

略论锂盐产品的应用与生产方法

凌宝萍, 李法强, 马培华

(中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008)

摘要:着重论述了几种重要锂盐在各个方面的应用, 简要介绍了它们的制备方法, 提出了盐湖锂盐产品的开发应向着高值化、多元化、系列化的方向发展。

关键词:锂盐; 应用; 盐湖

中图分类号: TQ131.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-858X(2004)02-0043-08

0 引言

锂(Li)是自然界中最轻的金属。银白色, 密度 $0.534\text{g}/\text{cm}^3$, 熔点 180°C , 沸点 1342°C 。Li 是由瑞典化学家贝齐里乌斯(J·J·Berzelius)的学生瑞典人阿尔费德松(J·A·Arfvedson)于 1817 年在分析研究从攸桃岛(Utö)采得 $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_5)_2$ (透锂长石)时首次发现的, 贝齐里乌斯把这种新金属称为 Lithium。1818 年布朗得斯(W·T·Brande)和戴维(H·Davy)通过电解 Li_2O 制得少量金属锂^[1]。1855 年德国人本生(R·W·Bunsen)和马提生(A·Matthiessen)通过电解熔融 LiCl ($>600^\circ\text{C}$) 制得大量的金属锂, 并较详细地研究了它的性质。1893 年根茨(Guntz)提出在 400°C 时电解熔融的 LiCl (55%)、 KCl (45%) 电解液制 Li, 这种原理应用到生产上, 一直沿用到现在。现在电解 LiCl 制取 Li, 仍要消耗大量的电能, 每炼 1t Li 就耗电高达 $60,000\text{kWh}\sim 70,000\text{kWh}$ 。Li 从被认定是一种元素到工业化制取前后历时 76 年。但是, 在很长时间内, 锂及其化合物的应用非常有限, 仅局限于医药、玻璃、陶瓷和搪瓷工业。20 世纪 50 年代, 由于研制氢弹需要提取核聚变用

同位素⁶Li, 因而锂工业得到了迅速发展, Li 则成为生产氢弹、中子弹、质子弹的重要原料。20 世纪 60 年代中期由于核弹头的储备已经达到一定数量, 锂工业的发展再次进入萧条期。20 世纪 70 年代末、80 年代初期, 随着民用锂基产品的开发, 锂及其化合物的品种越来越多, 应用领域也越来越广泛^[2]。目前, 在锂离子电池、航空材料、锂基润滑脂、铝电解、玻璃和陶瓷工业及空调、医药、有机合成工业等方面广泛应用, 已成为新世纪能源和轻质合金的理想材料, 是 21 世纪高科技发展中关键的金属材料, 被成为“能源金属”和“推动世界前进的重要元素”。

我国的锂产品品种已由 20 世纪 90 年代初的 40~60 种, 发展到目前的近 90 种, 已接近美、日等发达国家的 100 种^[3]。重要的锂盐产品主要有以下几种:

1 碳酸锂(Li_2CO_3)

Li_2CO_3 是制备各种锂化合物的原料, 应用于熔盐电解、陶瓷和玻璃的添加剂。目前, 作为锂离子电池的正极材料和电解质使用的高纯 Li_2CO_3 越来越受到人们的重视。它不仅用于锂

离子电池,而且广泛应用于其他方面。99.9%纯度的高纯 Li_2CO_3 用于锂离子电池的正极材料;99.99%纯度的高纯 Li_2CO_3 用于锂离子电池的电解质;99.999%纯度的高纯 Li_2CO_3 用于医药品和表面弹性波元件材料钽酸锂(TL)、铌酸锂(NL)单晶。高纯 Li_2CO_3 产品的国家标准列于表 1^[4]。

随着信息产业的高速发展,锂电池耗材,如:钴酸锂(LiCoO_2)、镍酸锂(LiNiO_2)、锰酸锂(LiMn_2O_4)、高氯酸锂(LiClO_4)、六氟磷酸锂(LiPF_6)、四氟硼酸锂(LiBF_4)生产和消费将大为增长。2000 年全球锂电池产业规模达 29 亿美元,锂离子电池的生产已从日本扩展到中国大陆、台湾地区和韩国,全球总计锂离子电池月产

