

装配式钢结构建筑施工关键技术与工艺研究

马英鑫^{1,*}, 乔星¹, 李苗¹, 蔡佳慧¹, 闵宇¹

(1. 辽宁工程技术大学安全科学与工程学院, 辽宁葫芦岛 125105; * 3244936568@qq.com)

摘要: 装配式钢建筑更容易适应城市化快速发展的需求, 可以更快速地满足城市中新建和改建的需求, 有助于缓解城市人口爆发带来的住房和基础设施压力。研究装配式钢结构建筑施工关键技术与工艺对于提升建筑行业的效益、推动技术创新、减少对环境的负面影响具有深远的意义。本文对装配式钢结构建筑施工关键技术与工艺研究进行深入研究。首先对构件制作流程与重难点展开分析, 包括箱型柱、H型钢梁以及重难点分析和处理方法总结, 接着对主体施工结构进行分析, 包括钢柱、钢梁安装、楼板体系与施工工艺总结; 最后对维护体系与施工工艺展开论述, 包括墙板材料概述和高效轻便的ALC墙板安装流程。研究结果表明, 装配式钢结构建筑施工关键技术与工艺研究中仍然存在很多重难点技术问题, 并且没有得到有效解决。

关键词: 装配式钢建筑; 关键技术; 构件制作; 主体施工; 维护体系施工工艺

引言

随着建筑产业化的推广, 装配式钢结构在住宅和公共建筑领域的应用不断增加。这种结构相对于传统建筑体系有很多优势: 能够缩短工程周期、节约成本, 同时具备良好的抗震性能并符合可持续发展的环保理念, 这种装配式钢结构建筑在未来的发展中有着广阔的前景, 准确了解装配式钢结构建筑施工关键技术与工艺研究对于工程技术人员以及生产经营单位有着重要的发展意义[1]。

然而, 随着装配式钢结构建筑的不断迅速发展, 在实际施工中仍然存在着一系列关键的施工技术问题尚未解决。这些问题对于推广装配式钢结构建筑构成了一定的阻碍。国内外相关学者对装配式钢结构开展了大量研究, 如范凯基等[2]探讨了一种大型塔机装配式钢结构基础施工技术, 从装配式建筑大型塔机选型、基础定位、以及装配式钢结构基础设计、安装、验收等关键施工技术进行研究; 彭晓彤等[3]针对全装配式楼板刚度偏低、舒适度不足的问题, 对一种新型的全装配式钢结构楼板进行优化设计; 张鹏[4]针对轻钢-各式板材组合墙体和轻钢-ALC板组合楼盖与混凝土结构的连接问题, 提出了四种新型连接件、装配式轻钢组合墙体与组合楼盖施工单元和相关连接构造, 在此基础上形成了轻钢-装配式混凝土组合结构; Rong Xing等[5]提出高强螺栓连接是装配式钢结构的一种主要连接方式; Liu Qin等[6]采用SAP2000有限元分析软件建立两种不同形式的装配式钢结构交错桁架体系, 即混合交错桁架结构和空腹交错桁架结构; WanLin Cao等[7]提出了三种I形梁与I形柱之间的新型装配式连接。

综上所述, 本文对装配式钢结构建筑施工关键技术与工艺研究进行简要论述, 对相关工程技术人员以及生产经营单位提供一定的指导。

1 施工工艺总结

1.1 构件制作流程与重难点分析

1.1.1 箱型柱

箱型柱[8]是一种常见的结构柱形式, 通常用于建筑和桥梁工程中。经分析可知, 其主要步骤包括以下几个方面: (1) 翼缘、腹板、隔板等板材的下料、(2) U型柱的组装和焊接、(3) 箱型柱的装配及电渣焊的

焊接、(4) 矫正、(5) 焊接牛腿、连接耳板等、(6) 栓钉焊接、(7) 构件抛丸、(8) 防腐涂装等八个方面，而对于上述的栓钉焊接接头与外观形状尺寸应符合下述表 1：

表 1 栓钉焊接接头外观与外形尺寸

序号	外观检查项目	行规要求
1	焊缝形状	全范围，焊缝高>1mm，焊缝宽>0.5mm
2	焊缝缺陷	无气孔，无夹渣
3	焊缝咬肉	咬肉深度<0.5mm
4	焊钉焊后高度	偏差 $\leq \pm 2\text{mm}$
5	焊钉垂直度	$\leq 5^\circ$

