

西藏盐湖盐类矿物的初步研究

李秉校 董继和 高章洪 李颖

前 言

对西藏高原的盐湖和盐类矿物,前人研究的较少。

本文是我们对我所于1976和1978年两次进藏所采固样中的盐类矿物,在室内分别作了偏光显微镜鉴定、X射线分析、红外光谱分析和化学分析等实验研究。根据这些实验结果并结合前人的研究成果给予总结,对西藏盐湖盐类矿物有关资料有一个较为系统的了解。

一、西藏盐湖盐类矿物概况

根据现已获得的西藏盐湖矿物资料,全区共有盐类矿物(包括泉华矿物)三十六种(表1)。其中水钙芒硝,泻利盐是我们首次在该区找到的矿物,并扩大了天然碱、单斜钠钙石和钠硼解石的产地,丰富了该区矿物学资料的内容。应着重指出,水钙芒硝是1969年苏联 M. H 斯柳莎列娃发现的新矿物^[1]。我们对该区的水钙芒硝作了各种性质的系统测试,获得了比斯柳莎列娃精确的数据。

表 1 西藏盐类矿物一览表

类 别	矿 物 名 称	
碳酸盐类	方解石 CaCO_3	文石 CaCO_3
	白云石 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	天然碱 $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	菱镁矿 MgCO_3	水菱镁矿 $3\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
	水碱 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	苏打 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	重碳酸钠 NaHCO_3	单斜钠钙石 $\text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
	水碳镁石 $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	氯碳酸钠镁石 $\text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaCl}$
硼酸盐类	硼砂 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	钠硼锌石 $\text{NaCa B}_2\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
	柱碳镁石 $\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	库水硼镁石 $\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
	多水硼镁石 $\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$	章氏硼镁石 $\text{MgB}_4\text{O}_7 \cdot 9\text{H}_2\text{O}^*$
	板硼石 $\text{CaB}_6\text{O}_{11} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$	三方硼砂 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
	贫水硼砂 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}^*$	
硫酸盐类	石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	芒硝 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	无水芒硝 Na_2SO_4	泻利盐 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
	钾石膏 $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	杂芒硝 $2\text{MgNa}_3(\text{CO}_3)_2 \cdot \text{SO}_4$
	钾芒硝 $\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$	明矾石 $\text{KAl}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2^*$
	毛矾石 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}^*$	钾明矾 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}^*$
	铵明矾 $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}^*$	
	钠明矾 $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}^*$	
	水钙芒硝 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
卤化物类	石盐 NaCl	
	萤石 CaF^*	

