

青海盐湖锂资源开发现状及对提锂产业发展建议

邓小川^{1,2}, 朱朝梁^{1,2}, 史一飞^{1,2}, 樊洁^{1,2}, 樊发英^{1,2}, 卿彬菊^{1,2},
张毅^{1,2,3}, 张文丁^{1,2,3}, 杨佳元^{1,2,3}, 李阳阳^{1,2,3}

- (1. 中国科学院青海盐湖研究所, 中国科学院盐湖资源综合高效利用重点实验室, 青海 西宁 810008;
2. 青海省盐湖资源开发工程技术研究中心, 青海 西宁 810008;
3. 中国科学院大学, 北京 100049)



作者简介: 邓小川(1966-)男, 研究员, 博士生导师。专业研究方向: 盐湖提锂关键技术、盐湖锂资源高值化利用、盐湖镁和硼资源高值精细产品加工技术及装备。
Email: dengxch@isl.ac.cn。

摘要: 中国正处在环境污染治理和产业结构调整的关键时期, 发展新能源产业是应对能源和环境危机的必然选择; 同时, 锂资源储备和提锂技术直接影响到国家能源战略安全。中国科学院青海盐湖所经过二十年开发, 目前已形成一套成熟的选择性离子迁移分离提锂技术, 并经过了产业化和工业应用验证, 核心技术达到国际领先水平。该产业化具有绿色、高效、低能耗、低物耗、低产品成本、高纯度等特点, 技术通用性好, 可推广应用到青海、西藏高海拔生态脆弱地区以及南美玻利维亚、阿根廷、智利等高镁锂比盐湖中锂的分离提取, 在高钙镁地热水、油(气)田水提锂方面也有一定的应用潜力。

关键词: 盐湖卤水; 高镁锂比; 选择性离子迁移分离提锂; 产业化; 推广应用

中图分类号: F416.1; TS396.5

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2018)04-0011-08

目前, 全球锂矿按形态可分为卤水型和硬岩型两大类, 66% 存在于卤水当中(其中盐湖卤水 60%, 地热卤水 3%, 油田水 3%), 34% 存在于矿石中。由于矿石锂资源提锂成本高, 卤水提锂已成为全球锂产品的主要来源。从资源品位、难易程度、开采成本角度来看, 目前全球以南美“锂三角”的卤水资源最具开采价值。

我国盐湖锂资源主要分布在青藏高原的盐湖中, 盐湖锂资源储量占全国锂资源总储量的 80% 左右, 其中青海盐湖锂资源储量占比接近 50%。青海盐湖类型以硫酸盐为主, 且多以硫酸镁亚型存在, 还有相当数量的氯化物型盐湖。在硫酸镁

亚型盐湖中, 除沉积大量石盐、芒硝外, 有些湖区还沉积了相当规模的硼酸盐, 另一些湖区则沉积了一定数量的钾镁盐。在一些硫酸盐和氯化物型盐湖卤水中锂、硼等元素高度富集, 从而构成硫酸盐型—锂、硼湖和氯化物型—钾、镁湖。

青海柴达木盆地有 33 个盐湖, 累计探明 LiCl 储量 $1396.77 \times 10^4 \text{ t}$, 保有储量 $1390.9 \times 10^4 \text{ t}$, 柴达木盆地现已查明 11 个硫酸盐型盐湖锂含量达到工业品位, 且均以卤水矿为主, 埋藏浅, 品位高, 水文地质条件简单, 易于开采, 其中察尔汗盐湖、(东西)台吉乃尔盐湖、一里坪盐湖、大柴旦盐湖的锂资源相对富集。

收稿日期: 2018-11-23

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(21571184, 21471157); 西部之光 A 类项目(Y610081035); 中国科学院弘光专项(KFJ-HG-ZX-008)

