

DOI: CNKI 32 1309 P 20110709 1622 016

三峡水库香溪河支流水域温室气体排放通量观测

赵 炎, 曾 源, 吴炳方, 王 强, 袁 超, 许志榕

(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

摘要: 开展对香溪河支流水体的温室气体排放观测, 有助于增加对三峡水库支流温室气体排放情况的了解以及水华对温室气体排放的影响。研究采用静态箱-气相色谱法, 于 2009 年 10 月至 2010 年 10 月先后 11 次开展对香溪河支流水体 3 种温室气体(二氧化碳、甲烷、氧化亚氮)排放强度的观测, 结果表明: 观测期间香溪河支流的二氧化碳平均排放通量约为 $76.52 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 排放强度与水体中叶绿素 a 浓度呈显著负相关, 支流水华期间, 二氧化碳排放通量小于 0, 表现为对大气中二氧化碳的吸收; 支流甲烷平均排放通量约为 $0.2449 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$; 氧化亚氮平均排放水平约为 $0.0117 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。通过将甲烷平均排放水平与三峡水库其它区域开展的研究结果进行对比表明: 三峡水库的甲烷排放水平很低, 明显不同于已有基于国外水库平均排放水平对三峡水库全区甲烷排放的估算结果。

关键词: 三峡水库; 香溪河; 温室气体; 排放通量

中图分类号: P343.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-6791(2011)04-0546-08

水电一直被认为是一种不排放温室气体的能源形式。1993 年 Rudd 等^[1]发表评论称水库生产单位能量产生的温室气体排放不为零, 引发各国学者对水库温室气体排放的研究, 目前国际上已经对加拿大北部地区^[2-3]、亚马逊热带地区^[4-5]、北美^[6]、芬兰^[7]、法属圭亚那^[8-9]以及巴拿马地区^[10]的水库进行观测研究, 获得的结论在一定程度上更新了以往人们对水库温室气体排放的认识, 即水库在某种程度上会释放温室气体, 在极端情况下水库的排放可能高于火电, 但目前多数的研究成果认为在绝大多数情况下, 水电项目温室气体排放表现良好, 能够有效地减少能源生产部门的排放^[11]。国内针对水库温室气体排放的观测研究较少, 喻文秀等^[12]开展了对洪家渡水库水体二氧化碳分压及水气界面二氧化碳排放通量的研究, 2009 年 Chen 等^[13]开展了对三峡水库新生湿地的甲烷排放研究, 其研究成果引起了国内外对中国水库温室气体排放的关注^[14]。但探讨国内水库的温室气体排放问题, 不能简单地套用国外已有的研究结论, 需要开展针对性的观测研究。三峡水库作为大型的水电工程之一, 成库后因其巨大的综合效益和环境影响引起人们的广泛关注, 三峡水库的温室气体排放更是目前受到国内外关注的一个方面。

目前水-气界面温室气体通量研究常采用的监测方法主要包括静态箱法、梯度法、倒置漏斗法、TDLAS 方法以及涡度相关法等^[15]。在比较不同方法优缺点和适用性的基础上, 本文采用国内水生生态系统碳通量研究常用的静态箱法, 以三峡水库香溪河支流为研究区, 于 2009 年 10 月至 2010 年 10 月先后 11 次开展了对水-气界面 3 种主要温室气体: 二氧化碳、甲烷、氧化亚氮的排放通量观测, 探讨了香溪河支流的温室气体排放特征。

1 研究区概况

三峡水库是大型山区水库, 成库后水域面积达 1084 km^2 , 很难开展对三峡水库全区的观测研究, 但可通过断面定点观测的方式对三峡水库的温室排放水平进行连续观测。本文选择香溪河支流作为典型研究区开

收稿日期: 2010-09-08 网络出版时间: 2011-07-09

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1309.P.20110709.1622.016.html>

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (973) 资助项目 (2010CB955904); 中国科学院院地合作资助项目 (ZNWH-2011-014)

作者简介: 赵 炎 (1985-), 男, 湖南湘潭人, 博士研究生, 主要从事生态环境遥感研究。

E-mail: zhaoyanpg@163.com

通信作者: 吴炳方, E-mail: wubf@irsa.ac.cn

展观测工作, 因国内在该区域已有大量的工作基础, 有利于香溪河支流温室气体通量观测工作的开展。例如中科院水生生物研究所和三峡大学在香溪河设置了生态观测站, 长期开展对香溪河支流水质和水生态参数的连续观测, 已有大量数据积累。

