

火电厂用反渗透阻垢剂性能评价试验导则

1 范围

本标准规定了火电厂用反渗透阻垢剂抑制碳酸钙垢性能的测定方法。
本标准适用于火电厂用反渗透阻垢剂性能的评价。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 6904 工业循环冷却水及锅炉用水中 pH 的测定

GB/T 6908 锅炉用水和冷却水分析方法 电导率的测定

3 方法提要

配制含有一定量钙离子和相同剂量不同阻垢剂的试液，向试液中滴加碳酸氢盐或碳酸盐溶液，使碳酸钙过饱和度不断增加，直至形成碳酸钙。通过测定溶液的 pH 值或电导率值判断碳酸钙沉淀析出的终点，计算碳酸钙的过饱和度值。

当反渗透进水 pH 值不大于 8.30 时，应根据 pH 值法进行试验；当反渗透进水 pH 值大于 8.30 时，应根据电导率法进行试验。

4 试验仪器

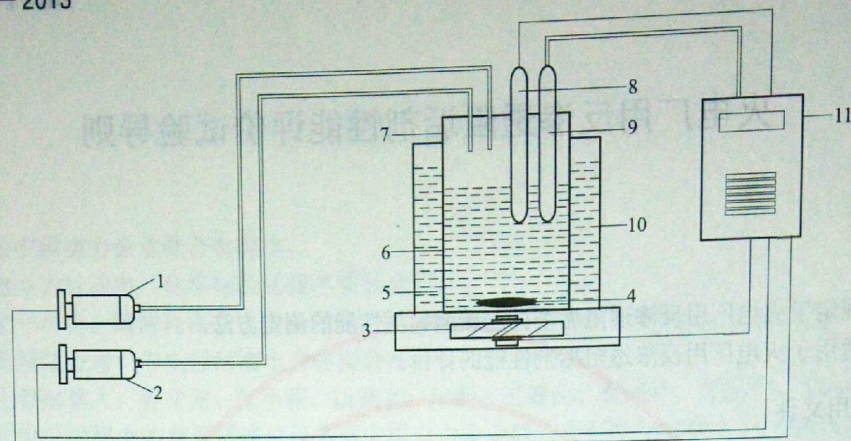
- 4.1 pH 表，应满足 GB/T 6904 规定的测量要求，精度为 0.01。
- 4.2 电导率仪，应满足 GB/T 6908 规定的测量要求，精度为 $1\mu\text{S}/\text{cm}$ 。
- 4.3 天平，精度为 0.1mg。
- 4.4 秒表。
- 4.5 恒温水浴，温差控制为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。
- 4.6 搅拌装置。

5 反渗透阻垢剂性能评价试验装置

5.1 试验装置见图 1。

5.2 试验装置的组成和功能应符合下列要求：

- a) 加药单元。加药量可根据试验要求进行调节，进样体积为 0.2mL~2mL。宜采用柱塞泵实现加药量的控制和调节。
- b) 恒温水浴单元。温度测量精度为 0.1°C ，温差控制在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 范围内，可以采用水浴方式，采用电磁搅拌实现溶液的可调速搅拌。
- c) 测量单元。测量单元应包括 pH 值测量单元和电导率测量单元两部分。pH 电极的测量精度应为 0.01，并有温度补偿功能；电导率电极的测量精度应为 $1\mu\text{S}/\text{cm}$ ，并有温度补偿功能。
- d) 数据采集与处理单元。可实现数据采集与处理、显示、输出、判断试验终点、过饱和度值计算等功能。



1、2—注射泵；3—电磁搅拌机；4—磁力搅拌子；5—水浴加热恒温液；6—检测液；7—检测杯（200mL）；
8—温度传感器；9—pH表或电导率传感器；10—水浴加热容器；11—数据采集与处理单元

图1 反渗透阻垢剂性能评价试验装置示意图

6 试剂配制

6.1 氯化钙溶液 $c(\text{CaCl}_2) = 0.009\text{mol/L}$ ：称取 0.999g CaCl_2 （分析纯），用符合 GB/T 6682 规定的二级试剂水溶解并定容至 1000mL 。

6.2 氯化钙溶液 $c(\text{CaCl}_2) = 0.003\text{mol/L}$ ：称取 0.333g CaCl_2 （分析纯），用符合 GB/T 6682 规定的二级试剂水溶解并定容至 1000mL 。

6.3 碳酸氢钠溶液 $c(\text{NaHCO}_3) = 0.30\text{mol/L}$ ：称取 12.60g NaHCO_3 （分析纯），用符合 GB/T 6682 规定的二级试剂水溶解并定容至 500mL 。

