

某舰用冷凝器凝结水含氧量的测试

(哈尔滨·第七三研究所) 徐岩 孟繁政 董玉祥* 周业忠

摘要: 通过一种新型水中氧分析系统, 对某舰用冷凝器在不同工况下的凝结水出口的含氧量进行动态测试, 从而掌握冷凝器的热力性能, 并为以后改型设计提供必要的依据。

关键词: 凝结水; 含氧量; 测试

中图分类号: TK264.1⁺1

文献标识码: B

1 前言

冷凝器作为蒸汽动力装置的重要组成部分, 其热力性能的好坏直接影响整个动力系统的安全。而凝结水含氧量的高低又是评价冷凝器热力性能的主要指标, 其测量问题是长久以来未能良好解决的一个技术问题, 由于条件所限, 以往曾尝试用靛胭脂比色法和两瓶法, 这两种方法是基于随机取样并与标准色对比来实现的, 这就不可避免地存在人为操作误差, 再加之凝结水中含有的杂质直接干扰了比色的结果, 使测量结果更加不准。而且这两种方法只能定期取样, 手工操作, 不能连续监视凝水品质。鉴于此, 急需寻求一种更先进、更合理的测试方法和测量系统。为此, 我们研究推出了这套专门用于测量凝结水含氧量的水中氧分析测试系统, 并将其运用于某舰用冷凝器的实测工作中去, 取得了令人满意的结果。

2 测量原理及测试系统介绍

2.1 测量原理

系统的测量元件是一个对氧敏感的碱性隔膜式原电池, 其结构见图 1。

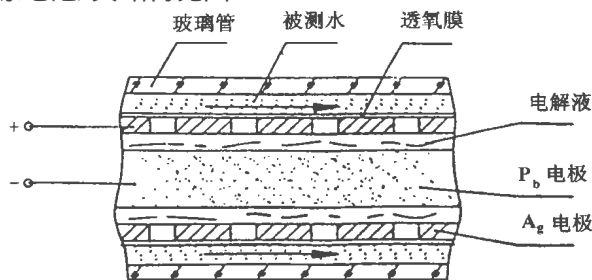


图 1 原电池纵截面示意图

当被测水中的氧透过薄膜溶解于隔膜与银电极之间的电解液后, 由于电极电位的作用在阴极 O_2 还原成 OH^- , 在阳极 Pb 被氧化为 Pb^{2+} , 连接负载后即可产生放电电流 I :

$$I = \frac{n \cdot F \cdot A \cdot P_m}{x} \cdot P$$

式中: I ——由水中溶解氧扩散至阴极表面的扩散速率所控制的原电池放电电流; n ——阴极反应电子得失数; F ——法拉第常数; A ——阴极面积; P_m ——薄膜透氧率; x ——薄膜厚度; P ——溶于薄膜与阴极表面电解液薄层中的氧浓度。

在温度、压力一定时, 透过薄膜溶解于电解液中的氧与被测水中的溶解氧 C 成正比, 即:

$$P = KC$$

于是:

$$I = \frac{n \cdot F \cdot A \cdot P_m}{x} \cdot KC = K_1 C$$

其中 K, K_1 为常数。

所以在原电池材料、结构取定的条件下, K_1 为定值, 也就是说, 原电池的放电电流与被测水中的含氧量成正比。只要测得放电电流的大小就可取得相应的凝结水含氧量的数值, 测量线路方框图见图 2。

