

我国盐湖卤水提锂工程化现状及存在问题

冯跃华

(化工部长沙设计研究院,湖南 长沙 410016)

摘 要:我国盐湖卤水中锂资源储量丰富,具有很好的开发利用前景.为了加快盐湖碳酸锂产业的发展,为我国提供紧缺的碳酸锂资源,我国科技工作者在盐湖提锂基础研究领域取得卓有成效的成果,但其产业化进程却发展缓慢,主要原因是过去对该领域重视不够、技术投入少,目前所采用工艺都存在各自的局限性:沉淀法受盐湖卤水性质影响较大,仅适合低镁锂比的卤水,应用范围受到限制;煅烧法能分离镁锂,但生产过程中产生氯化氢气体容易腐蚀设备,而且蒸发水量较大,能耗高,需对节能减排、环境保护和降低生产成本等方面进行改进;膜技术在反渗透浓缩过程中,膜易出现堵塞或损坏现象,且使用膜的成本较高,需要优化操作条件,稳定生产流程;离子吸附法处理卤水量大,其水耗、树脂消耗、动力消耗相应增大,特别是在淡水资源比较贫乏的地区受到一定程度的限制,同时在生产过程中导致树脂中毒和破碎等问题还需解决.所以,我们加强盐湖学基础研究的同时更应加快提锂技术的产业化进程研究.

关键词:盐湖;碳酸锂;工程化

中图分类号:TD985

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2013.05.003

0 引 言

随着新能源、新材料产业的快速发展,锂这种在高性能电池、航空航天、核聚变发电等领域^[1-2]都具有重要作用的资源越来越受到世界各国的重视,锂及锂盐的战略资源地位得到逐步提升.目前世界碳酸锂的年需求在 10 万 t 左右,而产量仅为 8.44 万 t,存在较大的缺口^[3].自然界,锂资源主要赋存于固体矿石和液体卤水中.过去,我国对盐湖卤水提锂不够重视、技术投入太少,多年来,我国的锂盐生产仍以锂辉石、锂云母等含锂矿石为主.由于盐湖卤水提锂具有资源量大、成本低、工艺流程短等优点,且随着固体锂矿资源日益枯竭,盐湖卤水已逐渐成为锂资源的主要来源,国外从锂矿石提锂工业已逐步被淘汰^[4].据统计,2007 年我国卤水提锂仅占全部锂生产的 25%,而国外 2003 年这一比例已经占达到 91.2%^[5].我国是锂资源储量较丰富的国家之一,已探明的锂资源储量居世界第二位,其中液态锂矿资源占总资源的 79%^[6].为了加快盐湖碳酸锂产业的快速发展,开发利用我国盐湖锂资源,我国科技工作者以及工程建设人员进行了卓有成效的努力,已获得工程化成果,但相比国外先进经验还远远不够.本文从工程化的角度出发,通过论述我国盐湖锂资源分布特点,分析总结我国盐湖提锂技术现状,介绍国内外工

程化装置,希望能为行业同仁进行相关开发建设工作提供借鉴.

1 我国盐湖锂资源分布特点

我国盐湖卤水锂工业储量约为 320 万 t,大部分蕴藏于西北青藏高原的盐湖里^[7].含锂卤水按阴离子分可分为碳酸盐型、氯化物型和硫酸盐型三种,目前三种盐湖卤水提锂的工程化程度均处于不同程度的进展中,比较有代表性的是西藏扎布耶盐湖与青海的柴达木盆地.扎布耶盐湖是世界上锂资源储量超百万吨的超大型盐湖之一,柴达木盆地盐湖锂盐也极其丰富.柴达木盆地大型卤水矿主要有东台吉乃尔和西台吉乃尔、一里坪盐湖.这些盐湖锂盐储量及其含量见表 1^[8].

