

# 西藏盐湖微量元素的分布\*

郑喜玉

(中国科学院盐湖研究所, 西宁)

**提要** 本文论述了西藏盐湖微量元素的分布及其集散机理。西藏盐湖含有 27 种微量元素, 除 Sr, Br 接近海水含量外, 其余 25 种元素比海水含量高, 其中 Li, B, Rb, Cs, Hg, Th, As, Ag, Pb, Cr 等元素, 分别高于海水含量的数百倍到数千倍。西藏具有独特的地质构造条件和古气候环境, 尤其是板块构造运动所形成的重熔岩浆和强烈的水热活动, 则是该区盐湖 Li, B 等元素高度富集的有利地球化学背景。

西藏盐湖数量众多, 微量元素丰富, 尤其是 Li, B, K, Rb, Cs 等含量很高, 已形成地球化学集中, 达到工业开采和综合利用的要求, 是西藏很有特色的自然资源。

研究这些微量元素的分布规律及其地球化学背景, 对于认识西藏盐湖的形成演化, 成盐条件, 探讨高原自然环境及其演变趋势等, 都具有重要的理论意义。

## 一、盐湖概况

### 1. 盐湖分布

西藏是我国盐湖分布最广的地区之一, 亦是世界上范围最大、海拔最高的盐湖区。该区为终年积雪的昆仑山、唐古拉山、冈底斯山、念青唐古拉山, 喀拉昆仑山、喜马拉雅山和横断山所环绕, 区内地势高亢、气候干寒, 自然环境独特, 盐湖星罗棋布。全区约有盐湖 220 多个, 占湖泊总数的 21.95%; 盐湖面积 6000km<sup>2</sup>, 占湖泊总面积的 22.71%。这些盐湖, 多分布在 4500m 以上, 是世界上独一无二的高原盐湖区(图 1)。

### 2. 盐湖类型

本文按照 M. Г. Валяшко, Н. С. Курнаков 的盐湖分类方法, 对西藏有考察资料的 68 个盐湖水化学类型进行了统计(表 1)。西藏盐湖类型的分布, 具有明显的规律性(图 2)。

## 二、盐湖微量元素的分布

西藏盐湖卤水为矿化度 50—350g/L、pH 值 7—9.3、无色透明的高矿化卤水。据分析, 除主要成分 Na, K, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub> 外<sup>[1,2,5,6]</sup>, 还富含许多微量元素

\* 本文系西藏盐湖科学考察集体劳动成果之一。文中数据除注明者外, 皆引自中国科学院盐湖研究所《西藏盐湖物质成分初步研究》和《西藏盐湖水化学特征初步研究》。文稿承蒙孙大鹏、张明刚、冉隆德同志审阅、修改, 王克俊、邵明显、林乐枝、单兰娣、吕亚平、王凤琴、王鲁英等同志分析样品, 刘建华、胡金泉同志清绘图件, 谨致谢意。

收稿日期: 1985年12月26日。

表 1 西藏盐湖湖水化学类型

Tab. 1 The hydrochemical type of the salt lakes in Xizang

盐湖名称	特征系数				水化学类型	盐湖名称	特征系数				水化学类型
	$K_{n_1}^{(1)}$	$K_{n_2}$	$K_{n_3}$	$K_{n_4}$			$K_{n_1}$	$K_{n_2}$	$K_{n_3}$	$K_{n_4}$	
扎东茶卡	2.08	5.69	1089.0	400.0	碳酸盐型盐湖	聂尔错	0.003	1.27	807.0	2.22	硫酸钠亚型盐湖
班戈 I 湖	28.20	61.90	∞	∞		依布茶卡	0.05	4.39	46.2	0.52	
班戈 II 湖	61.20	37.50	11909.0	1948.0		布尔嘎错	0.07	1.30	116.0	6.12	
班戈 III 湖	36.80	2012.00	∞	∞		扎木茶卡	0.07	1.11	178.0	11.20	
郭加林错	636.00	2812.00	∞	∞		热邦错	0.83	15.02	961.0	53.03	
才玛尔错	53.40	154.00	4637.0	1614.0		孔孔茶卡	0.05	2.61	351.0	7.35	
茶拉卡错	48.80	302.00	2054.0	332.0		拉果错	0.17	2.03	121.0	10.32	
阿翁错	1.16	8.19	1491.0	212.0		拉果尔错	0.86	5.79	602.0	106.0	
碱湖	≤1	≤1	≤1	<1		嘎仁错	0.004	1.003	7.001	0.035	
玛尼错	1.24	2.74	93.2	425.0		查波错	0.02	0.14	76.0	1.17	
昂拉仁 (I) 错	19.90	131.00	6017.0	471.0		戈木茶卡	0.47	3.25	248.0	42.6	
昂拉仁 (III) 错	4.10	29.60	385.0	61.4		达瓦错	0.40	5.33	365.0	27.8	
小榜则错	3.30	5.70	331.0	192.0		鄂惹错	0.17	3.24	189.0	10.2	
当穷错	1.50	1.50	19.0	18.1		赞宗茶卡	0.10	2.41	71030.0	31.7	
台错	3.35	4.89	1823.0	1294.0		蒂让碧错	0.04	2.39	52.7	0.88	
扎布耶茶卡	260.00	346.00	174.0	529.0		昂拉仁 (II) 错	0.96	9.05	915.0	109.0	
冈塘错	12.50	18.80	1377.0	9306.0		巴南错	>1	≤1	<1	≤1	
朋彦错	8.60	230.00	18.6	9.2		茶错	0.06	0.77	19.09	1.47	
昂达尔错	70.00	124.00	1743.0	987.0		雅根错	0.03	0.43	14.89	1.01	
其香错	31.00	35.00	865.0	256.0		阿木错	0.01	0.16	1.51	0.13	
诺尔玛错	8.50	11.00	14.6	11.4		毕洛错	0.02	0.37	14.3	0.78	
雅个冬错	61.30	187.00	00	00		玛尔盖茶卡	0.16	0.47	48.2	16.3	
仁错约玛错	20.60	39.80	356.0	384.0		查那错	0.01	0.33	00	00	
北雷错	13.74	54.70	148.0	37.3		错尼错	0.05	0.90	5.34	0.28	
宁错	101.00	156.00	234.0	431.0		扎仓茶卡 (III)	0.01	0.71	37.3	0.62	
普嘎错	83.00	102.00	308.0	1253.0		扎西错	0.01	0.86	51.9	1.03	
阴湖	≤1	<1	<1	<1		龙木错	0.003	0.13	2.85	0.07	
错戴龙错	≤1	<1	<1	<1		肖茶卡	0.07	0.59	32.0	3.91	
扎仓茶卡 (I)	0.01	1.04	54.4	0.55		康如茶卡	0.01	0.78	19.8	0.14	
扎仓茶卡 (II)	0.01	1.07	65.8	0.86		玛尔果茶卡	0.002	0.25	11.12	0.09	
恰茶卡	0.53	12.90	112.0	4.60		仓木错	0.08	0.26	5.78	1.78	
洞错	0.09	5.35	439.0	7.17		确且错	0.81	0.87	1.02	0.95	
别若则错	0.07	3.34	324.0	6.72		才多茶卡	0.03	0.97	18.10	0.50	
噶尔昆沙错	0	1.87	108.0	0	鄂雅错	0.02	0.16	4.82	0.89		

