

# 长江与黄河沉积物金属元素 地球化学特征及其比较\*

张朝生

(中国科学院地理研究所资源与环境信息  
系统国家重点实验室, 北京 100101)

章 申 王立军 王丽珍

(中国科学院地理研究所化学地理室,  
北京 100101)

**提 要** 研究了长江干流和黄河干流沉积物中金属元素 (Li, Na, K, Ca, Sr, Ba, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al 等共 16 种) 总量与形态特征。结果表明: 元素含量和形态特征沿河变化不明显; 长江沉积物中易迁移元素与难迁移元素间有负相关关系, 而在黄河沉积物中表现不显著; 与黄河相比, 长江沉积物中易迁移元素含量低, 而重金属含量高; 元素有机态和铁锰氧化物态含量高, 而残渣态含量低。这种差异与长江流域内风化作用强, 而黄河流域内风化作用弱, 以及黄土母质有机质含量低有关。

**关键词** 长江 黄河 沉积物 金属 地球化学 形态

## 1 研究意义

长江和黄河处于不同的纬度地带, 长江主要处于亚热带区, 而黄河则主要处于温带区, 不同的气候条件会产生不同的风化、迁移条件; 长江和黄河的母质来源也有极大的差别, 长江流域内母质较为复杂, 而黄河流域自黄土高原后则基本为黄土。这些差别理应在沉积物中元素含量的总量和形态上有所体现。因此, 可对中国这两条最大的河流进行对比研究。

对于金属元素的形态研究, 以前大多集中在 Cu、Pb、Zn、Cd 等重金属上<sup>[1,2]</sup>, 因为这些元素易造成污染, 具有重要的环境意义。本文作者曾从环境地球化学角度出发, 将长江中下游沉积物与悬浮物元素形态研究扩展到碱金属、碱土金属, 以及研究较少的元素如 Ti、V、Y、Zr 等<sup>[3,4]</sup>, 获得了具有地球化学意义的结论。

本研究通过对长江与黄河干流沉积物的采样分析, 探讨二者金属元素在总量与形态上的特点, 及其与地理条件间的关系。

## 2 研究方法

长江干流沉积物样品分别于 1993 年 4 月 30 日~ 5 月 7 日 (A1~ A4 号) 和 1994 年 3 月 10 日~ 20 日 (A5~ A11 号) 采集, 黄河干流样品于 1994 年 4 月 9 日~ 15 日 (B1~ B10

\* 国家自然科学基金, 编号 49601016 与中国科学院“百人计划”资助项目 (Under the auspices of National Natural Science Foundation of China and the “One-hundred-person Plan” of Chinese Academy of Sciences)。

来稿日期: 1996-07; 收到修改稿日期: 1997-12。

号) 采集。长江采样点分别位于: 南溪、重庆茄子溪、葛洲坝、城陵矶、武汉金口、小池口、梅埂、芜湖、镇江、南通、马家港共 11 个点, 编号依次为 A 1, ..., A 11。黄河采样点分别位于军渡、茅津、花园口、开封黄河大桥、平阴黄河大桥、济南、济阳、清阳镇、滨州、垦利共 10 个点, 编号依次为 B 1, ..., B 10。样品装于 500ml 塑料瓶中, 送回实验室, 风干保存。样品过 20 目筛, 用于元素形态分析; 经研磨过 100 目筛, 用于元素总量分析。

金属元素形态的连续提取采用 Tessier 法<sup>[5]</sup>, 将元素形态分为: I 可交换态、II 碳酸盐态、III 铁锰氧化物态、IV 有机质-硫化物态以及 V 残渣态共五种形态。残渣态和沉积物中元素总量均采用 HF-HClO<sub>4</sub>-HNO<sub>3</sub> 进行消化。各形态溶液和消化后溶液用 ICP-AES 进行测定, 所用仪器为美国 BAIRD 公司 2070 型 ICP。所分析元素包括 Li、Na、K、Ca、Sr、Ba、Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Al 等共 16 种。残渣态和总量的分析测试过程采用沉积物标样 GSD-3 进行质量控制。仪器分析结果与标样数据相符。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 长江干流沉积物元素地球化学特征

3.1.1 总量 长江干流 11 个样点 16 种元素的含量列于表 1 中。同时, 计算了这些样点各元素的算术均值 (AVG)、样本标准差 (STDs) 和变异系数 (C<sub>v</sub>)。

