

汽轮机低压加热器端差异常浅析

盖永素

(盐城发电有限公司, 江苏 盐城 224001)

摘 要: 低压加热器在电厂热力系统中作用十分重要, 加热器是否正常投运、联锁能否正常投入, 严重影响机组的回热经济性和机组设备的安全性。盐城发电有限公司#10 机#5、#6 低加在正常运行中, 尤其是在机组负荷变化或额定负荷 80% 以上时, #6 低加端差增大, #5 低加水位升高, 有时会引起#5、#6 低加筒体、疏水管及水位计发生较强振动, 需要通过调节开启#5 低加危急疏水门, 这给安全生产带来隐患。与此同时, #6 低加出水温度比正常情况下降 12℃ 以上, 影响机组的经济性。本文从蒸汽与金属表面间凝结放热、#6 低加出水温度、端差等着手, 分析盐城发电有限公司#10 机组#6 低加端差异常, 筒体振动大的原因, 提出了处理策略, 并深入地进行了总结。

关键词: 低加; 端差; 异常; 安全; 效率; 处理策略

1 概述

盐城发电有限公司两台 C135/N150MW 机组由哈尔滨汽轮机厂生产制造, 汽轮机型式为中间再热、双缸双排汽、单轴凝汽式、超高压机组。于 2005 年投入商业运营, 为提高设备热力循环效率, 机组设计共有七级抽汽, 分别供二台高压加热器、一台除氧器、四台低压加热器, 除#7 低压加热器是抽汽直接进入加热外, 其余六级抽汽均通过一只逆止门, 一只电动门分别控制进入各自的加热器, 同时高压轴封第四腔室的漏汽接至除氧器, 高压轴封第三腔室的漏汽接至#6 低压加热器。

盐城发电有限公司#10、#11 机低压加热器规范如表 1。

表 1 低压加热器规范

名称	#5 低加		#6 低加	
型 号	JD—300—6		JD—280—1	
介 质	蒸汽	水	蒸汽	水
压力/MPa	0.6	2.5	0.6	2.5
工作压力/MPa	0.2813	1.6	0.07	1.6
设计温度/℃	250	150	150	125
工作温度/℃	202.5	128.4	92.0	86.8
流 量/(t/h)	29.42	404.22	18.65	337.36
型 式	表面立式		表面立式	

2 运行情况

自 2013 年 2 月份起, 盐城发电有限公司#10 机#6 低加出水温度不正常, 端差异常, 尤其是机组负荷 110 MW 以上时, 低加运行中筒体振动较大, 随着负荷的升高, 振动更加剧烈, 同时, 引起#6 低加

端差增大, 最大时达到 11.2℃, 对安全、经济不利。针对上述情况, 我们积极进行分析、摸索, 采取不同的措施, 在不同的工况下进行多次试验, 从中排查原因。

为保证#5、#6 低加安全经济运行, 在运行过程中, 应注意监视以下的项目:

(1) 机组负荷变化疏水水位。各加热器正常运行时, 应控制加热器的疏水水位在正常范围内, 加热器水位过高, 其传热面会被淹没, 使传热面积减少, 传热效果下降, 蒸汽不能及时凝结, 造成加热器汽侧压力升高, 引起筒体振动, 凝水温度下降, 影响机组的安全、经济运行。

(2) 汽侧集聚了空气。空气是不凝结气体, 附着在管子表面, 降低传热效果, 引起筒体振动。

(3) 由于加热器疏水主调阀及管路原因, 使疏水不流畅, 而引起振动。

(4) 由于#5 低加铜管泄漏, 疏水旁路阀不能关闭, 造成#6 低加内的汽侧压力增大, 引起 6 抽逆止门关闭, 出口水温就会下降, 回热效果降低, 造成抽汽管道上节流损失增大。

3 理论分析

3.1 系统排查

(1) 低加铜管泄漏, 机组长期运行, 设备老化, 加热器铜管可能泄漏。

(2) 漏入空气, #6 低加空气系统进行压水查漏, 未发现明显漏点, 且低加空气门常开。

(3) 逐级疏水系统存在问题, #10 高压轴封 3

腔室漏汽原厂家设计接在#5 低加进汽口，运行中发现漏汽压力低于五抽压力，导致三腔室排汽不畅，后技改，改接至#6 低加进汽口，在逐级疏水口加装节流孔。经分析可能存在节流孔偏大，致使六抽进汽受阻，导致端差变大，且筒体振动。

(4) 高压轴封 3 腔室漏汽量大，高压轴封 3 腔室漏汽接至#6 低压加热器进汽管 U 型膨胀补偿管后，如机组负荷高、高压轴封 3 腔室漏汽量大，造成#6 低加内部压力升高，且压力高于六抽压力，导致#6 低加进汽受阻，使端差增大

(5) #5 低加疏水主调阀及管路设置不合理，使疏水不流畅。

(6) #5 低加至#6 低加的疏水旁路开得大，#5 低压加热器疏水进入#6 低压加热器汽化后排斥了 6 级抽汽的抽汽量，使得#6 低压加热器内部压力升高，引起#6 低加筒体振动。

3.2 #10 机#6 低加端差增大,低加筒体振动的系统分析(以#10 机为依据)

(1) 打开#5 低压加热器至凝结器的空气门，关闭#5、6 低压加热器联络空气门后，#6 低压加热器进汽压力由-23kPa 上升至-17kPa，#5 低压加热器空气门后管道温度 48℃左右，#6 低压加热器出水温度变化不大，振动仍然存在。又将#5、6 低压加热器串联空气门打开，#6 低压加热器进汽负压降至-27kPa，#5 低压加热器空气门后管道温度 60℃左右，调整后效果不大

