

文章编号: 1004-8227(2010) 01-0093-05

长江流域常量元素的分布特征

简慧敏^{1,2}, 姚庆祯^{1,3*}, 张 经³, 吴 莹³

(1. 中国海洋大学化学化工学院, 山东 青岛 266100; 2. 山东检验检疫技术中心, 山东 青岛 266003;

3. 华东师范大学河口海岸国家重点实验室, 上海 200062)

摘 要: 2003 年 4 月到 5 月对长江干流及主要支流河水中常量元素(Ca^{2+} , K^{+} , Na^{+} , Mg^{2+} , Cl^{-} , SO_4^{2-} 及碱度)进行了测定, 并对常量元素的含量及影响因素进行了研究。结果表明, 长江阳离子以钙为主, 占阳离子总量的 40% ~ 80%; 而阴离子主要为 HCO_3^{-} , 占阴离子总量的 60% ~ 90%; 阴阳离子含量顺序为 $\text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^{-}$, $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^{+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{+}$ 。长江干流及主要支流河水的常量离子主要来自于岩石的风化, 主要受碳酸盐类溶解的控制, 硅酸盐类的风化过程较弱。而大气沉降的影响很小, 只有 SO_4^{2-} 受大气沉降影响较大。长江干流的 Na^{+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 HCO_3^{-} 和 Cl^{-} 主要来自于上游, 下游只是对上游的简单稀释, 而没有额外来源。与世界上其它大河相比, 长江的常量离子浓度处于较高的水平; 温带地区的河流河水中常量离子的含量常处于较高的水平; 热带地区的河流河水中常量离子的含量相对较低。

关键词: 长江; 常量元素; 含量; 分布

文献标识码: A

按流量计, 长江是世界第四大河, 它源自世界海拔最高(4 000~ 5 000 m)、面积超过 2 000 万 km^2 的青藏高原腹地唐古拉山, 流经我国 10 个省区, 汇集 700 多条大小河川, 自上海汇入东海。长江全长 6 300 km, 其流域面积为 $1.8 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。长江流域的地质构造复杂, 北面是古老的前震旦纪到中生代的火山岩乃至新生代(第三纪)的滨海-泻湖相或内陆盆地中的红色构造均有出露。长江流域盆地人口稠密, 农业活动强度较高, 人文活动对支流的水质影响显著, 中、下游地区是我国的工业集中区, 工业与生活污水使一些水域遭受严重污染。

对长江干流及其支流常量元素的研究已有许多报道。Hu 等^[1]报道了长江干流及两条支流(嘉陵江及汉水)常量离子的浓度, 指出我国河流的离子组成主要受碳酸盐和蒸发盐岩石溶解作用的影响; 但其研究的数据点较少。Zhang 等^[2]、李晶莹和张经^[3]讨论了长江水化学与流域岩石风化作用的关系, 而他们主要依据长江南通站的数据。李香萍等^[4]根据长江多年(1950~ 1980 年)的径流观测资料研究指出, 长江主要离子浓度受长江径流的影响;

万咸涛^[5]、万咸涛、张新宁^[6]、范可旭、张晶^[7]研究了长江流域水质特征及变化趋势; 这些研究未对水质过程进行分析。Chen 等^[8]整理了长江水系 191 个监测站 1962~ 1990 年全部主要离子化学数据, 从全流域角度对长江的天然水质特征及变化进行了全面系统的研究。

尽管对长江干流及其支流常量元素的研究报道很多, 除了 Chen 等^[8]对从全流域角度进行了系统的研究外, 其他研究大多关注干流部分区域或者部分支流, 尤其是 20 世纪 90 年代后对全流域全面系统的研究未见报道。本文于 2003 年 4 月三峡大坝 135 m 蓄水前对长江干流及主要支流的常量元素的含量及其影响因素进行了全面系统的研究。

1 调查水域及研究方法

我们在 2003 年的 4、5 月实施长江干流从长江口到四川攀枝花及南北主要支流的野外考察, 本次调查正值三峡大坝合拢蓄水与防洪调汛的早期, 采集长江干流与一些主要支流的样品并分析, 获得三峡

收稿日期: 2009-01-06; 修回日期: 2009-04-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(40246028, 40876038)资助。