表 1 全球对锂的需求
Table 1 Global demand for Lithium

碳酸锂当量/10 ⁴ t	年份						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
工业需求	11. 58	11. 98	12. 38	12. 79	13. 21	13. 65	14. 1
同比增速/%	2. 80	3. 50	3. 30	3. 30	3. 30	3. 30	3. 30
3C 数码消费品	4. 87	5. 0	5. 13	5. 33	5. 52	5. 7	5. 89
同比增速/%	4. 34	2. 54	2. 78	3. 79	3. 50	3. 41	3. 28
新能源汽车	0. 93	4. 0	5. 95	9. 05	12. 67	17. 1	22. 24
同比增速/%	100	339	49	52	40	35	30
储能电池	0. 005	0. 01	0. 04	0. 1	0. 23	0. 37	0. 48
同比增速/%	—	100	325	150	140	60	30
全球碳酸锂需求合计	17. 39	20. 99	23. 5	27. 26	31. 63	36. 83	42. 71
同比增速/%	—	20. 71	11. 98	16. 02	16. 01	16. 44	15. 97

青海盐湖资源量丰富,滩晒条件好,但盐湖资源本身的高镁锂比给锂的富集和分离带来很大的困难。对于高镁锂比盐湖卤水,绿色、低成本镁锂分离是世界性难题,也是盐湖提锂工艺之关键和资源综合利用瓶颈。发达国家在盐湖资源开发上的发展趋势是最大限度地降低生产成本,提高产品竞争力,减少产业污染以实现资源的综合利用与环境的可持续发展。

1 开发盐湖锂资源的背景

1.1 环境保护和能源结构调整使全球对锂产品的需求持续快速增加

锂是 21 世纪重要的战略资源,在现代工业中占据重要地位,是发展新能源、新材料产业的重要原材料。近年来,日益加剧的环境和能源危机,促使人类开始大力发展新能源。全球对锂的需求持续快速增加,年均增速达 16% 以上(表 1)。我国在《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》中要求大力推动新能源汽车产业发展,电动汽车已开始规模化应用,锂供应的安全性将是增加工业储能和动力电池产能的关键限制因素[《节能与新能源汽车产业规划(2011~2020 年)》]。

1.2 开发青海盐湖锂资源有利于我国锂电产业的持续发展

由于全球对锂产品的需求强劲,开发盐湖锂资源越来越受到重视;同时,锂行业有较高的资源壁垒,产能高度集中,导致锂产品的价格波动剧烈。目前,我国矿石法生产碳酸锂的原料锂辉石精矿 90% 依赖进口,且碳酸锂进口量逐年递增,青海面对自身的盐湖锂资源优势和自主研发的盐湖提锂产业化技术,在“十二五”制定出台了《千亿元锂电产业发展规划》,对应本地电池级碳酸锂需求 12 × 10⁴t,促使青海盐湖提锂产业加快产能提升的进程,以持续放大资源、技术和产业集群优势,形成在全国乃至全球有重要影响力的锂电产业基地。

2 青海盐湖锂资源特点和提锂产业发展现状

2.1 青海锂资源的特点

青海柴达木盆地的盐湖锂资源总量虽然在世界上有优势,但资源品质较差,镁锂比高,同时高镁锂比盐湖一般为硫酸镁亚型盐湖,具有较高硫

酸盐和硼酸盐组成。作为对角线元素,镁与锂化学性质相近,分离难度很高,采用常规方法提锂难以解决锂盐损失大、产品质量差、生产成本高的问题。国内自1965年至2006年,先后研究了铝盐沉淀法、煅烧法、盐析法、溶剂萃取法、吸附法,终因能耗、物耗、成本、环保、可持续性问题,均未能实现产业化。国外自20世纪70年代起,美国陶氏化学、FMC、日本四国工业试验所等投入巨资,研发从高钙镁卤水或海水中提锂的技术,尤其在锂铝酸盐和锂锰酸盐吸附剂的制备方面作了大量工作,由于成本过高,均未进行到工业化应用阶段。目前,世界上尚无可供借鉴的高镁锂比盐湖提锂的生产技术和装备。

2.2 青海盐湖提锂工艺

在总结国内外高镁锂比盐湖卤水提锂研究的基础上,中国科学院青海盐湖研究所摒弃高能耗、高物耗、高排放、以化学过程为主的分离过程,开创一种从多元水盐体系高浓卤水高效分离镁和浓缩锂的提锂模式——选择性离子迁移的新型分离方法。该过程基本上是无化学反应、无相变的物理过程,试剂消耗量低,能耗低,选择性高,可同步实现锂同其它杂质的大量分离;操作简便,易于放大,稳定可靠,环境友好,清洁生产。

