

钢结构工程吊装施工工艺与安全管控研究

孙 凯

京兴国际工程管理有限公司 北京 100000

摘要：钢结构工程因强度高、自重轻等特性广泛应用于各类建筑，吊装施工是其核心环节，直接决定工程质量与施工安全。本文系统分析了钢结构吊装施工的工艺设计与流程，探讨了吊装关键技术、质量控制要点及安全管控措施，涵盖设备、人员、现场及应急等全维度管控内容。通过梳理施工全流程核心要点，提出管控方案，为钢结构工程吊装施工的规范化开展提供实践参考，助力提升吊装施工效率、质量与安全水平。

关键词：钢结构工程；吊装施工；工艺设计流程；安全管控措施

引言：随着建筑行业向大跨度、高层化发展，钢结构工程应用日益广泛，吊装施工作为钢结构安装的核心工序，其工艺合理性与安全管控有效性至关重要。当前，部分工程存在吊装工艺不规范、安全管控不到位等问题，易引发质量隐患与安全事故。基于此，本文围绕钢结构工程吊装施工工艺与安全管控展开研究，结合实际施工流程，明确工艺设计要点、关键技术及安全管控措施，旨在解决施工中的实际问题，推动钢结构吊装施工规范化、安全化发展，具有重要的工程实践意义。

1 钢结构工程吊装施工概述

1.1 钢结构工程核心特性

钢结构工程以钢材为核心主材，具有强度高、自重轻、韧性好的核心特性，适配大跨度、高层及重型建筑场景，且构件可工厂预制、现场拼装，大幅提升施工效率。其构件标准化程度高，便于运输与吊装，但对吊装精度、节点连接质量要求严苛。钢结构抗腐蚀、抗风性能较强，但高空作业占比高、构件体积大且重量不均，给吊装施工带来一定难度，也对吊装安全管控提出更高要求，是吊装施工工艺设计的重要依据。

1.2 吊装施工核心原理

钢结构吊装施工核心是通过吊装设备传递载荷，实现构件从存放点到安装位置的精准移位与固定，核心原理围绕受力平衡与精度控制展开。施工前需精准计算构件重量、吊装载荷及吊装设备受力情况，确保吊装过程中受力均衡，避免构件变形或设备过载。依据构件安装坐标，通过定位技术控制吊装偏差，保障构件就位精度。此外，需结合钢结构特性，合理选择吊装方式与设备，兼顾施工效率与安全，核心是在满足受力安全的前提下，实现构件精准、高效安装，为后续施工奠定基础^[1]。

2 钢结构工程吊装施工工艺设计与流程

2.1 吊装施工前期准备工艺设计

前期准备是吊装施工顺利开展的基础，需结合工程实际完成各项筹备工作，具体内容如下：（1）施工图纸会审与吊装方案设计。组织施工、技术、安全及吊装作业人员开展图纸会审，明确构件尺寸、重量、安装标高及节点连接要求，排查并整改图纸中影响吊装的设计问题。结合工程规模、构件参数及现场条件，设计专项吊装方案，明确吊装顺序、设备选型、起重机械的基础承载力、吊装半径、受力计算及安全防护措施，方案经审核批准后方可实施。（2）吊装设备选型、检查与调试。根据构件重量、吊装高度及现场空间，选用塔式起重机、汽车起重机、履带式起重机等适配设备，确保其额定起重量、起升高度满足需求。设备进场前核查合格证、检测报告，重点检查吊具、钢丝绳等易损部件；进场后进行空载调试和负载试吊，验证设备运行稳定性及吊装精度，发现问题立即停机检修。（3）构件进场验收、存放与预处理。构件进场时，核对型号、尺寸、数量及质量证明文件，目测、尺量检查外观，排查变形、锈蚀等问题，不合格构件严禁进场。构件分类存放于平整排水良好的场地，设置专用支架防止变形，做好防潮防锈措施；对需预处理的构件进行除锈、涂装，确保表面质量符合安装要求。

2.2 吊装施工测量放线与基础处理

测量放线与基础处理直接影响吊装精度，需严格按规范操作，具体流程如下：（1）测量放线。采用全站仪、水准仪等精密仪器，根据图纸坐标和标高要求，在基础表面放出定位线、标高控制线及吊装辅助线，做好标记并复核。重点控制基础轴线偏差和标高误差，确保符合规范，避免放线误差导致构件安装错位。（2）基础支座处理。检查基础强度、平整度及标高，清理表面杂物、浮浆并找平。按设计要求在支座处安装垫板，调整高度确保平整牢固，垫板数量和规格符合规范。同时检查基

