

# 国内盐湖卤水提取碳酸锂生产工艺及现状

王卫东, 曹 茜

(湖北师范学院化学与环境工程学院, 湖北 黄石 435002)

**摘 要:** 对国内从盐湖卤水中提取碳酸锂的生产工艺及现状进行了综述, 旨在为行业同仁进行相关开发研究时参考。

**关键词:** 盐湖卤水; 碳酸锂; 生产工艺

**中图分类号:** TQ131.11

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1008-858X(2010)04-0052-10

## 1 前 言

有 21 世纪“能源新贵”之称的锂是自然界最轻、最活泼的金属元素, 是一种新能源原料。自然界中的锂资源主要赋存于花岗伟晶岩型矿床、盐湖卤水、海水及地热水中, 中国的锂资源位于世界前列。锂产品的种类有很多, 如碳酸锂、氯化锂、溴化锂、氢氧化锂等。碳酸锂作为锂产品中最重要的一种, 被广泛应用于化工、冶金、陶瓷、医药、制冷等传统行业, 还可用于制备化学反应的催化剂, 素有“工业味精”之称。近年来, 随着科技的不断进步, 碳酸锂已经逐步应用于能源、军工、航空航天、核工业等领域, 被许多国家视为重要的战略物资。碳酸锂最大的消费市场是用于玻璃制造和陶瓷生产过程中的添加剂和助熔剂。进入 21 世纪以来, 国际社会一直在新的清洁能源来取代石油、煤炭等传统能源。碳酸锂作为理想的储能材料, 可以用来生产手机电池、动力电池、储能电池等高科技产品, 其中利用碳酸锂制成的锰酸锂产品, 由于具有零污染、重量轻、电化学性能好, 被认为是目前最适合生产汽车动力电池的原料。随着电动汽车市场的不断成熟, 碳酸锂的市场需求有望出现爆炸性的增长, 市场前景十分广阔。随着

我国锂电池产业的高速发展, 国内对碳酸锂的需求每年呈 10% 的速度递增。所以, 加快碳酸锂的研发与生产, 尽快推动其工业化利用就显得尤为迫切。

我国是世界上盐湖锂资源最丰富的国家之一。主要分布在西藏和青海的盐湖地区, 其中西藏的锂资源主要赋存于碳酸盐型盐湖中; 青海的锂资源主要赋存于硫酸盐型盐湖中。青海盐湖锂储量居全国首位, 占全国已探明锂储量的 90% 以上。青海盐湖锂资源具有储量大、品位高等特点。我国最大的盐湖——察尔汗盐湖位于青海省西部的柴达木盆地, 也是世界上最著名的内陆盐湖之一, 含有丰富的锂资源。青海盐湖还分布在茶卡、达布逊、大柴旦、小柴旦等地区。中国盐湖锂资源储量占世界盐湖锂资源的 1/3 具有极高的开采价值和巨大的潜在经济价值。尽管中国的锂资源位于世界前列, 但是受制于工艺技术的缺憾, 多年来盐湖碳酸锂的生产处于探索试验阶段。近年来, 我国正逐步加强盐湖化工生产, 正不断研究出盐湖卤水提取碳酸锂的新生产工艺技术<sup>[1]</sup>。

本文针对国内盐湖卤水提取碳酸锂的生产工艺及现状进行归纳与总结, 旨在为行业同仁进行相关开发研究时参考, 以期待我国盐湖碳酸锂的生产快速发展。

收稿日期: 2010-07-07 修回日期: 2010-08-30

基金项目: 湖北省教育厅重点科研项目 (D20082202) 资助

作者简介: 王卫东 (1964-) 男, 教授, 主要研究方向为溶液化学, E-mail wangwd007@163.com

2 国内盐湖卤水提取碳酸锂生产工艺综述

生产提取碳酸锂主要有矿石提锂和盐湖提锂两种方式。一直以来我国的碳酸锂生产主要是矿石提锂, 生产成本较高。而从盐湖卤水中提锂, 工艺简单, 成本低, 已逐渐取代锂矿石生产锂。据统计<sup>[2]</sup>, 盐湖卤水锂资源储量约占锂资源总量的 70% ~80%, 因此盐湖卤水提取碳酸锂将成为锂盐生产的主攻方向。纵揽国内从盐湖卤水中提取碳酸锂的生产工艺方法, 主要有沉淀法、萃取法、离子交换吸附法、碳化法、煅烧浸取法和电渗析法等。其中沉淀法、萃取法、离子交换吸附法和碳化法研究较广泛深入, 是主要盐湖卤水提取碳酸锂的方法, 从盐湖卤水

中提取碳酸锂在工业上一般都是采用蒸发—结晶—沉淀法<sup>[1]</sup>。

2.1 沉淀法

沉淀法是已经实现工业化由盐湖卤水加入碳酸钠等沉淀剂制取碳酸锂的方法。基本原理是在蒸发池中将含锂卤水蒸发浓缩, 再酸化脱硼, 然后分离剩余的硼及钙、镁离子, 再加入碳酸钠等使锂以碳酸锂的形式沉淀析出, 最后经过干燥制得碳酸锂产品。沉淀法主要包括碳酸盐沉淀法和铝酸盐沉淀法等<sup>[2]</sup>。

1 碳酸盐沉淀法 碳酸盐沉淀法从盐湖卤水中提锂是最早研究并已在工业上应用的方法。该方法是将工业纯碱加入浓缩的盐湖卤水中使锂以碳酸锂形式析出<sup>[1-2]</sup>。此法适宜于低镁锂比的盐湖卤水提锂<sup>[1]</sup>。

