

# 660MW机组运行节能优化策略分析

刘孝龙

安徽华电六安电厂有限公司 安徽 六安 237000

**摘要:** 660MW机组在电力生产中占据重要地位。其运行原理基于特定能量转换机制,当前运行面临设备老化磨损、汽水系统泄漏及运行参数偏离设计值等状况。通过设备状态监测与维护优化、汽水系统泄漏治理、运行参数优化调整以及余热回收利用等节能优化策略,可有效提升机组运行效率,降低能耗,实现电力生产的高效与可持续发展,对保障能源供应稳定性及经济性意义重大。

**关键词:** 660MW机组; 运行节能; 优化策略

## 引言

在能源需求持续增长与节能减排要求日益严苛的当下,660MW机组运行的高效性与节能性备受关注。660MW机组作为电力供应的关键设备,其运行原理涉及复杂能量转换流程。然而,现阶段该机组运行暴露出设备老化与磨损、汽水系统泄漏、运行参数偏离设计值等问题,导致能耗增加、效率降低。本文聚焦这些现状,深入探究660MW机组运行节能优化策略,力求提升机组运行性能,助力电力行业绿色发展。

### 1 660MW 机组运行原理

660MW机组作为大型火力发电设备,其运行原理基于能量转换与传递的物理过程,涵盖燃烧系统、锅炉系统、汽轮机系统及发电机系统的协同工作。燃烧系统通过先进燃烧技术将燃料化学能转化为高温高压蒸汽的热能,锅炉系统利用超超临界循环技术实现蒸汽参数的精准控制,使蒸汽温度和压力达到临界点以上,显著提升热效率并降低污染物排放。汽轮机系统采用多级叶片结构和高温合金材料,将蒸汽热能转化为机械能,其高压缸、中压缸和低压缸通过轴系串联设计,实现能量梯级利用。发电机系统则通过同步发电机将机械能转换为电能,其定子线圈和转子线圈采用水内冷技术,有效提升绝缘寿命和运行可靠性。在热力循环层面,660MW机组通过滑压优化技术动态调整主汽压力,结合全周进汽滑压调节方式,实现机组在负荷波动时的经济运行。具体而言,系统通过监测高调门开度和主汽压力参数,建立基于热耗率与高压缸效率的优化模型,在典型负荷点确定最佳运行主汽压力值,并形成滑压运行曲线。该技术可降低机组低负荷时的节流损失,提升循环热效率,使供电煤耗降低1克/千瓦时左右。在设备协同层面,凝汽器作为汽轮机排汽冷凝的关键设备,采用双壳体、双背压、双进双出单流程横向布置结构,通过表面式热交

换原理将排汽凝结为洁净凝结水,维持排汽口真空度。吹灰系统则通过短伸缩式吹灰器定期清除锅炉受热面积灰,采用蒸汽吹灰技术避免结渣导致的热阻增大,确保传热效率。机组采用双水内冷发电机设计,其定子铁心采用全补偿抗蠕变技术,转子线圈采用水直接冷却方式,结合球形接头机械式水电连接技术,实现100%接触可靠性,显著降低运行维护成本。这些技术集成使660MW机组在发电效率、环保性能和运行经济性方面达到行业领先水平。

### 2 660MW 机组运行现状

#### 2.1 设备老化与磨损

660MW机组经过长期运行后,设备老化与磨损问题逐渐凸显,成为影响机组安全经济运行的重要因素。在锅炉设备方面,低温再热器管壁磨损问题较为突出。低温再热器长期处于高温烟气冲刷环境中,烟气中的灰粒在离心力和烟气流动作用下,对管壁造成严重磨损。例如,部分机组低温再热器管道出现局部破裂泄漏,受热表面磨损严重,且磨损是一个长期发展的过程,随着运行时间增加,磨损程度不断加剧,最终导致频繁泄漏,危及设备安全并造成经济损失。磨煤机系统同样面临老化与磨损挑战。磨煤机内部导向装置、铰轴装置、磨辊等部件在长期运行中,因承受复杂工况和频繁的机械作用,出现不同程度的磨损。导向板磨损后,导向间隙调节不当,会造成导向板单侧间隙过大,使三脚架中心偏移,进而导致拉杆横向摆动增大,磨煤机振动加剧;铰轴磨损会使辊架与铰轴座间隙增大,改变磨辊压架角度,引发磨辊套与衬板外沿接触,磨辊下压时振动增大。这些磨损问题不仅影响磨煤机的出力和运行稳定性,还增加了设备的维护成本和停机风险。汽轮机设备也存在老化磨损现象。汽轮机转子、叶片等部件在高温、高压、高速旋转的工作环境下,长期承受机械应力

和热应力的作用,材料性能逐渐下降,出现疲劳裂纹、腐蚀等损伤。随着机组运行年限增加,这些老化磨损问题愈发严重,对汽轮机的安全运行构成潜在威胁<sup>[1]</sup>。

