第1卷 第1期
1981年9月

地 理 科 学
SCIENTIA GEOGRAPHICA SINICA

Vol. 1. No. 1
sept. 1981

西藏高原的盐湖资源及其利用*

郑喜玉 于升松

（中国科学院青海盐湖研究所）

号称“世界屋脊”的西藏高原，盐湖星罗棋布。据初步统计，该区约有盐湖170多个，面积达6000多平方公里。它是我国盐湖分布最多的地区，同时，也是世界上重要盐湖分布区之一。在盐湖中，除蕴藏着大量的石盐、芒硝、硼酸盐等具有工业价值的固体盐类沉积外，卤水中的钾、镁、硼、锂、铷、铯等元素的含量之高，储量之大，在世界上也是罕见的。全面地考察和研究该区的盐湖，不仅对研究高原的隆起，而且对发展当地工、农、牧业生产皆具有十分重要的意义。本文着重探讨西藏的盐湖分布、物质成分、形成和资源开发利用问题。

一、盐湖的分布

西藏的盐湖，位于中国盐湖带的西南端，约在东经78°—92°、北纬30°—36°之间，主要分布在藏北高原（冈底斯山－念青唐古拉山以北，昆仑山—唐古拉山以南的广大地区），尤其是，班公湖—尼玛—怒江断裂带附近和以北的地域，盐湖更是密集成群。藏南无盐湖（图1）

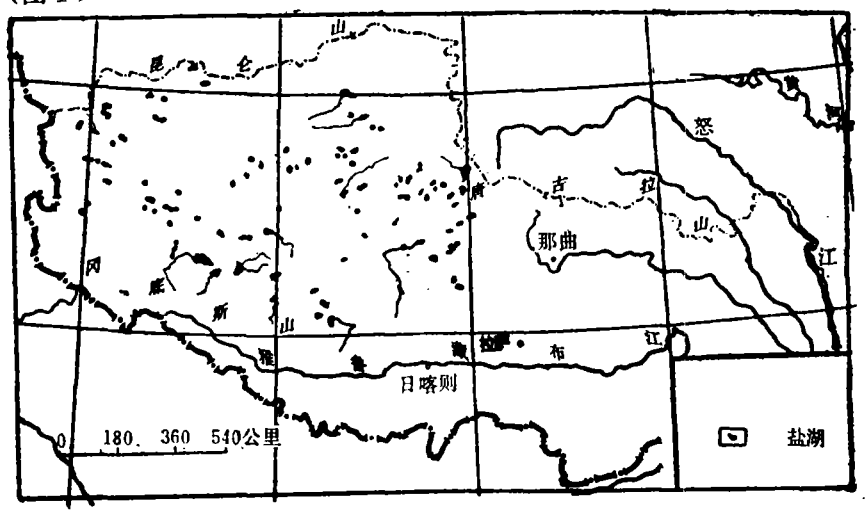


图1 西藏盐湖分布图

* 本文系青藏高原科学考察成果之一，承杨良琳同志审阅，并提出宝贵意见。文内数据除注明外，均引自中国科学院盐湖研究所的“西藏盐湖物质成分的初步研究”“西藏盐湖水化学特征的初步研究”。图件由胡金泉、唐渊同志协助清绘。在此表示感谢。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

二、盐湖的物质成分

（一）盐类矿物

据历年的考察研究发现，目前西藏盐湖中的盐类矿物（硅铝酸盐除外）共计27种（表1）。其中，氯化物矿物1种，硫酸盐矿物8种，碳酸盐矿物11种，硼酸盐矿物7种，

表1　西藏某些盐湖中的主要盐类矿物

矿物成分 \ 盐湖类型及名称			水化学类型：碳酸盐型						硫酸钠亚型						硫酸镁亚型							干盐湖	
			恰茶卡	茶拉卡	扎布耶茶卡	朋彦错	郭加林	班戈错	噶尔昆沙湖	拉果错	伊布茶卡	孔孔茶卡	戈木错	涧错	扎仓茶卡	聂尔错	查波错	玛尔盖茶卡	玛尔果茶卡	肖茶卡	康如茶卡	噶尔雅沙	巴南湖
氯化物	石盐	NaCl	★	★	●	●	★	★	★			●	●		●		●	●	●	●	●		
碳酸盐	方介石	$CaCO_3$		★			★	★							△								
	文石	$CaCO_3$													★								
	水菱镁矿	$4MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 4H_2O$					★	★							★								
	菱镁矿	$MgCO_3$					★	★							★								
	天然碱	$Na_3H(CH_3)_2 \cdot 2H_2O$						★															
	苏打	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$					★	★															
	水碱	$Na_2CO_3 \cdot H_2O$					★	★															
	水碳镁石	$MgCO_3 \cdot 3H_2O$						☆															
	氯碳酸钠石	$MgCO_3 \cdot Na_2CO_3 \cdot NaCl$					★	★															
	重碳酸钠石	$NaHCO_3$					★	★															
	单斜钠钙石	$CaCO_3 \cdot Na_2CO_3 \cdot 5H_2O$	●	●		●																	
硫酸盐	石膏	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$						★							★	★			★				★
	泻利盐	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$																	★				
	钾石膏	$K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$													★								
	钾芒硝	$K_3Na(SO_4)_2$					★																
	杂芒硝	$2MgCO_3 \cdot 2Na_2CO_3 \cdot NaSO_4$						☆															
	水钙芒硝	$3CaSO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 6H_2O$													★				★				
	无水芒硝	Na_2SO_4		★			★	★			★				★	★							
	芒硝	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	★	★	★	★	●	●	★		●			●	●	★				★			
硼酸盐	钠硼解石	$NaCaB_5O_9 \cdot 3H_2O$		★					●	●					☆	●							
	板硼石	$Ca_2B_6O_{11} \cdot 13H_2O$													☆								
	三方硼石	$Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$		☆			☆	▲															
	硼砂	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	●	●	★	●	●	●	★						☆							●	
	柱硼镁石	$MgB_2O_4 \cdot 3H_2O$													○								
	多水硼镁石	$Mg_2B_6O_{11} \cdot 15H_2O$													▲								
	库水硼镁石	$Mg_2B_6O_{11} \cdot 15H_2O$		★											●	●							

