

三岔河流域水文特征与化学风化碳汇效应

焦树林¹, 刘 丽¹, 孙 婷¹, 田青英¹, 丁 蓉², 向 尚¹, 叶 猛¹

(1. 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵阳 550001;

2. 六盘水市水文水资源局, 六盘水 553000)

摘要: 在喀斯特地区的流域产汇流过程中, 由于富含碳酸的水体对可溶岩的溶蚀作用, 导致河流断面输出大量溶解无机碳 (DIC), 反映了流域化学风化消耗大气 CO_2 的强度, 与流域水文过程密切相关。为了正确估算流域水文过程中化学径流及其碳汇效应, 解析水文特征对流域地表过程中碳的生物地球化学行为的影响规律, 以喀斯特地貌广布的三岔河流域三个水文站断面为例, 研究了河源区河流水文特征与碳汇效应。结果表明: 处于亚热带湿热环境下的喀斯特流域在观测水文年内, 碳汇强度远大于非喀斯特的花岗岩流域且具有显著的季节变化, 绝大部分的碳汇发生在高温多雨的6-11月。相关分析表明, 流域碳汇强度与流域气温、降水和径流量呈显著的正相关关系; 流域碳汇强度与河流总溶解固体物 (TDS) 浓度、DIC浓度呈显著的负相关关系。丰水期径流对河流TDS和DIC有明显的稀释效应。流域碳汇强度主要决定于河流TDS和DIC输出载荷而非河流TDS和DIC的浓度, 与流域水文特征密切相关。

关键词: 三岔河流域; 水文特征; 化学风化; 碳汇; 乌江源区

1 引言

河流碳循环过程联结着全球三大活动碳库 (大气、陆地生态系统和海洋)。随着全球变化与碳循环研究的深入, 碳循环中的两大科学问题——大气碳的“失汇”^[1]和海洋中大陆碳的“失踪”^[2]正在成为全球碳循环研究的热点。一方面, 河流断面水体输出的溶解物质中含有的DIC反映了流域化学风化过程对空气中 CO_2 的消减规律^[3], 有助于对流域碳流失机理的理解, 为综合治理流域提供科学依据; 另一方面, 河流作为陆地生态系统输往海洋或湖泊的碳输送管道, 由于河流DIC的生物地球化学行为而发生碳的迁移转化, 使得河流碳性质和通量随水文过程而不断变化, 仅仅根据河口断面碳的相关信息难以准确反映流域面上化学风化过程中的碳汇机理。因此, 研究河源区的水文过程及其碳源汇机制是解析碳循环学术问题的基础。

针对不同区域的流域化学风化过程及其碳源、汇机制, 已展开了大量相关研究^[4-12], 为中国实施碳减排、减缓碳风险提供理论指导。但这些工作大都集中在入海河流的河口断面^[6-12], 对河流源头区域^[4,5]风化碳汇的相关研究尚较少, 缺少河源区风化碳汇与水文过程的相关成果。本研究以河源区的乌江三岔河干流为例, 通过实测水文年内向阳、阳长和龙场桥断面河道水体理化参数与流域水文过程的相关分析, 揭示流域风化及其碳汇效应与河

收稿日期: 2012-08-15; 修订日期: 2013-03-25

基金项目: 贵州省高层次人才特助基金项目 (TZJF[2009]25); 国家自然科学基金项目 (41263011); 教育部科学技术研究重点项目 (210201); 贵州省科学技术基金项目 (黔科合计省合[2012]7005)

