

汽机集控运行优化对机组经济性的影响分析

张永超

电投绿能白城热电分公司, 吉林 白城 137000

DOI:10.61369/EPTSM.2026050026

摘 要 : 本文以汽机集控运行的基本原理为基础, 在对汽机集控运行全过程中的参数调节操作、辅机联调控制以及负荷变化调节三个方面进行分析的基础上, 指出了目前汽机集控运行过程中存在的参数调节精度不高、辅机之间的配合不佳、负荷调节响应慢等问题, 并提出了相应的改进措施。通过比较优化后的措施对于机组煤耗及厂用电率等主要经济技术指标的影响来说明汽机集控运行的操作优化能够有效提高机组的经济性, 从而证明了汽机集控运行的优化可以降低电厂的成本支出并增强机组的市场竞争力。研究结果表明: 针对汽机集控运行全过程的精细化改造可以使机组供电煤耗下降3.5 ~ 8.2g/kWh, 厂用电率下降0.3% ~ 0.8%, 大大提高了机组运行水平。

关 键 词 : 汽机集控; 运行优化; 机组经济性; 集控实操; 煤耗; 厂用电率

Analysis of the Impact of Turbine Centralized Control Operation Optimization on Unit Economy

Zhang Yongchao

Electric Investment Green Energy Baicheng Thermal Power Branch , Baicheng, Jilin 137000

Abstract : Based on the basic principles of steam turbine centralized control operation, this article analyzes the parameter adjustment operation, auxiliary machine joint debugging control, and load change adjustment in the entire process of steam turbine centralized control operation. It points out the problems of low parameter adjustment accuracy, poor coordination between auxiliary machines, and slow load adjustment response in the current steam turbine centralized control operation process, and proposes corresponding improvement measures. By comparing the impact of optimized measures on major economic and technical indicators such as coal consumption and plant power consumption, it is demonstrated that operational optimization of steam turbine centralized control operation can effectively improve the economic efficiency of the unit. This proves that optimizing steam turbine centralized control operation can reduce the cost expenditure of power plants and enhance the market competitiveness of the unit. The research results indicate that the refined transformation of the entire process of steam turbine centralized control operation can reduce the coal consumption of the unit power supply by 3.5–8.2g/kWh and the plant power consumption rate by 0.3% –0.8%, greatly improving the operation level of the unit.

Keywords : centralized control of steam turbine; operational optimization; unit economy; centralized control practical operation; coal consumption; plant power consumption rate

引言

随着电力行业市场化改革不断推进, 火电厂面临节能减排、降本增效双重挑战, 在此背景下, 汽轮机作为发电主要生产设备, 其集控运行操作水平直接影响到电厂经济效益以及市场竞争能力。汽机集控运行通过对于汽轮机各个系统、各种设备进行集中监控及统一指挥操作来达到对整个机组全过程的良好控制, 是保证汽轮机安全平稳运行的前提条件也是提高机组效率的重要途径。所以针对集控运行实际操作方面的改进措施进行探讨, 进一步剖析它给机组效率带来的影响, 寻求更加契合现场生产需要的集控运行方式, 这对降低火力发电厂的成本支出、增加收益并实现企业的可持续发展有着重要的现实指导作用。

一、汽机集控运行的现存运行问题

是从实际操作来看还有许多不足之处严重影响着机组的经济性, 主要有以下几个方面的问题。

目前我国大部分火电厂汽机集控运行已经实现了自动化, 但

第一是集控参数调节操作准确性不够。主蒸汽温度、压力以

作者简介: 张永超 (1984.04—), 男, 汉族, 辽宁省北镇市人, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 火电厂集控运行。

及凝汽器背压等重要运行参数超出正常范围,造成机组能耗上升主要原因之一就是集控参数调节操作准确性低。传统的集控系统所使用的PID控制方式具有一定的滞后性,在负荷变动的情况下,主蒸汽的压力调节需要3~5min的时间,会造成机组的热耗增加0.5%~1.2%,同时也会使排烟温度产生偏差达到20~30℃,加大了排烟损失,这些都是由于对集控系统的参数进行调节时的操作准确率较低造成的,未能根据实际情况及时调整控制方案^[1]。

