

660MW汽轮机组节能降耗运行实操探索

马鹏

国家电投集团贵州金元茶园发电有限责任公司, 贵州 毕节 551800

DOI:10.61369/WCEST.2026040021

摘 要 : 660MW 汽轮机组是火力发电行业主力机型, 机组长期带负荷连续运行, 设备损耗偏大、辅机能耗偏高、运行参数偏离设计值等问题普遍存在, 直接造成机组供电煤耗、厂用电率居高不下。为有效控制发电能耗、降低生产运营成本, 提升机组经济运行水平, 本文结合现场机组运行工况, 梳理机组日常运行中的能耗异常问题, 从主参数优化、辅机运行调整、系统工况匹配、设备运维管控等多个实操维度, 探索适配 660MW 汽轮机组的节能降耗运行措施。结合现场调试经验与实操数据优化运行方式, 规范机组启停、日常调峰、负荷调整操作流程, 切实降低机组综合能耗, 为同类型机组节能运行提供可落地的实操参考。

关 键 词 : 660MW 汽轮机组; 节能降耗; 运行优化; 实操调整

Exploration of Energy Saving and Consumption Reduction Operation for 660MW Steam Turbine Units

Ma Peng

National Power Guizhou Jin Yuan Tea Garden Power Co., Ltd., Bijie, Guizhou 551800

Abstract : 660MW steam turbine units are the main models in the thermal power generation industry. These units operate under load continuously for a long time, resulting in significant equipment losses, high auxiliary machine energy consumption, and deviations from design values in operating parameters. These issues directly lead to high coal consumption for power supply and high plant power consumption rates. To effectively control power generation energy consumption, reduce production and operation costs, and improve the economic operation level of the units, this paper, based on the actual operation conditions of the units, sorts out the abnormal energy consumption problems during daily operation of the units. It explores energy-saving and consumption-reduction operation measures suitable for 660MW steam turbine units from multiple practical operation dimensions such as main parameter optimization, auxiliary machine operation adjustment, system operation condition matching, and equipment operation management control. Combining on-site debugging experience and practical operation data, it optimizes the operation mode, standardizes the operation procedures for unit start-stop, daily load adjustment, and load adjustment, and effectively reduces the comprehensive energy consumption of the units, providing practical reference for the energy-saving operation of similar units.

Keywords : 660MW steam turbine unit; energy saving and consumption reduction; operation optimization; practical adjustment

引言

火电行业节能减排管控力度不断加强, 火电企业降本增效压力越来越大, 660MW 超临界汽轮机组是我国燃煤发电的主力设备, 机组运行经济性直接关系到火电企业的生产效益。机组长时间在电网深度调峰中频繁地启停运行, 使设备的运行状态不断远离最佳设计工况, 各种能耗损耗问题也逐渐累积起来。大部分电厂机组的运行操作仍沿用传统的经验方法, 参数控制粗放、设备运维不到位, 造成大量的无效能耗损耗。经过对机组实操运行模式进行优化, 细化设备调整参数, 完善操作流程, 可以有效地降低机组的煤耗、电耗、水耗, 使机组高效、稳定、经济地运行。

一、660MW 汽轮机组运行能耗偏高的现场实操问题

（一）主蒸汽与再热蒸汽参数控制偏差

660MW 汽轮机设计运行参数较高，在现场实际运行时主蒸汽温度、主蒸汽压力、再热蒸汽温度等会有些微的波动。电网负荷变化时段，机组变负荷操作速度控制不合理，蒸汽参数升降速度不能适应负荷变化的速度，造成蒸汽参数长时间在非额定区间内运行。部分时段为防止超温报警而降低蒸汽的运行参数，造成机组循环热效率下降。蒸汽参数过低会造成燃煤消耗增大，蒸汽参数频繁变化也会加大设备的热损耗，从而造成整个机组能耗不断上升。