作者简介: 简慧敏(1979~), 女, 江西省新余人, 硕士研究生, 主要研究方向为环境化学。E-mail: Janemy210@yahoo.com.cn

* 通讯作者 E-mail: qzhyao@ouc.edu.cn

截流前常量元素数据的宝贵资料。采样站位如图 1。

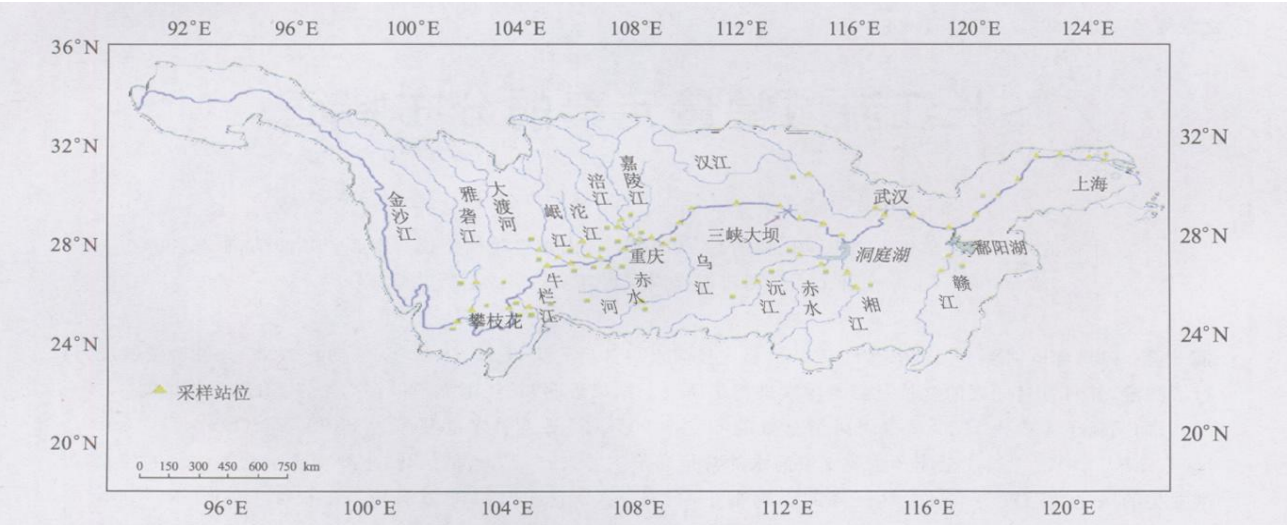


图 1 长江干流及主要支流采样站位图^[19]

Fig.1 Sampling Sites of Water Along the Mainstream and Tributaries of the Changjiang River

现场采样在河流中利用渔船或渡船,采用 5 m 长的可伸缩高强度塑料渔竿进行,样品瓶固定在渔竿的前端。在船的前端采集表层水样,采样时均戴一次性塑料手套。一般样品采集后在 2 h 内即在简易痕量工作台中用 Satorius 滤器和 0.45 μm 的醋酸纤维滤膜过滤,水样保存于聚乙烯瓶中。所有的采样与预处理容器包括样品瓶、塑料镊子等均预先用洗涤剂清洗,蒸馏水冲干净后,再用 Milli-Q 水冲洗干净,装于双层塑料袋中备用。

阳离子 Na⁺、Mg²⁺、Ca²⁺ 用 ICP-AES 法测定, K⁺ 用火焰原子吸收法测定;阴离子 SO₄²⁻、Cl⁻ 采用沉淀滴定法测定;HCO₃⁻ 采用酸碱滴定法测定。

2 结果与讨论

2.1 长江干流及主要支流常量元素的含量

长江干流及支流中的常量元素列于表 1、表 2。

表 1 长江干流常量元素含量(mmol/L)
Tab.1 Major Element Concentrations in the Majorstream of the Changjiang River

主流	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
巧家金沙江	0.56	1.10	1.23	0.049	2.56	0.90	0.55
宜宾金沙江	0.52	1.07	0.90	0.047	2.31	0.67	0.39
江津长江	0.49	1.05	1.01	0.055	2.29	0.69	0.35
万县	0.45	1.13	0.70	0.049	2.21	0.44	0.52
荆州	0.42	1.14	0.41	0.044	2.19	0.33	0.69
洪湖	0.37	1.13	0.39	0.046	1.89	0.30	0.66
黄石	0.28	0.88	0.26	0.040	1.68	0.25	0.55
安庆	0.23	0.77	0.25	0.047	1.41	0.17	0.49
芜湖	0.24	0.76	0.31	0.035	1.45	0.23	0.44
扬州	0.25	0.79	0.23	0.046	1.43	0.24	0.53
南通	0.23	0.77	0.25	0.043	1.43	0.25	0.49

