

# 我国盐湖钾盐资源现状及提钾工艺技术进展

乜 贞<sup>1,2)</sup>, 卜令忠<sup>1,2)</sup>, 刘建华<sup>1,2)</sup>, 王云生<sup>1,2)</sup>, 郑绵平<sup>1,2)</sup>

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环境重点开放实验室, 北京 100037

**摘 要:** 中国是一个农业大国, 钾肥缺口很大。中国又是一个多盐湖的国家, 盐湖中蕴藏着丰富的钾盐资源, 有望解决中国的缺钾问题。中国已经建立了青海察尔汗和新疆罗布泊两个钾肥生产基地, 但还是远远满足不了国内钾肥需求, 70%需要依赖进口。因此, 有必要继续加强钾盐开发研究, 建立新的钾肥生产基地。通过长期攻关, 我国氯化物型和硫酸盐型盐湖形成了比较成熟的提钾工艺路线, 但是, 碳酸盐型盐湖提钾研究刚刚起步。本文对青海察尔汗盐湖和新疆罗布泊盐湖两大中国钾肥生产基地的资源及生产工艺进行了分析研究, 其成功的开发经验可用来指导我国同类型其他盐湖钾资源的开发; 探讨了开发我国碳酸盐型盐湖钾盐的可行之路, 碳酸盐型盐湖通过技术创新, 可以在盐湖现场获得钾肥产品; 指出我国不同水化学类型的盐湖应采取不同的资源利用工艺路线。

**关键词:** 钾肥; 盐湖; 水化学类型; 工艺路线

中图分类号: P578.32; TQ443; TQ131.11 文献标志码: A 文章编号: 1006-3021(2010)06-869-06

## Status of Potash Resources in Salt Lakes and Progress in Potash Technologies in China

NIE Zhen<sup>1,2)</sup>, BU Ling-zhong<sup>1,2)</sup>, LIU Jian-hua<sup>1,2)</sup>, WANG Yun-sheng<sup>1,2)</sup>, ZHENG Mian-ping<sup>1,2)</sup>

1) Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

2) Key Laboratory of Saline Lake Resources and Environment, Ministry of Land and Resources, Beijing 100037

**Abstract:** China is a large agricultural country, and there exists a big gap in the utilization of potash fertilizers; nevertheless, China is also a country with numerous salt lakes. Potash resources in salt lakes constitute hopeful conditions for solving China's shortage of potash fertilizers. Two production bases of potash fertilizers, Qarhan in Qinghai Province and Lop Nur in Xinjiang, have already been established in China, which, however, fail to meet China's great demand for potash resources. As a result, 70% of the potash consumption remains dependent on import. Therefore, researches on the development of potash products and the establishment of new potash production bases should be further strengthened. Processing technologies of potash from salt lakes of chloride and sulfate subtypes have been developed on the basis of long-term researches and tests. However, potash recovery from salt lakes of the carbonate subtype has just begun. This paper presents the study and analysis of the resources situation and processing procedures for Qarhan and Lop Nur. The experience gained in their successful exploitation can serve as guidance for the exploitation of other salt lakes of the same subtype. A discussion on the possible way of exploiting salt lakes of the carbonate subtype is also made, which demonstrates that potash products from salt lakes of carbonate subtype can be obtained in situ through technological innovation. It is indicated that different technological processes should be employed in the exploitation of different subtypes of salt lakes.

**Key words:** potassium fertilizers; salt lake; chemical types of salt lakes; technological process

本文由中国地质科学院矿产资源研究所基金项目(编号: K1016)、中国地质科学院重点开放实验室专项资金项目(编号: C0903)和中国地质调查局国土资源大调查项目(编号: 1212010011809)联合资助。

收稿日期: 2010-09-20; 改回日期: 2010-09-27。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 乜贞, 男, 1972年生。高级工程师。主要从事盐湖资源综合利用研究。通信地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街26号。电话: 010-68992231。E-mail: niezhen518@163.com。

