

# 疏水性离子液体为溶剂对 $\text{Co}^{2+}$ 和 $\text{Cd}^{2+}$ 废水的萃取性能

李长平<sup>1</sup>, 辛宝平<sup>2</sup>, 徐文国<sup>1</sup>, 朱庆荣<sup>2</sup>, 卢士香<sup>1</sup>

(1. 北京理工大学理学院, 北京 100081; 2. 北京理工大学化工与环境学院, 北京 100081)

**摘要:** 研究了疏水性离子液体[Bmim]PF<sub>6</sub>(1-丁基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐)、[Hmim]PF<sub>6</sub>(1-己基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐)和[Omim]PF<sub>6</sub>(1-辛基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐)对 $\text{Co}^{2+}$ 和 $\text{Cd}^{2+}$ 的萃取性能. 结果表明, 未加入整合剂时, 离子液体对 $\text{Co}^{2+}$ 和 $\text{Cd}^{2+}$ 的萃取率都很低. 整合剂的加入大大提高了离子液体对重金属离子的萃取性能,  $\text{Co}^{2+}$ 和 $\text{Cd}^{2+}$ 的萃取率分别由原来的2.06%和1.82%提高到96.37%和93.68%. 不同整合剂对离子液体萃取 $\text{Co}^{2+}$ 和 $\text{Cd}^{2+}$ 有一定的影响. 离子液体碳链长度的增加有利于 $\text{Co}^{2+}$ 和 $\text{Cd}^{2+}$ 的萃取. 与传统有机溶剂相似, 离子液体萃取重金属离子过程中具有很强的pH摆动效应, 当pH<2时,  $\text{Co}^{2+}$ 和 $\text{Cd}^{2+}$ 的萃取率几乎为0, 而当pH>6时,  $\text{Co}^{2+}$ 和 $\text{Cd}^{2+}$ 的萃取率均大于90%. 运用萃取过程中的pH摆动效应对 $\text{Cd}^{2+}$ 进行反萃取, 实现了离子液体的回用.

**关键词:** 离子液体; 萃取;  $\text{Co}^{2+}$ ;  $\text{Cd}^{2+}$ ; 废水

**中图分类号:** TQ028.3+2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-606X(2007)04-0674-05

## 1 前言

离子液体是一类由离子组成的室温时呈液态的液体, 一般由有机阳离子和无机阴离子组成, 具有类似有机溶剂的性质, 对许多有机物和无机物均表现出良好的溶解性能. 与传统的有机溶剂不同, 其不挥发、不易燃、对热稳定、低毒或无毒, 因而绿色安全、环境友好, 被称为“绿色溶剂”. 同时离子液体的性质可以通过改变阴阳离子的结构加以调节, 借以合成相应的功能性离子液体. 作为绿色化学的重要组成部分, 离子液体作为绿色介质在有机合成、两相催化和物质分离等方面受到广泛关注并显现出巨大潜力<sup>[1,2]</sup>.

重金属废水是环境危害最为严重的工业废水之一, 其传统的处理方法主要有沉淀、氧化、还原、电解和吸附等. 近年来用于重金属回收的资源化处理技术如膜分离、离子交换和溶剂萃取得到了关注和研究<sup>[3-7]</sup>. 其中溶剂萃取由于具有能耗低、投资小、设备简单、适应性强、分离效果好、易于连续操作等优点, 已成功用于废水重金属的回收<sup>[8,9]</sup>. 但所用的有机溶剂由于与水有一定的互溶性, 而且挥发性大、毒性强、环境污染严重, 存在着重大安全隐患<sup>[10]</sup>.

