

青藏高原高硼卤水的水化学特征及其成因

吴俐俐 马文展 唐 渊

(武汉化工学院) (中国科学院盐湖研究所)

提 要

本文就青藏高原高硼卤水的分布、水化学特征、硼与共生元素的相关性及硼矿沉积的某些规律作了阐述,进而探讨了高硼卤水的成因。

青藏高原是世界上海拔最高的盐湖区,是我国盐湖最多、盐类资源最富的地区。根据工业指标的要求,考虑本区盐湖卤水中硼的丰度,确定盐湖卤水中 B_2O_3 的含量达到400毫克/升时为高硼卤水。以下按柴达木盆地和藏北高原(昆仑山以南,冈底斯山—念青唐古拉山以北地区)分别讨论高硼卤水的水化学特征及其成因。

一、卤水中硼的丰度及分布特征

(一) 卤水中硼的丰度

青藏高原属于硼的地球化学富集区。由于地质条件及物质来源等方面的差异,藏北地区形成的高硼卤水数量多、资源富,其中 B_2O_3 的最高含量达6370毫克/升,平均含量2112.8毫克/升(包括晶间卤水);柴达木盆地最高含量4008毫克/升,平均含量1037.7毫克/升(包括晶间卤水)。

柴达木盆地已有分析资料的31个盐湖(包括干盐滩)面积为9500多平方公里¹⁾,其中高硼卤水(不包括晶间卤水)的面积达2688.04平方公里,占盐湖总面积的28.3%;藏北地区据已掌握资料的170多个盐湖,面积有6000多平方公里²⁾,其中有分析资料的高硼卤水(不包括晶间卤水),面积达5489.6平方公里,占盐湖面积的58.2%,在已有分析资料的64个盐湖中有56个属高硼卤水,占盐湖总个数的90.6%。并且,在藏北南缘的半咸水湖中(如扎口南木错、当惹雍错)硼也达到一定的富集(B_2O_3 的含量 >400 毫克/升¹⁾)。

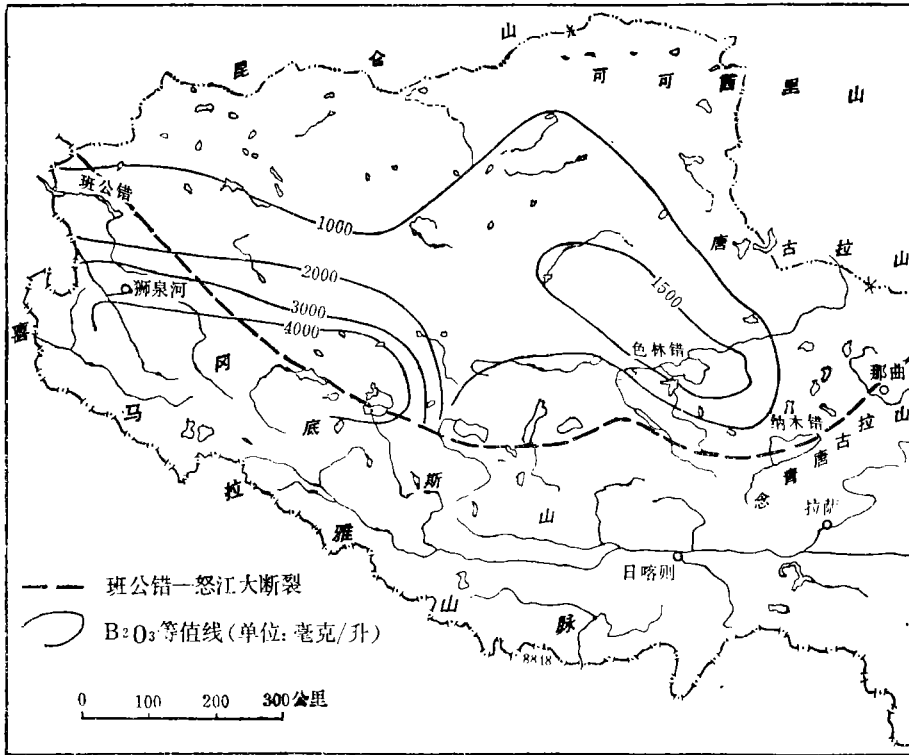
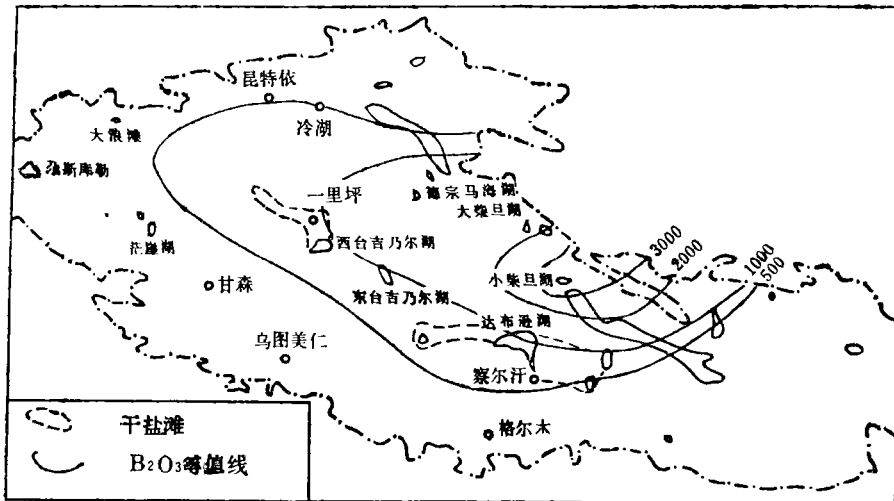
(二) 分布特征

