

三氟乙酸锂-15-冠醚-5 体系电迁移法 分离锂同位素

黄超驰^{1,2,3}, 孙进贺^{1,2}, 张 茜^{1,2,3}, 张鹏瑞^{1,2,3},
汪词明^{1,2,3}, 薛子轩^{1,2}, 景 燕^{1,2}, 贾永忠^{1,2}

(1. 中国科学院青海盐湖研究所, 盐湖资源综合高效利用重点实验室, 青海 西宁 810008;
2. 青海盐湖资源综合利用技术研究开发中心, 青海 西宁 810008; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要: 锂同位素(⁶Li 和 ⁷Li) 在核工业中有着重要作用。锂汞齐法是目前唯一实现锂同位素工业化生产的方法, 然而由于汞的使用, 该方法具有较大的环境风险。开发绿色高效的锂同位素分离方法对国家能源安全具有重要意义。在本论文中, 制备了溶解锂盐的冠醚溶液, 并以其作为阳极液, 施加电场驱动锂离子向阴极液迁移; 与溶有 15-冠醚-5 的锂盐水溶液作为阳极液相比, 研究发现在阳极液体系中引入水分子可以促进锂同位素的分离。同时还考察了不同隔膜对锂同位素分离的影响, 发现使用强疏水性隔膜时, 短时间内有较好的分离效应。

关键词: 锂同位素分离; 15-冠醚-5; 电迁移; 水合作用

中图分类号: TQ131.11

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2021)03-0083-07

人类社会的日益发展增加了人们对能源的大量需求, 石油、天然气、煤炭等不可再生能源的使用给环境造成了一定的压力, 对生态环境和人类健康带来危害。核能成为我国清洁能源时代发展的必然选择。自然界中稳定存在的锂同位素有两种, 即⁶Li 和 ⁷Li, 自然丰度分别约为 7.5% 和 92.5%^[1]。高丰度的⁶Li 产品是生产核聚变堆燃料关键的原料^[2]。高纯度⁷LiBeF 被用作钍堆熔盐介质, ⁷LiOH 则被用作核裂变反应堆的堆芯冷却剂和酸度调节剂^[3]。⁶Li 和 ⁷Li 相差一个中子, 其物理和化学性质具有细微差异, 可以利用这些细微差异实现分离。锂同位素分离方法有电化学法、锂汞齐法、溶剂萃取法、激光分离法、离子交换色谱法等。唯一产业化的锂汞齐法对环境有较大的危害, 而电化学法作为新型绿色的分离方法近年来引起了诸多研究学者的关注和重视。

电迁移法属于电化学法中的一种分离方法, 根据介质的不同可分为水溶液法、有机溶剂法、熔盐法。水溶液法主要是利用锂同位素离子在水溶

液或隔膜中电迁移速率的差异实现分离。该方法的电极反应发生于水溶液中, 易于实现连续多级分离。然而锂同位素分离系数和电流利用率较低。日本东京工业大学 Kunugi^[4] 和弘前大学 Honda^[5] 等合成了钛酸镧锂陶瓷膜, 用于在水溶液中电迁移分离锂同位素, 取得了良好的分离效果。熔盐法是利用锂同位素离子在高温熔盐中电迁移速率的差异实现分离。该方法单级分离系数高, 电流利用率高。但存在高温熔盐、氯气和金属锂腐蚀等问题, 对装置材质要求极高。熔盐法至 20 世纪 40 年代由 Klemm 等^[6] 开始研究, 一直发展至今。熔盐体系由单一熔盐发展至复合熔盐, 从氯化物发展至溴化物、碘化物和硝酸盐等, 从无膜分离发展至有膜分离。在该方法发展早期, 以色列国防部^[7] 开发了氯化锂熔盐电迁移装置, 获得了十克级高丰度⁶Li 样品。进入 21 世纪以来, 日本东京工业大学^[8]、东北大学^[9] 和上智大学^[10] 等相继对氯化锂、溴化锂和硝酸锂等混合熔盐体系开展研究, 并在 LiNO₃-NH₄NO₃ 体系获得最优

收稿日期: 2021-02-02; 修回日期: 2021-03-02

基金项目: 青海省重点研发与转化计划项目 (No. 2021-GX-104, 2019-GX-169); 中科院青促会 (2015351)

