

中国盐湖钾盐 50 年回顾与展望

宣之强

(石油化工局化学矿产地质研究院, 河北, 涿州 072754)

摘要: 从中国盐湖钾盐 50 年回顾, 充分阐述了中国盐湖资源多、大、富、全等特点, 及科学家们取得的科技成果。针对中国盐湖钾盐综合利用和高值化开发, 提出了几点建议。

关键词: 盐湖; 钾盐; 回顾; 建议

中图分类号: TQ131.3-11 文献标识码: A 文章编号: 1008-858X(2000)01-0058-05

中国有千余个大小不等的盐湖, 主要分布于我国西南部的青藏高原, 北部的内蒙古高原及西北部内陆新疆地区。我国盐湖矿产资源丰富, 以富含锂、硼、铷、铯等稀有元素著称于世。此外, 我国钾的储量 98% 产于盐湖之中; 但我国又是个贫钾的国家, 缺少大型海相古代固体钾盐矿。因此, 盐湖钾盐的考察与开发既推动了中国盐湖资源的调查和研究, 也反映了 50 年来中国钾盐及钾肥工作的重点和方向。回顾中国盐湖钾盐 50 年, 展望 21 世纪中国盐湖及盐湖钾盐开发很有必要。

盐矿专家、学部委员袁见齐教授是中国最早从事盐湖地质考察的学者之一。1946 年袁先生在“西北盐矿概论”一文中, 已注意到青海茶卡盐糊母液中含有钾成分, 并指出中国找钾矿的意义。1949 年新中国成立以后, 中国盐湖考察及钾盐找矿受到老一辈科学家和新中国政府的重视。1956 年中国政府和科学家制定的“中国十二年国家重大科学技术长远规划”中, 明确了以找钾、硼为主要任务的盐湖科学考察。1957 年组成了以中国科学院化学所学部委员柳大纲研究员为队长, 北京地质学院袁见齐教授和中科院综合考察委员会领导韩沉石为副队长的“中国科学院盐湖科学调查队”。

值得表彰的是在 1955—1956 年, 青海省交通厅公路局在修筑敦格公路穿越柴达木盆地时, 发现了著名的察尔汗干盐滩。筑路工人挖抗取盐食用时, 发现有的地段盐苦辣不能食用。西北地质局 632 队化验含 K_2O 40%。为此, 1956 年化学工业部地质矿山局李悦言盐矿专家指示, 派技术员郑绵平随普查组到大柴旦、马海和察尔汗考察, 化验察尔汗盐湖含钾 1.1%, 指出找钾有希望。

1957 年中科院盐湖调查队奉命赴青海察尔汗。考察队员郑绵平和高仕扬在察尔汗卤坑中发现和鉴定了含钾光卤石矿物以及原生盐湖沉积光卤石钾盐层, 从此, 揭开了中国钾盐从无到有的历史。紧接着 1958 年秋天, 中国 20 多个民族的青年约五千人汇聚于人迹罕至的察尔汗盐滩上, 土法上马, 用原生光卤石矿生产出第一批 KCl 50% 的 953 吨钾肥, 填补了中国无

收稿日期: 1999-09-16

作者简介: 宣之强, 男, 60 岁, 高级工程师, 已退休。

钾肥的空白。此时,距 1860 年世界最早开采钾盐的德国迟后一百年。

1961 年袁见齐先生先后发表了“中国内陆盐湖钾盐沉积的若干问题”、“略谈我国钾肥资源的找矿方向和找矿方法”等文章,袁先生从中国发现陆相盐湖钾矿实际出发,结合世界成钾规律,谈到泻湖相钾盐矿床,陆相钾盐矿床的找矿方向及可能,指出找钾应该海陆并举,不宜全部排斥陆相成钾的可能性等等。

同时期,中国科学院兰州地质所盐湖地球化学开拓者张彭熹先生在五十年代末期,首次编制了柴达木盆地 1:500000 的盐湖水化学图,预测柴达木盆地钾、镁、硼、锂等盐湖资源的分布和远景,指出了盆地内钾盐的找矿方向。并与海西地质队一起考察了察尔汗、台吉乃尔湖、一里坪等钾、镁、硼、锂盐湖矿床,发现了察尔汗西部也含有原生光卤石沉积等等。1965 年,张彭熹领导的盐湖地球化学研究室从兰州迁至西宁,成立了中国科学院青海盐湖研究所。