藏北高硼卤水的分布沿着著名的冈底斯火成岩带的北坡,西到噶尔藏布断裂附近,向东延至念青唐古拉山西北坡山前断裂带以北地区。靠近高原北缘和南缘的半咸水湖,矿化度有降低的趋势¹⁾(图1)。

本文1982年6月30日收到,1984年4月24日收到修改稿。

1) 中国科学院盐湖研究所,青海高原湖泊类型一览表,1981年。

2) 中国科学院盐湖研究所,西藏高原湖泊类型一览表,1980年。

图 1 藏北高原高硼卤水中 B_2O_3 含量等值线图Fig.1 Diagram of contour line of B_2O_3 content in Northern-Xizang Plateau

单位:(毫克/升)

图 2 柴达木盆地高硼卤水中 B_2O_3 含量等值线图Fig.2 Diagram of contour line of B_2O_3 Content in Chaidamu Basin

柴达木盆地高硼鹵水的分布则以大小柴旦盐湖为中心，向盆地西部及南部方向有降低的趋势（图2）。

高硼鹵水的丰度在垂直方向上的变化是：同一湖区，晶间鹵水中硼的含量高于湖表鹵水。柴达木盆地晶间鹵水中硼的含量比盐湖鹵水一般高1-1.5倍，藏北地区一般高1-3倍。个别湖区，如藏北高原的扎仓茶卡、孔孔茶卡及柴达木盆地的钾湖等，晶间鹵水矿化度低于湖水，但是硼的含量却比湖水高。这是由于硼酸盐类沉积具有独特的理化条件造成的。

二、高硼鹵水的水化学特征

（一）酸碱度

柴达木盆地和藏北高原的高硼鹵水处于不同的演化阶段，从而表现出不同的酸碱度特征。柴达木盆地没有见到 $\text{PH} > 8$ 的碱性鹵水， $\text{PH} = 5-7$ 的鹵水约占52.38%，以中性及弱酸性鹵水居多（图3）。藏北地区高硼鹵水没有见到 $\text{PH} < 6$ 的酸性鹵水，中性及弱碱性鹵水（ $\text{PH} = 7-8$ ）占全区的29.09%，弱碱性鹵水（ $\text{PH} = 8-9$ ）占全区的50.91%，因此，这里是以中性及弱碱性鹵水为主，这与本区温、热、沸泉水的酸碱度特征类同^[1]。

