

600MW 机组高排蒸汽参数异常升高的分析与处理

陈华桂，卢承斌

（江苏方天电力技术有限公司，江苏 南京 211102）

**摘 要：**某 600MW 超临界汽轮机组，机组运行过程中，热工处理测点缺陷故障，造成控制系统失灵，导致汽轮机主蒸汽参数大幅波动，经运行人员手动将参数调整稳定后发现，同样负荷下，汽轮机的高压缸排汽温度压力与以往相比均有所升高，调节级压力有所降低，汽轮机高压缸性能严重下降，结合相关参数综合分析，得出了高压缸排汽温度高的可能原因，并提出了相应的处理方案，通过对汽轮机的揭缸处理，高排蒸汽参数恢复正常，汽机热耗率显著降低。

**关键词：**高压缸；温度；压力；喷嘴室；调节级

0 机组概况

某电厂一期工程安装两台 600MW 超临界燃煤汽轮机发电机组。汽轮机为上海汽轮机厂生产的 N600-24.2/566/566 型超临界、一次中间再热、单轴、三缸四排汽、双背压、纯凝汽式汽轮机。一期工程 1 号和 2 号机组分别于 2006 年 3 月和 8 月投产。

2 号机组于 2009 年 11 月进行了汽轮机揭缸检修；2012 年 2 号机组进行了小修，处理了汽门阀座突出、高调门连杆、主汽门门杆等问题。2012 年 12 月至 2013 年 2 月，2 号机组进行环保改造，同期对汽轮机进行了揭缸检修。

1 参数异常经过

1.1 事件经过

2014 年 02 月 21 日上午 11 时，2 号机组正常运行，负荷为 490MW，汽轮机主汽门前蒸汽压力 23.6MPa，温度 565℃，锅炉给水流量 1410 t/h，入炉煤量 208 t/h。11 时 10 分，为处理 2 号锅炉给水流量变送器故障，热工维护人员将 2 号锅炉给水流量强制为当前值（1425 t/h），11 时 13 分，汽轮机主汽门前蒸汽压力从 23.7MPa 下降至 22.5MPa 后又迅速上升，汽压最高上升至 25.5MPa，参数大幅波动。运行人员发现后立即将机组控制方式由自动切为手动，进行事故处理，处理期间主汽温最低降至 461℃。11 时 32 分 2 号机组各参数调整稳定，机组恢复正常运行。

随后发现，机组在相同负荷下，高排参数出现异常升高，高压缸排汽温度上升约 20℃，高压缸排汽压力上升约 0.12 MPa。汽轮机高压缸排汽参数升

高，一方面造成汽轮机高压缸有效焓降减小，缸效率降低，热耗上升，同时使得锅炉再热减温水量增加，机组经济性下降。

1.2 参数变化情况

为全面了解异常的影响，比较了事件发生之前及之后同样负荷下的机组主要参数，详见表 1。

表 1 事件前后机组主要参数对比

项目	事前	事后
负荷/MW	525	525
主汽流量/t/h	1404	1303
给水流量/t/h	1476	1522
主汽压力/MPa	23.74	23.53
热再压力/ MPa	3.3	3.44
主汽温度/℃	569	565
再热汽温度/℃	568	566
调节级压力/ MPa	14.6	13.5
调节级温度/℃	518	507
一抽压力/ MPa	5.2	5.14
一抽温度/℃	358	356
高排压力/ MPa	3.59	3.74
高排温度/℃	306	326
二抽压力/ MPa	3.51	3.66
二抽温度/℃	306	322
低再入口温度/℃	294	310
高压外缸内壁温度/℃	387	424
高压外缸外壁温度/℃	426	450
高旁后压力/ MPa	3.55	3.7
高旁后温度/℃	245	247
轴向位移/mm	0.61	0.6
高压差胀/mm	0.9	0.5
1 号瓦振动/ $\mu$ m	71	78
2 号瓦振动/ $\mu$ m	45	44
推力瓦温度（高）/℃	71	70
3 号高调门开度/%	23	25