2 我国盐湖卤水提锂技术现状

盐湖卤水提取分离锂的方法在许多文献资料中都有详细综述^[9-11].概括起来主要有蒸发结晶法、沉淀法、溶剂萃取法、离子交换吸附法,还有煅烧盐析法、浸取法、“许氏”法等方法.其中,沉淀法、吸附法、溶剂萃取法是当前盐湖卤水提锂的较成熟方法,已应用于锂盐的工业生产.此外,离子交换法能从锂的稀溶液中选择性的提取锂,关键是找到一种对锂有特殊选择性的吸附剂.针对低品位含锂卤水,由于离子交换法具有富集效率高、

分离因数大、可重复利用、能源消耗小等多项优点,因而近年来该法有了较大的进展^[12-13]。

表 1 我国主要盐湖锂资源储量及含量

Table 1 Lithium resources and content of main salt lake in china

	青海柴达木盆地				西藏扎布耶		
	察尔汗	大柴旦	东台吉乃尔	西台吉乃尔	一里坪	南湖	北湖
锂离子浓度 $w/\%$	0.003 1	0.016	0.085	0.022	0.021	0.111	0.146
锂资源储量 (以 LiCl 计)/万 t	995	24.3	55.3	178.4	267.7	837	

虽然有如此多的研究成果,但真正能够在我国盐湖卤水提锂领域走向工业化的技术屈指可数.我国的盐湖卤水提锂,根据当地盐湖资源状况和地理气候条件采用不同的工艺路线,除了西藏扎布耶、青海东、西台吉乃尔盐湖与察尔汗盐湖有工业化生产装置外,其它各地都还处于开发、试验或示范研究阶段。

3 盐湖提锂工程化现状与工业化进程

3.1 国外盐湖提锂资源开发现状与工业化进程

目前,世界上碳酸锂的产能主要集中在智利 SQM 公司、德国 Chemetall 公司和美国 FMC 公司这三家公司手中,三家约占全部产量的 73%,他们的碳酸锂产品全部来自于盐湖.其中,SQM 公司与 Chemetall 公司资源来源于智利的阿塔卡玛盐湖,阿塔卡玛盐湖是世界锂盐产品第一大生产基地。

SQM 公司是世界上最大的盐湖卤水锂开发公司,上世纪 90 年代该公司在智利安托法加斯塔市建成一座碳酸锂厂,后经扩产生产能力达到 4 万 t/a,占世界市场的 30%^[14].其生产采用沉淀法工艺^[15],其基本工艺流程为:将析钾后含锂 1% (质量分数,下同)左右的盐田卤水继续浓缩至锂含量 6% (LiCl 38%)左右,采用萃取法除去硼,再分两步除镁,富锂卤水经净化后用 Na_2CO_3 为碳源沉淀制得碳酸锂。

德国 Chemetall 公司从 1923 年便开展锂产品的生产,是锂系列产品最早的生产企业.公司通过收购智利锂业 (SCL) 公司和美国 Cyprus Foote 矿物公司,拥有锂资源.公司碳酸锂生产能力约 2.7 万 t/a,所用的工艺主要为^[16]:含锂卤水通过天然蒸发使母液中的锂离子浓缩 20 倍,其锂浓度为 0.6%,加入 Na_2CO_3 沉淀出碳酸锂,该工艺还可联产硼和钾。

美国 FMC 公司采用具有自主知识产权的选择性净化吸附法开发阿根廷翁布雷穆埃尔托盐湖,其碳酸锂生产能力为 1 万 t/a.,氯化锂生产

能力为 1 万 t/a.碳酸锂采用的基本流程为:采用选择性吸附树脂从平均含量 0.065% 的卤水中提取锂,再经脱附、沉淀、过滤、干燥等工艺过程制得碳酸锂^[10]。

3.2 国内盐湖提锂资源开发现状与工业化进程

相比国外能够利用经典的沉淀法从卤水中大规模开采锂,我国盐湖卤水,除扎布耶外其他盐湖镁锂比都较高,提锂技术难度大,成本高.迄今为止,我国已投资建设成功了部分盐湖提锂工业化生产装置,主要集中在西藏扎布耶盐湖和青海东、西台吉乃尔湖与察尔汗盐湖。

西藏扎布耶盐湖卤水为碳酸盐型,锂以天然碳酸锂形态存在,镁离子含量极低,资源类型独特,在国内外尚属首例.但卤水中的碳酸锂难以富集,且受当地外部建设条件不足的制约。

西藏扎布耶盐湖开发工艺路线采用郑绵平院士课题组提出的、具有独立知识产权的技术——太阳池技术^[17-18],由西藏扎布耶锂业高科技有限公司独家开发,具体工艺如下:盐湖地表卤水析盐至钾盐饱和后清除部分泡碱和芒硝,再继续蒸发至 Li_2CO_3 接近饱和.利用太阳池原理升温加热接近饱和的 Li_2CO_3 卤水,使锂结晶析出,制得品位为 65% 碳酸锂粗产品.锂粗产品被送往精制锂厂精加工,制得合格产品.其工艺流程如图 1 所示。

