

600MW 亚临界机组深度调峰切泵运行分析

王智伟

华能铜川照金煤电有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i7.5575

[摘要] 在“双碳”政策的驱动下,深度调峰、启停调峰已变为常态,给水系统控制的稳定性将直接影响机组的安全运行,其中给水泵切泵、并泵手动操作较为复杂、耗时较长,具有一定的风险性;结合实际操作过程中切泵、并泵经验,提出在原逻辑基础上新增INFIT切泵、并泵逻辑策略,进行实践,机组主要参数运行平稳,缩短了切换时间,也减轻了运行人员的操作强度,提高了机组的自动化水平及安全可靠性,同时提出实践过程中顺控逻辑存在的问题,为后期优化空间提供了方向。

[关键词] 600MW亚临界机组; 深度调峰; 给水泵; 自动切泵并泵

中图分类号: TV675 **文献标识码:** A

Analysis of deep peak shaving and pump operation for 600MW sub-critical unit

Zhiwei Wang

Huaneng Tongchuan Zhaojin Coal and Electricity Co., Ltd

[Abstract] Driven by the “Double carbon” policy, deep peak regulation, start-stop peak regulation has become the norm, the stability of water supply system control will directly affect the safe operation of units, among them, the manual operation of pump-cutting and pump-merging is complicated and time-consuming, which has certain risk, the new INFIT logic strategy of pump-cutting and pump-merging is put forward on the basis of the original logic, and the practice shows that the main parameters of the unit run smoothly, the switching time is shortened, and the operating intensity of the operators is also reduced, the automatic level and safety reliability of the unit are improved, and the problems of sequential control logic in practice are put forward.

[Key words] 600MW sub-critical unit; deep peak shaving; feed water pump; automatic pump cutting and pumping

引言

在“双碳”政策的驱动下,深度调峰已变为常态。气动给水泵是火力发电系统中非常重要的辅机设备,在电力系统调峰中发挥着关键的作用,给水控制是否稳定、合理直接影响机组的运行安全。大多机组采用手动切泵、并泵的控制策略,过程耗时较长、操作复杂、具有一定的危险性,对运行人员技术水平要求较高,尤其是汽泵汽源切换容易引起汽包水位的大幅波动,甚至会造成水位保护机组跳闸;自动切泵、并泵逻辑既能保证切换过程中机组安全运行,也能较好的消除手动操作带来的不确定因素。本文对汽泵切泵、并泵手动操作及自动逻辑进行了分析,为后期实践提供依据。

1 机组基本情况

某火力发电厂一期工程2×600MW机组锅炉为哈尔滨锅炉厂制造的HG-2070/17.5-YM9型锅炉,为亚临界参数、一次中间再热、控制循环、四角切向燃烧方式、单炉膛平衡通风、固态干式排渣、露天布置、全钢构架的II型汽包炉;汽轮机为东方汽

轮机厂引进日本日立公司技术设计和制造,型号为NZK600-16.67/538/538,型式为亚临界、一次中间再热、单轴、三缸四排汽、直接空冷凝汽式汽轮机;给水系统设计有两台50%容量的汽动变速给水泵和一台30%容量的电动变速给水泵,汽泵额定转速4950rpm,正常遥控调速范围为2400~4950rpm。

2 给水系统切泵并泵过程

2.1 给水系统切泵操作

机组深度调峰150MW以下时,四抽压力低,无法满足给水系统调节要求,需要进行一台汽泵汽源由四抽切至辅汽接带,关闭四抽至小机进汽和开启辅汽至小机进汽电动门时应缓慢,进入小汽轮机的蒸汽温度变化率为 $\leq 4^{\circ}\text{C}/\text{min}$,将辅汽至小机供汽电动门缓慢全开,并将四抽至该小机供汽电动门缓慢关闭;以A汽泵为例,对辅汽至A小机进汽母管充分进行暖管疏水,保证足够的过热度,防止蒸汽带水,检查辅汽供汽与四抽供汽温度偏差 40°C ,开启辅汽至A小机供汽电动门时应缓慢,先开三个脉冲中停,待给水流量、汽包水位稳定后再缓慢开启,每次操作重