钾盐是重要的化工原料之一,在工业上有着广泛的用途,但是对农业生产的作用更加重要。中国是一个拥有 13 亿人口的农业大国,土地严重缺钾,对钾肥的需求量很大。目前中国年需钾肥约 1000 万吨(折合氯化钾计),预计到 2020 年钾肥年需求量将达到 1820 万吨,而目前中国钾肥生产量只有约 300 万吨,存在一个很大的缺口,需要花费高额外汇从国外大量进口(宋彭生,2000;郑绵平等,2006)。

我国又是一个多盐湖的国家,全国多数省区均有古代或现代盐湖分布。现代第四纪盐湖主要分布在我国西北青海、西藏、新疆和内蒙四省区,大小盐湖有一千五百多个(郑喜玉等,2002)。盐湖是高度矿化的液体、固体或固液共存的矿产资源,其中贮藏着大量发展国民经济所必需的天然盐矿物质,包括对国家有深远意义的钾盐。

中国已经建立了青海察尔汗以生产氯化钾为主的基地和新疆罗布泊硫酸钾生产基地,现年产钾肥能力达到 300 多万吨,但远远满足不了国内钾肥需求。因此,有必要加大钾盐开发研究投资,提高钾肥产能,建立新的钾盐生产基地。国内对钾盐开发研究主要集中在氯化物型和硫酸盐型盐湖,而且已经形成了比较成熟的工艺路线,但对碳酸盐型盐湖的钾盐开发研究才刚刚开始。本文拟对青海察尔汗盐湖和新疆罗布泊盐湖两大中国钾肥生产基地的资源及生产工艺进行分析研究,并探讨开发我国碳酸盐型盐湖钾盐的可行之路,以期对国内钾盐资源的开发提供工艺技术借鉴。

## 1 我国盐湖钾盐资源状况

目前,我国已探明的钾盐资源量约 10 亿吨(以 KCl 计,下同),全部为陆相盐湖钾盐,主要分布在青海柴达木盆地和新疆罗布泊等现代盐湖中。其中,柴达木盆地钾盐主要分布于以察尔汗盐湖为主的 11 个现代盐湖中,总地质储量为 7.06 亿吨(郑绵平等,2006)。新疆罗布泊罗北凹地盐湖,初步圈定 KCl 地质储量为 2.5 亿吨(王弼力等,2001)。并查明西藏现代盐湖 KCl 总地质储量和资源量为 0.47 亿吨。另外,在云南勐野井、湖北潜江和内蒙盐湖还有少量钾盐资源。

### 1.1 青海察尔汗盐湖

察尔汗盐湖位于柴达木盆地中部,距离格尔木市 60 km,东西长 168 km,南北宽 20~40 km,总面积 5856 km<sup>2</sup>,湖区自东向西由霍布逊、察尔汗、达布逊和别勒滩四个区段组成,统称察尔汗盐湖。盐

湖区地形平坦,海拔为 2678~2680 m,属于典型的大陆干旱气候,年降雨量约为 24.5 mm,年蒸发量达 3549 mm(曹文虎等,2004)。

察尔汗盐湖是一个以液体钾盐为主,固液体矿并存,并伴生有硼、锂、镁、溴等有用元素的综合型大型钾盐矿床。其中,固相钾盐表内储量为 0.22 亿吨,表外储量 2.74 亿吨;液相钾盐表内储量 1.49 亿吨,表外储量 0.95 亿吨,合计氯化钾总储量达 5.4 亿吨(李承宝等,2009)。察尔汗钾盐液体矿可分为湖水、晶间卤水和孔隙卤水三种,其中以晶间卤水为主。固相钾矿物主要为光卤石和钾石盐,还有杂卤石、软钾镁矾等。固体钾盐矿的特点是分布面积广,层数多,矿层薄,品位低。因此,在生产中,以开采晶间卤水为主。

### 1.2 新疆罗布泊盐湖

罗布泊盐湖位于新疆塔里木盆地东北部,行政区属巴音郭楞蒙古自治州若羌县,距离哈密市 300 km。盐湖南北长 115 km,东西宽 90 km,面积 10350 km<sup>2</sup>,盐湖区地形平坦,海拔 780 m,属于典型的大陆干旱气候,年降雨量约为 38.5 mm,年蒸发量达 4696.9 mm(曹文虎等,2004)。