量为7 500万只,其中6 500万只由日本生产,其次是中国(500 万只/月),韩国(300 万只/月),北美及欧洲(共 200 万只/月)。 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMn_2O_4 等是锂离子电池的正极活性材料。目前,国际市场 LiCoO_2 需求量约4 000t/a,其中日本产量达1 700t/a。由于 LiCoO_2 价格很高,不利于降低电池成本,人们又致力于研制成本更低的 LiNiO_2 和 LiMn_2O_4 。 LiClO_4 、 LiPF_6 、 LiBF_4 是锂离子电池不可缺少的电解质,但是国内市场短缺,仍需进口^[5]。

Li_2CO_3 在医药上用作安眠药和镇静剂。多年研究及临床应用证明, Li_2CO_3 治疗精神病,有肯定的疗效,在典型的躁狂症治疗中,已成为目前的首选药物。对于不伴有躁郁症的器质性脑

表 1 高纯 Li_2CO_3 产品的国家标准(GB10576—89)

Table 1 Chinese national standard of high purity Li_2CO_3 product (GB10576—89)						
Concentration		$\text{Li}_2\text{CO}_3-05$	$\text{Li}_2\text{CO}_3-045$	$\text{Li}_2\text{CO}_3-04$	$\text{Li}_2\text{CO}_3-035$	$\text{Li}_2\text{CO}_3-03$
Li_2CO_3	%, $\geq$	99.999	99.995	99.99	99.95	99.9
Pb	10^{-6} , $\leq$	0.05	0.5	1	1	50
Cu	10^{-6} , $\leq$	0.05	0.5	1	—	—
Co	10^{-6} , $\leq$	0.01	0.1	1	—	—
Ni	10^{-6} , $\leq$	0.05	0.5	1	1	—
Fe	10^{-6} , $\leq$	0.05	0.5	3	5	50
Al	10^{-6} , $\leq$	0.05	0.5	3	1	—
Mn	10^{-6} , $\leq$	0.01	0.5	1	—	—
Zn	10^{-6} , $\leq$	0.05	0.5	3	—	—
Cd	10^{-6} , $\leq$	0.01	1	5	—	—
Ti	10^{-6} , $\leq$	0.05	—	—	—	—
Cr	10^{-6} , $\leq$	0.05	0.5	1	—	—
Mg	10^{-6} , $\leq$	2	5	5	5	50
Ba	10^{-6} , $\leq$	2	—	—	—	—
Ca	10^{-6} , $\leq$	5	8	10	25	—
Sr	10^{-6} , $\leq$	2	—	—	—	—
Na	10^{-6} , $\leq$	3	5	10	10	100(Na+K)
K	10^{-6} , $\leq$	3	5	10	5	
Rb	10^{-6} , $\leq$	1	—	—	—	—
Cs	10^{-6} , $\leq$	1	—	—	—	—
Si	10^{-6} , $\leq$	—	10	18	—	—
F	10^{-6} , $\leq$	—	10	50	—	—

综合症,用锂盐治疗也改善了病人的认识功能、情感效应、记忆力以及激越与徘徊症状。锂还对反复发作的单相抑郁症及双相情感性躁郁症有预防作用,使其发作次数减少,优于其他某些

抗躁郁性药物。 Li_2CO_3 有抑制甲状腺激素的释放功能;抑制抗利尿激素对远端肾小管及集合管的作用;抑制肠粘膜环磷酸腺苷的增加而减轻腹泻,治疗胰腺性腹泻综合症。 Li_2CO_3 对造

血系统有一定的影响,临床应用证明锂对骨髓有刺激作用,可促进红细胞、白细胞、血小板的增殖。此外,还可治疗神经性厌食、关节炎、癫痫等。锂化合物对促进人类的健康,发挥着愈来愈大的作用^[6]。