这种酸碱度特征与鹵水的物质来源有密切的关系，同时也反映鹵水在水化学组成方面的差异性。不同水化学类型的鹵水由不同的盐类组成，盐的水解反应改变着溶液的酸碱度^[2]。藏北高硼鹵水的水化学组成中阴离子以 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 的含量较高（这是决定水体偏碱性的主要原因），鹵水中以弱酸强碱作用生成的盐类居多，如 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ……等，从而使鹵水呈碱性特征；而柴达木盆地，则以阴离子 SO_4^{2-} 、 Cl^- 的含量较高，鹵水中多属强酸弱碱作用生成的盐类，如 MgCl_2 、 CaCl_2 、 CaSO_4 、 MgSO_4 等，使鹵水呈酸性特征。

（二）矿化度

柴达木盆地的高硼鹵水多数属高矿化度鹵水，矿化度在350—550克/升的占全区的55%，没有见到矿化度低于250克/升的鹵水（图4）藏北高原的高硼鹵水多数属低矿化度鹵水，矿化度在250克/升以下的占全区的60%，而在400—500克/升的仅发现一处。矿化度的这一特征是与鹵水变质程度由南向北逐渐加深的变化是一致的。

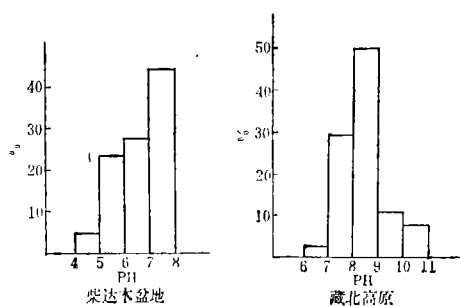


图3 高硼鹵水中PH分布频率图

Fig.3 Frequency plots of PH in high-boron brine

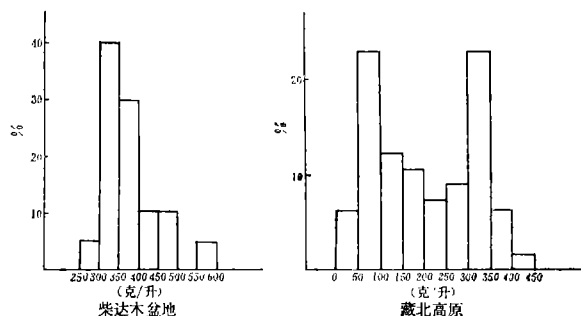


图4 高硼鹵水中矿化度分布频率图

Fig.4 Frequency plot of mineralized degrees in high-boron brine

高硼卤水 PH 值有随矿化度升高而降低的趋势,但卤水中硼的丰度并不随矿化度升高而增加。藏北高硼卤水的矿化度相当于柴达木盆地的 0.55 倍,而硼的含量却是柴达木盆地的 205 倍。

(三) 水化学组成及硼与各共生组份间的相依关系

高硼卤水的水化学组成仍以阳离子 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 和阴离子 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 等为主。但是,柴达木盆地阳离子组成以 Na^+ 、 Mg^+ 占优势,硼低于钾;藏北高原则以 Na^+ 、 K^+ 占优势,硼略低于镁(见表 1),这一差异由硼与各共存元素(M) 的比值 ($\text{B}_2\text{O}_3 \times 10^3/\text{M}$) 关系可以明显地反映出来(见表 2)。

表 1 高硼卤水、温、热、沸泉水与海洋水化学组成比较表(单位:毫克/升)

Tab.1 Comparison of Chemical components in high-boron brine with hot spring and seawater (mg/l)

离子 含量 地区及水型	柴达木盆地平均值		藏北高原平均值		海 洋 水	藏北“高硼”水 为海洋水的倍数
	高 硼 水	温泉水	高 硼 水	温泉水*		
矿化度 单位:克/升	356.66		197.2			
Na^+	67836.6	168.8	52731.1	746.7	10500	5.02
K^+	6198.3	108.2	10356.3	49.3	380	27.25
Mg^{2+}	25978.5	5.68	3384.5	62.9	1350	2.51
Ca^{2+}	4975	26.73	133.9	72.65	400	0.34
B_2O_3	1037.7	125.23	2112.8	79.35	14.81	142.64
Li^+	79.4	3.43	290.79	3.51	0.17	1710.53
Rb^+	1.6	0.38	6.06	0.48	0.12	50.5
Cs^+	0.015	0.586	2.05	1.49	0.0005	4100
F^-	9.86	7.73	104.23	4.07	1.3	80.18
As^{3+}	0.038	0.104	1.66	3.52	0.003	553.3
Br^-	36.94	0.67	50.15	4.8	65	0.77
I^-	0.41	0.016	0.16	0.025	0.06	2.67
Cl^-	212452.36	328.6	93328.3	732.6	19000	4.91
SO_4^{2-}	24652.01	206.56	21656	314.1	2967	7.3
CO_3^{2-}	204.33	7.58	3532.3	26.96	140	25.23
HCO_3^-	119.57	211.26	3288.96	825.7	140	23.49
SiO_2	6.40	106.6	17.55	56.9	6.42	2.73

