

文章编号: 1006—4729(2004)02—0018—04

660 MW 机组高加投运的 故障分析及改进措施

任 军, 王敬光, 严杏初, 李红明

(粤电沙角 C 电厂, 广东 东莞 523908)

摘 要: 高加的投运对电厂运行的热经济性是非常重要的. 通过对高加投运故障原因的分析, 提出了避免故障的改进措施. 运行实践表明, 这些改进措施是有效的.

关键词: 高加; 热经济性; 故障分析; 改进措施

中图分类号: TK223.5 **文献标识码:** A

The Malfunction Diagnosis and Improvement of High-pressure Heaters on 660 MW Unit

REN Jun, WANG Jing-guang, YAN Xing-chu, LI Hong-ming

(Power Plant C of Shajiao of Guangdong Power Corporation, Dongguan 523908 China)

Abstract: The operation of High-pressure heaters is very important to all power plants. This paper illustrates in detail the cause for malfunction of High-pressure heaters and raises the measures for improvements. The operations show that the improvements measures are really efficient and successful.

Key words: high-pressure heater; thermal efficiency; malfunction diagnosis; improvement measures

某电厂装机容量为 3×660 MW, 汽轮机属亚临界、一次中间再热的冲动凝汽式汽轮机. 其回热加热系统分 8 级, 即 4 级低加、1 级除氧器和 3 级高加. 机组于 1996 年 6 月相继投入商业运行.

1 高加系统简介

高加的任务是利用回热抽汽, 将高压给水加热到锅炉所规定的给水温度, 以减少汽轮机排汽热损失, 提高机组的热效率. 本机组的高加均为卧式布置, 具有过热蒸汽冷却段、蒸汽凝结段、疏水冷却段的联合加热器. 按给水温度高低排, 依次为 8[#], 7[#], 6[#] 高加. 疏水采用逐级回流方式, 最后进入除氧器. 系统采用单元制, 6[#], 7[#] 高加共用一条

给水大旁路, 8[#] 高加设立一条给水小旁路. 当旁路内的设备发生故障时, 通过联成门, 解列相应的加热器, 给水走旁路, 保证机组能继续运行. 当所有高加同时解列时, 机组跳机. 此外, 8[#], 6[#] 高加各设有一个危急疏水旁路, 当水位达到高高值时, 通过此旁路将疏水直接排入凝汽器. 在回热抽汽管道上, 都设有抽汽逆止门和电动隔离门. 抽汽逆止门布置在靠汽轮机侧, 以防止机组甩负荷时加热器和管道上积聚的蒸汽倒流引起汽轮机超速. 电动隔离门则布置在靠加热器侧, 以避免加热器内的高压水, 经管道倒流进入汽轮机, 危及机组的安全^[1].

表 1 是厂家提供的 660 MW 汽轮机在不同运

行工况下的热力特性^[2], 根据该表, 我们可以算出, 机组不投运 8[#]或不投运 6[#]和 7[#]高加时, 与 TMC R(额定功率)工况相比, 汽耗量分别减少 3.52%和 3.074%, 机组的热耗率则分别增加

0.67%或 1.32%, 可见, 即使部分高加未投运, 对机组热经济性的影响也是非常明显的. 因此, 运行中保证高压加热器全部投入, 对电厂运行的热经济性有重要的意义.

表 1 汽轮机在不同工况下的热力特性(进口煤)

工 况	发电机 端功率	扣除给水泵 功率后静出力	主汽 流量	冷再 流量	过热减 温水	主汽 焓值	冷再 焓值	热再 焓值	给水泵 出口水焓	8 [#] 高加加 热后给水焓	热耗率 / kJ/ kW·h
	/ kW		/ kg/ h			/ kJ/ kg					
TMC R	696 661	679 044	2 038 976	1 788 371	20 390	3 387.1	3 037.8	3 536.9	820.3	1 198.2	7 898.4
8 [#] 高加隔离	694 521	677 445	1 967 232	1 811 883	40 201	3 387.1	3 044.0	3 536.4	822.4	1 108.3	7 951.3
6 [#] &7 [#] 高加隔离	690 030	672 908	1 976 304	1 711 614	37 500	3 387.1	3 036.8	3 537.6	823.9	1 101.4	8 002.4

2 高加投运的故障分析

自机组投运以来, 3 台机组的高加故障频繁发生, 甚至引起机组跳闸, 严重影响机组的正常运行, 导致高加被迫退出运行. 其主要故障现象有以下几种.