主要矿物 ● 原生　○ 生成情况不明　　次要矿物 ★ 原生　☆ 次生　▲ 原生、次生皆存　△ 生成情况不明

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

而水钙芒硝（图版Ⅱ照片4）和泻利盐是我所近几年来在西藏首次发现的盐类矿物。

西藏尽管没有象柴达木盆地那样具有盐湖发展晚期阶段所出现的盐类矿物，如钾石盐、光卤石和水氯镁石，但盐湖发展早期阶段所出现的盐类矿物，如天然碱、苏打、水碱、水碳镁石、氯碳酸钠石、重碳酸钠石和单斜钠钙石等碳酸盐矿物却十分发育。

不同水化学类型的盐湖分布着不同的盐类矿物。在西藏，碳酸盐型盐湖具有含钠的碳酸盐矿物组合，如天然碱、苏打、水碱、氯碳酸钠石、重碳酸钠石和单斜钠钙石。此类型盐湖如果含硼高，则硼酸盐沉积是以含钠的硼酸盐，如硼砂为主。硫酸盐型盐湖具有含钙的硫酸盐矿物组合，如，水钙芒硝、钾石膏。这类型盐湖如果含硼高，则硼酸盐沉积是以含镁的硼酸盐矿物，如，库水硼镁石和柱硼镁石为主。

（二）盐湖卤水

西藏盐湖卤水按贮存状态分为湖表卤水和晶间卤水两类。其中，以湖表卤水为主。除巴南湖和噶尔昆沙错外，其余的盐湖都有湖表卤水（图版Ⅰ照片1）。

按M·Γ·瓦里亚什科分类，西藏卤水主要为硫酸盐型，其次是碳酸盐型，无氯化物型。硫酸盐型盐湖主要分布在班公湖—尼玛—怒江断裂带以北的双湖唐古拉地区；碳酸盐型盐湖主要分布在班公湖—尼玛—怒江断裂带以南的革吉申扎地区（图2）。

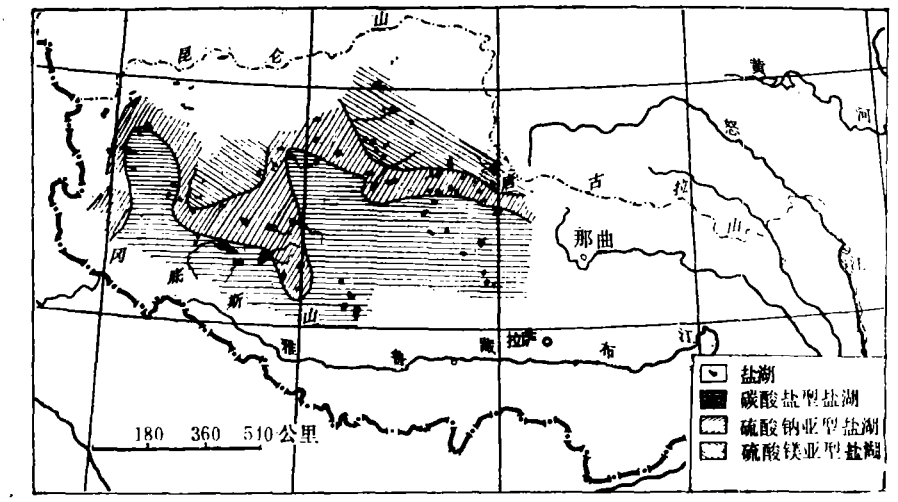


图2 西藏盐湖水化学类型分区图

卤水pH值一般为7—9.3，呈弱碱性。pH值随矿化度的增加而降低（图3）。

卤水的矿化度最高为365.01克/升，最低为63.12克/升，平均达203.08克/升，属浓卤水。目前，多数盐湖已演化到自析盐阶段。

目前所知，卤水中含有37种化学组分（表2）。其中，阳离子Na^+、K^+、Mg^{++}、Ca^{++}和阴离子Cl^-、SO_4^{--}、CO_3^{--}、HCO_3^-含量最多，占卤水总组成的98%，为盐湖卤水的主要化学成分，它们决定了卤水的化学类型和成盐特征。其余29种组分含量仅占卤水总组成的2%。有些化学元素，如，硼、锂、铷、铯等在地壳中的克拉克值并不高，但它们均比海洋水高，并且在盐湖卤水中形成了较高的地球化学富集（表3）。这