6.4 碳酸钠溶液 $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.10\text{mol/L}$ ：称取 5.30g Na_2CO_3 （分析纯），用符合 GB/T 6682 规定的二级试剂水溶解并定容至 500mL 。

6.5 阻垢剂的配制：称取 1g 阻垢剂，用符合 GB/T 6682 规定的二级试剂水溶解并定容至 1000mL ，配制浓度为 1mg/mL 。

7 试验步骤

7.1 pH 值法

7.1.1 取 CaCl_2 (0.009mol/L) 溶液和一定浓度的阻垢剂共 150mL ，置于检测杯中，加盖密封，隔绝空气。

7.1.2 在 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 条件下，固定电磁搅拌速度，每次滴加 NaHCO_3 (0.30mol/L) 2mL ，每隔 2min 读取溶液的 pH 值。

7.1.3 重复步骤 7.1.2，直至 pH 值降低，碳酸钙沉淀析出，试验结束。记录沉淀析出前溶液的 pH 值，即最高 pH 值，记为 pH_0 。记录累积消耗的 NaHCO_3 溶液体积 V_1 。

7.1.4 其他条件不变，用不同阻垢剂或不同剂量的阻垢剂，重复步骤 7.1.1 和 7.1.3。

7.2 电导率法

7.2.1 取 CaCl_2 (0.003mol/L) 溶液和一定浓度的阻垢剂共 100mL ，置于检测杯中，加盖密封，隔绝空气。

7.2.2 在 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 条件下，固定电磁搅拌速度，每次滴加 Na_2CO_3 (0.10mol/L) 0.2mL ，每隔 2min 读取溶液的电导率值。

7.2.3 重复步骤 7.2.2，直至电导率降低，碳酸钙沉淀析出，试验结束。记录沉淀析出之前累积消耗的 Na_2CO_3 溶液体积 V_4 。

7.2.4 其他条件不变,用不同阻垢剂或不同剂量阻垢剂,重复步骤 7.2.1 和 7.2.3。

注 1: 由于各种阻垢剂性能不同,本标准给出的试液浓度是参考值,可以满足一般试验要求。也可以根据实际情况,适当调整各试液浓度。

注 2: 由于各种阻垢剂性能不同,试验最终加入的 NaHCO_3 或 Na_2CO_3 体积不同,可以计算阻垢剂的实际加入量。

8 结果计算

8.1 pH 值评定方法的结果计算

试验结果以碳酸钙的过饱和度 S 表示。计算见式 (1)~式 (4):

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{C_1 V_1}{V} \quad (1)$$

$$C_{\text{HCO}_3^-} = \frac{C_2 V_2}{V} \quad (2)$$

$$C_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{K_2 C_{\text{HCO}_3^-}}{C_{\text{H}^+}} = \frac{K_2 C_{\text{HCO}_3^-}}{10^{-\text{pH}_c}} \quad (3)$$

$$S = \frac{C_{\text{Ca}^{2+}} C_{\text{CO}_3^{2-}}}{K_{\text{sp}}} \quad (4)$$

式中:

$C_{\text{Ca}^{2+}}$ 、 $C_{\text{HCO}_3^-}$ 、 $C_{\text{CO}_3^{2-}}$ 、 C_{H^+} ——pH 值降低之前溶液中钙离子、碳酸氢根离子、碳酸根离子、氢离子浓度, mol/L;

C_1 、 C_2 ——配制的 CaCl_2 和 NaHCO_3 的试剂浓度, $C_1=0.009\text{mol/L}$, $C_2=0.30\text{mol/L}$;

V_1 ——试验前加入的 CaCl_2 体积, $V_1=150\text{mL}$;

V_2 ——pH 值降低之前加入碳酸氢钠的总体积, mL;

pH_c ——溶液最大 pH 值;

K_2 ——碳酸的二级电离平衡常数, 25℃时, $K_2=10^{-10.33}$;

K_{sp} ——碳酸钙的溶度积常数, 25℃时, $K_{\text{sp}}=4.8 \times 10^{-9}$ 。

8.2 电导率评定方法的结果计算

试验结果以碳酸钙的过饱和度 S 表示。计算见式 (5) 和式 (6):

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{C_3 V_3}{V_3 + V_4} \quad (5)$$

$$C_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{C_4 V_4}{V_3 + V_4} \quad (6)$$

式中:

C_3 、 C_4 ——配制的 CaCl_2 和 Na_2CO_3 的试剂浓度, $C_3=0.003\text{mol/L}$, $C_4=0.1\text{mol/L}$;

V_3 ——试验前加入的 CaCl_2 体积, $V_3=100\text{mL}$;

