

# 青海省盐湖钾、镁、锂盐资源开发利用探讨

严 军, 黄小良

(青海大学机械系, 青海, 西宁 810016)

**摘要:** 论述了青海省盐湖资源中钾、镁、锂盐工业的资源状况、生产现状以及开发利用的迫切性, 并对钾、镁、锂盐资源的综合利用进行了探讨。

**关键词:** 盐湖资源; 钾; 镁; 锂; 综合利用

**中图分类号:** TF82      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1008-858X(2002)04-0063-07

## 0 前言

在我国盐湖中, 青海省盐湖以数量多、资源富、类型全而著称于世, 更以储量丰富、矿种齐全、分布集中、开采方便的特点成为开发条件较为优越的盐湖。例如我省柴达木盆地就有盐湖 33 个, 各种盐类总储量达 2670 亿吨, 其中石盐 2094 亿吨, 石膏 470 亿吨, 芒硝 64 亿吨, 氯化镁 36.5 亿吨, 氯化钾 5.9 亿吨, 硼矿 1175 万吨, 天青石 500 万吨等<sup>[1]</sup>。我省盐湖锂资源储量主要集中在柴达木盆地, 其中察尔汗、西台吉乃尔、一里坪、东台吉乃尔盐湖就储量来讲均为特大型锂矿床, 而察尔汗盐湖氯化锂储量居世界之冠。在我省几种主要矿产资源中, 氯化钾保有储量占全国总储量的 97%, 氯化镁保有储量占全国总储量的 99.7%, 锂保有储量占全国总储量的 83%。

## 1 钾盐工业生产及资源利用状况

### 1.1 钾盐工业开发的迫切性

众所周知, 我国是一个严重缺钾国家, 我

国农用氮、磷、钾比例严重失调, 目前施肥比例为 1:0.37:0.20, 与农业专家推荐的最佳施肥比例 1:0.45:0.4 相差较远, 这无疑降低了我国农作物的产量和品质, 限制了我国高效农业的发展。为缓解我国耕地贫钾状况, 国家每年要花费大量外汇进口钾肥。据不完全统计, 我国每年进口氯化钾 300 万吨左右, 硫酸钾约 50 万吨。专家预言我国的钾肥消费量将以每年约 10% 的速度递增, 即使青海钾肥二期 80 万吨/年的氯化钾工程投产, 国内钾肥产量也只有 120 万吨 (实物量, 折  $K_2O$  不到 80 万吨)<sup>[2]</sup>, 因此我国钾肥的供需矛盾十分突出。钾肥作为支农产品列入关系国计民生的重要物资, 在国民经济中占有独特的位置。我省作为国内 97% 钾资源的储备省份, 大力开发盐湖资源, 无论对脱贫致富、振兴地方经济, 还是对节省外汇、缓解我国缺钾局面都是非常重要的。

### 1.2 氯化钾生产工艺概述

目前, 我省盐湖中生产氯化钾形成了以冷分解—浮选法、反浮选—冷结晶法为主, 多种技术、工艺并举的局面。

收稿日期: 2002-05-31

作者简介: 严军 (1971-), 男, 青海大学机械系讲师。主要从事冶金及机械教学工作。

### (1) 光卤石冷分解—浮选法

这种生产工艺的原理是利用氯化钾、氯化钠、氯化镁三者溶解度的不同使光卤石矿分解后氯化镁进入液相,再用浮选剂对钾起作用使钾、钠分离。该工艺成本低、工艺流程操作简单,对原矿质量适应性强,但回收率低,产品质量低,粒度细,不宜造粒,不便农业使用,市场竞争力差,经济效益差。