1965 年张彭熹及其课题组成员进行的“达布逊湖现代沉积光卤石的形式及其再生”研究课题应用了沟槽法再生光卤石获得成功,比美国大盐湖半隔离沟渠盐田生产光卤石矿资料早十年。

1965—1976 年张彭熹及其同事完成了柴达木盆地众多盐湖考察,除重点的察尔汗及达布逊外,还有大小柴旦湖、大小别勒湖、涩聂湖、尕斯库勒湖、苏干湖、昆特依和马海等盐湖,同时鉴定了大浪滩钾盐矿岩芯。张彭熹研究员及其同事进行的早期盐湖地质考察,为我国钾肥生产基地建设及未来盐湖硼、锂盐化工大型企业的建设,提供了详细资料和科学依据。

从 1958 年到 1978 年由地矿部勘探查明钾矿产地仅有几处, KCl 储量不足 $2 \times 10^8 t$ 且主要属盐湖钾矿。此时,世界各国找到众多大型海相为主的钾盐矿产,国外找钾研究和勘探减退。和国外相比中国钾资源仍严重缺乏,中国钾肥工业终因资源缺乏和生产工艺落后等原因,1978 年钾肥产量才达 25000t 左右,远不能满足农业增产和土地逐年贫钾的需求。1970 年中国开始进口钾盐和钾肥。此时全国各地,尤其南方各省开展了窑灰钾肥的生产和农田试用。

为了提高钾肥的自给率,国家计委于 1975 年决定开发青海察尔汗盐湖,建议一期工程年产钾肥 $20 \times 10^4 t$,二期为 $80 \times 10^4 t$ 。表明中国政府及工程科学等专家对开发和生产钾肥的重视。

1978 年全国科学技术大会召开,迎来科学的春天,中国钾盐工作有了长足发展。

1980 年袁见齐先生发表“钾盐矿床成矿理论研究的若干问题”^[1],首次提出“高山深盆”陆相成盐成钾模式概念,到 1983 年完善了该理论,发表了著名的“高山深盆的成盐环境——一种新的成盐模式剖析”^[2],充实了陆相成盐成钾学说。

1984 年在青海西宁召开全国盐类沉积学术会议。这是一次全国找钾工作的检阅和动员会议。为了迅速改变中国严重缺钾状况,“七五”计划地矿部在柴达木盆地西部和北部开展了第三系和第四系第二轮钾盐普查,基本查明盆地钾资源及成因,普查昆特依、马海及大浪滩等大中型盐湖钾矿床,求得 D 级 KCl 储量约 $2 \times 10^8 t$ 左右,实现中国钾矿储量翻一番目标。

中国盐湖及盐湖钾盐综合考察和理论研究在中科院盐湖所张彭熹领导下取得了丰硕成果。张彭熹先生 1996 年荣幸当选中国科学院院士。张彭熹院士突出成就为:多次组织领导和参加全国盐湖资源地质考察,证实青海柴达木盆地蕴藏大量盐湖钾资源,总结出中国盐湖具有多、大、富、全等特色。代表著作有《柴达木盆地盐湖》^[3]、《西藏盐湖》^[4]。建立了现代盐湖成盐成钾演化实验研究室,完善大陆成钾的理论体系。组建了 ^{14}C 断代以及盐类矿物铀系, ^{36}Cl 测年,开拓了盐湖年代学研究。建立了微量生物碳酸盐稳定同位素分析,引进了低温地球化学模型测定包裹体流质化学成分等方法,开拓了盐和卤水稳定同位素地球化学研究新领域,带动了盐湖沉积学、卤水水