香溪河支流为典型的峡谷型河道, 是三峡大坝上游第一条较大支流, 也是三峡水库湖北库区的最大支流, 其干流全长 94 km, 流域范围 $110^{\circ}25'E\sim111^{\circ}06'E$ $31^{\circ}04'N\sim31^{\circ}34'N$, 包括整个兴山县以及秭归县和神农架林区的一部分, 总面积 3099 km²(图 1)。香溪河流域内地势高差大, 地形复杂, 河道沿岸磷矿等矿产资源丰富, 导致香溪河支流水体中磷、氮等营养盐含量较高。2003 年三峡水库蓄水后, 受长江回水顶托影响, 香溪河形成支流库湾, 水体流速减缓, 交换周期加长。香溪河支流的水力与水体营养状况均有利于藻类的大量聚集, 是三峡水库众多支流中水华比较严重的支流之一。

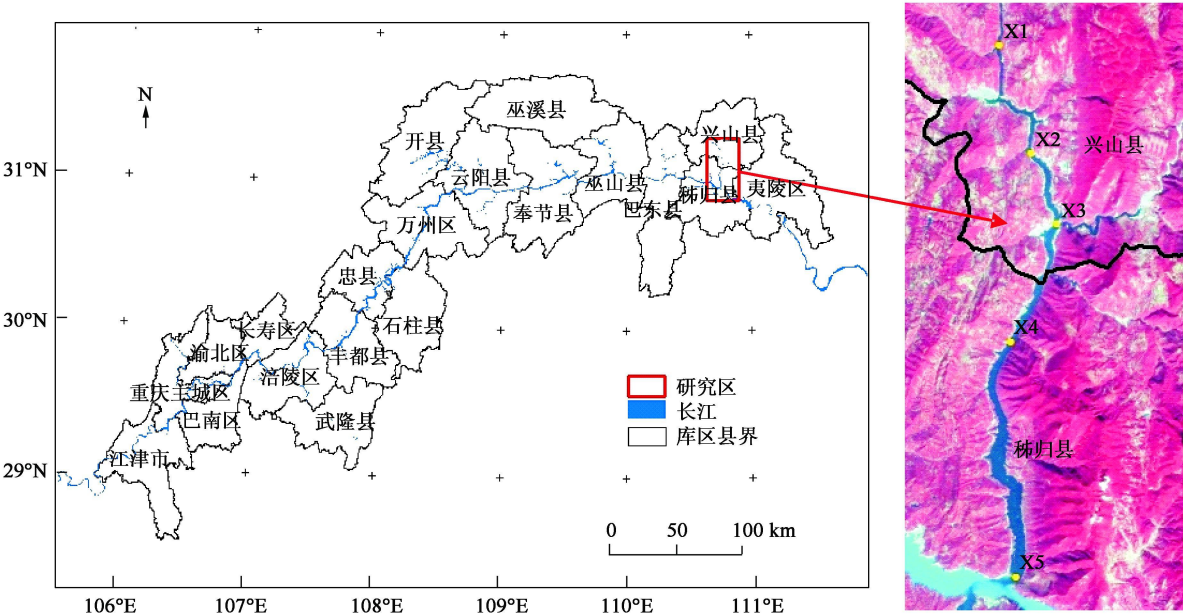
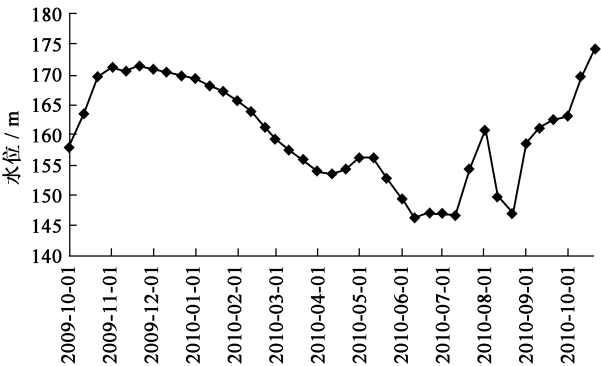


图 1 研究区与观测点位示意图 (观测点位图为 2009 年 10 月 5 日 30 m 空间分辨率环境星遥感影像)
Fig 1 Locations of study area and monitoring points

