

# 碳酸锂生产工艺的研究进展

祝增虎<sup>1</sup>, 朱朝梁<sup>1</sup>, 温现明<sup>1</sup>, 诸葛芹<sup>1</sup>, 凌宝萍<sup>2</sup>

(1. 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008

2 曲阜师范大学, 山东 曲阜 273165)

**摘要:** 简要介绍了碳酸锂的几种不同用途。详细阐述了以锂辉石、盐湖卤水、海水为原料提取碳酸锂的几种不同的生产工艺和工艺特点, 并分析了各工艺的优缺点。指出了在简化工艺、降低成本生产碳酸锂的同时要兼顾盐湖资源综合利用和环境保护是今后研究开发的方向

**关键词:** 碳酸锂; 用途; 生产工艺; 工艺流程

中图分类号: TS96 5 TD871. 1

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2008)03-0064-09

## 0 引 言

碳酸锂作为锂的基础锂盐, 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<sup>[1]</sup>。研究表明, 在玻璃制造——主要是阴极显像管、耐热玻璃、玻璃纤微及光学玻璃的生产过程中, 碳酸锂不仅能降低玻璃的熟化、熔化温度, 提高玻璃的密度和强度, 而且还可以改善玻璃的粘性、热膨胀性等许多重要性质<sup>[2]</sup>。在陶瓷制造过程中, 加入适量的碳酸锂可增加产品的透明度, 增加耐磨性, 降低膨胀系数和熔融温度, 减少燃料消耗, 延长熔炉寿命<sup>[3]</sup>。在医药上, 经过多年的临床研究及应用, 碳酸锂可用作安眠药和镇定剂, 可治疗神经性厌食、病理性性欲亢进、酒瘾症、舞蹈症、痉挛斜颈、尿崩症、关节炎、癫痫等等, 且已成为治疗狂燥症的首选药物<sup>[3]</sup>。在铝冶炼工业方面, 用含有 0.4% ~ 1.5% 碳酸锂的炭质材料代替普通的活性碳材料作阳极, 能将阳极的过电位降低 150 ~ 200 mV 生产每吨铝可节约用电 300 ~ 600 kW·h<sup>[4]</sup>。碳酸锂还在润滑剂、充电电池、空调等行业都有着广泛的应用<sup>[1]</sup>。

据预测, 世界锂盐产品的需求量每年以 6% ~ 8% 的速度稳步增长, 特别是随着建材、电子、汽车、信息等产业的飞速发展, 碳酸锂已成为锂化合物中最重要的产品, 以其为基础原料可以生产各种锂化合物。近年来, 作为锂离子电池的正极材料, 电解质使用的高纯碳酸锂越来越受到人们的重视。它是制取金属 Li、LiOH、LiB 等的主要原料。它不仅用于锂离子电池, 而且应用于表面弹性波元件材料钽酸锂 (TL)、铌酸锂 (NL) 单晶等其它方面<sup>[5]</sup>。

生产碳酸锂因其原料的不同, 生产工艺也有所不同。以下详细介绍以锂辉石、盐湖卤水、海水各为原料, 制取碳酸锂的生产工艺以及各工艺的优缺点。

## 1 以锂辉石为原料制取碳酸锂的生产工艺

近年来我国虽然也在积极开发盐湖锂资源。但由于我国盐湖卤水<sup>[6]</sup>中的镁含量较高, 镁和锂这两种元素较难分离, 到目前还没有大规模的产业化生产, 所以我国一直从锂矿石中提取锂盐。由于不同的锂矿物其性质差别很

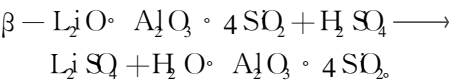
收稿日期: 2007-08-01

作者简介: 祝增虎 (1977-), 男, 助理研究员, 主要从事盐湖锂资源的开发和利用。E-mail: zhu zeng hu@ sjl. ac. cn

大, 从锂矿物中提取碳酸锂的工艺也各不相同, 其主要工艺有如下几种。

1. 1 硫酸法生产工艺

以锂辉石为原料生产碳酸锂, 工业上比较成熟的工艺是硫酸法生产工艺<sup>[7]</sup>。此工艺的基本原理在于硫酸与 β-锂辉石在 250 ~ 300 °C 下发生置换反应, 生成  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ 。反应方程如下:



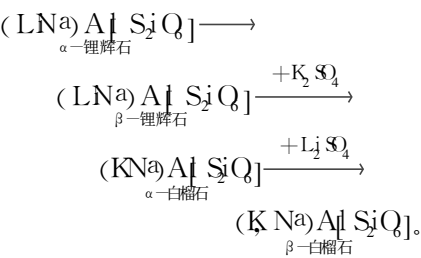
这一反应只能发生于结构较为疏松的 β-锂辉石。先将选矿获得的含  $\text{Li}_2\text{O}$  5.5% ~ 7.5% 的锂辉石精矿<sup>[8]</sup> 在回转窑中高温焙烧, 生成 β-锂辉石。冷却后球磨至 0.152 mm 与足量的硫酸 (93% ~ 98%) 混合, 送入 250 °C 酸化回转炉中进行硫酸焙烧。冷却后水浸, 加石灰石控制 pH 为 5, 得到含 10% 左右的  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  粗锂液, 用石灰调 pH 至 11, 加碳酸钠除钙、镁、铁、铝等杂质。清液蒸发成含 20% 左右  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  的净化液, 加入碳酸钠沉淀成碳酸锂。离心脱水, 滤饼烘干, 得到碳酸锂产品, 回收率在 90% 左右。其工艺流程图如图 1 所示。

