

西藏地区盐湖锂资源的开发现状

罗莎莎^{1,2}, 郑绵平^{1,2}

(1. 中国地质科学院盐湖与热水资源研究发展中心, 北京 100037; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

[摘要]随着国外锂盐生产逐渐转向盐湖提锂, 我国急需加强盐湖锂资源的开发。西藏地区盐湖锂资源储量丰富, 主要分布在扎布耶湖、班戈—杜佳里湖、扎仓茶卡等盐湖中。其中扎布耶盐湖经过十余年的开发研究, 目前已找到一条适合该湖自然条件的锂资源工艺开发路线。班戈—杜佳里湖近期刚开始进行试验, 表现出良好的发展前景。开发中需坚持综合利用的原则, 同时可以利用西藏丰富的太阳能和盐湖资源建立盐湖太阳池系统, 为资源开发提供能源支持。

[关键词]西藏地区 盐湖 锂资源 太阳池系统

[中图分类号] P618.71 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2004)03-0011-04

1 锂的需求及开发盐湖锂资源的必要性

锂是最轻的金属并具有极强的电位, 因此具有广泛的用途。目前, 锂的消费主要集中在电池、陶瓷、橡胶、制冷剂等领域中。此外, 锂还可以作核聚变的冷却剂和燃料, 在核聚变发电领域中可能会得到快速的发展。

我国锂产品消费年均增长率 6.5%, 远高于世界市场锂消费平均增长率。特别是由于我国汽车、制冷、合成橡胶业的发展, 对锂的需求将会有较大的增长^[1]。表 1 为我国锂的消费量及预测。

表 1 我国锂的消费量及预测(碳酸锂, t)

应用领域	实际消费量		预测值 2005 年
	1992 年	1997 年	
铝电解	720	500	1000
吸收式制冷	414	3040	7000
锂基脂	522	800	1600
玻璃陶瓷	1621	400	600
有机合成	—	287	770
化学试剂	447	580	580
电池	27	31	526
军工	347	300	800
其它	984	1000	1200
国内合计	5082	6938	14076
出口	2126	2500	3644
总计	7208	9438	17720

注: 数据来源于文献[1]。

早期锂盐生产主要是开采锂辉石和透锂长石, 经粉碎、研磨、选矿后所得精矿与石灰石混合, 高温焙烧、浸取、蒸发和结晶生产碳酸锂或硫酸锂^[2]。自 90 年代开始, 世界主要锂盐生产国美国将锂盐生产转向盐湖提锂, 南美盐湖提锂工艺发展也十分迅速, 由于生产成本比矿石法降低了一半, 基本上淘汰了矿石法生产工艺^[3]。国外锂的生产表明, 1995 年从卤水中提锂占生产能力的 28.26%, 1996 年占 60.39%, 1997 年占 70.85%, 1998 年占 88.41%, 从卤水中提锂的比例增长十分迅速^[4]。

我国(1995~1997 年)锂盐的年生产量为 9000t 左右, 但我国锂盐生产几乎全部从伟晶岩矿石中产锂, 成本很高, 约合 2400 美元/t^[1]。而以智利 SQM 公司从 Atacama 盐湖提锂为例, 其成本仅为 800~1000 美元/t, 正是由于这种巨大的价差, 1995 年我国年出口碳酸锂 3000~4000t, 而 1998 年则转而进口碳酸锂 3000t。我国硬岩锂工业面临困境, 显然, 我国锂工业的发展也必须从硬岩提锂尽快转变到从盐湖卤水提锂这个大趋势中来, 加大从卤水中提锂的开发研究力度, 加速卤水提锂工艺研究, 否则我国锂工业发展将毫无出路^[1,4]。

2 西藏地区盐湖锂资源的分布

锂主要赋存于盐湖和花岗伟晶岩矿床中, 其中

[收稿日期] 2003-03-31; [修订日期] 2003-08-28; [责任编辑] 曲丽莉。

[基金项目] 国家科技部“十五”科技攻关项目(编号: 2001BA602B-02)资助。

[第一作者简介] 罗莎莎(1973 年-), 女, 2001 年毕业于中国科学院地球化学研究所, 获博士学位, 在站博士后, 现主要从事盐湖沉积研究工作。

盐湖锂资源占世界锂储量的 69%。我国盐湖型金属锂基础储量达 582 万 t, 约占世界该类型总基础储量的 43%^[4]。我国的盐湖锂资源主要分布在青海柴达木盆地和藏北高原。

