

锅炉汽包吊装施工技术方案优化与安全管控

解效龙

中电建宁夏工程有限公司 宁夏 银川 750000

【摘要】：锅炉汽包吊装是热电工程建设的核心关键节点，具有技术难度高、安全风险大的显著特点。本文针对当前汽包吊装技术方案存在的经验依赖、精度不足、管控滞后等局限性，从设备选型与受力体系优化、工艺流程与时序控制优化、全过程安全管控体系构建三个维度，提出系统化优化方案。研究引入量化计算、BIM 模拟、实时监测等技术手段，形成可落地的技术改进措施与安全管控机制，为同类工程提供实践参考。

【关键词】：锅炉汽包；吊装方案优化；安全管控

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.020

随着电力工业高质量发展，电站建设对大型设备吊装的技术精度与安全管控提出更高要求。锅炉汽包作为锅炉系统的核心承压部件，其吊装作业直接影响整个工程进度与质量安全。当前传统吊装方案普遍存在经验判断多、量化计算少、过程监测弱等问题，安全风险管控压力突出。本文结合工程实践与行业规范，系统研究汽包吊装技术方案优化路径与安全管控措施，旨在提升吊装作业的科学性与安全性。

1 锅炉汽包吊装施工特点及风险分析

锅炉汽包为锅炉机组承压核心构件，构件吊装属于热电厂工程管控标准严苛、施工难度偏高的起重工序。参照 DL5190.2-2019 电力建设施工技术规范内容，锅炉整体钢结构完成校正、固定及竣工验收后，才可开展汽包吊装作业，构件安装精度、工序排布时序均具备严苛施工要求^[1]。现有电站配套锅炉汽包自重区间维持 30t 至 220t，安装标高普遍超过 40m，构件筒体长度超出锅炉钢架内侧柱间净空尺寸，构件起升阶段需维持 25° 左右倾角，构件就位前还需完成 3-4m 的水平位移调整，作业可利用空间狭小受限。国家能源局发布电力建设施工三十项安全防控细则，将汽包吊装划定为高风险特种起重作业，现场自然风速直接干扰吊装稳定性，现场风速达到 6 级后需终止全部起重作业。起重设备地基不均匀沉降、多根钢丝绳受力负荷不均衡、现场多工种作业配合衔接偏差、吊耳焊接成型质量不达标、试吊阶段荷载数值波动偏移，都会诱发构件倾覆、现场人员伤亡等重大施工安全事故。

2 锅炉汽包吊装技术方案现状及局限性

国内电厂锅炉汽包吊装主流施工模式分为桅杆吊装、履带吊整机吊装、液压同步提升三类。《电力建设》行业期刊施工数据统计显示，双滑轮组协同抬吊模式行业应用频次最高，滑轮组搭配单台起重设备组合吊装模式应用规模次之，液压提升工艺多用于大容量发电机组汽包吊装施工。传统桅杆吊装施工投入成本偏低，杆件拼装施工周期长达 7 至 10 天，会显著延

长项目整体施工工期。大型履带吊吊装作业流转效率较高，施工场地地基承载力门槛较高，大型工程机械租赁运维成本居高不下。液压提升工艺构件对位精度优异，整套控制系统调试流程繁琐，作业人员需具备专项高阶操作能力。现行落地吊装方案存在固有施工短板，施工参数依托从业经验判定，精准力学量化核算落地不足，双机协同抬吊位移偏差难以调控，狭小施工场地起重作业半径受限。传统试吊作业仅核验构件静态荷载受力状态，缺少吊装全流程动态监测手段，现场安全管理依托人工巡回排查，无法提前预判作业风险，难以适应当下电站工程高质高效施工建设要求。

3 锅炉汽包吊装方案优化与安全管控措施

锅炉汽包吊装采用液压提升系统进行作业，整体结构如图 1 所示，主要由顶部液压提升装置、钢绞线承重系统、专用吊具及汽包本体构成，通过优化该系统的设备选型、受力设计、工艺流程及安全管控，可显著提升吊装作业的安全性与精准度。

