

钢结构工程施工阶段质量安全监督重点探析

高 飞

湖北广盛建设集团有限公司 湖北 宜昌 443100

摘 要：钢结构工程因其强度高、自重轻、施工周期短等优势，在现代建筑结构中占据日益重要的地位。然而，钢结构施工涉及材料进场、制作加工、现场拼装、焊接连接、高强度螺栓紧固及高空作业等多个环节，质量安全风险交织叠加，对施工阶段的监督管控提出了较高要求。本文从钢结构的施工工艺特征与质量安全风险出发，系统分析了施工阶段质量监督与安全监督的核心重点，涵盖原材料质量控制、焊接及连接施工质量、结构安装精度、施工安全防护体系及人员资质管理等维度。在此基础上，深入剖析当前监督工作中存在的标准执行偏差、检测手段局限及信息化支撑不足等现实难点，并提出完善监督标准、强化过程管控、推进数字化监督及提升人员能力等优化路径，为钢结构工程施工阶段质量安全监督工作的精细化开展提供参考。

关键词：钢结构工程；施工阶段；质量监督；安全监督；监督重点

引言

近年来，国家大力推广装配式建筑和绿色建筑，钢结构作为其主要技术路径之一，应用比例持续攀升。然而，钢结构的施工是一项涉及深化设计、材料检验、工厂制作、运输堆放、现场安装、焊接连接、涂装防护等多环节的系统工程，任何一环的质量失控都可能引发结构安全隐患，而施工过程中的高空作业、吊装作业及交叉作业更使安全风险显著升高。施工阶段是工程质量安全风险最为集中的时期，也是监督管控发挥作用的關鍵窗口。与混凝土结构相比，钢结构施工具有作业精度要求高、工序衔接紧密、隐蔽工程多、受环境因素影响大等特点，其质量安全监督工作面临更为复杂的局面。

1 钢结构工程施工特征与监督工作的内在要求

1.1 钢结构施工的工艺链条与质量形成规律

钢结构施工并非简单的“搭积木”式拼装，而是包含多个紧密关联的技术环节。首先，施工方需依据设计图纸进行深化设计，生成加工详图和零件图，这一环节的质量直接决定了后续制作的准确性。其次，钢材在工厂内完成切割、制孔、组立、焊接和除锈涂装等工序，形成钢柱、钢梁、桁架等构件。再次，制作完成的构件经检验合格后运输至施工现场，进行堆放和现场拼装。最后，通过吊装设备将构件安装至设计位置，进行高强螺栓连接或现场焊接，形成完整的结构体系。这一链条中，质量的形成具有明显的“传递性”——制作阶段的尺寸偏差会在安装阶段被放大，连接节点的施工质量则直接决定了结构力学的实现程度。因此，监督工作必须

贯穿施工全过程，不能仅关注最终成品的验收。

1.2 施工阶段质量安全风险的主要特征

从质量角度看，风险主要来源于材料性能的不确定性（钢材化学成分和力学性能的批次波动）、加工制作误差的累积效应（切割精度、制孔位置偏差的叠加）、焊接热效应引起的变形（焊接残余应力和变形对安装精度的影响）以及环境条件变化（温度变化对钢尺量测和构件伸缩的影响）。从安全角度看，风险主要体现在吊装作业的高风险性（构件翻转、就位过程中的失稳风险）、高空作业的坠落风险（无可靠立足点时的操作风险）、临时支撑体系的失稳风险以及交叉作业时的物体打击风险。两类风险之间还存在耦合效应——质量缺陷可能演变为安全事故的诱因，而安全管理的疏漏也可能导致构件损伤等质量问题。

1.3 监督工作在施工阶段的特殊重要性

钢结构工程施工阶段的监督工作具有区别于其他类型工程的独特性。一方面，钢结构工程存在大量“不可逆”工序——一旦焊接完成或高强螺栓终拧，其内部质量难以通过外观检查完全确认，必须在施工过程中实施同步监督，这决定了监督工作必须“跟班作业”而非“事后验收”。另一方面，钢结构对测量放线、构件安装的精度要求以毫米计，且受日照、温差等环境因素影响显著，监督人员需要具备相应的专业知识和丰富的实践经验才能准确识别偏差及其影响。此外，钢结构施工涉及多个专业工种（铆工、焊工、起重工、测量工等）的协同作业，监督工作还需关注各工种之间的配合质量