表 1 长江干流沉积物中金属元素含量\*  
Tab. 1 Metal contents in the sediments of Changjiang River mainstream

No.	Li	Na	K	Ca	Sr	Ba	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Al
A 1	33.5	0.78	1.75	4.82	152	396	0.65	116	82	930	3.83	22.9	40.6	112.1	206	5.41
A 2	39.0	0.72	1.89	3.69	137	414	0.80	142	109	777	4.94	29.6	53.3	91.7	153	6.94
A 3	44.8	0.42	2.63	3.92	104	479	0.67	155	103	1 035	5.57	29.4	58.2	93.7	152	8.38
A 4	39.6	0.82	2.05	3.33	139	428	0.58	111	92	852	3.88	22.9	44.2	60.8	112	6.81
A 5	31.6	0.87	1.85	3.90	147	379	0.53	101	83	647	3.37	22.1	41.1	43.5	116	5.78
A 6	47.8	0.72	2.06	2.93	132	454	0.56	116	91	833	4.26	22.3	47.7	71.5	149	7.62
A 7	44.6	0.69	2.16	3.06	128	452	0.57	120	87	925	4.18	24.1	45.5	77.5	141	7.45
A 8	41.8	0.81	2.02	3.46	141	425	0.54	112	92	911	3.93	22.5	44.9	62.2	109	7.16
A 9	51.0	0.59	2.39	1.48	95	572	0.59	141	108	1 121	4.97	24.1	59.1	67.1	104	8.69
A 10	49.3	0.66	2.23	2.45	121	403	0.48	111	72	789	4.07	17.9	46.3	41.9	111	7.54
A 11	35.6	1.01	1.87	3.24	152	365	0.44	87	77	750	3.39	16.1	36.7	45.8	104	6.33
AVG	41.8	0.73	2.08	3.30	132	433	0.58	119	90	870	4.22	23.1	47.1	69.8	132	7.10
STDs	6.6	0.15	0.26	0.87	19	57	0.10	20	12	134	0.68	4.0	7.1	22.6	31	1.00
C <sub>v</sub> (%)	15.9	20.9	12.5	26.2	14.2	13.2	16.8	16.6	13.4	15.4	16.2	17.4	15.2	32.4	23.7	14.1

\* 单位: mg/kg; Na, K, Ca, Ti, Fe, Al: %。

可以看出, 各元素含量与地壳丰度<sup>[6]</sup>一致, 这与沉积物来源于地壳风化物这一事实一致。重金属同长江水系元素背景值<sup>[7, 8]</sup>相比, 含量略有偏高, 说明长江干流可能受到轻度污染。对比上下游的含量, 变化幅度不大; 变异系数一般在 10% ~ 20% 左右, 说明数据波动性较小。很显然, 长江干流沉积物是流域内各种岩性风化产物经过充分混合后的结果, 上

下游流域范围内无大范围岩性的重大变化，干流中沉积物元素含量变化不大属情理之中。  
采用原始数据，对元素进行相关分析，获得相关系数矩阵见表 2。

表 2 长江干流沉积物金属元素相关系数矩阵

Tab. 2 Correlation coefficients of metals in the sediments of Changjiang River mainstream

	Li	Na	K	Ca	Sr	Ba	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Al
Li	1		*	*	*	*										**
Na	- 0.7	1	**		**			**			**		**			*
K	0.8	- 0.9	1		**						*		*			**
Ca	- 0.8	0.2	- 0.5	1												
Sr	- 0.8	0.9	- 0.9	0.6	1	**		*			*		**			**
Ba	0.8	- 0.7	0.7	- 0.6	- 0.9	1				*			*			*
Ti	- 0.0	- 0.5	0.1	0.3	- 0.2	0.3	1	*	*			**		*		
V	0.5	- 0.9	0.7	- 0.1	- 0.7	0.7	0.8	1	*		**	**	**			
Cr	0.3	- 0.5	0.4	- 0.2	- 0.5	0.7	0.7	0.8	1		*	*	*			
Mn	0.6	- 0.7	0.7	- 0.3	- 0.7	0.8	0.3	0.7	0.5	1						
Fe	0.6	- 0.9	0.8	- 0.2	- 0.8	0.7	0.7	1.0	0.8	0.7	1	*	**			*
Co	0.1	- 0.6	0.4	0.2	- 0.4	0.4	0.9	0.9	0.8	0.4	0.8	1				
Ni	0.7	- 0.9	0.8	- 0.4	- 0.9	0.8	0.6	0.9	0.8	0.7	1.0	0.7	1			*
Cu	- 0.1	- 0.4	0.0	0.5	- 0.1	0.2	0.8	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	0.3	1	**	
Zn	- 0.3	- 0.2	- 0.2	0.7	0.2	- 0.1	0.6	0.3	0.1	0.2	0.2	0.4	0.0	0.9	1	
Al	0.9	- 0.8	0.9	- 0.7	- 0.9	0.8	0.1	0.7	0.5	0.7	0.8	0.3	0.8	- 0.0	- 0.3	1