1) 离子当量数比值:

$$K_{n_1} = \frac{\sum \text{CO}_3^{2-} + \sum \text{HCO}_3^-}{\sum \text{Ca}^{2+} + \sum \text{Mg}^{2+}}; \quad K_{n_2} = \frac{\sum \text{CO}_3^{2-} + \sum \text{HCO}_3^- + \sum \text{SO}_4^{2-}}{\sum \text{Ca}^{2+} + \sum \text{Mg}^{2+}};$$

$$K_{n_3} = \frac{\sum \text{SO}_4^{2-}}{\sum \text{Ca}^{2+}}; \quad K_{n_4} = \frac{\sum \text{CO}_3^{2-} + \sum \text{HCO}_3^-}{\sum \text{Ca}^{2+}}.$$

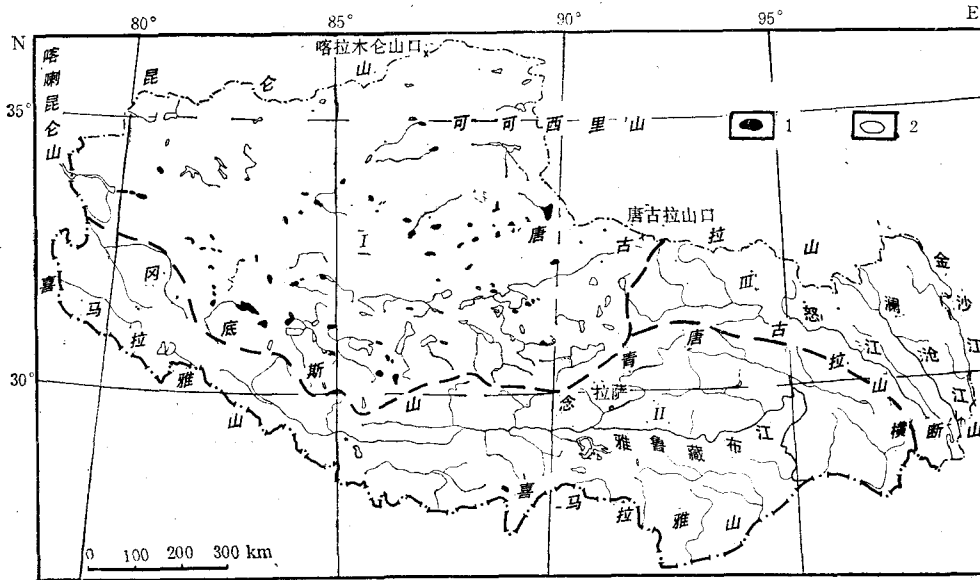


图1 西藏盐湖分布 (本图中国国界根据地图出版社1971年版《中华人民共和国地图》绘制)

