

火力发电厂汽轮机现场安装技术改造

王坤英

天津崇德企业管理咨询有限公司 天津 300100

摘要:在我国能源体系中,火力发电仍占重要地位,汽轮机作为电厂核心设备,其安装质量直接决定发电效率与运行安全。本文针对当前安装流程中存在的问题,结合其对机组稳定性、能耗及寿命的负面影响,展开系统性研究。论文明确改造核心目标,重点阐述基础施工与设备定位、转子安装与对中、密封系统、调节保护系统及辅助设备协同安装五大核心环节的改造技术,同时构建全流程质量控制体系。实践表明,改造方案可有效解决传统安装痛点,为火力发电厂汽轮机安装技术升级提供可行路径。

关键词:火力发电厂;汽轮机现场安装;技术改造

引言:当前汽轮机现场安装虽遵循标准化流程,但基础沉降、转子对中偏差、密封泄漏等问题频发,不仅加剧机组振动、增加能耗,还缩短设备寿命,难以适配现代高参数发电需求。为解决上述问题,本文以汽轮机现场安装技术改造为研究对象,先分析安装现状与现存问题,明确改造目标,再详细阐述核心环节改造技术及质量控制措施,旨在为电厂提供科学、可行的安装改造方案,推动火力发电向高效、节能方向发展。

1 火力发电厂汽轮机现场安装现状与现存问题

1.1 当前汽轮机现场安装的主流流程

火力发电厂汽轮机现场安装要遵循标准化流程,整体可划分为以下五个核心阶段。(1)前期筹备阶段,涵盖设备开箱验收、技术图纸会审、施工方案编制及人员技术交底,确保安装物料与技术要求匹配;(2)是基础施工阶段,通过混凝土浇筑、预埋螺栓定位及基础平整度检测,为设备提供稳定支撑;(3)进入设备就位阶段,利用起重设备将汽轮机本体、转子等核心部件吊装至基础,完成初步水平与高程校准;(4)紧接着是精密安装阶段,重点开展转子对中、汽缸组装、密封件安装及管路对接,需严格控制部件配合精度;(5)调试验收阶段,通过分系统调试、空载试运行及性能测试,验证安装质量是否符合行业验收标准,各阶段需层层递进,确保流程衔接有序。

1.2 现场安装中的典型问题

汽轮机现场安装过程中,易出现以下多类问题。(1)基础施工环节常存在基础定位偏差,因测量工具精度不足或环境因素干扰,导致基础基准与设计要求不符;(2)核心部件安装阶段,转子对中精度易不达标,受人工操作误差或测量方法局限,难以满足高参数机组的对中要求;(3)密封件安装时,易因安装手法不当、

密封间隙控制不准或密封件损伤,引发密封性能缺陷;(4)管路连接的同心度偏差、轴承安装的间隙超标等问题,也会直接影响整体安装质量。

1.3 现存问题对汽轮机运行的影响

现存安装问题对汽轮机运行产生以下多方面负面影响。(1)在运行稳定性方面,基础定位偏差与转子对中不良会导致机组运行时产生异常振动,增加设备跳闸风险,影响发电连续性;密封件缺陷引发的介质泄漏,不仅破坏系统压力平衡,还可能引发安全隐患。(2)能耗层面,密封间隙超标会造成工质损失,转子对中偏差会加剧机械摩擦损耗,直接导致机组发电煤耗上升,违背节能要求。(3)使用寿命方面,异常振动会加速轴承、转子等关键部件的磨损,密封泄漏引发的腐蚀与冲刷会缩短部件更换周期,显著降低汽轮机整体服役年限,增加电厂运维成本^[1]。

2 汽轮机现场安装技术改造的核心目标

汽轮机现场安装技术改造以解决传统安装痛点、适配现代发电需求为核心,聚焦以下四大关键目标。(1)提升安装精度,针对基础定位偏差、转子对中不准等问题,通过技术升级将核心部件安装误差控制在更严苛范围,确保设备运行时振动值、密封间隙等关键参数达标,为机组稳定运行奠定基础。(2)优化施工效率,打破传统流程依赖人工经验的局限,引入自动化测量工具与标准化施工工序,缩短设备就位、部件组装及调试验收周期,减少对电厂正常发电计划的影响。(3)降低能耗与运维成本,通过优化密封系统安装、减少部件配合损耗,降低汽轮机运行时的工质损失与机械摩擦能耗。^[2]