最近一些研究者<sup>[11-28]</sup>尝试将离子液体用于水中有毒污染物的去除和回收, 取得了良好的效果. Huddleston等<sup>[11]</sup>研究了甲基咪唑类离子液体对多种苯的衍生物的萃取去除. 李闲等<sup>[12]</sup>考察了几种不同取代基的酚类物质在疏水性离子液体与水两相中的分配系数. 李长平等<sup>[13]</sup>应用疏水性离子液体对染料废水进行了萃取脱色, 酸性

染料的萃取率超过95%. 有学者<sup>[14,15]</sup>还研究了离子液体萃取回收废水重金属的可行性, Visser等<sup>[16]</sup>则合成了可有效萃取水中 $\text{Hg}^{2+}$ 和 $\text{Cd}^{2+}$ 的功能性离子液体. 有关离子液体萃取回收水中重金属国内尚未见报道.

本工作选择了2种重金属离子(剧毒金属 $\text{Cd}^{2+}$ 和重金属 $\text{Co}^{2+}$ ), 并以疏水性离子液体[Bmim]PF<sub>6</sub>为代表, 研究了整合剂加入、萃取时间、pH、离子液体碳链长度和干扰离子的加入对离子液体萃取重金属的影响, 并对萃取离子的反萃取回收和离子液体回用的可能性进行了初步探讨.

## 2 材料和方法

### 2.1 主要仪器与材料

岛津 AA680 型原子吸收分光光度计, THZ2C 恒温振荡器, PHS-3C 精密酸度计. 疏水性离子液体[Bmim]PF<sub>6</sub>(1-丁基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐)、[Hmim]PF<sub>6</sub>(1-己基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐)、[Omim]PF<sub>6</sub>(1-辛基-3-甲基咪唑六氟磷酸盐)由中国科学院过程工程研究所提供,  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  及  $\text{CdCl}_2 \cdot 5/2\text{H}_2\text{O}$  为分析纯.

### 2.2 萃取方法

取1 mL 离子液体移入装有10 mL 模拟重金属废水(整合剂浓度 $1.5 \times 10^{-4}$  mol/L)的50 mL 尖顶具盖塑料离心管中,  $\text{Co}^{2+}$ 或 $\text{Cd}^{2+}$ 的起始浓度为100 mg/L, 用HCl或NaOH调节pH. 将加入离子液体的离心管置于恒温摇床(25 °C, 220 r/min), 振荡一定时间后静置分层, 取上层废水测定重金属离子残留浓度并计算重金属离子萃取去除率, 根据质量平衡计算离子液体相重金属离子的

收稿日期: 2006-11-09, 修回日期: 2006-11-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 20307002)

作者简介: 李长平(1977-), 男, 吉林省四平市人, 博士研究生, 研究方向: 水污染控制技术; 辛宝平, 徐文国, 通讯联系人, E-mail: xinbaoping@bit.edu.cn, xuwg60@bit.edu.cn.

萃取浓度及两相分配系数. 采用传统有机溶剂正丁醇进行萃取实验时, 萃取操作同上, 分液处理后, 取废水样测定重金属离子残留浓度并计算重金属离子萃取去除率.

### 2.3 废水重金属离子残留浓度测定和计算

取水相样并适当稀释后用原子吸收分光光度法测定重金属离子的残留浓度, 待测重金属离子工作曲线在测定范围内的线性相关系数  $R^2 > 0.999$ . 重金属离子的萃取率及其两相分配系数的计算见式(1)和(2):

$$E = \frac{C_{aq,o} - C_{aq}}{C_{aq,o}} \times 100\%, \quad (1)$$

$$D = \frac{(C_{aq,o} - C_{aq})V_{aq}}{C_{aq,o}V_o} = \frac{V_{aq}}{V_o} \frac{E}{100 - E}, \quad (2)$$

其中,  $E$  和  $D$  分别为萃取率和分配系数,  $C_{aq,o}$  和  $C_{aq}$  分别为萃取前后水相重金属离子浓度(mg/L),  $V_{aq}$  和  $V_o$  分别为液相和有机相之体积.

