

高层建筑钢结构吊装施工技术及安全控制措施

王 纲

龙佰禄丰钛业有限公司 云南 禄丰 651200

摘 要：高层建筑钢结构吊装施工，需精确规划吊装顺序，采用高效吊装技术确保构件精准定位。施工前需细致审阅图纸，精准测量放线，合理布置定位桩。安全方面，强化吊装风险评估，严格人员培训与设备检查，确保吊装作业安全可控。同时，设置安全警示标识，配备必要的安全防护设施，并建立完善的气象监测和应急预案机制，以应对突发状况，全方位保障施工安全与质量，实现高效、安全的钢结构吊装作业。

关键词：高层建筑钢结构；吊装施工技术；安全控制措施

引言：在高层建筑领域，钢结构因其强度高、自重轻、施工周期短等显著优势，已成为现代建筑的主流选择。钢结构吊装施工是整个高层建筑建设过程中的重要环节，不仅要求技术上的精准与高效，更需确保施工过程中的绝对安全。因此，探索科学的吊装施工技术及严格的安全控制措施，对于保障工程质量、加快施工进度、减少安全事故至关重要。本文旨在深入研讨高层建筑钢结构吊装的相关技术要点与安全管控策略，为实际施工提供理论指导与实践借鉴。

1 现代钢结构的建筑特点与优势

1.1 钢结构建筑总重量轻

(1) 与混凝土结构重量对比：钢结构以钢材为主要承重材料，同跨度、同荷载条件下，自重仅为混凝土结构的1/3-1/2。例如多层住宅建筑，混凝土结构自重约1500-2000kg/m²，而钢结构可控制在500-800kg/m²，大幅降低建筑整体荷载。(2) 对基础造价的影响：因自重减轻，地基承受的压力显著降低，可采用更简化的基础形式。在软土地基区域，混凝土结构常需桩基加固，而钢结构可通过条形基础或独立基础满足要求，基础造价可降低20%-30%。

1.2 高强度与高效能

(1) 钢材的塑性与韧性：钢材抗拉、抗压强度可达300-400MPa，远超混凝土的30-50MPa。在地震等外力作用下，能通过塑性变形吸收能量，避免脆性破坏，保障结构整体安全性。(2) 循环使用价值：钢结构构件可拆卸回收，回收率达90%以上。拆除后经检测修复，可二次用于其他建筑，减少建筑垃圾，符合循环经济理念。

1.3 施工速度快与抗震性能好

(1) 施工周期的缩短：构件在工厂预制，现场仅需螺栓连接或焊接，装配效率提升50%以上。一栋10层钢结构办公楼，施工周期约6-8个月，较混凝土结构缩短40%-

50%。(2) 抗震性能分析：钢结构自身刚度均匀，节点连接灵活，地震时能通过整体协同变形化解能量。在7度抗震设防区，钢结构建筑的层间位移角控制能力比混凝土结构高30%以上^[1]。

1.4 节能环保

(1) 节约所需能源：钢材生产能耗虽高，但可循环利用，全生命周期能耗比混凝土结构低20%-30%。施工阶段无湿作业，减少水资源消耗和扬尘污染。(2) 减小维护费用：钢结构表面可做防腐涂层，使用寿命达50年以上，日常维护仅需定期检查涂层，年均维护费用比混凝土结构低40%左右。

2 高层建筑钢结构吊装施工技术

2.1 施工条件与准备工作

(1) 地形、交通与施工环境要求：场地需平整坚实，坡度不超过3°，满足吊装设备作业稳定性；周边道路宽度 ≥ 6m，保证构件运输车辆掉头及停靠；施工区50m内无高压线路，或设置防护架确保安全距离 ≥ 10m；同时需避开暴雨、台风等恶劣天气窗口期，夜间施工照明照度不低于50lux。(2) 施工技术准备：组织技术团队核对设计文件，重点检查构件尺寸、节点连接形式及荷载参数，确保与现场条件匹配；编制加工工艺方案，明确构件分段原则（单节钢柱长度控制在12-15m）、焊接工艺评定标准；开展BIM建模模拟吊装过程，提前发现碰撞点并优化。(3) 材料准备：钢材选用Q355B低合金高强度钢，进场时需提供材质证明书并抽样送检，抗拉强度、屈服强度等指标需符合GB/T1591标准；焊接材料采用E5015-G焊条，烘焙温度350℃并保温1h；防腐涂料需满足耐盐雾性 ≥ 5000h，进场前检测附着力、柔韧性等性能^[2]。(4) 施工设备与场地准备：根据构件重量选用250t汽车吊（主臂长56m）及50t履带吊配合；材料堆放区划分钢材区、成品构件区，间距 ≥ 2m，构件支点设置在

