

三正辛胺 - 仲辛醇 - 煤油组合液膜分离镉锌的研究

刘新芳 何鼎胜* 马 铭 王书媚

(湖南师范大学化学化工学院, 长沙 410081)

本文用萃取和膜迁移实验研究了镉、锌离子在三正辛胺 - 仲辛醇 - 煤油组合液膜体系中的迁移和分离的影响因素。实验证实, 该组合液膜体系能从含镉、锌的料液中选择性地迁移镉, 有效地实现镉、锌分离。理论分析表明, 组合液膜的双固体膜可简化为具备两张固体膜厚度的单一固体支撑体的支撑液膜。测定了组合液膜因迁移而流失在料液相和反萃相中的三正辛胺含量, 实验显示, 组合液膜的两张固体支撑体可阻止三正辛胺的流失, 增加膜稳定性, 延长膜寿命。

关键词: 组合液膜 镉 锌 三正辛胺

分类号: O614.24*1 O614.24*2

0 引言

液膜分离技术自 1968 年由美籍华人黎念之博士(Normal N. Li.)首次提出以后, 发展迅速, 很快涉及到冶金^[1]、医药、生化、环保^[2,3]、原子能和仿生化学等领域。其中, 乳化液膜研究最多, 它以传质速率快、分离效率高的特点而引起了很多科研工作者的青睐。但是, 乳化液膜由于表面活性剂的引入使得过程复杂化, 它必须由制乳、提取和破乳三道工序组成, 期间由于夹带和渗透压差引起的液膜溶胀, 引起了内相中已浓缩溶质的稀释和膜稳定性的下降^[4]。和乳化液膜相比, 支撑液膜萃取剂用量少, 不需要制乳、破乳设备, 有机相中避免引入昂贵的表面活性剂, 设备和操作费用大为降低, 明显优于乳化液膜。实验发现, 使用一段时间后, 支撑体上的载体和膜溶剂会溶于水相, 造成膜稳定性下降。上述缺陷是由液膜本身的结构造成的, 至今也没有完全解决支撑液膜的膜稳定性和高传输通量的矛盾。

近年来, 国外有人提出了“组合液膜(HLM)”和“组合技术”的概念^[5], 它将固体膜和液膜组合在一起, 或者将其他化学过程和液膜组合在一起, 能有效地克服支撑液膜的载体从膜相泄露的缺陷, 延长膜寿命, 但是这方面的研究还刚刚起步。用支撑液膜分离镉、锌, 文献上仅提到了这一实验^[6,7], 但未见影

响镉、锌分离效率高低的详细实验条件的报道。本文用组合液膜分离镉、锌, 并对组合液膜迁移金属离子提出了相应的理论分析, 这种研究在文献上报道极少。

1 理论分析

组合液膜结构如图 1 所示。两张固体膜分隔开有机相和水相。

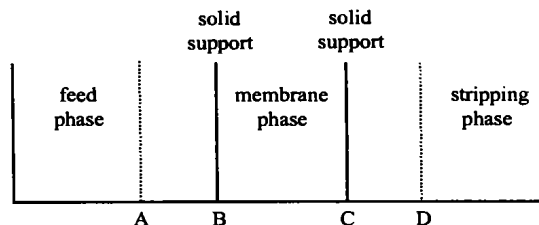


图 1 组合液膜示意图

Fig. 1 Scheme of hybrid liquid membrane

迁移过程大约分为如下几步:

(a) 料液中金属离子与 Cl^- 配位, 生成配离子。



M^{2+} : Cd^{2+} 或 Zn^{2+}

(b) MCl_4^{2-} 通过料液相和固体膜之间的水扩散层 AB。

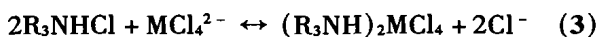
(c) 在料液相和固体膜界面, 发生化学反应, 生成中性配合物分子。

收稿日期: 2003-05-22。收修改稿日期: 2003-08-13。

湖南省教育厅 2003 年科研基金资助项目(No. 2003-231-002JJY2016)。

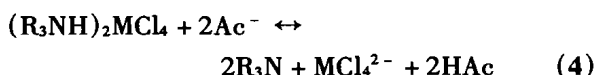
* 通讯联系人。E-mail: hedingsh@hunnu.edu.cn

第一作者: 刘新芳, 女, 24 岁, 硕士研究生; 研究方向: 液膜。



(d) 中性配合物分子在膜相 BC 扩散。

(e) 在反萃相和固体膜界面发生解络反应。



(f) 配离子 MCl_4^{2-} 通过反萃相和固体膜之间的水扩散层 CD, 进入反萃相。

(g) 载体返回料液相和固体膜的交界面。

在上述迁移过程中, 我们认为: (1) 搅拌时, 三相中离子浓度是均匀的; (2) 有机相和固体膜界面的扩散阻力和浓度梯度可以忽略^[8], 因而配合物通过膜相的扩散不是速率控制步骤; (3) 与料液相和固体膜界面的扩散阻力相比, 反萃相和固体膜界面的扩散阻力可忽略^[9, 10], 因此, 组合液膜的双固体膜可以简化为具备两张膜厚度的单一固体支撑体的支撑液膜^[10], 可以应用支撑液膜常用的金属离子迁移公式计算镉、锌迁移的渗透系数:

$$\ln \frac{C_t}{C_0} = -\frac{AP}{V}t \quad (5)$$

其中 C_0 、 C_t : 料液相起始浓度和时刻 t 的浓度, $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$;

V : 料液相总体积, cm^3 ;

A : 有效膜面积, cm^2 ;

P : 渗透系数, 它可以作为金属离子穿越组合液膜体系的速度量度, $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

实验时, 以 $\ln(C_t/C_0)$ 对 t 作图, 从直线斜率可计算渗透系数。

镉、锌的分离效果用分离因子和萃取率来衡量, 分离因子 (β) 定义^[11]为

$$\beta_{\text{HLM}} = \frac{[Cd^{2+}]_1 / [Cd^{2+}]_2}{[Zn^{2+}]_1 / [Zn^{2+}]_2} \quad (6)$$

其中: 下标“1”和“2”分别代表 t 时刻反萃相和料液相相应的金属离子浓度。

$$\beta_{\text{SX}} = \frac{[Cd^{2+}]_{\text{or}, t} / [Zn^{2+}]_{\text{or}, t}}{[Cd^{2+}]_{\text{a}, 0} / [Zn^{2+}]_{\text{a}, 0}} \quad (7)$$

其中: $[Cd^{2+}]_{\text{a}, 0}$ 和 $[Zn^{2+}]_{\text{a}, 0}$ 分别代表起始时刻水相的镉、锌浓度; $[Cd^{2+}]_{\text{or}, t}$ 和 $[Zn^{2+}]_{\text{or}, t}$ 分别代表 t 时刻平衡有机相的镉、锌浓度。

β_{HLM} 和 β_{SX} 分别是组合液膜和溶剂萃取的分离因子。

2 实验部分

2.1 仪器与试剂

721 型分光光度计, 上海第三分析仪器厂。

三正辛胺 (TNOA, R_3N), 化学纯, 军事医学科学院药材供应站。其他试剂均为分析纯, 试验用水为去离子水, 三正辛胺使用前用 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HCl 酸化。

2.2 迁移实验

组合液膜采用三室串联技术, 三室从左向右依次为料液相、膜相、反萃相, 室与室之间用微孔聚丙烯膜分隔, 三室均独立搅拌。料液相和反萃相各 147 mL, 膜相 23 mL。搅拌开始即计时, 定时从料液相和反萃相取样分析, 混合料液中的镉、锌离子含量用双硫脲-四氯化碳萃取比色法进行分析, 料液中仅含单一离子的镉、锌含量用 PAR 比色法分析, 胺类萃取剂的流失用溴酚兰分光光度法测定^[12]。试验温度 $30 \pm 0.1^\circ\text{C}$, 料液相和反萃相搅拌速度为 $900 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 膜相搅拌速度为 $250 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 。微孔聚丙烯膜面积为 14.5 cm^2 , 孔隙率为 0.51。未加特殊说明, 膜相为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TNOA、10% ROH (V/V)、煤油, 反萃相为 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, 料液相为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ Br^- 、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HNO_3 、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 、 $0.89 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($0.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) Cd^{2+} 或 (和) $1.53 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($0.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) Zn^{2+} , 迁移时间 9 h。

