

Research on Key Points of Quality Control in Steel Structure Processing and Manufacturing

Yingxian Zhao

China Railway 20th Bureau Group Municipal Engineering Co., Ltd., Lanzhou, Gansu, 730203, China

Abstract

This paper conducts a systematic study on quality control in steel structure fabrication, outlining key quality control measures throughout the entire process—from raw material procurement and detailed design to component processing and final product delivery. It analyzes four core influencing factors—personnel, equipment, processes, and environment—and proposes corresponding control strategies, thereby establishing a comprehensive quality control system. The study also explores the application value of technologies such as non-destructive testing, BIM technology, and intelligent monitoring, and establishes a mechanism for quality defect prevention and continuous improvement. By clarifying the essential quality control elements at each stage of steel structure fabrication, this research provides theoretical and practical references for enhancing component processing accuracy, preventing quality defects, and ensuring the overall safety and stability of steel structure projects.

Keywords

Steel structure processing and fabrication; Quality control; Full-process management

钢结构加工制作质量控制要点研究

赵映贤

中铁二十局集团市政工程有限公司，中国·甘肃·兰州 730203

摘要

本文围绕钢结构加工制作质量控制展开系统研究，梳理了原材料进场、深化设计、构件加工、构件出厂全流程质量控制要点，分析人员、设备、工艺、环境四类核心影响因素并提出对应管控对策，构建了全过程质量控制体系，探讨了无损检测、BIM技术、智能化监测等技术的应用价值，建立质量缺陷预防与持续改进机制。研究明确了钢结构加工各环节的质量管控核心，可为提升构件加工精度、防控质量缺陷、保障钢结构工程整体安全稳定提供理论参考与实践依据。

关键词

钢结构加工制作；质量控制；全过程管控

1 引言

钢结构在现代工程中应用广泛，加工制作质量直接关系到结构安全与使用效果。为解决加工环节的质量管控短板，实现标准化、精细化管理，本文围绕加工全流程控制要点、影响因素、管控体系及信息化技术应用展开研究，以提升构件加工质量。

2 工程概况

项目位于静宁县仁大镇李湾村，东至高速公路出口收费站，西至刘川大桥，南至 304 道，北至葫芦河。项目仓储占地约 217.8 亩、商业服务业用地占地约 13.66 亩；项目在厂区内建设 1# 苹果大厦、2#（冷链交易网点 A 段、冷链交易网点 B 段、冷链交易网点 C 段、冷链交易网点 D 段）、3#（A

配套服务用房、B 配套服务用房）、4#（A 冷链交易市场、B 冷链交易市场）、5# 冷链保鲜库、6# 冷链保鲜库、7# 深加工车间等及配套设施，项目仓储占地约 56165 平方米、商业服务业用地占地约 14409.5 平方米；此项目仓储厂房主要以钢结构为主。

3 钢结构加工制作全过程质量控制要点

3.1 原材料进场阶段质量控制要点

钢结构加工制作质量控制是保障钢结构工程安全稳定运行的核心环节，需贯穿加工全流程，以系统性管控实现质量达标。原材料进场阶段作为质量控制的源头，需严格落实钢材及辅材的进场检验与验收管控，重点核查钢材的规格、材质、力学性能等指标，确保符合设计要求及相关规范标准，杜绝不合格材料流入加工环节；焊接材料需按 GB/T 5117-2012 验证型号与保质期，如 E5015 焊条药皮含水量 ≤ 0.6%，存储库房温度控制在 5~35℃、相对湿度 ≤ 60%。某加工厂曾因焊条受潮未烘烤，导致焊缝出现密集气孔，返

