

分析如何提升 30%深度调峰时负荷响应速度

张 军 王 磊

江苏淮阴发电有限责任公司, 江苏 淮安 223001

[摘要]文章先通过分析深调现有的规则和机组负荷升降的安全速率,来综合判断提升机组 30%深调时负荷响应速度的可行性。再从机组辅机设备运行安全风险和运行调整的限制因素两个方面分析了 30%深调时影响负荷响应速度的主要原因,最后针对影响因素包括环保参数、壁温、汽温、机组运方等提出改进措施,以及最终取得的效果。

[关键词]收益规则; 时间; 安全速率; 安全风险; 运行调整; 汽温; 机组运方;

DOI: 10.33142/hst.v8i7.17097

中图分类号: TM6

文献标识码: A

Analysis of How to Improve Load Response Speed During 30% Deep Peak Shaving

ZHANG Jun, WANG Lei

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

Abstract: The article first analyzes the existing rules of deep commissioning and the safe rate of load increase and decrease of the unit to comprehensively judge the feasibility of improving the load response speed of the unit by 30% during deep commissioning. The main reasons affecting the load response speed during 30% deep adjustment were analyzed from two aspects: the operational safety risks of auxiliary equipment and the limiting factors of operational adjustments. Finally, improvement measures were proposed for the influencing factors, including environmental parameters, wall temperature, steam temperature, and unit operation, as well as the final achieved results.

Keywords: revenue rules; time; safe speed; security risks; operation adjustment; steam temperature; unit operator

引言

随着新能源渗透率不断提高,电网峰谷差日益增大,火电机组深度调峰频率越来越高。在出台一系列调峰补偿政策后,机组调峰收益显著提升,在电力市场竞争加剧背景下,参与调峰市场可为电厂拓展盈利渠道,提升市场竞争力。淮厂#3、4 机组是优质的热电联产机组,2024 年初,两台机组均通过了 30%负荷深度调峰认证试验,正式参与电网深度调峰。因此,在保证机组安全和供热稳定的情况下,为争取深调收益最大化,研究分析优化 30%深度调峰时的运行操作细节,提升 30%深调过程中的负荷响应速度的可行性。

1 深调规则

1.1 深调收益规则

在深调收益计算过程中,负荷低于 50%时开始算进入深调,当负荷在 40%~35%区间,深调收益按 35%价格计算,当负荷在 35%~30%区间,深调收益按 30%价格计算。而 30%的深调价格>35%深调价格>40%深调价格。所以,为增加深调收益,接到深调指令后,负荷尽快降至 30%,即可增加收益。同时在深调结束后,在 1 个小时内负荷越慢升至 50%,收益越多。

表 1 深调档位和价格

深调档位	机组负荷率	申报价格
一档	40%	400 元/MWH
二档	35%	600 元/MWH
三档	30%	700 元/MWH

1.2 深调时间要求

在规定时间内,没有达到规定的负荷,将被省调考核,省调规定运行的负荷偏差是不超过 3%。从省调下令深调结束到负荷升至 50%,仍按深调计算,重点是时间为 60min。

表 2 深调规定时间

50%~40%深调到位时间	15min
50%~35%深调到位时间	29 min
50%~30%深调到位时间	30 min
深调结束-50%到位时间	60 min

1.3 负荷升降的安全速率

在考虑到设备热惯性与安全裕度,机组规程制定了合理的负荷变化速率,确保设备安全稳定运行。50%负荷至 30%负荷理论上仅仅需要 17 分钟时间,但是运行燃烧调整和机组运方切换的时间远大于这个安全时间。

表 3 负荷安全变化率

100%~50%负荷变化速率	6MW/min
50%~30%负荷变化速率	4MW/ min
30%~50%负荷变化速率	4MW/ min

通过对各项规则的了解,可以确定完全具备条件提升 300MW 机组 30%深度调峰时负荷响应速度,能够通过优化运行调整、供热运方来实现。并可以通过提升负荷响应速度,来增加机组 30%负荷深度调峰收益。

2 深调时影响负荷响应速度的因素

负荷的快速升降过程,涉及到多项运行操作,影响升降负荷时间的因素也非常之多,而深调负荷下降的速度也受设备运行安全限制。我们将从设备运行安全、运行调整限制因素两个方面,分析出 30%深调时,影响负荷升降响应速度的主要原因。