3 结果与讨论

3.1 镉锌萃取分离

图 2 显示: 在 HCl 介质中, 镉几乎定量萃取, 锌部分萃取, 二者不能完全分离。

3.1.1 HNO_3 对镉锌萃取的影响

萃取和膜迁移实验表明, HNO_3 是 TNOA 萃取金属离子的反萃剂, 如果将液膜体系的反萃剂 HNO_3 加入料液中, 能否促进镉、锌的分离呢? 从配位化学可知, 金属离子形成配离子 MCl_4^{2-} 后, 可能被 TNOA 萃入有机相, 可能被 HNO_3 反萃入料液相, 因为 Cd^{2+} 与 Cl^- 配位能力明显强于 Zn^{2+} 的配位能力, 虽然料液中有 HNO_3 存在, Cd^{2+} 生成强的配离子 CdCl_4^{2-} , 由于 Cd^{2+} 离子半径大于 Zn^{2+} , 因而 CdCl_4^{2-} 中的离子极化强于 ZnCl_4^{2-} , 即 CdCl_4^{2-} 的共价成分强于 ZnCl_4^{2-} , 这导致了 CdCl_4^{2-} 有较好的油溶性, 这样 HNO_3 只能将它部分反萃下来, 有较多的 Cd^{2+} 被萃入有机

相。而 Zn^{2+} 生成较弱的配离子 ZnCl_4^{2-} , 即使 TNOA 对它有些萃取作用, 也会由于 HNO_3 的反萃作用留在料液相。因此锌萃取率下降更多。图 3 表明: 当料液中 Cl^- 浓度小于 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 镉、锌分离完全。但 HNO_3 的存在使得镉的萃取率下降到 80% 左右。

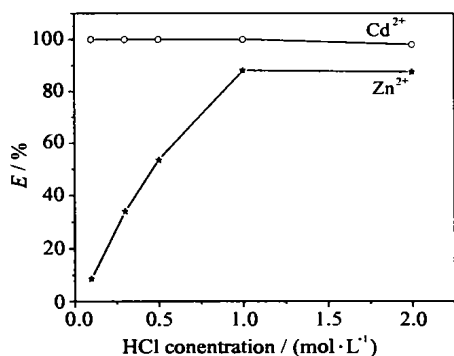


图 2 HCl 浓度对镉、锌萃取的影响

Fig. 2 Influence of HCl concentration on the extraction of Cd^{2+} and Zn^{2+}

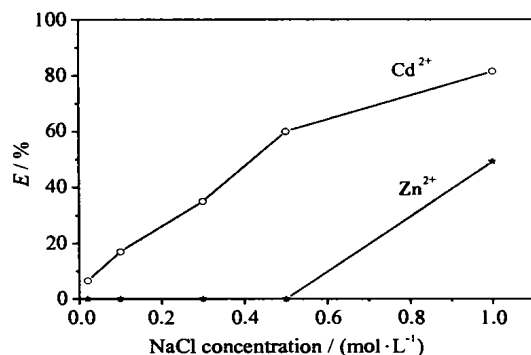


图 3 NaCl 浓度对镉、锌萃取的影响

Fig. 3 Influence of NaCl concentration on the extraction of Cd^{2+} and Zn^{2+} (in presence of $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$)

3.1.2 Br^- 对镉锌萃取的影响

要使镉、锌在反萃剂 HNO_3 存在下分离完全, 而镉保持较高萃取率, 锌尽量不萃取, 就要选择配位能力强的试剂, 使镉形成配位能力强的配离子而被萃入有机相。 Br^- 与某些金属的配位能力较强, 图 4 表明: 在 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$ 体系中, 加入 Br^- 使镉萃取率几乎达 100%, 当料液中 Br^- 浓度低于 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 锌几乎不萃取。初步选定料液中 HNO_3 浓度为 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, Br^- 浓度为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 镉、锌可完全分离。同时表 1、表 2 说明: 料液中 HNO_3 浓度为 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, KBr 浓度为 $0.1 \text{ mol} \cdot$

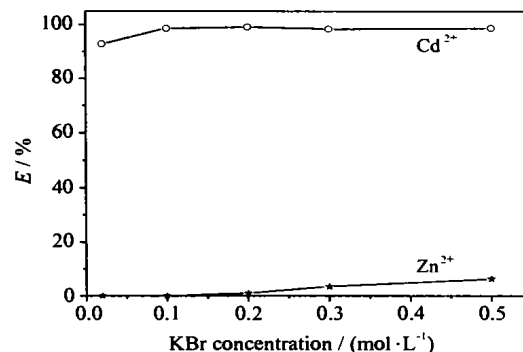


图 4 KBr 浓度对镉、锌萃取的影响

Fig. 4 Influence of KBr concentration on the extraction of Cd^{2+} and Zn^{2+} (in presence of $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$)