扎布耶盐湖锂资源项目于 2003 年动工,受当地地理气候条件和交通条件限制,项目建设地分西藏仲巴县扎布耶湖区和甘肃白银市两处.湖区负责生产碳酸锂粗产品,白银锂厂负责精加工生产工业级碳酸锂或一水氢氧化锂,生产规模为年产 5 000 t^[19].2004 年项目建成投产,产出了 600 t 碳酸锂精矿^[15].2012 年,公司开始进行二期工程建设,新增精矿生产能力 1.8 万 t/a (以 Li_2CO_3 65% 计),年产锂精矿 1.62 万 t.这是在我国首次采用太阳池技术生产碳酸锂,其工艺简单、生产成本低、产品质量好。

西藏扎布耶碳酸锂生产线的成功建成标志着我国盐湖提锂工艺取得了阶段性突破,但由于其

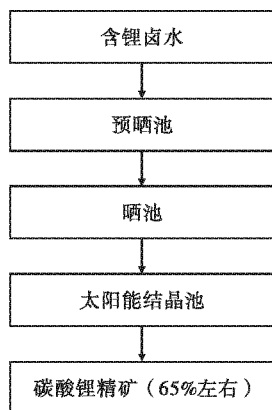


图1 太阳能结晶池法从盐湖卤水中提取碳酸锂
生产工艺流程简图

Fig. 1 Flow chart of extracting lithium carbonate
from salt lake brine by solar pond method

资源具有独特性,限制了该技术在其他盐湖应用中的推广。

另一产业化基地在青海东、西台吉乃尔盐湖,该湖锂离子含量较高,但是其镁锂比高达 50,在高镁锂比的卤水中分离制备碳酸锂是世界难题,也是东、西台吉乃尔盐湖提锂工艺的关键环节。

西台吉乃尔盐湖由中信国安集团公司开发,采用了具有自主知识产权的“煅烧法”来分离锂、镁^[20]。主要工艺为:以提钾、提硼后的含锂和氯化镁的饱和卤水为原料,采用喷雾干燥、煅烧、加水浸取、洗涤、沉淀的工艺流程,从高镁锂比盐湖卤水中分离镁锂,获得了优质的碳酸锂、高纯氧化镁及副产品工业盐酸。该工艺的主要优点是能够分离高镁锂比的卤水成分,一套工艺,可同时分离出锂、硼、镁产品。存在的问题是副产大量稀盐酸,生产过程中产生酸雾污染,煅烧产生的镁资源利用还需要进一步研究。其工艺流程示意图如图 2 所示。

青海中信国安科技发展有限公司西台吉乃尔盐湖碳酸锂项目于 2006 年开工建设,2007 年其碳酸锂车间建成投产,生产出合格的碳酸锂产品。2011 年,硼酸车间建成投产,生产出合格的硼酸产品。计划 2013~2014 年建成粗氧化镁车间。用 3~5 年时间建成年产工业碳酸锂 1 万 t/a、精硼酸 1 万 t/a、粗氧化镁 2 万 t/a 生产规模的综合加工厂。目前,由于项目开发难度大,生产环节不太稳定,盐湖资源综合开发进度总体低于预期。

东台吉乃尔也是一个高镁锂比盐湖,提锂工艺复杂。青海中信国安科技发展有限公司在该盐湖钾、锂、硼综合资源开发过程中,根据盐湖特点,采用了具有自主知识产权的硼、镁共沉淀反循环工艺^[21]。并于 2004 年开始建设年产 500 t 碳酸锂

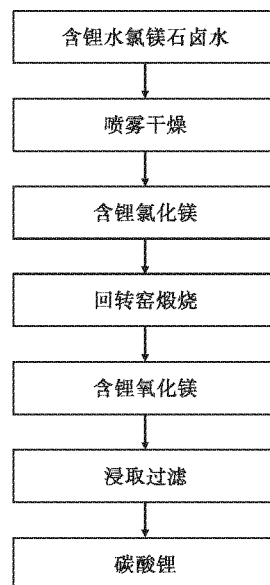


图2 煅烧法从盐湖卤水中提取碳酸锂生产工艺流程图

Fig. 2 Flow chart of extracting lithium carbonate
from salt lake brine by calcinations method

