文章编号:1001-2060(2000)04-0390-04

# 日本小型贯流式燃油蒸汽锅炉国产化设计中的若干问题

(青岛荏原环境设备有限公司,山东青岛 266031) 彭涛

程

摘 要: 针对日本小型贯流式燃油蒸汽锅炉进入中国市场 后,因中日两国所用标准与规定不同而在某些问题上发生的 冲突,分析了对该型锅炉进行国产化设计中若干问题的处理 办法。

关 键 词: 贯流式; 燃油锅炉; 国产化设计 中图分类号: TK229. 7 文献标识码: A

1 前言

随着改革开放的不断深化和经济建设的迅速发展,城市高层民用建筑迅速崛起,为适应节约用地和 环境保护要求,近年来,大量的国外燃油燃气锅炉涌 入中国市场。进口燃油锅炉价格昂贵,且在许多方 面不符合我国对锅炉产品的要求,因此,要适应中国 国情,就需要进行国产化工作。

我公司自 1994 年开始引进了日本小型贯流式 燃油蒸汽锅炉技术,在向日本返销的基础上,于 1996 年底完成了产品的国产化设计,并开始向国内 市场销售。本文总结了日本贯流式燃油蒸汽锅炉国 产化设计中所遇到的若干问题。

2 小型贯流式燃油蒸汽锅炉的结构特点

所谓贯流式锅炉,即指从管子一端进水而由另 一端取出蒸汽或热水的水管锅炉。其结构如图1所 示。锅炉本体由上、下两个环形焊接集箱和连接于 其间的密集水管以及通过汽、水连通管分别与上下 集箱相联的汽水分离器构成。在密集的水管群的中 央围成炉膛,燃烧器自炉膛顶部向下喷燃。另外,炉 膛出口还可连接带螺旋翅片的钢管经济器。由送风 机送入的燃烧空气经夹层式空气预热器后进入炉 膛;烟气与周围的水管进行辐射换热后,流过水管间 的楔形缝隙或沿着内外两列水管间的通道流动,进 行对流换热。锅炉由下集箱给水,汽水混合物沿水 管上升至上集箱,经外部汽水分离器分离后引出主 蒸汽。



锅炉、小型锅炉、锅炉,如表1所示<sup>[1]</sup>。可以看出,在 日本锅炉类型是根据最高压力和传热面积的大小来 划分,并适用于不同的设计标准。而在我国,对于承 压的以水为介质的固定式蒸汽锅炉均必须遵守《蒸 汽锅炉安全技术监察规程》(以下简称"《安规》")的 规定。相对而言,在小型锅炉范畴,国内标准更为严 格一些。按照《安规》第5条的规定,"进口固定式蒸 汽锅炉或国内生产企业引进国外技术按照国外标准 生产且在国内使用的固定式蒸汽锅炉,也应符合本 规程的基本要求<sup>[2]</sup>。"因此,我们在进行日本小型贯 流式燃油蒸汽锅炉的国产化设计时,重点对原设计 中不符合《安规》的地方进行了修改。

3.2 锅炉主要设计参数

原设计的主要设计参数同中国的规定存在着差 异,使用"换算蒸发量"、"实际蒸发量"表示锅炉的容 量。所谓"换算蒸发量",即指大气压下由 100 <sup>℃</sup>饱

收稿日期: 1999-03-30;修订日期: 1999-06-02

作者简沪4彭(1965ma 男c山海淄博人)清岛荏原环境设备有限公司技术部长ouse. All rights reserved. http://www.cnki.net

和水加热变为 100 <sup>℃</sup>饱和蒸汽时的蒸发量,而"实际 蒸发量"则指 15 <sup>℃</sup>的给水变为 0.7 MPa(表压)饱和 蒸汽时的蒸发量。同时,蒸汽压力使用"最高压力" (1.0 MPa)作为铭牌压力。显然,这些参数之间不能 建立对应关系,也就是说没有明确的额定参数。

Ŧ	- 1
**	
Lς	1

	类型	としちょう とうちょう しんしん しんしん しんしん しんしん しんしん しんしん しんしん しん		锅炉	
定	传热面积 A 最高压力 P	A ≤ 5 m <sup>2</sup> P ≤ 0.98 MPa 贯流锅炉	A≤ 10 m <sup>2</sup> P≤ 0.98 MPa 贯流锅炉		
义	其 它	集箱内径≤150 nm 汽水分离器 内径≤200 nm 容积≤20 L	集箱内径≪ 150 mm 汽水分离器 内径≪ 300 mm 容积≪ 70 L	前两种类型以外	
	适用标准	《简易锅炉构造 规格》	《小型锅炉及小型压 力容器构造规格》	《锅炉构造规格》	