\* 0.01 水平显著; \*\* 0.001 水平显著。

元素间的相关关系特征是: Na、Sr、Ca 与多数元素呈负相关，尤其是以 Na 为显著。其它元素间的相关性主要表现在 Ti、V、Ni、Co、Cr、Fe 等铁族元素间。Na、Sr、Ca 与其它元素间的负相关关系可以认为是由于长江流域内表生作用（风化、淋溶、迁移等）使易迁移元素从沉积物中洗出，而难迁移元素得以富集的这种消长关系所致。这体现了这些元素地理化学迁移活性的差异。

3.1.2 形态 长江干流沉积物中金属元素各形态所占百分比例的平均值见图 1。Ti、Al

图 1 长江干流沉积物金属元素各形态所占百分数的平均值

Fig. 1 Average percentages of the five forms of metals in the sediments of Changjiang River mainstream

K、Na 主要以残渣态存在; Ca 和Mn 主要以碳酸盐态和铁锰氧化物态存在; Cu 的有机态含量较高; 碱土金属Ca、Sr、Ba 可交换态占有较大比重, 其残渣态含量随元素周期表上周期的增加而逐渐增大; 碱金属Li、Na、K 主要以残渣态存在, 且含量也随周期的增加而增大。铁族元素除Mn 外, 如(Fe、Co、Ni、V) 主要以残渣态和铁锰氧化物态存在。此外, 从各样点看, 长江干流上下游间的差别不明显。

长江干流沉积物中金属元素残渣态含量顺序为: Ca> Mn> Co> Sr> Zn> Cu> Ba> Ni> Fe> Li> V> Cr> Na> K> Al> Ti

3.2 黄河干流沉积物元素地球化学特征

3.2.1 总量 测定了黄河干流 10 个样点 16 种金属元素含量, 并计算其均值 (AVG)、样本标准差 (STDS) 和变异系数 (Cv), 结果见表 3。

表 3 黄河干流沉积物金属元素含量\*

Tab.3 Metal contents in the sediments of Huanghe River mainstream

No.	Li	Na	K	Ca	Sr	Ba	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Al
B1	22.1	1.42	1.73	3.50	197	423	0.31	52.0	39.7	427	2.07	8.4	21.3	37.9	80.0	5.14
B2	22.1	1.38	1.74	3.43	187	431	0.32	55.0	51.5	441	2.23	9.8	21.0	17.0	79.0	5.37
B3	28.8	1.41	1.73	3.80	194	399	0.35	60.6	51.0	455	2.43	9.5	25.0	18.3	82.7	5.39
B4	29.6	1.42	1.80	3.84	198	419	0.34	61.5	41.0	454	2.51	10.6	26.6	21.7	94.1	5.54
B5	42.7	1.05	2.10	4.91	212	472	0.35	83.0	67.8	647	3.50	14.5	40.4	33.7	103.6	6.74
B6	36.8	1.22	1.89	4.59	199	439	0.35	74.9	54.3	604	3.25	13.1	36.8	32.6	98.1	6.32
B7	42.6	0.99	2.01	4.50	204	459	0.33	82.9	62.2	627	4.22	13.9	43.4	52.1	102.4	6.52
B8	36.6	1.19	1.92	4.00	198	433	0.31	71.2	64.2	507	3.68	13.2	34.0	41.9	100.3	5.85
B9	28.2	1.30	1.82	3.80	193	401	0.33	64.5	51.0	430	3.02	10.6	28.2	48.5	74.6	5.61
B10	39.9	1.02	2.05	4.54	209	452	0.33	82.3	62.4	535	3.99	12.4	39.0	35.0	84.7	6.49
AVG	32.9	1.24	1.88	4.09	199	433	0.33	68.8	54.5	513	3.09	11.6	31.6	33.9	90.0	5.90
STDS	7.8	0.17	0.14	0.51	7.5	23.7	0.015	11.7	9.6	86	0.76	2.1	8.2	12.0	10.9	0.57
Cv (%)	23.8	13.9	7.3	12.4	3.8	5.5	4.7	17.0	17.6	16.7	24.6	18.0	25.9	35.6	12.1	9.7