硫酸法生产碳酸锂收率较高, 并可处理  $\text{Li}_2\text{O}$  含量仅 1.0% ~ 1.5% 的矿石。但是相当数量的硫酸和纯碱变成了价值较低的  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 应尽可能降低硫酸的配量。此方法最大优点是浸取烧结所得的溶液中含有 110 ~ 150 g/硫酸锂, 经过浸取即可得到比较纯净的溶液。硫酸法也可用来处理锂云母和磷铝石<sup>[9]</sup>。

1. 2 锂辉石与硫酸盐混合烧结生产工艺<sup>[10]</sup>

将锂辉石精矿与  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (或  $\text{CaSO}_4$  或两者混合物), 在一定温度下混合烧结, 经一系列物理、化学反应后, 所配入的硫酸盐中的金属元素将矿石中锂置换生成可溶性的硫酸盐, 主要杂质则生成难溶于水的化合物, 然后将烧结后的熟料浸出分离, 锂离子进入溶液, 经净化、浓缩、沉淀后得到碳酸锂产品。

在处理锂辉石时, 先使 α-型转换成结构较疏松、易反应的 β-型。这种相变实际上是结合在烧结过程中同时进行的。总的反应是



这个反应是可逆的, 为了使反应更充分地右向进行, 需要加入过量的  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 。研究用较便宜的  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  替代  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 但由于形成“锂辉石玻璃”的熔体, 使其中的锂不易溶出, 所以不能完全用  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  来分解锂辉石, 只能以

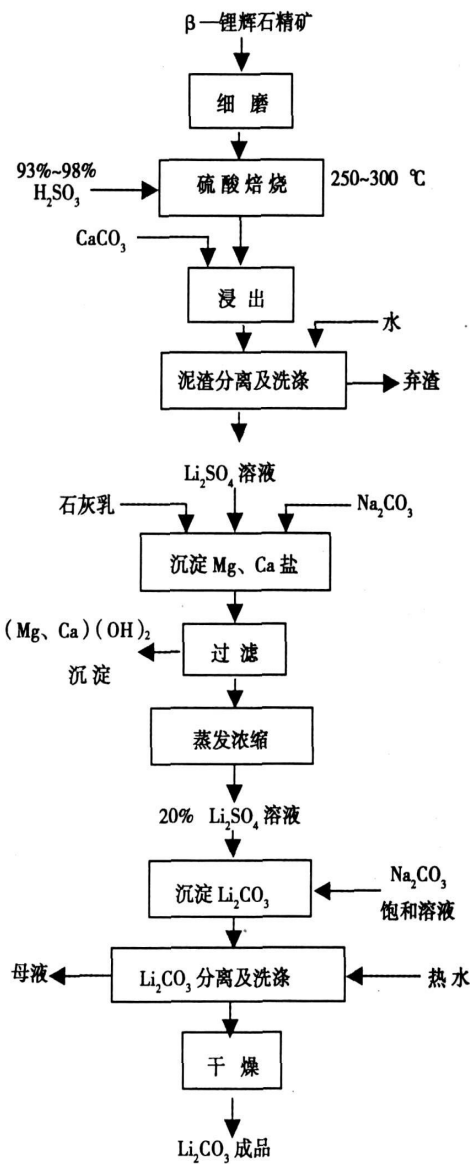


图 1 硫酸法生产碳酸锂的工艺流程图  
Fig 1 Flow chart for production of lithium carbonate by the sulfuric acid method

$\text{Na}_2\text{SO}_4$  替代部分  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 。此方法的优点是它具有通用性,能分解所有的锂矿石;缺点是若不用  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  替代部分  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,即消耗大量的钾盐,导致生产成本较高、产品也常被钾污染。图 2 是硫酸钾烧结法处理锂辉石的工艺流程图。

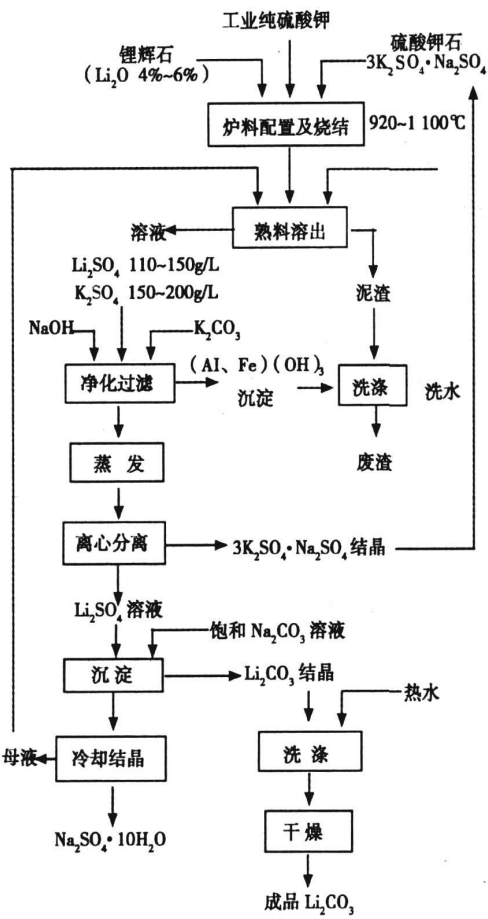


图 2 硫酸钾烧结法生产碳酸锂的工艺流程图  
Fig 2 Flow chart for production of lithium carbonate by agglomeration method of potassium sulfate

