

青藏高原盐湖资源的开发利用

郑喜玉

(中国科学院盐湖研究所, 西宁 810008)

提要 本文首先介绍了青藏高原盐湖的基本概况, 分布特征; 重点叙述了该区盐湖自然资源的类型、盐类沉积矿物组合, 卤水的水化学成分, 盐湖资源的规模和开发利用现状; 提出了今后开发利用盐湖资源的方向和途径。

关键词 盐湖资源 盐类矿物 卤水成分

1 盐湖概况

青藏高原具有独特的自然地理环境和成盐地球化学背景, 形成了星罗棋布的现代内陆盐湖和丰富的盐湖自然资源。根据考察资料统计^[1-4], 1 km² 以上的盐湖有 300 个, 成盐面积达 2177.19 km², 是我国海拔最高、面积最大的盐湖分布区(图 1)。其中, 柴达木盆地、可可

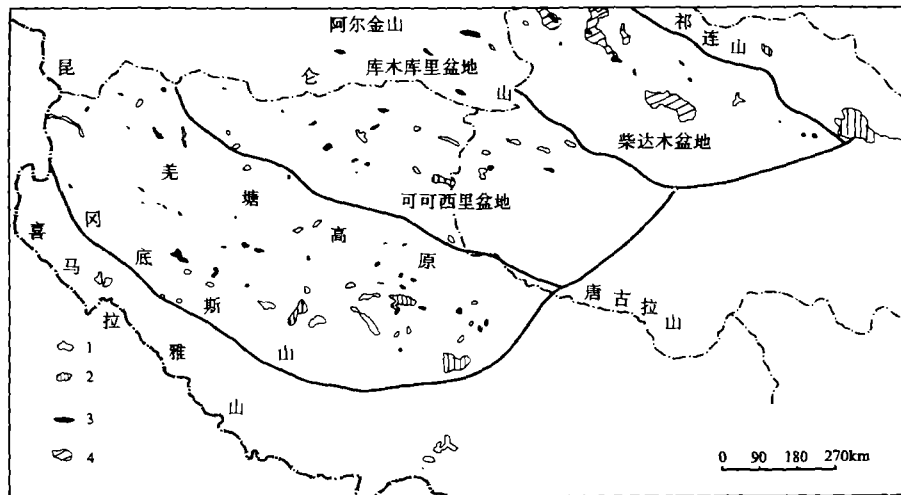


图 1 青藏高原盐湖分布图

1. 淡水湖; 2. 微咸水湖和咸水湖; 3. 盐湖; 4. 干盐湖

Fig. 1 The distribution of salt lakes over Qinghai-Xizang Plateau

西里盆地、库木库里盆地和羌塘(藏北)盆地, 就有现代内陆盐湖 276 个, 盐湖面积 21354.01 km², 是青藏高原盐湖数量最多, 分布最集中的成盐区(表 1、2)。尤其是 K、B、Li

收稿日期: 1992 年 5 月 11 日; 接收日期: 1993 年 11 月 24 日。

等盐湖,数量多,分布广,在我国各个盐湖成盐区中占有明显的优势,其资源的储藏量和含矿品位,在世界同类盐湖中尚属罕见。

表1 青藏高原盐湖分区表

Tab. 1 Salt lake zones over Qinghai-Xizang Plateau

地区	青海	西藏	新疆	合计	
盐湖	湖数(个)	54	220	21	295
	个数比(%)	3.81	15.52	1.48	20.81
	面积(km ²)	14505.19	6000	1274	21779.19
	面积比(%)	27.44	11.35	2.41	41.20
咸水或微咸水湖	湖数(个)	95	300	21	416
	个数比(%)	6.70	21.17	1.48	29.35
	面积(km ²)	7652.82	16000	276.3	23929.12
	面积比(%)	14.47	30.27	0.52	45.27
淡水湖	湖数(个)	224	480	5	709
	个数比(%)	15.80	33.87	0.35	50.03
	面积(km ²)	2600	4500	43	7143
	面积比(%)	4.91	8.51	0.08	13.51
合计	湖数(个)	370	1000	47	1417
	个数比(%)	26.11	70.57	3.31	100
	面积(km ²)	24758.01	26500	1593.3	52851.31
	面积比(%)	46.84	50.14	3.01	100

