

真空除氧参数关系的理论与试验研究(下)

陈崇枢 郭兆春^① 李瑞扬 张德成

(哈尔滨工业大学)

(接上期208页)

4 真空除氧技术的试验研究

4.1 试验装置及其系统

本系统是按工业试验系统设计的, 试验装置的设计参数和主要尺寸如下:

(1) 额定出力, t/h 6.0

(2) 真空度(表压), MPa >0.090

(3) 进水温度, °C 35~50

(4) 进水压力(表压), MPa 0.2

(5) 出水溶氧量, mg/l ≤0.05

(6) 除氧塔直径, mm φ500

(7) 除氧水箱直径, mm φ800

试验系统如图4所示。其工作流程如

下: 软化水箱6中的软化水经水泵加压后,

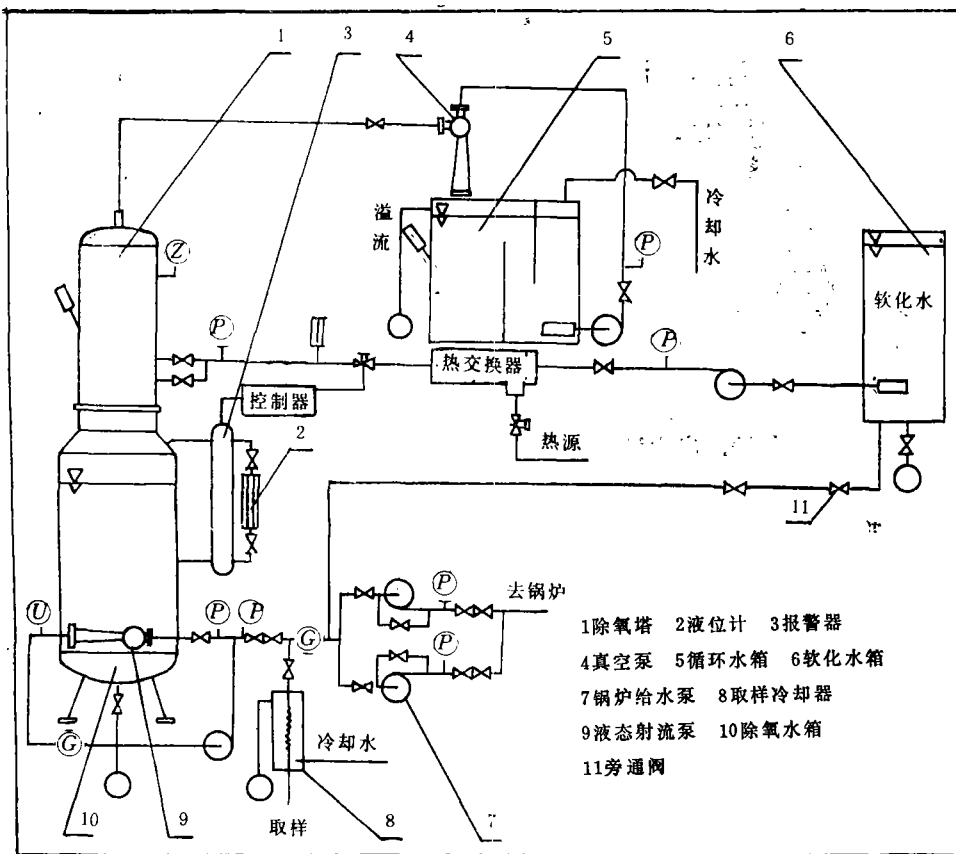


图4 试验系统流程示意图

^①郭兆春同志硕士研究生毕业后于1990年4月分配到北京B&W公司工作。

经热交换器加热成过热水^②，再进入除氧塔内的两层机械雾化喷嘴被雾化成水雾。在水力喷射真空泵4的抽吸作用下，除氧塔内形成一定的真空度。过热水雾化、闪蒸产生的水蒸汽和从水中逸出的氧和其它气体被抽出。经雾化除氧后的水落经填料层，在填料层中进一步造膜除氧。在除氧塔中经过上述两个阶段除氧后的水流下，储存于立式除氧水箱10中。位于水箱底部的液态射流泵9将除氧水引射出来，再由锅炉给水泵送往锅炉。

图4中的除氧水箱10设计成立式，它与传统的卧式水箱比较，一是显著减少了除氧器的占地面积（约为卧式水箱的1/4，节省基建投资；其次是节省了钢材，降低了产品成本。液态射流泵9可使真空除氧器低位布置在零米标高的地面上。

