

对火电厂循环冷却水浓缩倍率的分析研究

王 荣, 沈炳耘, 刘文超

(内蒙古工业大学 能源与动力工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘 要: 内蒙古某电厂循环冷却水系统实际运行时浓缩倍率只有 1.9, 现对其进行更换药剂试验。进行药剂筛选试验时, 先对两种不同药剂进行静态模拟试验, 确定当两种药剂加药量均为 10 mg/L 时, 阻垢效果最好; 通过动态模拟试验确定 JD-211A 药剂的阻垢缓蚀性能要优于 JD-211B 药剂, 并确定在不加酸时其安全浓缩倍率可达 2.5, 因此使用 JD-211A 药剂可节约大量补充水。最后对更换药剂所产生的经济性进行计算, 验证了提高浓缩倍率每年会为企业带来 124 万多元的经济效益。

关键词: 循环冷却水; 浓缩倍率; 凝汽器

中图分类号: TK224.2 **文献标识码:** A

引 言

火电厂常采用提高循环冷却水浓缩倍率的方法来提高冷却水的利用率, 从而达到节约水资源及减少排污水的目的, 但在运行过程中, 浓缩倍率过高会加剧循环冷却水系统的结垢和腐蚀, 给热力设备的安全运行带来许多问题。因此, 使循环冷却水系统在不发生结垢腐蚀的前提下最大程度地节水, 已成为当前火电厂亟待解决的问题。

1 提高循环冷却水浓缩倍率的实际应用

1.1 浓缩倍率与补充水、排污水的关系

对于装机容量一定的机组, 补水率(补充水量)和排污率(排污水量)与浓缩倍率关系为:

补水率与浓缩倍率的关系:

$$M = \frac{\varphi}{\varphi - 1} (P_1 + P_2) \quad (1)$$

排污率与浓缩倍率的关系:

$$P_3 = \frac{P_1 + P_2}{\varphi - 1} \quad (2)$$

式中: M—补水率, %; φ —浓缩倍率; P_1 、 P_2 、 P_3 —蒸发

损失、风吹损失、排污率, %。

内蒙古某电厂为 2×125 MW 湿冷机组, 循环冷却水系统容积 20 000 m³, 循环水流量: 10 000 t/h, 冷却水取自黄河水。因黄河水水质硬度较高, 循环冷却水采用阻垢缓蚀剂加酸处理, 浓缩倍率一直不高, 年均均为 1.9。如能更换药剂使浓缩倍率提高, 则会有较大的节水潜力。因此针对该厂浓缩倍率不高的现状进行更换药剂试验。首先通过静态模拟试验确定两种药剂的最佳加药量, 再通过动态模拟试验对两种药剂进行筛选, 筛选出针对该水质阻垢缓蚀性能和经济性都较好的一种药剂, 并计算更换药剂提高浓缩倍率后理论上产生的经济效益。

1.2 循环冷却水静态模拟试验及结果

阻垢缓蚀剂型号: JD-211A、JD-211B, 加入量分别为: 0.8、10、16 mg/L。

设备及试剂: 分光光度计、烘箱、水浴锅和电子天平;

试验控制温度: 45±1 °C;

水样: 内蒙古某电厂循环冷却水系统所取水样。

根据结垢判断标准: $\Delta A(\Delta H) = \Phi_{Cl} - \Phi_{JD}$ ($\Phi_{JD} \leq 0.2$) 表示当氯根的浓缩倍率与硬度(硬度)的浓缩倍率之差 ≤ 0.2 时, 系统处于不结垢的亚稳定状态, 反之系统会结垢。通过静态模拟试验可知: 当两种药剂加药量分别为 8、10、16 mg/L 时, 均能满足防止结垢的要求, 但当加药量为 10 mg/L 时, 两种药剂的阻垢效果最好, 因此进行动态模拟试验时 JD-211A、JD-211B 药剂加药量均选 10 mg/L。

