大型起重机械安全风险防控与精细化管控研究

张 鑫

中国电建集团四川工程有限公司 四川 成都 610000

【摘 要】：大型起重机械在高位、重载和交叉作业条件下运行，准入审查、人员协同和工况变化若脱节，结构失稳与现场暴露风险会同步放大。本文梳理大型起重机械安全作业管理对象，分析承载结构、机构系统、吊装失稳、载荷风速和基础状态对安全稳定性的影响，并从关键部件防护、机构工况优化、作业现场隔离、监测预警和整改复核提出精细化防控措施。安全控制应贯通设备状态、作业许可、报警响应和恢复确认，使每次吊装都有明确边界、责任接口和闭合证据。

【关键词】：大型起重机械；安全风险防控；精细化管控；吊装作业；监测预警

DOI:10.12417/2811-0528.26.21.030

引言

大型起重机械包括塔式起重机、门式起重机、履带起重机、汽车起重机及大型桥门式设备，在建筑、市政、港口和能源工程中承担重物起升、回转、变幅和水平运输。设备作业半径大、载荷变化快，吊物与人员、车辆、临边构筑物常处于同一空间范围内，一旦出现结构连接松动、保护装置失效、风速响应迟滞或指挥信号混乱，事故后果会由局部设备故障扩展为现场停工和群体伤害。

1 大型起重机械安全作业管理概况

大型起重机械安全作业管理的对象不是单台设备的静态合格证书，而是设备从进场、安装、调试、使用、维保到拆除的全周期状态[1]。制造资料、型式参数、使用登记、安装告知、监督检验和定期检验构成准入底线，司机、司索、信号指挥和维保人员的资格与到岗情况决定底线能否落到班组操作。塔式起重机受基础承载、附着节点、回转半径和群塔防碰撞影响，流动式起重机受支腿反力、地基承载、作业幅度和臂架组合影响，桥门式起重机则受轨道平顺、制动同步和大车运行区域影响。精细化管控要把班前确认、作业中监测和班后复盘连成记录链，使每一次吊装任务都能追溯到设备状态、工况条件和责任人员。对大型工程项目而言，机械调配常随构件到场、结构施工面和运输路线变化而调整，安全管理如果仍按固定周期检查，无法覆盖临时加节、转场、换吊具和夜间赶工形成的新暴露面。项目部应把设备状态确认嵌入施工计划调整过程，先判断作业任务是否改变载荷、幅度、基础反力和人员协同，再决定是否重新交底、重新验收或重新划定警戒区。

2 大型起重机械安全稳定性分析

2.1 承载结构状态与机构系统特征

主梁、臂架、塔身标准节、附着框、回转支承、吊钩组和钢丝绳承受交变载荷，局部裂纹、销轴磨损、螺栓预紧力不足或焊缝缺陷会改变结构传力路径[2]。起升、变幅、回转、行走和制动机构把重物运动转换为连续控制动作，制动器间隙异常、卷筒排绳紊乱、限位开关偏移或力矩限制器参数失准，都会使设备在额定工况边界附近丧失安全余量。现场检查应把外观、连接、润滑磨损、保护装置自检、报警记录和维保处置放到同一设备状态链中判断；发现异常后先限定幅度、载荷和区域，再决定维修、复验或停用。

2.2 吊装作业失稳模式判识

吊装作业失稳常沿着载荷不清、路径不稳、边界不明、指挥不一的链条发展[3]。载荷估算偏低时，起重力矩可能在变幅或回转过程中接近限制边界；吊点布置不对称时，吊物会摆动、偏转并造成局部受力集中；作业路径穿越临时通道、脚手架、管线和堆场时，吊物摆动又会把设备风险扩展为空间暴露风险。支腿沉陷、轨道啃轨、塔身垂直度变化、吊钩异常摆动、制动距离延长、风速突增和多机交叉接近都属于停机复核信号，现场规则应把这些前兆直接转换为停机、降载、改线、隔离和重新交底条件。这类前兆还具有组合性：单独的轻微摆动未必构成停机条件，但若同时伴随阵风、地面松软和指挥视线受阻，继续起吊就会压缩司机可纠偏时间。判识规则应允许现场负责人按组合风险升级处置，而不是等待某一保护装置达到动作阈值。

2.3 载荷风速基础状态影响因素

载荷、风速和基础状态共同决定大型起重机械的稳定性边界。载荷影响起重力矩和制动冲击，风速影响臂架、吊物和高耸结构的侧向作用，基础状态影响支腿、轨道或塔身基础的反力分布。构件实际重量可能因附属件和包装超出估算，阵风可能在高空作业面突然增强，雨后回填土、临时道路和轨道基础也可能出现承载条件下降。项目部应把载荷确认、风速限制作业、基础沉降观察、支腿垫设、轨道巡查和吊装半径校核组合为班前必核项目，并在工况变化时重新确认，避免沿用上一班

