

ICS 13.020  
CCS Z 00

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM XXXX—2023

# 煤矿矿井水深度回用系统反渗透阻垢剂性能评价试验方法

Performance evaluation evaluation and test method of scale inhibitor for coal mine  
waste water advanced reuse system

(征求意见稿)

2023-11-24 发

2023-11-25 实施

中关村绿色矿山产业联盟

发布

# 目 次

1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
3.1 反渗透 .....	1
3.2 反渗透膜 .....	1
3.3 反渗透阻垢剂 .....	1
3.4 结垢离子 .....	1
3.5 回收率 .....	2
3.6 脱盐率 .....	2
3.7 全循环模式 .....	2
3.8 循环周期 .....	2
4 试剂 .....	2
4.1 一般要求 .....	2
5 试验方法 .....	2
5.1 静态试验 .....	2
5.2 动态试验 .....	3
附 录 A .....	5
(资料性) .....	5
煤矿矿井水深度回用系统反渗透阻垢剂动态阻垢性能测试装置 .....	5
附 录 B .....	6
(资料性) .....	6
原水水质分析记录表示例 .....	6
附 录 C .....	7
(资料性) .....	7
试验记录表格示例 .....	7

# 前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：国能朗新明环保科技有限公司 金瓷科技实业发展有限公司

本文件主要起草人：洪宇 马琴 沈彦芹

## 1 范围

本文件规定了煤矿矿井水深度回用系统反渗透阻垢剂性能评价试验方法的试剂和试验方法等。

本文件适用于煤矿矿井水深度回用系统反渗透阻垢剂性能评价试验方法。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 6911 工业循环冷却水和锅炉用水中硫酸盐的测定

GB T 6913.4-1993 锅炉用水和冷却水分析方法 磷酸盐的测定标准

GB/T 14427 锅炉用水和冷却水分析方法铁的测定

GB/T 15452 工业循环冷却水中钙、镁离子的测定 EDTA 滴定法

GB/T 15453 工业循环冷却水和锅炉用水中氯离子的测定

GB/T 15456 工业循环冷却水中化学需氧量（COD）的测定高锰酸盐指数法

GB/T 19249 反渗透水处理设备

GB/T 23954 反渗透系统膜元件清洗技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 反渗透

在膜的原水溶液一侧施加比溶液渗透压高的外界压力，只允许溶液中水和某些组分选择性透过，其他物质不能透过被截留在膜表面的过程。

### 3.2 反渗透膜

用特定高分子材料制成的，在外加压力作用下使水溶液中的水和某些组分选择性透过，具有选择性半透性能的薄膜。

### 3.3 反渗透阻垢剂

防止反渗透膜浓水侧结垢和（或）污堵的化学药剂。

### 3.4 结垢离子

经反渗透浓缩容易形成结垢物质的离子。

### 3.5 回收率

反渗透装置产水量与给水量之比。

### 3.6 脱盐率

反渗透膜除盐效率。

### 3.7 全循环模式

膜组件的浓水和产水全部回流至循环水箱的运行方式。

### 3.8 循环周期

在全循环模式运行条件下，膜元件的浓水和产水全部回流至原水罐，并稳定运行一定时间。

## 4 试剂

### 4.1 一般要求

4.1.1 试验用水宜符合反渗透装置进水条件，进水水质应符合表1 的规定。

表1 反渗透装置进水水质

浊度 (NTU)	SDI <sub>15</sub>	余氯 (mg/L)	总铁 (mg/L)	pH
<1	<3	<0.1	<0.1	3-9

4.1.2 除另有规定外，试验中的标准溶液、制剂及制品，应使用分析纯试剂，且应符合 GB/T 6682中三级及以上水的规定。

4.1.3 无法用现场原水试验时，应根据现场原水水质分析配置。

## 5 试验方法

### 5.1 静态试验

#### 5.1.1 阻CaCO<sub>3</sub>垢性能评定

采用静态浓缩法评定阻CaCO<sub>3</sub>性能时，应按下列步骤执行：

- 以现场原水或配置水为实验水，加入选定的阻垢剂，于80℃恒温水浴内蒸发浓缩到4倍；
- 取样分析水中剩余钙离子浓度，同时应做空白试验；
- 阻垢率应按（1）式计算：

$$\text{阻垢率} = [(C_2 - C_0) / (C_1 - C_0)] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