表 1 阻垢缓蚀剂指标

药剂标号	固含量 %	总磷 %	正磷 %	亚磷 %	pH 值	唑类 %
JD-211A	40.02	26.60	0	0.004	1.79	1.67
JD-211B	34.07	20.79	0.002	0.02	1.87	2.11

表 2 内蒙古某电厂静态试验水质分析结果

检测项目	生水	0 mg/L		8 mg/L		10 mg/L		16 mg/L	
		JD~211A	JD~211B	JD~211A	JD~211B	JD~211A	JD~211B	JD~211A	JD~211B
Ca ²⁺ /mg·L ⁻¹	3.26	1.60	1.56	3.48	3.50	3.98	4.04	3.42	3.46
Cl ⁻ /mg·L ⁻¹	3.94	4.44	4.50	4.38	4.32	4.88	5.02	4.38	4.42
YD /mmol·L ⁻¹	5.76	4.34	4.30	6.20	6.20	7.16	7.22	6.08	6.02
D /mmol·L ⁻¹	1.52	0.86	0.88	1.70	1.68	1.90	1.92	1.60	1.60
Φ _{Cl⁻}	—	1.13	1.14	1.11	1.10	1.24	1.27	1.11	1.12
ΔA	—	0.564	0.561	0.008	0.005	0.006	0.007	0.057	0.067
ΔH	—	0.376	0.393	0.043	0.024	0.010	0.017	0.054	0.075

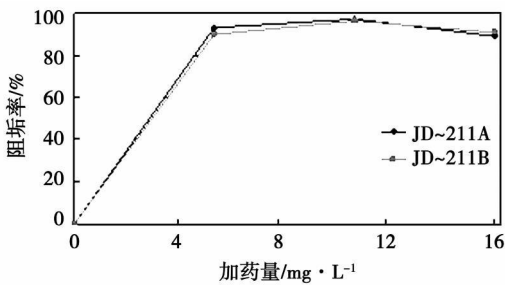


图 1 JD~211A和 JD~211B药剂在不同加药量时的阻垢率

1.3 循环冷却水动态模拟试验及结果

阻垢缓蚀剂型号: JD~211A JD~211B

设备及试剂: 动态模拟试验台、分光光度计、PH计、电子天平、玻璃仪器、电导率仪、悬挂试片、盐酸、硫酸、EDTA硝酸银、邻苯二甲酸氢钾等;

凝汽器管材: TP316L不锈钢管,规格为 φ21×1.0×570(mm);

水样: 内蒙古某电厂循环冷却水系统所取水样。

表 3 使用两种不同药剂时旋挂试片 (TP316L不锈钢) 的腐蚀记录

药剂编号	试片表面积 /cm ²	试片重量 /g		试片失重 /g	腐蚀速率 /mm·a ⁻¹	相关标准 /mm·a ⁻¹	备注
		试验前	试验后				
JD~211A	18.46	13.3204	13.3201	0.0034	0.0003	≤ 0.005	合格
JD~211B	18.32	13.4590	13.4587	0.0037	0.0003	≤ 0.005	合格

通过旋挂试片试验可以看出: 两种药剂在安全浓缩倍率下对试片的腐蚀速率均满足关于换热设备的循环冷却水侧管壁对腐蚀速率的规定, 即凝汽器管不会发生腐蚀。但悬挂试片试验只表示均匀腐蚀而不能表示局部腐蚀的速度。

表 4 安全系数取 0.9 时修正浓缩倍率及试验试管的污垢热阻

	JD~211A	JD~211B
加药量 /mg·L ⁻¹	10	
管材型号	TP316L	
运行时间长度 /h	52	48
试验运行浓缩倍率	2.78	2.75
修正安全浓缩倍率	2.50	2.48
达标污垢热阻 /m ² ·°C·W ⁻¹ (×10 ⁻⁴)	1.64	1.30
实际污垢热阻 /m ² ·°C·W ⁻¹ (×10 ⁻⁴)	1.19	1.20