西藏地区幅员辽阔, 盐湖众多, 卤水中 Li、B、Rb、Cs 等含量都较高, 其中噶尔昆沙错卤水锂含量

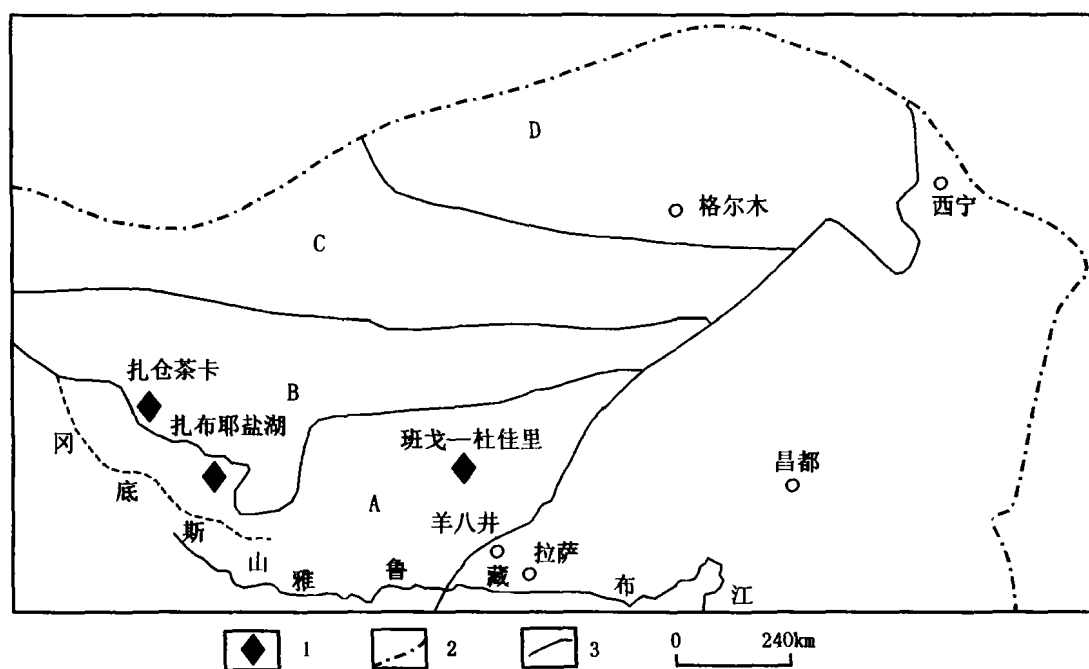
达到 2900mg/L。西藏盐湖湖表卤水平均锂含量为 320.4 mg/L, 晶间卤水锂平均含量达 424.4 mg/L, 见表 2。西藏锂资源主要分布在扎布耶湖、班戈—杜佳里、杜佳里湖、扎仓茶卡等盐湖中(图 1), 但目前仅仅有扎布耶湖进行了锂资源开发工作。

表 2 西藏盐湖卤水化学成分

 $\omega_B/\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$

卤水类型	含量	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	B	Li
湖表卤水	最高	124 387	21 210	20 095	1156	188 887	90 610	4267	6653	1439	2900
	最低	16 993	760	5.1	0	3210	2332	0	0	31.7	0
	平均	61 607	6646	4656	158.7	92 290	27 950	948	1192	541.8	320.4
晶间卤水	最高	118 529	39 634	13 957	656	194046	50 699	25 961	33 535	1610.7	1207
	最低	11 700	550	9.4	1	2804.8	3343.2	250	0	328.3	61.5
	平均	54 464	15 892	3253	154	90 434.3	17 337	7282.8	652.1	652.1	424.4

注:数据来源于文献[5]。

图 1 藏北高原主要锂盐湖分布图^[6,7]

A—碳酸盐型盐湖带;B—硫酸钠亚型盐湖带;C—硫酸镁亚型盐湖带;D—硫酸盐—氯化物型盐湖带;

1—主要盐湖锂矿床;2—青藏高原边界线;3—盐湖带界线

扎布耶湖位于西藏高原腹地($N31^{\circ}21'$, $E84^{\circ}04'$)。湖面海拔 4421 m, 隶属于日喀则地区仲巴县帕强乡管辖。盐湖区为寒冷干旱的高原气候, 蒸发量远大于降水量, 据统计年降水量为 121 mm, 蒸发量为 2423 mm, 蒸发量为降水量的 20 倍。年平均气温 1.4°C , 年平均日温差 12°C 。扎布耶盐湖处于冈底斯山北侧的山间盆地中, 分为南北两个湖, 北湖常年积水, 面积 97 ~ 101 km^2 , 水深 0.3 ~ 2 m; 南湖面积 133 ~ 145 km^2 , 为一半干盐湖, 除东北部约 50 km^2 为饱和氯化钠的卤水区外, 其余为盐滩。两湖之间

