

# 电渗析技术处理氧化铝厂碱性废水实验研究

徐洁<sup>1</sup> 康长安<sup>1</sup> 辛朝<sup>2</sup>

(1.江西省环境监测中心站 南昌 330029; 2.萍乡市环境监测站 江西萍乡 337000)

**摘要** 利用电渗析装置,分别对氧化铝厂废水进行了脱盐、浓缩性能的试验,测定了不同体系经过电渗析过程后所能达到的最高浓缩浓度,并利用实验数据计算脱盐率等参数,通过一系列图表对实验现象进行分析,进而从技术角度探讨该法的可行性。

**关键词** 电渗析 膜分离 废水处理 氧化铝厂 赤泥

## The Study of the Treatment for Alumina Alkaline Wastewater by Electrodialysis

XU Jie<sup>1</sup> KANG Chang'an<sup>1</sup> XIN Zhao<sup>2</sup>

(1. Jiangxi Environmental Monitoring Center Nanchang 330029)

**Abstract** The paper mainly studies the desalination and concentration properties of alumina wastewater and its mixtures and measures its highest mass concentration obtained after it is treated by electrodialysis. Based on the experimental data, some parameters are calculated, such as desalination efficiency, etc.

**Key Words** electrodialysis membrane separation wastewater treatment alumina plant red mud

### 0 引言

目前国内外氧化铝厂大都将赤泥运往堆场,筑坝湿法堆存,且靠自然沉降分离对溶液返回再用;该法易使大量废碱液渗透到附近农田,造成土壤碱化、沼泽化,污染地表地下水。还有的将赤泥干燥脱水 and 蒸发后干法堆存。这两种堆存方法不但占用大量的土地,还使赤泥中的许多可利用成分不能得到合理利用,造成资源的二次浪费。随着社会对环境保护工作的重视,特别是近年来国家提倡节约型社会的政策,迫切要求氧化铝工业实现无害化排放或零排放。

电渗析是一项能有效处理工业废水、适用一些特殊化工过程的膜分离技术。其应用范围正在不断扩大,并已逐渐发展成为一种新型的单元操作<sup>[1]</sup>。在膜分离技术领域里,随着对离子交换膜和传统电渗析装置的不断革新和改进,电渗析技术进入一个新的发展阶段。

### 1 电渗析技术

#### 1.1 概述

电渗析技术研究始于20世纪初的德国,直至20世纪50年代离子交换膜的制造进入工业化生产后,电渗析技术才进入实用阶段。该技术经历了三大革新:①具有选择透过性离子交换膜的应用<sup>[2]</sup>;②设计出许多层电渗析组件<sup>[3]</sup>;③采用倒换极的操作方式。电渗析技术最早成功运用的是海水及苦咸水的淡化,几十年来应用领域逐步扩大,它以许多出色的应用实例证实了其技术上的先进性以及其他方法所无法比拟的若干优点。

#### 1.2 电渗析工作原理

电渗析器的主要部件为阴、阳离子交换膜、隔板和电极三部分。隔板构成的隔室为液流经过的通道。淡水经过的隔室为脱盐室,浓水经过的隔室为浓缩室。把阴、阳离子交换膜与浓、淡水隔板交替排列。重复叠加,再加上一对端电

极,就构成了一台实用电渗析器。

如图1所示,若电渗析器各系统进液都为NaBr溶液,在通电情况下,淡水隔室中的Na<sup>+</sup>向阴极方向迁移,Br<sup>-</sup>就分别透过阳离子交换膜CM与阴离子交换膜AM迁移到相邻的隔室中去。这样淡水隔室中的NaBr浓度便逐渐降低。相邻隔室,浓水隔室中的NaBr浓度相应逐渐提高,从电渗析器中就能源源不断地流出淡化液与浓缩液。