表2 青藏高原主要成盐盆地盐湖统计表

Tab. 2 The statistics of salt lakes in the main salt-forming basins over Qinghai-Xizang Plateau

类型	盐湖	咸水或微咸水湖	淡水湖	合计	
柴达木盆地	湖数(个)	34	7	1	42
	个数比(%)	3.28	0.67	0.09	4.05
	面积(km ²)	14158.01	278.7	110	14546.71
	面积比(%)	36.14	0.71	0.28	37.13
可可西里盆地	湖数(个)	32	40	30	102
	个数比(%)	3.09	3.86	2.98	9.85
	面积(km ²)	600	1640	560	2800
库木库里盆地	湖数(个)	12	10	—	22
	个数比(%)	1.15	0.96	—	2.12
	面积(km ²)	1216	60.5	—	1276.5
羌塘盆地	湖数(个)	198	282	398	869
	个数比(%)	19.13	27.24	64.83	83.96
	面积(km ²)	5380	13500	1669	20549
合计	湖数(个)	276	339	420	1035
	个数比(%)	26.66	32.75	40.51	100
	面积(km ²)	21354.01	14579.2	2339	39172.2
	面积比(%)	54.51	39.51	5.97	100

2 盐湖资源的类型

青藏高原盐湖资源,根据赋存形态和矿种而划分为三大类型:盐类沉积资源、卤水资源和生物资源。

2.1 盐类沉积资源

青藏高原盐湖盐类沉积资源丰富,种类齐全。据现有资料,该区共有盐类矿物60种。其中,碳酸盐类16种,硫酸盐类22种,硼酸盐类14种和氯化物盐类8种(表3)。

这些盐湖盐类矿物,只能在有利的自然条件和成盐环境中,才有可能形成大规模的堆积,构成有经济价值的盐湖类沉积资源(矿床)。例如,碳酸盐类中的菱镁矿、苏打等;硫酸盐类中的天青石、芒硝、钾盐镁矾等;硼酸盐类中的硼砂、钠硼解石、柱硼镁石、库水硼镁石、多水硼镁石等;氯化物盐类中的石盐、钾石盐、光卤石、南极石、水氯镁石等(图2)。