试验装置,2005 年进入试生产阶段,2006 年由青海省科技厅组织了成果鉴定,成果鉴定结论为成果整体技术达到国际先进水平。

中信国安在东台吉乃尔和西台吉乃尔的各 1 万 t/a 的碳酸锂装置经过两年的技术改造,已于 2010 年达产,但由于装置生产过程中需用天然气作为煅烧能源,而近几年能源的涨价导致成本比设计阶段大幅度增加。

针对东台吉乃尔盐湖卤水特点,中国科学院青海盐湖研究所和西北大学对此也进行了深入研究^[10,22-23]。青海锂业有限公司采用中国科学院盐湖研究所的多级膜分离专利技术^[24],在东台吉乃尔建设年生产规模为工业碳酸锂 3 000 t 生产装置。其采用的技术路线是:首先卤水中镁锂比通过采用膜分离技术被大大提高,然后加入碳酸钠沉淀锂制备得碳酸锂。2010 年,公司将碳酸锂产能扩大到 1 万 t。该方法实现了无高温和高腐蚀、无废气、无废渣排放的规模化清洁生产,但膜设备的选型限制了生产规模的扩大,尚有优化的必要。

青海察尔汗盐湖每年提钾后排放的老卤中锂盐储量约为 30 万 t,但含量低、分布较分散。为综合利用卤水资源,青海盐湖集团公司采用了与核工业北京冶金化工研究院共同研发的吸附法卤水提锂工艺技术^[25-26],以察尔汗盐湖卤水提钾后的老卤为原料生产工业碳酸锂。其工艺包括树脂吸附、洗脱、提取液浓缩、 Li_2CO_3 的制备等过程,采用的吸附剂系自主研发。年产 1 万 t 碳酸锂工程于 2007 年 6 月在察尔汗盐湖开工建设^[25]。与其他卤水提锂技术相比,该技术具有工艺创新,环保、经

济和锂回收率高等特点,但由于卤水处理量大,且生产过程中需用大量淡水洗脱,导致生产过程中水耗、树脂消耗和动力消耗大.由于青海察尔汗盐湖淡水量少,且昼夜温差大的特点,自主开发的树脂对温度大幅度变化的适应性不够,树脂易破碎.2010年,该公司与佛山照明上市公司合作,采用俄罗斯树脂技术,目前装置正在调试中,受树脂产量生产的限制,现已装填了16个吸附塔,目前产量达到月产100 t.预计达产后其生产成本与SQM公司基本接近.其工艺流程示意图如图3所示.

化工部长沙设计研究院长期以来一直从事我国盐湖提锂工程化装置设计与研究工作,青海中信国安东、西台吉乃尔盐湖碳酸锂工业试验装置及1万t/a煅烧法碳酸锂装置、青海盐湖集团1万t/a吸附法碳酸锂装置均由化工部长沙设计研究院进行工程化研究和工程设计,工艺设计软件包均由该院开发.东台吉乃尔盐湖碳酸锂装置工业试验装置规模为500 t,放大倍数为500,生产装置规模为1万t,放大倍数为20.盐湖集团1万t/a吸附法碳酸锂装置生产装置规模为1万t,放大倍数为50.

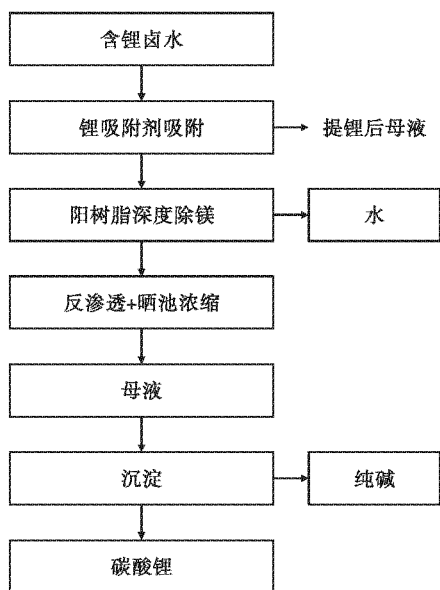


图3 吸附法从盐湖卤水中提取碳酸锂生产工艺流程图

Fig. 3 Flow chart of extracting lithium carbonate from salt lake brine by adsorption method

青海中信国安东、西台吉乃尔盐湖1万t/a煅烧法碳酸锂装置已于2010年达标达产,青海盐湖集团1万t/a吸附法碳酸锂装置由于吸附树脂生产周期较长,目前原设计吸附塔装填量尚不够10%,因而设备处于调试和安装阶段.另外,长沙院正在进行西藏扎布耶、扎仓茶卡、结则茶卡、查波错等盐湖的锂资源的工程化研究与设计.

