

Yale



耶鲁大学-南京信息工程大学大气环境中心

Yale-NUIST Center on Atmospheric Environment

# 太湖 $\text{CH}_4$ 通量的时空变化特征

肖启涛

2015年9月23-25日

第十四届生态学大会, 成都

# 报告提纲

□ 1 研究背景

□ 2 研究目的

□ 3 研究方法

□ 4 研究结果

# 1. 研究背景

- 占陆地总面积2.4%的湖泊是CH<sub>4</sub>的重要自然排放源, 浅水湖泊因其产生的CH<sub>4</sub>更容易输送到水面, 其CH<sub>4</sub>排放对大气CH<sub>4</sub>浓度和全球碳循环有显著的影响 (Borges et al, 2011; Bastviken et al, 2011; Van Huissteden et al, 2011; Crowe et al, 2011).
- CH<sub>4</sub>的排放有温度依赖性, 全球气温升高将会加剧水生生态系统CH<sub>4</sub>的排放(Durocher et al, 2014).
- 因相关研究较少, 在估算全球湖泊CH<sub>4</sub>排放量时, 我国的湖泊往往被忽略, 但因其有较多的有机质的输入以及较浅的水深等, 其CH<sub>4</sub>排放量可能对区域CH<sub>4</sub>收支有显著的影响 (Bastviken et al, 2011; Yang et al, 2011).

- 太湖是一个大型的浅水湖泊，位于长江三角洲地区，工业和农业的发展使得太湖北部湖区富营养化严重，蓝藻频繁爆发，水环境恶化，但东部湖区分布着大量的水生植被，水质良好.
- 蓝藻爆发和水生植被分布是否会促使太湖排放大量的 $\text{CH}_4$ ?
- 受人为活动和不同生态类型的影响，太湖水-气界面 $\text{CH}_4$ 的排放通量是否有特有的变化特征(时间变化和空间变化等)?