试验装置的进水量采用点控制方式，即水位的高低信号传递给控制器，由它控制进水管上的电磁阀或进水泵的开闭。

4.2 设备的启动特性

在设备启动中，我们首先启动进水泵向除氧器供水，待除氧水箱中达到一定值时，启动液态射流泵出水，紧接着再启动水喷射真空泵。经过多次重复启动试验，得到了出水溶氧量与启动时间的关系曲线，如图5所示。启动后约15分钟出水溶氧量为0.1 mg/l (A点)；启动后约20分钟，出水溶氧量为

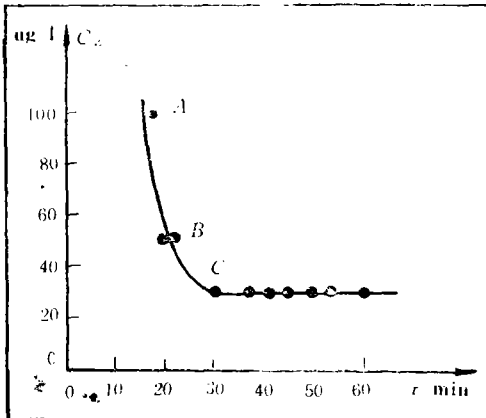


图5 出水溶氧量与时间的关系

^②指对应于除氧塔内压力（真空）下的饱和水温而言，此水是过热的。

0.05 mg/l (B点)；启动30分钟后出水水质达到稳定点C，我们称该点为水质稳定的临界点。出水溶氧量与启动时间的关系曲线不是固定不变的，要受到进水含氧量、进水流量、进水压力、进水温度以及除氧器结构和启动方式的影响。但无论条件怎样变化，出水溶氧量随时间变化的趋势应该是相同的，即对于一定的工况，在设备起动的初期，出水溶氧量逐渐减小，直至基本稳定在某一数值。

4.3 真空除氧对水温的适应性能

表1、表2为两个典型工况下的实验数据。从表中可以看出，当进水温度发生变化时，真空度随之变化。此时塔温为相应真空度下水的饱和温度，真空度发生变化后，它与过热度各自保持新的稳定。表1、表2中两工况的进水温度相差约10℃，但它们的除氧效果都较好。其它工况下的试验结果也表明，即使在所能得到的最高进水温度下(73℃)，除氧效果仍然很好。可见，真空除氧对水温具有良好的适应性能。

表1、表2还说明，不仅进水温度 t_1 会改变过热度，循环水温 t_2 也同样影响过热度。即

$$\Delta t = f(t_1, t_2)$$

因此，为了改善除氧效果而想增加过热度时，试图仅靠提高进水温度而获得较高的过热度是不切实际的。

图6为从试验中得到的循环水温和进水
表1 1*工况下的试验数据

序号	进水温度 $t_1, ^\circ\text{C}$	塔温 $t_s, ^\circ\text{C}$	过热度 $\Delta t, ^\circ\text{C}$	真空度 (表压) P_s, MPa	循环水温 $t_2, ^\circ\text{C}$	出水溶氧量 $C_2, \text{mg/l}$
1	57.6	51.1	6.5	0.0870	38.1	0.03
2	58.0	52.4	5.6	0.0860	41.0	0.03
3	57.9	53.5	4.4	0.0853	44.4	0.03
4	58.3	54.2	4.1	0.0848	46.6	0.03
5	58.8	54.2	4.6	0.0848	47.3	0.03
6	59.4	54.9	4.5	0.0845	47.8	0.025
7	58.5	54.3	4.2	0.0847	48.2	0.025

表2 2°工况下的试验数据

序号	进水温度 $t_1, ^\circ\text{C}$	塔温 $t_2, ^\circ\text{C}$	过热度 $\Delta t, ^\circ\text{C}$	真空度 (表压) P_s, MPa	循环水温 $t_2, ^\circ\text{C}$	出水溶氧量 $c_2, \text{mg/l}$
1	47.5	43.5	4.0	0.0912	33.3	0.05
2	47.9	44.3	3.6	0.0908	35.0	0.05
3	48.3	44.7	3.6	0.0905	35.7	0.05
4	48.0	44.9	3.1	0.0904	36.1	0.04
5	48.1	45.6	2.5	0.0901	39.0	0.05
6	48.2	46.8	1.4	0.0895	41.7	0.05
7	48.6	47.3	1.3	0.0893	42.6	0.05