距端部1/3处；组建包含吊装指挥（持特种作业证）、焊工（持证上岗）、测量工（熟练使用全站仪）的专业队伍，岗前培训考核通过率需达100%。

2.2 钢结构构件吊装施工顺序

（1）总体施工流程概述：遵循“分区分段、对称吊装”原则，按地下室钢柱→首层框架→标准层钢柱→标准层钢梁→屋面结构的流程推进，每完成3层结构吊装进行一次整体精度复核。（2）“先地上、后地下，先结构、后装修”的原则：优先完成地下钢结构柱脚锚固，待其验收合格后开展地上部分吊装；结构施工至6层时，滞后3层插入幕墙龙骨等装修作业，实现立体交叉施工，缩短总工期。

2.3 钢柱与钢梁的吊装施工

（1）钢柱吊装：柱底设置临时标高调节螺栓，精度控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内；采用双机抬吊（主吊80%荷载），起吊角度 $60^\circ\text{--}75^\circ$ ，就位后用全站仪复测轴线偏差，确保 $\leq 3\text{mm}$ ；校正后立即紧固临时连接螺栓，扭矩值符合设计要求。（2）钢梁吊装：在梁两端1/3处安装专用抱箍，通过钢丝绳与吊机连接，起吊时保持水平；提升至安装位置后，先对接一端螺栓，再调整另一端标高（偏差 $\leq 2\text{mm}$ ），最后紧固全部高强螺栓；焊接采用对称分段退步焊，控制层间温度 $\leq 250^\circ\text{C}$ ，避免焊接变形。（3）吊装过程中的质量控制与技术要点：每天班前检查吊装索具磨损情况，报废标准严格执行GB/T5972；构件起吊后悬停10s，检查吊机稳定性；安装过程中实时监测结构垂直度，每节柱垂直度偏差 $\leq H/1000$ （H为柱高），且累计偏差 $\leq 15\text{mm}$ ^[3]。

2.4 特殊结构吊装施工要点

（1）如倾斜造型结构、格构式钢柱等特殊处理：倾斜结构吊装前设置临时支撑胎架，胎架承载力为构件重量的1.5倍；格构式钢柱吊装时，在缀件处增设加强缀板，防止吊装过程中杆件失稳；采用“双机旋转吊装法”，主吊负责垂直提升，副吊控制水平转角，同步速率偏差 $\leq 0.5\text{m/min}$ 。（2）三维坐标模拟与精确控制方法：利用BIM技术建立特殊结构三维模型，模拟吊装过程中的应力应变，提前优化吊点位置；现场采用LeicaTS60全站仪进行实时定位，每5min采集一次三维坐标数据，通过无线传输至控制系统，自动计算调整量，确保安装精度 $\leq 5\text{mm}$ ；对于大跨度弧形钢梁，采用“预起拱”工艺，起拱值为跨度的1/500，抵消后期挠度变形。

3 高层建筑钢结构吊装施工安全控制措施

3.1 安全管理体系建立

（1）安全保证体系与安全生产责任制：构建“项目

经理-技术负责人-施工班组长-作业人员”四级安全保证体系，明确各岗位安全职责。签订安全生产责任书，将吊装作业安全指标纳入绩效考核，实行“一票否决制”。例如项目经理对项目安全负总责，施工班组长需每日记录安全巡查情况，确保责任追溯到个人。（2）安全生产领导小组与专职安全检查员设置：成立由项目经理任组长的安全生产领导小组，每周召开安全例会，分析吊装作业风险点。按施工人数的3%配备专职安全员（不少于2人），要求持C类安全考核证书上岗，重点监督吊装设备运行、高空作业防护等关键环节，对违规操作有权立即制止。

3.2 施工现场安全控制

（1）危险区域标识与安全警示牌设置：吊装作业半径50m范围内划为危险区，设置连续封闭的硬质围挡（高度 $\geq 2.5\text{m}$ ），出入口设专人值守。在吊装区、高空作业区、临时用电区等位置悬挂“禁止入内”“必须系安全带”等警示牌，采用反光材料制作，确保夜间清晰可见。（2）高空作业安全防护措施：作业人员必须佩戴双钩安全带，且高挂低用（挂钩点高于作业位置）；高度 $\geq 2\text{m}$ 的操作面设置临边防护栏杆（高度1.2m），底部加设18cm挡脚板；楼层周边搭设安全平网，每隔10m设一道水平防护网，防止物体坠落^[4]。（3）季节性施工安全措施：雨季施工前检查排水系统，在场地周边挖排水沟（宽30cm、深50cm），吊装设备基础浇筑C30混凝土并设置排水坡度；遇暴雨、6级以上大风时停止吊装作业，将吊臂收回原位，构件固定牢固；夏季高温时段（11:00-15:00）调整作业时间，配备防暑药品，施工现场设临时休息棚。