表 1 料液中 HNO_3 浓度对镉、锌分离因子的影响

Table 1 Influence of HNO_3 Concentration in Feed Phase on the Separation Factor of Cd^{2+} and Zn^{2+}

HNO_3 concentration in feed phase / ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	separation factor (β_{zx})
0.02	8.58
0.10	11.1
0.30	16.8
0.50	19.1

Feed phase: $0.89 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Cd}^{2+}$, $1.53 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Zn}^{2+}$, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KBr}$, $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaCl}$ and various concentration of HNO_3

表 2 料液中 Br^- 浓度对镉、锌分离因子的影响

Table 2 Influence of Br^- Concentration in Feed Phase on the Separation Factor of Cd^{2+} and Zn^{2+}

Br^- concentration in feed phase / ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	separation factor (β_{zx})
0.02	7.28
0.10	11.1
0.30	8.64
0.50	8.08

Feed phase: $0.89 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Cd}^{2+}$, $1.53 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Zn}^{2+}$, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$, $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaCl}$ and various concentration of Br^-

L^{-1} 时, 分离因子最大, 镉、锌分离效果最好。

3.2 组合液膜分离镉锌

3.2.1 同向耦合迁移机理的确定

表 3 指出: 在迁移 9 h 后, 料液中 H^+ 浓度均减小, 反萃相 H^+ 浓度增加 (pH 下降), 说明 H^+ 从料液相迁移到了反萃相, 与 Cd^{2+} 迁移方向相同。这说明在本文研究的组合液膜体系中 Cd^{2+} 离子的迁移耦合了 H^+ 离子的传输, 属于同向耦合迁移。

表 3 $t=0$ 和 9h 后料液相和反萃相 H^+ 浓度的变化Table 3 Variation of H^+ Concentration in Feed Phase and Stripping Phase at $t=0$ and after Transport of 9 h

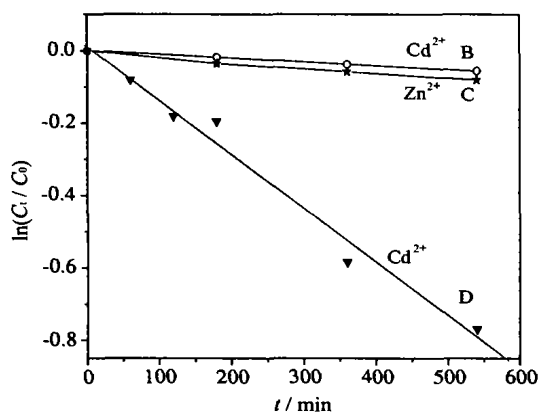
TNOA concentration / ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	H^+ concentration in feed phase / ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)		pH in stripping phase	
	$t=0$	after 9 h	$t=0$	after 9 h
0.04	0.42	0.415	7.24	6.39
0.07	0.42	0.412	7.24	6.35
0.10	0.42	0.404	7.24	6.22

Feed phase: $0.89 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Cd}^{2+}$, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KBr}$, $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ HNO}_3$, $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaCl}$

3.2.2 组合液膜迁移镉、锌离子的分析

理论分析表明: 有机相搅拌速度足够大时, 组合液膜将两张固体膜简化为具备两张固体膜厚的单一固体支撑体的支撑液膜。因而可以使用公式 (5) 研究组合液膜体系中各种因素对离子迁移的影响。图 5 说明: 在我们研究的体系中, $\ln(C_i/C_0)$ 对 t 作图得一直线。这说明: 在本文中, 组合液膜简化为具备两张固体膜厚的单一支撑体的支撑液膜的假设是成立的。图 5 中的直线 B、C 分别描述纯煤油对镉、锌的迁移, 这说明在组合液膜体系中, Cd^{2+} 、 Zn^{2+} 离子的迁移完全是载体促进传递的结果。

3.2.3 料液中 Cl^- 浓度对镉、锌离子渗透系数的影响

图 5 Cd^{2+} 和 Zn^{2+} 通过组合液膜迁移的 $\ln(C_i/C_0)$ 对 t 图Fig. 5 $\ln(C_i/C_0)$ vs time for the transport of Cd^{2+} and Zn^{2+} through HLM system

Membrane phase (B, C): pure kerosene

Membrane phase (D): $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ TNOA, 10% (V/V) ROH, kerosene

Feed phase (B, D) is similar to that of Table 3.