### 1.3 碳酸钠加压浸出生产工艺

由于硫酸法生产碳酸锂工艺的缺点是流程长,工艺能耗较高。采用碳化法工艺制取碳酸锂,优于硫酸法工艺。生产中省掉了产品洗涤和析钠工序,简化了操作,节约了能耗。

其工艺首先将锂辉石加工制得的  $\beta$ -锂辉石磨至 0.074 mm,然后按  $\text{Li}_2\text{O}$  量配比加入 3.5~7 倍碳酸钠混匀,在反应器中于 200 °C 加压浸出,并通入  $\text{CO}_2$  气体,即生成可溶性  $\text{LiHCO}_3$

溶液,过滤除去残渣(沸石),加热至 95 °C 逐出  $\text{CO}_2$  沉淀、过滤,滤饼烘干得碳酸锂产品<sup>[11-12]</sup>。

### 1.4 氯化焙烧生产工艺

此工艺主要是利用氯化剂使矿石中的锂及其它有价金属转化为氯化物进行提取的。氯化焙烧法生产工艺有两种:一种是中温氯化法。在低于碱金属氯化物沸点的温度下制得含氯化物的烧结块,经过溶出使之与杂质分离;另一种是高温氯化或氯化挥发焙烧。在高于其沸点的温度下进行焙烧,使氯化物成为气态挥发出来与杂质分离。这两种方法都可用来处理各种含锂矿石。氯化剂为钾、钠、铵和钙的氯化物。图 3 是处理锂辉石的高温氯化法生产碳酸锂的工艺流程。

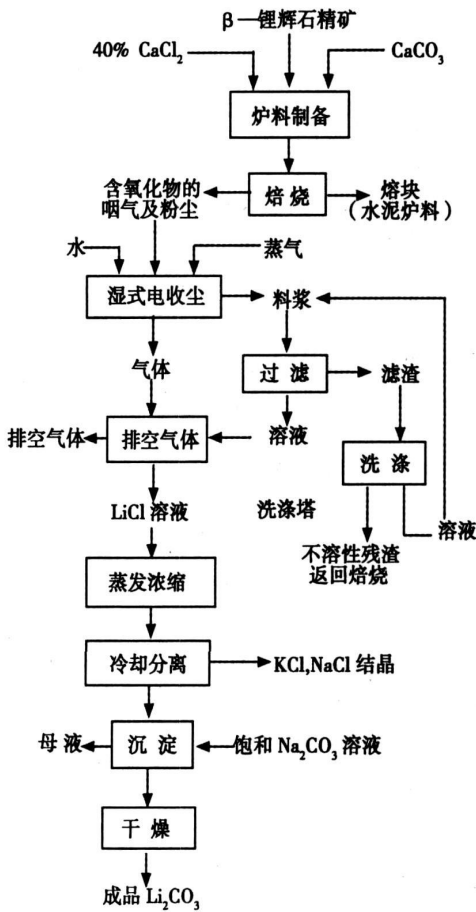
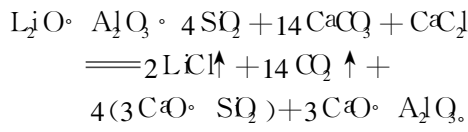


图 3 氯化挥发物焙烧法生产碳酸锂的工艺流程图  
Fig 3 Flow chart for production of lithium carbonate by roasting method from chloride volatilization

氯化焙烧的反应为



炉料中锂辉石与石灰石和氯化钙的质量比为 1:3:1。当其在 1 000 ℃下焙烧时,生成的 LiCl 升华,与灰尘一同进入窑气,在收尘器和洗涤塔中收集为 LiCl 溶液,蒸发浓缩后加入饱和的  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液,沉淀得到  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  产品。这一方法的优点是流程简单,不消耗贵重试剂,缺点则是 LiCl 的收集较难,炉气腐蚀性强,试剂用量大<sup>[13]</sup>。

1.5 石灰石焙烧法生产工艺<sup>[14-15]</sup>

石灰石焙烧法处理含锂矿物制取碳酸锂,生产工艺包括生料制备、焙烧、浸出、洗渣、浸出液浓缩、净化、结晶等几个主要工序。首先将石灰石磨细,按锂矿物与石灰石以 1:3.05~3.15 质量比比,并和一定氧化钙(40%~42%)配成合格的生料浆。然后把生料浆放入回转窑中在一定温度下进行一系列物理化学变化,使矿物中的锂转化成可溶于水的化合物。通过浸出工序除掉不溶杂质,过滤分离,得到以锂化合物为主的浸出液,向浸出液中通入  $\text{CO}_2$  气体或废炉气将锂碳化,使锂以难溶碳酸盐的形式沉淀析出,经洗涤、干燥得到碳酸锂产品。其工艺流程图如图 4 所示。

