

盐湖资源及开发利用*

刘德江 宋彭生

(青海盐湖研究所 西宁 810008) (青海省科委 西宁 810000)

摘要 文章对我国西部尤其是青海盐湖资源的研究、开发及利用现状进行了论述,建议在现有基础上继续增加对盐湖资源的科技投入和开发利用,对振兴西部地区经济具有重要意义。

关键词 盐湖,资源,开发,利用

我国人口众多,自然资源相对短缺,矿产资源人均数量只有世界人均数量的一半左右。而我国西部地区的盐湖资源却异常丰富,是发展西部地区经济的巨大潜力所在。因此,盐湖资源的科技研究和开发利用,将对振兴西部地区的经济,逐步缩小与东部沿海地区的差距,促进民族团结和社会稳定,具有重要意义。

1993 年和 1995 年,江泽民总书记和吴邦国副总理先后视察了青海,对青海省富饶的盐湖资源十分关注,明确要求“发展盐湖科技事业”,“要解放思想,事实求是,加快盐湖资源开发,为农业发展和国民经济做出更大的贡献”,这对青海地区的经济建设,必将起到重要的推动作用。

1 我国盐湖资源概况

盐湖是湖泊发展的末期产物,是湖泊中无机盐含量最高的一种类型。通常把湖水中含盐量在每升 50 克以上的湖泊叫做盐湖,实际上我们研究的盐湖平均含盐量在每升 300 克以上。并不是所有湖泊都能够发展成盐湖,这要由地质、环境、气候、物质来源等综合条件来决定。誉称“第三极”的青藏高原,是世界上最大最高最年轻的高原,这里地壳运动频繁,深大断裂带较多,热水分布广,物质来源丰富,日照时间长,降雨量小,蒸发量大,气候干燥,是有利于发育形成盐湖的天然场所。

世界各大洲包括南极大陆都有盐湖分布,但唯独我国盐湖具有数量多、面积大、资源富、类型全的特色。

我国盐湖分布在大兴安岭、吕梁山、念青唐古拉山及冈底斯山一线以北的 10 多个省区,大致介于北纬 30°—50°之间,大小盐湖总共 1 000 多个,面积大于 1 平方公里的盐湖达 700 多个,总面积近 2.8 万平方公里,主要集中在青海、西藏、内蒙古和新疆 4 个省区。其主要资源除

* 收稿日期:1995 年 10 月 5 日

石盐、芒硝、天然碱外,还有钾盐、镁盐、硼酸盐、锂盐、锑盐(天青石)等重要资源,其中锂盐和锑盐储量占世界第一,钾盐和镁盐名列第二,硼酸盐居第三(见表1),西藏盐湖盛产硼酸盐,内蒙古盐湖盛产天然碱,新疆盐湖盛产芒硝。

青海省人口少,盐湖资源得天独厚,最能体现我国盐湖资源的特色:①分布集中。青海盐湖

表1 中国盐湖盐类资源储量

盐	石盐	芒硝	钾盐 KCl	镁盐 MgCl ₂	锂盐 LiCl	硼酸盐 B ₂ O ₃	石膏	锑盐 SrSO ₄	钠硝石	天然碱
	(亿吨)	(亿吨)	(亿吨)	(亿吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)	(万吨)
青海	640	1.6	4.4	31.5	1392	1157		1900		
新疆	279	16					49		4700	
西藏	1.4	5.3	0.27		781	1075	13			3000
内蒙古	1.4	0.55	0.009			348				2900