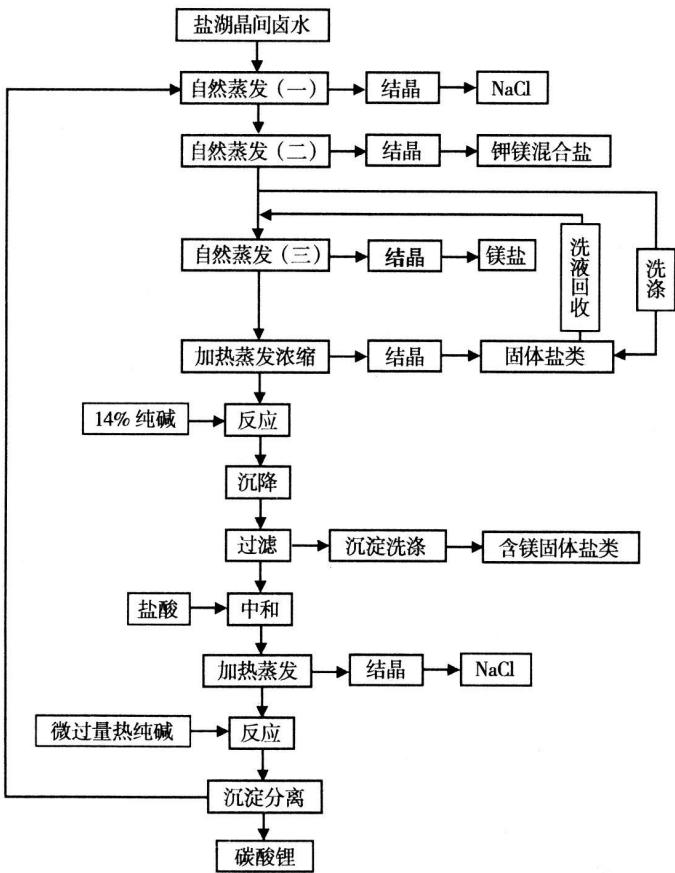


图 1 从高镁/锂比盐湖卤水中提取碳酸锂的生产工艺流程图

Fig. 1 Flow chart for production of lithium carbonate from high Mg/Li ratio salt lake brine

公等<sup>[3]</sup> 将高镁锂比盐湖卤水在 40 ~ 100 °C 范围内控制达到过饱和浓度, 加入碳酸钠, 振荡, 静置, 同步分离出碳酸镁和碳酸锂, 脱水, 精制。此方法可以在盐湖区直接一步分离出碳酸锂, 大大减少了运输量, 工艺中不用淡水, 分离步骤简单、快速、生产成本降低。国内陆增等<sup>[1-4]</sup> 利用日晒蒸发池对盐湖晶间卤水进行自然蒸发浓缩, 分段结晶分离, 再加入沉淀剂, 与  $Mg^{2+}$  形成难溶盐, 液相除镁, 料液经调节 pH 值, 蒸发浓缩, 使  $NaCl$  结晶析出; 再加入纯碱做为沉淀剂, 制得碳酸锂产品。具体生产工艺流程见图 1。

2 铝酸盐沉淀法 铝酸盐沉淀法包括铝酸钠沉淀法和铝酸钙沉淀法。此方法基本原理是无定型铝酸盐对卤水中的锂具有高效选择沉淀作用, 形成  $LiCl \cdot 2Al(OH)_3 \cdot nH_2O$  的复合物, 从而达到分离回收锂的目的。所得到的含锂沉淀物, 经焙烧浸取获得氯化锂溶液和氧化铝, 用石灰乳和纯碱去除氯化锂溶液中的镁、钙等杂质, 蒸发浓缩, 加入碳酸钠溶液即可制得碳酸锂<sup>[5]</sup>。利用铝酸钠沉淀法从青海大柴旦盐湖饱和氯化镁卤水脱硼母液中提取碳酸锂的具体生产工艺流程见图 2<sup>[1]</sup>。

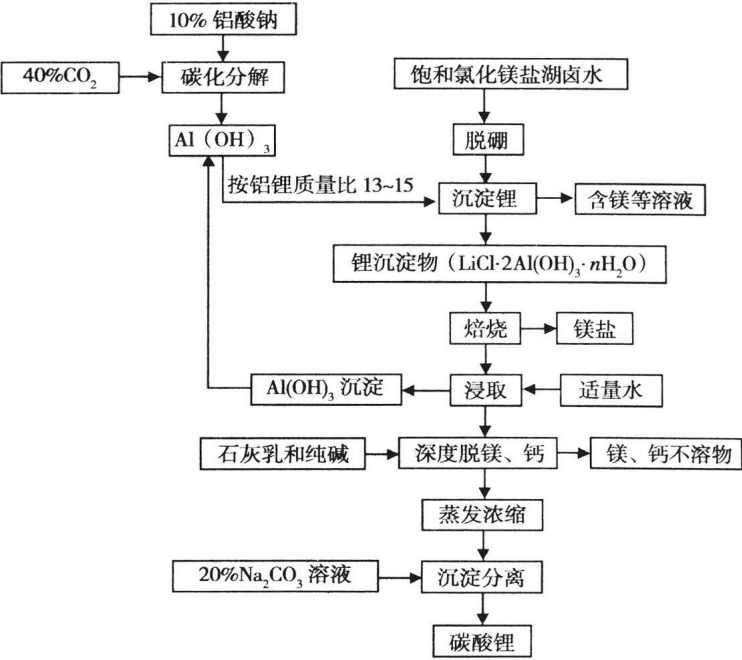


图 2 铝酸盐沉淀法从盐湖卤水中提取碳酸锂生产工艺流程图

Fig 2 Flow chart for production of lithium carbonate from salt lake brine by aluminium acid salt precipitation method

