

文章编号: 1000-0550(2000)04-0639-07

西江流域的有机碳侵蚀通量^①

高全洲¹ 沈承德² 孙彦敏² 易惟熙²

1 (中山大学地理学系 广州 510275)

2 (中国科学院广州地球化学研究所 广州 510640)

摘要 在西江下游的马口水文站对径流进行了4个季节的有机碳采样分析。研究表明,西江径流有机碳的断面构成在各个季节均较为一致;季节性变化表现为,有机碳和悬浮物含量随流量的增加而增加。随着水体悬浮物含量的增加,悬浮物的有机碳含量呈对数趋势降低。西江流域的有机碳侵蚀通量为 $10.18 \times 10^6 \text{ g C/km}^2 \cdot \text{yr}$, 是全球外流域有机碳侵蚀通量的2~3倍,其中以颗粒有机碳的侵蚀通量为主,达到 $8.30 \times 10^6 \text{ g C/km}^2 \cdot \text{yr}$, 溶解有机碳的侵蚀通量为 $1.88 \times 10^6 \text{ g C/km}^2 \cdot \text{yr}$ 。反映了流域内较强的机械剥蚀过程,这与西江流域典型的季风气候、较大的地形高差,以及农业耕作历史长久、土地利用强度较大等因素有关。

关键词 生物地球化学循环 河川径流 有机碳含量 侵蚀通量 西江流域

第一作者简介 高全洲 男 1965年出生 博士 地貌与第四纪地质学、地球化学

中图分类号 P342 P592 **文献标识码** A

碳不但是最重要的生命元素之一,它在地球各圈层间的分配状况也与全球自然环境的性质密切相关。工业革命以来,由于化石燃料的大量使用以及对森林资源的严重破坏,使得大气中 CO_2 浓度迅猛上升^[1]。温室效应所诱发的一系列环境问题,已引起各国政府部门和科学界的极大关注^[2]。近年来,全球碳循环一直是学术界研究的一个热门课题。外流域河网系统联结陆地生态系统与海洋。河川径流对陆地生物量及其转化产物的侵蚀运移是全球碳循环中的一个重要环节^[3],也是陆地对海洋尤其是对近海作用的一个重要方面。据研究,全球每年经河流运移入海的有机质约占陆地生态系统净初级生产量的1%~2%^[4]。

河流对有机碳的运移通量以及河流碳的组分构成与流域的侵蚀背景有关,它间接反映了发生在流域内的各种生物地球化学过程和物理过程的总和。近年来,河流有机碳的侵蚀通量研究在全球许多流域展开,但对非季风区和季风不典型地区研究得较为深入^[5-9]。季风区独特的气候条件决定了其流域侵蚀背景和河流碳的组成特征与非季风流域不同。

1 研究区概况

西江流域为珠江流域的主要部分,地处典型亚热带季风气候区,面积 $353\,120 \text{ km}^2$, 96.72%位于我国境内;年径流总量 $230 \times 10^9 \text{ m}^3$, 流域面积和径流总量分

别占珠江水系的77.81%和65.84%^[10]。季风气候导致的高温多雨和温湿同季的环境特征使西江流域成为北半球中低纬度带少有的生物量高产地区,生物地球化学过程非常强烈。另一方面,境内多为高原和山地丘陵,地形起伏大,加之人口密度大和长期的耕作农业历史,使得流域内表土的机械剥蚀作用也较为强烈。

初步研究表明,西江径流的颗粒有机碳含量在不同季节均高于溶解有机碳含量;汛期水体的溶解有机碳、颗粒有机碳含量均大于非汛期的含量;悬浮物中有机碳的质量分数随悬浮物含量的增加而降低^[11]。本文将对进一步的研究结果作出分析,并对西江流域的有机碳侵蚀通量作出估算,与全球相关流域的研究结果进行对比。

2 研究方法

2.1 样品采集

本研究选取西江的马口水文站作为采样断面。因为马口站基本位于潮流影响的上界,避开了潮流上涌对径流所造成的影响。同时,马口站位于西江流域的出口端,控制了整个流域的面积。

