

# 基于珠海发电厂的燃煤机组性能优化策略

刘宇<sup>✉</sup>

(广东省能源集团有限公司珠海发电厂, 珠海 519000)

**摘要:** [目的] 针对目前燃煤发电机组在电力市场竞争中, 相比其他类型发电机组处于劣势的现象, 以珠海发电厂情况为基础, 从机组本身的控制策略以及探索从外部设备改造来降低生产成本的途径, 提升机组性能和效率, 获取更大的经济效益。[方法] 结合目前火电技术的发展水平以及市场要求, 分别通过协调控制参数优化策略、加装储能系统以及供热改造三个方面进行可行性分析, 并列优化方式以及必要条件。[结果] 由目前这些技术在各个发电厂的实践结果得出, 根据机组实际情况选择上述对应方式进行优化, 能够显著提升机组性能, 降低发电成本, 提高机组的竞争力。[结论] 所讨论的优化策略能够切实有效的改善燃煤机组当前的窘迫境地, 不仅提高了机组在运行中的安全性和可靠性, 同时也能保证机组在激烈的市场竞争中占据一席之地, 对各燃煤机组有实际的指导意义。

**关键词:** 燃煤机组; 控制策略; 经济效益; 机组性能

中图分类号: TM611; TM621

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2020)S1-0078-04

开放科学(资源服务)二维码:



## Performance Optimization Strategy of Coal-fired Units Based on Zhuhai Power Station

LIU Yu<sup>✉</sup>

(Zhuhai Power Station of Guangdong Energy Group Co., Ltd., Zhuhai 519000, China)

**Abstract:** [Introduction] In view of the inferior position of coal-fired units in the power market competition compared with other types of power generating units, this paper, based on the situation of Zhuhai Power Plant, explores the control strategies of the units themselves and the ways to reduce production costs from the modification of external equipment, so as to improve the performance and efficiency of the units and obtain greater economic benefits. [Method] Combining to the current development level of thermal power technology and market requirements, feasibility analysis was carried out in three aspects: coordinated control parameters optimization, installation of energy storage system and heating converted project, and their optimization methods and necessary conditions were listed. [Result] According to the current practice results of these technologies in various power stations, it is concluded that the optimization of the above-mentioned methods according to the actual situation of the units can reduce the generation cost, significantly improve the unit performance and its competitiveness. [Conclusion] The optimization strategy discussed in this paper can effectively improve the current predicament of coal-fired units. It can not only improve the safety and reliability of the units in operation, but also ensure that the units occupy a place in the fierce market competition. It has practical guiding significance for all coal-fired units.

**Key words:** coal-fired units; control strategy; economic benefits; unit performance

为了保障电力系统的安全、稳定、经济运行, 适应电力市场化改革的要求, 各地都建立了相应的调频辅助市场机制, 以进一步调动发电企业提供辅助服务的积极性。以南方电网为例, 对发电企业的综合调频性能主要从调节速率、调节时间和调节精

度进行考量, 符合要求的发电机组才能进入调频市场参与调频服务的竞标。显而易见, 在符合电网要求的前提下, 机组的性能直接影响中标概率及后续带来的经济效益。本文将基于广东省能源集团有限公司珠海发电厂, 针对燃煤机组普遍存在的问题, 分析存在的优化途径, 以提高机组运行安全、可靠

性以及在电力市场中的竞争力。

## 1 三种优化途径

现今火力发电技术日趋成熟，控制理论不断完善，燃煤机组的优化手段有多种。但由于被控对象的数学模型极其复杂，或受限于机组条件，或受限于地理位置，并非所有方法都能取得良好的效果，因此接下来将介绍三种应用范围较广泛的优化途径。

### 1.1 协调控制参数

燃煤机组的主要控制对象包括锅炉、汽轮机等主要设备以及给水泵、磨煤机、送引风机等辅助设备，整个机组的运行性能与各设备之间的协调配合密不可分。目前，对燃煤机组的控制手段主要采用PID控制器的反馈闭环调节。设计人员根据机组设备设计时的额定参数，已预先计算出在不同工况下相应的设定值，当工况发生变化时，设定值发生变化，与实际值的偏差被送到PID控制器中，经过修正后将控制指令送到执行机构进行调节，使偏差缩小，达到变工况后设备在对应工况设定值运行的目的。珠海发电厂的两台亚临界机组由日本三菱公司生产，最初设计理想工况是保持在约90%稳定负荷能够达到最大经济效益，但机组在实际运行中需要根据中调的负荷指令随时变化工况，并且机炉协调被控对象的动态数学模型是高阶函数，锅炉存在大的迟滞和惯性，PID控制器的效果不尽如人意，由此产生一系列问题。