【作者简介】赵映贤（1992-），男，中国甘肃白银人，本科，助理级职称，从事建筑结构研究。

修率高达15%，后规范存储与烘烤（350℃×1h），缺陷率降至2%以下。

3.2 深化设计阶段质量控制要点

深化设计阶段是衔接设计与加工的关键环节，质量控制需聚焦工艺可行性与适配性前置管控。一方面，要对深化图纸进行全面的工艺可行性审核，结合加工设备能力、工艺水平，核查图纸中构件尺寸、节点构造等是否便于加工，及时优化不合理设计，避免后续加工出现工艺难题；另一方面，需提前控制加工精度与安装适配性，结合现场安装条件，明确构件加工的允许偏差，例如多节柱长度偏差 $\pm 3.0\text{mm}$ ，焊接H型钢截面高度偏差 $\pm 2.0\text{mm}$ ，弯曲矢高 $\leq L/1000$ 且 $\leq 10\text{mm}$ ，预判安装过程中可能出现的适配问题，通过深化设计提前规避，确保加工完成的构件能够顺利对接安装^[1]。

3.3 构件加工工序质量控制要点

构件加工工序是质量控制的核心环节，需对各道工序实施精准管控，保障构件质量符合标准。下料与切割工序需严格控制精度，根据构件尺寸要求选用合适的切割设备与工艺，数控切割尺寸偏差可控制在 $\pm 1.0\text{mm}$ 以内，切割面平面度 $\leq 0.05t$ （ t 为板厚），减少切割偏差，确保下料尺寸准确；构件组装与成型工序需严控偏差，组装间隙 $\leq 1.0\text{mm}$ ，错边量 $\leq t/10$ 且 $\leq 3.0\text{mm}$ ，规范组装流程，加强对构件拼接位置、角度的检查，避免组装偏差影响后续焊接及安装质量；焊接工序需重点管控工艺参数，明确焊接电流、电压、焊接速度等关键参数，例如CO₂气体保护焊推荐电流220~280A，电压24~32V，焊速30~45cm/min，加强焊接过程中的质量巡查，及时防控未焊透、夹渣、气孔等焊接缺陷；矫正、除锈与涂装工序需做好过程控制，通过合理的矫正工艺消除构件变形，除锈等级需达到Sa2.5级，粗糙度40~75 μm ；涂装干膜厚度：底漆 $\geq 60\mu\text{m}$ ，中间漆 $\geq 80\mu\text{m}$ ，面漆 $\geq 70\mu\text{m}$ ，总厚度 $\geq 210\mu\text{m}$ ，允许偏差-25 μm ~+50 μm ，彻底除锈后及时进行涂装，控制涂装厚度与均匀度，提升构件防腐性能。

3.4 构件出厂阶段质量控制要点

预拼装环节需进行精准的精度验证，将加工完成的构件按设计要求进行预拼装，核查构件连接部位的适配性、整体尺寸偏差，及时调整不合格构件，确保现场安装顺利推进；出厂检验需全面核查构件的尺寸、焊接质量、涂装质量等各项指标，出具合格证明^[2]。

4 钢结构加工制作质量影响因素及管控对策

4.1 人员因素的影响与管控路径

人员因素是影响钢结构制作质量的主要因素之一，决定了各个步骤的工作质量及监督效果，贯穿整个制作过程。作业人员的操作水平直接影响下料、焊接、组装等重要工序的精度，如果技能不足，易造成切割偏差、焊接缺陷、装配错误等质量问题，影响构件的尺寸精确性及安全性；质量意识淡薄容易造成操作人员轻视质量，造成马虎了事、细节控制不到位等问题，进而带来质量隐患，甚至影响到整个钢结构项目的正常使用。针对人员因素的管理，要建立健全的人

员管理系统，经常进行技能培训与考核，集中讲解主要工序的作业标准、质量要求及处理措施，提高操作人员的工作能力及应对紧急情况的能力；加强质量意识教育，通过案例介绍、上岗培训等方式让员工有“质量第一”的意识，实行质量责任制，确定每位员工的质量责任，把质量的优劣和绩效考评、职位升降联系起来，迫使员工规范操作、注重细节。