作者简介: 黄超驰 (1995-), 女, 硕士, 研究方向: 锂同位素的分离。Email: huangchaochi18@mails.ucas.ac.cn。

通信作者: 孙进贺 (1979-), 男, 研究员, 主要从事锂同位素分离研究。Email: jhsun@isl.ac.cn。

分离效果,解决了腐蚀问题,获取了少量 94.9% 丰度的 ^6Li 样品。西班牙能源与环境研究中心 Barrado 等^[11]提出了基于碘化锂熔盐的电泳分离原型机,该装置以石英为壳,钛酸锂固体离子超导体为膜,据其预测,单条 100 级连续分离的生产线可年产 15kg 纯 ^6Li 产品。有机溶剂法是利用锂同位素在溶剂、阴极、阳极材料中分配比差异实现分离,锂离子会被部分还原成金属或形成插层化合物。该方法可室温操作,反应条件温和。但该方法难以进行多级连续化分离,电解质不可避免发生分解。美国加州大学洛杉矶分校 Black 等^[12]在高氯酸锂的丙烯碳酸酯溶液中以镍电极电沉积金属锂,发现 ^7Li 富集于溶液相,其单次分离效果(2 δ) 达到 3%。日本上智大学 Oi 课题组^[13]发现在 LiMn_2O_4 - 乙烯碳酸酯和甲基乙基碳酸酯混合溶液体系中施加电场, ^6Li 富集于溶液中,如更换为 LiCoO_2 ^[14], ^7Li 则富集于溶液中;此外,该课题组还系统考察了高氯酸锂碳酸酯溶液体系中,负极材料如镓^[15]、石墨^[16]、金属氧化物^[17]和硫化物^[18]等对锂同位素的分离效应,发现 ^7Li 均倾向富集于溶液中;溶液改为离子液体后,分离效应减弱^[19]。美国犹他大学 Zhang 等^[20-21]利用不同种类的离子液体作为电迁移分离介质,发现锂同位素离子的扩散系数和电迁移速率在不同的离子液体中具有较大的差异,在优选的离子液体中可以获得高达 1.2 的单级分离系数。

本课题组^[22]在前期研究工作中通过耦合水溶液法和有机溶液法,构筑了锂离子—离子液体—冠醚有机相阳极液 | 铵盐水相阴极液体系,并在该体系中验证了锂同位素的电迁移分离效应。然而离子液体电化学窗口有限,仅为 -4V ~ 4V 之间,有机相溶液在高电压下与铂电极长期直接接触,会造成部分离子液体的分解,进而造成有机相的损耗,影响体系的锂同位素分离效应。

15-冠醚-5 室温下是无色透明粘稠液体,具有较高的分解电压,其可溶解锂盐形成高浓度的锂离子冠醚溶液。本论文在阳极液中不再引入离子液体,以溶解了锂盐的 15-冠醚-5 直接作为阳极液,考察了电压、时间、水分和隔膜等对体系中锂离子迁移和锂同位素分离的影响,探讨了 ^6Li 和 ^7Li 的富集行为。

1 实验

1.1 实验试剂和设备

15-冠醚-5(分析纯, $\geq 98\%$), 购买于北京伊诺凯科技有限公司;三氟乙酸锂(CF_3COOLi , 分析纯, $\geq 97\%$), 购买于上海麦克林生化科技有限公司;氯化铵(NH_4Cl , 分析纯, $\geq 99.5\%$), 购买于天津市科密欧化学试剂有限公司;所有购置试剂均直接使用。实验用水为二次水。实验涉及的设备信息如下:单接收电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS, ELan 6100 DRC, 美国赛默飞世尔科技公司);多接收电感耦合等离子体质谱仪(MC-ICP-MS, Neptune plus, Thermo Fisher Scientific ink., USA);超纯水仪(UPT-II-20T, 成都超纯科技有限公司);石墨消解仪(SH420, 山东海能科学仪器有限公司);直流电源(DH1766-1, 北京大华无线电仪器厂);接触角测量仪(DSA25, 德国克吕士科学仪器有限公司)。

1.2 实验步骤

15-冠醚-5 为中性分子溶剂,在较高电压下可稳定存在。由于 15-冠醚-5 具有良好的水溶性,可在锂盐水溶液中加入 15-冠醚-5 或将锂盐溶解于 15-冠醚-5 中作为阳极液,使其具有较好的导电性能。实验装置示意图如图 1 所示。