Feed phase (C): $1.53 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Zn}^{2+}$, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KBr}$, $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ HNO}_3$, $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaCl}$

表 4 说明, 在组合液膜中, 镉的渗透系数明显大于锌的渗透系数。组合液膜迁移镉、锌时渗透系数的差别, 是组合液膜能分离镉、锌的主要原因。

表 4 料液中 Cl^- 浓度对镉、锌渗透系数的影响Table 4 Influence of Cl^- Concentration in Feed Phase on Permeability Coefficient

Cl^- concentration in feed phase / ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	permeability coefficient / ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	
	Cd^{2+}	Zn^{2+}
0.5	1.30×10^{-3}	3.53×10^{-5}
1.0	1.90×10^{-3}	2.53×10^{-4}
1.5	1.91×10^{-3}	3.91×10^{-4}

Feed phase (Cd^{2+}) is similar to that of Table 3. except Cl^- .

Feed phase (Zn^{2+}) is similar to that of Fig. 5(C) except Cl^- .

3.2.4 TNOA 浓度对镉、锌分离的影响

表 5 说明: 镉、锌分离因子随 TNOA 浓度升高而增大, 但 TNOA 浓度达 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 分离因子几乎不再变化, 结合节约成本考虑, TNOA 浓度取 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。同时对镉、锌浓度比为 1:5 的料液进行组合液膜迁移试验, 结果见图 6。图 6 表明: 迁移 21 h 后, 镉迁移率达 92%, 而锌只迁移了 3%, 二者可较好的分离。

3.2.5 膜相中载体的流失

支撑液膜的不稳定性来自载体和膜溶剂的流失。通过测定迁移 9 h 后水相中载体的浓度, 了解组合液膜膜相中载体的流失, 结果见表 6。表 6 说明, 组合液膜中两张固体膜的使用能阻止膜相中载体向料液相和反萃相的流失, 增加膜稳定性, 延长膜寿

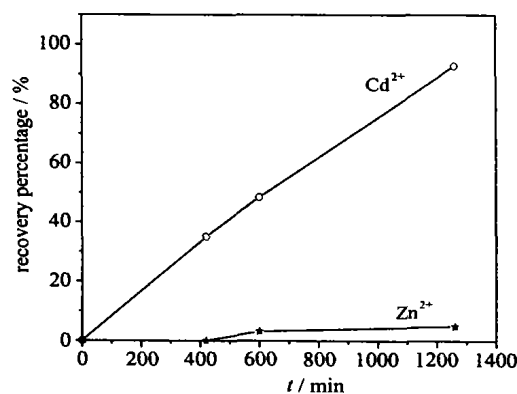


图 6 反萃液中镉、锌回收百分比随时间的变化

Fig. 6 Change of recovery percentage of Cd^{2+} and Zn^{2+} in stripping phase with time

Feed phase: $0.89 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($0.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) Cd^{2+} , $7.65 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ($0.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) Zn^{2+} , $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ KBr}$, $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ HNO}_3$, $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaCl}$

表 5 载体浓度对镉、锌分离的影响

Table 5 Influence of Carrier Concentration on Separation Factor of Cd^{2+} and Zn^{2+}

TNOA concentration / ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	separation factor (β_{HLM})
0.04	0.97
0.07	17.3
0.10	45.2
0.12	45.5
0.16	46.3

Feed phase: $0.89\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Cd}^{2+}$, $1.53\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Zn}^{2+}$, $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KBr}$, $0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$, $0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaCl}$

表 6 流失到料液相和反萃相的 TNOA 浓度

Table 6 Comparison of the Uptake of TNOA into the Feed Phase and Stripping Phase

Cl^- concentration of feed phase / ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	TNOA concentration / ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)	
	feed phase	stripping phase
0.1	0	1.0×10^{-4}
0.5	0	3.2×10^{-4}
1.0	0	3.7×10^{-4}

Stripping phase: $0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COONH}_4$

Feed phase: $0.89\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Cd}^{2+}$, $1.53\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Zn}^{2+}$, $0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$ and various concentration of Cl^-