罗布泊钾盐矿床是以液体钾盐矿为主,固液体矿并存的大型钾盐矿床,同时共生有液体石盐矿及镁盐矿,伴生有固体石盐、钙芒硝矿床,钾盐资源量以 KCl 计为 2.5 亿吨。其中,液体矿是以钾为主,并共生有钠、镁,伴生锂、硼等稀有元素的综合性矿产,富钾卤水主要以晶间卤水形式赋存于盐类矿物的晶间。固体钾盐矿主要以钾盐镁矾等形式出现,储量很少(王弼力等,2001)。目前,罗布泊盐湖的生产为开采富钾晶间卤水。

### 1.3 西藏钾盐湖

西藏是我国现代盐湖丰富发育的地区之一,共有盐湖 340 多个,其中已探明储量的主要钾盐盐湖矿床有 35 个,资源量 4700 万吨,有名的钾盐湖如扎布耶、朋彦错、鄂雅错盐湖等(郑喜玉等,2002)。西藏盐湖钾盐矿床的开发可作为国内钾盐短缺的有益补充,这些盐湖可考虑资源综合开发,以降低成本,提高效益。西藏还有独特的碳酸盐型钾盐湖,其中有代表性的有扎布耶盐湖、班戈湖盐湖等,这些盐湖的钾具有很好的工业开发前景(郑绵平等,1989;赵元芝等,2005)。

扎布耶盐湖位于西藏高原腹地,距离拉萨市 1050 km,湖面海拔 4422 m,盐湖面积 247 km<sup>2</sup>,年降水量 196.2 mm,年蒸发量 2269.1 mm,年均气温

表 1 中国主要钾盐湖卤水组成  
Table 1 Chemical composition of main potash salt lake brines in China

盐湖	化学组成(wt%)									资料来源
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Li <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
青海察尔汗	5.73	0.97	2.34	0.01		16.29	0.48			曹文虎等, 2004
新疆罗布泊	7.59	0.80	1.48		0.002	13.80	4.00			李浩等, 2008a
西藏扎布耶	10.01	3.16			0.081	12.06	2.98	3.41		郑绵平等, 2007

在-0.4 左右。扎布耶盐湖以其独特的碳酸盐型卤水组成而闻名于世, 盐湖卤水中钾、硼、锂含量很高, 而且其资源储量也很大, 已探明氯化钾储量 1618 万吨, 为中型钾盐矿床, 具有很好开发前景。扎布耶盐湖钾盐矿床是一个以钾、硼、锂等资源为主的固液相并存的综合性盐湖矿床。液体矿以锂为主, 并伴生有钾、硼、铯、溴等多种元素, 主要为地表卤水和晶间卤水。因扎布耶盐湖具有独特的水化学特征, 在固相矿物沉积中形成了一套富含锂、钾、硼的碱性矿物组合, 其中, 钾矿物主要为钾石盐和钾芒硝。

## 2 资源水化学特征及提钾工艺路线

### 2.1 青海察尔汗盐湖

察尔汗盐湖液体矿较复杂, 包括表面卤水、晶间卤水和孔隙卤水, 且卤水水化学类型从氯化物型到硫酸盐型, 但大部分属于氯化物型, 其卤水组成点在 K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>//Cl<sup>-</sup>-H<sub>2</sub>O 四元水盐体系 25 相图上位于 NaCl 相区中上部, 靠近光卤石 (KCl · MgCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O)相区, 卤水蒸发时的结晶顺序为:石盐(NaCl) 石盐+钾石盐(KCl) 石盐+光卤石 石盐+光卤石+水氯镁石。因此, 利用盐田相分离技术比较容易获得钾混盐。

察尔汗盐湖生产中用的卤水主要是晶间卤水, 卤水通过采卤沟和输卤渠运送到盐田晒池, 在晒池中分为两步晒制, 在钠盐池中蒸发并析出氯化钠, 晒至光卤石饱和, 然后进入调节池, 调节池的主要作用是控制进入结晶池的卤水组成。然后, 饱和卤水打入结晶池结晶光卤石, 尾卤由尾卤管排出, 光卤石进工厂加工。其工艺路线见图 1。