* 泉华析出物

对该矿物的成因我们有不同的认识。同时通过我们的系统研究，发现了苏联报导水钙芒硝资料中的一些不足之处。这对正确了解该矿物的性质又前进了一步。

西藏许多盐湖有温泉补给，因此湖区周

围泉华发育，由于温泉水中含有各种成盐元素，在泉华中形成了许多盐类矿物，这些泉华矿物我们也给予了归纳整理，并与盐类矿物一起列于表2。

表2 西藏某些盐湖中的盐类矿物

序 号	盐湖名称	矿 物 种 类
1	班 戈 湖	石盐、方解石、水菱镁矿、菱镁矿、天然碱、苏打、水碱、水碳镁石、氯碳酸钠石、重碳酸钠石、石膏、杂芒硝、无水芒硝、芒硝、三方硼砂、硼砂。
2	郭 加 林	石盐、方解石、水菱镁矿、菱镁矿、苏打、水碱、氯碳酸钠石、重碳酸钠石、钾芒硝、无水芒硝、芒硝、三方硼砂、硼砂、单斜钠钙石。
3	朋 彦 错	石盐、单斜钠钙石、芒硝、硼砂。
4	孔孔茶卡	石盐。
5	伊布茶卡	无水芒硝、芒硝。
6	肖 茶 卡	石盐、芒硝。
7	康如茶卡	石盐、水钙芒硝。
8	马尔果茶卡	石盐、石膏、泻利盐、水钙芒硝、无水芒硝、钾石膏。
9	巴 南 湖	石膏、无水芒硝。
10	玛尔盖茶卡	石盐。
11	达 瓦 错	芒硝、无水芒硝、水钙芒硝。
12	洞 错	芒硝。
13	拉 果 错	钠硼解石。
14	戈 木 错	石盐。
15	扎布耶茶卡	石盐、芒硝、硼砂。
16	茶 拉 卡	石盐、方解石、菱镁矿、单斜钠钙石、无水芒硝、芒硝、钠硼解石、三方硼砂、硼砂、库水硼镁石。
17	聂 尔 错	石膏、无水芒硝、钠硼解石、库水硼镁石。
18	扎仓茶卡	石盐、方解石、文石、水菱镁矿、菱镁矿、石膏、钾石膏、水钙芒硝、无水芒硝、芒硝、钠硼解石、板硼石、柱硼镁石、多水硼镁石、库水硼镁石。
19	恰 茶 卡	石盐、单斜钠钙石、芒硝、硼砂。
20	扎东茶卡	无水芒硝。
21	扎 木 错	石盐。
22	噶尔昆沙错	石盐、芒硝、钠硼解石、硼砂。

二、西藏盐湖盐类矿物
沉积特征

西藏盐湖盐类矿物中的硼酸盐、硫酸盐和碳酸盐，不但分布广，其中某些矿物的蕴藏量也大，许多盐类矿物已成为或将要成为被开发利用的矿种。但该区卤化物的沉积却很简单，只有石盐一种。在硫酸盐矿物沉积中，含钾的硫酸盐类矿物也很少见，只是在扎仓茶卡和郭加林等个别湖区仅有少量钾石膏和钾芒硝这两种矿物出现。到目前为止尚未发现卤化物的典型矿物钾石盐、光卤石和水氯镁石。这突出地反映出西藏盐湖处于盐类沉积的早、中期沉积阶段。

本区北纬31°至33°之间的东西向带状地区，广泛沉积着具工业意义的钠、镁硼酸盐类，并分别构成粘土芒硝—硼砂矿石类型，或者柱硼镁石—库水硼镁石矿石类型。沉积剖面表明，这些硼酸盐是与碳酸盐、硫酸盐矿物先后或同时沉积的(图1)。在富集碳酸盐矿物的盐湖中，其主要盐类矿物除了出现有多达十二种碳酸盐、石盐和芒硝外，同时伴随着以硼砂为主，其次为三方硼砂的钠硼酸盐矿物沉积。属于此类型的盐湖有班戈湖、郭加林、朋彦错、恰茶卡等，而以硫酸盐矿物富集的盐湖中，其主要盐类矿物除石盐、芒硝、无水芒硝、钾石膏等矿物外，同时伴随着有镁硼酸盐矿物的沉积。如扎仓茶卡、茶拉卡、聂耳错等盐湖有库水硼镁石、柱硼镁石和多水硼镁石等多种或一种镁硼酸盐。