表 2 长江各主要支流常量元素含量(mmol/L)

Tab.2 Major Element Concentrations in the Tributaries of the Changjiang River

河流	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
北方支流							
汉水	0.44	1.13	0.47	0.052	1.16	0.28	0.49
嘉陵江	0.56	1.23	0.40	0.047	1.20	0.30	0.62
沱江	0.68	1.94	1.26	0.120	1.29	0.76	0.82
岷江	0.39	0.88	0.35	0.050	1.04	0.23	0.18
雅砻江	0.45	0.85	0.25	0.036	1.24	0.12	0.04
涪江	0.47	1.04	0.44	0.047	2.18	0.33	0.43
大渡河	0.38	0.82	0.17	0.034	2.01	0.10	0.10
平均	0.51	1.21	0.54	0.061	1.19	0.34	0.43
南方支流							
赣江	0.08	0.31	0.11	0.047	0.27	0.14	0.08
湘江	0.16	0.83	0.12	0.034	0.74	0.17	0.22
乌江	0.34	1.13	0.15	0.036	1.04	0.17	0.48
牛栏江	0.59	1.12	0.08	0.034	1.36	0.10	0.21
南盘江	0.53	1.13	0.55	0.05	2.63	0.36	0.12
沅江	0.69	1.07	0.21	0.04	1.93	0.16	0.55
红枫湖	0.61	1.58	0.19	0.07	2.15	0.25	0.88
盘江	0.64	1.09	0.07	0.03	2.67	0.15	1.38
赤水	0.45	1.30	0.34	0.04	1.94	0.26	0.76
平均	0.45	1.06	0.20	0.04	1.64	0.19	0.52

为了保证样品中常量元素的准确测定,通常采用阴离子与阳离子的摩尔浓度总量之比(Σ- / Σ+) 来检查,当(Σ- / Σ+) 为 1 ±0.25 时,为离子平衡^[9]。长江干流及支流水中的(Σ- / Σ+) 全在 1 ±0.25 范围内。阴离子中 HCO₃⁻ 的含量最高,占阴离子总量的 60% ~ 90%,阴离子含量顺序为 HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻;阳离子中除金沙江、岷江 Na⁺ 含量最高(分别占阳离子总量的 52%、45%)外,其它皆以

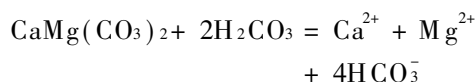
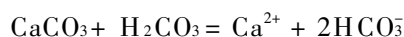
Ca^{2+} 为主, 占阳离子总量的 40% ~ 80%, 干流阳离子含量顺序 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$ 。长江干流 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 和 Cl^- 的含量随距河口距离的增加其含量逐渐增加, 而 K^+ 和 SO_4^{2-} 的含量沿程变化幅度不大。这是因为河流中的 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 和 Cl^- 主要来自于岩石的风化。由上面的关系可知, 长江干流的 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 和 Cl^- 主要来自于上游, 下游只是对上游的简单稀释, 而没有额外来源。而 SO_4^{2-} 受大气沉降的影响较大, 我国的能源以燃煤为主, 这造成我国酸雨的主要致酸物质是硫酸盐; 我国酸雨由北向南逐渐加重, 长江以南酸雨已是比较普遍的问题, 酸雨情况最严重的西南地区如重庆、贵阳两市的雨水酸度的月平均值几乎全在 pH 5 以下。重庆、贵阳地区的嘉陵江、沱江, 以及盘江的 SO_4^{2-} 分别为 0.62、0.82 和 1.38 mmol/L, 显著高于其它的支流。因此长江的 SO_4^{2-} 主要来自于大气沉降。干流 HCO_3^- 与 pH 呈较好的相关性 ($\text{pH} = 0.52[\text{HCO}_3^-] + 7.12$, $r^2 = 0.50$, $n = 11$, $p < 0.0001$), 因此, 长江干流的 pH 主要受碳酸盐缓冲体系控制。

