

钢结构模块化建筑工程施工质量控制技术研究

文 / 叶曦晖 安庆市白泽湖建筑安装工程有限责任公司

摘要：随着现代建筑技术的迅猛发展，钢结构模块化建筑凭借施工速度快、质量可控性强、环保节能等显著优势，在建筑工程领域的应用日益广泛。然而，该类建筑工程的施工质量控制面临诸多挑战。本文深入探讨钢结构模块化建筑工程施工质量控制技术，详细分析其特点、影响因素及质量控制要点，并提出切实有效的质量控制措施，旨在为钢结构模块化建筑工程的施工提供全面的理论参考和实践指导。

关键词：钢结构模块化建筑；施工质量控制；技术研究；质量控制措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.15.030

引言

在当今建筑行业追求高效、环保、优质的发展趋势下，钢结构模块化建筑应运而生。作为一种创新型建筑形式，它具备标准化设计、工厂化生产、现场快速组装等突出特点，显著提高了建筑施工效率和质量。标准化设计便于大规模生产，工厂化生产有效控制产品质量，现场快速组装缩短施工周期，减少环境影响。例如，在应急公共卫生设施建设中，钢结构模块化建筑能迅速搭建并投入使用。然而，其施工过程复杂，涉及多个环节和特殊技术要求，任何环节出问题都可能影响工程质量和安全。因此，施工质量控制成为核心。深入研究钢结构模块化建筑施工质量控制技术，对保障工程质量、降低后期成本、提升建筑寿命和安全性至关重要，同时也有助于推动建筑行业工业化升级，提升国际竞争力，符合可持续发展要求。

一、钢结构模块化建筑工程特点

（一）高强度与轻质特性

钢结构模块化建筑主要采用钢材作为主体结构材料，钢材具有高强度的特点，其抗拉、抗压和抗剪强度都远高于传统的建筑材料，如砖石、木材等。这使得钢结构能够承受更大的荷载，在相同的建筑规模和使用要求下，钢结构的构件尺寸相对较小，从而减轻了建筑物的自重。例如，在高层钢结构模块化建筑中，较小的构件尺寸不仅增加了建筑的使用空间，还降低了基础工程的负荷，减少了基础建设成本。

同时，钢材的轻质特性使得钢结构模块化建筑在运输和安装过程中更加便捷。相较于传统建筑材料，同等强度的钢材重量更轻，便于长途运输和现场吊运，提高了施工效率，降低了运输和施工成本。

（二）抗震性能好

钢结构具有良好的延性和韧性，在地震作用下，钢材能够通过自身的变形吸收和耗散地震能量，减少建筑物的破坏程度。钢结构模块化建筑的模块之间采用可靠的连接方式，形成一个整体的柔性结构体系，能够有效适应地震产生的水平位移和变形。

在一些地震多发地区，钢结构模块化建筑的抗震优势得到了充分体现。当遭遇地震时，钢结构模块化建筑

能够保持较好的结构完整性，减少人员伤亡和财产损失。例如，日本在经历多次地震后，钢结构模块化建筑的应用比例不断增加，其在地震中的良好表现为保障人民生命财产安全发挥了重要作用。

（三）施工周期短

钢结构模块化建筑的构件在工厂内预制完成，预制过程可以与现场的基础施工同时进行，大大缩短了整体施工周期。现场施工主要是进行模块的组装作业，类似于“搭积木”的方式，减少了传统建筑施工中的大量湿作业，如混凝土浇筑、墙体砌筑等。

以一个多层钢结构模块化建筑项目为例，与传统建筑施工方式相比，其施工周期可缩短约三分之一。这对于一些对工期要求紧迫的项目，如商业建筑、临时性建筑等，具有极大的优势，能够快速投入使用，为业主带来经济效益。