* 据《西藏地热》1981年。

表 2 B_2O_3 与 Li^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 和矿化度的比值
Tab.2 The ratio of B_2O_3 to Li^+ , Mg^{2+} , Cl^- and mineralized degrees

地 区	$\frac{B_2O_3 \times 10^3}{Li}$	$\frac{B_2O_3 \times 10^3}{Mg}$	$\frac{B_2O_3 \times 10^3}{Cl}$	$\frac{B_2O_3 \times 10^3}{\Sigma 盐}$
柴达木盆地	26573.59	86.48	6.48	3.89
藏 北 高 原	17329.69	41740.32	83.74	15.64

由表1、表 2 看出，藏北高原不仅有丰富的硼矿资源，高硼卤水中还含有极为丰富的钾、锂等液体矿产资源，并且具有低镁、低氯、低矿化度的特色。

我们还分析了这两个地区高硼盐湖不同化学类型中 B_2O_3 与锂、钾、镁等含量的相关性（见表 3 及图5—6，其中硼与钾、硼与 SO_4^{2-} 的相关图与硼与锂相关图类似，略）。

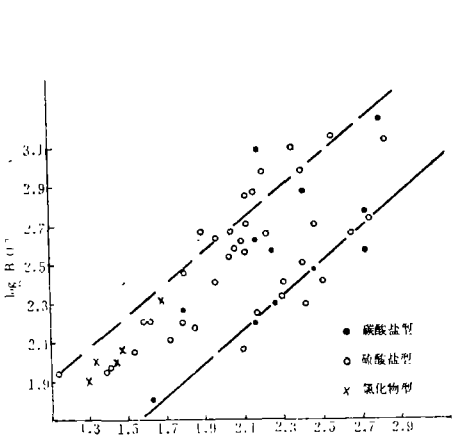


图 5 青藏高原高硼卤水中 B_2O_3 与 Li^+ 的相关性
Fig.5 Diagram of the interrelation of B_2O_3 and Li^+ in high-boron brine of Qinghai-Xizang plateau

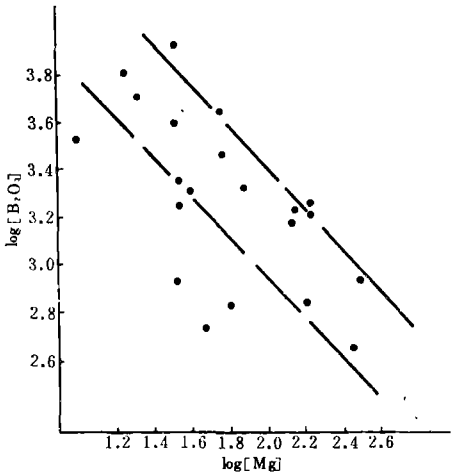


图 6 藏北高原碳酸盐型高硼卤水中 B_2O_3 与 Mg^{2+} 的相关性
Fig.6 Diagram of the interrelation of B_2O_3 and Mg^{2+} in high-boron brine of carbonate-type of Northern-Xizang Plateau

