

装配式钢结构建筑关键施工技术分析

汪森棠

安徽建工建设安装集团有限公司 安徽 滁州 239000

摘要：随着现代建筑技术的飞速发展，装配式钢结构建筑以其施工速度快、质量可控、耐久性好、环保节能等优势，逐渐成为建筑工程领域的主流。本文详细分析了装配式钢结构建筑在施工过程中的关键技术，包括模块化设计与制造、精准定位技术、螺栓连接技术、吊装与安装技术、焊接技术等，并探讨了这些技术的应用现状、技术细节、相关数据以及未来发展趋势，旨在为装配式钢结构建筑领域的实践和研究提供深入参考。

关键词：装配式钢结构；施工；关键技术

引言

装配式钢结构建筑是指将工厂预制好的钢结构构件运输到现场，通过精确拼装和连接而成的建筑物。这种建筑方式不仅显著提高了施工效率，还减少了现场作业量，降低了对环境的影响。随着城市化进程的加速和建筑行业对可持续发展要求的提升，装配式钢结构建筑的应用前景日益广阔。

1 装配式钢结构建筑的优势

装配式钢结构建筑具有诸多显著优势。首先，其施工进度极快。这是因为建筑的主要构件，如主次钢梁、桁架、檩条等，均在工厂内预制完成，运至现场后只需进行简单的拼装和连接。这种模式化的建造方式大大缩短了施工周期，与传统建筑方式相比，可节省约30%的时间，极大地提高了建设效率。其次，质量可控是装配式钢结构建筑的另一大特点。BIM建模、激光切割、工厂化生产确保了构件的尺寸精确无误，质量稳定可靠。通过严格的质量控制流程，从源头上减少了现场作业的不确定性和人为误差，保证了建筑的整体质量。再者，装配式钢结构建筑耐久性好。钢结构构件具有出色的弹性和延展性，抗震性能卓越，其使用寿命长达50年以上，远低于传统建筑的维修和更换频率。最后，环保节能也是其不可忽视的优势。制造和安装过程中减少了现场扬尘、材料浪费和建筑垃圾，符合绿色、可持续的建筑发展理念。

2 装配式钢结构建筑关键施工技术分析

2.1 模块化设计与制造

模块化设计是装配式钢结构建筑提高安装效率的核心环节。在这一阶段，建筑结构被精细地划分为多个独立的模块，如柱、梁、墙板、楼板等。这种划分不仅便于制造、运输，还极大地简化了现场安装过程。在模块化制造过程中，数字化设计和激光切割、机械臂焊接工具发挥着至关重要的作用。钢结构设计软件能够精确模

拟构件的几何形状、尺寸以及连接方式，确保每个构件都能精准对接。同时，自动切割机、自动排钢机等先进设备的应用，进一步提升了构件的制造精度和一致性。据统计，采用这些数字化设计和制造工具，可以将构件的制造误差控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内，为后续的安装工作奠定了坚实的基础^[1]。此外，模块化制造还注重材料的优化利用和浪费减少。通过精确计算每个模块的材料需求，可以最大限度地减少材料切割过程中的浪费，降低建筑成本，同时符合绿色建筑的发展理念。

2.2 精准定位技术

建筑结构安装的精确度直接关系到建筑物的安全性和可靠性。在装配式钢结构建筑安装过程中，精准定位技术显得尤为重要。全站仪技术作为一种高精度的测量手段，被广泛应用于施工现场。其测量精度可达 $\pm 0.5\text{mm}$ ，能够确保构件在安装过程中的准确定位。除了全站仪技术，激光测量技术和三维扫描技术也在装配式钢结构建筑安装中发挥着重要作用。激光测量技术能够实现高精度的距离和角度测量，为构件的安装提供精确的参考数据。而三维扫描技术则能够快速获取构件的三维数据，包括形状、尺寸和表面特征等，为安装过程中的调整和优化提供有力支持。在实际施工过程中，施工人员会结合多种精准定位技术，确保构件的位置、角度和高度等参数都符合设计要求，从而保证建筑结构的整体稳定性和安全性。

2.3 螺栓连接技术

螺栓连接是装配式钢结构建筑安装中的关键技术之一。通过螺栓连接，可以将各个构件紧密地连接在一起，形成稳定的结构体系。在螺栓连接过程中，采用扭矩扳手，预紧力的控制至关重要。预紧力过大或过小都会影响连接的紧密度和可靠性，甚至可能导致结构失效。因此，在螺栓连接前，需要对预紧力进行精确计算^[2]。一般

来说,预紧力的大小应根据构件的材质、尺寸和连接方式等因素进行综合考虑。先拧紧水平方向再处理竖直方向,螺栓群先中部在四周扩散。分初拧、复拧、终拧。例如,对于直径为M20的高强度螺栓,其预紧力一般控制在150-200kN之间。同时,螺栓的材料和规格也需要进行严格选择和检查,确保其符合设计要求。在连接过程中,还需加装安全螺母、锁紧螺母等安全保护装置,以防止螺栓在长期使用过程中松动或脱落。此外,施工人员还需要定期对螺栓连接进行检查和维护,确保其始终保持良好的连接状态。