（四）建筑空间灵活多变

模块化设计是钢结构模块化建筑的一大特色，它使得建筑空间能够根据不同的使用需求进行灵活组合和调整。每个模块都可以根据设计要求在工厂内完成内部装修和设备安装，如卫生间模块、厨房模块等。在现场组装时，可以根据建筑的功能布局进行不同模块的拼接，形成多样化的空间布局。这种灵活性不仅满足了现代建筑对功能性的要求，还能在后期根据使用需求的变化进行改造和调整。例如，酒店可以根据市场需求，将标准客房模块组合成套房模块，提高客房的档次和竞争力；办公楼也可以根据企业的发展需求，灵活调整办公空间的布局。

二、钢结构模块化建筑工程施工质量控制要点

（一）设计阶段质量控制

设计阶段是钢结构模块化建筑工程质量控制的关键。设计师需充分了解工程需求，结合现场条件，合理设计模块尺寸，既要满足功能要求，又要便于运输组装。例如，城市中心项目需考虑道路运输限制，模块尺寸不宜过大。连接方式的设计至关重要，焊接、螺栓连接、铆接等方式各有优缺点，设计师需根据受力特点、施工条件和经济因素综合选择，并在图纸中明确技术要求。整体结构布局要保证合理性和稳定性，通过力学分析确定模块位

置，合理布置支撑和抗震措施，考虑结构冗余度。材料选用方面，需根据使用环境、荷载条件选择钢材型号，明确加工精度要求，确保构件顺利组装。同时，设计阶

段还需考虑运输和安装过程中的受力情况，对构件进行加固和防护设计，以确保整个工程的质量和安全性。（表 1 设计阶段质量控制要点表格）

序号	控制要点	具体内容
1	模块尺寸设计	结合现场条件，合理设计模块尺寸，便于运输和组装
2	连接方式设计	根据受力特点、施工条件和经济因素选择连接方式，明确技术要求
3	结构布局合理性	保证整体结构布局的合理性和稳定性，通过力学分析确定模块位置
4	材料选用	根据使用环境、荷载条件选择钢材型号，明确加工精度要求
5	运输与安装受力考虑	对构件进行加固和防护设计，确保运输和安装过程中的安全性

表 1 设计阶段质量控制要点表格

（二）原材料与构件质量控制

原材料和构件质量是钢结构模块化建筑的质量基石。在钢材采购环节，施工单位需严选供应商，全面考察其资质、生产能力及产品质量，要求提供质量证明文件，并按标准进行抽样检验。连接件如螺栓、焊接材料等同样需严格检查，确保规格、型号、材质无误。预制构件加工完成后，需进行尺寸偏差、加工精度、表面平整度及焊接质量等多方面的严格检测。尺寸偏差需用专业工具测量，确保精度达标；焊接质量则通过外观检查 and 无损检测双重把关。仅合格构件方可运输至现场。在储存环节，钢材需存放于干燥通风处，防潮防锈；预制构件则需分类存放，防变形损坏。

（三）施工过程质量控制

施工过程的质量控制对钢结构模块化建筑工程至关重要。施工前，需对施工人员进行技术交底，明确施工工艺和质量要求。关键工序如模块吊运和组装需重点把控，选择合适的起重设备，确保操作人员资质，严格控制吊运过程。组装时，焊接和螺栓连接均要按规范操作，焊接工人需持证上岗，螺栓拧紧力矩需符合设计要求。隐蔽工程如防腐涂层和基础预埋件安装，需在隐蔽前严格验收，确保涂层质量和预埋件位置准确。同时，现场安全管理不容忽视，建立健全安全管理制度，加强安全教育培训，设置安全警示标志，定期检查施工设备和安全设施。例如，起重设备的钢丝绳、吊钩等需定期检查更换，防患于未然。总之，施工单位需精细化管理施工各环节，严格控制施工过程质量，确保钢结构模块化建筑工程质量达标，安全可靠。（图 1 施工过程中模块吊运施工）

