]王旭兵,祁英弟,张安保.装配式钢结构建筑工程施工技术及管理措施研究[J].建筑技术开发,2023,50(4):71-74.
- [2]张庆宇.装配式建筑工程项目全钢结构施工技术[J].中国建筑金属结构,2026,25(2):7-9.
- [3]王军臣.装配式建筑工程钢结构施工技术和管理措施研究[J].区域治理,2025,(19):0085-0087.
- [4]林光明,白渝立,赵鑫,等.基于BIM技术的装配式钢结构建筑数字化施工技术研究[J].工程建设与设计,2026,(8):78-80.
- [5]史春燕.装配式建筑工程钢结构施工技术及管理研究[J].中国厨卫,2025,24(1):326-328.