

现代房建钢结构工程建设中的安装施工及其安全管理研究

郭 凯

中国水利水电第四工程局有限公司 青海 西宁 810007

摘 要：现代房建钢结构工程以钢材为主要承重材料，具强度高、自重轻、工业化程度高、抗震性能好等特性，但存在耐腐蚀与耐火性差问题。其安装施工有精准、安全、协调要求，涵盖前期准备、吊装、连接、校正固定等关键技术。质量控制需明确目标与责任，实施全过程控制。安全管理要构建体系，做好风险识别评估，采取控制措施并制定应急预案，以保障工程顺利推进与质量安全。

关键词：现代房建；钢结构工程；安装施工；安全管理；质量控制

1 现代房建钢结构工程的特点与安装施工要求

1.1 钢结构工程的特性

现代房建钢结构工程以钢材为主要承重材料，具有显著的工程特性。强度高、自重轻是其核心优势，钢材的抗拉、抗压强度远高于混凝土，使得钢结构能够实现大跨度设计（如体育场馆、会展中心），同时自重较混凝土结构减轻30%-50%，显著降低基础造价。工业化程度高是另一重要特征，钢结构构件可在工厂预制，通过标准化生产保证质量稳定性，现场采用螺栓或焊接连接，施工周期较传统结构缩短40%以上。抗震性能优越得益于钢材良好的延性，在地震作用下可通过塑性变形吸收能量，避免脆性破坏，尤其适用于高烈度地震区^[1]。钢结构具备可回收性，拆除后钢材可100%回收再利用，符合绿色建筑发展趋势。然而，钢结构也存在耐腐蚀性差的缺陷，需通过防腐涂层或牺牲阳极保护等措施延长使用寿命；耐火性不足的问题则需通过防火涂料或包裹防火板解决。

1.2 安装施工的基本要求

钢结构安装施工是一项对技术与管理要求极高的系统工程，必须严格遵循精准性、安全性、协调性三大核心原则。精准性是钢结构稳定承载的基础，要求构件定位误差控制在毫米级范围。以大型网架结构为例，其节点坐标偏差不得超过 $\pm 5\text{mm}$ ，任何细微偏差都可能导致结构受力体系改变，引发应力集中甚至整体失稳。施工团队需采用全站仪、激光定位等高精度测量设备，结合三维空间坐标换算技术，确保每个构件精准就位。安全性贯穿施工全周期，需构建多层次防护体系。施工前必须通过专家论证专项方案，针对高空作业设置防坠落装置，设计可靠的临时支撑体系，并通过有限元分析验证其承载能力。在20米以上高空作业时，需搭建双道生命线防护系统，配备自锁式安全带，确保人员安全。协调

性体现在多专业深度融合，通过BIM技术建立三维协同平台，实现钢结构与土建、机电、装饰等专业的进度联动。例如，在核心筒施工中，钢结构安装需与混凝土浇筑进度保持1.5层差异，避免交叉作业冲突。施工环境控制方面，需建立温湿度监测系统，当环境温度低于 5°C 时，焊接前需对母材预热至 $100\text{--}150^{\circ}\text{C}$ ，防止冷裂纹产生。同时制定恶劣天气应急预案，当风速超过 8m/s 或遇雨雪天气时，立即停止高空作业。材料管理严格执行“三检制”，核查钢材质量证明文件，对进场构件进行100%外观检查与抽样尺寸复核，确保材料性能符合标准要求。

2 现代房建钢结构安装施工关键技术

2.1 施工前期准备

前期准备是保障施工顺利实施的基础。技术准备包括熟悉施工图纸、编制专项施工方案、进行技术交底，例如针对复杂节点需制作1:1实体模型进行焊接工艺评定。现场准备涉及场地平整、临时道路硬化、构件堆放区规划，需确保起重设备行走路线承载力满足要求（如履带吊对地基压实度需 $\geq 95\%$ ）。资源准备包括机械设备选型（如根据构件重量选择汽车吊或塔吊）、劳动力组织（如焊工需持证上岗且具备特种作业资质）、材料采购（如高强螺栓需提供扭矩系数检验报告）。测量准备需建立独立的测量控制网，采用全站仪进行平面控制，水准仪进行高程传递，误差需符合《钢结构工程施工质量验收规范》要求。

2.2 构件吊装技术

吊装技术是钢结构施工的核心环节。吊装方案选择需根据构件形状、重量、安装高度确定，例如对于重型H型钢柱可采用单机旋转法，而网架结构则宜采用整体提升法。吊点设计需通过计算确定，避免构件局部应力集中导致变形，如对于长细比大的桁架，需在跨中设置