## 3 结果与讨论

### 3.1 未加入螯合剂时离子液体对重金属离子的萃取行为

如图 1 所示, 离子液体[Bmim]PF<sub>6</sub>对 Co<sup>2+</sup>的萃取率略高于 Cd<sup>2+</sup>. 但总体来说, 在未加入螯合剂的条件下, 疏水性离子液体[Bmim]PF<sub>6</sub>对 Co<sup>2+</sup>和 Cd<sup>2+</sup>都表现出很差的萃取性能, 分配系数分别为 0.21 和 0.19, 萃取率均不超过 3%; 同时萃取平衡所需时间较长, 超过 5 min 萃取才能达到平衡. 结果表明, 在缺少螯合剂的条件下, 离子液体[Bmim]PF<sub>6</sub>对于 Co<sup>2+</sup>和 Cd<sup>2+</sup>并不是强效的萃取剂.

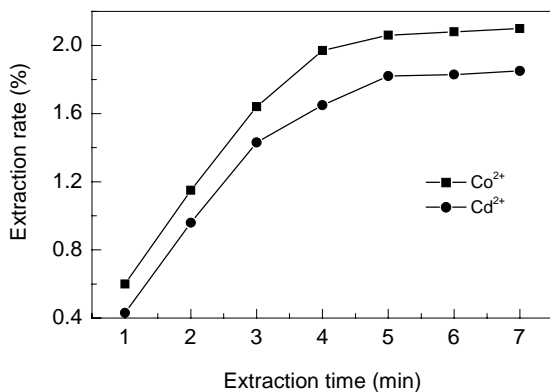


图 1 未加入螯合剂时[Bmim]PF<sub>6</sub>对重金属的萃取行为  
Fig.1 Effect of extraction time on the extraction rates of Co<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> ions from wastewater without chelator

### 3.2 加入螯合剂离子液体对重金属离子的萃取行为

螯合剂的加入极大地提高了离子液体[Bmim]PF<sub>6</sub>对 Co<sup>2+</sup>和 Cd<sup>2+</sup>的萃取性能(图 2), Co<sup>2+</sup>和 Cd<sup>2+</sup>的萃取率由原来的 2.06%和 1.82%分别增至加入双硫肿时的 96.37%

和 93.68%、加入 EDTA 时的 90.47%和 93.11%; 萃取平衡时间也大大缩短, 由原来的 5 min 缩短到 3 min. 在离子液体-双硫肿体系中 Co<sup>2+</sup>的萃取率高于 Cd<sup>2+</sup>, 而在离子液体-EDTA 体系中, Cd<sup>2+</sup>的萃取率则高于 Co<sup>2+</sup>, 这说明不同螯合剂的加入对离子液体萃取有着较大的影响. 其原因可能在于, 重金属离子在萃取过程中与螯合剂结合, 生成螯合物进入离子液体过程中, 因螯合剂种类的改变, 影响了螯合剂在离子液体中的溶解度.

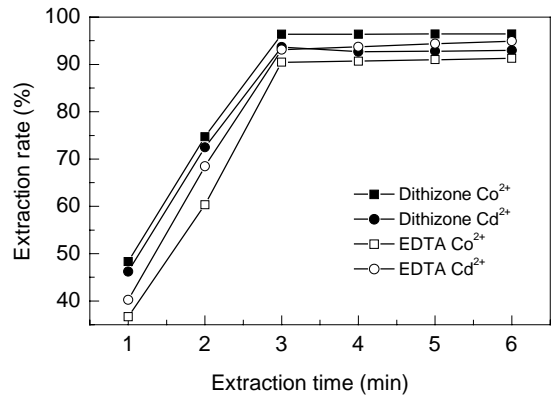


图 2 加入螯合剂双硫肿和 EDTA 时离子液体对重金属的萃取率  
Fig.2 The extraction rates of heavy metal ions with dithizone and EDTA into ionic liquid