集中分布在面积12万多平方公里范围的柴达木盆地,海拔2 675—3 171米,共有盐湖33个,其中干盐湖6个,但干盐湖和干盐滩的总面积是表面卤水盐湖的10倍。因此,干盐湖贮存的巨大数量的晶间卤水就成为此盆地盐湖资源的宝库。②类型齐全。按化学成份分,氯化物型、硫酸盐型和碳酸盐型3种类型的盐湖在柴达木盆地均有分布,以硫酸盐型(硫酸镁亚型和硫酸钠亚型)盐湖居多。按矿系分,盆地盐湖有石盐矿床,钾镁矿床、硼锂矿床、天然碱矿床、芒硝矿床、天青石矿床。③储量大。柴达木盆地盐湖中的钠盐、钾盐、镁盐、锂盐、锑盐的储量均为全国之冠。大型矿床和富矿也比较多。例如全国最大的察尔汗盐湖的钾镁盐矿,还有大小柴旦湖的硼酸盐矿,东、西台吉乃尔和一里坪的锂盐矿,大风山和尖顶山的天青石矿,茶卡和柯柯盐湖的石盐矿等,都是著名的盐湖矿床。据粗略估算,该盆地盐湖资源现已探明的总量仅开采1/3,其潜在产值在10万亿人民币以上。④品位高。察尔汗晶间卤水经日晒就能析出光卤石、水氯镁石;德尊马海盐湖晶间卤水经日晒即可析出钾石盐;大柴旦湖水经日晒其硼的含量之高世界罕见;东、西台吉乃尔和一里坪盐湖卤水中锂的含量比美国的盐湖高10倍,比其工业开采品位高出40—50倍。

青海盐湖资源不但在储量上确有优势,而且从盐湖科技力量和技术储备、开采经验和生产状况、交通能源和环境条件等诸多方面比较,青海比其它省区都优越得多,因此开发青海盐湖显得更为现实和紧迫。事实上,我国盐湖资源研究和开发的重点已经在青海,20万吨钾肥一期工程已经投产,80万吨二期工程正开工建设。因此,国家优先支持青海盐湖的开发是切实可行的,并对其它西部省区的盐湖开发也将起到示范和带动作用。

2 盐湖资源的开发利用

2.1 国外盐湖开发现状与趋势

世界上主要被开发利用的盐湖有美国的大盐湖、西尔斯湖,中东的死海,智利的阿塔卡玛盐湖等。目前由盐湖资源开发出的初级产品有:

年产量百万吨级以上的有氯化钠、氯化钾、碳酸钠；
 年产量十万吨级以上的有硫酸钾、硼砂、硫酸钠、溴及其化合物；
 年产量万吨级以上的有氯化镁、氧化镁、盐酸、硼酸、金属镁；
 年产量千吨级以上的有碳酸锂。此外，与湖区其它资源一起加工处理获得的产品还有石膏、磷酸盐、碳酸钾等。（见表 2）。

表 2 世界主要盐湖开发利用情况

序号	盐湖名称	投产年代	主要生产技术	品种与产量 (万吨/年)
1	西尔斯湖 (美国)	1917	相分离、盐田、溶剂萃取	氯化钾 20、硫酸钾 10、碳酸钠 140、氯化钠 50、硫酸钠 50、硼砂 20
2	大盐湖 (美国)	1932	相分离、盐田、复分解、浮选、电解	硫酸钾 20、二水氯化镁 10、四水氯化镁 10、氯化钠 145、硫酸钠 15、金属镁 3.8
3	死海 (以色列)	1930	相分离、盐田、浮选、热溶结晶反浮选冷结晶、复分解、萃取	氯化钾 210、硫酸钾 10、硝酸钾 25、溴 10、溴化产物 15、盐酸 7.5、高纯镁砂 7
4	死海 (约旦)	1956	相分离、盐田、热溶结晶、复分解	氯化钾 120、硫酸钾 13.9、复合肥
5	阿塔卡玛湖 (智利)	1985	相分离、盐田、浮选、复分解	氯化钾 52、硫酸钾 15、硝酸钾 20、硼酸 3、碳酸锂 0.64
6	麦克劳德湖 (澳大利亚)	1967	相分离	氯化钾 20、氯化钠 100

由国外盐湖资源综合利用的历史和现状，可以看出如下的发展趋势：

- (1) 充分利用自然能，以提高生产的经济效益，包括太阳能、风能以及冬季的冷能等利用和储藏；
- (2) 盐田技术的深入研究和应用，从经验操作正在向理论模型指导下计算机自动控制操作过渡，盐田的作用不仅是蒸发器、浓缩器、结晶器，也是化学反应器，盐类加工的许多单元过程都可以在其中进行；
- (3) 相平衡分离技术的深入和广泛应用；
- (4) 分离科学的最新技术极快地被引入到盐湖资源开发中，用于分离提取各种成份等；
- (5) 与其它资源利用相结合，如与有机化工相结合生产溴制品、氯制品。