Fig. 1 The distribution of the salt lakes in Xizang

- I. 内流盐湖分布区; II. 内外流盐湖分布区; III. 外流盐湖分布区。
- 1. 盐湖; 2. 半咸水湖。

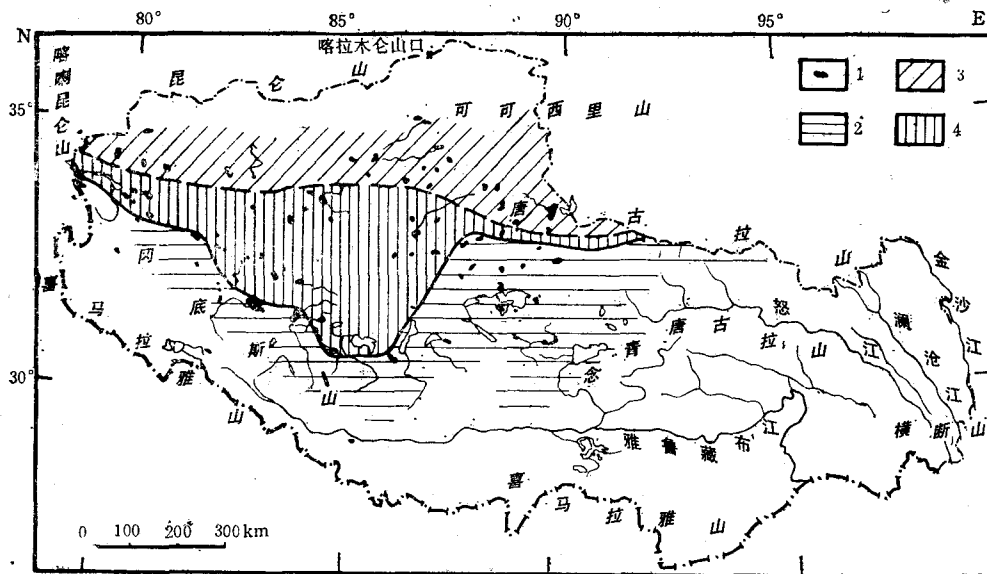


图2 西藏盐湖水化学类型分布

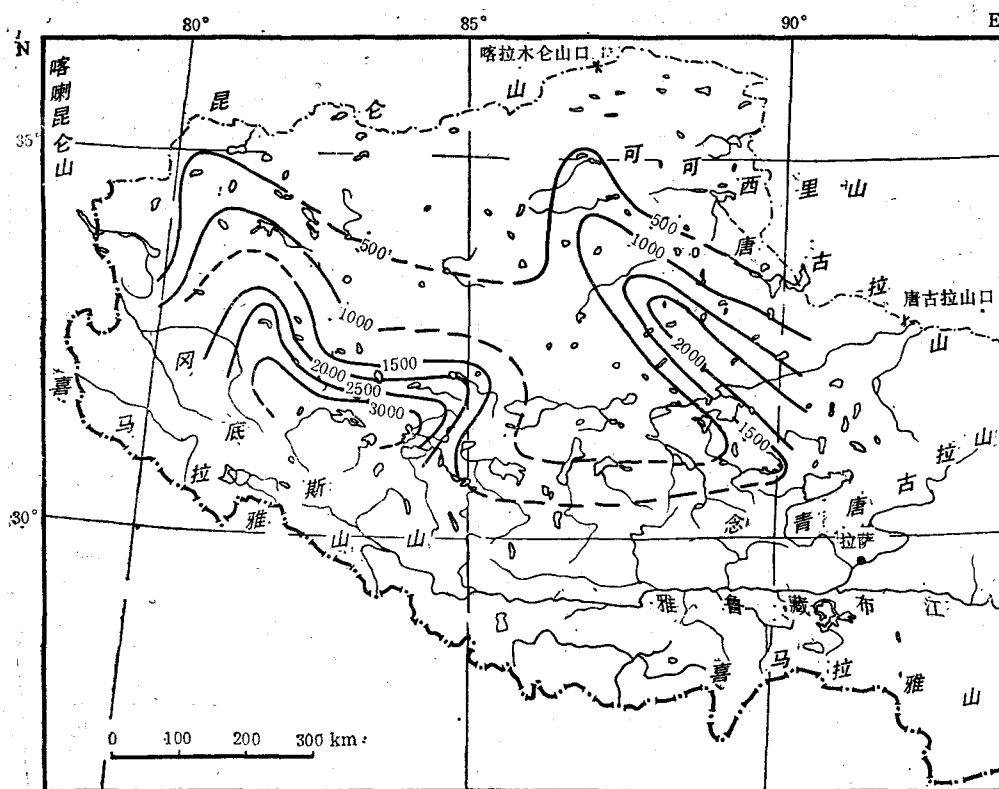
Fig. 2 The hydrochemical of the salt lakes in the Xizang

- 1. 盐湖; 2. 碳酸盐型水化学区; 3. 硫酸镁亚型水化学区;
- 4. 硫酸钠亚型水化学区。

表 2 西藏盐湖卤水微量元素含量 (mg/L)

