

火力发电厂汽机辅机现状和优化措施分析

张 威

内蒙古京隆发电有限责任公司 内蒙古 乌兰察布 012000

摘 要：汽机辅机是保障火电机组热力循环稳定运转的关键配套设备，设备运行状态直接关乎机组整体运行品质。本文结合火电机组实际运行工况，系统梳理汽机辅机的设备构成、运行原理及机组定位，全面分析设备结构损耗、系统工况适配、运维管理及自动化调控层面的运行现状，深入剖析各类运行问题的产生诱因，从设备结构改造、系统匹配优化、运维模式升级、智能调控迭代多个维度，提出针对性的完善方案，有效改善汽机辅机的运行稳定性与工况适配能力。

关键词：火力发电厂；汽机辅机；设备运行；运维管控；自动化调控

引言：火力发电依旧是当前电力供应体系的重要组成部分，汽轮发电机组的安全稳定运行是保障电力持续供给的基础条件。汽机辅机作为机组的配套保障体系，承担介质输送、热量交换、压力调节等关键功能，贯穿热力循环运行全过程。长期连续的高强度服役状态，会让辅机设备逐步出现性能衰减、结构损耗等各类问题，同时传统运维模式与老旧自控系统，难以适配机组动态变负荷的运行需求。持续梳理辅机运行短板、完善优化体系，是保障火电机组长效稳定运行的重要抓手。

1 汽机辅机基础概述与运行体系

1.1 汽机辅机基本构成与设备分类

汽机辅机是火力发电厂汽轮机组的重要配套设备集合，为主机运转提供稳定的介质输送、工况调节与环境保障。按照功能属性可划分为流体输送类、换热降温类、过滤稳压类以及辅助调控类设备。流体输送类设备包含各类水泵、风机，承担水体、烟气、空气介质的输送任务，保障热力循环介质持续流转。换热降温类设备以凝汽器、高低压加热器、冷却器为主体，完成系统热量交换与温度调控，适配热力循环的温度区间要求^[1]。过滤稳压类设备涵盖过滤器、稳压装置、除氧设备，清理循环介质中的杂质，稳定系统内部压力数值。辅助调控类设备包含各类阀门、调节装置与保护器件，负责管路通断、工况微调及异常隔离。不同类型辅机根据热力流程排布布置，完整覆盖介质输送、换热稳压、工况调节的全流程环节。

1.2 汽机辅机工作原理与运行机制

汽机辅机整体依托热力循环与流体力学原理完成工

况运转，依托介质流转实现能量交换与工况调控。水泵类设备依靠机械转动产生压差，推动水体在封闭管路内部循环流动，补给系统损耗介质，维持水循环体系充盈状态。风机设备通过叶轮旋转形成气流压差，完成炉膛通风与烟气排放，调整机组内部通风工况。换热设备利用冷热介质接触完成热量传递，降低排汽温度，提升热力循环利用效率，优化机组运行工况。除氧设备通过物理换热方式剥离水体溶解气体，减少管路及设备内壁腐蚀问题。负荷变动带来的参数波动，可通过辅机自身工况调整予以平衡，保障热力循环流程持续顺畅。

1.3 汽机辅机在机组中的运行定位

汽轮主机完成核心能量转换工作，辅机系统承担配套保障工作，支撑主机长期稳定运转。辅机设备的运行状态直接影响机组热力循环的完整度，介质输送、热量交换、压力调节等工序，均依靠辅机系统落地完成。机组负荷升降过程中，辅机需配合工况变化调整运行状态，保障主机运行参数保持合理区间。辅机系统可削弱机组运行中的工况波动，缓冲介质压力、温度的小幅变化，稳定整体运行环境。主机核心做功流程无法脱离辅机配套运行，辅机运行品质直接影响机组整体运行稳定性与工况精度。

2 火力发电厂汽机辅机运行现状

2.1 辅机设备结构运行状态

火电机组长期连续服役过程中，汽机辅机设备持续处于高强度运行状态，反复承受介质冲刷、温度交变与机械振动带来的多重损耗。风机、水泵类转动设备依靠高速旋转完成介质输送，叶轮表面长期受到流体冲刷，

会产生磨损、变薄、形变量增加等问题。轴承位置频繁承受径向与轴向载荷,润滑条件随运行时长逐步劣化,摩擦阻力持续上升,转动部件配合精度逐步下降,运转过程会产生异常振动与噪音。换热类设备内部管路长期接触循环水体与高温介质,水质杂质与高温环境会让管壁逐步滋生结垢、锈蚀现象,管路流通面积不断缩减,换热效率出现持续性衰减。各类调节阀、隔离阀长期频繁完成启停与调节动作,阀芯与阀座接触面不断摩擦,会产生磨损、卡滞问题,开关行程精度下降,介质调控精度出现明显偏差。过滤、除氧类辅助设备内部滤网、填料等构件会持续积累杂质污物,过滤通量逐步降低,介质净化质量难以维持初始标准^[2]。长期持续的结构损耗会逐步破坏设备出厂装配精度,让设备运行参数逐步偏离设计区间。