3) 硼镁、硼锂共沉淀法 硼镁共沉淀法是将盐田析出钾镁混盐后的卤水, 再经盐田脱镁, 加入氢氧化物或纯碱等沉淀剂, 在一定温度、压力和 pH 值的条件下使硼镁共沉淀并与锂分离, 然后在母液中加入  $NaOH$  深度除镁后再加入  $Na_2CO_3$ , 从而沉淀出碳酸锂。

国内钟辉等<sup>[9]</sup> 用盐田析出钾镁混盐后的卤水经盐田脱镁→硼镁共沉淀→深度除镁→沉淀制取碳酸锂。本技术解决了高镁/锂比下锂、镁、硼的分离技术难题, 为高镁盐湖卤水综合利用

锂、硼提供了新的生产方法, 本技术所得碳酸锂产品达工业一级, 锂的回收率达 80% ~ 90%。该法具有分离工序简单, 分离效率较高, 易于工业化生产等特点。

钟辉等<sup>[7]</sup> 采用的硼锂共沉淀法是将盐田析出钠、钾盐的老卤水脱  $SO_4^{2-}$  后, 自然蒸发除去镁, 再加酸进行硼锂共沉淀, 水洗, 除钙镁, 最后加入沉淀剂制取碳酸锂, 锂的回收率达 75% ~ 85%。该方法是一种硫酸亚镁型盐湖卤水锂镁分离制取碳酸锂的方法, 解决了硫酸亚镁型盐湖卤水  $Li^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $B_2O_3$  的分离技术难

题, 为高镁含量的硫酸亚 镁型盐湖卤水 (如青海台吉乃尔盐湖) 综合利用锂、硼提供了新的生产方法。具有工艺技术简单、流程短、分离率

高、锂回收率高、生产成本低的特点。具体生产工艺流程见图 3。

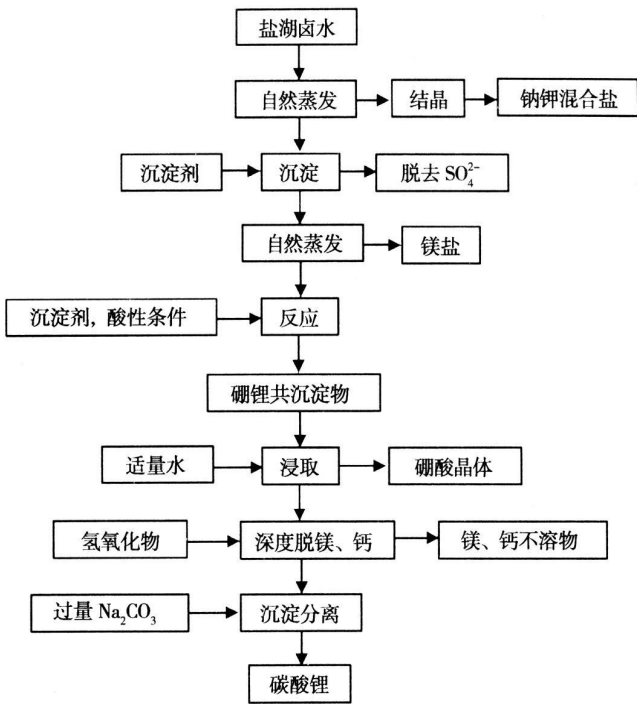


图 3 硼锂共沉淀法从盐湖卤水中提取碳酸锂生产工艺流程图

Fig 3 Flow chart for production of lithium carbonate from salt lake brine by boron lithium coprecipitation method

国内魏新俊等<sup>[8]</sup>采用了另一种硼锂共沉淀法, 工艺主要是经过一次冷冻、兑卤蒸发、一次蒸发、二次冷冻、二次蒸发, 再用过量硫酸沉淀硼锂, 把硼锂共沉淀, 水洗, 溶解后深度除钙镁, 最后加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  作为沉淀剂制取碳酸锂。该方法硼锂的回收率很高, 实用性较强。

2.2 萃取法

溶剂萃取技术是从低品位盐湖卤水中提取锂的行之有效的办法, 从卤水中萃取锂的体系有单一萃取体系和协同萃取体系两类<sup>[9]</sup>。在针对我国高氯化镁盐湖卤水体系的研究中, 国内曾研究过多种萃取剂<sup>[10-11]</sup>, 如含磷有机萃取剂、胺类萃取剂、双酮、酮、醇、冠醚混合萃取剂等。

中科院青海盐湖所于 1979 年发明了磺化煤油萃取体系, 将卤水用自然能或燃料蒸发浓缩分离析出食盐、钾盐和部分硫酸盐, 再除硼

后, 加入  $\text{FeCl}_3$  溶液形成  $\text{LiFeCl}_4$ , 用所发明的磷酸三丁酯 (TBP) — 煤油萃取体系将  $\text{LiFeCl}_4$  萃入有机相, 成为  $\text{LiFeCl}_4 \cdot 2\text{TBP}$  的萃合物, 经酸洗涤后用盐酸反萃取, 再经蒸发浓缩、焙烧、浸取、去除杂质等工序, 可得无水氯化锂, 最后加入碳酸钠生成碳酸锂<sup>[12]</sup>。具体生产工艺流程见图 4 所示<sup>[13]</sup>。