2.1 深调时辅机设备运行安全风险

30%深调时,设备运行安全风险主要包括:汽泵会进入临界转速区,引风机会发生振动现象,磨煤机振动,炉膛发生掉焦,以及一些突发故障。

30%负荷深调时,汽动给水泵容易进入临界转速区,不过只需要提前开启再循环门即可。30%深调降负荷过程中,燃烧削弱,炉膛会发生掉焦情况,需注意炉底水封和捞渣机运行情况,但不影响降负荷。磨煤机振动主要发生在 30%深调降负荷过程,在通过控制磨煤机加载力以及一次风量后,振动现象消失。30%深调时还会突发故障,如磨组断煤、中调门故障等,将导致负荷波动,影响深调负荷,不过此类现象发生次数很少。引风机振动现象确实时常发生,不过这一般发生在 30%深调负荷降到位时,在负荷升降的过程中没有发生。而且可以通过关闭烟气联络门、增加增压风机入口风压、调整供热量来消除振动现象。

综上所述,辅机设备的运行安全风险,并不是影响 30%深调时负荷响应速度的主要原因。

2.2 30%深调时运行调整限制因素

30%深调时,调整限制因素包括:环保参数易超标、汽温难控制、壁温易超温、机组运方调整复杂现象。

2.2.1 环保参数易超标

环保是重中之重,而环保参数容易超标,大都发生在降负荷过程中。不过通过对现场的观察,通过及时调整,环保参数还是容易控制的,尤其是在进行烟气旁路改造后,脱销的入口烟温能够稳定保持在 300℃以上。在 30%深调开始后,负荷从 200MW 降至 99MW,40min 时间,通过调整,NOX 均值控制在 23mg/Nm³ 左右,瞬时峰值为 32mg/Nm³; SO₂ 均值控制在 13mg/Nm³,瞬时峰值为 20mg/Nm³,环保排放均合格。

2.2.2 壁温易超温

壁温超温,影响到设备运行安全。不过从现场实际情况看,降负荷过程中,整个炉膛燃烧削弱,不存在超温。升负荷过程中,随着燃烧加强,壁温有一定幅度上涨,但再热器各壁温最高 563℃(上限 580℃)。即通过加强调整,壁温超温是可以控制的。

2.2.3 汽温难控制

深调开始到负荷降至 30%时,负荷下降幅度较大,如果此时快速降负荷,容易导致当前主汽压力会快速上升,形成了低负荷高压的现象。低负荷高压易造成汽温偏低,为了保持汽压与负荷相匹配,不得不持续降压,这就

造成主再热汽温持续下降偏低。而汽温下降过多,将影响机组安全,甚至造成水冲击,所以必然影响负荷下降速度。

30%深调结束,若想缩短机组负荷增加时间,短时间内燃料量需大幅增加,从而导致过多的燃料量进入炉膛内部,而煤量完全燃烧需要时间,造成燃烧滞后。燃烧滞后会造成后期燃烧快速加强,汽温快速上涨形成超温,严重时影响机组安全。为了避免超温,只能削弱燃烧,通过降煤量、收小一次风机、降低磨煤机出力等措施,必然会延缓升负荷速度。综上所述,汽温难控制是影响负荷升降时间的主要原因!

2.2.4 机组运方调整复杂

30%深调时,涉及到的机组运方调整非常多。包括:磨组的启停、烟气旁路的投退、循环泵的启停、汽泵汽源的并入、冷再供热的投退,冬季还涉及到开式冷却水泵的启停。每次操作都需要花费时间,对负荷升降时间的影响是必然的,因此也是主要原因。

通过全面分析,可以确定影响负荷升降时间的两大因素:汽温难控制和机组运方调整复杂。接下来分析如何解决这两大因素。

3 探讨解决措施

3.1 针对汽温难控制一降负荷时解决措施

主要可通过汽压调整、烟气调整、减温水调整、供热流量调整四个方面。首先,根据现场实际情况,确定待停磨组。先降压后降负荷,可避免出现高压低负荷现象出现,停磨时避免长时间抽粉,造成汽压快速上升。其次,及时收小送风以及调整二次风门,提升火焰中心,如汽温下降过快,可优先开大上层二次风门收小底部二次风门,待汽温稳定再逐步调整正常。煤量上移,提升火焰中心增加冷一次风使用,维持一定的烟气量。还有,在 30%负荷工况下,负荷下降幅度深,锅炉燃烧大幅度削弱,烟气量下降,炉膛温度降低,减温水量可提前收小或关闭。再者,随着负荷下降,机组供热流量下降,此时应及时调整,保证供热流量稳定,必要时还可以增加供热流量,避免负荷和供热流量同步下降,造成燃烧削弱过快,后期再提升供热流量时又导致汽压来回大幅度波动。