4.2 设备与工装因素的影响与管控路径

设备与工装是钢结构加工制造的物质基础，其精度及适配性影响着零件制造质量和效率，也是保证加工精度的前提条件。加工设备精度不够导致下料、切割、焊接等工作出现误差，达不到零件的设计精度要求，甚至造成零件无法安装；工装不合适影响了零件装配的精确性，加大了后期整改工作难度，降低了工作效率，严重的话还会造成零件报废的经济损失。所以需要加强设备和工装的管理，制定相应的设备维修保养计划，定期对加工设备进行检测、维护、保养等工作，及时发现问题，更换磨损部件，使设备处于良好运行状态，保证了加工精度；对于工装设备，要根据零件的加工要求进行合理设计，提高工装与零件的契合度，保证装配工作时零件的安装位置准确，同时还要定期对工装的磨损、变形情况进行检查，修理或者更换，防止工装出现问题，影响零件的加工质量和进度^[3]。

4.3 工艺与技术因素的影响与管控路径

工艺和技术的因素是保障钢结构生产质量的核心要素，合理的工艺参数和先进的技术水平是保证产品质量的稳定性和可靠性的前提条件，也是提高生产效率，减少质量问题的关键所在。不合理的工艺流程，比如焊接参数设置不合理，下料程序混乱，装配顺序不当等，就会造成零件出现尺寸偏差、焊接缺陷、结构变形等问题，从而影响零件的承载能力和安全性；而落后的技术力量不能满足复杂的零件要求，不能达到很高的精度要求，也不能解决生产过程中出现的各种质量问题。在管理过程中，根据零件的设计要求和生产的实际情况，不断完善生产工艺，制定好各个工序的工艺参数、操作规程及质量控制点，保证工艺的合理性和可行性；同时加强技术的更新换代，引进先进的加工技术及设备，比如数控切割、自动焊接等，提高加工精度及速度，加强工艺的交流以及过程的指导，安排专业的技术人员进行全过程的监控，及时解决生产过程中遇到的各种技术难题，保证产品的质量稳定性。

4.4 环境因素的影响与管控路径

环境因素虽属于客观影响因素，但对钢结构加工制作的关键工序质量具有显著影响，易被忽视。作业环境中的温湿度、粉尘、风速等指标，会直接影响焊接、涂装等关键工序的质量，如高温高湿环境易导致焊接出现气孔、涂装层附着力下降，粉尘过多会影响构件表面除锈效果与涂装质量。根据GB 50661，焊接环境要求：风速 $\leq 2\text{m/s}$ （手工电弧焊）或 $\leq 5\text{m/s}$ （气体保护焊），相对湿度 $\leq 90\%$ ，温度 $\geq -10\text{℃}$ （低于0℃需预热）；涂装环境：温度5~38℃，相对湿度 $\leq 85\%$ ，露点温度至少高于工件表面3℃。针对环境因素的

管控,需建立作业环境监测机制,实时监控关键工序的环境指标,针对焊接、涂装等对环境要求较高的工序,采取针对性的防控措施,如设置恒温恒湿车间、安装粉尘净化设备、采取防风措施等;同时制定环境异常应急预案,当环境指标超出标准时,及时暂停作业并采取整改措施,规避环境因素带来的质量风险。

5 钢结构加工制作质量控制体系构建与技术应用

5.1 全过程质量控制体系搭建

钢结构加工制作质量控制体系的搭建是实现全流程、规范化质量管控的核心,需围绕组织架构、责任体系与管控流程形成闭环管理。在质量管控组织架构与责任体系设计上,应明确分层管理模式,设置专门的质量管控部门,配备专业的质量管理人员,明确从管理层、技术层到作业层的各级岗位职责,将质量管控责任落实到每个岗位、每个环节,避免责任模糊、推诿扯皮的情况。在全流程质量管控流程与节点设计上,需结合加工制作的各个阶段,明确原材料进场、深化设计、构件加工、出厂检验等关键节点的管控要求,制定标准化的管控流程,明确每个节点的质量检查内容、检查标准与责任人员,确保各环节质量管控有章可循、有据可依,实现从源头到成品的全过程质量把控。如图1所示。

