

青海盐湖钾盐资源开发利用及产业发展

侯献华^{1,2}, 樊馥^{1,2}, 郑绵平^{1,2}, 宋彭生^{2,3}

1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037
2. 国土资源部盐湖资源与热水资源重点实验室, 北京 100037
3. 中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810008

摘要 中国钾盐资源短缺, 对外依存度居高不下。柴达木盆地盐湖是中国重要的钾盐资源基地, 其钾肥产量(以氯化钾计)占国内总产量87%, 对保障国民经济及农业发展所需、平抑国际钾肥价格、转变经济增长方式、建设资源节约型和环境友好型社会, 具有重要作用。柴达木盆地第四纪浅部盐湖钾盐资源量有限, 强力开发的保障时间不可持续, 近年柴达木盆地西部深层富钾卤水勘查发现, 埋深350 m以下存在新类型大型卤水钾盐矿床, 有望成为中国最大钾肥生产基地察尔汗可靠的后备资源接替区。

关键词 盐湖; 钾盐; 深层富钾卤水; 柴达木盆地

钾是农作物生长所必需的三大营养元素之一, 被认为是粮食的“食粮”, 科学研究表明, 钾对农作物的生长具有特殊贡献, 尤其对于经济作物的增产、增收至关重要, 而钾盐是钾肥最重要的矿物原料。

钾肥主要有氯化钾、硫酸钾和钾镁复合肥3种, 都含农作物生长所必需的养分。其中氯化钾用量最大, 占钾肥总用量的90%以上, 它广泛适用于粮食、棉花、豆类等作物; 硫酸钾占钾肥用量的4%~5%, 主要用于麻类、烟草、甘蔗、甜菜、柑类水果等经济作物。化工用钾也主要是氯化钾, 它是生产其他钾化合物的主要原料。

世界钾肥生产主要依靠大型海相钾盐矿床, 据美国地质调查局统计, 当前世界探明钾盐储量约为95.52亿t。加拿大是世界上最大的钾盐资源国家, 储量占全世界的46.06%, 均为固体钾矿, 所开采的矿石多为钾石盐。俄罗斯和白俄罗斯是世界钾盐第二大集中区, 俄罗斯储量占世界的34.55%, 白俄罗斯储量占全世界的7.85%。中国截至目前还没发现适于钾肥生产的大型海相钾盐矿床。中国是一个拥有13亿多人口的农业大国, 与氮肥、磷肥相比, 耕地大范围缺钾, 钾肥产量不能满足国内需求。中国已查明的钾盐(KCl)资源储量为11亿t, 其中约8.48亿t赋存于盐湖卤水, 约占77%, 盐湖钾资源是中国钾肥生产的主要矿物来源。青海是中国盐湖分布数量最多的区域, 正是由于柴达木盐湖钾资源的开发利用, 带动了中国钾肥工业的建立, 并逐步发展达到了如今的规模

化开发程度, 从而确保了中国农业氮、磷、钾(NPK)科学均衡施肥, 使三者比例从1998年的1:0.3:0.0157, 提高至2010年的1:0.376:0.088, 对于保障中国农业生产、平抑国际市场钾肥价格起到了至关重要的作用。

1 青海盐湖钾盐资源分布

中国的盐湖分布如图1和表1所示^[1], 盐湖主要分布在西

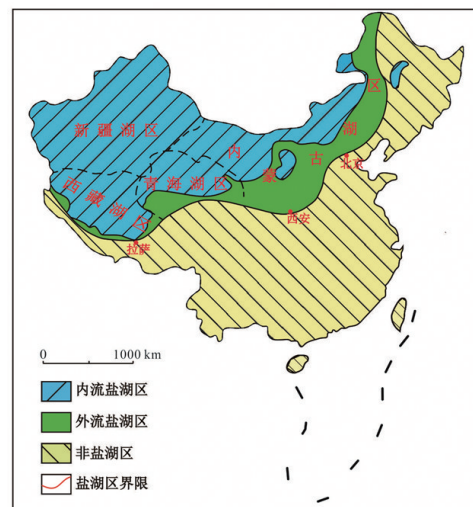


图1 中国盐湖分布^[1]

Fig. 1 Distribution of saline lakes in China

收稿日期: 2017-02-10; 修回日期: 2017-04-23

基金项目: 国家自然科学基金青海联合重点基金项目(U1407027); 中国工程院重大咨询项目(2012-ZD-14); 中国地质调查局地质调查项目(DD20160054)