Tab. 2 The trace element content (mg/L) in the brines of salt lakes in Xizang

离子种类	B <sup>3+</sup>	Li <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	Rb <sup>+</sup>	Cs <sup>+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
最高值	1439.0	2900.0	0.4	242.0	0.6	23.13	18.3	0.22	0.73
最低值	31.7	0	0	0.3	0.0007	0.2	0	0.001	0.0003
平均值	541.8	320.4	0.029	62.51	0.159	5.42	1.94	0.031	0.15
离子种类	Ag <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Tl <sup>4+</sup>	F <sup>-</sup>	Si <sup>4+</sup>	As <sup>3+</sup>	P <sup>3+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>
最高值	0.067	0.13	0.072	441.8	11.6	13.2	12.9	42.0	0.85
最低值	0.0002	0.0008	0	10.67	0	0	0	0	0.039
平均值	0.0085	0.0242	0.0068	112.9	3.6	1.72	2.03	6.67	0.188
离子种类	Sn <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	V <sup>3+</sup>	Ti <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Mo <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	U <sup>4+</sup>
最高值	0.016	0.153	0.018	0.02	0.034	0.16	0.07	0.12	1.5
最低值	0	0.002	0.002	0.002	0.004	0.005	0.003	0.009	0
平均值	0.0044	0.0382	0.006	0.006	0.0166	0.0385	0.0101	0.0549	0.162

图 3 西藏盐湖 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量 (mg/L) 等值线Fig. 3 The distribution of the B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content (mg/L) in salt lakes in Xizang

(表 2)。这些微量元素在盐湖中种类虽然不少,但含量仅占离子总量的 1—2%,为次要成分。它们在表生地球化学作用阶段,例如盐湖成盐阶段,可以相对富集。其中, B, Li, Rb,

Cs, Hg, As, Th, Cr, Ag 等元素的含量,比海水中含量高数百倍至数千倍,低于海水含量的只有 Br 和 Sr (表 3)。

表 3 盐湖微量元素含量的数量级

Tab. 3 The quantity rank of microelement content in salt lakes in Xizang

盐湖中微量元素含量高于海水含量的倍数	微量元素
$10^3$	Li, Cs, Pb,
$10^2$	B, Hg, Ag, Th, As, Cr
$10^1$	Rb, U, F, P, Fe, Mn, Zn
$10^0$	I, Si, Al, Sn, Ni, Mo, V, Ti, Cu
$10^{-1}$	Br, Sr

由于地质构造条件和自然地理环境的不同,各盐湖中微量元素的含量也有很大的差别<sup>[7]</sup>。例如,含 B 最高的盐湖为扎布耶茶卡,其卤水含量为 2757.48mg/L;其次是茶拉卡、昂拉仁错、扎仓茶卡、班戈错等, B 含量均在 1550mg/L 以上。含 Li 最高的盐湖为噶尔昆沙错,卤水含 Li 2900mg/L;拉果错、扎仓茶卡等盐湖含 Li 也均为 500—2900 mg/L。Rb, Cs 含量则以聂尔错为最高,分别为 12.13mg/L 和 9.5mg/L。班戈错和郭加林错含 U 较高,分别为 2.29mg/L 和 1.12mg/L。查那错含 Th 高,为 0.07mg/L。玛尔果茶卡和龙

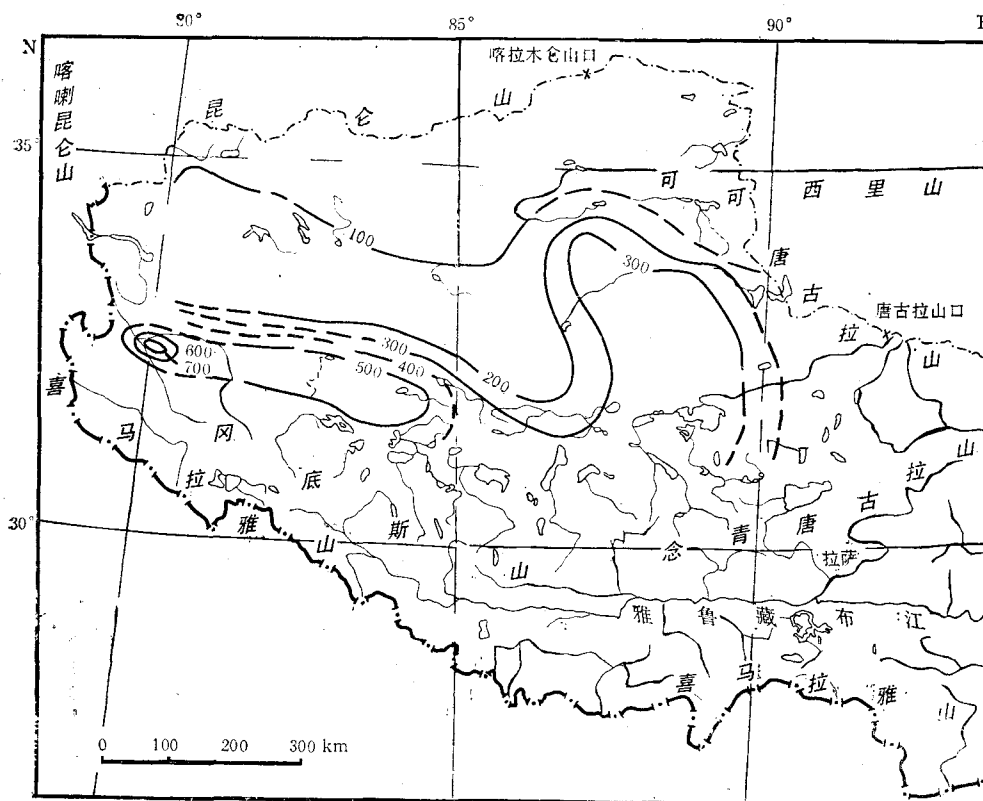


图 4 西藏盐湖 Li 含量 (mg/L) 等值线

Fig. 4 The distribution of the Li content (mg/L) in salt lakes in Xizang

木错含 F 较高,分别为 441mg/L 和 403mg/L。聂尔错含 As 为 13.2mg/L。Pb, Zn, Mn, Fe 等元素,在盐湖卤水中亦处于地球化学集中状态。