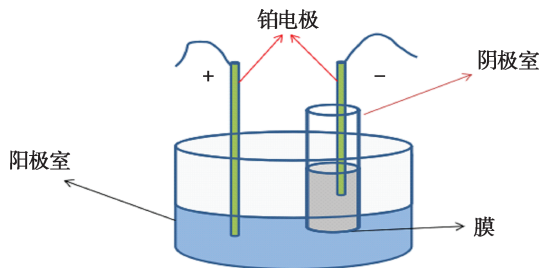


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of experimental device

1) 溶有锂盐的 15-冠醚-5 作为阳极液

在 5 mL 15-冠醚-5 中溶入 0.001 mol CF_3COOLi , 混合均匀后的溶液作为阳极液, 5 mL 0.005 mol/L NH_4Cl 水溶液作为阴极液。两个电极液之间用膜隔开, 设置电流参数为 1 A, 电压参

数为2 V、4 V、8 V、16 V,设置不同时间间隔为1 h、2 h、4 h、8 h、16 h,每次取出阴极液后用二次水将阴极槽清洗三次后,再换上新的阴极液。对每次取出的阴极液进行消解之后用ICP-MS测锂离子浓度,MC-ICP-MS测锂同位素值。选用PP膜、PTFE膜两种不同的膜材料作为隔膜。考察电压,时间以及不同膜材料对锂同位素分离的影响。

2) 溶有15-冠醚-5的锂盐水溶液作为阳极液

将0.001 mol 15-冠醚-5加入到5 mL 0.2 mol/LCF₃COOLi水溶液,将混合均匀的溶液作为阳极液,5 mL 0.005 mol/L NH₄Cl水溶液作为阴极液。两个电极液之间用PP膜隔开。其他实验条件与上述实验相同。考察电压、时间对有机相中的锂离子向阴极液的迁移和同位素分离行为。

2 结果与讨论

2.1 锂盐-冠醚阳极液 | 氯化铵水相阴极液体系用于锂同位素分离研究

使用PP膜时,阴极水溶液锂同位素值实验数据如图2所示,锂离子浓度如图3所示。使用PTFE膜时,阴极水溶液锂同位素值实验数据如

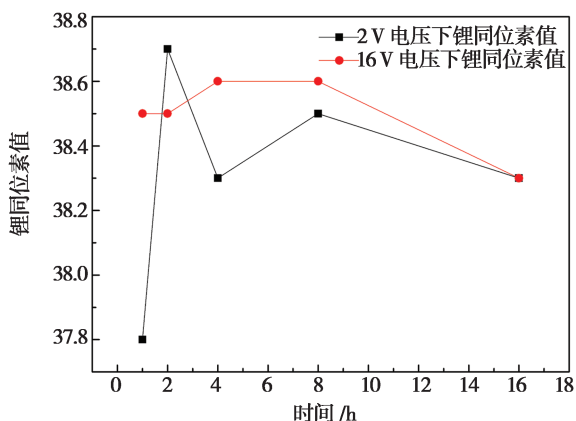


图2 不同电压下阴极液的锂同位素值随时间的变化(PP膜)

Fig. 2 Variation of lithium isotope values in cathode solution with time under different voltages (PP membrane)

图4所示,锂离子浓度如图5所示。PP膜与PTFE膜的扫描电镜图如图6所示。已测得锂盐原液的锂同位素值为38.3。实验中未观察到阳极液变色等分解现象。

由图2看出,使用PP膜时,阴极液锂同位素值接近锂盐原液的锂同位素值(38.3),无明显锂同位素分离效应。施加电场后,阳极液中的锂离子大量迁移进入阴极液,阴极液锂离子浓度增大。在电压作用下,阴极液锂离子浓度随时间的增加而增大。由图4看出,使用PTFE膜时,阴极液锂同位素值低于锂盐原液得锂同位素值(38.3),阴极液富集⁶Li,且在短时间0~1 h内锂同位素值的差值达到-37.5。随着电压增大,锂同位素值增大,富集⁶Li效应减弱。究其原因,在纯有机相中,基本不存在水分,依据文献报道^[23-26],15-冠醚-5与锂离子络合时一般需要结合一个水分子。锂离子在无水状态下与15-冠醚-5形成螯合离子时,锂离子与冠醚上氧原子之间的键长为3.887 Å^[23-26];而在结合一个水分子后,锂离子-15-冠醚-5螯合离子中锂与冠醚上氧原子之间的键长缩短为2.26 Å^[23-26]。可以确定的是,水分的缺失会使得锂离子与15冠醚-5的结合不够稳定,难以发挥其对⁶Li离子的选择性螯合作用。在电场作用下,锂盐-冠醚阳极液中的锂离子更多的表现为游离锂离子而非锂-冠醚螯合离子。