目前在察尔汗盐湖, 以光卤石矿为原料加工生产氯化钾有多种工艺技术, 包括反浮选-冷结晶法、冷分解-浮选法和兑卤法等, 代表察尔汗盐湖先进水平的工艺是反浮选-冷结晶法。从盐田结晶池来的光卤石矿在加工厂通过反浮选工艺得到低钠光卤石矿, 然后在常温下, 控速分解低钠光卤石, 得到较粗颗粒 KCl, 分离干燥包装, 就得到氯化钾产品。

### 2.2 新疆罗布泊盐湖

罗布泊盐湖的卤水水化学类型属于硫酸镁亚型, 其卤水组成点在 K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>//Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-H<sub>2</sub>O 五元水盐体系 25 相图(金作美, 1980)上位于白钠镁矾(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · Mg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 4H<sub>2</sub>O)相区, 靠近软钾镁矾(K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · Mg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 6H<sub>2</sub>O)相区, 罗布泊盐湖卤水的组成特征有利于直接从盐田获得软钾镁矾和钾盐镁矾(KCl · Mg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 3H<sub>2</sub>O)混盐来生产硫酸钾。卤水蒸发时的结晶顺序为: 石盐 石盐+白钠镁矾 石盐+白钠镁矾+软钾镁矾 石盐+软钾镁矾+泻利盐(Mg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O) 石盐+泻利盐+光卤石(陈永志等, 2001)。

从蒸发结晶路线可知, 钾盐析出区间较长, 致使混盐中钾含量偏低, 因此在罗布泊结晶工艺中采用了兑卤方法, 控制卤水成分点在软钾镁矾相区中间位置, 使钾分别以钾盐镁矾混盐和光卤石矿物集中析出。然后在加工厂, 将钾盐镁矾转化为软钾镁矾, 光卤石矿通过冷分解浮选工艺得到 KCl, 经过复分解反应, 直接生产出硫酸钾产品(李浩等, 2008a, b)。其工艺路线见图 2。

### 2.3 西藏扎布耶盐湖

国内对于从碳酸盐型盐湖卤水中提取钾盐研究比较少, 还没有形成成熟的开发工艺。目前开发钾

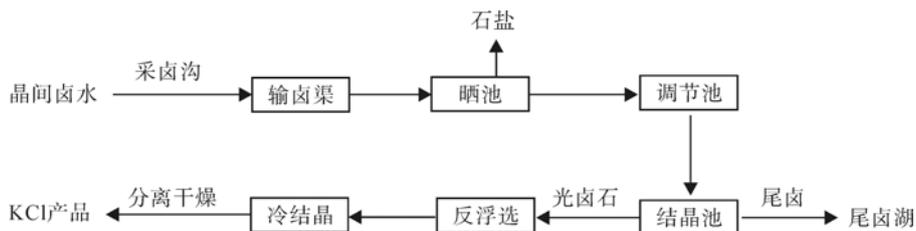


图 1 察尔汗盐湖钾肥生产工艺流程

Fig. 1 Flow chart for the production of potash fertilizers in the Qarhan Salt Lake

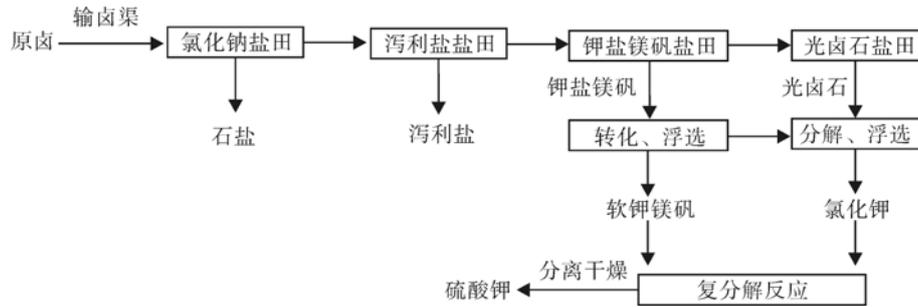


图2 罗布泊盐湖硫酸钾生产工艺流程

Fig. 2 Flow chart for the production of potassium sulfate in Lop Nur

表2 西藏扎布耶盐湖天然蒸发获得的钾混盐组成  
Table 2 Main composition of potash mixed salt during the evaporation of Zabuye Salt Lake brine