### (2) 冷结晶工艺

这种工艺的原理是利用低钠光卤石矿(要求光卤石含量 $>90\%$ )在冷结晶器中控速分解时,控制溶液中的过饱和度,减少氯化钾晶体析出数量,使氯化钾晶体颗粒长大,而氯化钠由于不饱和不析出,从而保证了氯化钾的析出质量与粒度。因此该工艺的关键是两个方面的,一方面是获取低钠光卤石矿,另一方面是掌握好冷结晶器中光卤石的分解速度与氯化钾的结晶速度。青海钾肥厂经多次改造采用的反浮选—冷结晶法,在常温下作业,能耗低、回收率高(达到 $62\%$ ,而传统的冷分解—浮选工艺只能达到 $50\%$ ),KCl含量平均在 $96\%$ ,粒度大(可达 $0.2\sim 0.5\text{mm}$ ),能满足不同用户的需求,因此经济效益好,产品富有市场竞争力,但对原矿光卤石的敏感性强,要求光卤石矿中NaCl含量小于 $7\%$ 。

### (3) 兑卤工艺

该工艺原理是利用光卤石矿点卤水与浓厚老卤按一定比例兑卤,生产出低钠光卤石矿,再加淡水分解、控速结晶的方法,直接生产出高品位氯化钾产品。其产品粒度大、均匀、颜色纯白,含氯化钾达 $99\%$ ,而且不含化学药剂,适用于工业与食品行业。成本低,经济效益好<sup>[3]</sup>。

## 1.3 钾盐资源开发中存在的问题

### (1) 单位众多,管理滞后,无序开采

20世纪90年代初以来,受钾肥利益的驱动,地方、铁路、部队、地质等部门多家钾肥企业在资金、技术未到位的情况下各自为政、盲目上马、因陋就简、露天加工。这些企业设备工艺落后,技术水平差,原料来源不稳定,采矿混乱,采富弃贫,产品单一,老卤、母液

就地排放,严重污染盐湖资源,破坏了生态环境。

### (2) 开采方式落后

部分企业大量开采沟槽盐田,就近排放选矿母液,晶间卤水大面积暴露地表,增大了矿区的蒸发量,致使原有工业卤水进一步老化失去利用价值,从而大大减少了氯化钾的工业储量。同时,沟槽盐田采矿回收率低,直接影响钾肥生产及产品质量的稳定提高。

### (3) 资源配置不合理、不科学

盐湖特点是固液共存,以液为主,卤水渗透流动的统一地质体。由于盐湖缺乏统一规划,部分企业在开挖沟槽、采卤、集卤渠及自打卤井时布局严重不合理,争抢资源、浪费资源的现象极为严重,矿区多处出现降落漏斗,沟槽干枯的现象。

### (4) 老卤及周边补给水对矿床的污染

老卤作为晶间卤水的原有成分,在盐田生产过程中,必须把它们单独分离出来。多数企业就地排放老卤水,造成矿床氯化镁浓度增加,并与成矿卤水兑卤后,氯化钾由液相转入固相,导致晶间卤水氯化钾含量降低,致使钾资源贫化,失去工业开采价值。

开发盐湖资源,必须具备足够的水资源,周边补给水的质量是实现固液转化的首要条件。由于我省格尔木市排水系统不健全,更无污水处理厂,这就使得任意排放的大量污水经流程短、自净能力差的格尔木河流入达布逊湖。同时,锡铁山含铅废水通过全集河缓慢注入盐湖,最终导致盐湖资源由量变到质变的污染过程<sup>[4]</sup>,被含铅废水污染、沉积的钾肥通过粮食作物被人体吸收,其后果是不可想象的。

### (5) 盐湖钾资源生产硫酸钾的技术问题

长期以来,我国钾肥工业以单一品种氯化钾为主,而农业急需的硫酸钾工业由于技术原因一直没有发展起来。目前以盐湖钾资源生产硫酸钾的工艺大多处于工业化试验阶段,在研究出的诸多方案中盐田光卤石制取硫酸钾技术比较符合资源特点,该工艺已完成两个万吨级硫酸钾生产线的工业化试验,需进一步解决个别关键设备如高效结晶器的长期运行稳定性等问题。

### (6) 综合利用水平低下, 开发品种单一

目前盐湖开采以钾盐为主, 除钾以外的有效组分如镁、锂、硼等没有得到综合利用, 且老卤排放后造成对环境资源的严重污染。青海钾肥二期工程年产 80 万吨氯化钾, 将排放 2200 万吨老卤 (其中含氯化镁 700 万吨, 氯化锂 6.69 万吨), 如果综合利用其中的 50%, 其产值将比主产品 80 万吨氯化钾产值高 10 倍以上。显然, 从富含多种矿物的卤水中单一提取一种产品是不合适的<sup>[2]</sup>。