(1) 由试验可以得出, 该水质在不加酸的情况下, 投加 JD~211A JD~211B阻垢缓蚀剂后其安全浓缩倍率可以达到 2.50或 2.48。当循环冷却水系统在安全浓缩倍率以下运行时, 可以不启动加酸系统, 在安全浓缩倍率以上运行时, 应启动加酸系统。

(2) 两种药剂在试验安全浓缩倍率时, 其污垢热阻都符合污垢热阻的评价标准, 但该水质不宜在大于安全浓缩倍率的情况下长期运行, 如为了应对暂时浓缩倍率超标或欲提高浓缩倍率以便节水, 可设加酸系统。

(3) 虽然在试验阶段内 TP316L管样的腐蚀速率可以达到安全腐蚀速率的规定, 但由于试验与现场条件的异同, 尤其在加酸条件下, 亦不要在太高的浓缩倍率下运行, 否则虽然提高浓缩倍率可以节约一定的补充水, 但可能会导致凝汽器发生结垢或腐蚀。

(4) 由于该水质属易结垢型水质, 循环冷却水的监控工作显得尤为重要, 建立健全循环冷却水加药档案, 并保证循环冷却水加药系统的畅通, 药剂加

入要及时准确。

(5) 建议循环冷却水系统按表 5 的控制标准运行。

表 5 安全系数下循环冷却水的运行控制标准

指 标	标 准		说 明		频 次
	JD~211A	JD~211B	JD~211A	JD~211B	
浓缩倍率 Φ	≤ 2.50	≤ 2.48	如果 $\Phi > 2.50$ 时必须加酸或排污	如果 $\Phi > 2.48$ 时必须加酸或排污	每班一次
氯根 (Cl^-)/ $mg \cdot L^{-1}$	< 1000	< 1000	—	—	每班一次
$\frac{1}{2} Ca^{2+}$ / $mmol \cdot L^{-1}$	≤ 8.50	≤ 8.45	—	—	每班一次
PH	8.00~9.15	8.00~9.20	PH不高于 9.15	PH不高于 9.20	每班一次
总磷 (PO_4^{3-})/ $mg \cdot L^{-1}$	2.5~6.0	2.5~6.0	$\Phi = 2.50$ 时, 总磷应为 4.5~5.5	$\Phi = 2.48$ 时, 总磷应为 4.0~5.0	—
浊度	≤ 20	≤ 20	—	—	每班一次

2 经济性分析

通过动态模拟试验证明, 使用 JD~211A 药剂其安全浓缩倍率可提高到 2.5。现计算当浓缩倍率提高到 2.5 时产生的经济效益。

2.1 补水率与排污率的计算

当浓缩倍率分别为 1.9、2.5 时的补水率为： $M_1 = 2.6125\%$, $M_2 = 2.0625\%$ ；

提高浓缩倍率后减少的补水率为： $\Delta M = 0.55\%$ ；

该电厂的平均蒸发率 $P_1 = 0.17 \Delta t \times = 1.2325$ ，其中 Δt 为循环水进出口温差； \times 为一年四季的平均值, 取 0.75。风吹损失率取 $P_2 = 0.005$ 。大型双曲线型冷却塔按经验值 0.5 取；

当浓缩倍率分别为 1.9、2.5 时的排污率为： $P'_3 = 1.375\%$, $P'_3 = 0.85\%$ ；

则提高浓缩倍率后减少的排污率为： $\Delta P_2 = 0.525\%$ 。

2.2 更换药剂后节水、减排量的计算

浓缩倍率由 1.9 提高到 2.5 一天节约的补充水量为： $1000 \times 0.55\% \times 24 = 1320 \text{ t/d}$ 。一天减少的排污量为： $10000 \times 0.525\% \times 24 = 1260 \text{ t/d}$ 。