青海盐湖提锂的总体思路是:在基础研究、技术研发和应用实践三个层面,开展青海盐湖卤水低成本提锂分离、提锂清洁工艺和资源综合利用三个方面的研发,集成盐田相分离技术、钾肥生产技术、镁锂分离技术、硼酸生产技术、碳酸锂制备技术,攻克卤水镁和锂的高效分离、碳酸锂制备和盐田相分离的工程化三大关键技术,实现盐湖锂、钾、硼资源综合开发与生态环境保护的协调发展。

2.3 青海盐湖提锂产业的发展现状

为实现高镁锂比盐湖提锂工业化生产,必须同时解决五方面问题:产品成本要有国际竞争力;做到资源综合利用;操作过程简单易行,适合当地

条件;产品质量好,符合国际市场要求;资源开发和环境保护协调发展。自2007年起,在青海柴达木盆地已实现规模化生产的高镁锂比盐湖提锂技术主要有吸附法、选择性电渗析法和煅烧浸取法。由于盐湖资源状况的不同和技术本身优缺点的差异,盐湖提锂技术的成熟度和稳定性也表现各异,对环境造成不利影响的一些技术还有待改进。在“十二五”《千亿元锂电产业发展规划》中,配套盐湖碳酸锂产量为 $12 \times 10^4 \text{t}$,促使青海盐湖提锂产业加快了产能提升。

目前,青海盐湖提锂产业存在的问题有:多条盐湖碳酸锂生产线多年未实现满负荷生产,产能提升缓慢,锂利用率不高,锂产品单一,盐湖资源综合利用水平相对较低,上下游锂产业链尚不完整,还未形成产业集群。

3 盐湖提锂技术推广应用

中国科学院青海盐湖研究所的高镁锂比盐湖提锂技术研究始于20世纪90年代,20多年来先后开展了选择性离子迁移电渗析提锂关键技术研发,电渗析、纳滤膜提锂,硫酸钾、硼酸生产中试,年产3000t碳酸锂及资源综合利用产业化示范工程研究;示范工程改进与优化,形成年产1万吨生产规模,并达标达产;SIT膜分离成果转化与推广,形成了高镁锂比盐湖离子选择性膜法提锂关键技术的基础研究和技术研发,青海盐湖提锂及资源综合利用的产业化示范和推广应用为一体的可持续研发体系。

东台吉乃尔盐湖的水化学类型为硫酸镁亚型,针对该盐湖的化学组成特点,确定该盐湖资源开发的总体路线为:以晶间卤水为原料,通过盐田日晒过程,逐步将卤水进行浓缩,分步析出钠盐、硫混盐和钾混盐,同时将锂盐、硼酸盐富集于高浓饱和氯化镁卤水(老卤)中;以硫混盐、钾混盐为原料,采用浮选工艺生产硫酸钾或硫酸钾镁肥产品;以老卤为原料,采用酸化沉淀法和萃取法生产

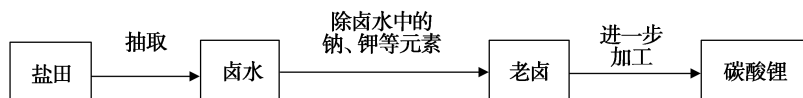


图1 盐湖提锂的基本工艺流程

Fig. 1 The basic process of Lithium extraction technology from salt lakes

硼酸产品;采用膜分离法提锂,生产碳酸锂或氯化锂产品,副产氢氧化镁等产品(图 1)。

3.1 盐湖提锂产业化创新性成果

1) 构建了绿色高效的选择性离子迁移提锂方法及盐湖锂资源高效富集方式。系统研究了复杂盐溶液体系中镁锂分离的基本物化机理、离子传质动力学及分离体系中硼酸盐的存在形式,构建了选择性离子迁移的电渗析提锂和纳滤提锂新

表 2 选择性离子迁移分离 Mg^{2+} (Ca^{2+})、 SO_4^{2-} 及硼酸根和浓缩 Li^+

Table 2 Selective ion migration separation of Mg^{2+} (Ca^{2+}), SO_4^{2-} , boric and concentrated Li^+