最普遍的问题是在调节过程中产生过调和振荡，消除扰动时间长。机组的负荷发生大幅度变化时，制粉、风量等辅机设备响应速度慢，直接导致机组蒸汽的温度或压力偏离设定值，无法保障机组安全运行。同时，负荷指令变化频繁<sup>[1]</sup>，控制系统下发的指令也频繁变化，引起机组燃料、给水、风量等变量反复变化，此时不仅蒸汽压力、温度等参数难以稳定，而且容易造成锅炉受热面管道受热来回变化，热应力频繁波动，受热不均，锅炉爆管概率大大增加。对于蒸汽温度的控制，珠海电厂的三级过热器都设置有两级减温器，能有效控制过热蒸汽温度，相比之下，再热汽温<sup>[2]</sup>的调节则棘手得多。其调节手段分为蒸汽侧和烟气侧，蒸汽侧调节依靠喷水减温调节，对设备冲刷磨损比较严重，因

而主要用于启动或事故工况；烟气侧调节以烟气挡板调节为主，改变火焰中心位置为辅，烟气挡板调节性能平稳，热冲击小，但改变火焰中心位置会影响过热蒸汽温度，调节范围有限，对于过热器与再热器间隔布置的锅炉不可采用此方法，否则严重影响过热汽温度调节。因此再热汽温度的有效调节手段主要靠烟气挡板调节，再加上调节的滞后，机械的卡涩等原因，再热汽温度的调节通常难以达到理想效果。上述问题不仅仅由于机组运行时间的增加，设备老化引起的响应速度变慢而导致控制系统的滞后性和惯性变大，更主要的原因在于PID控制系统本身是一个线性系统，而机炉系统是一个高阶非线性的多变量控制系统，限制了PID控制器对系统控制品质的改善效果<sup>[3]</sup>。

要解决这些问题，仅仅靠修改PID控制系统各环节参数是无法突破PID控制系统的局限性取得明显效果，可采用先进的控制技术对机组的控制进行优化。现今控制理论发展迅速，预测控制<sup>[4]</sup>、自适应控制、模糊控制等技术在火电机组的应用已比较成熟，国内已有多家研究所拥有自己开发的算法。这些先进控制理论简单说是从以下几个方面进行优化：一是将被控对象简化，将高阶大滞后大惯性的数学模型降阶或是用等效数学模型代替；二是对被控对象的参数进行实时采集反馈，和PID控制理论的区别是反馈并不与设定值比较产生偏差来进行调节，而是直接将采集的参数进行记录，在相同工况再次出现时根据历史记录相关设备提前进行响应，加快调节速度；三是对历史记录值进行补偿，根据历史调节过程超出调节预期的参数进行修正，提前增减调节量，避免在调节过程中产生超调和振荡，提高响应精度和稳定性，同时减少机组设备频繁动作，增加机组安全运行的保障。先进控制在火电厂应用的形式不一，可根据机组DCS系统条件选择直接增加控制逻辑或是使用外挂系统，其对比PID控制系统的优越性已得到验证，对机组的协调控制性能改善效果显著。

### 1.2 储能技术

电力储能技术在整个电网系统中占据着重要地位，能够增加电网运行的稳定性，提高电能质量，因此在各个国家都获得了政府的大力支持。电力储能技术主要分为直接储能和间接储能，直接储能是

将电能以磁场或电场的形式储存,例如超导磁储能、超级电容等;间接储能是利用介质将电能以化学能、机械能的形式储存,例如化学电池、抽水储能等<sup>[5]</sup>。现今直接储能技术复杂,应用较少,而抽水储能及压缩空气储能技术通常匹配水力发电机组和燃气轮机适用,因此本文仅以化学电池为例探索火力发电厂适用的储能技术。化学电池的原理是通过正负电极间氧化还原反应将电能和化学能进行转换,利用此原理的电力储能技术相较于抽水储能等技术不受地理位置限制,机组改造工程简单周期短,并且易于后期根据需求进行扩容改造。

电池储能技术近年来不断进步,储能容量及电压等级获得提高,使其可能应用在像珠海发电厂这样的大容量燃煤机组。配备电池储能系统最直接的影响即是加快机组负荷指令变化时的响应速度。电网的负荷根据需求实时变动,为保证电网稳定运行,要求火电机组迅速跟随指令。然而机组设备频繁动作不仅因为惯性等导致响应速度不满足要求,而且会增大机组的事故风险。配备储能系统后,则能够在负荷发生变化时释放储存电能或对电池进行充电,尽可能在少动作设备的情况下快速响应,缓解机组调峰压力,提高机组的安全性和经济性。对于机组的事故响应,储能系统也能起到关键作用。当发生机组快切负荷时,电力系统或汽轮机、发电机发生故障引起甩负荷,锅炉维持最低负荷运行,此时机组从事故发生时所带负荷跳到最低负荷,对机组性能要求高,存在运行风险和影响机组的寿命。这种情况下,储能系统可以分担部分负荷,将大于最低负荷产生的电能进行储存,减小机组在短时间内的负荷落差,甚至在储能系统容量足够大的情况下,不需要触发机组快切负荷,大大降低风险,有利于设备寿命的延长<sup>[6]</sup>。在更严重的事中,如受台风等自然灾害影响导致大面积停电或机组跳机导致厂用电消失时,可利用储能系统通过厂高变提供厂用电,维持厂内设备正常运行,保证机组安全停运,等待机组恢复启动,而无需启动柴油机维持厂用电的使用。对于已经投运近20年的珠海发电厂机组,存在由于机组老化等原因带来的设备故障引起跳机的风险,此时可通过储能系统暂时向电网供电,以减小机组解列导致的负荷突降,争取时间向中调申请停机,减少机组非停带来的