每个采样断面采用左、中、右3条垂线,每条垂线选取3个采样点,分别位于水面以下0.5 m处、1/2水深处和河底以上0.5 m处(图1)。分别于1997年7月24日(水位6.0 m,珠江基面,下同)、10月21日(水

① 国家自然科学基金(批准号:49901002)、中国科学院资源与生态环境研究重点项目(KZ952-J1-402)、广东省自然科学基金(984131)和有机地球化学国家重点实验室开放基金的共同资助。

收稿日期:1999-10-25 收修改稿日期:2000-02-01

位 2.0 m)和 1998 年 2 月 24 日(水位 0.3 m)、4 月 21 日(水位 0.45 m)进行了 4 次采样。每个水样由两个部分组成,一部分用容积为 6 L 的塑料桶盛装(大样),另一部分用容积为 120 mL 的带磨口瓶塞的棕色玻璃瓶盛装(小样)。

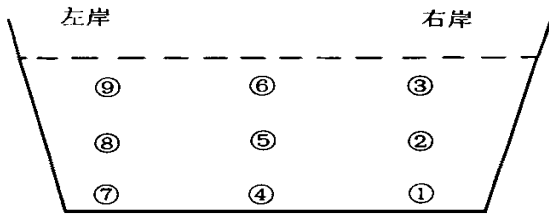


图 1 采样点的布设示意图

Fig. 1 Scheme of the sampling spots in the hydrological section

2.2 过滤与分析

采样当天用定性滤纸对小样进行过滤。过滤前,先用与样品同等体积的纯净水冲洗滤纸。实验证明,经过处理的滤纸对测定结果基本无污染影响。滤液在 2 °C 的恒温箱中保存,次日进行有机碳浓度测试。用孔径为 0.45 μm 的醋酸纤维微孔滤膜对大样进行低压抽滤,将获得的颗粒物在 48 ~ 50 °C 的温度条件下烘干,之后,用感量为 1 mg 的 TG729B 型号的电光分析天平称重,求得水体悬浮物(TSS)浓度,然后对颗粒物进行有机碳浓度测定。

用美国 Tekmar 公司出品的 Phoenix8000 型 TOC 分析仪测定小样滤液的有机碳浓度,测定值为样品的溶解有机碳和部分细颗粒有机碳浓度之和,考虑到过滤对颗粒物的充分分离,则可以将上述测定值近似看作样品的溶解有机碳(DOC)浓度^①。方法精度可以达到小数点后两位有效数字。该套设备采用过硫酸盐和紫外线联合氧化法将有机碳氧化成 CO_2 ,用非色散红外探测器(NDIR)测定生成的 CO_2 浓度。

用“硫酸—重铬酸钾法”^[12]测定烘干颗粒物中有机碳的浓度,测定结果为水体中颗粒有机碳(POC)浓度。步骤概述如下:称样品置于三角瓶内,加重铬酸钾—硫酸溶液在电热板上消化,用经标定的 FeSO_4 溶液滴定,同时测定平行空白实验所消耗的 FeSO_4 量,依此计算烘干颗粒样品的有机碳百分含量(POC%)。方法精度为 3%。溶解有机碳和颗粒有机碳含量之和为水体的总有机碳(TOC)浓度。

3 结果与讨论

分析结果列于表 1。

3.1 水体有机碳的断面构成特征

在同一个采样季节尤其是在汛期洪峰过境时(1997 年 7 月 24 日),马口站断面水体混合比较充分,各采样点之间水体 TSS 浓度相差不大,自表层经中间层向底层过渡,水样的 TSS 浓度略有增加,水体分层现象不明显。例外的情况是在低水位时(1998 年 2 月 24 日)左航道因有含悬浮物较多的北江水体的混入,水体分层现象较明显。可能由于温度和密度方面的差异,两江水体混合后,温度较低、密度较大的北江水体从左侧插入西江水体之下,使西江左航道底层水体(样品编号:3MK-7)的 TSS 浓度显著增加。

