

装配式钢结构建筑工程施工技术应用研究

刘果彤

(山东省环能设计院股份有限公司, 山东 济南 250101)

摘 要 装配式钢结构建筑工程施工技术是目前建筑工程领域的一项常见技术, 相较于混凝土结构, 钢结构具有明显的施工灵活性强、建筑可塑性强的优势, 能够满足更新奇、更复杂的建筑设计需求。本文从装配式钢结构建筑工程施工技术的准备工作出发, 对装配式钢结构的施工环节和施工要点展开讨论, 并提出了装配式钢结构建筑工程施工技术的优化措施, 以期为提高装配式钢结构建筑工程质量提供有益的借鉴。

关键词 装配式钢结构; BIM 技术; 绿色施工技术

中图分类号: TU74

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.10.019

0 引言

装配式钢结构是一种在工程开始前, 先在工厂进行标准化钢结构构件的预制。在工程开始后, 再将预制好的钢柱、钢梁以及楼板等构件运输到施工现场进行组装的施工模式。这一模式下, 钢结构构件采用标准化的工业生产模式, 生产效率高, 构件精度有保障。施工过程以钢结构构件的装配为主, 减少了浇筑工序, 能够有效地加快施工进度, 保证工期。同时, 装配式钢结构构件主要使用的是可回收材料, 能够减少施工现场的固体建筑垃圾, 控制施工噪声, 更加绿色环保。除此之外, 基于钢结构自身的高强度和良好的延展性特点, 装配式钢结构建筑工程施工技术还能够很好地满足高层建筑、大型建筑等复杂场景的需求。

1 装配式钢结构建筑工程施工前期准备

1.1 地质勘查与场地规划

地质勘查与场地规划是大多数工程施工的第一项准备工作。首先, 借助地质钻探、土壤取样等技术, 对施工现场的地层构成、地下水位及地质构造等状况进行分析, 使用全站仪、GPS 等设备测绘施工现场的地形, 并标注施工范围内存在的建筑物、管道和线路等障碍物。其次, 对勘探得到的数据进行整理与分析, 基于勘探内容, 编制地质勘查报告, 真实地反映和评估地基承载力和施工场地的地质稳定性。最后, 基于施工要求和勘探结果, 对施工场地进行区域划分, 将其划分为办公区、生产区、生活区、材料堆放区、运输通道和吊装设备站位等区域^[1]。由于工程建设持续时间长, 还要充分考虑气候和季节变化, 制定排水方案, 完善排水设施, 以确保在高地下水位或降雨天气等场景下的正常施工。科学的场地规划能够有效避免因地质条件导致的地基沉降、工程结构不稳等问题, 减少

施工过程中可能出现的外部干扰, 保障工程进度。

1.2 施工材料与构件准备

工程材料质量是影响工程质量的关键性因素。在材料采购环节, 按照施工要求采购符合标准的施工材料, 结合材料的说明书和质保书, 重点检查材料的化学成分、力学性能等是否满足施工要求, 如检查防水涂料的耐火等级。在钢结构构件预制和检测环节, 要求工厂严格按照标准化模型进行预制^[2], 并对完成的钢结构部件进行检测, 比如使用超声波探伤技术检测焊缝质量, 检测防腐涂层厚度是否达到标准。在钢结构构件的运输与存储环节, 使用专用运输车, 做好构件保护和隔离, 防止构件之间碰撞, 造成损坏。钢结构构件运输到施工现场后, 要做好保存工作, 比如垫高防潮, 按编号分类存放, 避免不同标准和作用的构件出现混淆。做好施工材料的检测和保存工作, 能够确保构件的精度和性能, 减少构件锈蚀或损坏, 减少现场返工, 保证工程质量和施工进度。