2.1 高加水位高高误报警

高加水位测量采用的是浮球式电信号液位计. 由于测量元件机械卡涩、环境温度高导致电子元件失效等问题, 经常出现水位高高误报警, 引起水位保护误动作, 导致高加解列, 甚至造成机组跳机.

2.2 高加内 U 型换热管爆漏

爆漏的原因除设计方面存在不足外, 在运行维护方面也存在以下问题.

(1) 8[#]高加爆管均发生在 6[#]和 7[#]高加退出运行、机组带高负荷的情况下, 可以判定: 8[#]高加爆管是由过负荷运行引起的.

当 6[#]和 7[#]高加解列、机组满负荷运行时, 8[#]高加水侧温升达 65 ℃, 而额定工况的温升为 25 ℃. 温升剧增, 使进汽量大幅度增加. 在 8[#]高加水位正常、危急疏水门全开、机组满负荷运行工况下, 抽汽量为额定抽汽量的 280%左右. 换热管的振动与抽汽量成正比, 如此大的抽汽量导致管子振动加剧, 最终断管.

(2) 6[#]和 7[#]高加正常运行时, 疏水端差分别为 16 ℃、20 ℃. 而设计值均小于 8 ℃. 可以判定, 6[#]、7[#]高加处于低水位或干锅运行状态. 在此状态下, 一方面, 流过疏水冷却段的工质为汽、水两

相流, 加剧了对管束的冲蚀, 引起换热管振动^[3]; 另一方面, 疏水冷却段的入口水封被破坏, 部分蒸汽直接由疏水冷却段泄漏, 从而使抽汽量增加, 加剧了换热管的振动, 最终导致断管.

通过对高加进行涡流探伤检测, 发现爆漏大都发生在管束上侧周向边缘左右两侧、过热蒸汽进入高加后流向管束的位置. 这就是由于蒸汽的冲刷侵蚀, 引起换热管振动加剧而导致爆漏的原因.

此外, 在高加的起、停或运行中, 由于升温或降温过快, 或经常负荷变动太快, 导致给水温度变化大. 这种热应力损坏以及给水质量不佳引起的锈蚀损坏也是导致换热管爆漏的重要原因之一.

2.3 抽汽逆止门故障

高加抽汽逆止门为英国 DRESSER 公司生产的气开弹簧复位型逆止阀, 较为耐用. 但由于阀门的行程开关和电磁阀距离阀门太近, 环境温度高, 经常出现行程开关摆臂卡涩、电磁阀线圈烧毁、阀座垫圈变形等导致的漏气现象, 使阀门的控制与保护无法投入, 危及机组安全.

2.4 疏水调门故障

疏水调门的特性对高加水位控制是至关重要的. 调门故障的类型主要有: 阀杆弯曲和断裂; 气动装置脱落; 压缩空气管脱落; 阀门法兰漏汽; 盘根泄漏; 汽缸膜盒穿孔等.

疏水流经疏水调门时, 由于压力降会汽化产生两相流, 造成振动. 振动使调门大幅摆动, 引起水位波动. 水位自动控制的调节作用, 进一步加剧了调门的摆动, 使调门最终无法控制. 例如, 6[#]高

加逐级疏水门安装的位置不是靠近除氧器,而是安置在逐级疏水管的垂直段,对疏水管的振动非常敏感.可见设计不当是故障产生的主要原因.