和作业界面管理^[1]。

2 施工阶段质量监督的核心重点

2.1 原材料及进场构件的质量核验

监督工作的首要重点是对进场的钢材、焊接材料、紧固件及涂装材料进行严格核验。对于钢材,应核查质量证明文件(材质单)中的化学成分和力学性能指标是否与设计要求相符,并监督见证取样和复验过程,确保钢材的屈服强度、抗拉强度、伸长率和冲击韧性等关键指标合格。对于焊接材料,应检查焊条、焊丝和焊剂的型号是否与母材匹配,是否按规定进行烘焙和保温。对于高强度螺栓连接副,应核对其扭矩系数和预拉力检验报告,并检查其批号、规格和数量是否与设计一致。监督中应特别警惕“以次充好”和“张冠李戴”现象——不同强度等级、不同牌号的材料在外观上难以区分,但性能差异巨大,必须通过严格核查质量文件和标识来防范。

2.2 焊接施工质量的全程控制

焊接质量监督应贯穿焊前、焊中和焊后全过程。焊前监督的重点包括:审查焊接工艺评定报告,确认拟采用的焊接工艺参数能够保证接头力学性能;检查焊工资质是否在有效期内且与实际施焊项目相符;核查坡口加工质量和焊前清理情况。焊接过程中的监督应关注焊接电流、电压、焊接速度和层间温度等工艺参数是否按焊接工艺规程执行,多层多道焊时层间清理是否到位。焊后质量检查包括外观检查 and 无损检测两个层面——外观检查应确认焊缝表面无裂纹、气孔、夹渣、未焊满等缺陷,焊缝尺寸满足设计要求;无损检测(超声波探伤或射线探伤)应按规范要求的比例和级别进行,尤其是一级和二级焊缝必须进行100%或按比例超声波检测。监督人员应重点核查检测报告的完整性和结论的准确性,避免漏检和虚假检测。

2.3 高强度螺栓连接的施工质量监督

监督重点应从以下几个方面展开:首先,检查螺栓连接副的存放条件和使用管理,防止受潮、锈蚀或混批使用。其次,监督摩擦面处理质量——摩擦型高强度螺栓连接依靠板件间的摩擦力传力,摩擦面的抗滑移系数必须达到设计要求,监督中应核查摩擦面处理工艺和抗滑移系数试验报告^[2]。再次,关注螺栓施拧过程——初拧和终拧应在同一天完成,终拧扭矩应按施工工艺要求的扭矩系数计算确定,监督人员应见证扭矩扳手标定过程并抽查终拧扭矩。此外,还应注意螺栓穿入方向应一致、垫圈安装方向正确等细节问题,这些看似细微之处

往往是节点质量隐患的源头。

2.4 钢结构安装精度与变形控制

监督重点包括:基础支承面的标高和水平度是否符合要求,地脚螺栓的定位偏差是否在允许范围内;构件吊装就位后的垂直度、水平度、标高和轴线偏差是否满足验收规范的要求;大跨度构件安装时应关注起拱值是否符合设计要求,防止因自重下挠产生过大的变形。温度变形是钢结构安装中不可忽视的影响因素——钢结构线膨胀系数较大,日照和温度变化会引起构件伸缩和弯曲变形,监督中应注意安装和测量时间的选择,避免在温度剧烈变化的时段进行精度验收。此外,对于复杂空间结构,应监督施工方是否按照经审批的安装方案确定了合理的安装顺序和合龙温度,防止因安装顺序不当造成附加应力。

3 施工阶段安全监督的核心重点

3.1 起重吊装作业的安全管控

监督工作应围绕“人、机、料、法、环”五个要素展开。人员方面,检查起重司机、信号司索工等特种作业人员是否持有效证件上岗。设备方面,核查起重机械的备案登记、定期检验和维护保养记录,确认吊索具(钢丝绳、吊带、卸扣、吊耳等)的安全状态良好、荷载标识清晰、无断丝或严重磨损。作业方案方面,审查吊装方案的编制和审批情况,重点检查吊点位置、吊索夹角、构件重心计算和就位措施是否合理。作业过程方面,监督是否在吊装区域设置警戒线并安排专人监护,是否严格执行“十不吊”规定,在风力超过六级或视线不良时是否停止吊装作业。对于首次采用的大型或异形构件吊装,应督促施工方进行试吊,确认各环节安全可靠后方可正式起吊。

3.2 高空作业防护与临边安全措施

安全监督应重点检查:安全防护设施是否与主体结构同步设置——安全网(平网和立网)的挂设是否及时、牢固,且符合产品标准和安装规范;操作平台和走道板是否搭设稳固并满铺防滑面板;作业人员是否正确佩戴和系挂安全带,且安全带应“高挂低用”,系挂在牢固构件上。钢结构作业中常见的“隔跨行走”“无防护攀爬”等违章行为是安全监督中应重点制止的对象^[3]。对于多层或高层钢结构施工,应检查层间水平防护网的设置是否到位,防止物体穿透造成下方人员伤亡。施工过程中,安全监督应坚持动态巡查,发现防护设施因施工需要被临时拆除的,应督促及时恢复。