2.4 吊装与安装技术

吊装与安装是装配式钢结构建筑施工中的关键环节。在吊装过程中,需要选择适用于钢结构安装的专用设备,如起重机、吊装设备、多功能平衡车等。起重机的选择应根据构件的重量、尺寸和吊装高度、吊装站位等因素进行精确计算,以确保吊装过程的安全性和稳定性。例如,当钢结构构件重量 $\geq 10t$ 时,需编制专项吊装方案,起重吊装前应进行试吊,其所选起重机额定载荷应满足:额定载荷 $\geq$ 构件重量/0.8,以确保实际载荷不超过额定载荷的80%。同时,在吊装过程中还需要严格遵守操作规范,如吊装前对起重机进行全面检查、吊装过程中保持吊装物平稳等,以确保吊装过程的安全性和高效性。在安装过程中,需要精确控制构件的位置和角度。以钢柱安装为例,施工人员应使用全站仪等精准定位工具进行精确测量和校正,确保钢柱的垂直度和水平度符合设计要求。同时,还需要注意钢柱之间的连接方式和连接顺序,以确保整个建筑结构的稳定性和安全性。

2.5 焊接技术

焊接技术是装配式钢结构建筑安装中不可或缺的技术之一。通过焊接技术,可以将各个构件牢固地连接在一起,形成稳定的结构体系。在焊接过程中,焊接方法和材料的选择至关重要。常用的焊接方法包括手工电弧焊、气体保护焊、埋弧焊等。对于不同材质和厚度的构件,应选择相应的焊接方法和参数。例如,对于低碳钢构件,应选择低氢型焊条进行焊接,以确保焊缝的质量和强度;对于高强度钢构件,则应选择相应的高强度焊丝和气体保护焊进行焊接,以满足其高强度的要求。此外,焊接质量对建筑结构的稳定性和可靠性具有重要影响。因此,在焊接前应焊接试块,并根据焊接试块编制作业指导书,用以指导焊接作业全过程,并严格控制焊接参数和焊接质量。如焊接电流与电压、焊接速度、预热温度、湿度等参数应根据构件的材质和厚度进行精确调整,以确保焊缝的均匀性和致密性。同时,还需要对

焊缝的外观和内部质量进行严格检查和验收^[3]。外观检查主要包括焊缝的形状、尺寸和表面质量等;内部质量检查则需要通过无损检测技术如超声波检测、X射线检测等进行。只有确保焊缝的质量符合设计要求,才能保证建筑结构的整体安全性和可靠性。

3 装配式钢结构建筑施工中的质量控制与安全管理

3.1 质量控制

在装配式钢结构建筑施工过程中,质量控制是确保建筑质量和安全性的关键环节。为此,必须建立一套严格的质量控制体系,涵盖从原材料采购到现场安装调试的每一个环节。在原材料采购阶段,应对钢材的化学成分、力学性能、尺寸规格等进行全面而严格的检测。通过专业的检测设备和方法,确保所采购的钢材符合设计要求和国家标准。在构件生产过程中,质量控制同样不容忽视。应对构件的尺寸精度、表面质量、焊接质量等进行全面检查。采用先进的检测技术和设备,如三维扫描仪、超声波检测仪等,对构件进行精确测量和无损检测,确保构件质量达到设计要求。在现场安装过程中,质量控制更是至关重要。应对构件的位置精度、连接质量等进行精确测量和验收。使用全站仪、激光测量仪等高精度设备,对构件的位置、角度、高度等进行精确测量,确保安装位置准确无误。同时,对螺栓扭矩力、焊接连接强度等进行严格检查,确保连接质量可靠。

3.2 安全管理

安全是建筑施工中最为基本的要求,在装配式钢结构建筑施工中更是如此。为确保施工安全,必须制定详细的安全管理制度和操作规程。在吊装过程中,应严格遵守起重机的操作规程和安全要求。对起重机进行定期检查和维修,确保其处于良好状态。同时,对吊装作业人员需持证上岗,岗前进行专业培训和安全教育,提高其安全意识和操作技能。在高空作业过程中,应设置安全防护措施和警示标志。为施工人员配备安全带、安全平网等个人防护装备,确保其人身安全。同时,在施工现场设置明显的警示标志,专人值守,提醒施工人员注意安全。在焊接前,应办理动火证,过程中应加强火灾防范和应急处理措施。为焊接作业人员配备防火服、灭火器等防火设备,确保其安全作业。同时,制定应急预案,一旦发生火灾等突发事件,能够迅速有效地进行应急处理。

