

浅谈660MW超临界燃煤机组集控运行节能降耗措施

陈 强

中国华电集团贵港发电有限公司 广西贵港 537110

摘 要：本文分析了660MW超临界燃煤机组集控运行的现状，指出了存在的问题，并从优化燃料系统运行、提高锅炉热效率、增加汽轮机内效率、辅机节能改造等方面，提出了具体的节能降耗措施。通过案例分析，证明了这些措施能够显著提高机组运行效率，降低煤耗，为火电企业的节能减排提供了参考。

关键词：660MW超临界燃煤机组；集控运行；节能降耗；运行优化

引言

随着国家节能减排政策的不断深化，火力发电企业面临着前所未有的节能降耗压力。在“碳达峰、碳中和”目标下，火电行业必须加快节能减排步伐，提高能源利用效率，实现绿色低碳发展。660MW超临界燃煤机组作为目前火电领域的主力机型，其节能降耗潜力巨大。集控运行作为现代火电厂的核心，直接决定着机组的运行效率和经济性。

一、660MW超临界燃煤机组集控运行现状

（一）集控运行系统构成

660MW超临界燃煤机组集控运行系统主要由DCS（分布式控制系统）、DEH（数字电液调节系统）、MIS（管理信息系统）等组成。其中，DCS负责锅炉、汽机、电气等主要设备的监控和调节；DEH负责汽轮发电机组调速、调压、调功率等过程控制；MIS负责生产管理、能耗统计、绩效考核等功能。这些系统互联互通，共同构成了机组集控运行的“神经中枢”^[1]。

（二）现有集控运行模式及问题

目前，660MW超临界燃煤机组集控运行主要采用“平均分配负荷”和“经验派令负荷”两种模式，这两种模式存在若干问题。首先，现有模式未能充分考虑机组特性差异，导致总体效率不高。其次，现有集控系统缺乏必要的在线优化功能，无法适应多变工况，运行经济性难以保证^[2]。再者，现有模式对燃料掺配和燃烧优化重视不足，燃料利用率不高，影响节能减排效果。此外，电厂大量辅机如引风机、给水泵等普遍采用额定工况设计，运行调节不灵活，部分工况效率偏低，节能潜力有待挖掘。因此，为提升660MW超临界燃煤机组运行

效率和经济性，亟需对现有集控运行模式进行优化改进，充分挖掘节能降耗潜力。

二、集控运行节能降耗措施

（一）优化燃料系统运行

燃料成本约占电厂总成本的70%，是节能降耗的重点领域。优化燃料系统运行需要从燃料采购、掺配、输送、燃烧等环节入手，采取系统性措施。建立燃料智能掺配模型，利用多目标优化算法，在保证燃料品质的同时降低成本；优化制粉系统，采用变频调速技术，提高磨煤机运行效率；实施燃烧优化控制，利用在线烟气分析和红外测温等手段，调整燃烧参数，降低污染物排放，提高燃烧效率。通过综合采取以上措施，可有效降低燃料成本，提高机组效率。

（二）提高锅炉热效率

锅炉热效率直接影响发电煤耗，提高锅炉效率是节能降耗的关键。优化锅炉水质，建立严格的水质标准，采用先进的水处理工艺，确保水质达标；强化锅炉清洁，定期开展水冲洗和化学清洗，去除水、烟侧受热面的结垢和积灰，提高传热效率；减少气体流失，优化锅炉密封，采用整体式炉墙等先进技术，加强汽水系统泄漏治理，从而降低气体流失率。某电厂通过锅炉补给水系统提标改造、高压水冲洗、泄漏治理等综合措施，锅炉效率得到显著提升。

（三）增加汽轮机内效率

汽轮机是机组的动力心脏，其内效率的高低直接影响发电效率。优化真空系统，提高汽轮机排汽真空度，可有效降低背压，提高循环效率；改进汽轮机启停操作，优化冲转和升速曲线，减少启动能耗，缩短停运时间；加强汽轮机状态监测，利用在线振动、位移、温度

等参数，建立故障诊断模型，及时发现和处置汽轮机性能恶化问题。某600MW机组通过真空度提高1kPa，发电煤耗下降1g/(kW·h)，充分体现了汽轮机优化的节能效果。