（四）焊接与防腐处理质量控制

焊接在钢结构模块化建筑施工中至关重要，直接影响结构连接强度和稳定性。施工单位应选用有资质的焊接工人，确保其经过专业培训，掌握焊接工艺和技术要求。焊接前，需检查调试焊接设备，控制焊接工艺参数，如电流、电压和速度，根据钢材材质、厚度和焊接位置选择适宜参数，保证焊接质量。焊缝质量需通过外观检查 and 无损检测双重把控，及时发现并修复缺陷。同时，钢结构防腐处理也至关重要。需根据使用环境、设计要求和经济因素选择防腐涂料，如沿海地区选用耐盐雾涂

料，工业厂房选用耐化学腐蚀涂料。涂装前，要对钢材表面进行预处理，去除杂质，提高粗糙度，增强附着力。涂装过程中，控制施工厚度和均匀度，保证足够干燥时间。涂装后，检测涂层厚度和附着力，确保防腐涂层质量达标，延长建筑使用寿命。



图 1 施工过程中模块吊运施工

（五）检测与验收质量控制

施工完成后，施工单位需进行全面自检和复检，确保工程质量达标。自检需遵循验收规范，详细检查钢结构性能、尺寸偏差、连接质量及防腐涂层等。复检则重点核查关键部位和重要指标，保证工程可靠。邀请第三方专业机构检测是保障质量的关键，他们利用专业设备和技术，对钢结构稳定性、承载力及焊缝质量进行科学准确检测。稳定性检测通过测量结构变形来判断，承载力检测则通过加载试验模拟实际荷载情况。焊缝质量除无损检测外，还可进行理化性能检测。仅当施工单位自检、复检及第三方检测均合格后，方可进行竣工验收。验收时，建设单位、施工单位、监理单位等共同参与，全面检查工程质量、外观及使用功能。验收合格后，办理手续，交付使用单位，确保工程安全可靠。

三、钢结构模块化建筑工程施工质量控制措施

（一）建立健全质量管理体系

施工单位要建立一套完善的质量管理体系，明确各级人员的质量职责和权限。从项目经理到一线施工人员，每个人都要清楚自己在质量管理中的角色和任务。项目经理作为项目质量的第一责任人，要负责组织 and 领导项

目的质量管理工作，制定质量目标和质量计划，并对质量目标的实现情况进行监督和考核。

技术负责人要负责技术管理工作，组织编制施工方案和技术交底文件，解决施工过程中的技术问题，确保施工过程符合技术要求。质量管理人员要负责施工现场的质量检查和监督工作，对施工过程中的质量问题及时提出整改意见，并跟踪整改情况。施工班组要严格按照施工方案和质量要求进行施工，确保每个施工环节的质量符合标准。

通过制定质量管理制度、质量控制流程和质量控制标准等文件，将质量管理工作规范化和标准化。质量管理制度要明确质量管理的工作内容、工作方法和考核机制，对质量管理工作进行全面的规范。质量控制流程要详细规定从施工准备、施工过程到竣工验收各个阶段的质量控制步骤和要求，使质量管理工作有章可循。质量控制标准要明确各项质量指标的合格范围和检验方法，为质量检查和验收提供依据。

（二）加强人员培训与管理

施工人员的技术水平和责任心是影响施工质量的关键因素，施工单位要加强对施工人员的培训和管理。在培训方面，要根据施工人员的岗位需求和技能水平，制定有针对性的培训计划。对于新入职的施工人员，要进行基础技能培训，包括施工工艺、操作规程、质量标准等方面的知识培训，使其尽快熟悉工作内容和要求。

对于技术工人，如焊接工人、起重工等，要进行专业技能培训，提高其操作水平和技术能力。邀请行业专家进行技术讲座和现场指导，让施工人员了解最新的施工技术和质量控制方法。同时，定期组织施工人员进行安全培训，提高施工人员的安全意识，确保施工过程的安全。