图 2 为 2009 年 10 月至 2010 年 10 月香溪河支流水位变化情况。三峡水库从 2009 年 9 月 15 日开始试验性蓄水, 香溪河支流水位于 2009 年 11 月迅速达到实际最高水位约 171 m; 2009 年 11 月至 2010 年 4 月, 三峡水库维持高水位运行并适时补水, 水位略有降低, 2010 年 4 月后水位开始持续降低, 2010 年 7 月至 8 月, 水位受



数据来源: 中国三峡集团公司

图 2 2009 年 10 月 ~2010 年 10 月香溪河支流水位变化

Fig 2 Water level of Xiangxi River from Oct 2009 to Oct 2010

库区汛期降雨影响出现明显波动, 2010年 9月中旬开始新一轮试验性蓄水。

2 材料与方法

2.1 观测点布设

香溪河支流属山谷狭长型河流, 水面宽度较小, 其水下环境主要随河流经向的变化较大, 由此可能导致水气界面温室气体排放强度的变化。因此, 参考香溪河支流多光谱遥感影像的水色信息, 从香溪河上游至香溪河口沿河道中泓共布设 5个观测点, 进行水质与水气界面二氧化碳、甲烷以及氧化亚氮排放采样, 观测点 X₁-X₅位置如图 1所示, 表 1为各个观测点的详细信息。

2.2 观测时间及频次

2009年 10月至 2010年 10月先后 11次在香溪河开展温室气体通量观测, 观测于各月下旬进行, 观测时段位于每日 9:00至 14:00之间。各次观测的具体时间如表 2所示。

表 1 香溪河观测点详细信息

Table 1 Details of the monitoring points

采样点	经度	纬度	至河口距离/km
X ₁	110°45'10.4"	31°11'59.3"	29
X ₂	110°46'08.8"	31°09'08.3"	22
X ₃	110°46'55.6"	31°07'18.1"	18
X ₄	110°45'32.8"	31°04'10.9"	12
X ₅	110°45'43.2"	30°58'00.1"	0

表 2 各次观测开展的时间

Table 2 Date of each field measurement

观测次数	时间	观测次数	时间
1	2009-10-02	7	2010-06-27
2	2009-11-22	8	2010-07-26
3	2010-01-26	9	2010-08-22
4	2010-03-24	10	2010-09-23
5	2010-04-24	11	2010-10-23
6	2010-05-22		

2.3 温室气体排放通量观测

2.3.1 仪器与样品采集方法

本文采用静态箱法进行水气界面温室气体排放通量观测。静态箱由气体采样箱和飘浮架组成。气体采样箱为直径 30 cm, 高 60 cm的不锈钢圆筒, 箱体表层覆盖有锡箔涂层, 防止因阳光直射导致箱内温度升高; 采样箱内部装有小型风扇, 用以充分混合箱内气体; 采样箱上部密封, 开有 3个小孔, 分别连有温度传感器探头、风扇电源线和采样用气体导管。

观测时, 气体采样利用两套静态箱进行同步观测, 以保证观测结果质量, 箱体下水之前, 接通风扇电源并将箱体倒置, 使箱内气体混合均匀, 静态箱下水后, 利用 100 mL针筒采集采样箱内气体作为背景浓度, 然后每隔 15 min采集一次气样, 共采集 3次, 气体样本保存于 500 mL气样袋中, 密封避光保存, 并尽快完成成分测定。

2.3.2 样品分析与通量计算

气体样本中二氧化碳、甲烷和氧化亚氮 3种气体的浓度采用中国科学院大气物理研究所的气相色谱仪, 结合火焰离子检测器和电子捕获器进行联机分析获得。

气相色谱分析得到的 3种温室气体的体积浓度, 通过式 (1)计算质量浓度^[16]:

$$C_m = \frac{C_vMP}{8.3144(273.15 + T)} \tag{1}$$

式中 C_m为待测气体的质量浓度, mg/m³; C_v为气体色谱分析得到的体积浓度, mL/m³; M为待测气体的摩尔质量, g/mol; P为采样时刻箱内的气压, kPa; T为箱内温度, °C。

温室气体排放通量是单位时间内, 从单位面积上排放的温室气体的量, 本文利用式 (2)分别计算各个点上 3种温室气体的排放通量^[16]:

$$F = \frac{SF_1F_2V}{A} \tag{2}$$

式中 F为待测气体通量, mg/(m²·h); S为由观测时间段内不同时刻的气体浓度进行回归分析得到的曲线斜率, 表示待测气体浓度随时间的变化速率, 10⁻⁶/s; V为静态箱水面以上部分体积, m³; A为静态箱覆盖