作者简介: 焦树林 (1969-), 男, 汉族, 湖南邵阳人, 副教授, 主要研究方向为流域地表过程和环境变化。

E-mail: jiaoshulin@gznu.edu.cn

流水文过程的作用机制，为研究喀斯特湿热地区河流过程中碳的输移机制、解析上述地球系统碳循环的科学问题提供基础资料。

2 研究区概况

作为长江重要支流乌江的正源，三岔河流域位于104°18'-106°18'E、26°10'-27°00'N之间，为亚热带季风性湿润气候区。阳长水文站是乌江源三岔河中上游的省级重要水文站，流域面积为2696 km²。阳长水文站上游的向阳水文站和下游的龙场桥水文站流域面积分别为850 km²和4237 km²（图1）。根据1:20万贵州省水文地质图^[13]，流域岩层赋水特征主要为碳酸盐岩岩溶水，间有玄武岩和砂页岩裂隙水。流域地貌表现为岩溶地貌发育演化的早、中期特征，地面破碎、切割剧烈，峰丛洼地和落水洞广泛发育。有约55%的龙场桥流域面积为喀斯特岩溶水的赋存区，其径流区域岩溶水的理化特征明显。为了揭示三岔河流域水文过程中化学风化碳汇与水文特征之间的相关规律，对上述三断面河流水体理化参数及相关水文特征进行了一个水文年的观测研究工作。



图1 三岔河流域水系及观测断面示意图
Fig. 1 The sampling site and the drainage system characteristics of the Sanchahe River Basin

3 研究方法

3.1 断面水样的采集与观测

从2010年5月3日-2011年5月4日每月野外采样一次。水样实测前，先过滤（0.45 μm 孔径），再用美国麦隆公司生产的6P仪现场测定pH值、氧化还原电位(ORP)、水温、电导率(Cond)和总溶解固体物(TDS)。水体总碱度以甲基橙为指示剂、用0.05 mol·L⁻¹的稀盐酸溶液滴定。取两瓶500 ml过滤的水溶液，分别用于测量主要阴阳离子浓度，其中加入3滴稀硝酸溶液的水样用于测定阳离子浓度，同时观测并记录水文站的水位。

3.2 数据来源与分析方法

降水与流量资料来源于气象和水利部门公布的数据，根据水利部门发布的水文站流量和水位数据（每天早上8:00观测值），分析拟合确定各站断面的水位与流量关系曲线。由实测水位，计算采样时该断面流量，其他时段采用水文站公布的每天8:00的流量数据。根据水体Cond、TDS、ORP、pH值、温度以及实测水样阴、阳离子浓度等水体理化数据，对实测水样的Cond和TDS进行校对并确定TDS的量。根据水体pH值、水温和总碱度，根据文献^[14]方法计算水体DIC的浓度。在喀斯特地区，约80%以上的河流DIC来源于喀斯特过程中碳酸盐岩的化学溶蚀^[15,16]。而本次实测Ca²⁺、Mg²⁺浓度与碱度之比的平均值约为0.49，估算约98%的HCO₃⁻来源于碳酸盐岩的溶蚀作用，依此计算流域风化过程消耗

大气CO₂量。根据河流元素通量公式计算河流断面每个月TDS和DIC的输出量及其各个季节均值并根据流域面积计算其输出模数(图2、图3)。

4 结果分析

处在云南高原向贵州高原过渡地带的乌江源区三岔河流域, 位于亚热带季风性湿润气候区, 喀斯特地貌广泛发育, 径流主要来源于降水。以阳长水文站断面为例, 实测水文年内总径流量约为8.5亿m³, 河流水文过程具有显著的季节变化规律, 约95.4%的降水和径流发生在6-11月。断面TDS和DIC的输出量分别约为27万t和2.2万t, 约93%的TDS质和92%的DIC侵蚀输出发生在高温多雨的6-11月份(图2、图3)。按照面积2696 km²计算, 阳长流域单位面积化学径流强度约为1×10⁸g.km⁻².a⁻¹, 河流DIC的侵蚀强度约为8×10⁶g.km⁻².a⁻¹, 年大气碳汇量约为1.1万t, 其碳汇强度约为4.26×10⁶g.km⁻².a⁻¹。其碳汇强度远大于非喀斯特花岗岩流域龙牙沟^[11]。