目前,化工部长沙设计研究院将锂盐浮选技术与传统盐湖化工工艺结合,研发出新型专有技术,并成功应用于盐湖卤水碳酸锂、硫酸锂的提取中,此法大大提高了资源利用率,降低了开发成本.该法最大的特点是非常适合于基础条件与原材料不足的青藏高原腹地盐湖锂资源开发.技术现处于中试阶段,有望在近两年内实现大的突破.

4 我国盐湖提锂产业化进程中存在的问题

迄今,虽然我国盐湖锂资源丰富,具有很好的开发利用前景,但开发进程未能满足日益增长的市场需求,加快国内盐湖提锂研究和产业化进程,摆脱国外垄断集团对锂产品价格的控制,将我国由锂盐进口国变成出口国,尽快参与国际锂盐的竞争,成为我国盐湖科技工作者当前的重要课题.近年来,我国科技工作者在盐湖提锂技术研发方面已取得很大进步,但工业化成果却屈指可数,即使工业化的装置也多因为生产技术原因产量达不到设计产能或是成本过高.因此,努力完善工业化实验技术成果、建成适应当地自然环境条件的盐湖卤水提锂大规模生产工艺装置、扩大工业化成果是当前我国利用盐湖资源提锂的主要内容.

西藏扎布耶盐湖具有很好的资源优势,但是受恶劣的地理气候和交通条件的制约,目前只生产锂产品,盐湖卤水中钾、硼等有开发价值的资源未得到利用,资源的综合利用率低,也造成环境影响.

煅烧法能让高镁锂比的盐湖卤水实现镁锂的分离.不足之处是生产过程中产生氯化氢气体容易腐蚀设备,而且蒸发水量较大,能耗高.后续还需对节能减排、环境保护和降低生产成本等方向进行考虑.

膜技术目前主要出现的问题是,在反渗透浓缩过程中,膜易出现堵塞或损坏现象,且使用膜的成本较高.在今后使用中,需要优化操作条件,稳定生产流程.

离子吸附法适用于离子浓度低的盐湖卤水直接提锂,但由于处理卤水量大,其水耗、树脂消耗、动力消耗相应增大,特别是在淡水资源比较贫乏的地区受到一定程度的限制,同时在生产过程中导致树脂中毒和破碎等问题还需解决.因此,优良性能的吸附剂的研究是该工艺突破的关键.

5 结 语

我国探明的锂资源总储量居世界第二位,但

锂产量只占全球总产量的5%左右,是锂产品的净进口国,因此还需要我国科研工作者与工程建设者的共同努力。国内外学者已经报道了很多盐湖提锂的方法,并且已经应用于提锂实验中,加强盐湖学基础研究的同时更要加快提锂技术的产业化进程研究,如何将研究成果转化为生产力同样值得广大科技工作者重视。