在断面分布上,马口站同一期样品的 9 个 DOC 浓度数值较为一致。不同水文季节水体的 DOC 浓度之间存在明显差异。从汛期洪峰水位经过中间水位和低水位,过渡到回升水位的 4 水文季节,DOC 平均浓度值(9 个数据的算术平均值,括号内的数字为统计方差)分别为 4.60 mg/L (0.34)、1.36 mg/L (0.05)、1.02 mg/L (0.01)和 1.12 mg/L (0.002)。在断面分布上,POC 浓度的变化模式与水体 TSS 浓度的变化模式一致(图 2)。

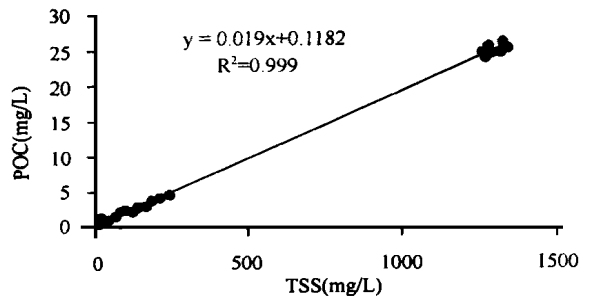


图 2 POC 浓度与 TSS 之间的关系

Fig. 2 Relationship between the contents of POC and TSS

3.2 径流有机碳的季节性变化

为了对各季节水体的有机碳浓度进行对比,将同一季节所采集样品的测定结果进行算术平均,结果列于表 2。

由表 2 可以看出,在 4 个采样季节之间,马口站水体 TSS 浓度发生了约 60 多倍的变化,汛期水体 TSS

① 在河流水化学研究中,一般将溶解物与颗粒物的粒径界线定为 0.45 μm ,通常用孔径为 0.45 μm 的玻璃纤维微孔滤膜或银质微孔滤膜,将颗粒物与溶解物进行分离。我们选用生物学研究常用的定性滤纸替代微孔滤膜。经过多种方法的反复测试,我们发现所用定性滤纸的孔径介于 0.5 ~ 1.0 μm 之间。据 J. Probst(即本文参考文献^[15]的作者之一)函告,河流中悬浮物在这个粒径段的含量恰好很少,固可以将本文过滤处理的小样中 TOC 的含量近似看作 DOC 含量。

表 1 西江马口站径流有机碳和悬浮物浓度的测定结果

Table 1 The contents of riverine organic carbon and total suspended substance at Makou station of Xijiang River

采样日期 水位	样品编号	TSS/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	DOC/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	POC/ $\%$	POC/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	TOC/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$
1997年 7月24日 6.0m (汛期洪峰)	1MK-1	1260.81	4.53	1.95	24.64	29.16
	1MK-2	1326.27	4.85	1.97	26.17	31.02
	1MK-3	1281.81	4.50	1.96	25.15	29.65
	1MK-4	1326.56	4.63	1.88	24.87	29.50
	1MK-5	1341.36	4.02	1.87	25.14	29.16
	1MK-6	1274.04	3.67	1.88	23.96	27.63
	1MK-7	1312.66	4.66	1.86	24.39	29.05
	1MK-8	1259.40	4.56	1.92	24.14	28.70
	1MK-9	1289.58	5.94	1.88	24.22	30.16
1997年 10月21日 2.0m (中间水位)	2MK-1	240.75	1.64	1.82	4.38	6.02
	2MK-2	210.63	1.79	1.85	3.90	5.68
	2MK-3	121.58	1.39	1.92	2.33	3.72
	2MK-4	162.88	1.44	1.81	2.95	4.39
	2MK-5	140.33	1.26	1.81	2.54	3.80
	2MK-6	120.95	1.15	1.75	2.12	3.27
	2MK-7	183.98	1.15	1.94	3.57	4.72
	2MK-8	161.84	1.16	1.77	2.86	4.03
	2MK-9	135.05	1.23	1.87	2.53	3.76
1998年 2月24日 0.3m (低水位)	3MK-1	11.43	0.92	4.90	0.56	1.48
	3MK-2	11.23	0.85	4.08	0.46	1.31
	3MK-3	8.81	1.10	4.50	0.40	1.50
	3MK-4	11.52	0.88	5.04	0.58	1.46
	3MK-5	10.82	1.09	6.72	0.73	1.82
	3MK-6	8.59	1.04	5.58	0.48	1.51
	3MK-7	89.50	1.17	2.45	2.19	3.36
	3MK-8	15.79	1.07	3.67	0.58	1.65
	3MK-9	8.30	1.02	5.23	0.43	1.46
1998年 4月24日 0.45m (回升水位)	4MK-1	30.51	1.08	2.11	0.64	1.72
	4MK-2	27.45	1.18	2.17	0.59	1.77
	4MK-3	10.68	1.13	3.11	0.33	1.47
	4MK-4	25.65	1.11	2.21	0.57	1.68
	4MK-5	24.13	1.22	2.23	0.54	1.75
	4MK-6	15.70	1.14	2.25	0.35	1.50
	4MK-7	59.96	1.07	1.99	1.20	2.26
	4MK-8	26.42	1.07	2.42	0.64	1.71
	4MK-9	14.14	1.09	2.77	0.39	1.48

