

青海湖湖水化学演化的初步研究*

孙大鹏 唐 渊 许志强 韩智明**

(中国科学院青海盐湖研究所, 西宁 810038)

关键词 青海湖、化学演化

青海湖位于祁连山南侧的一个山间断陷盆地中。面积为 4340 km^2 , 海拔为 3193.92 m , 湖水最大深度为 27 m 。其东北有尕斯库勒湖和海晏湾等与该湖呈隔离或半隔离状态。其东侧耳海, 与该湖相分割。该湖外围水系发育, 最大河流布哈河位于其西侧, 其年注入水量占地表总径流量的 67% 。该区年平均温度为 $0.9-2.7^\circ\text{C}$, 年蒸发量为降雨量的 3.8 倍, 基本上属于高寒半干燥草原气候。青海湖开始形成于中早更新世, 晚更新世晚期以来湖相沉积相当发育, 主要为一套微细层理发育的暗色灰质淤泥沉积。

一、青海湖湖水的水化学特征

青海湖湖水属硫酸钠亚型¹⁾, 是一个典型的大陆水体(表 1)。湖水的主要化学成分: 阳离子为 $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$, 阴离子为 $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ 。若与海水相比, 在化学组成、特征系数和水化学类型等方面有着明显的区别。其中高硼锂低溴是青藏高原湖泊和盐湖主要特点。目前青海湖湖水为 CaCO_3 所饱和, 正在析出文石。

青海湖湖水在化学组成上基本上是一个均一体。根据 63 个不同深度水样分析结果计算, 其主要化学成分的标准差, 仅为 $1-13 \text{ mg/L}$ 。这与青海湖外围水系常年补给和频繁的风力作用所产生的湖流活动和浪力作用有关。根据 22 m 以上湖水 Eh 值现场测量结果也同样说明了此点 ($\text{Eh} = +128 - +152 \text{ mV}$)。青海湖东北侧海晏湾和尕斯库勒湖等地湖水的盐度均比青海湖高(表 1), 在主要化学成分上与青海湖相比, 各种成分含量比青海湖略高。青海湖东侧的耳海为一淡水湖, 盐度仅 1.2‰ , 主要化学成分与青海湖略有不同: $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$, $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-}$ 。与补给它的倒淌河河水亦有不同。

青海湖外围水系的盐度为 $0.2-0.4\text{‰}$, 在主要化学成分方面与青海湖湖水不同, 一般阳离子为 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$, 阴离子为 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ 。其 Sr 含量为 $0.2-1.39 \text{ ppm}$, 明显地高于湖水。

由上所述, 可以看出青海湖湖水的水化学特征不同于海水, 也不同于其外围河水。海晏湾和尕斯库勒湖湖水在盐度和主要化学成分的含量上均高于青海湖本身水体。

本文 1990 年 10 月 11 日收到。

* 中国科学院兰州分院自然科学基金资助项目。

** 参加此项研究的尚有王克俊、刘群柱、吕翠美、陈居方等。

1) 根据 1961—1962 年资料计算为硫酸镁亚型^[1]。

表1 青海湖水化学组成与海水比较

		青海湖	海水 ^[1]	南海*	黄海 ^[2]	海晏湾	东海
密度 (g/cm ³)		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
主要化学成分 (‰)	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	0.79	1.27	1.33	1.16	0.97	1.35
	Ca	0.01	0.40	0.39	0.37	0.01	0.01
	Cl	5.79	18.98	18.44	17.15	7.42	13.37
	SO ₄	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
	CO ₃	0.52	—	—	—	0.71	0.68
微量 元素 (ppm)	B	11.7	4.6	4.3	4.3	14.8	24.7
	Li	0.84	0.1	<1	0.17	1.13	2.10
	Br	0.15	65	72	61	2.0	5.5
	I	0.004	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	0.020
	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	13.50
	K/总盐×100	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	0.419
	SO ₄ /总盐	0.17	0.08	0.08	0.08	0.16	0.19
	$\frac{\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}}{\text{总盐}} \times 100$	8.43	0.41	0.45	0.42	7.24	3.80
水化学类型***		硫酸钠亚型	硫酸镁亚型	硫酸镁亚型	硫酸镁亚型	硫酸钠亚型	硫酸钠亚型

* 根据中国地质大学(北京)钾盐研究室李亚文、韩蔚田资料; ** 1961—1962年资料为 12.49 g/L^[3]; *** 按 M.Γ. 瓦里亚什科天然水分类。