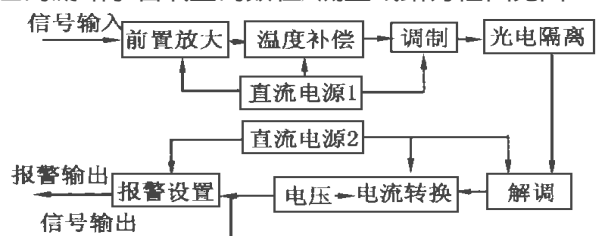


图 2 测量线路方框图

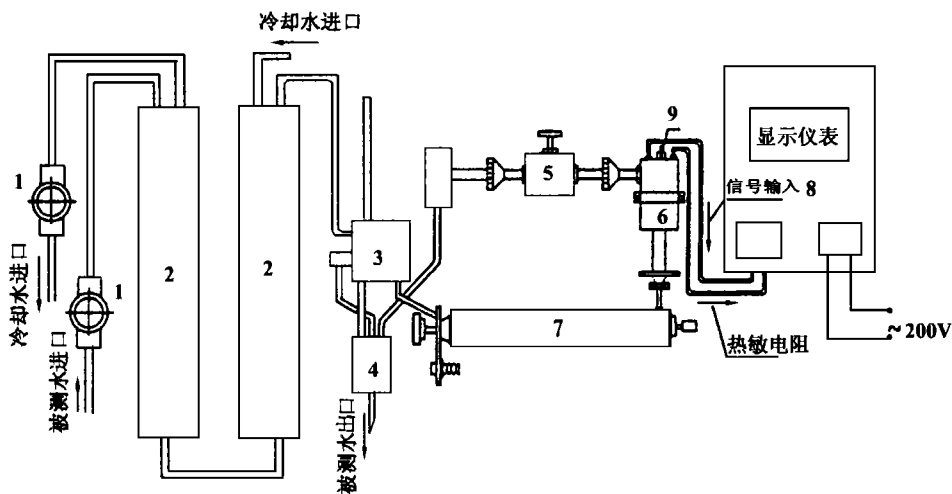
当被测水中的氧通过原电池后, 在原电池表面产生的放电电流经电源控制器放大及温度补偿后, 再经光电隔离后输出三种标准电流信号, 推动记录装置直接显示氧含量。

2.2 测试系统

首先, 测点应选择在凝水便于收集处, 即凝水应处于正压状态下, 在本机组中, 测点的位置即可选择在凝水泵出口处, 也可以选择在主抽气器凝水进口处, 本次试验, 考虑到测试系统在船上的安装空间, 我们选择前者, 测试系统如图 3 所示。

收稿日期: 1998-12-14; 修订日期: 1999-02-10 *董玉祥(淮阴市热电公司)

作者简介: 徐岩(1967-), 女, 黑龙江肇东人, 哈尔滨·第七三研究所高工, 主要从事汽轮机辅机、压力容器的研制。通讯处: 150036 哈尔滨



1—针形阀 2—冷却器 3—进口溢流装置 4—出口溢流装置 5—出口阀 6—原电池
7—校准仪器 8—电源控制器 9—温度计

图3 测试系统图

2.2.1 本系统采用零点校正法,在机组启动2小时内对系统进行零点校正与刻度校准。通过调解冷却水流量将被测水温控制在 $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 。被测水流量控制在 $300 \pm 10 \text{ mL/min}$ 。

2.2.2 待校准完毕并机组稳定运行20 min后,开始记录,每10 min记录一次。实验中应不断地监视进口溢流装置有否溢液,应保证通过原电池流量恒定,从而保证测量结果准确。

2.2.3 在测试过程中应注意指针有否大的波动,检查各处接头,保证被测水管路密封无渗氧现象。

3 测量结果

利用这一测量系统对某舰用冷凝器进行了运行中实时测量,经过两个航次、12小时的连续测试,得到了主机冷凝器各工况下凝结水温、真空度及凝水含氧量数据,现整理结果如下:

凝水泵出口凝结水含氧量测试记录表

工况	螺旋桨 转速 v $r \cdot \text{min}^{-1}$	凝结水 温度 $/^{\circ}\text{C}$	主冷凝 器真空 $/\text{MPa}$	凝水泵出口凝结水 含氧量/ $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$					
				1	2	3	4	5	6
前进一	96	30	0.003 2	34	32	35	33	32	33.5
前进二	124	31	0.003 4	33	31	32	31	30	30
前进三	166	30	0.004 7	32	31.5	30	32	30	29
前进四	203	30	0.009 0	28	27	26	29	30	28
全航速	241	30	0.014 7	19	19	19	20	20	20
过渡工况	215	31	0.009 4	23	24	23	22	22	21
	225	30	0.009 8	20	20	20	19.5	19	19
倒车	— 103	20	0.019 5	20	20	20	20	20	20
横倾 30°	166	30	0.004 7	31	30	30	31	29	30

各工况下凝结水含氧量随时间变化曲线见图

4。

当舰船由低工况向高工况过渡过程中,凝水泵

出口含氧量变化趋势曲线见图5。

4 测试结果分析

4.1 误差分析

从测试原理来看,本测量系统应比以往采用的测试方法精确得多,但毕竟由多个部件组合而成,再加上校准过程中人为、环境因素导致的偶然性误差,因此整个系统应存在一定的误差。从多次调零、校准后实测结果看,相应工况下含氧量数值综合各种误差后彼此相差不超过 $5 \mu\text{g/L}$,与以往采用的比色法和两瓶法(其测量误差一般在 $5 \sim 10 \mu\text{g/L}$ 之间,如有杂质干扰,则误差更大)相比,本测试系统的测量精度要高得多。