由上述分析可见，在青藏高原上，各不同水化学组成的高硼卤水中硼与锂、钾、镁紧密共存，成正比关系，其中硼与锂的相关性最好，这是元素本身结构和地球化学特性的客观反映。另外，在一定矿化度范围内，硼与 SO_4^{2-} 之间也有正比关系（即在藏北高原矿化度较低的高硼卤水中有这种相关性，而柴达木地区，则因矿化度高、硫酸盐类析出较多的高硼卤水中，其相关系数 $r = -0.1216$ ，二者不相关）。卤水中元素之间的相关性，在一定程度上也反映了卤水的演化阶段，并且和固体盐类的析出和沉积有关。因此，这种相关性的研究具有

表 3 硼与共存元素间的相关方程和相关系数

Tab.3 The linear equation and interrelated coefficient
between boron with coexisted elements

相 关 性 方 程	相关系数 (r)	存在相关性的范围
$B_2O_3 = 2.101 + 0.4589Li$	0.801	青藏高原全区
$B_2O_3 = 1.427 + 0.4292K$	0.542	青藏高原全区
$B_2O_3 = 3.9394 - 0.3934Mg$	-0.458	藏北高原碳酸盐型卤水中
$B_2O_3 = 1.0322 + 0.5443Mg$	0.676	藏北高原MgSO ₄ 亚型卤水中
$B_2O_3 = 1.7286 + 0.35Mg$	0.281	藏北高原 Na ₂ SO ₄ 亚型卤水中
$B_2O_3 = 0.8706 + 0.5497SO_4^{2-}$	0.491	藏北高原

一定的找矿意义。

在碳酸盐型卤水中，硼与镁二者含量的变化成反比（图 6），这一突出特征与成矿之间有密切的联系，下面以不同水型的硼、镁比值（表 4），进一步讨论其与成矿间的关系。

表 4 各不同水型高硼卤水中硼与镁的比值

Tab.4 The ratio of boron to magnesium in different sort of brine

地 区 水 型 硼 镁 系 数	藏 北 高 原			柴 达 木 盆 地		
	MgSO ₄ 亚型	Na ₂ SO ₄ 亚型	碳酸盐型	MgSO ₄ 亚型	大柴旦盐湖	小柴旦盐湖
$\frac{B_2O_3 \times 10^3}{Mg}$ (平均值)	176.3	807.1	24977	36.73	155.99	298.79

碳酸盐型高硼卤水的硼、镁系数比其他水型高两位数量级，相应地硼酸盐类沉积规模较大，矿物组合较为复杂。同样，在有硼酸盐类沉积的硫酸盐型卤水中也显示低镁高硼的特征，例如，硼矿沉积规模较大，硼矿矿物种类较多的扎仓茶卡的Ⅰ湖区和Ⅱ湖区较Ⅲ湖区的硼、镁比值有显著的提高^[3]；柴达木盆地的大、小柴旦盐湖的硼、镁比值比同一地区同类型的高硼卤水高一位数量级，因此，高硼卤水中硼、镁相关性，就反映了硼酸盐沉积的某些特征，以此可做为有无硼矿沉积的标志。

（四）水化学类型及硼在各水型中的分布特征

藏北高原没有发现氯化物型卤水，柴达木盆地没有发现碳酸盐型卤水¹⁾。纵观全区高硼卤水的变质程度由南向北逐渐加深；但是，卤水中硼的丰度由南向北都呈现降低的趋势。高

1) 按Важинко, М.Г.

硼卤水多数属碳酸盐型及硫酸钠亚型卤水，其次分布在硫酸镁亚型卤水中。在藏北高原，相同水化学类型的高硼卤水在空间分布上多数相连成片，或者呈串珠状、带状分布，因此，藏北高硼卤水的形成与高原水系演化之间存在着成因上的联系^[1]。

B_2O_3 在同一地区同一水化学类的高硼卤水中，基本呈对数正态分布（见图 7、图 8），（氯化物水型中高硼卤水数量极少，不具有这种特征）。研究表明，单一地球化学作用形成的浓度分布通常服从对数正态分布^[4]，这一特征反映了青藏高原高硼卤水中富硼的地球化学作用是比较单一的，同一地区形成高硼卤水的物质来源的主要因素也是比较单一的。