石灰法的主要优点是实用性很普遍,因为它适用于分解几乎所有的锂矿物。反应过程不需要稀缺的试剂(分解时使用天然产物——石灰石);可以利用煤、石油或煤气作燃料。缺点是浸出液中锂含量低,蒸发能耗大,锂的回收率较低,并且浸取以后得到的矿泥有凝聚性,给设备的维护带来了困难。

上述是从锂矿物锂辉石中生产碳酸锂比较成熟的几种工艺,到目前已经得到了不同程度的成功应用。

2 以卤水为原料制取碳酸锂的生产工艺

由于矿石中锂的总储量较少,制取工艺复

杂、耗能较大、产品成本高<sup>[16]</sup>,而且经过上百年的开采,已濒临枯竭。而从盐湖卤水中制取碳酸锂,锂的含量较高,资源丰富、耗能低、产品价格低廉,目前已成为国内外公司开发生产锂盐的主攻方向,其主要生产工艺如下。

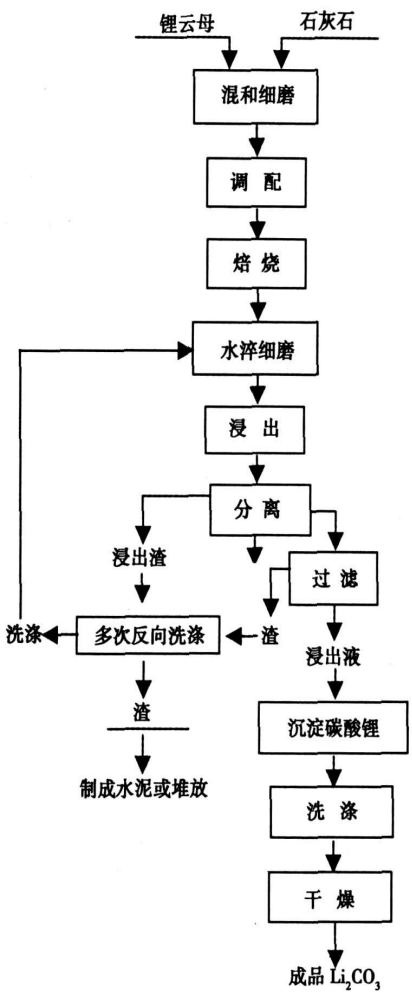


图 4 石灰石焙烧法生产碳酸锂的工艺流程图  
Fig 4 Flow chart for production of lithium carbonate by roasting method from limestone

2.1 蒸发沉淀生产工艺

以卤水为原料制取碳酸锂,已实现工业化生产的主要工艺是自然蒸发浓缩—碳酸钠沉淀法。它利用太阳能在蒸发池中将含锂卤水进行自然蒸发浓缩,当锂含量达到适当浓度后,通过脱硼、除镁、钙等分离工序,然后加入纯碱使锂以碳酸锂的形式沉淀析出。这种工艺过程简

单、能耗小、成本低,比较适宜碱土金属含量少、镁锂比低的卤水,否则会造成用碱量过大和锂盐损失严重。此方法目前比较成熟的工艺如下。

2. 1. 1 美国大盐湖矿物和化学公司制取碳酸锂的生产工艺

美国首先将蒸发沉淀法生产工艺应用于工业化生产<sup>[17]</sup>。美国大盐湖矿物和化学公司在开发大盐湖卤水时,充分利用自然日晒和冷冻,从卤水中析出食盐、泻利盐、钾盐镁矾和光卤石等一系列盐类,最后得到富含  $MgCl_2$  的浓缩母液,其中  $LiCl$  的浓度达 10% 以上。浓缩母液经高温炉分解,使  $MgCl_2$  转变成  $HCl$  和不溶于水的  $MgO$  残渣,从浸出液中提取锂盐产品。其工艺流程如图 5 所示:

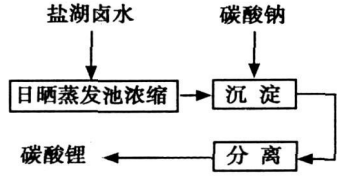


图 5 盐湖卤水提取碳酸锂的工艺示意图  
Fig 5 Flow chart for production of lithium carbonate from the brine of salt lakes

2. 2. 2 智利 Atacama 盐湖制取碳酸锂生产工艺<sup>[18]</sup>

此生产工艺是将卤水在氯化钠池中蒸发除去氯化钠,然后在钾石盐池中蒸发沉淀出氯化钾和剩余的部分氯化钠,并继续蒸发使其卤水中锂含量富集到 6% 去制取碳酸锂。制取时首先用盐酸除硼,除去 70% 左右的硼,沉淀物用蒸馏水冲洗,可得到含量为 99.2% 的  $H_2BQ_3$ 。然后用有机萃取剂经过多次萃取可使卤水中的硼含量降低到 0.005%, 有机萃取剂用 0.25 mol/L 的氢氧化钠再生利用。

得到的锂含量为 5.8%、钠含量为 0.07% 的无硼卤水用沉淀碳酸锂后的母液按一定比例稀释后,用 25% 的碳酸钠碱液除镁,控制料液的  $pH$  值为 9.5 经反应恒温增稠后,用真空过滤,过滤清液用饱和的氢氧化钙溶液二次除镁,控制混合液的  $pH$  值为 10.2 然后在加压情况

下热过滤,可得到精制卤水。最后用 25% 的碳酸钠碱液沉淀碳酸锂,增稠、真空热过滤,滤饼洗涤后烘干,即可得到含量大于 99% 的碳酸锂产品。其工艺流程图如图 6 所示。