### (7) 钾盐开发初级产品过剩问题

近年来全球出现通货紧缩, 原料、金属和原材料工业生产能力普遍过剩, 钾肥和钾盐的生产能力相对于国内外市场的需求也存在这个问题。1992 年因前苏联国内需求急剧降低, 大量钾盐涌向世界市场, 再加上印度政府给予农民的补贴减少, 触发了钾肥需求骤降  $70 \times 10^4$  吨。1993 年, 关键的出口国家加拿大、独联体、德国都受到国际贸易缩减之苦。1996 年俄罗斯、白俄罗斯钾盐企业开工率只有 50%, 1997 年开工率 42%。1999 年初部分钾盐企业停产, 以便调节库存量。虽然贸易数字减少了, 但世界钾盐价格却有所上升, 主要是由于向中国出口急剧下降。因为进口税制的改变, 中国更喜欢现货市场。印度由于政府补贴的减少及再分配问题, 也倾向于购买更多氮肥而不是钾肥<sup>[5]</sup>。

## 2 镁盐工业生产及资源利用状况

### 2.1 镁盐工业开发的迫切性

20 世纪 80 年代以来, 我国镁产量基本在 3000 吨左右, 进入 20 世纪 90 年代后, 由于全球镁市场供不应求, 我国镁生产迅速上升, 1992 年突破 10000 吨, 从此使我国由镁净进口国变为镁净出口国。1998 年, 我国金属镁生产能力达到 20 万吨左右, 产量 12 万吨, 而国内消费量不到 2 万吨, 出口量居世界第一位。镁的消费主要在铝合金、镁铸件和钢铁脱硫三大领域, 三项约占原镁消费量的 85%。过去十年间, 镁消费平均增长率为 5%, 镁铸造制

品消费平均增长率为 16%。未来十年间, 估计镁和镁铸造制品消费增长率仍将保持在 4% 和 10% 左右。据专家预测, 2010 年世界镁的消费量将达到 50 万吨左右<sup>[6]</sup>。

我省柴达木盆地镁盐资源居全国之冠, 总量为 ( $MgCl_2$ ) 65 亿吨, 主要以液体形式存在于晶间卤水、地表卤水之中。青海钾肥生产 1 吨氯化钾约副产 8 吨~10 吨氯化镁, 每年未利用的氯化镁达数十万吨, 提钾后老卤经过自然蒸发结晶, 无需纯化便可获得符合炼镁纯度的水氯镁石, 这是我国镁工业中电解法制镁取之不尽、用之不竭的理想原料。而目前含氯化镁老卤是作为废液直接排回盐湖形成所谓的“镁害”, 这既造成了镁资源的巨大浪费, 又严重污染了盐湖卤水资源。

### 2.2 镁盐开发利用工艺概述

利用盐湖镁资源生产金属镁、合成氧化镁或高纯镁砂的主要工艺有:

#### (1) 钾光卤石脱水电解炼镁

天然光卤石经过提纯除去氯化钠和其它杂质, 制得含  $NaCl < 6\%$  的低钠光卤石, 或将水氯镁石与电解光卤石所产生的废电解质混合, 经溶解、结晶制得合成光卤石。然后将光卤石 ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) 脱水, 脱水分两阶段进行: 一段脱水用热空气加热脱水, 得到一次脱水料 ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 2H_2O$ ); 二段脱水在熔融状态下脱水, 彻底除去水分, 得到无水光卤石。电解无水光卤石 ( $KCl \cdot MgCl_2$ ) 得到金属镁, 精炼后铸成镁锭和生成镁合金及压铸件。

#### (2) 水氯镁石脱水电解炼镁

卤水 (或水氯镁石) 经过净化除去 S、Br、B、Fe、Mn 等杂质。将净化后的卤水蒸发浓缩造粒, 得到氯化镁水合物颗粒 ( $MgCl_2 \cdot 5H_2O$ ), 粒度 0.5~2mm。然后进行脱水, 脱水分两段进行: 一段脱水在 180~250°C 热空气 中进行, 脱去 2 个水分子; 二段脱水在 330°C HCl 气体中进行, 彻底脱水, 得到颗粒状无水氯化镁后进行电解。电解后粗镁经精炼铸成镁锭或生成镁合金及压铸件。

