嫩江上游天然水的自然背景值和赋存状态研究

钱杏珍　　李岫霞
（中国科学院高能物理研究所，北京）

嫩江位于松花江上源，是松花江水系的主要支流，也是我国北方黑龙江省的主要地表水源．研究其天然水中元素自然背景值和赋存状态，可为研究水质变化规律和元素的迁移转化提供重要的科学依据．本工作用中子活化分析法测定了嫩江上游河水、沼泽水、湖水和雨水中25种元素的自然背景值和20种元素的赋存状态．

一、样品采集

嫩江发源于大兴安岭伊勒呼里山，位于寒温带-温带，沿岸有沼泽地，属于半干旱-半湿润季风气候，雨季集中于7—8月分，雨区主要在大小兴安岭．因此我们选择采样时间为1983年9月，地点为大兴安岭专区，鄂伦春旗的诺敏河、毕拉河、嘎布嘎黑河、达来宾诺湖、诺敏沼泽水和诺敏河雨水（见图1）．这些都是未受人类活动影响的天然清洁水体．

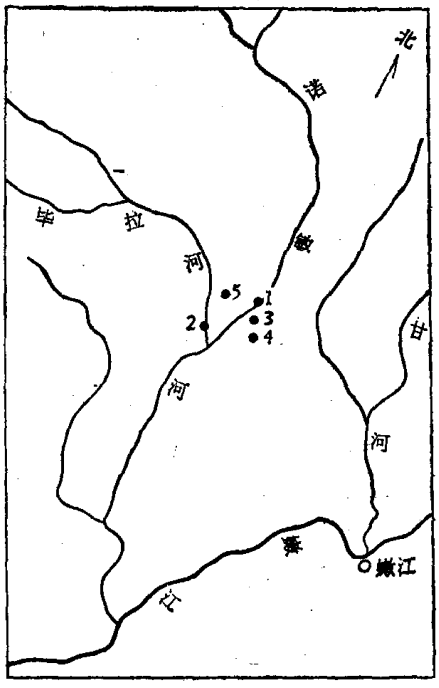


图1　采样点示意图
1.诺敏河河水、雨水；2.毕拉河河水；3.嘎布嘎黑河河水；4.诺敏沼泽水；5.达来宾诺湖湖水

二、样品处理和分析

样品采集后一部分通过0.45μ微孔滤膜，用纯化后的浓 HNO_3 调至 pH = 1.5，另一部分未经过滤，直接酸化，都贮存在聚乙烯瓶内．

100ml水样分别进行冷冻干燥预浓集和低温蒸发预浓集[1]，标准使用混合标准[2]和 NBS 的标准参考物 SRM1632a．样品和标准同时在重水反应堆中照射20h，中子通量为 6×10^{13} 中子/$cm^2\cdot s$．经过简单的化学处理，用 SCORPIO 3000γ 程控谱仪测量样品和标准的放射性，GeLi 探头有效体积为 136cm^3，分辨率为 1.87 keV（对^{60}Co 的 1332keV γ 射线），相对效率为 28%．数据处理用 PDP 11/04 计算机获得．

三、结果和讨论

1. 诺敏河、毕拉河和嘎布嘎黑河河水中25种元素的浓度分析结果列于表1．由表可见，

本文1985年9月13日收到．

表 1　嫩江上游天然水中元素浓度（μg/l）

元素	河水					沼泽水	湖水达来宾诺湖	雨水	世界淡水浓度范围[33]
	诺敏河	毕拉河	嘎布嘎黑河	平均值	变异系数%				
As	2.4	2.7	1.5	2.2±0.5	22.7	2.4	1.3	1.3	0.2—230
Zn	32	25	32	3.0±3.3	11.0	23	26	23	0.2—100
Cr	0.62	0.52	0.40	0.52±0.08	15.4	1.8	0.40	0.48	0.1—6
Fe	72	230	205	169±69	40.8	870	220	77	10—1400
Co	0.12	0.26	0.21	0.23±0.023	10.0	1.3	0.08	0.13	0.04—8
Ca	1.3×10^4	1.6×10^4	1.1×10^4	$(1.3\pm0.2)\times10^4$	15.4	$<2\times10^3$	4.0×10^3	2.3×10^3	2×10^3—1.2×10^5
Sr	54	160	40	85±53	62.4	10	10	—	3—1000
Ba	19	36	18	24±8	33.3	18	—	10	3—150
Rb	1.5	2.2	—	1.9±0.3	15.8	1.6	1.8	1.2	0.6—9
Cs	0.052	0.060	0.040	0.050±0.008	16.0	0.055	0.035	0.055	0.005—1.0
Th	0.012	0.014	0.010	0.012±0.0016	13.3	0.048	0.020	0.010	0.007—0.1
U	0.12	0.40	0.16	0.23±0.12	52.2	0.09	0.02	0.04	0.002—5
Mo	4.2	2.4	1.9	2.8±0.98	35.0	<0.2	0.2	<0.2	0.03—10
Sb	0.14	0.32	0.10	0.19±0.09	47.4	0.16	0.15	0.55	0.01—5
Se	<0.04	<0.04	0.06	0.06		0.10	0.04	<0.04	0.02—1
La	0.19	0.27	0.18	0.21±0.04	19.0	0.33	0.23	0.15	0.05—0.8
Ce	0.32	0.12	0.12	0.19±0.09	47.4	0.30	0.13	0.14	0.1—0.2
Nd	0.32	<0.32	<0.32	0.32		0.59	<0.32	<0.32	0.06—0.25
Sm	0.014	0.030	>0.02	0.022±0.008	36.4	0.08	0.02	0.02	0.01—0.12
Eu	0.012	0.012	0.01	0.011±0.001	9.1	0.019	0.042	0.006	0.002—0.009
Tb	3×10^{-3}	0.014	7×10^{-3}	$(8\pm4.5)\times10^{-3}$	56.3	0.027	$<3\times10^{-3}$	0.032	0.001—0.005
Yb	0.033	0.02	0.022	0.025±0.006	24.0	0.04	0.016	0.015	0.005—0.2
Lu	4×10^{-3}	$<3\times10^{-3}$	7×10^{-3}	$(5\pm1.7)\times10^{-3}$	34.0	0.008	0.003	0.003	0.002—0.005
Hf	8×10^{-3}	$<8\times10^{-3}$	0.019	0.014±0.006	42.9	0.017	0.014	$<8\times10^{-3}$	0.005—0.13
Sc	0.02	0.02	0.02	0.02±0.001	5.0	0.08	0.01	0.01	0.004—0.04