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

些元素相互之间大都呈简单直线相关（表4），紧密共存，构成了综合性的液体矿床。

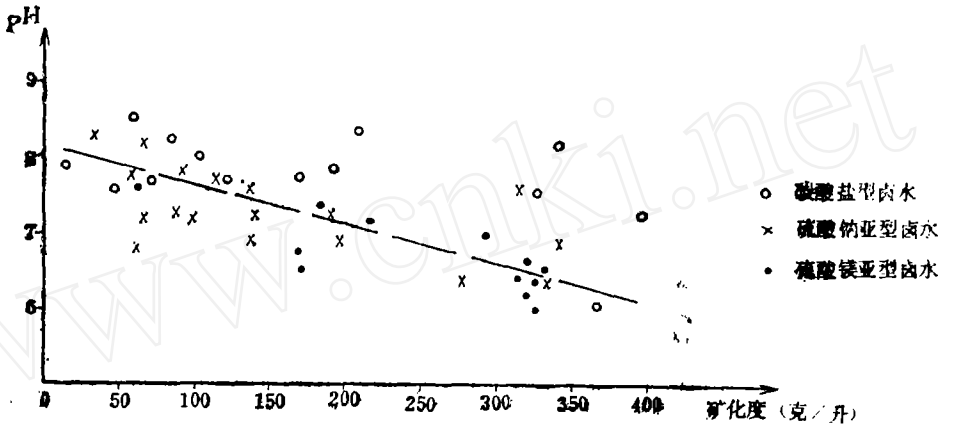


图3　西藏盐湖卤水的 pH 值与矿化度的关系

表2　西藏高原盐湖卤水化学组分含量比较　（毫克/升）

地区 \ 离子含量		Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Cl^-	$SO_4^=$	HCO_3^-	$CO_3^=$	B^{3+}	Li^+	Br^-	I^-	Rb^+
海洋水	平均值	10500	380	400	1350	19000	2967	140	140	4.6	0.17	65	0.06	0.12
藏北高原盐湖卤水	最大值	124387	21210	1156	20095	188887	90610	4267	6653	1439.2	2900	242	0.6	23.13
	最小值	16985	768	0.0	5.1	3219	2332	0.0	0.0	31.7	0.0	0.3	0.0007	0.20
	平均值	61607	6646	153.7	4658	92290	27950	948	1192	541.8	320.4	62.51	0.159	5.42
为海洋水的倍数		5.9	17.5	0.4	3.5	4.9	9.4	6.8	8.5	117.8	1885	0.96	2.65	45

地区 \ 离子含量		Cs^+	U^{6+}	Th^{4+}	F^-	Sr^{++}	NO_3^-	P^{5+}	Si^{4+}	As^{3+}	Al^{3+}	Pb^{++}	Fe^{3+}	Sn^{4+}
海洋水	平均值	0.0005	0.003	0.00005	1.3	8.0		0.07	3.00	0.003	0.01	0.00003	0.01	0.0008
藏北高原盐湖卤水	最大值	18.3	1.5	0.072	441.85	42.0	13.0	12.90	11.6	13.2	0.12	0.22	0.85	0.016
	最小值	0.0	0.0	0.0	10.67	—	0.1	0.0	0.0	0.0	0.009	0.001	0.039	0.0
	平均值	1.938	0.162	0.0068	112.9	6.67	3.31	2.03	3.6	1.72	0.0549	0.031	0.188	0.0044
为海洋水的倍数		3876	54	136	87			29	1.2	573	5.5	1033	19	5.5

地区 \ 离子含量		Cr^{3+}	Mn^{++}	Ni^{++}	Mo	V^{++}	Ti^{++}	Cu^{++}	Ag^+	Zn^{++}	Hg	NO_2^-
海洋水	平均值	0.00005	0.002	0.002	0.01	0.002	0.001	0.003	0.00004	0.01	0.00003	
藏北高原盐湖卤水	最大值	0.034	0.153	0.07	0.16	0.018	0.02	0.13	0.067	0.15	0.4	1.94
	最小值	0.004	0.002	0.003	0.005	0.002	0.002	0.0008	0.0002	0.0003		0.20
	平均值	0.0166	0.0328	0.0101	0.0389	0.006	0.006	0.0243	0.0085			0.299
为海洋水的倍数		332	16	5	4	8	6	8	212			

