

某船用主锅炉过热器严重腐蚀的探讨

龚三省 (海军工程学院)

〔提要〕 本文分析某船用主锅炉过热器发生严重腐蚀的主要原因。指出按设计单位的热力计算书规定运行是正确的。

主题词 船用锅炉 过热器 腐蚀 蒸汽湿度

一、前言

1976年已发现某船用主锅炉运行不到设计指标1/30的时间,过热器就产生严重的电化腐蚀,不得不提前进厂换管。当时领导机关组织调查组进行调研,又于1978年11月组织测试组到南海某船对饱和蒸汽湿度进行实测。之后,有关各方得出一些初步看法,提出了相应措施。当时我们所提出的升压运行措施现经十年的运行时间来看,类似情况已不发生。

二、产生如此严重腐蚀的原因分析

资料〔1〕中已将具体腐蚀的严重现象作了分析。对于腐蚀的性质属于电化腐蚀,而且是在停用时所产生和发展的,这点正是调查组成员的一致看法,因为总共使用的时间较少,而长时间处于停用状态。引起腐蚀的直接原因和饱和蒸汽湿度过大、锅水太脏有关,下面拟就这些问题作进一步分析。

1. 运行方面

(1) 经常高水位点火。因为原规定升压到 0.78 MPa 可以供辅机用汽。但实际上此时只能驱动风机而不能驱动给水机组。风机耗汽较多,所以该类船舶首航开始,试航人员总是怕失水,总是采取高水位点火。根据南海某船实例。在低水位以上 10mm 处点火,到 0.78MPa 驱动风机时水位已升至中水位上 45mm 处。到 1.17MPa 可以驱动给水机组时仍可保持中水位。如果改用高水位点火,往往升汽到 0.78 MPa 供辅机用汽时,水位已超过水位表可能指示的最高位置,即在中水位以上140mm以上,因满水而看不到水位了。毫无疑问,此时汽水自然分离高度只有 $\leq 0.36\text{m}$,蒸汽湿度当然要急剧增加。关于这方面的计算依据可参考〔2〕。

(2) 高负荷运行时怕失水,往往采取高水位,这点更为危险。因为,即使在最大负荷下保持高水位,一旦失水,顶多也不过能多维持 9 秒钟而已〔2〕,完全无此必要。

(3) 由于本锅炉是变压力运行,在一定负荷以上要求升压。从原使用说明书〔3〕所载,允许在燃烧10个喷油器时(相当于 $B = 4000\text{kg/h}$,产汽量 $D = 46\text{t/h}$),仍可以低压运行。但原热力计算书〔4〕中热工性能曲线上却特别注明 $P = 2.45\text{MPa}$, $B = 2600\text{kg/h}$, $D = 32.5\text{t/h}$,工况为 $P = 2.45\text{MPa}$ 的极限允许负荷。上述两个技术条件的规定不相一致。1978年11月的

收稿日期: 1988-07-04

实船测试结果证实,使用说明书规定不合要求,而热力计算书的规定比较合理。

此外,由于当时热力设备绝热差,机炉舱温度高,南海各船又常在较高航速下仍用单炉航行,而且又保持低压力。据了解曾用过烧14个油头,而 $P=2.45\text{MPa}$,以致出现过锅水盐度不仅随运行时间增加而未增加,反而逐渐减少的情况。显然,不仅给水带入的全部盐分还需加上锅水的盐分全被饱和蒸汽带到过热器中去了,这说明在这一工况下,饱和蒸汽的湿度达到很高的数值。

(4)原船上造水装置达不到设计指标,岸上软水站供水不足,以致有的船竟然很少排污,放出水样颜色深黝,茂名电厂协助作锅水分析时在水样颜色之深,深表惊讶。

(5)长时间停用未按规定进行满水保养。一方面确实缺水,另一方面满水保养手续繁琐,尤其北海袭用老式船用锅炉保养办法,认为短期不好保养。所谓“短期”,实际有时长达十天至一个月也不保养。还有,该锅炉过热器排污系统存在一些缺点,保养时无法使各流程水都同时进汽加热至沸腾驱氧。