Ca > 1000ppb; Fe, Sr, Ba 和 Zn 为: 10—1000ppb; As, Rb 和 Mo 为 1—10ppb; Cr, Co, U, Sb, La, Ce 和 Nd 为 0.1—1ppb; Cs, Th, Se, Sc, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu 和 Hf < 0.1ppb. 25 种元素的平均浓度均在世界淡水的平均浓度范围中，说明河水没有污染，可以作为嫩江水系元素自然背景值. 除毕拉河的 Sr, Ba, U, La, Sb 和 Tb 较其他河水高 1—2 倍外，大部分元素在这三条河流河水中的浓度接近相等，变异系数均在 50% 以内，说明嫩江上游河水中元素浓度较均一.

2. 诺敏沼泽水、达来宾诺湖水和诺敏河的雨水中元素浓度列于表 1. 本区河水、沼泽水、湖水和雨水中各种元素浓度分布见图 2. 由图 2 可见:

(1) 铁族元素 Fe, Co 和 Cr 在沼泽水中浓度最高，比其他水样高 5—8 倍，在湖水中浓度最低. 有机质能和沼泽水中铁族元素形成络合物，以致使沼泽水中 Fe, Co 和 Cr 浓度达到很高.

(2) 稀土元素 La, Ce, Sm, Lu, Yb, Th 和 Se 以沼泽水中浓度为最高，比其他水样高 1—3倍. 水样中稀土元素的浓度是: 沼泽水>河水>湖水、雨水.

(3) 碱土金属 Ca, Sr 和 Ba 在河水中浓度最高，是其他水样的 10 倍，沼泽水、湖水和雨水中浓度接近相等.