5 讨论

5.1 流域降水径流过程与TDS、DIC浓度的季节变化

乌江源区三岔河流域地处云南高原向贵州高原过渡的乌蒙山区, 喀斯特地貌广泛发育。区域为亚热带季风性湿润气候, 根据六盘水市的六枝、盘县和水城3个气象站近50年的气象资料分析, 年平均气温在13-15℃之间, 多年平均降水量为1352 mm, 降水年际变化较大, 历年最大降雨量为1864.9 mm、最小为999.6 mm。一般5月中下旬开始进入雨季, 雨季中的6-9月降雨量约占全年降水量的71-88%^[17]。2010-2011年的降水属正常稍偏枯年份。从阳长站径流过程线来看, 全年的径流量主要发生在6-10月。

从图3可以发现, 断面的流量随季节变化非常显著, 而TDS和DIC的浓度随季节的变化较小, 其TDS和DIC浓度呈显著的正相关关系且具有明显的季节变化。TDS和DIC的浓度的季节变化表现为: 3-5月>12-2月>9-11月>6-8月, 与流量呈显著的负相关(图2)。这说明在枯水季节, 河流水体来源于喀斯特地下的裂隙流, 富含大量的溶解碳酸盐岩, 使得水体的电导率和TDS浓度较大; 相反, 雨季降水多、径流量大, 随着河流水体中主要来

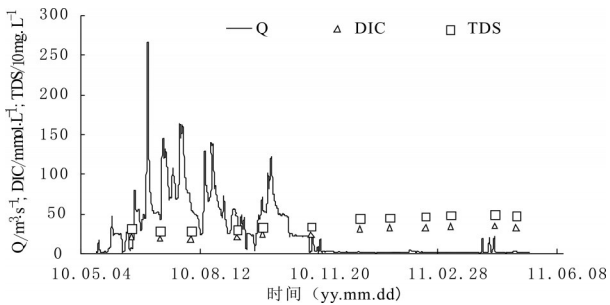


图2 2010年5月至2011年5月三岔河流域阳长水文站断面水文过程与实测水体TDS及DIC浓度

Fig. 2 The variational concentration of the total dissolved solids(TDS) and the riverine dissolved inorganic carbon(DIC) with the hydrological discharges from May 2010 to May 2011 in the Yangchang hydrological stations in Sanchahe river drainage basins

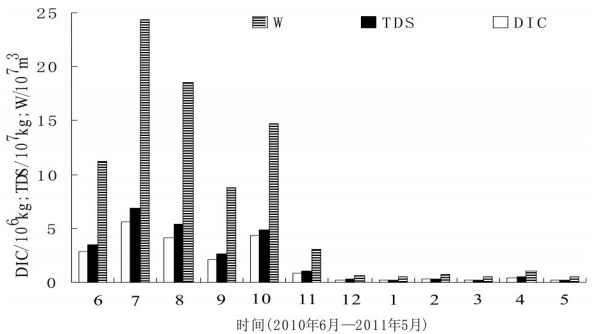


图3 2010年6月-2011年5月阳长断面的月平均径流量(W)、总溶解固体物(TDS)和溶解无机碳(DIC)的输出通量

Fig. 3 The menstrual averaged fluxes of the runoff(W),total dissolved solids(TDS) and dissolved inorganic carbon(DIC) in the Yangchang hydrological station during June 2010 to May 2011

源于地表和地下管道快速流的比例增大, 稀释高浓度的裂隙岩溶水, 使得雨季 6-11 月河流水体 TDS 和 DIC 的浓度稍小。但是高温多雨加速岩溶作用为主的化学风化, 弱化了雨季降雨径流的冲淡稀释效应, 使得河流 TDS 和 DIC 的浓度并没有变得很小。