(四) 辅机节能改造

除了锅炉、汽轮机主设备，电厂还有大量的辅机设备，如引风机、给水泵、冷却塔风机等，它们消耗了机组10%左右的电量，节能潜力巨大。对引风机实施变频改造，采用变频调速取代传统的变桨调节，可显著降低能耗；对除灰、循环水等系统的电机进行普查，淘汰低效电机，采用高效节能电机，可提高输出功率，降低电耗；对冷却塔风机实施无级调速改造，根据环境温度、负荷变化，实现风机的无级调速，避免频繁启停，减少能量损失。某电厂通过对辅机系统的系统节能改造，辅机耗电率降低0.42个百分点，节能效果显著。

随着660MW超临界燃煤机组运行节能需求不断提升，建立锅炉与辅机协同集控平台成为提高系统整体能效的关键突破方向。传统锅炉与辅机各自独立调控，导致响应滞后和能耗冗余，难以实现负荷精准匹配和机组整体最优运行。协同集控系统通过统一的数据采集、智能算法决策与实时控制，将锅炉燃烧参数（如主蒸汽温度、压力、燃料配比）与各辅机运行状态（风量、水量、启停顺序）有机整合，形成一体化运行策略。例如，平台可基于锅炉当前负荷、燃料品质及环境参数，动态调整送引风机流量，实现锅炉燃烧效率与辅机能耗同步最优。下表展示了某660MW机组锅炉与辅机协同控制平台

投运后的主要运行指标变化：

指标名称	协同前数值	协同后数值	改善幅度 (%)
主蒸汽温度稳定性 (°C)	± 4.7	± 2.1	55.3
主蒸汽压力稳定性 (MPa)	± 0.39	± 0.15	61.5
燃料消耗率 (tce/GWh)	340	328	3.5
辅机综合能耗 (kWh/日)	52560	48480	7.8
联网响应时间 (s)	16	7	56.3

锅炉与辅机协同集控可显著提升主蒸汽参数稳定性与响应速度，优化燃料消耗与辅机能耗。机理分析显示，协同平台综合实时主机负荷与各辅机能耗反馈，采用多目标优化算法，动态分配负荷并同步调整关键设备运行点。具体能效提升可用以下公式描述：

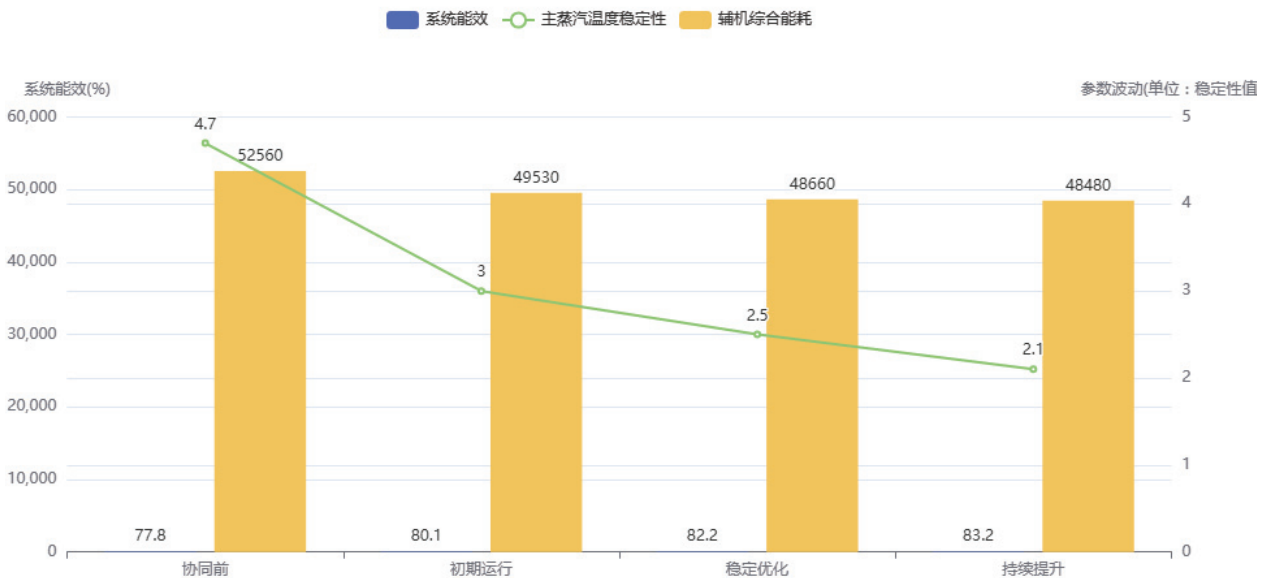
$$\eta_{\text{sys,coop}} = \frac{W_{\text{steam}} + \sum_{i=1}^n W_{\text{aux},i}}{Q_{\text{fuel,actual}}}$$