作者简介: 侯献华, 副研究员, 研究方向为盐类矿产资源调查评价, 电子信箱: hxx2858@126.com

引用格式: 侯献华, 樊馥, 郑绵平, 等. 青海盐湖钾盐资源开发利用及产业发展[J]. 科技导报, 2017, 35(12): 67-71; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2017.12.010

表2 青海省主要钾肥企业规划规模和2011年产量表

Table 2 Main potash fertilizer enterprise planning scale and the production in 2011 in Qinghai Province

企业名称	现有生产能力/(万t·a ⁻¹)	2011年产量/万t	生产建设规划总规模/(万t·a ⁻¹)
青海盐湖工业(集团)有限责任公司	KCl 250	KCl 257.0	KCl 300~350
格尔木藏格钾肥有限公司	KCl 96	KCl 60.0	KCl 200
中航国际资源有限公司	KCl 25	KCl 13.0	KCl 25
青海高端盐湖科技有限公司(东台)	KCl 15	KCl 2.5	KCl 15
青海晶鑫钾肥有限公司(杂斯库勒)	KCl 10	KCl 10.0	KCl 15
大柴旦大华化工有限公司	KCl 10	KCl 7.2	KCl 10
青海锦泰钾肥有限公司(巴伦马海)	KCl 2	KCl 2.0	KCl 6
青海省冷湖昆湖钾肥有限责任公司	KCl 2	KCl 2.0	KCl 2
冷湖俄北钾肥有限责任公司	KCl 2	KCl 2.0	KCl 2
冷湖开元钾肥有限公司	KCl 1	KCl 0.5	KCl 1
青海中信国安科技发展有限公司(西台)	KCl 30	KCl 17.0	KCl 50
	硫酸钾镁肥 45	—	硫酸钾镁肥 45
青海锂业有限公司(东台)	硫酸钾镁肥	—	—
	K ₂ SO ₄ 10	—	K ₂ SO ₄ 300
冷湖滨地钾肥有限责任公司*	硫酸钾镁肥 20	硫酸钾镁肥 7.0	硫酸钾镁肥 50
青海康泰钾肥开发有限责任公司(大浪滩)	KCl 10	KCl 10	KCl 25
中农芒崖兴元钾肥有限公司(大浪滩)	—	—	KCl 45

注:*冷湖滨地钾肥有限责任公司正在建设产能为48万t/a的K₂SO₄钾肥生产厂。

3 柴达木盆地钾盐找矿进展

目前,经过两轮盐类矿产勘查,柴达木盆地第四系浅部(现代)盐湖资源前景已全面评价,成型矿床已基本达到详查及其以上工作程度,并且多数矿床已进入开发阶段。经过这两轮的工作,在柴达木盆地第四系浅部(350 m以浅)提交了9.07亿t的氯化钾资源量。

近期,中国钾盐找矿取得了一些新进展^[4],特别是柴达木盆地西部深层砂砾型含钾卤水取得了重大进展。郑绵平钾盐科研团队通过古气候和盐构造背景研究,认为柴达木盆地西部长期受下降干旱气流的影响,晚新生代以来处于中国西部寒旱中心^[5],推断下第四系(Q1)有成盐找钾前景。近几年勘查证明,柴达木盆地西部深部新型砂砾层含钾卤水层开始堆积时代2.58~2.00 Ma,为Q1早期。该新型砂砾层含钾卤水的发现,大幅度扩大了柴达木盆地西部钾盐资源远景,且揭示一种新构造成钾机制。

沿北部阿尔金山前从西边大浪滩凹地—黑北凹地—察汗斯拉图,向东直至昆特依凹地,该套储卤层呈条带状分布,在该区先后施工25个钻孔,孔孔见矿。KCl品位在0.31%~1.56%之间,为氯化物型卤水。据现有25个钻孔控制,初步估算该区氯化钾资源量约3.5亿t。在第四纪早期,冲洪积砂砾层形成大资源量含钾卤水,为国内外所罕见^[6-7]。随着勘查评价工作深入,柴达木盆地西部有望成为中国最大钾肥生产基地察尔汗可靠的后备资源接替区。

再者,在柴达木盆地西部南翼山等系列背斜构造中,也发现了新生代地层中以裂隙—孔隙为储存空间的富钾、锂等多种有用元素的深部卤水,其KCl平均品位在1%以上,初步估算,氯化钾远景资源量约有11亿t。