生产 Li_2CO_3 的方法有多种,如矿石硫酸浸取—碳酸盐沉淀法、盐湖卤水分离提取法、碳化粗产品结晶法等等。目前世界上主要的生产方法为盐湖卤水分离提取法,通过浓缩富含锂元素的盐湖卤水,通过盐析、萃取、吸附或其它方法分离除去 Ca 、 Mg 、 Na 、 K 、 B 等杂质,利用碳酸盐——主要是 Na_2CO_3 沉淀得到 Li_2CO_3 产品。图 1 所示即为智利阿塔卡玛盐湖从卤水中提取 Li_2CO_3 的工艺流程图^[7]。高纯 Li_2CO_3 的制备方法,目前主要有 Zintl, Harder, Dauth 法、 LiOH 溶液— $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 沉淀法、 LiOH 溶液— CO_2 气体沉淀法和用工业 Li_2CO_3 作原料生产高纯 Li_2CO_3 的方法,包括苛化法、电解法、 LiHCO_3 重结晶法、氢化分解法和氢化沉淀法等^[8]。

2 氯化锂(LiCl)

LiCl 是白色立方晶体,具有 NaCl 型面心晶格($a = 0.513\text{nm}$)的规则晶体。密度为 $2.068\text{g}/\text{cm}^3$,熔点 605°C ,沸点 $1\,360^\circ\text{C}$ 。具有很强的吸湿性,易溶于水、甲醇、乙醇、吡啶、乙醚、丙酮,微溶于液氨^[9]。 LiCl 是熔盐电解法生产金属锂的最重要和最基本的原料,目前世界上金属锂的年产量约 2 000 t 左右,基本上全部通过电解 LiCl 制得。目前 LiCl 还大量用作大容量的锂离子二次电池的电解质、电极材料的制造,而今后贮存电站的剩余电力和电力汽车的动力源方面的应用也将成为一个重要的方向。同时, LiCl 还应用于铝的焊接剂或助熔剂、低温干电池的添加剂、除湿设置的去湿剂以及特种水泥原料、漂白粉、杀虫剂、还用于焰火等^[10]。不同等级的 LiCl 的产品标准列于表 2^[11]。

LiCl 的生产方法有很多种,仅列举四例:

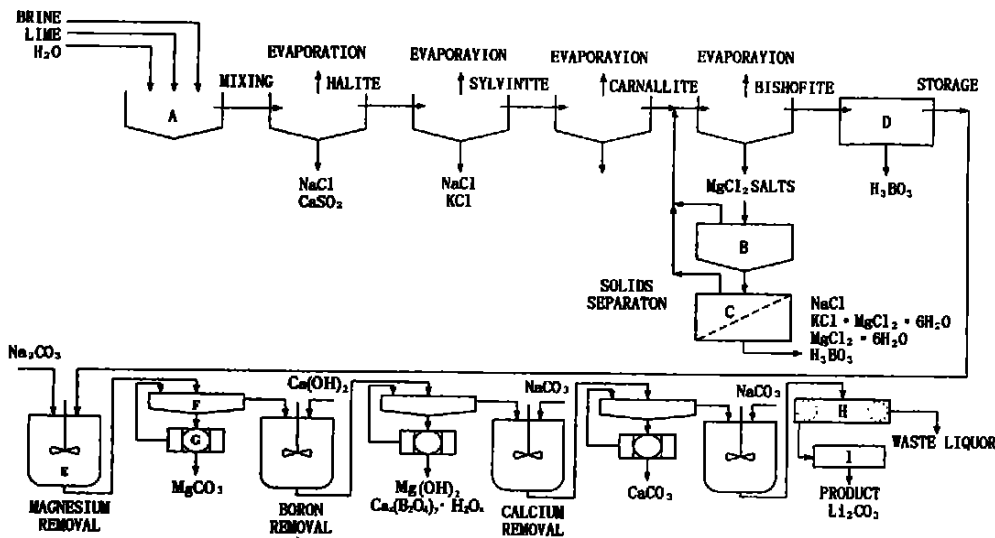


图 1 智利阿塔卡玛盐湖卤水提取 Li_2CO_3 的工艺流程示意图

Fig. 1 Flow chart of extracting Li_2CO_3 from Salar de Atacama brine in Chile
A: brine pan, B: thickener, C: separation appliance, D: storage tank,
E: stirring reactor, F: clarifier, G: frame filter, H: belt filter, I: dryer

