

联合循环机组余热锅炉运行调整分析

孙思毅

浙江浙能长兴天然气热电有限公司 浙江湖州 313000

摘要: 余热锅炉通过回收燃气轮机排放废热产生蒸汽做功,对于提高机组效率,减少发电碳排放具有重要作用。本文以 SCC5-4000F(X) 联合循环机组配套余热锅炉为例,对余热锅炉启动、运行及停运各阶段运行调整进行分析,适时根据机组状态调节余热锅炉运行方式,保障机组安全运行,提高机组经济性。

关键词: 燃机; 余热锅炉; 运行调整

Analysis on Operation Adjustment of Waste Heat Boiler of Combined Cycle Unit

SUN Siyi

Zhejiang Zheneng Changxing Natural Gas Thermal Power Co., Ltd., Huzhou, Zhejiang 313000

Abstract: The waste heat boiler generates steam to do work by recovering the waste heat discharged by the gas turbine, which plays an important role in improving the unit efficiency and reducing the carbon emission of power generation. Taking the waste heat boiler of scc5-4000f(x) combined cycle unit as an example, this paper analyzes the operation adjustment of waste heat boiler in each stage of startup, operation and shutdown, and timely adjusts the operation mode of waste heat boiler according to the unit status, so as to ensure the safe operation of the unit and improve the unit economy.

Keywords: Gas turbine; Waste heat boiler; Operation adjustment

引言:

一方面,随着“双碳”目标的确立和各项政策的不断推进,燃气—蒸汽联合循环机组以其更低的碳排放系数,更高的发电效率,在我国能源结构调整中发挥着“稳定器”的重要作用,对于优化电力市场能源结构具有重要意义;另一方面,经济发展带来的电网容量需求不断增加,昼夜之间的负荷差也越来越明显,白天的光伏能源占比日渐增大,调节电网峰值的任务非常繁重,天然气发电具有快速启动和停止的功能,比传统的煤基发电和水力发电更加适用^[1]。现如今燃气—蒸汽联合循环机组在新建机组占比不断升高,这显示了天然气发电的巨大优势。但是快速启停对于余热锅炉的运行提出了更加严苛的要求。本文以西门子 SCC5-4000F(X) 联合循环机组为例,对余热锅炉各阶段运行调整进行分析。

作者简介: 孙思毅,1989年,浙江省湖州市,汉族,男,大学本科、助理工程师,东南大学,天然气联合循环机组运行管理,邮箱:439054699@qq.com。

1. 联合循环机组余热锅炉运行调整的目的

某公司使用 SG-273.1(61.3)(53.8)/13.01(3.38)(0.39)-Q8102 型三压再热无补燃卧式的自然循环余热锅炉,由西门子 DCS(分散控制)系统控制,设计供热抽汽点为再热蒸汽冷端。主要由进口烟道、余热锅炉本体(受压件模块、非受压件模块和钢架护板)、出口烟道及主烟囱、高中低压汽包、管道、平台扶梯等部件以及给水泵、除氧器、定排和连排扩容器等部件组成。余热锅炉本体受热面各部件呈间列布置,受热面管屏采用 HARP 型结构,由垂直布置的顺列螺旋鳍片管和进出口集箱组成,以获得最佳的传热效果和最低的烟气压降。对联合循环机组余热锅炉运行调整,目的是确保生成的蒸汽参数在指定范围内,保持机组安全、经济、高效运行,污染物排放放在指定范围内。

2. 余热锅炉的启动分析

由于为非补燃余热锅炉,余热锅炉在启动阶段主要通过蒸汽参数、金属温升、金属壁温差等参数参与燃机排气温度计算,进而控制燃气轮机负荷。本文从运行操

作角度对上水、升压过程进行介绍。

2.1 上水过程

余热锅炉上水一般在启动前半小时完成,上水时要求凝结水水质合格,并严格监视水质变化。上水前确认投入就地水位计、导波雷达及电接点水位计,密切监视水位变化。若炉内原有水,应通知化学人员化验水质,如水质不合格,应将炉水全部放掉,重新进水至水质合格。进水时应启动氨计量泵,投入凝结水PH表计,根据水量、水质要求调节计量泵合适的频率和冲程。根据汽包壁温情况投入除氧器辅汽加热,控制进入汽包的给水温度与汽包壁温的差值 $> 55^{\circ}\text{C}$ 。控制给水调节阀的开度,依次向除氧器、低压、中压、高压汽包进水,进水时应开启各受热面放空阀。进水可以用余热系统高、中、低压系统子程序顺控(SGC),也可以选择手动进水。