组 分	分离前盐田卤水	富锂卤水	降至原来	脱除率/%
$\text{Mg}^{2+}/\text{Li}^+$	23.82	0.20	1/119.1	$\text{Mg}^{2+} > 99.1$
$\text{SO}_4^{2-}/\text{Li}^+$	7.99	0.010	1/772.9	$\text{SO}_4^{2-} > 99.6$
B/Li^+	1.94	0.011	1/174.8	$\text{B} > 99.5$
LiCl	2.28%	7.59%	3.33 倍	收率 > 80

2) 开发了高浓卤水膜分离、电池级碳酸锂制备的工程化技术。通过逐级放大,攻克了分离过程中局部浓差极化、无机盐饱和析出、热效应和水分子解离以及卤水预处理等工程化问题,开发了高浓度卤水中镁锂的膜分离技术,实现了膜分离装置的连续稳定运行。通过中试及示范生产线试验,解决了氢氧化镁沉淀和过滤、碳酸锂转化等系

方法。首次将电渗析法和纳滤法用于高镁锂比盐湖卤水镁锂分离,一次实现了 Li 同 Mg (Ca)、 SO_4^{2-} 及硼酸根的高效分离。通过优化连续高效分离镁和浓缩锂的工艺,提高镁、硼、硫酸根的脱除率,提高过程的稳定性和锂收率,提高 Li 浓缩富集效率和收率,提高操作的稳定性,使得 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 B 的脱除率达 99% 以上, Li^+ 收率在 80% 以上, Li^+ 浓缩浓度在 15 g/L 以上(表 2)。

列工程化技术,开发了氯化锂浓缩液除杂和碳酸锂制备的产业化技术。在镁锂分离和碳酸锂制取的设备大型化方面,形成了系列的关键工程技术。从万吨生产线上,一次获得纯度在 99.6% 以上的碳酸锂产品,每吨直接成本 1.5 万元,并实现稳定生产(图 2)。

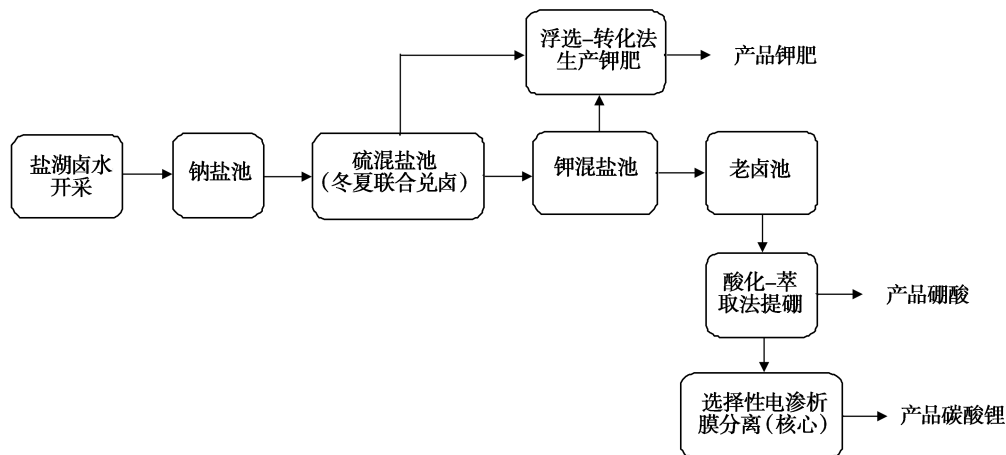


图 2 东台吉乃尔盐湖锂、钾、硼综合利用流程

Fig. 2 Comprehensive utilization process of lithium, potassium and boron in East Taijinar Salt Lake