1.3 施工技术方案设计准备

为了确保施工技术方案的可执行性, 在开始施工前, 要对施工技术方案进行细化。比如, 使用 Tekla 或 Revit 等软件建立工程的三维模型, 对翼缘焊接、腹板螺栓等连接节点进行设计优化, 以及将构件的加工模型数据包括开孔位置、焊缝形式等导出来, 用于指导工厂的构件加工和生产。在这一环节要做到技术和构件的标准化, 减少施工过程中的二次调整。同时, 对施工流程设计进行优化, 将工程施工进行分区分段, 划分多个施工区, 各区域独立作业。制定吊装计划, 明确钢柱、钢梁安装顺序, 确保工程施工有序进行。提高做好施工技术方案设计准备, 能够有效地提高构件加工和装配精度, 减少现场拼装误差, 实现对工程资源的高效配置, 尽可能地缩短工期。

1.4 安全与应急预案准备

工程事故是影响工程施工的重要因素,工程安全事故的发生,不仅会拖慢工程的施工进度,还有可能带来重要的人身安全和财产损失。因此,做好安全与应急预案准备对确保工程保质保量地按时交付尤为重要。首先,做好安全培训和交底工作,在正式开始施工前,开展三级安全教育,对参加高空作业、焊接防火等高风险、高隐患工作的工程人员进行重点培训。其次,做好安全设施设置,按照规定安装临时护栏和安全网,并在醒目的地方设置“高空坠落危险”等警示标识。最后,做好应急预案制定。事故发生前的防范工作很重要,事故发生后的应急方案也很重要,尤其是面对火灾、吊装事故等突然性强、破坏力大的事故,要配备专门的应急设施,做好应急方案,并定期组织培训和演练。做好安全防范工作能够降低工程事故的发生概率,保护好施工人员的生命安全。应急预案则能够提高面对突发情况的响应速度,尽可能控制安全事故的破坏和影响,减少停工损失^[3]。

2 装配式钢结构建筑工程施工环节及技术要点

2.1 基础施工环节及其技术要点

地脚螺栓预埋与基础承台施工是装配式钢结构工程的两项重要基础性施工步骤。地脚螺栓预埋就是按照工程设计图纸要求,使用高精度全站仪等设备对地脚螺栓进行精准定位和精确放线,预埋精度要达到建筑地基基础工程施工质量验收标准,并使用角钢支架固定螺栓。同时,在进行混凝土浇筑前对位置进行复测,要确保预埋螺栓与钢柱底座中心线重合。基础承台施工是保障工程的地基需满足承载力要求,对于土质较软、土层承载力差的区域进行土层换填或桩基加固^[4]。在浇筑混凝土后,进行为期一周的养护工作,要确保地基的强度达到 C30 以上,才能进行下一环节的钢柱安装工作,这样才能够确保钢结构与地层的稳定连接,避免在安装环节出现偏移问题。

2.2 构件组装与定位环节及其技术要点

根据 BIM 模型的数据信息,对构件的放样、切割和焊接质量进行检查,尤其要保证焊缝能够通过超声波探伤(UT)检测。检查构件的防腐处理,确保在开始运输前,构件已经完成底漆和中间漆涂装,现场仅补涂面漆。使用钢构件专用运输车,设置好防变形支架,控制好运输速度,减少运输过程中的磕碰。运输到现场后,对钢结构构件进行检查,检查无误后再开始单元体拼装,即先在地面完成钢框架单元体如钢柱、钢梁的拼装工作,使用临时螺栓对拼装件进行固定,对其对角线偏差进行校准,偏差应控制在 5 毫米内。接着对定位进行复测,使用全站仪对轴线进行再次测

