

# 一种新的高压加热器泄漏分析方法

陈晓东, 牟晓博, 姚 斌

(神华浙江国华浙能发电有限公司, 浙江 宁波 315000)

**摘要:** 针对神华浙江国华浙能发电厂2号机汽泵总流量的异常变化情况, 通过 Optipro (运行优化系统) 对电厂3号高加(高压加热器)性能进行了诊断分析。判断出2号机3号高加的泄漏问题, 并进行有针对性的设备技术改造, 及时进行了高加的隔离堵漏, 共堵漏点8处、补焊42根管口。处理后的2号机组运行良好。及时发现高加潜藏的故障, 可有效保证机组的安全运行, 意义重大。

**关键词:** 高加; 泄漏; 经济

中图分类号: TK38 文献标识码: A

DOI: 10.16146/j.cnki.rndlge.2015.02.031

## 引言

高加是电厂回热循环中的重要设备, 泄漏后会导导致给水温度降低, 回热效率变差, 进而使机组整体经济性变差, 泄漏严重时会导致高加保护动作, 或者汽轮机进水等严重故障, 威胁机组运行安全。高加泄漏故障的及时发现, 对于保证设备安全, 机组经济性运行有很重要的意义。

通过端差分析与 OptiPro 性能分析系统相结合的办法, 在高加泄漏初期就能判定出高加泄漏的位置, 使问题发现更为及时、准确。

## 1 设备概况介绍

神华浙江国华浙能发电有限公司一期配备4×600 MW 国产亚临界燃煤汽轮发电机组, 锅炉设备采用上海锅炉厂有限公司引进美国 CE 公司燃烧技术生产的 SG-2028/17.5-M908 亚临界压力控制循环锅炉, 汽轮机为亚临界、一次中间再热、单轴、四缸四排汽凝汽式汽轮机。高加为上海电站辅机厂生产, 主要结构可以分为水室侧和汽侧, 水室组件由半球形封头或圆柱形筒身和管板组成, 包括给水进口接管、出口接管、排气接管、安全阀、化学清洗接头和引导水流按规定流动的分隔板以及带密封垫圈的

人孔盖、人孔座或密封盖; 汽侧钢制隔板沿着整个长度方向布置, 这些隔板支撑着管束并引导蒸汽沿着管束按90°转折流过管子。宁海电厂高加的主要设计参数如表1所示。

表1 宁海电厂高加主要设计参数

Tab. 1 Main design parameters of the high pressure heaters in Ninghai power plant

设备名称	管侧压力 /MPa	壳侧压力 /MPa	管侧温度 /°C	壳侧温度 /°C
1号高加	27.5	7.47	290	420 /290
2号高加	27.5	4.73	265	360/265
3号高加	27.5	2.07	215	429.1 /203

高加的异常退出或者壳侧发生严重泄漏时有可能造成汽水倒流进入汽轮机, 危及机组安全。同时, 会使锅炉给水温度大幅度下降, 增加燃料消耗量, 严重时会导致炉膛管壁大面积超温, 降低管壁寿命。高加的退出会使机组的发电煤耗上升3% - 5%, 因此加热器的安全运行直接影响到发电机组的出力及整个电厂的经济效益。