点监视给水流量、汽包水位、四抽流量及小机低压调阀开度变化,如参数变化过大,应暂停操作及时调整给水流量,维持汽包水位正常,重复上述操作,当四抽流量降低,小机低压调阀关小时,说明辅汽基本接带A汽泵,缓慢全开辅汽至A小机供汽电动门,关闭四抽至A小机供汽电动门。进行切泵操作,检查机组负荷稳定,逐渐手动降低B汽泵的出力,增加A汽泵的出力,缓慢全开B汽泵再循环调阀,此操作过程维持给水流量、汽包水位相对稳定,直至B汽泵转速降至2400rpm,退出给水系统,关闭B汽泵出口电动门,A汽泵独立调节给水流量、汽包水位,切泵操作完成。

2.2 给水系统并泵操作

机组并网后,负荷升至220MW时,检查四抽至两台小机汽源管道暖管正常,温度压力满足要求,缓慢开启四抽至待并泵供汽电动门,小机冲至2400rpm暖机40min,投入遥控备用。接下来进行并泵操作,检查负荷、汽包水位稳定,缓慢增加待并泵出力,出口压力小于给水母管压力1MPa时,开启该汽泵出口电动门,监视给水流量变化,继续增加待并泵出力,降低运行泵出力,保持给水流量相对稳定,待两台汽泵出口流量调平后,说明该给水泵已并入给水系统,缓慢关闭该泵再循环,监视给水流量、汽包水位稳定,再循环全关;接下来进行小机汽源由辅汽切至四抽操作,缓慢降低辅汽联箱压力、尽量使辅汽供汽压力和四抽压力差值最小,缓慢全开四抽至运行泵供汽电动门(辅汽压力0.9MPa,四抽压力0.3MPa左右),检查四抽供汽温度与辅汽供汽温度偏差40℃,缓慢关闭辅汽至运行汽泵供汽电动门1-2个脉冲,控制四抽流量变化率为 $\leq 3\text{t}/\text{min}$ 且进入小汽轮机的蒸汽温度变化率为 $\leq 4^\circ\text{C}/\text{min}$,密切监视四抽至小机流量、小机低压调阀开度、给水流量、汽包水位变化,重复操作,检查四抽流量增大,小机低压调阀开度增加,说明汽源切换完毕,投入给水泵自动。

2.3 给水系统切泵、并泵操作注意事项

(1) 机组深调小于25%额定负荷(150MW)时,确保下层制粉系统可靠性,掺烧充分考虑火焰支撑强度,防止燃烧不稳造成灭火事故;主汽压力应控制在9-9.8MPa,防止小汽轮机低压调门开度 $\geq 65\%$,调节性能变差,造成汽包水位事故。

(2) 双机均参与深调,若冷再至辅汽联箱供汽调门开度均全开,辅汽联箱压力 $\leq 0.55\text{MPa}$,小汽轮机低压调门开度至65%时,应及时关闭辅汽联箱其他用户,无效时立即启动#2机组电泵并入给水系统运行,减少#2机组运行汽泵耗汽量,维持#1机组运行汽泵正常运行,待深调结束后及时提升汽泵汽源压力并退出电泵运行。

(3) 四抽至A、B小机供汽压力偏低,A、B小机转速自动跟踪缓慢,需密切监视A、B汽泵DCS转速指令与反馈自动跟踪情况,发现出现偏差大时(汽泵DCS转速指令与反馈偏差大于10%时跳出自动,汽泵实际转速与设定转速偏差大于100rpm时跳出自动),及时解除给水自动,调节汽泵转速正常;当汽泵控制方式由遥控跳至MEH自动时,及时投入遥控方式,调整汽包水位正常。

