

# 美国双S余热锅炉高压过热器管 变形原因分析

张滨

(深圳妈湾电力有限公司)

[摘要]本文介绍从美国引进的燃气轮机余热锅炉高压过热器运行4个月发生严重变形的经过,分析其变形原因,提出改进方向。

关键词 余热锅炉 变形分析 分类号 TK223 TK229

## 1 前言

我公司1989年引进美国Stewart & Stevenson公司两套LM5000 STIG120型燃气轮机发电设备及配套使用的两台DINO 4530

HR型自然循环余热锅炉。安装在深圳月亮湾电厂。

余热锅炉的主要技术参数见表1。

表1 DINO 4530 HR型余热锅炉的技术参数

序号	数值类别	单位	高压过热器	低压过热器	高压锅炉	低压锅炉	除氧锅炉	省煤器
	项目							
1	计算压力	kPa	5 860	2 413	5 860	2 413	689	7 584
2	工作压力	kPa	4 860	1 640	4 909	1 689	172	6 212
3	蒸汽温度	℃	371	343	275	244	170	292
4	蒸汽流量	kg/h	32 700	23 600	32 700	23 600	10 669	57 422
5	传热面积	m <sup>2</sup>	487	1 009	5 440	7 285	3 491	2 475
6	进口烟气温度	℃	432					
7	出口烟气温度	℃	120					

收稿日期 1993-08-03

本文联系人 张滨 男 40 高级工程师 518054 深圳南油B区69-519

该余热锅炉于1991年3月28日投入运行。1991年7月发现高压过热器管段出现弯曲变形,经过水质检验未发现异常现象。1991

年10月27日经广东省锅炉压力容器检验所检验确定:高压过热器管最大变形量为80 mm。检验结果见表2。

表2 余热锅炉高压过热器管变形量汇总表

数值 管号 mm		16	17	18	19	20	21	22	23
第一 区 域	变形量	60	60	40	40	30	30	30	20
	变形长度	1500	1600	1400	1300	1000	1000	1000	1000
	变形方向	前向							
第二 区 域	变形量	70	80	70	60	50	50	50	50
	变形长度	2000	2000	2000	1500	1500	1200	1200	1200
	变形方向	左、右、前向							
第三 区 域	变形量	80	70	70	60	50	50	50	50
	变形长度	2000	2000	2000	2000	1500	1500	1500	1500
	变形方向	左、右、前向							
第四 区 域	变形量	65	65	60	50	40	40	40	40
	变形长度	1500	1500	1200	1200	1200	1000	1000	1000
	变形方向	左、右、前向							

1992年3月29日由广东省锅炉压力容器检验所、美国双S公司、DELTAK公司与妈湾电力有限公司的检验人员共同对高压过热器进行了复检,检验结果统一了过热器管变形量最大为80 mm的认识,美方承认检验结果。1992年5月15日广东省锅炉压力容器检验所发布了余热锅炉高压过热器不合格证书,7月15日广东省商检局到我公司复查后也发出了不合格商检证书。余热锅炉投入使用仅4个月时间就发生了如此严重的弯曲变形,严重地影响了电厂的正常生产。现就其变形问题分析如下。

## 2 确认不合格的依据

2.1 中国国家劳动人事部1987年颁发的《蒸汽锅炉安全技术监察规程》规定:(1)锅炉结构的各部份在运行时应能按设计预定方向自由膨胀,(2)各部份受热面应得到可靠的冷却。

2.2 中国国家劳动人事部1984年颁布的《低压锅炉检验技术参考资料》规定:直管允许弯曲度不超过管长的2%,且最大不超过管子内径的90%。超过者或弯曲处有裂纹、过烧等其它严重缺陷时,应换管。

2.3 美国锅炉压力容器检验师协会检验规

范第四篇, 锅炉和压力容器检验师手册, 第二章, 锅炉和压力容器检验第 I - 303.6 条 d 规定: 对于管子或钢板向火的一面, 应特别注意, 检验师应观察锅炉运行时各部份有无由于鼓胀或鼓包分层而变形, 管子鼓胀后要进行修理。

