

## 火力燃煤电厂集控运行节能优化研究

张力

江苏淮阴发电有限责任公司, 江苏 淮安 223001

**[摘要]**目前大多数火电厂存在能耗水平较高, 主机效率不稳定、集控系统的协调性能欠佳的问题, 致使燃料利用率较低以及辅助动力损失较多。对火电厂开展节能优化的研究有着非常重要的意义, 这不仅仅可以节约燃料, 降低运行成本, 提升经济效益; 而且可以优化能源利用率, 削减污染排放, 促进电厂的安全、可靠与环保运行。文章基于能源优化管理的理念并提出了运行参数优化、集控节能监控、模型算法的应用等措施。可作为火电厂开展节能管理和智能运行的借鉴。

**[关键词]**火力燃煤电厂; 集控运行; 节能优化

DOI: 10.33142/hst.v8i12.18444 中图分类号: TM621 文献标识码: A

### Research on Energy-saving Optimization of Centralized Control Operation in Coal-fired Power Plants

ZHANG Li

Jiangsu Huaiyin Power Generation Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu, 223001, China

**Abstract:** Currently, most thermal power plants suffer from high energy consumption levels, unstable main engine efficiency, and poor coordination performance of centralized control systems, resulting in low fuel utilization rates and significant losses in auxiliary power. The research on energy-saving optimization of thermal power plants is of great significance, as it can not only save fuel, reduce operating costs, but also enhance economic benefits; Moreover, it can optimize energy utilization, reduce pollution emissions, and promote the safe, reliable, and environmentally friendly operation of power plants. The article is based on the concept of energy optimization management and proposes measures such as optimizing operating parameters, centralized control and energy-saving monitoring, and the application of model algorithms, which can serve as a reference for energy-saving management and intelligent operation in thermal power plants.

**Keywords:** thermal coal-fired power plants; centralized control operation; energy-saving optimization

#### 引言

火力燃煤电厂是我国电力行业的主要构成部分, 肩负着满足社会用电需要以及维持电网可靠运转的重要使命。但是面对日益增高的能源价格和严格的环保政策, 火电厂的实际工作中存在耗能量大、机组效率不稳定和整体系统衔接不佳等情况, 使得火电厂增加生产开支的同时也给生态环境与绿色发展带来压力。以往的人工控制与经验调整的办法不能够有效的发挥锅炉、汽轮机以及附属动力装置的最佳能力水平, 造成燃烧物消耗过多、能量流失严重的情况发生。而近年来 DCS 控制系统和 ems 系统的应用, 则使火电厂具备了高度自动化的集中控制系统, 可以及时对各种机器加以调节并对机器的工作情况加以记录分析的特点, 为火电厂的节能量化提供了技术支持的基础条件。因此, 在此基础上探究火力燃煤电厂集控运行下的节能优化有着非常深远的意义。通过对电厂能源损耗状况和主要机器功效以及集控系统的运作特征加以考察, 并借助能量节约优化管理的相关知识, 探讨运行参数调整、以集控为基础的节能监视和模型算法的设计等方面的措施, 能够在保障可靠稳定运转的基础上节约能源, 减少燃料和辅助动力方面的消耗量, 取得经济价值和环境价值方面的双重胜

利。本文的研究工作希望能够为火力燃煤电厂的节能管理工作提供理论支撑和现实指南, 促进电厂朝智能化、高效化和绿色化发展。

#### 1 火力电厂集控运行的特点

火电厂集控运行技术高度集成化、自动化以及智能化, 在计算机及自动装置的帮助下可以对各运行单元实行自动化的监视、控制等, 大大降低了人为操控以及由此带来的失误概率, 提升了机组运行的可靠程度以及稳定性。而且集控运行技术具有很强的遥控功能, 控制中心随时了解电厂运转情况并且可以远距离调控电厂运行参数以及控制机器运行, 保证了电厂的安全发电、平稳运行。其基于强大的数据采集系统的支持之上, 对各方面的运行参数即时收集、计算, 为现场值班人员提供精准的运行状态分析及参考方案。系统监视性能优越, 可在线检测各单元并对其故障诊断, 对电厂存在的隐患及时排查解决以确保电厂的安全可靠运行。最后集控技术具有良好的故障自启动功能, 可以自动隔离并重启机器设备上的故障部分, 降低断电几率, 提升整个机组的可靠性、可用率, 保证了火力发电厂的高效、稳定和安全运行。