该工艺是目前世界上最先进的卤水炼镁方法, 也是我省盐湖资源综合利用制镁的最佳工

艺, 其难点在于二水合和一水合氯化镁在高温下发生水解, 难于抑制。挪威普斯格隆镁厂采用这一工艺已应用于镁冶金生产, 但由于技术保密、费用昂贵而未能引进。

(3) 卤水与白云石(或石灰石)合成氧化镁以生产镁砂或氯化电解生产金属镁

白云石(或石灰石)煅烧后与卤水反应生成氢氧化镁, 焙烧氢氧化镁得到氧化镁, 氧化镁经电熔后得到电熔镁砂; 或氧化镁与石油焦和卤水制成球团, 烘干后加入到氯化炉, 同时通入氯气进行氯化制得无水氯化镁熔体, 电解无水氯化镁得到金属镁, 精炼后铸成镁锭或生产镁合金及压铸件<sup>[6]</sup>。

### 2.3 镁盐资源开发的生产现状

“七五”期间在格尔木建设了年产 5000 吨高纯镁砂厂, 采用石灰沉淀法得到氢氧化镁, 煅烧后得到高纯电熔镁砂产品, 但由于该法热能耗量大, 石灰活性要求较高, 产品质量不易控制等原因, 建设后一直未能正常生产。

利用盐湖镁资源, 生产镁盐较为成功的企业是青海民和镁厂。该厂从我省盐湖集团购买低钠光卤石, 进行熔融电解法生产金属镁, 但由于光卤石中其它成分氯化钾未得到综合利用, 因此难以形成大规模开发利用卤水镁的局面。这与充足的原料资源优势不相匹配, 制约了资源开发建设步伐。

目前, 我国科技人员经过长期研究, 对水氯镁石脱水制取无水氯化镁工艺已取得突破性进展。该工艺通过控制有利于脱水进程的非平衡态热力学和动力学条件, 有效抑制了低水合氯化物的水解, 制得高纯度氯化镁。所以, 进一步优化盐湖水氯镁石脱水工艺, 并将此研究成果应用于青海民和镁厂, 推进该工艺的工业化、产业化, 将使我国金属镁工业走向世界前列<sup>[7]</sup>。

综合利用盐湖卤水中水氯镁石直接或间接应用于工业中的途径还有:

(1) 由氯化镁制取镁水泥, 作各种建筑材料和构件、包装箱、铺修路面等。中科院青海盐湖研究所在镁水泥方面已做了大量工作, 开发出镁水泥泡沫材料, 是一种很好的保温、隔

热、吸声材料, 但未实现大规模生产。

(2) 由水氯镁石制取氧化镁(特别是高纯镁砂)和盐酸。我国高纯镁砂(主要作耐火材料)主要依靠进口, 高质量镁砂几乎是空白。随着西部开发的全面展开, 相关资源开发将不断改进工艺和设备, 扩大规模和品种, 必然需要大量镁砂。目前, 国内尚无成熟的利用卤水进行镁砂生产的工艺技术, 建议尽快引进关键技术开展工业试验或实施产业化。

## 3 锂盐工业生产及资源状况

### 3.1 锂盐工业开发的迫切性

锂是国际市场短缺商品, 世界各国锂盐产品种类达 60 多种, 我国仅有 10 多种, 大量依赖进口。锂盐生产和销售每年平均增长 5~6%, 市场价格一直维持上涨势头。1998 年我国碳酸锂售价达 3.2~3.5 万元/吨。

我省柴达木盐湖是卤水锂资源比较集中的地区, 估计现有储量达  $2781 \times 10^4$  吨 LiCl, 其中台吉乃尔湖区卤水锂储量高达  $500 \times 10^4$  吨 LiCl, 东台吉乃尔湖卤水含 LiCl  $3.2 \text{g/L}$ <sup>[8]</sup>。由于世界锂盐生产由锂矿石转向盐湖卤水, 我国矿石锂盐生产面临严峻局面, 发展盐湖卤水锂盐开发就显得愈发迫切。

