

锅炉低负荷稳燃危险点分析与控制 ——以超超临界机组深度调峰时为例

王硕

(铜山华润电力有限公司 江苏徐州 221000)

摘要: 新能源占比增大后超超临界机组深度调峰成为了一项常态化工作。超超临界机组深度调峰时低负荷稳燃危险点较多。本文结合某公司 #6 机 1000MW 超超临界机组深度调峰 (40%Pe) 实际操作过程, 针对该公司#6 机 1000MW 超超临界机组深度调峰期间出现的低负荷稳燃问题进行思考汇总, 并提出实际解决方案, 在思考和总结中提升运行人员操作技能, 确保机组安全稳定运行。

关键词: 超超临界; 深度调峰; 低负荷稳燃

Analysis and control of danger point of low load steady combustion of boiler

— Take the ultra-supercritical unit depth peak regulation as an example

ShuoWang

Tongshan China Resources Electric Power Co., LTD., Xuzhou, Jiangsu 221000

Abstract: With the increase of the proportion of new energy, depth peak regulation of ultra-supercritical units has become a normal work. There are more danger points of low load combustion stabilization in ultra supercritical unit during deep peak regulation. Combined with the actual operation process of deep peaking of 1000MW ultra-supercritical unit #6 of a company, this paper considers and summarizes the problem of low load combustion stability during deep peaking of the 1000MW ultra-supercritical unit #6 of the company, and proposes practical solutions. In this process, the operation skills of operators are improved. Ensure the safe and stable operation of the unit.

Key words: ultra-supercritical depth peak regulation low load combustion stability

在新能源电力发展的过程中, 容易对大容量燃煤发电机组调峰辅助服务产生较大的需求。当前, 某公司 1000 MW 超超临界机组 40% 额定出力调峰已常态化, 但对于大容量机组而言, 在低负荷运行的过程中, 锅炉的燃烧并不稳定, 尤其是在异常天气情况下, 容易发生给煤机断煤异常等现象, 进而导致机组非计划停运。当前, 电力市场煤电供需容易产生较大变化, 在燃煤机组中, 有很多掺烧经济煤种, 在低负荷状态下, 制粉系统运行方式薄弱, 此外, 加上受掺烧经济煤种等因素的影响, 使得锅炉的燃烧变得极为不稳定, 这在很大程度上给煤机断煤将对机组运行安全带来很多不良因素, 容易对电网供电安全带来较大的不稳定性。因此, 需要高度重视机组深度调峰期间给煤机断煤异常等问题, 及时采用正确的处理和防范措施, 有效保障机组安全运行, 提高电网供电的可靠性。

1、深度调峰介绍

深度调峰是指火电机组根据电网负荷峰谷差变化及时降低机组出力, 在超过基本调峰范围进行调峰的一种运行方式。一般深度调峰的负荷率为负荷率的 30%—40%。具体调峰深度分档如表 1。

表 1 调峰深度分档

调峰深度分档	出力等级	最低技术出力范围
第一档	40% Pe	40% Pe ≥ P ≥ 35% Pe
第二档	35% Pe	35% Pe ≥ P ≥ 30% Pe
第三档	30% Pe	30% Pe ≥ P

Pe: 机组额定出力;

P: 机组出力。

某电厂 #5、#6 炉深度调峰完成 35% Pe、35% Pe 的认证工作, 具备深度调峰三个档的响应时间要求, 进相能力、一次调频性能要求, 以及 AGC 性能要求。

2、深度调峰期间锅炉低负荷稳燃危险点分析与控制

2.1 深度调峰期间加强制粉系统调整

1、加仓方案制定。接到机组深度调峰预通知, 及时联系燃运, 停止污泥加仓, 并调整调峰机组的磨组加仓方式。要求 D、E、F 仓控制入炉煤挥发分和灰分合适, 保证低负荷稳燃和防止塌灰。(低位热值 4700 ~ 5100Kcal/kg; 全硫 St,ad% ≤ 1%; 挥发分 Vad > 26%, 灰分 ar < 25%, 全水 < 8 Mar%)。

2、磨组运行方式。因为#6 炉磨煤机在煤量低至 50 t/h 时, 振动很大, 危害制粉系统安全。因此, 在降负荷过程中及时停运下层磨组, 保持制粉系统 D、E、F 磨煤机运行, 制粉系统不隔层运行。