\* 单位:mg/kg; Na, K, Ca, Ti, Fe, Al: %。

与长江干流相似, 各元素含量间的大小关系与地壳丰度<sup>[6]</sup>一致。Al、Fe、Ca、Na、K 等大量元素含量高, 其它微量元素含量低。除少数元素外, 变异系数不大, 表明元素沿干流分布较为均匀。从干流上下游看, 由于采样点从黄土高原开始, 整个干流中沉积物以黄土地区来源为主, 沿途其它物质很少加入, 所以其成分较为均匀。表现在元素含量上, 沿途分布基本均匀。

计算了黄河干流沉积物中元素间的相关系数, 结果见表 4。

从表上可见, Na 与所有元素呈负相关, 并且与多数元素的负相关关系显著。Cu 和 Ti 与所有其它元素相关不显著, Zn 仅与少数元素有较弱的相关。除这四种元素外, 其它元素间相关性很好, 多数呈极显著水平相关。与长江干流不同, 黄河干流沉积物的Ca 和Sr 与其它元素不但未表现出负相关, 反而有正相关关系, 易迁移元素 (K、Na、Ca、Sr 等) 与难迁移元素间的消长关系不显著, 表明黄河沉积物遭受的后生作用强度不如长江沉积物。

表 4 黄河干流沉积物金属元素相关系数矩阵

Tab. 4 Correlation coefficients of metals in the sediments of Huanghe River mainstream

	Li	Na	K	Ca	Sr	Ba	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Al
Li	1	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*
Na	- 0.9	1	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*			*
K	0.9 - 1.0		1	*	*	*		*	*	*	*	*	*			*
Ca	0.9 - 0.9	0.9		1	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*
Sr	0.8 - 0.8	0.9	0.9		1	*		*		*	*	*	*			*
Ba	0.8 - 0.8	0.9	0.8	0.8		1		*		*	*	*	*			*
Ti	0.4 - 0.2	0.3	0.6	0.4	0.1		1									
V	1.0 - 1.0	1.0	0.9	0.8	0.8	0.4		1	*	*	*	*	*			*
Cr	0.8 - 0.9	0.9	0.7	0.6	0.7	0.2	0.8		1	*	*	*	*			*
Mn	0.9 - 0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.5	0.9	0.7		1	*	*	*		*	*
Fe	0.9 - 1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.1	0.9	0.8	0.8		1	*	*	*	*
Co	0.9 - 0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.8	0.3	0.9	0.9	0.9	0.9		1	*	*	*
Ni	1.0 - 1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.4	1.0	0.8	0.9	0.9	0.9		1	*	*
Cu	0.5 - 0.6	0.5	0.3	0.4	0.3	- 0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	0.6	0.4	0.5		1	
Zn	0.8 - 0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.4	0.7	0.6	0.8	0.6	0.6	0.8	0.7	0.2		1
Al	1.0 - 0.9	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.4	1.0	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	0.4	0.7	

\* 0.01 水平显著; \* \* 0.001 水平显著。

3.2.2 形态 黄河干流沉积物中金属元素各形态所占百分比例的平均值见图 2。

图 2 黄河干流沉积物金属元素各形态含量所占百分比例

Fig. 2 Average percentages of the five forms of metals in the sediments of Huanghe River mainstream

Ti、Al、Na 等基本以残渣态存在; Ca 基本以碳酸盐态和铁锰氧化物态存在; 与长江相似, 碱土金属 Ca、Sr、Ba 可交换态占有较大比重, 其残渣态含量随元素周期表上周期的增加而逐渐增大; 碱金属 Li、Na、K 主要以残渣态存在, 且含量也随周期的增加而增大。铁族元素除 Mn 外 (如: Fe、Co、Ni、V) 主要以残渣态和铁锰氧化物态存在。Mn 虽然一半左右为残渣态, 其碳酸盐态和铁锰氧化物态仅次于 Ca。其它元素大部分存在于残渣态中, 其余各态亦占有一定比例。残渣态含量从高到低顺序为: Ti>Al>Na>K>Cr>Fe>Zn>V>Cu>Li>Ba>Ni>Co>Sr>Mn>Ca。