(2) 调整#5 低压加热器水位。在关闭逐级疏水旁路时，因#5 低压加热器疏水至#6 低压加热器的疏水量的突然减小，减少了#6 低加的疏水量，从而使 6 抽汽逆止门负压降低至-75kPa，提高了#6 低加的出水温度，降低了#6 低加端差。#6 低加筒体振动缓解。但由于关闭#5 低加逐级疏水旁路，又造成#5 低加水位不稳。#5 低加筒体振动仍然存在。

(3) 解除低压联锁，将#5 低压加热器疏水改直通。#6 低压加热器独立运行，#5、#6 低压加热器运行正常，筒体振动缓解，但影响了经济性。

(4) 高压轴封 3 腔室至六抽进汽接口位于#6 低压加热器进汽管 U 型膨胀补偿管后，如果高压轴封 3 腔室漏汽量大，在轴封漏汽汇聚口处形成较高的压力，从而造成#6 低加内部压力升高，引起振动，经调整第三腔室至#6 低压加热器进汽隔离门，同时注意轴封供汽管的温度、高、低压差胀和轴向位移

的变化，调整后效果不明显，反而使高压轴封压力升高，造成部分蒸汽浪费。

3.3 分析

- (1) 负荷增加，疏水量偏大；
- (2) #5 低加低加铜管轻微泄漏；
- (3) #6 低加低加铜管轻微泄漏；
- (4) #5 低加主调门可能有问题；
- (5) 疏水泵变频工作不正常。

针对上述情况分析，还需进一步减少疏水量，采取适当开启#5 低压加热器疏水改直通在 18%。

3.4 通过上述试验

(1) 适当开启#5 低压加热器疏水改直通时，#6 低加筒体振动问题有所缓解，但随负荷的升高，#6 低加筒体振动现象又比较明显，开大#5 低压加热器疏水直通。

(2) #5 低加、#6 低加出水温度升高（同样工况正常），机组的经济性提高。

(3) 虽然开启#5 低压加热器疏水直通，但是疏水量仍然偏大，判断低加有可能轻微泄漏。

3.4.4 相对缓解了#6 低加端差问题。

4 针对上述分析对策

(1) 在#10、#11 机停机前对#6 低加进行隔离查漏，未发现泄漏现象。当进行#5 低加隔离时，发现开#11 机#5 低加进水门时，水位上升较快，凝结水压力下降，危急疏水门开足时，水位仍然继续上升，判断为#5 低加铜管泄漏，设备部检修人员到场后及进行安措隔离堵管 2 根。

(2) 及时制定了《关于#10 机组运行中#5、6 低加筒体有时振动较大注意事项》，并要求严格执行《C135/N150MW 机组运行规程》操作调整处理故障。

(3) 4 月初#11 机小修通过检修处理，发现#5 低加有 5 根铜管泄漏，经堵管，4 月 18 日投运后，各项参数均在正常范围。#10 机#5 低加在 5 月份检修中堵管 1 根，同时建议大修过程中对#5 低加至#6 低疏水节流孔改造缩小，直径由原来 60mm 缩小至 40mm 后，#6 低加端差明显降低并且筒体振动情况明显好转，计划在今年的中修中对对#5 低加至#6 低疏水节流孔再进行适当的缩小。

#11 机低加投运后不同负荷下各参数正常如表 2 所示。

表 2 #11 机低加投运后不同负荷下参数

负荷 /MW	#5 低加疏水 温度/℃	#5 低加出水 温度/℃	#6 低加疏水 温度/℃	#6 加出水 温度/℃	疏水量 /(t/h)
119	124	123.8	81.9	76.6	51
91	116.3	114.7	75.1	73.7	36

由表 2 得出以下结论：通过小修处理后，1) #6 低加端差正常。2) 疏水量正常。3) #6 低加筒体振动解决。4) 疏水泵工作正常。

5 结束语

通过对#10 机的低加设备系统的检查、分析，查清#5 低加水位以及#6 低加端差异常、低加筒体、疏水管及水位计发生较强振动的原因，同时利用机组小修、调停机会建议检修人员检查技改低加疏水主调阀及管路和各空气门等：将#10 高压轴封 3 腔室漏汽原厂家设计接在#5 低加进汽口，运行中发现漏汽压力低于五抽压力，导致三腔室排汽不畅，后技改，改接至#6 低加进汽口，在逐级疏水口加装节流孔。通过分析后调整改造缩小节流孔，减小六抽进汽阻力，使疏水流畅，节约高品质蒸汽。根据资料查询：低压加热器端差每上升 1℃，煤耗将增加

0.09g/kWh。这样，我们根据年发电量计算，全年可为公司节约生产成本约 20 多万元。同时还消除了#6 低加筒体振动。从而保证了机组的安全经济运行。作为从事火力发电汽轮机运行人员，不但要掌握理论本领，同时还要有过硬的实践经验，继续努力探索，为发电企业的安全节能降耗做出更多的成绩。

参考文献：

- [1] 杨义波.热力发电厂[M].北京:中国电力出版社,2010.
- [2] 国家能源局.防止电力生产重大事故的二十五项重点要求[M].杭州:浙江人民出版社,2014.
- [3] 赵素芬.汽轮机运行[M].北京:中国电力出版社,2008.
- [4] 康松,杨建明,胥建群,等.汽轮机原理[M].北京:中国电力出版社,2000.2
- [5] 盖永素,花春林.C135/N150MW 机组运行规程[Z].盐城:盐城发电有限公司,2012.

作者简介：

盖永素（1981），女，山东烟台人，工程师，从事汽机运行工作相关工作，E-mail: Lucy-2000@163.com。