水中某些有用组分的富集与水化学类型有关。硼主要富集在碳酸盐型和硫酸钠亚型卤水中；锂、铷、铯主要富集在硫酸盐型卤水中。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表3 西藏盐湖卤水的某些特征系数值与海洋水的比较

系数值 / 水体	$B_2O_3\cdot10^3$ / Σ盐	$B_2O_3\cdot10^3$ / K	$B_2O_3\cdot10^3$ / Mg	$Li\cdot10^3$ / Σ盐	$Li\cdot10^3$ / Mg	$K\cdot10^3$ / Σ盐	$K\cdot10^3$ / Cl	$Rb\cdot10^3$ / Σ盐	$Cs\cdot10^3$ / Σ盐
西藏盐湖卤水	8.6	262.6	374.6	1.58	68.79	32.73	72.01	0.0259	0.0082
海洋水	0.42	38.23	11.42	0.004	0.116	11.07	20.02	0.0057	0.0000106

表4 西藏盐湖卤水中某些化学组分间的简单相关系数值

元素	Rb	Cs	Li	B_2O_3	K
Rb	1	0.867	0.851	0.728	0.598
Cs		1	0.631	0.823	0.569
Li			1	0.746	0.658
B_2O_3				1	0.833
K					1

* 相关系数的临界值 r 为0.367（5%）

三、盐湖的形成

西藏盐湖的形成与整个青藏高原的隆起、演化有着密切的成因联系。这里具备了盐湖形成的三个条件：1．有一个适宜的古地理环境—闭流或半闭流的湖盆地；2．充足的盐类物质来源；3．干燥的气候和有利的物理化学环境。

（一）盐湖盆地

西藏盐湖盆地有两种类型，一种是古湖构造盆地，它是印度板块向北漂移，同欧亚板块依次碰撞，在次一级的缝合线附近形成的第三纪地堑式断陷盆地。班公湖—尼码—怒江断裂带上的许多东西向的大型盆地，如，别若则—恰果盆地、洞错—扎西盆地、伦坡拉盆地都属这类构造盆地。这种盆地演化时间长，湖盆范围广，湖相沉积厚，往往形成湖群或大盐湖。比如，色林错湖群、马尔盖茶卡、扎布耶茶卡、扎仓茶卡等都是这类盐湖盆地。另一种是河谷侵蚀或冰蚀的凹地，它是河谷侵蚀作用和冰川作用而形成的小型凹地及山间盆地，这种盆地经历时间短，为第四纪以来局部集水而成的小湖盆地。一般面积小，但数量多，西藏高原许多分散的小盐湖，如，徐果茶卡、噶尔昆沙湖等，都属这种小型盐湖盆地。

（二）盐湖的物质来源

藏北高原已在白垩世最后脱离了海浸而成为大陆，因此，西藏盐湖同海水没有直接联系，其盐类物质显然不是来自海水，同样也不存在海陆交替补给的可能[2]。藏北高原区域辽阔，湖盆蚀源区不同时代的岩石和沉积物分布很广。一些盐湖盆地周围的岩石化学组成中，Na^+、K^+、Mg^{++}、Cl^-和SO_4^{--}等组分的含量均比地壳的平均含量高。它们在自然界的各种外营力作用下，经受长期风化和淋溶作用，使上述那些易于迁出的元素首先释放出来，成为盐湖盆地富集和堆积的基本物质。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

西藏是我国水热活动最强烈的地区。温泉、热泉、沸泉（简称“温热沸泉”）数量多，分布广。这些泉与盐湖有成因联系，不少泉水直接流入湖盆（图版Ⅰ照片2、3）。目前，一些湖盆还有湖岸（水上）温热沸泉和湖底（水下）温热沸泉存在。湖岸温热沸泉分布在湖盆边缘，有些温热沸泉已经退化，遗留有规模壮观的碳酸盐泉华和盐华沉积（照片5）。这些泉华有的堆积如山呈泉华锥（如郭加林湖区），有的高达十余米呈泉华柱（如依布茶卡湖区），有的延伸数十公里形成泉华带（如北仓茶卡湖区），这就说明当时水热活动规模比现在大，水量也多。湖底温热沸泉是指湖水面以下的高温泉，泉水向湖中扩散，泉口附近出现一个高温的异常水层（图4）。这种温热沸泉一般不易被人们注意，但很重要，因为它的水量大、温度高，对改变湖水理化性质和提高盐类积累有明显影响。

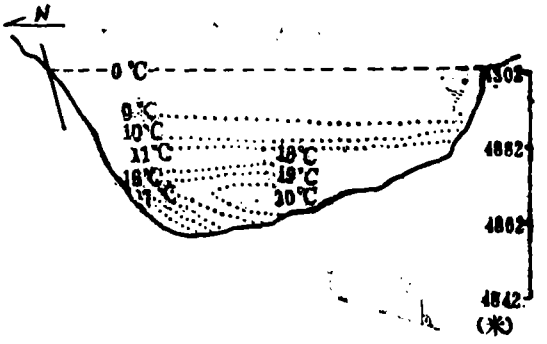


图4　错尼垂直水温剖面

温热沸泉是地壳深部天然热水循环的一种形式，它可以把地壳深处的某些元素，如，B^{3+}、Li^{+}、Rb^{+}、Cs^{+}、F^{-}等带到地表（表5），转移给湖盆。