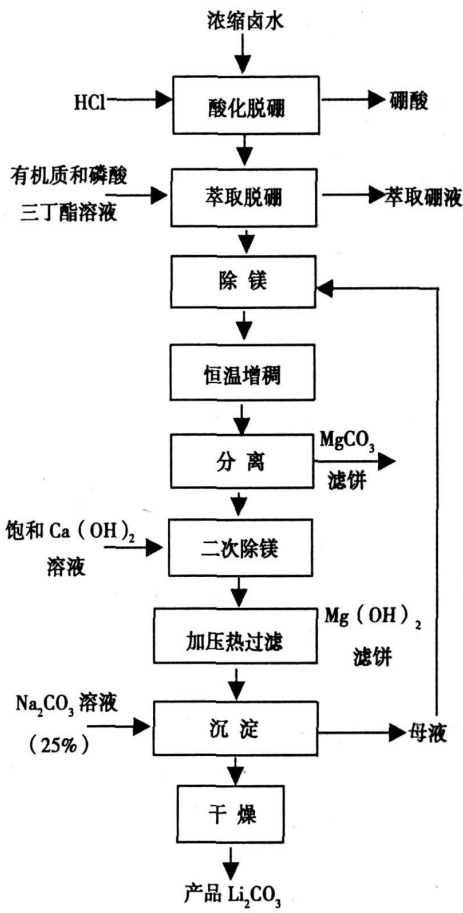


图 6 智利 Atacama 盐湖生产碳酸锂的工艺流程图  
Fig 6 Flow chart for production of lithium carbonate from Chilean Atacama salt lakes

此方法工艺流程虽然较为复杂,耗碱量较大,但近年来已有较大的改进,已成为目前盐湖卤水提锂的主要方法<sup>[19]</sup>。

2. 2 煅烧法生产工艺<sup>[20]</sup>

该生产工艺是针对镁锂比较高的盐湖卤水提锂提出的技术。由于  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  在 97 ~ 554 °C 之间脱水,在 550 °C 以上分解成氧化镁和氯化氢气体,在此条件下氯化锂不分解。基于此原理杨建元等学者在 1996 年提出并完成小型试验。将煅烧后的烧结物经浸取,锂盐易溶于水则进入溶液,氧化镁几乎不溶于水则留

于残渣中,通过浸取工序,并除去浸取液中硫酸根、镁和少量硼等杂质,滤液净化后经蒸发、沉淀烘干就可得到碳酸锂产品。目前杨建元等<sup>[20]</sup>以提钾、提硼后的含锂水氯镁石饱和卤水为原料,采用喷雾干燥、煅烧、加水洗涤、蒸发浓缩、加碱沉淀等生产工序,从高镁锂比盐湖卤水中进行镁锂分离,获得了价高优质的碳酸锂、高纯氧化镁和副产品工业盐酸。其工艺流程图如图 7所示。

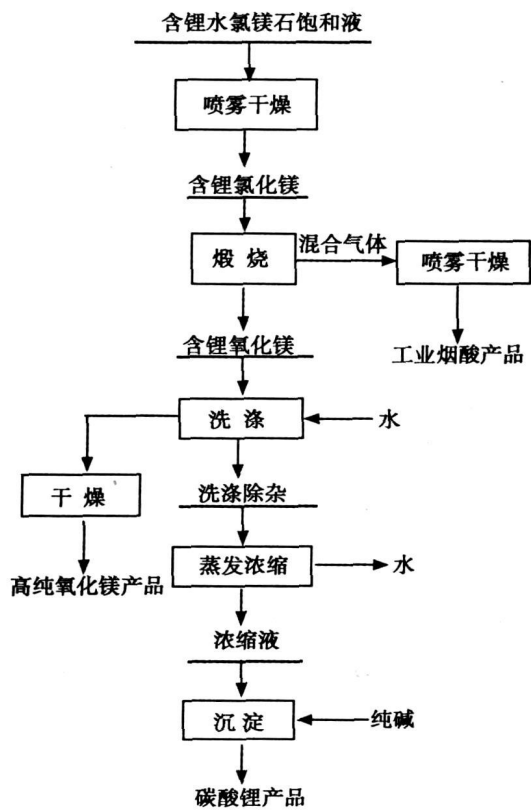


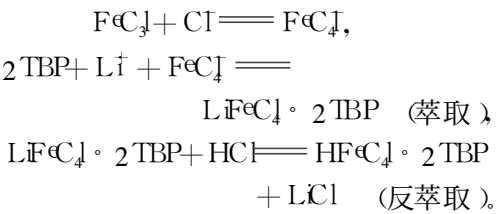
图 7 煅烧法生产碳酸锂的工艺流程图  
Fig 7 Flow chart for production of lithium carbonate by calcination

此工艺最大优点是将盐湖资源得到了有效的综合利用,缺点是需要蒸发较大的水量,工艺能耗较高,在煅烧过程有大量的氯化氢气体产生,对设备的腐蚀也相当严重,在大规模的工业化生产中对设备的选型是重中之重。

2.3 溶剂萃取生产工艺<sup>[22]</sup>

溶剂萃取技术用于卤水提锂早已被人们所

重视,是从低品位卤水中提取锂的行之有效的方 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>[23]</sup>。针对大柴旦盐湖卤水,中国科学院青海盐湖研究所利用 TBP溶剂萃取生产氯化锂,其机理为