量,钢柱中心线偏差应该在 3 毫米内。构件组装与定位,要严格按照《工程测量规范》的要求,保证测量精度,确保后续吊装和焊接的精准性。

2.3 吊装施工环节及其技术要点

首先,使用如 130T 履带式起重机的双吊点塔机进行首节柱的吊装,在开始吊装前,对吊具安全性进行细致的检查,保证吊装负荷不超过吊装设备额定负荷的 80%。接着,对吊装好的构件进行调整,使用液压千斤顶等工具对构件垂直度进行微调,将偏差控制在 3 毫米以内。首节柱吊装完成后,再进行高层分段吊装,根据工程高度,将吊装作业分成几个阶段,每完成一个阶段的吊装作业,就要对累积误差进行复测,根据测量结果对下个阶段的吊装作业进行调整。调整后续安装。钢梁吊装要严格遵循先主后次的顺序,将腹板与柱纵面的平行偏差控制在 2 毫米内。控制好吊装施工环节的步骤和误差,能够有效地避免工程结构失稳,减少高空作业风险。

2.4 连接与焊接环节及其技术要点

装配式钢结构工程施工需要使用高强螺栓和焊接对钢结构构件进行连接和固定。其中使用的高强度螺栓孔采用数控钻孔,以确保螺栓孔径偏差小于 0.5 毫米,并且保证螺栓的穿入方向一致。装配式钢结构工程中的高强度螺栓的初拧扭矩为终拧值的一半,终拧环节使用扭矩扳手完成。焊接环节采用二氧化碳气体保护焊,焊接前需要进行预热。焊接作业要保证焊缝外观无气孔、夹渣,并且超声波检测缺陷率在 2% 以下。使用高强度螺栓连接和严格的焊接标准,是为了确保连接节点强度和结构整体性。

2.5 检验与维护环节及其技术要点

装配式钢结构工程的检验工作不是一个独立的固定施工环节,而是穿插于整个工程建设过程。在施工过程中,要重点关注建筑物的垂直度和变形,在作业时进行实时监测,每一层的吊装作业完成后都要使用水准仪测量柱垂直度,并把测量的数据准确地录入 BIM 模型,一旦发现累积偏差超过 10 毫米,就要加设斜撑或对后续吊装的构件的尺寸进行调整。在使用液压顶升装置对倾斜柱进行调整时,要保证每次调整的偏差度在 2 毫米内,避免应力集中。做好建筑工程的偏差度检验,并及时进行调整能够防止建筑倾斜导致结构安全隐患。建筑工程的防火与防腐能力也是装配式钢结构工程的重点检查内容。对于钢柱、主梁需要厚涂非膨胀型防火涂料,涂抹厚度在 15 毫米到 20 毫米之间,次梁则可以使用膨胀型防火涂料,涂层的附着力要大于 3 MPa。为保证工程的防腐能力,需要进行现场补漆,在补漆前对焊缝区域进行打磨,并开展不少于 1 000 个小时的盐雾试验^[5]。装配式钢结构工程的防火防腐

检查,既是消防验收的要求,也是为了有效地延长钢结构的使用寿命。

在最后的竣工验收环节,还会有一次全面的检验。要求使用全站仪对工程的整体垂直度进行复测,随机抽取 20% 左右的焊缝进行磁粉探伤,对防火涂层厚度进行抽检,如果发现不合格现象,就要即刻要求返工。在通过竣工验收后,仍然要每半年对涂层破损情况进行一次全面检查,一旦发现出现破损,及时进行修补,高强螺栓需要每 5 年进行一次拧紧加固。在装配式钢结构工程施工过程中,做好各施工环节的检查 and 施工完成后的日常维护工作,能够确保工程长期安全使用,降低大型检修时的维修成本。

3 装配式钢结构建筑工程施工技术的应用

3.1 BIM 技术集成应用

BIM 技术是一种基于数据集成的建筑信息建模技术,能够实现从工程设计到工程后期维护的全过程工程协同管理,是当前装配式钢结构工程的核心支撑技术。BIM 技术的应用主要涉及工程的碰撞检测、构件设计和进度管理。在碰撞检测工作中,BIM 技术可以通过建立钢结构、机电管线、幕墙的三维模型,自动检测构件间碰撞。在深圳某高层装配式住宅项目中,检测人员利用 BIM 技术检测出七十余处碰撞问题,极大地降低了现场返工风险。在构件设计上,可以根据 BIM 模型的构件生成加工参数,再将加工参数输入数控机床,能够有效地提高构件的生产精度。在工程进度管理方面,可以将 BIM 模型导入 Navisworks 进行 4D 施工模拟,根据模拟结果,对吊装顺序和设备站位进行优化调整,能够有效地提高吊装效率^[6]。