(1)以锂辉石为原料的 LiCl 生产工艺

在 930℃~1 000℃煅烧,使 α-锂辉石转变成易于化学反应的 β-锂辉石,再在1 000℃的温度下与熔融的 KCl 反应进行离子交换,产出物质的量比为 60%的 KCl 和 40%的 LiCl 的盐类混合物,待其冷却后用乙醇从中提取 LiCl 产品,蒸发回收乙醇后得到纯度为 99.47%LiCl 产品。用乙醇提取 LiCl 后的残渣用水提取 KCl,脱水处理后返回前面的离子交换反应器中^[12]。

(2)以 Li₂CO₃ 为原料的 LiCl 生产工艺

以 Li₂CO₃ 为原料的 LiCl 生产工艺是最常见和最通用的方法。以美国明尼阿波利斯公司的生产工艺为例,简述如下:将 Li₂CO₃ 在衬了橡胶的反应器中用 30%的 HCl 处理,得到的溶液中含有近 359g/L 的 LiCl,保证少许过量的 HCl 存在,充分混合后保持半小时。往该酸性 LiCl 溶液中加入适量的 BaCl₂ 溶液以除去杂质硫酸盐,然后用 LiOH 将该酸性溶液中和成 [OH⁻]=0.0mol/L 的碱性溶液。该碱性 LiCl 溶液用衬胶的框式过滤机过滤并收集在衬胶的集液槽中,然后在具有陶瓷砌面和充满陶瓷填充物的蒸发器中进行蒸发浓缩,并最终得到干燥的无水 LiCl,如图 2 所示^[13]。

(3)以 LiOH 为原料的 LiCl 生产工艺

将 LiOH 分散于水中,逆流通入 Cl₂ (电解 LiCl 时产生 Cl₂ 即可用于此)使之循环,得到 LiCl 粗母液,副产的 LiClO 经催化加热转化为 LiCl,并用碱除去 Fe、Al、Mg,用 H₂C₂O₄ 除去 Ca,即得 LiCl 精制母液,将其经喷雾造粒流化干燥,则可得到无水 LiCl 产品^[14]。

表 2 LiCl 产品的国家标准(GB10575—89)
Table 2 Chinese national standard of LiCl product
(GB10575—89)

Grade		LiCl-0	LiCl-1	LiCl-2
LiCl	≥, %	99.3	99.0	98.0
Na+K	≤, %	0.03	0.35	0.5
Fe ₂ O ₃	≤, %	0.002	0.002	0.010
CaO	≤, %	0.015	—	—
SO ₄	≤, %	0.01	0.05	0.10
H ₂ O	≤, %	0.5	0.5	1.20
Inso l. In HCl	≤, %	0.005	0.05	0.10