3.3 临时支撑体系与结构稳定安全

安全监督应关注：临时支撑的选型、布置和设计是否由技术人员计算确定，支撑基础是否坚实可靠；支撑的搭设是否符合方案要求，连接是否牢固，杆件有无变形或损伤；在结构形成稳定体系之前，支撑的拆除应在结构达到足够的刚度和稳定性后方可进行，拆除顺序应严格执行方案。对于大跨度屋盖安装，尤其应关注在未形成整体受力之前，局部杆件的稳定性和支撑体系的整体稳定性。此外，对于钢结构安装过程中的“杯口插入”“悬臂对接”等不稳定状态，应检查临时固定措施的可靠性，防止构件在未连接牢固时发生倾覆或坠落。

4 当前监督工作中的难点与优化路径

4.1 标准执行与检测手段层面的现实难点

当前钢结构施工监督面临着标准体系较为分散、部分技术指标缺乏现场快速检测手段等现实困难。虽然GB50205《钢结构工程施工质量验收规范》等标准对各项质量要求做出了规定，但部分条款的操作性有待增强，监督人员对“符合规范要求”的判断需要较强的专业经验支撑。在检测手段方面，焊缝质量的无损检测依赖于专业检测机构和设备，监督机构自身通常不具备现场同步检测能力，对检测报告真实性的甄别存在一定难度。高强度螺栓扭矩检测、涂层厚度检测等也面临类似问题。此外，监督工作的人力资源相对有限，面对钢结构施工进度快、工序多的特点，难以实现全时段、全工序的旁站监督。

4.2 数字化监督手段的应用与完善

信息化和数字化技术的引入为破解监督资源有限性难题提供了可行路径。视频监控系统可实现重点部位吊装作业和作业面的远程实时查看和录像回放，扩大了监督覆盖范围。质量安全监督信息平台可将施工方案审查、人员资质核查、材料进场报验、检测报告归档等事项纳入线上闭环管理，提升监督工作的规范性和可追溯性。无人机航拍可用于大跨度钢结构安装的整体形象进度监控和屋面作业面巡查^[4]。然而，当前数字化监督手段的应用仍处于起步阶段，系统功能多以信息记录和流程审批为主，缺乏基于数据分析的预警和辅助决策功能。未来应进一步完善数据采集标准和系统集成，推动监督信息在建设单位、施工单位、监理单位和监督机构之间的有效共享。

4.3 提升监督效能的系统性策略

优化钢结构施工阶段质量安全监督工作需要从制度、技术和人员三个层面协同推进。在制度层面，建议针对钢结构工程编制专项监督方案，依据工程特点明确监督重点、监督频次和抽检比例，对于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程，应实施重点监控和专家论证。在技术层面，鼓励监督机构配备便携式检测设备（如涂层测厚仪、焊缝量规、扭矩扳手检测仪等），提升现场快速验证能力；推行“监督抽检+第三方检测复核”的双重验证机制，增强对检测质量的把关。在人员层面，加强对监督人员的钢结构专业技术培训，重点提升其对焊接工艺、无损检测报告解读和复杂节点施工质量判断的专业能力。此外，应建立监督工作的质量评估和案例复盘机制，通过对监督过程中发现问题的定期分析，持续改进监督方法和重点。

5 结语

钢结构工程施工质量安全监督是专业性强的系统性工作。本文构建监督重点框架：质量聚焦原材料核验、焊接控制、高强螺栓连接及安装精度；安全突出起重吊装、高空防护及临时支撑。二者非孤立平行，而应有机结合，因质量缺陷常为安全隐患前兆，安全疏漏亦致质量损伤，需树立统筹思维。当前监督面临标准操作性、检测手段及资源挑战。未来应以数字化、智能化提升效能，但技术仅为辅助，核心在于人员专业素养与责任意识。因此，须同步推进标准完善、技术赋能和队伍建设，构建科学、高效、规范的监督体系，保障我国钢结构工程健康发展与质量安全水平提升。

参考文献

- [1] 郝际平, 薛强, 郑江. 我国钢结构工程质量控制与施工监督技术研究进展 [J]. 建筑结构学报, 2023, 44(8): 1-14.
- [2] 王元清, 石永久, 陈宏. 钢结构焊接缺陷成因分析及质量监督要点研究 [J]. 焊接技术, 2022, 51(6): 78-84.
- [3] 郭彦林, 陈国栋, 田广宇. 大跨度钢结构施工力学与安全控制关键技术 [J]. 土木工程学报, 2023, 56(3): 1-12.
- [4] 张耀春, 周绪红, 舒赣平. 钢结构工程施工质量验收标准实施中的若干问题探讨 [J]. 建筑科学, 2024, 40(1): 89-97.