从黄河干流各样点看, 上下游间元素形态特征的差异不大, 这与黄河从黄土高原到河口均以黄土物质为主相一致。

### 3.3 长江与黄河干流沉积物元素地球化学比较

**3.3.1 总量比较** 由于长江干流和黄河干流沉积物元素含量在各样点间分布都较为均匀, 此处直接采用二者的算术平均值进行比较。图 3 显示了长江与黄河干流沉积物元素含量均值的比值。

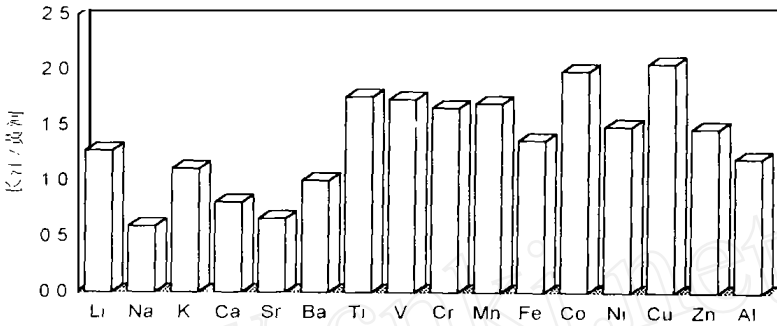


图 3 长江与黄河干流沉积物金属元素含量比值

Fig. 3 Ratios between metal contents in the sediments of Changjiang River mainstream and those of Huanghe River mainstream

从图上可看出, Na、Ca、Sr 的比值小于 1, 这三种元素在长江沉积物中的含量明显低于黄河; Ba 的比值为 1, 二者相近; 其它 12 种元素比值均大于 1, 它们在长江沉积物中含量显著大于黄河沉积物中含量。该结果与元素的地球化学迁移能力一致; Na、Ca、Sr 等迁移能力强, 长江流域内风化作用比黄河流域强, 导致这些易迁移元素的损失; 长江流域内土壤的富铁铝化过程, 又导致了 Fe 等重金属元素和 Al 的富集。可见, 上述含量比值关系反映出很好的地球化学特征。

**3.3.2 形态比较** 长江和黄河沉积物元素含量间的差别不仅表现在总量上, 而且表现在形态上。各形态含量之和与总量间的误差基本好于 10%。图 4 是长江与黄河元素形态百分含量的比较。

**可交换态:** 长江与黄河基本一致, 多数元素此态含量较低, 仅 Sr、Ca、Ba、Mn 含量较高。其它元素含量一般低于 1%。

**碳酸盐态:** 此态含量较高的元素 Ca、Mn、Sr、Ba 二者基本一致, 所占百分数相当; 而含量低的元素, 长江略有偏高, 如 Co、Ni、Cu、Zn 等。可见, 黄土中碳酸钙含量高并未引起重金属元素碳酸盐态的富集。

**铁锰氧化物态:** 二者在各元素间的变化趋势一致, 但长江多数元素百分含量显然比黄河高, 如 Ca、Mn、Fe、Co、Zn 等。这与长江流域内土壤的富铁铝化过程有关。

**有机质-硫化物态:** 二者含量均不高, 但长江 Cu 元素含量显著偏高。Cu 与有机质的亲和性已得到许多研究的证实<sup>[9,10]</sup>。此外, Li、Mn、Co、Zn 等元素在长江的含量比黄河明显高。这与黄土中有机质含量少有关。

