

## 艾比湖水化学演化的初步研究

李涛

(中国科学院盐湖研究所, 西宁 810008)

234-243

摘要 本文通过野外地质调查和大量样品的分析测试结果,从以下三个方面对艾比湖水的水化学特征进行论述:(1)湖水的矿化度和 pH;(2)湖水的化学组成;(3)湖水化学组分的侧向分布。初步揭示了湖水水化学变化和主要化学元素迁移和富集的规律。艾比湖沉积物中碳酸盐矿物组成及其地球化学性质反映湖水化学组成的变动。这种变动明显受气候环境变化的影响。因此,CK4 孔和湖底沉积物中的碳酸盐沉积,提供了许多信息作为湖水化学演化和古气候波动的标志,根据其碳酸盐含量、方解石含量、方解石格架中  $MgCO_3$  mol. %、Sr 含量和  $Sr \times 1000/Ca$  比值,最后结合碳酸盐的沉积特征、地球化学演化和古沙嘴的演变,进一步阐明了湖水化学演化的趋势。

p 343.3

关键词 艾比湖 碳酸盐沉积 化学演化 水化学, 盐湖。

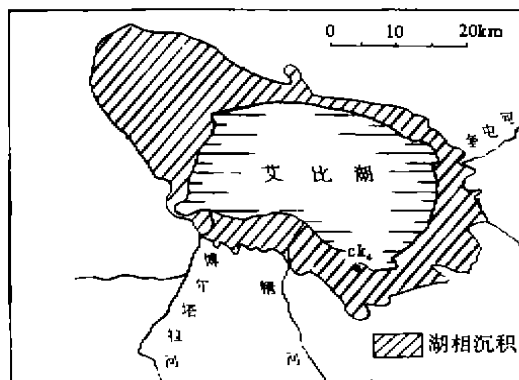


图1 艾比湖的形态和钻孔位置

Fig. 1 Shape and location of drilling hole

艾比湖位于新疆准噶尔盆地西部,是新疆第二大盐湖。湖水面积为  $562.5 \text{ km}^2$ ,长约  $65 \text{ km}$ ,宽  $30-35 \text{ km}$ ,水深  $1-3 \text{ m}$ (图1)。湖面海拔  $189 \text{ m}$ ,是新疆仅次于吐鲁番盆地的第二最低洼的盆地。

艾比湖属于准噶尔地块西北缘的一部分,东北为准噶尔界山褶皱带,并以巴尔鲁克大断裂为界,西以北天山褶皱带的阿拉山口深断裂为界,形成了地堑式断陷盆地。该湖是准噶尔盆地最大的汇水中心。入湖河流有23条之多,但至今大多已干涸或断流。博尔塔拉河和精河位于其西侧和南侧,是目前尚存的常年性河流。湖区地下水非常丰富,现已探明  $200 \text{ m}$  以内地层含水量十分可观。湖周共发现泉17处,年径流量达  $2.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

近40年来,由于河流上游大量的水利设施,致使入湖径流量急剧减少,艾比湖干缩了一半之多。但是地下水相对湖水面的高差反而增大,补给作用增强。近几年来,湖水水面基本稳

国家自然科学基金(4870124)资助项目。

参加野外工作的还有郑喜玉、李秉孝、徐昶和山发寿等。

本文于1991年12月24日收到,1993年3月2日第二次改回。

定就说明了这一点。该区处于欧亚大陆腹地,年蒸发量 1656.5mm,年降水量 96.2mm,年蒸发量为年降水量的 17.6 倍,为大陆干旱性气候。艾比湖位于著名的阿拉山大风口的东南方向,使湖区全部处于西北大风的控制下。

## 一、湖水的水化学特征

1987—1989 年沿湖西南至东北方向三条水化学剖面进行湖表卤水的系统采样,共 19 个;并分别采集了入湖主要河流、周边地下水、泉水和雨水等样品,测定了它们的 pH、比重、常量和微量元素<sup>①</sup>,初步揭示了湖水的水化学特征。

### 1. 矿化度和 pH

矿化度为 92—137g/L,平均 112.4g/L。矿化度的大小主要受博尔塔拉河和精河的补给影响,自西南向东北方向逐渐增大(图 2)。pH 在 8.43—8.99 之间,随着矿化度的增加而减小。