进一步分析可知, 尽管显著的季节性降雨径流致使 TDS 和 DIC 的浓度随径流的冲淡稀释效应而使得 TDS 浓度与温度和降水呈现出负相关关系 (图 4), 出现丰水期的 TDS 浓度比枯水期稍小 (图 2、图 4), 但相比径流的巨大变化, TDS 浓度仅有不到 40% 的减少量, 其中 DIC 的浓度在雨季径流的冲淡稀释效应比 TDS 更弱。这表明, 高温多雨的耦合加强了流域的岩溶作用, 使得化学反应速度加快, 溶解更多的可溶岩, 使得 TDS 和 DIC 的浓度并没有随着径流量的加大而急剧变小。另外, 雨季的温度较高, 十分有利于有机质的分解, 从而释放大量的 CO_2 和有机酸, 也加剧了流域溶蚀作用, 所以, 流域 TDS 浓度与降水和温度呈显著的负相关关系, 其浓度随降水和温度的升高呈现出降低的趋势 (图 4)。

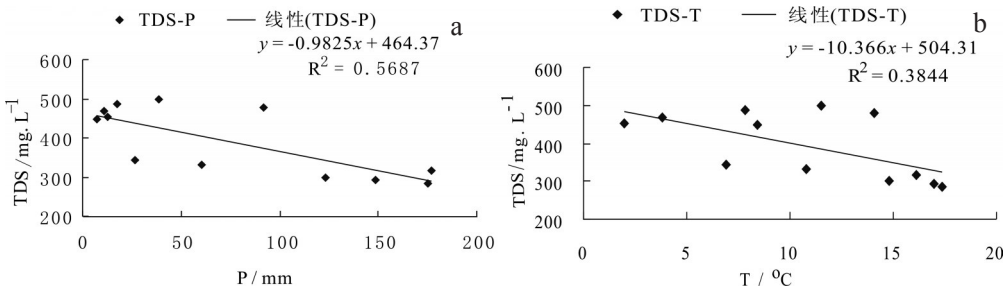


图 4 流域月平均降水量、气温与河道水体中总溶解物质 (TDS) 浓度的数量关系

Fig. 4 The quantitative relationship between total dissolved solids (TDS) concentration and its monthly average precipitation (P) as well as its monthly average temperature(T)

5.2 流域化学风化量与气温、降水径流等水文条件的季节变化

化学风化的强度通常用相同时间内单位流域面积的 TDS 和 DIC 的输出通量来表示。对于同一流域来说, 化学风化强度的季节变化可以用各个月或季节的 TDS 和 DIC 的输出通量来表示。从流域各个季节和各个月的化学风化通量 (FTDS) 来看 (图 3), 阳长流域的侵蚀强度具有显著的季节变化。与 TDS 和 DIC 浓度的季节变化不同, TDS 和 DIC 的输出通量表现为: 6-8 月 > 9-11 月 > 3-5 月 > 12-2 月 (图 3)。

首先, 从各月的 TDS 通量与各相应月份的降水量和气温的模拟关系可以看出 (图 5), 各个月份的化学风化量随月降水和大气温度的升高而显著增加, TDS 和 DIC 的输出通量与降水量和大气温度呈显著的正相关关系 (图 5)。

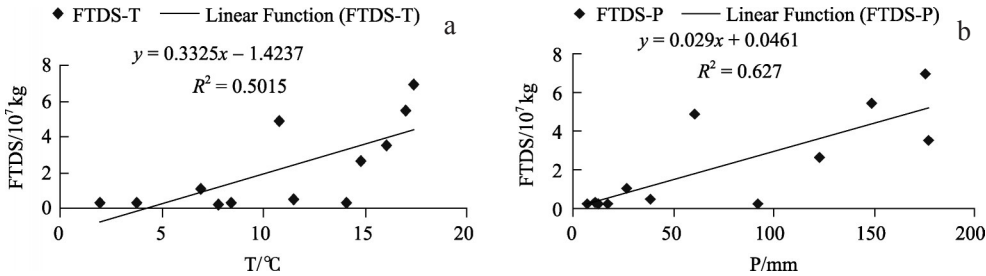


图 5 总溶解物质输出通量(FTDS)与流域月平均气温(T)和降水量(P)的数量关系

Fig. 5 The quantitative relationship between total dissolved solids fluxes(FTDS) and its monthly average temperature(T) as well as its monthly average precipitation(P)

