

青海湖湖水的蒸发实验研究*

孙大鹏** 李秉孝 马育华 刘群柱

(中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810008)

摘 要 青海湖位于青藏高原的东北部, 是一个典型的大陆微咸水湖. 该湖湖水的水化学类型属硫酸钠亚型. 其盐度为 14.23‰, 在化学组成上与海水有着明显的差别. 该湖水为 CaCO_3 所饱和, 正在析出文石. 为了查明该湖湖水的化学演化趋势、析盐序列和各种盐类析出的条件, 1990 年我们在该湖南岸采集了大量湖水样品, 进行了蒸发和蒸发—冷冻—蒸发实验. 其蒸发实验结果表明: 随着湖水浓缩首先析出水菱镁矿, 随后逐步析出石盐、无水芒硝、白钠镁矾、软钾镁矾、泻利盐、钾石盐和光卤石. 其蒸发—冷冻—蒸发实验也首先析出水菱镁矿, 其后逐步析出芒硝、三水菱镁矿、石盐、泻利盐、光卤石和水氯镁石. 这些实验的最终母液在室内保存了 1—2 个月, 均有硼酸盐析出. 上述实验所获得的析盐顺序和结晶途径不仅阐明了青海湖湖水的化学演化趋势, 同时也阐明了青藏高原盐湖和我国东部第三纪古湖盆形成与演化过程, 以及其各种盐类析出的条件.

关键词 青海湖 蒸发实验 化学演化

1 前言

青海湖位于祁连山南侧的一个山间断陷盆地中. 它的面积为 4340km^2 , 海拔为 3193.92m , 其最大深度可达 27m . 其东北有许多小湖, 如海晏湾、尕斯库勒湖等. 它们与该湖呈分割或半分割状态. 其东部为耳海, 与该湖分割. 该区外来水系十分发育, 最大河流为布哈河, 年注入该湖水量占总注入量的 67%. 年均温度为 $0.9-2.7^\circ\text{C}$, 年蒸发量为其降雨量的 3.8 倍, 应属高寒半干燥草原气候. 青海湖开始形成于中更新世, 至少在 50 万年以前^[1]. 其湖相沉积相当发育, 由一套暗色灰质淤泥组成, 富含有机物质和明显的微细层理^[3].

青海湖湖水的盐度为 14.23‰, 属硫酸钠亚型, 它是一种典型的大陆水体(表 1). 其主要化学组成: 阳离子为 $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$, 阴离子为 $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$. 与海水相比, 在化学组成、特徵系数和水化学类型方面有着明显的差别. 其高 B—Li 和低 Br 含量显示了青藏高原盐湖的特点. 另外也具有高 MgSO_4 低 Ca^{2+} 特点. 目前青海湖湖水为 CaCO_3 所饱和, 正在析出文石. 海晏湾湖水比青海湖盐度高, 为 17.83‰, 正在析出水菱镁矿^{[4],[5]}.

大陆湖盆水体有两种化学类型: 硫酸盐型和碳酸盐型. 青海湖是典型的硫酸盐型水体. 为了揭示这种水体的演化过程和析盐顺序, 我们进行了大体积青海湖湖水的蒸发实验研究. 这对于阐明青藏高原盐湖的形成演化和某些盐类沉积是非常重要的. 然而, 这种低浓度水体的蒸发实验研究在国内外很少有人进行.

* 国家自然科学基金委员会资助项目.