化学和盐类矿物学的发展 由于系统和深入的研究,解决了百余年来钾盐矿成因理论界对形成缺失 MgSO_4 盐的“异常”钾盐蒸发岩成因争论问题,认为柴达木盆地众多盐湖不是残留湖,而是冰后期在更新世干盐湖基础上发育的新生溶蚀湖,指出察尔汗盐湖是由一份深断上升 CaCl_2 型水和 40 份河水配比混合演化形成的缺失 MgSO_4 盐的“异常”钾盐蒸发岩 其成果完善了现代盐湖钾盐形成模式,发展了大陆成钾理论,已引起美国、俄国和日本等学者关注和广为引用。代表著作有《古代异常钾盐蒸发岩的成因》^[5]及《青海湖近代环境的演化和预测》等 重视盐湖资源综合开发利用的科研组织领导,在承担国家“七五”重点科技攻关项目“青海盐湖提钾和综合利用”开发研究中,组织全所科研员工出色完成任务,取得十一项具有国际先进水平的成果,为中国钾肥生产和 21 世纪盐湖资源综合开发做出了贡献 重要著作有《中国盐湖自然资源及其开发利用》和《青藏高原盐湖资源环境系统的开发研究》,其中子项目“察尔汗盐湖首采区卤水动态变化规律及自动观测系统”荣获中科院科技进步一等奖,国家科学技术进步三等奖^[6] 90 年代科学出版社还出版了盐湖所科学家著《内蒙古盐湖》^[7]、《中国盐湖粘土矿物研究》^[8]、及《新疆盐湖》^[9]等

中国盐湖钾研究与开发和我国化学界有不解之缘 新当选的中科院院士高世扬于 50 年代就参加无机化学家和物理化学家柳大纲领导的中科院盐湖调查队和“柴达木盆地盐湖勘探和开发利用”中苏合作项目,取得发现光卤石和柱硼镁石成绩 高世扬先生提出成盐元素命题,把盐湖化学研究从化学角度定位于资源无机化学领域,为盐湖资源开发奠定了理论依据 高先生重视野外观测实验及室内实验方法和规律研究,特别在盐卤硼酸盐化学系列研究中探明了盐卤在蒸发和冷冻盐析过程中硼酸盐的行为,测定了硼酸镁在浓盐卤中动态极限溶解度,确定了高含硼浓缩盐卤中析出共结硼酸盐的相组成,确定了一种新的复盐—氯柱硼镁石,解决了苏联学者未能搞清的难题,提出盐卤中硼酸盐足以“四硼酸盐”的综合统计形式存在 高先生根据高原盐湖盐类共生和气候冷暖变化特点,把物理化学与地球化学相结合,依据地表卤水浓缩和稀释的年变化规律,提出高原盐湖多种硼酸镁水合盐稀释成盐的解释,从而初步阐述正负温度效应与正负浓度效应成盐的物理化学成盐机制 上述成就被国内同行认同和广为引用,也引起国外学者的关注 高世扬先生及其同事继承和发展了中国盐湖化学,已发表学术论文 103 篇,编辑出版《盐湖化学论文集》两册

高世扬先生还特别重视盐湖资源开发应用,在吸收国内外制盐技术和经验中,解决了在高原冻土地带建造盐渍土质太阳池,其 1965 年完成并上报登记的“大柴旦盐湖卤水日晒工艺”科技成果,在“七五”国家重大科技项目“大柴旦湖水硼酸、氯化锂中试”中得到采用,经过两年工业试运行,产品质量、产量、成本达到设计要求 此外,还完成年产 230t 硼酸、50t 氯化锂中试;完成从高含锂的氯化镁老卤中盐析水氯镁石达到分离锂盐的工艺,完成从 TBP 萃取氯化锂反萃取液分离硫酸锂盐的新工艺 近来,还注意盐湖产品高值化,如将硼酸同明矾高温反应,制备硼酸铝晶须高值新材料,在牙医疗和金属表面电沉积应用研究中使用等。

高世扬先生和他领导的研究组已成为我国无机化学界中有成就和特色的一支科研队伍 他负责完成的“大柴旦盐湖调查,盐卤硼酸盐化学和综合利用基础研究”荣获中科院自然科学一等奖和国家自然科学二等奖

地矿部地质科学院矿床所对中国盐湖钾盐也有很大贡献 中国工程院院士郑绵平先生 1957 年也参加了中科院盐湖考察队,发现和鉴定了察尔汗卤坑中光卤石钾矿物 郑先生长期开展西藏和青海盐湖资源的考察,基本查明青藏高原盐湖富含 K 、 Li 、 B 、 Rb 、 Cs 等盐矿资源和嗜盐菌藻生