## 2 高压加热器异常参数分析

3月初发现2号机2台汽泵入口总流量较之前有所上升, 给水流量基本不变。判断汽泵出口至省煤器进口这段管路存在泄漏或者汽泵再循环调门存在内漏的可能。

3月14日对2台汽泵再循环分别进行隔离, 2台汽泵入口总流量基本无变化, 其与给水流量的偏差仍然存在, 排除了汽泵再循环内漏的可能。

通过 OptiPro 性能诊断系统对2号机高加性能参数依次进行诊断分析, 分别比对了3台高加的焓升实际值与期望值之差、3台高加端差的实际值与

收稿日期: 2014-06-06; 修订日期: 2014-07-18

作者简介: 陈晓东(1982-), 男, 江苏盐城人, 神华浙江国华浙能发电有限公司工程师。

期望值之差。

发现 1 号及 2 号高加的端差及焓升的实际值与期望值之差没有明显变化,但从 3 月 7 日开始 3 号高加焓升在期望值基本不变的情况下实际值逐渐下

降如图 2 所示 3 号高加端差逐渐升高如图 3 所示,而 1 号、2 号高加的焓升和端差基本维持不变如图 4、图 5 所示,与 3 号高加相比差异明显。

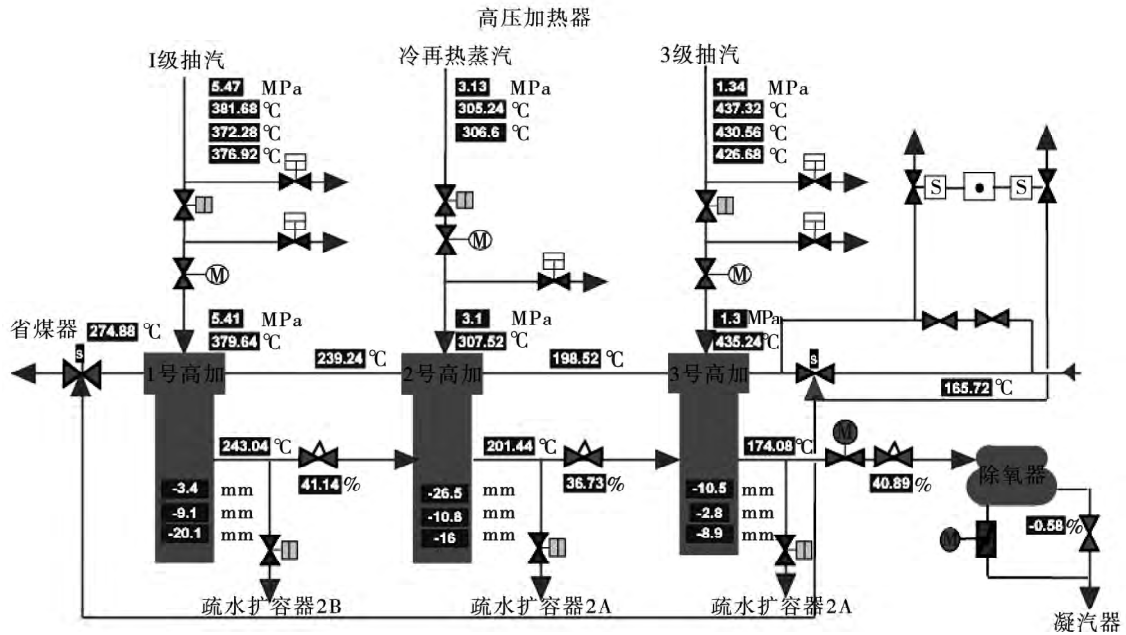


图 1 正常运行高加参数

Fig. 1 Normal operation parameters of the high pressure heaters

通过 OptiPro 分析,初步判断出泄漏位置发生在 3 号高加内。

查阅了电厂 PI 系统的历史曲线,在相同负荷工况下(520 MW),发现 3 号高加正常疏水调门及出水温度(图 1)均发生了缓慢的变化,从 3 月 7 日开始疏水调门开度由原来的 40% 左右缓慢开大至 53%、出水温度由 198 °C 下降至 194 °C。疏水缓慢开大和出口温度下降是加热器泄漏的主要特征,这就从理论角度初步证实了 OptiPro 分析的正确性。

### 3 高加泄漏处理过程

(1) 高加退出先退汽侧,控制高加出水温降率小于 55 °C/h,高加水侧由主路切旁路要检查高加三通阀动作情况,确认三通切换至旁路,切换过程中监视给水流量的变化,防止给水中断。

(2) 高加解列后,在负荷 520 MW 时给水流量由原来的 1 680 t/h 下降为 1 200 t/h,此时凝泵变频控制凝结水母管压力大约为 1.8 MPa 左右,而当前

负荷下除氧器入口凝结水流量为 1 300 t/h,所以在高加退出后通过压力偏置将凝泵出口母管压力控制在 2.4 MPa 左右,保证除氧器水位正常。

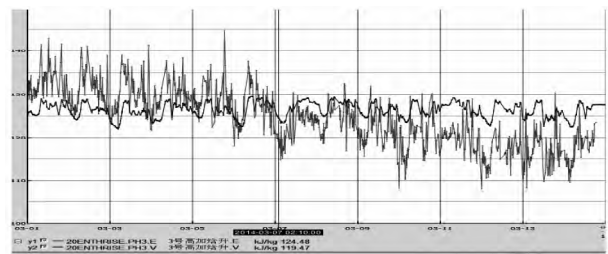


图 2 发生泄漏后 3 号高加焓升变化

Fig. 2 Changes of the enthalpy rise of the high pressure heater No. 3 after a leakage happened

(3) 高加解列后,锅炉排烟温度下降,影响了脱硝系统的正常运行(脱硝进口烟温 <315 °C 延时 8 h 退出运行;脱硝入口烟温 <285 °C 退出脱硝运行),强制退出脱硝入口烟温 <315 °C 延时 8 h 退出运行保护,仅保留脱硝入口烟温 <285 °C 退出脱硝运行