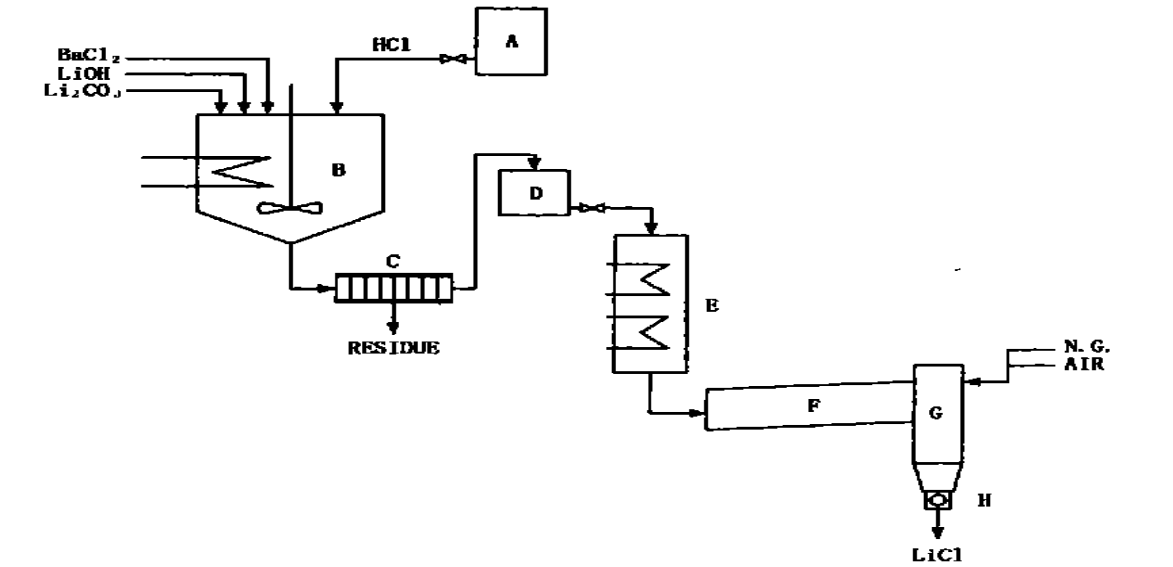


图 2 Li₂CO₃ 为原料制取 LiCl 的工艺流程示意图

Fig. 2 Typical flow chart of producing LiCl from Li₂CO₃

A: HCl tank, B: stirring reactor, C: filter, D: LiCl solution tank, E: coil evaporator, F: dryer, G: burning room, H: crusher

(4) 萃取法富锂卤水为原料的 LiCl 生产工艺

萃取法是利用有机溶剂对 Li 离子的特殊萃取性能,达到提取 LiCl 的目的。已研究的锂萃取体系有:磷酸酯配位萃取,金属配阴离子与 Li 离子共萃取,酸性磷酸酯协同萃取,螯和中性配位协萃,大环聚醚配位萃取^[15],中性萃取剂(包括醇类、酮类;冠醚;混合离子萃取剂)萃取。

1968 年,美国锂盐公司发明了二异丁酮—磷酸三丁酯从高镁卤水萃取 Li 的方法^[16]。1978 年,美国布洛克哈文国家试验室提出了用 β—双酮从卤水萃取 Li 的初步设计^[17]。

3 氢氧化锂 (LiOH)

LiOH 有无水 LiOH 和 LiOH·H₂O 两种。无水 LiOH 为白色四方结晶颗粒或流动性粉末,相对密度 1.45g/cm³,熔点 471.2℃,沸点 1 620℃。LiOH·H₂O 为白色易潮解的单斜粉末,相对密度 1.51g/cm³,熔点 680℃,在 100℃ 以上失去结晶水成为无水 LiOH。LiOH 溶于水,微溶于醇,容易吸收空气中的 CO₂ 和 H₂O。LiOH 目前主要用于制造高级锂基润滑脂。用 LiOH 制作的多用途润滑脂^[18],在 -50℃ 到 +300℃ 的温度范围内不改变性能,机械稳定性和胶体稳定性好,使用寿命长,抗水性强。目前美国锂基润滑脂的消费占润滑脂总量的 60% 以上,欧洲仅次于美国占 50%。我国锂基润滑脂的生产消费呈上升趋势,目前大约消耗 6×10⁴t 锂基润滑脂,约耗 1 200t~1 500t LiOH·H₂O。特别是我国汽车工业的迅猛发展和汽车普及以及冶金、机械工业用锂基脂量的增加,会促使我国锂基润滑脂需求量迅速增长,从而导致 LiOH·H₂O 消费的增长。无水 LiOH 具有多孔性结构,能够快速吸收大量的 CO₂,这种特性被应用于潜水艇和阿波罗飞船自动控制指令和登月仓的空气再生系统。

LiOH 的生产工艺主要有以下两种^[14]:
(1) 锂云母法 LiOH 生产工艺
将石灰石与锂云母(含 Li₂O 3.6%~4.2%)按质量比 1:3 的比例混合,然后加入水,在固液比为 1:6 的情况下磨至直径小于 0.076mm。磨

好的料浆经稠厚器增稠至 65%,送入回转煅烧窑在 850℃ 下煅烧 4h, CaCO₃ 分解产生的 CaO 与锂云母反应生成 LiOH。水浸取烧熟的矿料,经沉降、浓密、脱水分离后,滤液蒸发,通常是三效蒸发器(温度一般为 120℃, 93℃, 60℃),得到 LiOH·H₂O。

(2) 锂辉石法 LiOH 生产工艺

将含 Li₂O 5.5%~7.5% 的 α—锂辉石精矿在 1 050℃~1 100℃ 的回转窑中,煅烧使其转化为 β—锂辉石,冷却后球磨至 0.076mm,按 Li₂O 的物质的量的 4~7 倍加入 Na₂CO₃,混合均匀,然后加压在 200℃ 浸出,通入气体,即生成可溶的 LiHCO₃,过滤除去残渣,然后按化学计量加入精制后的石灰乳,反应结晶后即得到 LiOH·H₂O 产品。此法也可利用 Li₂CO₃ 碳化产生的 LiHCO₃ 与精制石灰乳反应生产 LiOH·H₂O。