C<sub>2</sub>—加入阻垢剂后蒸发浓缩到4倍的钙离子稳定浓度mg/L；

C<sub>0</sub>—空白试验蒸发浓缩后钙离子的浓度mg/L；

C<sub>1</sub>—水中钙离子含量mg/L。

#### 5.1.2 阻CaSO<sub>4</sub>垢性能评定

- a) 应采用静态非浓缩实验法，以分析纯无水氯化钙和硫酸钠为试剂，用去离子水配制成实验水样， $\text{Ca}^{2+}$  (以 $\text{CaCO}_3$ 计) 应为6800mg/L,  $\text{SO}_4^{2-}$  (以 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 计) 应为7100mg/L, pH应为6.5;
- b) 加入阻垢剂，于80℃恒温水浴中放置16h，取样分析水中剩余钙离子的浓度，同时应做空白试验；
- c) 阻垢率应按（2）式计算：

$$\text{阻垢率} = [(C_2 - C_0) / (C_1 - C_0)] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $C_2$ -加入阻垢剂时加热后溶液中的钙离子含量mg/L；
- $C_0$ -不加阻垢剂时加热后溶液中钙离子含量mg/L；
- $C_1$ -不加阻垢剂和不加热时实验的钙离子含量mg/L。

### 5.1.3 分散氧化铁的性能评定

- a) 以分析纯无水氯化钙和硫酸亚铁铵为试剂，用去离子水配制成下列实验水样：
- 1)  $\text{Ca}^{2+}$  (以 $\text{CaCO}_3$ 计) 应为150mg/L；
  - 2)  $\text{Fe}^{2+}$  应为10mg/L；
  - 3) 用四硼酸钠调节的溶液pH应为9；
- b) 经强烈搅拌15min后，于50℃的恒温水浴中放置5h，冷却至室温后取上层溶液，用分光光度计在450nm下测定透光率T。

### 5.1.4 生物降解性测定

采用微生物摇床实验法测定，应按下列步骤执行：

- a) 在锥形瓶中加入浓度为20mg/L的阻垢剂营养液500mL；
- b) 加入接种物1.0mL，在20℃的室温环境下，置于摇床上震荡；
- c) 在实验开始的第1d、7d、14d、21d、28d分别测定样品的COD；
- d) 样品降解率应按（3）式计算：

$$\text{降解率} = [1 - (C_t - C_{bt}) / (C_0 - C_{b0})] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $C_0$ -受试物的接种反应液中实测的COD初始浓度平均值mg/L；
- $C_t$ -t时刻含有受试物的接种反应液中实测的COD浓度平均值mg/L；
- $C_{bt}$ -时刻空白对照中实测的COD浓度平均值mg/L；
- $C_{b0}$ -空白对照中实测的COD初始浓度平均值mg/L。

## 5.2 动态试验

### 5.2.1 试验方法

- a) 在小型反渗透装置中，在相同试验环境条件下，取现场反渗透进水或配置成接近现场反渗透进水水质以周期性浓缩全循环模式运行评价阻垢剂性能。
- b) 实验装置如图A.1所示，采用连续式-分段式RO装置，原水罐水泵将配置的现场反渗透进水从原水罐中抽至保安过滤器，去除大于5um的颗粒，再由高压泵进入膜元件，再循环至原水罐。原水罐体积为500L，

设定装置系统固有回收率为75%。

c) 在原水罐中配置现场反渗透进水后，先以全循环模式运行1小时后，排出部分产水，使原水中各离子相应提高，进入第二个循环周期，再以全循环运行1小时，再进入下一个循环周期，不断重复这种循环，直至出现结垢。

d) 每一周期开始前及结束后，取样测定原水罐及RO装置中浓水侧中的 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 的浓度及pH。

## 5.2.2 试验数据处理

5.2.2.1 回收率计算应按公式（4）计算：

$$y = \frac{Q_{P,i}}{Q_{F,i}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

y —系统回收率，%；

$Q_{P,i}$ —第i循环周期内系统产水流量，单位为升每分（L/min）；

$Q_{F,i}$ —第i循环周期内系统进水流量，单位为升每分（L/min）。

5.2.2.2 氯离子和钙离子浓缩倍数应分别按公式（5）和公式（6）计算：

$$K_{Cl,i} = \frac{C_{Cl,i}}{C_{Cl,0}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$K_{Ca,i} = \frac{C_{Ca,i}}{C_{Ca,0}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$K_{Cl,i}$  —第i循环周期氯离子浓缩倍数；

$K_{Ca,i}$  —第i循环周期钙离子浓缩倍数；

$C_{Cl,0}$  —进水原水罐初始给水中氯离子的浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

$C_{Cl,i}$  —第i循环周期原水罐的给水中的氯离子的浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

$C_{Ca,0}$  —进水原水罐初始给水中钙离子的浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

$C_{Ca,i}$  —第i循环周期原水罐的给水中的钙离子的浓度，单位为毫克每升（mg/L）。

## 5.2.3 评定原则

a) 达到装置设定的固有回收率运行一段时间，分析达到该回收率下膜结垢情况以及阻垢剂用量，通过比较回收率和固定时间内平均结垢速率评价阻垢剂性能。

b) 以反渗透装置（图A.1）循环水箱中氯离子浓缩倍数及钙离子浓缩倍数为纵坐标，循环周期数为横坐标。

c) 阻垢性能结果曲线图见图 C.3。

## 附录 A

(资料性)