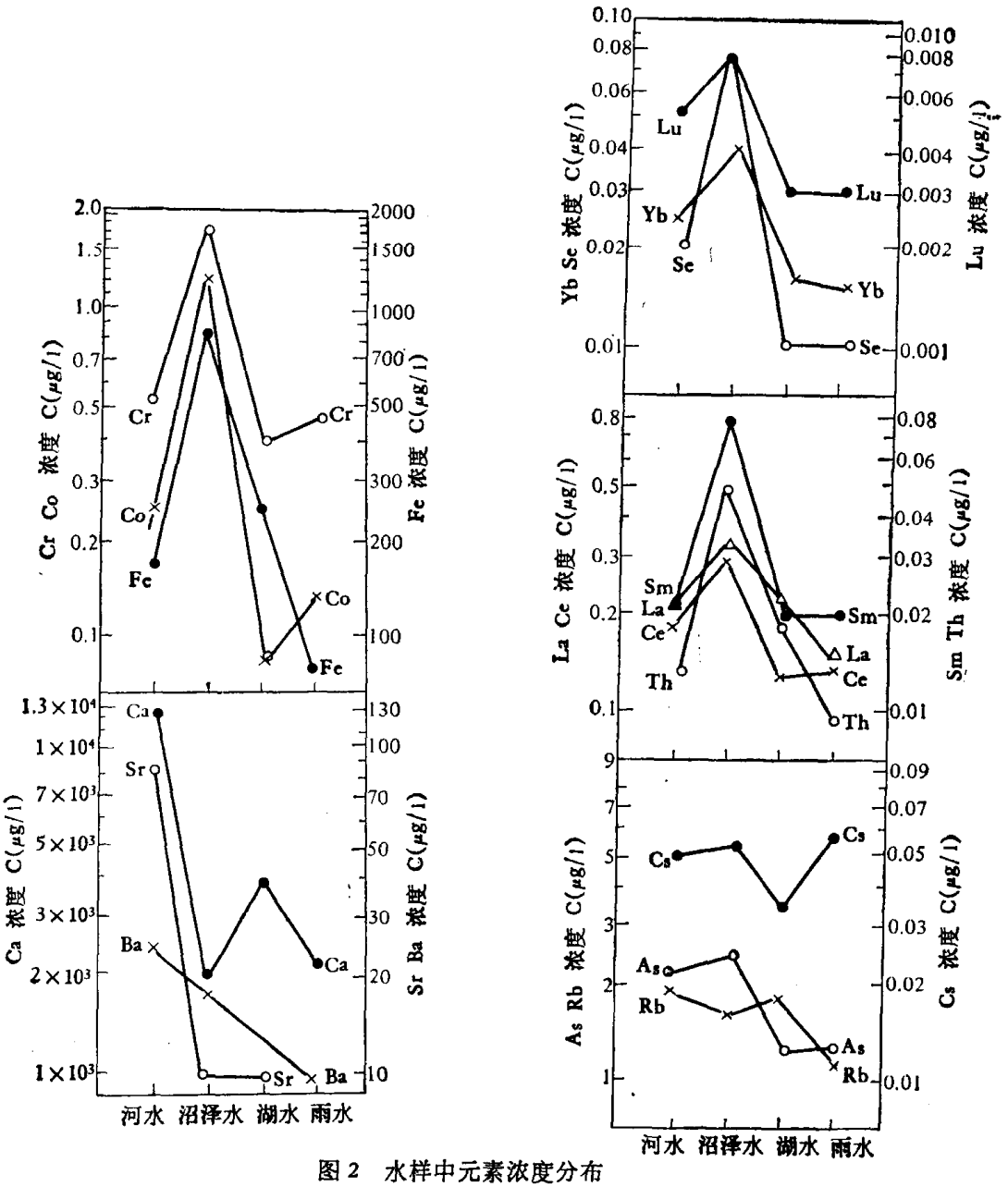


图 2　水样中元素浓度分布

(4) 其他稀有元素 Rb、Cs 和 As 在河水、沼泽水、湖水和雨水中浓度较接近.

3. 用中子活化法测得的河水、沼泽水和湖水中各种元素的悬浮态和溶解态占总量的百分比列于图 3, 结果可见:

(1) 浓集在溶解物中有: Co, Ca, Sr, Ba, Rb, U, Mo, Sb 和 As. 其中以阳离子形式存在的有: Co^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+} 和 Rb^{1+}, 以阴离子形式存在的有: AsO_4^{3-}, SbO_4^{3-}, MoO_4^{2-} 和 $UO_2(CO_3)_3^{4-}$.

(2) 浓集在悬浮物中有: Fe、La、Ce、Sm、Nd、Eu、Lu、Th 和 Sc. Fe 在水中以 $Fe(OH)_3$ 胶体存在, 富集在悬浮物和沉积物中; Sc、Th 和 REE 在水中形成氢氧化物, 被 $Fe(OH)_3$ 吸附而浓集在悬浮物中. 达来宾诺湖湖水不同于其他水样, Fe、Sc、Th 和 REE 是浓集于溶解态

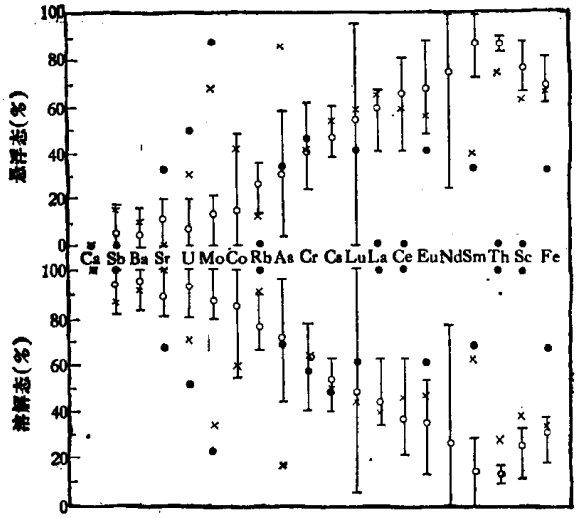


图 3　水样中元素形态组成百分比
○河水；　●湖水；　×沼泽水

中.

(3) Cs 和 Cr 在溶解态和悬浮态中大致相等.

致谢：长春地理研究所余中盛同志协助采样. 地理研究所章申同志审阅本稿，提出了宝贵的意见，一并致谢.

参　考　文　献

[1] 李岫震、紫之芳、钱杏珍等，环境科学丛刊，1981，1：14—23.
[2] 李岫震、钱杏珍、毛雪瑛，海洋与湖沼，**15**(1984)，365—370.
[3] Bowen, H. J. M., *Enviromental Chemistry of Elements*, Academic Press, London, 1979, 16—20.