3、运行磨组参数控制。高挥发分煤, 磨出口温度 95℃; 其他磨出口温度 110—115℃, 磨辊轴承油温 ≤ 105℃。磨组一次风量不低于设计最低 107t/h, 风煤比在 1.5: 1—2: 1 范围内, 防止一次风量过大造成燃烧器脱火, 风量过低造成一次风管积粉堵管。就地巡检加强就地制粉管道温度测量。低挥发煤磨组在振动低于 5mm/s 以下, 对应分离器转速控制在 200rpm 以上; 其他磨组分离器转速控制在 190rpm 以上, 提高煤粉细度和煤粉均匀性。深度调峰时中速磨煤机出力降低, 导致磨振动大, 无法稳定运行。通过实际操作掌握低负荷下磨辊加力调整方法, 避免磨组长时间振动大造成设备损坏。

2.2 深度调峰期间辅助风挡板调整

合适的风量及配风方式对稳燃及 SCR 有重要意义。调整辅助风挡板时, 调整幅度不宜过大, 避免大量冷风同时进入炉膛影响煤粉着火燃烧。同时要注意炉膛两侧烟温变化, 避免因调整幅度过大导致燃烧火焰中心偏移, 造成受热面单侧汽温、壁温超限。

降负荷时, 锅炉风量、氧量波动大、调整二次风门开度均会造成炉膛氮氧化物的生成量变化, 应及时调整喷氨量, 避免氮氧化物超限。加强脱硝参数监视, 发现参数异常及时联系检修检查处理。

深度调峰期间, 锅炉总风量控制在 1400—1600t/h。DEF 磨运行期间, 低挥发煤磨组对应燃烧器周屈风开度 10% 以内, 高挥发煤磨组对应燃烧器周屈风开度 30% 以内; 油配风开度 10%, 投入油枪对应油配风开度

30%；运行磨周界风门开度 40%左右，全关未运行磨组二次风门。二次风压力与炉膛差压在 0.4KPa 以上保证入炉风粉刚性。深度调峰期间风箱差压低优先关小燃烧器区域辅助风，如需关小 SOFA 风挡板，DEF 磨运行期间保持上两层 SOFA 全开，关小或全关下层 SOFA。SOFA 风摆角调整烟温偏差，燃烧器摆角摆至 50%~70%之间。

2.3 油枪逻辑设置

深度调峰期间，总燃料量偏低，三台运行磨组，炉膛热负荷低，锅炉的稳燃成为运行调整的重点。因此，在监盘时应时刻关注炉膛负压曲线和火焰电视内着火情况，一旦出现燃烧不稳、负压曲线大幅波动，应及时快投底层运行磨对应油枪。就地巡检加强燃油系统检查，燃油压力维持在 3.0~3.5MPa。增加单个火检丢失快投油枪逻辑；炉膛负压波动，快投油枪逻辑。#6 炉相关油枪快投逻辑如下：

- 1、炉膛压力低于-400Pa，联投底层运行磨油枪；
- 2、磨煤机火检弱联投该角和对角油枪；
- 3、以上快投方式：进油枪-开角阀（不进点火枪，无油火检不自动退）。

注意：低负荷时保持合适过热度，控制分配集箱出口温度裕度，防止多个油枪同时投入造成分配集箱温度高保护动作，及时调整水煤比。

2.4 深度调峰期间严格执行机组深调期间吹灰规定

1、接到机组深度调峰预通知，立即对调峰机组的高温省煤器、二过区域加吹一次。

2、深度调峰第一档负荷保持省煤器连续单只吹灰，但由于炉内燃烧偏弱，单只吹灰枪投入时也会对燃烧的稳定性带来影响，造成火焰电视变黑、炉膛负压波动；或者增大火焰中心的偏斜，引起水冷壁温偏差增大，分配集箱进口壁温最高值和保护区差值降低，危及安全运行。当出现这种情况，立即中断省煤器单只吹灰，必要时投油稳燃，待燃烧稳定或负荷提升后，再继续省煤器连续单只吹灰。

3、空预器进行连续吹灰，并做好脱硝系统、空预器、低温省煤器差压监视，发现异常立即派巡检至就地检查、确认，防止因燃烧不完全引起尾部烟道二次燃烧。

3、深度调峰过程问题分析

3.1 深度调峰期间制粉系统故障

#6 炉深度调峰 400MW，总煤量 180t/h，DEF 磨运行，炉膛燃烧充满足度低，存在随时断煤、跳磨等燃烧安全隐患。

措施：

机组深度调峰期间，应安排专人监视制粉系统画面，做好出现断煤、跳磨事故的人员分工与危险点处理。建议采取以下措施降低制粉系统事故对机组的影响：

1、因磨组故障，需要启动备用磨组时，需要先启磨，再停故障磨，避免一次风量小影响一次风机安全运行。启磨时必须维持锅炉总燃料量稳定，注意磨煤机启动时的点火能量满足，否则应及时增加机组负荷，保持水煤比在合理区间。