水面面积, m^2 ; F_1 、 F_2 为转换系数。

本研究中, 对每个观测点上所获得的 3 个气体浓度数据进行线性分析, 只对线性判定系数 R^2 大于 0.9 的观测点位进行计算。

2.3.3 环境参量测定

气体采样同时进行环境参量的测量和记录。利用温度传感器测量箱内温度, 利用接触式温度计、便携式气压计和风速仪分别测量气温、气压和瞬时风速; 于观测样点附近水域进行表层水体 (0.5 m 水深处) 水质采样, 利用便携式 pH 仪、溶氧仪和电导测量仪现场测量 pH、溶氧和电导率, 同时采集水样以进行实验室分析叶绿素 a 、总磷、总氮、溶解有机碳等水质指标, 水质分析由中国科学院水生生物研究所香溪河生态观测站协助完成。

3 观测结果

3.1 香溪河支流水体水质变化

图 3 为 2009 年 10 月至 2010 年 10 月香溪河支流水域水温、叶绿素 a 、总磷、pH、溶解氧等水质参数以

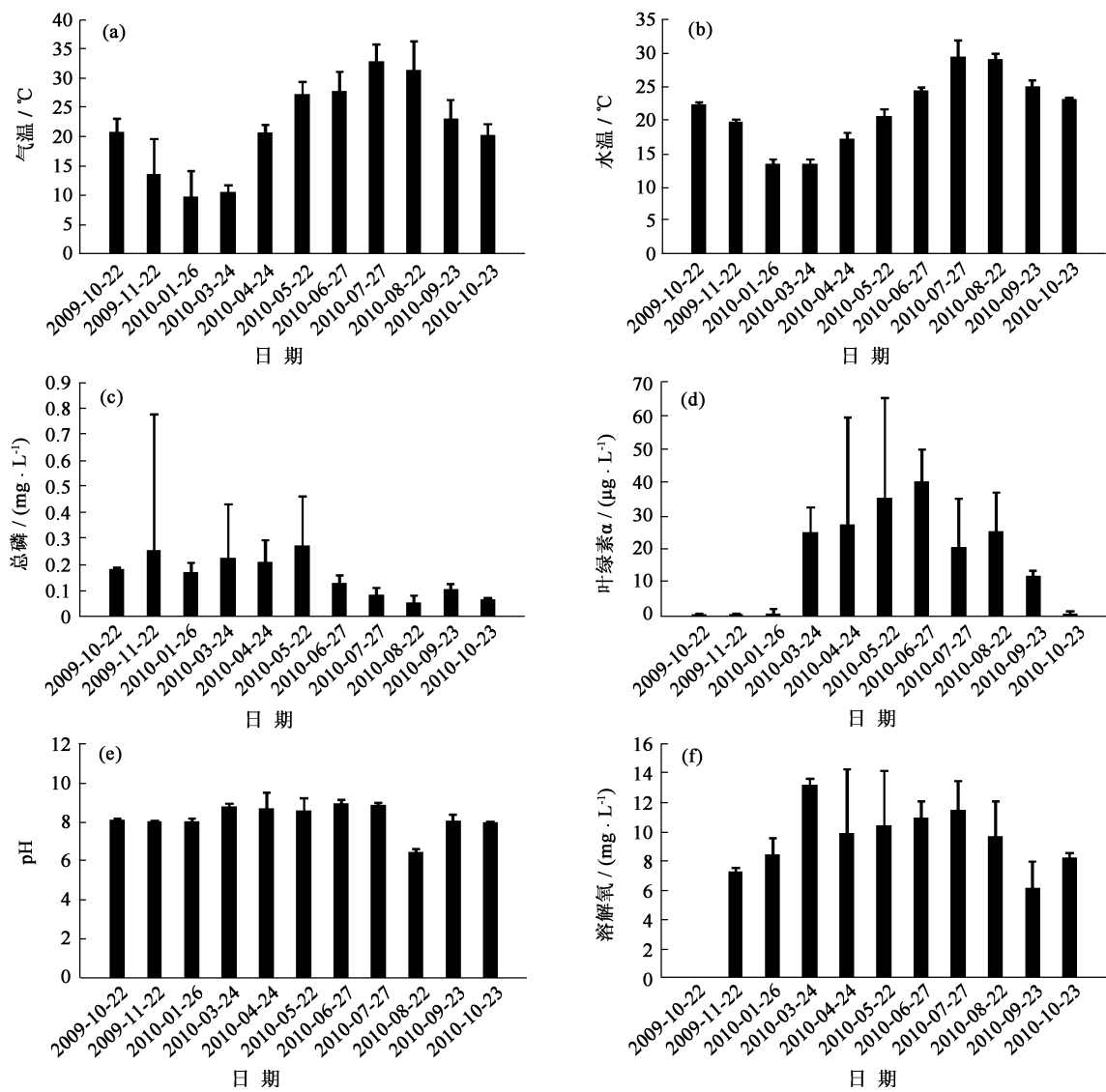


图 3 2009 年 10 月 ~2010 年 10 月香溪河支流水域关键环境与水质因子的变化
Fig 3 Change of water quality and environment factors from Oct 2009 to Oct 2010

及气温的变化情况。图 3 中柱状图表示各次观测中香溪河支流各个参数的平均值，误差线标识各个参数值的变化范围。

从图 3 可以看出，2009 年 10 月入冬后，随气温降低，香溪河支流水体表层水温相应降低，2010 年 3 月后随气温逐渐回暖。2009 年 11 月后，三峡水库基本维持 170m 左右高水位运行，香溪河支流水体受干流水体顶托作用影响，水体交换作用减小，水体处于准静止状态，水力学条件以及水中营养条件（总磷）均适合浮游植物的生长，2010 年 3 月水温回暖后支流开始出现水华，叶绿素 a 浓度随水中浮游植物的大量繁殖而迅速升高，而浮游植物代谢作用的增强也导致水中溶解氧增加而溶解二氧化碳减少，引起水体的溶解氧浓度和 pH 值增加。

3.2 温室气体排放时间变化

利用式 (1) 和式 (2) 计算 2009 年 10 月至 2010 年 10 月 11 次观测中观测点 $X_1 \sim X_5$ 的二氧化碳、甲烷和氧化亚氮排放通量，利用获得的 $X_1 \sim X_5$ 的排放通量水平计算均值作为各次观测时香溪河支流的排放水平，本文以此平均排放水平探讨香溪河支流温室气体排放的时间变化特征。