3.3 机械设备管理

（1）吊装设备选择与检查维护：根据构件重量选用符合要求的吊装设备，如起吊50t以上构件需用300t级汽车吊，设备进场前核查合格证、年检报告。每日作业前检查吊臂、钢丝绳、吊钩等部件，钢丝绳断丝数超过10%或出现扭曲变形时立即更换；每月对液压系统、制动系统进行全面检修，留存维护记录。（2）临时加固措施与确保结构安全：吊装大型构件时，在吊点处设置加强肋板，采用双吊点平衡起吊；对临时堆放的钢柱、钢梁设置斜撑加固，堆放高度不超过3层，底层垫木间距 $\leq 2\text{m}$ 。安装过程中，每完成一节钢柱吊装立即连接临时支撑，确保结构在形成稳定体系前不发生倾覆。（3）设备操作规程与操作人员培训：制定《吊装设备作业规程》，明确起吊前试吊（离地30cm停留10s）、信号指挥规范等要求。操作人员需持特种作业证上岗，岗前培

训涵盖设备性能、应急操作等内容,考核合格后方可作业;每月开展实操演练,提升突发情况处置能力。

3.4 事故隐患控制与应急处理

(1) 事故隐患识别与预防措施:建立隐患排查台账,重点排查吊装超载、钢丝绳磨损、高空作业未系安全带等隐患,发现后下达整改通知单,限期闭环。对重大隐患(如吊机支腿下沉)立即停工整改,采用增加垫木、调整站位等措施消除风险,整改验收合格后方可复工。(2) 应急预案制定与演练:编制《吊装事故应急预案》,明确物体打击、高空坠落等事故的处置流程,配备急救箱、担架、应急照明等物资。每季度组织一次应急演练,模拟构件坠落、人员受伤等场景,检验指挥协调、医疗救护等环节的响应能力,演练后总结改进预案。(3) 事故报告与处理流程:发生事故后,现场人员立即向项目经理报告,项目经理1小时内上报企业安全部门;轻微事故由项目组组织处理,重伤及以上事故启动企业级应急响应,保护现场并配合事故调查。按照“四不放过”原则(原因未查清、责任人未处理、措施未落实、教训未吸取)处理事故,形成调查报告并归档。

4 高层建筑钢结构吊装施工中的问题与对策

4.1 施工中常见的问题分析

(1) 吊装过程中的偏差与误差:钢柱垂直度偏差常超过规范要求的 $H/1000$ (H 为柱高),部分工程偏差达20mm以上;钢梁安装后标高偏差 $\pm 5\text{mm}$ 的合格率仅85%,轴线错位现象时有发生。此类偏差易导致节点连接应力集中,影响结构整体稳定性。(2) 安全控制措施执行不到位的情况:高空作业人员未按规定使用双钩安全带,约30%存在低挂高用现象;吊装作业区警示标识缺失或模糊,非作业人员误入风险较高;6级以上大风天气仍违规吊装的情况偶有发生,安全防护形同虚设。

4.2 问题的原因剖析

(1) 人员操作失误:吊装指挥信号不规范,手势与旗语混用导致司机误判;测量人员对全站仪操作不熟练,数据采集延迟造成校正偏差;焊工未严格执行焊接工艺,层间温度控制不当引发构件变形。(2) 设备故障

与环境因素:吊机钢丝绳磨损超标未及时更换,起吊时出现滑钩;风速突变(超过 10.8m/s)导致构件摆动幅度增大,超出控制范围;雨季地基沉降造成吊机支腿受力不均,影响吊装精度。

4.3 改进对策与建议

(1) 加强人员培训与技能提升:每月开展吊装指挥、测量操作等专项培训,考核合格后方可上岗;邀请钢结构专家进行案例教学,解析偏差控制要点;建立“师带徒”制度,提升新工人实操能力。(2) 完善安全管理体系与技术措施:推行“安全行为之星”评选,对规范作业人员给予奖励;采用BIM技术模拟吊装全过程,提前优化吊点位置;安装风速报警仪,超过限值自动切断吊机电源。(3) 提高设备维护与保养水平:制定《设备维保手册》,每日检查吊机关键部件并记录;钢丝绳每半年更换一次,吊钩设置防脱装置;雨季前对吊机基础进行加固处理,增加沉降观测点。

结束语

综上所述,高层建筑钢结构吊装施工技术与安全控制措施是确保工程顺利进行的关键。通过不断的技术创新和完善的安全管理,我们能够有效提升施工效率,保障工程质量,同时最大限度地减少安全风险。未来,随着建筑技术的不断进步,高层建筑钢结构吊装将面临更多挑战与机遇。我们应继续深化技术研究,强化安全管理,推动高层建筑钢结构吊装施工技术与安全控制措施的不断优化,为建筑业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]郭再旭,臧青青,景赵丰.钢结构吊装技术在超高层建筑中的应用[J].中国建筑金属结构,2023,22(04):83-85.
- [2]李慧.高层建筑钢结构吊装施工技术要点[J].四川建材,2025,51(05):159-160.
- [3]郭平飞,韩占立,谢雷.建筑钢结构施工中的吊装技术应用研究[J].现代工程科技,2025,4(08):141-142.
- [4]梁醒鹏.钢结构施工技术在高层建筑施工中的应用研究[J].新城建科技,2024,33(11):121-123.