此法优点是适合从高镁锂比盐湖卤水中提取碳酸锂, 而且工艺可行; 但是在萃取工艺中需要处理的卤水量大, 对设备的腐蚀性较大, 存在萃取剂的溶损等问题, 在实施的过程中对设备材质的要求较高, 应当进一步进行工艺优化、萃取关键设备选型以及萃取剂和盐酸的循环利用等研究, 以期尽早实现工业化<sup>[9]</sup>。

2.3 吸附法

吸附法生产工艺首先是利用有选择性的吸附剂将盐湖卤水中的锂离子吸附, 然后再将锂

离子洗脱下来,达到锂离子与其它离子分离,便于后续工序转化利用。对于锂含量较低的卤水,吸附法是比较好的方法。此法工艺简单,回收率高,选择性好,与其它方法相比有较大的优越性<sup>[14]</sup>。吸附法具体工艺流程见图 5<sup>[9]</sup>。

目前研究表明<sup>[15]</sup>较有希望的锂吸附剂是二氧化锰,  $MnO_2$  离子筛对  $Li^+$  有特殊选择吸附性,该方法适用于矿化度高、 $Ca^{2+}$  和  $Mg^{2+}$  浓度大的盐湖卤水。

马培华等<sup>[15]</sup>用硫酸锰和硫酸电解制得微

粒  $MnO_2$ , 经  $LiOH$  溶液浸泡, 高温灼烧重结晶制得  $MnO_2$  粉末离子筛, 用聚丙烯酰胺造粒, 吸附剂从高镁锂比含锂盐湖卤水提锂时, 锂收率可达 98%。近年来, 张绍成<sup>[16]</sup> 针对高镁锂比含锂盐湖卤水和盐田浓缩含锂老卤, 发明了铝盐型吸附剂  $LiCl_2Al(CH_3)_3 \cdot nH_2O$  用高分子聚合物醋酸丁酸纤维素等造粒, 通过吸附—解吸装置用水分级逆流洗脱, 锂收率达 92%。该发明工艺流程简单, 用水洗脱而不用酸, 降低了生产成本。

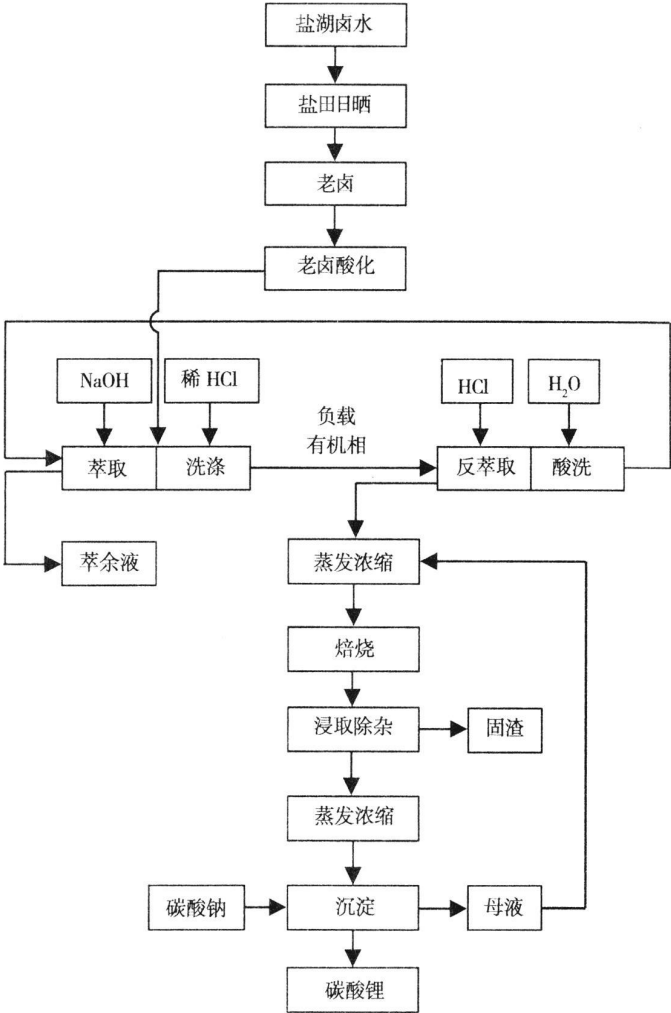


图 4 萃取法从盐湖卤水中提取碳酸锂生产工艺流程图

Fig 4 Flow chart for production of lithium carbonate from salt lake brine by extraction method