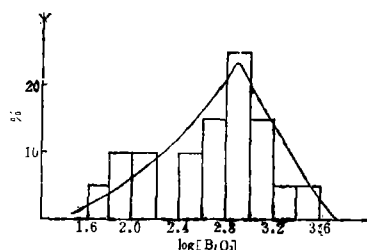


图 7 柴达木盆地 B_2O_3 在硫酸镁亚型高硼卤水中的分布频率图

Fig.7 Frequency plots of B_2O_3 in $MgSO_4$ -type brine in Chaidamu Basin

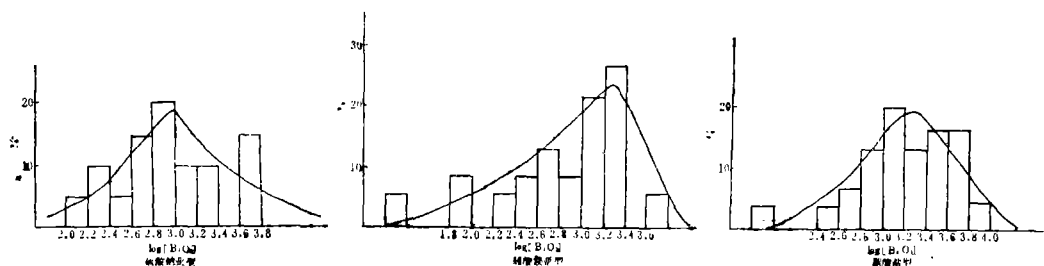


图 8 藏北高原 B_2O_3 分别在不同水化学类型高硼卤水中的分布频率图

Fig.8 Frequency plots of B_2O_3 in different types of brines in Northern Xizang

三、高硼卤水成因的探讨

青藏地区的高硼盐湖是在高原隆起，东西向各大山系的形成，区域构造变动过程中相伴形成的，与海水没有直接联系。其盐类物质显然不是来自海水，也不存在海陆交替补给的可能^[5]，属典型的内陆盐湖。整个高原虽然都属于硼的地球化学富集区，但是，由于柴达木盆地和藏北高原的形成历史和地质条件不同，因此，两地高硼盐湖的形成也各具特色。

柴达木盆地盐湖成盐历史长，卤水变质程度深、矿化度高，出现了盐湖的最终产物——水氯镁石及光卤石不沉积。自新生代以来，经历了上新世成盐期及晚更新世-现代成盐期两个重要阶段^[6]。盆地在演变过程中的不同地质历史时期都具有统一的沉降中心，也就是卤水的浓缩中心。现代盐湖水化学组成的特征也表明，盐类的物质来源是继承性的、长期接受蚀源

区岩石风化、淋滤, 迁移至水流的终点——湖盆中富集而成。高硼卤水也属陆源成因, 盆地周围各大山系的岩浆岩是高硼卤水形成的物质基础, 区内各不同时代岩石中硼的平均含量高于地壳克拉克值约27倍^[6], 为盐湖中的硼提供了丰富的物质来源。其中盆地北部边缘受南祁连山和达肯大坂山断裂带控制, 与区域构造线方向一致的山间盆地所形成的高硼卤水, 如大、小柴旦等盐湖, 是在盆地的第二成盐期形成的, 与藏北高原高硼盐湖属同一成因类型。

藏北高原的盐湖多数没有第三纪上新世成盐期, 只存在晚更新世-现代成盐期^[7]。因此, 盐湖形成历史较柴达木盆地短, 矿化度低, 卤水变质程度浅, 盐类沉积主要是盐湖演化初期而析出的矿物。碳酸盐类沉积十分发育, 并形成了具有工业价值的硼矿沉积和别具一格的高硼卤水, 其原因是:

1. 藏北高硼盐湖盆地多数是构造成因(如伦坡拉、班戈盆地、奇林湖、扎日南木错、昂拉仁错湖盆等), 且以断陷盆地和继承性断陷盆地为主。高硼卤水在空间上的分布受区域构造线的控制, 断裂构造是水热活动的通道, 因此, 高硼盐湖是与水热活动形影相随。如龙木错、依布茶卡、扎仓茶卡、兹格塘错、其香错等都与水热区相共生, 全区61个高硼盐湖中有34个与水热活动区连在一起。根据与盐湖有直接补给关系的54个温泉的水化学分析¹⁾, 硼的平均含量为79.35毫克/升, 其中索多耳沸泉 B_2O_3 含量高达1522.87毫克/升, 并对噶尔昆沙盐湖有直接补给作用。另外, 从其它湖区残存的古泉华的规模, 也可推知二者在成因上的联系是很紧密的。可见, 水热活动对高硼卤水中盐类的聚集起着非常重要的作用。