### 3.2 锂盐开发利用工艺概述<sup>[9]</sup>

#### (1) 铝酸盐沉淀法

以铝酸钠为原料, 经二氧化碳碳化分解制得氢氧化铝, 按铝锂质量比 13~15 加入提硼后的卤水中。锂沉淀率可达 95% 以上, 镁分离率也达 95% 以上。铝锂沉淀物于 350℃ 焙烧 30 分钟, 用水浸取使沉淀物中铝锂分离。锂的浸取率在 90% 以上, 浸取液中含氧化锂 0.15% 左右, 用石灰乳和纯碱除去镁、钙等杂质, 蒸发浓缩, 加入 20% 碳酸钠溶液, 在 95℃ 反应生成碳酸锂, 经洗涤烘干, 可达到工业一级品标准, 锂的回收率在 87%。工艺缺点: 碳化液及焙烧浸取液需蒸发大量水, 耗能高, 且工艺流程复杂。

#### (2) 煅烧浸取法

将提硼后卤水蒸发去水 50% 时 (氯化镁以四水合形式存在), 在 700°C 下煅烧 2h, 氯化镁热解变为氧化镁, 氯化镁分解率达 93%, 加水浸取, 锂浸取率 90% 以上。浸取液含锂 0.14% 左右, 用石灰乳和纯碱除去镁、钙等杂质, 蒸发浓缩至含锂 2% 左右, 加入纯碱沉淀出碳酸锂。锂回收率 90% 左右。煅烧后的氧化镁渣, 经过精制可得纯度为 98.5% 的氧化

镁副产品, 镁回收率在 92%。工艺缺点: 镁利用流程复杂、设备腐蚀严重, 蒸发水量大。

### (3) 有机溶剂萃取法

中国科学院青海盐湖研究所提出了从我省大柴旦饱和氯化镁卤水提锂的工艺流程 (图 1)。工艺特点: 锂的总回收率达 96% 以上, 纯度为无水氯化锂 98% 以上, 原材料消耗少, 流程简短, 效率高。

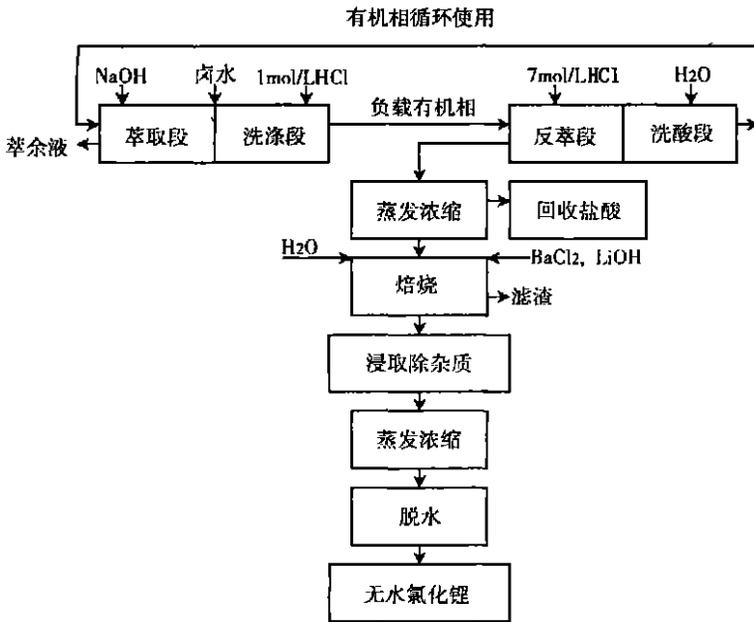


图 1 有机溶剂萃取法生产工艺流程

Fig. 1 Flow chart for the organic solvent extraction process

### (4) 氯化氢盐析法

大柴旦饱和氯化镁卤水提硼后冷冻蒸发获得含氯化锂 6~7% 的浓缩卤水, 该卤水可近似看作锂镁氯化物水盐溶液。基于氯化锂和氯化镁在氯化氢水溶液中溶解度不同, 用氯化氢盐析氯化镁提取氯化锂。该法技术可行, 但工艺过程要在封闭条件下循环, 除硼、脱色问题没有很好解决, 锂回收率低, 实际应用有困难。