保护)。为了保证脱硝入口烟温,此次高加隔离是在 500 MW 负荷下进行的,并通过调节燃烧尽量提高排烟温度。

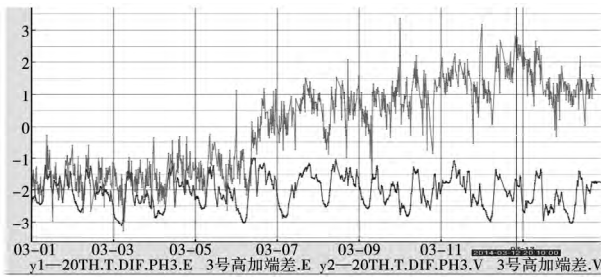


图 3 发生泄漏后 3 号高加端差变化

Fig. 3 Changes of the end difference of the high pressure heater No. 3 after a leakage happened

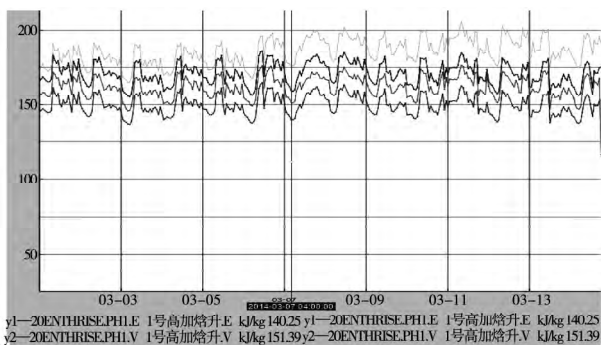


图 4 1 号、2 号高加的焓升

Fig. 4 Enthalpy rise of the high pressure heater No. 1 and 2

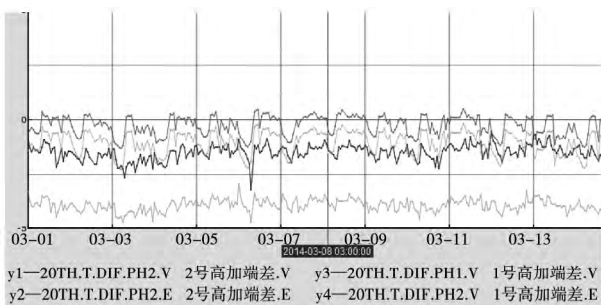


图 5 1 号、2 号高加的端差

Fig. 5 End difference of the high pressure heater No. 1 and 2

(4) 高加解列后,3 号高加放空放水手动门必须在关闭 3 号高加危急疏水调节门和手动门之后再开启,此时 3 号高加水侧泄漏水侧和汽侧相通,如果

贸然开启放空放水阀门会导致大气与凝汽器相通,真空下降。

(5) 高加恢复过程中先投水侧再投汽侧,汽侧投运时注意凝汽器真空并控制高加温升率  $\geq 55$   $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

#### 4 高加重新投运后参数对比

高加解列前参数:2 台汽泵入口总流量为  $948 + 949 = 1\,897$  t/h,给水流量为 1 680 t/h,减温水总流量为 30 t/h,流量差为  $1\,897 - 1\,680 - 30 = 187$  t/h。

高加解列后参数:2 台汽泵入口总流量为  $703 + 707 = 1\,410$  t/h,给水流量为 1 200 t/h,减温水总流量为 120 t/h,泄漏量为  $1\,410 - 1\,200 - 120 = 10$  t/h。(由于实际应用中流量计有误差存在,差值为 10 t/h 时不认为发生泄漏)

从高加解列前后参数比较,相同负荷条件下高加解列后泄漏量计算值下降了  $187 - 10 = 177$  t/h,说明高加泄漏流量为 177 t/h。

表 2 高加解列前参数

Tab. 2 Parameters of the high pressure heaters before the disengagement

负荷 522 MW	高加解列前	高加解列后
2A/2B 汽泵入口流量/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	948/949	703/707
减温水总量/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	30	120
给水流量/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	1 680	1 200

3 月 20 日高加检修后恢复投运。在 522 MW 负荷下,3 号高加正常疏水调门开度从之前的 53% 下降为 41%,3 号高加出水温度从之前的  $194$   $^{\circ}\text{C}$  上升为  $197.3$   $^{\circ}\text{C}$ 。从表 3 也可以看出高加检修投运后泄漏量为  $840 + 840 - 1\,680 - 0 = 0$  t/h,证实了之前 3 号高加水侧泄漏的判断。

3 月 22 日 2 号机满负荷(600 MW)时,两台汽泵入口流量分别为 922 和 935 t/h,总流量减去当时的温度水量为  $922 + 935 - 32 = 1\,825$  t/h,与比当时的给水流量(1 831 t/h)对比:  $1\,825 - 1\,831 = -6$  t/h,运行 8 h 后无明显变化。

表 3 高加解列后运行参数

Tab.3 Operating parameters of the high pressure heaters after the disengagement

负荷 522 MW	高加解列后	高加检修投运后
2A/2B 汽泵入口流量/ $t \cdot h^{-1}$	703/707	840/840
减温水总量/ $t \cdot h^{-1}$	120	0
给水流量/ $t \cdot h^{-1}$	1 200	1 680