2.2 国内盐湖开发现状和技术水平及与国外的差距

目前我国已开发利用的盐湖有 30 多个，但生产规模较小，产品种类较少。最大的生产厂是青海钾肥厂。该厂利用察尔汗盐湖的晶间卤水为原料，采用大面积深水盐田晒制光卤石矿，作为生产原料。采用中国科学院青海盐湖研究所研究出的冷分解-浮选工艺，生产肥料级氯化钾。此外，还利用生产光卤石后的老卤，继续日晒蒸发，每年还生产出数万吨水氯镁石。一期工程设计能力为：每年生产 20 万吨水氯镁石，1992 年 9 月通过了国家验收。二期工程拟每年增加 80

万吨的生产能力。晶间卤水中含有的其它成份如硼、锂、溴等,目前都没有被利用。察尔汗盐湖周围还有地方和企业办的小工厂,生产少量钾肥。茶卡盐湖和柯柯盐湖都生产湖盐。冷湖地区利用昆特依盐湖和钾湖的盐类资源也生产食盐、芒硝、元明粉和钾肥。目前,青海省各盐湖年产食盐总量达到 120 万吨。新疆自治区盐湖主要生产食盐、芒硝、元明粉,芒硝经再加工生产少量硫化碱。内蒙古的盐湖亦主要用来生产食盐、芒硝(或无水硝)。此外,山西、陕西、宁夏地区也小规模用盐湖卤水生产食盐。青海省的小柴旦盐湖、西藏自治区的班戈湖、杜加里湖滨硼矿都已经进行了开采,加工生产硼酸。内蒙古自治区的察汗淖生产重碱和颗粒碱。

目前我国盐湖资源的开发利用与国外相比,整体水平还比较低。

(1)盐湖化工厂产品的产量太少,品种有限。例如美国的盐湖矿物和化学品公司有 72 个品种的产品供应市场,能满足各种不同用户的需要。目前我国开发的产品,除食盐产量较大外,肥料级氯化钾的年产只有 20 万吨,不足约旦死海生产量的 1/6。经济作物用的无氯钾肥硫酸钾还没有生产。总之,我国盐湖液固体矿藏的开发利用程度目前还很低,仅生产某些初级化工产品。

(2)生产工艺落后,自动化程度低,管理水平差距更大,因而经济效益差。钾肥的生产工艺只相当于以色列 50 年代的水平。

(3)综合利用程度低,没有在一次加工过程中将有用成份尽量多地提取出来。青海钾肥厂生产钾肥后的母液(老卤含有的硼、锂等)均未加以提取,而是被排放到 60 公里以外的南霍布逊湖中。

(4)盐湖化学化工的科学技术水平低,从研究到投产的周期太长。我国的大柴旦盐湖与智利的阿塔卡玛盐湖组成极其相似,早在 60 年代中期就进行了现场扩大试验,至今尚未有产品投入市场。智利于 1969 年才首次对阿塔卡玛盐湖进行勘探,于 1975—1979 年进行开发研究,1982 年与美国合资建厂,1985 年投产,其研究到建厂周期仅 10 年。

3 盐湖开发研究的新技术和攻关成果

自“六五”以来,由于国家有关部委、中国科学院、青海省的重视支持,盐湖科研工作得到了发展,初步形成了一支盐湖研究、开发、设计、生产的队伍,以青钾一期工程建成为标志,拉开了盐湖资源大规模开发的帷幕。为了配合青钾一期工程建设,并为二期工程所参考,国家在“七五”期间设立和完成了“青海盐湖提钾和综合利用”的重点科技攻关项目,在“八五”期间继续设立和完成了“察尔汗盐湖首采区开采过程中水动态水化学变化规律及其自动观察系统完善”的重点科技攻关课题。经过分工协作、联合攻关,对盐湖的开发研究获得了一些主要成果和新技术,归纳起来有以下几个方面:

(1)按计划开展了察尔汗盐湖采卤过程中水动态水化学变化规律和自动观测系统的研究。建立了由 168 个钻孔组成的、监测面积达 300 平方公里的长观井网和半径为 20 公里、设有用微机控制的由一个总站和 20 个子观测站组成的自动监测网络系统,积累了 7 年的资料,跟踪、监测和描述了采卤过程中水质水量的变化及影响,实现了对多个观测点中卤水水位、水温、密度和钾含量及多种气象参数的同步、快速、准确、连续的自动测量,为完善一期工程渠道采卤工艺提供了科学依据,也可推广到更大规模的开采和大面积盐田日晒工艺的控制中。但二期工程

80 万吨氯化钾生产开采卤将采取井渠结合及井采工艺,而且别勒滩区段是一个新的开采区,抽卤试验研究极少,资料贫乏,在大规模生产性采卤中会发生哪些问题并不清楚,国内外也无技术借鉴。因此,建议“九五”期间在别勒滩区段继续设立这方面的科技攻关项目,这种项目的设立不论在国内和国外都具有先进性和实用性。

(2) 针对青海盐湖资源的特点,深入开展了钾盐系列产品的研究。除冷分解-浮选工艺生产拳头产品氯化钾肥料以外,还完成了光卤石溶解重结晶年产 5 000 吨氯化钾和热溶重结晶年产 1 万吨氯化钾两个试验,正在进行 4 号工艺冷结晶法年产 1 万吨优质氯化钾和光卤石反浮选冷结晶年产 2 万吨氯化钾两个工业性试验。关于无氯钾肥硫酸钾,现有多条技术路线,多种工艺流程在小规模上马,但均未投产达标。利用光卤石与天然无水芒硝转化法制取硫酸钾是一种新工艺技术,已获得专利,现正在进行 1 万吨硫酸钾工业性试验,如能成功,可望“九五”在格尔木-察尔汗地区建立年产 5—10 万吨的硫酸钾企业,将成为全国最大的硫酸钾厂,盐湖开发也就生产出新的拳头产品。关于氢氧化钾、碳酸钾、碳酸氢钾,利用成熟的离子交换膜电解法技术,在电力充足条件下,即可进行建设生产。关于硝酸钾产品,目前还应进行一定的研究和试验。因此,以氯化钾和硫酸钾为龙头产品,形成钾盐系列产品基地是青海盐湖大规模开发的第一个重要目标。

(3) 对盐湖资源镁、硼、锂进行了综合利用研究。完成了水氯镁石流态化脱水制取无水氯化镁小试验,正在进行扩试,进展良好,如能成功,将通过中试后作电解金属镁的理想原料。对镁水泥进行了开发研究,初步解决了传统镁水泥抗水性差和变形问题,研制出多种复合添加剂,已投入市场。开发了新型镁水泥波形瓦、支护材料、装饰材料、保温材料和包装材料等多种镁水泥制品,并已得到推广应用。此外,卤水高纯镁砂(5 000 吨)工业性试验正在实施中。关于硼资源利用研究,已完成萃取法提取硼酸扩试、一步结晶法提取硼酸扩试和硼酸流态化脱水制取硼酐中试。关于锂资源利用研究,完成了萃取法和吸附法提锂中试及制取高纯氯化锂、离子筛法提锂两项小试验,直接合成法制备固体二水溴化锂已投入小规模生产。目前,正在组织大柴旦盐湖湖水硼、锂综合利用工业性试验(硼酸 1 000 吨,氯化锂 200 吨),如能成功,可打开盐湖资源综合利用的局面。建议在“九五”期间开展高镁低锂卤水提锂的研究,并做好马海、一里坪、东、西台吉乃尔等盐湖的前期研究工作。因此,综合开发利用盐湖资源中的镁、硼、锂,形成高值化的产品,是大规模开发青海盐湖的第二个重要目标,也是技术含量更高、任务更为艰巨的目标。