

56-60
青海湖水中某些化学元素的停留时间^①

于昇松

(中国科学院盐湖研究所, 西宁 810008)

12343.3
摘要 湖泊水中化学元素的停留时间(τ)是研究每种元素在湖泊水中的行为、迁移、相对活泼性和水下沉积矿物的一级好物理化学参数。对青海湖水及河水中13种化学元素的测定及对湖水中这些元素的停留时间研究结果表明:1. 停留时间顺序: $Cl > Na > K > B > Ni > Mg > Mn > Cr > Cu > Li > Al > Pb > Fe$, 且均小于它们在海洋水中的停留时间; 2. 湖水和海水中元素停留时间的对数值呈良好正相关; 3. 影响湖水中元素停留时间的主要因素为浓缩比(C_{max})和元素的水化能(L), 并且, 湖水中元素停留时间的对数值与浓缩比呈良好的正相关, 与水化能呈良好的负相关。**关键词** 青海湖 水化能 停留时间 化学元素 湖水青海湖位于 $99^{\circ}36' - 100^{\circ}47'E, 36^{\circ}33' - 37^{\circ}15'N$, 为中国最大的高原内陆咸水湖, 周围山脉(大通山、日月山和青海南山)主要由花岗岩、变质砂岩和灰岩组成, 高出湖水面约1100m。据1986年资料, 湖水面海拔3193.72m, 面积约4278km², 最大水深26.5m, 平均水深16.75m。湖水的化学特征系数 R 值为 $1.5 - 0.5 (R = rSO_4^{2-} / rMg^{2+})$, 属钠、镁硫酸盐型水。水的总含盐量14.12g/L, pH值9.24。主要化学组份的浓度: $Na^+ \gg Mg^{2+} > K^+ > Ca^{2+}, Cl^- > SO_4^{2-} \gg HCO_3^- > CO_3^{2-}$ (表1)。由表1看出, 湖水的总含盐量、pH值及化学组分的浓度,

表1 青海湖水的某些化学组成

Tab. 1 Some chemical compositions in Qinghai Lake

单位: mg/L

组 分	样品数	最大值	最小值	平均值(\bar{x})	均方差(σ)	变异系数值(v) (%)
总含盐量($\times 10^4$)	98	17.43	12.32	14.12	0.38	2.69
Na^+	98	4200	3300	3736.74	102.43	2.74
K^+	98	169.3	141.8	157.43	5.43	3.45
Ca^{2+}	98	61.97	7.94	15.42	4.73	30.7
Mg^{2+}	98	911.8	713.9	793.81	22.11	2.79
Cl^-	98	7893.6	5024	5860.7	286.17	4.88
SO_4^{2-}	98	2798.9	2050	2373.49	66.88	2.82
CO_3^{2-}	97	601.4	462.7	519.45	17.57	3.38
HCO_3^-	97	775.4	607.5	679.68	25.70	3.78
Li^+	32	1.4	0.5	0.808	0.18	22.3
B^{3+}	97	16.72	10.35	12.66	2.95	7.25

① 国家自然科学基金项目。参加工作的还有陈克逊、唐渊、王克俊、邵明煜、雷亚川、杨波、靳建华、王华安等同志。胡金泉同志清绘了图件, 特表谢意。

不论在横向或纵向上,其变异系数值甚小,分布极为均匀,在平面上无明显的异常区,随着水深增加,也见不到化跃层。

入湖河流约40余条,主要从湖区北部和西部入湖,它们大部分为间歇河,仅布哈河、沙柳河、甘子河、哈尔盖河、泉吉河、黑马河和倒淌河七条河流为常年河,其中,以布哈河为最长,流量最大,占入湖河流总流量的2/3。无水溪从湖里流出,为一典型的内陆封闭湖泊。

湖区属高寒-半干旱草原气候,年均气温为0.9—2.7℃,年蒸发量1433—1487mm、降水量377—395mm。

一、样品的采集及测试

1986年8月系统地采集了湖表水样和河水样,1989年8月为测试水中痕量金属,又在湖中用定深取样器采集了湖水样,并在各条河上系统地采集了河水样(图1)。测试方法:Ca²⁺、Mg²⁺离子用EDTA滴定法,Na⁺、K⁺用重量法(湖水)、火焰光度计(河水),Cl⁻用汞量法,SO₄²⁻用BaSO₄重量法,HCO₃⁻、CO₃²⁻用容量滴定法,Li⁺用火焰光度计,B₂O₃用甲亚胺作比色剂的分光光度计,痕量金属用ARL-3520电感耦合等离子发射光谱仪(ICP)测定。