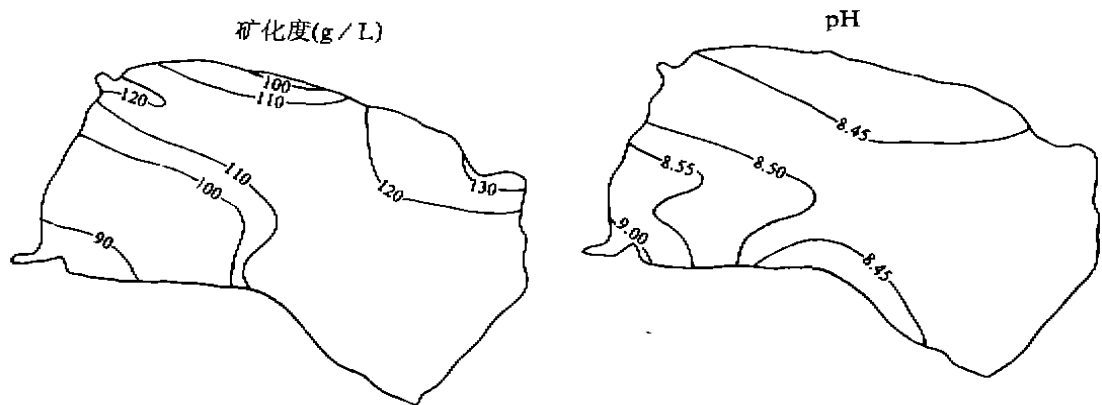


图 2 湖水矿化度和 pH 的等值线

Fig. 2 Isolines of salinity and pH of lake water

### 2. 湖水的化学组成

湖水化学类型为硫酸钠亚型(表 1)。主要化学成分  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}; \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$ ,此外还含有 20 种多种微量元素。与海水相比,湖水中的 Br、Sr 和 Ba 含量低于海水;稀土元素和过渡金属元素则显著高于海水的含量。这些都显示出艾比湖非海相大陆湖盆水体的特征。与青海湖湖水相比<sup>[1]</sup>,虽然两者水化学类型都为硫酸钠亚型,目前湖水都为  $\text{CaCO}_3$  所饱和,普遍析出文石和方解石,但在化学组成上有显著的差别。青海湖水的主要化学成分  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}; \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$ 。 $\text{Cl}^-$  的含量比  $\text{SO}_4^{2-}$  多出近一倍,并且  $(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}) / \sum \text{盐}$  比值大于艾比湖 21 倍, $\text{SO}_4^{2-} / \sum \text{盐}$  比值低于艾比湖约一倍。以上表明青海湖正处于碳酸盐沉积的旺盛阶段,而艾比湖碳酸盐的沉积作用趋于减

① 常量元素由王克俊、林乐枝、单兰娣和吕亚华分析,微量元素由王华安、原力和吕翠美等分析。

表1 艾比湖河水、地下水、泉水、雨水和湖水的化学组成与青海湖水和海水的比较

Tab. 1 Chemical component of river water, ground water, spring water, rain and lake water in contrast with Qinghai Lake water and sea water

水 体		河水(5)	浅层地下水	深层地下水	泉 水	雨 水	艾比湖(19)	青海湖 <sup>[1]</sup>	海水**
pH		7.74—8.86	7.51	7.80	7.75	7.56	8.39—8.56	9.15—9.38	
密度(g/cm <sup>3</sup> )		1.000	1.004	1.000	1.000	1.001	1.079	1.011	1.028
盐度(‰)		0.23	3.90	0.45	0.62	0.40	104.68	14.23	35.00
主要 化学 成分 (%)	Na	0.01	1.21	0.18	0.06	0.09	30.61	3.93	10.50
	K	0.002	0.01	0.001	0.004	0.004	0.40	0.16	0.30
	Mg	0.008	0.08	0.007	0.02	0.007	4.12	0.76	1.35
	Ca	0.04	0.01	0.03	0.11	0.02	0.33	0.01	0.40
	Cl	0.005	0.03	0.05	0.09	0.04	32.56	5.79	19.00
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.04	1.64	0.15	0.21	0.15	36.05	2.35	2.65
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.12	0.12	0.11	0.13	0.09	0.30	0.68	0.14
	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.008	—	—	—	—	0.10	0.52	0.006
微 量 元 素 (ppm)	Li	0.003	0.02	0.007	—	0.05	0.68	0.84	0.21
	B	0.14	1.10	0.18	0.15	0.12	29.54	11.7	4.73
	Si	4.27	4.46	5.17	8.59	8.14	6.67	0.925	3.08
	P	0.26	0.28	0.15	0.60	0.58	6.50	0.503	0.07
	Br	0.06	0.34	0.07	—	0.20	0.59	0.15	66.82
	I	0.01	0.04	0.01	0.002	0.004	0.15	0.004	0.06
	Ag	0.02	0.04	—	0.01	—	0.12	—	0.03
	Sr	0.26	4.61	0.82	1.45	0.04	3.76	0.04	0.22
	Ba	0.007	0.03	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02	0.03
	Ti	—	—	—	—	—	0.14	0.01	0.001
	U	0.004	—	—	0.04	0.02	0.27	0.04	0.02
	Cr	0.003	0.62	0.0001	0.04	0.03	0.78	0.124	0.0005
	Mn	0.01	0.004	0.02	0.008	0.006	0.13	0.016	0.002
	Fe	0.04	0.03	—	0.02	0.01	0.49	0.067	0.01
	Ni	0.003	—	—	0.08	0.08	0.90	0.092	0.02
	Cu	—	—	—	0.03	0.02	0.17	0.016	0.003
Zn	—	—	—	—	—	0.30	0.0021	0.01	
Al	—	—	—	0.24	0.23	2.24	0.259	0.01	
Y	—	—	—	—	—	0.004	—	0.00031	
La	—	—	—	—	—	0.037	—	0.00001	
Ce	—	—	—	—	—	0.416	—	0.51×10 <sup>-8</sup>	
Sm	—	—	—	—	—	0.276	—	0.45×10 <sup>-6</sup>	
Eu	—	—	—	—	—	0.003	—	0.1×10 <sup>-7</sup>	
Gd	—	—	—	—	—	0.036	—	0.7×10 <sup>-6</sup>	