其次, 对比浓度的变化规律, TDS和DIC的输出通量随温度和降水的增大幅度明显大于其浓度的变大幅度。这说明, 高温多雨的气候条件, 使得流域侵蚀强度在雨季显著大于枯水季节。进一步分析认为, 雨热同期的亚热带季风气候十分有利于岩溶作用的加强而大大促进了喀斯特流域的化学风化进程, 使得岩溶地区化学风化呈现出异常显著的季节变化规律。

5.3 流域水文过程与化学风化产物 (TDS、DIC) 的来源

在喀斯特流域产汇流过程中, 产生强烈的化学风化, 大量的可溶岩溶解于水体, 使得河道水体中具有较高的TDS和DIC浓度。流域化学风化通量及输出过程与流域岩组性质、地貌条件、覆被状况、土地利用等下垫面状况和气候条件密切相关, 其风化输出信息对于研究水土流失机制和防治水土流失具有重要意义。

河流断面水体TDS的量是流域化学风化强度的主要标志, 反映流域径流过程河流水体携带溶解物质的能力。与非喀斯特流域相比, 在喀斯特地区流域化学风化主要表现在富含碳酸的水体对可溶岩的溶蚀作用, 其强度往往很大。通过计算, 三岔河流域喀斯特水比重较大, DIC的量平均约占到TDS的8.4% (图3), 而根据珠海龙牙沟流域资料^[8], 其DIC约占TDS总量的2.1%, 该比例约是花岗岩龙牙沟流域的4倍。说明喀斯特流域的化学风化主要表现为碳酸盐岩的溶蚀作用, 其不但化学风化强度大而且DIC的输出比率大, 特别在枯水季节, 来源于流域碳酸盐岩溶蚀作用强烈的喀斯特赋水岩层的比例加大, 其DIC的平均含量高达 $3.264 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

5.4 流域风化碳汇 (ACS) 与侵蚀强度TDS、DIC通量的关系

流域的化学风化使得河川径流携带DIC, 最终在海洋沉积成岩的过程中, 吸收大气 CO_2 而产生大气碳汇。无论是硅酸盐类岩石为主的流域化学风化碳汇还是喀斯特地区的碳酸盐岩流域的化学风化碳汇, 上述两个过程都消耗了大气中 CO_2 , 进而减缓温室效应, 调控全球气温^[18-21]。与非喀斯特流域相比, 喀斯特流域的风化碳汇及其化学侵蚀强度约高出一个数量级。甚至有学者认为, 即便是硅酸盐岩化学风化的长久碳汇中, 其少量碳酸盐岩的溶解作用起了非常重要的贡献^[20]。因而, 流域化学风化碳汇的研究中, 最主要的工作就是要正确估算因碳酸盐岩溶解而产生的化学风化碳汇。在喀斯特地区显得尤为重要, 其碳汇量的估算必须充分考虑流域化学风化强度和喀斯特水文情势的相关性。

从前面分析可知, 由于喀斯特作用, 河流断面水体TDS浓度与DIC浓度具有显著的正相关性。对每个月的TDS与DIC的通量定量分析表明, 研究实测期间, 流域TDS与DIC的通量也同样具有显著的线性正相关关系 (图6)。同样的分析表明, TDS与ACS的通量也具有显著的线性正相关关系, 其拟合 R^2 达到0.995 (图6), 这表明利用TDS的通量或DIC通量来估算流域风化碳汇十分可信。这对于结合水文情势, 利用侵蚀强度来估算流域碳汇提供了很有价值的指导意义。

