

Reasons and Counterplans of Leakage of the Third High Pressure Heater in India Jhajjar 660 MW Supercritical Power Plant

Kaili Zhang

China Huadian Power Plant Operation Co. Ltd., Beijing
Email: 107851559@qq.com

Received: Apr. 30th, 2014; revised: May 5th, 2014; accepted: May 12th, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In connection with the leakage situation of heater of 660 MW supercritical unit in India power plant, the article analyzes the reason and the harm of leakage of the heater, puts forward processing and preventive measures, and points out that through practical operation test, the effect is good. The result of this paper provides experience for similar units.

Keywords

Heater, Leakage, Reason, Counterplan

印度Jhajjar 660 MW超临界机组3号高压加热器泄露原因分析及对策

张开利

中国华电集团发电运营有限公司, 北京
Email: 107851559@qq.com

收稿日期: 2014年4月30日; 修回日期: 2014年5月5日; 录用日期: 2014年5月12日

摘要

针对印度 Jhajjar 660 MW 超临界机组 3 号高压加热器发生泄露的情况, 本文分析了加热器泄露的原因及危害, 并提出了预防措施, 经过实际运行检验, 效果良好, 可为同类型电厂提供参考。

关键词

加热器, 泄漏, 原因, 对策

1. 引言

高压加热器是机组回热系统的一部分, 利用机组高中压缸的抽出蒸汽, 通过高压加热器的传热管束, 实现蒸汽与给水的换热, 加热给水[1]-[3]。回热系统是提高机组热经济性的重要手段[4]。但是高加泄漏事故发生后, 由于水侧压力远远高于汽侧压力, 水侧高压给水进入汽侧, 造成高加水位升高, 传热恶化[5]-[7], 如果处理不当, 会对机组安全经济运行造成很大影响[8]。因此, 全面地熟悉高加泄漏故障的过程及正确处理就显得尤为必要[5]。本文针对印度 Jhajjar 电厂 660 MW 超临界机组 3 号高压加热器发生泄漏事件[3], 阐述了高压加热器管束泄漏故障的分析及预防措施, 可为同类型的电厂提供借鉴参考。

印度 Jhajjar 电厂机组为 2 × 660 MW 超临界、三缸四排汽凝汽式燃煤机组, 汽轮机型号为 N660-24.2/566/566。锅炉由哈尔滨锅炉厂制造, 汽轮机和发电机分别由东方汽轮机厂和东方电机厂制造。热力循环采用七级回热抽汽系统, 设有三台高压加热器、一台除氧器和四台低压加热器, 其中高压加热器采用东方锅炉(集团)股份有限公司设计制造的卧式、U 形管、双流程管板式结构, 由过热段、饱和段和疏冷段蒸汽冷却段三段组成[3]。两台机组分别于 2012 年 7 月和 2012 年 10 月进入商业运行。

印度 Jhajjar 电厂机组自投产以来, 出现过多次加热器泄露事故。加热器一旦发生故障, 不仅影响发电厂的经济性, 还直接威胁主机或其他设备的安全运行, 甚至引起严重的设备损害事故。加热器尤其是高加系统的故障频繁出现, 仅次于锅炉爆管, 居于电厂故障的第二位。据统计表明, 给水加热器各种故障中, 管系泄漏所占比重最大。表面式回热加热器水侧压力大于汽侧压力, 一旦管系泄漏, 给水就会冲入壳体, 引起汽侧满水。水将有可能沿着抽汽管道倒灌入汽轮机, 造成汽轮机汽缸变形, 胀差变化, 机组振动, 动静碰摩, 大轴弯曲, 甚至叶片断裂等事故[8]。由于加热器泄漏而引起汽轮机进水事故在国内外发生过多起[9]。因此, 分析加热器泄漏原因, 找出对策, 以减少泄漏具有十分重要的意义。

2. 经过

2.1. 故障现象

6 月 7 日 16 时 30 分, Jhajjar 电厂 1 号机组机组负荷 660 MW, 3 号高压加热器疏水阀开度 88%, 此后运行人员突然发现:

- 1) 3 号高加水位高信号报警;
- 2) 正常疏水水位无法保持;
- 3) 3 号高加事故疏水阀打开;
- 4) 就地检查内部有水冲刷的异常声音;
- 5) 给水温度降低。