（二）真空系统运行工况不稳定

凝汽器真空度是决定汽轮机组做功效率的重要工况参数，现场机组长时间运转之后，真空系统会存在轻微泄漏、管道堵塞、换热不良等状况。循环水进水温度偏高、循环水量调节不合理，造成凝汽器换热效率降低，机组真空度一直偏低。机组低负荷运行时真空泵运行方式不合理，单双泵切换时机控制不佳，造成真空泵无效耗电增大。真空系统工况不稳定，会增大机组排汽损失，减小汽轮机有效焓降，使机组供电煤耗升高^[1]。

（三）回热系统运行效率偏低

高压加热器是机组回热系统的重要设备，长时间工作后换热管道结垢、疏水调节不及时、端差增大等问题时有发生。加热器端差超大会造成回热换热不足，使给水温度达不到设计要求，锅炉吸热负荷增大，燃煤消耗量增加。部分机组疏水阀门调节精度不达标，疏水节流不畅或者泄漏回流，破坏回热系统工况平衡。回热系统中各个设备的运行匹配度不足，各级温度、压力参数衔接不畅，系统整体换热效率不断下降，机组循环能耗明显增大。

（四）辅机设备运行能耗浪费严重

机组配套的引风机、送风机、一次风机、循环水泵等辅机设备，运行能耗占机组厂用电比重较大。现场运行时辅机设备存在着恒速运行、冗余出力的问题，在低负荷工况下多台辅机一起满负荷运转，设备的出力远远大于实际需要。辅机变频调节利用率低，转速调节档位单一，不能根据负荷变化准确地调节出力。部分辅机设备轴承磨损、风道堵塞、滤网脏污，使设备运行阻力增大，自身能耗不断上升，造成厂用电率一直居高不下。

二、660MW 汽轮机组主系统节能实操优化措施

（一）精准调控主蒸汽与再热蒸汽参数

根据机组负荷区间的不同来制定出不同的参数控制标准，高负荷区严格控制在额定参数之内，不允许随意操作而降低参数。中低负荷区根据机组设备状态，对蒸汽温度、压力进行合理的修正，使参数处在高效运行区。改善机组变负荷操作过程，对升降负荷速度加以约束，协调好锅炉燃烧的调节速度，削减蒸汽参数出现较大起伏的情形。对过热器、再热器壁温进行有效监控，排除超温危险因素，力求使蒸汽参数保持稳定，改善机组循环热效率，从根源上降低燃煤耗费。

（二）优化凝汽器真空系统运行方式

定期开展真空系统查漏实操工作，对凝汽器喉部管道法兰阀门接口等容易发生泄漏的部位进行全方位的排查封堵，消除系统

泄漏隐患。根据季节水温变化调节循环水泵的运行台数和运行转速，冬季低温时段降低循环水泵出力，夏季高温时段合理增大循环水量，保持凝汽器换热效果。改善真空泵启停逻辑，低负荷工况单泵运转、高负荷工况双泵配合，防止真空泵一直处在冗余状态。通过精确调节保持机组最佳真空度，减小排汽热损失，提高机组的做功能力。

（三）提升回热系统运行换热效率

建立高低压加热器定期维护制度，按期清除加热器换热管路的结垢、杂质，疏通堵塞的管路，减小换热端差。严格控制加热器水位的运行范围，防止出现水位过高或者过低的情况，保证疏水换热过程的畅通无阻。定期对疏水调节阀、泄压阀等设备进行校验，及时更换老化泄漏部件，防止疏水异常回流造成的节流损失。统一调节各级回热设备的运行参数，使各级给水温度逐级稳步提高，充分利用抽汽热量，减少锅炉热源的消耗，提高机组的回热循环效率。

（四）优化给水与凝结水系统运行工况

根据机组负荷的变化准确地调节给水泵的运行方式，高负荷时采用双泵并运模式，中低负荷时切换到单泵变频调节，防止给水泵长期处于满负荷状态造成不必要的冗余出力。定期清理凝结水滤网，排查凝结水泵运行异常振动、压力波动等问题，保证凝结水系统正常运行。对凝结水流量调节逻辑加以改善，使之适应于机组抽汽、给水需求，进而削减系统里的节流损失和无效能耗。采用系统工况精细化控制来降低水系统辅机能耗，提高机组整体运行经济性^[2]。