虽然吸附法提取碳酸锂的生产工艺比较简单, 能耗较低, 对环境的污染小, 更适合于从高镁锂比的盐湖卤水中提锂, 但是采用的吸附剂

多为粉末状, 其流动性、渗透性较差, 溶损率也相当大, 只有解决造粒和溶损问题才可能实现吸附法制取碳酸锂的工业化生产<sup>[17]</sup>。

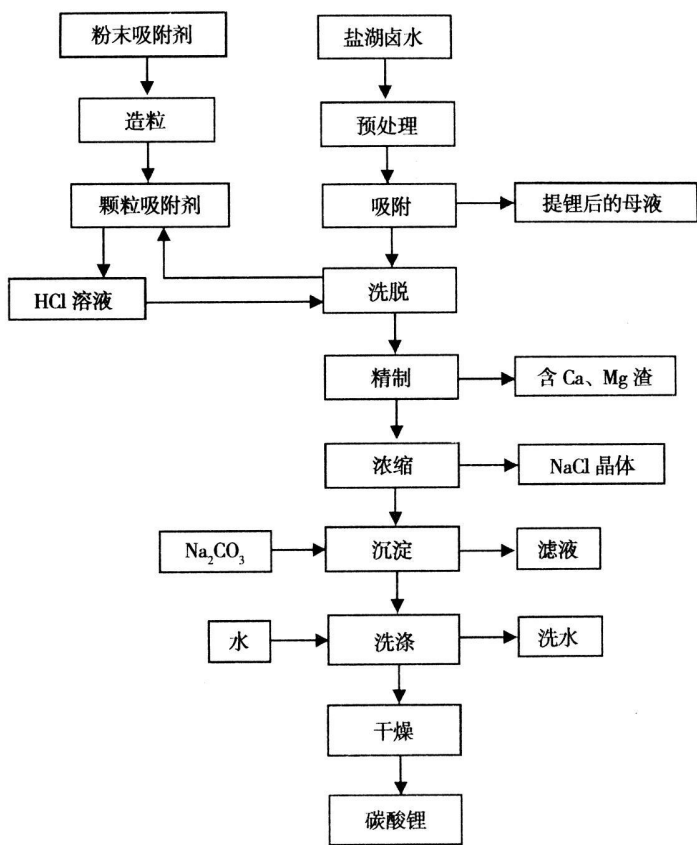


图 5 吸附法从盐湖卤水中提取碳酸锂生产工艺流程图

Fig 5 Flow chart for production of lithium carbonate from salt lake brine by absorption method

2006年, 青海盐湖集团公司与核工业北京化工冶金研究院共同开发的“吸附法卤水提锂技术”获得成功, 该技术适合青海察尔汗盐湖高镁低锂的资源特点, 使吸附法提锂技术达到了当今国际领先水平, 对于提高我国盐湖资源综合利用意义重大。

2.4 碳化法<sup>[1]</sup>

碳化法是依据碳酸锂和二氧化碳、水反应生成溶解度较大的碳酸氢锂将卤水中锂与其它元素分离。碳化法具体生产工艺流程见图 6

国内钟辉等<sup>[18]</sup>利用碳化法提供了一种从高镁锂比硫酸镁亚型盐湖卤水中分离镁锂, 进而生产碳酸锂的新方法。该方法是在硫酸镁亚型盐湖卤水经盐田蒸发析出钾镁混盐, 脱硼后的老卤液中 ( $Mg^{2+}/Li^{+}$  质量比约 2:1) 加入沉淀剂使  $Mg^{2+}$ 、 $Li^{+}$  分别以氢氧化物、碳酸盐、磷

酸盐、或草酸盐形式沉淀出来, 将沉淀进行煅烧分解, 通过碳化或碳酸化作用, 使  $Li^{+}$  溶入溶液, 而  $Mg^{2+}$  仍然保持在沉淀中, 从而达到镁锂分离, 再将富锂溶液深度除杂, 随后蒸发浓缩, 用纯碱沉淀制备碳酸锂。该方法生产工艺流程简单, 易于工业化生产, 应用前景广阔。

郑绵平<sup>[19]</sup>也针对西藏扎布耶盐湖锂资源, 研究了适于青藏高原特殊地理环境的“太阳池”和淡水浸取法选矿技术, 成功地开发了采用擦洗—分离—水浸—碳化—热解制取碳酸锂的新工艺, 得到的碳酸锂精矿品位 76.86%, 锂回收率 72.90%。

伊文涛等<sup>[20]</sup>提供了一种适用于青海盐湖锂资源制取高纯度碳酸锂的工艺方法。该方法以从青海盐湖卤水锂资源中提取的粗碳酸锂为原料, 先利用纯净水配成料浆, 通  $CO_2$ , 并在一定的温度和压力下使碳酸锂碳酸化, 过滤除去不溶性杂质或酸不溶物, 得碳酸氢锂溶液; 再选