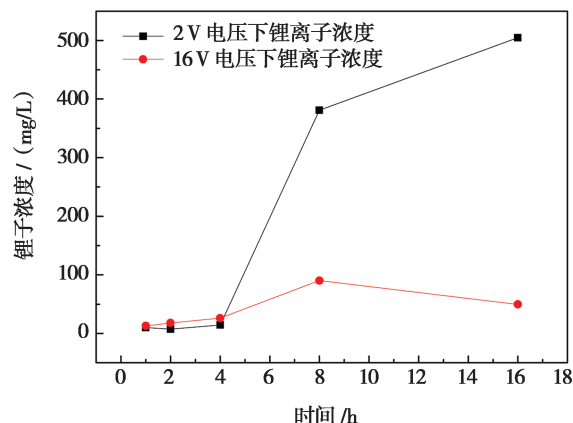


图3 不同电压下阴极液的锂离子浓度随时间的变化(PP膜)

Fig. 3 Variation of lithium isotope values in cathode solution with time under different voltages (PP membrane)

由图 3 和图 5 可以看出,使用 PP 膜时的阴极液锂离子浓度较使用 PTFE 膜时测得的阴极液锂离子浓度高,对两种不同的膜进行扫描电镜分析。由图 6 可以看出,PTFE 膜的膜孔比 PP 膜大,但是使用 PTFE 膜时,阴极液锂离子浓度低,结论与常理不符。为此,测量 PP 和 PTFE 对水的静态接触角,由图 7 发现,PP 对水的接触角为 101.73° ,PTFE 对水的接触角为 135.05° ,因此 PTFE 膜的疏

水性更强,实验过程中传质受到影响,穿过膜的锂离子通量降低,导致使用 PTFE 膜时测得的阴极液锂离子浓度较低, ^6Li 和 ^7Li 离子之间的迁移速率差异能够得到较为充分的体现,表现出一定的锂同位素分离效应,这点与日本原子能机构^[27-28]得出的锂离子迁移率越低,锂同位素分离效应越显著的结论相同。

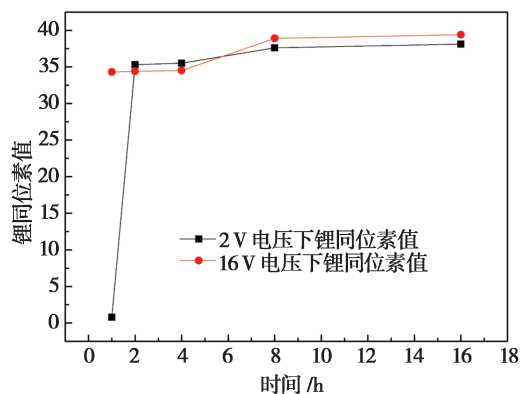


图 4 不同电压下阴极液的锂同位素值随时间的变化(PTFE 膜)

Fig. 4 Variation of lithium isotope values in cathode solution with time under different voltages (PTFE membrane)

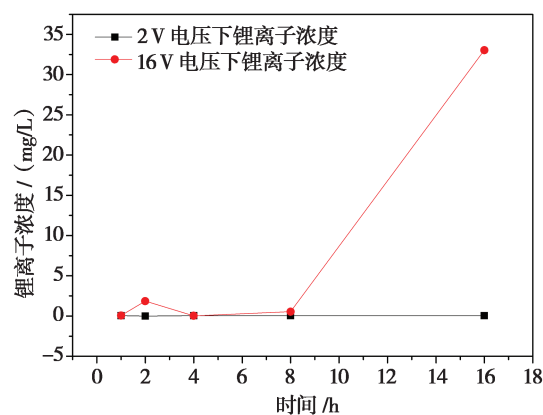


图 5 不同电压下阴极液的锂同位素值随时间的变化(PTFE 膜)