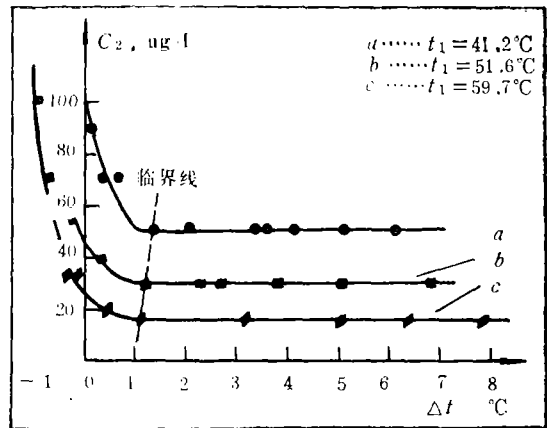


图7 出水溶氧量与过热度的关系

于临界点值时靠提高过热度来改善除氧效果则是无济于事的。

从图7中还可以看到, 随进水温度的降低, 所需的过热度临界值是增加的。因此, 从考察过热度的角度看, 进水温度越高, 出水水质稳定性越好。

图7中当过热度为负值时, 出水水质仍较好, 这是由于进水温度下降时, 真空度随之提高, 导致除氧水箱中水成了过热水, 而为除氧塔提供了短期的品质优良的水蒸汽, 这时该设备成了加热式真空除氧器, 因此保持了短期内的良好水质, 这与我们的试验条件和步骤有关。

4.5 水温对除氧效果的影响

从表1和表2中我们可以看到, 除氧器运行时要使塔温保持稳定是不易做到的。但由于 $t_s = t_1 - \Delta t$, 我们可以通过改变进水温度, 间接地寻求塔温与除氧效果的关系。

图8中的实线是从试验中得到的进水温度对除氧效果的影响曲线, 虚线是进水温度减去过热度后得到的塔温与除氧效果的关系曲线。由图可见, 随着进水温度的升高, 出水溶氧量减小。而且, 在提高进水温度的初期, 除氧效果随温度的变化幅度很大。到了后期, 进一步提高进水温度, 除氧效果随温度的改变已经不明显了。试验结果与前面的理论分析相吻合。

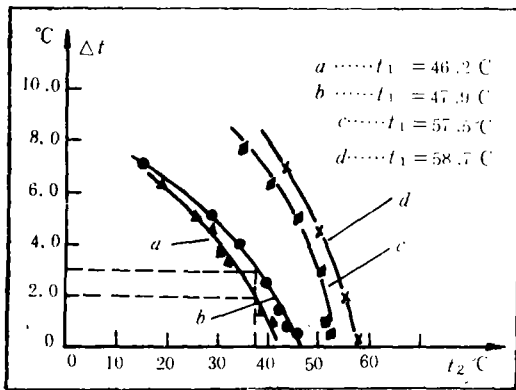


图6 循环水温和进水温度对过热度的影响

温度与过热度的关系曲线。

从图中可以看出, 在同一进水温度下, 过热度随循环水温的升高而减小; 而对应某一循环水温(如A点), 过热度随进水温度的升高而增加。

4.4 过热度对除氧效果的影响

过热度是影响除氧效果的重要因素。过热度的增加必将导致过热水的汽化量增加; 除氧塔内氧的分压力也必然减小, 从而导致水中溶解氧的离析量增加, 水中溶氧量减小。但溶解氧离析量的增加要受到传质规律的制约, 因此过热度增大到一定程度后, 水中溶氧量不再减小。试验结果说明了这一规律, 如图7所示。图7中三条曲线都有一临界点, 临界点是出水溶氧量从不稳定到稳定的分界点。当过热度小于临界点值时, 可以用增加过热度的方法改善除氧效果; 而当过热度大

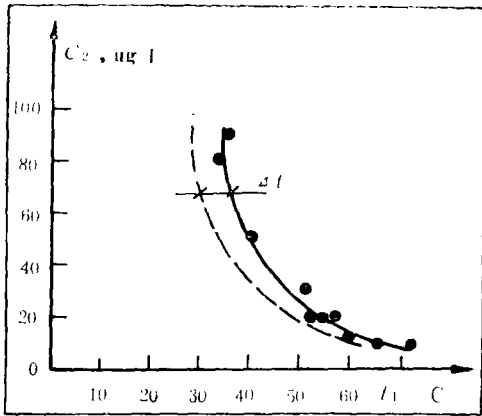


图 8 出水溶氧量与进水温度的关系

4.6 对出水水质的间接监测

综合分析过热度、塔温和进水温度对除氧效果的影响，我们发现，对出水水质的监测可以通过测量进水温度和循环水温这一间接方法来实现。

我们从试验中获得了各种进水温度下临界点的过热度值。由图 6 可得到各种进水温度下的最大允许循环水温。只要运行时的实际循环水温低于此值，则出水水质肯定达标。

我们用进水温度与循环水温的差值 $\delta t (= t_1 - t_2)$ 来反映上述关系，如图 9 所示。由于试验点有一定的离散性，故可考虑将其划分成三个区域：不稳定区（I 区）、过渡区（II 区）和达标区（III 区）。