** 现任中国地质大学(北京)兼职教授

表 1 青海湖湖水和海水化学组成比较

位置	青海湖	海水	南海	黄海	海晏湾	尕斯
密度	1.011		1.022	1.022	1.016	1.024
pH	9.15—9.30		7.52		8.94	9.02
盐度(‰)	14.23	34.48	33.20	31.30	17.83	31.88
主要化学组成(‰):						
Na ⁺	3.93	10.56	10.02	9.67	5.02	9.46
K ⁺	0.16	0.38	0.39	0.33	0.20	0.44
Mg ²⁺	0.79	1.27	1.33	1.16	0.97	1.35
Ca ²⁺	0.01	0.40	0.39	0.37	0.01	0.01
Cl ⁻	5.79	17.98	18.44	17.15	7.42	13.37
SO ₄ ²⁻	2.35	2.65	2.61	2.37	2.91	6.04
HCO ₃ ⁻	0.68	0.14	0.15	0.13	0.58	0.53
微量元素(ppm):						
B	11.7	4.6	4.3	4.3	14.8	24.7
Li	0.84	0.1	0.1	0.17	1.13	2.10
Br	1.5	65.0	72.0	61.0	2.0	5.5
I	0.001	0.05	<0.01		0.005	0.011
Sr	0.04	8	9	7.8	0.05	0.07
Ba	0.02	0.006			0.03	0.02
P	0.503	0.001—0.06			0.95	1.20
Cu	0.016	0.001—0.025			0.03	0.024
Fe	0.067	0.003			0.09	0.10
Ni	0.092	0.0015—0.006			0.20	0.14
Mn	0.016	0.001			0.019	0.02
Ti	0.01	0.001—0.009			0.02	0.018
U	0.042	0.003			0.07	0.064
Zn	0.0021	0.009—0.021			0.014	0.004
Cr	0.124	0.001—0.0025			0.17	0.20
Si	0.925	0.01—4			1.32	2.04
Al	0.259	0.003—2.4			0.46	0.47
特征系数						
Na/K	24.56	27.79	25.69	29.30	25.48	21.50
Mg/K	4.94	3.34	3.41	3.52	4.90	3.07
Mg/Ca	79	3.18	3.41	3.52	96.5	135
(K/总盐)·1000	11.24	11.02	11.75	10.54	11.22	13.80
Cl ⁻ /总盐	0.41	0.55	0.55	0.55	0.42	0.42
SO ₄ ²⁻ /总盐	0.17	0.08	0.08	0.08	0.16	0.19
(HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻ /总盐)·100	8.43	0.41	0.45	0.42	7.24	3.08
水化学类型	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	MgSO ₄	MgSO ₄	Na ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄
	亚型	亚型	亚型	亚型	亚型	亚型

2 实 验

2.1 实验方法

约 0.75m³ 水样于 1990 年 4 月在青海湖南岸二郎尖被采集. 然后,大体积湖水的天然蒸发实验于同年 5 月至 10 月在西宁室外进行. 在此基础上于 1991 年进行了两个实验:其一. 25℃ 等温蒸发实验;其二. 为冷冻—蒸发实验. 前者是在室内进行,从石盐阶段开始,结束于光卤石析出阶段. 后者是在室外自然条件下进行的,冬季利用其浓缩湖水进行冷冻(5℃——17℃),然而再利用分离后的母液在夏季进行天然蒸发. 最后析出水氯镁石.

青海湖湖水天然蒸发实验是在塑料槽内进行的(每个槽体积为 100cm×100cm×40cm). 其 25℃ 等温蒸发实验是在室内等温装置中进行的,把浓缩湖水放在玻璃槽内,用 4 个灯泡加热,其温度用接触温度计控制,精度为±0.5℃. 在整个实验中我们采用了固液相不断分离的方

法进行。

实验中所获得的液相样品的测定,除 Na^+ 、 Li^+ 是用原子吸收光谱测定外,都是用化学分析方法进行。固相样品是用化学分析、镜下鉴定、X 衍射分析和扫描电镜进行。

2.2 实验结果

2.2.1 大体积青海湖湖水的天然日晒蒸发实验

原始湖水的比重为 1.010,盐度为 14.07 克/升。它被 CaCO_3 所饱和,正在析出文石。这是被 X 衍射分析和扫描电镜确定的。在蒸发浓缩过程中,其析盐顺序如下(表 2):

a)当比重达到 1.015,盐度为 22.21 克/升,三水菱镁矿开始析出,此时母液的浓度与海晏湾湖水相似(表 1)。

b)当比重达到 1.025,盐度为 33.94 克/升,水菱镁矿开始析出。

c)在比重达到 1.237,盐度为 352.52 克/升,石盐开始析出。

随着湖水的蒸发和浓缩,其原始湖水组成点位于 Na^+ 、 K^+ 、 $\text{Mg}^{2+} // \text{Cl}^-$ 、 SO_4^{2-} 、 H_2O 五元体系介稳相图的白钠镁矾相区(图 1),然后,随着三水菱镁矿和水菱镁矿的析出,其组成点移动到无水芒硝区,此点正是石盐析出的开始。