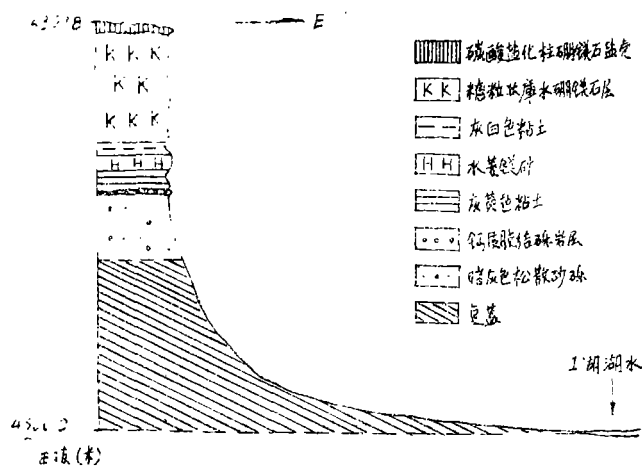


图1 扎仓茶卡 I—II 湖湖梁剖面

扎仓茶卡是主要的镁硼酸盐产地，其中柱硼镁石以三种形式产出：一种为湖底中下部碳酸盐粘土沉积中出现的柱硼镁石，一般呈显微晶质状单晶分散于粘土之中；另一种是湖周阶地表层的柱硼镁石，为碳酸盐化的盐壳，呈灰黄色柱粒状结构。以上两种产状的柱硼镁石的工业意义不大；第三种产状的柱

硼镁石，在扎仓茶卡II湖湖表卤水的南、北浅水地带及湖滨，以及III湖东北部的类似地带，有断续沉积的洁白质纯的石灰华状原生柱硼镁石层。这种形式产生出的柱硼镁石，不但扩大了该地矿资源，也充分表明扎仓茶卡II、III湖水水质宜于柱硼镁石的析出。(见图2)。

卡有厚30余厘米的水菱镁矿，具白垩状外貌，呈薄层状产出。

单斜钠钙石：茶拉卡，朋彦错的单斜钠钙石过去已有报导。1970年我们在郭加林湖北岸的CK₂钻孔中遇到，在井深0.70~1.38米的浅紫红粘土中呈细粒状产出，结晶好，一般为八面体双锥或扁平的楔状晶体，含量不到10%。与其一起共生的有星点状无水芒硝。

(二) 硼酸盐：

硼砂(Na₂B₄O₈·10H₂O)：为班戈湖、茶拉卡、旁于茶卡、夏茶卡、昂拉陵湖、荫湖和噶尔雅砂等湖的主要硼矿物，呈板状或短柱状晶体。地热分布区亦常见少量硼砂的微小集合体产出，与天然碱、无水芒硝、石盐等矿物共生。

多水硼镁石(Mg₂B₆O₁₁·15H₂O)：主要产于扎仓茶卡盐湖的Ⅰ、Ⅱ湖间鼻梁地段，以及Ⅰ湖东北部，呈厚层状沉积。此外北京大学地热组在藏南拉布朗泉区也发现有多水硼镁石³¹，它们都呈微小的针状，集合体为疏松的白色块状，单晶长0.05—0.3毫米，个别达1毫米。1976年野外工作中在扎仓茶卡Ⅰ湖见有坚硬鲕状结构，呈同心圆状的棒状细晶质集合体，此种多水硼镁石属次生矿物，它在镜下则是由粒状集合体组成。

钠硼解石(NaCaB₅O₈·8H₂O)：主要产于扎仓茶卡和聂耳错、拉果错、噶尔昆沙等湖滨沉积中，呈似层状或不规则团块状。另外在浪马日湖和拉格尔湖亦有团块状者分布。扎仓茶卡盐湖之钠硼解石分布较广，产于湖周局部地段矿层中上部，在库水硼镁石矿层中呈洁白团块外貌；或者呈原生状产于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ湖湖滨污泥中。为白色丝绸光泽纤维状集合体，薄片中有钠硼解石交代库水硼镁石现象。

柱硼镁石(MgB₂O₄·3H₂O)：仅见于扎仓茶卡盐湖，为该湖的次要硼酸盐矿物，有三种不同产状：一种在湖区含盐粘土沉积

中，呈分散状的显微晶质状微晶；另一种是大量的分布于Ⅱ、Ⅲ湖之间鼻梁阶地的表层，为灰黄色碳酸盐化的盐壳，具柱粒状结构，镜下呈不规则微小的粒状集合体，以上两种工业意义不大；第三种产状柱硼镁石是在Ⅱ湖湖水南北两端和Ⅲ湖北部湖滨及湖表卤水的浅水地段，有断续沉积的洁白，质地纯而坚硬的石灰华状原生柱硼镁石层。这种产状不同于青海大柴旦盐湖柱硼镁石，反应了扎仓茶卡盐湖卤水水质宜于柱硼镁石的析出条件。