(4) 小机进汽源切换时,应缓慢进行、防止小汽轮机进冷汽,汽源切换期间控制运行小汽轮机低压调门开度不大于55%,

小汽轮机汽源切换至少需要约10分钟,以保证小汽轮机进汽温度平稳变化。

3 给水系统自动切泵并泵逻辑

为了实现一键自动切泵并泵的功能,在原逻辑基础上新增INFIT切泵、并泵逻辑,确保操作过程中汽包水位在稳定范围;切泵时,小机汽源切至辅汽接带,小机低压调阀开度在30%左右,不存在汽包上不去水的现象;并泵时,待并泵转速以及流量调平能减少对给水的扰动,整个切泵、并泵过程能保证锅炉运行安全。

3.1 给水系统自动切泵

“切泵”顺控包含“切A泵”、“切B泵”两个小顺控环节。运行人员可以根据实际情况选择“切A泵”或者“切B泵”。“并泵”顺控类似。

(1) 切A泵顺控一键启动允许条件: INFITCCS已投入;给水流量小于950t/h; A汽泵小机在遥控, B汽泵在自动; 切泵顺控无信号坏质量(给水流量、给水压力、转速等测点); 并切泵顺控超驰指令复位完成, 以上条件同时满足时, 顺控允许进行。

(2) 切A泵顺控自动退出条件: INFITCCS已切除; 给水流量偏差大(指令反馈偏差大于200t/h); B汽泵在手动; B汽泵转速异常(B汽泵小机转速大于5000rpm或者小于2900rpm); 切泵顺控信号坏质量; 以上条件有任意一个产生, 顺控会自动退出。

(3) 切A泵顺控执行步骤: 第1步: 切A泵及其再循环门控制手动, 并将其再循环电动门全开, 调门开度($>90\%$); 第2步: A泵指令缓慢减小(至A泵出口压力低于给水母管压力0.1MPa), B泵接带给水, 自动方式调节汽包水位; 第3步: 快速降低A泵转速至2900转, 关闭A泵出口电动门, 切A泵完成。

表1 试验前后的重要参数对比

参数	切泵前	切泵后	最大偏差
机组负荷(MW)	180	180	3
A/B 汽泵给水流量(t/h)	424/460	302/817	122/357
A/B 泵勺管开度(%)	22.4/22.4	3/31	19.4/8.6
A/B 泵再循环调阀开度(%)	30.1/16.8	99/30	68.9/13.2
四抽流量(t/h)	28.3	9.7	18.6
低压调阀开度(%)	38.7/37.9	23.4/19	15.3/18.9
汽包水位(mm)	-45	-83.5	-38.5

(4) 切A泵顺控逻辑试验。整个切泵过程持续4min, B泵汽源切换为辅汽后, 因辅汽汽源压力较高0.9MPa, 小机低压调阀开度降低, 切泵过程A泵转速下降, 同时再循环缓慢全开, B泵升速升高接带给水系统, 控制给水流量, 调节汽包水位, 给水流量和汽包水位未出现大幅波动现象, 满足正常要求, 试验前后重要参数见表1。

3. 2给水系统自动并泵

(1) 并A泵顺控一键启动允许条件: INFITCCS已投入; 给水流量大于600t/h; A汽泵在手动; B汽泵在自动; A汽泵小机在遥控; A汽泵再循环门手动并且开度大于90%; 并泵顺控无信号坏质量(给水流量、给水压力、转速等测点); 并切泵顺控超驰指令复位完成; 当上述允许条件同时满足时, 顺控才能允许进行。

(2) 并A泵顺控自动退出条件: INFITCCS已切除; 给水流量偏差大(指令反馈偏差大于200t/h); B汽泵在手动; B汽泵小机转速异常(B汽泵小机转速大于5000rpm或者小于2900rpm); A汽泵切手动条件存在; 并泵顺控信号坏质量; 当上述自动切除条件有任意一个产生, 顺控会自动退出。