图 4 为 2009 年 10 月至 2010 年 10 月香溪河支流水域二氧化碳、甲烷和氧化亚氮平均排放通量计算结果，图中虚线表示 2009 年 10 月至 2010 年 10 月温室气体的全年平均排放水平。从图中可以看出，香溪河支流水域的二氧化碳全年平均排放水平为 $76.52 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，最高平均排放出现在 2009 年 10 月，达到 $210.53 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，2010 年 3 月至 8 月，二氧化碳排放通量低于平均排放水平，其中 3 月、6 月和 7 月二氧化碳排放通量小于 0，表现为对大气中二氧化碳的吸收，2010 年 8 月后二氧化碳排放水平逐渐回升；甲烷全年的平均排放水平为 $0.2449 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，最高平均排放通量为 $0.7711 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，出现在 2010 年 3 月，最低排放为 $-0.1169 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，出现在 2010 年 6 月；氧化亚氮总体排放水平较低，平均排放通量为 $0.0117 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，最高与最低平均排放分别出现在 2009 年 10 月和 2010 年 10 月，平均排放通量分别为 $0.0290 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 和 $-0.0070 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

4 讨 论

4.1 影响因素分析

本文选择已有研究中认为可能影响温室气体排放的水质参数与二氧化碳排放通量进行相关分析，表 3 为选择 11 次观测结果中数据较为完整的 28 个点位的水质和二氧化碳排放通量数据进行 Pearson 相关分析的结果。分析结果表明：