续表 1

特 征 系 数	Na/K	5.00	121.00	100.00	15.00	22.50	63.52	24.56	27.66
	Mg/K	4.00	8.00	7.00	5.00	1.75	8.56	4.94	3.55
	Mg/Ca	0.20	8.00	0.14	0.18	0.35	12.36	79.00	3.39
	Na/∑盐	0.043	0.31	0.22	0.18	0.23	0.29	0.28	0.30
	$K \times 10^3 / \sum \text{盐}$	8.70	2.55	2.22	6.45	10.00	4.61	11.24	0.01
	$SO_4 / \sum \text{盐}$	0.17	0.42	0.33	0.33	0.38	0.34	0.17	0.08
	$Cl / \sum \text{盐}$	0.022	0.21	0.11	0.15	0.10	0.31	0.41	0.54
	$\frac{HCO_3 + CO_3}{\sum \text{盐}}$	0.56	0.03	0.24	0.21	0.23	0.004	0.084	0.004
	$Sr \times 10^3 / \sum \text{盐}$	1.13	1.18	1.89	2.33	0.10	0.03	0.003	0.23
Ca/∑盐	0.17	0.003	0.07	0.17	0.05	0.003	0.0007	0.01	
水化学类型	重碳酸盐型	硫酸盐型	硫酸盐型	硫酸盐型	硫酸盐型	硫酸钠亚型	硫酸钠亚型	硫酸镁亚型	

\* 括号内为参加样品统计的个数;—表示未检出。

\*\* 海水的含量主要根据 Keith S. Stowe (1979, Ocean Science, John Wiley & Sons,) 数据。该书没有的数据参照南京大学年编《地球化学》, 科学出版社, 1979。