**残渣态:** 二者 Ca 和 Mn 含量均较低, 而其它元素含量均很高。很明显, 多数元素在黄

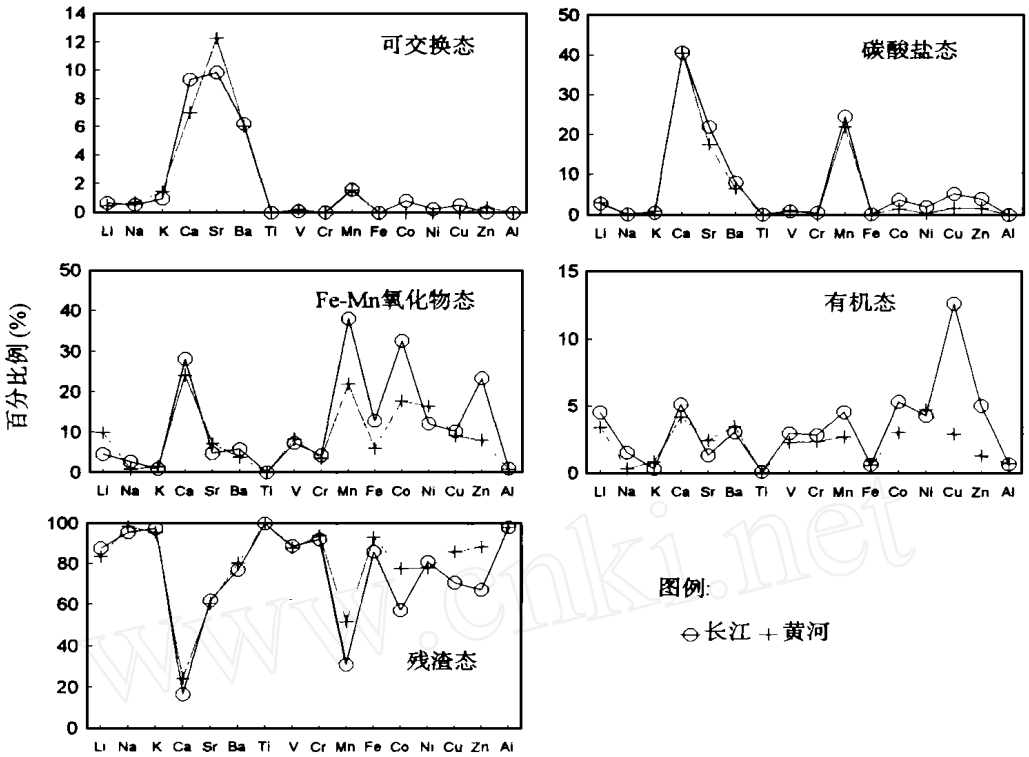


图 4 长江和黄河干流沉积物中金属元素形态含量百分数比较

Fig. 4 Comparison between average percentages of the five forms of metals in the sediments of Changjiang River mainstream and those of Huanghe River mainstream

河内的含量百分数高于长江, 如Na、Ca、Mn、Fe、Co、Cu、Zn等。此现象与长江流域风化作用较强有关。风化作用破坏原生矿物, 使许多元素由晶格中释放出来, 从而残渣态含量降低。

#### 4 结论

长江干流和黄河干流元素含量和形态特征在各样点间的变化不大, 沿途分布比较均匀, 这反映出干流沉积物是流域内风化产物经充分混合的结果。长江干流沉积物中易迁移元素与难迁移元素间有负相关关系, 而在黄河干流中表现不显著。

通过比较发现, 由于不同的气候和母质条件, 长江和黄河沉积物中元素含量差别不仅表现在总量上, 而且表现在形态上。与黄河相比, 长江沉积物中易迁移元素含量低, 而重金属含量高; 元素有机态和铁锰氧化物态含量偏高, 而残渣态含量偏低。这种差异与长江流域主要位于亚热带、风化作用强, 而黄河流域主要位于温带、风化作用弱以及以黄土母质为主相一致。