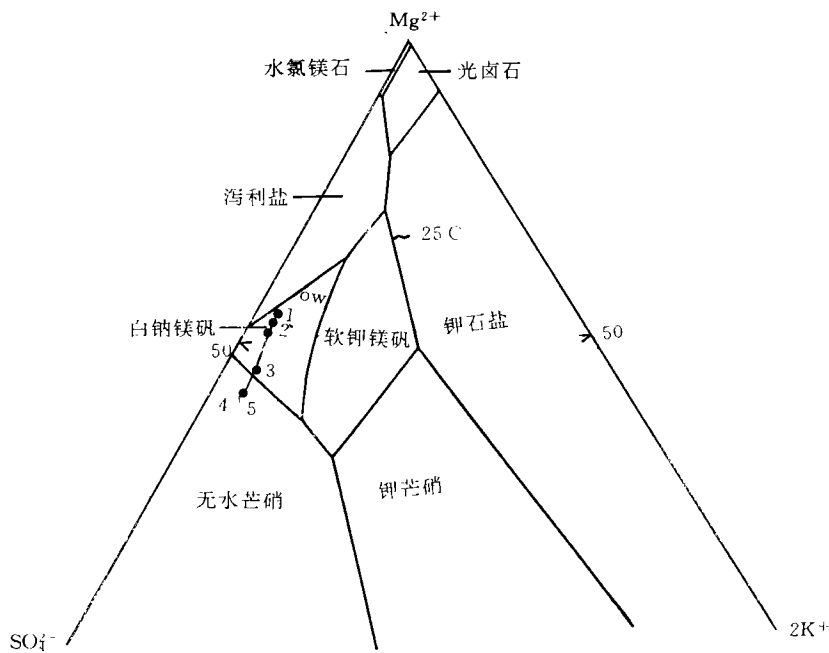


图 1 青海湖湖水天然蒸发实验的结晶途径(据 Sun 等 1993 年资料^[6])

2.2.2 青海湖湖水的 25℃等温蒸发实验

原始样品为析出石盐阶段的卤水,比重为 1.256,盐度为 379.07 克/升。随着卤水的蒸发和浓缩,其析盐序列被描述如下(表 3):

a)当其卤水比重达到 1.266,盐度为 380.17 克/升,无水芒硝开始析出。其矿物组合为石盐和无水芒硝。

b)当比重达到 1.285,盐度为 404.54 克/升,白钠镁矾开始析出。其矿物共生组合为石盐、

无水芒硝和白钠镁矾。

c)当比重为 1.303,盐度为403.84 克/升,软钾镁矾开始析出,其矿物组合为石盐、白钠镁矾和软钾镁矾。

d)当比重达到 1.309,盐度为426.34 克/升,泻利盐开始析出,其矿物共生组合为石盐、白钠镁矾、软钾镁矾和泻利盐。

e)当比重达到 1.346,盐度为436.66 克/升,光卤石开始析出,其矿物共生组合为石盐、泻利盐和光卤石。

f)最后,当比重达到 1.350,盐度为446.90 克/升,其析出盐类的矿物组合为石盐、六水泻利盐和光卤石,残留母液 B_2O_3 含量达9.42 克/升,在室内保存一个月后有硼酸盐析出(应属含水方硼石类)(图 2)。

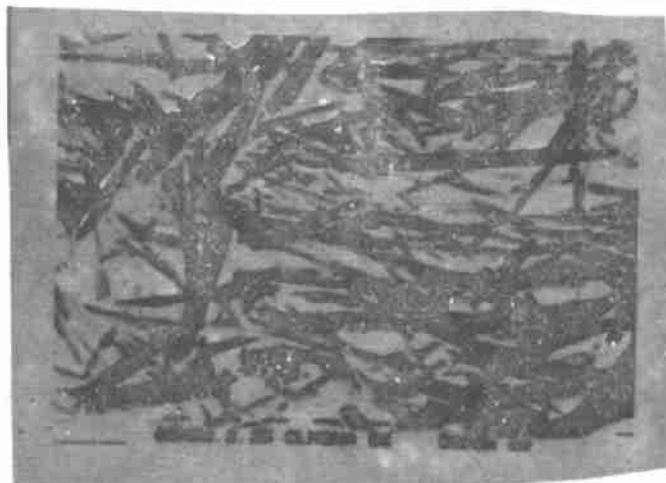


图2 青海湖湖水浓缩到光卤石阶段,放置一个月后析出的硼酸盐(含水方硼石类)