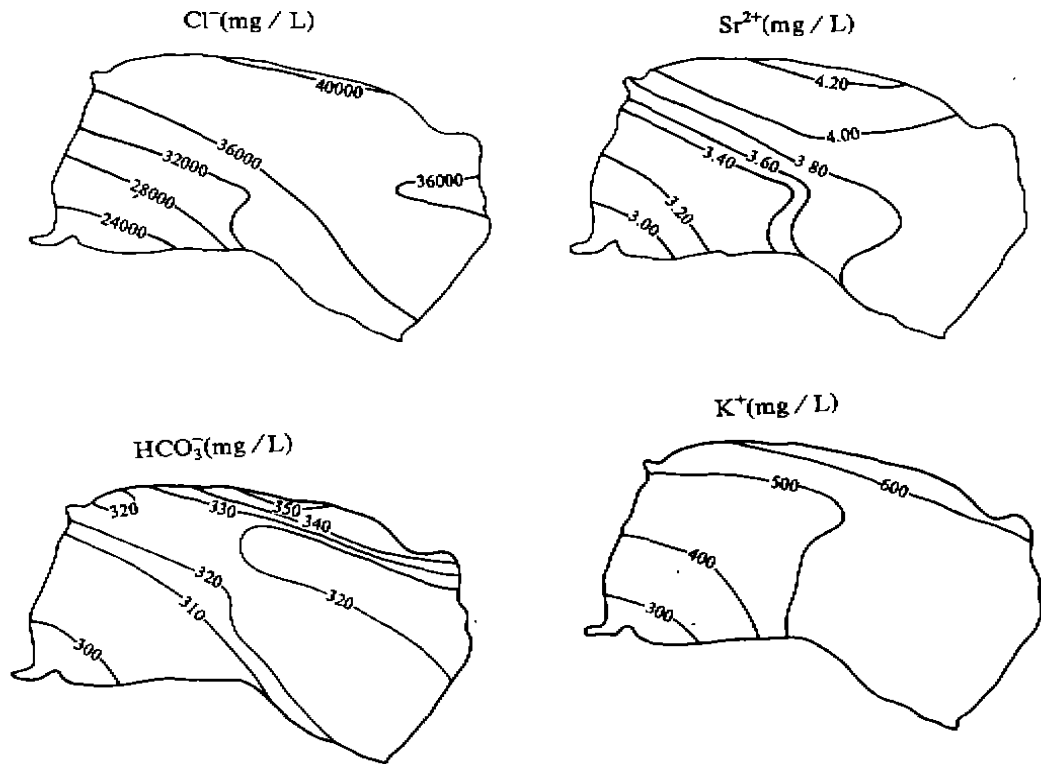


图3 湖水  $Cl^-$ 、 $Sr^{2+}$ 、 $HCO_3^-$  和  $K^+$  的等值线  
Fig. 3 Isolines of  $Cl^-$ 、 $Sr^{2+}$ 、 $HCO_3^-$  and  $K^+$  of lake water

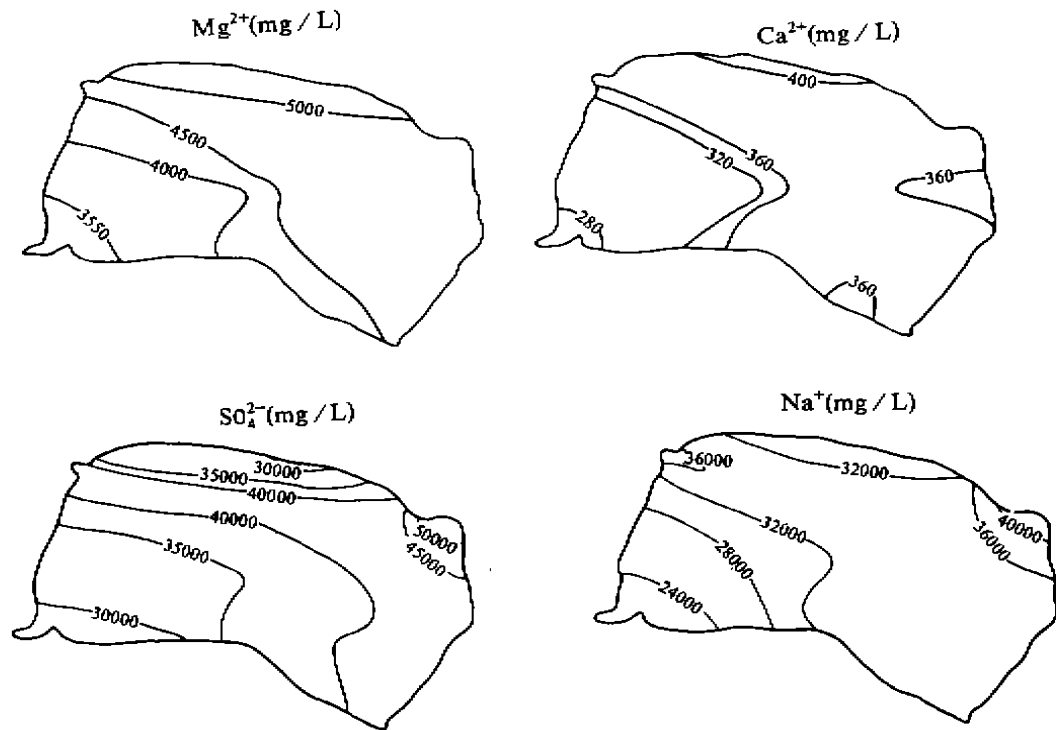


图4 湖水  $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $SO_4^{2-}$  和  $Na^+$  的等值线

Fig. 4 Isolines of  $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $SO_4^{2-}$  and  $Na^+$  of Lake Water

弱,湖北部已开始析出芒硝,湖水已进入析出硫酸盐阶段。从现代湖底沉积物中可以看出,青海湖以析出大量碳酸盐为特征,碳酸盐含量占沉积物 30% 以上<sup>[2]</sup>,而艾比湖的碳酸盐含量仅为 12%,大大低于青海湖底沉积物中碳酸盐中的含量。

### 3. 湖水化学组分的侧向分布

精河的常年性补给,湖水的化学组成自西南向东北含量递增(图 3、4)。

$SO_4^{2-}$  和  $Na^+$  的侧向分布稍有异常。因为湖北部  $SO_4^{2-}$  和  $Na^+$  的浓度已经饱和,析出了大量芒硝,沿湖的北岸呈数公里带状分布,因此降低了北侧湖水  $SO_4^{2-}$  和  $Na^+$  含量,从而湖水  $SO_4^{2-}$ 、 $Na^+$  和矿化度的高值区偏移到湖的中部和北部。