## 2 火力电厂节能运行现状分析

### 2.1 电厂能源消耗现状

火力燃煤电厂在运行中的能耗属于电厂生产支出与环境污染的主要部分之一,与电厂经济效益与绿色发展息息相关。电厂的能耗主要由燃煤燃料耗费与辅助动力耗能还有热力系统损失等诸多方面构成,而煤炭作为最主要的能源投入,燃煤量决定了发电成本的高低和碳排放的多少。在整个火力电厂的厂区运行之中,锅炉的燃料燃烧效率,汽轮机的热效率,冷却水系统以及给水系统的情况都对电厂的能耗有着重要的作用。其中锅炉的燃料燃烧效率受燃料气化程度、送风量与排烟温度控制、磨煤输煤系统性能等因素影响较大;而汽轮机的不同负载工况下的热效率变化也导致发电单耗的燃料使用量有所不同;同时给水泵组、循环泵组和风机等一系列相关辅助动力机器的能耗及其负载调控情况同样影响着整体能耗大小<sup>[1]</sup>。在电厂集控系统 DCS 的监视下各设备的相关参数可以被及时记录并上传,但由于负载工况复杂、机器陈旧以及调控方案不够完善的原因,在线监测的机器能耗仍不稳定、不同机器间能耗分配也不尽合理,这意味着在电厂实际工作中机器的能耗情况尚有较大的改进余地,有必要对其能耗特征和变化规律加以探究并为日后节能降耗措施的制定提供参考。

### 2.2 主要能耗设备性能分析

火力燃煤电厂主要耗能设备有锅炉,汽轮发电机组,给水泵,循环水泵,引风机,离心风机等,它们的工作状况关系着整个电厂的能源损耗情况和发电能力。其中锅炉是电厂燃料能量转换的主体设备,它的燃烧、受热面传热、燃料制粉与输灰系统的工作特性决定了燃料能否得到充分利用、锅炉的热效率有多高。锅炉运转中出现的燃烧不良、受热面积灰腐蚀、送风量分布不合理等情况都会导致锅炉工作效率降低,进而引起燃料用量增大。而汽轮发电机组则是电厂能量转换的动力来源,它在不同负载下的机械效率,热效率不尽相同,一些老式机型在低负荷的时候效率会有大幅度下滑,单位发电量所消散的能量增多。此外汽轮机自动控制系统迟缓、动叶损坏、蒸汽参数的压力温度变化都会对机组产生不利影响。给水泵、循环水泵等次生动力装置为了保障锅炉和汽轮机正常工作需要耗费较多电量,它们的效能高低依赖于自身型号、负载状况、管网阻力大小以及配套电动机质量;引风机、离心风机等一系列风机设备的性能与风量调节方式紧密联系,它们的工作状态欠佳会造成额外的风机功率损失并恶化燃烧条件。

### 2.3 集控运行中存在的问题

对于火力燃煤电厂的集控式运行而言,尽管集控系统的使用 (DCS/EMS) 提升了机组设备的自动化程度及其监控力度,但是其在实际应用当中依旧存在着诸多不足之处,从而不利于能源利用率以及运行可靠性的维持。一方面,就各个设备的运转信息而言,即使当前集控系统可以对其进行及时地采集获取,但是却会受到传感器

测量精度、组网通讯状况以及历史数据库储存量等因素的影响而导致所监测到的部分运行指标无法进行精准化操控;另一方面,各设备间联合管控也往往会面临迟滞或者失衡的情况出现,如锅炉侧燃料供给量调整同汽轮机发电功率变化之间的延时、给水循环泵和冷却循环泵联动性较差的现象等,都会使得整个系统内能流分布不均而引起耗能波动加剧。再者,在线运控方案大多为经验值法或者是固定规则调度方式,缺少根据不同负载状况以及环境因素来进行及时调整的能力,因此便会导致有些情况下机器并不能处于最高效的工作状态之中。此外,值班员的操作习惯、告警反应以及参数设定经验的不同也会在一定程度上妨碍着系统的正常发挥。