至此, 初步判断为 3 号高压加热器换热管束泄漏。随后降负荷, 关闭抽汽逆止阀和抽汽电动阀, 解

列 1、2、3 号高压加热器，锅炉给水系统倒换为旁路运行，关闭高压加热器出入口阀门，对系统进行隔离、消压和降温。

2.2. 高压加热器泄漏的判断

- 1) 高加水位高信号报警，高加端差增大，远远大于正常值。
- 2) 高加泄漏的水进入汽侧后与疏水混合，以逐级自流形式最终进入除氧器，为使负荷和除氧器的水位保持正常，给水泵的出力增大，转速上升，泵出口给水流量增大。
- 3) 高加泄漏后，高加传热效率下降，给水温度降低，机组热耗率上升。

3. 高压加热器泄漏对机组的影响

由于高加内部水侧压力远远大于汽侧压力，因此，发生高加泄漏时，会有大量的水进入高加汽侧，汽侧水位会急剧升高。具体影响如下：

- 1) 高加泄漏发生后，泄漏部位周围的管束会受到高压水流的严重冲刷而造成更多的传热管泄漏。
- 2) 3 号高加传热管泄漏后，由于水侧压力(660 MW 时约为 27.9 MPa)远远大于汽侧压力(约为 2.2 MPa)，将有大量的水泄漏到汽侧，造成高加水位急剧升高，如果高加水位高保护未动作，抽汽门未关、关闭不及时或者关闭不严密，会有水倒入汽缸中造成汽轮机水击事故。
- 3) 高加泄漏后，必须尽快将其解列，防止事故范围扩大。高加解列后，机组的热经济性下降。由于高加解列，给水温度由 288℃降低到 184℃，为了满足机组负荷要求，给煤量必须增大，各个风机的出力相应增加，炉膛温度上升，标准煤耗增加约 10 g/kWh。
- 4) 高加解列后，带负荷的能力下降，如果保持机组负荷不变，相应的抽汽量随即流入停用抽汽口之后的各级叶片，使得这些部位的叶片、隔板的监视段压力增大，轴向推力增大，特别对于末级叶片来说，蒸汽湿度大，增加的流量将加剧叶片的冲蚀。为了机组的安全，必须在高加解列后限制或者降低机组的负荷。
- 5) 高加泄漏的处理时间较长，一般在 30 h，如果管路密封不严，将延长高加的冷却时间，进而延长检修处理时间，这将严重降低高加的投入率。

4. 高压加热器泄露故障原因分析

4.1. 运行人员操作调整不当

1) 660 MW 机组运行规程中规定，高压加热器下端差正常范围在 5℃~8℃(下端差指加热器疏水出口温度与给水进口温度之差)。为了使得高加水位在骤变负荷以及事故工况下有更多的水位上升空间，给反应处理预留更多的时间，一些运行人员习惯于把高加疏水的水位控制值设定在很低的位置。这样的操作习惯容易造成疏水的汽液两相流现象。汽液两相流的一个特点是加热器端差大于允许范围，并且高加端差波动较大，热应力增加，长时间后，两相流导致加热器传热管泄漏、损坏。

2) 高加在投停过程中操作不当，未充分暖管，温升率控制不当，当高温高压的蒸汽进入高加后，厚管板与薄管束之间吸热速度不同步，吸热不均匀而产生巨大的热应力，而给水的温度还没有来得及变化，会使 U 型管产生热变形，这样高加的 U 型钢管以及管口焊缝受热应力的撕扯而损伤，这样 U 型管很容易疲劳损坏泄漏。

4.2. 化学腐蚀

机组运行规程中规定[3]，给水品质：溶氧 < 7 μg/L，pH 值为 9.3~9.6，给水溶氧超标，将造成高加

钢管壁化学腐蚀而变薄，钢管与管板间的胀口受腐蚀而松弛，缩短钢管寿命。

4.3. 探伤不及时，焊接质量不过关

探伤应按时进行，并且要全面。特别是钢管与管板之间的胀口位置，极易出现裂纹。检修焊接时应使用与焊接部位相同的材料，如果高加 U 型钢管泄露堵焊时，堵头与管材材质不同，会产生热应力，同样给高加运行带来隐患，所以焊接厚度要有保证。

4.4. 高加长停运后未按照规定进行保养

规程规定，高加长时间停运后，汽侧充氮和水侧充氨进行保养。

5. 机组 3 号高加最容易泄漏的主要原因分析

高加投入时，是由低压到高压的顺序投运的。因此，3 号高加是最先投运的，高压给水对 U 型钢管造成的高压水冲击最大，尤其是 U 型弯管处受到的冲刷最厉害，频繁冲刷管壁冲薄。由于加热器的疏水为逐级自流形式，3 号高加是 1 号、2 号、3 号高压加热器疏水的汇集地点，水量大，水位控制难度大，极易引起水位的大幅度波动，引发交变热应力。从表 1 中可以看出[3]，3 号高加的水、汽两侧的压差和温差是这三个高压加热器中最大的，也就是说，3 号高加的工作环境是最恶劣的，容易造成分流隔板裂纹的产生。