## 二、湖水的化学演化

野外考察发现,从该湖南岸至南侧山系长达 18km 的范围内,共发育 6 级较为明显的沙嘴(阶地)。最高一级湖成阶地海拔 274m,高出湖面 85m,由其构成湖盆面积达 6000km<sup>2</sup>。由此可见,艾比湖最初的湖水面积比现在大得多,演化至今经历了漫长的地质历程。

湖水的化学演化与其沉积过程紧密联系。钻孔岩芯总长 38.74m。沉积物主要是粘土质粉砂、粉砂质粘土,其次为粉砂、细砂和粗砂,偶见湖滨砂砾层。岩芯由三个沉积旋回组成,每

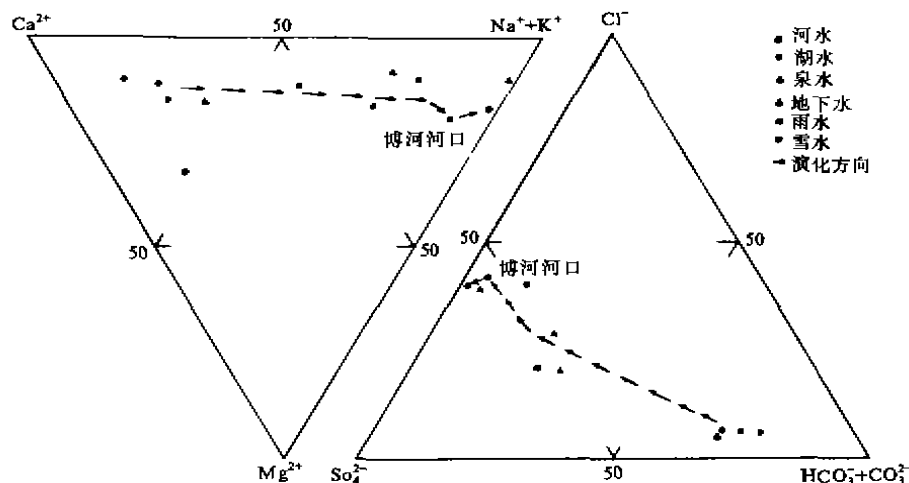


图 5 湖水演化的趋势

Fig. 5 The trend of chemical evolution in the Aibi Lake water

一个旋回都是由粗到细,其顶部均为粒径粗大的砂砾层。现代湖底沉积物采于南岸泵房处,长约 30cm。0—10cm 为灰黑细砂;10—30cm 为深灰色粉砂质淤泥,偶见少量石膏和芒硝。岩芯沉积物中大量出现石英、长石粘土矿物等蚀源区碎屑矿物。碳酸盐矿物是主要的化学沉积物,它们多呈隐晶状微粒散布在碎屑矿物之间。

将干燥研磨后的样品压样,插入 D-Max-3D X 射线衍射仪中。衍射图以碳酸盐特征鉴定峰进行碳酸盐矿物鉴定,并以  $<2\mu$  沉积物样品,分析纯石盐做内标,采用 J. R. Goldsmith 等人提出的方法,用方解石最强衍射峰的  $d(104)$  值确定其含镁量;以及 J. D. Milliman 提出的方法,计算碳酸盐的相对含量<sup>[3,4]</sup>。另外,称出重 1.0000g 的样品,用二次去离子水洗涤后加入 20% 的醋酸溶液,在振荡槽中恒温振荡 12h,选择性萃取沉积物中碳酸盐的 Ca、Mg、Sr 和 Ba 等元素<sup>[5]</sup>,换算出碳酸盐的总量,用碳酸盐不同矿物的相对含量乘以碳酸盐的含量,便可得到碳酸盐不同矿物的绝对含量<sup>[6]</sup>(表 2)。

最初,艾比湖水面积很大,估计达 6000km<sup>2</sup>。湖水盐度很低,类似于现代的河水。水化学类型为重碳酸盐,主要化学成分为 Ca<sup>2+</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 等。由于干旱性气候的影响,湖水蒸发浓缩,导致最小可溶性化学沉积物——CaCO<sub>3</sub> 达到饱和,当它的活度超过其平衡常数时,便会析出方解石。由于气候环境的变化,湖水经历了相对浓缩和相对淡化的过程。每一淡化过程,湖泊周边的河流都会带入大量的 Ca<sup>2+</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 离子,这就源源不断地为方解石的析出提供了物质基础。当气候由冷湿向暖干变化时,湖水相对浓缩,方解石再度析出,因此,方解石的析出贯穿在湖水化学演化的总历程中<sup>[7]</sup>。