临时支撑^[2]。吊装顺序遵循“先柱后梁、先下后上”的原则,例如在多层钢结构施工中,需待下层柱梁安装完成并形成稳定框架后,方可进行上层结构吊装。高空对接是吊装难点,需通过设置临时连接板、使用冲钉和螺栓固定,确保节点对接精度。例如在某超高层钢结构施工中,通过采用“分段吊装、高空散装”工艺,成功实现单层2000吨钢构件的精准就位。

2.3 连接施工技术

连接质量直接影响结构安全性。焊接连接需根据钢材材质选择匹配焊条(如Q345钢采用E50型焊条),控制焊接电流、电压、速度等参数,例如厚板焊接需采用多层多道焊,并实施预热-后热处理以消除残余应力。高强螺栓连接需分初拧、终拧两步进行,扭矩值需通过扭力扳手检测,偏差不得超过 $\pm 5\%$,例如在某大跨度空间结构中,通过采用大六角头高强螺栓,实现节点连接抗滑移系数 ≥ 0.45 。普通螺栓连接则需控制孔径偏差(如C级螺栓孔径比螺栓直径大1.0-1.5mm),并通过双螺母防松。另外,需对连接接头进行100%外观检查与20%超声波探伤抽检,确保焊缝质量符合二级标准。

2.4 校正与固定技术

校正与固定是保障结构几何尺寸的关键。垂直度校正采用经纬仪或激光铅直仪检测,对于钢柱可通过千斤顶、缆风绳调整,偏差不得超过 $H/1000$ (H 为柱高)。平面位置校正利用全站仪测量柱脚坐标,通过调整地脚螺栓或垫铁实现精准定位。标高校正使用水准仪检测柱顶标高,偏差不得超过 $\pm 5\text{mm}$ 。固定措施包括焊接临时支撑、设置抗风柱等,例如在台风频发地区,需在结构安装至一定高度后增设缆风绳,确保抗风稳定性。校正完成后需进行复测,形成书面记录并经监理验收后方可进入下一道工序。

3 现代房建钢结构安装施工质量控制

3.1 质量控制目标与责任划分

钢结构工程的质量控制目标是全方位保障工程品质,核心在于确保结构安全、使用功能以及观感质量严格符合设计要求与相关规范标准。具体而言,需达成一系列量化指标:构件安装偏差要控制在 $\leq 5\text{mm}$ 以内,以此保证结构整体的空间位置精准度;焊缝合格率必须达到100%,这是确保结构连接强度与稳定性的关键;高强螺栓终拧扭矩达标率同样要达到100%,以保障节点连接的可靠性。在责任划分上,各参建方需各司其职。建设单位作为项目发起者,要提供合格的设计文件,为施工创造良好的条件,如场地平整、水电接入等。设计单位需进行详细的技术交底,让施工单位充分理解设计

意图,并在出现重大质量问题时参与处理,提供技术支持。施工单位承担着施工质量的主体责任,项目经理作为第一责任人,要对整个施工过程的质量把控全面负责,从原材料采购到各道工序施工,都要严格管理^[3]。监理单位则履行监督职责,对关键工序实施旁站监理,像构件吊装、焊接等重要环节,监理人员需在现场实时监督,确保施工操作符合规范要求。例如在某钢结构工程中,施工单位未按规定进行焊缝探伤,监理单位发现后及时下发整改通知,并暂停施工,直至施工单位完成复检且合格后才允许继续施工,有效避免了潜在的质量隐患。

3.2 施工全过程质量控制流程

施工全过程质量控制流程涵盖事前、事中、事后三个关键阶段。事前控制是质量保障的基础,包括图纸会审、方案审批、材料验收、人员培训等环节。图纸会审时,各参建方要共同审查图纸,发现并解决设计中的疑问与矛盾;方案审批要确保施工方案科学合理、具有可操作性。材料验收至关重要,需检查钢材的质量证明书、焊材的烘焙记录、高强螺栓的扭矩系数报告等文件,同时对构件尺寸、焊缝外观进行抽检,只有材料合格才能进入施工现场。人员培训要保证施工人员具备相应的技能与知识,熟悉施工工艺与质量标准。事中控制是质量把控的核心,贯穿于施工全过程的质量检查与隐蔽工程验收。在焊接过程中,要严格监控焊接环境,如湿度需控制在 $\leq 80\%$,焊材要按规定进行保管与低温烘烤,同时检查焊缝成型质量,确保无气孔、夹渣等缺陷。高强螺栓连接时,要检查终拧扭矩是否达标,摩擦面处理情况是否符合要求。隐蔽工程验收要在隐蔽前进行,如地脚螺栓安装、钢柱内部填充等,验收合格后方可进行下一道工序。事后控制是对工程质量的最终检验,包括分项工程验收、整体结构检测与竣工资料归档。例如在某工程中,采用超声波相控阵技术对厚板焊缝进行检测,精准发现并处理了3处未熔合缺陷,有效避免质量事故的发生,确保工程质量符合要求。