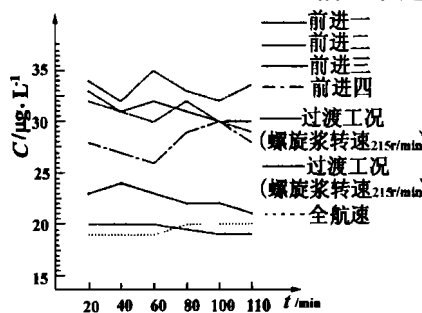


图4 不同工况下凝结水含氧量C随时间t变化曲线

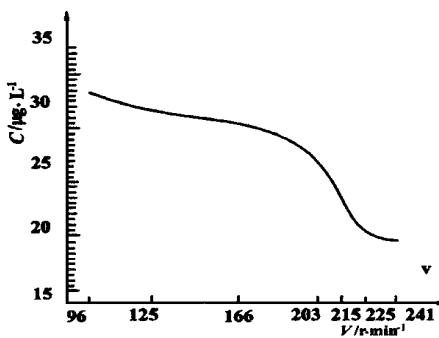


图5 凝结水含氧量C随螺旋桨转速v的变化曲线

密封性,且管束设计合理;当过冷度小于 $0^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$ 时,凝水泵出口凝结水的含氧量均小于或等于 $35 \mu\text{g/L}$,完全满足机组对冷凝器热力性能的要求。

4.2.2 随着螺旋桨转速的提高,冷凝器蒸汽负荷加大,凝水泵出口凝结水的含氧量呈现下降趋势,说明凝水受大量蒸汽回热后使部分氧从凝水中逸出,使凝水得到进一步除氧。当机组全航速运行时,凝水含氧量可降至 $19 \mu\text{g/L}$,这一结果同样满足设计要求。

(下转35页)

3.6.4 管子与扁钢角焊缝横向拉伸试验由于加工问题未达到预期结果,但有一点可以肯定,不论管子纵缝处于什么位置,都是一样的。

经过 5 种冷作工艺试验,8 种焊接方法及 3 种接头型式的焊接工艺试验,结果证明:国产电阻焊管经过冷作和焊接后,各项性能指标均能满足锅炉制造工艺要求,焊缝能够经受住考验,在使用上可与无缝钢管等同。

4 电阻焊锅炉管的运行实践

4.1 根据日本新日铁公司的一份关于电阻焊锅炉管跟踪调查报告显示,用于 375 MW 控制循环锅炉墙式蒸发器的电阻焊管,管子材质相当于 ASME AS178 GradeC,该锅炉于 1977 年 11 月投入运行。这些试验调查是在运行大约一年(8856 小时)和大约三年(26 376 小时)的时间进行的。从这份报告的调查结果来看,经过一年和三年运行的管子材料未使用的材料相比没有改变。锅炉运行效果很好,因为从运行初期就已经证明电阻焊锅炉管完全能够满足工作需要。

4.2 采用电阻焊管的锅炉的主要特性类型:控制循环锅炉

容量:375 MW

蒸发量:1180 t/h

过热器出口压力:

$$P_{\max} = 19.7 \text{ MPa} \quad P_{\text{工作}} = 17.6 \text{ MPa}$$

再热器出口压力:

$$P_{\max} = 4.4 \text{ MPa} \quad P_{\text{工作}} = 3.49 \text{ MPa}$$

过热器出口温度: $T = 569 \text{ }^{\circ}\text{C}$

再热器出口温度: $T = 541 \text{ }^{\circ}\text{C}$

4.3 试样性能

取样位置:燃烧器上方左侧管屏的中部

设计材质:

JISG3461 STB42E-G(相当于 SA178C)

管子规格: $\Phi 45 \times 5.0$

化学成分:

C	Si	Mn	P	S	Cu
≤ 0.32	≤ 0.35	$0.30 \sim 0.80$	≤ 0.035	≤ 0.035	≤ 0.20

机械性能:抗拉强度 $\sigma_b \geq 411.9 \text{ MPa}$

屈服强度 $\sigma_s \geq 254.9 \text{ MPa}$

延伸率 $\delta \geq 25\%$

从上述结果可以肯定,采用三菱重工特殊技术制造和检验的电阻焊锅炉管,在质量上和可靠性方面相当于或优于无缝冷拔锅炉管。

4.4 国产电阻焊锅炉管运行实践

哈尔滨钢管厂生产的 $\Phi 51 \times 3$ 20 号钢低、中压锅炉用电阻焊钢管,在哈尔滨木器厂 SZD10-13 双锅筒纵置式蒸汽锅炉水冷壁上装上两根长 1.5 m 的有缝管试验,一年后进行试验分析,结论如下:

(1)运行一年后电阻焊有缝管内外表面无明显氧化、腐蚀。

(2)运行后,焊缝组织和母材性能无异常。

(3)国产电阻焊有缝管完全可以用于低、中压锅炉。

5 经济效益分析

由于焊接锅炉管具有壁厚偏差小、尺寸精度高、内外表面质量好,生产效率高,价格比无缝管低 10%~15% 等许多优点,具有很大的经济效益和社会效益。

锅炉制造厂家在生产中如采用电阻焊有缝钢管来替代无缝管可节约费用 10%,如按每吨节约 500 元计算,每年 2 万吨用料可节约 1000 万元,经济效益非常可观。因此在大容量锅炉和工业锅炉上逐步采用有缝管代替无缝管,随着电阻焊锅炉管制造和检验水平的不断提高,必将成为今后锅炉制造中的一个发展趋势。