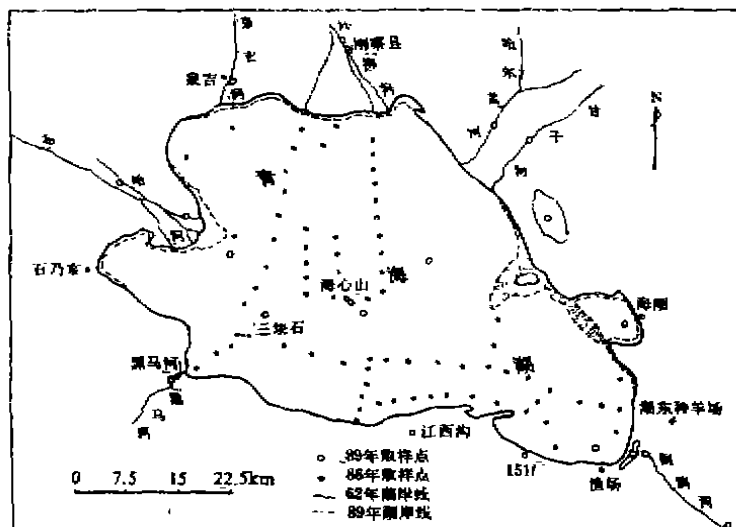


图1 青海湖及其水系的取样位置

Fig. 1 Sampling locations on Qinghai Lake and its river system

二、湖水中元素的停留时间

湖水中化学元素的停留时间(τ_r)是研究每种元素在湖泊水中的行为、迁移、相对活泼性和水下沉积矿物的一个极好物理-化学参数。

1. 停留时间

表 2 青海湖水及河水中某些元素的总量
Tab. 2 The sum of some elements in Qinghai Lake and River

项 目	水中元素总量 ($\times 10^{11}$ mg)													
	湖水总容量 或河水年总 径流量 (10^{11} L)	Na	K	Mg	Li	B	Cl	Pb	Fe	Cr	Al	Ni	Cu	Mn
青 海 湖	716.57	2677635.8	112809.6	568820.4	579	9071.8	4199601.8	14.403	49.09	95.52	193.55	70.3	12.11	10.53
布 哈 河	8.02	80.2	8.02	68.33	0.96	0.81	111.88	0.0190	0.265	0.0460	0.273	0.880×10^{-2}	0.0104	0.489×10^{-1}
沙 柳 河	2.31	14.44	2.31	18.37	0	0.145	14.484	0	0.0536	0.139×10^{-2}	0	0	0	0
哈 尔 盖 河	1.22	7.63	1.22	17.42	0	0.106	8.491	0.660×10^{-2}	0.0264	0.952×10^{-2}	0.0514	0.732×10^{-3}	0.232×10^{-2}	0.732×10^{-3}
泉 吉 河	0.177	1.28	0.221	1.44	0	0.0110	1.942	0	0.264×10^{-2}	0	0.467×10^{-2}	0.710×10^{-4}	0	0
甘 子 河	0.189	1.80	0.189	2.4	0.0227	0.500×10^{-2}	1.659	0.380×10^{-1}	0.497×10^{-2}	0.113×10^{-2}	0.758×10^{-2}	0.567×10^{-4}	0.845×10^{-3}	0.758×10^{-4}
黑 马 河	0.106	1.54	0.212	0.81	0.0127	0.390×10^{-2}	2.688	0	0.350×10^{-2}	0.653×10^{-3}	0.231×10^{-2}	0	0	0.742×10^{-1}
总 计	12.022	106.89	12.172	108.86	0.995	1.081	141.144	0.260×10^{-2}	0.356	0.0587	0.339	0.966×10^{-2}	0.0128	0.568×10^{-2}

表 3 青海湖水中某些元素的停留时间
Tab. 3 Residence time of some elements in Qinghai Lake

项 目	元 素	Na	K	Mg	Li	B	Cl	Pb	Fe	Cr	Al	Ni	Cu	Mn
湖水中元素的停留时间(a)		25050	9268	5225	582	8392	29754	554	138	1627	570	7277	945	1854
停留时间的对数值($\log r_t$)		4.40	3.97	3.72	2.77	3.92	4.47	2.74	2.14	3.21	2.76	3.86	2.98	3.27
湖水中元素停留时间的对数值 ($\log r_0$)		8.31	7.04	7.34	7.08	7.11	8.00	4.75	2.35	3.78	3.49	4.18	4.63	2.83

封闭湖盆中,某元素在湖水中的现有总量(A)与每年河水对该湖的补充总量(ΔQ)或与每年沉淀为沉积物的总量($\Delta Q'$)之比值,其计算公式:

$$\tau = \frac{A}{\Delta Q} = \frac{A}{\Delta Q'}$$

式中, τ ——湖水中化学元素的停留时间(a);A——湖水中化学元素的原有总量(mg); ΔQ 、 $\Delta Q'$ 分别为每年河流对该湖的化学元素的补充总量(mg/a)或每年湖底沉积的化学元素总量(mg/a)。

由表 2、表 3 看出:(1)青海湖水中某些元素的停留时间由大而小顺序为:Cl>Na>K>B>Ni>Mg>Mn>Cr>Cu>Li>Al>Pb>Fe;(2)湖水中除 Mn 外,所有元素的停留时间均小于它们在海水的停留时间;(3)湖水中元素停留时间的对数值($\log\tau_i$)与它们在海水中的停留时间的对数值($\log\tau_o$)之间呈良好的正相关(图2),直线相关方程式为:

$$\log\tau_i = 2.042 + 0.2492 \times \log\tau_o \quad (1)$$

相关系数 $R = 0.727$ 。

2. 影响湖水中元素停留时间的主要因素

(1)浓缩比($C_{\text{浓缩比}}$ ——湖水与入流水间化学组分的浓度比值)