为一钙质砂砾堤, 东端没入水下。扎布耶盐湖东距阿里地区措勤县约 130 km, 有便道可通。由措勤县有公路经日喀则至拉萨, 行程约 900 km。

该湖交通不便, 海拔较高, 缺乏矿物能源, 但湖泊含锂量高, 资源量大, 可自然沉积碳酸锂, 在工艺上易于实现工业化。

3 扎布耶盐湖锂资源的开发进程

由于锂的离子半径同镁非常接近, 一般而言, 盐湖卤水中镁锂比值的高低决定了利用卤水资源生产

锂盐的可行性以及锂盐产品的生产成本和经济效益。国外之所以能够成功地利用盐湖卤水生产锂化合物,因为其卤水镁锂比值小,甚至不含镁^[8]。而我国青海柴达木盆地盐湖卤水镁/锂比值高达40~1500,锂以氯化锂的形态存在,造成提锂技术难度加

大,分离困难,用以生产碳酸锂需要化工过程转型,增加处理工序。而扎布耶盐湖卤水为中度碳酸盐型,镁/锂很低,仅为0.01(表3),卤水中镁含量极低,不存在分离镁锂的难题。

表3 国内外重要盐湖卤水组分比较

 $\omega_B/10^{-6}$

组 分	银峰地下卤水	阿塔卡玛晶间卤水	东台吉乃尔		扎布耶盐湖	
			晶间卤水	地表卤水	南湖晶间卤水	北湖地表卤水
Li	400	1600	638	117	1413	1527
K	8000	18 000	13 792	3129	31 606	21 558
Na	60 000	76 000	68 648	96 265	110 999	103 000
Mg	400	9600	22 199	4700	4.3	19.65
Ca	500	300	/	359	0.02	0
Cl	100 000	160 000	142 329	154 614	13 6101	123 677
SO ₄ ²⁻	7000	17 860	/	14 903	36 702	48 709
CO ₃ ²⁻	/	/	/	/	32 647	20 709
B	/	600	838	177	2945	2089
Mg/Li	1	6	34.79	40	0.003	0.01

注:数据来源于文献[6]。

从1982年开始,中国地质科学院盐湖中心在郑绵平院士的带领下,以综合开发扎布耶盐湖锂、硼、钾为目标,进行了10余年地质和水文、气象、蒸发实验等基础工作;从1995年开始,依照“因地制宜,就地取材,扬长避短”的原则,以盐湖学理论方法为主导,通过实验找到了一条适合高原环境的锂盐湖开发路线。

利用“冬储卤、多级冷冻日晒、积温沉锂盐田工艺法”富集碳酸锂。调查了扎布耶东南部首采区盐田地形及地质结构,地表补给水和盐喀斯特分布及粘土层产状和分布等,发现了大面积优质隔水粘土层,据此修建了6000 m²盐田,为下一步工业试验与生产田的选址和布局提供了依据。利用高原冷资源和太阳能,经盐田日晒浓缩,得到含碳酸锂4.5%的混盐。在中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所通过擦洗—分离进行了混盐选矿半工业试验,获得碳酸锂达70%的精矿,锂回收率73%。混盐精矿经硫酸法、石灰转化法、碳化法试验,选择以碳化—热解工艺作为提取商业级产品的扩试方案,在国内率先从盐湖中提取出品位达99%以上的国标I级品碳酸锂934 kg,锂的总收率达到98%^[9,10]。

经过长期的盐田优化工艺实验,目前已能在盐田生产达工业规模的含碳酸锂30%以上的混盐。富锂混盐经擦洗—分离工艺生产碳酸锂精矿,碳酸锂精矿经水浸碳化法获得碳酸锂产品。整套工艺路线通过物理过程提锂,大大降低了消耗和成本。充

分利用西藏地区独特的冷资源和太阳能,通过盐田进行多级冷冻、日晒、分离、富集以及升温结晶,可直接获得品位达75%以上的碳酸锂精矿,再经进一步提纯,可获工业一级品碳酸锂。整套工艺简单易行,经济合理,无任何污染,提锂成本可望不高于国外提锂成本最低的Atacama盐湖^[9],具有良好的应用发展前景。

由于扎布耶湖巨大的潜在经济价值和别具一格的资源特色,西藏自治区对其开发非常重视。1999年6月,西藏正式成立“西藏扎布耶高科技锂业股份有限公司”,这些工作除加快扎布耶湖的开发进程,对中国加入WTO之后满足我国对锂产品的市场需求,实现以产顶进,提高西藏地方工业水平,带动相关产业的发展外,在政治上也非常有利于西藏民族地区的发展与稳定。

4 西藏地区锂资源开发的前景

由于国外的盐湖提锂技术不断取得突破,大批量廉价碳酸锂产品进入市场,国内提锂行业面临着巨大的国际竞争。西藏地区虽然盐湖众多,锂资源储量丰富,到目前为止,只有扎布耶盐湖进行了产业化开发。目前,还需在原工艺路线上不断进行优化,加大开发力度,在提锂的基础上,兼顾盐湖中其它的矿物和生物资源等,走综合开发的路线。