西藏盐湖微量元素的分布很不均匀,具有明显的区域性和地带性的特点。例如, B 含量高的盐湖在藏北高原上形成两个高值区,东部以朋彦错、班戈错为中心,西部位于扎仓茶卡、聂尔错、扎布耶茶卡等地(图 3)。Li 的富集区同 B 的高值区基本吻合(图 4),表明 Li, B 之间具有密切的成因联系。Rb, Cs 的高值区相应地出现在东部孔孔茶卡和西部聂尔错附近(图 5, 6)。其它微量元素也形成了有规律的富集带。

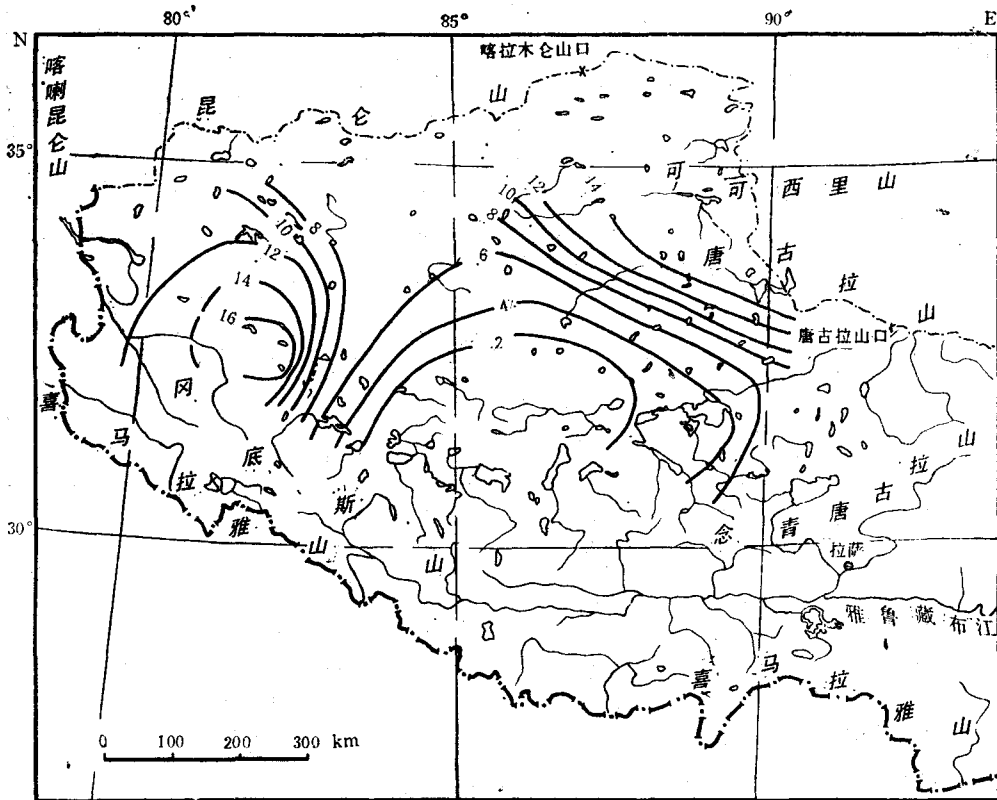


图 5 西藏盐湖 Rb 含量 (mg/L) 等值线

Fig. 5 The distribution of the Rb content (mg/L) in salt lakes in Xizang

### 三、盐湖微量元素富集的地质背景

西藏盐湖微量元素来源于三方面: 1. 蚀源区基岩的淋滤和风化作用; 2. 地表水和地下水的补给; 3. 大气降水的汇集作用。其中以前二因素为主, 尤以地下热水的补给最为重要。

1. 盐湖盆地蚀源区岩石, 尤其是重熔岩浆作用形成的花岗岩、花岗闪长岩, 在自然条件下经年久天长的淋滤、风化作用, 会使某些微量元素发生溶解、迁移和富集。西藏盐湖盆地岩石化学分析和淋溶实验表明, 淋滤、风化作用是西藏盐湖微量元素最基本的补给来源(表 4, 5)。