因此,我们在国产化设计时,首先确定了锅炉的 额定参数,以原来的"最高压力"作为锅炉的额定压 力,并以该额定压力下的实际蒸发量作为锅炉的额 定蒸发量。

3.3 锅炉主要材料

原设计的锅炉主要受压部件的材料如表 2 所 示。SS400 为一般构造用压延钢板,相当于中国的 0235-A(GB700)。根据《安规》要求,我们将集箱改 为锅炉用钢板 20 g(GB713),将汽水分离器端盖改为 0235-A 锻件。STB340E 为锅炉、热交换器用碳素 钢焊接钢管,而根据《安规》要求,焊接钢管是不能用 于锅炉承压管子的,然而,多年来采用该焊接管的水 管缩颈丁艺已相当成熟,如改用中国无缝钢管,由于 规格标准的差异性,会给缩颈工艺带来一定的问题。 考虑到日本 JIS 标准中规定的 STB340E 钢管不但性 能与无缝钢管无异,还具有管壁均匀、尺寸偏差小、 内外表面质量好等优点,根据原劳动部文件《关于进 一步扩大进口炭素钢焊接锅炉管的供应和使用范围 的意见》(劳人锅局[1988]15号),我们决定仍沿用日 本的 STB340E 焊接锅炉管。STPG 370 为压力配管用 炭素钢钢管,与《安规》中规定的 10  $\ddagger$  (GB3087) 钢管 相当。由表3的对比数据可见,两种材料的化学成 分相当,而前者的机械性能略高于后者。因此,我们 对汽水分离器筒体、经济器、接管等的材料仍沿用日 本进口的STFG370。

表 2

动件夕	佳筠	水谷	汽水分离器			4.这里
라마늄	朱相	小目	筒体	端盖	好目	纪川品
材料	SS400	STB340E	STPG370	SS400	STPG 370	STPG 370

				表 3				
材料	G/ %	Si⁄ %	<b>M</b> n⁄ ½	P/ %	S/ %	σ <sub>g</sub> /MPa	$\sigma_{s}^{}/MPa$	§∕ %
STPG370 (JISG3454)	0.25以下	0.35以下	0.30~0.90	0.040以下	0.040以下	370以上	215 以上	25 以上
10 (G B3087)	0.07~0.14	0. 17 ~ 0. 37	0.35~0.65	0.035	0.035	333 ~ 490	196 以上	24 以上

## 3.4 强度计算压力

由于锅炉的集箱是由钢板用T型角接方式组焊 而成的环形集箱,形状比较复杂,不能按 GB9222-8% 水管锅炉受压元件强度计算》标准进行计算<sup>[3]</sup>。 根据标准规定,可以采用液压验证试验的方法确定 元件的最高允许计算压力。为此,我们使用应力验 证法对原结构上集箱进行了水压验证试验。以 LSS0.5-1.0-Y型锅炉为例,根据试验确定的集箱 的最高允许计算压力为1.35 MPa,而锅炉的额定压 力为1.0 MPa,根据 GB9222 标准可得出锅炉的计算 压力为1.04 MPa,小于1.35 MPa,显然满足要求。

# 3.5 焊接结构

原设计的焊接结构均不是全焊透结构,且不进 行探伤检查,这显然不满足国内标准的要求。为此, 我们把受压部件的大部分焊接结构改为全焊透结构,并对所有焊缝进行 UT 或 RT 探伤检查。

3.5.1 对接结构

a. 集箱内外筒体纵缝由单面焊改为双面焊;

b. 经济器管的弯头与螺旋翅片管之间的对接环 缝及汽水分离器接管的环缝, 均采用开坡口结构并 采用手工氩弧焊焊接, 以保证根部焊透和成型;

c.将原设计的汽水分离器端盖与简体的角接结 构改为可进行 RT 检查的全焊透对接结构,环缝采 用手工氩弧焊封底, CO<sub>2</sub> 气体保护焊盖面的焊接方 法,以保证焊透和成型。