2.2 卤水资源

盐湖卤水资源,包括湖表卤水、晶间卤水和淤泥(碎屑)卤水三大部分。以湖表卤水和晶

表 3 青藏高原盐湖沉积盐类矿物

Tab. 3 Salt sedimentary minerals in salt lakes over Qinghai-Xizang Plateau

	盐类矿物组成	碳酸盐型	硫酸盐型		氯化物型
			硫酸钠亚型	硫酸镁亚型	
氯化物矿物	石盐	NaCl	○	●	●
	水石盐	NaCl · 2H ₂ O		○	○
	冰石盐	NaCl · 2H ₂ O			○
	钾石盐	KCl			○
	光卤石	KCl · MgCl ₂ · 6H ₂ O			●
	水氯镁石	MgCl ₂ · 6H ₂ O			●
	八水氯化镁	MgCl ₂ · 8H ₂ O			○
	南极石	CaCl ₂			●
硫酸盐矿物	六水泻盐	MgSO ₄ · 6H ₂ O			○
	四水泻盐	MgSO ₄ · 4H ₂ O			○
	泻利益	MgSO ₄ · 6H ₂ O			○
	钾盐镁矾	KCl · MgSO ₄ · 3H ₂ O			○
	无水钾镁矾	K ₂ Mg ₂ (SO ₄) ₃			○
	羟钠镁矾	NaOH · MgSO ₄ · 2H ₂ O			○
	钾镁矾	K ₂ Mg(SO ₄) ₂ · 4H ₂ O			○
	软钾镁矾	K ₂ Mg(SO ₄) ₂ · 6H ₂ O			○
	白钠镁矾	Na ₂ Mg(SO ₄) ₂ · 4H ₂ O		○	
	杂卤石	2K ₂ MgCa(SO ₄) ₃ · 2H ₂ O		○	○
	重晶石	BaSO ₄			○
	天青石	SrSO ₄			○
	芒硝	Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	○	●	○
	无水芒硝	Na ₂ SO ₄		○	○
	水钙芒硝	Na ₂ Ca(SO ₄) ₂ · 6H ₂ O		○	○
	钾芒硝	K ₂ SO ₄ · Na ₂ SO ₄	○		
	钙芒硝	Na ₂ SO ₄ · CaSO ₄		○	○
	杂芒硝	2MgCO ₃ · 2Na ₂ CO ₃ · Na ₂ SO ₄		○	
	钾石膏	K ₂ Ca(SO ₄) ₂ · H ₂ O			○
	半水石膏	CaSO ₄ · 1/2H ₂ O	○		
硬石膏	CaSO ₄			○	
石膏	CaSO ₄ · 2H ₂ O	○	○	○	
硼酸盐矿物	水碳硼石	Ca ₂ MgB ₂ O ₄ (CO ₃) ₂			○
	三方硼镁石	MgB ₆ O ₁₀ · 7.5H ₂ O			○
	多水氯硼钙石	Ca ₄ B ₆ O ₁₅ Cl ₂ · 22H ₂ O			○
	库水硼镁石	MgB ₆ O ₁₁ · 15H ₂ O		○	●
	多水硼镁石	Mg ₂ B ₆ O ₁₁ · 115H ₂ O		○	○
	章氏硼镁石	MgB ₄ O ₇ · 9H ₂ O			○
	诺硼钙石	CaB ₆ O ₁₀ · 4H ₂ O			○
	水方硼石	CaB ₆ O ₁₀ · 6H ₂ O			○
	板硼石	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ · 13H ₂ O	○	○	
	三方硼砂	Na ₂ B ₄ O ₇ · 5H ₂ O	○		○
	贫水硼砂	Na ₂ BO ₇ · 4H ₂ O	○		
	柱硼镁石	MgB ₂ O ₄ · 3H ₂ O		●	●
	钠硼解石	NaCaB ₅ O ₆ · 8H ₂ O	○	○	●
	硼砂	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	●	○	●

续表 3

碳酸盐矿物	扎布耶石	Li_2CO_3	○			
	菱锶矿	SrCO_3		○		○
	锂菱镁矿	Li-MgCO_3	○			
	锂白云石	$\text{Li-CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	○			
	天然碱	$\text{NaH}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	○			
	水碱	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	○			
	苏打	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	○			
	针碳钠钙石	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	○			
	水菱镁石	$\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	○			
	菱镁矿	MgCO_3	●	○	○	
	白云石	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	○	○	○	○
	氟碳酸钠矾	HMgCO_3	○			
	重碳酸钡		○			
	水碳钡石	$\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	○			
	瓦石	CaCO_3	○	○	○	○
方解石	CaCO_3	○	○	○	○	