三、机组辅机设备节能降耗实操优化策略

（一）风烟系统设备精细化调节

根据锅炉燃烧工况实时调节风烟系统运行参数，合理控制炉膛风量风压，防止过量送风造成风机能耗浪费。充分利用辅机变频调节的优势，根据机组的负荷、烟气量的变化来调节引风机、送风机、一次风机的转速。低负荷工况减小风机出力来适应实际的燃烧要求，防止设备一直保持恒速高耗运转。定期清除风道积灰堵塞，对风机叶片进行检查并查看有无磨损现象，减小设备运行阻力，降低风烟系统整体厂用电消耗。

（二）循环水系统运行模式优化

根据环境温度、机组负荷、凝汽器端差数据来制定循环水泵的最佳运行方案。春秋低温负荷平稳时段用单台循环水泵变频运行模式。夏季高温高负荷时用双泵联动运行保证换热效果。冬季极低负荷时段，再减小水泵的运行转速，控制无效能耗。定期对循环水管道及冷却塔填料进行杂物清理工作，提高循环水的散热效果，减少水资源浪费和设备能耗损耗，使循环水系统达到经济运行的目的。

（三）脱硫脱硝辅机节能管控

根据机组燃煤硫分和烟气量的变化，调节脱硫系统浆液循环泵的运行台数及出力，防止出现固定模式满负荷运行的情况。改善脱硝喷氨调节逻辑，准确调控喷氨量，削减氨逃逸情况，缩减脱硝系统运行损耗。定期清理脱硫脱硝设备堵塞部件，查找系统泄漏故障，保证辅助系统正常运转。满足环保达标排放标准的前提下，尽量减小辅机无用出力，降低环保系统设备能耗，降低机

组整体用电损耗。

（四）落实辅机设备定期运维保养

建立辅机设备日常巡检保养制度，对风机、水泵、电机的轴承温度、振动、电流等参数每天进行检查，发现问题立即处理。定期对辅机设备进行润滑、紧固、清灰、检修，消除设备运行阻力和故障隐患。及时更换老化低效的设备部件，维修泄漏、堵塞故障，保证辅机设备一直处在最佳运行状态。采用精细化的运维方式可以减小设备的故障能耗，从而达到辅机系统长效节能运行的目的^[3]。

四、机组启停与调峰工况节能实操优化

（一）规范机组启停节能操作流程

对机组冷态温态热态启停的操作标准进行优化，根据不同的设备、不同的工况，对暖机时间、升温升压速率做不同的规定，防止由于暖机时间过长而造成热量的浪费。启停阶段调节疏水阀门开闭时间，及时关掉无效疏水，降低蒸汽热量损失。启停时精确安排辅机启停顺序，禁止辅机提前空载长时间运转。严格控制启停阶段燃油消耗和厂用电消耗，减少无效的操作步骤，压缩机组启停阶段的能耗损失，提高启停工况的经济水平。

（二）优化深度调峰负荷调整方式

机组进行深度调峰时，采取稳步缓降的负荷调节方式，严格控制变负荷速率，保证机组参数可以平稳地控制。低负荷运行时改变配风配煤方式，保证炉膛稳燃，减小过量空气系数，减少排烟热损失。对汽温调节逻辑进行合理的调整，防止由于低负荷时汽温变化大而造成能耗增加。杜绝低负荷工况下设备的冗余运行，及时停止备用辅机设备的运行，使调峰工况下煤耗和厂用电率尽可能低。