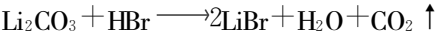
4 溴化锂(LiBr)

LiBr 是白色立方结晶或颗粒状粉末,微苦味。易潮解,易溶于水、乙醇和乙二醇,能溶于醚和戊醇。LiBr 的水溶液是一种呈无色或淡黄色的透明溶液。LiBr 主要用作吸收式冷冻机的冷媒吸收剂,目前 50% 浓度的 LiBr 溶液已经被大量用于高楼、工厂等大型吸收式空调设备的制冷工作介质。随着人们办公环境、生活环境的日益提高以及《蒙特利尔公约》关于在 2000 年后禁止使用含氟氯烃制冷剂的协定生效期的到来, LiBr 作为制冷介质的用量必将大大增加,近几年 LiBr 的年增长率在 16%~20% 之间。除此之外, LiBr 还在有机合成中用作 HCl 的脱除剂,在电池工业方面用作锂电池电解质,在医药方面用作催眠剂和镇静剂,此外还用作为有机纤维的泡胀剂以及用作摄影、化学试剂,蛋白质的膨胀剂等^[4]。固体 LiBr 的产品标准列于表 3^[19]。

LiBr 的生产方法主要有以下三种^[20]:
(1) 中和法
将 40% 的 HBr 溶液置于反应器中,然后逐渐加入 Li₂CO₃ 或 LiOH 使之中和。反应方程式为:

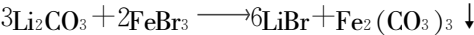
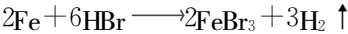
表 3 固体 LiBr 的产品标准
Table 3 Typical standard of LiBr product

LiBr(%)	Impurities(%)											pH-value
	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	SO ₄	CO ₃	Cl	H ₂ O	Insolubles in water	
≥99.5	≤0.03	≤0.03	≤0.005	≤0.002	≤0.001	≤0.0003	≤0.01	≤0.005	≤0.05	≤0.3	≤0.005	8.5—9.5



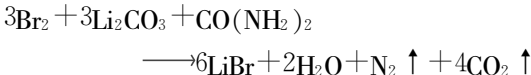
(2)FeBr₃ 转化法

先用 Fe 屑与 HBr 作用生成 FeBr₃，再用 Li₂CO₃ 与 FeBr₃ 发生复分解反应而制得。

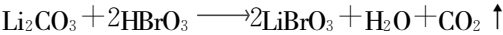
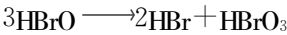


(3)CO(NH₂)₂ 还原法

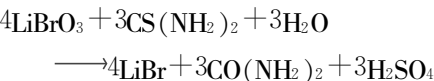
该工艺生产流程短，设备简单，产品质量好，生产成本低，锂盐回收率高。是通过 Br₂ 与 H₂O 作用生成 HBr 以及 HBrO，HBr 和 HBrO 均与 Li₂CO₃ 作用，尿素将 LiBrO 还原为 LiBr，最终得到的全部是 LiBr。反应原理为：



当体系的温度超过 80℃ 后会发生副反应：



CO(NH₂)₂ 只能把 LiBrO 还原生成 LiBr，还原 LiBrO₃ 需要选用 CS(NH₂)₂，反应如下：



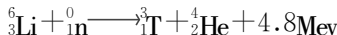
5 合金及金属锂(Li—Alloy and Li Metal)

A1—Li 合金集低密度、高弹性模量、高硬度和优越的机械性能于一身。合金材料在太空船、卫星和航空站等领域应用，因为低密度而产生的低质量是一个关键因素。每含 Li 1%能降低合金质量的 3%，而且能使硬度大约提高 5%^[21]。加拿大铝公司研制开发出一种挤压性能十分良好的新型 A1—Li 合金，含 Li≥1.5%，