2.2 升压过程

余热锅炉由SGT5-4000(X)型燃机提供烟气,SFC带动燃气轮机转速达到3.5Hz,燃机点火,在透平和SFC共同作用下转速升至26Hz,SFC退出,燃气轮机在透平带动下升速至50Hz。在这一过程中,燃气轮机排烟温度随着转速不断上升,并在转速达到50Hz后回落趋稳。随后发电机并网,燃气轮机负荷逐步增加至90MW,维持这一负荷直至汽轮机啮合。在这一过程中,燃气轮机排气温度控制(OTC)根据余热锅炉的温度计算燃气轮机的排气温度,从而限制燃气轮机负荷增加速率。

余热锅炉启动期间会产生热应力,这期间的温升速度越快,产生的热力越大。如果不加以控制则会产生疲劳,缩短锅炉使用寿命。由此厂家规定余热锅炉各部温升速度不能超限(高压部分低于 $4.4^{\circ}\text{C}/\text{min}$,中压部分低于 $9.3^{\circ}\text{C}/\text{min}$,低压部分低于 $27.8^{\circ}\text{C}/\text{min}$)。同时要求保证高压汽包上下壁温差小于 40°C ,中压汽包上下壁温差小于 50°C ,低压汽包上下壁温差小于 50°C 。常见原因是余热锅炉高压汽包上、下壁温度差达30K或高压过热器3温升速度超限,闭锁燃气轮机负荷增加。这种现象在二班制运行中机组停运时间较长时发生,负荷在40MW左右停留15至20分钟。

3. 燃机余热锅炉运行调整应用分析

3.1 余热锅炉水位控制

当汽包水位超出正常规定的上限值,压缩蒸汽分离空间,汽水分离条件恶化,降低蒸汽质量,带来主蒸汽管道结垢、汽轮机进水等后果。因此余热锅炉对高中低压汽包均设置高III值保护(均为230mm),高于上述保护值延时15秒顺停燃气轮机。另一方面,当汽包水位低于正常规定的下限值,可能导致蒸发器干烧,同时导致蒸

汽量下降、主汽超温等问题,累积到一定程度后将严重损坏受热面。因此,余热锅炉对高中低压汽包均设置低II值保护(高压汽包-850mm,中压汽包-560mm,低压汽包-630mm),低于上述保护值延时15秒跳燃气轮机。日常运行中一是要在启动阶段精准调控,防止受热过程中“虚假水位”可能引发汽包水位高保护动作;二是做好日常巡检记录工作,定期进行远传信号与就地水位的校验,将汽包水位维持在合理区间($\pm 50\text{mm}$)内。

3.2 余热锅炉主蒸汽温度参数控制

若余热锅炉主蒸汽温度超过额定上限值,则将会降低主蒸汽管道与汽轮机材料强度。而如果主蒸汽温度明显小于额定值,那么则将会引起蒸汽焓值降低、做功能力下降,进而影响汽轮机功率。为确保余热锅炉正常运作,则要使主蒸汽温度值始终在许可范畴中变动。由于未设置旁通烟道,我厂主要采用两级减温水控制主蒸汽温度。另设置以下主蒸汽温度保护:

①高压主蒸汽温度(高过二级入口/出口均入保护) $> 573^{\circ}\text{C}$ (延时10min)或高压主蒸汽温度 $> 582^{\circ}\text{C}$ (延时2s);

②再热主蒸汽温度 $> 560^{\circ}\text{C}$ (3取2,延时10min)或再热主蒸汽温度 $> 567^{\circ}\text{C}$ (3取2,延时2s)。

3.3 余热锅炉主蒸汽压力参数控制

若余热锅炉主蒸汽压力超过额定上限值,则将会危及主蒸汽管道、汽轮机运行安全。我厂除高压汽包、中压汽包、低压汽包、过热器、再热器、除氧器、给水系统安全阀外,设置以下主蒸汽压力保护:

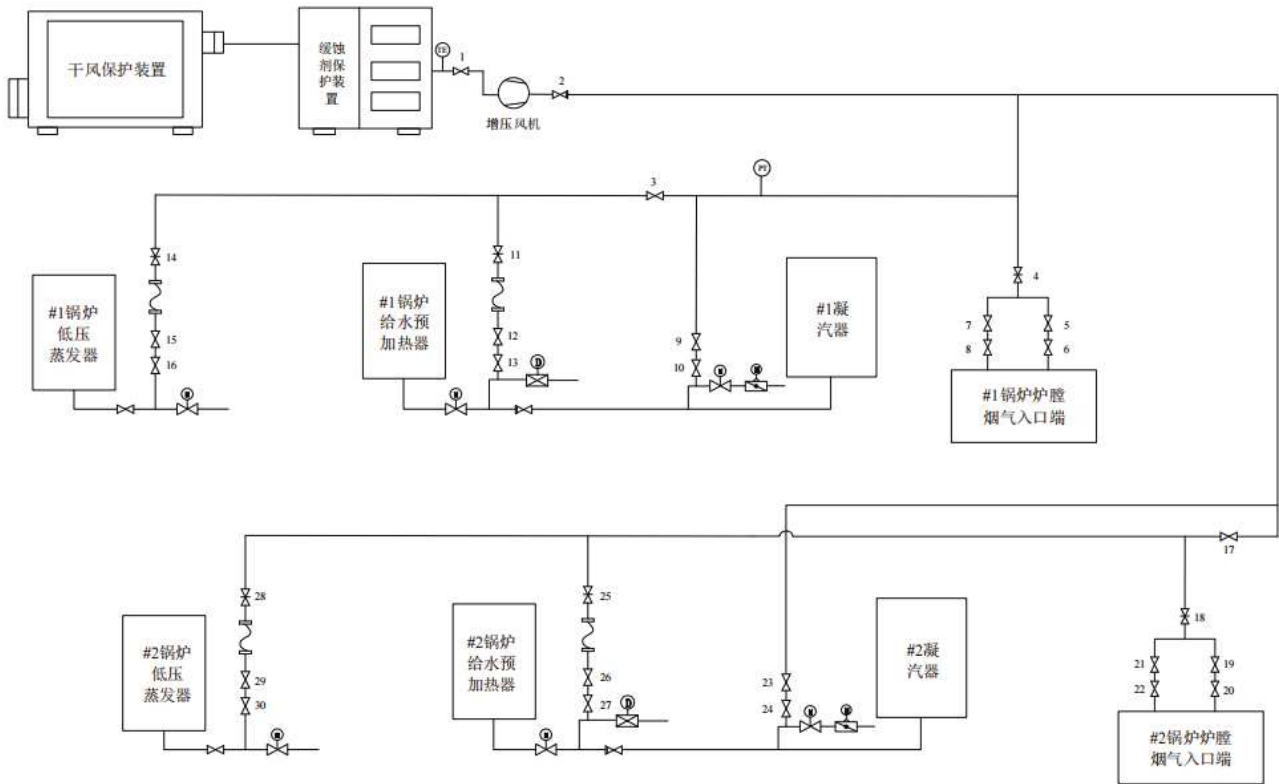
①高压过热蒸汽压力 $> 14.5\text{MPa}$ 跳余热锅炉联跳燃机。高压过热蒸汽压力 $> 13.8\text{MPa}$,延时5s燃机顺停;

②再热蒸汽压力 $> 3.7\text{MPa}$ 跳余热锅炉联跳燃机。再热蒸汽压力 $> 3.45\text{MPa}$,延时5s燃机顺停。

受限于余热锅炉的运行特性,在正常工况下,余热锅炉压力较为稳定,如触发保护将通过燃气轮机顺停等快速切断热源。

4. 余热锅炉停机保养

余热锅炉停机后,必须对每个压力系统采取有效的防护措施,以防止停运期间的腐蚀。热炉加压水干燥法,十八胺加药,充氮法等。对于正常的常规维修,由于停机时间短,通常将热炉加压水干燥用,抬升炉水PH作停机保护。当高压蒸汽压力下降到0.6MPa时,迅速打开每个系统的正常放气阀和泄压阀,并迅速将锅炉水排放,利用余热锅炉存热蒸发系统中的水分。如遇长时间停机,为保障锅炉侧金属防锈蚀,我厂增加了一套热风保养装置,利用干燥的热空气对余热锅炉中低压系统、余热锅炉风道进行吹扫。



图一 热风保养装置示意图

5. 结束语

综上所述，就余热锅炉运行中的调整操作进行了分析，并提出一些操作方法和措施。怎样使燃机余热锅炉运行更合理更安全，还需要我们在今后的工作中，不断摸索和总结。

参考文献：

[1]杜龙, 苏引平, 任念毛. 燃机余热锅炉排烟酸露点温度计算研究[J]. 电力勘测设计, 2021 (2): 46.

[2]刘广于. 燃机余热锅炉运行调整分析[J]. 冶金动力, 2020 (3): 39-42.

[3]耿硕, 吴洪文, 成涛, 等. 燃气电厂余热锅炉汽包水位调节方法[J]. 自动化博览, 2019, 36 (5): 60-62.

[4]涂文生. 余热锅炉入口压力对联合循环机组出力的影响[J]. 山东工业技术, 2019, 58 (4): 69-71.

[5]邱振波. 9F燃机余热锅炉烟气中黄烟生成原理分析及控制策略[J]. 神华科技, 2018, 16 (4): 57-60.