3.5.2 角接结构

a.集箱的 T 型角焊缝改为全焊透结构,对于双

21994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

再以角焊缝完成; 对于单侧角焊缝则以手工氩弧焊 打底再用 CO2 气保焊盖面;

b.水管与集箱管板间、水管与鳍片间的角焊缝 均采用部分全焊透结构,使用全自动 CO<sub>2</sub> 气保焊方 法。

3.6 水压试验压力

原设计的最高压力为 1.0 MPa。根据日本《小型 锅炉及小型压力容器构造规格》第 23 条的规定,最 高压力超过 0.42 MPa(表压)的小型锅炉的水压试验 压力为最高压力的 1.3 倍再加上 0.294 MPa,因此, 原设计的水压试验压力约为 1.6 MPa。按照我国 《安规》的规定,工作压力  $P=0.8 \sim 1.6$  MPa 时,水压 试验压力为 P+0.4 MPa。而该锅炉的工作压力为 1.0 MPa。因此,水压试验压力应为 1.4 MPa。

3.7 附件及主要阀门仪表

3.7.1 安全阀

原设计根据日本《小型锅炉及小型压力容器构 造规格》的规定,安全阀的始启压力为不超过最高压 力的 1.06 倍,即为 1.06 MPa。根据《安规》要求,安 全阀始启压力应为工作压力的 1.04 倍,即 1.04 MPa。另外,日本标准中对安全阀的安装数量没有 规定,所以原设计中仅有一只安全阀,但由于装有可 靠的超压连锁保护装置,而且额定蒸发量小于 4 t/h,所以也符合《安规》第 131 条的规定。

3.7.2 水位表

原设计中只有一组直读式玻璃板水位表,但由 于另外装有一套可靠的电极式水位示控装置,而且 额定蒸发量小于或等于2t/h,符合《安规》的要求。

另外,水位表是用两个玻璃板相连组成,在衔接 部分不能连续显示水位。这是因为,该锅炉的燃烧 过程采用双位控制,即用燃烧器的高、低二段火力的 切换来控制蒸汽压力,水位的变化范围较大,然而受 玻璃板长度的限制,一般用二块玻璃板相连来指示 水位。当处于高、低火力状态时,水位分别稳定在下 段、上段玻璃板的中央位置;当由高(低)火力切换至 低(高)火力时,水位迅速地由下(上)段玻璃板中央 位置上升(下降)至上(下)段玻璃板中央位置。可见 水位仅在火力切换时才会通过玻璃板的不连续区 域,而不会在此停留。因此,这种两块玻璃板直连的 方式也能满足安全的要求,如果将两个玻璃板上下 交错并列以达到连续指示水位的目的,则会使水位 表的结构复杂化。基于以上考虑,我们仍保留了原 设计的水位表形式。

### 3.7.3 防爆门

根据《安规》要求,对于以油为燃料的水管锅炉, 在炉膛和烟道等容易爆燃的部位一般应设置防爆 门,其位置应不致危及人身的安全<sup>[2]</sup>,而原设计中没 有防爆门。这是因为锅炉的点火过程和炉膛的预吹 扫及后吹扫均实现了程序控制,并有可靠的熄火联 锁保护装置,一旦熄火,即由双重电磁阀瞬间切断燃 油供应。另外,炉膛容积很小且结构牢固,烟风系统 阻力很小,烟气不会滞留,万一发生爆炸也只会向烟 囱方向泄压,如果在炉膛上设置防爆门,反而很可能 危及人身安全。因此,我们沿用了原设计的做法,没 有设置防爆门。

3.7.4 排污装置

《安规》规定:额定蒸发量大于或等于1t/h或额 定蒸汽压力大于或等于0.7 MPa的锅炉,排污管应 装两个串联的排污阀;锅炉的排污阀、排污管不应采 用螺纹联接<sup>[3]</sup>。

原设计采用了一只螺纹联接的球阀作为排污 阀,表面看来不符合《安规》的要求。但由于锅炉水 质采用微机智能化管理,当锅水水质恶化或运行累 计达一定时间时,电脑会提示进行定期排污或停炉 放水,从而有效地保证锅水浓度不致过大,减轻了对 排污装置的腐蚀作用。另外,排污阀采用日本进口 球阀,其密封材料为耐磨、耐蚀、抗冲击性能良好的 聚四氟乙烯,并采用密封管螺纹联接,不仅能保证可 靠的密封,而且具有较长的寿命。这种形式在日本 得到了广泛的应用。因此,我们保留了原设计的作 法。

# 4 结束语

各国的锅炉标准因国情不同而存在着一定的差 异。日本等发达国家,由于受资源及环保等方面的 限制,在工业锅炉领域广泛地使用石油燃料,燃油工 业锅炉技术较为先进;而我国的工业锅炉长期以来 主要以煤为燃料、《安规》等有关规程、标准主要是针 对燃煤锅炉制订的,国外燃油锅炉技术的引入,不可 避免地会与中国标准产生某些冲突。我们在进行日 本小型贯流式燃油蒸汽锅炉的国产化设计的过程中 按照以下原则:在满足《安规》基本要求的前提下,对 某些与《安规》要求不符但若修改则会影响锅炉性能 (下转第 395 页)