Fig. 5 Variation of lithium isotope values in cathode solution with time under different voltages (PTFE membrane)

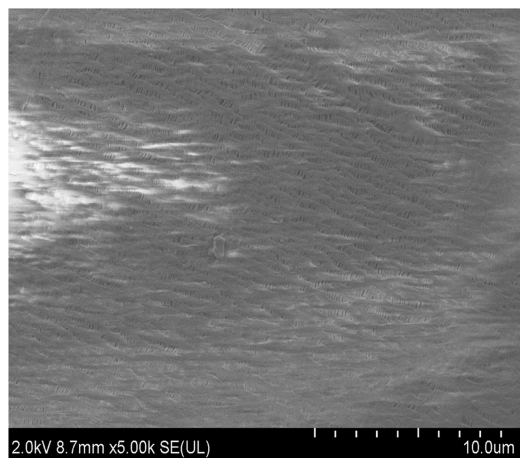
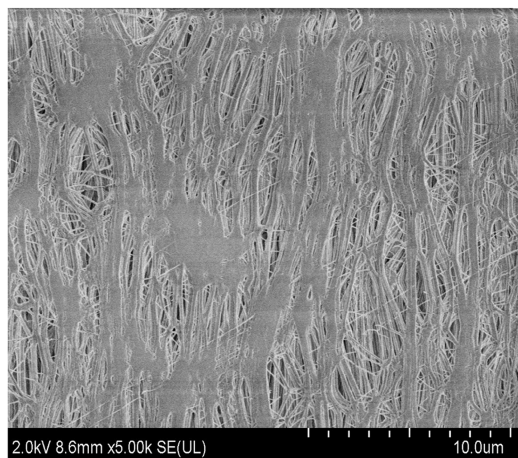


图 6 所用膜微观结构的 SEM 图(左图为 PTFE 膜,右图为 PP 膜)

Fig. 6 SEM images of the microstructures of the membrane used

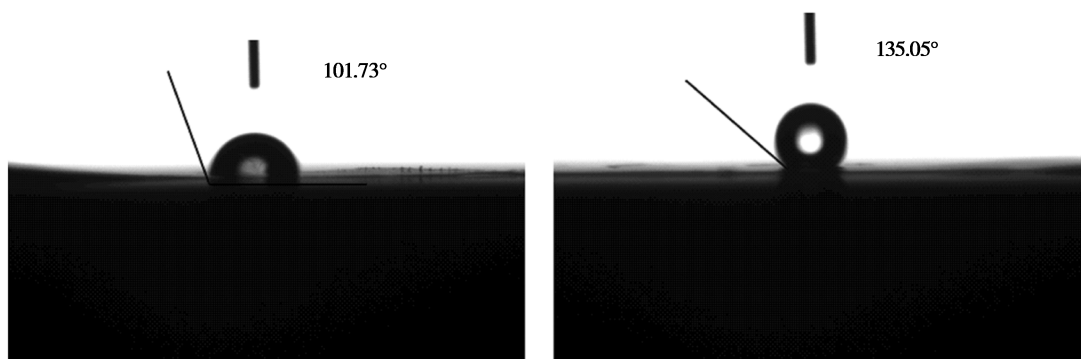


图7 不同膜材质对水的静态接触角(左图为PP,右图为PTFE)