其生产工艺为将盐湖卤水经盐田日晒,分步析出氯化钠、光卤石及部分水氯镁石,得到的浓缩卤水经酸化后进入萃取槽,采用 TBP(磷酸三丁酯)为萃取剂,HC 为反萃取剂,FeCl<sub>3</sub>为络合剂,经多级逆流萃取洗涤、反萃取、洗酸等阶段,萃余液排放,空有机相返回萃取阶段使用。得到的反萃取液经成品工序的蒸发浓缩、焙烧、浸取、去除杂质,再蒸发浓缩、纯碱沉淀制取 Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>产品。其工艺流程图如图 8所示<sup>[24]</sup>。

此法最大的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,从而在实施的过程中对设备材质的要求较高。

2.4 铝酸盐沉淀法生产工艺<sup>[25]</sup>

此方法基本原理是无定型铝盐对卤水中的锂具有高效选择沉淀作用,形成 LiCl<sub>2</sub>Al(OH)<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O的复合物,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,加入碳酸钠溶液可制得碳酸锂。美国专利<sup>[26]</sup>介绍了在碱性条件下,含有分散的 Al(OH)<sub>3</sub>晶体的大孔离子交换树脂的合成物,同浓缩的热 LiX的水溶液混合,将 Al(OH)<sub>3</sub>晶体转化成三层 LiX·Al(OH)<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O晶体。利用铝酸锂晶体从卤水中提取锂盐已得到不同程度的应用<sup>[27]</sup>。此工艺由于产生大量焙烧浸取液,需要蒸发大量的水,工艺耗能较高。

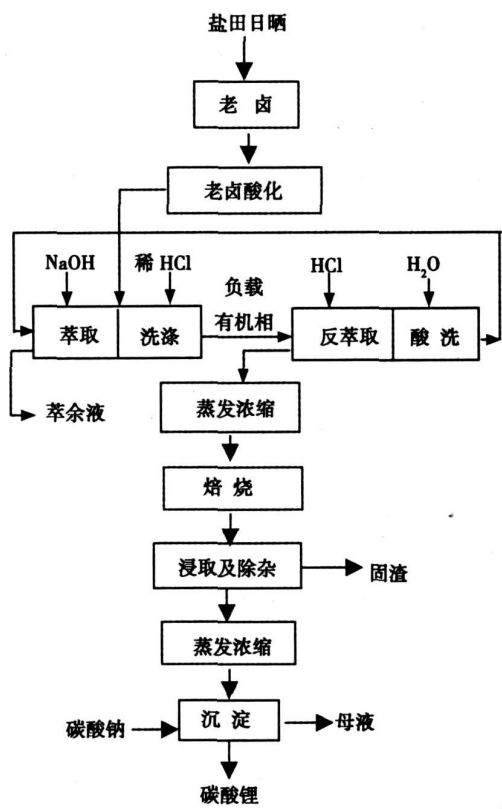


图 8 萃取法提取碳酸锂的工艺流程图  
Fig 8 Flow chart for production of lithium carbonate by extraction method

2.5 吸附法生产工艺

吸附法生产工艺首先利用有选择性的吸附剂将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>[28]</sup>。此法的关键是研究性能优良的吸附剂。由于无机吸附剂对锂有较高的选择性, 目前有较多的研究。常用的有铝盐吸附剂、铈酸盐吸附剂、层状吸附剂、离子筛型氧化物吸附剂<sup>[29]</sup>等等。如果选择的吸附剂对锂离子有优良的选择性, 吸附—洗脱性能稳定, 可适合较大规模使用, 制备方法简单, 价格便宜, 对环境没有污染。其生产碳酸锂的工艺流程如图 9 所示。

虽然吸附法提取碳酸锂的生产工艺比较简单, 能耗较低, 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>[30]</sup>。

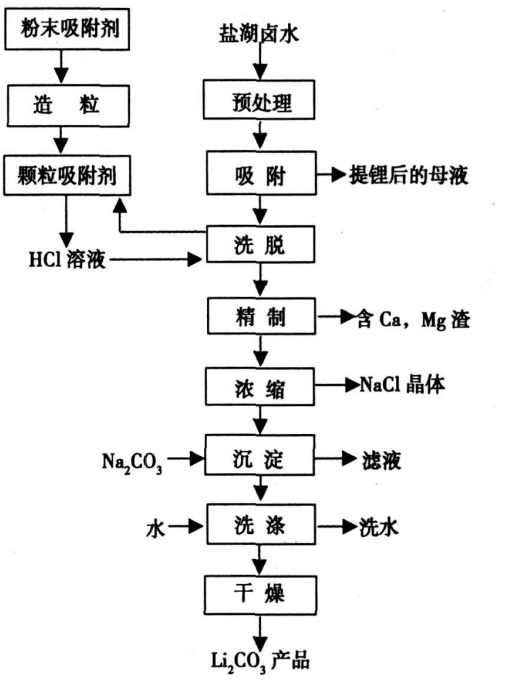


图 9 吸附法提取碳酸锂的工艺流程图  
Fig 9 Flow chart for production of lithium carbonate from brines by absorption method