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

水管末端增加适当的开孔数量及在布水管上扩孔 后,上述两问题均得到了解决。

# 3.3 热态调试

试验分别约在 60%、75%及 100%的锅炉负荷 下进行,主要目的是进一步检测 FGD 系统的水力特 性、温度分布、系统的脱硫效率及设备的运行性能 等。试验中的运行参数记录见表 7。此时海水 pH 值为 7.95,煤的含硫量为 0.75%~0.8%。

由表 3 中的数据来看,送、引风机及增压风机均 在正常工况下运转,炉膛负压、烟囱入口压力及其温 度也在正常范围内波动,防腐设备及防腐烟道段的 烟温都在设计值以内,不会对防腐内衬产生不利影 响,脱硫系统的脱硫效率在 95%以上,GGH 泄漏率 正常,脱硫后的海水水质在排放大海前达到国家三 类水质要求。

表 3 FGD 系统热态调试记录

项目	185 MW	245 MW	285 MW
烟气流量/10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> °h <sup>-1</sup> *	100.0	127.7	129.7
煤流量 / %	56.1	78.7	84
炉膛负压,/Pa	Ok	Ok	Ok
送风 电流/A	36.6	63.2	62.8
机A 开度/ %	40.8	65.4	65.4
送风 电流/A	36.5	58.5	58.5
机B 开度/ ½	47.7	71.3	71.3
引风 电流/A	80.3	121	128
机A 开度/ %	48.0	75.4	79.2
引风 电流/A	84.8	126	133
机B 开度/ %	43.9	70.6	74.3
FGD 进口压力/ Pa	- 33	- 84	-85
FGD 进口温度/ ℃	135	144	145
增压 电流/A	1 18	218	232
风机 开度/ %	24.5	65.2	67.8
FGF 出口压力/ Pa	1 215.8	2 226.1	2 319.9
FGD 出口压力/ Pa	-172	-263	-235
GGH 出口温度/℃	83.9	88.1	89.6
FGD 出口温度/℃	76.3	81.7	82.2
FGD 进口 SO 浓度/mL°m <sup>-3</sup>	326	364	406
FGD 进口 SO 浓度/mL°m <sup>-3</sup>	5.2	5.3	6.4
海水排放大海前溶解氧	5.0	5.0	4.9
海水排放大海前 pH 值	6.8	6.7	6.7

\*为标准立方米每小时

(上接 392 页)

的地方,只要能够保证安全,在征得锅炉压力容器安 全监察机构同意之后,可以不进行修改。

我们相信,随着燃油锅炉日益广泛的应用和有 关规程、标准的不断完善,国内外标准之间一定会达 到良好的融合与统一。 另外,在热态调试中,还进行了锅炉在升、减负 荷时 FGD 系统的适应能力试验。试验过程中增压 风机动叶随烟气流量的变化而不断地进行自我调 整,此时送、引风机运行状况基本不变,炉膛负压平 稳,未有大的波动。因而整个脱硫系统是非常成功 的。

3.4 运行 FGD 的耗电量

运行时, FGD 系统中的各设备耗电量见表 4。 由表 4 中的数据可知 FGD 系统的耗电量一般超过 发电量的1.1%。

表 4	FGD	设备的耗电量
-----	-----	--------

设备名称	锅炉负荷	锅炉负荷	锅炉负荷	锅炉负荷	锅炉负荷
	188 MW $^{\circ}\mathrm{h}$	$215~MW{}^{\circ}h$	$232~MW{}^{\circ}\mathrm{h}$	267 MW $^{\circ}\mathrm{h}$	$285~MW^\circ h$
FGF	1 021	1 02 6. 6	1 157	1 987	2 049
FGF冷却风机	5.5×2	5.5×2	5.5×2	5.5×2	5.5×2
FGF 油泵	11	11	11	11	11
GGH 驱动器	7.2×2	7.2×2	7.2×2	7.2×2	$7.2 \times 2$
GGH 密封风机	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
吸收泵	207+213	217× 2	206+212	205+210	206+212
曝气风机	232× 2	238× 2	233× 2	233× 2	233× 2
占总发电量的比例	1.04 %	0.98 %	0. 9%	1.09 %	1.04%

# 4 结论

(1) 海水脱硫原理及工艺简单可靠;

(2) 从整个调试过程的参数来看,深圳西部电 厂的海水脱硫系统是非常成功的。

(3)该系统的脱硫效率在95%以上,而且其耗 电量一般不超过1.1%,没有别的原料的制备与消 耗,无结垢,因而可望在我国沿海电厂、炼油厂及冶 炼厂大面积推广。

#### 参考文献:

- [1] 徐旭常. 燃煤 SO、NO 防治与生态优化的策略及研究计划[J]. 科技导报, 1998(9): 3-5.
- [2] Baty R. Technical and environmental implications of desulpurisation by seawater washing [A]. IChemE Symposiums Series, No, 123.