2.2 长江干流及主要支流中常量元素的来源

河流中的无机组分主要有两种来源, 即风化作用及大气沉降, 此外人为活动也会向河流中输入一定的溶解组分。文献中指出, 若河流中的常量元素来自流域内岩石的风化, 则河流中的阴、阳离子之间存在一定的化学计量关系; 若主要来自大气沉降过程, 则元素浓度比与海水或海洋气溶胶相似^[2]。由于大多数岩石中 Cl^- 含量很低而海水中含量很高, 因此元素与 Cl^- 浓度的比值可作为判别大气输入的指标。海盐在大气中的平均保留时间为 3 d, 因此河水中海盐浓度应随距海距离的增加而降低; 若没有陆源输入, 河水中的 Cl^- 浓度应随距海距离的增加而降低^[2]。长江干流 Cl^- 浓度随距河口距离的增加浓度逐渐增加, 说明海洋气溶胶对长江 Cl^- 贡献不大。长江的 $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$ 、 K^+ / Cl^- 比值的变化范围分别为 0.44~2.61, 0.03~0.33, 干流上述比值的平均值分别为 1.28、0.15; 支流 $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$ 比值除资水(0.50)、盘江(0.44)低于海水的相应比值 0.851 7 外, 其它支流均接近或高于海水比值, 而 K^+ / Cl^- 比值均远高于海水相应比值 0.017 67, 这说明大气沉降对长江流域的常量元素的贡献很小, 长江水中常量元素主要来自流域盆地的风化侵蚀。

长江干流及支流 Ca^{2+} 、 HCO_3^- 浓度最高, 通常认为碳酸盐类岩石的风化是河流中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的

主要来源, 其风化反应可表示为^[2]:



由此推测河流中 $\text{Ca}^{2+} / \text{HCO}_3^-$ 和 $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / \text{HCO}_3^-$ 的摩尔比值应为 0.5 左右, 而实际测得的长江干流的上述比值平均值分别为 0.53、0.72, 而主要支流除赤水(0.67、0.92)、沱江(0.76、1.03)及红枫湖(0.74、1.04)与理论推测结果相差较大外, 其它支流的上述比值皆接近于 0.5, 与白云岩溶解反应中的比值比较接近, 由此说明白云岩的风化溶解是流域主要的风化反应。这表明长江干流及主要支流河水中的溶解态元素含量主要受碳酸盐类的溶蚀控制, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 相对于 HCO_3^- 的少量过剩说明 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 还参与了其它的化学反应 (SO_4^{2-} 、 Cl^- 平衡或少量硅酸盐的风化产物)。碳酸盐风化过程中的 H_2CO_3 来自大气中的 CO_2 、有机质分解, 外来 CO_2 占 50%。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 与 HCO_3^- + SO_4^{2-} 的相关性很好 ($[\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}] = 0.51[\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}] + 0.13$, $r^2 = 0.86$, $n = 27$, $p < 0.0001$), 可以反映出 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的硫酸盐或碳酸盐在 H_2SO_4 的作用下发生了化学反应, Mg^{2+} 与 SO_4^{2-} 的相关性较差排除了 Mg^{2+} 的硫酸镁来源。而 Ca^{2+} 与 SO_4^{2-} 呈一定的正相关, $\text{Ca}^{2+} / \text{SO}_4^{2-}$ 为 0.61 (< 1.0), 说明 Ca^{2+} 应有一部分来源于石膏的溶解。

长江干流及主要支流中 Na^+ 的含量仅次于 Ca^{2+} , Na^+ 与 Cl^- 呈明显的正相关, 且 $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$ 的摩尔浓度平均比值为 1.29, 与岩盐溶解反应过程 Na^+ 与 Cl^- 之间的比值比较一致, 所以岩盐溶解是长江流域河水中 Na^+ 、 Cl^- 的主要来源。

2.3 与世界其它河流的对比

世界一些主要大河中的常量元素列于表 3。表 3 所列河流分布在从赤道到极地的广大地区, 其向海洋输送的淡水量占世界总淡水输送量的 40%。在这些河流中, 长江的常量离子浓度处于较高的水平, 从表 3 的数据可明显看出, 处于温带地区的河流如黄河、长江、罗纳河、Po、Indus、Krishna、Godavari 等, 其河水中常量离子的含量常处于较高的水平; 而处于热带地区的河流如 Amazon、Zaire 和 Orinoco 等, 虽然其水流量较大, 但河水中常量离子的含量相对较低。表 3 中所列河流河水中 K^+ / Cl^- 比值皆显著高于海洋气溶胶的比值, 而绝大多数河流(2/3)的河水中 $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$ 比值高于海水。这表明随大气沉

降的海洋盐类对河流中的离子组份的影响是很小的,而风化作用对河水中常量离子的贡献是主要的。

表 3 世界一些主要河流中的常量元素的含量(mmol/L)