2. 技术文件和有关设备

(1)一般间接衡量饱和蒸汽湿度可用下列三个指标:①蒸发表面逸出蒸汽速度 $\omega_0'' = \frac{Dv''}{F} \text{m/s}$,要求 $\omega_0'' \leq 0.4 \text{m/s}$;②自然分离高度 H, m ,即由水位起到蒸汽汽水分离设备的高度,要求 $H \geq 0.5 \text{m}$;③汽部容积负荷 $R = \frac{Dv''}{V} \text{cm}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$,允许的 $R \leq 1200 P_{KV}''$ (针对本文锅炉,要求 $R \leq 2350 \text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$)。如果能满足上述要求,蒸汽湿度 $y \leq 1\%$ [5]。

实质上第三个间接指标 R 是前二者的综合,而且把 ω_0'' 和 H 影响等同起来看待。下面把有关的数据以表格形式列出,便于分析比较。

某锅炉不同工况下的饱和蒸汽湿度情况

次序	工 况	$\omega_0'' \text{m/s}$ 要求 ($\omega_0'' \leq 0.4 \text{m/s}$)	H, m 要求 ($H \geq 0.5 \text{m}$)	$R \cdot \text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ 要求 ($R \leq 2350$)	实 测 $y(\%)$	备 注
1	$P=6.3\text{MPa}$ $D=80\text{t/h}$ ($N=20$)	0.403	0.515	2180	0.0154	动力站试验时测定
2	$P=2.45\text{MPa}$ $D=46\text{t/h}$ ($N=10$)	0.6	0.5	3350	0.091	动力站试验时测定
3	$P=2.45\text{MPa}$ $D=46\text{t/h}$ ($N=10$)	0.6	0.44	3350	3.515	动力站试验时测定
4	$P=2.45\text{MPa}$ $D=46\text{t/h}$ ($N=10$)	0.6	0.44	3350	2.42	1978年11月实 船测定
5	$P=2.45\text{MPa}$ $D=46\text{t/h}$ ($N=10$)	0.6	0.53	3350	0.23	同上
6	$P=2.9\text{MPa}$ $D=46\text{t/h}$ ($N=10$)	0.503	0.5	2811	0.053	同上
7	$P=3.4\text{MPa}$ $D=46\text{t/h}$ ($N=10$)	0.432	0.5	2416	0.025	同上

从上表所列数据,比较第2和5项,不难看出水位对湿度影响是很敏感的。还有,如果适当升高工作压力,却是最简便的降低湿度 y 的好办法。当时测试组提出这一建议的实践基础就是根据这次实测,至于其理论分析,下面还将述及。

从上表第3和4项说明 ω_0'' 、 H 、 R 三个指标都超过了要求, 所以会使湿度 y 明显超过1%。

如果我们反过来估算, 以保证实际 $R \leq 2350 (\text{m}^2/\text{m}^3\text{h})$, 试求此时允许的极限负荷 D' :

$$D' = \frac{2350V}{v''} = \frac{2350 \times 1.477}{0.07846 \times 10^3} = 323 \text{t/h}$$

在该锅炉热力计算书中所附的特性曲线上就注明在 $D = 32.5 \text{t/h}$ 下为 $P_K = 2.45 \text{MPa}$ 时的极限许用负荷, 而且热力计算书中还以这一中间负荷 ($B = 2600 \text{kg/h}$) 作了详细的热力计算。可见热力计算书的这一特别注明是有其根据的。所以, 原使用说明书中规定允许在 $P = 2.45 \text{MPa}$ 下用 10 个喷油器 ($N = 10$) 就有些不妥。尽管动力站也曾测试过 (见上表第二项), 但毕竟实船上总会有风浪的。为了安全运行起见, 还是按原热力计算书的规定为好。