物资源,发现西藏含锂新矿物扎布耶石,阐述了青藏高原隆生与盐湖形成关系,取得高原盐湖研究众多成果,并于 1994 年在中国北京成功地主持举办了“第六届国际盐湖学术讨论会”,会议除检阅了世界各国盐湖资源科学考察成果,还特别注意调查研究盐湖地层中保存环境与全球变化信息,讨论了人类共同关心的地球近代气象变化,形成盐湖研究的新热点。郑绵平先生重要著作有《青藏高原盐湖》(1989)及《盐湖资源,环境与全球变化》论文集(1996)等。

1995 年 10 月地科院矿床所王弭力研究员领导的“罗布泊远景区成钾”专题组,在“罗北凹地”发现卤水钾矿。这是科学家预见的结果。

早在“七五”和“八五”期间,第二轮柴达木盆地找钾普查和深入研究后,地矿部朱允铸、吴必豪、王弭力等从新构造运动分析柴达木和塔里木盆地是否连通,认为在第四纪新构造造山运动中,原本连通的两大盆地,后来才被如今的阿尔金山脉阻挡分隔开。证实柴达木盆地有丰富的钾资源,因此在晚近的造山运动后,塔里木盆地也应有相当的钾资源存在。尔后,蔡克勒等在罗布泊北部吐哈盆地中发现硝酸钾盐矿……,地矿部、二机部、化工部、中科院盐湖所和新疆地质局都关注了塔里木罗布泊及周边蕴藏丰富固液钾盐矿。罗布泊多次被科学家探险造访,郑绵平先生曾到达罗布泊中心,但未找到钾矿。而多数钾盐工作者预测了罗布泊钾矿的存在。

从 1995—1999 年,由中国地质科学院矿床所牵头,新疆地矿局第三地质大队及地矿部遥感中心参加的“九五”国家项目课题组,冒着“死亡之海”恶劣的气候条件,在简陋的装备下,靠着为国为民找到大钾矿的决心,甘愿受苦,凭着聪明才智克服了重重困难,终于发现了大型卤水钾矿。按已控制面积、矿层厚度和平均品位计算,罗北凹地钾矿床已揭示的卤水 KCl 地质储量超过了 $2.5 \times 10^8 t$, 达到大或特大型规模。此项探测,扬智琛和刘成林等做了大量工作。目前仅发现潜卤水型和深部承压卤水型液态钾矿,尚未发现有价值的固体钾盐。

罗布泊找钾成功,标志中国盐湖成钾理论的完善和成功

通过对中国新老盐湖钾盐专家主要事迹回顾,了解了中国盐湖钾盐 50 年历史概况。中国盐湖钾盐从无到有,现有 K_2O 资源量约 $5 \times 10^8 t$, 形成 KCl 钾肥生产能力 $50 \times 10^4 t$ 。

我国青海察尔汗钾肥一期工程已于 1990 年达标完成。青钾二期工程 1994 年完成可行性研究报告。1998 年中国、以色列就青海钾肥有限公司合资合同在北京签字。这是一项跨世纪工程,对改善我国 NPK 化肥比例失调,带动中国西部经济发展将起到促进作用。

1997 年中国钾肥产量约 $30 \times 10^4 t$, 与钾肥年消费量约 $500 \times 10^4 t$ 差距甚大。我国钾盐资源自给率 5.9%。1998 年世界钾盐 K_2O 储量为 $84 \times 10^8 t$, 1997 年钾盐 K_2O 产量达 $235 \times 10^4 t$ 。若按世界各国钾盐需求,动态可保证年限高达 120 年。

21 世纪中国钾盐和钾肥如何发展? 笔者认为,中国钾盐资源严重不足仍是主要问题,还应重视各地探盐找钾研究和普查勘探工作。但是,对已探明的中国盐湖钾盐资源,今后 20 年内不是资源不足或不明问题,而是如何综合利用问题。这将是 21 世纪中国盐湖钾盐资源可持续发展的方向和任务,值得讨论。

中国盐湖钾矿探明资源 99% 以上分布在青海柴达木盆地的察尔汗、大浪滩、一里坪、东西台吉乃尔湖及大小柴旦、马海等矿区。柴达木盆地盐湖资源以初级产品计算的潜在价值预计为 17 万亿元。钾、镁、硼、锂、芒硝等资源共生异常丰富,在发展盐湖钾肥工业的同时,应当极大重视资源的综合利用。如青钾二期工程仅锂、硼两种回收 60%, 计可创产值 15 亿元,年效益 7.24 亿元,高于钾肥主产品三倍,做到既降低综合生产成本,增强产品市场竞争力,又有利于生态环境保