### 3.3 pH 值对萃取效果的影响

以上实验研究了自然 pH(Co<sup>2+</sup>, pH 5.83; Cd<sup>2+</sup>, pH 6.17)条件下离子液体对 Co<sup>2+</sup>和 Cd<sup>2+</sup>的萃取性能, 而在不同 pH 条件下重金属离子与螯合剂的结合方式并不相同, 势必会影响离子液体对重金属离子的萃取, 因此有必要探讨 pH 对萃取效果的影响. 由图 3 和 4 可见, 无论是离子液体-双硫肿体系还是离子液体-EDTA 体系, 均表现出与传统有机溶剂正丁醇相似的 pH 响应模式. 随着体系 pH 的升高, Co<sup>2+</sup>和 Cd<sup>2+</sup>的萃取率也升高. 在离子液体-双硫肿体系中, 当 pH 升至 5.0 时 Co<sup>2+</sup>的萃取率达最大值, pH=6.0 时 Cd<sup>2+</sup>的萃取率达最大值. 在离子液体-EDTA 体系中, 当 pH=5.0 时 Co<sup>2+</sup>和 Cd<sup>2+</sup>的萃取率均达最大值.

研究还发现以双硫肿为螯合剂时, 离子液体对 Co<sup>2+</sup>的萃取率高于 Cd<sup>2+</sup>; 而正丁醇则相反, Cd<sup>2+</sup>的萃取率高于 Co<sup>2+</sup>. 以 EDTA 为螯合剂时, 离子液体对 Cd<sup>2+</sup>的萃取率高于 Co<sup>2+</sup>; 正丁醇对 Co<sup>2+</sup>的萃取率高于 Cd<sup>2+</sup>.

研究显示螯合剂的加入对于离子液体和传统有机溶剂正丁醇的萃取性能均具有很大影响. 但无论选择双硫肿或 EDTA 为螯合剂, 离子液体的萃取效果均好于正丁醇. 同时 pH 的摆动效应为重金属离子的反萃回收和离子液体的回收利用提供了有利条件.

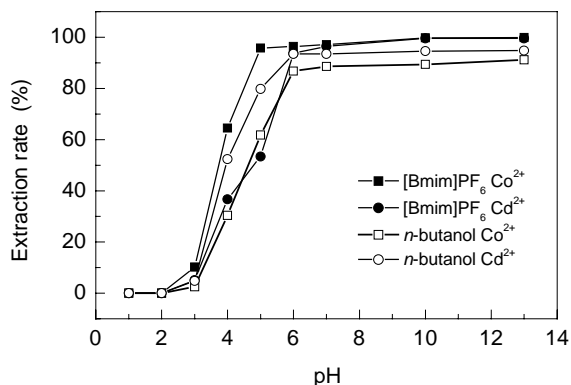


图3 加入双硫肿时采用离子液体和正丁醇为溶剂时 pH 对萃取效果的影响

Fig.3 Effect of pH value on the extraction rates with dithizone into [Bmim]PF<sub>6</sub> and *n*-butanol

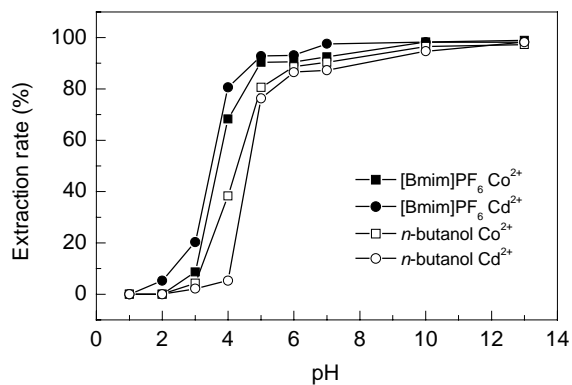


图4 加入 EDTA 时采用离子液体和正丁醇为溶剂时 pH 对萃取效果的影响

Fig.4 Effect of pH value on the extraction rates with EDTA into [Bmim]PF<sub>6</sub> and *n*-butanol