在此实验过程中,原始卤水化学组成点位于 $Na^+、K^+、Mg^{2+} // Cl^-、SO_4^{2-}、H_2O$ 五元体系介稳相图(25℃)无水芒硝区的上部(图 3)。随着其蒸发浓缩此点向上方移动,通过白钠镁矾相区进入泻利盐相区,最后当石盐+六水泻利盐+泻利盐+光卤石共同析出时,其组成点接近于石盐+软钾镁矾+泻利盐+钾石盐共饱和点(图 3)。显然,其结晶途径与介稳相图中的情况是不一致的,这主要是由于天然卤水化学成分的复杂性和蒸发实验过程中快速蒸发所引起的。

在此蒸发实验过程中,钾石盐析出阶段应该是存在于点 11 与点 12 之间,但是我们未能及时取得样品。

由上所述,可以总结出青海湖湖水蒸发实验过程中的析盐顺序:

- a. 文石
- b. 三水菱镁矿
- c. 水菱镁矿
- d. 石盐
- e. 石盐+无水芒硝+水钙芒硝(?)
- f. 石盐+无水芒硝+白钠镁矾
- g. 石盐+白钠镁矾+软钾镁矾+泻利盐
- h. (石盐+软钾镁矾+泻利盐+钾石盐)
- i. (石盐+泻利盐+钾石盐+光卤石)

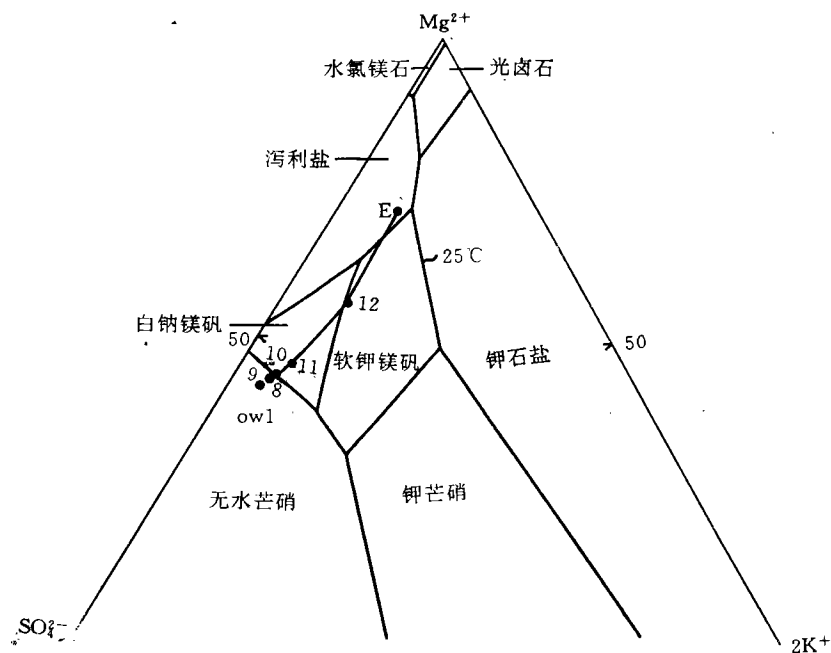


图3 青海湖湖水 25℃等温蒸发实验的结晶途径(据 Sun 等 1993 年资料^[5])

j. 石盐+泻利盐+光卤石

k. 石盐+泻利盐+六水泻利盐+光卤石

在上述析盐过程中,其卤水的结晶途径也是相当复杂的.最初,其原始组成点位于白钠镁矾相区,然后随着三水菱镁矿和水菱镁矿的析出其组成点向下移至无水芒硝区.最后通过白钠镁矾区而进入泻利盐相区.这也就是说最终母液的组成点落于 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} // Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 H_2O 五元体系相图的泻利盐相区(图3).另外,根据我们所进行的尕斯库勒湖水的蒸发实验,其析盐顺序和结晶途径与青海湖湖水相似.在上述青海湖湖水的整个实验过程中,随着各种盐类的析出 B、Li 进一步在母液中富集.它们最终分别达 9.42 克/升和 425 毫克/升(表3).这充分显示了我国青藏高原盐湖富硼锂的特点.

