



天津翔悦密封材料有限公司

弗莱希波·泰格  
金属波纹管有限公司

温州环球阀门制造有限公司



北新集团建材股份有限公司

## 200MW汽轮机热态启动时汽缸温差拉大原因分析及处理

何贤德 钟献光

广东省粤电集团韶关发电厂 广东省 韶关市 512132

**摘要:** 通过对韶关发电厂#8、9机组在热态启动时高中压缸上下缸温差拉大的现象进行分析, 得出缸温差出现的主要原因为一二次汽系统、汽缸本体、轴封系统疏水不畅或不充分, 高排逆止门关闭不严密, 汽机I、II级旁路使用操作不当等, 并提出各种情况下的处理措施, 确保机组安全启动, 同时对系统设备改造提出建议。

**关键词:** 缸温差 高排逆止门 疏水

### 1 设备状况

韶关发电厂#8、9机组是1985年和1987年投产的国产200MW机组, 汽轮机为哈尔滨汽轮机厂生产的N200—130—535/535型超高压一次中间再热凝汽式单轴三缸三排汽汽轮机, 高压缸为双层缸形式, 配备锅炉为哈尔滨锅炉厂生产的HG-670/140-10型超高压参数一次中间再热单汽鼓自然循环锅炉, 发电机为哈尔滨电机厂生产的QFQS-200-2型发电机。#8、9机组分别于2002年和2003年大修时进行了DCS控制系统改造, 由原来的立盘硬操改为了美国西屋公司的DCS控制系统。汽轮机规范如表1所示。

表1 #8汽轮机技术规范

项目	单位	规范
型号		N—200—130—535/535
额定/经济功率	MW	200/200
额定主汽压力	MPa	12.752
额定主汽温度	℃	535
额定再热蒸汽压力	MPa	2.063
额定再热蒸汽温度	℃	535
背压	MPa	0.00538
低压缸排汽量	T/H	420
冷却水流量	T/H	29300
通流级数	级	37

近几年来#8、9机组热态启动时多次发生汽轮机高中压缸上下缸壁温差拉大的异常情况, 高压内缸内壁上下缸温差最大的一次达80℃, 且汽缸下缸温下降的速度快, 迫使开机被延迟, 给机组的安全启动带来威胁。

### 2 汽轮机缸温差拉大的危害

我们知道由于汽轮机汽缸上下缸温差的存在并达到一定的程度, 将使汽缸发生上拱变形, 这种变形使下缸底部径向间隙减小甚至消失, 易造成动静摩擦损坏设备, 另外还会出现隔板和叶轮偏离正常时所在的垂直平面的现象, 使轴向间隙变化, 甚至引起轴向动静摩擦。汽缸的变形度可以近似的用下式估算

式中  $\alpha$ —汽缸材料的线性膨胀系数, mm/mm℃;

—上、下汽缸温差, ℃;

—支撑点之间的汽缸长度, mm;

—沿汽缸长度的平均直径, mm;

用上式可以按温差确定各汽缸的弯曲值, 而制造厂规定的允许上、下缸温差则是根据动静之间的最小径向间隙所决定的允许弯曲值计算出来的, #8、9机组的汽缸上、下汽缸壁温差规定值: 高压内缸为35℃, 高压外缸及中压缸为50℃。

### 3 原因分析

#8机组热态启动高、中压缸温差拉大的现象每次不尽相同, 根据机组启动时的现象, 结合#8机组设备及系统的情况, 分析启动时缸温差拉大的原因主要有以下几点。

(1) 高压缸排汽逆止门关闭不严密。由于高压缸排汽管道管径较大, 并且机组在长期的运行中阀体存在振动, 使阀门活动轴产生磨损; 另外由于蒸汽品质的不合格, 使阀芯结垢, 这样使得在机组停运后高压缸排汽逆止门虽有水压活塞压住, 仍然出现关闭不严密的现象, 在机组启动时, 特别是在开启I、II级旁路时, 如高排逆止门后疏水不充分将使大量低温蒸汽或水倒入高压缸, 造成高压缸内壁上下缸温差拉大。