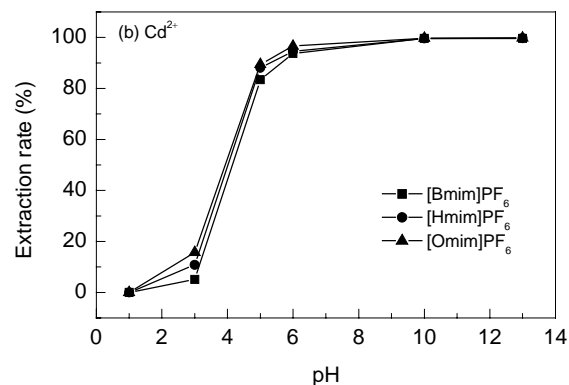
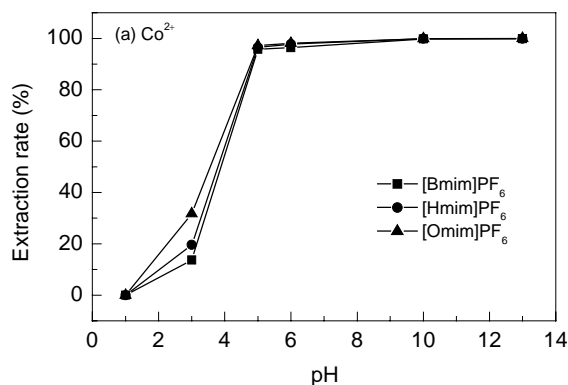


图5 加入双硫肿时 pH 对 Co<sup>2+</sup>和 Cd<sup>2+</sup>离子萃取效果的影响

Fig.5 Effects of pH value on the extraction rates of Co<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> with dithizone

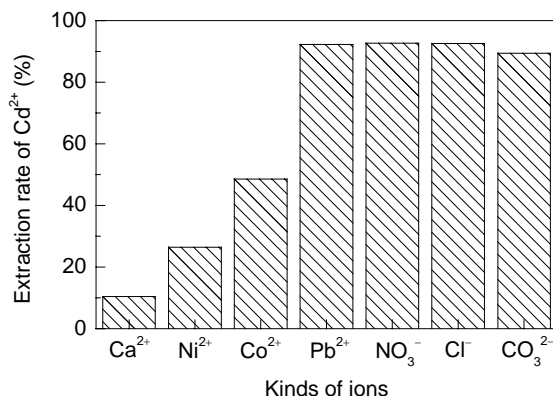
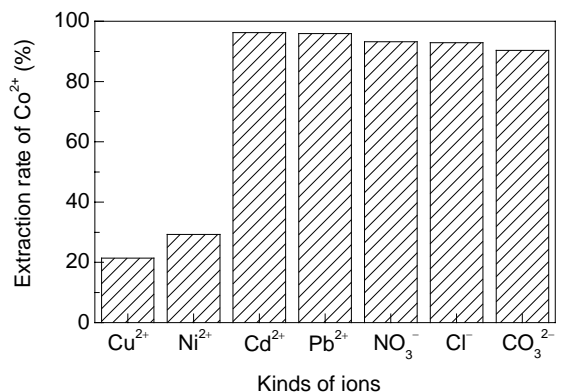


图6 干扰离子的加入对 Co<sup>2+</sup>和 Cd<sup>2+</sup>萃取效果的影响

Fig.6 Effects of interfering ions on the extraction rates of Co<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup>

### 3.4 离子液体碳链长度对重金属萃取效果的影响

在不同 pH 条件下,研究了[Hmim]PF<sub>6</sub>、[Omim]PF<sub>6</sub>和[Bmim]PF<sub>6</sub>三种具有不同长度碳链的疏水性离子液体对 Co<sup>2+</sup>和 Cd<sup>2+</sup>的萃取性能,结果列于图 5. 研究发现 3 种离子液体萃取行为的 pH 影响模式基本一致,萃取率顺序则为[Omim]PF<sub>6</sub>>[Hmim]PF<sub>6</sub>>[Bmim]PF<sub>6</sub>,碳链长度

的增加提高了离子液体的萃取性能. 原因可能在于,随着碳链长度的增加离子液体的疏水性增强.