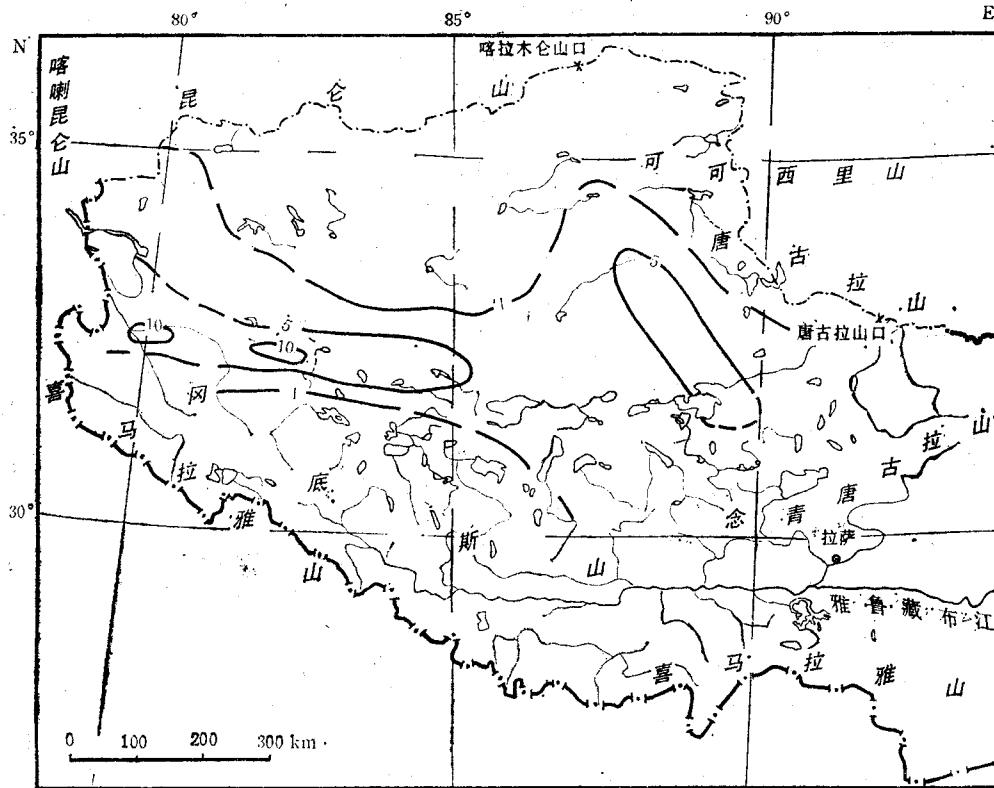


图6 西藏盐湖 Cs 含量 (mg/L) 等值线

Fig. 6 The distribution of the Cs content (mg/L) in Salt Lakes in Xizang

表4 藏北高原岩石化学分析(%)

Tab. 4 The chemical analysis (%) of rock in northern Xizang plateau

岩性 成分	恰茶卡硅酸岩	巴毛穷宗玄武岩	巴毛穷宗玄武岩	洞错玄武岩	洞错超基性岩	绒马温泉石英岩
K <sub>2</sub> O	2.72	2.32	2.72	0.17	0.07	2.22
Na <sub>2</sub> O	0.16	1.19	1.40	0.35	0.37	0.14
CaO	0	12.38	11.38	12.92	1.61	0
MgO	4.33	7.94	6.30	14.80	35.22	0.83
MnO	0.02	0.22	0.22	0.07	0.09	0.09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.85	8.85	9.39	5.91	8.71	0.97
Ti <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.35	0.82	0.84	0.07	0.15	0.24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.67	13.74	13.88	19.05	2.50	3.98
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.15	0.51	0.40	0.40	0.45	0.12
SiO <sub>2</sub>	66.77	40.44	41.53	44.73	37.39	89.64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.025	2.41	2.40	0.06	0.025	0.01
烧失量	5.14	6.72	5.60	2.51	14.63	0.42

2. 地表水和地下水对微量元素的补给。水是影响微量元素溶解、迁移和富集的主要介质。地表水系指河水,藏北高原的河流主要为内河,以盐湖或咸水湖为最终归宿。河水

表 5 藏北高原岩石淋滤实验 (mg/L)

Tab. 5 The leaching experiment of rock in northern Xizang plateau

岩样 元素	错尼凝灰岩	巴毛穷宗玄武岩	巴毛穷宗砂岩	错尼灰岩	组合样 <sup>1)</sup>
Na	13.0	11.0	10.1	1.5	5.0
K	8.0	1.5	3.5	—	5.05
Mg	6.33	2.99	0.25	2.07	3.49
Ca	42.86	5.38	3.93	13.97	6.06
Li	0.04	0.05	0.08	0	0.05
Cl	5.96	6.62	1.66	4.29	7.15
SO <sub>4</sub>	182.75	93.02	—	13.17	0
H <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.42	3.22	2.82	6.04	4.83
pH	8.1	8.2	8.3	8.25	8.1
淋滤实验条件	固样 100g 加水 1000 ml, 常温 常压下浸泡 10 h, 分离, 取水 样 1000ml	固样 100g, 加水 1000ml, 常温常 压下浸泡 48 h, 分离, 取水样 1000ml	固样 100g, 加水 1000ml, 常温常 压下浸泡 72 h, 分离, 取水样 1000ml	固样 100g, 加水 1000ml, 常温常 压下浸泡 72 h, 分离, 取水样 1000ml	固样 100g 加水 1000ml, 常温常 压下浸泡 72 h, 分离, 取水样 1000ml

1) 系达瓦错、恰茶卡、洞错、昂仁金错样品。

中富含许多微量元素(表 6), 源源不断的向湖盆汇集, 成为盐湖微量元素的重要来源之一。

地下水的补给, 系指地下热水(温热沸泉)的补给。据考察<sup>[3]</sup>, 西藏约有温泉 600 多处, 分布于盐湖盆地附近, 内含许多微量元素(表 7), 是该区盐湖 Li, B 等元素特殊的补给来源<sup>[4]</sup>。尤其是藏北高原东部的申扎县、班戈县和高原西部的革吉县、噶尔县等境内温热沸泉十分发育, 形成两个明显的水热活动带。这两个水热活动带, 是形成高原东部和西部盐湖 Li, B 高值区的特殊地球化学背景。