4 现代房建钢结构工程安全管理体系

4.1 安全管理制度与体系

安全管理体系作为钢结构工程安全施工的核心保障,必须严格遵循“安全第一、预防为主、综合治理”的方针。在组织架构上,需建立以项目经理为组长的安全生产领导小组,成员涵盖技术负责人、安全总监、各班组长等,形成自上而下的安全管理网络。同时要明确各级管理人员的安全职责,例如项目经理对项目整体安全负总责,技术负责人负责编制安全技术措施,安全总监负责日常监督与考核。制度层面,需制定完善的安全

生产责任制,将安全目标分解到每个岗位;实施安全教育培训制度,确保作业人员掌握安全操作技能;建立安全检查制度,定期排查隐患并整改闭合;完善事故报告制度,及时上报并处理安全事故。例如在某大型钢结构项目中,通过实施“安全行为之星”评选活动,对遵守安全规范的作业人员给予物质奖励与荣誉表彰,激发了全员参与安全管理的积极性,有效提升了全员安全意识,项目全程未发生一起安全事故。还需为施工人员配备合格的安全防护用品,如符合国家标准的安全带、安全帽、防滑鞋等,并定期进行检测更换,确保防护用品始终处于有效状态。

4.2 安全风险识别与评估

安全风险识别是钢结构施工安全管理的前提,必须覆盖施工全过程,重点识别高处坠落、物体打击、机械伤害、触电、坍塌等典型风险。例如在构件吊装阶段,需详细识别起重设备倾覆、钢丝绳断裂、构件滑落等风险点,分析其产生原因(如设备超载、钢丝绳磨损、操作不当等)及可能导致的后果;在焊接作业中,要防范火灾、爆炸、电击等事故,关注易燃易爆物品管理、电气线路敷设、防雷接地等环节。风险评估采用LEC法(事故可能性L、人员暴露频率E、后果严重性C),通过量化打分对风险等级进行分级。例如对于高空作业,若事故可能性L取3(可能发生)、人员暴露频率E取6(每天暴露)、后果严重性C取15(严重伤害),则风险值 $D=L \times E \times C=270$,属于重大风险,需列入重点管控清单,采取加强防护、增加监护、限制作业时间等措施。同时要建立动态风险评估机制,根据施工进度、环境变化等因素及时调整风险等级与管控措施。

4.3 安全控制措施与应急预案

安全控制措施是降低风险、预防事故的关键,包括技术措施与管理措施。技术措施方面,需设置双道安全绳,为高空作业人员提供双重防护;安装防坠器,确保人员坠落时能及时制动;采用密目式安全网封闭作业

面,防止物体坠落伤人。管理措施上,要实行作业许可制度,对高风险作业(如动火、有限空间作业)进行审批与监控;开展班前安全交底,向作业人员明确当日施工内容、安全风险及防范措施;设置专职安全员巡查,及时发现并纠正违章行为^[4]。应急预案需针对火灾、坍塌、高处坠落等事故制定专项方案,明确应急组织机构(如应急指挥部、救援小组、医疗小组)及其职责,规定响应程序(如报警、疏散、救援、善后处理),配备救援物资与设备(如灭火器、担架、急救箱)。例如在某项目中,通过定期组织消防演练,使作业人员熟悉灭火器使用方法与逃生路线,成功应对了一起因焊渣引燃防护网引发的初期火灾,避免了事故扩大。同时,需与附近医院建立绿色通道,确保伤员能在第一时间得到专业救治,最大限度减少人员伤亡。

结束语

现代房建钢结构工程建设中,安装施工与安全管理至关重要。从安装施工关键技术的精准把控,到质量控制的严格落实,再到安全管理体系的全面构建,每一环节都紧密相连、缺一不可。只有各方协同合作,严格遵循规范标准,不断创新管理方法与技术手段,才能有效提升钢结构工程建设质量,保障施工安全,推动现代房建钢结构工程朝着更高质量、更安全可靠的方向发展,为建筑行业进步贡献力量。

参考文献

- [1]朱宗榕.现代房建钢混结构工程建设中的钢结构安装施工及其安全管理[J].居舍,2021(32):160-162.
- [2]栗泉水.现代房建钢结构工程建设中的安装施工及其安全管理研究[J].大众标准化,2024,(06):140-141+144.
- [3]周楚荣.现代房建钢结构工程建设中的安装施工及其安全管理分析[J].中国建筑金属结构,2021,(10):44-45.
- [4]王月栋,张泽宇,郭剑云,等.钢结构建筑轻质环保围护体系产业化关键技术与产品应用研究[J].建筑钢结构进展,2021,23(10):75-92.