### 煤矿矿井水深度回用系统反渗透阻垢剂动态阻垢性能测试装置

A.1 试验装置组成见图 A.1。

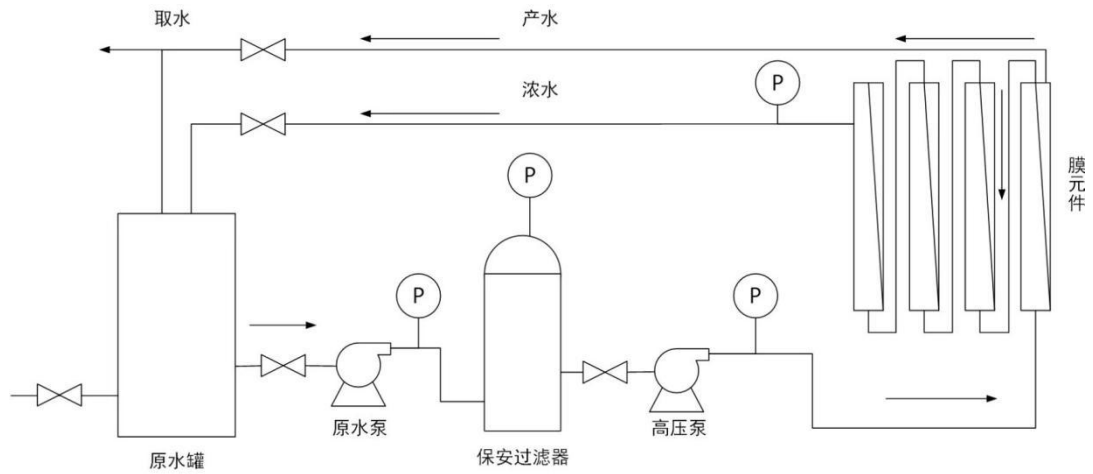


图 A.1 试验装置组成图



## 附录 B

(资料性)

### 原水水质分析记录表示例

B.1 原水水质分析记录表见表 B.1。

表 B.1 原水水质分析记录表

室 温：     ℃

水样温度：     ℃

取样地点：

取样时间：     年     月     日     时

外 观：

分析时间：     年     月     日     时

项目	单位	检测结果	项目	单位	检测结果
pH	—		氯 ( $\text{Cl}^-$ )	mg/L	
电导率	$\mu\text{S}/\text{cm}$		钙 ( $\text{Ca}^{2+}$ )	mg/L	
浊度	NTU		镁 ( $\text{Mg}^{2+}$ )	mg/L	
盐度	—		$\text{HCO}_3^-$	mg/L	
悬浮物	mg/L		$\text{SO}_4^{2-}$	mg/L	
甲基橙碱度	mg/L		总氮 (以 N 计)	mg/L	
酚酞碱度	mg/L		硫化物 (以 S 计)	mg/L	
溶解性固体	g/L		总磷	mg/L	
COD	mg/L		总铁	mg/L	
$\text{BOD}_5$	mg/L		SDI (15min)	—	

附 录 C

(资料性)

试验记录表格示例

C.1 系统运行参数原始记录表见表 C.1

表C.1 系统运行参数原始记录表

日期：      年      月      日

循环 周期 $i$	产水 排放 体积 /L	回收 率/%	压力/MPa			电导/ ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )			流量/ (L/min)		
			进水 $P_{F,i}$	浓水 $P_{C,i}$	产水 $P_{P,i}$	进水 $EC_{F,i}$	浓水 $EC_{C,i}$	产水 $EC_{P,i}$	进水 $Q_{F,i}$	浓水 $Q_{C,i}$	产水 $Q_{P,i}$

C.2 检测记录见表 C.2。

表C.2 检测记录表

日期：      年      月      日

循环周期 $i$	原水罐内离子浓度/ (mg/L)		氯离子浓缩倍数 $K_{CL,i}$	钙离子浓缩倍数 $K_{Ca,i}$
	氯离子 $C_{CL,i}$	钙离子 $C_{Ca,i}$		

C.3 钙离子和氯离子浓缩倍数与周期数关系曲线示意图见图 C.3。

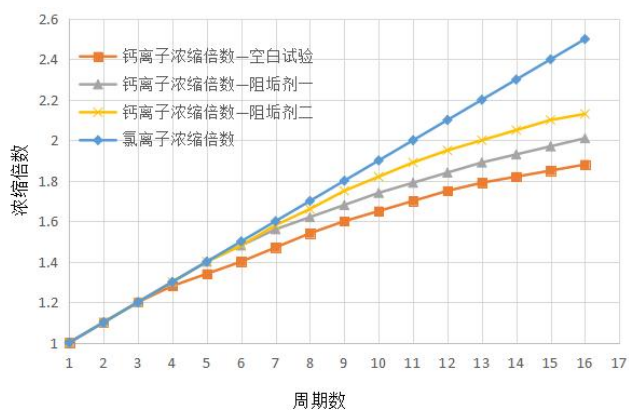


图 C.3 钙离子和氯离子浓缩倍数与周期数关系曲线