

Research and Application of Construction Technology for Prefabricated Steel Structure Building Engineering

Yajun Li

Handan Engineering Senior technical School, Handan, Hebei, 056000, China

Abstract

As a major infrastructure country, construction technology not only affects the vitality of China's economic development, but also profoundly influences the daily lives of urban residents. The problems of resource waste, low construction efficiency, and severe pollution in traditional building models have made previous construction techniques no longer suitable for the high-quality development requirements of China's economy. In recent years, the government has issued intensive policies to promote the development of prefabricated buildings, indicating the direction for improving the industrialization level of construction engineering. Based on the development trend of China's construction industry, this article focuses on the technical points and construction process management of prefabricated steel structures in construction engineering, and explores the optimization and innovation directions of prefabricated steel structure construction technology, providing reference for the improvement and optimization of construction quality in China's construction engineering.

Keywords

prefabricated; steel structure; construction technique

装配式钢结构建筑工程施工技术研究与應用

李亚军

邯郸工程高级技工学校，中国·河北 邯郸 056000

摘 要

作为基建大国，建筑工程施工技术不仅关系到我国经济发展活力，还深刻影响着城市居民的日常生活。传统建筑模式下的资源浪费、施工效率低和污染严重等问题使以往的施工技术已经不再适应我国经济高质量发展要求。近年来，国家密集出台政策推动装配式建筑发展，指明了建筑工程提高工业化水平的发展方向。基于我国建筑行业的发展趋势，本篇文章重点论述了装配式钢结构在建筑工程施工中的技术要点与施工过程管理，并探讨装配式钢结构施工技术的优化与创新方向，为我国建筑工程施工质量的提升与优化提供参考。

关键词

装配式；钢结构；施工技术

1 引言

相较于传统的建筑工程施工技术，装配式钢结构建筑具有标准化的预制结构这一独特优势，成为当下实现绿色建造和建筑业转型升级的热门选择，在“双碳”目标背景下，其材料可回收、施工能耗低的优势更加凸显。尽管装配式钢结构建筑具有工期短、抗震性能优、空间利用率高等一系列优势，但在实际的推广应用中也存在着技术复杂、初期成本高和管理困难等现实问题。因此，装配式钢结构建筑工程技术的推广应用，首先要把握各施工环节的技术要点，做好施工组织管理，有效发挥装配式钢结构的优势，控制施工风险，保证工程质量，同时积极探索装配式钢结构施工技术的优化

方向，使装配式钢结构施工技术能够在更多领域发挥其积极作用，为我国新质生产力的培育和发展提供助力。

2 装配式钢结构建筑施工技术优势

2.1 绿色生态优势

装配式钢结构建筑施工技术具有明显的环保节能优势，它的这一生态价值也是其更适应当前工程建设需求的基础优势所在。钢结构材料本身具备较高的可回收和重复利用性，这一特性不仅有效地控制了建筑材料的耗损，还极大地减少了施工过程中产生的建筑垃圾，而建筑固体垃圾的减少同时还降低了原本所需要用于进行垃圾处理的投入。除此之外，装配式钢结构工程的模块化建造采用的双层保温墙体与屋面系统，具有比混凝土结构的墙体和屋面高出数倍的建筑热阻值，配合光伏发电与地源热泵系统，极大减少了建筑工程在投入使用后的供暖和制冷的能源消耗，有效地降低了现

【作者简介】李亚军（1988-），中国河北邯郸人，本科，中级讲师，从事土木建筑施工研究。

代工程整个生命周期的总体碳排放量。可以说,装配式钢结构建造模式的生态价值既体现在减少粉尘、噪声污染这种直接生态效益上,更体现在可拆卸重组技术实现建筑材料的循环利用这一间接生态效益上。

2.2 结构性能优势

相较于传统建筑工程结构,装配式钢结构工程在结构性能方面具有明显优势。这是由于钢材料本身具有极佳的延展性,其整体重量也要远远低于混凝土结构的建筑工程,这一特性使其不仅能够有效降低地基的荷载压力和整体施工成本,还使其具备更稳定的结构,当前在特殊地区广泛使用的冷弯薄壁型钢体系具备9度抗震设防性能,使建筑物在强震下仍能保持结构的稳固和完整。除此之外,装配式钢结构工程采用的全栓接节点与榫卯螺栓混合节点技术,既能够保证梁柱连接的刚性,又进一步简化了工程的安装工艺,以有限元模拟分析对工程结构优化后的截面受力更均匀,有效的使用面积也明显增加。