表 2 马口站径流有机碳和悬浮物各季节的平均浓度

Table 2 The seasonal average content of organic carbon and TSS at Makou station of Xijiang River

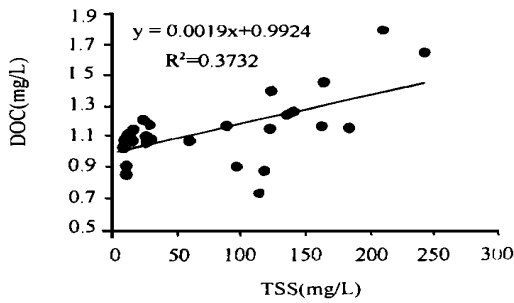
采样日期	水位/m	TSS/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	POC/ $\%$	DOC/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	POC/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$
1997年7月	6.0	1296.94	1.91	4.60	24.74
1997年10月	2.0	163.33	1.84	1.36	3.02
1998年2月	0.3	19.56	4.69	1.02	0.71
1998年4月	0.45	26.07	2.36	1.12	0.58

浓度最大, 低水位水体的 TSS 浓度最小, 反映了流域机械侵蚀强度随季节的变化特征。

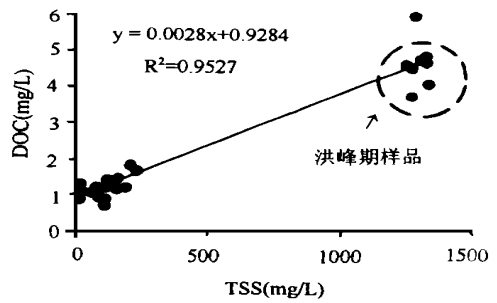
随着水文季节的变化, 西江水体的 DOC 浓度也发生相应的变化。从汛期洪峰水位到平水期低水位, 水

体 DOC 浓度相应从 4.60 mg/L 降到 1.02 mg/L, 到回升水位时水体 DOC 浓度也略有回升。西江水体 DOC 浓度在 4 个水文季节的平均值为 2.14 mg/L, 较全球河流 DOC 浓度的平均值 5.0~6.0 mg/L^[4,6] 低一倍多。

西江水体 POC 浓度随着 TSS 浓度的变化而发生同步的变化。在汛期洪峰水位, 由于流域机械侵蚀强度大, 径流携带大量悬浮物, 水体 POC 浓度达到最大值为 24.74 mg/L; 而到低水位时, 水体的 TSS 浓度减小, POC 浓度也降低为 0.71 mg/L。到回升水位时, 水体的 POC 浓度最低, 为 0.58 mg/L。中间水位时水体的 POC 浓度介于高水位和回升水位之间。