其次, [1] 中建议锅水盐度要按动力站推荐数据, 即 $S_0 < 5 \text{ppmCl}'$, 显然是不合理的。因为该锅炉原使用说明书允许 S_0 变化范围由 $150 \sim 240 \text{ppmCl}'$, 而且给水盐度只要 $< 6 \text{ppmCl}'$ 即可。按动力站推荐数据是做不到的。

(2) 原船上配备的锅水分析设备是袭用陆上电站那套设备, 不适用于航行下测试。还有全船四台炉, 按规定要在两小时内实现全部测定项目是不可能的。虽然 1981 年曾由海军工程学院化学教研室对测定方法和设备都进行改进, 而且也曾通过鉴定, 但最终未能落到实处。目前一些船上仍只测盐度、碱值而已。分析工作跟不上, 加药就只能盲目进行。尤其是加多 $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 对汽水分离不利。

(3) 该锅炉没有排除锅水表面油沫的设备。目前, 各船实际运行时, 给水中普遍含油。从锅炉蒸发受热面的运行安全来看, 这是不允许的。但迄今仍未解决。

(4) 按原使用说明书实施满水保养, 不仅全船一次湿保养要多耗 1.6t 淡水, 而且无法通汽将所有过热器流程的水全都加热沸腾驱氧。根据实测, 满水保养后过热器中水的盐度达到 $90 \text{ppmCl}'$, 而锅炉本体中只有 $36 \text{ppmCl}'$ 。这足够说明, 过热器满水保养兼有溶解积盐的作用。

3. 其它有关制造安装等方面的问题

(1) 1974 年该锅炉鉴定会上, 使用部门已提出缺少必要的清刷工具 (如电动刷管器等) 之后, 多次会议, 凡是涉及锅炉问题都曾提及这个问题, 但各方总是各执己见。船厂认为应由锅炉厂配备, 锅炉厂则认为这是市场上随便可以买到的工具, 若由锅炉厂配备, 就须采购后再装箱发往船厂, 不如船厂负责配备。总之, 这类遗留问题直到目前可能还未彻底解决。船员在内径只有 450mm 的筒内靠人力拉刷清洁管子, 工作条件极为艰苦。

(2) 造船周期太长, 船厂缺乏良好的管理保养制度。据了解, 北海某厂接受锅炉厂发来的部件, 直接送入仓库。负责安装的车间不知道来货日期, 而且也不负保养责任。仓库对部件更不清楚其有效保养期是多少和过期后如何再保养问题。因此, 有些设备装船未用就已处于非良好状态。这显然和厂方管理组织水平有关。

(3) 领导机关对装备工作的复杂性认识不足, 似乎“有比没有好”, 只要“有”, 质量差些也可以。另一点, 是缺乏系统的观点, 例如软水站的问题, 近几年来才有所改善, 但还是未彻底解决。

(4) 组织试验工作跟不上, 只满足于陆上动力站试验, 而且内容也不够全面。从锅炉热化学试验来看, 没有做过不同负荷下极限水位、极限盐度等试验。更主要的是实船未做热

化学试验,只在过热器出现严重腐蚀情况才在1978年11月组织人力在船上实测饱和蒸汽湿度。事后,有关各方提出在提高锅炉负荷时应升压,而且不用2.45MPa,而用2.9MPa。这是降低饱和蒸汽湿度的简便而又有效的措施。而此一措施直到1981年才正式写入使用条例。

(5) 锅水分析专业技术人员受船上编制所限,不能长期留用,流动性大。

三、针对上述情况应采取和已采取的措施

1. 提高低负荷下锅炉工作压力,将2.45MPa改为2.9MPa。这在1978年11月实船试验中已得到证实,对降低饱和蒸汽湿度有好处。单从这点看,用3.4MPa更有利,而且原倒车工况就要求3.4MPa,但实测时发现推进器反而下降1r/min。这可能和主机喷管节流耗损过大有关。所以建议采用2.9MPa。从资料〔6〕可以推出,在蒸汽湿度 $y=(0.1\sim 2\%)$ 的范围内

$$y \sim (\gamma' - \gamma'')^{0.26} \nu^{4.6} \cdot [(\gamma'')^{4.51} \sigma^{2.35}]^{-1}$$