二、青海湖湖水的化学演化

目前青海湖湖底有泉华发育,可能有深部水补给。但从其外围水系的发展过程来看,该湖水源主要来自外围河水。因此,这里将其河水的主要化学成分作为该湖原始水体的化学组成

进行讨论。

1. 青海湖湖水的化学演化过程 青海湖湖水的演化过程与其沉积过程紧密相联系。根据 1985 年中瑞合作从青海湖湖底获得深 5 m 左右的 Piston 岩心研究的结果来看^[4,5], 13000 年以来沉积了一套黑色、灰黑色富含有机质的碳酸盐质淤泥。其中(1) 4 m 以下有机炭含量在 1% 左右, 碳酸盐含量为 10—20%, 由低镁方解石、文石和白云石组成; (2) 4.00 m 至 3.20 m 有机炭含量为 1—2%, 碳酸盐含量为 50—80%, 由白云石、文石和低镁方解石组成。此段沉积物中 Sr 含量可达 3000 ppm 以上; (3) 3.20 m 至 1.40 m 有机炭含量达 3—6%, 碳酸盐含量在 50% 左右, 由文石、低镁方解石和白云石组成; (4) 1.40 m 至 0.0 m 有机炭含量一般在 3% 左右, 碳酸盐含量在 30% 左右, 由文石、低镁方解石和白云石组成。大量碳酸盐的形成是湖水中的化学作用和生物化学作用长期进行的结果。在此沉积过程中由于大量 CaCO_3 从湖水中沉淀, 导致具有其外围河水组成的青海湖原始水体向当前青海湖湖水的方向演化(图 1)。由于锶伴随碳酸钙在沉积物中富集, 造成今日青海湖湖水低锶的现状。

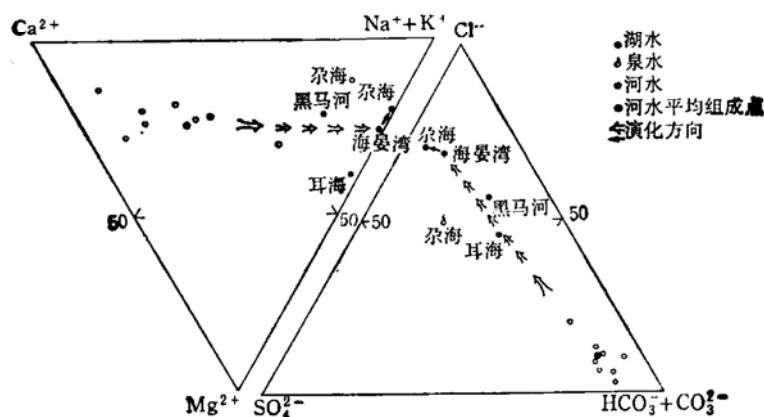


图 1 青海湖湖水化学演化过程略图

2. 青海湖湖水的发展趋势 近代气候比较干燥, 风沙作用强烈, 在青海湖东北部逐步分割出许多小湖, 这些湖的湖水在盐度和主要化学成分的含量上都比青海湖高, 目前正处于盐湖演化的早期阶段。而近 30 年来青海湖湖水本身的盐度也明显地增加, 这些均说明了青海湖正在缓慢地向盐湖方向发展着。

青海湖湖水天然蒸发实验的结果表明, 其原始湖水析出文石, 随着蒸发浓缩进一步析出水菱镁矿→石盐→无水芒硝→白钠镁矾→软钾镁矾等, 而海晏湾目前正在析出水菱镁矿, 这也说明了青海湖的演化也将沿着这种析盐序列进行。在低温条件下, 水菱镁矿析出后将出现芒硝, 这种情况与西藏某些硫酸盐型盐湖的盐类沉积顺序相似。

由上可以看出青海湖湖水的化学演化与海水不同, 显示出大陆湖盆硫酸盐型水体的特点。

参 考 文 献

- [1] B. 马逊著(陈浩疏等译), 地球化学原理, 中国工业出版社, 1963, 185—186.
- [2] 陈郁华, 地质学报, 4(1983), 379—390.
- [3] 中国科学院兰州地质研究所等, 青海湖综合考察报告, 科学出版社, 1979, 23—43.
- [4] 黄麒, 科学通报, 33(1988), 22: 1740—1744.
- [5] Kerry Kelts, *Eclogae Geol. Helv.*, 82(1989), 1: 167—182.