6. 预防高压加热器泄漏的主要措施与对策

若高加水位明显上升，且给水泵的出力不正常的增大，表明加热器存在泄漏，申请尽快停用加热器，防止泄漏喷出的高压水柱冲坏周围的管子，使泄漏管束数目扩大。

6.1. 严格控制 3 号高压加热器水位

由于 3 号高加的疏水量最大，压差最小，在抽汽压力、抽汽量变化和 3 号高加疏水基调失灵的情况下，容易造成疏水门关小或者关闭，疏水不畅而引起高加水位上升，运行人员应加强监视与调整，必要时开启紧急疏水门放水，保持高加水位正常。同时也应注意不可长期低水位运行，防止疏水的汽液两相流现象。

6.2. 保证高压加热器投停和运行时要平稳

高加投入过程中，应随机启动投入，暖管时间要有保证，防止热冲击过大。投入与停运顺序要正确，操作需合理。这样不仅可以减少加热器泄露事故，还可以延缓设备的寿命损耗。在机组甩负荷及高加紧急停运时，立即切断高加汽、水侧，检查抽汽逆止阀、电动门已关严，防止蒸汽继续进入壳体加热不流动的给水，引起管子热变形，而切断给水后可避免抽汽消失后给水快速冷却管板，引起管口焊缝产生热应力变形。

Table 1. 660 MW steam turbine TMCR mode operation parameters of the high pressure heater [3]
表1. 660 MW 汽轮机TMCR工况时高压加热器的运行参数[3]

抽汽级数	水侧压力/MPa	汽侧压力/MPa	汽侧温度/°C	水侧温度/°C
1 号高加	27.9	7.3	386	288
2 号高加	27.9	4.5	326	259
3 号高加	27.9	2.2	468	216

Table 2. All the cycle life of the temperature change rate is expected
表 2. 各种温度变化率的预计循环寿命

温升率/(°C/h)	设计循环次数/次
780	1250
440	20,000
220	300,000
110	∞

高加系统虽可以在设计压力和温度以下的不同压力及温度状况下运行，但是为了保证设备的长期安全运行，在使用中必须避免压力及温度的骤变，设备温度控制规定为：给水温升不大于 5°C/min，温降不大于 2°C/min。表 2 中列举了各种温度变化率对加热器预计循环使用寿命的影响[3]，可见，把高加的温度变化率控制在 110°C/h 以内，高加的预计使用寿命就不会减少。

7. 结论

受所处系统位置影响，3 号高压加热器所处工作环境最为恶劣，管系内外压差、温差最大，极易发生管束及管板焊接处泄露。通过对高压加热器泄露故障的原因进行了分析，采取了相应的有效的预防措施及科学的运行方式，防止了高加的泄露事件的发生，提高了印度 Jhajjar 电厂运行的安全性及经济性，效果良好，一年多再没有发生加热器泄露，可为其他类似电厂提供参考。

参考文献 (References)

- [1] 林万超 (1985) 火电厂热系统定量分析. 西安交通大学出版社, 西安.
- [2] 李慧君, 王树众 (2003) 汽液两相流原理在液位控制器中的应用. *西安交通大学学报*, **5**, 451-455.
- [3] 印度 Jhajjar 发电厂 (2012) 汽轮机运行规程.
- [4] 林万超 (1994) 火电厂热系数节能理论. 西安交通大学出版社, 西安.
- [5] 佛铁梁, 薛向宇, 尚阿蕊 (2000) 汽液两相流自调节液位控制装置在电厂的应用. *山西电力技术*, **6**, 14-15.
- [6] 齐殿全, 林万超, 陈国慧 (2001) 汽液两相流自调节水位控制器在 300 MW 机组上的应用. *中国电力*, **2**, 71-73.
- [7] 杨锦波 (2001) 新型汽液两相流自调节疏水器在电厂的应用. *湖南电力*, **5**, 61-62.
- [8] 郑体宽 (2001) 热力发电厂. 中国电力出版社, 北京.
- [9] 张兵高 (2008) 加泄露的原因分析及预防措施. *山西电力*, **2**, 64-65.