

·特 稿·

中国钾盐地质资源现状与找钾方向初步分析

郑绵平, 齐 文, 张永生

ZHENG Mian-ping, QI Wen, ZHANG Yong-sheng

中国地质科学院盐湖与热水资源研究发展中心;中国地质科学院矿产资源研究所;

中国地质科学院盐湖资源与环境重点开放研究实验室,北京 100037

R & D Center for Saline Lake and Epithermal Deposit, Chinese Academy of Geological Sciences; Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences; Open Laboratory of Saline Lake Resources and Environment, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

摘要: 分析了我国钾资源供需形势、有利成盐找钾时代、主要的有利成钾盆地等,回顾了我国找钾工作的历史,指出我国西部仍有找钾前景,尤其是中、上侏罗统一白垩系和新生界,其次是上震旦统一寒武系、石炭系、奥陶系和三叠系,同时,还应继续开展现代盐湖和地下卤水找钾和综合评价,主要找钾地区为塔里木盆地、滇西—羌塘盆地、柴达木盆地和上扬子盆地。鉴于我国特定的成盐构造地质条件和钾盐成矿、保存特点,以及国外预测找钾的经验,在我国找钾要有做长期深入勘查研究的思想准备和采取切实有效的措施,建议对找钾工作加大投入,加强找钾预测的地质基础研究,建立专业队伍和落实油钾兼探的方针。

关键词: 钾盐;资源现状;成盐时代;找钾方向中图分类号:P619.21^{*1}

文献标识码:A

文章编号:1671-2552(2006)11-1239-08

Zheng M P, Qi W, Zhang Y S. Present situation of potash resources and direction of potash search in China. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(11):1239-1246

Abstract: This paper analyzes the situation of supply and demand of potash resources, favorable salt- and potash-forming epochs and main favorable potash-forming basins in China and reviews the history of potash search work of China. It points out that there are still potash prospects in western China, especially in the Mid-Late Jurassic-Cretaceous and Cenozoic and secondarily in the late Sinian-Cambrian, Carboniferous, Ordovician and Triassic, and in addition, it also indicates that we should continue to look for potash in modern salt lakes and underground brine and conduct a comprehensive evaluation of them. The main areas of potash search are the Tarim, western Yunnan-Qiangtang, Qaidam and Upper Yangtze basins. According to China's particular salt-forming tectonic conditions and characteristics of potash formation and preservation, combined with the experience in potash prognosis and exploration in foreign countries, we should prepare for long-term, persistent and deep-going exploration and study of potash in China. It is suggested that the country should make more investment in potash search, strengthen the basic geological study of potash prognosis, establish a professional contingent of potash search and implement simultaneous exploration of oil and potash.

Key words: potash; present situation of resources; salt-forming epoch; direction for potash search

钾肥是农业三大肥料之一,我国是一个拥有13亿人口的农业大国,钾肥的短缺制约了农业的发展。目前我国年需钾肥约 800×10^4 t(折合KCl计,下同),预计到2020年钾肥年需求

将在 1820×10^4 t左右,而我国最近的钾肥生产量约 200×10^4 t(2003年年产氯化钾 260×10^4 t)。钾肥缺口较大,导致农肥氮磷钾比例失调,全国缺钾耕地达 3.4×10^8 亩。近年来我国已成为

收稿日期:2006-09-14;修订日期:2006-09-30

地调项目:中国地质调查局项目(1212010633809、1212010511901)及国家自然科学基金重点项目(40531002、49833010)资助。

作者简介:郑绵平(1934-)男,研究员,中国工程院院士,从事盐湖学与矿床学研究。E-mail:zmp@pubic.bta.net.cn

世界上最大的钾肥进口国,2003年进口钾肥 656×10^4 t(2002年为 691×10^4 t,均折合为KCl),总计花费外汇 7.9×10^8 美元(2002年为 8.4×10^8 美元)。国内钾肥市场价格受国际市场控制,并呈现逐年增长的趋势。世界最大的钾肥生产国是加拿大,其次是俄罗斯、白俄罗斯、德国,再次是以色列和约旦。主要出口国有加拿大(占44%),前苏联(占25%),其次为西欧(主要是德国)占19%、以色列和约旦占12%。

中国从国家战略层次考虑,提出建立由国内钾肥生产基地、国际钾肥市场和中国在境外的钾肥生产基地三大支柱构成的钾肥资源稳定供给体系,增加国家对钾肥市场的调控能力,以保证农业持续稳定地发展。目前老挝万象钾盐开发项目已经全面启动,以建设年产 100×10^4 t或更大规模的氯化钾企业为目标。国内钾肥生产基地也在增加生产能力,2003年钾肥主要生产企业11家,钾肥生产能力 260×10^4 t/a。但这些仍不能跟上需求量的增加速度,需要寻找更多的钾矿资源。为此,必须加强在中国古今盐盆地找钾的研究与勘查,重点要开展海相盐盆地找钾和油钾兼探,并兼顾陆相盐湖和地下卤水。中国对钾的需求量大,只有在中国海相地层中找钾取得重大突破,才可从根本上解决中国钾盐自给的问题。长期以来,在中国海相地层中找钾未能取得实质性的进展,成了找钾的“硬骨头”^①。现在对在中国找钾普遍信心不高,虽然钾盐被列为国家急缺的重点矿种,但安排国内找钾的具体科研和勘查项目的力度还较小,为提供做进一步考虑的基础,本文对中国找钾条件与方向做一初步分析。