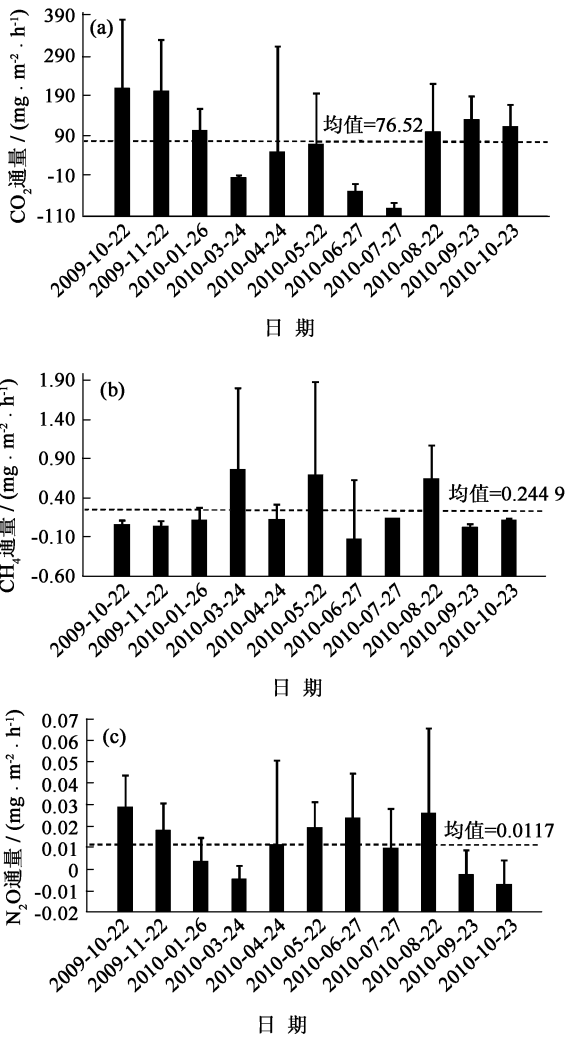


图 4 香溪河支流水体温室气体排放的时间变化
Fig 4 Temporal variation of greenhouse gas emissions from Xiangxi River

(1) 香溪河支流水体的二氧化碳排放与水中的叶绿素 a 浓度呈显著负相关, 这与邢阳平^[17]和 Huttunen 等^[7]的研究结果一致。表层水体中的藻类可以通过光合作用固定大量的二氧化碳, 从而减小水气界面的排放通量。2010年 3 月后, 香溪河支流部分水域开始出现水华, 因而导致了 3 月至 7 月香溪河的二氧化碳排放水平较低, 甚至表现为对大气中二氧化碳的吸收(图 4)。总磷是通过影响水体中藻类含量进而影响水气界面二氧化碳通量的, 本研究中, 支流水体的总磷含量与二氧化碳排放通量的相关性不明显。

(2) 二氧化碳排放与 PH 和溶解氧浓度呈显著负相关, 这与王跃思等^[18]获得的结论一致。当 PH 较高时, 水体呈碱性, 此时水中游离的二氧化碳容易溶于水形成碳酸盐, 水中游离的二氧化碳分压降低, 当 PH 值较低时, 水体的二氧化碳分压较高, 有利于二氧化碳从水体进入大气。而支流水体中溶解氧的浓度是与流水水华密切相关的, 其与叶绿素 a 的相关性达到了 0.602

(3) 水温与二氧化碳排放量相关性不明显。分析认为这是由于在流水水华发生期(2010年 3 月~8 月)藻类对水气界面二氧化碳通量强度的影响占主导地位所致。若仅以 2009 年 10 月~2010 年 1 月以及 2010 年 9 月~10 月的观测数据进行相关分析, 可发现水温与二氧化碳通量强度呈现正相关(相关系数 0.29), 与相关研究^[15]得到的结论一致。

(4) 香溪河支流甲烷的排放水平与支流的水位变化和沉积物层有机质含量有一定的关系。甲烷主要产生于有机物质在水下厌氧环境下的分解, 而水位的变化直接反映了沿岸消落区的淹没时长。由图 4 可知, 在三峡水库蓄水初期, 支流消落区的新生植被在短时间内被淹没, 由于植物在水中的厌氧分解速率服从指数变化的规律^[19], 初期的甲烷分解生成量较小, 随着水库的高水位运行(图 2), 植物的分解速率加快, 甲烷生成量增加, 水气界面甲烷排放通量相应增加。2010 年 5 月后, 支流水位逐渐降至汛限水位, 消落区出露, 淹没植被减少, 甲烷排放水平降低。2010 年 9 月甲烷排放随水位增加再次上升(图 4)。图 4 中 6~8 月相对较高的甲烷排放水平可能是由汛期降雨导致进入水体的陆生有机质增加所引起。