护。此外,青海有丰富的电力资源,柴达木盆地又有充足的天然气和石油等资源,都是开发盐湖资源,与世界争雄天下的得天独厚条件。

如何实现中国盐湖资源的可持续开发和发展?在中国盐湖钾盐 50 年回顾中已充分阐述了中国盐湖资源的多大富全等特点,以及科学家取得的地质、物理化学、盐化工等科研或中小试科技成果。为此,借鉴国际盐湖开发先进经验和技術,结合中国实际,中国盐湖钾盐已具备了向综合利用和高值开发方向发展的物质和技术条件。只要规划设计和组织协调得当,在当前改革开放政策指导下,一个崭新、高效、高产值的盐化工综合利用企业或基地将屹立中国西部柴达木盆地中。以下几点建议已得到大多数有识之士认同:

1. 在柴达木盆地察尔汗钾矿区,邻近盐湖建立一个盐湖可持续开发示范基地,主要研究锂、钾、镁、硼等资源的综合开发和生产研究,做好技术经济效益分析。
2. 以中科院青海盐湖研究所为主,建立中国盐湖资源可持续开发工程中心,研究中国盐湖资源开发中急需解决的钾盐高值开发,锂盐提取和其他共生资源综合利用和高值开发等的重大问题。“中心”以开放、联合和学科交叉的方式进行全面系统的研究等等。
3. 由中科院青海盐湖研究所重点提出的中国盐湖资源创新科学和技术等研究课题,向社会公开招贤纳士,揭榜研究。
4. 重视和邀请国土资源部、石油化工局等系统研究力量,参与中国盐湖资源综合开发和研究。
5. 以政府资助和现代融资等方法筹资,滚动式开发。

中国盐湖钾盐经历不平凡艰辛努力 50 年,展望 21 世纪,前程似锦

参 考 文 献

- 1 袁见齐. 钾盐矿床成矿理论研究的若干问题 [J]. 地质论评. 1980, 26(1).
- 2 袁见齐. 高山深盆的成盐环境——一种新的成盐模式剖析 [J]. 地质论评. 1983, 26(2).
- 3 张彭熹等. 柴达木盆地盐湖 [M]. 北京: 科学出版社. 1987.
- 4 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏盐湖 [M]. 北京: 科学出版社. 1988.
- 5 张彭熹, 张保珍, T. K. 洛洛斯基等. 古代异常钾盐蒸发岩的成因——以柴达木盆地察尔汗盐湖钾盐的形成为例 [M]. 北京: 科学出版社. 1993.
- 6 张彭熹院士简介 [J]. 盐湖研究. 1997, 5(3-4): 120.
- 7 郑喜玉等. 内蒙古盐湖 [M]. 北京: 科学出版社. 1992.
- 8 徐昶. 中国盐湖粘土矿物研究 [M]. 北京: 科学出版社. 1993.
- 9 郑喜玉等. 新疆盐湖 [M]. 北京: 科学出版社. 1995.

(下转 71 页)

33 洪军,郑洪飞.太阳池温度的浓度分布的计算机拟合 [J].广西大学学报. 1993, 18(3)

The Development of the Study About the Process of Brine Evaporation

ZHANG Jun

(*Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008*)

Abstract Based on the basic information and the industrial development of the salt lakes in the world, the paper introduces the development of the theoretical and application study about the process of brine evaporation, then on the point of the chemical engineer, the paper gives some questions of brine evaporation process, these questions have controlled the development the how application and utilities complexly through saline resource, it will make the development advanced if the research of chemical engineering and reality production process are combined originally to do some research.

Keywords Research, Evaporation process, Saline brine.

(上接 62页)

Review for the 50- years History of the Chinese Potassium Salts and the Prospects

XU AN Zhiqiang

(*MCL Geological Institute for Chemical Minerals, Zhuozhou 072754*)

Abstract In the review of the 50- years history of Chinese potassium salts, the paper made an adequate description of Chinese salt lake resources with the features of abundance, richness and variousness etc., and a summarization of the achievements made by scientists as well. Some advice was also offered for the comprehensive utilization and optimum exploitation of potassium resources.

Keywords Salt lake, Potassium salt, Review, Advice.