总之，温热沸泉和盐湖之间有许多共同特征，表现在：1．凡富含硼、锂的盐湖都分布在构造带附近，同温热沸泉或泉华出露区相近；2．水化学组成相似，从温泉→咸水湖→盐湖，其水化学系数Na/Σ盐、K/Σ盐、Mg/Σ盐逐渐增大，而B/Σ盐、Rb/Σ盐、Cs/Σ盐渐趋减少，呈线性递变规律（表6）；3．盐湖中出现的主要盐类矿物，可以在泉华中见到，如，库水硼镁石在拉布郎泉区、硼砂在布绝曲尊，三方硼砂在江巴泉区，芒硝、无水芒硝、石盐在绒马泉群，章氏硼镁石在羊八井见到；4．硫同位素含量值接近[3]。说明温热沸泉和盐湖中的许多元素（尤其是锂和硼）有共同的物质来源。

表5　西藏某些温泉水化学成分（毫克/升）

地　点	PH	矿化度	Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	B_2O_3	Li^{+}	Rb^{+}	Cs^{+}	Cl^{-}	$SO_4^{=}$	$CO_3^{=}$	HCO_3^{-}	F^{-}
扎仓茶卡	9.2	626.50	100.00	2.50	34.07	29.31	4.98	1.50	0.48	0.15	81.98	143.24	0	228.80	
布空曲尊	9.2	2225.34	725.00	49.97	5.47	12.46	29.55	<0.5	0.35	0.68	46.24	60.00	318.20	978.10	
那拉泉	8.9	362.80	10.00	1.00	57.00	23.20	1.01	—	<0.2	<0.4	12.12	9.82	42.10	190.70	13.85
错尼泉	8.4	608.28	193.81	1.00	16.20	2.80	3.70	<0.5	<0.2	<0.4	255.60	85.50	2.78	24.81	20.08
绒马泉群	8.5	1520.74	372.44	64.20	14.40	17.10	50.00	20.00	0.70	<0.4	143.80	71.60	248.80	374.60	142.80
羊八井	8.5	1571.54	391.98	66.20	1.90	1.69	188.30	11.00	1.50	5.93	538.40	40.30	24.64	130.10	169.30

水是影响地表盐类迁移的主要营力。盐类迁移可以有地下迳流、地表迳流和大气降水三种途迳。地下迳流能把深层盐类运移到潜水带或地表。它的搬运方向决定于补给区

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表6 盐湖咸水湖热泉水化学系数对比表

系数 / 类别	Na/Σ	K/Σ	Mg/Σ	Cl/Σ	B/Σ	$\frac{Li}{\Sigma}\times10^3$	$\frac{Rb}{\Sigma}\times10^3$	$\frac{Cs}{\Sigma}\times10^3$	F/Σ
盐 湖	0.3034	0.0428	0.0374	0.4234	0.003	1.066	0.0259	0.0086	0.0007
咸水湖	0.2625	0.0268	0.0393	0.1863	0.003	0.6804	0.1595	0.2379	0.2204
热 泉	0.1374	0.0199	0.0212	0.0899	0.017	1.252	0.2374	0.7569	0.0044

注：Σ代表总盐量

和排泄区的位置，潜水面距地表近，对元素迁移影响很大。地表迳流是盐类迁移的主要形式。藏北高原内陆河很多，如，扎加藏布、波合藏布、江爱藏布等等。河水含有各种离子（表7），它是盐湖盆地积盐过程中的主要盐源。据调查，仅绒马藏布、每年携带3200吨盐类进入依布茶卡盐湖。盐类的迁移作用与地表水、地下水及土壤水的运动有

表7 藏北主要内河河水化学成分（毫克/升）

河 名	PH	矿化度	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	B_2O_3	Li^+	Cl^-	$SO_4^=$	$CO_3^=$	HCO_3^-	注入湖泊
俄笼藏布	8.7	56.70	1.00	—	8.02	1.82	1.87	<0.1	2.56	6.17	1.82	33.43	扎仓茶卡
波合藏布	9.2	323.00	33.00	1.00	15.63	22.13	10.57	0.12	5.91	29.64	3.63	208.90	达 泽 错
扎加藏布	9.1	382.00	40.00	1.00	42.08	15.81	6.84	0.14	24.41	99.20	2.48	148.45	色 林 错
惹多藏布	8.6	221.00	11.00	1.70	29.00	20.40	4.20	—	6.30	16.80	9.81	122.10	洞 错
捷娃藏布	9.8	447.00	51.00	1.00	37.47	19.94	7.46	<0.1	17.22	53.51	0.61	256.65	班 戈 错
江爱藏布	8.9	161.00	6.00	0.7	41.00	7.00	5.38	—	11.10	9.00	31.10	48.64	依布茶卡