●主要盐类沉积矿物；○次要盐类沉积矿物。

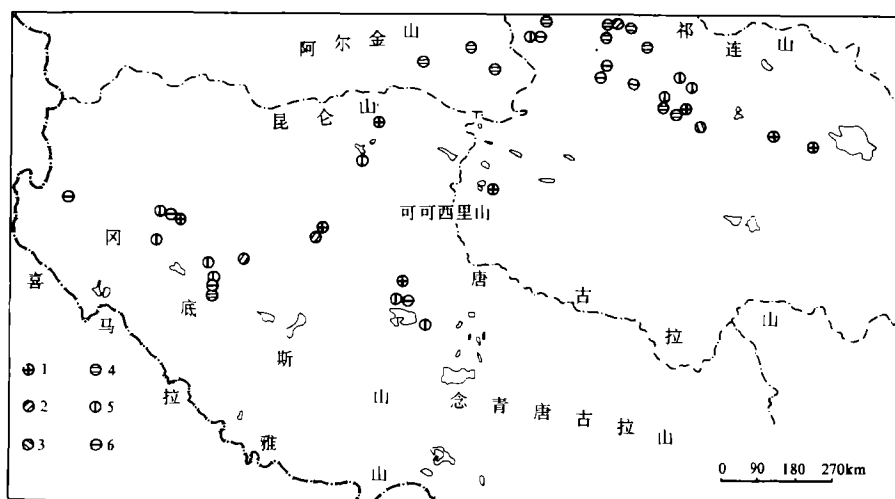


图 2 青藏高原主要盐湖矿床分布图

1. 石盐矿床; 2. 芒硝矿床; 3. 南极石矿床; 4. 钾镁盐矿床;
5. 硼、锂盐湖沉积矿床; 6. 钾、硼、锂卤水矿床

Fig. 2 The distribution of salt lake deposits over Qinghai-Xizang Plateau

间卤水为主。卤水中含有主要化学成分(表 4)和次要化学成分(表 5),共同构成该区金属与非金属元素组成的综合性盐湖卤水资源(矿床),包括 Na、K、Mg、B、Li、Rb、Cs、U、Th 等。尤其是 K、Mg、B、Li 等卤水资源,含量高,储量大,是该区盐湖开发利用的优势资源^[5]。

2.3 生物资源

盐湖生物资源,包括动物资源和植物资源,是一种新型盐湖资源。青藏高原盐湖生物资

源,按种类主要有水禽、喜盐虫、尝盐菌和芦苇、盐藻等。其中,水禽类包括天鹅、斑头雁、黑颈鹤、赤麻鸭、灰麻鸭、棕头鸥等旅游观赏性质的动物资源;喜盐虫类有卤虫、尝盐菌等。

表4 青藏高原盐湖卤水和海洋水主要化学成分 单位:mg/L

Tab. 4 The main brine chemical compositions of salt lakes over Qinghai-Xizang Plateau

盐湖区	矿化度	离子成分								
		Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	
青藏高原区	柴达木盆地	319808.47	68688	4708	28397	6587	195338	15255	498	336
	可可西里盆地	105385.80	34280	1097	3542	227	60114	5655	61.2	407.2
	库木库里盆地	160470.82	48805.29	1091	8195.35	441.68	96018.6	5186.16	--	731.69
	羌塘盆地	195432.83	61607	6646	4638	156.7	92290	27050	1192	948
	其它盐湖	194418.97	52595.07	3385	11196.09	1743.43	110940.15	13511.5	437.8	605.72
海洋水	35000	10500	320	1350	400	19000	2967	140	140	

表5 青藏高原盐湖卤水微量元素成分 单位:mg/L

Tab. 5 Trace elements compositions of salt lake brines over Qinghai-Xizang Plateau

元素含量	Li	B	Br	I	Rb	Cs	U	Th	F
	211.65	421.4	46.3	0.61	8.16	0.99	0.12	0.1184	112.9
元素含量	P	Si	As	Al	Pb	Fe	Sn	Cr	Mn
	1.0275	7.315	0.867	0.1475	0.0355	0.099	8.7×10^{-3}	0.0218	0.1464
元素含量	Ni	Mo	V	Ti	Cu	Ag	Zn	Sr	Au
	6.05×10^3	0.06395	4×10^{-3}	7×10^{-3}	0.02565	8.75×10^3	2.3675	40.12	0.0008
元素含量	Se	Co	Hg	NO ₂	NO ₃	NH ₄	Ga	Zr	Ge
	0.053	0.005	0.029	0.3	3.31	20	0.09	50.04×10^9	
元素含量	Sb	W	Ba	Bi	Ra	Ta	Nb	Cd	Y
	3.75×10^9	305.8×10^9	30.4×10^9	21.30×10^9	3.1×10^3	163.3×10^9	738×10^9	94×10^9	28.8×10^9
元素含量	Yb	Dy	Gd	Sm	Nd	Ce	La		
	59×10^9	20.4×10^9	162.5×10^9	8.33×10^9	414.4×10^9	120.5×10^9	37.5×10^9		