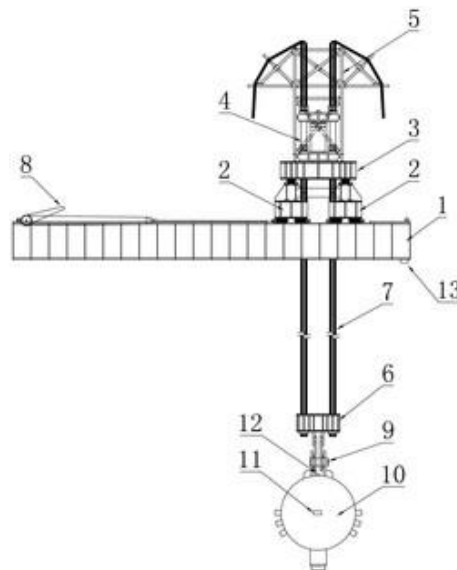


图 1 锅炉汽包液压提升吊装系统结构示意图

3.1 吊装设备选型与受力体系优化

设备选配、现场受力结构改良为汽包吊装优化核心环节,所有施工参数依托精准力学量化核算确定。贴合电力起重作业行业规范,吊装整体荷载核算整合构件自重、吊具自重及工况动态附加荷载,起重作业动载系数取值区间 1.1 至 1.3,多点位吊装不均衡受力系数取值区间 1.2 至 1.5,整体荷载数值由构件及吊具总重量联动动载、不均衡系数核算得出。起重机械选型坚守安全冗余管控原则,现场实际作业荷载控制在设备额定起重荷载 80% 以内,极端工况下设备可保有充足安全承载余量。钢丝绳选材参照 GB/T8918 行业标准,钢丝绳安全使用系数最低取值 6,结合钢丝绳最小破断拉力、工况最大静态工作拉力完成承载力核验,保障单根钢丝绳适配现场起重受力标准^[2]。吊点布设开展筒体局部应力模拟测算,吊耳焊接完工后全覆盖开展无损探伤检测,筒体受力薄弱区域加装加固筋板,规避吊装受力变形损伤。起重设备支腿地基承载力核验不可省略,支腿配套垫板面积不低于 0.5 平方米,土质松软场地铺设路基箱、加厚钢板加固地基,吊装前置开展地基预压沉降监测,场地地层承载力满足起重施工要求后方可开工。

3.2 吊装工艺流程与时序控制优化

数字化技术融入吊装全流程工序管控,细化各施工节点时序管控标准。施工前期搭建锅炉钢架、汽包本体、起重设备一体化 BIM 三维仿真模型,录入机械作业性能参数,模拟全流程起重作业工况,核验起重臂架、钢架梁柱、汽包筒体之间的碰撞干涉风险,反复调整起重设备站位、臂架抬升角度,敲定最优起重行进路径及作业活动半径。现场试吊作业执行标准化工序,匀速抬升汽包至 200mm 高度后静置悬空,静态停留 3 分钟开展全域工况排查,各岗位作业人员核验钢架形变、滑轮组运转、钢丝绳受力、卷扬机锚固、焊缝成型多项工况,工况无异常后小幅下放构件核验制动构件运行稳定性。构件抬升全程把控 25° 倾角,双向吊点同步调控平衡构件姿态,构件抵达就位标高后暂停抬升作业,排查周边构筑物无障碍干扰后,搭配手拉葫芦完成 3 至 4m 水平位移作业,位移行进速度平缓匀速,每行进 500mm 核验一次构件摆放姿态。构件就位依托

激光定位仪器校准对位,标高误差管控范围±5mm 以内,构件水平度误差控制 2mm/m 以内,安装成型质量契合 DL5190.2-2019 施工规范细则。

3.3 全过程安全管控体系构建与实施

搭建覆盖作业前置筹备、现场实操、竣工收尾全周期管控体系,落实起重作业闭环管理。施工前置落实岗位核验排查工作,核验起重设备工况性能、作业人员特种作业资质、场地作业环境条件,全部核验项目留存纸质台账,岗位责任人签字归档备案。结合吊装构件高度划定警戒作业区域,警戒半径不低于构件高度 1.5 倍,场地布设硬质围挡及醒目警示标牌,隔离非作业流动人员。现场实行双人旁站监管模式,专职安全管理人员、现场监理同步值守作业面,管控违规超载起重、斜向牵拉起吊、设备带病运转等违章施工行为。作业场地布设固定式风速监测仪器,实时采集空域风速数值,风速数值达到 10.8m/s 时即刻停止起重作业,平稳锚固停放汽包构件。现场起重司机、指挥人员、司索操作人员持证上岗,开工前开展专项安全技术交底,统一现场作业手势、通讯联络口令,现场起重指挥口令贴合 GB/T5082 行业标准,现场任意岗位人员发出紧急停机指令,机械操作人员即刻执行停机操作。贴合大风侵袭、钢丝绳断裂、起重机具故障高频风险工况,编制专项现场应急处置方案,配齐现场应急物资,常态化开展应急实操演练,提升突发工况处置响应速度。吊装施工完工后梳理现场作业台账,复盘施工中发现的问题,持续优化吊装施工工艺及现场安全管理模式^[3]。

4 结语

锅炉汽包吊装技术方案优化与安全管控是一项系统工程,需从技术选型、流程控制、管理体系多维度协同推进。本文提出的量化受力计算、BIM 全过程模拟、双监护安全管控等具体措施,能够有效解决传统吊装方案的局限性,显著提升吊装作业的精准度与安全保障能力。该优化方案具有较强的工程实用性,可广泛应用于各类电站锅炉汽包吊装施工,为电力建设工程高质量发展提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 苏雷.某电厂 390MW 燃气机组锅炉汽包水位控制优化项目分析[J].电力设备管理,2025(19):75-77.
- [2] 郑鑫.连云港虹洋热电联产扩建项目(原场址)锅炉汽包吊装技术[J].石油工程建设,2021,43(5):54-59.
- [3] 梁晓越.天然气热电联产锅炉安装关键工艺与质量控制[J].电力设备管理,2025(16):244-246.