地表分布之柱硼镁石亦常见有较大完好晶体的短柱状单晶，常以美丽的放射状集合体晶簇出现。

库水硼镁石(Mg₂B₆O₁₁·15H₂O)仅见于扎仓茶卡盐湖，是构成本硼矿的主要硼酸盐矿物。分布于该湖的Ⅱ、Ⅲ湖间鼻梁地段，以及在湖区的东北部湖滨地段。常为自形晶或半自形晶，亦有呈厚板状，六边形或不规则粒状集合体者，形状如白砂糖粒，故通常形象地称为糖粒状“硼酸盐”。粒度大小不等，单晶一般在0.01~0.5毫米之间，少数可达1毫米以上，常与多水硼镁石和柱硼镁石共生。在库水硼镁石的沉积中，往往伴生有少量白色碳酸盐小圆柱或小球形的颗粒。

单晶无色透明，玻璃光泽，性脆，薄片常见有被柱硼镁石或被多水硼镁石，或被钠硼解石交带现象。

(三) 硫酸盐类

无水芒硝(Na₂SO₄)：在西藏盐湖盐类矿物沉积中，分布极为广泛，也是该区水热发育地带最为常见的盐类矿物。一般在地表常形成白色粉末状薄层的次生无水芒硝，但大多数主要是原生产出，为完美的双锥状晶体，或者是不规则的粒状，单晶一般1~2毫米左右，扎仓茶卡盐湖最大的双锥晶体将近1厘米。而聂耳错小盐池中的小岛上，无水芒硝形状特殊，呈巨粒的马牙状，为白色半透明不规则柱状集合体，垂直产出，柱体

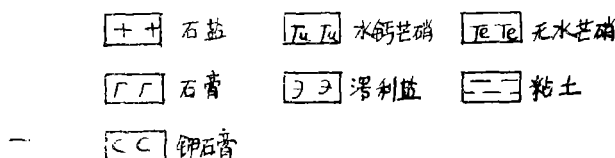
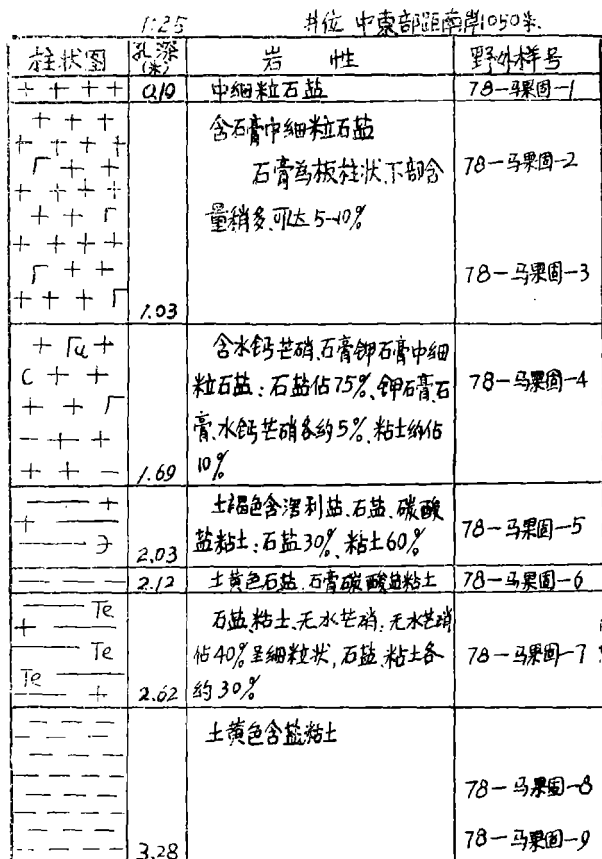