### 2.4 节能潜力与优化空间评估

而对火力燃煤电站实际运行中的能耗状况、主耗能设备性能与集控运行业务等问题进行综合考察后,可以清晰地发现电厂在节能降耗方面仍有相当大的余地与挖掘潜力。锅炉、汽轮机和附属动力装置等机组在不同的负载水平和条件下所表现出的不同效能,导致了发电单耗尚有下降的空间,燃料燃烧、汽水系统和循环冷却水系统的能量分布不平衡和热量损失都意味着节能的可能性;控制系统尽管在信息反馈、机组运行监视和机器间协调等方面增强了管控能力,但由于其调节方案和参数选择并不能完全匹配变动负荷的要求,机器间的配合也尚未达到最理想的组合方式,因而仍有能量损失发生<sup>[2]</sup>。这说明,在深入理解机器的工作特性和能耗特性,充分运用系统运行记录的基础上,电厂的锅炉燃烧性能、汽轮机热效率、泵与风机工作效率乃至整个系统的协调性都有很大的节能空间。

## 3 火力燃煤电厂集控运行节能优化理论与方法

### 3.1 能源优化管理理论

对于火力燃煤电厂集控来说,能量优化管理系统理论就是关于它的节能运行以及合理利用能量最为根本的基础,它是基于系统化、规范化理念上的一种对燃料、热量、电能和辅助驱动力等的能量进行合理整合运用的一种方式,并以此来达到提高能源利用率,减少生产成本的目的。而它的核心思想就是要立足全厂的高度,把锅炉的燃烧性能、汽轮发电机的热效率、循环水和给水系统的性能指标、辅助设备如风机和水泵的耗电量等这些所有涉及到能量损耗的因素都纳入进来,进行统一核算和综合管控,建立能量供求关系、能量流和设备控制的闭合优化环路。在其实际使用过程中,能量优化管理系统理论要求注重能量消耗的监视检测和即时计算分析,通过持续性的采集记录热、功、物质量以及设备工况参数,并构建相应的模型来了解把握能量的使用状况;与此同时还要注意控制措施的合理性和可调节性,例如机组间的负荷调整、出力的划分、燃料量的配比、汽温汽压的选择确定以及辅助机械设备之间的相互配合等,在确保整个电厂可以安全可靠地工作的基础上使其能量利用率得到最大程度发挥。

### 3.2 运行参数优化方法

在火力燃煤电厂的集中控制系统中,运行参数优化法是达到节能量化指标的主要技术手段,主要是通过精准调控和优化锅炉、汽轮发电机组和相关附属动力设备的各项运行参数让整套机组在各个负荷水平上都能获得可靠而高效的运行方式。锅炉中燃料燃烧的相关参数主要有燃料量、供风量、火焰温度、炉内压力、煤粉细度及流速等,它们关系着锅炉燃烧状况、受热面积热能力和锅炉尾部排气温度,它们的优化调整能够提升燃料的燃烧效率减少热损失;汽轮发电机部分相关的参数有蒸汽压强、蒸汽温度、抽汽数量、汽轮转速和负荷分担比例等都影响着热能向机械能的转换效率和机械能转化为电能的效率,它们一旦设定不当就会造成汽轮机低负荷时的效能降低或者输出功率不稳定的现象出现,进而造成单发电量耗能增加。同理,附属的动力设备例如给水泵、冷却水泵、引风机、送风机等相关参数例如泵风机转数、流速、扬程高度、阀门开启度大小以及电动机功率匹配等也都占用了整套系统中较大的能耗份额,它们的优化同样可以节约电力并且有助于锅炉燃烧和汽轮机工作的稳定。在集中控制系统的帮助下借助设备间参数相互联系的数学表达式和控制策略,可以在全厂范围内统筹考虑锅炉燃烧、汽轮发电、给水供水量、循环水量、风机通风量等主要参数之间的相互配合,使得它们同时得到最优调节最大程度地提升了能量利用率。