Fig. 7 The static contact angle of different membrane materials to water

2.2 锂盐水溶液—冠醚阳极液 | 氯化铵水相阴极液用于锂同位素分离研究

测得的阴极水溶液中锂同位素值如图8所示,锂离子浓度如图9所示,实验中未观察到阳极液变色等分解现象。由图8可发现,在2 V、4 V的低电压作用下,阴极液锂同位素值低于锂盐原液的锂同位素值,且锂同位素值先增大,随后逐渐趋于平缓。低电压下,阴极液富集 ^6Li 效应逐渐减弱后趋于稳定。说明锂同位素值的变化与低压处理时间有直接关系。与锂盐原液的锂同位素值(38.3)相比要低,但是差值不大。在含大量水分的阳极液体系统中,锂离子与配位水分子的键长仅为 1.965Å ,显著短于锂离子与冠醚配位时的键长(2.26Å)^[23-26]。即使体系中存在15-冠醚-5,在冠醚与水分子的锂离子配位竞争中,锂离子—水的配位体显然更为稳定,阳极液中的锂离子主要与水分子结合。电场作用下,迁移的主体为水合锂离子,锂同位素的分离效应也相应的表现为水合 ^6Li 比水合 ^7Li 之间迁移速率的差异。低电压短时间内,由于水合 ^6Li 比 ^7Li 少一个中子,迁移速率更快,进入到阴极液中 ^6Li 的含量比 ^7Li 相对要多,因此低电压下富集 ^6Li 。随着通电时间的延长,迁入阴极液的锂离子增多,有机相中锂离子的剩余量减少,水合 ^7Li 迁入阴极液的数量也增多,因此阴极液中锂同位素值先上升后逐渐平缓, ^6Li 的富集效果与0~1 h相比降低。低电压下作用长时间的有机相中 ^6Li 数量减少,因此施加高电压后,短时间内阴极液富集 ^6Li ,随着时间延长,阴极液逐渐富集 ^7Li 。阴极水溶液中的锂离子浓度由

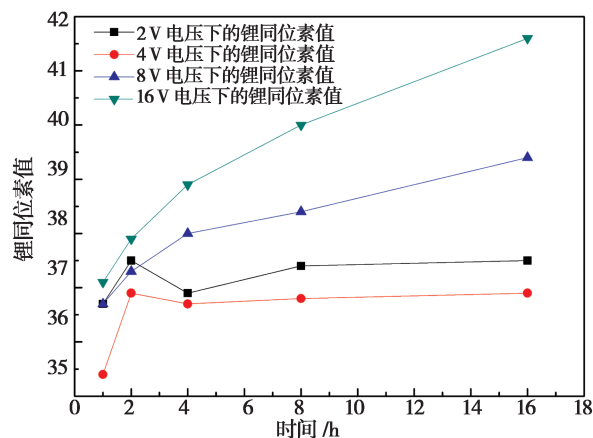


图8 在不同电压作用下阴极液中的锂同位素值随时间的变化

Fig. 8 Variation of lithium isotope values in cathode solution with time under different voltages

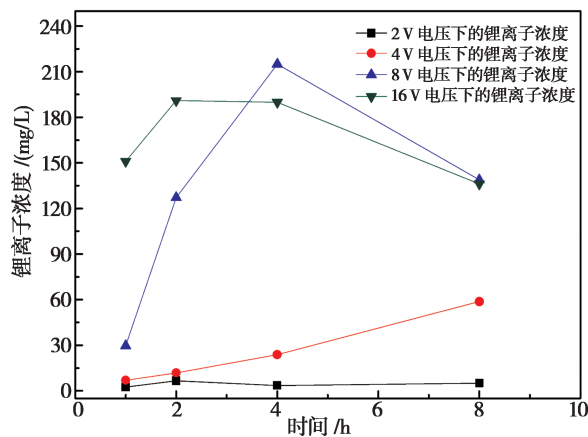


图9 不同电压下阴极液中锂离子浓度随时间的变化

Fig. 9 Changes of Li^+ ion concentration in cathode solution with time at different voltages

图 9 可看出,低电压下,锂离子浓度缓慢增加;高电压下,电场作用增强,阳极液中的锂离子受电场作用大量迁移进入阴极水溶液。随着时间的增加,阳极液中锂离子的剩余量减少,可迁移的锂离子减少,因而阴极水溶液中锂离子浓度开始下降。

3 结 论

1)以溶解了锂盐的液体冠醚(15-冠醚-5)作为阳极液,氯化铵水溶液作为阴极液,使用 PP 膜时,未测得有明显的锂同位素分离效应。而使用 PTFE 膜时,在较短时间(0~1 h)和较低电压(2 V)下, ^6Li 在阴极液中具有较好的富集效应,但富集效应随时间延长和电压升高迅速弱化。PTFE 膜极强的疏水性能造成体系的锂离子迁移通量远低于 PP 膜。

2)以锂盐水溶液和液体冠醚的混合物作为阳极液,氯化铵水溶液作为阴极液。在 4 V 以下的电压下,阴极液迁入的锂离子富集 ^6Li ,时间对锂离子迁入速率影响不大;随电压升高,阴极液迁入的锂离子转变为富集 ^7Li ,且迁入的锂离子浓度呈现先升高后降低的趋势。该实验体系中 15-冠醚-5 对锂同位素的分离无明显作用,主要利用水合 ^6Li 和 ^7Li 的迁移速率差异实现分离。