5.5 三岔河流域风化强度的时空变化

于同期对三岔河干流上的阳长水文站上游的向阳水文站、下游的龙场桥水文站断面进行了时空对比研究, 分析了干流上、下游流域化学风化强度与水文过程的关系。

在雨季, 阳长站的DIC浓度略较其上、下游的向阳和龙场桥断面要低, 而其TDS浓度却略高于其上游的向阳断面和下游的龙场桥。而在枯季, 尤其是在雨季开始前期, 阳长断面的DIC浓度略高于其上、下游的向阳和龙场桥站, 但TDS浓度却介于其上、下游的向阳和龙场桥之间, 高于向阳站而低于下游龙场桥站 (图7)。这是由于: 一方面, 受到河

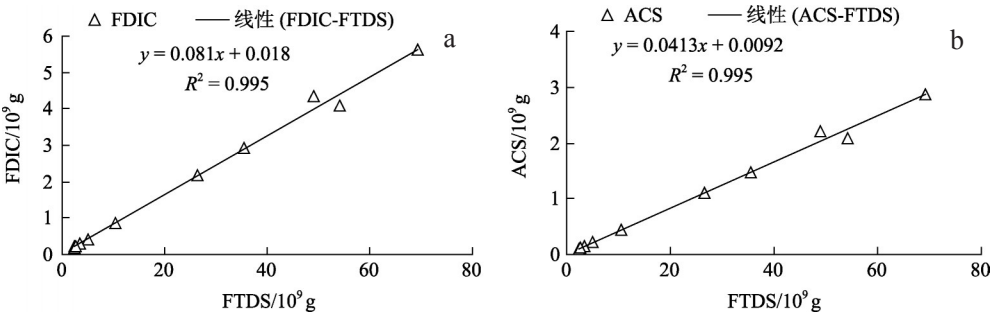


图6 各个月内总溶解物质输出量(FTDS)与溶解无机碳输出量(FDIC)和大气碳汇量(ACS)的数量关系
Fig. 6 The quantitative relationship between the monthly fluxes of the total dissolved solids (FTDS) and its dissolved inorganic carbon (FDIC) as well as its atmospherical carbon sink (ACS)

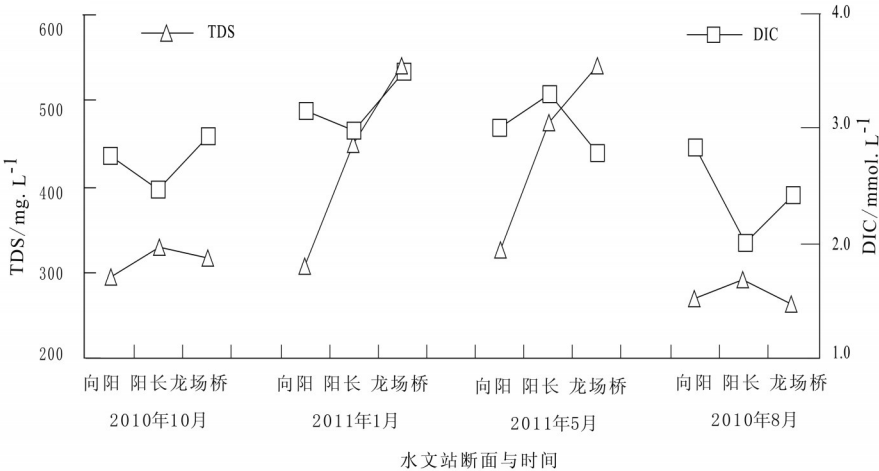


图7 三岔河干流向阳、阳长和龙场桥三个断面不同季节实测水体TDS和DIC浓度
Fig. 7 The in site concentrations of the total dissolved solids and dissolved inorganic carbon on the riverine water of the Sanchahe River mainstream in the sections of the Xiangyang, Yangchang, as well as Longchangqiao Station in different seasons

道水体的水动力条件的影响,大比降、高流速的阳长河道水体有利于水—气界面CO₂的排放从而导致碳酸钙的河床沉淀,使得阳长断面的DIC浓度低于上游喀斯特溶丘高原为主的向阳断面和下游深切河谷河段的龙场桥断面;另一方面,受河流水文情势的影响,枯水季节TDS和DIC的浓缩效应以及丰水季节流域产汇流的稀释效应和水动力作用,同样对河流TDS和DIC产生重要影响。

