

350 MW 超临界间接空冷汽轮机组调试过程中出现的问题及处理

张士龙

(华电电力科学研究院 浙江 杭州 310030)

摘要: 汽轮机的整套启动调试、小汽轮机系统调试是汽轮发电机组调试的重要组成部分。本研究对 A 电厂三期 2 × 350 MW 超临界间接空冷汽轮机组汽轮机的整套启动调试、小汽轮机系统调试过程和试运行期间出现的问题进行了详细的介绍,阐述了分析处理过程,总结了调试经验和运行经验。

关键词: 超临界汽轮机组; 启动调试; 系统调试

中图分类号: TK267 文献标识码: B
DOI: 10.16146/j.cnki.rndlgc.2015.05.043

引言

汽轮机的整套启动调试、小汽轮机系统调试是汽轮发电机组调试的重要组成部分。实际运行中,因以上系统故障而被迫停机,将给电厂带来较大损失。本研究对 A 电厂调试过程中出现的问题进行分析,总结了处理方法。

1 A 电厂汽轮发电机组概况

A 电厂 5 号、6 号机组为南疆首次建设的 2 台 350 MW 级别火力发电机组,也是目前华电集团在新疆的最大单机容量机组,汽轮机型式:超临界、一次中间再热、表凝式间接空冷、单抽汽(采暖抽汽)凝汽式汽轮机,汽轮机型号为 CJK350-24.2/0.4/566/566。

本汽轮机高中压缸采用高中压合缸、双层缸结构。整个高中压缸分为 6 个部分:高中压外缸是整体式,自中分面分为上半缸和下半缸,高压内缸是由上半缸和下半缸组成,中压内缸也分为上半缸和下半缸 2 个部分。2 个低压缸都是双层缸结构,采用对称双分流结构,中部进汽,低压缸与凝汽器的连接采用不锈钢弹性膨胀节方式连接。主蒸汽经汽轮机 2 个主汽门后进入到 4 个高压调节汽门,经过导汽

管进入汽轮机高压缸膨胀做功。高压缸排汽经再热器再热后通过 2 个再热主汽门和 2 个中压调节汽门到中压缸膨胀做功。中压缸做功后的蒸汽,通过中压缸向上排汽口的中低压连通管流入低压缸,做功后的乏汽排入凝汽器。

汽轮机控制系统是由纯电调和液压伺服系统组成的 DEH(数字式电液控制系统),主要完成汽轮机的挂闸、冲转、并网、负荷控制和危急遮断等功能。

2 汽轮机首次冲转调试过程中遇到的问题及分析处理

2.1 高压主汽门未打开

在 5 号机组调试过程中,2013 年 12 月 20 日 21:50 汽轮机挂闸,进行汽机跳闸电磁阀试验和就地打闸试验,动作正常。主汽压力 4.15 MPa,主汽温度 397.0 °C,再热压力 0.78 MPa,再热温度 442.7 °C,真空 -70.23 kPa,差胀 5.31 mm,缸胀 2.21 mm,轴位移 -0.12/-0.11 mm,偏心 29.83 μm。汽轮机挂闸。采用“自动”控制方式,启动方式采用高中压缸启动。进汽阀门管理模式为单阀控制。阀位限制开中压主汽门,检查确认中压主汽门全开。目标转速和升速率设定为 600 r/min 和 100 r/min²,中压调门缓慢开启,进行冲转,转速达到 600 r/min 后,汽轮机远方打闸,转速降低,进行摩擦检查。23:03 时刻确认机组正常后,再次挂闸升速,设定目标转速 600 r/min,升速率 100 r/min²,进行升速。到达 600 r/min 后,DEH 开始记忆阀位,记忆完成,设定目标转速 2 300 r/min,升速率 100 r/min²,进行升速。升速过程中主汽压力控制在 5.1 MPa 左右,再热压力控制在 0.8 MPa 左右,转速由中压调门和高压主汽门共同控制。00:18 时刻转速升至 2 300 r/min。中

收稿日期: 2014-07-18; 修订日期: 2014-09-10

作者简介: 张士龙(1980-),男,黑龙江哈尔滨人,华电电力科学研究院工程师。

速暖机。升速过程中发现高压主汽门未打开,暖机效果不好,处理前冲转参数如表 1 所示。

表 1 处理前 5 号汽轮机的冲转参数
Tab. 1 The impulse starting parameters and the effect of no. 5 steam turbine before treatment

参 数	数 值
主汽压力/MPa	4.15
主汽温度/℃	397.0
再热压力/MPa	0.78
再热温度/℃	402.7
真空/kPa	-70.23
差胀/mm	5.31
缸胀/mm	2.21
轴位移/mm	-0.12/ -0.11
偏心/ μm	29.83