图3 78—马尔果湖CKI孔剖面

断面约1厘米左右，长达4厘米。

芒硝($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)：为西藏现代盐湖中分布最广，储量也最大的盐类矿物之一，主要以班戈湖、郭加林、扎仓茶卡、旁于茶卡和小融安湖分布最多。此外扎仓茶卡、鲁尔达湖、冬扎湖、荫湖、昂拉陵I湖、恰茶卡、拉格尔湖、浪马日湖、伊布茶卡、洞错、达则错、达瓦错、茶拉卡等湖都有沉积。一般为中、粗粒柱状集合体产出，亦有约0.5毫米大小的细粒状芒硝，无色透明，有时因含泥质而略带浅黄或浅灰色，往往在芒硝层中

含有晶体完好的细粒菱锥状的无水芒硝与之共生。

泻利盐($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)：仅在藏北马尔果湖东部距岸1050米处的钻孔孔深1.69~2.03米井段的土褐色含盐粘土中发现，呈白色松散状团块夹于粘土中(见图3)。据X衍射分析，此白色细粒状集合体组成的团块，其中还有天然碱，它与细粒状，土状或纤维状的泻利盐共生。另外综考队地热组则在藏南昌都地区，也见到白色纤维状泻利盐集合体，少数为板状晶体。

石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$): 除部分现代盐湖有石膏沉积外, 在西藏东部侏罗纪地层有工业价值的石膏矿层, 此外见于阿里普兰曲普, 昌都浓密长青和当雄卡嘎气泉等地热泉区。

钾石膏($\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$): 西藏盐湖中具有钾石膏的沉积不多, 现已查明扎仓茶卡、马尔果、聂耳错和拉格尔等盐湖有其沉积。单晶为薄片状, 但通常为交叉连生的网格状集合体。与它共生的有水钙芒硝、芒硝, 无水芒硝和含有显微晶状柱硼镁石的碳酸盐粘土。单晶一般0.5毫米左右, 少数晶体可达5~8毫米。易溶于稀盐酸中, 并析出放射状石膏晶体和氯化钾立方晶体。在水中溶解缓慢。

水钙芒硝($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$):^[4]
水钙芒硝是一种含水的钙钠复硫酸盐, 自然

界这类矿物至今只有三种, 除水钙芒硝外, 尚有发状钠石膏 $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 和 $2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (无译名)。这些矿物在自然界均少见。

水钙芒硝是1969年发现于苏联卡拉卡尔帕克自治共和国库什卡那特高地第三纪地层中的新矿物。原文作者认为它是钙芒硝经富含 Na_2SO_4 的卤水作用后的产物。并确定其化学式为: $5\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 。

我国除青海大柴旦盐湖已报导外, 我们在西藏、扎仓茶卡、马尔果茶卡、达瓦错和康如茶卡等盐湖中找到了这种矿物。它在扎仓茶卡湖分布广泛, 出现层位0~4.72米, 共生矿物有无水芒硝、芒硝、钾石膏、石膏、石盐等。但未见到钙芒硝与之共生, 因此我们认为它可能是含钙的 Na_2SO_4 卤水的最后阶段的析出物。

水 钙 芒 硝 光 性 资 料 表

产 地 \ 光 性	N_g	N_m	N_p	$N_g - N_p$	2 V	轴性	晶系
大柴旦盐湖	1.5013	1.4994	1.4885	0.0128	44°	二轴负	斜方(?)
扎仓茶卡盐湖	1.5015	1.4990	1.4870	0.0125	44°	二轴负	
苏 联	1.500 (N_g')	未 测	1.4880 (N_p')	0.012	未测	二轴负	

水钙芒硝在显微镜下为细针状, 一般长0.01毫米以下, 其中混有大量无水芒硝粉末。苏联的该矿物化学式和X射线粉晶数据可能是无水芒硝和水钙芒硝两种矿物混合资料。

我们挑选了较大、较纯净的单晶体, 测得比重为2.42; 并作了电子探针定量分析和X射线单晶分析, 实验结果表明, 它的化学式应是 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 晶胞参数值为: $a = 6.49 \text{ \AA}$ $b = 18.78 \text{ \AA}$ $c = 6.96 \text{ \AA}$
 $Z = 4$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ 。