二是辅机协同运行实操配合不畅。给水泵、循环水泵、引风机等辅机是集控运行协同控制的主要对象,在目前大多数发电厂中,这些辅机仍然使用定频方式工作,而集控室并未随负荷的变化及时调节其工作参数,造成辅机与主机之间负荷失配,大量电能白白消耗。辅机电耗占全厂总耗电量的60%以上,其中给水泵定频运行造成的节流损失高达15%~20%,说明在集控运行过程中对于辅机协同操作还有很大的提升潜力^[2]。

三是负荷调节实际操作方式不当。集控运行负荷调节的具体实施对发电机组性能有较大影响,在低负荷情况下,没有进行相应的优化措施使得机组处于较低效率状态运行,30%额定负荷下煤耗比满负荷高出了20~30g/kWh;并且在负荷切换的过程中,集控的操作不够细致容易引起参数的变化波动,不仅不利于机组的安全稳定运行而且会造成大量的能源浪费,说明目前的集控运行负荷调节的实际操作还存在较大的不足之处。

二、汽机集控运行优化的关键措施

(一) 运行参数精细化调控实操优化

参数调节是汽机集控运行操作的重要部分,直接影响到机组的能量转化率以及运行经济性,在节能减排、提高能源利用率方面起着重要作用。针对主蒸汽参数、凝汽器真空度、回热系统给水温度等主要影响能耗的因素进行分析,摒弃传统的单一固定调节方式,建立以数据采集、智能分析、自动调节为一体的精细化的操作方法^[3]。

采用自适应模糊PID控制方法,充分结合现场操作人员实际操作经验、机组以往运行记录以及当前运行状态信息,利用智能化计算方式对PID调节器进行自动整定,在实践上解决传统的PID控制反应迟缓、灵敏度低、稳定性差、精度不高问题^[4]。改进之后使得主蒸汽温度能够稳定在规定值 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围之内,主蒸汽压力也可以精确到规定值 $\pm 0.3\text{MPa}$ 范围内,从而降低汽流焓降损耗、热能损失和设备额外负担,保证发电厂一直保持良好工作状态^[5]。

优化凝汽器真空度集控实操措施,在此基础上增加环境补偿计算程序,准确构建环境温度、湿度对凝汽器真空度影响关系曲线图,在不同季节以及外界环境条件下能够自动调节循环冷却水量大小以及循环水泵频率高低。经过实际操作改进后使得湿冷机组凝汽器背压严格限定在夏季 $\leq 4.5\text{kPa}$ 、冬季 $\leq 3.0\text{kPa}$ 有效范围之内,大大减少汽轮机排汽损耗,提高发电厂对外供电能力和能源利用效率,深挖运行实践当中的节电潜能^[6]。

(二) 辅机系统协同运行实操优化

辅机系统是汽轮机组正常运行的基础,在整个机组中起着非

常重要的作用,它的运行情况直接影响到整个机组的能耗水平,也是集中控制下的联合调节需要重点关注优化的部分。目前辅机电耗占到了60%以上,通过对集控操作进行改进来提高辅机与主机之间的配合程度,从而减少辅机电耗、提高机组经济性是最主要的方法^[7]。

主要举措是进行辅机高压变频改造以及集控联动操作优化,在给水泵、凝结水泵、循环水泵等重要辅机上安装高效高压变频器,可以做到从零到一百连续调节速度,集控室可以根据机组负荷变动情况以及运行状况及时改变辅机转速,从根本上杜绝了恒定频率下产生的节流损耗以及额外耗电^[8]。实际应用表明:给水泵经过变频改造之后节电率在30%~40%之间,而凝结水泵的运行效率提高到了80%以上,大大减少了辅机电耗以及全厂用电支出^[9]。