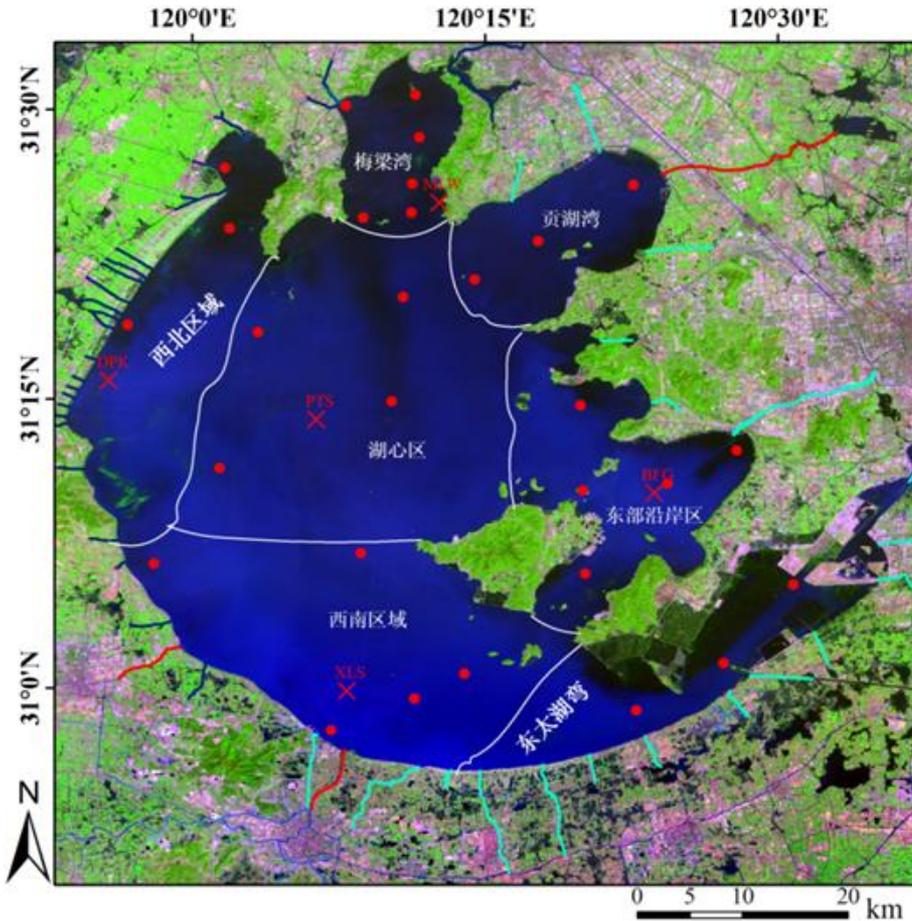
## 2. 研究目的

- 明确太湖水体 $\text{CH}_4$ 排放量
- 明确太湖水-气界面 $\text{CH}_4$ 通量的时空变化特征及其控制机制

# 3. 研究方法

## 3.1 研究区域概况

太湖位于我国东部，总面积2400 km<sup>2</sup>，平均水深1.9m



### 太湖生物分区:

梅梁湾: 富营养化湖区

贡湖湾: 蓝藻和植被过渡区

西北区域: 严重富营养化湖区

东沿岸区: 沉水植被分布区

东太湖: 沉水植被分布区和养殖区

西南区域: 浮游植物和大型植被过渡区

湖心区: 受人为活动影响较少

### 研究站点简介:

红点: 空间水样采样点

红叉: 太湖中尺度通量网观测站

蓝色线条: 入湖河流

绿色线条: 除湖河流

红色: 出入湖交替的河流

绿色区域: 植被覆盖

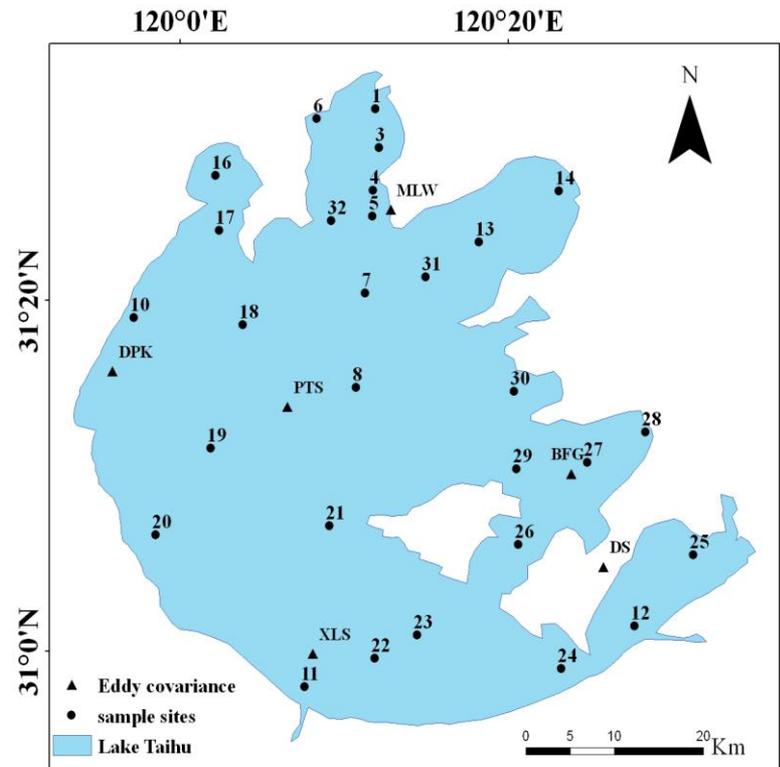
褐色区域: 城市

Figure.1 太湖的生物分区和研究站点简介  
(Lee et al, 2014)

## 3.2 观测方法

### 3.2.1 水-气界面气体扩散模型法

- 不同时间尺度的水样采集
  - ✓ 在梅梁湾 (MLW) 站点，每天13时定点进行水样采集。
  - ✓ 大浦口(DPK)、避风港(BFG)、平台山(PTS)、小雷山(XLS) 进行平台维护时，采集水样。
  - ✓ 每3个月进行全湖29个站点的空间采样
- 水样采集均在20cm水深处，采回的样品在实验室内利用Agilent-6890N气相色谱测定 $\text{CH}_4$ 气体的浓度。