除以上盐湖沉积硫酸盐矿物外, 我们在

羊八井热沟见到两种硫酸盐泉华析出矿物钾明矾和毛矾石。

(四) 卤化物

石盐(NaCl): 在西藏的盐湖盐类沉积中, 石盐分布十分广泛。其中以扎仓茶卡, 扎布耶茶卡, 旁于茶卡和占宗茶卡等盐湖的储量较大, 并已开采利用; 有些盐湖的石盐储量较小; 而有些盐湖中, 石盐沉积很少, 有的呈微粒状, 只反映咸水湖浓缩到盐湖阶段, 具标志矿物的意义。

西藏盐湖物质成分的初步研究^{*1}

郑喜玉 杨绍修

一、盐湖概况

西藏高原现代内陆盐湖数量多、分布广、海拔高、资源富，驰名国内外。尤以昆仑山脉以南，念青唐古拉山脉以西，冈底斯山脉以北的藏北(羌塘)高原，盐湖星罗棋布，是我国盐湖分布众多的地区(图1)。据统计全区约有湖泊2,000多个等，面积27,000多平方公里，占全区总面积2.25%^{*2})。目前已经考证核实的盐湖有170余个，面积6,000多平方公里，占湖泊总面积的22.22%，其中面积大于50平方公里的盐湖有39个，占盐湖总数的22%，面积4100平方公里，占盐湖总面积68%。这些盐湖海拔高，多分布在4,500米左右，最高达到5,000米以上。最大的盐湖是昂拉仁错，面积560多平方公里，海拔4,689米；最高的较大盐湖为清澈湖，海拔5,103米，面积57平方公里；湖水最深的盐湖为错尼，水深58.7米，面积66.5平方公里，海拔4,902米。这些盐湖中，经过考察或做过地质工作的盐湖有63个，其中有些盐湖早已开采利用，积累了一些盐湖资料，为探索高原盐湖的形成、演化及其成盐规律奠定了基础，并为合

理开发利用盐类资源，提供了科学依据。

西藏盐湖成盐期虽短，但成盐作用强烈，物质组成却比较复杂。据野外考察，三分之二的盐湖都演化到自析盐阶段，形成27种蒸发岩类(碳酸盐、硫酸盐、硼酸盐和氯化物盐)沉积；此外，还有赋含40余种元素的盐湖卤水(湖表卤水和晶间卤水)。尤其是钾、硼、铷、铯、锂等元素含量高，储量大。上述盐湖资源，如能开发利用则在工业、农业和国防等各部门，占有重要地位。

二、西藏盐湖卤水成分

西藏盐湖卤水按赋存状态分为湖表卤水和晶间卤水两大类。它们在各湖中的储存量很不一致，如噶尔昆沙湖湖表卤水已经干涸，仅有少量晶间卤水；而错尼湖表卤水又十分充沛，是西藏已知卤水最深的一个盐湖。但多数盐湖湖表卤水比较浅，一般为0.1~0.3

^{*1}这是西藏盐湖考察集体科研成果。本文承蒙张彭熹、陈克造、于升松同志关怀指导，唐渊等同志审阅、修改，胡金泉同志清绘部分图件，谨此致谢。

^{*2}(1盐湖所1980西藏高原湖泊类型一览表。

主要参考资料

1. Слюсарев МН. 1969, Гидрогалауберит Новый Минерал из группы дный сульфатов Зап. Всес Минера Общ, 98.1(1969), 56—62.

2. 西藏盐湖硼矿研究报告1974年，地质科学院地质矿产研究所 中国科学院西藏综合考察队
3. 西藏地热1979年 中国科学院青藏高原综合科学考察队
4. 我国产出的水钙芒硝，“矿物学报” 1981, 4(200—206)。