4 盐湖钾盐产业发展存在的问题与建议

目前,柴达木盐湖以钾资源开发带动了我国钾肥工业的建立,并达到了如今的规模化开发,关于其可持续发展,实现经济良性循环,已有诸多研究成果^[8-10]。笔者通过分析资料,结合实际情况,认为解决好以下问题,有利于盐湖钾盐产业可持续发展。

4.1 实行盐湖钾盐资源开发总量控制

由于含钾卤水开采技术的逐步成熟,投资风险小、钾肥生产成本低、前些年钾肥价格高企,形成大的利润空间,一些集体和个人私营资本纷纷投入开发盐湖钾盐资源。目前柴达木盆地有15家钾盐生产企业,全省钾盐生产建设和规划建设总规模已超过1100万t。作为农业发展必不可少的钾肥,是中国这样的人口大国永远的“刚性需求”。不能片面追求盐湖钾盐资源开发的规模做大,钾盐生产建设规模必须与资源储备相适应,否则会造成无米之炊,带来的损失无法估量。然而目前有的盐湖企业钾盐生产建设规模与钾盐资源储量不相匹配。例如,有的大型钾肥企业保有资源储量尚需核实;有的企业服务年限偏小,固相转化卤水资源储量不应包括含KCl<0.5%的固体钾矿,一些固体钾矿在以往开采中已转化一部分,规划产能200万t/年可能偏大;昆特依干盐湖为孔隙度较低,单位涌水量较小,富水性较差的含钾卤水,规划产能300万t/年需要论证;青海中信国安科技发展有限公司规划产能服务年限仅为15年,大柴旦地区现有产能服务年限只有10年。盐湖钾资源的开发利用不能只顾眼前经济利益,盲目、片面求大,最终的结果必将是大幅度降低矿山开采年限,青海盐湖钾资源可能在10~20年内消耗殆尽,中国钾肥工业对世界垄断行情的平抑作用将消失。

建议国家根据钾盐资源储量,对盐湖钾盐(肥)资源开发实行总量控制,合理确定青海省盐湖钾肥生产建设规模。与此同时,还必须要求提高钾资源的利用率,大多数企业的回收率还相对较低,提高回收率就意味着增加了资源,提高了生产的经济效益。

4.2 加强贫钾矿加工工艺与设备研究

在青海柴达木盆地,察尔汗盐湖、大柴旦盐湖、马海湖、大盐滩等地多家企业,钾开发向低品位、难处理资源扩展。或因过量开采,资源迅速贫化,或因以往的非科学开发,采富弃贫,目前为了维持生产,多家企业不得不将其生产向低品位、难处理资源扩展。其直接结果是企业效益下滑,更难以有经费变为科技投入。长此以往,企业运作将更加困难。

随着近年盐湖资源开发向贫钾矿扩展,已经开展了一些相关的科研工作。由于以往没有这方面科研成果的积累,目前还有很多难题有待攻克。今后应继续加强针对贫钾矿资源开发利用的科研工作,以便完善相关加工工艺,改进设备效率,提高所得产品的质量和回收率。这样就等于从整体上增加了资源的储量。

4.3 坚持清洁生产与发展循环经济

青海省地质环境监测总站的监测结果表明,由于一些年来钾肥生产企业滥采滥挖,察尔汗盐湖产生了一系列问题:过量开采导致卤水补给不足、资源匮乏;老卤、废卤就地排放或回渗导致盐湖矿床污染;致使大量的固体氯化钾无法溶解采出。

盐湖企业开采液体钾矿,提钾服务年限为30年左右,如果通过固液转化、实施采补平衡工程,将固体钾矿转化为液体钾矿,企业提钾的服务年限将成倍延长。所以必须杜绝企业和个人的各种乱采、乱挖、乱排放的行为。

为此,对欲开发盐湖资源的企业和厂矿,应提高其准入门槛。一定要求资源有保证、技术有保证,特别是资源采收率有保证,才可准入;同时还应要求环境评价有保证,并可采取预交适当保障金等措施。

盐湖资源是不可再生资源,要十分珍惜这种宝贵的矿产资源,由采卤开始到综合利用最终产品的每一工序,要尽量提高采收率,尽量减少资源消耗,尽量减少废弃物排放。盐湖资源利用应进一步加强“绿色化学”研究,努力发展“零排放”工艺,坚持“清洁生产”,最大限度地减少对生态环境的不利影响。