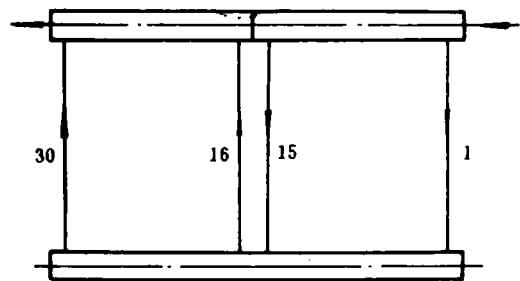


图 1 高压过热器工质流程图

### 3.2 工质流程的设计

该余热锅炉过热器的工质流程如图 1 所示。

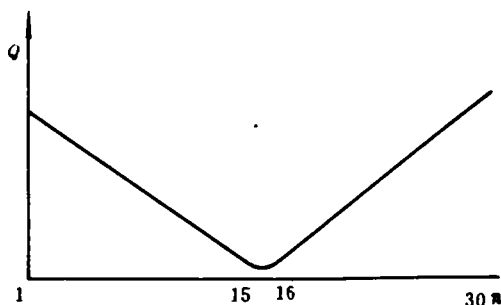


图 2 管内流量变化曲线

根据水动力学原理, 其管内流量分配曲线如图 2 所示。由图 1 可知, 第 16 根管至第 30 根管内的工质流量为升幂式。第 1 至 15 根管内的工质温度比较低, 冷却效果比较好, 一般不会产生变形。只有当烟气与工质的流动产生较大的偏斜时可能产生变形。第 16 至 30 根管内的工质温度比较高, 在流量少、烟气温度高的区域就最容易出现变形。从表 2 可以看出, 从 16 根管至 23 根管变形量最大, 这也是工作状态最为危险的区域。

### 3.3 材质的选择

余热锅炉高压过热器管的材质为 SA178A, 其化学成份见表 3。

## 3 变形原因分析

### 3.1 烟道长宽比的影响

高压过热器上、下集箱中心距为 12 496.8 mm, 过热器边管中心距为 2946.4 mm。长宽比为 4.24 : 1, 长宽比过大是造成热烟气流分布不均匀的主要因素之一。当受热面整体受热不均时, 则会出现各部因温差不同导致鼓胀量不同, 从而破坏整体的鼓胀运动, 出现局部变形。

表 3 美国 SA178A 材料化学成份

C %	Mn %	P %	S %	Si %	$\sigma_s$ PSI	$\sigma_b$ PSI
0.100	0.330	0.007	0.010	0.006	45810	67970

这种 SA178A 材料的性能介于我国 10 号碳钢与 20g 号钢之间。碳钢工作温度按规定不应超过 430 C, 而本高压过热器管的计算壁温为 421 C, 已接近材料最高允许极限值。材料长期处于工作上限使用, 也是造成疲

劳的原因之一。

### 3.4 运行方式的因素

由于电厂采用白天运行, 晚上关机的运行方式, 在每启停的一个周期过程中, 过热器都有一个短暂的干烧过程。这对过热器管的

安全运行构成了极大的危险,此时在计算其管子的强度中所选用的计算壁温也就时管子表面的烟气温度。根据此值计算的使用条件已超出了管子的强度要求。这也是使管子产生过热变形的重要原因。虽然干烧过程只有4—5分钟,但每天都有这样的启停周期,这就给高压过热器的安全运行带来了不安全因素。另外,由于过热器没有旁通烟道,所以高压过热器在工作4个月后出现变形是不可避免的。

### 3.5 温度场参数的测量偏差分析

由于燃机没有布置排烟温度的测量点,只在高压过热器第一根管靠近上集箱处安装了一只热电偶,用以测量余热锅炉的进口烟气温度值。但该热电偶只伸出墙壁100mm。很明显测得的温度值是偏低的。根据温度场偏差分析计算其温度差为20—35℃之间。这

样实际计算壁温则应为452—467℃。其工作状况更加恶化。然而这一温度值只是平均温度值,在受热最集中、流量偏差最大的受热面所承受的烟温到底有多少还待于实际测量之后方能确定。

综上所述,高压过热器管变形的原因是多方面的,但根本原因还是结构本身在设计方面存在着先天不足而引起的。我们通过与美国双S公司、DELTA公司多次谈判,最终美方承认并给予20万美元做为对高压过热器进行改造的赔偿。