除扎布耶盐湖以外,班戈湖—杜佳里湖区也具备优越的锂开发环境和条件。湖区位于藏北东部。

班戈湖隶属于那曲地区班戈县,杜佳里湖隶属于那曲地区尼玛县。两湖湖面海拔约 4520 m,均属于中度碳酸盐型盐湖,其中班戈湖由 3 个盐湖组成,总面积为 135 km²,其氯化锂资源量为 50 万 t, B₂O₃ 约 50 万 t。湖水镁/锂为 1.28,虽然高于扎布耶盐湖,但含镁量也很低。湖区具备丰富的锂、钾、硼等资源。中国地质科学院矿产资源研究所于近年在班戈湖湖区建立了长期观测站及锂资源试验基地,并开展了小规模提锂技术实验,显示出良好的发展前景^[7]。

扎仓茶卡是一富锂的硼酸盐盐湖,系我国于 1961 年首次发现的新类型硼矿床。该湖位于西藏阿里地区革吉县,湖面海拔 4328 m。该湖由 3 个盐湖构成,总面积为 114 km²,氯化锂资源量为 29.8 万 t。

西藏盐湖锂资源蕴藏量非常丰富,但开发力度却很弱,主要的障碍就是地理条件恶劣,交通不便,常规能源缺乏。但西藏的太阳能资源异常丰富,是全国太阳辐射能最多的地方。日照时数也远比我国同纬度的其它地区多。大部分地区年日照时间达 3100~3400 h,平均每天 9 h 左右。

西藏地区气候主要以干旱—半干旱为主,除日照强烈外,降雨量少,蒸发量大,湿度低也是其主要特征,但这些看似不利的环境因素恰恰是建立太阳池的前提条件。太阳池是一种能够大规模和长时期吸收和贮存太阳能的装置,适用于太阳辐射资源和盐资源比较丰富的地区,是一种很有开发应用前景的太阳能低温热利用装置^[11]。因此,在西藏盐湖地

区建立太阳池可利用干旱区这些自然条件,并且将其转变为有利的环境资源,同时为开发盐湖锂资源提供能源支持。目前盐湖太阳池的开发技术在国外已十分成熟,并且创造了大量的经济效益,但是我国这方面的研究力度还非常薄弱,亟需加强。在目前中央实施西部大开发的战略指导思想下,太阳池技术的开发将为发展西藏经济起到重要的作用。

[参考文献]

- [1] 郑绵平,王向东,彭齐鸣,等. 锂的资源、生产、应用与市场[J]. 中国有色金属学报,2001,11(增刊1):21~23.
- [2] 高世扬. 青海盐湖锂盐开发与环境[J]. 盐湖研究,2000,8(1):17~23.
- [3] 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):366~375.
- [4] 郑绵平,王向东,彭齐鸣,等. 中国盐湖锂资源开发趋势[J]. 中国有色金属学报,2001,11(增刊1):17~20.
- [5] 郑喜玉,张明刚,徐 昶,等. 中国盐湖志[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [6] 郑绵平,向 军,魏新俊,等. 青藏高原盐湖[M]. 北京:科学技术出版社,1989.
- [7] 赵元艺. 中国盐湖锂资源及其开发进程[J]. 矿床地质,2003,22(1):99~106.
- [8] 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.
- [9] 郑绵平. 青藏高原盐湖资源研究的新进展[J]. 地球学报,2001,22(2):97~102.
- [10] 王秋霞. 我国盐湖中几种主要资源开发利用现状及前景[J]. 盐湖盐与化工,2000,29(3):11~13.
- [11] 李申生. 物理学与太阳能[M]. 南宁:广西教育出版社,2001.

EXPLOITATION ACTUALITY OF SALINE LAKE LITHIUM RESOURCES IN TIBET

LUO Sha-sha^{1,2}, ZHENG Mian-ping^{1,2}

(1. Research and Development Center of Saline Lake and Epithermal Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037; 2. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Abstract: As lithium production in other countries turns from rock to saline lake, China must reinforce the exploitation of saline lithium. Saline lithium resources in Tibet are abundant and exists mainly in northern area, such as Zabuye, Bangkog Co-Dujiali and Zancang lakes, et al. After more than ten years experiments in the Zabuye Lake, an appropriate technique for lithium extracting has been found. Experiments of lithium extracting in the Bangkog Co-Dujiali Lake have been started recently and revealed bright future. Plentiful solar resources in Tibet should be used to provide energy for saline ponds system in ore to comprehensively utilize resources.

Key words: saline lake, lithium resources, solar pond system, Tibet