盐类矿物	天然碱	水碱	硼砂	芒硝	钾芒硝	石盐
组成(%)	16.35	9.57	8.02	16.14	15.34	33.72

盐的盐湖中只有美国的西尔斯盐湖为碳酸盐型盐湖,其卤水的加工主要分为两大部分,第一步是在盐田晒池中蒸发浓缩卤水,获得富钾卤水。第二步是在化工厂用碱石法加工浓缩后的盐田卤水,得到氯化钾产品。

扎布耶盐湖卤水水化学特性为碳酸盐型,夏季卤水在  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+//\text{Cl}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  五元水盐体系 25 介稳相图(房春晖等, 1991)中位于钾芒硝相区, 卤水 25 等温蒸发盐矿物析出顺序为石盐、钾芒硝、扎布耶石、钾石盐、水碱(杨建元等, 1996)。冬季卤水在五元介稳相图中位于钾石盐相区, 卤水在冬季自然蒸发过程中的析盐顺序为: 石盐、钾石盐、芒硝、泡碱、天然碱、硼砂(七贞等, 2001)。

扎布耶盐湖卤水在晒制过程中, 夏季析出钾芒硝路线长, 冬季析出钾石盐路线长。因此, 可以利用其钾盐析出特性, 分阶段制取钾盐。扎布耶盐湖虽然气候交通条件较差, 但当地具有丰富的太阳能资源和风能资源。如果能对其建立合适的开发工艺流程, 则能在盐湖现场不仅得到碳酸锂精矿产品, 还能制取钾肥和硼砂。

对西藏碳酸盐型盐湖卤水而言, 由于卤水不含镁, 析出的钾混盐主要成分忽略硼砂后, 属于  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+//\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  五元体系, 若硼砂含量很高不宜忽略时, 则成为  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+//\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  六元体系。表 2 给出西藏扎布耶盐湖卤水天然蒸发过程析出的钾混盐组成, 忽略硼砂后, 将其绘于  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+//\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  五元体系 25 介稳相图中, 如图 3。

从 25°C  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+//\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  五元体系

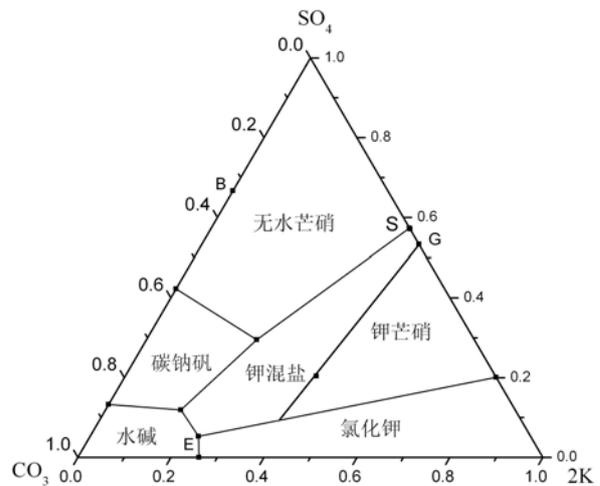


图3  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+//\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  五元体系 25°C 介稳相图中钾混盐组成点

Fig. 3 Composition of potash mixed salt in the metastable phase diagram of the quinary system of  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+//\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  (at 25°C)

介稳相图上可以看出: 钾混盐位于钾芒硝饱和区。这说明, 在 25°C 等温蒸发时, 在  $\text{NaCl}$  析出之后, 第二个饱和析出的固相将是钾芒硝, 第三个是  $\text{KCl}$ , 至 E 点时,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  也饱和析出。至此, 卤水提钾蒸发过程可以结束, 整个过程析出的固相可将其称为“二次混盐”, 它是由  $\text{NaCl}$ 、 $\text{KCl}$  和钾芒硝组成的。毫无疑问, 将其加工成无氯钾肥——硫酸钾, 从资源利用、工艺技术合理性以及经济效益各方面考虑, 都是唯一的最佳选择。其进一步加工涉及到  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+//\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  四元体系。