3 高加改进的对策

3.1 针对水位高高误报警采取的措施

(1)用差压式水位测量装置来取代浮球式液位计,即通过平衡容器,将水位变成与之对应的差压信号,再通过 1151 变送器将差压转换为 4~20 mA 电流信号来表示水位的高低,其改造示意图如图 1 所示.与原测量方式相比,因为没有机械位移,避免了机械卡涩问题.此外,可以将变送器安装到远离取样的位置,改善设备的工作环境,使元件寿命大大提高.

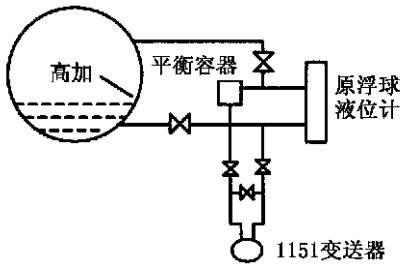


图 1 高加水位测量装置改造示意

(2)水位高高引起高加的解列过程为: 8[#]高加水位高高时,给水走旁路,抽汽阀被立即关闭,开危急疏水门,疏水被直接排入凝汽器; 6[#]或 7[#]高加水位高高时,给水走旁路,两段抽汽阀被立即关闭,同时关闭 8[#]高加至 7[#]高加的疏水门,开 6[#]高加危急疏水门,疏水被直接排入凝汽器.由上述可知,当危急疏水门开启时,高加已解列,这在设计上是不合理的.为此,我们将“高加水位高”信号引入疏水门控制逻辑.当该信号为真时,即开启疏水门,从而避免水位高高误信号的影响. 8[#]高加修改后的逻辑如图 2 所示.

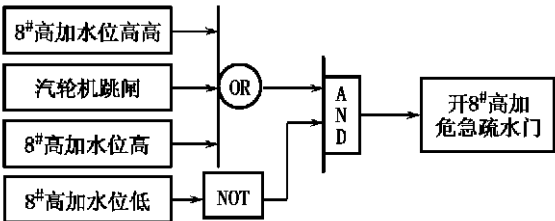


图 2 修改后的 8[#]高加危急疏水门“开”逻辑示意

6[#]高加修改后的逻辑如图 3 所示.

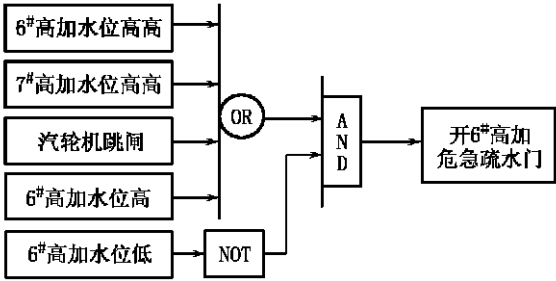


图 3 修改后的 6[#]高加危急疏水门“开”逻辑示意

对于 7[#]高加,其启动疏水电动门的原保护逻辑是: 机组负荷<10%时,全开此疏水电动门; 机组负荷>10%时,疏水电动门关闭.修改后的逻辑如图 4 所示.

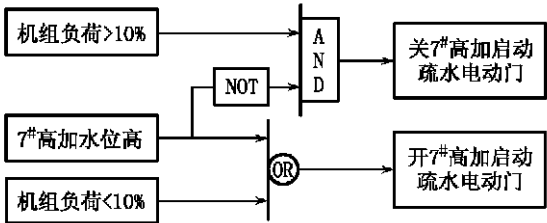


图 4 修改后的 7[#]高加启动疏水门控制逻辑示意

3.2 为避免 8[#]高加的过负荷运行采取的措施

- (1)提高 6[#], 7[#]高加运行的可靠性.
 - (2)6[#], 7[#]高加解列后,机组限负荷 600 MW; 保持 8[#]高加在正常水位运行; 减少系统外漏,降低抽汽量.
- 对 6[#], 7[#]高加进行试验,以寻求最佳运行水位,避免低水位工况运行.表 2 为 2[#]机组的水位试验数据.