(2) 汽轮机I、II级旁路使用操作不当。机组启动过程中, I、II级旁路的开启受凝汽器真空条件的闭锁, 要在凝汽器真空值达到-64KPa, I、II级旁路才能开启, 此时如果先开I级旁路或I级旁路关不严, 有一定压力的低温蒸汽漏入高排逆止门后, 由于高排逆止门没有装设排大气检查疏水门, 该管道容积大, 会凝结积存大量的积水, 由于高压缸内有一定的真空, 会使低温的蒸汽或水通过高压缸排汽逆止门进入高压缸, 使缸温差拉大。

(3) 蒸汽管道及汽缸疏水不畅。机组启动过程中, 如果之前锅炉进行过水压试验或锅炉点火时间过长, 而凝汽器抽真空较迟的情况下, 蒸汽的凝结使主、再热蒸汽系统管道积存大量的水, 由于主蒸汽及高排管道只装设了汽温表, 而没有装设上下管壁温度表, 无法监视管道的疏水情况, 暖管及疏水时间只是凭个人经验推测, 疏水是否充分无法证实, 疏水通过关闭不严密系统进入汽轮机的高压缸, 引起高压外缸上、下缸温差急剧拉大; 另外在机组送轴封抽真空的过程中, 在轴抽风机或凝汽器抽真空的作用下高、中压缸内建立了一定的负压, 在缸温较高的情况下, 汽缸本体疏水管道疏水电动门前管段和抽汽管道抽汽电动门前的管段积存的疏水汽化进入高、中压缸使汽缸上下壁温差拉大, 这种现象中压缸较突出。

(4) 高压缸夹层进汽分门关闭不严。汽轮机启动从轴封暖管开始夹层联箱也开始暖管, 夹层联箱的进汽门为不可

中停的电动门，只能全开全关，造成夹层联系的压力难以控制，如果联箱暖管的初期，压力控制不好造成压力过高，将有可能使低温的水和蒸汽被逼入汽缸夹层，造成高压内下缸外壁和高压外缸内下壁温度迅速降低，使缸温差拉大。

(5)轴封供汽系统积水。由于机组停运时轴封供汽要到凝汽器真空降低到零才能停运，停机后，所有轴封进汽阀门关闭，致使轴封进汽管道内积存的蒸汽凝结成水而无法疏出，如果开机抽真空前又未打开疏水门进行疏水或疏水不充分，在轴封送汽时，压力蒸汽把积水一齐送进了轴封，由轴封进入高压缸的外缸，引起高压缸外缸温度降低并使上下缸温差拉大。

#### 4 缸温差拉大的处理

根据以上分析的原因，结合#8机组热态启动时的实际情况和现象，以及电厂成功处理缸温差拉大的成功经验，我们可以列表将#8机组启动过程中汽缸进水、进冷汽的各种途径以及原因、现象对应起来，并同时提出一些现场的预防及处理措施，从而消除异常，使机组能安全开出。缸温差拉大的预防及处理措施归纳如表1。