在管理方面，要建立绩效考核机制，将施工人员的工作质量与个人绩效挂钩。对施工质量表现优秀的人员进行表彰和奖励，激励施工人员积极参与质量控制活动；对施工质量出现问题的人员进行批评和处罚，促使其提高工作质量。例如，设立质量奖励基金，对在施工过程中严格遵守质量标准、提出质量改进建议并取得良好效果的施工班组或个人给予物质奖励；对于因操作不当导致质量问题的人员，扣除相应绩效分数，并要求其参加额外的培训课程进行整改。

同时，注重施工人员的职业发展规划，为有能力、有责任心的人员提供晋升机会和发展空间。让施工人员认识到提升自身技能和注重施工质量对个人职业发展的积极影响，从而增强其对工作的认同感和归属感，进一步提高工作积极性和主动性。

（三）引入信息化管理手段

随着信息化技术的飞速发展，建筑行业也迎来了数字化变革的浪潮。施工单位可以引入建筑信息模型（BIM）等信息化管理手段，对钢结构模块化建筑工程施工过程进行全方位、动态化的管理和监控。

BIM技术以三维数字化模型为载体，集成了建筑工程项目从设计、施工到运营维护全过程的各种信息。在设计阶段，利用BIM技术进行可视化设计，设计师可以直观地看到建筑的整体结构和空间布局，对模块尺寸、连接方式等进行优化设计。通过碰撞检查功能，提前发现设计中存在的构件冲突、管道碰撞等问题，及时调整设计方案，避免在施工过程中出现设计变更，减少返工成本和工期延误。

在施工阶段，基于BIM模型建立施工进度计划和资源管理系统。将施工进度与BIM模型相关联，通过可视化的方式展示施工进度的实时情况，施工管理人员可以清晰地了解每个模块的施工状态，及时发现进度偏差并采取相应措施进行调整。同时，利用BIM技术对施工资源进行合理调配，根据施工进度和实际需求，精确计算所需的钢材、连接件、施工设备等资源数量，避免资源浪费和供应不足的情况发生。

在质量控制方面，BIM技术同样发挥着重要作用。将质量检查标准和要求嵌入到BIM模型中，施工人员在施工过程中可以对照模型进行自检和互检。利用BIM的信息共享功能，质量管理人员可以实时获取施工现场的质量数据，对关键工序和隐蔽工程进行远程监控和质量追溯。例如，在钢结构焊接过程中，将焊接工艺参数、焊缝质量检测结果等信息录入到BIM模型中，一旦发现质量问题，可以快速定位问题所在，并追溯到相关的施工人员和施工环节，及时采取整改措施。

结语

钢结构模块化建筑工程施工质量控制技术是个复杂系统，涉及设计、原材料、施工过程、焊接防腐及检测验收等关键环节。各环节相互关联，任一环节疏忽都可能影响整体质量。为此，需建立健全质量管理体系，明确人员职责，规范质量管理。同时，加强人员培训，提升技术水平和质量意识，激发施工人员积极性。引入信息化手段，如BIM、物联网技术，实现施工过程的动态管理和精准控制。随着建筑技术发展，钢结构模块化建筑应用前景广阔。施工质量控制作为其核心，需在实践中不断优化创新。未来，应深入研究施工质量控制技术，探索更先进、有效的控制方法，适应建筑行业需求，推动钢结构模块化建筑技术广泛应用和可持续发展。

参考文献

- [1] 李明. 钢结构模块化建筑工程施工质量控制研究[J]. 建筑科学与技术, 2023(6): 85-90.
- [2] 张小娜. 建筑工程施工中的焊接技术应用与分析[J]. 工程技术研究, 2022(12): 154-158.
- [3] 王志刚. 钢结构防腐涂层性能及施工工艺研究[J]. 涂料工业与应用, 2023(3): 47-52.
- [4] 王鹏飞. 第三方检测在钢结构工程施工中的应用[J]. 工程质量检测与评估, 2022(9): 78-83.
- [5] 陈晓红. 建筑工程竣工验收流程及注意事项[J]. 建筑工程管理与实践, 2023(5): 112-116.