

高层建筑钢结构装配式施工技术研究

张孝华

杭萧钢构股份有限公司 浙江 杭州 311200

摘要: 高层建筑钢结构装配式施工融合模块化与单元式结构,具备高效、灵活、环保等特点。本文阐述模块化与单元式钢结构分类,分析工厂预制、运输堆放、现场吊装、节点连接、校正验收等施工流程与关键环节。同时,研究模块化设计、节点连接创新、精度控制、BIM数字化管理及安全风险防控等关键技术。旨在为高层装配式钢结构施工提供理论支持与实践指导,推动建筑工业化发展。

关键词: 高层建筑; 钢结构装配式; 模块化施工

引言: 在城市化进程加速、建筑需求不断攀升的当下,高层建筑如雨后春笋般涌现。传统高层建筑施工方式存在效率低、污染大等问题,难以满足现代建筑发展需求。而钢结构装配式施工技术凭借其高效、灵活、环保等显著优势,成为建筑领域的新宠。本文聚焦高层建筑钢结构装配式施工技术,深入剖析其分类、施工流程、关键技术,为行业发展提供有益参考。

1 高层钢结构装配式钢结构分类

1.1 模块化钢结构

模块化钢结构是将高层钢结构建筑的功能区域按照设计要求拆分成为独立的模块化单元,每个单元在工厂内完成全部结构构件加工、管线预埋、内外装饰等工序,形成具备完整使用功能的三维模块产品。这种结构形式具有集成度高的显著特点,模块单元的设计与生产严格遵循统一标准,能大幅减少现场施工工序。在实际应用中,模块单元可根据建筑功能需求灵活组合,适用于酒店、公寓、办公楼等多种高层业态。其生产过程实现了工厂化流水线作业,有效控制施工质量,同时减少现场湿作业量,降低对周边环境的影响^[1]。模块单元之间通过可靠的连接节点实现整体拼接,拼接完成后形成稳定的整体结构,满足高层建筑的承载力和抗侧移要求,在缩短施工周期方面优势明显,较传统钢结构施工效率提升30%以上。

1.2 单元式钢结构

单元式钢结构以平面单元为基本组成,按建筑开间和进深尺寸划分楼层结构为独立平面单元,在工厂完成主要结构构件加工、组装及初步连接,形成平面框架单元。它侧重结构模块化拆分,单元内管线、装饰工序可灵活安排。适应性强,能依建筑平面布局调整单元尺寸形式,适用于复杂高层建筑。工厂精准加工检测确保精度,现场吊装就位后通过节点连接成楼层,再组装成整

体,兼顾施工高效与设计灵活,在高层住宅和综合写字楼建设应用广泛。

2 高层钢结构装配式钢结构施工流程与关键环节

2.1 工厂预制

工厂预制是高层装配式钢结构施工的基础环节,直接决定后续施工质量和效率。施工前需依据设计图纸制定详细的预制方案,明确构件加工精度、材料规格及生产流程。材料进场时需进行严格检验,钢材的力学性能、化学成分等指标必须符合设计标准,验收合格后方可投入使用。生产过程中,采用数控切割、焊接机器人等先进设备进行构件加工,确保钢柱、钢梁等构件的尺寸偏差控制在规范允许范围内。对于复杂节点构件,需制作专用胎架进行定位组装,保证节点连接的准确性。焊接工序完成后,要对焊缝进行无损检测,采用超声波探伤、射线探伤等方法排查焊接缺陷,确保焊缝质量达标。同时,对预制完成的构件进行表面处理,包括除锈、防腐涂装等工序,提升构件的耐久性。每个构件均需标注唯一标识,记录生产信息和质量检测结果,便于后续追踪管理,为现场施工的顺利开展提供保障。

2.2 运输与堆放

运输与堆放环节需充分考虑钢结构构件的特性,制定科学合理的方案以避免构件损坏或变形。运输前根据构件的尺寸、重量及数量选择合适的运输车辆,对于超长、超宽、超重的大型构件,需采用专用运输设备并办理超限运输手续。构件装车时要进行牢固固定,采用专用夹具、垫木等辅助工具,防止运输过程中因颠簸、震动导致构件移位或变形。运输路线需提前勘察,避开路况较差、桥梁承载力不足的道路,确保运输安全。构件运至施工现场后,需按照施工进度计划和吊装顺序进行分类堆放。堆放场地要进行硬化处理,设置排水设施,防止场地积水影响构件质量。堆放时需根据构件的类型、

重量选择合适的堆放方式,钢柱、钢梁等细长构件采用立放或斜放形式,底部设置专用支座支撑,避免构件受压变形。构件堆放高度要严格控制,避免上层构件对下层构件造成挤压损坏,同时做好防雨、防潮、防晒措施,对易锈蚀构件进行覆盖保护。