3) 实现了盐田相分离及锂、钾、硼综合利用技术集成。依据五元水盐体系相图的卤水相平衡变化规律,提出了盐湖卤水冬夏联合兑卤的蒸发

结晶路线、蒸发过程和析盐规律。开发了钠、钾、镁分段结晶,浓缩锂和硼的盐湖锂、钾、硼综合利用工艺(图 2),首次创立了盐湖提锂及资源综合

利用的技术体系。建成了年产 3000 t 碳酸锂及资源综合利用国家高技术示范工程,实现了高镁锂比盐湖中锂、钾、硼的平衡和有效利用。

3.2 盐湖提锂产业化技术先进性对比

与国内同类技术对比,该创新技术是当前唯一实现达标达产、转化程度高、最成熟和最稳定的生产技术(表 3);碳酸锂产品的成本同雅宝、FMC 公司的产品处于同一水平,完全具有国际竞争力(表 4);一次下线的碳酸锂产品的纯度和主要指标均超过国内外同类产品,符合国际市场的要求(表 5)。

表 3 高镁锂比盐湖提锂主要生产技术比较

Table 3 Main technical characteristics comparison of Lithium extraction by brines with high magnesium lithium ratio

技术特点	煅烧浸取法	吸附法	本项目	溶剂萃取法
技术优点	副产盐酸、镁砂	盐田依存度小;锂收率高;选择性好;清洁生产	操作简单;易于放大;多级多段高效分离;能耗低;物耗低;清洁生产	选择性好,适于从高镁锂比卤水中提取氯化锂
技术缺点	生成的 HCl 气体腐蚀性大;能耗高;副产物量过大,难以解决产能匹配	吸附剂、动力和水量消耗高;洗脱液锂含量低;生产稳定性较差	需防止浓差极化和卤水中无机盐的饱和析出,以控制维护成本	设备抗酸腐蚀要求高;酸碱消耗高;萃余液有机相残留物污染盐湖周边环境
资源名称	西台吉乃尔盐湖	察尔汗盐湖	东台吉乃尔盐湖	西台吉乃尔盐湖,大柴旦盐湖
产品质量	95% ~ 99% , 工业级碳酸锂	98.0% ~ 99.2% , 工业级碳酸锂	≥99.6% , 电池级碳酸锂	≥99.5% , 氯化锂
直接成本 ¥/t	40 000 ~ 50 000	50 000 ~ 60 000	<13 000	> 20 000
产能规模/ (t · yr ⁻¹)	~ 10 000	10 000	10 000	500 ~ 1 000
达标达产 情况	未达产	未达产	完成	无
应用前景	趋于淘汰	远期	推广价值高	工业试验阶段

表 4 同世界主要厂家直接成本对比

Table 4 The direct cost comparison of the lithium productions by major manufacturers in the world

生产厂家	雅宝 – Foote	雅宝 – SCL	SQM	FMC	本项目
资源位置	Silver Peak , USA	Atacama , Chile	Atacama , Chile	Argentina ,H Muerto	东台吉乃尔, 中国
直接成本,US \$/t	3,600	1,800	1,600	2,120	≤2,120
直接成本,CN ¥/t	22,100	11,000	9,800	13,000	≤13,000

青海锂业数据来自生产车间成本核算;其他厂家直接成本来自业内发布的数据。美元对人民币汇率按近期平均值 6.5 计

表 5 产品同国外主要厂商产品质量标准比较
Table 5 Quality comparison of the lithium productions by overseas manufacturers

组分含量/%		SQM		FMC			青海锂业(本项目)	
		技术级	电池级	工业级	技术级	电池级	工业级	电池级
Li ₂ CO ₃	min	99	99.2	99.0	99.3	99.5	99.2	99.6
Na	max	0.1	0.06	0.15	0.15	0.05	0.065	0.050
K	max	0.05	0.005	—	—	—	0.004	0.002
Mg	max	0.01	0.01	—	—	—	0.020	0.015
Ca	max	0.04	0.01	0.036	0.036	0.040	0.008	0.005
Cl	max	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.025	0.020
SO ₄	max	0.1	0.03	0.1	0.1	0.1	0.020	0.015
B	max	0.001	—	—	—	—	0.025	0.02
Fe	max	0.002	0.001	0.002	0.002	0.000 5	0.001	0.000 5
Ni	max	—	0.001	—	—	0.000 6	—	0.001
Cu	max	—	0.001	—	—	0.000 5	—	0.001
Pb	max	—	0.001	—	—	—	—	0.001
Al	max	—	0.001	—	—	0.001	—	0.001
Zn	max	—	0.001	—	—	0.0005	—	0.001
H ₂ O	max	0.2	0.2	—	—	—	0.2	0.2
酸不溶物	max	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
烧失量(500℃)	max	0.7	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6