表 2 2[#]机组高加水位试验数据

6 [#] 高加		7 [#] 高加	
水 位 /mm	疏水端差 /℃	水 位 /mm	疏水端差 /℃
174	15	180	10
178	7	201	7
189	6	218	7
200	6	224	6
210	6	232	6
220	6	240	6
240	5	250	6

从表 2 中可以发现, 6[#]和 7[#]高加的最佳运行

水位分别为 190 mm 和 215 mm, 而设计的水位设定值范围分别为 40 ~ 120 mm 和 110 ~ 170 mm, 分别偏低于最佳运行水位 70 mm 和 45 mm. 可见水位设定值范围明显偏低. 当水位投自动时, 高加处于低水位工况运行. 为此, 我们更改高加水位设定点范围, 抬高水位运行, 使 6[#], 7[#] 高加运行在由试验得出的最佳水位附近.

3.3 电磁阀和行程开关移位改造的措施

为了避免抽汽逆止门的故障现象, 在做好管道阀门保温工作的同时, 对电磁阀和行程开关进行移位改造, 即: 更改电磁阀气路, 使电磁阀离开执行汽缸约 50 cm. 行程开关的改造示意图如图 5 所示.

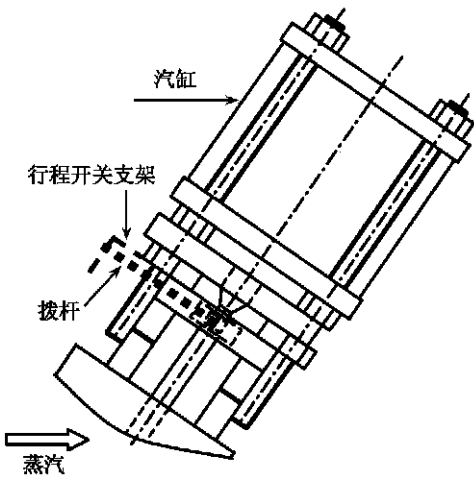


图 5 逆止门行程开关移位改造示意

行程开关支架采用不锈钢板材且将其弯成 90°, 与汽缸本体的垂直距离约为 30 cm. 在与阀杆平行的支架板面上安装两个行程开关, 调整行程开关摆臂间的间隔等于逆止门的总行程; 在阀杆与汽缸活塞连杆相连接处安装一拨杆, 通过拨杆对行程开关摆臂的碰压, 反映出阀门的状态.

3.4 针对疏水调门故障采取的措施

- (1) 将 6[#] 高加逐级疏水门移位至除氧器上, 并将其安装在疏水管的水平段, 阀杆为垂直方向.
- (2) 优化控制参数, 改善调门动态响应特性, 使疏水水位控制平稳, 避免疏水冷却段汽水两相流.

4 结论与建议

- (1) 高加水位测量装置的改进, 使水位信号的准确率大为提高, 基本消除了水位误信号的影响.
- (2) 高加水位高时, 开启对应高加的危急疏水门. 虽然会增加部分热损失, 但可有效避免高加解列, 防止高加水位、给水温度剧烈波动. 整体而言, 逻辑改进是合理的.
- (3) 逆止门的行程开关和电磁阀经移位后, 改善了环境温度, 使故障率明显降低. 由于逆止门关闭时, 气缸排气沿进气管路经电磁阀排出, 因此, 应将进气管路固定好, 进气管路不宜过长, 以免增加阀门关闭时间.
- (4) 通过试验, 寻找出 6[#], 7[#] 高加的最佳运行水位. 6[#], 7[#] 高加在此水位附近运行, 端差可控制在 7 °C 以下, 从而减少了爆管几率, 同时也避免了 8[#] 高加的过负荷运行, 使运行可靠性大幅提高.
- (5) 运行实践证明, 改进措施是成功有效的. 为此, 我们已对 3 台机组的高加实施了同样改造, 取得了较高的经济效益.

参考文献:

[1] 王加璇. 热工基础及热力设备[M]. 北京: 水利电力出版社, 1988. 323 ~ 331.

[2] 沙角 C 发电培训科. 汽机分册[M]. 武昌: 华中理工大学出版社, 2000. 1 ~ 29.

[3] 蔡锡琮. 高压给水加热器[M]. 北京: 水利电力出版社, 1995. 342.