4.4 深入开展新类型钾盐资源综合勘查

目前,中国勘查开发利用的主要是地表和浅层卤水。从国外情况来看,在深部往往还有富钾、锂卤水资源,在中国盐湖区深部也应有不少的资源量。在中国几大盐湖区开展深层地下卤水的综合勘查和研究,对于扩大钾、锂资源量,提升资源保障能力,具有重要意义。

近年在柴达木盆地西部下第四系深层发现赋存丰富的含钾卤水,厚达数百米,KCl平均含量0.48%。另外,在柴达木盆地西部南翼山油田水资源等远景良好的地区,应加大综

合勘查力度,如果能找到新的含钾、锂卤水资源,可以成为察尔汗盐湖资源的后备基地,其战略意义十分重要。

5 结论

截至2010年,由青海察尔汗等盐湖和新疆罗布泊盐湖生产的钾肥产能已经达到500多万t/年(产品),可以满足中国市场需求的50%以上,从而确保了中国农业NPK科学均衡施肥。青海、新疆盐湖钾资源的开发,对确保中国农业丰收,国家粮食安全,做出了巨大贡献。由此,中国争得了进口钾肥定价的部分话语权,成为农业大国印度、巴西以及亚洲东南亚国家进口钾肥的“价格洼地”。未来,青海盐湖产业发展,要遵循“循环经济”发展模式,加强盐湖资源综合利用,重视低品位矿产的开发利用,提高资源利用效率,提升企业准入门槛,逐步提升企业集中度,同时加强新类型资源的勘查以及资源提取新技术研究,加强资源储备、技术储备、大型盐业企业储备,为平抑国际钾肥价格、保障国民经济和农业发展所需继续发挥重要作用。

参考文献(References)

- [1] 郑喜玉, 张明刚, 徐昶, 等. 中国盐湖志[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
Zheng Xiyu, Zhang Minggang, Xu Chang, et al. Salt lakes of China[M]. Beijing: Science Publishing house, 2002.
- [2] 张彭熹. 柴达木盆地盐湖[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
Zhang Pengxi. Saline lake in Qaidam Basin[M]. Beijing: Science Publishing house, 1987.
- [3] 中国无机盐工业协会钾盐行业分会. 中国钾盐产业及市场需求真实运行情况报告[R]. 北京: 中国无机盐工业协会, 2013.
Potash Branch of China Inorganic Salts Industry Association. China potash industry and market demand realistic operation report[R]. Beijing: China Inorganic Salts Industry Association, 2013.
- [4] 郑绵平, 张震, 侯献华, 等. 中国钾资源远景与矿业发展战略[J]. 国土资源情报, 2015(10): 3-9.
Zheng Mianping, Zhang Zhen, Hou Xianhua, et al. The prospects and the mining development strategy of potassium resources in China[J]. Land and Resources Information, 2015(10): 3-9.
- [5] 郑绵平. 论中国盐湖[J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 181-189.
Zheng Mianping. On saline lakes of China[J]. Mineral Deposits, 2001, 20(2): 181-189.
- [6] 郑绵平, 张雪飞, 侯献华, 等. 青藏高原晚新生代湖泊地质环境与成盐成藏作用[J]. 地球学报, 2013, 34(3): 129-138.
Zheng Mianping, Zhang Xuefei, Hou Xianhua, et al. Geological environments of the late cenozoic lakes and salt-forming and oil-gas pool-forming actions in the Tibetan Plateau[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2013, 34(3): 129-138.
- [7] 郑绵平, 侯献华, 于常青, 等. 成盐理论引领我国找钾取得重要进展[J]. 地球学报, 2015, 36(2): 129-139.
Zheng Mianping, Hou Xianhua, Yu Changqing, et al. The leading role of salt formation theory in the breakthrough and important progress in potash deposit prospecting[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2015, 36(2): 129-139.
- [8] 宋彭生. 盐湖资源的开发利用[J]. 盐湖研究, 1993, 1(3): 68-80.
Song Pengsheng. Comprehensive utilization of salt lake resources[J].