1 中国钾盐地质资源现状

自然界中的钾资源可分为固体钾资源(包括可溶性的固体钾盐、不可溶性的含钾岩石)和液体钾资源(包括地下卤水和第四纪盐湖卤水)。世界上钾资源主要存在于古代蒸发盐矿床中。中国已发现的古代固体钾盐矿床主要为云南勐野井古新世钾盐矿,氯化钾地质储量 1402×10^4 t。中国已探明的钾盐储量主要分布在青海柴达木盆地的11个现代盐湖中,其氯化钾总地质储量为 7.06×10^8 t,为全国已探明氯化钾地质储量的65%^②;其次是新疆罗布泊罗北凹地盐湖,初步圈定氯化钾地质储量 2.5×10^8 t^③;再次是西藏35个特种(钾锂硼)盐湖,氯化钾总地质储量和资源量为 0.47×10^8 t,其中一个储量 1618×10^4 t(扎布耶盐湖)^④,其余多为小型。但绝大多数卤水含钾较高,并富含Li、B等组分。此外,内蒙古已发现钾盐湖11个,规模很小,总计资源量 257×10^4 t。以上初步统计的全国氯化钾地质储量为 9.9×10^8 t,折合氯化钾为 6.25×10^8 t。此外,湖北潜江始新统上部有薄层无水钾镁矾和钾芒硝(0.26~1.32 m),资源

量近 2000×10^4 t,但埋深达3000~4000 m。与国外钾盐地质储量相比(K_2O 1444.7×10^8 t),仅为其0.47%。对于中国这样13亿人口的农业大国来说,这点钾资源实在太少。

2 中国成钾条件综述

钾盐矿床是干旱气候蒸发条件下形成的,这已被大量实际资料所证明,是国内外广大地质工作者广为应用的基本观点,也是本文讨论成钾条件的基础^[1-15]。由于地球的海水数量巨大、含钾量丰富并且稳定,业已发现的海相钾盐矿床规模巨大且质量优良。在特定条件下,大陆水形成的陆相盐沉积也可形成钾盐矿床,如中国察尔汗、死海现代盐湖钾矿床,与海相比,其规模要小得多,而且主要为液相钾矿床,其固相含钾品位则较低。无论海相还是陆相,钾盐均是在海水或湖水蒸发到末期才能大量沉积。以海水蒸发为例:在海水蒸发至12%~13%盐度时开始沉积石膏,当海水蒸发至27.5%后开始大量沉积石盐,最后在海水蒸发到33%以后才沉积高溶解度的钾盐^[10],亦即相当于形成盐系的原始海水体积的1%~1.5%才富集饱和钾盐的卤水^[9]。因此,通常钾盐矿床沉积于厚层岩盐之上,钾盐沉积的体积只有石盐体积的十分之几至几十分之一。在有利的构造条件下(大陆被动边缘、地堑带、裂谷—堑沟、克拉通内的台地拗陷等),在其盐盆地的局部洼地中大量富集成钾,只有在少数情况下,主要由于构造原因,钾盐层沉积于石盐泥砾(如云南勐野井)中或含钾卤水赋于钙芒硝和石盐晶间的卤水中(如罗布泊)。

基于上述认识,本文将石盐与卤水沉积作为找钾的前提标志。中国是一个石盐和卤水矿产丰富的国家,初步统计有16个省区发现固体石盐矿床或矿点共179个,盐湖近1000个,卤水矿产地20个以上,但是海相盐盆地主要分布在中国西部。兹分述如下。

2.1 成盐时代

从地质时代看,从震旦纪迄今,中国在大多数地质时代都有石盐或卤水聚集^[16]。由震旦纪(灯影期)、早中寒武世、早奥陶世、早中石炭世、三叠纪、侏罗纪、白垩纪、古近纪、新近纪到第四纪均有石盐沉积,其中还有一些含盐层位赋有含钾卤水(图1)。

以上诸含盐层属于海相或海陆交互成因的有震旦系灯影组、下一中寒武统、下奥陶统、下一中石炭统(三分)、下二叠统(卤水)、三叠系、上侏罗统、白垩系、古近系和新近系;属于陆相成因的有上侏罗统、白垩系、古近系、新近系和第四系,现简述如下。

(1)震旦纪—元古宙:是中国也是世界最早的成盐时代。

① 郑绵平,王炳铨,项仁杰.化工、盐湖矿产资源可供性分析及勘查开发战略.2006.

② 全国地质矿产储量委员会.全国矿产资源储量汇总表(截至2002年底)

③ 国土资源部矿床地质研究所王弼力等.1999.

④ 郑绵平,等.西藏扎布耶盐湖矿床详查报告.中国地质科学院盐湖与热水资源研究发展中心.2005.

⑤ 杜之岳,等.中国含油气区成钾条件调查报告.1989.

地质时代及代号				构造运动	盐矿类型及成盐时代	成钾显示						
代	纪	世				岩盐	地下卤水	钾矿层	富钾卤水			
新生代	第四纪	Q	全新世	Q ₄	华西运动 昆黄运动 青藏运动C幕 青藏运动B幕 青藏运动A幕	第四纪盐湖						
			晚更新世	Q ₃								
			中更新世	Q ₂								
			早更新世	Q ₁								
	新近纪	N	上新世	N ₂	喜马拉雅运动二幕 喜马拉雅运动一幕							
			中新世	N ₁								
			渐新世	E ₃								
	古近纪	E	始新世	E ₂	燕山运动五幕 燕山运动四幕 燕山运动三幕 燕山运动二幕 燕山运动一幕							
			古新世	E ₁								
			晚白垩世	K ₂								
早白垩世			K ₁									
中生代	白垩纪	K	晚侏罗世	J ₃	印支运动	古						
			中侏罗世	J ₂								
	侏罗纪	J	早侏罗世	J ₁								
			晚三叠世	T ₃								
	三叠纪	T	中三叠世	T ₂								
			早三叠世	T ₁								
古生代	晚古生代	二叠纪	晚二叠世	P ₂	海西运动	代						
			早二叠世	P ₁								
		石炭纪	C	晚石炭世			C ₃					
				中石炭世			C ₂					
				早石炭世			C ₁					
		泥盆纪	D	晚泥盆世			D ₃					
	中泥盆世			D ₂								
	早泥盆世			D ₁								
	志留纪			S			晚志留世	S ₃				
							中志留世	S ₂				
		早志留世	S ₁									
	早古生代	奥陶纪	O	晚奥陶世			O ₃	加里东运动	矿			
				中奥陶世			O ₂					
				早奥陶世			O ₁					
寒武纪		ε	晚寒武世	ε ₃								
	中寒武世		ε ₂									
	早寒武世		ε ₁									
元古宙	中新元古代 震旦亚代	震旦纪	Z	蓟县运动								
		南-青纪	Qb									
		蓟县纪	Jx									
		长城纪	Ch									
	古元古代											
太古宙				吕梁运动 五台运动								