由氯化钾和硫酸钠(或天然芒硝)通过两段转化法生产硫酸钾, 就是按照上述四元体系不同温度相图制定最佳工艺条件的, 并且已为生产实践所验证。但是对于在野外盐湖现场条件下, 如何采用盐田工艺实现这样一个转化过程, 却是要求我们多做科研, 走创新之路。

### 3 讨论

中国盐湖资源丰富、类型齐全,国内关于盐湖钾资源开发已经积累了丰富的经验,但是不同水化学类型的盐湖应采取不同的资源利用工艺路线。通过国内有关科研生产单位长期攻关,氯化物型和硫酸盐型盐湖形成了比较成熟的提钾工艺路线,已经达到国际先进水平。但是,碳酸盐型盐湖提钾研究刚刚起步,还需做大量科研工作。

目前,我国有多个钾盐湖逐渐进入开发阶段,如果其水化学类型属于氯化物型或硫酸盐型,则完全可以借鉴青海察尔汗盐湖或新疆罗布泊盐湖成功的经验来指导盐湖钾资源的开发。对于碳酸盐型钾盐湖,应加强提钾技术研究,实现盐湖资源的综合利用。如扎布耶盐湖已建成年产能力7200吨的碳酸锂矿生产线(七贞等,2010),每年消耗盐湖卤水300多万立方,但是产品设计为单一碳酸锂精矿产品,每年浪费近20万吨的钾肥(以KCl计)。而且,在盐田制卤阶段,在制备富锂卤水的同时,也能够得到富钾卤水,可以合并缩短制卤工艺,并利用现有盐田晒池,节约基建投资,通过技术创新,在盐湖现场获得钾肥产品。因此,将提取钾肥工艺与现有制取碳酸锂工艺结合起来,形成一个扎布耶盐湖卤水综合开发利用工艺,既是对我国紧缺的钾肥资源的补充,又保护了资源和环境,提高了效益,是一举多得的好事。

致谢:中国科学院青海盐湖研究所宋彭生研究员对文稿提出了宝贵修改建议,在此致以衷心感谢!

#### 参考文献:

- 曹文虎,吴蝉. 2004. 卤水资源及其综合利用技术[M]. 北京:地质出版社: 82-189.
- 陈永志,王弼力,杨志琛,刘成林,焦鹏程. 2001. 罗布泊硫酸镁亚型卤水制取钾混盐工艺试验研究[J]. 地球学报, 22(5): 465-470.
- 房春晖,牛自得,刘子琴,陈敬清. 1991.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+/\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  五元体系 25 介稳相图的研究[J]. 化学学报, 49: 1062-1070.
- 金作美,肖显志,梁式梅. 1980.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{H}_2\text{O}$  五元体系 25 介稳相图研究[J]. 化学学报, 38(4): 313-321.
- 李承宝,张秀春. 2009. 青海察尔汗盐湖钾资源开发现状[J]. 现代矿业, 2: 16-19.
- 李浩,唐中凡,刘传福,雷光元. 2008b. 新疆罗布泊盐湖卤水资源综合开发研究[J]. 地球学报, 29(4): 517-524.
- 李浩,唐中凡,尹新斌,刘传福,雷光元. 2008a. 利用罗布泊盐湖卤水制取硫酸钾工艺试验研究[J]. 盐业与化工, 37(2): 9-12.
- 七贞,卜令忠,郑绵平. 2010. 中国盐湖钾资源的产业化现状—