从表 1 可以看出，除高排参数比原先升高外，2

号机组调节级压力比原先降低约 1MPa, 高压外缸内壁温度增加 37℃, 高压外缸外壁温度增加 24℃, 高压差胀减少 0.4mm, 锅炉给水流量增加近 50t/h。主蒸汽流量与原先相比却有所降低, 究其原因主要是因为主蒸汽流量是由汽轮机调节级压力折算而来, 调节级压力降低, 故折算的主汽流量降低。

## 2 异常原因分析

### 2.1 汽缸结构

本机组正常运行采用喷嘴调节配汽方式, 高压缸进汽由 4 个主蒸汽高压调节汽门控制, 调门与 4 根上下垂直布置的进汽管相连, 进汽管直接插入高压缸内缸的喷嘴室, 在喷嘴室进口处采用密封环密封。喷嘴室为水平中分面结构, 下喷嘴室镶嵌在高压下内缸中, 通过 4 个搭子及喷嘴室外缘的凹槽与内缸上的凸缘固定在内缸中, 上喷嘴室依靠螺栓与下喷嘴室连接, 在上喷嘴室的顶部和下喷嘴室的底部分别设有导向键。因此, 喷嘴室能在内缸中自由膨胀, 但不会对内缸膨胀造成影响。高压喷嘴由 4 个喷嘴组组成, 沿圆周方向整圈布置, 焊接在喷嘴室中。

### 2.2 原因排查

汽轮机通流部分结垢, 会导致汽缸效率降低, 高压缸排汽温度和压力升高。但结垢应该是一个较为缓慢的过程, 且随着通流面积的减少, 同样负荷时, 机组调节级压力和一段抽汽压力应有所升高。而此次事件发生前后不过 20min, 且事后调节级压力和一段抽汽压力均有所降低, 同样负荷下调级压力比原先低 1.1MPa, 故可以排除因汽机通流部分结垢导致高排蒸汽参数升高。

若因其他异常引起汽轮机中压缸通流能力不足, 也会引起高压缸排汽温度和压力上升。但此时汽机的调节级压力和一抽压力都应同趋势上升。而实际情况是调节级压力和一抽压力下降, 可以排除中压缸通流能力不足这一原因。

排除以上原因后, 根据汽缸的结构, 结合前面的参数变化分析, 可以断定导致高压缸排汽参数异常, 是高压内缸漏汽至内外缸夹层引起, 主要有以下几方面可能原因: ①调节级热电偶温度套管开裂; ②高压内缸疏水管焊缝开裂; ③高压缸进汽插管部分密封泄漏; ④高压缸蒸汽室定位销松动或脱落。

考虑到以往已有同类型机组出现过由于高压喷嘴蒸汽室定位销存在焊接工艺和质量缺陷, 喷嘴室

与内缸之间的蒸汽漏至内外缸夹层, 导致调节级压力异常、高排温度上升的情况。在高压缸进汽参数大幅波动交变应力作用下导致蒸汽室定位销焊缝开裂可能性最大, 建议择机安排开缸检查, 重点检查以上可能漏气的部位。

## 3 揭缸检查及处理

### 3.1 揭缸情况

2015 年 2 月下旬, 机组停运后对汽轮机高压缸进行揭缸检查, 发现高压内下缸喷嘴室定位销脱落, 高压内上缸喷嘴室定位销焊缝有裂纹, 调节级下半金属温度套管吹断。见图 1、2。



图 1 高压内下缸喷嘴室定位销脱落情况



图 2 高压内上缸喷嘴室定位销焊缝裂纹

### 3.2 处理方案与工艺

根据之前的分析和揭缸检查的情况, 决定对脱落的高压内下缸喷嘴室定位销进行更换, 按照汽轮机制造厂提供的装配图进行安装; 对高压内上缸喷嘴室定位销焊缝打磨后进行补焊处理; 对调节级下半金属温度套管、高压内缸疏水管、调节级压力表管进行更换处理。按照上海汽轮机厂提供的焊接工艺, 使用 ENiCrFe-3 直径为 2.5mm 的焊接材料进行堆焊处理。