2.3 更换药剂产生的经济效益的计算

现该电厂的补充水(自来水)的价格 3.3 元/t。在补充水上所产生的经济效益为： $1260 \times 3.3 = 4158 \text{ 元/d}$ 。

新药剂的价格与电厂所用旧药剂的价格基本

相同, 所以计算时忽略药剂部分的价格差异。目前, 火电厂循环冷却水的排污水大多经过处理后作绿化、生活用水或排放掉, 所以减少排污水产生的经济效益可忽略不计, 则更换药剂所产生的经济效益主要体现为节约的补充水所产生的经济效益。

考虑到去年该厂机组停机检修等情况, 实际运行 300 天左右, 按此数计算, 则更换药剂后浓缩倍率从 1.9 提高到 2.5 一年可产生的经济效益大约为： $4158 \times 300 = 1247400 \text{ 元}$ 。

综上所述, 通过更换新药剂将电厂的浓缩倍率从 1.9 提高到 2.5 仅减少的补充水部分就能为电厂每年带来大约 124.74 万元的经济效益。因此, 选择高效的阻垢缓蚀剂提高循环冷却水系统运行时的浓缩倍率, 能为火电厂带来巨大的经济效益。

3 结 论

内蒙古某电厂循环冷却水系统实际运行时浓缩倍率不高, 年均只有 1.9 需要消耗大量水资源。研究提出应更换新药剂以提高浓缩倍率, 并进行了新药剂的筛选试验。进行药剂筛选试验时, 先对两种不同药剂进行静态模拟试验, 确定了当其加药量均为 10 mg/L 时, 阻垢效果较好; 采用动态模拟实验得出 JD~211A 药剂的阻垢缓蚀性能要优于 JD~211B 药剂, 并确定其在不加酸时安全浓缩倍率可达 2.5 比 1.9 有较大提高, 节水效果明显。最后对采用 JD~211A 药剂提高浓缩倍率所产生的经济性进行了计算, 验证了使用新药剂会为该厂每年带

来 124 万多元的经济效益, 同时节约宝贵水资源、减少污水的排放还能为社会带来巨大的环境效益。

参考文献:

- [1] 刘崇明, 梁秀文. 采用新技术提高循环冷却水浓缩倍率[J]. 工业技术, 2004, 16(3): 22—27
[2] 刘冬梅, 贾书庆. 高浓缩倍率循环冷却水处理技术的研究

- [J]. 山西能源与节能, 2005, 4(11): 33—34
[3] 张广文. 国华电力公司部分所属电厂循环冷却水处理现状和改进的研究[J]. 热力发电, 2008, 37(4): 88—90
[4] 夏银辉, 季淑滢. 热电厂循环冷却水高浓缩倍数运行方案的试验研究[J]. 净水技术, 2008, 27(3): 28—30

(编辑 辉)

宜兴市东山新型材料有限公司

公司为国内电力行业提供关键部位特种材料:

- (1) 热变换器, 水冷壁管, 耐磨涂料。该产品具有附着力高、耐磨、施工方便及价格便宜等优点。
- (2) 烟卤内壁贴片及特种塑性粘合剂, 其耐高温、耐磨、塑性、抗机械冲击好。
- (3) 热风管和煤粉输送管道用陶瓷贴片及粘合剂, 刚玉质贴片, 机械强度高, 耐磨。
- (4) 喷煤口用特种碳化硅陶瓷, 抗亚音速低频振动, 耐磨耐高温; 具有塑性的碳化硅质改性喷口材料。
- (5) 脱硫装置用碳化硅器件, 也可生产具塑性碳化硅材料。
- (6) 流化床用耐磨浇注料, 烧成刚玉制品, 轻质保温浇注料, 轻质烧成制品。
- (7) 普通烟卤耐酸胶泥, 微膨胀可塑料。

东山公司是一个科技创新为立厂根本的开拓型企业, 具有一定的自主创新能力, 能为企业量身定做各类产品。欢迎用户提出各种特殊要求, 替代进口, 共同开发, 合作创新。公司可以提供 200 多种无机材料, 耐火材料, 保温材料供电力材料行业采用。