非洪峰期样品



所有样品

图 3 西江径流的 TSS 浓度与 DOC 浓度之间的关系

Fig. 3 Relationship between the contents of DOC and TSS of Xijiang River

3.4 悬浮物与颗粒有机碳的关系

有机碳的质量分数是径流悬浮物的一个重要性质, 在时间和空间上, 随着流域侵蚀模式的不同而发生变化。

将本次研究 4 次采样共 36 个样品的分析结果绘于图 4, 并与全球其他流域的研究资料进行对比。可以看出, 随着水体 TSS 浓度的增加, 西江径流悬浮物中有机碳浓度呈对数趋势下降, 这与全球其他河流具有相似的规律^[4,15] (图 4)。但西江流域与全球其他流域的情况也存在着显著差别, 相对于全球流域的拟合曲线^[15], 西江的数据拟合曲线向左上角偏离, 并且两者在 (2.32, 1.85) 处相交。说明在非洪峰季节即径流的 TSS 浓度较小的季节, 对于相同混浊度的水体, 西江径流中悬浮物的有机碳浓度较全球平均值低; 而在洪峰季节, 对于相同混浊度的水体, 西江径流中悬浮物的有机碳浓度较全球平均值高。

一般情况下, 河川径流中的颗粒状有机质可以划分为外源的 (allochthonous) 和内源的 (autochthonous) 两类^[16]。内源颗粒状有机质源于河流中的浮游生物以及河床底泥的释放产物^[16-17]; 外源颗

3.3 悬浮物与溶解有机碳的关系

流域的机械侵蚀与化学侵蚀是两个相互关联的过程。理论上, 在湿热环境中, 长期强烈的化学侵蚀可致流域内积累厚层的风化壳, 若流域内的机械侵蚀强度不大, 则后续的化学侵蚀过程也将受到限制。相反, 湿热环境中强烈的机械剥蚀可以为化学侵蚀的持续进行提供反应空间^[13,14]。

西江流域机械侵蚀成因的悬浮物与化学侵蚀成因的溶解有机碳在浓度上也存在正向关联 (图 3)。3 次非洪峰期样品的 DOC 浓度与 TSS 浓度的散点分布较为集中, 而与洪峰期样品的散点分布明显分离; 洪峰期的 9 个样品也相对集中分布。

粒状有机质主要来源于土壤侵蚀, 陆生植物的种子、叶、茎, 以及人类生产、生活的排废物也是外源颗粒状有机质的主要来源^[6]。在许多河流中, 内源颗粒状有机质只占很小份额, 但有些河流, 尤其是在水流平缓的河口段, 内源颗粒状有机质的贡献却是不可忽视的^[15]。

随着径流 TSS 浓度的增加, 河水的透光性减弱, 内源颗粒状有机质的产量下降。另一方面, TSS 浓度较大的径流一般对应于流域内较强的土壤侵蚀, 而土壤剖面自上而下有机质的含量呈对数趋势减少, 随着侵蚀模数的增大, 随径流汇入河道中的泥沙中有机质的质量分数也变小^[15]。因此, 径流悬浮物的有机碳浓度与水体的光学性质和流域的土壤剖面性质有关。另外, 与水流速度的急缓也有关系, 平缓的水流中有利于水体微生物的繁衍, 从而形成大量的内源有机颗粒。

西江流域由于河床落差大, 水流速度大 (4 次采样时的流速介于 0.5~2 m/s 之间), 水体内源有机碳的贡献量很小。水体悬浮物几乎全来自径流对土壤层的冲刷。在洪峰季节, 强度较大的季风型降雨对地表产生强烈的冲刷, 有机质含量较高的表层土壤被径流大量带入河道。图 4 中全球流域的平均曲线实际上多源

于对地势起伏和缓、气候尤其是降雨强度的年变化幅度较为平缓的欧洲、美洲和热带非洲河流的研究结果^[15], 在径流颗粒有机碳的构成中, 水体内源的有机碳是不可忽视的。这一方面与西江流域以及亚洲东部和东南部多数河流的情况迥然不同^[6~9]。