- 以西台吉乃尔盐湖和扎布耶盐湖为例[J]. 地球学报, 31(1): 95-101.
- 七贞,郑绵平. 2001. 西藏扎布耶盐湖夏季卤水盐田晒制研究[J]. 地球学报, 22(3): 271-275.
- 宋彭生. 2000. 盐湖及相关资源开发利用进展(续一)[J]. 盐湖研究, 8(2): 33-58.
- 王弼力,刘成林,焦鹏程. 2001. 罗布泊盐湖钾盐资源[M]. 北京:地质出版社.
- 杨建元,张勇,程温莹,蒋秀川. 1996. 西藏扎布耶盐湖冬季卤水 25 等温蒸发研究[J]. 海湖盐与化工, 25(5): 21-24.
- 赵元艺,郑绵平,卜令忠,七贞,刘喜方. 2005. 西藏碳酸盐型盐湖卤水锂盐提取盐田工艺研究[J]. 海湖盐与化工, 34(2): 1-6.
- 郑绵平,邓月金,七贞,卜令忠,史世云. 2007. 西藏扎布耶盐湖冬季卤水 25 等温蒸发研究[J]. 地质学报, 81(12): 1742-1749.
- 郑绵平,齐文,张永生. 2006. 中国钾盐地质资源现状与找钾方向初步分析[J]. 地质通报, 25(11): 1239-1246.
- 郑绵平,向军,魏新俊,郑元. 1989. 青藏高原盐湖[M]. 北京:北京科学技术出版社: 192-256.
- 郑喜玉,张明刚,徐昶,李秉孝. 2002. 中国盐湖志[M]. 北京:科学出版社.

#### References:

- CAO Wen-hu, WU Chan. 2004. Brine resources and the technology of their comprehensive utilization[M]. Beijing: Geology Publisher, 82-189(in Chinese).
- CHEN Yong-zhi, WANG Mi-li, YANG Zhi-chen, LIU Cheng-lin, JIAO Peng-cheng. 2001. The Making of Potash-Bearing Salts Mixtures Through the Processing of Magnesium Sulfate Sub-type Brine in Lop Nur Saline Lake, Xinjiang[J]. Acta Geoscientica Sinica, 22(5): 465-470(in Chinese with English abstract).
- FANG Chun-hui, NIU Zi-de, LIU Zi-qin, CHEN Jing-qing. 1991. Studies on the Metastable Phase Diagram in the Quinary system of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+/\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{H}_2\text{O}$  at 25°C[J]. Acta Chemica Sinica, 49: 1062-1070(in Chinese with English abstract).
- JIN Zuo-mei, XIAO Xian-zhi, LIANG Shi-mei. 1980. Studies of the Metastable Equilibrium for Pentanary System of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{H}_2\text{O}$  at 25°C[J]. Acta Chemica Sinica, 38(4): 313-321(in Chinese with English abstract).
- LI Cheng-bao, ZHANG Xiu-chun. 2009. Status Quo of Development of Potassium Resource in Cha-er-han Salt Lake in Qinghai[J]. Morden Mining, 2: 16-19(in Chinese with English abstract).
- LI Hao, TANG Zhong-fan, YIN Xin-bin, LIU Chuan-fu, LEI Guang-yuan. 2008a. Experimental Study on the Process of Extracting Potassium Sulfate from Brine in the Lop Nur Salt Lake[J]. Journal of Salt and Chemical Industry, 37(2): 9-12(in Chinese with English abstract).
- LI Hao, TANG Zhong-fan, LIU Chuan-fu, LEI Guang-yuan. 2008b. Comprehensive Exploitation and Research of Brine Resources in the Lop Nur salt lake, Xinjing[J]. Acta Geoscientica Sinica,