同时改进集控室辅机启停操作方式,在辅机负荷与机组负荷之间建立联系,依据机组负荷大小、参数变化情况以及设备状况合理安排辅机开启台数及负荷分配方式,防止单个或者多个辅机长期处于低负荷、低效运行状态^[10]。比如当机组负荷大于等于75%时,在集控上直接启动磨煤机满负荷运行,使其发挥最大效率;每减少一台备用磨煤机使用量,则厂用电率可下降0.03~0.05%,通过对辅机系统的联合控制配合操作进行改善,提高辅机工作效率,节约厂用电。

(三) 负荷调整实操策略优化

负荷调节是汽机集控运行操作的主要环节,对不同的负荷工况下机组的经济性有较大影响,在满足电网调度的要求、考虑机组自身的特点以及实际的操作要求的基础上,制定合理的调节方案,解决低负荷时效率低下的问题及负荷切换时参数波动大的问题等。

建立负荷-压力-温度三维滑压曲线集控操作规程,在不同的机组负荷区间内,随着负荷的变化及时调节主蒸汽的压力、温度等参数。实际操作证明,在75%的额定负荷以内使用滑压运行的方式相比传统的定压运行方式可以降低约0.8%~1%的热耗率,有效的减少了蒸汽节流损失,提高了机组的做功能力,充分发挥了各个负荷区间的节能潜力。

采取等微增率负荷分配实际操作法,根据设备运行状况、能耗以及损耗情况来改进集控负荷分配策略,防止机组长期低负荷运行,保证机组年平均负荷大于等于75%,尽可能地发挥出机组高效率的优点,在低负荷情况下节约燃料。另外还要对机组启停集控的实际操作进行优化,使用滑参数启停的方法,严格把控蒸汽升温升压的速度,使蒸汽参数符合汽轮机金属温度的要求,降低设备的热应力损害,提高启停的速度,缩短启停的时间,减少启停时所消耗的能量和对设备造成的损耗,从而在实操上提升机组的整体效益。

三、汽机集控运行优化对机组经济性的影响分析

为了检验集控运行实操优化的实际效果,在A350MW超临界汽轮机上进行比较研究,主要从优化前后的机组主要经济技术指标的变化来体现集控运行实操优化对提高机组经济性的作用。如下表所示。

表1 350MW 超临界汽轮机组集控运行优化前后经济性指标对比

指标名称	优化前数值	优化后数值	变化量
供电煤耗 (g/kWh)	302.5	294.3	-8.2
厂用电率 (%)	6.2	5.4	-0.8
汽轮机热耗率 (kJ/kWh)	8150	7980	-170
凝汽器背压 (kPa)	5.2	4.3	-0.9
锅炉效率 (%)	91.8	92.6	+0.8
年节煤量 (t)	0	2860	+2860
年节约电费 (万元)	0	128	+128

(一) 降低机组煤耗，减少燃料成本

煤耗是评价汽轮机组效率的重要参数，在集控运行操作上进行改进可以降低能耗从而达到降低煤耗的目的。由表1可以看出，改造之后的机组供电煤耗从302.5g/kWh降到294.3g/kWh，降低了8.2g/kWh。以该机组年发电量为 3.5×10^9 kWh来计算，每年可节约燃煤2860吨；根据每吨标准煤价格为900元估算，每年可节省燃料成本约257.4万元。

以上优化成果来自于集控操作的有效实施：主蒸汽参数精确调节，减少蒸汽焓降损失；凝汽器真空度合理调整，降低排汽损失；回热系统实际操作改进，降低冷源损失。三个主要方面操作优化齐头并进，大大提高机组能量利用率，在源头上节约燃料，达到对燃料费用的良好管理。