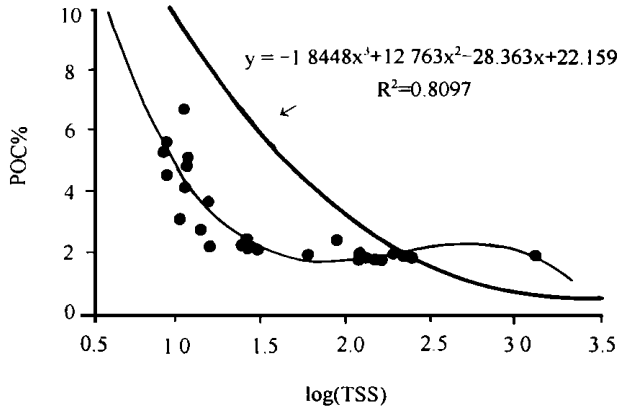


图 4 西江水体悬浮物浓度与有机碳质量分数之间的关系

Fig. 4 The relationship between the content of TSS and the quality partition of organic carbon in TSS

在土壤侵蚀强度方面, 季风气候典型的西江流域与其他非季风流域也存在很大差别, 西江流域的土壤侵蚀模数大于非季风流域, 如广东德庆的花岗岩丘陵的侵蚀模数高达 $21.50 \times 10^3 \text{ t/km}^2 \cdot \text{yr}$ ^[18], 而全球外流域的平均侵蚀模数仅为 $0.13 \times 10^3 \text{ t/km}^2 \cdot \text{yr}$ ^[19]。

径流中颗粒有机碳的组成和来源的差别是造成图 4 中两条拟合曲线偏离的主要原因。

3.5 有机碳侵蚀通量 and 对比

西江流域径流的年内变化受降水的控制, 其中汛期降水量集中, 径流量所占比例也大。据估计, 西江流域夏、秋、冬、春 4 个季节径流占全年径流总量的百分比分别为 42%~57%、18%~25%、6%~9%、16%~30%^[10]。据此计算出西江流域的有机碳侵蚀通量为:

溶解有机碳侵蚀通量 (F_{DOC}):

$$1.88 \times 10^6 \text{ gC/km}^2 \cdot \text{yr.}$$

颗粒有机碳侵蚀通量 (F_{POC}):

$$8.30 \times 10^6 \text{ gC/km}^2 \cdot \text{yr.}$$

总有机碳侵蚀通量 ($F_{\text{DOC+POC}}$):

$$10.18 \times 10^6 \text{ gC/km}^2 \cdot \text{yr.}$$

流域是一个复杂的自然—经济系统, 流域的侵蚀特征受控于多种自然环境因子和人类经济活动因子。自然因子包括流域面积、年降水量、径流深度、地形起伏程度、土壤层厚度、年平均温度, 以及植被覆盖度等; 人类经济因素包括人口密度、农业开发历史、农业生产类型、农业生产水平、土地垦殖系数等^[15]。与全球其他流域的有机碳侵蚀通量进行对比可知(表 3), 西江流域的颗粒有机碳侵蚀通量大于溶解有机碳侵蚀通量。这与西江流域典型的季风气候、多山地丘陵的地貌特征、长期的农业开发历史有关。

与西江流域的有机碳侵蚀特征类似的地区, 还有

表 3 西江流域与其他流域的有机碳侵蚀通量的对比 ($\times 10^6 \text{ gC/km}^2 \cdot \text{yr.}$)

Table 3 Comparison of the organic carbon weathering fluxes between Xijiang River drainage area and others

流域名称 (面积 $\times 103 \text{ km}^2$)	流域气候性质	F_{DOC}	F_{POC}	$F_{\text{DOC+POC}}$	$F_{\text{DOC}}/F_{\text{DOC+POC}}$	POC/%	资料来源
亚马逊河(5930)		4.46	2.83	7.29	1.65	6.09	[6]
扎伊尔河(3704)		2.47	0.68	3.15	3.63	7.00	[15]
巴拉那河(2860)		1.43	0.28	1.71	5.10	2.64	[21]
马更些河(1615)	非季风气候区	0.84	0.86	1.70	0.98	2.95	[21]
圣劳伦斯河(1112)		1.63	0.33	1.96	4.94	5.98	[21]
育空河(843)		0.95	0.31	1.26	3.06	0.32	[21]
莱茵河(156)		1.01	0.58	1.59	1.74	5.60	[15]
长江(1817)		5.69	6.14	11.83	0.89	2.52	[15]
恒河—普拉马普特拉河(1648)		2.22	5.22	7.44	0.43	/	[15]
拉河(1648)	季风气候区						
印度河(912)		2.93	1.79	4.72	1.64	0.46	[15]
黄河(823)		0.48	14.68	15.16	0.03	0.70	[16]
西江(353)		1.88	8.30	10.18	0.23	2.21	本文
全球外流域平均状况		2.04	1.65	3.69	1.24	/	[15]