2.6 电渗析生产工艺<sup>[31]</sup>

该工艺是目前比较环保的新型工艺。中科院青海盐湖研究所马培华等将盐田日晒蒸发得到的含锂浓缩卤水, 通过一级或多级电渗析器, 利用阴、阳一价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, 获得富锂低镁卤水。然后通过深度除杂、精制浓缩, 经转化干燥便可制取碳酸锂产品。该工艺解决了高镁锂比盐湖卤水中镁和其它杂质分离的难题, 含锂卤水中 ( $Mg^{2+}/Li^+$ ) 质量比由 (1~300):1 降为 (0.3~10):1,  $Li^+$  浓度达到 2~20 g/L,  $Li^+$  的回收率  $\geq 80\%$ , 是青海高镁锂比卤水提取碳酸锂的一个经济实用的工艺技术。

3 从海水中提取碳酸锂的生产工艺

由于国际市场对锂盐的需求持续增长, 人们势必将目光投向锂资源储量较大的海洋。从

锂浓度较低的海水中提锂, 吸附剂法被认为是最有前途的工艺技术<sup>[32]</sup>。该技术的关键是寻求吸附选择性好、循环利用率高和成本相对较低的吸附剂。国外日本、美国<sup>[33]</sup>等国家从海水中提取碳酸锂的工艺及设备的研究取得了一些进展。

日本专利<sup>[33]</sup>提出船舶海水提锂装置。首先在船舶的压水舱内填装颗粒吸附剂, 海水通过船舱底阀进入吸附床水箱, 透过吸附剂床层到达它的上部, 然后用设计在船舷一侧的排水泵将海水排出船体外。此过程是将与海水充分接触的吸附剂送到脱附槽中, 浸入一定量的盐酸水溶液中, 脱附液经浓缩分离得到锂盐, 锂盐二次转化可得到碳酸锂产品, 脱附后的吸附剂再用抽砂泵送回船上, 循环使用。其工艺流程如图 10所示<sup>[34]</sup>。

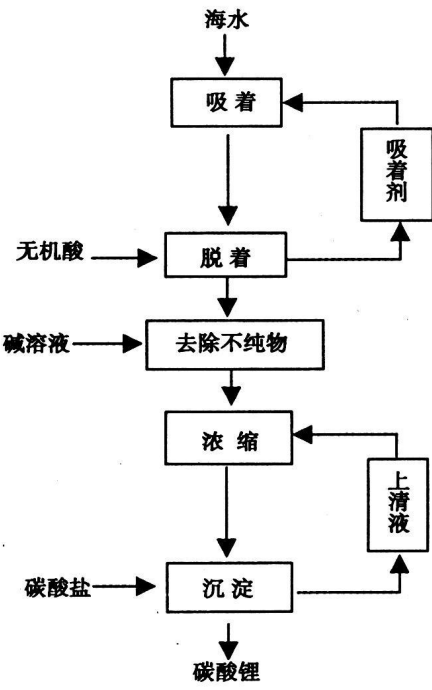


图 10 从海水中提取碳酸锂的工艺流程图  
Fig 10 Flow chart for production of lithium carbonate by the seawater

以上只是探讨了以矿石锂辉石、卤水、海水为原料制取碳酸锂的有代表性的几种生产工艺, 针对不同类型的盐湖卤水, 近年来还研究开发了炭化法<sup>[35]</sup>、许氏法<sup>[36]</sup>、纳滤法<sup>[37]</sup>、盐析法、磷酸盐沉淀法、离子交换法等生产工艺, 但都还

存在一些问题, 需要进一步完善; 另外, 一些新的工艺目前仍在研究探索中。目前研究碳酸锂生产工艺的主要内容是简化工艺流程、降低成本。随着  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  应用领域的不断拓宽, 与之相应的一些新工艺必将诞生。

4 结 语

锂盐在国民经济建设中具有广泛的用途, 占有重要的地位, 尤其是近年来锂在高科技领域中的应用不断扩大, 加快锂资源开发, 提高锂盐深加工技术, 是势在必行。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, 建立和发展锂工业、开发更新更好的提锂技术是十分迫切的任务。

随着矿石资源的枯竭, 加上从矿石中提取碳酸锂的生产工艺耗能较大, 产品成本高, 因此, 研究卤水中锂的低成本提取技术, 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。我国盐湖数量众多, 锂储量丰富, 品位高, 具有极高的开采价值和巨大的潜在经济价值。在未来的需求中, 必将推动盐湖资源的大规模开发<sup>[9]</sup>。盐湖资源开发是一个庞大而复杂的系统工程, 在开发过程中一定适应资源结构的变化, 尊重科学, 借鉴以往, 以综合利用开发为原则, 发展盐湖绿色产业, 找出适合我国盐湖卤水资源特点 (镁锂比值大) 的新技术新工艺, 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, 保护生态环境, 实现盐湖资源开发的可持续发展。

参考文献:

[1] 孙晓刚, 肖明. 世界锂的生产消费及中国锂工业的发展问题[J]. 世界有色金属, 1999(9): 7-8  
[2] 游清治. 锂在玻璃陶瓷工业中的应用[J]. 世界有色金属, 2000(2): 26-31.  
[3] 游清治. 锂及其化合物在医药中的应用[J]. 世界有色金属, 1997(12): 41-43  
[4] 张文钰. 世界锂业新产品 - Li[J]. 世界有色金属, 1999(2): 29-31  
[5] 闫俊美, 杨金贤, 贾永忠. 锂电池的发展与前景[J]. 盐湖研究, 2001, 9(4): 58-62