针对上述问题,讨论发现主汽门实际供货非 350 MW 机型的主汽门而是 660 MW 机型的主汽门。通过降低冲转参数的办法打开主汽门,暖机效果良好,使得调试工作得以顺利进行,如表 2 所示。12 月 21 日 06:25 暖机结束,如表 2 所示,设定目标转速 2 800 r/min,升速率 100 r/min²,继续升速。06:31 时刻转速升至 2 800 r/min,DEH 开始记忆阀位,记忆完成,设定目标转速 2 950 r/min,升速率 100 r/min²,进行升速。06:46 时刻转速升至 2 950 r/min,进行阀切换。06:52 时刻设定目标转速 3 000 r/min,升速率 50 r/min²,继续升速。06:56 时刻阀切换完成转速稳定在 3 000 r/min。

表 2 处理后 5 号汽轮机的冲转参数
Tab. 2 The impulse starting parameters and the effect of no. 5 steam turbine after treatment

参 数	数 值
主汽压力/MPa	3.61
主汽温度/℃	424.1
再热压力/MPa	0.18
再热温度/℃	412.2
真空/kPa	-71.87
差胀/mm	11.98
缸胀/mm	10.08
轴位移/mm	-0.03/ -0.04
偏心/ μm	-1.81

2.2 瓦轴振动偏大

汽轮机—发电机组轴系,由高中压转子、低压转子及发电机转子组成。每一转子各自支承于两径向轴承上,整个轴系有 6 个轴承,轴承分布如图 1 所示。在厂家汽轮机说明书中,明确要求汽轮机各轴瓦位置的轴振达到 127 μm 报警、达到 254 μm 跳机。而在调试 5 号机组的首次冲转过程中,汽轮机 5 号瓦轴振偏大,具体数据如表 3 所示。对于 5 号瓦位置连接油管路、汽封、轴瓦等进行全面检查,未见异常。

表 3 处理前 5 号汽轮机各轴承振动参数
Tab. 3 No. 5 steam turbine bearing vibration parameters before processing

转速/ r · min ⁻¹	各轴承 X、Y 方向振动(X/Y)					
	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号
3 000	55.90/ 64.31	39.56/ 25.51	39.68/ 20.56	39.64/ 31.47	142.18/ 104.16	29.11/ 66.95

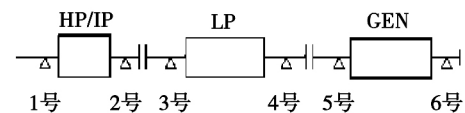


图 1 机组轴系简图

Fig. 1 Schematic diagram of unit shafting

经过查看振动数据,5 号瓦 X/Y 振动未有半频和低频分量,基频分量相位稳定,并且偏离原点,为动不平衡问题。振动综合测试仪测试出偏移的相位,反向加配重平衡质心。经过在 5 号汽轮机的低压缸发电机之间对轮 5 号瓦侧加配重,相位角 102°角加 180 g、相位角 120°角加 412 g、相位角 138°角加 180 g,加配重后效果理想,具体数据如表 4 所示,机组振动整体达到较优水平^[1]。

表 4 处理后 5 号汽轮机各轴承振动参数
Tab. 4 The processed bearing vibration parameters of no. 5 steam turbine

转速/ r · min ⁻¹	各轴承 X、Y 方向振动(X/Y)					
	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号
3 000	50.46/ 53.31	32.58/ 26.81	26.26/ 24.86	46.44/ 59.57	61.09/ 42.86	29.46/ 36.73

2.3 低压缸喷水减温系统雾化效果不好

汽轮机低压缸喷水减温系统中,喷嘴和喷水环安装在低压缸排汽导流环上。来自喷水流量控制站

的凝结水,用管道接至喷水环上的进水接口,再经喷水环送到各个喷嘴,具体管路连接如图2所示。低压缸内两末级叶片后的环状低压缸喷水减温喷头雾化效果不理想,喷水未散开,基本成柱状。

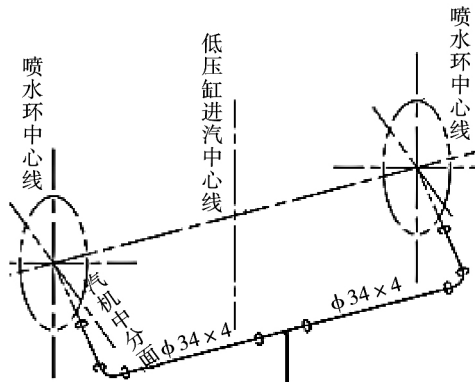


图2 低压缸喷水管路图(mm)

Fig. 2 low pressure cylinder spray pipe map(mm)

经讨论,排除了低压缸喷水减温系统工作不正常等因素,初步判断为凝结水母管压力不足所致。随后将凝结水母管压力提升至2.5 MPa,低压缸喷水减温喷头雾化效果有所好转,但是仍然达不到要求。

经判断,可能是汽轮机厂家设计的低压缸喷水减温喷头之前的水平母管管径偏小。原设计管径为34 mm,更换为管径50 mm的管道,再次试运低压缸喷水减温系统,喷头雾化效果良好,达到系统要求。

2.4 凝结水泵入口伸缩节拉伸变形

在5号机组调试过程中,2013年12月20日调试工作告一段落,各个分系统停运进行消缺。凝结水系统停运后发现凝结水泵入口伸缩节拉伸变形,伸缩节原长250 mm,拉伸后300 mm,各凝结水泵进水管滑力支撑均向主变侧方向位移。