3)与课题组以萃取后负载锂离子的离子液体-冠醚体系作为阳极液的前期工作相比,本文分别以溶有锂盐的 15-冠醚-5 和溶有 15-冠醚-5 的锂盐水溶液作为阳极液,阳极液中有有机组分的分解明显得以缓解,迁入阴极氯化铵水溶液的锂离子浓度明显增高,但锂同位素分离效应减弱。其主要原因在于锂离子在本论文选用的阳极液中无法与冠醚产生有效的螯合作用,致使冠醚的选择性分离效应难以体现。

参考文献:

- [1] Xiang Y, Zhu Z, Xiang X. Problems of lithium isotope research in salt lake study[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2014, 88(S1): 165-166.
- [2] Slater J. Nuclear Wastelands: A global guide to nuclear weapons production and its health and environmental effects[J]. *Nature Medicine*. 1995, 1: 1208-1209.
- [3] National Research Council (U. S.). Nuclear waste: Technologies for separations and transmutation[M]. Washington DC: National Academies Press, 1996.
- [4] Kunugi S, Inaguma Y, Itoh M. Electrochemical recovery and isotope separation of lithium ion employing lithium ion conductive perovskite-type oxides[J]. *Solid State Ionics*, 1999, 122(1-4): 35-39.
- [5] Honda S, Shin-mura K, Sasaki K. Lithium isotope enrichment by electrochemical pumping using solid lithium electrolytes[J]. *Journal of the Ceramic Society of Japan*, 2018, 126(5): 331-335.
- [6] Klemm V A, Dahlem B. Zur phänomenologie der trennverfahren[J]. *Z Naturforsch A-Zeitschrift Für Naturforschung Section A-A Journal of Physics Sciences*, 1944, 123(1/2): 10-27.
- [7] Benarie M M. Enrichment of the ^6Li -isotope in dekagram quantities by electromigration in molten lithium chloride[J]. *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, 1961, 18: 32-41.
- [8] Okada I, Gundo K, Nomura M, et al. High enrichment of Li-6 by countercurrent electromigration in molten LiNO_3 with molten NH_4NO_3 at the cathode[J]. *Zeitschrift Für Naturforschung A*, 1986, 41(8): 1045-1050.
- [9] Yoshinobu Y, Shin S. Studies on isotope separation of lithium by electromigration in fused lithium bromide and potassium bromide mixture, (III): enrichment of lithium-6[J]. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 1970, 7(12): 631-634.
- [10] Okada I, Nomura M, Haibara T. High enrichment of ^6Li in molten nitrates by the klemm method[J]. *Z Naturforsch A-Zeitschrift Für Naturforschung Section A-A Journal of Physical Sciences*, 2013, 68(1/2): 21-38.
- [11] Barrado A I, Fernandez M, Conde E, et al. Preliminary studies of in-cell electrophoresis as ^6Li enrichment technique[J]. *Fusion Engineering and Design*, 2011, 86(9-11): 2662-2665.
- [12] Black J R, Umeda G, Dunn B, et al. Electrochemical isotope effect and lithium isotope separation[J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2009, 131(29): 9904-9905.
- [13] Okano K, Takami Y, Yanase S, et al. Lithium isotope effects upon electrochemical release from lithium manganese oxide[J]. *Energy Procedia*, 2015, 71: 140-148.
- [14] Takami Y, Yanase S, Oi T. Lithium isotope effects upon electrochemical release from lithium cobalt oxide to non-lithium electrolyte solution[J]. *Z Naturforsch A-Zeitschrift Für Naturforschung Section A-A Journal of Physical Sciences*, 2014, 69(1/2): 97-103.
- [15] Zenzai K, Yasui A, Yanase S. Lithium isotope effect accompanying electrochemical insertion of lithium into liquid gallium[J]. *Z Naturforsch A-Zeitschrift Für Naturforschung Section A-A Journal of Physical Sciences*, 2010, 65(5): 461-467.
- [16] Yanase S, Hayama W, Oi T. Lithium isotope effect accompanying electrochemical intercalation of lithium into graphite[J]. *Z Naturforsch A-Zeitschrift Für Naturforschung Section A-A Journal of Physical Sciences*, 2003, 58(5/6): 306-312.
- [17] Mouri M, Asano K, Yanase S. Lithium isotope effects accompa-