表1缸温差拉大的预防及处理措施

汽缸进水途径	主要现象	主要原因	预防及处理措施
主、再热蒸汽系统进水	汽机冲转后缸温开始下降并且内缸上/下缸温差迅速拉大	1 主、再热蒸汽系统管道疏水不充分，导管、门座、高压短管疏水不充分； 2 冲转参数选择不当，过热度不足； 3 开机之前锅炉进行过水压试验，主汽门、调门严密性不良，导管、门座、高压短管积水；	1 在冲转前20分钟，开启汽缸、导管、门座、高压短管、门杆漏汽及抽汽逆止门前等的疏水门，充分疏水； 2 冲转参数主汽温比高压内上缸内壁温度高80℃~100℃，再热蒸汽温度比中压缸内上壁温度高50℃，主蒸汽和再热蒸汽过热度在80℃以上； 3 热态启动冲转过程中出现缸温下降，缸温差在合格范围内，查无其他原因，8 应迅速升速接带负荷，9 避免不必要的停留；
轴封进水	高压外缸内下壁温下降较快	1 轴封汽源或联箱温度低于140℃； 2 轴封母管及联箱暖管疏水不充分；	1 轴封供汽系统在投入之前充分疏水暖管； 2 保证轴封汽源温度、压力符合要求； 3 投入轴封时轴抽系统要求工作正常； 4 投入轴封时先投低压轴封再投中、高压轴封；
高排逆止门	高压内缸内下壁下降很快，且上下缸温差迅速拉大，缸温回复较慢	1 高排逆止门前后及I级旁路后疏水不充分； 2 高排逆止门关闭不严； 3 先开I级旁路后开II级旁路或I级旁路开度过大，造成I级旁路后压力高	启动前高排逆止门前疏水门开启充分疏水后关闭，高排逆止门后疏水门开启； 2 启动前检查高排逆止门保护水压正常，高排逆止门关闭严密； 3 投入旁路时，先开II级旁路，再开I级旁路，应避免I级旁路开度过大或先开I级旁路造成高排逆止门后压力过高； 4 出现投用旁路后缸温差拉大的情况时应迅速关小I级旁路开大II级旁路；
疏水返缸	缸温差随凝汽器真空升高而拉大，能在较短时间内回升	1 汽缸本体疏水和各段抽汽电动门前疏水没有按要求开启； 2 冲转前凝汽器真空过高；	1 抽真空前汽缸本体疏水门开启充分疏水后关闭，各抽汽逆止门前疏水门开启充分疏水后关闭； 2 整个启动、带负荷过程，所有疏水门关闭前保持凝汽器水位在低限运行，防止疏水返回汽缸； 3 如抽真空的过程中出现缸温差拉大可适当降低抽真空的速度，或适当降低凝汽器真空，使缸温回升；
夹层进水	高压外缸下内壁温度在夹层联箱暖管或夹层投运后下降	1 夹层联箱及进汽系统疏水不充分； 2 夹层加热汽源温度过低； 3 夹层投用初期压力控制不当； 4 夹层上下进汽分门关闭不严；	1 汽缸夹层联箱暖管前检查夹层上下进汽分门关闭严密； 2 汽缸夹层联箱充分暖管疏水； 3 暖管时采用汽缸夹层联箱进汽手动门控制联箱压力； 4 冲转前由于夹层进汽门漏汽造成缸温差拉大，采用预投夹层加热将缸温差拉回正常，但必须保证汽缸各部受热均匀，应避免投用夹层缩小缸温差后立即冲转开机；

#### 5、设备检修和改造的措施与建议

根据以上原因分析，要从根本上解决#8机开机时上下缸温差的问题，在此提出以下措施和建议。

(1) 利用机组大小修机会，认真检查各蒸汽管道的疏水管道阀门，确保畅通，将高排逆止门前疏水管道加大，并加装疏水排地沟的检查门。

(2) 利用机组大小修机会，检查高排逆止门的内部情况，如有卡涩松动和不严密的

现象，应及时处理或更换新逆止门。

(3) 在高排抽汽逆止门前后的水平管上装设上下壁温度表，以便及时监视管道是否有积水现象。

(4) 汽缸夹层加热（冷却）进汽加装电动调节门装置，以便能灵敏可靠的控制汽缸夹层联箱的压力。

(5) 建议对闭锁 I、II 级旁路的开启的真空值进行修改，将闭锁值降低至 40KPa 左右。设定真空闭锁值的目的是为了以防排汽缸压力过高，憋爆排汽缸安全门，如果在开启旁路的同时开启 II、III 级减温水，并根据排汽缸温的高低开启汽缸喷冷水，则可以有效的控制排汽缸压力。而由于凝结器的真空高达 -64KPa 时才允许开启旁路的话，此时高中压缸已建立较高的真空，会使低温的蒸汽或水通过高压缸排汽逆止门进入高压缸。

#### 6 参考文献：

〔1〕. 李笑乐. 工程热力学. 〔M〕. 北京：水利电力出版社. 1993.

〔2〕. 韩中合. 田松峰. 马晓芳. 〔M〕. 北京：中国电力出版社. 2002.

#### 作者简介：

何贤德，广东乐昌人，大专学历，火力发电厂集控运行助理工程师，从事火力发电厂运行管理工作。

钟献光，广东从化人，大专学历，火力发电厂汽机运行技师，主要从事汽机运行工作。

文章作者： 何贤德 钟献光

发表时间： 2008-06-04 00:00:00

[\[关闭窗口\]](#) [\[打印文章\]](#) [\[回到顶端\]](#)