关，而盐类的堆积则与被水带来的盐类聚集于地表迳流及地下迳流的最终汇集盆地一盐湖有关〔4〕。

大气降水对地表水（河水、湖水等）化学成分影响大，甚至能决定地表水主要离子含量。藏北高原属于干寒气候，大气降水（雨、雪）量少，但盐类含量高（表8）。据统计，每平方公里的土地上，每年由大气降水带来的盐份，西部扎仓茶卡地区有320

表8 藏北部分地区大气降水化学成分（毫克/升）

地 点	PH	矿化度	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	B_2O_3	Li^+	Cl^-	$SO_4^=$	$CO_3^=$	HCO_3^-	F^-	Rb^+	Cs^+	样品类型
扎仓茶卡	8.3	473.00	190.00	5.00	8.02	2.80	20.53	0.18	20.56	86.26	0	161.09	37.49	<0.05	<0.06	雪
班戈错	8.9	77.80	5.00	—	3.65	8.02	4.98	<0.1	2.57	12.85	3.65	37.47		〃	〃	雨水
洞 错	9.1	17.00	3.45	0.20	1.39	0.28	0.50	—	3.80	0	0.50	6.81	1.98	<0.2	<0.4	雪
达瓦错	8.2	63.40	34.95	1.40	4.63	0.70	5.38	—	10.10	35.40	8.61	53.08	2.24	〃	〃	雪粒
措 哲	8.6	30.60	6.90	0	〃	0.30	1.01	—	4.90	0	0.72	12.16	3.61	〃	〃	雪

吨，东部班戈错一带有120吨，如果考虑大风因素的影响，则降下的盐类还要多。大气中盐类的来源，有海洋盐类、也有陆源盐类。大洋是大气降水离子成分最重要来源〔5〕，风可以把海洋盐类吹到大气中去，并带到远离海岸的内陆。随风带入陆地的盐类数量与风的功能成正比。藏北高原有明显大陆性季风气候特征，自印度洋吹来的西南季风，越过喜马拉雅山与大陆性干燥气流相遇，通过降水（雪）将盐分带到陆地，这同该区强烈

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

太阳能辐射和夏季集中降水（雪）相配合，对陆地盐类积累起到一定作用。大气中的陆源盐类，是风的吹扬作用将陆地及盐湖中的盐类带到空中，实际上是陆地—大气之间盐类循环的一部分。

（三）干燥气候与成盐期

干燥气候是盐湖形成及成盐作用不可缺少的条件。西藏盐湖形成时间晚，成盐期短，大量盐类沉积发生在第四纪末期（晚更新世—全新世），根据湖相沉积，可以分出两个明显的成盐阶，段即晚更新世末—全新世初期的成盐阶段和全新世后期—现代的成盐阶段。根据孢粉和古地理环境分析，早—中更新世时期，继承了上新世大水湖湖盆轮廓，区域气候为干燥—潮湿—干燥。湖盆总的趋势是收缩，湖水咸化，但未达到析盐阶段，湖相沉积主要是一套淡水湖—半咸水湖相的砾岩、砂砾岩、砂质泥岩碎屑岩建造。晚更新世末—全新世初期，由于本区强烈上升和区域气候持续干旱，大湖盆地开始解体并隔离成许多小湖盆，湖水含盐量明显增加并演化到咸水湖—盐湖阶段，出现了干燥环境特有的蒸发岩类沉积。继钙质粘土、文石、菱镁矿、水菱镁矿等碳酸盐沉积后，出现了库水硼镁石、多水硼镁石和柱硼镁石等硼酸盐沉积，最大厚度约2米(如扎仓茶卡)，成盐时代相当于湖相碳酸盐粘土沉积，据C^{14}法测定，绝对年龄距今15000—8000年，这是西藏盐湖最早的一次成盐期。全新世中期，由于雨期影响而湖水相对淡化。直到全新世末期以来，区域气候强烈干旱，太阳能辐射强，使湖水加速蒸发、浓缩，含盐量明显增加，导致西藏盐湖形成第二成盐期。这次成盐作用较前次分布广，盐类沉积几米至十几米不等，成盐时间距今4000年左右（C^{14}法测定）直到现代（图5），盐类以芒硝沉积为主，石盐、柱硼镁石、硼砂和钠硼解石次之，并有少量泻利盐、水钙芒硝、钾芒