### 3.3 基于集控系统的节能监控方法

火力燃煤电厂集控运行中的节能监控措施是以集控系统为基础的一种高效运行以及能源优化的有效方式,主要是以 DCS 和 EMS 系统为基础的实时监控,数据采集,控制功能来实现实时地对整个电厂的耗能情况进行智能化的管控。它不仅仅包含着对锅炉的燃烧情况,汽轮机的运转状态,给水循环水流量、泵风机的功率等方面实时观测,也包括对于烟气排放,蒸汽压力温度变化,燃料耗损率以及辅助动力使用等方面的数据持续计算,进而建立起全厂能耗可视化数据库,而节能监控系统的应用,则可以实现实时查看机器的设备运行状态,在线检测出锅炉燃烧不完全、汽轮机非经济性负荷工况、风机泵类设备超载等问题并提供运行趋势预测和报警提示,供运行值班人员参考决策<sup>[3]</sup>。此外还注重数据分析下的优化管理,通过运用以往历史运行数据和当前采集数据形成能耗模型和能效指标体系,比较不同运行方案并对其仿真模拟,从而完成机器设备参数和控制策略的适时调整。并且也可以结合节能监控的方法同机组运行参数优化,负荷分配和调节控制策略搭配起来,使得锅炉、汽轮发电组和相关附属机器协调工作,通过不断的反馈形成闭环不断改进能源利用率,减少燃料损耗和辅助动力损失。

### 3.4 模型与算法设计(如 PID 调节、模糊控制、优化算法等)

火电燃煤电厂集控运行节能优化中的模型与算法设

计是精细控制、智能节能的关键步骤,在于利用数学模型和先进控制算法规律优化锅炉、汽轮机及其附属动力装置的运行方式以提升能效水平并保证稳定可靠的工作状态。首先,精确的动态数学模型是对算法编制的前提,其中包含着锅炉燃烧模型、汽轮机热力性能模型、给水和循环水流道流量模型、风机泵类设备耗功模型等几种类型的子模型。通过对各类型机器之间参数间的相互影响的非线性关系、强耦合关系、时间延迟特性建立模型的方式可获得较为可信的预测与控制基础供后续优化算法使用;而在控制方面,常规的 PID 调节器可以通过闭环形式对锅炉出口蒸汽压力、温度、燃料供应量以及送引风机风量进行及时反应并迅速调整,达到稳定设备运转的目的,而模糊控制器则是通过构建模糊化规则表及相应的隶属函数来应对系统中固有的不确定性和高度的非线性、复杂的耦合性等问题,使得控制器策略选择更加灵活和健壮可靠<sup>[4]</sup>。除此之外,基于优化算法的模型预测控制 (MPC) 和遗传算法、粒子群优化以及其他类型的智能型优化算法,则可以在兼顾多个目标限制的前提下对于锅炉燃烧比例、汽轮发电机出力大小、辅助设备耗电量等方面做出整体寻优,完成多变量跨设备的综合协调。

## 4 结语

从对火力燃煤电厂集控运行节能优化的研究可以看出,准确调节锅炉、汽轮机以及附属动力机器设备的运行工况,配合集控系统在线监测以及人工智能算法的应用能够有效提高能量利用率,节约燃料用量,减少辅机动力损失。其优化后的控制方案应用于机组后,在线监测显示不但提高了各机器设备间的联动性,提升了机组整体的稳定水平,而且提高了机组应对负荷变动和突发状况的能力,有利于减小运行过程中的波动幅度,避免能量损失。这种将理论计算和自动控制技术相融合的办法对于火力燃煤电厂如何进行高效的、安全的绿色化生产提供了切实可行的操作手段,也为今后开展节能降耗管理、智能化运行提供了真实可信的数据依据和有力的技术支撑。

## [参考文献]

- [1]王冬梁.火力发电厂集控运行节能降耗技术措施研究[J].仪器仪表用户,2025,32(12):121-123.
- [2]胡继坤,杭明.火力发电厂集控运行过程节能降耗技术研究[J].科技资讯,2025,23(13):215-217.
- [3]杨刚.火电厂集控运行节能降耗技术研究[J].仪器仪表用户,2023,30(4):90-92.
- [4]张鸣立.火电厂集控运行中节能降耗技术探析[J].电力设备管理,2025(18):267-269.

作者简介:张力 (1976.9—),单位名称:江苏淮阴发电有限责任公司,毕业学校和专业:南京电力高等专科学校电厂热能动力工程。