2.2.3 青海湖湖水的冷冻—蒸发实验

在 1990 年夏季进行青海湖湖水大体积蒸发实验的过程中,我们采集了比重为 1.100,盐度为 120.74 克/升卤水作为此实验的原始样品.在 1990 年冬季利用此样品在室外进行天然冷冻实验(温度为 5℃—17℃,约一个月),析出大量芒硝和三水菱镁矿.及时进行固液相分离,将母液保存于实验室内.其析盐顺序如下(表4):

- 当卤水比重达到 1.129,盐度为 193.96 克/升时,析出物为三水菱镁矿.
- 当比重为 1.204,盐度为 306.38 克/升,石盐开始析出.矿物组合为石盐+三水菱镁矿.
- 当比重达 1.266,盐度为 370.18 克/升,泻利盐开始析出,矿物组合为石盐+泻利盐.
- 当比重为 1.345,盐度为 441.63 克/升,光卤石开始析出,其矿物共生组合为石盐+泻利盐+光卤石.
- 最终,当卤水盐度达到 457.08 克/升,水氯镁石开始析出,其矿物共生组合为石盐+泻

表 2 青海湖湖水天然蒸发实验结果

样品	比重/温度(℃)	盐度 (g/l)	pH	液 相 化 学 组 成						相图指数(M/100M)						固 相			
				Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	B ₂ O ₃	Li	Br	I		2K ⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻
QE-OW	1.010	14.07	9.31	4.13	0.15	0.75	0.0	5.64	2.29	0.53	0.56	0.04	0.88	2.97	4.2	3.50	54.4	42.11	文石
QE-1	1.015/17℃	22.21	9.27	6.40	0.25	1.15	0.01	9.21	3.7	0.83	0.67	0.06	1.3	4.5	6.5	3.4	53.05	43.5	三水菱镁矿
QE-2	1.025/28℃	33.9	0.03	9.88	0.39	1.67	0.02	14.1	5.70	1.23	0.94	0.10	1.9	6.7	14.4	3.77	51.5	44.73	水菱镁矿
QE-3	1.071/25℃	102.1	n.d.	31.7	1.27	4.07	0.05	44.9	17.9	1.16	1.09	0.31	5.4	19.4	53	4.39	45.2	50.4	水菱镁矿
QE-4	1.237/17℃	352.5	n.d.	110.0	4.32	12.5	0.20	159.3	63.4	2.84		0.78	13.8	n.d.	90	4.50	41.80	53.7	石盐
QE-5	1.256/14℃	379.1	n.d.	120.0	4.68	13.4	0.18	170.1	68.16	2.54		0.86	14.5	n.d.	n.d.	4.55	41.75	53.75	石盐

表 3 青海湖浓缩湖水 25℃等温蒸发实验结果

样品	比重	盐度 (g/l)	pH	液 相 化 学 组 成 (g/l)										相图指数(M/100M)					固 相
				Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	B ₂ O ₃	Li	Br	I	2K ⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	
QE-OW	1.256	379.1	n.d.	120.0	4.58	13.42	0.18	170.1	68.16	2.54		0.8	14.5			4.55	41.7	53.75	石盐
QE-6	1.266	380.2	8.04	103.1	5.82	16.65	0.07	169.9	85.82	0.95	0.82	0.83	17.47	237	0.03	4.85	41.2	54.2	石盐+无水芒硝+水钙芒硝(?)
QE-7	1.285	404.5	7.94	99.84	7.84	22.31	0.06	136.3	115.98	1.13	1.04	1.09	23.1	309	0.03	4.62	41.04	54.34	石盐+无水芒硝+白钠镁矾
QE-8	1.303	403.8	8.00	94.72	9.94	25.21	0.02	153.7	117.6	1.06	1.53	1.33	43.1	370	0.04	5.40	42.7	51.9	石盐+白钠镁矾+软钾镁矾
QE-9	1.301	416.3	7.94	97.70	10.67	26.15	0.07	155.8	123.4	1.12	1.54	1.38	43.1	399	0.05	5.20	42.93	51.89	同上
QE-10	1.306	416.8	7.87	84.50	12.7	29.63	0.06	151.8	135.04	1.13	1.98	1.73	52.8	483	0.05	5.63	43.7	50.7	同上
QE-11	1.309	426.24	7.84	84.43	15.43	32.86	0.06	151.8	137.7	1.93	2.80	2.05	64.1	525	0.06	6.61	45.4	51.9	石盐+白钠镁矾+软钾镁矾+泻利盐