### (5) 离子筛法 (离子交换、吸附)

用低温电解微粒二氧化锰经氢氧化锂溶液浸泡, 煅烧制成二氧化锰离子筛, 该离子筛对锂的工作交换容量为 1~2 毫克当量/克干筛, 锂的交换提取率达 90%, 对钠、钙、镁等杂质离子去除率达 99%。再用盐酸洗脱, 洗脱

液加入纯碱蒸发去水后制成工业一级品碳酸锂, 锂的回收率为 84%。该法离子筛呈粉末状, 不能进行柱式操作, 损耗量大。

### 3.3 锂盐资源开发生产现状

多年来, 许多国家投入巨资对高镁锂比盐湖卤水 (我省盐湖卤水就是这种情况, 且镁/锂比值较国外高数十倍乃至数百倍) 提锂技术进行过长期研究, 均未能取得突破, 主要问题在工艺过程操作性不强、产品成本高, 无法参与市场竞争。正是由于我省盐湖卤水资源生产锂盐缺乏成熟的提锂技术和工艺, 国外盐湖提锂技术又不能套用, 所以这方面建设一直没有取得很大进展。

目前, 由中科院青海盐湖研究所马培华研

究员领导的攻关小组针对柴达木盆地锂盐富集盐湖的化学组份和当地气候条件经过长期努力,终于攻克了高镁锂比盐湖卤水提锂这一世界性技术难题,该技术工艺流程简单合理、操作方便。碳酸锂产品经国外权威机构检测,质量好、纯度高,符合国际锂盐市场的要求,产品成本达到目前国内外锂盐生产的最低水平。该项成果主要包括<sup>[10]</sup>:盐田富集钾盐和浓缩锂试验运行成功,在东台盐湖修建的 12 万平方米盐田上按预定工艺路线平稳运行 2 年,制得合格的钾盐中间产品和富锂原料卤水 6600 吨;发明从高镁锂比盐湖卤水提锂新技术,建成生产能力达 100 吨碳酸锂/年的生产装置。该技术可综合利用盐湖卤水中的锂、硼、钾、镁等资源,无任何污染,可实现盐湖资源综合利用和可持续发展目标,是我国自己具有独立知识产权的、高镁锂比盐湖提锂的唯一经济实用的工艺和技术。由于该项技术的成功,2001 年 1 月 5 日,中国科学院青海盐湖研究所与 ILION 公司签订了就开发东台吉乃尔盐湖二期产业化项目建设投资的协议(该产业化项目包括年产 3000 吨碳酸锂、2500 吨硼酸和 25000 吨硫酸钾)。随着我国西部开发的进行和“WTO”的加入,青海盐湖锂资源开发实现产业化将会对我省盐湖资源的开发具有重要的意义。

## 4 钾、镁、锂盐资源综合利用探讨

青海盐湖资源的开发,无疑要以钾资源开发为主体。但如果仅限于钾肥生产,只注意钾肥生产能力的扩张,而不重视资源的综合利用,我省盐湖经济就很难实现腾飞。因为单一资源(钾资源)的利用方式,造成钾肥生产成本偏高,影响企业的经济效益和产品的竞争力。所以,我省盐湖资源的开发利用必须在钾肥生产的基础上,综合考虑盐湖中镁、锂等其它资源的开发利用。这样,以资源开发促经济发展的道路才能越走越宽。

首先,以开放、联合、学科交叉等方式对制约我省盐湖综合利用的关键技术进行产业化

研究。如高镁锂比盐湖卤水镁锂的选择性分离技术、水氯镁石脱水制取无水氯化镁技术、热解制取高纯镁砂技术、钾资源生产硫酸钾技术等。

再者,使盐湖资源的利用由粗放型的开发现状,逐步实现以盐湖初级化学品为原料向精细化、高值化、高效益产品发展的方向。如高性能锂离子电池电解质及电极材料、镁基和硼—镁晶须材料、高性能镁水泥建筑材料等。