图 1 中国成盐时代略图

Fig.1 Sketch of salt-forming epochs in China

中国元古宙曾有多次干旱期,河北蓟县的蓟县系上中高于庄组发现石膏和锰方硼石、三河—昌黎杨庄组页岩见有石盐假晶及石膏层。在南华纪晚期,扬子地台和塔里木地台为冰川覆盖,震旦纪时冰川消融,形成广泛的海侵,上扬子地台和塔里木地台为浅海台地,气候干旱又具备封闭环境,在中国南方和北方都发现有厚层石膏或岩盐层。如甘肃肃北县震旦系产厚层石膏;湖北宜都、枝城震旦系灯影组产石膏和钙芒硝^[6];四川甘洛县见有震旦系石膏层,尤其在四川长宁震旦系灯影组下段发现石盐层厚达292 m,单层厚25~12 m,其溶滤卤水含盐量30~320 g/L,含钾离子2300~3300 mg/L,含溴53~216 mg/L,钾盐系数($K \cdot 10^3 / \Sigma$ 盐)8.43~13.7,溴氯系数($Br \cdot 10^3 / Cl$)0.71~1.5等,已达到海相钾盐水化学异常值^[6]。

(2)寒武纪:尤其是早寒武世,是世界上也是中国重要的成盐时代之一。此时期中国的海侵由南和东南向北推进,由东向西由正常海相沉积过渡为浅海、滨海或泻湖相沉积。上扬子地台则继承震旦纪的特征,并在早寒武世末和中、晚寒武世末海退,在川滇黔和鄂西形成局限海盆和萨布哈—泻湖沉积环境。调查结果表明,中国寒武系,尤其是下、中寒武统白云岩、石膏和石盐假晶沉积分布较为广泛。在塔里木盆地中、北部和四川南部均发现下寒武统赋存厚大的膏盐层;塔里木盆地寒武系膏盐层;川南下寒武统清虚洞组钻遇厚大的石盐层,如临峰场构造高点,井深4874 m已为石盐层,盐层厚逾600 m,其中单层最厚达155 m^①。四川巫溪(T-1井)溶滤卤水含盐量146 g/L,钾盐系数8.1,溴氯系数1.04,接近和达到钾盐异常指标^[6]。

(3)奥陶纪:此时期全球海侵的范围均较广,在中国主要在鄂尔多斯形成稳定的局限盐化陆表海盆。在陕北形成累计厚达200~300 m的石盐层、分布面积约达 5×10^4 km²的石盐盆地。马家沟组马56亚段石盐的 $Br10^3/Cl$ 系数较高(达0.4~0.6),并发现钾石盐、光卤石等钾盐薄层^[7]。

中国志留系仅见石膏层。泥盆纪在中国川西北、滇东、黔、桂、赣、湘等省广泛分布有海陆交替相的红层地区。四川龙门山康定等地发现厚层石膏、次生角砾岩和石盐假晶,湖南江华见有石膏薄层,秦岭南坡商县和镇安县也发现有石膏。在新疆乌什县见有上泥盆统石膏。

(4)石炭纪:石炭纪在中国是主要的成煤期,但其沉积岩相类型多样。在早石炭世,自塔里木盆地西缘至河西走廊,以及华南地区为浅海环境,并有干旱沉积^[7],如赣南—湘西有石膏层发育。最近在塔里木东部已有多口石油探井见到石炭纪“膏盐层”,累计厚度100~220 m,分布面积约 10×10^4 km²②。

(5)二叠纪:中国在二叠纪时为南海北陆,也是中国主要

的成煤期。但在安徽、陕西等地发现有上二叠统和下二叠统石膏层,并在新疆和田下二叠统发现石盐薄层,在皮山发现含 K^+ 达2000 mg/L的盐泉。

(6)三叠纪:三叠纪时中国仍为南海北陆。在南方和青藏高原仍有广泛海侵,在早、中三叠世,上扬子为广大的蒸发台地环境,发育有一大套膏盐沉积,并赋有大量杂卤石矿层、薄层无水钾镁矾和大量富钾工业卤水层。

(7)侏罗纪:在侏罗纪时,滇西—昌都—藏北为海侵区,其他地区为陆相沉积区。在中、晚侏罗世,该区为海相和海陆交互相膏盐沉积区,而在中国其他地区,如滇中也有大量陆相膏盐沉积,在鄂西也发现盐湖。20世纪70年代以来,在1:20万区域地质调查中,陆续在滇西和昌都见海相侏罗系石膏和盐泉③。晚侏罗世在准噶尔、柴达木、河西走廊等地也见及石膏层。