## 参 考 文 献 (References)

- 1 Chen Jingsheng, Zhou Jiayi eds. Studies on heavy metals in aquatic environment in China. Beijing: China Environmental Sciences Press, 1992. (In Chinese) [陈静生, 周家义主编. 中国水环境重金属研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.]
- 2 Zhang L icheng, Dong Wenjiang, Zheng Jianxun et al. Speciation and controlling factors of heavy metals in sediments of Xiangjiang River. *Acta Geographica Sinica*, 1983, **38**(1): 55~ 63. (In Chinese) [张立成, 董文江, 郑建勋等. 湘江河流沉积物重金属的形态类型及其形成因素. 地理学报, 1983, **38**(1): 55~ 63.]
- 3 Zhang Chaosheng, Wang L ijun, Zhang Shen. Speciation of metals in sediments and suspended matter in the lower and middle reaches of the Changjiang River. *China Environmental Sciences*, 1995, **15**(5): 342~ 347. (In Chinese) [张朝生, 王立军, 章申. 长江中下游沉积物和悬浮物中金属元素形态特征. 中国环境科学, 1995, **15**(5): 342~ 347.]
- 4 Zhang Chaosheng, Wang L ijun, Zhang Shen. Speciation of metals in sediments and suspended matter in the lower and middle reaches of the Changjiang River. *Journal of Basic Science and Engineering*, 1994, **2**(4): 320~ 332.
- 5 Tessier A, Campbell P G C, Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 1979, **51**(7): 844~ 851.
- 6 Turekian K K, Wedepohl K H. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Bull. Geol. Soc. America*, 1961, **72**: 175.
- 7 Zhang Chaosheng, Zhang Shen, Zhang L icheng et al. Calculation of heavy metal contents in sediments of the Changjiang River system. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1995, **15**(3): 257~ 264. (In Chinese) [张朝生, 章申, 张立成等. 长江水系河流沉积物重金属元素含量的计算方法研究. 环境科学学报, 1995, **15**(3): 257~ 264.]
- 8 Zhang Chaosheng, Zhang Shen, Zhang L icheng et al. Background contents of heavy metals in sediments of the Changjiang River system and their calculation methods. *Journal of Environmental Sciences*, 1995, **7**(4): 422~ 429.
- 9 Presley B J, Kolodny Y, Nissenbaum A et al. Early diagenesis in a reducing fjord: Saanich inlet 2: Trace metal distribution in interstitial water and sediment. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1972, **36**: 1073~ 1090.
- 10 Prusty B G, Sahu K C, Godgul G. Metal contamination due to mining and milling activities at the Zawar zinc mine, Rajasthan, India. I. Contamination of stream sediments. *Chem. Geol.*, 1994, **112**: 275~ 291.

## GEOCHEMISTRY OF METALS IN SEDIMENTS FROM CHANGJIANG RIVER AND HUANGHE RIVER AND THEIR COMPARISON

Zhang Chaosheng Zhang Shen Wang L ijun Wang L izhen  
(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

**Key words** Changjiang River, Huanghe River, sediments, metals, geochemistry, speciation

### Abstract

The Changjiang River and the Huanghe River are the two longest rivers in China. The differences between them, such as climatic conditions and bedrock compositions, have caused the differences of metal geochemistry in their sediments. Therefore, sediment samples were taken



from the mainstreams of the rivers, and the total contents and speciation of 16 metals (Li, Na, K, Ca, Sr, Ba, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn and Al) have been analyzed, in order to reveal their differences and the relationships in the geographical and geological conditions.

Eleven sediment samples were taken from the Changjiang River and other ten samples were from the Huanghe River. The speciation method was after Tessier et al., and five forms of metals were fractionated: exchangeable, carbonate, organic, Fe/Mn oxide, and residual. Total contents and contents of the five forms were detected by ICP-AES.

The total contents of metals in the two rivers are consistent with their crustal abundances. The coefficients of variances of all the elements under study are quite small, which is caused by the transportation and dispersion processes of sediments along the mainstreams. Mobile elements, such as Na, Sr, and Ca, have significantly negative correlations with the immobile elements in sediments of the Changjiang River which is caused by the strong weathering forces inside the watershed. By the weathering forces, mobile elements are removed from the sediments, and immobile elements are relatively enriched. However, such a kind of relationship has been weakened in the Huanghe River due to the relatively poor weathering forces.

Ca and Mn have the lowest percentages of the residual form in both rivers, while the other elements have rather high contents of the residual form. The significant differences between the two rivers have also been revealed by the speciation study. The residual forms of most of the metals have lower percentages in the Changjiang River than those in the Huanghe River. However, the non-residual forms of the metals in the sediments of the Changjiang River tend to reside in the Fe/Mn oxide and organic forms. These results are also in line with the stronger weathering forces in the Changjiang River watershed than those in the Huanghe River area. The sediments in the Huanghe River mainly consist of loess, and the loess contains quite little organic matter, which is another reason for the low contents of organic forms of metals in sediments of the Huanghe River.

### 作者简介

张朝生, 男, 1967年生, 博士, 研究员。1989年毕业于北京大学, 1992年获北京大学硕士学位, 1995年获中国科学院地理所博士学位, 同年分配至中国科学院地理所资源与环境信息系统国家重点实验室工作至今。入选中国科学院1997年度“百人计划”。研究领域涉及环境地学、数理统计应用、地理信息系统应用等。在国内外发表学报级论文约30篇。