致谢

宁晚云高级工程师、谢超高级工程师为本文提供修改意见,化工部长沙设计研究院为本课题提供资金支持,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 张文毓. 锂产业技术经济综合分析[J]. 金属世界, 2010(1):64-67.
Zhang Wen-yu. Comprehensive Economic Analysis of Lithium Industrial Science and Technology[J]. Metal World, 2010(1):64-67. (in Chinese)
- [2] 刘元会, 邓天龙. 国内外从盐湖卤水中提锂工艺技术研究进展[J]. 世界科技研究与发展, 2006, 28(5): 69-75.
Liu Yuanhui, Deng Tianlong. Progresses on the Process and Technique of Lithium Recovery from Salt Lake Brines Around the World[J]. World Science R&D, 2006, 28(5): 69-75. (in Chinese)
- [3] 郑绵平. 论中国盐湖[J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 181-189.
Zheng Mianping. On Saline Lakes of China [J]. Mineral Deposits, 2001, 20(2): 181-189. (in Chinese)
- [4] 王卫东, 曹茜. 国内盐湖卤水提取碳酸锂生产工艺及现状[J]. 盐湖研究, 2010, 18(4): 52-61.
Wang Wei-dong, CAO Qian. Production Process and Current Situation of Lithium Carbonate Extraction from Salt Lake Brine in China [J]. Journal of Salt Lake Research, 2010, 18(4): 52-61. (in Chinese)
- [5] 申军, 戴斌联. 盐湖卤水锂矿资源开发利用及其展望[J]. 化工矿物与加工, 2009, 38(4): 1-4, 7.
SHEN Jun, DAI Bin-lian. Status quo of salt lake brine lithium resources and prospect of its exploitation and application[J]. Industrial Minerals & Processing, 2009, 38(4): 1-4, 7. (in Chinese)
- [6] 汪镜亮. 卤水锂资源提锂现状[J]. 化工矿物与加工, 1999, 28(12): 1-5.
Wang Jing-liang. The Present Status of Lithium Extraction from Li-bearing Brines [J]. Industrial Minerals & Processing, 1999, 28(12): 1-5. (in Chinese)
- [7] 郑绵平, 刘喜方. 中国的锂资源[J]. 新材料产业, 2007(8): 13-16.
- [8] 郑春辉, 董殿权, 刘亦凡. 卤水锂资源及其开发进展[J]. 盐业与化工, 2006, 35(6): 38-42.
ZHENG Chun-hui, DONG Dian-quan, LIU Yi-fan. Lithium Resources and the Progress of Their Exploitation Techniques [J]. Journal of Salt and Chemical Industry, 2006, 35(6): 38-42. (in Chinese)
- [9] 潘立玲, 朱建华, 李渝渝. 锂资源及其开发技术进展[J]. 矿产综合利用, 2002(2): 28-32.
PAN Li-ling, ZHU Jian-hua, LI Yu-yu. Lithium Resources and the Progress of their Exploitation Techniques [J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2002(2): 28-32. (in Chinese)
- [10] 钟辉, 周燕芳, 殷辉安. 卤水锂资源开发技术进展[J]. 矿产综合利用, 2003(1): 23-28.
ZHONG Hui, ZHOU Yan-fang, YIN Hui-an. Progress in Technology for Extracting Lithium from Li-bearing Brine Resources [J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2003(1): 23-28. (in Chinese)
- [11] 李海民, 程怀德, 张全有. 卤水资源开发利用技术述评[J]. 盐湖研究, 2003, 11(4): 52-56.
LI Hai-min, CHEN Huai-de, ZHANG Quan-you. Evaluation of the Technologies of Comprehensive Utilization and Exploitation Salt Resource [J]. Journal of Salt Lake Research, 2003, 11(4): 52-56. (in Chinese)
- [12] 袁俊生, 纪志永. 海水提锂研究进展[J]. 海湖盐与化工, 2003, 32(5): 29-33.
YUAN Jun-sheng, JI Zhi-yong. The Progress of Extracting Lithium from Seawater [J]. Sea-lake Salt and Chemical Industry, 2003, 32(5): 29-33. (in Chinese)
- [13] 董庆洁, 邵世香, 郭星, 等. 离子筛型锂离子吸附剂的制备[J]. 海湖盐与化工, 2005, 34(6): 6-8.
Dong Qing-Jie, SHAO Shi-Xiang, GUO Xing, et al. Preparation for Ionic Sieve Type Lithium Absorbent [J]. Sea-lake Salt and Chemical Industry, 2005, 34(6): 6-8. (in Chinese)
- [14] 常启明. 世界卤水提锂发展概况[J]. 新疆有色金属, 1994(4): 40-44.
- [15] Harben P, Edwards G. Minsal Lithium Carbonate: metamorphosis for lithium[J]. Industrial Minerals, 1997(2): 25.
- [16] 肖明顺. 智利锂公司(SCL)简介[J]. 新疆有色金属, 1997(1): 49-51.
- [17] 乜贞, 卜令忠, 郑绵平. 中国盐湖锂资源的产业化现状——以西台吉乃尔盐湖和扎布耶盐湖为例[J]. 地球学报, 2010, 31(1): 95-101.
NIE Zhen, BU Ling-zhong, ZHENG Mian-ping.