(8)白垩纪:此时西藏、滇西和台湾地区为海侵地区。滇西兰坪—思茅至风火山一带白垩系夹有海陆交互相沉积,并有石膏和盐泉显示。在晚白垩世,海水曾侵入塔里木盆地西部,形成一套膏盐地层。其他地区主要为陆相红层,除少数地区,如东北、台湾外,在中国西南及东部鲁、豫、湘、鄂、苏、赣、浙7省④,以及六盘山地区,红色膏盐盆地甚为发育,反映当时干旱的行星风系控制着中国的绝大部分地区。

(9)古近纪—新近纪:在古近纪—新近纪,中国干旱带逐渐收缩并由南向北、西北迁移⑤。古新世在南岭的南、北侧和西北广大地区均有膏盐沉积。在滇西南勐野并有钾盐沉积。在塔里木西部在新生界特提斯泻湖相有膏盐沉积。该区含钾的线索较多,如阿尔塔第三纪岩盐厚度大,其“含盐石膏层”含 K^+ 达1%~2%^[9];又如莎车海相中新统卤水含 K^+ 达1.79 g/L, $K \cdot 10^3 / \Sigma$ 盐达1.79⑥。至始新世干旱带迁移至南岭以北地区,发育一套巨厚的膏盐碎屑沉积和暗色富含有机质的碎屑碳酸盐岩层。如江汉盆地沉积有逾1800 m的韵律性硝(钙芒硝)盐层,并发现无水钾镁盐和钾芒硝矿层。至渐新世中国干旱带又向北推移至鲁北—冀中和西北地区,在该区均见膏盐沉积。

至新近纪,中国秦岭—昆仑一线以南、大兴安岭以东地区已转变为以潮湿为主的气候区,中国半干旱—干旱带迁移至秦岭以北、大小兴安岭以西的西北—内蒙古地区,厚层膏盐在柴达木、库木库里、塔里木、准噶尔、吐鲁番盆地及天水盆地均有发现,河套和渭河地堑则见及芒硝或石膏沉积。

(10)第四纪:中国第四纪盐湖带大致沿北纬28~53°之间延伸,其展布大致与现代干旱—半干旱气候带相一致^[8]。而现代(全新世)盐湖西起新疆,东经青藏、陕甘宁、内蒙古、晋,直

① 杜之岳,等.中国含油气区成钾条件调查报告.1989.

② 据北京石油研究院塔里木研究室张克光主任介绍.

③ 云南省地质矿产局区域地质调查队.1:20万兰坪幅(1976)、新平幅(1983)、德钦幅(1985)、中甸幅(1985)区域地质调查报告.

④ 郑绵平,等.我国东部白垩—老第三纪红色盆地成钾远景初步分析.北京地质研究院地质矿产研究所五室,1975.

⑤ 王东升.中国地下含钾卤水的分布规律.地质矿产部水文地质工程地质研究所,1992.

到吉林、黑龙江和冀、鲁境内。按中国盐湖物质成分的不同,还可以再划分为4种盐湖沉积类型:以盐碱硝(芒硝)为主的普通盐湖、富含钾镁矿产的钾镁盐湖、富产锂硼钾(铯、铷)的特种盐湖和富含硝酸盐的硝酸盐湖。特种盐湖主要分布在青藏高原,钾镁盐湖分布在柴达木和罗布泊,硝酸盐盐湖分布在新疆塔里木北部和天山凹陷等地。中国盐湖带其余地区主要分布普通盐湖。第四纪盐湖钾盐矿床除少数盐湖有一定数量的固体钾盐层沉积外(如柴达木大浪滩硫酸钾盐矿层和察尔汗局部光卤石、钾盐矿石),绝大多数是液体(卤水)矿床,而且具有多种成盐矿产共生的特点。

2.2 若干成盐找钾地区的分析^[3-5, 19]

中国成盐盆地众多,一些盆地是多时代成盐,还有一些盆地是一个时代成盐;有的以海相为主,有的以陆相为主,或兼而有之。现择主要盐盆地叙述如下。

(1) 塔里木盆地

该盆地是中国多期强烈成盐盆地的典型,在寒武纪、石炭纪、二叠纪、白垩纪、古近纪、新近纪、第四纪均有膏盐沉积,泥盆纪、侏罗纪有石膏沉积,是中国较大的、相对稳定的克拉通。近期石油勘探部门在塔里木克拉通内的拗陷盆地^[20]中发现了大面积的厚层膏盐沉积。据初步统计,在塔里木西北部中、下寒武统膏盐沉积分布面积大于 $15 \times 10^4 \text{ km}^2$,膏盐层厚逾700 m^①。在盆地西缘柯坪—巴楚地区的地表剖面上见有绛红色膏质泥岩和薄层石膏,在巴楚隆起两侧的塔尔拗陷和西部拗陷内发现有丰富的含钾卤水。岩相古地理研究表明,柯坪地区寒武纪时为海退层序形成的蒸发台地环境,尤其在塔西拗陷北部还发育一系列隆起,形成封闭的沉积环境。根据古纬度资料分析,世界最大的涅帕超大型钾盐矿床即属于寒武系,在寒武纪时中国塔里木台地与其均在古赤道附近:塔里木位于南纬7~9°,而涅帕钾盐盆地位于北纬8°,其所在石盐盆地横跨北纬5~10°^[11]。

塔里木盆地的石炭系含盐岩系主要分布于塔东满加尔拗陷和塔西北拗陷^[18]。据石油勘探部门多口钻井的资料,其含盐系厚达270 m,盐层累计厚逾200 m(沙10井累计盐层厚224 m),总分布面积约 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。此外,在巴楚地区具有多处石膏露头,在苦牙克—康赛音山间凹陷见有石炭系2处盐矿点。