3. 大气降水的补给, 即雨、雪、霜、冰雹等水溶液的补给。大气降水中微量元素(表 8), 对盐湖盆地和盐湖的补给, 主要是通过河水或地下径流的搬运、迁移来实现的。

#### 四、结 语

西藏盐湖中除主要成分外, 还富含 27 种次要成分, 皆属于微量元素。除 Br, Sr 接近海水含量外, 其余 25 种微量元素均比海水含量高, 尤其是 Li, B, Cs, Th 等, 较海水含量高 2—3 个数量级。

该区盐湖微量元素的分布具有明显的区域性和地带性特点, 一般于藏北高原东部和西部形成两个规律性明显的高值区。

西藏高原具有独特的地质构造条件和区域自然地理环境, 尤其是板块构造运动所控制的重熔岩浆作用和强烈的水热活动, 是该区盐湖微量元素高度集中和形成东、西两个 Li, B 等微量元素高值区的特殊地球化学背景。



表 6 西藏高原河水中微量元素成分 (mg/L)

Tab. 6 Microelement composition (mg/L) in the river water in Xizang Plateau

元素	河流	扎加藏布	布绝藏布	捷娃藏布	江爱藏布	绒玛藏布	那拉藏布	惹多藏布	措勤藏布	波合藏布	拉昂藏布
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0.42	9.95	7.47	0.67	10.08	0.50	4.20		10.57	13.11
Li		0.14	0.1	0.1	— <sup>1)</sup>	<0.5	—	—	—		<0.5
Sr		<2	<2	<2	—	<3	—	—	—	<2	—
Br		<0.5	<0.5	<0.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.5	<0.3
I		0.0022	0.0022	0.0026	—	—	0.003	0.0015	0.007	0.0027	0.004
U		0.03	0.03	0.017	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004		0.05
Th		—	—	—	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	—	<0.004
F		0.14		<0.1	5.79	44.25	12.70	4.04	7.74		31.51
Si		1.7	0.90	1.00	4.67	12.33	4.47	5.20	4.69	1.40	0.35
P					—	—	—	—	—		0.27
As					<0.01	<0.01	—	—	<0.01		1.17
Rb		<0.05	0.05	0.05	<0.20	0.38	<0.20	<0.20	<0.20	<0.05	<0.2
Cs		<0.05	<0.05	0.10	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.05	<0.4
Al					0.077	0.026	0.014	0.017	0.04		0.0085
Fe					0.0092	0.10	0.019	0.018	0.056		0.047
Pb					0.005	0.003	0.001	0.002	0.005		0.31
Sn					—	—	<0.001	<0.001	—		0.001
Cu					0.003	0.013	0.001	0.003	0.004		0.0081
Cr					0.011	0.004	0.002	0.001	0.011		0.011
Mn					0.004	0.002	0.002	0.002	0.066		<0.001
Ni					—	0.011	0.003	0.002	0.002		0.013
Mo					<0.002	<0.002	<0.001	<0.001	<0.002		<0.0038
V					<0.002	<0.002	<0.001	<0.001	—		<0.001
Ti					<0.002	<0.002	<0.001	<0.001	<0.002		0.001
Ag					0.0004	0.0002	0.0001	0.0001	0.004		0.0001
Zn					0.04	0.18	0.023	0.018	0.20		<0.06
注入湖泊		色林错	色林错	班戈错	依布茶卡	依布茶卡	洞错	洞错	扎日南木错	达则错	拉昂错

1) “—”代表未检出。

表 7 西藏高原温泉水中微量元素含量 (mg/L)

Tab. 7 Microelement composition (mg/L) in the warm spring water in Xizang Plateau

元素	错尼温泉	确且南泉	绒玛 III 号泉	洞错泉水	扎布错泉水	聂尔错南泉	达瓦错泉水	扎卡仓泉水	热邦错泉水	羊八井热泉
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.70	10.08	23.53	3.87	4.00	8.74	1.34		8.40	145.00
Li	<0.50	—	2.0	—	—	<0.5	—	300.0	—	11.0
Sr	—	—	<3	—	—	<3	—	<3	<3	<3
Br	<0.30	<0.30	<0.30	1.07	<0.30	<0.30	<0.30	60.42	<0.30	1.34
I	0.01	0.022	0.0095	0.006	0.0065	0.005	0.0015	0.073	0.005	0.10
U	<0.004	0.016	<0.004	0.012	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Th	0.036	0.020	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
F	20.08	20.08	142.8	4.96	15.12	2.60	5.84		3.15	169.30
Si	6.60	1.86	31.50	5.03	6.33	10.30	3.80	1.23	5.15	45.17
P	—	—	0.21	—	0.067	—	—	1.16	<0.04	1.37
As	<0.01	—	<0.01	—	—	—	—	1.17	0.012	2.10
Rb	<0.2	<0.2	0.70	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	7.70	<0.2	1.50
Cs	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	5.93
Al	0.051	0.086	0.025	0.013	0.012	0.052	0.019	0.016	0.016	0.27
Fe	0.077	0.087	0.126	0.017	0.140	0.026	0.024	0.021	0.068	0.099
Pb	0.010	0.006	0.008	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.009	0.27
Sn	0.002	0.002	—	<0.001	0.001	<0.001	—	<0.002	<0.001	0.001
Cu	0.005	0.012	0.018	0.004	0.01	0.006	0.004	0.01	0.03	0.005
Cr	0.004	0.007	0.005	0.001	0.003	0.003	0.003	0.002	0.015	0.019
Mn	0.004	0.015	0.004	0.002	0.001	<0.001	0.002	0.002	<0.001	0.012
Ni	0.002	0.004	0.009	0.001	0.001	0.002	0.001	<0.001	0.001	0.014
Mo	<0.002	0.008	—	0.001	0.002	0.002	<0.001	0.004	0.001	0.019
V	<0.002	<0.002	<0.002	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.002	<0.001	—
Ti	<0.002	<0.002	<0.002	<0.01	<0.001	<0.001	<0.01	<0.002	<0.001	0.004
Ag	0.0003	0.0005	0.001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0003	0.00008	0.00024
Zn	0.28	0.19	0.26	0.009	0.019	0.03	0.018	<0.06	<0.03	0.122
Ga										0.0099
注入湖泊	错尼湖	确且错	依布茶卡	洞错	扎布错	聂尔错	达瓦错	扎卡仓湖 茶卡	热邦错	热水湖