- Lithium Resources Industrialization of Salt Lakes in China; a Case Study of the Xitaijinaier Salt Lake and the Zabuye Salt Lake [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2010, 31(1): 95-101. (in Chinese)
- [18] 余疆江, 郑绵平, 伍倩. 富锂盐湖提锂工艺研究进展[J]. *化工进展*, 2013, 32(1): 13-21.
YU Jiangjiang, ZHENG Mianping, WU Qian. Research progress of lithium extraction process in lithium-containing salt lake [J]. *Chemical Industry and Engineering Progress*, 2013, 32(1): 13-21. (in Chinese)
- [19] 黄维农, 孙之南, 王学魁, 等. 盐湖提锂研究和工业化进展[J]. *现代化工*, 2008, 28(2): 14-17, 19.
HUANG Wei-nong, SUN Zhi-nan, WANG Xue-kui, et al. Progress in industrialization for lithium extraction from salt lake [J]. *Modern Chemical Industry*, 2008, 28(2): 14-17, 19. (in Chinese)
- [20] 祝增虎, 朱朝梁, 温现明, 等. 碳酸锂生产工艺的研究进展[J]. *盐湖研究*, 2008, 16(3): 64-72.
ZHU Zeng-hu, ZHU Chao-liang, WEN Xian-ming, et al. Progress in Production Process of Lithium Carbonate [J]. *Journal of Salt Lake Research*, 2008, 16(3): 64-72. (in Chinese)
- [21] 杨建元, 夏康明. 用高镁含锂卤水生产碳酸锂、氧化镁和盐酸的方法: 中国, 1724372[P]. 2006-01-25.
- [22] 宋彭生. 盐湖及相关资源开发利用进展[J]. *盐湖研究*, 2000, 8(1): 1-16.
SONG Pengsheng. Comprehensive Utilization of Salt Lake and Related Resources [J]. *Journal of Salt Lake Research*, 2000, 8(1): 1-16. (in Chinese)
- [23] 张逢星, 李君, 魏小兰, 等. 西部含锂、钾、镁、硼盐卤资源水盐体系相化学研究[J]. *盐湖研究*, 2002, 10(3): 20-25.
ZHANG Feng-xing, LI Jun, WEI Xiao-lan, et al. Study on the Phase Chemistry of the Salt-water System of Western Lithium, Potassium, Magnesium and Boron Containing Bittern Resources [J]. *Journal of Salt Lake Research*, 2002, 10(3): 20-25. (in Chinese)
- [24] 马培华, 邓小川, 温现明. 从盐湖卤水中分离镁和浓缩锂的方法. 国家发明专利: CN 1626443[P], 2005.
- [25] 付浩. 盐湖集团万吨级碳酸锂项目启动[N]. *中国化工报*, 2007-06-26.
- [26] 何力, 陈儒庆, 徐海运, 等. 用吸附法从察尔汗盐湖卤水中提取锂[J]. *湿法冶金*, 2003, 22(3): 118-128.
HE Li, CHEN Ru-qing, XU Yun-hai, et al. Extraction of Lithium from Chaerhan Saltlake Brine by Adsorption [J]. *Hydrometallurgy of China*, 2003, 22(3): 118-128. (in Chinese)

Current status and existing problems in industrialization for lithium extraction technology from salt lake brines in China

FENG Yue-hua

(Changsha Design and Research Institute of the Ministry of Chemical Industry, Changsha 410016, China)

Abstract: The lithium resources are rich in China's salt lake, and the utilizing value are high. To speed the development of lithium extraction industrialization in our country and provide more lithium resources, the researchers and developers have achieved fruitful achievements in the basic research of extracting lithium resources from salt lake brine. However, the degree of industrialization for lithium extraction technology is low. Because of less attention and investment in the past, the used techniques have their own limitations; the precipitation method has been limited by the property of salt lake brine, it is only suitable for the salt lakes with low ratio of magnesium to lithium; the calcinations method can separate magnesium and lithium, but the hydrogen chloride gas is produced which corrodes equipments, and the evaporated water is huge, the energy consumption is high, so we should improve energy saving, environmental protection and reduce production cost; the phenomenon that membrane is blocked and damaged appears easily in the membrane technology, which costs much, this method should be improved by improving the operating condition and stabilizing production process; the adsorption method need more consumption of water, resins and energy, it isn't suitable to be used in areas lack of freshwater, meanwhile, the problems of resin poisoning and crushing should be solved. In a word, we should accelerate the study on lithium extraction industrialization, while we are strengthening basic research in this field.

Key words: salt lake; lithium carbonate; industrialization

本文编辑: 苗 变