Cu 0.1%，是航空航天工业的良好材料。美国 Reymolds 金属公司推出一种热韧性好、高强度 A1—Li 合金，含 Cu 3.61%、Li 1.1%、Mg 0.33%、Ag 0.4%和 Zr 0.14%，用作航空、汽车材料。Arishium 公司推出一种新型 A1—Li 合金，含 Li 1.5%~3.5%、Mg 1.0%~5.5%、Cu 0.05%~1.5%、Zr、Cr、和 V 各 0.05%~0.5%和 Ti 0.005%，该合金在挤压时显示出极高的强度和可淬性，用于制造汽车车轮。还有一种新型的含 Li 锌板，含 Li 0.45%、Ti 2%和 Cu 0.2%，该锌板是经连铸、多段轧制而成，抗张强度高，而延性并不降低，用于制造汽车和飞机^[22]。

Li 在玻璃、搪瓷和陶瓷工业中的应用，是 Li 的一个应用较早而又长盛不衰并不断有新进展的重要领域。Li₂O 可使玻璃收缩或更密实，从而提高玻璃和瓷釉的表面硬度，提高玻璃的表面张力，降低热膨胀系数，改善化学稳定性以及改变辐射性质。Li₂O 具有很强的助熔作用，玻璃态涂层加 Li₂O 可降低溶化温度，提高生产率，改善耐碱性能，提高抗热震急变能力，以及避免使用有毒的氧化铅。在结晶玻璃和搪瓷中，Li₂O 的作用是生产低膨胀相。选用何种 Li 的化合物，有很多因素，要根据最终产品要求的组分而定。利用锂化合物和锂矿物的独特性质，改善玻陶性能，以生产多种具有特殊用途的玻璃陶瓷产品，是人类不断开发新产品的范例之一。随着对 Li 在玻陶业中应用的深入研究，Li 在玻陶业中的应用仍然是大有作为的领域之一^[23]。

同位素金属⁶Li在受控核聚变反应堆中既作核燃料又作传热介质，在磁致核聚变能的反应堆中用作再生中子缓冲层和反应的冷却剂。在核聚变反应中，



⁶Li作为³T的增殖材料，是核聚变反应的重

要原料^[10,24]。一个 1 000MW 的核聚变反应堆所需用的金属 Li 达 1 000t, 现在世界上已建立了 240 多个受控核聚变反应装置, 我国 1 号反应堆已取得重大研究成果, 预计到 2006 年可望实现受控核聚变反应堆发电工业化^[5]。

6 其他锂化合物

其它的多种锂化合物在各个领域也同样有着重要而特殊的用途。例如 LiH 与 H₂O 发生强烈反应放出 H₂, 作为军事上和浮力装置中 H₂ 的来源; 还用作醛、酮和脂类的缩合剂。它的一种新开发的用途, 即作为非晶硅太阳能电池和半导体薄膜材料用硅烷的催化剂^[2]。Li₂S₄ 用于生产特种强度的玻璃。LiNO₃ 用于热传递介质和信号装置与焰火的火焰冷却剂。有机锂化合物主要用作聚合物的引发剂, 在精细有机化学产品和医药方面中的生产用量也相应增加。Li₂B₄O₇ (简称 LBO) 晶体是一种性能优异的压电晶体材料, 特别适合于制造高频、宽带、低插入损耗的 SAW 和 BAW 器件^[25-26]。以 Li₂SiO₃、Na₂SiO₃ 为主要成膜物质, 可以制成纤维水泥瓦的表面着色涂料^[27]。

7 总结与展望

随着对锂化合物的深入研究, 新型的锂化合物及用途不断开发出来。日本化学工业公司推出一种多孔 LiAlO₂ 制法, 用于制造熔融碳酸盐燃料电池。美国 Albemarle 公司使用卤化锂 (稳定剂) 与 Al(CH₃)₃ 在有机溶剂中充分反应, 得到十分稳定的铝-烷, 该产品可用作烯烃聚合催化剂。而三菱电气材料工业公司推出一种掺铁铌 (钛) 酸锂, 广泛用于介电陶瓷材料^[21]。Li 的应用领域不断扩展, 新产品不断出现, 需求量不断增加, 从而推动着世界 Li 工业的发展, 而锂盐产品在高新技术领域的应用也越来越广泛, 其发展前景极其广阔。青海省的盐湖锂资源是我国在世界上具有优势的丰有资源, 盐湖锂资源的储量为 1 392×10⁴t (以 LiCl 计), 占世界盐湖锂资源储量的三分之一^[28]。

实现盐湖锂资源的深度开发及后续产品高值化、精细化、多元化、系列化发展, 应该是也必将成为今后盐湖锂资源开发的大势所趋, 本文意在抛砖引玉, 以期对青海盐湖锂的开发有所启示。

参考文献:

[1] 张明杰, 郭清富. 21 世纪的能源金属——锂的冶金现状及发展[J]. 盐湖研究, 2001, (3): 55.