Tab. 3 Concentrations of Major Elements of
Some Large Rivers in the World

河流	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	参考文献
长江	0.26	1.98	0.12	0.05	0.19	0.76	0.30	[2]
长江	0.41	1.89	0.52	0.05	0.54	0.37	0.96	本文
黄河	1.32	3.28	1.04	0.09	2.61	1.12	0.92	[2]
岷江	0.02	0.29	0.04	0.03	0.09	0.10	0.03	[12]
珠江	0.08	1.03	0.07	0.04	0.11	0.46	0.10	[12]
Godavari	0.41	2.26	0.05	0.06	0.60	0.63	0.32	[13]
Brahmaputra	0.03	0.96	0.13	0.05	0.09	0.35	0.16	[13]
Indus	0.83	2.63	0.11	0.19	1.20	0.92	0.57	[12]
Krishna	1.04	2.05	0.66	0.08	1.84	0.69	0.56	[13]
Amazon	0.11	0.72	0.05	0.03	0.17	0.30	0.07	[14]
Po	0.51	2.95	0.63		0.73	0.49	1.55	[13]
Waikato	0.54	0.69	0.08	0.08	0.81	0.1	0.18	[13]
罗纳河	0.66	2.63	0.71	0.05	0.65	1.35	0.26	[11]
St Lawrence	0.59	1.38	0.25	0.04	0.45	0.72	0.28	[13]
Ganges	0.14	2.08	0.09	0.07	0.44	0.63	0.29	[13]
Parana	0.18	0.69	0.03	0.09	0.23	0.17	0.09	[13]
Mackenzie	0.31	0.91	0.29	0.03	0.33	0.84	0.35	[13]
Zaire	0.03	0.20	0.01	0.03	0.06	0.05	0.05	[15]
Orinoco	0.25	0.11	0.03	0.02	0.06	0.02	0.07	[13]

美洲和欧洲河流中 Ca²⁺ 和 HCO₃⁻ 的浓度存在下列关系: 2[Ca²⁺] = [HCO₃⁻], 而印度次大陆河流中 Ca²⁺ 和 HCO₃⁻ 的浓度关系为 3[Ca²⁺] = [HCO₃⁻]. 从白云岩的风化过程可知河流中[Ca²⁺] + [Mg²⁺]/[HCO₃⁻] 比值应接近于 1/2. 高的方解石和白云岩的饱和指数通常处于北半球温带地区的高混浊河流中, 而热带和南半球的一些河流中则很少达到饱和. 对中国来说, 黄河具有较高的方解石和白云石饱和指数; 而处于亚热带的闽江则碳酸盐饱和度较低, 而长江和珠江处于中间水平; 中国大的河流的碳酸盐饱和指数从北向南逐渐降低^[7]. 本次研究的结果也进一步证实了这个结论.

从表 3 的数据可看出处于温带的河流和热带地区河流的差别. 在温带地区, 河流的混浊度常较高, 其土壤和岩石中的碳酸盐的侵蚀作用的输入远远超过硅酸盐风化及大气沉降^[10, 13]. Sarin 等^[10] 的研究指出高原地区河水中的化学组成主要被碳酸盐风化过程控制, 而地势较低处的河水中的常量离子是碳酸盐风化及盐碱土壤溶出共同作用的结果. 我们的研究结果也进一步验证了这个理论, 处于云贵高原的盘江、南盘江、赤水及涪江的 HCO₃⁻ 的含量显著高于其它支流(表 2). 在热带地区, 硅酸盐侵蚀速

率与温度、降水量及植被情况成正比^[8]; 热带地区化学和生物侵蚀对河水化学组份存在显著影响.

大气沉降仅仅是极地河流中常量离子的主要来源, 这些地区大地被冰层覆盖而且碳酸盐缺乏. 另外, 大气沉降对近岸地区表层水中的化学成分也有重要影响.

3 结论

于 2003 年 4、5 月对长江干流及主要支流的常量元素进行了研究. 通过上述研究得出了以下几点认识和发现:

(1) 长江河水中阳离子以钙为主, 而阴离子主要为 HCO₃⁻, 阴阳离子含量顺序分别为 HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻, Ca²⁺ > Na⁺ > Mg²⁺ > K⁺.

(2) 长江干流的常量离子主要来自上游的输送, 下游只是河水对其简单的稀释.