中国西部晚白垩世—新近纪特提斯海,最后由塔西经多期海侵海退,沉积了多组含盐岩系,是塔里木盆地另一个重要的成盐找钾层位。如莎车盆地已发现晚白垩世—古近纪膏盐层约5个,包括2个含盐岩系:下含盐系为古新世阿尔塔什组,上含盐系为晚始新世—早渐新世巴行布拉克组。2个含盐岩系与2个持续时间最长的海面降低—缓慢上升期相一致。上含盐岩系是在新特提斯海海退条件下形成的,被认为是塔西成盐成钾较有利的泻湖蒸发盆地。

罗布泊盐湖区:罗布泊盐湖区面积在 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上,其

汇水区面积广大。在湖区附近见有古近纪和早第四纪含膏层,说明盆地有悠久的盐类分异聚集历史。晚更新世以来,有多次成盐和迁移分异过程。该区盐壳分布面积达 7000 km^2 以上,经新近中国地质科学院矿资源研究所和新疆地矿局地质队勘查研究,已发现罗北凹地KCl达1.5%~1.6%的潜卤水,卤水层平均厚10.7 m,估算地质储量 $2.5 \times 10^8 \text{ t}$ 。罗布泊除了在第一沉积区南已预测和找到工业钾卤水外^[20],由于陆—陆后碰撞远程效应的影响,该盐盆地发生迁移和抬升,还可能在其外围和中下部找到含钾卤水。此外,塔里木东北、天山和准噶尔东部,近期气候和地质条件适于钾硝石和钠硝石发育,是另一个值得注意的钾和氮资源远景区^[21]。

(2) 柴达木盆地

柴达木盆地西部新近纪、古近纪时期,从渐新统至上新统均见及不同厚度的石膏、钙芒硝、石盐沉积。在油气勘查中,先后在狮子沟、油沙山、芒崖、油泉子、开特米里克、南异山、油墩子、小梁山、尖顶山等发现浓度较高的地下卤水,其含盐量和含钾量由老至新(E_3 至 N_2)增长,上新统卤水的KCl含量相当一部分达到0.4%~0.6%,同时地下卤水中富含B(B_2O_3 高者达 3599 mg/L)、Li(208 mg/L)、Sr(2500 mg/L)、I($30\sim 60 \text{ mg/L}$)等,柴达木综合勘查大队圈定出的地下卤水面积超过 5000 km^2 ,估算氯化钾 $4.9 \times 10^8 \text{ t}$,三氧化二硼 $1.15 \times 10^8 \text{ t}$,锂 $542 \times 10^4 \text{ t}$,碘 $265 \times 10^4 \text{ t}$ 可能成为“地下柴达木综合性钾湖”。

经过多年工作,柴达木现代钾盐湖资源家底已摸清,是目前中国重要的钾盐基地,此不赘述。

(3) 上扬子盆地

上扬子盆地也是中国多成盐期的盆地,且以海相为主,主要海相含盐系为震旦纪灯影组,分布在川南—滇东地区,在川南长宁已发现厚层石盐,并具确凿的K的水化学异常。该区具有大型断陷构造富集后期成盐卤水的条件,以川南凹陷为例,该区为继承性成盐盆地,面积约 37000 km^2 ^[16]。川南—滇东地区灯影组含盐层与邻区巴基斯坦盐岭钾盐矿床时代相当^[16],尤其值得引起注意。早寒武世清虚洞组分布在川南一带,膏盐层累计厚达668 m,K的水化学显示也较好。但是,上扬子晚震旦世—寒武纪含盐系埋藏多在3000~4000 m以下,找矿验证难度大,唯滇东北埋藏较浅,今后还须继续研究。上扬子盆地三叠纪盐盆地隶属于特提斯东成盐区,在特提斯西段法国Aquitannian盆地和摩洛哥等地已发现三叠系钾盐矿床^[11]。在上扬子(四川)盆地早、中三叠世,有6个成盐期,18个聚盐期,分属嘉陵江组和雷口坡组,已发现杂卤石、无水钾镁矾等钾矿物。在四川盆地内三叠纪大、小盐盆(体)共计26个,最大盐盆为川中嘉陵江—雷口坡组沉积盐盆,分布面积 $2.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

由于上扬子(四川)盆地三叠纪成盐后期的构造运动和地下水活动强烈,其地下水淋滤作用深入盐体,大量钾盐层

① 据中石油石油规划院塔里木研究室张光亚同志介绍。

② 在参考文献^[21]中称第一沉积区南钾卤水预测区,后来杨智琛首先命名为罗北凹地。

已被淋滤成为地下卤水。据统计,该盆地储卤层分布面积达 $13 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中已知储卤构造159个,潜在资源量达 $302.65 \times 10^8 \text{ m}^3$,可采资源量达 $22.16 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。值得注意的是,一些储卤层中卤水含K较高,据计算,其氯化钾资源量达 $1 \times 10^8 \text{ t}$ 以上。

(4) 滇西—羌塘盆地

中、新生代滇西—羌塘盆地处于新特提斯东段,除了上述上扬子盆地三叠纪和塔里木西部晚白垩世—新近纪盐盆地外,在滇西—昌都—羌塘北部和可可西里主要发育中、晚侏罗世—古新世海相和海陆交替相盆地,概称为滇西—羌塘盆地。该盆地位居新特提斯复杂微裂谷—岛弧东端,是在海区逐渐向西撤退和关闭的局限海域的背景下发展的。在该新特提斯带,从中、晚侏罗世—新近纪多期处于炎热干旱带,而循新特提斯带,在滇西—羌塘盆地西部和东南部有晚侏罗世、白垩纪和渐新世—中新世含钾盐盆地发育,同时也是全球最主要的油气集中区:在中亚—地中海地区,在土库曼—乌兹别克斯坦已发现晚侏罗世巨型钾盐矿床^[10],在墨西哥也发现侏罗纪钾矿床^[11],在阿富汗见有早白垩世钾矿化盐盆地,由此循特提斯海往西,在巴西塞希培盆地、加蓬、摩洛哥都相继发现早白垩世大型钾矿床,而在滇西南边的老挝、泰国则发现晚白垩世呵叻盆地巨型钾盐堆积^[11,12];在西部塔里木新近纪、古近纪盐盆地往西,新近纪、古近纪钾盐沉积规模最大的时期是中新世,包括乌克兰东喀尔巴阡、伊朗、意大利西西里岛、埃及苏伊士湾。此外,地中海底达 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上的石盐盆地也可能存在钾盐^[8]。在早渐新世,在地中海西北莱茵地堑(德国、法国)和西班牙早渐新世盐盆地也有数亿吨级的钾盐发现^[12,13]。