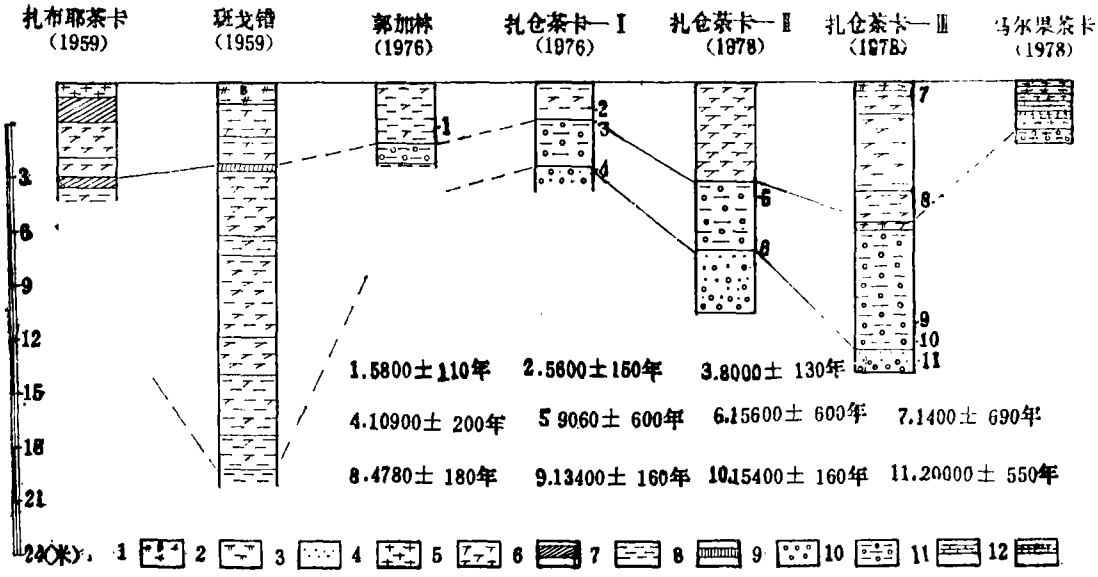


图5　西藏盐湖沉积剖面图

1．含硼粘土　2．柱硼镁石　3．细砂　4．石盐　5．芒硝　6．三方硼砂　7．粘土　8．硼砂　9．砾石　10．碳酸盐粘土　11．石膏　12．钾石膏

* 据郑绵平资料

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

硝、杂芒硝、石膏、钾石膏、库水硼镁石等。

（四）盐湖形成模式

盐湖的形成、演化，是内、外因多种因素综合作用的结果，为了直观地认识盐湖形成的机理，现以扎仓茶卡为例，以图式再现古湖盆演化过程（图6），作为探索高原盐湖形成基本规律和盐类资源形成条件的模式。

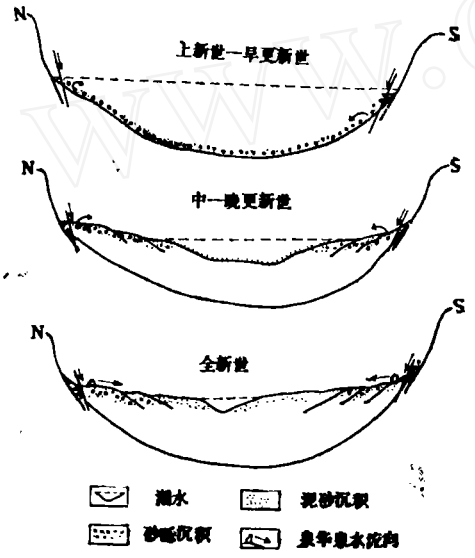


图6 扎仓茶卡沉积演化模式

四、盐湖资源的开发利用

西藏的盐湖资源分布广、类型全，尤其是锂、硼、钾元素极为丰富。这些资源按其存在形态分为固体盐类和液体卤水两部分，前者包括碳酸盐、硼酸盐、硫酸盐、氯化物等27种盐类，后者为富含近40种化学组分的湖表卤水和晶间卤水。

碳酸盐主要有菱镁矿、水菱镁矿（图版Ⅱ照片6）、天然碱、水碱等，储有碳酸盐的盐湖有班戈错和郭加林错等。具有工业价值的硫酸盐有芒硝、无水芒硝、石膏等。西藏芒硝分布很广，例如，洞错、依布茶卡、巴南湖、扎仓茶卡等，储量丰富。据调查，扎仓茶卡一个湖就储有芒硝五千余万吨。盛产硼酸盐的盐湖较多，除为人们早已熟知的班戈错和郭加林错之外，还有茶拉卡、朋彦错、噶尔昆沙错、拉果错、扎布耶茶卡、恰茶卡、扎仓茶卡（图版Ⅱ照片7）等盐湖。石盐是西藏盐湖最普遍的盐类资源，例如，马尔果茶卡、马尔盖茶卡，结则茶卡、赞宗茶卡、康如茶卡、硝茶卡、戈木茶卡、扎仓茶卡等都是盛产石盐的盐湖。各种盐类密切共存对综合利用盐湖资源十分有利。如，扎仓茶卡，湖中的硼酸盐、芒硝、石盐等储量很大，是一个很有远景的综合性盐类矿床。另外，卤水也是西藏盐湖资源的重要组成部分，如，扎布耶茶卡、洞错、扎仓茶卡、错尼、依布茶卡、其香错、聂尔错、龙木错等盐湖不仅石盐储量多，而且锂、硼、钾、镁、铷、铯等有用元素含量也很高，特别是扎布耶茶卡的硼（B_2O_3含量为8880毫克/升）、扎仓茶卡的锂（LiCl含量为7371.99毫克/升）和钾（KCl含量为29872.27毫克/升）、聂尔错的铷（R_bCl含量为32.48毫克/升）和铯（C_sCl含量为28.88毫克/升）、班戈错的碘（I^-含量为0.21毫克/升）、龙木错的氟（F^-含量为430.3毫克/升）、查那错的钍(Th含量为0.072毫克/升)和铀(U含量为2.29毫克/升)等含量之高，在国内外大陆盐湖中都是罕见的。