## 4 处理效果

经过处理后, 2 号机组高压缸排汽温度和压力均有所下降, 与异常发生前的水平相当, 调节级压力恢复正常。为对比机组检修前后的各项热力性能,

在揭缸检修前和检修完成后分别对 2 号机组进行了热力性能试验。

试验结果表明, 经过检修处理后的 2 号机组, 在 3 阀全开工况下, 汽轮机高压缸效率为 86.23%, 检修前为 77.18%, 高压缸效率提高 9.05 个百分点, 修后试验测得的汽轮机热耗率为 7758.5kJ/kWh, 与修前性能试验测得的热耗率 7970.8kJ/kWh 相比, 热耗降低 212.3kJ/kWh (约 2.66%)。机组经济性得到很大提高。机组检修前后的热耗率与设计热耗率的对比如图 3 所示。

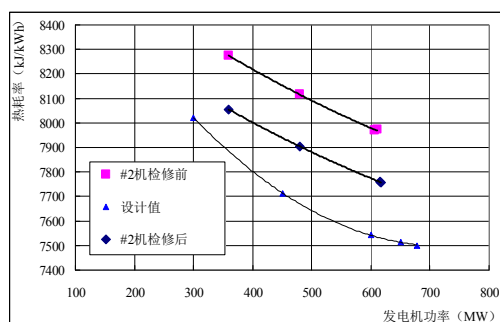


图 3 检修前后汽轮机热耗率比较

## 5 结论

该厂 2 号机组高压缸排汽蒸汽参数异常的根本

原因是高压内下缸喷嘴定位销焊接工艺不合格, 存在质量隐患, 直接原因是机组运行中主蒸汽参数大幅度波动引发定位销脱落, 造成部分蒸汽经定位销孔泄漏至高压缸内外缸夹层, 引起高压缸排汽温度升高。通过揭缸检查, 对脱落的定位销进行重新焊接修复后, 高排温度和压力都恢复正常。

机组高压缸排汽蒸汽参数异常升高不仅造成机组经济性降低同时还会影响机组运行的安全性。建议同型机组今后在揭缸检修时, 重点对以上部位进行检查, 如发现同样问题及时予以处理。

### 参考文献:

[1] 上海汽轮机有限公司.N600-24.2/566/566 型超临界中间再热凝汽式汽轮机结构说明书[Z].

### 作者简介:

陈华桂 (1978—), 男, 江苏姜堰人, 高级工程师, 从事火电机组的节能诊断及运行优化工作, E-mail: chenhuagui2000@sina.com;

卢承斌 (1971—), 男, 江苏镇江人, 高级工程师, 从事汽轮机组技术监督及故障诊断工作。

## DIAGNOSE AND TREATMENT of ABNORMAL INCREASE of HIGH PRESSURE CYLINDER ECHUAST STEAM PARAMETERS in 600MW STEAM TURBINE UNIT

CHEN Hua-gui; LU Cheng-bin

(Jiangsu Frontier Electric Technologies Co, Ltd., Nanjing 211102, Jiangsu Province, PRC)

**Abstract:** During the operation process of a 600 MW supercritical steam turbine generator unit, thermal processing point defects, which caused the control system failure. The failure lead to sharp fluctuations in the steam turbine main steam parameters, the operation staff manually adjust the parameters of the stabilized, found that under the same load, the high pressure steam turbine cylinder exhaust steam temperature and pressure was increased than ever before and the regulating stage pressure lower than ever before. The performance of steam turbine high pressure cylinder serious decline. combined with the comprehensive analysis of relevant parameters, it is concluded that the high pressure cylinder, the likely cause of the high exhaust steam temperature, and proposes the corresponding treatment scheme through the open of the steam turbine cylinder processing, high exhaust steam parameters returned to normal, turbine heat consumption rate significantly reduced.

**Key Words:** high pressure cylinder; temperature; pressure; nozzle chamber; regulating stage