厂址: 江苏省宜兴市大浦镇工业区

电话: 0510—87457988(传真) 87457669 13906152806 13812208664

E-mail: Wel@188x.com 网址: //www.188x.com

开户: 工行东山办 帐号: 1103028909000039117

邮编: 214226

136300) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010 25(4). — 399 ~ 401

A combustion test was performed of a gas production slag and an anthracite mixed fuel by using a high temperature trace thermal scale TG (thermogravimetric) and DTG (derivative thermogravimetric) curves at different mixing ratios of the gas production slag and anthracite were obtained and the influence of different mixing ratios on the mixed combustion of the gas production slag and anthracite was analyzed with the ignition temperatures and combustion characteristic indexes of the combustion of the mixed fuel being acquired. The research results show that the combustion characteristic indexes of the mixed combustion of the mixed fuel will first decrease, then increase and finally decrease with an increase of the slag/coal ratio. When the slag/coal ratio is 4:6, the combustion characteristic index will reach its maximal value. When the slag/coal ratio is 5:5, the combustion characteristic index will be only inferior to that of the slag/coal ratio being 4:6. When the slag and coal are not mixed and diluted, the combustion characteristic index will be very small. When the slag and coal are mixed and diluted, the combustion characteristic index will be much greater. Key words: coal gas production slag, thermogravimetric analysis, combustion, loss on ignition

对火电厂循环冷却水浓缩倍率的分析研究 = Analysis and Study of the Concentration Rate of the Circulating Cooling Water in a Thermal Power Plant [刊, 汉] / WANG Rong, SHEN Bing-yun, LU Wen-chao (College of Energy Source and Power Engineering, Inner Mongolia Polytechnic University, Hohhot, China, Post Code: 010051) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010 25(4). — 402 ~ 405

When the circulating cooling water system of a thermal power plant in Inner Mongolia was in actual operation, its concentration rate would be only 1.9. As a result, a chemical agent replacement test was performed. When a chemical agent sifting test was being performed, a static simulation test was first performed of two kinds of chemical agent. It has been determined that when the dosages of the two chemical agents are 10 mg/L, the fouling resistance effectiveness will attain its best. Through a dynamic simulation test, it has been verified that the fouling resistance etching-rewarding performance of JD-211A chemical agent is superior to that of JD-211B chemical agent. When no acid is added, the safe concentration rate can reach 2.5. Therefore, to use JD-211A chemical agent can save a huge amount of makeup water. Finally, the cost effectiveness by replacing the chemical agent was calculated. It has been verified that to enhance the concentration rate can bring about an economic benefit of more than RMB 1.24 million Yuan each year to an enterprise. Key words: circulating and cooling water, concentration rate, steam condenser

四角切圆煤粉锅炉燃烧工况评判方法研究 = Study of Methods for Evaluating and Judging the Combustion Conditions of a Tangentially Corner-fired Boiler [刊, 汉] / LI Jun, YAN Wei-ping (Education Ministry Key Laboratory on Power Plant Equipment Condition Monitoring and Control, North China University of Electric Power, Baoding, China, Post Code: 071003), LI Chun (Dispatchment Station, Xinzhou Power Supply Company, Xinzhou, China, Post Code: 036000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power — 2010 25(4). — 406 ~ 409

In the light of the actual situation that the currently available methods for evaluating and judging the combustion conditions of a boiler are insufficient and in combination with the actual operating conditions of a 300 MW tangentially corner-fired pulverized coal boiler, a main component analytic method was used to extract correlative factors after a relatively strong correlation has been confirmed being present among various influencing factors. Subsequently, the factors were weighted as per their mean square deviation contribution rates and added up to calculate the scores. Factor variables were used to replace the original variables for evaluating the magnitudes of the roles played by various influencing factors. The comprehensive evaluation results thus obtained can correctly reflect the actual