

提升 600MW 亚临界机组负荷响应速率的优化实践

王燕龙 关志成 张 帅

华能集团公司北方联合电力达拉特发电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘 要: 本文针对华能北方公司达拉特发电厂(以下简称达拉特发电厂) #8机组深调结束后升负荷速度不能满足电网要求的难题进行措施分析。在不改造设备的前提下,提出“调风+吹灰”双措并举的解决思路。一是采用三段式渐进调节法,将SOFA风量从35%动态降至28%,缩短燃烧延迟;二是优化空预器吹灰工艺,提升蒸汽压力并实施两阶段吹扫,提高热风温度。实施后,负荷变化率由6MW/min提升至9.5MW/min,升负荷时间缩短25分钟。2025年70次晚高调峰任务中累计避免电费损失约328万元,经济效益显著。显著提高了设备运行可靠性,年节约资金165万元。本方案为火电厂提高关键设备运行灵活性提供了可行的技术措施,对促进火电行业设备利用水平的提升具有重要意义。

关键词: 负荷响应速率; 吹灰蒸汽; SOFA风量; 环境改善; 设备维护

引言

近年来,随着新能源大规模并网及电力现货市场的深入推进,火电机组在电网调峰中的角色正经历着从基础电源向辅助性调节电源的战略性转变。达拉特发电厂#8机组(600MW亚临界燃煤机组)作为蒙西电网重要调峰电源,在38万千瓦光伏配套“灵改”工程投运后,面临着新能源消纳与电网调峰的双重压力。

1 现状调查与分析

1.1 系统特点

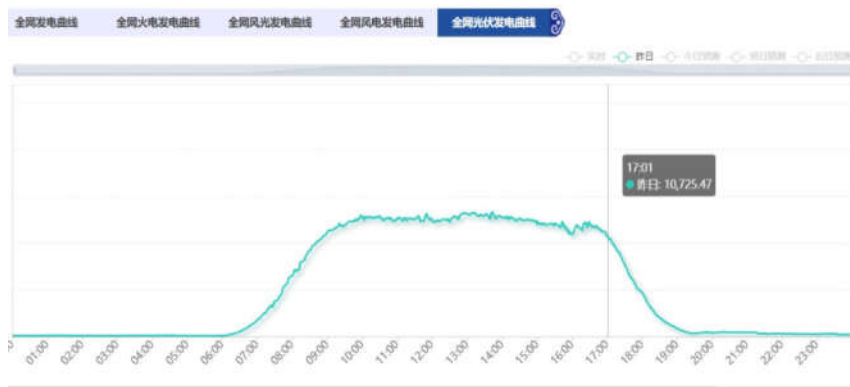
达拉特电厂四期2台亚临界机组(7、8号机组),锅炉为亚临界压力一次中间再热控制循环汽包炉,单炉膛Π型紧身封闭布置,四角切向燃烧,锅炉采用摆动式燃烧器调温,一次风正压直吹式制粉系统、单炉膛、固态排渣、全钢架悬吊结构、平衡通风。锅炉采用正压直吹式制粉系统,配备六台HP1003型中速磨煤机,布置在炉前,五台磨煤机可带BMCR负荷,一台备用,二次风门分上下两组,下组十层与一次风喷嘴间隔排列,上组布置有消旋风门及SOFA风门,其中SOFA风门全开后占总风量的21%。汽轮机为亚临界、单轴、中间再热、三缸四排汽、