[2] 刘世友. 锂工业的发展与展望[J]. 稀有金属与硬质合金, 1999, (139): 62-64.

[3] 徐月和. 我国锂的产品品种[A]. 第十届全国锂铷铯学术会议论文[C]. 2001, 33-36.

[4] 乐志强, 薄胜民, 等. 无机精细化学品手册[M]. 北京: 化学工业出版社. 2001.

[5] 封国富, 张晓. 世界锂工业发展格局的变化对我国锂工业的影响和对策[A]. 第四届稀有金属冶金学术交流会会议材料[C]. 2002.

[6] 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.

[7] Encyclopedia of Chemical Processing and Design[M]. 1988. 28, 324.

[8] 米泽华. 高纯碳酸锂的制取方法探讨[J]. 新疆有色金属, 2000, (2): 27-29.

[9] 化学化工物性数据手册 (无机卷)[M]. 北京: 化学工业出版社. 2002. 3.

[10] 曹兆汉. 国外锂资源的开发利用 (下)[J]. 盐湖研究, 1989, (2): 35.

[11] 周连江, 乐志强, 等. 无机盐工业手册[M]. 2ed, 北京: 化学工业出版社. 1996.

[12] 杨仁武, 鲍金祖. 锂冶炼概况[J]. 江西有色金属, 1987, (1): 47-51.

[13] 曾华 译. 锂的化学和工艺学[M]. 北京: 中国工业出版社. 1965.

[14] 李乘元, 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): 7.

[15] 盛怀禹, 等. 锂的新萃取体系研究[J]. 化学学报, 1995, 53(7): 689-694.

[16] Joseph R. Nelli, Theodore E. Arthur, etc. Recovery of lithium from bitters. U. S. Pat. No. 3, 537, 813. 1970.

[17] Vi Duong Dang, Steinberg Meyer. Circ. Okla. Geol. Surv [J]. 1978, 79: 99.

[18] 胡庚年. 对柴达木盆地锂盐开发利用的探讨[J]. 柴达木开发研究, 1993, (1): 64.

[19] 新余市赣锋锂业有限公司[EB/OL]. <http://www.chinali-chem.com/product18.htm>.

[20] 雷万学. 溴化锂生产新工艺[J]. 河南化工, 2002, (7): 21-22.

[21] 董自明. 铝-锂合金的发展和当今的应用[J]. 世界有色金属, 1999, (5): 34-35.

[22] 张文钺. 世界锂业新产品 Li[J]. 世界有色金属, 1999, (2): 29-31.

[23] 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.

[24] 张绍成, 董丽春, 戈桦. 盐湖卤水提锂[J]. 盐湖研究, 1992, (2): 24-28.

[25] 李红艳, 刘景和, 等. $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 材料制备及性能的研究[J]. 材料科学与工程, 2001, 19(3): 95-99.

[26] 刘景和, 李建利, 等. $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 晶体压电性能及应用的研究[J]. 人工晶体学报, 29(5): 176.

[27] 张良均, 王正国. 硅酸盐的合成与应用研究[J]. 现代涂料与涂装, 2002, (4): 4-5.

[28] 马培华. 中国盐湖资源的开发利用与科技问题[J]. 地球科学进展, 2000, 15(4): 365-375.

Brief Description of the Application and
Production of Lithium Salts

LING Bao-ping, LI Fa-qiang, MA Pei-hua
(Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China)

Abstract: The paper stresses the application of several lithium salts in Various fields, It also gives a brief de-
scription the production method of the salts. In the mean time, the author(s) put forward that the R & D of salt
lake lithium products should face on orientation of value — elevation, diversification and serialization.

Key words: Lithium salt; Application; Salt Lake