命。同时, 水相中盐种类对载体的流失有明显的影响。具体盐种类对载体流失的影响, 会在以后的实验中详细讨论。

4 结 论

(1) 本文采用料液中加入液膜体系的反萃剂的方法分离镉、锌, 为用组合液膜分离料液中的二组离子提供了一个新思路。

(2) 组合液膜中双固体膜的应用, 可阻止膜相中载体向水相中的流失, 增加膜的稳定性, 延长膜寿命。

(3) 通过分析传质过程, 推导出组合液膜金属离子迁移公式, 计算出镉、锌离子的渗透系数, 研究了各种实验条件对迁移的影响。镉、锌离子渗透系数的差别, 是镉、锌能够分离的主要原因。

(4) 实验证实, 使用本文的组合液膜体系迁移 21 h 后, 镉迁移达 92%, 锌迁移只有 3%, 可以较好的分离镉、锌。

参 考 文 献

- [1] Kislik V. S., Eyal A. M. *J. Membr. Sci.*, **1996**, **111**, 259.
- [2] Alguacil F. J., Navarro. P. *Hydrometallurgy*, **2001**, **61**, 137.
- [3] He Dingsheng, Ma Ming, Zhao Zhenhua *J. Membr. Sci.*, **2000**, **169**, 53.
- [4] GU Zhong-Mao(顾忠茂) *Mo Kexue Yu Jishu*(*Membr. Sci. and Technol.*), **1999**, **19**(6), 10.
- [5] Kislik V. S., Eyal A. M. *J. Membr. Sci.*, **2000**, **169**, 119.
- [6] XU Wang-Sheng(徐旺生), XU Ying(徐莹), YU Shi-Wei(余士威), HE Bing-Zhuang(何秉忠), CHEN Zhong(陈中) *Gaodeng Xuexiao Gongcheng Xuebao*(*J. Chem. Eng. of Chinese Univ.*), **2002**, **16**(2), 25.
- [7] Daoud J. A., Ei-Reefy S. A., Aly H. F. *Sep. Sci. Technol.*, **1998**, **33**, 537.
- [8] Danesi P. R., Horwitz E. P., Rickert P. G. *J. Phys. Chem.*, **1983**, **87**(23), 4708.
- [9] Dznesi P. R., Horwitz E. P., Rickert P. G. *J. Phys. Chem.*, **1983**, **87**, 4708.
- [10] Fernandez L., Apricio J., Muhummed M. *J. Membr. Sci.*, **1986**, **27**, 77.
- [11] Baker E. D. *J. Membr. Sci.*, **1977**, **2**, 213.
- [12] XU Guang-Xian(徐光宪), YUAN Cheng-Ye(袁承业) *Solvent Extraction of Rare Earth*(稀土的溶剂萃取), Beijing: Science Press, **1991**.

Study on Separation of Binary Cd (II) and Zinc (II) by a Tri-*n*-octylamine-Secondary octyl Alcohol-Kerosene Hybrid Liquid Membrane

LIU Xin-Fang HE Ding-Sheng* MA Ming WANG Shu-Mei

(Chemistry and Chemical Engineering College of Hunan Normal University, Changsha 410081)

In this article, the separation of Cadmium (II) and Zinc (II) from wasted water by a Tri-*n*-octylamine(TNOA)-secondary Alcohol(ROH)-kerosene hybrid liquid membrane(HLM) system was studied. The influence of Cl^- , Br^- , HNO_3 concentration in feed phase, and TNOA concentration in membrane phase on transport and separation were determined through extraction experiment and membrane transport process. The experiments demonstrate that Cd (II) can be transported selectively from the binary Cd (II) and Zn (II) solution and that Cd (II) and Zn (II) can be separated well. The experiment indicates that the transport percentage of Cd (II) exceeds 92% and Zn (II) is only 3% when concentration ratio of Cd (II) to Zn (II) is 1 to 5 in feed phase after transport of 21 hours. Theory analysis shows that double solid membranes of HLM can be treated as a single membrane with twice the geometrical thickness of the polymer support. The uptake of TNOA content from membrane phase into feed phase and stripping phase is determined. The experiments show that HLM can prevent TNOA from loss out of membrane phase and prolong the lifetime of liquid membrane.

Keywords: hybrid liquid membrane cadmium zinc tri-*n*-octylamine