全新世以来,准噶尔盆地的气候向干热的气候环境演化。湖水强烈浓缩,其盐度急剧增加,湖水中的 Mg/Ca 的比值也相应地急剧增大。当其增加到某一临界值时<sup>[8]</sup>,则开始析出文石,并且随着盐度的进一步增加,文石将会代替方解石而占据主导地位。岩芯沉积物和湖底沉积物中的白云石,含量变化十分稳定,均在 0.4%—3.7% 之间,并且白云石的最强衍射峰  $d(104)$  大多在 2.88—1.866 Å 之间,接近于具有标准化学组成的白云石 ( $d(104) = 2.883$ ),可以认为白云石是碎屑成因的。

表2 艾比湖CK4孔和湖底沉积物的矿物学和化学性质  
Tab. 2 Mineralogical and chemical nature of carbonate in the sediments  
of CK4 drilling hole and lake bottom

沉积物的深度 (m)	碳酸盐含量 (%)	方解石 (%)	白云石 (%)	文石 (%)	<2 $\mu$ 沉积物中方解石 的MgCO <sub>3</sub> (mol. %)	Sr (ppm)	Sr × 10 <sup>3</sup> /Ca (摩尔比)
2.50	10	7.0	0.5	2.5	2.5	194	2.31
3.20	14	9.1	1.7	3.2	1.0	194	1.80
4.40	12	9.8	2.2	0	1.5	148	1.53
5.00	15	12.3	2.7	0	1.5	174	1.36
5.45	12	8.3	3.7	0	0	103	1.08
6.68	10	7.6	2.4	0	0	99	1.23
7.18	10	8.7	1.3	0	0	105	1.35
9.73	10	8.2	1.8	0	0	110	1.37
12.00	11	6.3	4.7	0	0	116	1.30
14.57	12	9.4	2.6	0	0	127	1.36
16.39	11	9.8	1.2	0	2.0	177	1.93
17.00	10	8.7	1.3	0	1.5	133	1.59
19.05	9	7.0	2.0	0	0.5	120	1.66
20.23	10	8.6	1.4	0	1.5	108	1.37
21.25	8	6.6	1.4	0	0.5	94	1.40
21.65	9	6.3	2.7	0	0	105	1.47
23.36	11	9.5	1.5	0	2.0	130	1.43
24.20	12	9.1	2.9	0	0	121	1.22
24.80	11	9.7	1.3	0	1.0	127	1.46
26.64	12	10.6	1.4	0	1.0	153	1.63
27.18	10	8.6	1.4	0	0.5	118	1.42
28.64	11	9.6	1.4	0	1.0	133	1.47
31.64	8	6.6	1.4	0	1.0	99	1.48
34.19	7	5.5	1.5	0	0	80	1.32
湖底沉积物	10	3.9	0.4	5.7	2.5	337	3.99
	14	5.5	1.1	7.4	4.5	373	3.33

综上所述,在艾比湖的沉积过程中,由于大量方解石的文石从湖水中沉淀下来,导致具有外围河水组成有艾比湖初始水体向当前湖水方向演化(图5)。其水化学特征Ca/Σ盐、Sr × 10<sup>3</sup>/Σ盐和(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>+CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)/Σ盐从外围淡水到湖水急剧降低(表1)。

Sr在沉积物中碳酸盐的分布,主要受湖水Sr/Ca比值的影响。湖水盐度较低时,Ca<sup>2+</sup>离子多以方解石的形式沉淀下来,而Sr在方解石中的分配系数较低,不易进入到它们的格架中<sup>[6]</sup>。气候干燥,湖水的盐度增大,其Sr/Ca比值也相应增大。当这些含Sr较高的湖水与碳酸盐矿物作用时,Sr<sup>2+</sup>离子就增加了进入其格架的能力。文石是湖水中Mg/Ca比值增加到

某一临界值时的产物,它的格架适合于  $\text{Sr}^{2+}$  离子的交代,因此含文石沉积物的 Sr 含量较高。由此可见,沉积物中碳酸盐的 Sr 含量和  $\text{Sr} \times 10^3 / \text{Ca}$  比值反映湖水的古盐度以及古湖水面的涨落,再结合碳酸盐的矿物学特征和其它地球化学标志,可将湖水的化学演化划分为三个阶段(图 6)。