(3) 并A泵顺控执行步骤: 第1步: 快速增加A泵转速指令, 至A泵出口压力到达给水母管压力1.0Mpa以内; 第2步: 开启A泵出口电动门, 确保A泵出口电动门开启; 第3步: 快速增加A泵转速指令, 至A泵出口压力到达给水母管压力0.1Mpa以内; 第4步: 缓慢增加A泵转速指令, 至两泵转速偏差30rpm以内; 第5步: 投A泵自动, 并泵完成, 并B泵类似。

(4) 并泵过程中, 增加A泵出力, 两台汽泵流量平衡分配、给水流量控制是调节汽包水位在正常范围内的关键。机组负荷220MW时, 投入并A泵按钮后, 顺控逻辑发出快速增加A泵转速指令, 至A泵出口压力到达给水母管压力1.0Mpa以内, 开启A泵出口电动门, 快速增加A泵转速指令, 至A泵出口压力到达给水母管压力0.1Mpa以内, 缓慢增加A泵转速指令, 至两泵转速偏差30rpm以内, 投A泵自动, 整个并泵过程持续5min完成, 手动将B泵汽源由辅汽切换为四抽, 调平两台泵的给水流量, 整个过程监视给水流量、汽包水位稳定, 发现异常及时手动调整汽包水位。

4 后期优化空间

在顺控并泵过程中出现了一些问题。

(1) 并泵初期, 待并泵增加出力时, 因两台泵汽源不一致, 待并泵再循环全开的情况下, 小机低压调阀开度较运行泵大, 调节有滞后性, 出口压力调节稳定耗时较长, 后续仍需优化PID参数, 增加待并泵出力速率后加个延时, 待反馈跟踪正常后, 再增加指令, 避免出现过调现象。

(2) 并泵结束后, 关闭再循环调阀, 需运行人员手动操作, 监视给水流量、汽包水位稳定前提下, 调平两台汽泵出力, 防止发生抢水现象, 后续仍需优化顺控逻辑, 增加两台汽泵出口流量调平回路。

(3) 并泵结束后, 小机汽源切换, 需运行人员手动操作, 运行人员需监视四抽流量、汽包水位、给水流量, 缓慢操作直到汽源切换完毕, 后续仍需优化顺控逻辑, 将小机汽源切换增加至顺控逻辑, 通过汽泵转速, 小机低压调阀开度, 以及给水流量, 汽包水位, 四抽流量等测点, 优化小机汽源切换逻辑。

5 结束语

在深度调峰下, 自动切泵、并泵技术应用是非常重要的, 由试验结果可以看到, 顺控逻辑自动切泵、并泵过程, 稳定和高效, 能够及时响应设备的需求缩短了切换时间; 切换过程, 减少运行人员的劳动强度。为了提高自动切泵、并泵过程的稳定性, 给水控制的调节需要放缓, 锅炉燃烧工况相对稳定, 抗扰动能力也需要降低, 运行人员加强顺控切换过程各参数监视, 做好设备维护, 发现有影响顺控程序的缺陷, 及时停止顺控操作, 并提出优化顺控逻辑, 提高切换的高效性、稳定性。在实际应用中, 还需要不断完善技术, 进一步优化逻辑, 以确保其在实际运行中能够取得更好的效果。

[参考文献]

[1] 齐俊虎. 1000MW超超临界机组20%深度调峰控制系统灵活性改造[A]. 中国电力技术市场协会, 2023年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集(上册)[C]. 天津国投津能发电有限公司, 2023: 841-851.

[2] 张新胜, 苏焯, 丁宁, 等. 基于速率自适应的汽动给水泵自动并泵控制策略[J]. 热力发电, 2021, 50(12): 153-159.

[3] 白玉忠, 王福宁, 李志鹏. 深度调峰机组给水泵自动并泵退泵控制策略及单列运行方式研究与应用[J]. 中国设备工程, 2021, (06): 116-117.

作者简介:

王智伟(1988--), 男, 汉族, 陕西华阴人, 工程师, 研究方向: 发电集控运行。