4 案例分析:沈阳某楼盘商网项目

4.1 项目概况

该项目采用整体装配式钢结构,建筑面积约为5万平方米,主体结构采用箱型钢柱、H型钢钢梁,预制钢楼梯,GRC楼面板,GRC保温一体屋面板等标准部件。外

围护结构采用GRC保温一体外墙板，内隔墙采用GRC内墙板。

4.2 技术应用与创新

4.2.1 新型装配式钢结构围护体系

采用螺栓连接节点，具有“轻、快、好、省”的优点。钢结构系统与围护系统配合紧密、和谐统一。屋面、外墙板保温一次成型，减少施工扰民，有利于环境保护。板材原料为环保原料，满足绿色施工要求。

4.2.2 BIM技术手段

通过BIM技术手段，结合装配式建筑部品部件的生产特点，在建筑的标准化构件以及相关的连接节点进行设计。简化了板块的种类以及节点类型，极大程度上方便了施工，降低了项目的建造成本。

4.2.3 标准化设计与模块化施工

通过标准化设计和模块化施工，实现全工序穿插，提效最大化。装配式钢结构主体工期5天/层，较混凝土结构工期提效60%以上。

4.3 成本与效益分析

建筑面积成本指标：装配式钢结构建筑约为1500元/㎡左右，略高于传统钢筋混凝土结构体系的成本，但低于装配式钢筋混凝土结构建筑。

4.3.1 成本构成

表1 成本分析明细表

成本项目	成本金额 (元/㎡)	占比
主体结构（含钢结构柱、梁等）	1146	76.4%
围护结构（含GRC外墙板等）	367	24.6%
总计	1513	100%

4.3.2 效益分析

施工速度：装配式钢结构建筑显著缩短了施工周期，提高了资金周转率。

质量控制：工厂化生产保证了构件的质量稳定性，减少了现场作业的不确定性。

环保节能：减少了材料浪费和建筑垃圾的产生，符合绿色建筑的发展理念。

5 未来发展趋势

5.1 自动化、智能化制造

在未来的装配式钢结构建筑制造过程中，自动化、智能化将成为主流趋势。工业机器人等先进自动化设备的广泛应用，将极大地提高零部件的加工精度和组装效率。这些机器人能够执行精确的切割、焊接、打磨等任务，不仅减少了人工操作的误差，还大大提高了生产效率。同时，智能化技术的融入将使制造过程更加灵活和

高效。通过集成传感器、物联网技术和人工智能算法，可以实现生产线的实时监控和智能调度，根据生产需求自动调整设备参数和生产流程。这种智能化的制造方式不仅能够提高产品质量，还能有效降低生产成本，为装配式钢结构建筑的广泛应用提供有力支持。

5.2 整体化设计

未来的装配式钢结构建筑将更加注重整体化设计。这意味着在设计阶段就要充分考虑材料组合的合理性、合适性和可靠性，确保建筑结构在力学性能、耐久性和安全性等方面达到最优状态。整体化设计将推动工艺技术及质量水平的全面提高。通过采用先进的设计理念和计算方法，可以实现对建筑结构的精确分析和优化，确保各个部件之间的协调性和整体性。同时，整体化设计还将促进标准化、模块化的发展，使得装配式钢结构建筑的制造和安装更加便捷、高效。

5.3 软件协同

在未来的装配式钢结构建筑设计和施工过程中，软件协同将成为不可或缺的一部分。BIM（建筑信息模型）等先进软件的应用，将实现设计、制造、施工等各个环节的协同工作和信息共享。通过BIM软件，设计师可以创建出包含建筑所有信息的三维模型，为后续的制造和施工提供准确的依据。同时，BIM软件还能实现与其他软件的无缝对接，如结构设计软件、制造管理软件、施工管理软件等，形成完整的协同设计和管理体系。这种软件协同的方式将大大提高零部件的制造和施工效率，减少因信息沟通不畅而导致的误差和延误。同时，还能实现产品的自动化协调，确保各个部件之间的精确对接和整体结构的稳定性。

结语

装配式钢结构建筑作为一种性能优越的建筑形式，在未来的建筑领域中将发挥越来越重要的作用。本文详细分析了装配式钢结构建筑施工过程中的关键技术，探讨了这些技术的应用现状、技术细节、相关数据以及未来发展趋势。通过加强技术创新和管理创新，可以进一步提高装配式钢结构建筑的施工质量和效率，推动建筑行业的可持续发展。

参考文献

[1]梁醒鹏.装配式钢结构建筑施工关键技术与工艺研究[J].新城建科技,2024,33(12):25-27.
[2]陈传奇.装配式钢结构建筑施工关键技术[J].工程建设与设计,2024,(23):233-235.
[3]李昕凯.装配式钢结构建筑施工关键技术与工艺分析[J].建材发展导向,2024,22(14):94-96.