### 5 结 论

通过使用 OptiPro 性能分析系统对我厂 3 台高压加热器运行参数曲线的分析,及时发现了泄漏发生在 3 号高加。并运用其它传统的分析法对 Opti-Pro 性能分析系统进行了验证。且在 3 高加解体后证实存在 8 处微小泄漏点。通过理论和事实两方面证实了 OptiPro 分析的准确性和有效性,而且 Opti-Pro 性能分析系统还具有快速、直观等优点,对运行

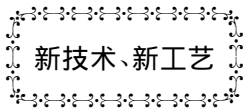
人员及时发现高加泄漏有很大的帮助作用。值得在 OptiPro 软件的用户电厂进行推广。

### 参考文献:

[1] 万文军,周克毅,胥建群. 电站加热器泄漏故障能损分析[J]. 《汽轮机技术》. 2003(02): 111 - 112.  
WAN Wen-jun, ZHOU Ke-yi, XU Jian-qun. Analysis of the energy loss caused by leakage faults of heaters in power plants[J]. Steam Turbine Technology 2003(02): 111 - 112.

[2] 萧汉才. 高压加热器的主要故障及防范措施[J]. 《长沙电力学院学报(自然科学版)》. 1998(01): 62 - 65.  
XIAO Han-cai. Main faults of high pressure heaters and their prevention measures [J]. Journal of Changsha University of Electric Power ( Natural Science Edition ), 1998(01): 62 - 65.

(姜雪梅 编辑)



## 美国 Palen 光热电站起死回生转用熔盐塔技术开发

DOI:10.16146/j.cnki.rndlgc.2015.02.032

今年 9 月初,加州初步核准了历经审批坎坷的 Palen 光热项目,但 9 月 26 日,该项目的开发商却突然宣布放弃该项目的开发计划,在很多人都以为该项目已夭折的时候,Abengoa 公司于 11 月 4 日又宣布将继续开发该项目,并将项目的技术路线转为熔盐塔式,这使得 Palen 电站最终得以起死回生。Palen 电站原是德国太阳千年的一大项目,Abengoa 和 BrightSource 于 2013 年 3 月 15 日宣布将联合开发运营该电站,但其后多次遭遇核准难题。

(吉桂明 摘译)

一种新的高压加热器泄漏分析方法 = **A New Method for Analyzing Leakages From a High Pressure Heater**

[刊,汉] CHEN Xiao-dong ,MU Xiao-bo ,YAO Bin ( Shenhua Zhejiang Guohua Zheneng Power Generation Co. Ltd. ,Ningbo ,China ,Post Code: 315000) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015 30( 2) . -297 -300

In the light of the condition that the total flow rate of the steam-driven pump of the unit No. 2 in Shenhua Zhejiang Guohua Zheneng Power Plant changes abnormally ,through Optipro performance diagnosis system ,a diagnosis and analysis were conducted of the performance of the high pressure heater No. 3 in the above-mentioned power plant. The leakage problem of the high pressure heater No. 2 of the unit No. 2 was judged and found out and a technical modification to equipment items with a special purpose was performed. As a result ,the heater was timely isolated with the leakage being blocked ,a total of eight locations being leaked being sealed and blocked and a total of forty two joints being repaired and welded. After the treatment ,the unit No. 2 has been restored to its normal and good operation. To find out timely the hidden troubles in high pressure heaters can effectively guarantee a unit to be in a safe operation ,thus having a major significance. **Key Words:** high pressure heater ,leakage ,economy

高参数大型电站锅炉集箱裂纹检验及分析 = **Inspection and Analysis of Cracks in Headers of a High Pa-**

**rameter Large-sized Utility Boiler** [刊,汉] LIU Chang-lu ,ZHONG Chun-lei ( Dalian City Boiler and Pressure Vessel Inspection Research Institute ,Dalian ,China ,Post Code: 100051) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2015 30( 2) . -301 -305

During the installation of a large-sized utility boiler ,through a magnetic powder non-destructive inspection ,a serious crack was found in the fillet welding seams between the connection tubes and the tube seats on the lower header in the rear flue gas well. Firstly ,a recheck was performed of the header ,tube connector ,welding material and manufacturing process to make sure that all met the requirements set in relevant standards ,then ,a sample or specimen was cut and made at the location of the crack. Through a metallurgical test ,hardness test and electronic microscope scanning test ,the microorganization and morphology of the sample were analyzed and studied. The test results show that the crack pertains to a reheat-caused one. To avoid reoccurrence of this kind of cracks ,the welding and after-welding heat treatment process of headers should be optimized ,thus enhancing the eligibility rate of headers thus manufactured. **Key Words:** utility boiler ,header ,crack ,inspection and analysis