表 4 青海湖湖水冷冻-蒸发实验结果

样品	比重/温度(℃)	盐度 (g/l)	pH	液 相 化 学 组 成 (g/l)							固 相				
				Na	K	Mg	Ca	Cl ⁻	SO ₄	HCO ₃		CO ₃	B ₂ O ₃	Li ⁺⁺	Br ⁺⁺
QFOW-1	1.100/24	120.74	n.d.	22.4	1.21	5.49	0.06	26.02	63.42	0.59	1.54	n.d.	n.d.	n.d.	水菱镁矿
QFOW-2*	n.d.	104.93	n.d.	31.9	1.29	5.04	0.05	5.30	59.36	0.84	1.20	n.d.	n.d.	n.d.	三水菱镁矿+芒硝
QFE-1	1.129/34	193.86	7.98	55.77	2.99	9.02	0.06	12.77	111.05	1.21	0.48	0.34	11.18	143	三水菱镁矿
QFE-2	1.204/35	306.38	7.83	85.60	4.80	14.06	0.05	20.30	178.55	0.96	0.60	0.75	16.0	198	石盐+三水菱镁矿
QFE-3	1.266/31	370.18	7.38	52.03	15.40	44.63	0.05	65.33	186.10	2.07	1.98	2.01	66.21	524	石盐+泻利盐
QFE-4	1.345/26	441.63	6.15	4.36	19.54	94.55	—	63.74	253.26	n.d.	n.d.	5.45	204.44	859	石盐+泻利盐+光卤石
QFE-5	n.d.	457.08	5.89	4.67	6.34	107.96	—	51.17	278.64	n.d.	n.d.	7.20	275.4	829	石盐+泻利盐+光卤石+水氯镁石

* 低温条件下(5℃---17℃)由 QFOW-1 除芒硝后的卤水.

** 单位: mg/l.

利盐+光卤石+水氯镁石。

在上述泻利盐和光卤石析出阶段之间,应有钾石盐析出。

在此实验的整个过程中,其原始卤水化学组成点位于无水芒硝相区。由于此卤水经过低温冷冻大量芒硝和三水菱镁矿析出,其组成点上移至泻利盐相区。随着卤水蒸发浓缩,三水菱镁矿的析出,其组成点下移。当泻利盐析出后,进一步析出光卤石和水氯镁石,其组成点继续不断上移(图4)。最终卤水析出石盐+泻利盐+光卤石+水氯镁石,此组成点与 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} // Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 H_2O 五元体系介稳相图中的相应组成点尚有一定差距。这主要是由于天然卤水成分复杂和蒸发速度高所致。此冷冻—蒸发实验的析盐序列与上述蒸发实验有所区别,简述如下:

- a) 水菱镁矿
- b) 芒硝+三水菱镁矿
- c) 三水菱镁矿
- d) 石盐+三水菱镁矿
- e) 石盐+泻利盐
- f) (石盐+泻利盐+钾石盐)
- g) (石盐+泻利盐+钾石盐+光卤石)
- h) 石盐+泻利盐+光卤石
- i) 石盐+泻利盐+光卤石+水氯镁石