（三）严控低负荷工况能耗损耗

当机组长时间处于低负荷运行状态时，需重点管控排烟温度、给水温度、真空等参数的变化，通过及时调整运行方式，抵消低负荷工况下产生的能耗增量。改善低压缸的工作状况，防止低负荷鼓风摩擦损失过大。针对低负荷工况对回热系统辅机系统运行方式的特殊要求，调节回热系统辅机系统运行方式，降低系统节流损失和无效耗电。对全方位工况进行微调，提高低负荷机组的效率，缩小高低负荷工况的能耗差，提高机组全负荷段运行的经济性^[4]。

五、机组节能运行配套实操管控措施

（一）建立参数精细化监控制度

依靠机组 DCS 系统创建能耗参数的实时监控体系，主要对蒸汽

参数、真空度、端差、煤耗、厂用电率等重要指标进行监测。安排专人定时对参数变化的趋势进行比对，及时发现参数偏移的异常波动。创建参数偏差整改机制，一旦出现运行参数脱离最佳区间的情况，则立刻展开操作调整以及设备排查工作，从而保证机组一直处在最优化的状态中，从日常监控的角度来控制能耗水平。

（二）规范岗位标准化操作流程

根据机组设备特点和现场实际操作经验，编写出 660MW 机组节能标准化操作手册，统一启停操作、变负荷调节、参数调节、辅机切换操作标准。杜绝操作人员凭经验随意调节设备参数的现象，削减由于人为操作所造成的能耗损耗。定期组织岗位实操演练，提高操作人员的节能操作能力，规范全员的操作习惯，使节能运行措施落实到日常岗位工作中。

（三）落实设备隐患常态化排查

编制机组节能隐患排查清单，主机、辅机系统、管路、阀门等全部设备点位均包含在内。常态化地对泄漏管路、堵塞、设备老化、参数异常等可能产生的能耗隐患进行排查，并形成隐患台账，并且做好闭环整改工作。注重对微小的缺陷和异常工况及时进行处理，防止小问题发展成大问题，使机组能耗不断上升。依靠常态化隐患治理来保证机组设备完好率和系统运行稳定性，为节能降耗设备打下基础。

（四）强化班组节能绩效考核管控

将机组煤耗、厂用电率、水耗等能耗指标融入到班组绩效考核体系中去，对各个岗位的能耗负责作出细化的规定。设置节能专项考核指标，量化的方式对参数精准调控、设备优化操作、隐患排查整改效果进行考核。奖惩分明，激励班组人员积极做好节能操作，发现并上报能耗异常问题。依靠制度约束和正向激励，调动全员节能工作的积极性，营造出常态化节能运行的工作氛围^[5]。

六、结论

660MW 汽轮机在日常运行中出现的参数偏离、工况不稳定、辅助机冗余输出不足、操作不规范等实际操作问题，是造成机组能耗高的主要因素。精准控制蒸汽参数来改善真空和回热系统的工作状况，细化辅机设备的运行调节方法，规范机组启停、深度调峰的操作流程，可以有效地降低机组的煤耗、厂用电率和水耗。精细化参数监控、标准化操作管控、常态化隐患排查与绩效考核可以全面巩固节能降耗效果。整套实操优化方案符合现场生产实际，具有很强的可操作性，可有效提高 660MW 汽轮机组全负荷段的经济运行水平，促进火电企业节能降本、高效稳定运行。

参考文献

[1] 权星军, 万忠海, 陈显辉, 等. 660MW 超临界汽轮机通流改造后阀门滑压运行优化调整 [J]. 汽轮机技术, 2022, 64(5): 377-380.
[2] 马锋, 张精桥. 660 MW 高位布置汽轮机给水系统可靠性提升与应用 [J]. 能源科技, 2023, 21(5): 57-60.
[3] 折利军. 660MW 超临界汽轮机节能降耗方法优化 [J]. 电气技术与经济, 2024(9): 240-242.
[4] 黄永建. 660MW 超临界汽轮机通流改造后阀门滑压运行优化调整研究 [J]. 电脑采购, 2022(35): 67-69.
[5] 罗志强. 超临界 660MW 汽轮机节能提效改造探究 [J]. 电力设备管理, 2025(22): 271-273.