亚洲东部、南部季风区的一些流域,如长江流域、黄河流域、恒河—普拉马普特拉河流域等(表3)。亚洲东部、南部季风区是全球主要的产沙区,河川径流的泥沙输送量占全球的70%以上^[19]。表3中位于南亚季风气候区的印度河流域的颗粒有机碳侵蚀通量明显减小,而溶解有机碳显著增加,这与该河中下游地区的冲积平原和各种人工蓄水设施对侵蚀颗粒物质的拦蓄作用有关,被暂时拦蓄的颗粒物质,经过沉积作用和矿化作用,当再次受蚀搬运时就释放出大量的溶解性物质^[20]。

4 结论

河川径流对陆地生物量侵蚀产物的搬运构成全球碳的生物地球化学循环的一个重要环节。径流有机碳的侵蚀通量与流域自然环境的性质密切相关,包括流域的地势起伏、气候特点、植被覆盖率等,与流域内经济活动尤其是农业活动的方式和强度也存在着很大关系。

西江流域的有机碳侵蚀通量以颗粒有机碳为主,达 $8.30 \times 10^6 \text{ gC/km}^2 \cdot \text{yr}$.;而溶解有机碳的侵蚀通量为 $1.88 \times 10^6 \text{ gC/km}^2 \cdot \text{yr}$.,溶解有机碳侵蚀通量与颗粒有机碳侵蚀通量的比值为0.23,反映了流域内机械剥蚀强度远大于化学侵蚀强度,这一特征与西江流域典型的季风气候所造成的较强的降水变率有关,与处在高原的边缘、多山地丘陵的地貌特征,以及强度较大的土地利用方式有关。

致谢: 本研究得到傅家谟院士和盛国英研究员的关心和支持。邢长平、陈庆强、姚东良和杨英等同学先后参加了野外工作,雷剑泉研究员、梁禹女士协助DOC分析,李志安博士、吕冬梅女士协助POC分析,张干博士给予多方面的帮助。谨致谢忱。