### 参 考 文 献

- 1 清华大学热能工程系热能工程教研室. 锅炉原理及计算. 科学出版社, 1985
- 2 西安交通大学 陈学俊, 陈听宽. 锅炉原理. 机械工业出版社, 1984

## 轮盘和机匣加工的新方法

据“Diesel & Gas Turbine Worldwide”1992年11月号报道,通常,由很难成型的合金,如钴、镍、铬、钛和特种钢制成、外径大于1000mm的成型轮盘和环是落锤模锻而成的。

现在,德国北莱茵—威斯特法伦州吕登沙伊德市的Platestahl公司研究出一种新的经济的轧制工艺规程,用来制造由超耐热合金制成、外径最大达1300mm的涡轮和压气机轮盘以及涡轮机匣。该轧制方法可以使高性能合金材料的轮盘和机匣在一个300吨闭合净(CTN)轧制机内被轧制成十分接近其最终形状。

在这种加工过程中,材料在闭合的模具

中被轧制;与落锤模锻相反,在该模具中材料流与力平行。因此,可以较小的力得到精确的结果。Platestahl的CTN轧制过程的优点包括使用较少的材料、尽量减少或避免失效和修整的费用、精确的轮廓、更精确的成型、减少了以后的机加工时间和费用、通过充分的材料成型并使切向纤维走向调整到与外形相配,改进了材料的性质、延长了零件的工作寿命等。例如,与常规方法比较,一个外径为1230mm、用Inconel 718镍基合金材料、由CTN方法轧制而成的压气机轮盘,其输入原料的重量减少30%,以后的机加工时间减少35%。

(学生 供稿)

and naval boilers is also given. **Key words:** *Y-type oil burners, structural parameters, design and calculation*

- (308) **An Analysis of the Cause of Deformation Found on the High-Pressure Superheater Tubes of an American Double-S Heat Recovery Boiler** ..... Zhang Bin ( *Shenzhen Mawan Electric Power Co. Ltd.* )

This paper deals with the occurrence after a 4-month operation period of serious deformation on the high-pressure superheater tubes of a heat recovery boiler imported from the USA for use on a gas turbine. The cause of the deformation has been analysed with countermeasures recommended for its alleviation. **Key words:** *heat recovery boiler, deformation analysis*

- (312) **An Experimental Study of Convective Heat Transfer in a Converging-Diverging Duct of Cast Iron Sectional Boilers** ..... Wang Xiqing, Zheng Ying ( *Harbin Institute of Technology* ); Wu Zhigang ( *Boiler & pressure Vessel Inspection and Research Institute of Harbin Labor Bureau* ); Xu Keqing ( *Harbin Xiaoxing Boiler Works* ). Qiu Fuzhi ( *Harbin Foundry Works* )

Through experiments the authors have identified the relationship governing the variation of convective heat transfer coefficient in a converging-diverging duct of cast iron sectional boiler with the following parameters: flue gas flow velocity, boiler section thickness and inlet section length. The flue gas is evaluated to have a velocity ranging from 3 to 14 m/s with the section thickness  $L = 150 \sim 220$  mm. The experimental results have been compared with those obtained for bare smooth pipes and also those obtained through the use of the formula adopted by soviet designers for cast iron sectional boilers. The said results are readily applicable to the majority of cast iron sectional boilers currently manufactured in China. **Key words:** *converging-diverging duct, cast iron sectional boiler, convective heat transfer*

- (317) **The Selection and Optimization of Parameters for an Overflow Ash Cooler Cooled by Both Water and Air** ..... Zhao Guangbo, ZHU Qunyi, Ruan Genjian and Dai Jian ( *Harbin Institute of Technology* )

With a minimum value of  $Q_k/Q_h$  being taken as an optimization objective the authors have set up an optimization calculation model for an overflow ash cooler cooled by both water and air. Coupled with practical examples a solution and calculation of the model is made with the help of a variable error and polyhedron computation method. **Key words:** *fluidized bed boiler, overflow ash, ash cooler, optimization*

- (322) **A Treatise on the Regeneration Corrosion of Sodium Ion Exchange Water Treatment and Its Practical Solution** ..... Hua Xiaoning ( *Kunming Design and Research Institute of Nonferrous Metals* )