数据来源:SQM、FMC 的相关企业标准,青海省卤水工业级、电池级地方标准

3.3 盐湖提锂产业化技术推广应用

通过普通许可方式,授权两家企业实施了专利技术转化,碳酸锂生产企业的科研创新能力得到了较大提升。2009 年,年产 3 000 t 碳酸锂国家高技术示范工程建成,并通过验收;2012 年,年产 1 × 10⁴t 碳酸锂生产线建成和达产;2016 年,产品升级为电池级碳酸锂,符合锂电池生产厂家的需求;同年,新建年产 1 × 10⁴t 碳酸锂及资源综合利用生产线。届时,形成年产 2 × 10⁴t 碳酸锂、年产 15 × 10⁴t 钾肥和年产

2.5 × 10⁴t 硼酸的生产规模,预计将创造年产值达 28.3 亿元。从 2016 年至 2018 年的三年间,共生产出碳酸锂 2.36 × 10⁴t,新增销售额 31.7 亿元,新增利润 16.02 亿元。该成果推动了青海锂电和盐湖资源综合利用两个“千亿元”产业集群的发展。

该产业化技术通用性好,可推广应用到青海、西藏高海拔生态脆弱地区以及南美玻利维亚、阿根廷、智利等高镁锂比盐湖中锂的分离提取,在高钙镁地热水、油(气)田水提锂方面也有一定的应用潜力(表 6)。

表 6 成果推广应用
Table 6 Popularizing and application of achievements

盐 湖	LiCl 基础储量/10 ⁴ t	预期产能/t	产值/万元
东台吉乃尔	158.6	20 000	200 000
西台吉乃尔	163.0	20 000	200 000
一里坪	180.0	20 000	200 000
察尔汗	800.0	40 000	400 000
大柴旦	38.1	4 000	40 000
扎仓茶卡	51.3	6 000	60 000
龙木错	249.0	15 000	150 000
乌尤尼	3 360	100 000	1 000 000
尤耶亚科	305.0	20 000	200 000
科伊帕萨	176.0	10 000	100 000
里肯	855.0	40 000	400 000
总 计		295 000	2 950 000

该技术取得的社会效益有:1) 促进了我国盐湖化工产业的结构调整和技术升级,支撑和推动了我国盐湖锂工业体系的建设;2) 为保障国家能源的安全,促进区域经济社会的发展发挥了重要作用,推动了青海锂电和盐湖资源综合利用两个“千亿元”产业的发展;3) 采用绿色、清洁的生产工艺技术提锂,对盐湖资源开发和周边环境保护具有积极的意义;4) 培育了盐湖科技创新群体,为我国盐湖资源的可持续开发和利用提供了人才储备。

4 对青海盐湖提锂产业发展的建议

盐湖是重要的战略性资源,应制定正确的资源战略,加强顶层设计,在保护生态环境的前提下搞好开发利用。柴达木循环经济试验区作为循环经济发展的主战场,承担着支撑青海省经济社会生态发展的使命和责任。目前,青海盐湖锂资源开发已实现了工艺技术和装备水平的不断提高、碳酸锂产品质量的不断提升和盐湖资源综合利用的较快发展,盐湖提锂主要企业的实力显著增强。但是,青海盐湖锂产业发展依然面临诸多问题,资源保障能力不强,创新型工艺技术亟待突破,国内短缺的高端锂产品有待开发。为尽快改变上述情况,落实国家资源开发和环境保护战略,要立足于生态保护优先,着眼于推动高质量发展,加快建设

中国乃至世界最具影响力的青海锂电和盐湖资源综合利用两个“千亿元”产业集群,逐步完善锂资源产业链的发展,完成从“锂资源大省”向“锂产业发展强省”的转变,实现技术创新、经济增长、环境保护三位一体的协同发展,在全球同行业差异化、规模化竞争中持续提升竞争力和盈利能力。