计算知,青海湖水中元素停留时间的对数值与浓缩比的数值间呈良好的正相关(图3),线性相关方程式为:

$$\log\tau_i = 1.7709 + 1.0044 \times \log C_{\text{浓缩比}} \quad (2)$$

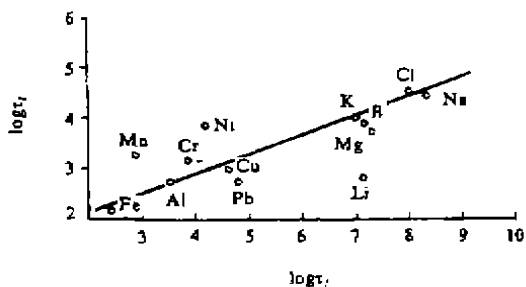


图 2 湖水中元素停留时间与其在海水中停留时间的关系

Fig. 2 The relationship between the residence time of elements in lake water and those in seawater

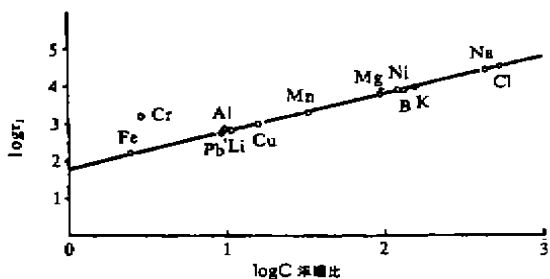


图 3 湖水中元素停留时间与浓缩比间的关系

Fig. 3 The relationship between the residence time and the concentration ratio of elements in lake water

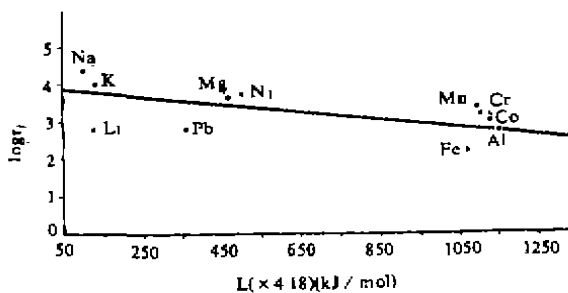


图 4 湖水中元素停留时间与水化能间的关系

Fig. 4 The relationship between the residence time and the hydration energy of elements in lake water

相关系数 $R = 0.9999$ 。

浓缩比则主要决定于入流河的类型、流域面积及流域区地球化学背景和湖水的化学沉淀能力。

(2) 水化能 (L)

存在于水体中的离子水化能效应也是影响其停留时间的主要因素之一。统计结果表明,元素停留时间的对数值与其水化能值间呈负相关(图4),其方程式:

$$\log \tau_r = 3.759 - 8.157 \times 10^{-4} \times L \quad (3)$$

相关系数 $R = -0.5207$ 。

参 考 文 献

- [1] Green, W. J. et al. Mn, Fe, Cu and Cd distributions and residence times in closed basin Lake Vanda (wright Valley, Antarctica). *Hydrobiologia*, 1986, 134: 228—2410.
- [3] 张正斌、顾宏塔等, 海洋化学(下), 上海, 上海科学技术出版社, 1984, 290—320.
- [3] 中国科学院兰州地质研究所, 青海湖综合考察报告, 北京, 科学出版社, 1979, 1—22, 68—73.
- [4] 陈克造, Bowler, J. M., Kelts, K., 四万年来青藏高原的气候变迁, 第四纪研究, 1990, (1), 23—24.
- [5] 于昇松, 柴达木盆地盐湖水化学特征, 海洋与湖沼, 1984, 15(4): 345—347.

THE RESIDENCE TIME OF SOME CHEMICAL ELEMENTS IN QINGHAI LAKE

Yu Shengsong

(Institute of Salt Laks, Academia Sinica, Xining 810008)

Abstract

The residence time of some elements in lake water is a very useful physicochemical parameter in the study of the behaviour, migration, relative activity and aqueous sediments of chemical elements in the lake water of Qinghai Lake.

Measurements of 13 elements and study on their residence time in both the lake water and river water indicated that: (1) the sequence of the residence time is: $Cl > Na > K > B > Ni > Mg > Mn > Cr > Cu > Li > Al > Pb > Fe$, and all of them smaller than those of sea water; (2) the logarithmic values of the residence time have well positive correlation to those of sea water; (3) the main factors that influence the residence time of the elements in the lake water are the concentration ration (C) and the hydration energy (L) of elements, and the logarithm τ_r have well positive correlation and negative correlation to the $\log C$ and L respectively.

Key words Qinghai Lake, hydration energy, residence time