卤虫又叫卤虾,是生活于高盐度水域中的小型甲壳动物,具有很高的营养价值,是虾、蟹幼体养殖的优良饵料。尤其是卤虫的成虫干体含蛋白质达57.6%,脂肪18.11%,含有虾、蟹生长所需的矿物质及促进虾腺发育的激素,促使对虾成熟。卤虫卵具易于收集、贮存、运输和孵化方便的优点,是发展养殖业解决幼体活饵料的重要来源。目前世界卤虫卵供不应求,高孵化率的卤虫卵每吨约4—5万美元。青藏高原许多盐湖都有丰富的卤虫资源分布,例如尕斯库勒湖、洞错、拉普错等,均有广阔的开发利用前景。盐藻,是盐湖卤水中的浮游植物,含有丰富的β-胡萝卜素,是提取防老、健身营养液的原料,具有很高的营养价值。盐藻在内蒙古吉兰泰盐湖试养成功,并批量生产,为充分利用盐湖资源,开辟出一条新途径。

3 盐湖资源的开发

盐湖自然资源,包括盐湖中的盐类资源、卤水资源和生物资源,在工业、农业和国防等部门都有应用。尤其是轻工业、食品工业和化学工业等行业,用途更为广泛,成为这些部门工业生产的基本原料。

成氯化钾(KCl)产品。尤其是察尔汗盐湖,面积 5856 km²,是我国最大的以钾镁盐为主,伴有 B、Li、Rb、Cs 等多种元素的综合性盐湖矿床(图 3)^[6]。该湖以晶间卤水为原料,已经完成年产 20×10⁴t KCl 生产的一期工程;中、以合资兴建年产 80×10⁴t KCl 生产的二期工程,已经签订合同。该厂建成后,使我国利用盐湖资源生产钾肥(KCl)的规模达到 100×10⁴t 以上,大大缓解了我国对氯化钾需求的紧缺状况。此外,该厂利用光卤石结晶后的老卤,继续日晒生产数万吨的水氯镁石,作为金属镁和镁盐制品的生产原料。应该指出,老卤中含有许多 B、Li、Rb、Cs 等重要元素,目前还没有综合利用。芒硝,在青藏高原盐湖中达 1000×10⁴t 以上,目前只是少数盐湖开采。例如,大柴旦湖、昆特依湖和察汗斯拉图湖等,年产芒硝数万吨,加工成元明粉、硫化碱等产品^[7]。

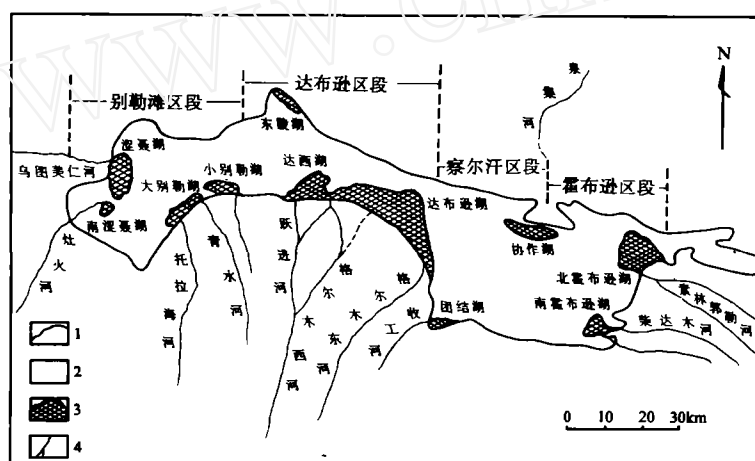


图 3 察尔汗钾—镁盐湖平面图

1. 盐湖边界; 2. 干盐滩; 3. 重溶湖泊; 4. 河流

Fig. 3 The map of Qarhan K—Mg salt lake

盐湖资源中,除盐类资源和卤水资源外,还有盐湖生物资源,尤其是卤虫资源日益引起人们的重视。柴达木盆地杂海湖的卤虫资源,主要是卤虫卵的开发,已经形成批量生产。西藏的扎布耶湖、扎仓茶卡、班戈错、洞错、拉普错等盐湖卤水中,均有卤虫资源分布,具有开发利用的价值。关于卤虫卵的生产,首先要把握住捕捞季节,也就是说生产越冬卵;其次是注意质量,提高虫卵的孵化率;养、捞并重,切不可超强度开采。