本文着重指出,近期在羌北—风火山中、上侏罗统—白垩系除发现大量膏盐和湖泊水化学异常外,岩相古地理研究^[23]还显示,该蒸发盆地有自南向北从西向东迁移和由海相向海陆交互过渡的特点,应当进一步研究侏罗纪—白垩纪后期卤水是否可能向该方向迁移汇聚。限于篇幅,关于中国西部新特提斯蒸发盐盆地的演化与找钾方向将另文详细探讨。

3 中国找钾历史回顾

新中国成立以来,从20世纪50年代中期开始,在全国一些地区开展了多次第四纪钾盐湖和古代钾盐的普查和预测研究工作。50年代末至70年代初,投入的找钾地质工作量最大,找钾地质队伍最多时曾达4000余人。其中投入钻探等工作量较多的工作区是,柴达木盆地(第四系,海西地质队洪志渊等)、四川省(三叠系,第七普查大队林耀庭等,成都地质矿产研究所吴应林等)、云南省(古近系、白垩系—侏罗系,云南省地矿局师开业等,矿床地质研究所刘群等)、新疆(古近系、新近系,新疆地矿局、矿床地质研究所刘群等)、西藏(第四系,范敏中等)等。对于东部苏、鄂、赣、豫、鲁、皖、湘和粤8省白垩系—古近系红层也投入了一定的工作(北京地质学院袁见齐等,矿床地质研究所郑绵平等,中南地质矿产研究所和

化工地质研究院陈锡平等)。此外,对内蒙古、陕甘宁、新疆的盐湖也做了调研和部分钻探工作。1972—1974年矿床地质研究所郑绵平、吴必豪等还与江汉油田合作开展了油钾兼探的工作。同时,还开展过数次全国性找钾预测工作。第一次是1959年,由北京地质勘探学院袁见齐教授主持完成全国盐类矿产预测图;第二次是1974年由矿床地质研究所和西南地质矿产研究所郑直、郑绵平、吴应林等10余人共同完成的《1:400万全国钾盐找矿远景图及说明书》。限于当时的地质调查基础,这2次预测工作主要是依据地表的地质资料。20世纪70年代末以来,虽然也断续开展过云贵川震旦系—寒武系、华北寒武系、鄂尔多斯奥陶系及西藏、新疆等盐湖的找钾研究,但除了鄂尔多斯结合油气兼探(山东省地质局第三地质大队、矿床地质研究所杜之岳、刘群等与石油部下属单位配合)外,钾盐勘探装备差,投入的钻探工作量很少,对找钾地质预测区也很难得到验证。如云南省第八地质队原拟在滇东—川南施钻验证震旦系—寒武系成钾性,因集中资金搞其他矿产等原因被取消。此外,20世纪70年代末80年代初,化工部化工地质研究院、化工地质队也进行了全国性的成盐找钾资料分析和东部鲁冀豫等古近系盐盆地找钾地质调查和钻探,山东省地质局第三地质队杜之岳等做过中国含油气区成钾条件资料调查(1987—1988年)。初步统计,迄今中国为找钾累计投入资金充其量5亿元,其中科研经费所占比例则更少,与找铁、铜等重点矿种相比,无论是勘查还是科研方面都是微乎其微的。尤其是钾盐的基础地质工作难于做深(包括构造、岩相古地理、古气候的控矿条件),物化探研究和钻探工作量也很少。特别是20世纪80年代末至90年代以来,国内出现大量与成盐找钾有关的地质基础资料,没有安排项目进行研究。

通过中国地质工作者和相关科技人员的努力,中国还是找到了几个工业钾盐基地和远景区,明确了一些成盐无钾层段和地区。找到柴达木察尔汗等钾盐湖,总计氯化钾储量 $7.06 \times 10^8 \text{ t}$;云南勐野井古新统和山东大汶口始新统钾盐储量约 $0.30 \times 10^8 \text{ t}$,西藏特种盐湖氯化钾储量和资源量 $0.47 \times 10^8 \text{ t}$,罗布泊氯化钾资源量 $2.5 \times 10^8 \text{ t}$ 以上。还通过预测验证,找到江汉始新世陆相钾芒硝矿层。特别是察尔汗钾盐湖,成为中国最重要的钾肥生产基地。与投入的经费相比,找钾工作的成绩是显著的。与西方找钾相比,中国的钾盐地质研究水平也是不低的,特别是在陆相成钾理论和特种盐湖研究方面在盐类地质科学上有所创新。