础预留螺栓的位置、标高及垂直度，对偏移螺栓进行校正，确保与构件螺栓孔精准匹配^[2]。

2.3 核心吊装施工工艺流程

核心吊装遵循“先易后难、先下后上、分区吊装、协同作业”原则，结合构件类型有序推进，具体步骤如下：（1）构件吊装就位。按吊装方案确定的顺序，先吊柱构件，再吊梁、桁架等。采用专用吊具连接构件，调整吊点确保受力均匀、吊装平稳，起重机缓慢起吊，将构件吊至安装位置上方，微调姿态对准定位线和螺栓孔后平稳下放。（2）构件临时固定。构件下放到位后立即临时固定，防止倾倒。柱构件用临时支撑固定，调整垂直度确保偏差在允许范围；梁、桁架等用临时螺栓或缆风绳固定，确保临时固定强度满足受力要求，校正完成后拆除临时固定装置。（3）构件校正与永久固定。临时固定后，用测量仪器检查构件垂直度、标高及轴线偏差，通过增减垫板、调整支撑等方式整改超标偏差。校正合格后及时拧紧连接螺栓、完成节点焊接，焊接后进行焊缝检测，确保焊接强度符合规范。

2.4 吊装施工收尾与清理流程

吊装施工完成后，做好收尾工作为后续施工创造条件，流程如下：（1）吊装设备拆除与转移。所有构件吊装验收合格后，按拆除方案有序拆除吊具、起重机等设备，做好安全防护避免碰撞。设备拆除后清理保养，及时转移至指定场地存放。（2）现场清理与构件保护。清理现场杂物、废弃材料及施工垃圾，整理工具设备保持现场整洁。保护已安装构件，避免碰撞划伤，对暴露表面补涂防锈漆防止锈蚀。（3）吊装施工验收。组织相关人员全面验收吊装质量，检查构件安装精度、节点连接及焊缝质量，核对施工记录和检测报告，验收合格后签署文件，完成吊装收尾^[3]。

3 钢结构工程吊装施工关键技术与质量控制

3.1 吊装施工关键技术应用

钢结构吊装施工关键技术如下：（1）吊点定位与加固技术。根据构件重量、形状及重心位置，精确定点吊点数量与位置，对于大型、异形构件，采用多吊点吊装方式，确保构件受力均匀，避免吊装过程中发生变形、倾斜。对吊点处构件进行加固处理，采用加劲板焊接加固，增强吊点承载能力，同时选用适配的吊具，确保吊具与构件连接牢固，防止滑脱。（2）高空吊装定位技术。采用全站仪精准定位，实时监测构件吊装过程中的位置偏差，通过调整起重机幅度、起升高度，确保构件精准就位。对于高层、大跨度钢结构，采用高空对接定位装置，辅助构件精准对接，减少人工定位误差，提升吊装

效率。同时，在吊装过程中安排专人指挥，协调起重机操作与地面配合，保障吊装过程平稳有序。（3）构件校正技术。构件就位后，采用水准仪、经纬仪等仪器，重点校正构件的垂直度、标高及轴线偏差。针对柱构件，通过调整柱脚垫板、缆风绳校正垂直度；针对梁、桁架构件，采用撬棍、千斤顶、倒链、缆风绳微调方式校正轴线偏差，确保各项偏差符合施工规范要求，校正完成后立即进行临时固定，防止偏差回弹。

3.2 吊装施工质量控制要点

结合吊装施工全流程，聚焦关键环节落实质量控制，具体要点如下：（1）构件质量控制。严格执行构件进场验收制度，核对构件型号、尺寸、材质，检查构件外观是否存在变形、锈蚀、损伤，核查质量证明文件，不合格构件严禁投入使用。构件吊装前，再次检查构件预处理质量，确保除锈、涂装符合设计要求，避免因构件本身质量问题影响吊装质量。（2）吊装过程质量控制。吊装过程中，全程监测起重机运行状态、吊具受力情况，严禁超载、斜吊作业。控制构件吊装速度，起吊、下放过程缓慢平稳，避免冲击载荷导致构件变形。实时检查构件就位精度，每完成一个构件吊装，立即进行偏差检测，不合格的及时调整，不允许进入下一道工序。（3）节点连接质量控制。构件校正合格后，及时完成节点连接，拧紧连接螺栓，确保螺栓紧固力矩符合设计要求，做好力矩检测记录。焊接节点需严格按照焊接规范操作，控制焊接电流、电压及焊接速度，焊接完成后进行焊缝外观检查和无损检测，排查焊缝缺陷，确保节点连接强度^[4]。