盐类资源用途广泛，是工业、农业和国防等部门的重要原料。食盐、天然碱是人们生活中的必需品，在医学上，它们对多种疾病有明显疗效[1]。在工业上，是制造三

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

酸（盐酸、硫酸、硝酸）两碱（烧碱、苛性碱）的重要原料，被誉为“化学工业之母”。钾、硼、镁是生产钾肥、硼肥、镁肥的原料；芒硝用于纺织、造纸、制革、医药、陶瓷等轻纺工业；镁还用于国防工业，溴用于生产电影胶片，碘用于医药，铷和铯用于电器工业，硼在冶金工业上作为焊接剂和生产耐磨的硼钢，在航空工业上作高能燃料和火箭的推进器，据估算，1吨硼相当于2000吨优质煤的发热量）锂同铝、镁、铍的合金，质轻耐磨，是生产导弹、火箭、飞机等航天工具的原材料，锂及锂化合物（氧化锂、过氧化锂、氢化锂等）为优质高效化学燃料、1公斤锂燃烧时，相当于4000吨原煤放出的热量，由于它燃烧时温度高，产生能量大，而有效地用于宇宙火箭、人造卫星、潜艇等燃烧系统；锂还可用于原子能工业；用锂制造的高效电池，体积小、成本低，是袖珍计算器和空间技术上的理想能源。

西藏盐湖资源的开采历史较早，早在六世纪，勤劳的藏族人民就开采班戈错盛产的硼砂，这是世界上最早发现和利用硼砂的地区。直到一五六三年，它才传到欧洲〔1〕。此外，扎布耶茶卡、扎仓茶卡等盐湖产的食盐，历来向尼泊尔出口。

西藏盐湖资源的开发利用，必须考虑现有工业基础、市场需求和经济效益。根据现实和可能，应该采取统一规划、分片开采的原则，对那些交通方便，开采条件简单，经济效益明显而又急需的盐类，优先开发利用。近期可首先开采扎布耶茶卡、扎仓茶卡和赞宗茶卡的食盐和芒硝。视经济及交通发展情况，再考虑开发其余盐湖中的石盐、芒硝、天然碱和那些工艺流程比较复杂的硼酸盐，以及卤水中的硼、锂、钾、铷、铯、铀、钍等元素。例如，马尔盖茶卡、康如茶卡、结则茶卡的石盐，班戈错、郭加林错、茶拉卡、朋彦错、恰茶卡的硼砂，扎仓茶卡、扎布耶茶卡、拉果错等的硼酸盐以及洞错、阿翁错、聂尔错、其香错、龙木错等丰富的卤水资源。

总之，随着科学技术的不断进步和国民经济的飞速发展，富饶的盐湖资源必将在我国的社会主义建设事业中，发挥更大的作用。

参 考 文 献

〔1〕于升松：1980，《盐湖》青海人民出版社

〔2〕袁见齐：1964，含钾沉积形成条件的几个问题　《钾磷矿床研究》科学出版社

〔3〕陈克造、杨绍修、郑喜玉：1981，青藏高原的盐湖　地理学报，36（1），P.13—21

〔4〕А．И．京斯一李道夫斯基：1965，《湖盐矿床综合调查和勘探方法》　中国工业出版社

〔5〕中国地理学会自然地理专业委员会：1963，《地表盐分的迁移累积和平衡》科学出版社

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

FORMATION OF THE SALT LAKES RESOURCES AND ITS UTILIZATION ON THE XIZANG PLATEAU

Zheng Xiyu Yu Shengsong

(Qinghai Institute of Salt Lake, Academia Sinica)

Abstract

The Xizang Plateau is an area in which there are many salt lakes and rich in resources. The salt lakes contain nearly forty kinds of chemical elements and twenty-seven kinds of minerals, especially their high content and large reserves of boron, lithium and potassium, etc., which are well known to the world.

On the basis of analyzing the distribution, the hydrochemical characteristics, the salt-forming law of the salt lakes in Xizang plateau, together with the geolgical structure, palaeogeographic environments and the strong hydrothermal activities of the plateau, this article has discussed the conditions of the formation of the salt lakes and the mechanism of their genesis. We consider that the block basin was the topographical basis for the fossil lakes formed the arid climate was the palaeogeographic environments affecting the salinization of lake water and controlling the distribution of salt lakes, and the strong natural hydrothermal circulation has supplied abundant boron, lithium and potassiou, and other materials to the salt lakes.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net