表 8 西藏高原大气降水中微量元素含量 (mg/L)  
 Tab. 8 Microelement composition (mg/L) in the atmospheric  
 water in Xizang Plateau

元素 \ 取样点	双湖县措哲	措勤县达瓦错	改则县洞错	革吉县扎仓茶卡	班戈县班戈错
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.01	—	0.50	20.5	4.98
Li	—	—	—	0.18	<0.1
Sr	—	—	—	<2.0	<2.0
Br	3.74	<0.30	<0.30	<0.5	<0.5
I	—	0.0007	0.0015	0.0064	0.0034
U	<0.004	<0.004	<0.004	—	0.005
Th	<0.004	<0.004	<0.004	—	—
F	3.61	2.24	1.98	37.49	—
Si	0.13	—	0.13	—	—
P	0.30	—	—	—	—
As	<0.01	—	—	—	—
Pb	0.077	0.001	0.003	—	—
Rb	<0.2	<0.2	<0.2	<0.05	<0.05
Cs	0.4	<0.4	<0.4	<0.06	<0.06
NO <sub>3</sub>	0.067	2.97	0.4	—	—
NO <sub>2</sub>	—	0.25	0.28	—	—
N	—	7.0	1.36	—	—
Al	0.075	0.023	0.022	—	—
Fe	0.21	0.040	0.024	—	—
Mn	0.072	0.001	0.012	—	—
Sn	—	<0.001	<0.001	—	—
Cr	0.009	0.002	0.001	—	—
Ni	0	0.001	0.001	—	—
Mo	—	—	<0.001	—	—
V	—	<0.001	<0.001	—	—
Ti	<0.002	<0.001	<0.01	—	—
Cu	0.003	0.003	0.005	—	—
Ag	0.0005	0.0002	0.0001	—	—
Zn	0.031	0.018	0.037	—	—
样品类型	雪粒	雪	雪	雪	雨水

## 参 考 文 献

- [1] 于昇松、唐渊, 1983. 青藏高原盐湖的水化学特征. 海洋与湖沼 14(6): 489—511.  
[2] 范元崎, 1983. 西藏湖泊水化学特征. 中国科学院南京地理研究所集刊(第1号). 科学出版社, 40—49页.  
[3] 张知非、朱梅湘、刘时彬等, 1982. 西藏水热地球化学的初步研究. 北京大学学报(自然科学版) 3: 88—96.  
[4] 郑喜玉, 1982. 西藏扎仓茶卡盐湖卤水 Li, B 的分布特征. 海洋与湖沼 13(1): 26—34.  
[5] 郑喜玉、于昇松, 1984. 西藏高原的盐湖资源及其利用. 地理科学 1(1): 66—76.  
[6] 郑喜玉、杨绍修, 1983. 西藏盐湖成分及其成因探讨. 海洋与湖沼 14(4): 342—352.  
[7] 涂光炽、欧阳自远、朱炳泉等, 1984. 地球化学. 上海科学技术出版社, 190—243页。

## DISTRIBUTION OF TRACE ELEMENTS IN SALT LAKES OF XIZANG (TIBET)

Zheng Xiyu

(*Institute of Salt Lakes, Academia Sinica, Xi'ning*)

### ABSTRACT

Xizang is one of salt lake areas in China, totalling 220, the biggest in scale and the highest above sea level. According to the composition of brines, these lakes can be grouped into the carbonate type and the sulphate type (including  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  and  $\text{Mg}\text{-SO}_4$  subtypes). The chloride type is not found there up to now.

Besides Na, K, Ca, Mg, Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$  and  $\text{CO}_3$ , there are another 27 kinds of trace elements in these lakes. The contents of Sr and Br are close to or lower than those in sea water, the contents of other 25 trace elements are higher than those in sea water. The contents of Li, B, Rb, Cs, Hg, Th, As, Ag, Pb and Cr are thousand times higher than in sea water, therefore, reaching a level of geochemical concentration and industrial production.

Xizang is of a particular tectonics and has a favourable environments for enrichment of Li and B by the remelting magmatism caused by plate tectonics and strong geothermal action.