其中， $\eta_{\text{sys,coop}}$ 为协同控制下的系统综合能效， W_{steam} 为锅炉主蒸汽输出功， $\sum_{i=1}^n W_{\text{aux},i}$ 为各辅机输出功之和， $Q_{\text{fuel,actual}}$ 为锅炉实际燃料输入热量。以实际运行值计，锅炉主蒸汽输出功（700,000kWh），辅机输出功合计（46,500kWh），燃料消耗等效热量（900,000kWh），则系统能效为：

$$\eta_{\text{sys,coop}} = \frac{700,000 + 46,500}{900,000} = 0.832, \text{ 提升至 } 83.2\%$$

协同集控平台建设带来的能效提升趋势可用下列折柱混合图进一步说明：

锅炉-辅机协同集控平台运行前后能效及主参数指标变化



锅炉-辅机协同集控平台通过统一调度与数据整合,提升了主蒸汽参数的稳定性,有效降低了系统总能耗,显著改善了机组响应速度和整体运行效率。在促使超临界燃煤机组实现深度能耗优化与智能化转型方面发挥着日益重要的作用。

三、案例分析与效果评估

某660MW超临界燃煤机组通过实施上述节能降耗措施,机组运行效率和经济性得到显著提升。

在燃料系统优化方面,采用燃料智能掺配模型,月度掺配煤热值提高250kJ/kg,折合节约标煤0.8万吨/年;对制粉系统实施变频节能改造,磨煤机电耗下降10%,年节电150万度。

在锅炉系统优化方面,补给水系统提标改造,锅炉热效率提高0.4个百分点;采用高压水冲洗,锅炉对流受热面热阻下降18%;强化汽水系统泄漏治理,气体流失率控制在1%以内。锅炉效率由原来的93.2%提高到94.1%。

在汽轮机系统优化方面,真空系统改造使汽轮机背压降低0.5kPa,相当于发电煤耗降低0.8g/(kW·h);优化启停曲线,汽轮机冷启动蒸汽消耗减少20%;加强状态监测与故障诊断,避免2次非计划检修,机组利用小时提高150h。

在辅机系统节能改造方面,引风机变频改造年节电320万度,高效电机替代平均节电率6%,冷却塔变频节

能改造年节电140万度,辅机耗电率降低0.42个百分点。

经过一年的运行,该机组发电煤耗降至285g/(kW·h),与改造前相比下降8g/(kW·h),年节约标煤2.4万吨,节能效益显著。供电煤耗进入同类机组先进水平,机组经济性和市场竞争力显著增强。

结语

综上所述,660MW超临界燃煤机组集控运行节能降耗是一项复杂的系统工程,需要从燃料、锅炉、汽轮机、辅机等多个环节入手,统筹考虑,优化组合,才能达到事半功倍的效果。在燃料系统,应加强燃料的精细化管理,从源头提高煤质,优化燃料掺配和燃烧控制,提高燃料利用率;在锅炉系统,应强化受热面清洁,加强水汽品质监测,减少气体流失,提高锅炉热效率;在汽轮机系统,应优化真空系统,改进启停曲线,加强状态监测,提高汽轮机可靠性和经济性;在辅机系统,要积极推动变频调速、高效电机等节能新技术,降低厂用电率。

参考文献

- [1]程义君.浅谈660MW超临界燃煤机组SCR法烟气脱硝系统控制策略[J].大科技,2013(16):277-278.
- [2]李博,袁红美.660MW超临界燃煤机组滑参数停机探讨及应用[J].中国设备工程,2019(21):177-178.