## 2.2 汽水系统泄漏

660MW机组汽水系统泄漏问题较为突出,对机组安全稳定运行构成威胁。锅炉中隔墙下集箱疏水管道泄漏是典型案例,机组运行中该管道在距离弯头左侧约5米处出现爆口,爆口呈断裂状,边缘减薄明显,经分析是后竖井中隔墙在省煤器进口集箱下部支撑处密封板存在空隙,导致两侧烟气形成烟气走廊,疏水管道侧面被烟气冲刷磨损所致。此类泄漏会导致机组停运检修,影响发电效率。高压加热器也存在泄漏情况。由于机组负荷变化快,热冲击大,U型管及关口焊缝受激烈温度交变热应力易损坏;操作不当,如温升率不理想,蒸汽进入管板和管束吸热不均产生巨大热应力,会使U型管变形;管内蒸汽含液滴冲刷明显,导致管壁变薄穿孔;给水入口端侵蚀、管子振动、化学腐蚀等因素也会造成泄漏。高压加热器泄漏会使端差升高、出口水温下降、汽侧水位满、抽汽管道冲击,严重影响机组运行经济性和安全性。汽水管道的损坏、爆破也时有发生。一旦泄漏,会造成人员灼伤、烫伤,还可能引发其他设备故障。如无法隔离泄漏管段,需联系汽轮机运行人员及时减负荷、启电泵,加强补水维持汽包水位正常,若无法维持则需停炉处理,这对机组的正常运行和发电任务完成造成极大干扰。

## 2.3 运行参数偏离设计值

在660MW机组运行中,运行参数偏离设计值的问题较为突出。以锅炉燃烧系统为例,在机组负荷处于不同工况时,锅炉效率普遍未达设计值。当负荷为660MW、500MW、400MW时,检修后锅炉热效率分别为93.213%、92.152%、91.920%,均低于设计预期。具体来看,排烟热损失较设计值高0.65%-1.86%,这主要是由于排烟温度高于设计值6.6℃-18.7℃所致。入炉煤质与设计煤种存在偏差,发热量、氢含量、水分含量等指标的差异,进一步影响了锅炉的燃烧效率和热效率。汽轮机方面,部分性能参数同样偏离设计值。在汽水系统运行中,蒸汽压力和温度的控制难度较大,导致实际运行参数与设计值存在偏差。过热蒸汽温度和再热蒸汽温度的控制,若仅依赖水煤比调节,在不同负荷下难以实现精确匹配,容易出现温度波动。省煤器区域改造虽旨在提升脱硝入口烟温,但实际操作中可能对汽水系统热量分配产生影响,使得蒸汽参数偏离设计范围。运行参数偏离设计值,不仅降低了机组的整体效率,增加了燃料消

耗,还可能对设备的安全运行造成潜在威胁。例如,过热器在低负荷运行时,冷却介质分布严重失衡,导致出口联箱温度异常升高,热偏差系数突破警戒值,加剧了设备的疲劳损伤,缩短了设备使用寿命<sup>[2]</sup>。

## 3 660MW 机组运行节能优化策略

### 3.1 设备状态监测与维护优化

(1) 精准监测是保障660MW机组高效运行的基础。对于锅炉低温再热器的磨损问题,借助先进的在线监测技术,利用高精度传感器实时采集管壁厚度数据,通过数据分析模型精准预测磨损趋势。在磨煤机系统中,综合运用振动监测与油液分析技术。对导向装置和铰轴装置的振动信号开展频谱分析,可精确判断其磨损程度与异常;定期对磨辊油液采样检测,分析金属颗粒成分与浓度,提前察觉磨损隐患。对于汽轮机转子和叶片等关键部件,采用超声波探伤和涡流检测等无损检测技术,周期性全面检测,及时发现疲劳裂纹和腐蚀迹象。(2) 依据设备运行状态与检测结果,制定个性化维护计划。对于磨损较快的低温再热器管道,适当缩短检修周期,可采用耐磨材料进行表面处理或更换高耐磨管材。针对磨煤机系统,根据部件磨损情况及时调整导向间隙,更换磨损严重的铰轴和磨辊。若汽轮机部件出现轻微损伤,及时修复处理,防止损伤扩大。(3) 通过建立设备状态数据库,整合设备运行参数、检测数据、维护记录等信息并深入分析,为设备全生命周期管理提供有力数据支持。实现从传统定期维护向基于状态监测的预知性维护转变,有效降低设备故障率,显著提高机组运行的可靠性和经济性。