因此,在研究流域化学风化碳汇的相关规律时,要想保证计算结果的客观可信,应充分考虑水文条件,按照各个水文时段分别计算化学风化碳汇量。

6 结论

受流域水文特征和下垫面条件的影响,流域化学风化及其碳汇规律非常复杂。通过对乌江河源区三岔河干流阳长站断面及其上游向阳站和下游龙场桥站的实测研究,流域化学风化及其碳汇效应受岩溶水文过程的影响,主要表现为:

(1) 处于季风性湿热环境下的源头流域, 流域化学风化及其碳汇强度受流域的水文、水化学特征的影响, 具有显著的季节变化, 其碳汇强度远远大于非喀斯特流域。

(2) 流域产汇流条件对三岔河干流上、中、下游的向阳、阳长、龙场桥断面的河流 TDS 河 DIC 浓度具有显著的影响。河流 TDS 浓度枯季大于雨季; 处于中游的阳长断面河流 TDS 浓度雨季介于上、下游之间而枯季大于上、下游。

(3) 由于温度、降水和径流量对喀斯特作用及河流 TDS 和 DIC 浓度的影响, 三岔河流域化学风化和碳汇强度与 TDS 和 DIC 浓度呈负相关, 而与温度、降水和径流量呈正相关。其碳汇强度较大的季节发生在 DIC 浓度较小的高温多雨的夏季。

参考文献 (References)

- [1] Schindler D W. Carbon cycling: The mysterious missing sink. *Nature*, 1999, 398: 105-107.
- [2] Hedges J, Keil R, Benner R. What happens to terrestrial organic matter in the ocean? *Org. Geochem.*, 1997, 27: 195-212.
- [3] Suchet P A, Probst J L, Ludwig W. Worldwide distribution of continental rock lithology: Implications for the atmospheric/soil CO_2 uptake by continental weathering and alkalinity river transport to the oceans. *Global Biogeochemistry Cycles*, 2003, 17: 1-13.
- [4] 焦树林, 梁虹, 丁蓉. 乌江源区白泥河流域化学风化过程及其碳汇效应研究. *科技导报*, 2012, 30(28-29): 89-93.
- [5] 焦树林, 罗福家, 梁虹, 等. 乌江源区阳长流域化学侵蚀作用的碳汇效应. *水土保持学报*, 2012, 26(5): 44-47.
- [6] 李晶莹, 张经. 黄河流域化学风化作用与大气 CO_2 的消耗. *海洋地质与第四纪地质*, 2003, 23(2): 43-49.
- [7] Xu Z, Liu C. Chemical weathering in the upper reaches of Xijiang River draining the Yunnan-Guizhou Plateau, Southwest China. *Chemical Geology*, 2007, 239: 83-95.
- [8] 吴卫华, 杨杰东, 徐士进. 青藏高原化学风化和对大气 CO_2 的消耗通量. *地质论评*, 2007, 53(4): 515-528.
- [9] Chetelat B, Liu C, Zhao Z et al. Geochemistry of the dissolved load of the Changjiang Basin rivers: Anthropogenic impacts and chemical weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2008, 72(17): 4254-4277.
- [10] Gao Q, Tao Z, Huang X et al. Chemical weathering and CO_2 consumption in the Xijiang River basin, South China. *Geomorphology*, 2009, 106: 324-332.
- [11] 高全洲, 陶贞. 华南滨海花岗岩丘陵的化学风化与化学径流. *中国科学(地球科学)*, 2010, 40(6): 758-767.
- [12] Tao Z, Gao Q, Wang Z et al. Estimation of carbon sinks in chemical weathering in a humid subtropical mountainous basin. *Chinese Science Bulletin*, 2011, 56(35): 3774-3782.
- [13] 韩至钧, 金占省. 贵州省水文地质志. 北京:地震出版社, 1996. 507.
- [14] 焦树林, 梁虹, 刘昆. 枯季乌江河流“呼吸”作用及其性质探讨. *长江流域资源与环境*, 2008, 17(1): 158-163.
- [15] Han G, Liu C. Water geochemistry controlled by carbonate dissolution: A study of the river waters draining karst-dominated terrain, Guizhou Province, China. *Chemical Geology*, 2004, 204: 1-21.
- [16] Han G, Tang Y, Xu Z. Fluvial geochemistry of rivers draining karst terrain in Southwest China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2010, 38(1-2): 65-75.
- [17] 张艳梅, 陈海涛, 黄太林, 等. 近 50 年六盘水市雨季降水特征分析. *安徽农业科学*, 2011, (15): 9072, 9114.
- [18] Walker J C G, Hays P B, Kasting J F A. A negative feedback mechanism for the long term stabilisation of Earth's surface temperature. *Journal of Geophysical Research*, 1981, 86: 9776-9782.
- [19] Berner R A, Lassaaga A C, Garrels R M. The carbonate silicate geochemical cycle and its effect on atmospheric carbon dioxide over the past 100 million years. *American Journal of Science*, 1983, 284: 1183-1192.
- [20] Liu Zaihua, Dreybrodt W, Liu H. Atmospheric CO_2 sink: Silicate weathering or carbonate weathering? *Applied Geochemistry*, 2011, 26(S1): 292-294.
- [21] Liu Z, Dreybrodt W, Wang H. A new direction in effective accounting for the atmospheric CO_2 budget: Considering the combined action of carbonate dissolution, the global water cycle and photosynthetic uptake of DIC by aquatic organisms. *Earth-Science Reviews*, 2010, 99: 162-172.