第三,在盐湖开发中必须坚持“开发利用与保护增值并重”的方针,深入研究矿体特性,保持各资源开发的动态平衡。摒弃以大量消耗资源和粗放经营为特征的传统发展模式,重视我省巨大镁资源对盐湖资源开发的“瓶颈”作用,统一规划,合理使用,逐步做到盐湖资源的物尽其用和良性开发。

## 5 结论

综上所述,我省盐湖资源丰富,开发条件优越,市场前景广阔,盐湖的利用必将为 21 世纪的中国提供资源保证。我们应利用西部开发的历史机遇,多渠道筹措资金,多方面引进关键技术,使盐湖资源的开发利用成为今天振兴地方经济的“亮点”。并且,在资源开发的同时应注意钾、镁、锂盐相关资源的综合利用,实现盐湖资源的可持续发展之路,为百年后<sup>[11]</sup>子孙们的繁衍生息留下更多的“源泉”!

## 参考文献:

- [1] 刘振敏,杨更生.我国盐湖资源的开发利用与可持续发展[J].矿物岩石地球化学通报,1999,18(2).
- [2] 王石军.浅论察尔汗盐湖资源开发的可持续发展战略[J].海湖盐与化工,1998,27(6).
- [3] 王石军.盐田滩晒光卤石矿生产氯化钾工艺综述[J].无机盐工业,1999,(1).
- [4] 张宏昆.试论察尔汗盐湖开发中对资源保护的策略[J].青海环境,2000,10(4).
- [5] 宋彭生.盐湖及相关资源开发利用进展(续完)[J].盐湖研究,2000,8(4).
- [6] 王宇菲,潘金龙,等.察尔汗盐湖镁资源利用途径分析[J].世界有色金属,2000,12.
- [7] 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).
- [8] 高世扬. 青海盐湖锂盐开发与环境 [J]. 盐湖研究, 2000, 8 (1).
- [9] 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).
- [10] 盐湖研究编辑部. 我国盐湖锂资源提取技术创新取得突破性进展 [J]. 盐湖研究, 2001, 9 (1).
- [11] 中国科学院, 地质部, 等. 关于建立我国钾肥稳定供应体系的建议 [J]. 中国科学院院刊, 2000, 1.

## Studies on Utilize of Potassium, Magnesium and Lithium in Salt Lakes of Qinghai Province

YAN Jun, HUANG Xiao-liang

(Mechanical Engineering Department of Qinghai University, Xining 810016, China)

**Abstract:** In this paper, source conditions, present productive situations and urgency to explore and utilize potassium, magnesium and lithium industry in salt lakes of Qinghai Province are analysed. The ways to explore and utilize them comprehensively are also covered.

**Key words:** Salt Lake resources; Potassium; Magnesium; Lithium; Comprehensive utilization

### 全国唯一的研究盐湖科学和技术的专业性学术期刊

## 欢迎订阅《盐湖研究》

《盐湖研究》是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行人, 是中国科学引文数据库(CSCD)和万方数据资源系统收录的文中核心期刊。

《盐湖研究》是国内唯一的研究盐湖科学和技术的专业性期刊。面向国内外报导交流盐湖、地下卤水、油田水、海水等基础、应用、开发和生产技术及管理的研究报告、论文和成果, 探讨其资源的分离提取技术与综合利用途径。

《盐湖研究》主要栏目: 学术论文, 综述与述评, 科技动态, 科技探索, 技术介绍, 学位论文简介, 简讯等。

《盐湖研究》可供有关从事地学、无机化学、化工、盐化工、分析化学、采选矿技术等学科的科研、设计、生产人员和管理人员及相关专业的大中专院校师生阅读。也可供轻化工、冶金、建材系统的有关人员参阅。

《盐湖研究》为季刊, 大16开版, 72页, 每季末月5日出版发行。单价8.00元/本, 全年32元。刊号CN63-1026/P, ISSN1008-858X。邮发代号: 56-20, 全国各地邮局均可订阅。

联系电话: 0971-6301683