(3) 长江河水中的常量元素主要来自于流域盆地的岩石风化, 而大气沉降对其影响较小. 这个结论和前人观测的世界上其它高混浊河口如黄河、Ganges 和 Brahmaputra 相一致.

参考文献:

[1] HU M H, STALLARD R F, EDMOND J M. Major ion chemistry of some large Chinese rivers[J]. Nature, 1982, 298: 550~553.

[2] ZHANG J, HUANG W W, LIU M G, et al. Drainage basin weathering and major element transport of two large Chinese rivers (Huanghe and Changjiang) [J]. J. Geophys Res, 1990, 95: 13 277~ 13 288.

[3] 李晶莹, 张 经. 长江南通站含沙量及水化学变化与流域的风化过程[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(4): 363~ 369.

[4] 李香萍, 杨吉山, 陈中原. 长江流域水沙输移特征[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2001, 4: 88~ 95.

[5] 万咸涛. 长江流域(片)水资源水质现状及特征[J]. 水电能源科学, 2006, 24(3): 1~ 5.

[6] 万咸涛, 张新宁. 长江流域及西南诸河天然水质特征与河流健康[J]. 人民长江, 2008, 39(6): 8~ 32.

[7] 范可旭, 张 晶. 长江流域地表水水质演变趋势分析[J]. 人民长江, 2008, 39(17): 82~ 84.

[8] CHEN J, WANG F, XIA X, et al. Major element chemistry of the Changjiang (Yangtze River) [J]. Chem Geol, 2002, 187: 231~ 255.

[9] YAO Q Z, ZHANG J, WU Y. Hydrochemical process controlling arsenic and selenium in the Changjiang River (Yangtze River) system [J]. Science of Total Environment, 2007, 377 (1): 193~ 104.

[10] VAN BENNEKON A J, BERGER G M, HELDER W, et al. Nutrient distribution in the Zaire Estuary and river plume[J]. Netherland J Sea Res, 1978, 12: 296~ 323.

[11] 任景玲, 张 经. 罗纳河中的铝、营养盐及常量元素的研究[J]. 青岛海洋大学学报, 2002, 32(6): 993~ 1 000.

[12] ZHANG J, HUANG W W, LETOLLE R, et al. Major element chemistry of the Huanghe (Yellow River), China— weathering process and chemical flux[J]. J Hydrology, 1995, 168: 173~ 203.

[13] DEGENS E T, KEMPE S, HERRARA R. Transport of Carbon and Minerals in Major World Rivers[R]. Mitt Geol Paläont. Inst Univ Hamburg, SCOPE/ UNEP Sonderband, 1985.

[14] STALLARD R F, EDMOND J M. Geochemistry of the Amazon 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load[J]. J Geophys Res, 1983, 88: 9 671~ 9 788.

[15] MEYBECK M. Les fleuves et le cycle géochimique des éléments// These de Doctorat d' Etat[D]. Univ Pierre et Marie Curie, Paris, 1984: 1~ 500.

DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF MAJOR ELEMENT
IN THE CHANGJIANG RIVER

JIAN Hui-min^{1,2}, YAO Qing-zhen^{1,3}, ZHANG Jing³, WU Ying³

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;

2. Shandong Technical Center of Inspection & Quarantine, Qingdao 266007, China;

3.State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: The chemistry of major elements (Ca, K, Na, Mg, Cl⁻, SO₄²⁻ and alkalinity) from the Changjiang River was examined with data obtained from the main stream and its main tributaries in April 2003. HCO₃⁻ was the most abundant anion of the Changjiang River and account for 60% ~ 90% of total anion, concentrations of anions follows the order HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻. Among the cations, Ca²⁺ was predominant and account for 40% ~ 80% of total cation. Concentrations of cations vary in the order Ca²⁺ > Na⁺ > Mg²⁺ > K⁺. Weathering and erosion were primary importance in affecting river chemistry, which accelerated by anthropogenic activities (e. g. farming). According to the principal composition analysis of river water, water chemistry was mainly controlled by the dissolution of calcite. Silicate weathering played a minor role in the contribution to the river fluxes, while atmosphere input of major elements to the Changjiang River was very limited. The result showed that the dissolved load of the Changjiang River relative to water discharge and in absolute terms was very high compared with other major rivers in the world. High levels of major elements were often observed in rivers in temperate climate zones, whereas rivers in tropical climate zones had abundant water discharge, but relatively low levels of major elements.

Key words: Changjiang River; major elements; concentration; distribution