3 火力发电厂汽轮机现场安装核心环节技术改造

3.1 汽轮机基础施工与设备定位技术改造

汽轮机基础施工与设备定位技术改造围绕以下基础

结构稳定性提升与定位精度优化展开,针对性解决传统施工中基础沉降风险高、定位偏差大的问题。(1)基础施工技术改造从三方面推进:一是优化地基处理工艺,摒弃传统单一压实法,采用“深层搅拌桩+碎石垫层”复合工艺,深层搅拌桩增强地基承载力,碎石垫层调节不均匀沉降,同步引入静力触探仪进行地基承载力分层实时监测,确保强度达标。二是升级混凝土施工技术,选用高性能自密实混凝土并掺加纤维增强材料,提升抗裂性与密实度;浇筑阶段采用分层浇筑结合振捣密实度传感器,把控振捣参数避免蜂窝、麻面;养护阶段通过预埋温度传感器与智能温控系统,控制混凝土温差在规范范围内,减少收缩裂缝。三是改进预埋螺栓安装,采用“型钢定位支架+二次灌浆”工艺,激光水准仪校准支架精度,确保螺栓位置偏差毫米级;二次灌浆选用无收缩灌浆料,压力灌浆提升密实度,增强螺栓与基础结合强度。(2)设备定位技术改造聚焦精度与流程:以激光跟踪仪替代传统测量工具,实现三维坐标实时测量(精度 0.01mm/m),搭配软件自动生成偏差报表,规避人工误差。建立“基准复核—初步定位—精准调整—锁定固定”四步流程:基准复核阶段复测基础基准线与高程点;初步定位阶段吊装设备至设计附近区域并粗调;精准调整阶段用液压千斤顶配合微调螺栓,依据激光数据逐点校准;锁定固定阶段先以可拆卸支架临时固定,待灌浆料达标后换永久装置,同时加装弹性减震垫补偿基础微小沉降,保障长期稳定。

3.2 汽轮机转子安装与对中技术改造

转子安装与对中直接影响机组运行稳定性,技术改造针对传统安装中起吊受力不均、对中精度低、轴瓦间隙控制难等问题,从以下起吊、对中、轴瓦安装三方面优化。(1)转子起吊技术改造以平衡与安全为核心:采用专用平衡吊具,按转子重心设计多支点结构,通过力矩平衡计算确定受力比例,确保起吊时轴线水平,避免变形;吊具接触部位加弹性保护垫防划伤,同时安装拉力传感器与倾角监测仪,数据实时传输至中控系统,偏差超标自动报警。起吊后转子转运采用伺服电机驱动的轨道式平移装置,配合高精度导轨实现平稳移动,避免径向偏移。(2)转子对中技术改造提升精度与标准化:以激光对中仪(精度 0.001mm)结合多测点采集技术,同步测量转子径向与端面数据,多测点采集与数据拟合分析排除环境振动干扰;对中调整采用液压同步微调系统,依据测量数据自动计算调整量,多千斤顶同步动作精准调参,避免反复偏差;调整后用定位销与锁定螺母双重固定,对中部位涂防松胶增强可靠性。(3)

轴瓦安装技术改造同步推进:以超声波测厚仪(误差 $\leq 0.005\text{mm}$)替代塞尺测量间隙;采用恒温安装工艺,确保轴瓦与转子温度一致,避免温差影响间隙;润滑系统加装流量传感器与压力监测阀,实时监控润滑状态,优化油路走向减少阻力,提升循环效率。

3.3 汽轮机密封系统安装技术改造

密封系统安装质量关乎机组密封性与效率,技术改造针对传统安装中间隙不准、结构适配差、工艺不规范等问题,从以下结构选型、间隙测量、工艺优化入手。(1)密封结构选型与安装改进:优先选用蜂窝密封、刷式密封替代传统梳齿密封。蜂窝密封安装用专用定位工装(激光校准)固定,蜂窝带钎焊连接并惰性气体保护,防密封体变形;刷式密封严格控制刷丝参数,压力传感器实时监测接触压力,确保在设计范围;密封体与汽缸结合面采用金属包覆垫片,扭矩扳手控制螺栓拧紧力矩,避免密封不均。(2)密封间隙测量与调整改进:以激光间隙测量仪(分辨率 0.001mm)替代压铅法,扫描密封全周生成数据图谱,精准识别超标部位;间隙调整采用机械研磨与电火花加工结合,先研磨去料再精细化调整;调整后用氦质谱检漏仪检测,精准定位微小泄漏点。(3)密封安装工艺优化:安装前超声波清洗密封件并压缩空气吹干;安装过程控温 $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$ 、控湿 $40\%\text{--}60\%$,避免温湿度影响;安装后覆盖防尘罩临时保护,试运行前拆除并复检间隙,确保质量稳定。