直接空冷凝汽式汽轮机。

1.2 存在问题

达拉特发电厂#8机组(600MW亚临界燃煤机组)作为蒙西电网重要调峰电源,在38万千瓦光伏配套“灵改”工程投运后,面临着新能源消纳与电网调峰的双重压力。

#8机的光伏属于一体化配置的火电灵活性改造配套新能源,其AGC的负荷采集为火电和光伏负荷相加的一体化调度。光伏发电在日落时段(17:00-18:30)呈现典型的“断崖式”出力下降特性,如图1所示,电网需依靠火电机组快速爬坡以弥补功率缺口。调度指令要求#8机组在40分钟内从190MW深调负荷升至600MW额定负荷,负荷变化率需达到10MW/min。然而,机组实际平均负荷响应时间长达70分钟,最大负荷变化率仅6MW/min,存在明显的响应能力缺口。爬坡速率的欠缺造成对AGC响应不及时,晚峰时段,在日发电计划偏离和顶峰考核中累计大量考核,而且在电网平衡紧张时,可能导致电网抽查阶段中顶峰能力不达标。综合以上,负荷响应速率慢会在电力现货市场中带来了巨大的经济损失。



经试验分析, 机组负荷响应滞后的根本原因在于, 一是锅炉SOFA风配风策略偏保守, SOFA风量大, 导致燃烧延迟, 锅炉吸热速率下降; 二是空预器换热效率差。这两个因素导致空预器出口热一次风温度较设计值偏低40℃左右(额定负荷时设计值353℃, 实际平均值310℃)。热风温度不足直接导致磨煤机干燥出力下降, 出口风粉温度仅58℃(设计值65±5℃), 总的入炉煤量也收到制约。为保持磨组出力值班员往往采用提高一次风压的办法, 这样又使得一次风速过快, 煤粉在炉内燃烧推迟且未能完全燃烧, 严重制约锅炉出力, 影响锅炉炉内热量转换速率和吸热量, 形成制约负荷响应速率的瓶颈环节^[1]。

2 提升机组负荷响应速率主要做法。

为提高机组深调结束后的升负荷速度, 通过方案实施, 系统性优化了锅炉关键运行参数, 采用分阶段、多维度调控策略。具体实施过程如下:

2.1 锅炉SOFA风量动态调节

2.1.1 通过精准预测新能源出力和现货市场预出清曲线, 在本机光伏快速下降和现货市场出清上涨前30分钟预判负荷上升需求, 积极主动采取相应方案措施。

2.1.2 采用三段式渐进调节提前控制SOFA风门开度, 将SOFA风量从35%逐步降至28%, 在保证环保参数、锅炉主再热汽温、各受热机管壁温度不超限情况下, 确保燃烧工况平稳过渡。在预调节阶段(T-30至T-20min)将炉膛出口SOFA风门开度由35%关小至32%, 在预热燃烧区优化过渡阶段(T-20至T-10min)控制SOFA风门开度由32%关小至30%, 在调节SOFA风门挡板的同时, 根据二次风箱压力的变化缓慢开启燃烧器区域的二次风挡板, 优化燃烧区氧浓度分布; 在快速响应阶段(T-10至T0min)控制SOFA风门开度由30%关小至28%, 目的是在同样的风量下建立最佳燃烬条件, 从而加快锅炉汽压的调节^[2]。

2.2 空预器吹灰优化

对于达拉特发电厂#8机组在深调工况(190MW)时, 根据新能源出力和现货市场预出清曲线预测, 提前60分钟启动空预器吹灰程序, 同时做以下相关吹灰参数优化措施。

2.1.1 锅炉吹灰参数进行优化。将#8机组吹灰蒸汽压力从1.5MPa提升至2.0MPa, 提高吹灰的清洁能力。同时, 疏水时间从原设计3分钟延长至5分钟, 同时吹灰蒸汽疏水温度从250℃提高至300℃, 防止低负荷时吹灰蒸汽带水, 影响吹灰效果, 防止机组低负荷长时间未吹灰, 积灰量较大, 吹灰蒸汽压力低有可能造成吹灰

效果差^[3]。

2.2.2 采用两阶段吹灰工艺。在预热阶段(T-60至T-55min), 先使用1.0MPa低压蒸汽进行一遍预热吹扫, 清除锅炉各蓄热元件表层积灰。在主吹阶段(T-55至T-0min): 使用2.0MPa高压蒸汽全面旋转吹扫, 实现受热面360°全覆盖。提高锅炉受热面洁净度, 提升空预器换热能力^[4]。