原因为凝结水泵并泵运行时凝结水母管压力较高,凝结水泵出口逆止门不严密,停运凝结水泵,凝结水介质压力瞬时反作用于入口母管的90°弯头处,使得凝结水泵入口母管产生向5号机主变压器侧的位移量,拉伸应力作用于伸缩节,伸缩节变形。

调试过程中,运行人员的注意重点往往是系统的操作,控制系统各参数到调试要求的数值。而调试期间各系统未经考核试验,系统运行不正常或者出力不足经常发生;各新供货设备是否完好、安装是否正确,都是需要校核的。因此,在调试期间系统的

启动和停运后,系统运行不正常的情况应引起足够重视,以免类似情况再次发生。

3 B小汽轮机调试过程中遇到的问题

在5号机组调试过程中,2013年11月23日进行B小汽轮机超速试验,辅汽压力0.65 MPa,辅汽温度307.0℃,真空-65.23 kPa。采用“转速自动”控制方式,目标转速和升速率设定为6100 r/min和100 r/min,转速达到6050 r/min,机械超速未动,手动打闸。原因为B小汽轮机机械超速飞锤弹簧预紧圈数不对。经过停机、停止小机油系统、打开前轴承箱处理后,再次进行超速试验效果良好。试验完毕B小汽轮机停机后,B小汽轮机盘车投不上。原因是B小汽轮机盘车滑销机械加工不够精密存在毛刺,处理后投运正常。

4 结论

通过对A电厂5号、6号机组CJK350-24.2/0.4/566/566型汽轮机调试过程中出现的冲转过程主汽门无法自动开启、首次开机轴系振动大、低压缸喷水减温系统雾化效果不良、凝结水泵入口伸缩节拉伸变形、小机超速试验飞锤无法正常动作等问题进行了深入分析,并对问题的处理方法作了详细介绍。通过对本工程汽轮机相关系统所出现的问题的分析及处理,有力保证了A电厂5号机组调试工作的顺利进行及汽机专业调试任务的完成。

参考文献:

- [1] 张士龙. 新疆华电喀什热电有限责任公司5号机组汽机专业整套启动调试报告[R]. 华电电力科学研究院, 2014. ZHANG Shi-long. Xinjiang kashgar thermoelectric limited liability company. 5 units turbine start debugging of a complete set of professional report[R]. Huadian electric power research institute 2014.
- [2] GB/T_8117~1-2008 汽轮机热力性能试验规程[S]. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2008. GB/T_8117~1-2008 steam turbine thermal performance test Regulation[S]. The state administration of quality supervision, inspection and quarantine of the People's Republic of China, China national standardization management committee 2008.

(丛敏 编辑)

and Power Co. Ltd. ,Yinchuan ,China ,Post Code: 750000) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015 ,30(5) . - 808 - 812

With a single burner in a 660 MW tangential pulverized coal-fired boiler in Yuanyang Lake Power Plant serving as the prototype ,a full scale plasma ignition test rig was set up and the characteristics of aerospace plasma ignition were experimentally studied. The test results show that for Dongning-originated bituminous coal ,when the power of the spray gun reaches 110 kW ,the pulverized coal concentration for ignition can decrease to 0.13 kg/kg and the relatively good adaptable range of the primary air speed falls in a range from 18 m/s to 22 m/s and it is proper to control the pulverized coal fineness in a range from 20% to 24% in the initial stage of the ignition. For Ningxia-originated lean coal ,when the power of the spray gun increases to 350 kW and the pulverized coal concentration reaches 0.25 kg/kg ,the plasma ignition of pulverized coal can be realized and it is proper in the initial stage of the ignition to control the primary air speed in a range below 20 m/s. The industrial application results in the 660 MW boiler in Yuanyang Lake Power Plant show that the minimum ignition pulverized coal concentration is only 0.1 kg/kg and the temperature rise speed is $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$,matching with the design temperature rise curves of the boiler and solving the problem that the temperature rise speed in the initial stage of conventional plasma ignition is quick. **Key words:** aerospace plasma ignition ,high power ,high pressure rotation ,pulverized coal concentration ,temperature rise speed

350 MW 超临界间接空冷汽轮机组调试过程中出现的问题及处理 = **Treatment and Problems Encountered in Unit Debugging of 350 MW Supercritical Indirect Air Cooling Steam Turbine** [刊 ,汉]ZHANG Shi-long (Huadian Electric Power Research Institute ,Hangzhou ,China ,Post Code: 310030) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015 ,30(5) . - 813 - 815

The entire turbine start-up debugging ,debugging of small turbine system is an important part of steam turbine generator unit commission. The research has a detailed introduction on the problems encountered in the commission process and debugging of small turbine system of the three 2×350 MW supercritical indirect air cooling steam turbine in A power plant. And it describes the process of treatment analysis and sums up the debugging experience and operational experience. **Key words:** Supercritical Turbine ,package start - up debugging of steam turbine ,small turbine system debugging