(复编辑)

## 参考文献:

- [1] 日本劳动省. 锅炉及压力容器安全规则[S]. 1972.
- [2] 原劳动部. 蒸汽锅炉安全技术监察规程[S]. 1996.
- [3] GB9222-88.水管锅炉受压元件强度计算[S].1988.
- [4] 日本劳动省.小型锅炉及小型压力容器构造规格[S].1975.

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. (何静芳 编辑)

210096), Lu Chunmai (Power Engineering Department, Shandong Polytechnical University, Jinan, Shandong, China, Post Code: 250061) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power . - 2000, 15(4). -387~389

This paper focuses on the results of an experimental study on the coal briquette desulfurization characteristics under the high temperatures specific to an industrial boiler as well as on the efforts aimed at improving the desulfurization efficiency. The study results indicate that the coal briquette desulfurization effectiveness varies to a large extent with temperature. The desulfurization products formed by a desulfurization reaction under a relatively low temperature may undergo a decomposition at an elevated temperature. Based on the principle of "countering waste with waste" it is possible to effectively enhance desulfurization efficiency by way of adding a calcium-based desulfurization agent into a suitable additive. **Key words:** coal briquette desulfurization, desulfurization characteristics, additive

日本小型贯流式燃油蒸汽锅炉国产化设计中的若干问题= Several Issues Encountered During the Implementation of a Domestic Production-oriented Modification Design of Japanese-made Small-sized Once-through Oil-fired Steam Boilers [刊,汉] / PENG Tao (Qingtao Caiyuan Environmental Protection Equipment Co. Ltd., Qingdao, Shandong, China, Post Code: 266042) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power . — 2000, 15(4). 390 ~ 392, 395

In view of the differences existing between the Chinese and Japanese standards and specifications with regard to smallsized once-through oil-fired steam boilers some problems will arise during the implementation of the domestic productionoriented modification design of such Japanese-made boilers following their entry into the Chinese market. After an analysis of the design issues in connection with this implementation some pertinent approaches have been proposed to cope with the above-cited issues. **Key words:** once-through boiler, oil-fired boiler, domestic production-oriented modification design

深圳西部电厂 4 号机海水脱硫系统的调试及其分析= Commissioning Tests and Data Analysis of a Sea-water Desulfurization System of Machine Unit No. 4 at Shenzhen West Power Plant [刊,汉] / WU Lai-gui, MOU Zhicai, DONG Xue-de, Yao Ting-sheng (Environmental Protection Engineering Co. Ltd. under the Shenzhen Energy Group, Shenzhen, China, Post Code: 518052) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power . — 2000, 15 (4). — 393 ~ 395

The working principle and technological process of China's first set of sea-water desulfurization system has been described along with a discussion of the system's commissioning tests and an analysis of the relevant parameters. **Key words:** seawater desulfurization, commissioning test, desulfurization efficiency, hydraulic characteristics

轴表面误差对转子动平衡精度的影响= The Influence of Shaft Surface Error on the Precision of Rotor Dynamic Balancing [刊,汉] / LIU Zhan-sheng, HUANG Sen-lin (College of Energy Science and Engineering under the Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001), TANG Bing-zhao (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power . - 2000, 15(4). - 396 ~ 398

During the measurement of shaft vibration displacements of a turbogenerator unit by the use of electric eddy-current sensors of non-contact displacement there exists a surface error component in the measured signals, which results from shaft fabrication errors and shaft surface defects. The direct use of these signals for rotor dynamic balancing will lead to a reduction in the balancing precision, and in extreme cases a failure to effect a balance of the rotor. Based on the specific features of rotor vibration the authors have proposed a vector subtractive method to eliminate the shaft surface error. Through experimental tests it has been verified that the use of the proposed method can dramatically increase the precision of the dynamic balancing. **Key words:** turbogenerator, bearing, vibration, surface defect, error, signal, dynamic balancing