2.2 辅机系统运行工况表现

汽机辅机整套系统依托多设备联动维持机组完整热力循环,单一设备的性能衰减会逐层传导,引发整体工况偏移。管路内壁结垢、锈蚀会提升介质输送阻力,系统内部压力损耗异常增长,设备需要提升运行负荷、延长运转时长才能满足基础介质输送需求。换热系统长期运行产生的管壁污垢会阻碍热量传导,冷热介质热量交换不充分,机组端差出现异常波动,热力循环达不到设计运行标准。介质净化环节运行质量下降,循环水体含气量、杂质含量出现不稳定波动,管路内壁、设备腔体腐蚀速率持续加快,间接缩短设备服役年限。机组负荷升降的动态过程中,辅机系统参数调节响应速度逐步放缓,工况适配灵敏度持续降低,运行参数波动幅度明显增大。工况调节灵敏度的下降,会让机组变负荷运行阶段的参数波动更加明显。

2.3 汽机辅机日常运维管理状态

汽机辅机运维工作围绕设备巡检、故障排查、部件检修、参数校准等核心环节开展,整体运维模式偏向常规化、固定化。多数运维工作严格依托固定周期开展常规检查,作业重心集中在外观破损、异响卡顿、泄漏缺陷等显性故障与表面损伤,对设备内部构件磨损、性能衰减、参数漂移等隐性损耗问题排查力度不足。检修作业大多在故障显现后开展针对性处置,设备老化、性能偏移等潜在问题得不到及时干预,微小损耗持续累积并逐步演变为实质性故障。运维作业流程趋于固化,固定检修方案难以适配机组不同运行负荷、不同季节温湿度环境下的设备状态变化,差异化运维方案落实不足。运维数据记录内容较为单一,多集中于故障处置记录,缺少长期工况参数跟踪、性能变化记录等关键内容。运维

数据体系的不完善,会弱化设备状态研判的精准度,不利于提前排查隐性设备隐患。

3 火力发电厂汽机辅机运行存在的问题及成因

3.1 设备本体老化与结构缺陷问题

汽机辅机长期不间断运行,各类转动、换热、过滤构件都会产生持续性物理损耗与性能退化。叶轮、轴承、密封件等精密运动部件长期承受摩擦载荷与流体冲击,部件表面会出现磨损、形变、粗糙度上升等问题,原始结构精度持续下降。换热管路、容器内壁长期接触高温水汽与循环水质,缓慢滋生锈蚀、结垢与腐蚀缺陷,管壁厚度逐步衰减,管路通流结构发生改变。阀门类部件频繁执行启闭调节动作,接触面磨损会造成密封不严、行程偏移等结构性缺陷,介质渗漏问题频繁出现^[3]。部分机组辅机服役周期较长,部件老化速度持续加快,原始设计性能无法维持,各类结构缺陷会持续影响设备运行稳定性。

3.2 系统匹配与运行工况适配问题

汽机辅机系统整体按照固定额定工况完成设计匹配,机组长期变负荷运行会打破原有适配关系。电网负荷调整、机组调峰运行都会改变主机运行参数,辅机固定运行参数难以匹配动态变化的热力需求。管路通流损耗、换热效率衰减带来的参数偏移,会让辅机输出能力与主机实际需求出现偏差,热力循环参数偏离设计区间。不同辅机设备老化程度存在差异,设备之间运行参数无法保持协调,系统内部出现负荷分配不均、能量损耗增加的情况。变工况运行状态下,系统适配能力不足会放大各类参数波动,加剧机组运行工况的不稳定性。

3.3 运维管控与检修模式存在短板

现阶段汽机辅机运维工作多采用周期检修、故障返修的作业模式,运维工作偏向被动处置。巡检工作侧重外观缺陷与显性故障排查,对设备内部性能衰减、参数漂移、隐性损伤的排查覆盖不够全面。检修作业多针对已爆发的故障开展修复处理,提前干预、预防性养护的工作占比较低,微小损耗问题长期积累。检修流程标准化程度不足,部分部件检修、校准作业精细度不足,修复后设备精度无法完全恢复出厂水平。运维数据记录维度单一,工况跟踪与性能分析工作不完善,难以支撑设备状态预判与养护方案优化。

3.4 自动化调控适配性不足问题

多数火电厂汽机辅机自动化调控逻辑沿用初始设置,参数与控制策略长期未做迭代更新。设备老化、系统工况变动后,原有调控参数无法适配现有设备性能,

调控精度逐步下降。自动化系统调控模式较为固定,应对机组调峰、负荷波动等动态工况的适配能力较弱,参数调节滞后、调节过度等问题频繁出现。辅机各类传感采集元件长期运行出现精度偏移,采集数据存在偏差,会误导系统逻辑运算与指令输出。老旧自动化控制程序功能较为单一,精细调控、智能适配的功能缺失,无法满足机组精细化安全运行的管控需求。