为此,对青海盐湖提锂产业发展建议如下。

1) 青海开发锂资源要采用先进技术,通过高品质产品、低成本竞争、资源综合利用、清洁生产工艺等方式打造结构合理、优势突出、集约利用、产业链延伸融合的特色锂产业;采用成熟先进技术加快盐湖锂资源可持续稳定开发的步伐。

2) 强力推动碳酸锂生产企业扩大产能和提升资源综合利用水平,提高盐湖锂资源利用率和环保水平,降低生产成本;对落户青海的锂电池主要材料的生产企业,优先供应电池级碳酸锂,最大限度地吧资源优势转化为经济优势,把青海省打造成在全国有影响力的千亿元锂电产业和盐湖资源综合利用两个产业基地。

3) 加强对青海盐湖锂资源调查评价,进一步摸清家底。应抓住时机,尽快开展盐湖锂资源布局规划,占领全球制高点。加快柴达木盆地产业负面清单制度步伐,建立盐湖资源产权退出补偿机制,对盐湖锂资源探矿权、采矿权收储整合。对锂矿型盐湖,要坚决制止只开发次要组分,而不开

发主要组分的浪费资源的错误做法,按程序在技术有保障的前提下赋予开发商盐湖资源开发权,避免浪费资源和无序开发。

4)要正确处理好经济发展同生态环境保护的关系,树立保护生态环境就是保护生产力、改善生态环境就是发展生产力的理念,更加自觉地加

速推动绿色循环低碳发展,切实发挥出发展循环经济的示范引领作用,实现盐湖资源开发利用科学和可持续发展。

参考文献:略

The Current Situation of Qinghai Salt Lake Lithium Resources Development and the Suggestions for Lithium Industry

DENG Xiao-chuan^{1,2}, ZHU Chao-liang^{1,2}, SHI Yi-fei^{1,2}, FAN Jie^{1,2}, FAN Fa-ying^{1,2}, QING Bin-ju^{1,2},
ZHANG Yi^{1,2,3}, ZHANG Wen-ding^{1,2,3}, YANG Jia-qi^{1,2,3}, LI Yang-yang^{1,2,3}

(1. Key Laboratory of Comprehensive and Highly Efficient Utilization of Salt Lake Resources, Qinghai
Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China;
2. Qinghai Engineering and Technology Research Center
of Salt Lake Resources Development, Xining, 810008, China;
3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Abstract: Currently, China is in a critical period of environmental pollution control and industrial restructuring. The development of new energy industry is an inevitable choice for dealing with energy and environmental crises. At the same time, lithium resource reserves and lithium extraction technology directly affect the national energy strategy security. After 20 years of development, Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences has formed a mature lithium extraction technology through selective ion migration separation. And after industrialization and industrial application verification, the core technology has reached the international leading level. The industrialization has the characteristics of green, high efficiency, low energy consumption, low material consumption, low product cost and high purity. The technology has good versatility and can be applied to Qinghai, Tibet high-altitude ecologically fragile areas, and brines with high magnesium lithium ratio in South America such as Bolivia, Argentina, Chile, etc. Separation and extraction of lithium in salt lakes also has certain potential application in the extraction of lithium from high calcium and magnesium geothermal water and oil (gas) fields.

Key words: Salt lake brines; High magnesium lithium ratio; Lithium extraction technology through selective ion migration separation; Industrialization; Promotion application

《盐湖研究》2019 年征订启事

《盐湖研究》是原国家科委批准的学术类自然科学期刊,由中国科学院青海盐湖研究所主办,科学出版社出版,1993 年创刊并在国内外公开发刊。《盐湖研究》是国内唯一有关盐湖科技基础理论和资源利用的专业期刊,面向国内外报道、交流盐湖演化、卤水成矿、提取工艺、材料应用等领域的研究亮点、论文报告和技术成果。《盐湖研究》为季刊,A4 开本,86 页,每季末月 5 日出版发行。单价:15.00 元/本,全年订价:60.00 元。中国标准连续出版物号:ISSN1008-858X;CN63-1026/P。邮发代号:56-20。全国各地邮局均可订阅,也可直接与《盐湖研究》编辑部联系,联系电话:0971-6301683。