2. 高硼卤水与温热沸泉水的化学组成十分相似:(1)岩浆活动后期的特征性元素 L^+ 、 B^{3+} 、 R_1^+ 、 C^+ 、 F^- 、 A^{3+} 等, 在两种水体中的含量都十分丰富(见表1)。由于元素本身的地球化学特性, 使它们易于在残余岩浆流体中或在其共存的气、液相中富集^[9], 并通过地下水的循环——水热活动, 带出地表补给盐湖。(2)由于温热沸泉水的补给作用, 使藏北的高硼卤水中的 SiO_2 含量有显著增高(表1)。 SiO_2 来源于热水, 是水热活动中热水与围岩激烈反应的结果, 也是近代火山活动区地下水的特征组份。此外, 盐湖区所见到的硼酸盐矿物在泉华中也有所见, 温泉水与盐湖中硫同位素含量值也很接近^[6], 这些都表明二者存在着成因上的联系。

3. 伴随着强烈的新构造运动而发生的岩浆活动, 火山喷发为盐湖中的特殊组份提供了丰富的物质来源, 是形成高硼卤水的物质基础。区内出露的岩浆岩富硼(表5), 花岗岩中普遍见有电气石, 就是富硼的佐证^[8]; 在火山喷出岩中硼的富集更为显著(见表5)。

分布在藏北高原北缘的富硼盐湖如错尼, 富硼丰咸水湖涌波错、振泉错等, 与第三纪至今仍十分活跃的火山活动区伴生在一起。高原南缘著名的冈底斯火山岩带与山前自西向东成带状分布的高硼盐湖、富硼丰咸水湖也都有成因上的联系。

表6表明, 钾和硼很易于从火山岩及其他岩石中迁出, 迁出数量仅次于钠和钙, 并且溶滤水的化学组成与温、热、沸泉十分近似, 因此, 温泉水的物质来源也应是岩浆源。

第四纪仍有火山活动的藏北巴毛穷宗火山岩区, 发现有石榴石橄辉岩、石榴石玄武岩及

1) 据《西藏地热》附表。

表 5 藏北湖区火山喷出岩、岩浆岩与地壳岩石中硼的平均含量比较表
Tab. 5 Comparison of average content of boron in volcanic
cinders, igneous rock and rock of earth's crust in the
lake area of Northern-Xizang

地 区 元 岩 素 性	恰 茶 卡	巴毛穷宗	洞 错	荣马温泉	伦坡拉盆地 [*]	备 注
	酸 性 岩	玄 武 岩	玄 武 岩	石 英 岩	流 纹 岩	
B ₂ O ₃	5 × 10 ⁻²	51 × 10 ⁻²	45 × 10 ⁻²	12 × 10 ⁻²	40 × 10 ⁻²	盐湖所一室分 析组分析

元 岩 素 性	基 性 岩	超 基 性 岩	酸 性 岩	备 注
B ₂ O ₃	16.1 × 13 ⁻⁴	3.22 × 10 ⁻⁴	4.83 × 10 ⁻³	维诺格拉多夫 1962年资料

* 据《西藏地热》1981年。

表 6 藏北高原火山岩区及湖区岩石溶滤试验结果（单位：毫克/升）
Tab. 6 The experimental results of pour filtering rock of volcanic area
and saline lake area in Northern-Xizang

元 素 地区及岩性	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	B ₂ O ₃	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	备 注
凝灰岩错尼湖区	13.00	8.00	6.33	42.86	2.42	5.96	182.75	常温、常压条件 下10小时迁出量
玄武岩巴毛穷 宗火山岩区	11.00	11.50	2.99	5.38	3.22	6.62	43.22	常温、常压条件 下48小时迁出量
高原中部及南部 湖区岩石组合样	5.00	5.05	3.49	6.06	4.83	7.15	12.97	常温、常压条件 下72小时迁出量