4 结 论

青藏高原面积 240×10⁴km²,有盐湖近 300 个,我国范围最大的盐湖成盐区,亦是世界上海拔最高的著名盐湖分布区。该区盐湖资源丰富,矿种齐全,有盐湖盐类沉积资源、盐湖卤水资源和盐湖生物资源三种类型。其中,盐湖盐类沉积资源中石盐、芒硝、钾镁盐和硼酸盐类,分布广,储藏量大。目前虽然已经开采,但无论是品种,还是规模,都是很有限,更没有深

层次的加工,开发利用潜力远远没有发挥出来。盐湖卤水资源,赋含有 B、Li、K、Mg、Rb、Cs、U、Th 等多种元素,构成我国多金属或碱金属元素综合性盐湖卤水矿床。特别是 K、B、Li 等卤水资源,品位高,储量大,开发前景十分可观。利用晶间卤水资源,生产 KCl 虽已列入国家重点项目,但产品种类单一,难以满足市场需求。今后应开辟钾盐系列产品的生产,在提高 KCl 产品质量的同时,扩大 K_2SO_4 的生产;同时要注意 B、Li 等元素的回收,开展盐湖资源的综合开发^[7]。盐湖生物资源的开发,主要是卤虫资源的开发,应尽早安排,统筹规划,适时组织生产,以充分利用这一新型盐湖自然资源。

总之,青藏高原盐湖数量多,自然资源丰富,具有广阔的开发利用前景。

参 考 文 献

- 1 中国科学院(中国自然)地理编辑委员会. 中国自然地理(地表水). 北京:科学出版社,1981.
- 2 张彭熹等. 柴达木盆地盐湖. 北京:科学出版社,1987.
- 3 郑喜玉等. 西藏盐湖. 北京:科学出版社,1988.
- 4 郑绵平等. 青藏高原盐湖. 北京:北京科学技术出版社,1989.
- 5 郑喜玉. 柴达木盆地盐湖 Li、B 地球化学. 见:青海柴达木盆地新生代地质环境演化. 北京:科学出版社,1986:133—147.
- 6 郑喜玉等. 青藏高原的盐湖资源及其利用. 地理科学,1981,1(1):66—78.
- 7 宋彭生. 盐湖资源的开发利用. 盐湖研究,1993,1(3):68—80.

COMPREHENSIVE UTILIZATION OF SALT LAKE RESOURCES OVER QINGHAI-XIZANG(TIBET) PLATEAU

Zheng Xiyu

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

Abstract

The salt lakes over Qinghai-Xizang Plateau is characterized by large numbers, wide distribution, complete types, rich and important natural resources in China. Except large amount of carbonate, sulphate, borate and chloride deposits, there are brine resources, rich in trace elements and dispersed elements, especially Li, B, Mg. The high grade, great reserves of trace elements have taken the dominate position in salt lake resources in China, and is also rarely seen in other salt lakes in the world.

There are various kinds of salt lake resources over Qinghai-Xizang Plateau, for example, solid salt deposits, saline brines, inorganic salt deposits and also various salt lake bio-resources. Halite, mirabilite, trona, carnallite, bischofite, sylvite, antarcticite, celestite, borates (borax, ulexite, pinnoite, kurnakovite) have formed sedimentary deposits of different sizes for direct utilization. Besides, there are saline brines, rich in K, Mg, B, Li, Rb, Cs, U, Th for comprehensive use. In some salt lakes like Dongcuo, Gahai, there are many kinds of halobionts which may be used as a new kind of salt lake resources in the future.

Key Words Salt Lake resources, saline minerals, brine composition