2.3 现场吊装

现场吊装是高层装配式钢结构施工的核心环节,直接关系到建筑结构的安装精度和施工安全。吊装前需完成施工准备工作,包括吊装设备选型、吊装方案编制、场地平整及临时设施搭建等^[2]。根据构件重量、吊装高度及现场施工条件选择合适的起重机,配备专业的吊装团队,操作人员需持有相应资质证书。吊装前对起重机、钢丝绳、吊钩等吊装设备进行全面检查,确保设备性能良好。吊装过程中采用分区段、分层吊装的方式,按照先钢柱、后钢梁、再支撑的顺序进行安装。钢柱吊装时采用两点或三点吊装法,利用经纬仪、水准仪等测量仪器实时监测钢柱的垂直度,吊装就位后及时进行临时固定,防止钢柱倾倒。钢梁吊装前需在钢柱上标注安装位置线,吊装就位后调整钢梁的水平度和标高,通过临时连接板进行固定。吊装过程中设置专人指挥,统一吊装信号,确保各环节协调配合,同时做好安全防护措施,设置吊装警戒区域,严禁非施工人员进入。

2.4 节点连接

节点连接是保证高层装配式钢结构整体稳定性和承载能力的关键环节,其施工质量直接影响建筑结构的安全性能。节点连接方式主要包括螺栓连接和焊接连接,需根据设计要求选择合适的连接方式。螺栓连接前需对螺栓孔进行清理,去除孔内的杂物和毛刺,确保螺栓能够顺利穿入。采用高强度螺栓连接时,需严格控制螺栓的预紧力,通过扭矩扳手按照规定的扭矩值进行紧固,紧固顺序遵循从中间向两边对称进行的原则,确保螺栓连接紧密。焊接连接前需对连接部位进行除锈、打磨处理,去除表面的油污、铁锈等杂质,保证焊接质量。焊接过程中根据钢材类型选择合适的焊接材料和焊接工艺,控制焊接电流、电压和焊接速度,减少焊接变形。焊接完成后及时清理焊渣,对焊缝进行外观检查 and 无损检测,确保焊缝无裂纹、气孔等缺陷。节点连接完成后,需对连接部位进行防腐处理,涂刷防腐涂料,提升节点的耐久性,确保节点连接满足设计的承载力要求。

2.5 校正与验收

校正与验收是高层装配式钢结构施工的收尾环节,是保障工程质量符合设计和规范要求的重要手段。校正工作贯穿于吊装和节点连接的全过程,在每个构件安装

就位后都需进行精准校正。钢柱校正主要控制垂直度和标高,采用经纬仪进行垂直度监测,通过调整临时支撑的螺栓来校正钢柱的垂直度,确保偏差控制在规范范围内。钢梁校正重点控制水平度和轴线位置,利用水准仪测量水平度,通过调整连接板的垫片厚度进行校正。楼层结构安装完成后,对整体结构的轴线、标高、垂直度等进行全面复核,确保结构的几何尺寸符合设计要求。验收工作分为分项工程验收和竣工验收,分项工程验收包括构件进场验收、吊装验收、节点连接验收等,每个分项工程完成后需由施工单位自检合格后报监理单位验收。竣工验收需收集整理施工过程中的各类资料,包括设计图纸、施工方案、质量检测报告等,由建设单位组织设计、施工、监理等单位共同参与验收,验收合格后方可投入使用。

3 装配式钢结构施工关键技术研究

3.1 模块化设计与标准化技术

模块化设计以建筑功能需求为导向,将建筑拆分为若干个标准化的模块单元,通过模块的组合与叠加实现不同的建筑形态和功能。设计过程中建立模块化设计数据库,整合常见的模块类型、尺寸参数及连接方式,为设计人员提供标准化的设计依据,减少重复设计工作。采用参数化设计软件,实现模块尺寸的快速调整和优化,提升设计效率^[3]。标准化技术贯穿于设计、生产、施工全过程,制定统一的构件规格标准、生产工艺标准和安装标准。通过标准化生产,实现构件的批量生产,降低生产成本,提高生产精度。标准化的连接节点设计,减少现场施工的复杂性,提升节点连接质量和施工效率。模块化设计与标准化技术的结合,实现了高层装配式钢结构的设计标准化、生产工厂化、施工装配化,为建筑工业化发展提供有力支撑,在大规模高层住宅建设中应用效果显著。

3.2 节点连接技术创新与优化

节点连接技术创新与优化围绕提升连接性能、简化施工流程展开,是高层装配式钢结构技术发展的重点方向。传统节点连接方式存在施工复杂、工期长等问题,通过技术创新开发出多种新型节点连接形式。在节点优化方面,通过有限元分析软件对节点的受力性能进行模拟分析,优化节点的构造形式,减少节点处的应力集中,提升节点的承载能力和抗震性能。对于模块化钢结构的节点连接,开发出榫卯式节点、插件式节点等新型连接形式,实现模块之间的快速拼接和可靠连接。同时,创新节点防腐技术,采用热浸镀锌、防腐涂层与阴极保护相结合的复合防腐技术,提升节点在复杂环境下的耐久