2、#6 机三台及以上磨组自动投入才能投燃料主控及锅炉主控自动。在深度调峰期间断煤，解手动调整故障磨组参数时，注意其他运行磨组参数调整，避免燃料主控手动，锅炉燃料量偏大。如果投油稳燃，需要及时降低总煤量，及时调整过热度、汽温汽压，避免水煤比失调，造成主汽压高，高调门异常关小影响机组安全。

3、三套制粉系统运行时，若因磨组故障，除最底层正常运行磨组对应的油枪联锁投入外，需要继续投油稳燃，应在确保燃油系统压力稳定后，再手动投入另外一台正常运行的磨组对应的油枪，稳定炉膛燃烧。以防因供油母管压力突降，导致燃油母管压力 < 1.7MPa 与上“母管压力低”延时 10S 触发 OFT，造成切除全部油枪。

3.2 深度调峰期间燃料量波动

#6 炉深度调峰期间，投入 D 层及 F3 油枪稳燃（2.4t/h 流量），燃料量波动时，快投 E 层油枪，总煤量由 149t/h 降至 127t/h，通过快涨负荷，煤量回至正常，过热度由 17℃最低降至 5℃。E 层油枪撤完后，煤量由 140t/h 突增至 158t/h。18t/h 的燃料量在深度调峰期间相对于 140t/h 的总燃料量，影响明显。

燃油折算燃料逻辑：原 5 根枪投运，流量低于 3t/h，燃油不参与煤量计算。加投 E 层后，流量 6 t/h，燃油经过逻辑计算折算为 27 t/h 煤（9 根枪 × 3 t/h），造成磨煤量锐减。E 层最后一根枪撤油后，剩余的 5 根枪再次不参与逻辑计算，磨煤量突升 18t/h。

措施：

- 1、结合现场继续优化燃油折算燃料逻辑及边界条件。
- 2、投油后，及时降低总煤量，维持锅炉总燃料量稳定，及时调整过热度、汽温汽压，必要时手动加负荷拉开高调门。

3.3 深度调峰期间锅炉垮灰引发燃烧不稳定

#6 炉深度调峰 400MW，总煤量 180t/h，DEF 磨运行，D 层油枪投入，炉膛负压大幅波动（-770Pa~588Pa），快投 F2/F4 油枪，磨煤机出口 D1/D2/E1/E2/E3/F1/F2 火检闪烁。查询前后负压、磨煤机火检均稳定，无明显大幅变化现象。从各种现象判断，引起此次负压大幅波动的原因因为机组长时间深度调峰导致一再、省煤器区域积灰严重，在执行深度调峰期间吹灰规定时，引起积灰大幅降落，遮掩运行磨组火检，燃烧瞬时减弱，负压大幅波动。

措施：

- 1、优化加仓方案，控制入炉煤灰分；根据加仓情况，深度调峰负荷暂控制第一档，不执行第二档、第三档操作。
- 2、深度调峰第一档负荷保持省煤器连续单只吹灰，第二档、第三档不进行炉膛受热面吹灰。深度调峰连续时长超过 6 小时，适当进行升负荷，锅炉吹灰
- 3、当前一再区域为声波吹灰，高负荷时，对一再区域吹灰器进行投运，观察效果。
- 4、进入供热季，增大机组供热量，提高锅炉热负荷。
- 5、做好燃油储备，增加高挥发煤质的发运量，优化煤场库存结构。

4、结语

通过对某公司#6 机 1000MW 超超临界机组深度调峰（40%Pe）实际操作过程进行分析，总结了深度调峰期间锅炉低负荷稳燃主要危险点处理方法，探讨了深度调峰过程中出现的制粉系统故障、燃料量波动、锅炉垮灰引发燃烧不稳定问题，提出针对性的控制措施，在思考和总结中提升运行人员操作技能，保证机组深度调峰期间安全稳定运行。

参考文献：

- [1] 铜山华润电力有限公司 2×1000MW 机组深度调峰运行规程[Z]. 江苏：铜山华润电力公司，2022.
- [2] 铜山华润电力有限公司 2×1000MW 运行规程汽机部分 [Z]. 江苏：铜山华润电力公司，2022.
- [3] 铜山华润电力有限公司 2×1000MW 运行规程锅炉部分 [Z]. 江苏：铜山华润电力公司，2022.
- [4] 王伟霖. 660MW 超超临界单元机组低负荷深度调峰期间节能运行管理策略[J]. 技术与市场,2022,29(1):191-192.
- [5] 刘德扬. 660 MW 超临界纯凝机组 30% 额定负荷深度调峰探索[J]. 电工技术,2022(23):259-261,265.
- [6] 周辉. 金竹山发电公司 600MW 超临界机组深度调峰技术措施[J]. 科学与财富,2021,13(7):196-197.