

优化旁路控制提升机组热态开机速度

黄振华 钱海飞 刘嗣进
杭州华电江东热电有限公司
DOI:10.12238/pe.v3i1.11385

[摘要] 热态启动经济性是燃机电厂经济运行研究的重难点问题,通过分析研究,改进提升机组热态开机速度具有较高的经济效益和社会效益。本文通过对热态开机过程分析,确定影响开机速度的关键在于暖机阶段,通过调整旁路控制策略,减少暖机时长从而达到提升热态开机速度,减少成本,降低排放的目的。

[关键词] 联合循环机组; 旁路控制; 暖机; 经济性提升

中图分类号: S717.1+4 **文献标识码:** A

Optimize bypass control to increase the hot start-up speed of the unit

Zhenhua Huang Haifei Qian Sijin Liu
Hangzhou Huadian Jiangdong Thermal Co.,Ltd.

[Abstract] The economic issue of hot start-up is a key and difficult point in the research on the economic operation of gas-fired power plants. Through analysis, research, and improvement, increasing the hot start-up speed of the unit has high economic and social benefits. By analyzing the hot start-up process, this paper determines that the key to affecting the start-up speed lies in the warming-up stage. By adjusting the bypass control strategy, the warming-up time is reduced, so as to achieve the goals of increasing the hot start-up speed, reducing costs, and decreasing emissions.

[Key words] combined cycle unit; bypass control; warming-up; economic efficiency improvement

引言

单轴布置的联合循环机组中, 燃机的快速启停优势被汽机所拖累, 汽轮机进汽前需要等待锅炉产生的蒸汽与汽轮机温度参数的匹配, 期间不满足进汽品质的蒸汽通过旁路系统被排放至凝汽器中, 造成大量能量浪费, 同时在暖机过程中燃机处于非经济运行区间, 效率低下, 排放浓度高, 并且其热态启动过程每年需进行几百次, 因此提升热态开机速度减少能源浪费是该类型电厂经济运行的重难点, 本次研究通过充分分析影响热态开机速度的因素, 提出优化解决方案, 给同类型机组热态启动经济运行提供参考。^[1]

1 背景

该热电厂装机2×480MW燃气-蒸汽联合循环调峰供热机组, 机组主要运行方式为日开夜停, 年平均启动300次左右, 其中80%左右为热态启动。

热态启动经济性是燃机电厂经济运行研究的重难点问题, 通过对机组启动过程的研究和对同类型机组的对比, 发现暖机负荷对机组暖机时间有着较大影响, 因此公司进行了相关改进, 热态暖机负荷由120MW提高至130MW, 但通过与同期数据对比发现暖机时间未见明显缩短, 启动用气量与同期相比未见明显

下降。

2 项目流程简介

三菱M701F4型燃气-蒸汽联合循环机组, 由一台M701F4型燃气轮机、一台NG-M701F4-R型余热锅炉、一台TC2F-35.4型蒸汽轮机和一台QFR-480-2-21.5型发电机组组成。按燃气轮机、蒸汽轮机、发电机的顺序由西向东排列, 从发电机端往燃气轮机方向看, 机组转向为顺时针方向, 功率输出方式为冷端输出。

做功后的高温烟气通过烟道进入余热锅炉, 烟气中的热量被余热锅炉各模块充分吸收和利用, 产生蒸汽引入蒸汽轮机做功。高压主蒸汽通过一个高压主汽阀和一个高压调节阀进入汽轮机的高压缸, 高压主蒸汽通过汽轮机高压缸膨胀做功, 然后从汽轮机高压缸排出与中压过热蒸汽汇合并流回到余热锅炉进行再热, 再热蒸汽作为中压主蒸汽返回汽轮机做功。中压主蒸汽通过一个中压主汽阀和一个中压调节阀进入中压缸, 中压主蒸汽通过汽轮机中压缸膨胀做功后, 经过连通管进入低压缸。低压主蒸汽通过一个低压主汽阀和一个低压调节阀进入连通管, 低压主蒸汽在连通管中与中压缸排汽混合, 经过汽轮机低压缸做功, 最终进入凝汽器。

3 影响机组热态启动时间原因分析

机组热态启动过程可以分为: ①机组冲转至3000转——②并网——③自动升负荷至暖机负荷——④暖机——⑤汽机调阀以一定速率全开, 机组负荷升至最小技术出力。^[2]

机组热态启动并网到汽轮机进汽条件满足称为暖机时间, 经统计一个季度热态开机29次, 暖机时间最长为21分16秒, 最短为17分35秒, 平均为18分19秒。

其中过程①, ③, ⑤按照厂家限速率要通过程序限制方式由TCS所控制, 无优化空间, 过程②操作人员严格执行操作步骤且操作熟练, 提升空间有限。④暖机时间正是与先进机组的差距所在。