参 考 文 献

- Ciais P. Restless carbon pools[J]. *Nature*, 1999, 389: 111~112
- Joos F, Plattner G, Stocker T F et al. Global warming and marine carbon cycle feedbacks on future atmospheric CO₂[J]. *Science*, 1999, 284: 464~467
- Degebs E T, Kempe S, Spitey A. Carbon dioxide: A biogeochemical portrait[A]. In: Hutzinger C O. ed. *The Handbook of Environmental Chemistry*, vol. I[C]. Berlin: Springer-Verlag, 1984. P127~215
- Meybeck M. Carbon, nitrogen and phosphorus transport by world rivers[J]. *Am. J. Sci.*, 1982, 282(4): 401~450
- Mantoura R F, Woodward E M. Conservative behavior of riverine dissolved organic carbon in the Severn Estuary: Chemical and geochemical implications[J]. *Geochim Cosmochim. Acta*, 1983, 47(7): 1293~1309
- Richey J E, Hedge J L, Devol A H, et al. Biogeochemistry of carbon in the Amazon River[J]. *Limnol Oceanogr*, 1990, 32(5): 352~371
- Deptris P J, Kempe S. Carbon dynamics and sources in the Parana River[J]. *Limnol. Oceanogr.*, 1993, 38(2): 382~395
- Ittekkot V. Global trends in the nature of organic matter in river suspensions[J]. *Nature*, 1988, 332: 436~438
- Schlesinger W H, Melack J M. Transport of organic carbon in the world's rivers[J]. *Tellus*, 1981, 33(2): 172~187
- 珠江志编纂委员会. 珠江志. 第一卷. 广州: 广东科技出版社, 1991. 150
- 高全洲, 沈承德, 孙彦敏等. 珠江马口站、河口站断面水体有机碳含量的季节变化[J]. *地球化学*, 1999, 28(3): 273~280
- 李酉开. 土壤有机质的测定[A]. 见: 中国土壤学会农业化学委员会编. *土壤农业化学常规分析方法*[C]. 北京: 科学出版社, 1984. 67~75
- White A F, Blum A E. Effects of climate on chemical weathering in watersheds[J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1995, 59: 1729~1747
- Stallard R F, Edmond J M. Geochemistry of the Amazon; 2. The influence of the geology and weathering environment on the load[J]. *J. Geophys. Res.*, 1983, 88: 9671~9688
- Ludwig W, Probst J, Kempe S. Predicting the oceanic input of organic carbon by continental erosion[J]. *Global Biogeochemistry Cycle*, 1996, 10(1): 23~41
- Zhang S, Gan W B, Ittekkot V. Organic matter in large turbid rivers: Huanghe and its estuary[J]. *Marine Chemistry*, 1992, 38(1/2): 53~68
- 陶澍, 梁涛, 徐尚平等. 伊春河河水溶解态有机碳含量和输出通量的时空变化[J]. *地理学报*, 1997, 52(3): 254~261.
- 张经纬, 姚清尹, 李焕珊等. 华南坡地研究[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 321
- Milliman J D, Meade R H. World-wide delivery of river sediment to the oceans[J]. *J. Geol.*, 1983, 91(1): 1~21
- Ittekkot V, Arain R. Nature of particulate organic matter in the river Indus, Pakistan[J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1986, 50: 1643~1653
- Telang S A, Pocklington R, Nadi A S, et al. Carbon and mineral transport in major North American, Russian Arctic and Siberian rivers: The St. Lawrence, the Mackenzie, the Yukon, the Arctic-Alaskan rivers, the Arctic basin rivers in the Soviet Union, and the Yenisei. In: Degens E T, Kempe S, Richey J E, eds. *Biogeochemistry of Major World Rivers*. SCOPE Rep. 42[R]. New York: John Wiley, 1991. 75~104

The Organic Carbon Weathering Fluxes in Xijiang River Basinage

GAO Quan-zhou¹ SHEN Cheng-de² SUN Yan-min² YI Wei-xi²

¹ (Department of Geography, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

² (Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences Guangzhou 510640)

Abstract

Riverine water samples were collected from the lower reach hydrometric station of Xijiang River, namely Makou, in four hydrological seasons. The samples were analyzed of their organic carbon. The analysis results demonstrated that the distribution of organic carbon, including particulate organic carbon (POC) and dissolved organic carbon (DOC), is fairly suitable in the sampling section in every season. The contents of organic carbon and total suspended substance (TSS) in riverine water body varied seasonally with the discharge in a positive pattern. With the content of total suspended substances increasing, the quality partition of organic carbon in TSS decreased in a logarithm tendency. The weathering flux of organic carbon in Xijiang River drainage area is about $10.18 \times 10^6 \text{gC/km}^2 \cdot \text{yr}$., which is two to three times in quantity of the average value in the global external drainage area. The POC is the main constitute of the riverine organic carbon, which weathering flux is about $8.30 \times 10^6 \text{gC/km}^2 \cdot \text{yr}$. The weathering flux of dissolved organic carbon is about $1.88 \times 10^6 \text{gC/km}^2 \cdot \text{yr}$. The mechanical erosion is very intense in this drainage area, which is considered to be related to the typical monsoon climate and to the comparatively great undulation of the landforms in this drainage basin. The long history and fairly intense utility of the land for agriculture use are all responsible for the serious soil erosion in this area.

Key words biogeochemical cycle riverine runoff content of organic carbon weathering flux Xijiang River drainage basin