### 3.5 干扰离子的加入对萃取效果的影响

为了考察离子液体用于废水中不同重金属离子分离回收的可能性,研究了在自然 pH(Co<sup>2+</sup>, pH 5.83; Cd<sup>2+</sup>, pH 6.17)条件下干扰离子的加入对 Co<sup>2+</sup>和 Cd<sup>2+</sup>萃取效果

的影响(图6)。Cu<sup>2+</sup>和Ni<sup>2+</sup>的加入对Co<sup>2+</sup>的萃取率有较大的影响,Co<sup>2+</sup>萃取率由原来的96.37%分别降至21.35%和29.32%;而其他离子的加入如Cd<sup>2+</sup>,Pb<sup>2+</sup>,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>,Cl<sup>-</sup>,CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>对Co<sup>2+</sup>的萃取几乎没有影响,说明离子液体-双硫肿体系对Cu<sup>2+</sup>和Ni<sup>2+</sup>较之Co<sup>2+</sup>具有更强的萃取性能。

Cu<sup>2+</sup>,Ni<sup>2+</sup>和Co<sup>2+</sup>的加入大大降低了Cd<sup>2+</sup>的萃取率,而其他离子的加入并没有对Cd<sup>2+</sup>萃取产生影响。说明离子液体-双硫肿体系对Cu<sup>2+</sup>,Ni<sup>2+</sup>和Co<sup>2+</sup>具有更强的萃取性能。离子液体对不同重金属离子的选择性萃取为废水重金属的分离回收提供了可能。

### 3.6 重金属离子的反萃及离子液体的回用

作为绿色工艺和绿色溶剂,重金属离子的反萃和离子液体的回用非常重要。本工作以Cd<sup>2+</sup>为例研究了重金属的反萃以及离子液体的回收再用。离子液体的重金属萃取具有很强的pH摆动效应,这就为重金属离子的反萃提供了有利条件,可以通过调节溶液pH实现重金属离子的反萃。将萃取后的离子液体与0.25 mol/L的HNO<sub>3</sub>溶液充分混合,待两相分离后用去离子水对离子液体漂洗3次,回收后的离子液体进行再萃取。反复使用3次,离子液体无明显变化,Cd<sup>2+</sup>萃取率稳定在92.7%±0.8%。

## 4 结论

(1) 无螯合剂时,离子液体对Co<sup>2+</sup>和Cd<sup>2+</sup>萃取效果均极差,萃取率不超过3%;螯合剂的加入大大提高了Co<sup>2+</sup>和Cd<sup>2+</sup>萃取率,萃取率超过93%。

(2) pH对萃取效果有很大影响,随着pH升高,Co<sup>2+</sup>和Cd<sup>2+</sup>萃取率增大。与传统有机溶剂正丁醇相比,离子液体对Co<sup>2+</sup>和Cd<sup>2+</sup>具有更好的萃取效果。

(3) 离子液体碳链长度的增加有助于对Co<sup>2+</sup>和Cd<sup>2+</sup>的萃取。离子液体-双硫肿体系对重金属离子具有很强的选择性,为废水重金属的分离回收奠定了基础。