3.1对进气条件进行分析

需同时满足以下条件, 汽轮机才满足进气条件:

(1) 高压缸进汽

a. 高压主汽门前蒸汽过热度 $\geq +56^{\circ}\text{C}$ 。

b. 高压主汽门前蒸汽压力 $\geq 4.8\text{MPa}$ 。

c. 高压主汽门前蒸汽温度与高压缸入口金属温度之差在 $+110^{\circ}\text{C}\sim-56^{\circ}\text{C}$ 间, 或冷态启动时高压主蒸汽温度 $<430^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 中压缸进汽

a. 中压主汽门前蒸汽过热度 $\geq +56^{\circ}\text{C}$ 。

b. 中压主汽门前蒸汽压力 $\geq 1.0\text{MPa}$ 。

c. 中压主汽门前蒸汽温度减中压缸入口金属温度之差在 $+110^{\circ}\text{C}\sim-56^{\circ}\text{C}$ 间。

通过逻辑观察进气条件满足的情况, 发现“高压主汽门前蒸汽温度与高压缸入口金属温度之差在 $+110^{\circ}\text{C}\sim-56^{\circ}\text{C}$ 间”这个条件最后满足。为确认该情况及量化分析与倒数第二满足条件的参数相差的时间, 通过TCS设置历史曲线, 进行数据采集分析。

3.2分析结论

通过量化分析, 发现其他都满足后等待“高压主汽门前蒸汽温度与高压缸入口金属温度之差在 $+110^{\circ}\text{C}\sim-56^{\circ}\text{C}$ 间”需5分钟左右。因此, 提升高压主汽门前蒸汽温度与高压缸入口金属温度匹配度的速度, 就可以使热态启动尽快满足进气条件, 从而有效缩短机组热态启动暖机时间, 达到节能降耗目的。

4 优化方案

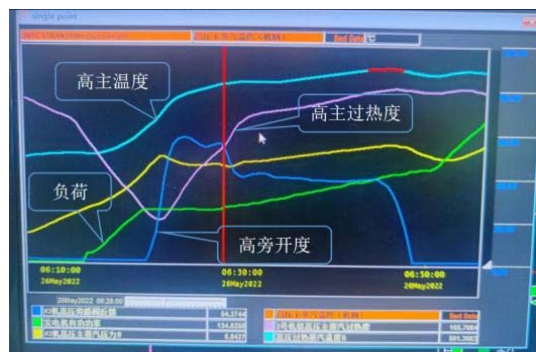


图1 暖机过程主要参数变化

查阅了高压主蒸汽温度及主要影响因素在暖机过程中的变化情况(图1), 可以看出, 高压主蒸汽温度在并网前上涨缓慢, 在

并网后温升速度加快, 机组负荷到达暖机负荷后约1分钟时间高压主蒸汽旁路阀开启并快速开至60%开度, 此过程高压主蒸汽温升达到最快速度, 随后高压旁路为控制阀前压力将开度稳定在55~60%左右, 高压主蒸汽温度开始进入缓慢上升阶段, 称为暖机后期, 此阶段约有7分钟。^[3]

开大高压旁路增加暖机蒸汽流量可以提升暖机后期高压主蒸汽温升速度, 但如此操作会导致高压主蒸汽压力下降, 当前旁路控制下高压主蒸汽压力约为6.9MPa, 而进气需满足条件为高压主汽门前蒸汽压力 $\geq 4.8\text{MPa}$, 裕量充足。^[4]

因此认为旁路控制存在优化空间, 旁路优化方向主要有两个, 一是提早开, 二是维持大开度, 在炉侧高压主蒸汽温度高于机侧高压主蒸汽温度情况下增加暖管蒸汽流量。理想的高压旁路开度曲线与效果预测如图2所示。

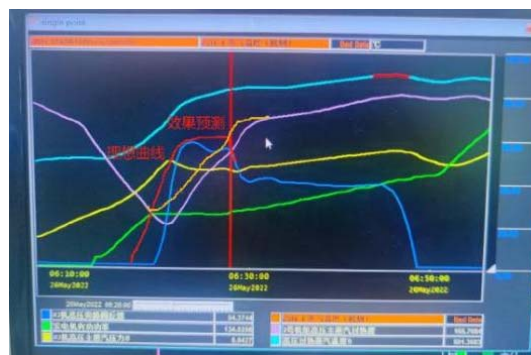


图2 理想曲线及效果预测

5 试验过程

在机组热态启动过程中, 当并网后, 负荷到达110MW时(提前开), 撤出高压旁路自动模式, 逐渐手动开大高压旁路至65%(维持大开度), 加快高压主蒸汽管道内的气体流动速度, 提高过热器的传热系数, 充分利用烟气温度的变化, 当高压主汽门前蒸汽温度与高压缸入口金属温度之差接近满足进气条件时, 逐渐关小高压旁路阀, 控制机侧高压主汽压力升至高压旁路压力控制自动设定值, 重新将高压旁路投入自动控制模式。^[5]