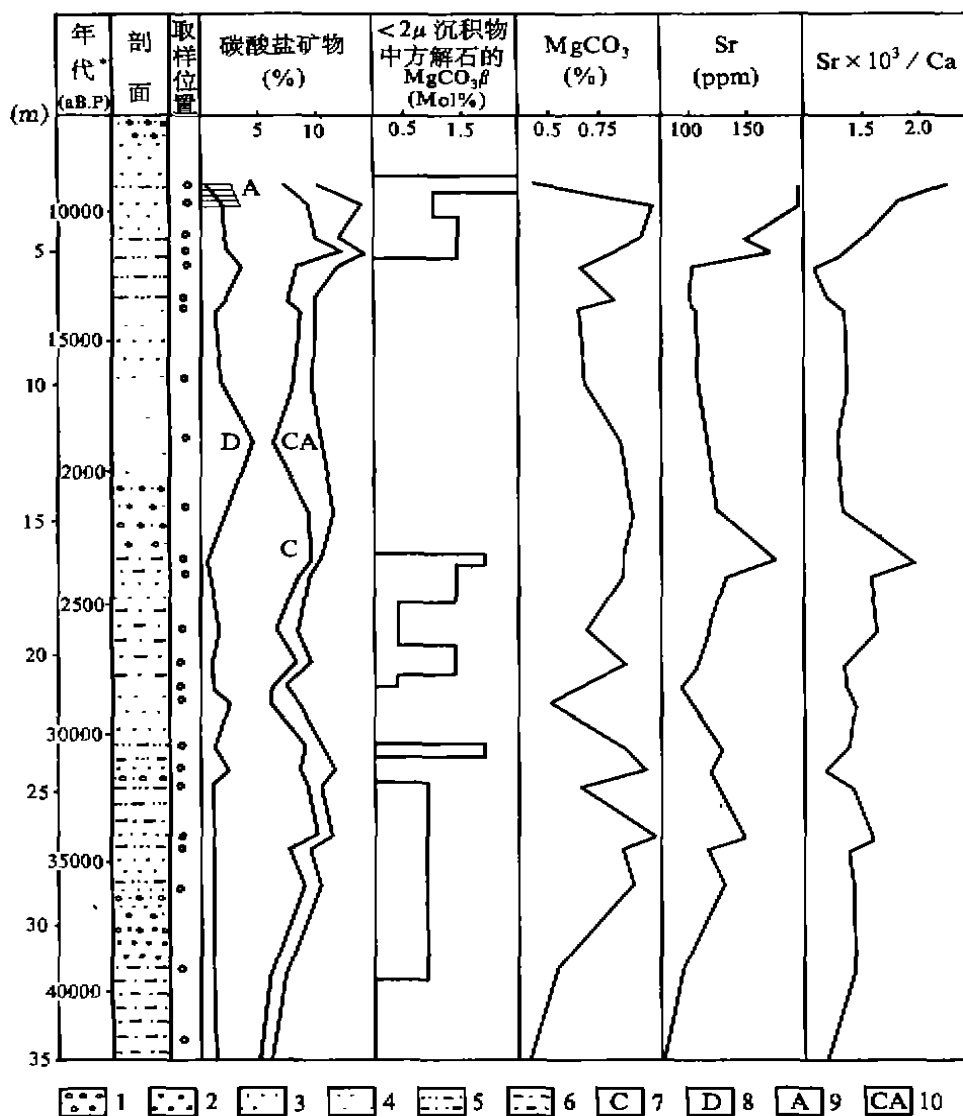


图 6 艾比湖 CK4 孔碳酸盐的沉积演变  
 1. 砾石, 2. 粗砂, 3. 细砂, 4. 粉砂, 5. 粘土质粉砂,  
 6. 粉砂质粘土, 7. 方解石含量, 8. 白云石含量, 9. 文石含量, 10. 碳酸盐含量

Fig. 6 The deposit evolution of carbonate of CK4 drilling hole



第一阶段(45000—23000 a B. P.): Sr 含量和  $Sr \times 10^3/Ca$  比值从该阶段早期到晚期由低到高经历了两次波动,表明湖水面也经历了两次涨落。大约 34000a B. P. 和 23000a B. P., Sr 和  $Sr \times 10^3/Ca$  比值以及其它矿物学和地球化学指标均为最大值,表明此时它们的气候环境为温暖干燥,湖面为两次低湖面。其气候也经历了由冷湿向暖干的两次波动。碳酸盐表现为淡水沉积,主要以方解石沉淀为特征,方解石格架中含少量  $MgCO_3$ 。

第二阶段(23000—12000 a B. P.): Sr 含量和  $Sr \times 10^3/Ca$  比值普遍降低,它们平均值由第一阶段的 121.3ppm 和 1.49 降至 110.00ppm 和 1.28。湖水面呈现连续升高的趋势。12000 a B. P. 湖水面升高到 45000 a B. P. 以来的最高值。由于该高湖面持续时间长,在湖南岸形成了规模宏大的第三级阶地。该阶地宽约 400—600m,延绵数十公里。在该阶地顶部淤泥中测得  $^{14}C$  年龄为  $10700 \pm 320$  a B. P.。