2.3 质量控制优势

装配式钢结构建筑工程中智能化技术的推广应用深刻改变了现代建筑工程中的质量控制模式和建造方式。BIM技术被广泛地应用于装配式钢结构的设计、生产、施工的全过程。三维建模下的碰撞检测与施工模拟,将构件加工误差控制在最小范围内。物联网传感器与机器视觉系统则能够实现吊装定位精度的实时监控,EPC总承包模式将传统建筑工程承包模式下割裂的设计与施工环节有效地贯通起来,工程安装效率明显提升,极大地减少了项目现场施工的工序。在数字化管理手段与智能化制造工艺有效结合后,现代建筑工程的施工质量稳步提升,新建项目合格率也有明显地提高。

3 装配式钢结构建筑施工技术要点

3.1 标准化预制

标准化的部件预制是装配式钢结构建筑的核心优势所在,标准化部件的设计与生产也是装配式钢结构施工的首要技术核心。在工程开始建设之前,利用BIM技术建立工程的三维模型,将工程整体精准拆分为零散的构件并生成构件的预制图纸,确保各区域、各环节的预留孔洞、预埋件位置无误。装配式钢结构配件的设计要严格遵循“少规格、多组合”的原则,以标准化、模块化的设计减少构件类型,既能提高工厂预制效率,又能够有效提升工程建设的容错空间。构件在加工时严格按照图纸设计,采用数控切割、机器人焊接等工艺,控制配件误差,并做好化学成分、材料力学性能等材料的入场检验。

3.2 构件运输与吊装管理

预制构件从工厂到项目所在地的运输需要根据部件的尺寸、重量做好防震保护,规划最优运输路线较少运输环节的市场,降低颠簸损坏的风险。现场吊装前需进行精确测量

放线,利用全站仪定位钢柱轴线,并通过千斤顶将垂直度微调至合理范围内。吊装顺序要遵循“先主后次、先下后上”的安装原则,优先安装筒钢柱等核心部位的构件,再逐层扩展外围框架,避免荷载集中导致变形。对于超高层建筑,还需要对安装标高进行预调,以有效控制竖向压缩变形。

3.3 关键连接技术

预制构件的连接直接关系到建筑工程的整体连接的稳定性。装配式钢结构工程可以使用全栓接节点代替传统建筑的焊接工艺,使用高强度螺栓施加预紧力,既能够提升建筑工程的稳定性和抗震性能,又能够精简现场作业的环节。在梁柱节点处可以使用“U形键槽+附加钢筋”的构造,能够增强工程的抗剪能力。而使用抗剪栓钉对叠合楼板与钢梁进行连接,能够确保混凝土浇筑后的协同受力。在完成关键构件的连接施工后,还需要使用超声波探伤对连接部位进行无损检测,确保连接的紧密与稳固。

3.4 工程长效管理技术

基于钢材料自身的特性,装配式钢结构在建筑工程中的使用还需要配合双重防护处理,给钢结构部件附着环氧富锌底漆加聚氨酯面漆的复合涂层,涂层总厚度要大于200微米,才能够有效抵御有可能出现的环境腐蚀。如果工程地点位于沿海高温地区,还可以使用纳米改性防腐涂料,提高工程的防腐能力。为了确保工程质量的长效安全性,钢结构部件还要做好防火处理,在梁柱外包裹厚涂防火涂料或安装硅酸钙防火板,节点处则使用膨胀型防火密封胶填充。

当前,装配式钢结构建筑工程普遍采用数字化施工与智能化监控,以实现建筑工程的长效管理。BIM+物联网技术能够实现施工全过程的数字化管理。施工前通过虚拟建造模拟碰撞问题,优化吊装路径,在施工现场部署无线传感器监测构件应力、变形数据,实时预警安全隐患。采用三维激光扫描生成点云模型,与设计模型比对偏差,进行工程质量验收。

4 装配式钢结构建筑工程施工管理

4.1 施工管理动态协调

装配式钢结构建筑工程是一项系统性工程,涉及多个区域、部门和环节的协调管理,因此在施工过程中需要建立起动态协调机制,定期组织装配协调会议根据工程建设实际情况调整施工计划、变更施工设计并处理各施工环节之间的矛盾。比如在钢柱安装阶段,采用全站仪实时监测垂直度偏差,当发现存在较大的偏差时,就需要先停止下一步作业的推进,及时使用千斤顶进行纠偏。在高空作业这一类施工风险较大的环节,做好在吊装区域设置隔离带等施工区域的封闭工作的同时,加快推广普及智能安全帽的应用,通过智能监测系统实时监测作业人员心率、位置等生理数据变化。做好各施工环节的质量管控,严格执行“三检一验”制度,重点核查套筒灌浆密实度、防火涂料涂层厚度等隐蔽工程,采

用内窥镜检测灌浆饱满度,确保其达到工程的设计标准。

4.2 竣工验收全过程追溯

装配式钢结构建筑的使用寿命是其突出优势之一,而确保装配式钢结构工程能够达到预期寿命,就需要严格的质量和风险全过程追溯体系。在项目推进过程中,要做好不断进入项目场地的构件出厂合格证、焊缝探伤报告、灌浆施工影像等资料的整理和记录。针对装配式建筑特有的接缝渗漏问题,在暴雨季进行三次淋水试验,并红外热像仪对防水层的完整性进行细致的查验。项目管理团队还需要做好工程的运行维护计划方案,明确钢结构防腐涂层维护周期与检测方法,为后期运营提供数据支撑,既要确保工程交付时的保质保量,又要通过科学的后期维护与管理,保证建筑工程的使用寿命。