为对比实验效果, 选择在气温、停机时长等其他外部条件相对稳定的时机进行了试验, 2022年11月1日, 11月2日, 采用原有旁路投自动的方式开机, 做对照组, 2022年11月3日采用手动控制旁路的方式开机, 为实验组。试验结果如表1所示。试验曲线如图3, 图4, 图5所示。

表1 暖机耗时统计表

时间	机组并网时间	汽机进汽条件满足时间	暖机所耗时间
11月1日	5:03:48	5:22:30	18分42秒
11月2日	5:16:06	5:34:54	18分48秒
11月3日	5:43:24	5:58:54	15分30秒

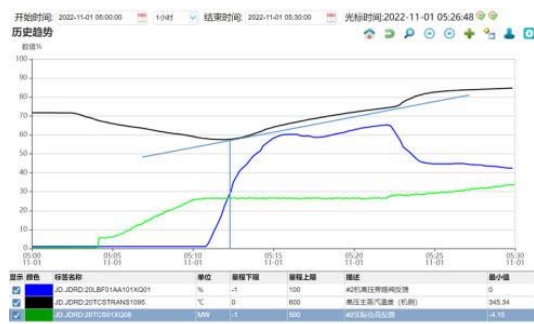


图3 11月1日暖机曲线



图4 11月2日暖机曲线

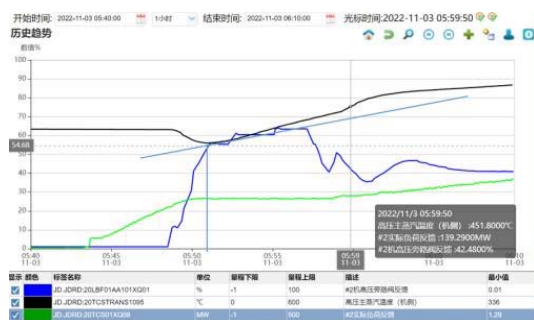


图5 11月3日暖机曲线

蓝色辅助线为同一斜率直线,图5中高压主蒸汽温度上升速度明显快于图3,图4。

由上述曲线数据可以看出,当提前开启高压旁路时,烟气温度和主汽温度的提升速率的趋势更加匹配,说明烟气温度的热

量能够更好的被利用,在旁路手动开大后,机侧高压主蒸汽温度因为管道内的温度较低的主蒸汽气体流速加快,先是温度快速下降,随着炉侧主汽温度的上升速率加快,炉侧主汽温度超过机侧高压主蒸汽温度后,机侧高压主蒸汽温度开始快速上升,在并网15分钟左右就满足了进汽条件汽轮机开始进汽,较试验前明显缩短了暖机时间,效果显著。

后续通过4次试验,2号机并网-汽机进汽条件满足时间平均为15分48秒,较之前季度统计平均值下降了2分31秒。

6 总结

试验结果表明旁路优化对机组暖机时间的影响是起主导作用的。

锅炉和蒸汽管道保温效果差,每次开机都有重新加热的过程,而汽轮机保温较好,温度下降较慢,因此热态启动速度的提升关键是加快主蒸汽与汽轮机金属温度的匹配。

通过旁路控制优化,在锅炉出口主蒸汽温度高于蒸汽管道温度后,合理增加旁路流通有助于提升暖管速度,可以加快主蒸汽与汽轮机金属温度匹配,从而达到加快启动速度的效果。

【参考文献】

- [1]牛火平.关于提高M701F4燃气-蒸汽联合循环机组热态启动速度的研究[J].科技与创新,2017(1):73-74.
- [2]陈琦,燕金栋.M701F4型联合循环机组汽轮机启动方式的优化方案[J].东方汽轮机,2023(3):73-77.
- [3]雷增强,高玮,卢冠勋.M701F4型燃气-蒸汽联合循环机组旁路控制优化[J].广东电力,2018,31(05):35-41.
- [4]车国营.M701F4型机组启机过程高压旁路阀维持45%开度的原因分析及改进探讨[J].应用能源技术,2022(9):1-4.
- [5]王燕晋,陈振山.燃气-蒸汽联合循环全程旁路系统分析和控制[J].华北电力技术,2014(9):14-17.

作者简介:

黄振华(1990--),男,汉族,浙江省杭州市富阳区人,本科,主要从事燃机集控运行研究。