(何静芳 编辑)

(上接 32 页)

5 结论

掌握凝结水的含氧量对于考核现有冷凝器的热力性能和设计建造新型冷凝器,改善除氧结构等都是最基本和最重要的,通过本次试验,进一步证实水中氧分析系统是监测冷凝器凝结水含氧量的一种行之有效的办法,它不仅测量方法先进、合理;测试过程简便、易行;测试结构准确、可靠,而且还能真实地反映机组在整个运行过程中的动态变化情况,便于及时发现问题,及时采取措施予以解决。它的应用

范围不仅仅局限在舰船蒸汽动力装置上,在许多大、中、小型电站凝水系统上,水中氧分析系统也同样具备较乐观的应用前景。如能将其与以微机为主体的数据采集系统结合起来,那么系统的处理速度、精度将会进一步提高,整个测试系统将更趋完善,而这一点也是我们今后工作的目标之一。

参考文献

[1] 张卓澄. 大型电站凝汽器. 机械工业出版社, 1993 年.

(何静芳 编辑)

tion. This makes it possible to analyze the effect on gear mesh of such factors as gear box deformation, axial end loading and axial deflection, etc. A proper no-load gear mesh error may be generated to compensate gear mesh error under operating conditions. It is also feasible to verify gear strength on the basis of gear contact conditions. Under the precondition of an absence of increase in gear mesh error a rational support parallelism can be set. **Key words:** cylindrical gear, gear mesh error, strength

废气复合透平系统的热技术经济学分析和设计优化 = **Thermotechnical Economics Analysis and Design of a Waste Gas Turbo Compound System** [刊, 中]/Tang Lichun (Southern China University of Science & Technology), Pan Jiayan (Guangzhou Municipal Energy Source Planning Design Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 28 ~ 30

By combining thermotechnical economics theory with BOX nonlinear constraint (compound type) optimization method a thermotechnico-economics analytical study and an optimized design calculation were conducted of a heavy-duty diesel waste gas turbo-compound system (TCS). The method discussed can provide some useful reference data during the scheme design of a power station at the feasibility study stage. **Key words:** waste gas turbo-compound system, thermotechnical economics, optimized design

某舰用冷凝器凝结水含氧量的测试 = **Test of Oxygen Content in the Condensate of a Naval Condenser** [刊, 中]/Xu Yan, Meng Fanzheng, Yin Yuxiang, (Harbin No. 703 Research Institute), et al // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 31 ~ 32, 35

With the help of a novel device for measuring the oxygen content in water a dynamic detection was performed of the oxygen content of condensate at the outlet of a naval condenser working under various operating conditions. The resulting determination of the thermodynamic characteristics of the condenser can provide a requisite basis for its modification design later on. **Key words:** condensate, oxygen content, evaluation test

锅炉有缝电阻焊管制造工艺 = **Manufacturing Technology for Boiler Tube Seamed Resistance Welding** [刊, 中]/Liu Shuzhen, Zhu Hong, Cheng Wanbe (Harbin Boiler Co. Ltd.), et al // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 33 ~ 35

LM5000STIG120 机组余热发电工程电气设计 = **Electrical Design of the Waste Heat Power Generation Project of a LM5000 STIG Unit** [刊, 中]/Sun Shifeng, Hu Guoju, Zhang Qingjiang (Harbin No. 703 Research Institute), et al // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 36 ~ 38

A description is given of the main electrical connection design of a LM5000 STIG 120 unit for Shenzhen Yueliangwan Gas Turbine Power Plant. In addition, the plant auxiliary power supply of the Plant is also briefly discussed. **Key words:** short-circuit current, circuit breaker, reactor, dynamic stabilization, thermal stabilization

燃气脉冲在线吹灰装置及其控制系统的研制与应用 = **Development and Application of a Pulsed Gas-based On-line Soot-blowing Device and Its Control System** [刊, 中]/Li Zhonghua (Shanghai Jiaotong University), Han Tongtai, Liu Jianjun (China National Mine Engineering University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 39 ~ 40

The use of rotary air heaters in thermal power plants generally gives rise to soot deposits-related serious corrosion, flue gas high flow-resistance and excessively high exhaust gas temperatures. To cope with the above-cited problems, the authors have developed a pulsed gas-based on-line soot-blower system, using explosive gas to serve as a soot-blowing gas source. In addition, a computer-based monitoring system has also been developed in connection with the soot-blowing unit. Practical use experience shows that the soot blower unit under discussion has the capability to conduct a safe, reliable and