3.4 汽轮机调节与保护系统安装改造

调节与保护系统是机组安全运行核心,技术改造针对传统系统精度低、响应慢、布线不规范等问题,从以下调节系统、保护系统、布线接地三方面升级。(1)调节系统安装改造向数字化迈进:采用数字式电液调节(DEH)系统,控制柜远离高温振动源并防震固定;伺服阀安装前离线调试(测试台检测参数),与油动机连接用刚性管路(酸洗钝化处理,激光准直仪校准同心度);DEH软件优化调节逻辑,增加负荷预测与前馈控制,设置参数自整定功能,提升调节精度。(2)保护系统安装改造聚焦信号与响应:优化传感器布局,振动传感器装轴承座、温度传感器嵌轴瓦与定子、位移传感器对准推力盘,专用安装座焊接固定防松动;信号传输用屏蔽电缆,与动力电缆间距 $\geq 0.5\text{m}$,接头压接并热缩管绝缘;保护逻辑增加信号冗余(双传感器采集,偏差超标自动切换备用),优化动作逻辑缩短响应时间,确保异常时快速停机。(3)布线与接地改造保障安全:调节与保护系统布线用标准化线槽(固定间距 $\leq 1.5\text{m}$,转弯圆弧过渡),电缆按信号分类标识;接地系统采用独立

接地网,调节与保护系统分别接地(电阻 $\leq 4\Omega$),接地极用镀锌钢管(埋深 $\geq 0.8\text{m}$),引线铜缆焊接并防腐,设置监测点定期检测接地电阻。

3.5 汽轮机辅助设备安装协同改造

辅助设备与主机协同安装影响整体效率,技术改造针对传统安装中协同差、管路缺陷、匹配不足等问题,从以下协同规划、管路安装、参数匹配优化。(1)协同安装规划改造:采用BIM技术建立三维模型,模拟安装流程明确设备顺序、节点与位置,避免冲突;制定协同计划,主机基础施工同步预埋辅助设备基础,主机本体安装同步辅助设备就位;设置控制点,转子对中后、管路连接前复测相对位置,偏差及时调整。(2)辅助设备管路安装改造:用金属波纹管柔性管路替代刚性管路,预留伸缩量防热胀冷缩变形;管路支架采用弹簧减震支架,控制振动幅度;管路防腐采用“环氧底漆+玻璃纤维布+环氧面漆”三层工艺(厚度 $\geq 0.2\text{mm}$),施工前喷砂除锈(Sa2.5级);管路连接用激光准直仪校准同心度,法兰螺栓对角线拧紧,确保密封。(3)辅助设备与主机参数匹配调试改造:辅助设备单系统合格后开展联合试运行,监测出口参数与主机进口参数匹配度,调整辅助设备运行参数至符合主机要求;将辅助设备控制纳入主机DCS系统,实现联动控制,主机负荷变化时自动调整;连接部位装压力、流量传感器,DCS系统实时监测并自动纠偏^[3]。

4 汽轮机现场安装技术改造的质量控制

汽轮机现场安装技术改造的质量控制要贯穿改造全流程,从以下四方面构建管控体系,确保改造质量达标。(1)人员管控是基础,需筛选具备汽轮机安装资质与改造经验的施工团队,改造前开展专项培训,覆盖新型技术操作规范、质量标准及安全要求,培训后通过理论与实操考核,考核合格方可上岗;施工中实行“专人专岗”责任制,关键工序由持证人员操作,明确质量责任追溯机制。(2)工序管控聚焦关键节点,针对基础施

工、转子安装、密封系统等核心环节设置质量控制点,每个控制点需经“自检-互检-专检”三级验收,自检由施工人员确认操作合规,互检由班组交叉核查,专检由质检人员依据规范抽样检测,验收合格签署记录后方可进入下道工序,杜绝工序衔接中的质量隐患。(3)检测管控强化技术支撑,配置高精度检测设备,定期校准设备精度并记录;改造过程中对基础沉降、转子对中偏差、密封间隙等关键参数实时监测,数据超限时立即停工调整,调整后重新检测;改造完成后开展空载试运行与满负荷测试,持续监测振动、温度、密封性能等指标,确保符合验收标准。(4)文档管控保障可追溯性,建立改造质量档案,实时记录施工方案、检测数据、验收报告等资料,资料需签字确认且与施工进度同步;改造后整理完整档案移交电厂,为后期运维与质量追溯提供依据,同时留存电子档案备份,防止资料丢失^[4]。

结束语:本文围绕火力发电厂汽轮机现场安装技术改造展开全面研究,通过梳理安装现状与问题,针对性提出五大核心环节的改造技术及全流程质量控制策略,有效填补传统安装技术在精度、效率与适配性上的短板。改造后,汽轮机基础稳定性、转子对中性、密封性能等关键指标显著提升,机组运行振动减小、能耗降低,运维成本得到有效控制,验证了改造方案的实用性与有效性。

参考文献

- [1]王飞.火力发电厂汽轮机现场安装技术改造[J].建筑工程技术与设计,2020(36):3271.
- [2]王进.火力发电厂汽轮机现场安装技术改造方法的研究[J].建筑工程技术与设计,2020(30):4076.
- [3]谭文,祝朝阳,张治湖,等.火力发电厂汽轮机现场安装的技术改造策略[J].中国设备工程,2023(1):210-212.
- [4]刘继锋.火力发电厂汽轮机现场安装的技术改造策略[J].电脑校园,2020(10):6228-6229.