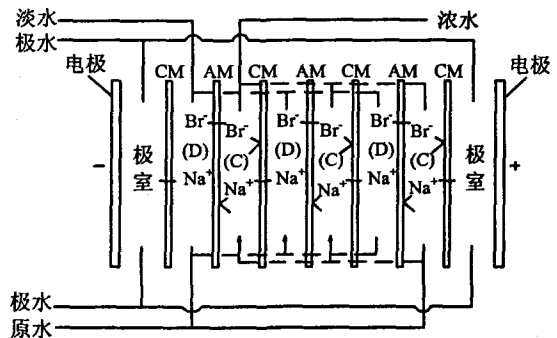


图1 电渗析工作时发生的各种过程(以NaBr溶液为例)

### 2 实验方法

#### 2.1 实验所用主要仪器设备

主要仪器设备有DDBJ-350型便携式电导率仪,电渗析器,压力表,转子流量计,磁力离心泵,WYL-1500型直流稳压稳流电源。

#### 2.2 实验所用化学药剂

本实验所用化学药剂主要有NaOH溶液,HCl标准溶液,甲酚红和百里酚蓝混合指示剂,甲基橙指示剂,酚酞指示剂。

#### 2.3 水样水质分析

本实验所用原水样于2004年11月取自河南郑州氧化铝厂赤泥库废水,本试验原水水质分析测试方法采用ICP仪

器测试。其水质分析见表 1。

表 1 原水水质分析

成分	Na	Al	Sn	Mo	Fe
质量浓度/(mg·L <sup>-1</sup> )	3 330	912	58.4	4.8	1.1
成分	Li	Mg	Mn	OH <sup>-</sup>	COD
质量浓度/(mg·L <sup>-1</sup> )	0.6	0.4	0.1	1 768	212.6

### 3 极限电流密度的测定

进行极限电流的测定时,为排除电极电压波动的影响,实验时只在膜堆中间的 3 对隔室两端分别插入铂丝以测定膜堆电压(所测膜堆电压不包括两极室的一对隔膜)。每次调压的时间间隔为 1 min。

测定了 4 个不同浓度、5 个不同流速、20 个不同条件下的极限电流值  $I_{lim}$ 。测定时,流速按由大到小的顺序进行。求得其对应的  $I_{lim}$ ,结果汇总于表 2。

表 2 不同浓度、不同流速下的极限电流值 A

质量浓度/ (mg·L <sup>-1</sup> )	流速/(cm·s <sup>-1</sup> )				
	0.741	1.112	1.483	1.853	2.223
1 060	0.432	0.590	0.745	0.760	1.438
2 150	0.782	0.965	1.260	1.375	1.870
2 650	0.952	1.168	1.320	1.603	2.001
3 330	1.085	1.236	1.478	1.782	2.102

注:溶液浓度以 Na<sup>+</sup> 的质量浓度计算。

通过公式拟合推导出极限电流公式可写作:

$$I_{lim} = 0.958 25 C^{0.000 34} V^{0.673}$$

式中,  $I_{lim}$  为极限电流密度, A;  $C$  为淡液进口质量浓度, mg/L;  $V$  为淡室溶液表观速度, cm/s。

## 4 电渗析脱盐及浓缩性能

### 4.1 恒压脱盐试验

根据以上推出的极限电流密度经验公式  $I_{lim} = 0.958 25 C^{0.000 34} V^{0.673}$ , 本实验在电流强度低于 2.42 A 的情况下调节端电压为 10, 20, 30, 40 和 50 V 进行恒压脱盐实验。实验结果表明, 随着脱盐时间的增长, 脱盐率不断增加, 但相同时间段, 各电压下脱盐的效果不尽相同, 本体系的最佳脱盐电压为 30 V。

### 4.2 浓缩性能试验

根据以上恒压脱盐试验和进水线速度对脱盐效果的影响试验得出的结论, 电压控制在 30 V 时的效果最佳, 即将膜对电压恒定在 0.6 V 左右, 水流线速度调节在 1.5 cm/s 左右, 将脱盐液和浓缩液以不同的浓度组合进行循环操作, 得出电流与循环时间的关系, 溶液中 Na<sup>+</sup> 浓度与循环时间的关系如表 3 所示。