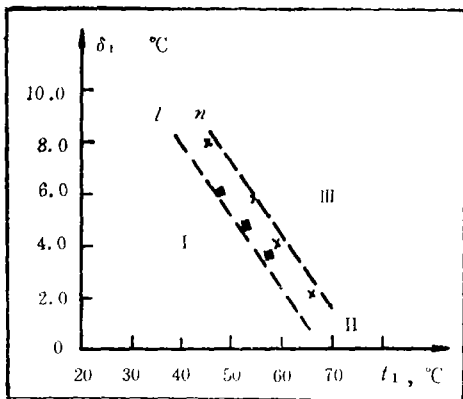


图 9 进水温度与温差 δt 的关系

采用此方法监测出水水质，则对水质的化验可只作为抽样监测手段。

5 结 论

1. 国内的低压锅炉之所以执行水质标准不严——补给水多数不除氧，重要原因之一一是缺少可靠和经济的低温水除氧技术和设备。

2. 随着供热系统热水温度的提高，热水锅炉及其系统的氧腐蚀问题日益突出，已严重影响到锅炉及其热力系统的安全和使用寿命。研制除氧效果稳定、良好，操作控制方便，又经济可靠的低温水除氧设备已成为当务之急。

3. 本文以水温为主，提出了最低有效除氧温度的概念，指出了它是衡量一台既定的真空除氧器性能的重要指标之一，也是指导过热式真空除氧器正常运行的关键参数。

4. 对过热式真空除氧器的启动特性和对水温的适应性能进行了理论分析和试验验证。

5. 在对进水温度、塔温、过热度 and 循环水温进行了理论分析和试验研究的基础上，得到了通过测量进水温度和循环水温来监测出水水质的简单易行的方法，代替了对出水水质的频繁化学分析。

参 考 文 献

- 1 解鲁生. 锅炉水处理及水分析. 第三版, 科学出版社, 1988年6月
- 2 电力工业部生产司. 除氧器及其改造和运行经验第一版, 水利电力出版社, 1979年9月
- 3 [美]埃克特 E R G, 德雷克 R M. 传热与传质分析. 航青译. 第一版, 科学出版社, 1983年6月
- 4 [美]凯纳兹 T M. 水的物理化学处理. 李维音等译. 第一版, 清华大学出版社, 1982年8月
- 5 李锦奎. 节能效果好的真空除氧器. 节能, 1986 (12)
- 6 王贇基. 工业锅炉给水除氧方法的探讨. 工业锅炉, 1987 (2)

- 7 徐秀清等.呼吸式无水箱高位真空除氧器研究.水处理设备技术,1989(1)
- 8 黄晨,赵在三.喷射器在我国热能及动力工程中的应用.动力工程,1988(4)
- 9 霍银坤.氧化还原树脂除氧技术的研究及该种除氧器在工业锅炉上的应用.水处理设备技术,1988(3)
- 10 胡湘韩.液态射流泵设计技术的研究.中国科学A辑,1982(7)
- 11 Strauss S D, Keen S, Puckorius P.Boiler water treatment.Power,1987(6)
- 12 郭兆春.过热式真空除氧技术的理论与试验研究.哈尔滨工业大学硕士学位论文,1990.3

A Theoretical and Experimental Study of Superheat-type Vacuum Deaeration

Chen Chongshu ,Wu Zhaochun, Li Ruiyang, Zhang Decheng

(Harbin Institute of Technology)

Abstract

An overall review of vacuum deaeration method is presented in this paper with its current status being objectively assessed. Some major problems affecting its widespread applications in China have been mentioned. Based on this, the authors have come up with a new idea about the minimal effective temperature of deaeration. All operating parameters, which influence the deaeration effect have been analyzed and verified by a series of tests. Finally, a convenient method for monitoring dissolved oxygen in outlet water was presented which can replace the rather time-consuming and complicated chemical analysis.

Key words: vacuum deaeration, minimal effective temperature of deaeration

简 讯

第一台FT8交付使用

据“Gas Turbine World”1991年1—2月号报道,在经过4年的研制以后,第一台FT8燃气轮机已于1991年1月18日出厂交付用户供联合生产装置使用。涡轮动力和船用(TPM)公司说,它已接到了47台FT8的订货,其中16台将在1991年交货。

在同样的功率等级中,FT8是最有效的简单循环工业燃气轮机。在ISO基本负荷条件下,不包括进排气管损失,FT8基本负荷额定功率为25.95MW,热耗率为9183.8kJ/(kW·h),相当于热效率为39.2%。

(吉桂明 供稿)