3.2 针对汽温难控制一升负荷时解决措施

通过优化炉膛一二次风分配、风煤比等参数,增强炉膛吸热,稳定主汽温度,同时兼顾燃烧效率,避免缺氧燃烧。根据主汽温度变化趋势,合理调整减温水流量,确保汽温稳定,同时避免减温水浪费。注意高加温升调整,合理控制给水温度,维持锅炉效率,同时防止汽温波动。

在确定开始升负荷后,优先升汽压,保证汽压与负荷匹配。升负荷初期,优先增加高热值煤种,可以更好控制汽压升压时长,同时避免烟气量大幅度增加,造成汽温壁温超温现象。注意供热流量稳定,可以保持略高一些,跟随负荷上涨趋势,跟踪开大中调门开度,减少节流损失。

确定待启动磨组,提前做好暖磨工作。根据实际情况,及时增启循泵,确保真空在合理的范围内。控制冷再供热流量,及时调整再热汽温。

3.3 针对机组运方调整复杂——解决措施

3.3.1 提前安排

30%深调时,根据实际情况,对需要调整的操作进行提前规划,安排好操作人员以及准备好操作票,以缩短时间。如:供热调整提前预暖,磨组暖磨、给煤机提前跑煤等。

3.3.2 精准定位操作节点

对需要进行的运方调整,精确到各个负荷段。即到多少负荷进行什么运方调整,保证整个操作过程连贯紧凑,以缩短时间。

3.3.3 建立操作卡

对 30%深调时,需要进行的运方调整建立操作卡,标注清楚注意事项,并强化培训,保证整个操作准确高效,以缩短时间。

4 具体执行效果

4.1 30%深调升降负荷时汽温控制

通过对负荷升降过程中的运行优化调整,取得不错效果。在开始 30%深度调峰降负荷过程和深度调峰结束加负荷过程,主再热汽温都在正常范围内波动,没有明显的上升下降,主汽温最高 539℃,再热汽温最高 540℃,最低汽温都没有低于 530℃之下。

4.2 升降负荷时间控制效果

通过制定措施并执行后,取得了很好的效果。将上述深度调峰开始和结束的工况图放大,从 165MW 降至 99MW,用时 25min。30%负荷深调结束,负荷升至 165MW 后时间约 30min,都实现了负荷响应速度的提升。

5 结语

通过对 30%深度调峰时影响负荷响应速度因素的分

析、制定措施以及具体实施后,成功实现了提升 30%深度调峰时的负荷响应速度,将升降负荷的时间控制在 25~30min。2024 年全年,淮厂#3、4 机组 30%深度调峰 157 次,时长约 1100h。通过优化运行调整,提升 30%深度调峰负荷响应速度,将升降负荷时间控制在 25~30min,每次深调收益增加约 7000 元,经济效益显著,全年共增加收益约 110 万元。

对标行业先进电厂,还存在着一些不足。了解部分电厂推出工况寻优系统,通过对参数的采集并进行分析评估,推出在不同环境不同工况下的最优调整,给予值盘人员实时参考,可以进一步优化运行调整手段,对深度调峰技术、运行管理、成本控制等方面都有进一步的提升空间。因此,未来需要持续关注行业动态与技术发展,不断改进与创新,提升电厂深度调峰能力与综合效益。

当然,安全是深度调峰的底线,保障机组安全运行,综合技术优化,才能保障机组长期稳定运行,实现经济与安全双赢。

【参考文献】

- [1]江苏淮阴发电有限责任公司《汽轮机运行培训教材》[Z].
 - [2]江苏淮阴发电有限责任公司《汽机运行规程》,Q/HD 10401-2024[Z].
 - [3]李科文.火电机组深度调峰能力建设的思考[J].中国管理信息化,2020,23(21):88-89.
 - [4]张广才,周科,鲁芬等.燃煤机组深度调峰技术探讨[J].热力发电,2017,46(9):17-23.
- 作者简介:张军(1988.11—),男,籍贯江苏省靖江市,学历本科,中级工程师,从事火力发电厂集控运行工作;王磊(1997.8—),男,籍贯江苏省淮安市,学历本科,助理工程师,从事火力发电厂集控运行工作。