用特定的纯化介质,进行特效的选择去除杂质,然后在负压条件下进行沉淀反应,使碳酸氢锂分解,以沉淀出碳酸锂;最后用洗涤剂进行多次

淋洗,烘干即得高纯度碳酸锂。所得碳酸锂产品纯度可达 99.9% 以上;总锂回收率可高达 99.4%。

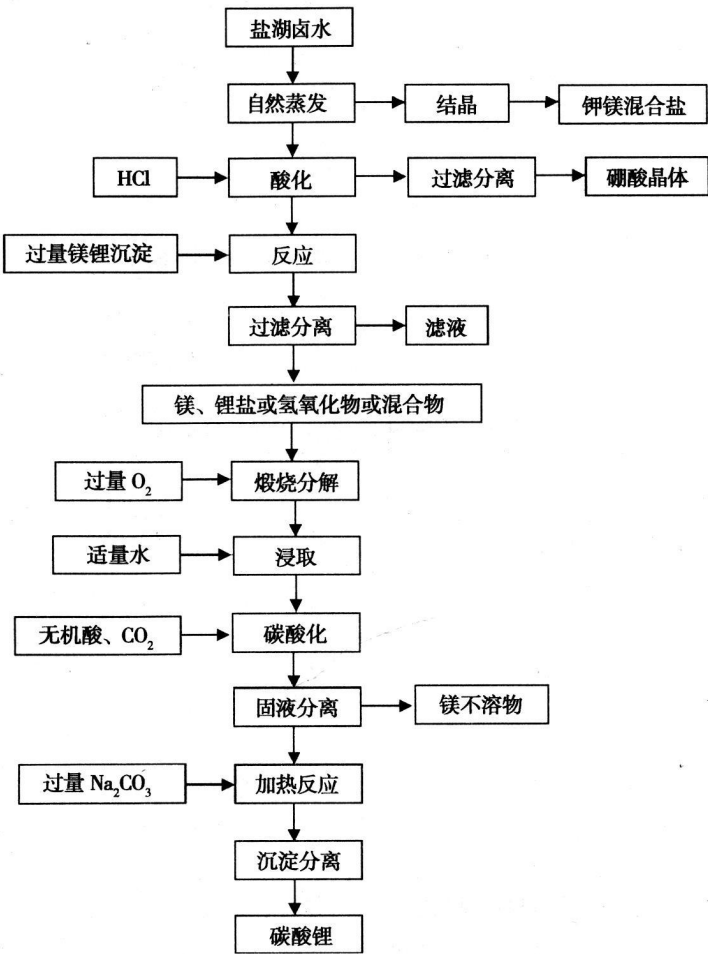


图 6 碳化法从盐湖卤水中制取碳酸锂生产工艺流程图  
Fig 6 Flow chart for production of lithium carbonate from salt lake brine by Carbonation

2.5 煅烧法<sup>[9]</sup>

国内杨建元等<sup>[21-23]</sup>在这方面做了大量的研究工作。从高镁锂比盐湖卤水中进行镁锂分离,较好地解决了镁锂分离技术,获得了优质碳酸锂和高纯氧化镁及副产品工业盐酸。它是以提钾、提硼后的含锂水氯镁石饱和卤水为原料,蒸发去水,得到含锂四水氯化镁,采用喷雾干燥、煅烧得到含锂氧化镁,加水洗涤过滤浸取锂,用石灰乳除去钙、镁等杂质,将溶液蒸发浓缩至含 L 为 2% 左右,加入纯碱沉淀出碳酸锂,锂的收率 90% 左右。该法有利于综合利用盐

湖卤水中的锂镁资源,生产碳酸锂并副产镁砂。不足之处是设备腐蚀严重,需要蒸发的水量较大,能耗高<sup>[1-2]</sup>。具体生产工艺流程见图 7。

青海中信国安有限公司盐湖卤水提取碳酸锂采用的就是煅烧法生产工艺技术,其特点和优势在于同一条生产线既可以生产碳酸锂,又可以以卤水中共生共存的镁、硼资源生产氧化镁、硼酸等产品,真正实现了盐湖资源的综合循环利用<sup>[24]</sup>。据报道<sup>[24]</sup>,青海中信国安有限公司 2009 年从盐湖卤水提取碳酸锂产量突破 5 000 t。

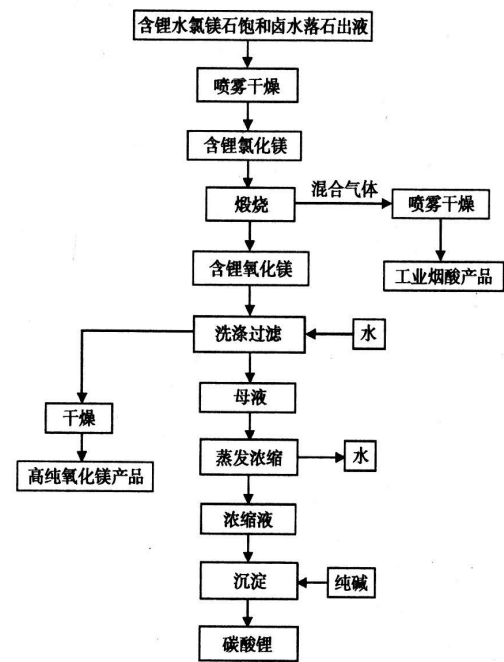


图 7 煅烧法从盐湖卤水中提取碳酸锂生产工艺流程图

Fig 7 Flow chart for production of lithium carbonate from salt lake brine by calcinations

2.6 电渗析法

近年来, 马培华等<sup>[25]</sup>进行了电渗析法从盐湖卤水中分离镁和浓缩锂的研究。该方法将含镁锂盐湖卤水或盐田日晒浓缩老卤 (Mg/L 质量比 1:1~300:1) 通过一级或多级电渗析器, 利用一价阳离子选择性离子交换膜和一价阴离子选择性离子交换膜进行循环 (连续式、连续部分循环式或批量循环式) 工艺浓缩锂, 加入纯碱沉淀出碳酸锂, 产生的母液可循环利用。该法中锂的单次提取率达 80% 以上, 镁的脱除率  $\geq 95\%$ , 硼的脱除率  $\geq 99\%$ , 硫酸根离子的脱除率  $\geq 99\%$ , 解决了高镁锂比盐湖卤水中锂与镁和其它离子的分离, 实现了盐湖锂、硼、钾等资源的综合利用。

3 国内盐湖卤水提取碳酸锂生产工艺的现状与展望

世界对锂的需求量越来越大, 锂盐产品的生产与发展在某种程度上直接影响着工业新技

术的发展。因此, 研究我国盐湖卤水中碳酸锂的低成本提取技术, 针对不同的卤水类型, 采用不同的生产工艺和工艺流程, 降低生产成本, 搞好盐湖锂资源的综合利用, 保护生态环境, 实现盐湖资源开发的可持续发展, 对于积极开发我国丰富的盐湖卤水锂资源具有重要的意义和经济价值。