太湖湖水采样点分布

## 3.2.1 水-气界面气体扩散模型法

### ■ 水-气界面CH<sub>4</sub>通量计算

$$F = k \times (C_w - C_{eq})$$

$C_w$ ：通过气相色谱分析出的温室气体在水体表面(水下20cm)的原始浓度

$C_{eq}$ ：是在特定的温度下水体表面的温室气体与大气中的温室气体达到平衡时的浓度

$k$ ：气体交换系数，其计算公式为：

$$k/k_{600} = (Sc/Sc_{600})^{-n}$$

$Sc$ 是施密特数， $Sc_{600}$ 是在20℃时施密特数600， $k_{600}$ 是当施密特数为600时对应的 $k$ 值，

且 $n = 0.5$ ， $U_{10} > 3.7 \text{ m s}^{-1}$ ； $n = 2/3$ ， $U_{10} < 3.7 \text{ m s}^{-1}$

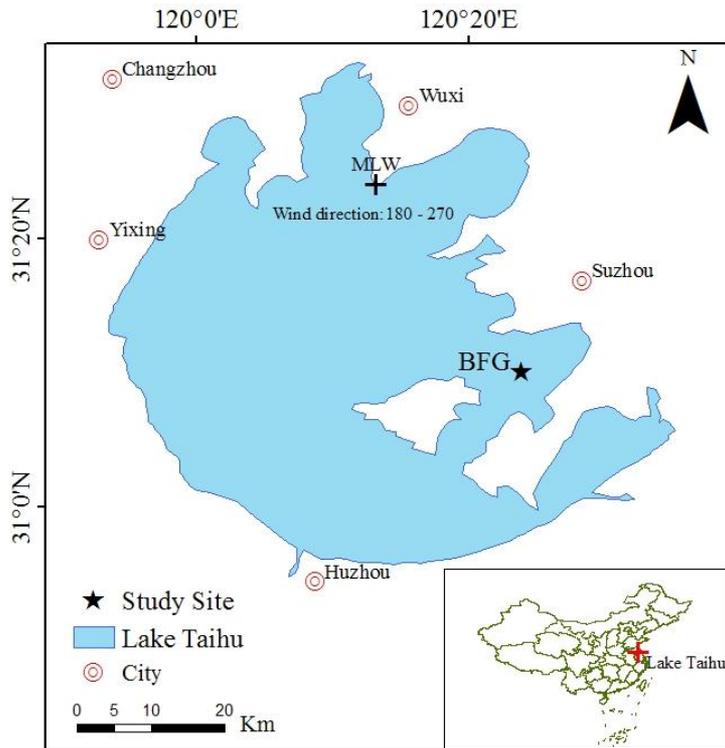
$$k_{600} = 2.07 + 0.215 \times U_{10}^{1.7}$$

$$U_{10} / U = \ln(10/Z_0) / \ln(3.5/Z_0)$$

$Z_0$ 是粗糙度高度， $Z_0 = 0.00035 \text{ m}$ ； $U$ 是3.5m高的风速

## 3.2.2 水-气界面CH<sub>4</sub>通量的涡度相关法观测

- 在避风港站点(BFG, 太湖沉水植被分布区)安装CH<sub>4</sub>涡度相关观测系统, 对水-气界面CH<sub>4</sub>通量进行原位连续长期观测.
- CH<sub>4</sub>涡度相关观测系统
  - ✓ 开路式CH<sub>4</sub>气体分析仪 (model LI-7700, LI-COR, Inc.)
  - ✓ 三维超声风速仪 (model CSAT3, Campbell Scientific, Inc.)
  - ✓ 开路式CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O气体分析仪 (model EC150, Campbell Scientific, Inc.)