5 装配式钢结构建筑施工技术的创新发展方向

5.1 结构体系与节点技术的突破性创新

装配式钢结构建筑的结构体系优化目标除了更高的建筑工程性能,还旨在推动装配式钢结构能够适应更多领域的建设需求。比如中建八局研发的一种防屈曲开斜缝钢板组合剪力墙技术,可以在小震阶段提供抗侧刚度、中大震阶段形成塑性铰耗能的设计理念,解决了传统钢支撑在门窗洞口布置受限的问题,又有效提高了建筑工程的抗震能力,使装配式钢结构建筑工程能够在地壳稳定性较弱的地震多发区适用。在节点连接技术创新中,装配式钢结构建筑工程使用全栓接节点技术替代传统焊接工艺,通过高强度螺栓预紧力实现刚性连接,在减少焊缝质量处的安全隐患的同时,还有效提高了整体的施工速度。当前,一种结合传统的木质结构建筑工艺和设计思路开发出的榫卯与螺栓混合节点技术在装配式钢结构工程中得到了验证,这一技术将木构建筑物中常用的榫卯工艺与现代工业相结合,在低层建筑中实现无焊接快速安装,减少了建筑工程焊接作业的人力依赖。

5.2 智能化与数字化技术的深度融合

现代数字技术的发展和普及为建筑工程领域的技术革新提供了重要工具,现代建筑工程施工逐渐朝着智能化、数字化的方向发展。装配式钢结构建筑工程中 BIM 技术的应用已经从设计建模环节拓展到了施工全过程模拟与竣工后的维护管理环节。在一些大型建筑工程的施工过程中, BIM 技术能够实现超大跨度桁架整体提升方案的优化与调整,保证在高空作业环境下的精准安装,并使误差满足工程设计要求。在钢结构构件的生产与制造中,采用机器人焊接、RFID 追踪等技术,构件生产精度能够控制在 1 毫米以内。

同时,数字化施工平台的应用,能够实时监控运输、吊装进度,提高管理人员的工程进度掌控能力。一些地区已经尝试在现场施工中应用机器视觉系统和 AR 辅助装配技术,用于解决管线碰撞问题,提高安装效率。

5.3 绿色低碳与循环建造技术的系统集成

绿色生态是现代建筑工程领域的整体发展方向,也是现代工程施工技术的重点创新目标,装配式钢结构施工技术的创新聚焦于钢材料的循环应用和整体施工能耗的控制。装配式钢结构工程使用超高性能混凝土搭配再生钢材既能够减轻构件和工程的总体重量,又能够减少整个施工过程的碳排放。立足于装配式钢结构的预制构件优势,开发出的可拆卸连接节点设计不仅施工更加简单,还能够实现建筑全生命周期的拆改,将拆卸下来的损坏钢进行回收,既提高了钢材资源的利用效率,又能够有效减少建筑垃圾的产生。除此之外,3D 打印技术提供了不同于模具生产线的预制构件生产思路,能够以更低的能耗、更少的材料损耗实现异形结构的生产。

5.4 工业化生产与施工工艺创新

得益于我国坚实的工业基础,装配式钢结构建筑工程的工业化建造模式正从标准化生产向模块化集成升级。当前装配式钢结构工程中使用的功能模块化单元设计方法,旨在以更少的模块种类实现更多样的组合满足不同建筑方案的设计需求,这种技术下,构件规格种类的减少还带来了生产效率的提升。在施工工艺创新上,一些项目开始尝试使用无支撑装配整体式框架结构,主梁采用先张法预应力技术,楼板使用预制双 T 板,有效缩短了工程建设周期。

6 结语

装配式钢结构施工技术是当前建筑工程领域的重点发展趋向,其技术创新正在推动现代建筑工程的结构优化、智能建造、绿色循环、产业协同的四位一体的发展格局。下一阶段,要进一步推动建筑业向工业化、数字化、绿色化深度转型,通过传承榫卯智慧与融合现代科技,推动中国装配式钢结构技术在全球建筑变革中占据引领地位。

参考文献

- [1] 姚薇,徐灿.装配式钢结构建筑施工技术的探讨[J].四川水泥,2025,(01):114-115+121.
- [2] 梁醒鹏.装配式钢结构建筑施工关键技术与工艺研究[J].新城镇科技,2024,33(12):25-27.
- [3] 朱明野,尹喜慧.装配式钢结构建筑工程施工技术研究与应用[J].建筑机械,2024,(09):70-75.