4.2 与三峡已有相关研究的比较

2009 年 9 月, Chen 等^[13]发表了关于其 2008 年 7~9 月于三峡库区澎溪河支流开展水库新生湿地甲烷排放研究的文章, 文中指出三峡水库新生湿地甲烷平均排放达到了 $6.7\text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 同时文章基于南美洲 3 个热带水库的平均甲烷排放水平 ($3.3\text{ Mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$), 对三峡水库全区 (1080 km^2) 的甲烷排放进行估算, 认为三峡水库的甲烷排放量达到了 $3.6\text{ Mg}/\text{h}$ 本文通过在香溪河支流水域开展的观测研究, 发现香溪河支流的排放水平远低于 $3.3\text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 仅为 $0.2449\text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。南美洲热带雨林地区水库由于淹没大量植被和土壤有机质, 加上高温高湿的气体条件, 极易产生甲烷等温室气体的排放, 而三峡库区土壤有机质本底含量较低, 且水库蓄水前采取了全面的清库措施, 因此不可能出现南美洲水库高甲烷排放的情况。

4.3 不确定性分析

初步观测发现, 2009 年 10 月至 2010 年 10 月, 香溪河支流甲烷排放水平总体较为平稳, 但在 2010 年 3 月、5 月和 8 月出现较高的排放。这可能是由于甲烷主要产生于底泥有机质的厌氧分解, 且生成的甲烷属难溶性气体, 因此产生了一种特殊的排放方式, 即冒泡排放, 而这种方式 的排放在时间、空间上均是随机、不连续的, 采用静态箱观测不足以捕捉这一部分排放, 这也是国内水生生态系统甲烷排放通量研究中普遍遇到的一个问题, 因此, 有可能导致甲烷的研究中甲烷的排放通量水平被低估。

表 3 二氧化碳排放通量与水质参数的相关分析
Table 3 Relationships between CO₂ flux and water quality parameters

水质参数	相关系数
总磷 /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	-0.088
叶绿素 a /($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	-0.571**
水温 / $^{\circ}\text{C}$	-0.077
PH	-0.493**
溶氧 /($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	-0.598**

** . 相关性在 0.01 水平下显著

5 结 论

香溪河支流水域的初步观测结果表明: 2009年 10月至 2010年 10月, 香溪河支流水域的二氧化碳平均排放通量约为 $76.52 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 排放强度与水体中叶绿素 a 浓度呈显著负相关, 支流丰水期间, 二氧化碳平均排放通量小于 0 表现为对大气中二氧化碳的吸收; 支流甲烷平均排放通量约为 $0.2449 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$; 氧化亚氮平均排放水平约为 $0.0117 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

水库温室气体排放是一个复杂的生物化学过程, 受水下地形以及水体动力学的影响, 支流与三峡库区干流水域的气体排放必然存在一定的差异, 而二氧化碳等温室气体产生和排放过程的复杂性, 更决定了其在时间与空间尺度上的异质性, 因此在三峡库区不同水域开展观测, 尽可能积累不同环境条件下水库水体的排放水平的同时, 还需开展相似条件下库区天然河道排放水平的研究, 并借助遥感空间分析与模型等手段, 实现对水库温室气体净排放的估算。

致谢: 感谢中国科学院水生生物研究所为观测所获得的水质样本进行分析并提供分析数据; 感谢中国科学院大气物理研究所为观测所获得的气体样本进行分析并提供分析结果。

参考文献:

- [1] RUDD J, HARRIS R, KELLY C A, et al. Are hydroelectric reservoirs significant sources of greenhouse gases? [J]. *Ambio*, 1993, 22: 246-248.
- [2] TREMBLAY A, BASTIEN J. Greenhouse gas fluxes from a new reservoir and natural water bodies in Quebec, Canada [J]. *Verh Int Verein Limnol*, 2009, 30: 866-869.
- [3] DUCHEMIN E, LUCOTTE M, QUEIROZ A G, et al. Comparison of greenhouse gas emissions from an old tropical reservoir with those from other reservoirs worldwide [J]. *Verh Int Verein Limnol*, 2009, 27: 1391-1395.
- [4] ROSA L P, SCHAEFFER R. Greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs [J]. *Ambio*, 1994, 23: 164-165.
- [5] MATVIENKO B E, SKAR E, ROSA L P, et al. Gas release from a reservoir in the filling stage [J]. *Verh Int Verein Limnol*, 2009, 27: 1415-1419.
- [6] SOMIS N, DUCHEMIN E, CANUEL R, et al. Greenhouse gas emissions from reservoirs of the western United States [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2004, 18: 3022-3032.
- [7] HUTTUNEN J T, VASANEN T S, HELLSIEN S K, et al. Fluxes of CH_4 , CO_2 and N_2O in hydroelectric reservoirs Lokka and Pontipahla in the northern boreal zone in Finland [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2002, 16(1): 1-17.
- [8] GALY L C, DEIMAS R, JAMBERT J C, et al. Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: A case study in French Guyana [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 1997, 11(4): 471-483.
- [9] GALY L C, DEIMAS R, KOUADIO G, et al. Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions [J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 1999, 13(2): 503-517.
- [10] KELLER M, STALLARD R F. Methane emission by bubbling from Gatun Lake, Panama [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1994, 99(D4): 8307-8319.
- [11] 刘亮, 陈永柏, 孙志禹. 水库温室气体排放的争论与共识 [J]. *中国三峡建设*, 2007(4): 48-52. (LIU Liang, CHEN Yong-bai, SUN Zhi-yu. Argument and common views over greenhouse gas emission from reservoirs [J]. *China Three Gorges Construction*, 2007(4): 48-52. (in Chinese))
- [12] 喻元秀, 刘丛强, 汪福顺, 等. 洪家渡水库溶解二氧化碳分压的时空分布特征及其扩散通量 [J]. *生态学杂志*, 2008, 27(7): 1193-1199. (YU Yuan-xiu, LIU Cong-qiang, WANG Fu-shun, et al. Spatiotemporal characteristics and diffusion flux of Partial Pressure of dissolved carbon dioxide (PCO_2) in Hongjiadu reservoir [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(7): 1193-1199. (in Chinese))
- [13] CHEN H, WU Y, YUAN X Z, et al. Methane emissions from newly created marshes in the drawdown area of the Three Gorges Reservoir [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2009, 114: D18301. [doi:10.1029/2009.JD012410]

- [14] QIU J. Chinese dam may be a methane menace[J]. Nature, 2009. [doi: 10. 1038/news. 2009. 962]
- [15] 赵炎, 曾源, 吴炳方, 等. 水库水气界面温室气体通量监测方法综述[J]. 水科学进展, 2011, 22(1): 135-146. (ZHAO Yan, ZENG Yuan, WU Bingfang et al. Review of methods for measuring greenhouse gas flux from the air-water interface of reservoirs[J]. Advances in Water Science, 2011, 22(1): 135-146. (in Chinese))
- [16] HA. GHG measurement guidelines for freshwater reservoirs[M]. London [s. n.], 2010. 81-82.
- [17] XING Y P, XIE P, YANG H et al. Methane and carbon dioxide fluxes from a shallow hypereutrophic subtropical lake in China in winter[J]. Atmospheric Environment, 2005, 39: 5532-5540.
- [18] 王跃思, 王迎红. 中国陆地和淡水湖泊与大气间碳交换观测[M]. 北京: 科学出版社, 2008. 259-272. (WANG Yue-si, WANG Ying-hong. Observation of carbon exchange on typical terrestrial ecosystems[M]. Beijing: Science Press, 2008. 259-272. (in Chinese))
- [19] 刘昕, 江明喜, 邓红兵. 三峡地区香溪河流域叶片凋落物分解过程中 N P 含量动态研究[J]. 武汉植物学研究, 2008, 26(6): 613-619. (LIU Xin, JIANG Ming-xi, DENG Hong-bing. Dynamics of nitrogen and phosphorus content during leaf litter decomposition in Xiangxi River watershed, the Three Gorges region[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2008, 26(6): 613-619. (in Chinese))

Observation on greenhouse gas emissions from Xiangxi River in Three Gorges Region

ZHAO Yan, ZENG Yuan, WU Bingfang, WANG Qiang, YUAN Chao, XU Zhi-rong

(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: It would be beneficial to better understand the emission conditions through measuring the greenhouse gas (GHG) emission from the Xiangxi River, an anabranch of Three Gorges Reservoir, as well as to study the influence of the alga bloom on the GHG emission. Using floating chambers, CO_2 , CH_4 and N_2O emissions from the Xiangxi River were measured by 11 times field observations from October 2009 to October 2010. The observational result shows that the average CO_2 emission is $76.52 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, and the intensity is negatively correlated to the chl a concentration. The CO_2 intensity falls below zero during the alga bloom, showing absorption. While the CH_4 and N_2O emissions, the average values are $0.2449 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ and $0.0117 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, respectively. Compared to the results of other studies in various regions of Three Gorges Reservoir, the average CH_4 emission from the Xiangxi River is low, which is obviously different from the calculation based on some international approach based on the average for the entire region of the reservoir area.

Key words: Three Gorges Reservoir; Xiangxi River; greenhouse gas emission