3.2 分区分段施工

分区分段施工是通过科学划分施工区域和阶段,集中资源分批次作业,以实现工程资源的高效调度。分区施工是指按照工程施工中的功能不同,施工区域可以划分办公区、生产区和生活区,每个区域可以独立配置所属的施工资源。分段施工是指根据不同的施工步骤,对工程进行划分,具体可以分为:竖向分段,比如在高层建筑中,把每 12 层作为一个阶段,严格按照顺序吊装,减少高空作业风险;水平分段,比如单层内先安装核心筒钢柱,再扩展至外框架,最后铺设楼板。通过对工程进行分区分段,能够根据工程实际情况集中人力、设备完成分区任务,减少交叉作业干扰,提高资源的使用效率,降低机械租赁成本。

3.3 智能监测与质量控制技术

智能监测技术是借助物联网、传感器等技术实现对工程结构和施工进程的实时监测,确保结构安全。将倾角传感器布置到钢柱的关键节点,及时把钢柱的

垂直度数据上传到云端平台。使用无人机设备,每周进行一次工程航拍扫描,生成三维点云模型最初的设计方案进行比对,找到偏差。借助相控阵检测技术,对复杂程度较高的焊缝进行精细扫描,能够发展微米级别的裂纹。除此之外,当前的装配式钢结构工程施工中,还广泛地使用智能扳手,这种扳手能够记录高强螺栓终拧扭矩值,并将扭矩数据上传到云端,如果数据值不在合理范围内,就会生成警报信息。智能监测技术的应用,能够大幅度地提高质量隐患的发现概率,确保工程能够验收合格。

3.4 绿色施工技术

装配式钢结构工程技术作为一种新型的工程技术,具有明显的排放少、环保性强的特点,而这主要得益于环保材料和节能工艺、资源循环等环保技术的应用。装配式钢结构工程中普遍使用免拆底模楼板和再生钢材,采用钢筋桁架楼承板,减少了模板用量和建筑垃圾,降低了钢材生产的能耗。在能源供应上,装配式钢结构工程使用太阳能满足一部分用电需求,通过在施工现场配置光伏板,能够满足工程施工过程中两成左右的用电需求。在施工设备的选择上,装配式钢结构工程多选择节能设备,比如变频塔吊,有效降低施工能耗。装配式钢结构工程施工过程中,会对废钢进行回收,将切割下来的废料回炉重铸,将施工过程中的雨水收集起来,使用收集的雨水进行混凝土养护。

4 结束语

装配式钢结构工程对于满足当前多样化的建设需求具有独特的优势。做好装配式钢结构工程的施工准备,把握各施工环节的技术要点,充分利用各项新兴技术,对保证装配式钢结构工程进度和质量具有重要作用。未来,随着智能建造技术的普及和规范体系的完善,装配式钢结构将发挥出更大的价值。

参考文献:

- [1] 成航航. 装配式钢结构建筑主体施工技术探究 [J]. 建材发展导向, 2025, 23(02): 22-24.
- [2] 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.
- [3] 崔宇龙. 装配式建筑工程钢结构施工技术和管理措施 [J]. 中国住宅设施, 2024(11): 181-183.
- [4] 高锐. 基于装配式建筑工程钢结构施工技术和施工管理措施探讨 [J]. 建材发展导向, 2024, 22(21): 85-87.
- [5] 卢中津. 装配式钢结构建筑关键施工技术与结构优化研究 [J]. 交通科技与管理, 2024, 05(19): 99-101.
- [6] 李卫宏, 王丽娜. 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, 2024(13): 180-182.