以上总结的国内盐湖卤水提取碳酸锂的生产工艺中, 有些方法还在试验和中试当中, 未进入工业化的生产。针对我国如柴达木盆地这样高镁锂比 (500~1 800) 的盐湖卤水, 国内以 TBP 溶剂萃取法提锂研究最为深入, 具有工业应用前景, 应当集中力量解决设备腐蚀和萃取剂的溶损等关键技术问题。对于低镁锂比的盐湖卤水, 采用沉淀法确实是比较经济可行的工艺技术方法, 耗能较少, 成本比较低, 技术也比较成熟<sup>[1]</sup>。因此, 完善工业化试验技术成果, 发展高镁锂比盐湖卤水提锂生产工艺, 搞好盐湖矿产综合利用工作, 构成了我国当前盐湖资源提锂的主要问题<sup>[2]</sup>。

20 世纪 90 年代后, 中科院青海盐湖所利用东台吉乃尔盐湖卤水立项开展高镁锂比盐湖锂资源选择性分离的关键技术研究, 取得了很好效果, 具备镁锂分离效果好、能耗低、成本优势明显、产品质量高等特点, 并且整个工艺清洁环保, 可以获取很好的经济效益。2000 年, 经过青海锂业公司和青海中信国安科技发展有限公司的努力, 中科院青海盐湖所开发的高镁锂比盐湖锂资源选择性分离的关键技术终于应用于实际生产<sup>[26]</sup>。2002 年以来, 中科院青海盐湖所又采用高镁锂比盐湖提锂技术生产碳酸锂, 无高温, 无高压, 无废气排放, 生产中排出的固体是高纯度的氢氧化镁, 液体是已经饱和的氯化镁卤水 (可加工成脱水氯化镁)。采用这套生产工艺, 自动化程度高, 是技术密集型 and 人才密集型产业, 能做到无废渣、废液, 使生产达到低耗能, 具有技术先进、产品质量高、成本低和清洁生产等特点, 具有国际先进水平, 有利于推动我国锂产业的发展, 实现盐湖资源综合开发利用与可持续发展, 对我国和世界上高镁锂比盐湖卤水提锂生产具有示范意义<sup>[27-28]</sup>。

2009 年 12 月, 由中国科学院和青海省政

府共同主持的国家高技术产业化项目“青海盐湖提锂及资源综合利用国家高技术产业化示范工程”通过国家级验收, 该示范工程由西部矿业集团控股公司青海锂业有限公司承担, 中科院青海盐湖所提供技术支撑, 自 2001 年以来, 项目开展了针对青海东台吉乃尔盐湖资源特点的锂、钾、硼资源的综合利用生产技术研究, 建成了 4 km<sup>2</sup> 盐田和年产 3 000 碳酸锂、25 000 t 硫酸钾、2 500 硼酸生产装置。项目成功开发了具有自主知识产权的从高镁锂比盐湖卤水中分离提取锂的新方法, 并建成生产示范装置。在盐田富集锂、老卤中镁锂分离、碳酸锂制取过程中固液物料分离和分离提取设备大型化等方面, 开展了系统的研究, 形成了系列关键技术。该技术具有工艺路线先进、产品质量高、成本低和清洁生产等特点, 关键核心技术达到国际先进水平, 高镁锂比盐湖卤水中镁锂分离技术为国际首创。这标志着我国高镁锂比盐湖卤水提锂生产技术取得重大突破并成功实现产业化, 青海盐湖资源综合开发利用取得重要成果。这一成果标志着我国已经攻克高镁锂比盐湖卤水提锂的世界性难题, 为在更高层次上推进青海盐湖资源综合利用迈出了关键性的一步。该项目的完成, 是我国盐湖资源综合开发与利用取得的重要进展, 有利于推动我国锂产业的发展, 实现资源综合利用与可持续发展<sup>[ 28—31]</sup>。

中国锂储量世界第三, 拥有丰富的资源, 但从高镁低锂老卤中提纯分离碳酸锂的工艺技术难度很大。早在 2003 年青海中信国安科技发展有限公司就在青海柴达木盆地东、西台吉乃尔盐湖致力于盐湖资源综合利用特别是从盐湖中提锂的技术研究, 成功突破了盐湖高镁锂比条件下的锂镁分离技术这一世界性的科研难题, 2007 年实现了碳酸锂生产的工业化。2009 年, 中信国安碳酸锂年产量突破 5 000 t, 标志着碳酸锂项目进入工业化生产阶段。盐湖提锂技术取得突破性进展, 进一步证明了盐湖提锂工艺技术的全面提升<sup>[ 32]</sup>。

由中科院青海盐湖所和青海中信国安科技发展有限公司自主研究开发的盐湖高镁锂比卤水提锂技术及首创生产设备, 是自行研发, 自主

创新的, 并且拥有专利技术, 标志着青海盐湖提锂已进入工业化阶段, 中国盐湖提取碳酸锂生产技术取得了重大进展。

参考文献:

[ 1] 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(5): 69—75.  
[ 2] 刘向磊, 钟辉, 唐中杰. 盐湖卤水提锂工艺技术现状及存在的问题[ J]. 无机盐工业, 2009, 41(6): 4—6.  
[ 3] 王日公, 王军, 王晓燕, 等. 从高镁锂比盐湖卤水中一步提取碳酸锂的方法: 中国, CN1502557[ P]. 2004.  
[ 4] 陆增, 胡士文, 袁建军. 从高镁锂比盐湖水中提取碳酸锂的方法: 中国, CN1398785[ P]. 2003.  
[ 5] 张彭熹, 张保珍, 唐渊, 等. 中国盐湖自然资源及其开发利用[ M]. 北京: 科学出版社, 1999.  
[ 6] 钟辉, 杨建元, 张苑. 高镁锂比盐湖卤水中制取碳酸锂的方法: 中国, CN1335262[ P]. 2002.  
[ 7] 钟辉, 许惠. 一种硫酸镁亚型盐湖卤水镁锂分离方法: 中国, CN1454843[ P]. 2003.  
[ 8] 魏新俊, 王永浩, 保守君. 白卤水中同时沉淀硼锂的方法: 中国, CN1249272[ P]. 2000.  
[ 9] 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.  
[ 10] 盛怀禹, 李蓓莉. 锂的新萃取体系研究[ J]. 化学学报, 1995, 53(7): 689—694.  
[ 11] 张金才, 王敏, 戴静. 卤水提锂的萃取体系概述[ J]. 盐湖研究, 2005, 13(1): 42—48.  
[ 12] 童兆达, 李发金, 黄师强, 等. 从大柴旦盐湖脱硼卤水中用 TBP 连续萃取分离氯化锂[ J]. 稀有金属, 1987, 9(1): 66—70.  
[ 13] 张宝全. 柴达木盆地盐湖卤水提锂研究概况[ J]. 盐湖盐与化工, 2000, 29(4): 9—13.  
[ 14] 张绍成, 冉芳芬. 吸附法盐湖卤水提锂工艺试验[ J]. 盐湖研究, 1997, 5(1): 59—68.  
[ 15] 马培华, 邓小川, 李法强, 等. 二氧化锰法从盐湖卤水中提锂的方法: 中国, CN111963[ P]. 2004.  
[ 16] 张绍成. 吸附法从盐湖卤水中提取锂的方法: 中国, CN1511964[ P]. 2004.  
[ 17] 肖小铃, 戴志锋, 祝增虎, 等. 吸附法盐湖卤水提锂的研究进展[ J]. 盐湖研究, 2005, 13(2): 66—69.  
[ 18] 钟辉, 杨建元. 用碳化法从高镁锂比盐湖卤水中分离镁锂制取碳酸锂的方法: 中国, CN1335263[ P]. 2002.  
[ 19] 郑绵平. 从碳酸盐型卤水中提取锂盐的方法: 中国, CN1270927[ P]. 2000.  
[ 20] 伊文涛, 马培华, 闫春燕, 等. 一种利用盐湖锂资源制取高纯碳酸锂的工艺方法: 中国, CN10019052[ P]. 2007.  
[ 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, CN1724372[ P]. 2006.  
[ 22] 杨建元, 夏康明. 一种生产高纯镁盐、碳酸锂、盐酸和

氯化铵的方法; 中国, CN1724373[ P]. 2006.

[ 23] 杨建元, 程温莹. 东台吉乃尔湖晶间卤水综合利用研究(煅烧法提锂工艺)[ J]. 无机盐工业, 1996 28(2): 29—32.

[ 24] 付浩. 青海中信国安碳酸锂产量突破 5000吨[ J]. 中国石油和化工, 2010 17(1): 77—77.

[ 25] 马培华, 邓小川, 温现民. 从盐湖卤水中分离镁和浓缩锂的方法; 中国, CN1626443[ P]. 2005.

[ 26] 马勇. 一扫受制于人之郁闷, 成就 20余年科学梦想—中国盐湖锂业“破茧而出”[ N]. 经济参考报, 2010—01—18(6).

[ 27] 白华. 高镁锂比“盐湖提锂”产业化生产线在青海开建[ EB/OL]. [ 2002—11—11]. [http://www.isl.ac.cn/xwzx/qhsw/xwlm/200906/20090605\\_495644.html](http://www.isl.ac.cn/xwzx/qhsw/xwlm/200906/20090605_495644.html)

[ 28] 化工矿物与加工杂志编辑部. 青海盐湖高镁锂比盐湖提锂技术实现产业化[ J]. 化工矿物与加工, 2010 39(3): 43—43.

[ 29] 中科院青海盐湖所科技处. 高镁锂比盐湖卤水提锂产业化新技术取得成功[ J]. 盐湖研究, 2007 15(4): 31—31.

[ 30] 中科院青海盐湖所科技产业处. “青海盐湖提锂及资源综合利用国家高技术产业化示范工程”项目通过验收[ EB/OL]. [ 2009—12—15]. [http://www.isl.cn/xwzx/qhsw/xwlm/200912/20091215\\_2708553.html](http://www.isl.cn/xwzx/qhsw/xwlm/200912/20091215_2708553.html)

[ 31] 中科院青海盐湖所综合办. 青海盐湖提锂国家产业化项目顺利通过现场验收[ EB/OL]. [ 2009—10—23]. [http://www.isl.cn/xwzx/qhsw/xwlm/200910/20091023\\_2588524.html](http://www.isl.cn/xwzx/qhsw/xwlm/200910/20091023_2588524.html)

[ 32] 李莎莎. 中信国安有限公司碳酸锂年产量达 5000吨青海盐湖提锂技术取得重大突破[ N]. 格尔木报 2009—12—27(2).

Production Process and Current Situation of Lithium Carbonate Extraction from Salt Lake Brine in China

WANG Weidong, CAO Qian  
(College of Chemistry and Environmental Engineering, Hubei Normal University  
Huangshi 435002, China)

Abstract: In the paper, the production process and current situation of lithium carbonate extraction from salt lake brine in China were synthetically analyzed which can provide references for researcher and developers.

Key words: Salt lake brine; Lithium carbonate; Production process