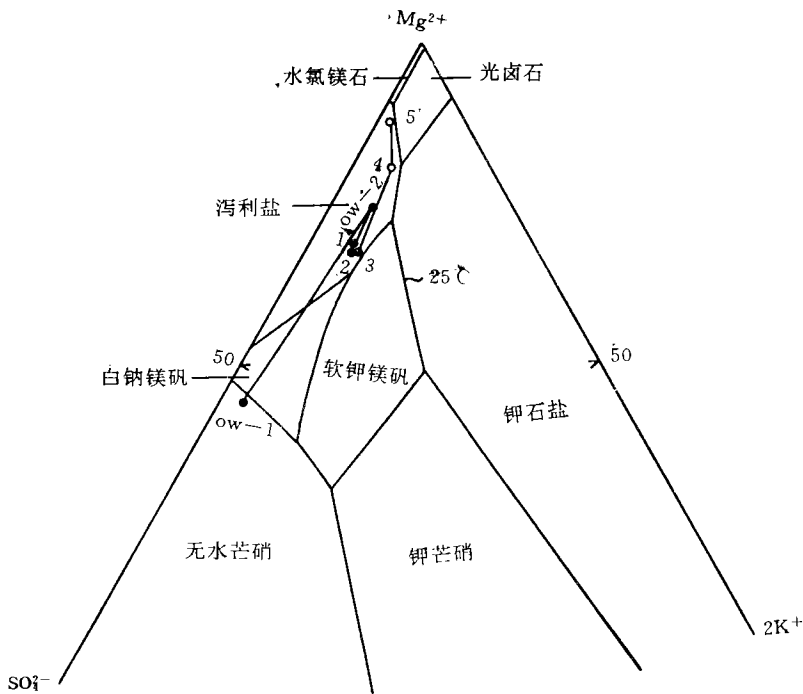


图4 青海湖湖水冷冻——蒸发实验的结晶途径

在此最终残留母液中,B、Li 同样也达到高富集(表3)。其保存数月后也有硼酸盐自其中析出。

3 讨论

3.1 青海湖湖水蒸发实验的结果反映了大陆硫酸盐水体演化的过程,同时也揭示了青海湖在干燥气候条件下未来进一步演化的趋势.目前青海湖东北部海晏湾和尕斯库勒湖正在析出水菱镁矿,说明了青海湖正在缓慢地向盐湖方向发展.

3.2 在青海湖湖水蒸发实验中所获得的析盐顺序和结晶途径与西藏扎仓茶卡盐湖卤水蒸发实验很相似^[6].但与海水有着明显差别.根据陈郁华同志所进行黄海海水 25℃ 等温蒸发实验结果来看^[7],其析盐顺序为:a.文石,b.石膏,c.石盐+石膏,d.石盐+泻利盐,e.石盐+泻利盐+钾石盐,f.石盐+泻利盐+光卤石和g.石盐+泻利盐+光卤石+水氯镁石.这种析盐顺序与青海湖湖水蒸发实验结果有着明显的区别.

青海湖湖水蒸发实验所获得的析盐顺序和共生矿物组合与我国东部第三纪含盐的东大汶口盆地和江汉盆地相似.然而这些古湖盆地水体最高的浓度仅达到白钠镁矾和软钾镁矾析出阶段.这些均是干旱气候条件下的产物.

3.3 青海湖湖水冷冻—蒸发实验的结果大致反映了柴达木盆地西部大浪滩盐湖第四纪以来演化的过程,从中下更新世的大量芒硝出现,晚更新世和全新世大量石盐、泻利盐和钾盐沉积出现,至今在地表卤水坑中出现了水氯镁石沉积.这是一套硫酸盐水体干冷气候条件下的析盐序列.

3.4 从青海湖湖水蒸发实验和冷冻—蒸发实验最终母液中所获得的硼酸盐与大柴旦湖浓缩卤水中获得的相似^{[8],[9]}.这说明了钾盐阶段卤水有利于硼酸盐的形成.因而许多古盐矿钾盐带中常伴有硼酸盐出现.

4 结论

4.1 青海湖湖水蒸发实验的结果展示出大陆盆地硫酸盐水体演化的全过程,阐明了我国某些现代盐湖和第三纪含盐盆地的演化过程及其盐类沉积形成的机理.同时也揭示了青海湖水体将来在干旱气候条件下进一步演化的途径.目前海晏湾和尕斯库勒湖水菱镁矿的产出说明了青海湖缓慢地向盐湖方向发展.