性。节点连接技术的创新与优化,不仅提升了高层装配式钢结构的结构安全性和可靠性,还进一步缩短了施工周期,降低了施工成本。

3.3 施工精度控制与动态监测技术

施工精度控制与动态监测技术是保障高层装配式钢结构施工质量的关键技术,通过精准控制和实时监测确保结构安装精度符合要求。施工精度控制采用全过程精度管理模式,在工厂预制阶段,利用激光跟踪仪等高精度测量设备对构件加工精度进行检测,确保构件尺寸偏差控制在0.5mm以内。现场施工阶段,采用BIM技术与三维激光扫描技术相结合的方式,对构件安装位置进行精准定位。在吊装过程中,通过实时动态测量系统对构件的安装姿态进行监测,及时调整吊装位置,确保构件安装精度。动态监测技术通过在结构关键部位布设传感器,实时采集结构的应力、应变、位移等数据,建立动态监测平台对数据进行实时分析。当监测数据超过预警值时,平台及时发出预警信号,施工人员根据预警信息采取相应的调整措施。施工精度控制与动态监测技术的应用,实现了对高层装配式钢结构施工全过程的精准把控,有效避免因施工精度不足导致的结构安全隐患,提升了工程施工质量。

3.4 BIM与数字化施工管理技术

BIM与数字化施工管理技术通过数字化手段实现高层装配式钢结构施工的精细化管理,提升施工效率和管理水平。BIM技术在施工前构建三维可视化模型,整合设计、施工、运维等全生命周期的信息,为施工方案制定提供直观的参考依据。通过BIM模型进行碰撞检测,提前发现设计图纸中的管线冲突、构件干涉等问题,在施工前完成设计优化,减少现场返工。在施工过程中,将BIM模型与施工现场的实际进度相结合,实现施工进度动态管理。通过移动端设备将施工现场的施工数据实时上传至BIM平台,管理人员可通过平台实时查看施工进度、质量检测结果等信息,实现对施工过程的远程监控。数字化施工管理技术还包括物联网、大数据等技术的应用,通过物联网设备采集施工现场的人员、设备、材料等信息,利用大数据技术对施工数据进行分析,为施工决策提供数据支持。例如,通过分析施工进度数据,优化施工资源配置,提升施工效率;通过分析质量检测数据,找出

施工质量问题的规律,针对性地改进施工工艺。

3.5 安全风险防控技术

安全风险防控技术针对高层装配式钢结构施工过程中的各类安全风险,构建全方位的安全防控体系,保障施工人员和财产安全。施工前进行全面的安全风险辨识,识别出吊装作业、高空作业、临时支撑等环节的潜在风险,制定相应的风险防控措施^[4]。在高空作业安全防控方面,采用附着式升降脚手架、安全防护网等防护设施,为施工人员提供安全的作业环境。施工人员必须佩戴安全帽、安全带等个人防护用品,严格遵守高空作业安全操作规程。吊装作业安全防控通过采用智能吊装监测系统,实时监测起重机的起重量、幅度、高度等参数,当参数超过安全限值时,系统自动发出报警信号并切断吊装操作,防止超载吊装等危险情况发生。临时支撑安全防控通过对支撑结构进行受力计算,确保支撑结构的承载力满足要求,同时采用动态监测技术对支撑结构的变形情况进行实时监测,及时发现并处理支撑结构的安全隐患。另外,加强施工现场的安全管理,定期开展安全培训和应急演练,提升施工人员的安全意识和应急处置能力,确保施工过程安全可控。

结束语

高层建筑钢结构装配式施工技术凭借模块化与单元式结构优势,在建筑领域展现出强大生命力。从施工流程的精细把控到关键技术的不断创新,各环节紧密相连,共同保障施工高效与质量可靠。随着建筑工业化推进,其应用前景愈发广阔。未来,持续优化技术、提升管理水平,将进一步推动该技术发展,为高层建筑建设带来更多创新与突破。

参考文献

- [1]胡海兰.高层建筑钢结构装配式施工技术研究[J].陶瓷,2023(2):140-142.
- [2]孟凡鹏,陈文艳.高层建筑钢结构装配式施工技术研究[J].中文信息,2024(2):39-40.
- [3]李晨,高莹莹.高层建筑钢结构装配式施工技术研究[J].中国航班,2023(23):176-178.
- [4]黄小立.高层建筑钢结构装配式施工技术研究[J].汽车博览,2023(6):200-202.