这是在产汽量 $D=ct$ 条件下得出的。

式中 σ ——工作压力下饱和水的表面张力;

ν ——工作压力下饱和水的运动粘度;

γ' 、 γ'' ——工作压力下饱和水和汽的密度。

显然,从上式可见,随着工作压力的增加, $(\gamma' - \gamma'')$ 下降, ν 也下降, γ'' 却增加,这些都有利于湿度 y 的减少。只是 σ 将有所下降,会使 y 增加。正如一般文献中介绍,随着工作压力增加,饱和水面张力减少,易于形成较小水滴而使湿度增加。这一结论是单以 σ 一个参变数来分析的。应该指出,这里分析问题的前提应以产汽量 $D=ct$ 为条件。若用不同压力下的诸值代入时,可得 $y_{3.0}/y_{2.5}=0.21$ 。这说明,压力升高时由于产汽量不变、饱和汽密度 γ'' 的明显增加,会使蒸汽逸出水面速度 ω_0'' 显然减少,有利于防止过多的水滴从蒸发表面被携走,对降低 y 有利。实际上,一定范围内, P 由2.45MPa升高到2.9MPa, σ 的绝对值仅仅 $32.8 \times 10^{-4} \text{kg/m}$ 降至 $31.4 \times 10^{-4} \text{kg/m}$ 而已,而 γ'' 却由 12.8kg/m^3 升至 15.2kg/m^3 。

2. 必须强调满水保养的重要性,这不仅可以从溶去过热器中已积贮的盐分(运行时由饱和蒸汽带入的),还可以避免过多氧气逸入过热器。关于解决满水保养时充汽均匀加热过热器各流程水的问题,请参考〔2〕,〔7〕。

3. 对各船运行人员要强调杜绝高负荷下低压力、高水位运行。高负荷时尽可能保持中低水位运行。此外,不允许高水位点火升汽。

四、尚存在和亟待解决的问题

1. 水分析设备仍未彻底解决。应将成果落实于实践。对加强分析专业人员的培养并延长服役时间的问题也不容忽视。

2. 制造厂和船厂管理工作也有待改进。清洁工具争取及早配齐。

3. 实船试验的一些工作还应争取补做。

最后,应当指出,不能以已经定型为借口,对定型时遗留的许多问题视而不见,不再精益求精,而必须用科学的态度认真对待抓紧解决。

参 考 文 献

- [1] 陈庆龙: 船用主锅炉过热器的腐蚀问题, 舰船透平锅炉, (6)1977.
- [2] 龚三省: 船用锅炉原理和管理, 海军工程学院出版, 1984.7.
- [3] КВГ-76 锅炉使用说明书
- [4] КВГ-76 锅炉热力计算书
- [5] Перлов Г В: Судовые паровые котлы, Судпромгиз, 1961.
- [6] Маляель С С: Определение влажности насыщенного пара в судовые котлы. Судостроение, (12)1974
- [7] 龚三省: КВГ-76 锅炉的几个系统问题, 装备工作资料, 海军工程学院出版 1982.1

新产品新技术信息

№R88—1 膜片联轴器 是一种性能优良的干式金属挠性联轴器。无需润滑, 无需维护, 拆装方便, 可在恶劣环境下长期使用。该产品获部级科技成果奖。已在燃气轮机装置, 内河船舶轴系, 军用履带车辆、石油化工流程泵及各种机械设备中大量利用。运行良好, 安全可靠。为解决内河船舶轴系找中困难及船体变形引起轴瓦磨损等问题而研制的可传推力型叠片联轴器, 把推力、承受轴系的角向、横向变形融为一体, 为船舶轴系设计开拓了一条新路。现已有系列化设计及产品。对于其它方面的特殊应用, 可提供咨询与合作。