### 3.2 汽水系统泄漏治理

汽水系统泄漏严重影响660MW机组的安全与经济运行,必须采取有效措施治理。针对锅炉中隔墙下集箱疏水管道泄漏问题,需从根源上解决烟气冲刷。在密封板空隙处采用新型耐高温、耐磨损材料封堵,阻止烟气形成走廊。对已泄漏管道,采用先进焊接修复技术,选用与管道材质匹配的优质焊接材料,由专业焊工按严格工艺修复,确保质量。修复后进行无损探伤检测,保证无缺陷。针对高压加热器泄漏,要优化机组运行操作。严格控制负荷变化速率,避免热冲击损伤U型管及管口焊缝。启动和停运时,精准控制温升率,确保蒸汽吸热均匀,减少热应力。采用抗冲刷性能更好的材料制作U型管,对管内蒸汽进行汽水分离,减少液滴冲刷。加强给水水质监测与处理,防止化学腐蚀。对于汽水管道的损坏和爆破,需加强日常巡检,采用管道泄漏检测系统实时监测压力和流量变化,及时发现泄漏迹象。对易泄漏

部位,如弯头、焊缝等,采取加强防护措施,如增加壁厚、安装防冲蚀护罩。一旦发生泄漏,立即启动应急预案,快速隔离泄漏管段,紧急修复泄漏部位,最大限度降低对机组运行的影响,保障机组安全稳定运行<sup>[1]</sup>。

### 3.3 运行参数优化调整

运行参数的优化调整对提升660MW机组的运行效率和经济性至关重要。在锅炉燃烧系统方面,深入研究入炉煤质特性,根据煤质变化实时调整燃烧策略。利用先进的煤质在线检测设备,实时监测入炉煤的发热量、氢含量、水分含量等指标,通过燃烧优化控制系统自动调整燃烧器的配风比、煤粉浓度等参数,使燃烧过程更加充分、稳定,提高锅炉热效率。针对排烟温度过高问题,优化锅炉受热面的吹灰策略,增加吹灰频次或采用更高效的吹灰技术,清除受热面积灰,降低传热热阻,降低排烟温度。在汽轮机运行方面,优化蒸汽参数的控制。通过优化水煤比调节逻辑,结合先进的控制算法,实现过热蒸汽温度和再热蒸汽温度在不同负荷下的精确控制,减少温度波动。对省煤器区域改造后的汽水系统热量分配进行精细化调整,通过调整给水流量、蒸汽旁路等手段,使蒸汽参数回归设计范围。在机组负荷调整过程中,采用先进的负荷预测技术,提前调整设备运行参数,使机组平稳过渡到目标负荷,避免因负荷突变导致参数大幅波动。通过建立运行参数优化模型,综合考虑机组的热耗率、发电效率、设备寿命等因素,在不同工况下确定最佳的运行参数组合,并将其应用于实际运行控制中,实现机组运行的高效与经济。

### 3.4 余热回收利用

660MW机组在运行过程中产生大量余热,对其进行有效回收利用可显著提高机组的能源综合利用效率。在锅炉尾部烟道,安装高效的余热回收装置,如热管式空气预热器。利用锅炉排烟余热加热进入炉膛的冷空气,提高空气预热温度,降低排烟温度,同时提高燃烧效率。通过合理设计热管式空气预热器的结构和参数,

使其适应不同工况下的余热回收需求。在汽轮机排汽方面,采用吸收式热泵技术回收排汽余热。将汽轮机排汽的热量传递给吸收式热泵,通过热泵的工作原理,将低品位的余热提升为高品位的热能,用于加热生水或供暖等。在余热回收过程中,对回收的热量进行合理分配和利用。根据机组自身的用热需求和外部供热需求,通过热交换器和管道系统,将余热精准输送到相应的用热环节。例如,将余热用于加热锅炉补给水,提高补给水温度,减少锅炉燃料消耗;将部分余热用于厂区供暖,替代传统的供暖设备,降低能源消耗。通过建立余热回收利用系统的运行监控与优化平台,实时监测余热回收装置的运行参数和热量分配情况,根据实际需求对系统进行动态调整和优化,确保余热回收利用系统高效稳定运行,进一步挖掘机组的节能潜力,提升机组的整体经济效益和环境效益<sup>[4]</sup>。

### 结语

综上所述,660MW机组运行节能优化意义深远。通过对设备状态监测与维护优化、汽水系统泄漏治理、运行参数优化调整及余热回收利用等策略的有效实施,可显著改善机组运行现状。不仅能降低设备故障风险、减少能源浪费,还能提高机组运行效率与稳定性。未来,应持续关注新技术应用,不断完善节能优化策略,进一步挖掘660MW机组节能潜力,推动电力行业朝着高效、绿色方向持续迈进。

### 参考文献

- [1]高全圣,代炜.660MW超临界机组相变换热器运行优化研究[J].电力设备管理,2023(11):262-264.
- [2]邹加文,武森,杨会彬,等.660MW机组制粉系统节能优化[J].电力设备管理,2024(7):242-244.
- [3]牟思武.660MW燃煤火力发电机组启停及运行优化技术研究[J].电脑校园,2024(24):115-117.
- [4]刘法志,李沙,吴桂福,等.660MW超临界机组对冲燃烧锅炉节能优化调整研究[J].节能,2021,40(7):32-36.