- Journal of Salt lake Research, 1993, 1(3): 68-80.
- [9] 马培华, 张彭熹. 中国盐湖锂资源的可持续开发[J]. 中国科学院院刊, 1999(3): 210-213.
Ma Peihua, Zhang Pengxi. Sustainable development of lithium resources in China salt lake[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 1999(3): 210-213.
- [10] 李波. 柴达木盆地盐湖矿产资源合理开发有效保护对策探讨[J]. 青海国土经略, 2002(增刊): 49-53.
Li Bo. Discussion on effective protection countermeasures of rational development of salt lake mineral resources in Qaidam Basin[J]. Management & Strategy of Qinghai Land & Resources, 2002(Suppl): 49-53.
- [11] 吴蝉. 青海盐湖资源开发及其产业探讨[J]. 青海国土经略, 2002(增刊): 32-39.
Wu Chan. Exploitation of salt lake resources in Qinghai and its industry[J]. Management & Strategy of Qinghai Land & Resources, 2002(Suppl): 32-39.
- [12] 蔡永青. 柴达木盆地盐湖矿产资源开发利用现状及对策[J]. 资源经济, 2003(2): 11-13.
Cai Yongqing. Exploitation and utilization of salt lake mineral resources in the Qaidam Basin[J]. The Resources Economy, 2003(2): 11-13.
- [13] 曹连富, 李波. 对柴达木盐湖产业可持续发展的思考[J]. 中国工程科学, 2005, 7(增刊): 87-90.
Cao Lianfu, Li Bo. Consideration on the sustainable development of Qaidam's salt lake industry[J]. Engineering Science, 2005, 7(Suppl): 87-90.
- [14] 胡利人, 王石军. 浅议青海盐湖资源的可持续开发[J]. 化工矿物与加工, 2006, 35(4): 1-4.
Hu Liren, Wang Shijun. Discussion on sustainable development of salt lake resources in Qinghai province[J]. Industrial Mineral&Processing, 2006, 35(4): 1-4.
- [15] 郑绵平, 齐文. 我国盐湖资源及其开发利用[J]. 矿产保护与利用, 2006(5): 45-50.
Zheng Mianping, Qi Wen. Saline resources and its development in China[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2006(5): 45-50.
- [16] 刘国旺, 周晓军, 唐发满. 盐湖综合开发利用途径探讨[J]. 现代商贸工业, 2009(20): 81-82.
Liu Guowang, Zhou Xiaojun, Tang Faman. Discussion on comprehensive development and utilization of salt lake[J]. Modern Business Trade Industry, 2009(20): 81-82.
- [17] 陆智凭, 国怀专, 孙志伟. 柴达木盆地盐湖矿产开发利用存在的问题与建议[J]. 矿产保护与利用, 2010(5): 11-14.
Lu Zhiping, Guo Huaizhuan, Sun Zhiwei. Proposals for issues of development and utilization salt lake mineral resources in Qaidam Basin[J]. Conservation and Utilization of mineral Resources, 2010(5): 11-14.
- [18] 王小华. 盐湖综合开发利用中氯资源产品规划[J]. 盐湖研究, 2011, 19(3): 67-72.
Wang Xiaohua. Comprehensive development and utilization of chlorine products in salt lakes[J]. Journal of Salt lake Research, 2011, 19(3): 67-72.
- [19] 孙爱文, 张卫峰, 杜芬, 等. 中国钾资源及钾肥发展战略[J]. 现代化工, 2009, 29(9): 10-14.
Sun Aiwen, Zhang Weifeng, Du Fen, et al. China's development strategy on potash resources and fertilizer[J]. Modern Chemical Industry, 2009, 29(9): 10-14.

Development and utilization of potash resources of saline lakes in Qinghai province

HOU Xianhua^{1,2}, FAN Fu^{1,2}, ZHENG Mianping^{1,2}, SONG Pengsheng^{2,3}

1. Mineral Resource Institute, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

2. Key Laboratory of Salt Lake Resource and Environment, Ministry of Land and Resources, Beijing 100037, China

3. Qinghai Research Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China

Abstract Potassium is one of the three essential nutrients for the crop growth and is recognized as the "food" of food. The potassium source in our country is in shortage, and the degree of dependence on the foreign import is high in all time. Qaidam basin is the important resource base of the potassium, and the potash fertilizer production (Potassium chloride) covers 87% of the total output in China. The potash is important for guaranteeing the need of the national economical and agricultural development, for stabilizing the international potash prices, changing the mode of economic growth, and building a resource conservation and environment friendly society. However, based on the limited resources in the shallow part of the salt lake in the Quaternary period of the Qaidam Basin, and the limited guarantee time, a new type big brine sylvite deposit in the west of Qaidam Basin is found recently under the buried depth of 350 m. This is expected to become the potash replacement area of Qarhan, which is the largest fertilizer production base in China.

Keywords saline lake; potash; deep brine with rich potassium; Qaidam Basin

(责任编辑 韩星明)