V_4 ——电导率降低之前加入碳酸钠的总体积, mL。

过饱和度 S 按式 (4) 计算。

碳酸钙过饱和度计算实例见附录 A。

9 评定原则

以碳酸钙的过饱和度值 S 作为判断依据, 选择几种拟采用的阻垢剂按上述方法进行试验, 计算其 S 值并按 S 值大小排序, S 值越大, 阻垢剂抑制碳酸钙垢的性能越好。

附录 A

(资料性附录)

碳酸钙过饱和度计算实例

A.1 pH 值法

以加入某种阻垢剂为例。

取 CaCl_2 溶液 (0.009mol/L) 和一定剂量的阻垢剂, 共 150mL , 每次滴加 NaHCO_3 (0.30mol/L) 2mL , 每隔 2min 读取溶液的 pH 值, 直至 pH 值降低。

溶液 pH 值的变化趋势图如图 A.1 所示。pH 值降低 (沉淀生成) 之前 NaHCO_3 的累积体积为 24mL , $\text{pH}_c=8.11$ 。

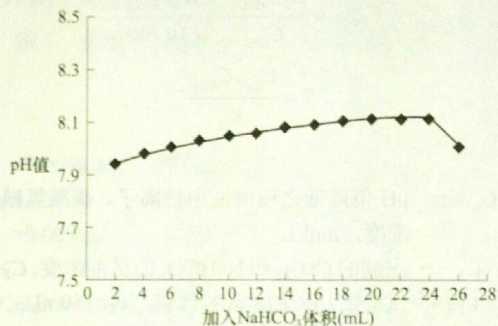


图 A.1 溶液 pH 值变化趋势图

过饱和度 S 的计算过程如下:

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{C_1 V_1}{V} = \frac{0.009 \times 150}{150 + 24} = 0.0078 \text{ (mol/L)}$$

$$C_{\text{HCO}_3^-} = \frac{C_2 V_2}{V} = \frac{0.3 \times 24}{150 + 24} = 0.041 \text{ (mol/L)}$$

$$C_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{K_2 C_{\text{HCO}_3^-}}{C_{\text{H}^+}} = \frac{4.69 \times 10^{-11} \times 0.041}{10^{-8.11}} = 2.48 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

$$S = \frac{C_{\text{Ca}^{2+}} C_{\text{CO}_3^{2-}}}{K_{\text{sp}}} = \frac{0.0078 \times 2.48 \times 10^{-4}}{4.8 \times 10^{-9}} = 403$$

A.2 电导率法

以加入某种阻垢剂为例。

取 CaCl_2 溶液 (0.003mol/L) 和一定剂量的阻垢剂共 100mL , 每次滴加 Na_2CO_3 (0.1mol/L) 0.2mL , 每隔 2min 读取溶液的电导率值, 直至电导率降低。

电导率的变化趋势图如图 A.2 所示。电导率降低 (沉淀生成) 之前 Na_2CO_3 的累积体积为 5.2mL 。

过饱和度 S 的计算过程如下:

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{C_3 V_3}{V} = \frac{0.003 \times 100}{100 + 5.2} = 2.85 \times 10^{-3} \text{ (mol/L)}$$

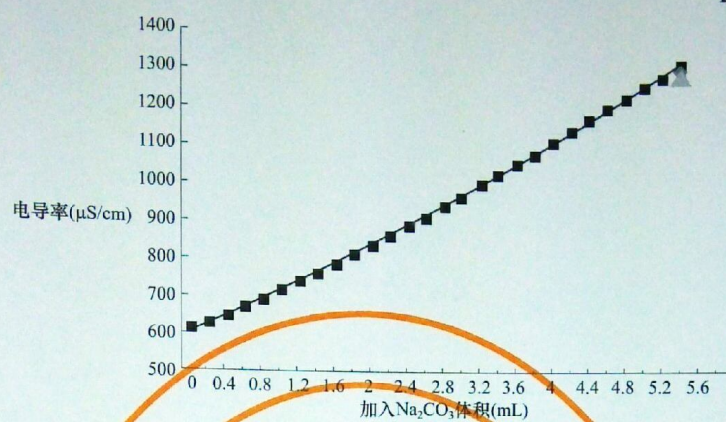


图 A.2 溶液电导率变化趋势图

$$C_{\text{CO}_3^{2-}} = \frac{C_4 V_4}{V} = \frac{0.1 \times 5.2}{100 + 5.2} = 4.94 \times 10^{-3} \text{ (mol/L)}$$

$$S = \frac{C_{\text{Ca}^{2+}} C_{\text{CO}_3^{2-}}}{K_{\text{sp}}} = \frac{2.85 \times 10^{-3} \times 4.94 \times 10^{-3}}{4.8 \times 10^{-9}} = 2933$$