(二) 降低厂用电率，减少电能消耗

厂用电率是衡量机组运行经济性的重要参数，直接影响到电厂盈利水平，在集控运行辅机联合操作优化上手后，机组厂用电率从6.2%降到5.4%，下降了0.8个百分点，根据年运行负荷以及电价计算，每年可以减少电费开支约128万元左右，大大降低了电厂运营成本。

提高效果主要体现在集控操作上手：给水泵、凝结水泵等辅机高压变频改造，从根本上抛弃固定转速下节流损失大运行方式，在负荷变化时能够及时调节电机转速，从而有效降低辅机电耗；对辅

机启停以及负荷分配进行集控操作优化，使辅机运行与机组负荷之间形成良好配合关系，防止备用辅机长期空转造成浪费，提高辅机整体工作效率。通过对集控操作两方面改进，不仅降低了厂用电率而且提高了发电量，有利于提升电厂经济效益水平。

(三) 减少设备损耗，降低运维成本

汽机集控运行实操精细化改进，通过对运行操作进行规范化、降低参数波动来减少设备损耗从而为电厂节约维护费用。优化之后汽轮机热耗率下降170kJ/kWh，机组运行可靠性提高，参数波动明显降低，可以防止由于参数偏差造成的设备超负荷运转以及磨损情况的发生；滑参数启停、负荷平稳调节等集控实操手段，减轻了对设备的热应力影响，减少了汽轮机叶片、汽缸等主要部件损耗，延长了检修间隔时间。

经过实际操作计算，改进之后的机组每年维护费用可以减少15%~20%，进一步压缩发电成本，提高机组经济性。而维护费用的下降又反过来促进集控运行的操作优化，保证了机组的安全平稳运行的同时也实现了对成本的有效控制。

四、结论

汽机集控运行实操优化是提高汽轮机组经济性的主要有效手段，在精细化参数调控、智能化负荷调节、协同化辅机控制三个方面进行改进和完善，对整个汽机集控运行过程中的实际操作方式加以改善，能够明显降低机组煤耗及厂用电率，减少设备损耗以及维修费用支出，达到节能减排、减支增效的目的。根据A350MW超临界机组的应用验证，集控运行实操优化之后，机组供电煤耗下降了8.2g/kWh，厂用电率降低0.8%，每年节省费用约400万元左右，可见对火电企业降本增效具有非常重要的作用。

参考文献

[1] 张克义. 火电机组汽机锅炉启动过程中的能耗控制技术优化 [J]. 科技与创新, 2026, (03): 161-163+166.
[2] 王杰, 冯存建. 6FA 燃机-汽机联合循环机组性能建模及优化实践 [J]. 自动化应用, 2025, 66 (21): 242-244+250.
[3] 邝伟贤, 白智中. 西门子9F级联合循环燃气机组汽机 DEH 冲转控制探究 [J]. 科技资讯, 2025, 23 (19): 91-93.
[4] 朱小强, 彭学, 潘振, 马玲峰. InPlant OTS 仿真平台在660 MW 机组汽机装置中的应用 [J]. 工业控制计算机, 2025, 38 (08): 86-88+91.
[5] 王瑞, 燕晓龙, 赵鑫. 基于智能算法的火电厂集控运行优化策略 [J]. 电子元器件与信息技术, 2025, 9 (08): 205-207.
[6] 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.
[7] 李东, 丁立平, 郑涛, 曹越. 供热机组增汽机改造方案能效分析 [J]. 热能动力工程, 2024, 39 (09): 175-182.
[8] 黄家达, 钟文斌, 高学生, 蒋晓红, 贾永. 压水堆核电机组汽机旁路调节阀降压结构选型分析 [J]. 阀门, 2024, (06): 699-702.
[9] 肖青云, 陈德. 一种背压机组耦合纯凝抽汽机组深度供热节能系统研究 [J]. 电站系统工程, 2024, 40 (01): 13-15.
[10] 王桂峰. 1000 MW 超超临界二次再热燃煤机组汽机旁路选型优化 [J]. 科技与创新, 2023, (17): 112-115.