4 关于中国找钾的方向与建议

钾盐已列入《国务院关于加强地质工作的决定》重点勘查矿种,寻找新的钾资源、争取取得重大突破,是地质科技工作一项重要的任务,为此提出如下初步建议。

(1) 加大投入,组织专业队伍,加强中国海相成盐盆地的找钾预测和调查研究

中国地质构造演化的特点决定了中国成盐成钾条件的复杂性和特殊性。中国的古板块比较活动,规模较小,而褶皱

带(地槽)相对稳定。因此,中国要找到像俄罗斯、加拿大或德国那样大规模的稳定板块、发育几万平方公里以上的钾盐盆地、氯化钾资源量达上百亿吨的可能性较小。与国外形成巨型钾盐矿产的地质构造条件相比,虽然中国的古板块(地台)规模较小,但是根据以上地质分析,结合含盐系的埋藏深度,就中国海相成盐盆地而言,中国中西部的塔里木盆地、滇西—羌塘盆地、上扬子盆地和鄂尔多斯盆地仍具有成钾远景,宜作为今后中国找钾的主攻目标,加大投入,列入国家科技和勘查规划中,制定重点研究计划,大力组织专项研究,成立钾盐专业研究组织和地质队。

(2) 落实油钾兼探方针

世界石油勘查表明,其储量约85%集中于蒸发岩盆地内;几个重要的大型—超大型钾盐矿床均是在石油勘查中首先发现成钾标志的;约占世界钾盐资源量的70%是先在油井中发现其线索的。最早从石油勘探井中发现钾盐是1904年在莱茵地堑的阿尔萨斯(法国),该渐新统钾盐矿床经探明氧化钾总储量达 15×10^6 t;美国新墨西哥州二叠纪钾盐也是在1912年油井勘查中首先在冲洗液中发现K异常,以后又连续在3个油井中发现钾石盐,经过1926—1931年钾盐勘查,才圈定出 1×10^6 t氧化钾储量;世界最大的西伯利亚涅帕下寒武统钾盐矿床,也是在30年代油气勘探中首先发现水化学异常,以后经历预测油井资料的深入分析、专业研究和大量钾盐钻探普查,历经40多年才在1979年圈定出钾石盐矿石资源量达 700×10^6 t;位居世界第二的加拿大萨斯彻温泥盆纪钾矿床也是首先在油气勘探中发现的^[2]。由于油气同盐类矿床的成藏成矿地质构造条件有一定的共性,膏盐是油气的优良盖层,而且油气勘查工程量和探测深度大,在蒸发盆地中发现钾盐的几率也较大,因此,落实油钾兼探是找寻钾盐的一项十分重要的举措,而且在石油勘探中兼探钾盐,国内外已积累了在不影响油气钻进的情况下进行的行之有效的办法,通过岩屑、泥浆滤液及测井资料,即可取得找钾信息^[24]。因此,建议把油钾兼探作为一项重要的技术政策推广。作为试点,首先组织钾盐专业组与塔里木、羌北和柴达木的石油勘探队伍合作开展油钾兼探。

(3) 将柴达木西部上新统和四川盆地三叠统作为地下卤水(油田水)钾盐综合找矿评价的主攻地区

这两个地区富钾卤水资源量很大,并具有锂、硼(碘或铷等)优势,柴达木还具有水质类型有利(CaCl₂型)、蒸发量大、便于通过日光盐田(Solar Pan)提取的有利条件,四川盆地则有天然气资源丰富和长期综合利用富钾“黑卤”的经验。这两个地区是比较有可能取得数量较大液相钾盐储量的地下水区,建议由地质与石油、盐业部门协同进行。

(4) 中国盐湖具备建立国家级钾盐/锂钾硼无机盐联产基地的资源基础

新生代以来,柴达木—塔里木成为东亚干旱中心,具备

长期成盐分异历史和较广阔的聚钾空间,并有多钟钾的来源,包括深部来源,具有形成规模不大的陆相钾盐条件。西藏高原成盐很晚,但因有特殊的深部富钾(锂、硼)来源,在晚更新世末—全新世有中小型富钾(锂、硼)盐湖形成。

中国中西部—北部的13个省区(新、青、藏、内蒙古、陕、甘、宁、晋、冀、鲁、辽、吉、黑)均有盐湖或地下碎屑型卤水湖分布^[18]。内蒙古和陕甘宁、晋冀鲁豫、辽吉黑西部以发育普通盐湖为主,冀鲁还有滨海地下卤水湖分布。在内蒙古河套地区发现有高碘卤水湖和地下卤水层。青藏高原发育特种盐湖,柴达木有大型钾镁盐湖。中国已查明氯化钾储量的98%为盐湖型。藏北则以特种盐湖为主,有很好的成矿远景,如扎布耶湖晶间卤水KCl平均品位达5%,氯化钾储量达 1618×10^6 t。新疆除发育大量普通盐湖外,也是钾镁盐湖和硝酸盐盐湖具有远景的地区,在罗布泊相继发现含钾卤水和罗北凹地钾盐矿。经过多年的调查研究,已建立了国内最大的钾盐基地——察尔汗钾矿、东台钾镁盐、西台钾镁盐企业,扎布耶盐湖锂(钾、硼)产业和西藏扎仓茶卡、秋里南木、聂尔错等硼矿基地,并相应地进行了大量的盐湖地质、化工、采选等研究工作,有了较丰富的盐湖调查和开发利用方面的科技积累,因而具备发展中国盐湖锂、硼、钾无机盐联产基地的资源优越条件和初步科技基础。根据中国新生代盐湖资源的现状,提出如下建议。

在继续进行罗布泊罗北凹地找钾评价的同时,扩大外围找钾调查研究。除了目前已查明的罗北凹地外,在罗北凹地西部、东部(至湾窑)和“大耳朵”南部还有找钾的前景,建议除继续开展罗北找钾评价工作(包括卤水开发利用和配套资源研究)外,需大力扩大外围找钾研究,并带动硝酸钾(碘)盐湖的找矿工作,为在该区建立中国钾氮肥生产基地提供地质资源依据。