3 实施效果

3.1 关键参数改善

3.1.1 空预器换热性能提升。空预器出口热一次风温平均值从260℃提升至285℃, 提高25℃; 一次风最高风温达到330℃, 较实施前提升约20℃, 提高磨煤机干燥出力, 缩短磨煤机出口风粉混合物在炉膛燃烧时间。同时, 空预器出口二次风温度也平均提高了6℃, 进一步提高了燃烧区域的炉温。这些因素使得锅炉热负荷转换时间缩短, 提升机组负荷响应速率。

3.1.2 制粉系统运行状况改善。磨煤机入口一次风温度提高20~25℃, 磨煤机干燥能力显著增强; 磨煤机出口风粉温度从原来的平均58℃提升至63±2℃; 升负荷初期单台磨煤机最大出力由原来的50t/h提升至60t/h, 总煤量由深调时段的120吨左右提高到额定入炉煤量300吨的时长平均缩短了15分钟, 进一步提高了空预器的入口烟温和烟气量, 又加速了热一次风和二次风温的提高。这些大大提高了锅炉热负荷, 从而提升机组负荷响应速率。

3.2 调峰能力提升

经过上述措施实施, #8机组负荷响应速率有明显提升, 负荷最大变化率从6MW/min提升至9.5MW/min, 已能够满足电网调峰要求。#8机组负荷响应时间缩短, 从深调工况190MW升至600MW, 所用时间从平均70min缩短至45min, 减少25min, 负荷响应速率提升, 不仅减少了日发电计划偏离和顶峰能力考核, 也提高机组发电能力和电力市场反馈跟踪能力^[5]。

3.3 实施经济效益显著

3.3.1 直接收益

根据统计, 我们以2025年达拉特发电厂#8机组为例, 在70次晚高峰调峰任务中, 通过避免磨煤机出入口温度过低导致制粉系统出力受限和负荷响应滞后, 每小时减少电量损失5万千瓦时, 每次持续70分钟。晚高峰平均电价按0.8元/千瓦时计算, 年减少经济损失: $70 \times 5 \text{ 万千瓦} \times 1.17 \text{ 小时} \times 0.8 \text{ 元/千瓦时} \approx 328 \text{ 万元}$ 。而此方案有成本投入主要为吹灰蒸汽损耗增加, 成本可忽略不计。

3.3.2 间接效益

避免了因机组负荷响应滞后导致的日发电计划偏离考核、容量电费考核及顶峰能力考核。

4 结束语

本方案通过在晚峰爬坡前采取锅炉SOFA风量动态调节和空预器吹灰优化,提升了机组负荷响应能力,解决了达拉特发电厂#8机组灵活性改造后火光一体化调度调峰响应滞后问题,已在本厂#8机组得到应用。该技术适用于300MW及以上容量燃煤机组,特别适配中高灰分煤种,无需主设备改造、实施成本低,可在新能源高占比区域电网、电力现货市场环境及深度调峰工况下推广应用,能够有效提升火电机组在新型电力市场中的调峰能力。

参考文献

- [1]超超临界机组柔性快减负荷控制策略的研究与应用[J]. 邢智炜;骆意;王立;田伟;潘峰;尤默.中国电机工程学报,2020(S1)
- [2]基于电热协同与能量平衡的供热机组快速变负荷控制策略. 王伟;徐颖;谢欣言;蔚伟;胡勇;杨健;曾德良.动力工程学报,2025(06)
- [3]超超临界锅炉水冷壁管的疲劳失效分析[J]. 杨元成;陈晓龙;薛培荣.山西电力,2024(04)
- [4]电厂汽机热力系统运行的优化研究[J]. 王广智.现代制造技术与装备,2024(01)
- [5]基于自动控制的发电厂600 MW超临界机组节能技术研究. 唐田.自动化应用,2024(17)