- 29(4): 517-524(in Chinese with English abstract).
- NIE Zhen, BU Ling-zhong, ZHENG Mian-ping. 2010. Lithium Resources Industrialization of Salt Lakes in China: a Case Study of the Xitaijinaier Salt Lake and the Zabuye Salt Lake[J]. Acta Geoscientica Sinica, 31(1): 95-101(in Chinese with English abstract).
- NIE Zhen, ZHENG Mian-ping. 2001. A Study of the Brine Solarizing Behavior in Solar Ponds of Zabuye Salt Lake[J]. Acta Geoscientica Sinica, 22(3): 271-275(in Chinese with English abstract).
- SONG Peng-sheng. 2000. Comprehensive Utilization of Salt Lake and Related Resources (Continuation I)[J]. Journal of Salt Lake Research, 8(2): 33-58(in Chinese with English abstract).
- WANG Mi-li, LIU Cheng-ling, JIAO Peng-cheng. 2001. Potash resources on Lop Nur Salt Lake[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- YANG Jian-yuan, ZHANG Yong, CHENG Wen-ying, JIANG Xiu-chuan. 1996. 25°C Isothermal Evaporating Research in Winter Brine of Zabuye Salt Lake in Tibet[J]. Journal of Sea-Lake Salt and Chemical Industry, 25(5): 21-24(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Yuan-yi, ZHENG Mian-ping, BU Ling-zhong, NIE Zhen, LIU Xi-fang. 2005. Study on Salt Pan Technology of Lithium Salt Extracting from Carbonate-type Saline Lakes, Tibet[J]. Journal of Sea-Lake Salt and Chemical Industry, 34(2): 1-6(in Chinese with English abstract).
- ZHENG Mian-ping, DENG Yue-jin, NIE Zhen, BU Ling-zhong, SHI Shi-yun. 2007. 25°-Isothermal Evaporation of Autumn Brines from the Zabuye Salt Lake, Tibet, China[J]. Acta Geologica Sinica, 81(12): 1742-1749(in Chinese with English abstract).
- ZHENG Mian-ping, QI Wen, ZHANG Yong-sheng. 2006. Present Situation of Potash Resources and Direction of Potash Search in China[J]. Geological Bulletin of China, 25(11): 1239-1246(in Chinese with English abstract).
- ZHENG Mian-ping, XIANG Jun, WEI Xin-jun, ZHENG Yuan. 1989. Saline lakes of Tibet and Qinghai[M]. Beijing: Beijing Science and Technology Publisher: 192-256(in Chinese).
- ZHENG Xi-yu, ZHANG Ming-gang, XU Chang, LI Bing-xiao. 2002. Salt lakes of China[M]. Beijing: Beijing Science Publisher(in Chinese).

## 中国地质科学院组织 2011 年地质调查项目立项论证

2010年10月24日—10月30日,中国地质科学院组织来自国土资源部、中国科学院、教育部等不同部门的108位技术专家和36位财务专家,分大陆动力学、矿产、构造、重要地质事件、地层古生物、水工环、技术方法、亚洲地质、资源战略、资源潜力评价等13个小组,对院系统及有关单位承担的2011年地质调查计划项目与所属工作项目进行了立项论证,已经完成37个计划项目、239个新开工作项目的立项论证任务。目前正在对全国矿产资源潜力评价计划项目所属47个工作项目2011年续作进行评估论证。

根据《中国地质调查局关于做好2011年地质调查项目立项论证工作通知》(中地调[2010]289号)有关要求,中国地质科学院所属研究所(中心)2011年承担的计划项目由中国地质科学院组织论证、中国地质调查局科技外事部及有关部室协助论证。这是中国地质科学院停止7年之后再次组织地质调查项目立项论证工作,院领导高度重视,院党委会专题研究确定了2011年地质调查项目立项论证工作方案,成立了以院党委书记、副院长王小烈为组长的立项论证协调领导小组,同时成立了立项论证工作组。中国地质调查局副局长王研等部局领导出席了2011年地调项目立项论证预备会。王研副局长指出中国地质调查局2011年地质调查立项部署要支持中国地质科学院、支持院士专家立项,要求科学立项、准确立项、突出重点;各单位要力所能及、量力而行、保证预算执行力,加强项目管理、确保项目质量。中国地质调查局总工室严光生主任对2011年立项论证提出了具体要求。

中国地质科学院申报的2011年地质调查项目,覆盖了基础地质、矿产资源、环境地质、灾害地质和战略研究等领域,预期成果将直接为能源、矿产资源勘查和国土环境保护提供有力的科技支撑,是矿产资源保障工程的重要组成部分。论证会前,院属各研究所(中心)组织各承担单位按要求认真编写新开工作项目可行性报告,并按相关规范要求进行了初审。论证期间,上百名论证专家按照局、院论证要求,认真评估了各项项目的立项依据、目标任务、工作方法与技术路线、项目周期与工作部署、主要实物工作量、预期成果、承担单位能力与条件、项目预算及编制依据,重点论证了项目的可行性、可操作性及预算合理性,对各项目分别填写了立项论证报告,并对各计划项目所属工作项目进行了排序。论证结束后,院科技处及时汇总整理了专家论证意见,编写了立项论证工作总结报告;将在院长办公会议审议通过后,按期上报中国地质调查局。

本刊编辑部 采编