1.1.2 H 型钢梁

H 型钢梁是一种常见的结构钢材，其截面呈 H 形，具有较高的抗弯和抗剪能力，广泛用于建筑结构中[9]。经分析可知，其主要步骤包括以下几个方面：(1) 放样、号料、(2) 下料切割、(3) H 型钢的组立、(4) 焊接、(5) 矫正、(6) 钻孔、(7) H 型钢的装配等七个方面，对于上述 H 型钢的装配，在进行 H 型钢组装之前，必须确保经过严格的主体检测以满足标准要求。任何不符合规定的 H 型钢均不得用于后续的组装工作。随后，通过吊车将 H 型钢精准悬吊至组装平台，并以石笔在钢板上勾画出图纸上标注的基准线。根据设计图纸中连接板等在结构中的准确位置，进行精细的焊接工作，确保其紧密牢固地融入柱身结构。

1.1.3 重难点分析以及处理方法

钢结构构件制作的核心难题在于保证钢板之间的焊接品质，因为焊接是钢结构中最主要的连接方式。尽管焊接具备结构简洁、对截面没有削弱、加工方便等优势，但焊接结构对焊接过程中出现的裂纹极其敏感。如果出现裂纹，这种裂纹会随着建筑表面迅速扩散，并在一定的低温下显现出脆性等性质。因此，对焊接品质的把控在实际施工过程中至关重要。

而在钢结构构件的焊接过程中，可能产生的焊缝缺陷主要包括裂纹、孔穴、固体夹杂、未熔合、未焊透、形状缺陷以及其他六类缺陷。此外，形状缺陷包含咬边、下塌、焊瘤、错边、角度偏差、根部收缩、表面不平整等多个问题。为了降低这些焊接缺陷的发生概率，在焊接过程中需严格遵循相关工艺规程和操作规范。同时，对施工过程实行全面的质量检测和控制，及时发现问题并采取适当修复措施，确保构件制作的质量和可靠性。

1.2 主体结构施工

1.2.1 钢柱安装

钢柱的安装是建筑结构施工中的关键步骤，需要经过详细的计划和操作。以下是钢柱安装的一般步骤：(1) 预先准备工作、(2) 吊装准备、(3) 连接临时支撑、(4) 连接临时连接板、(5) 初步校正、(6) 调整和校准、(7) 最终连接、(8) 质量检查。一般钢柱的吊装示意图 1。



图 1 常见钢柱的吊装示意图

1.2.2 钢梁安装

完成钢柱的相邻安装后，立刻进行钢梁的安装，以建立一个稳定的几何结构，实现钢梁与钢柱的紧密连接。对于不能立即安装的钢梁，需要立即使用缆绳将钢柱进行固定，以防钢柱变形，并且按照“先主梁后次梁”的顺序进行钢梁安装，特别是对于双层钢柱，应先安装下层钢梁，再安装上层钢梁。在钢梁的工厂加工过程中，通常会预先留出吊装孔或设置吊耳作为吊装点。

在完成特定区域的安装后，楼层梁紧接着完成，然后进入下一个区域进行安装。使用塔吊将钢梁运送至图纸上标明的位置，一旦就位，立即夹紧连接板，随后拧紧安装螺栓。根据相关规范要求，钢梁与钢柱的安装螺栓数量 d 得大于总螺栓数的 30%，而且至少达到 2 个以上。在施工过程中严格执行此步骤有助于确保结构的坚固性和安全性，减少危险事故的发生，保证人员生命及其财产安全。

1.2.3 楼板体系与施工工艺

1) 楼板体系分析

随着装配式钢结构建筑的进步，传统的浇筑混凝土楼板已经无法满足装配式建筑对施工速度、环保性以及现场快速装配的需求[10]。近年来，适用于装配式钢结构建筑的楼板体系主要包括钢筋桁架楼承板、压型钢板楼板和混凝土叠合板这三种形式。详细对比这三种楼板体系的特点可见于表 2:

表 2 三种楼板体系特点对比

楼承板类型	支模
钢筋桁架楼承板	支模、或者不支模
压型钢板楼板	不需要支模
混凝土叠合板	不需要支模

2) 钢筋桁架楼承板施工工艺

对于钢筋桁架楼承板施工工艺[13]主要包括钢筋桁架楼承板装配及吊装、焊接堵缝角钢、铺设楼承板、安装边模板、管线及附加钢筋铺设、浇筑混凝土、拆除底模板等。

3) 混凝土叠合板施工工艺

混凝土叠合板施工工艺通常涉及以下四个方面：支撑体系安装、叠合板吊装、管线敷设和钢筋绑扎、以及浇筑混凝土。

1.2.4 维护体系与施工工艺

1) 墙板材料概述

关于装配式钢结构建筑的维护结构必须符合强度、稳定性等基本要求，同时还必须满足隔声、轻质、防火、绿色环保、密封性等多方面的要求，以适应工业化和标准化生产的需要。目前，对于装配式钢结构广泛采用两大类墙体材料，分为砌块和板材。在砌体方面来说，常见的包括蒸压加气混凝土砌块、石膏砌块等；而建筑板材则包括蒸压轻质加气混凝土板（ALC 板）、纤维增强水泥平板、钢丝网水泥类夹芯复合板等。

2) 高效轻便的 ALC 墙板安装流程

ALC 墙板[14]的安装过程被精心设计，以确保高效性和轻便性，主要步骤如下：（1）表面清理及放线、（2）固定角钢、（3）吊装、（4）校正及固定、（5）密封处理：在墙板的连接处和周边进行密封处理，采用专用密封材料，以确保墙体的密封性和防水性[15]。

通过这一高效、精确的安装流程，不仅可以大幅降低工程的施工周期，还能保证墙体结构的稳定性和质量，使整体建筑更符合现代工业化和标准化的要求。

2 结论

随着当前装配式结构的迅速发展，装配式钢结构建筑的优势越来越明显，并且已经被广大业内人士授予高度认可，其发展在推动我国建筑行业的深度发展与改善上具有重要的实际意义。因此，在装配式钢结构施工过程中，必须对施工技术不断加以改善，提高其施工技术水平，全方位、多体系的掌握装配式钢结构的施工工艺与技术要点，来提高建筑工程施工水平和保障施工人员的生命财产安全。

参考文献

- [1] 宋欣蔚.高层建筑钢结构工程中抗震性能化设计的应用[J].中国建筑金属结构,2023,22(09):129-131.
- [2] 范凯基;郑创斌.装配式建筑大型塔机装配式钢结构基础施工技术[J].广州建筑,2023,51(05):61-64.
- [3] 吴员发;谢拥军;王营斌;陈存建;林铭欣.装配式钢结构住宅双层 ALC 板复合外墙施工技术[J].中国建筑金属结构,2023,22(09):41-43.
- [4] 彭晓彤;汪薪;李雁军;林晨.全装配式钢结构楼板动力性能及舒适度有限元分析[J/OL].济南大学学报(自然科学版),1-7[2023-11-22].
- [5] 张鹏.装配式轻钢-混凝土组合结构新型连接设计与构造研究[D].中国矿业大学,2023.
- [6] Lei Q X R .Experimental Study on Fatigue Performance of M24 Twisted-Shear High-Strength Bolt for Assembled Steel Structure[J].Applied Sciences,2023,13(7):
- [7] Shuang X T Q L .Analysis of seismic performance of assembled steel structure staggered truss system[J].IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,2021,783(1):
- [8] Zhang C W .Cyclic Reversed Loading Test of Different Structural Beam-To-Column Connections in Assembled Steel Structure[J].IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,2019,304(5):052048-052048.
- [9] Huatian L N G S J .Experimental study on seismic behavior of high strength steel flange-plate connections with box columns[J].Thin-Walled Structures,2024,194(PA):
- [10] 李媛;王涛.大规格 H 型钢粗轧阶段轧制力模型研究[J].锻压技术,2023,48(10):139-144.
- [11] Liao T S H S J .Finite element analysis of steel-bonded reinforcement for cast-in-place beamless floor[J].Academic Journal of Architecture and Geotechnical Engineering,2022,4(3):
- [12] 许浩波;郭召旭.钢筋桁架楼承板裂缝控制创新施工工艺的研究[J].中国建筑金属结构,2023,(02):81-83.
- [13] 杨志明.基于 ALC 墙板填充墙裂缝的成因及防裂关键技术[J].中国建筑金属结构,2023,22(10):31-36.
- [14] 祝振宇.装配式钢结构建筑施工关键技术与工艺研究[D].太原理工大学,2021.
- [15] 赵宝军.装配式建筑施工技术内容与应用策略探究[J].中国住宅设施,2023,(06):154-156.