4 火力发电厂汽机辅机优化改进措施

4.1 辅机设备结构与部件优化改造

针对汽机辅机本体老化与结构缺陷问题,可通过针对性改造与部件更换提升设备运行品质。结合各类辅机的损耗特征,对叶轮、轴承、密封组件等易损部件进行材质升级,选用耐磨、耐高温、抗腐蚀的新型材料,延缓部件损耗速度。对换热设备管路开展专项改造,清理管壁积存的结垢与锈蚀层,对壁厚衰减严重的管路进行置换更新,恢复管路标准流通结构。优化阀门内部密封结构与行程构造,提升启闭精度与密封性能,减少介质渗漏与行程偏移问题^[4]。根据设备实际运行工况调整局部结构布局,改善介质流通状态,削弱流体冲刷、温度交变对设备结构的损伤作用。定期筛查老旧低效部件,及时完成替换改造,维持设备原始结构精度与运行性能。

4.2 辅机运行系统与匹配逻辑优化

火电机组调峰运行模式下,辅机固定参数运行模式难以适配动态负荷变化,需要对整套系统匹配逻辑进行调整升级。结合机组不同负荷区间的热力需求,重新核定水泵、风机、换热设备的运行参数区间,打破单一额定工况的运行局限。科学分配各台辅机的运行负荷,缓解部分设备长期高负荷运转、其余设备低效空转的不合理状态,均衡系统内部能耗分布。优化整体管路布局,精简多余管路节点,降低介质输送阻力与沿程压力损耗,提升热力循环流畅度。细化变负荷运行工况的调控标准,针对升降负荷阶段的参数波动特点设置适配运行规则,缩小热力参数与设计标准的偏差,提升系统整体工况适配能力。

4.3 运维检修模式规范化优化

传统被动检修模式无法适配精细化运维需求,需要搭建预防性、标准化的运维检修体系。摒弃单一固定周期的检修制度,依据设备服役年限、损耗特征、运行负荷制定差异化检修方案,提升检修工作的针对性与有效性。拓宽日常巡检排查范围,不再局限于外观缺

陷排查,重点核查设备内部损耗、参数漂移、隐性疲劳损伤等不易察觉的隐患。统一各类辅机检修作业标准,细化部件拆装、精度校准、调试校验等工序要求,规范检修操作细节,保障检修作业质量。完善运维数据归档内容,持续记录设备工况参数、损耗变化、检修整改信息,依托完整数据支撑设备状态研判,为后续检修方案调整提供可靠依据。

4.4 辅机自动化与智能调控优化升级

老旧自动化调控逻辑固化、响应滞后,难以适配机组动态运行管控需求。结合设备现有运行性能迭代更新控制程序,修正原有参数偏差与逻辑漏洞,提升调控精准度。丰富自动化调控模式,增设多工况自适应策略,适配机组调峰、负荷波动等复杂运行场景,改善参数调节滞后、调节过度等问题。建立传感元件常态化校准机制,及时修正元件精度偏移问题,保障现场采集数据真实可靠,为系统逻辑运算提供精准数据支撑^[5]。升级自控系统底层功能,拓展精细化调控、异常自主识别、故障隔离等实用功能,提升辅机系统智能化管控水平,满足火电机组安全稳定运行的精细化管控标准。

结束语

汽机辅机的工况稳定性直接影响火电机组热力循环的完整性与运行精度,设备老化、系统适配不足、运维模式滞后、调控体系陈旧等问题,都会持续制约机组运行质量。通过实施设备结构改造、运行系统匹配优化、运维检修规范化升级和自动化调控迭代优化,能够全方位补齐汽机辅机运行过程中的各类短板。系统化的优化改良方式,可有效改善辅机设备运行工况,减少运行隐患,夯实火力发电机组安全、稳定、高效运行的设备基础。

参考文献

- [1] 高诚. 火力发电厂汽机辅机现状和优化措施分析[J]. 电气技术与经济,2022(6):152-154.
- [2] 蒲胜利. 火力发电厂汽机辅机现状和优化措施分析[J]. 工程管理,2024,5(7):103-105.
- [3] 子程. 发电厂中的汽机辅机运行优化分析[J]. 集成电路应用,2023,40(01):222-223.
- [4] 田亚军. 火力发电厂汽机辅机经济运行优化策略分析[J]. 电气技术与经济,2023(5):218-220.
- [5] 马云鹏. 火力发电厂汽机辅机经济运行优化措施[J]. 中国图片(中英文),2024(16):287-288.