(4) pH的摆动效应为重金属离子的反萃回收及离子液体的回用提供了条件,利用该效应成功地进行了Cd<sup>2+</sup>反萃和离子液体的循环使用。

### 参考文献:

- [1] Welton T. Room-temperature Ionic Liquids: Solvents for Synthesis and Catalysis [J]. *Chem. Rev.*, 1999, 99(8): 2071-2073.
- [2] 赵东滨, 寇元. 室温离子液体: 合成、性质及应用 [J]. *大学化学*, 2002, 17(1): 42-50.
- [3] Babel S, Kurniawan T A. Low-cost Adsorbents for Heavy Metals Uptake from Contaminated Water: A Review [J]. *J. Hazard. Mater.*, 2003, 97(1): 219-243.
- [4] Rengaraj S, Moon S H. Kinetics of Adsorption of Co(II) Removal from Water and Wastewater by Ion-exchange Resins [J]. *Water Res.*, 2002, 36(7): 1783-1793.
- [5] Chmielewski A G, Urbanski T S, Migdał W. Separation Technologies for Metals Recovery from Industrial Wastes [J]. *Hydrometallurgy*, 1997, 45(3): 333-344.
- [6] Tchobanoglous G, Burton F L. In *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse* [M]. Singapore: McGraw-Hill, 1991. 301-314.
- [7] Ajmal M, Rao R A K, Ahmad R, et al. Removal and Recovery of Heavy Metals from Electroplating Wastewater by Using Kyanite as an Adsorbent [J]. *J. Hazard. Mater.*, 2001, 87(1): 127-137.
- [8] Rydberg J, Musikas C, Choppin G. *Principles and Practices of Solvent Extraction* [M]. New York: Marcel Dekker, 1992. 221-245.
- [9] 刘振海, 王鹏, 姜洪泉, 等. 铜镍电镀退镀液资源化处理工艺 [J]. *环境科学*, 2002, 23(2): 224-227.
- [10] Seddon K R. Ionic Liquids for Clean Technology [J]. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 1997, 68(4): 351-356.
- [11] Huddleston J G, Willauer H D, Rogers R D, et al. Room Temperature Ionic Liquids as Novel Media for 'Clean' Liquid-Liquid Extraction [J]. *Chem. Commun.*, 1998, 16: 1765-1766.
- [12] 李闲, 张锁江, 张建敏, 等. 疏水性离子液体用于萃取酚类物质 [J]. *过程工程学报*, 2005, 5(2): 148-151.
- [13] 李长平, 辛宝平, 徐文国, 等. 疏水性离子液体萃取脱色水溶性染料实验研究 [J]. *北京理工大学学报*, 2006, 26(7): 647-650.
- [14] Wei G T, Yang Z, Chen C J. Room Temperature Ionic Liquid as a Novel Medium for Liquid/Liquid Extraction of Metal Ions [J]. *Anal. Chim. Acta*, 2003, 488(2): 183-192.
- [15] Shimojo K, Goto M. Solvent Extraction and Stripping of Silver Ions in Room Temperature Ionic Liquids Containing Calixarenes [J]. *Anal. Chem.*, 2004, 76(17): 5039-5044.
- [16] Visser A E, Swatloski R P, Rogers R D, et al. Task-specific Ionic Liquids Incorporating Novel Cations for the Coordination and Extraction of Hg<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup>: Synthesis, Characterization, and Extraction Studies [J]. *Environ. Sci. Technol.*, 2002, 36(11): 2523-2529.
- [17] Dai S, Ju Y H, Barnes C E. Solvent Extraction of Strontium Nitrate by Crown Ether Using Room-temperature Ionic Liquids [J]. *J. Chem. Soc., Dalton Trans*, 1999, 8: 1201-1202.
- [18] Visser A E, Swatloski R P, Rogers R D. Traditional Extractants in Nontraditional Solvents: Groups 1 and 2 Extraction by Crown Ethers in Room-temperature Ionic Liquids [J]. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2000, 39(10): 3596-3604.
- [19] Khodadoust A P, Chandrasekaran S, Dionysiou D D. Preliminary Assessment of Imidazolium-based Room-temperature Ionic Liquids for Extraction of Organic Contaminants from Soils [J]. *Environ. Sci. Technol.*, 2006, 40(7): 2339-2345.
- [20] Zhu J Q, Chen J, Fei W Y. Study on the Separation of 1-Hexene and Trans-3-hexene Using Ionic Liquids [J]. *Fluid Phase Equilibria*, 2006, 15(1/2): 102-106.
- [21] Carda-Broch S, Berthod A, Armstrong D W. Solvent Properties of the 1-Butyl-3-methylimidazolium Hexafluorophosphate Ionic Liquids [J]. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2003, 375(2): 191-199.
- [22] Khachatryan K S, Smirnova S V, Torocheshnikova I I, et al. Solvent Extraction and Extraction-voltammetric Determination of Phenols Using Room Temperature Ionic Liquid [J]. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2005, 381(2): 464-470.
- [23] Dietz M L, Dzielawa J A. Ion-exchange as a Mode of Cation Transfer into Room-temperature Ionic Liquids Containing Crown Ethers: Implications for the "Greenness" of Ionic Liquids as Diluents in Liquid-Liquid Extraction [J]. *Chem. Commun.*, 2001, 20: 2124-2125.