4.2 青海湖湖水蒸发过程中的析盐顺序和结晶途径与海水明显的不同,主要是由于他们的化学组成不同所致.然而,青海湖湖水经冷冻除芒硝后的某些析盐顺序和结晶途径与海水相似.因而,在现代盐湖中发现有与海水正常浓缩过程中析盐顺序和共生矿物组合相似的盐湖,如柴达木盆地大浪滩盐湖等.

4.3 从实验中获得的水菱镁矿在青藏高原许多盐湖中都可以发现.

4.4 青海湖湖水蒸发实验中所获得的与无水芒硝、白钠镁矾、泻利盐和钾盐有关的共生矿物组合在许多现代盐湖和东部某些第三纪含盐盆地中均可发现.

4.5 青海湖湖水蒸发最终母液获得的硼酸盐与大柴旦湖钾盐阶段卤水所获得的硼酸盐非常相似,基本属于含水方硼石类.这说明了析出钾盐阶段卤水对硼酸盐的形成十分有利,因而许多硼酸盐矿物发现于国内外许多钾盐矿床中.

在此项研究工作过程中曾得到国家自然科学基金委员会马福臣和田兴有教授的大力支持和帮助.在此文编写过程中曾得到高东林和王中山工程师的帮助,在此一并致谢.

参 考 文 献

- [1] 陈郁华. 黄海海水 25℃等温蒸发过程中盐类析出顺序和某些微量元素分布的规律. 地质学报第四期. 1983,4:379—389
- [2] 黄麒. 青海湖古气候演化和沉积速率的初步研究. 科学通报. 1988,22:
- [3] Kelts, K., Chen K., Lister, G., Yu J., Gao Z., Niessen, F. and Bonan, G.. Geological fingerprints of climate history: A cooperative study of Qinghai Lake, China. *Eclogae Geol. Helv.* 1989,82/1:167—182
- [4] 孙大鹏等. 西藏扎仓茶卡盐湖卤水 25℃等温蒸发实验的初步研究. 矿物岩石. 1984,4(1):
- [5] 孙大鹏、唐渊、许志强, 韩智明. 青海湖湖水化学演化的初步研究. 科学通报. 1991,15:
- [6] 孙大鹏, 董继和, 王克俊, 许开芬. 自青藏高浓度卤水获得的镁硼酸盐. 矿物岩石. 1991, 11(2):
- [7] 孙大鹏, 高章洪, 董继和. 自天然卤水获得硼酸盐的初步研究. 科学通报. 1981,22:
- [8] 袁宝印等. 青海湖的形成与演化趋势. 第四纪研究. 1990,3:
- [9] Sun Dapeng, Li Bingxiao et al.. A Preliminary Investigation on an Evaporating Experiment(25℃) for Qinghai Lake Water, China. Seventh Symposium on Salt. Amsterdam;Elsevier Science Publishers B., V., 1993, Vol:1,561—570

An Investigation On Evaporating Experiments For Qinghai—Lake Water, China *

Sun Dapeng * *

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

ABSTRACT

Qinghai Lake is located in the north—eastern part of Qinghai—Xizang (Tibet) Plateau, and a typical continental brackish—water lake. The lake water belongs to sodium sulphate subtype with a salinity of 14.23%, and obviously differs from sea water in chemical composition (Table 1). It is saturated by CaCO_3 and aragonite is separating now. In order to investigate the evolving tendency of the lake and separating condition of potash salts, in 1990 we took a large amount of lake—water in the southern shore of the lake and carried out the evaporating and freezing—evaporating experiments. The evaporating experimental results show that: hydromagnesite first separated with the lake—water concentration, and then halite, thenardite, bloedite, picromerite, epsomite, sylvite and carnallite separated gradually. The experimental results of freezing—evaporation show that: first hydro—magnesite, and then mirabilite, nesquehonite, halite, epsomite, carnallite and bischofite separated, respectively. The final remianed mother liquid of those experiments was reserved for a month and borates were precipitated. The above salt—separating sequences and crystallization pathways are similar to those of the recent salt lakes of Qinghai—Xizang Plateau and ancient lake basins of the Tertiary in the eastern China. Therefore, these experimental results are very important for illustrating the evolution of continental lake—basins and their potash—forming conditions.

Keyword Qinghai Lake, Evaporating experiment, Chemical evolution