№R88—2 型煤炉及其型煤 该技术可用贫煤、瘦煤、不粘结煤等烟煤为原料制成底部开有通风槽的长方型煤块, 在无炉篦, 无灰膛的炉具中进行燃烧。集中了正、反烧技术的优点, 消烟性能好, 操作方便, 热效率达 40%, 火动达 31 克/分钟 (较同类产品高 25~30%), 可封火 12 小时, 达国内先进水平。该技术产品经省级鉴定。已获专利权。专利号: 86200482、

№R88—3 散煤炉 该炉集正、反烧技术于一炉, 可以直接燃用散烟煤。既消烟, 火力又旺, 主要用于家庭及单位。专利申请号: 87213156, 专利申请日: 870904。

№R88—4 锯木屑沸腾炉 媒体流化锯木屑沸腾炉已取得中国专利局实用新型专利, 专利号: 86203652。该炉燃用木材加工过程中产生的高水份 (~55%) 废料锯木屑及碎木块。保证及时着火, 各种不同含水率锯木屑都能稳定燃烧。能保证锯木屑与床料良好混合, 避免细小颗粒被夹带飞离炉膛。燃烧效率高达 99.4%, 烟尘排放完全符合环保要求。本炉启动、停炉及运行均为电控远程操作, 已经 8000 小时连续使用, 运行可靠。负荷调节性能良好。可任意调节烟气温度, 一台发热量为 1255MJ/h (30 万大卡/时) 的高温烟气, 能供 2 座 24m² 的干燥窑。烘干木材, 能得到满意的效果。加袋受热面后, 可提供多种参数的蒸汽或热水。该炉制造简单, 成本低, 维修工作量极少, 炉体可制成快装型, 便于工地安装及运输。

№R88—5 硅可控无冲击电流开关 该开关由两个反极性并联的硅可控元件及其控制电路组成, 能够无冲击电流、无火花快速通断电容器电路。用于控制在车间供电网络中无功功率补偿电容器与电源的接通或断开。节电效果显著。专利申请号: 87207614, 专利申请日: 870430。服务方式: 专利技术转让。

(如需以上技术或产品请与编辑部联系)

marine prime mover with the steady-state error constants of six systems being provided, which can serve as useful reference data to marine and electrical engineers.

Key words: marine engines, speed governing system, analysis.

MIA-01-CC Chen's Cycle Co-generation Power Plant..... Wen Xueyou (21)

A Study on the serious Corrosion Found on a Marine Main

Superheater.....Gong Sanxing (26)

Abstract

The chief causes of serious corrosion found in a marine main boiler superheater are analysed. It has been pointed out that the boiler operation in conformity with the thermal calculations drawn up by the boiler design bureau is justified and is to be recommended.

Key words: corrosion of marine boiler superheater, steam wetness

The Present Status of Industrial and Marine Boiler Development in

Foreign Countries.....Cnen Qiduo, Sun Shaojing,

Lin Binggang, li weigen (31)

Abstract

This paper gives a brief description of the industrial and marine boiler development in some foreign countries. Presented in some detail are the technical achievements as regards the enhancement of boiler capacity and steam parameters, improvement of boiler design and efficiency, upgrading of firing equipment and the use of advanced automatic control systems, etc.

Key words: industrial boilers, marine boilers.

Aerodynamic Design of a Low pressure Compressor

.....Ju shili, Li Fei, Zhao Yousheng (38)

Abstract

By adopting a test-based two-dimensional method coupled with three-dimensional verification calculations a high-quality lowpressure compressor with characteristics capable of satisfying preset technical requirements has been successfully designed. The test results of the compressor as a whole have shown that the compressor without any further adjustment can attain all design objectives in respect of flow rate, pressure ratio and efficiency. With operating points being optimized it is possible to achieve an even better performance. The compressor features good working characteristics when operating at low load conditions, a relatively wide range of stable operation and an uniform outlet flow field.

Key words: low pressure compressor, aerodynamic design.

Boundary Element Method for the Solution of Subsonic Compressible

Plane Cascade Flow Fields by Use of Equivalent Cascades

..... Lin Chengxian, Liao Aixian (44)