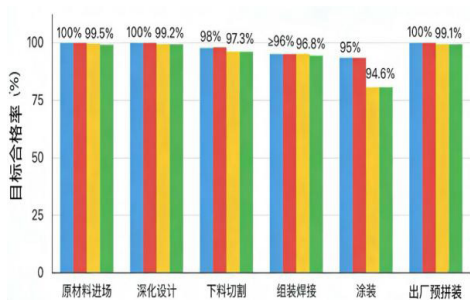


图1 钢结构全过程质量控制体系各阶段实测合格率

5.2 质量检测与验证技术应用

质量检测与验证技术是保障钢结构加工制作质量的关键手段,能够精准识别质量缺陷,确保构件质量符合设计与规范要求。在焊接质量管控中,无损检测技术应用广泛且效果显著,通过超声波检测、射线检测、磁粉检测等方法,可精准检测出焊接过程中可能出现的未焊透、夹渣、气孔、裂纹等缺陷,无需破坏构件即可完成质量验证,及时发现并处理焊接质量问题,保障焊接接头的强度与安全性。在几何尺寸检测方面,需采用精准的检测技术与设备,对构件的下料尺寸、组装精度、成型偏差等进行全面检测,明确检测精度要求,通过全站仪、卡尺、激光测距仪等设备的合理运用,严格控制构件几何尺寸偏差,确保构件能够满足安装适配性要求,避免因尺寸偏差影响后续施工^[4]。

5.3 信息化与智能化管控手段应用

信息化与智能化管控手段的应用,是提升钢结构加工制作质量管控效率与精度的重要方向,能够实现质量管控的

精细化、智能化升级。BIM技术在加工质量预控中具有重要作用,其应用逻辑主要是通过建立三维模型,还原构件的设计尺寸、节点构造与加工流程,提前模拟构件加工过程中的重难点,排查设计与加工之间的矛盾,优化加工工艺与组装顺序,实现加工质量的前置预控,减少后续加工过程中的质量问题。智能化加工设备与在线监测技术则能发挥实时管控价值,通过数控切割、自动化焊接等智能化设备,提升加工精度与稳定性,同时借助在线监测系统,实时采集加工过程中的关键参数与质量数据,及时发现异常情况并预警,实现对加工过程的动态管控,提升质量管控的及时性与有效性。例如,在某项目焊接中引入电流电压实时监测,超标预警响应时间<2秒,焊接缺陷率下降40%。如图2所示。

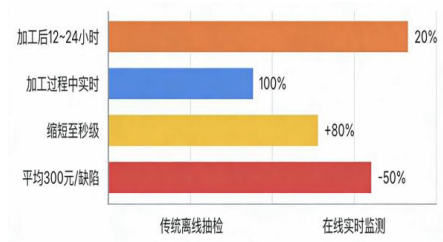


图2 传统监测与在线监测效果对比图

5.4 质量问题的预防与持续改进机制

质量问题的预防与持续改进机制,是保障钢结构加工制作质量长期稳定的重要保障,需立足缺陷识别、成因分析与纠偏改进形成闭环。在常见质量缺陷识别与成因分析上,需聚焦构件加工过程中的高频缺陷,如焊接缺陷、尺寸偏差、涂装脱落等,结合加工工序特点,分析缺陷产生的核心成因,明确是人员操作、设备精度、工艺设计还是环境因素导致,为后续纠偏提供依据。在质量问题纠偏与持续改进措施上,针对识别出的质量问题,制定针对性的纠偏方案,及时整改不合格构件,避免缺陷遗留^[5]。

6 结语

综上所述,钢结构加工质量控制是全流程、全要素的系统工作,通过落实各阶段管控要点、管控核心影响因素、搭建闭环管控体系、应用智能检测技术并持续改进,可有效提升加工精度与质量稳定性,保障钢结构工程安全可靠运行。

参考文献

- [1] 李君,张成,刘国彬,等.大跨度钢结构管桁架加工制作技术探讨[J].建筑科技,2025,9(11):79-81.
- [2] 汪建杰.钢结构制作安装质量的控制策略及价值[J].中国建筑金属结构,2025,24(12):181-183.
- [3] 汪建杰.建筑钢结构制作安装的主要问题与应对策略[J].城市开发,2025,(07):139-141.
- [4] 刘辉.工业建筑钢结构制作工艺及质量控制要点分析[J].四川建材,2024,50(10):46-48.
- [5] 李承金,张洪东.门式钢结构的制作与质量控制[J].水电站机电技术,2024,47(09):125-128.