该阶段湖水的盐度普遍比第一阶段低,方解石的析出量呈降低的趋势,方解石格架中不含  $MgCO_3$ ,属于末次冰期的最盛期。

第三阶段(12000 a B. P. — 现今): Sr 含量和  $Sr \times 10^3/Ca$  比值显著高于前两个阶段。岩芯顶部的 Sr 含量和  $Sr \times 10^3/Ca$  比值的平均值分别为 177.5ppm 和 1.75; 湖底沉积物增至 373ppm 和 3.99。以上表明了湖水受到干燥炎热的气候影响强烈蒸发而浓缩,水面迅速降低,湖水盐度急剧增大,并逐渐演化到咸水阶段,此时除析出方解石外还开始析出文石,随着湖水盐度的不断增大,文石逐渐占据了主导地位,其含量超过了方解石。

本世纪 40 年代末,湖水面积约  $1200km^2$ 。50 年代初以来,建设兵团在艾比湖流域大规模垦荒种田,在众多河流上游修建了许多水利设施,加上乱砍乱伐,造成植被破坏,水土流失,荒漠扩大,降水量减少,致使入湖水量大量减少。目前入湖径流量为  $5.44 \times 10^8 m^3/a$ ,仅占地表径流总量的 1/6。由于入湖水量的大量减少而蒸发量反而不断增加,湖水面因此干缩了一半多,湖水盐度也相应增加了很多,在近几十年内艾比湖由咸水湖逐渐演化为盐湖,并在湖的北岸析出了大量芒硝。

本文承蒙郑喜玉、孙大鹏研究员审阅与指正,图件由刘建华清绘,在此一并感谢。

## 参 考 文 献

- [1] 孙大鹏. 青海湖湖水化学演化的初步研究. 科学通报, 1991, (15): 1172-1174.
- [2] Kerry Kelts. Geological fingerprints of climate history: a cooperative study of Qinghai Lake, China. *Belgae geol. Helv.* 1989, 82(1): 167-182.
- [3] J. D. 米利曼. 现代沉积碳酸盐(第一卷). 北京,地质出版社,1978.
- [4] Jens Skei, Per E. Paus. Surface metal enrichment and partitioning of metals in a dated sediment core from a Norwegian fjord. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1979, 43: 239-246.
- [5] G. Müller, F. Wagner. 巴拉顿湖(匈牙利)全新世碳酸盐的演化,对气候和人类影响的反映. 见: 现代和古代湖泊的沉积物. 北京,地质出版社,1978.
- [6] 高章洪. 柴达木盆地盐湖碎屑沉积层中碳酸盐的初步研究. 中澳第四纪学术讨论会文集. 北京,科学出版社, 1987.
- [7] A. 莱尔曼. 湖泊的化学地质学和物理学. 北京,地质出版社,1989.
- [8] 刘英俊,曹励明. 元素地球化学导论. 北京,地质出版社,1987.

## CHEMICAL EVOLUTION OF AIBI LAKE WATER

Li Tao

(*Qinghai Institute of Salt Lakes, Academia Sinica, Xining 810008*)

### Abstract

According to the field observation and the results of chemical analysis, this paper deals with the hydrochemical character of the Aibi Lake water from the following three aspects: (1) Salinity and pH value of the lake water, (2) Chemical composition of the lake water, and (3) The lateral distribution of chemical components in the lake water which reveal laws of hydrochemical changes and the migration and accumulation of main elements in the lake water. The carbonate minerals compositions in the lake sediments and their geochemical nature reflect the variation of the chemical composition in the lake water. This case is obviously influenced by the climate environment. Thereby, the carbonate sediments in the drilling hole CK4 and recorded information from the lake bottom may be as the indicators of chemical evolution of the lake water and the paleoclimate variation. According to the content of carbonate, the content of calcite,  $\text{MgCO}_3$  in calcite crystal skeleton, the content of Sr,  $\text{Sr} > 1000/\text{Ca}$  ratio and so on, as combined with sedimental character, geochemical evolution of carbonate and evolution of palaeosandspit, the trend in chemical evolution of lake water has been illustrated further. On the basis of the above mentioned, the chemical evolution of lake water can be divided into three stages; 1. The first stage (45000—23000 a. B. P.); the lake water underwent two fluctuations and caused two lower levels with its carbonate mainly consisting of calcite. This stage belongs to fresh water deposition; 2. The second stage (23000—12000 a. B. P.); the lake water level was higher than that of the first stage, the salinity of lake water is lower than that, the content of calcite appeared to decrease with  $\text{MgCO}_3$  in calcite crystal skeleton equal to zero; 3. The third stage (12000 a. B. P. to present); the lake water level was the lowest. Some aragonite was separated out from the lake water, gradually being at its dominant position, and exceeded calcite in content.

**Key words** Aibi Lake, carbonate deposition, chemical evolution