- [24] Jensen M P, Dzielawa J A, Dietz M L, et al. EXAFS Investigation of the Mechanism of Facilitated Ion Transfer into a Room Temperature Ionic Liquid [J]. *J. Am. Chem. Soc.*, 2002, 124(36): 10664–10665.
- [25] Nakashima K, Kubota F, Goto M. Feasibility of Ionic Liquids as Alternative Separation Media for Industrial Solvent Extraction Processes [J]. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2005, 44(12): 4368–4372.
- [26] Luo H M, Dai S, Peter V. Separation of Fission Products Based on Ionic Liquids: Task-specific Ionic Liquids Containing an Aza-crown Ether Fragment [J]. *J. Alloys Compd.*, 2006, 418(1/2): 195–199.
- [27] Matsumoto M, Mochiduki K, Fukunishi K. Extraction of Organic Acids Using Imidazolium-based Ionic Liquids and Their Toxicity to *Lactobacillus rhamnosus* [J]. *Sep. Purif. Technol.*, 2004, 40(1): 97–101.
- [28] Huang H L, Wang H P, Wei G T. Extraction of Nanosize Copper Pollutants with an Ionic Liquid [J]. *Environ. Sci. Technol.*, 2006, 40(15): 4761–4764.

## Extraction of $\text{Co}^{2+}$ and $\text{Cd}^{2+}$ from Wastewater Using Hydrophobic Ionic Liquids as Solvents

LI Chang-ping<sup>1</sup>, XIN Bao-ping<sup>2</sup>, XU Wen-guo<sup>1</sup>, ZHU Qing-rong<sup>2</sup>, LU Shi-xiang<sup>1</sup>

(1. School of Science, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. School of Chemical Engineering and Environment, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Extraction of  $\text{Co}^{2+}$  and  $\text{Cd}^{2+}$  into hydrophobic ionic liquids of [Bmim]PF<sub>6</sub>, [Hmim]PF<sub>6</sub> and [Omim]PF<sub>6</sub> is investigated for examining their removal from wastewater. The results indicate that the extraction rates of both  $\text{Co}^{2+}$  and  $\text{Cd}^{2+}$  are very low without chelator. However, the extraction rates are greatly enhanced from 2.06% to 96.37% for  $\text{Co}^{2+}$  and 1.82% to 93.68% for  $\text{Cd}^{2+}$  after the addition of chelator. The addition of different chelators also has a certain impact on the removal rates of heavy metal ions. The longer carbon bond the ionic liquids have, the better the extraction is. Similar to traditional solvent *n*-butanol, pH has a great impact on the removal rates of  $\text{Co}^{2+}$  and  $\text{Cd}^{2+}$ . When  $\text{pH} < 2$ , the extraction rates of  $\text{Co}^{2+}$  and  $\text{Cd}^{2+}$  are close to zero. While for  $\text{pH} > 6$ , the extraction rates are above 90%. The pH swing effect is used to strip the heavy metal ions from ionic liquids, and the reuse of ionic liquids is realized.

**Key words:** ionic liquids; extraction;  $\text{Co}^{2+}$ ;  $\text{Cd}^{2+}$ ; wastewater