考核。

### 1.3 供热改造

供热改造是指根据机组情况从汽轮机中引出蒸汽作为热源供给其他用户,该工程需要结合机组所在地区用热情况判断可行性,并不广泛适用所有燃煤机组。珠海发电厂位于珠海市高栏港经济区,现有用热企业有石化、精细化工、纺织印染等行业,工业用电、用热负荷不断快速增长,该区域现有的供热能力已难以满足供热管网的用热需求,预期还会引进中石化、广石化、中海油等企业的项目,投产后将继续提高供热需求量,因此珠海电厂的供热改造项目有足够的用户消耗热能供给。

坐落在工业园区中的燃煤机组在不影响安全运行的情况下进行供热改造,对发电企业自身和对整个工业园区能达到互利共赢的效果。对于机组,依据广东省发改委、广东省经信委关于印发《广东省热电联产机组节能发电调度管理办法(试行)》的通知》第十条:鼓励具有较好供热条件的现有纯凝发电机组改造为热电联产机组实施供热。对改造后年平均热电比达到20%以上的机组,按同类型热电联产机组调度。实施供热增量改造后,机组供热能力大增,可以与热网运营的近远期热负荷需要,同时可以满足上述文件中热电比的要求。跨入热电联产机组调度序列后,可以取得更多的计划电量,将减轻电厂电量竞价压力,同时供热量增加能够大大降低机组的煤耗,从而提高经营利润。对于外界,工业园区内在没有统一热源提供时往往依靠自备锅炉满足生产需要,这些小锅炉经济性差,存在安全隐患,运行中不仅浪费了大量的人力和一次性能源,还存在粉尘和二氧化硫超排的污染等环保问题,全面实现工业园区由火电厂集中供热,逐步取消分散锅炉的运行,热能用户本身能降低生产成本,同时对于整个工业园区的长远发展和环境保护都能作出巨大贡献。

## 2 结论

现今燃煤机组面临着严峻的市场竞争形势,急需提升机组竞争力的方法。对于机组本身,设备提升的空间并不大,并且提升成本高昂,本文从机组外部提供新思路,通过协调控制参数优化、增加储能系统和供热改造,提高燃煤机组的性能。这些技

术仍在发展中存在局限性,如储能系统的容量,供热改造的蒸汽质量等,仍需未来技术的不断完善才能得以解决,但是从各火电厂应用情况的调研结果来看,实际使用效果良好,给机组带来的经济收益明显。综上所述,本文所提及的三种优化途径,不仅让燃煤机组在激烈的竞争中找到前进方向,也给发电行业的技术发展提供参考价值。

#### 参考文献:

- [1] 刘海喆,田亮. 主汽压力控制品质与燃料量变化约束关系定量分析[J]. 南方能源建设,2018,5(3):48-55.
- [2] 程辉,苗国耀. 基于大滞后控制技术的1000 MW超超临界机组过热及再热汽温优化控制[J]. 自动化技术与应用,2016,35(7):9-13+18.
- CHENG H, MIAO G Y. The superheating and reheating steam temperature optimization control of 1000 MW ultra-supercritical unit based on long lag technology [J]. Automation Technology and Application,2016,35(07):9-13+18.
- [3] 孙磊,吕剑虹,魏静. 大型火电机组自动发电控制优化控制策略的研究[J]. 江苏电机工程,2008(1):5-8.
- SUN L, LV J H, Wei J. Research on optimal control strategy of automatic generation control for large thermal power units [J]. Jiangsu Electric Power Electrical Engineering, 2008(1): 5-8.
- [4] 华志刚,吕剑虹,张铁军. 状态变量-预测控制技术在600 MW机组再热汽温控制中的研究与应用[J]. 中国电机工程学报,2005(12):103-107.
- HUA Z G, LV J H, ZHANG T J. Research and application of state variable-predictive control technology in reheated steam temperature control of 600 MW units [J]. Chinese Journal of Electrical Engineering,2005(12):103-107.
- [5] 叶季蕾,薛金花,王伟,等. 储能技术在电力系统中的应用现状与前景[J]. 中国电力,2014,47(3):1-5.
- YE J L, XUE J H, WANG W, et al. Application status and prospect of energy storage technology in power system [J]. Chinese Electrical Power,2014,47(3):1-5.
- [6] 饶云堂,朱军. 大容量储能技术在火力发电厂中的应用探讨[J]. 中国电机(技术版),2015(10):62-65.
- RAO Y T, ZHU J. Discussion on the application of large capacity energy storage technology in thermal power plant [J]. China Electric Industry, 2015(10):62-65.

#### 作者简介:



刘宇

刘宇(通信作者)

1992-,男,广东韶关人,广东省能源集团有限公司珠海发电厂热控分部班员,理学硕士,主要从事汽轮发电机热工控制技术研究(e-mail)lyreal01@gmail.com。

(责任编辑 李辉)