- [ 6] 巫辉, 张柯达, 吴杰. 我国盐湖锂资源的开发及技术研究 [ J]. 化学与生物工程, 2006 23(8): 4—6
- [ 7] 李承元, 李勤, 朱景和. 国内外锂资源概况及其选冶加工工艺综述 [ J]. 世界有色金属, 2001(8): 4—7
- [ 8] 刘人辅, 谷晋川. 生产低铁锂辉石的工艺流程及其特点 [ J]. 矿产综合利用, 1989(6): 20—23
- [ 9] 汪剑岭, 等. 硫酸盐法从锂云母制取碳酸锂的研究 [ J]. 新疆有色金属, 1996(1): 85—89.
- [ 10] 杨重愚. 轻金属冶金学 [ M]. 北京: 冶金工业出版社, 1991: 321—325
- [ 11] 汪镜亮. 锂矿物的综合利用 [ J]. 矿产综合利用, 1992 (5): 19—26
- [ 12] 冯安生. 锂矿物的资源, 加工和应用 [ J]. 矿产保护和利用 1993(1): 39—46
- [ 13] 凌宝萍. 高纯碳酸锂制备过程中氢化与除硼研究 [ D]. 西宁: 中国科学院青海盐湖研究所, 2004 16—17.
- [ 14] 扬仁武. 单水氢氧化锂及其锂盐生产技术 [ J]. 江西冶金 1997 17(5): 73—76
- [ 15] 张长信. 煤代重油在锂辉石——石灰石烧结法制取锂盐工艺中的应用 [ J]. 昆明工学院学报 1994 19(3): 70—72
- [ 16] 高世扬. 青海盐湖锂盐开发与环境 [ J]. 盐湖研究, 2000 8(1): 17—23.
- [ 17] 于明臻. 我国锂盐工业的现状和技术进展 [ J]. 无机盐工业, 1999 31(1): 17—19.
- [ 18] Wilkomisky For Production of lithium carbonate from brines United States Patent 5993759 [ P]. 1999.
- [ 19] 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, 2004 12(3): 63—64
- [ 20] 杨建元, 程温莹, 邓天龙, 等. 东台吉乃尔湖晶间卤水综合利用研究 [ J]. 无机盐工业, 1996(2): 29—32
- [ 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, CN1724372A [ P]. 2006—1—25.
- [ 22] 黄师强, 崔荣旦, 张淑珍, 等. 一种从含锂卤水中提取无水氯化锂的方法; 中国, 8710343 A [ P]. 1987—11—4.
- [ 23] 潘立玲, 朱建华, 李渝渝. 锂资源及其开发技术进展 [ J]. 矿产资源综合利用, 2002(2): 28—32
- [ 24] 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
- [ 25] 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.
- [ 26] Busha II Crystalline 3—layer lithium aluminates United States Patent 4540509 [ P]. 1985.
- [ 27] Repsher et al Recovery of lithium from brine United States Patent 4291001 [ P]. 1981.
- [ 28] 张绍成, 冉广芬. 吸附法盐湖卤水提锂工艺试验 [ J]. 盐湖研究, 1997 5(1): 59—68
- [ 29] Hideki Kōyanaka et al Quantitative correlation between Li absorption and H content in manganese oxide spinel — MnO [ J]. Journal of Electroanalytical Chemistry 2003 (559): 77—81.
- [ 30] 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
- [ 31] 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; 中国, CN1626443A [ P]. 2005—6—15
- [ 32] 陈正炎, 古伟良, 陈富珍. 国内外盐湖卤水提锂方法及其发展 [ J]. 新疆有色金属, 1996 21—25
- [ 33] Kobayashi Hidekazu, Matsumoto Masamichi, Oe Kiyoyuki et al Apparatus for extracting lithium in sea water; Japan patent 088420 [ P]. 2002.
- [ 34] 袁俊生, 级志永. 海水提锂研究进展 [ J]. 盐湖盐与化工, 2003 32(5): 29—33
- [ 35] 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, CN1335263A [ P]. 2002—02—13.
- [ 36] 陈延成, 钱作华, 李博昀. 中瑞合作利用“许氏法”开发盐湖卤水中锂资源 [ J]. 化工矿产地质, 1998 20(3): 49—50
- [ 37] 马培华, 邓小川, 温现明. 纳滤法从盐湖卤水中分离镁和浓缩锂的方法; 中国, CN1542147A [ P]. 2004—11—3

## Progress in Production Process of Lithium Carbonate

ZHU Zeng-hu, ZHU Chao-liang, WEN Xian-ming, ZHU Ge-qin, LING Bao-ping  
( 1 Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China;  
2 Qu fu Normal University, Qu fu 213765, China)

**Abstract:** Different applications of lithium carbonate are introduced in brief. Some productive technologies and characteristics of lithium carbonate are emphatically introduced from the lithium pyroxene and brine and seawater. And the deficiency of productive technology is discussed. The aim of preparation for lithium carbonate is reducing the cost and predigesting productive technology. The author proposed that the salt lake resources should face an orientation of comprehensive utilization as well as environmental protection.  
**Key words:** Lithium carbonate; Application; Productive technology; Flow chart