青藏高原是世界上特种盐湖最有远景的地区之一,特种盐湖扩大远景的希望在于藏北,应加强锂钾硼特种盐湖的综合调查和综合开发研究。建议开展点面相结合的特种盐湖综合调查。在西藏安狮公路一线南北侧,尤其是西部地段是今后进一步扩大富钾、锂、硼特种盐湖资源远景最有希望的地区。这种类型也是钾盐湖的一个重要类型,国外从该类型盐湖中提取钾盐约达 100×10^6 t/a,而且有综合生产高价值锂、硼等无机盐的综合经济效益^[25],值得作为找钾的一种重要类型予以重视。在扩大找矿的同时,应重视已发现的、综合条件较好的特种盐湖(扎布耶盐湖、东台吉乃尔湖、西台吉乃尔湖等)的综合开发利用研究,建立并开展示范工程项目,为21世纪初对新能源锂盐和农用钾盐的需要提供另一个后备基地。

上述调查均应采用国内外行之有效的、多学科相结合的技术路线,即成矿条件分析—遥感、航测解译—实地调查钻探验证,采取科研、调查和综合利用研究一体化的体制进行,方可取得事半功倍的效果。

① 郑绵平.关于油气(钾)兼探(在江汉油田油盐兼探工作交流会上的讲话)1972.

(5)加大找钾工作投入,加强找钾基础地质和勘查研究

鉴于中国特定的成盐构造地质条件和钾盐预测找矿的难度、长期性,对中国找钾工作要有长期坚持做深入研究、勘查的切实措施和思想准备。建议设立“973”等科研项目,并建立钾盐专业研究和勘查队伍,开展区域性成钾条件与找钾前景预测的研究和勘查,从古构造、沉积旋回、岩相古地理、古气候、古纬度和地球化学等方面进行多学科的全面分析,科学地预测和回答中国含盐盆地的钾盐成矿条件和前景,将会推进符合中国地质背景下的找钾成矿理论和找钾、预测、评价技术的发展,并有可能取得找矿的重大突破。

参考文献:

- [1]袁见齐.含钾沉积形成条件的几个问题[A].见:钾磷矿床研究[C].北京:科学出版社,1963.1-16.
- [2]袁见齐.钾盐矿床成矿理论研究若干问题[J].地质论评,1980(1):56-59.
- [3]袁见齐.盐类矿床成因理论的新发展并论中国找矿问题[J].化工地质,1982(1):1-5.
- [4]袁见齐.中国盐类矿床的成矿规律[A].见:宋叔和主编.中国矿床(下册)[C].1988.218-226.
- [5]郑绵平,刘文高,许德明.我国的成盐时代和有利成钾地区的探讨[J].地质矿产研究,1974(1):120-125.
- [6]郑绵平.全球盐湖地质研究与展望[J].国外矿床地质,1989(3-4):1-34.
- [7]郑绵平,向军,魏新俊,等.青藏高原盐湖[M].北京:科学技术出版社,1989.
- [8]Hsm K J. When the Mediterranean dried up[J]. Scientific American, 1972, 227(6): 26-36.
- [9]M.П.菲维格著.李洪海译.钾盐矿床形成的条件[A].见:袁见齐主编.钾盐专辑第一辑[C].北京:中国工业出版社,1963.71-81.
- [10]Валышко М Г. Закономерности Формирования Месторождений Солей[M]. Издательство Московского Университета,1962.197.
- [11]Hite R J. Distribution and geologic habitat and associated potash deposits[A]. In: Proceedings of the Seminar on Sources of Mineral Raw Materials for the Fertiliser Industry in Asia and the Far East[C]. United Nations Mineral Resources Development Series, 1968(32):307-325.
- [12]钱自强,曲一华,刘群.钾盐矿床[M].北京:地质出版社,1994.8-15,63-64,126-137,148-149,189-215.
- [13]British Sulphur Corporation. World survey of potash resources (Third edition)[M]. The British Sulphur Corporation Limited, 1979.41-42,61-62,69-106.
- [14]John K Warren. Evaporite sedimentology[A]. In: Importance in Hydrocarbon Accumulation[C]. 1989.89-163,206-249.
- [15]John K Warren. Evaporites: their evolution and economics[M]. B Blackwell Science,1999.223-248.
- [16]郑绵平,李银彩.上扬子区震旦—寒武系找钾可能性探讨[J].地质科技,1978(1):39-52.
- [17]刘群,杜之岳,陈郁华,等.陕北奥陶系和塔里木石炭系钾盐找矿远景[M].北京:原子能出版社,1997.101-111,224-229.
- [18]郑绵平.论中国盐湖[J].矿床地质,2001,20(2):128,181-189.
- [19]H 博歇特 R O 缪尔著.袁见齐,张瑞锡,张昌明译.盐类矿床——蒸发岩的成因、变质和变形[M].北京:地质出版社,1963.12-31,171-173.
- [20]翟光明,宋建国,靳大强,等.板块演化与含油气盆地形成和评价[M].北京:石油工业出版社,2002.69,152-157.
- [21]郑绵平,齐文,吴玉书,等.晚更新世以来罗布泊盐湖的沉积环境和找钾前景初析[J].科学通报,1991(23):1810-1813.
- [22]张义民,潘克耀,赵兴森,等.新疆硝酸盐矿床[M].乌鲁木齐:新疆大学出版社,2000.138-144.
- [23]王剑,谭富文,李亚林,等.羌塘、措勤及岗巴—定日沉积盆地岩相古地理及油气资源预测[M].北京:地质出版社,2006.14-19.
- [24]石油化学工业部化学矿山局.石油勘探中找钾盐矿的方法[M].北京:石油化学工业出版社,1977.40-158.
- [25]郑绵平.盐湖学的研究与展望[J].地质论评,2006,出版中.