次许可结论。

3 大型起重机械隐患防控措施

3.1 承载结构防护与机构工况优化

承载结构防护要把检查对象具体化，塔身标准节、附着杆、基础节、回转支承、高强螺栓、销轴、吊钩防脱装置、钢丝绳断丝和卷筒压板应分别对应可观察状态、处置要求和复验条件[4]。对关键连接部位，检查记录应写清位置、缺陷类型和处理结果；对安全保护装置，应同步核查超载限制、力矩限制、高度限位、行程限位、回转限位和风速报警功能。重物起吊前，设备人员核对额定载荷曲线、幅度、臂长、支腿展开、地基承载和吊索具匹配情况，司机通过空载试运行确认制动、回转和变幅动作是否平顺。

3.2 吊装过程控制方法与现场隔离系统

吊装过程控制要把方案语言转化为现场边界。作业前确认吊物重量、吊点位置、运行路径、回转半径、落点空间、临边障碍和应急撤离方向，警戒区随吊臂回转和吊物移动同步调整。司索、信号指挥和司机之间只能使用统一指令，出现视线遮挡、通信中断、吊物摆动或无关人员进入警戒区时，暂停动作并重新确认。对群塔、邻近高压线、临时道路和交叉工序密集区域，还要设置防碰撞、限位和专人旁站组合措施；无法完全隔离的必要交叉作业，应缩短吊物悬停时间并明确避让顺序。本节吊装过程控制方法和隔离反馈链路见图 1。

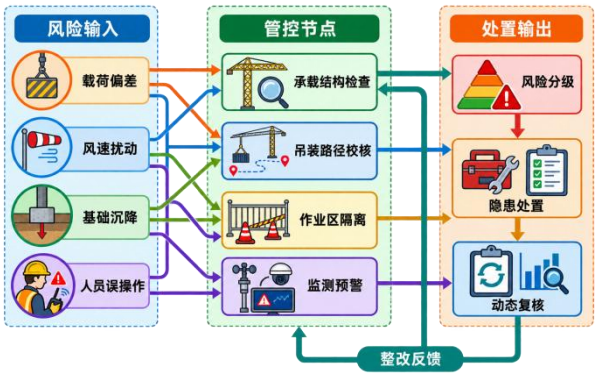


图 1 大型起重机械安全风险精细化管控链路

图 1 显示，载荷偏差、风速扰动、基础沉降和人员误操作先进入承载结构检查、吊装路径校核、作业区隔离和监测预警节点，再转入风险分级、隐患处置和动态复核。底部整改反馈回路表明，隔离和处置并非流程终点，复核结论还要返回下一次吊装过程控制。

3.3 载荷基础监测预警与动态管理

监测预警应围绕高后果失效环节布置。安全监控系统可采集起重量、力矩、幅度、高度、回转、行程、风速和报警事件，基础或轨道状态则结合沉降观察、轨距检查、支腿垫板复核和现场巡查。只有把监测对象与处置规则绑定，报警才具有管理意义；若系统只保存数据而不触发停机、复查和整改，预警信息会在连续作业中被弱化。动态管理应区分一般偏差与立即停用情形，涉及结构安全、保护装置失效、基础异常、人员无证或重大交叉作业失控时，整改闭合必须写清责任人、处理动作、复验依据和恢复使用条件。恢复使用不宜只看维修动作是否完成，还要核对风险是否回到可接受工况。复验人员应把报警记录、现场照片、维修记录和重新交底结果对应到同一隐患编号，确认吊装路径、隔离边界和人员岗位同步恢复后，设备才可进入下一轮作业许可。

4 结语

大型起重机械安全风险防控的关键，在于把设备本体稳定性、吊装过程边界和管理责任闭合放在同一管控链条中。承载结构状态、机构系统功能、吊装失稳前兆以及载荷、风速、基础状态是风险分析的主要对象；关键部件防护、机构工况优化、现场隔离、监测预警和动态复核则是精细化管控的主要动作。现场管理应避免以静态资料替代实时工况判断，也不能以单次检查替代持续闭合。将技术规程、人员资格、设备监控、作业许可和整改复验贯通起来，才能保持高位、重载、交叉作业条件下的安全控制。

参考文献：

[1] 李永福.大型起重机械安全吊装技术分析及应用[J].机械工程与自动化,2025,54(6):228-229+232.

[2] 林涛.大型起重机械安全吊装技术分析与应用研究[J].居业,2025,(4):19-21.

[3] 顾刘勇,刘扬帆.大型起重机械安全吊装技术分析[J].中国设备工程,2022,(13):186-188.

[4] 符清浦.智慧工地背景下大型起重机械信息化与智能化安全管理研究[J].建筑科技,2026,10(8):48-51.