4 钢结构工程吊装施工安全管控措施

4.1 吊装设备安全管控措施

吊装设备需从进场、使用到维护全程落实管控，措施如下：（1）设备进场管控。吊装设备进场前，核查设备合格证、检测报告及操作人员资质证书，确保设备符合施工要求、操作人员持证上岗。对起重机、吊具、钢丝绳、吊钩等进行全面检查，排查设备老化、破损、锈蚀等问题，吊具需进行载荷试验，不合格设备及吊具严禁进场使用。（2）设备使用管控。吊装作业前，对设备进行空载调试，检查制动系统、起升系统、变幅系统运行稳定性，确认无异常后才可开展作业。作业过程中，严格按照吊装方案规定的起重量、起升高度、吊装半径操作，严禁超载、斜吊、斜拉作业，严禁擅自调整设备参数。安排专人全程监测设备运行状态，发现异响、卡顿、制动失灵等问题，立即停机排查，严禁带故障作业。（3）设备维护管控。建立设备日常维护台账，每日作业结束后，对设备进行清理、检查，重点检查吊具、钢丝绳的磨损

情况,及时更换受损部件。定期对设备进行全面保养和检测,做好检测记录,确保设备始终处于良好运行状态,闲置设备需妥善存放,做好防潮、防尘、防锈措施。

4.2 作业人员安全管控措施

作业人员的操作规范度直接影响施工安全,需强化人员管理,落实管控措施:(1)人员资质管控。吊装作业人员(起重机司机、信号工、司索工等)必须经专业培训考核合格,取得相应资质证书后,方可上岗作业,严禁无证操作。定期对作业人员进行资质复核,确保资质有效,对无证、资质过期人员,立即停止其作业并予以清退。(2)安全培训管控。施工前,组织全体吊装作业人员开展安全培训,讲解吊装作业安全操作规程、风险点及防控措施、应急处置方法,提升人员安全意识和操作技能。定期开展常态化安全培训和应急演练,针对高空坠落、设备故障等常见风险,开展实战化演练,确保人员熟练掌握应急处置流程。(3)现场作业管控。作业人员必须按规定佩戴个人防护装备,高空作业人员需系好安全带、佩戴安全帽,严禁高空抛物。作业过程中,严格服从信号工指挥,严禁擅自操作、违规作业,严禁酒后上岗、疲劳作业。

4.3 现场作业安全管控措施

结合吊装施工现场复杂、高空作业多的特点,强化现场管控,防范各类安全隐患:(1)作业区域管控。在吊装作业区域设置明显的安全警示标志,划分警戒区域,设置警戒围栏,严禁无关人员进入作业区域。吊装作业时,安排专人值守警戒,重点管控吊装半径范围内的人员活动,避免人员进入危险区域,防止构件坠落伤人。(2)高空作业管控。高空作业前,检查作业平台、脚手架的牢固性,确保无松动、破损现象。构件吊装过程中,下方严禁站人,高空作业人员需站稳扶牢,严禁在高空追逐、打闹。吊装构件时,缓慢平稳操作,避免构件摆动碰撞作业人员或建筑物。(3)环境与临时用电管控。遇大风、暴雨、雷电等恶劣天气,立即停止吊装作业,将起重机锚定牢固,人员撤离至安全区域,待天气好转、排查无隐患后,方可恢复作业。施工现场临时用电需规范布置,严禁私拉乱

接电线,吊装设备用电线路需定期检查,避免线路破损、漏电,配备合格的漏电保护装置。

4.4 应急处置安全管控措施

提前制定应急处置方案,强化应急准备,确保突发情况能够及时妥善处置:(1)应急预案制定。结合吊装施工常见安全事故(高空坠落、构件坠落、设备故障、触电等),制定专项应急预案,明确应急组织机构、应急职责、应急处置流程及注意事项,应急预案需经审核批准后,严格落实执行。(2)应急物资储备。在施工现场配备充足的应急物资,包括急救箱、担架、灭火器、千斤顶、钢丝绳、应急照明等,定期检查应急物资的完好性和有效性,及时补充、更换过期、损坏的物资,确保突发情况时能够正常使用。(3)应急处置实施。发生安全事故时,现场人员立即停止作业,启动应急预案,及时上报事故情况,组织人员开展救援,抢救受伤人员、控制事故扩大^[5]。

结束语:本文围绕钢结构工程吊装施工工艺与安全管控展开全面研究,梳理了吊装施工概述、全流程工艺设计、关键技术、质量控制及安全管控措施,覆盖施工前期准备至收尾的各个环节。研究结合工程实际,提出的工艺要点与管控措施具有较强的实操性,可有效规避施工中的质量与安全隐患。

参考文献:

- [1]陶龙,赵敏,雷军伟.大跨度钢结构桥梁整体吊装施工工艺及吊装安全控制技术[J].安装,2026(1):48-50.
- [2]高啸宇.建筑工程中钢结构吊装施工技术要点及安全保障措施研究[J].居业,2025(7):10-12.
- [3]胡明.钢结构厂房吊装工程施工工艺及安全技术研究[J].工程技术研究,2022,7(22):52-54.
- [4]张佩先.钢结构厂房吊装工程施工工艺及安全技术研究[J].大众文摘,2022(12):150-152.
- [5]梁洋,詹恩立,张健捷.大跨度钢梁吊装工艺与施工技术的优化及应用研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(5):100-102.