表 3 电渗析器运行时间与电流、浓度的关系

时间/min	电流/A	浓液质量浓度/(g·L <sup>-1</sup> )	淡液质量浓度/(g·L <sup>-1</sup> )
0	1.0	3.430	2.950
16	1.2	5.280	2.135
24	0.9	5.840	0.802
34	0.7	6.240	0.360
44	0.5	6.410	0.160
54	0.4	6.320	0.089
64	0.3	6.240	0.037

从表 3 可以看到, 随着运行时间的延长, 脱盐液浓度逐渐下降, 在一定的条件下可脱除到 0.1 g/L 以下, 达到生产使用水标准, 从而可以循环使用, 浓缩液浓度则逐渐提高。原水溶液表现出良好的电渗析脱盐、浓缩性能。

### 4.3 浓缩倍数试验

以脱盐过程中得到的浓水继续作浓缩过程的浓水流, 淡化流淡化到一定程度后更换新的溶液, 每次循环运行至淡、浓液浓度基本不再变化后, 又更换新的淡水, 如此进行多次循环, 达到更高的浓度, 在此实验条件下, 浓水的质量浓度可达 21.12 g/L。具体的循环过程见表 4。

表 4 废水原液的浓缩过程

时间/min	浓缩液质量浓度/ (g·L <sup>-1</sup> )	脱盐液质量浓度/ (g·L <sup>-1</sup> )	循环 次数
0	3.38	2.28	
20	5.12	1.16	1
35	5.68	更换新淡水质量浓度为 2.86 g/L	
55	7.12	1.03	
75	8.45	0.45	2
92	8.67	更换新淡水质量浓度为 2.21 g/L	
114	9.96	0.98	
134	11.89	0.23	3
145	11.98	更换新淡水质量浓度为 1.9 g/L	
315	21.12	0.006	20

从表 4 中可看出, 通过多次循环运行, 废水溶液的质量浓度可由 3.38 g/L 提高到 21.12 g/L, 浓缩了 6.2 倍。在相同的淡化液浓度条件下, 浓缩液浓度较低时, 其浓度变化较大, 随着浓淡液浓差的增大, 浓缩液的浓度增加幅度变缓, 浓缩效果减弱。特别是在每个循环过程的后期, 如果不及时更换新的淡水, 浓缩液浓度会有下降趋势。这是因为在这一期间, 盐的迁移量减少渗水量增大, 使浓缩液产生稀释作用。这点可以从浓液贮箱的液面不断升高的现象得以证实, 而在每个循环过程的初期, 浓液贮箱的液面升高得很少。这一现象说明浓差越大, 电渗析的脱盐和浓缩效果就越差。为避免这种现象的发生, 可通过对电渗析流程的合理设计来克服, 使浓淡室的浓差控制在一定的范围内。

## 5 结语

实验结果表明, 电渗析方法能有效地对这些不同体系进行较好的处理, 其处理后脱盐液质量浓度在一定条件下可脱除到 0.1 g/L 以下, 达到生产使用水标准, 从而可以循环使用; 浓缩液中 Na<sup>+</sup> 质量浓度可由 3.38 g/L 提高到 21.12 g/L, 即可进一步考虑回收其中的有用成分。

### 参考文献

- [1] Chen Yulian, Zhang He, Zhou Guangjun. Technical characterization of furfural wastewater treatment by electrodialysis[J]. Water Treatment, 1993(8):347-367.
- [2] 张维润. 电渗析处理赤泥碱性废水[J]. 水处理技术, 1996(10): 271-276.
- [3] 刘可鑫, 保积庆, 肖连生, 等. 电渗析法处理氧化铝厂外排废水[J]. 安全与环境学报, 2004(2): 89-92.

作者简介 徐洁, 女, 1981 年生, 江西省环境监测中心站工程师。

(收稿日期: 2010-02-12)