* 实验者：胡金泉

歪霞岩等¹⁾，这些特征性岩石与世界上其他火山岩区（如刚果的Nyiragongo火山及美国怀俄明州的Leuelte山）^[9]的富钾火山岩类同。溶滤试验结果（表 6）也表明藏北高原火山活动区的火山岩是非常富钾又富硼的，这是形成本区高硼卤水中富钾特色的主要原因。

综上所述，在青藏高原隆升的过程中，强热的构造运动，岩浆活动及相伴随的水热活动，新生代的火山喷发，与高硼卤水的形成密切相关，藏北高原的高硼卤水主要通过火山、温泉的活动而形成。岩浆活动后期的特征性元素由地下水的循环（水热活动），地表径流的作用源源不断地汇集于封闭的内陆盆地之中，在干寒气候条件下形成了具有独特水化学特征很

1) 厅子益：西藏高原地质特征概论，青藏高原地质讨论会文件。

有利用价值的高硼盐湖区。

四、结 论

1. 青藏高原盐湖的形成和演化具有北早南晚, 蒸发岩的发育程度北强南弱之特征。藏北高原高硼卤水中锂、硼、钾的含量却分别相当于柴达木盆地的3.66倍、2.05倍、1.67倍, 并且形成了 B^{3+} 、 L_i^+ 、 K^+ 、 R_b^- 、 C_i^+ 、 F^- 、 A_i^{3+} 等十分富集的高硼盐湖区。

2. 凡是形成硼酸盐沉积的高硼盐湖中, 都呈现低镁、高硼的特征, $B_2O_3 \times 10^3/Mg$ 系数有显著的增加。在演化程度较低的碳酸盐型卤水中, 硼与镁是反比关系。

3. 高硼卤水中的 B^{3+} 、 L_i^+ 、 K^+ 、 R_b^- 、 C_i^+ 、 F^- 、 A_i^{3+} 等特殊组份的物质来源应属岩浆源, 与区域构造运动、水热活动、火山喷发有密切联系。

参 考 文 献

- (1) 郑绵平等: 论西藏的盐湖, 地质学报, 57(2), 1983年。
- (2) 武汉大学等: 无机化学, 人民教育出版社, 1978年。
- (3) 郑喜玉: 西藏扎仓茶卡盐湖卤水硼、锂的分布特征, 海洋与湖沼, 13(1), 1982年。
- (4) 张金来: 我国陆相油田水形成的若干水文地球化学作用, 地球化学, 2期, 1981年。
- (5) 袁见齐: 含钾沉积形成条件的几个问题, 钾磷矿床研究, 科学出版社, 1964年。
- (6) 陈克造等: 青藏高原的盐湖, 地理学报, 36(1), 1981年。
- (7) 郑喜玉、于升松: 西藏高原盐湖资源及其利用, 地理科学, 1(1), 1981年。
- (8) 中国科学院青藏高原综合考察队: 西藏地热, 科学出版社, 1981年。
- (9) A·H·布朗洛: 地球化学, 地质出版社, 1982年。

ON THE WATER-CHEMICAL PROPERTIES AND FORMATIVE CONDITIONS OF HIGH-BORON BRINE IN QINGHAI-XIZANG PLATEAU

Wu Lili

Ma Wenzhang

(Wu Han Institute of Chemical-Engineering)

Tang Yuang

(Institute of Saline Lakes, Academia Sinica)

Abstract

This paper deals with distributive regularity of brine with high-boron content (B_2O_3 is higher than 400 mg/l). This paper is based on the data of more than 90 saline lakes obtained from Qinghai-Xizang field observations and laboratory studies. The component, water-chemical properties and formative condition of the brine are also discussed in this paper. It has been discovered that boron not only coexists with Li^+ , K^+ , Mg^{2+} , but also is well interrelated to them; but then, the content of boron is inversely proportionate to that of magnesium in carbonate-type's brine. The reason why there is difference of water-chemical components between the brine of Chaidamu Basin and Northern-Xizang is explained here. We also inquired into the material source of the brine rich in B^{3+} , Li^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+ , F^- , As^{3+} , and the contributing factors of high-boron brine.