Hydrological characteristics and the atmospheric carbon sink in the chemical weathering processes of the Sanchahe watershed

JIAO Shulin¹, LIU Li¹, SUN Ting¹, TIAN Qingying¹, DING Rong², XIANG Shang¹, YE Meng¹

(1. School of Geography and Environmental Science, Guizhou Normal University; Guiyang 550001, China;

2. Liupanshui Hydrographic and Water Resources Survey Bureau; Liupanshui 553000, Guiyang, China)

Abstract: In a karstic drainage basin, the fluxes of the riverine dissolved inorganic carbon (DIC) implied the atmospheric CO₂ consumption in the chemical weathering processes because of carbonate karst dissolution for the carbonic acid water closely related to the hydrological processes. In order to calculate the atmospheric carbon sink (ACS) on the riverine chemical runoff of the weathering processes and to understand the effects of the hydrologic processes on the carbon biogeochemical behaviors in the land surface processes, by the correlation analysis on the hydrological characteristics and its ACS, an investigation was carried out with a case study of the three hydrological cross-sections of the Sanchahe Watershed source area in which the karst landforms were widely developed. The results revealed that: (1) the intensity of annual atmospheric carbon sinks in chemical weathering processes of the Sanchahe Watershed was far greater than those of the non-karst granite basins because of the hot-humid environment of the subtropical karst basin during the studied hydrological year, in which the greatest part of the flux of the ACS occurred from June to November of the high-temperature and rainy monsoon with striking seasonal variation; (2) The correlation analysis demonstrated that there were distinct positive correlations between the basin ACS strength and basin temperature, precipitation, and runoff, while there was striking negative correlation between the basin ACS strength and riverine total dissolved solids concentration (TDS); (3) The variation of the DIC concentration indicated a significant dilution effect because of the high flow in the humid runoff period. The watershed ACS strength, which was closely related to the hydrological characteristics of a watershed, depended mainly on the TDS and DIC output loads instead of their concentrations.

Key words: Sanchahe Watershed; hydrologic characteristics; chemical weathering; atmospheric carbon sink (ACS); Wujiang River source area