- nying electrochemical insertion of lithium into metal oxides [J]. Journal of Nuclear Science and Technology, 2007, 44(1): 73–80.
- [18] Asano K, Yanase S, Oi T. Lithium isotope effect accompanying electrochemical insertion of lithium into tin(IV) sulfide [J]. Journal of Nuclear Science and Technology, 2008, 45(S6): 24–29.
- [19] Saito S, Takami Y, Yoshizawa-fujita M, *et al.* Lithium isotope effects upon electrochemical lithium insertion to host material from ionic liquid medium [J]. Progress in Nuclear Energy, 2011, 53(7): 999–1004.
- [20] Zhang Z L, Sarswat P K, Free M L. Li isotopes concentration flux investigation under conditions of diffusion and electric field assisted migration [J]. Vacuum, 2018, 152: 291–300.
- [21] Zhang Z L, Sarswat P K, Murali A, *et al.* Investigation on lithium isotope fractionation with diffusion, electrochemical migration, and electrochemical isotope effect in PEO-PC based gel electrolyte [J]. Journal of The Electrochemical Society, 2019, 166(6): E145–E152.
- [22] Wang M Y, Sun J H, Zhang P R, *et al.* Lithium isotope separation by electromigration [J]. Chemical Physics Letters, 2020, (746): 137290.
- [23] Demin S V, Bochkarev A V, Tsivadze A Y. Calculation of lithium isotope effects in extraction systems with Benzo-15-crown-5 and its derivatives [J]. Russian Journal of Inorganic Chemistry, 2019, 64(7): 930–933.
- [24] Li C, Yang X, Wang J, *et al.* Theoretical prediction of $^6\text{Li}/^7\text{Li}$ separation in solvent extraction system using Urey model [J]. Chemical Engineering Journal, 2019, 358: 435–445.
- [25] Boda A, Ali S M, Rao H, *et al.* Ab initio and density functional theoretical design and screening of model crown ether based ligand (host) for extraction of lithium metal ion (guest): effect of donor and electronic induction [J]. Journal of Molecular Modeling, 2012, 18(8): 3507–3522.
- [26] 夏斐斐, 曾德文, 房春晖, 等. Li^+ 的水合结构和近似饱和水合层: 基于密度泛函理论的研究 [J]. 盐湖研究, 2013, 21(3): 40–48.
- [27] Tsuyoshi H, Takayuki T. High-efficiency technology for lithium isotope separation using an ionic-liquid impregnated organic membrane [J]. Fusion Engineering and Design, 2011, 86: 2168–2171.
- [28] Tsuyoshi H, Takayuki T. Basic technology for ^6Li enrichment using an ionic-liquid impregnated organic membrane [J]. Journal of Nuclear Materials, 2011, 417(1–3): 696–699.

Separation of Lithium Isotopes by Electromigration with Lithium Trifluoroacetate-15-crown-5 System

HUANG Chao-chi^{1,2,3}, SUN Jin-he^{1,2}, ZHANG Qian^{1,2,3}, ZHANG Peng-rui^{1,2,3},
WANG Ci-ming^{1,2,3}, XUE Zi-xuan^{1,2}, JIN Yan^{1,2}, JIA Yong-zhong^{1,2}

(1. Key Laboratory of Comprehensive and Highly Efficient Utilization of Salt Lake Resources,
Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China;

2. Qinghai Engineering and Technology Research Center of Comprehensive Utilization of Salt Lake Resources,
Xining, 810008, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Abstract: Lithium isotopes (^6Li and ^7Li) play an important role in the nuclear industry. At present, COLEX process is the only method to achieve large-scale industrial application of lithium isotope separation, but it is harmful to the environment because of the mercury involved. The development of a green and efficient lithium isotope separation method is of great significance to national energy security. In this work, a crown ether solution dissolved in lithium salt was prepared and used as anode solution to drive the migration of lithium ions to cathode solution by applying an electric field. Compared with lithium salt solution dissolved with 15-crown-5, it was found that introducing water molecules into the anode solution system could promote the separation of lithium isotopes. The effect of different membrane on the separation of lithium isotopes was also investigated, and it was found that the separation effect was better in a short time when strong hydrophobic membrane was used.

Key words: Lithium isotope separation; 15-crown-5; Electromigration; Hydration