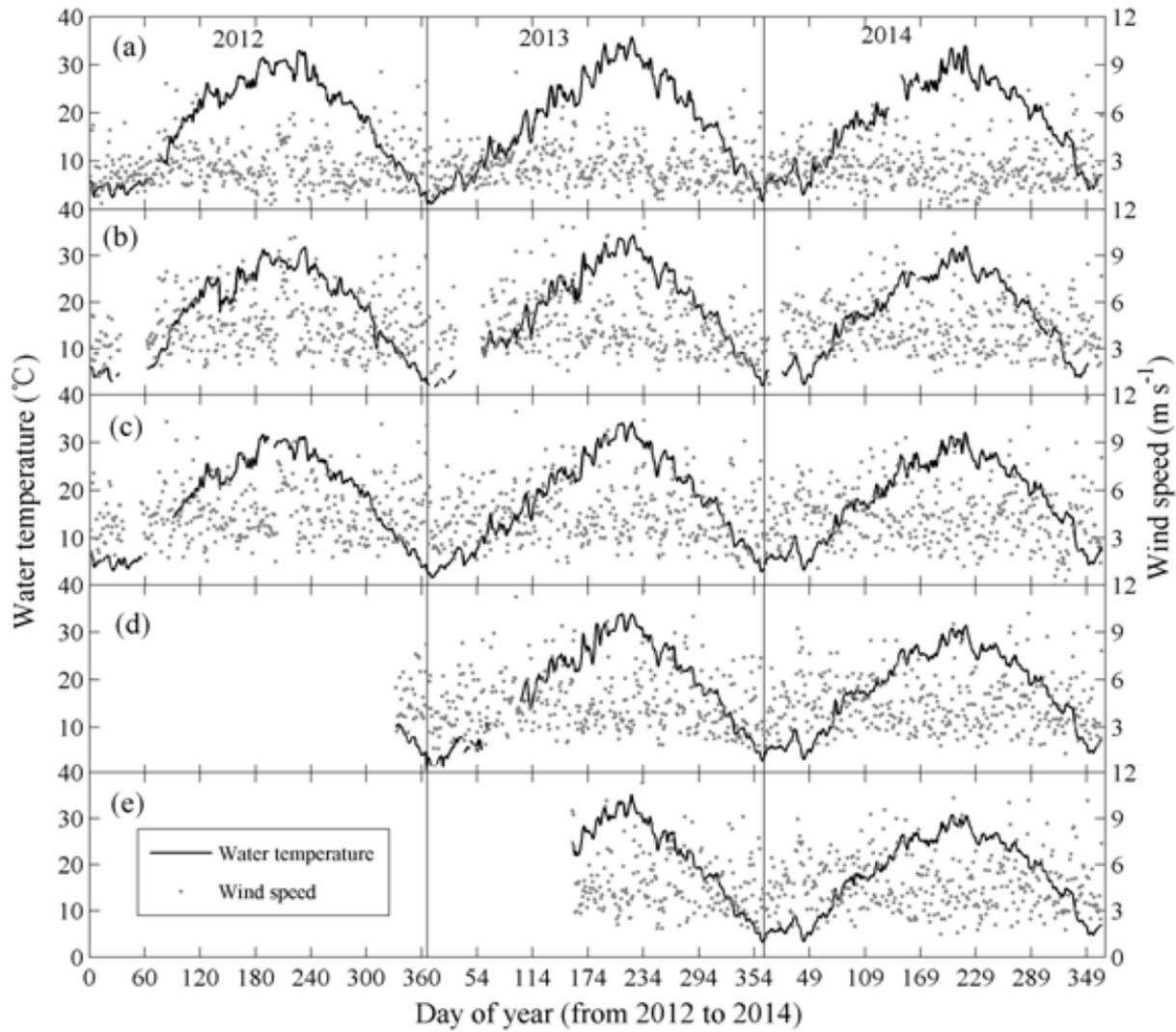
### 3.2.3 辅助观测

- 在5个通量观测站进行辐射、气温、湿度、水温梯度、风速、风向等小气候观测。
- 在进行空间水样采集的同时，利用多参数水质分析仪(YSI 650MDS, YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA)获取pH、叶绿素a浓度、浊度、电导率、溶解氧等指标的观测。

## 4. 研究成果

- 4.1 气象要素和水质等的时空变化
- 4.2 太湖 $\text{CH}_4$  通量的时间变化
  - ✓ 4.2.1 水-气界面 $\text{CH}_4$ 气体扩散模型观测结果
  - ✓ 4.2.2 水-气界面 $\text{CH}_4$ 涡度通量观测结果
- 4.3 太湖 $\text{CH}_4$  通量的空间变化特征
- 4.4 水-气界面 $\text{CH}_4$ 通量的控制因子
- 4.5 水-气界面 $\text{CH}_4$ 通量不同观测方法的初步比较
  - ✓ 4.5.1 气体扩散模型法和涡度相关法
  - ✓ 4.5.2 气体扩散模型法和通量梯度法

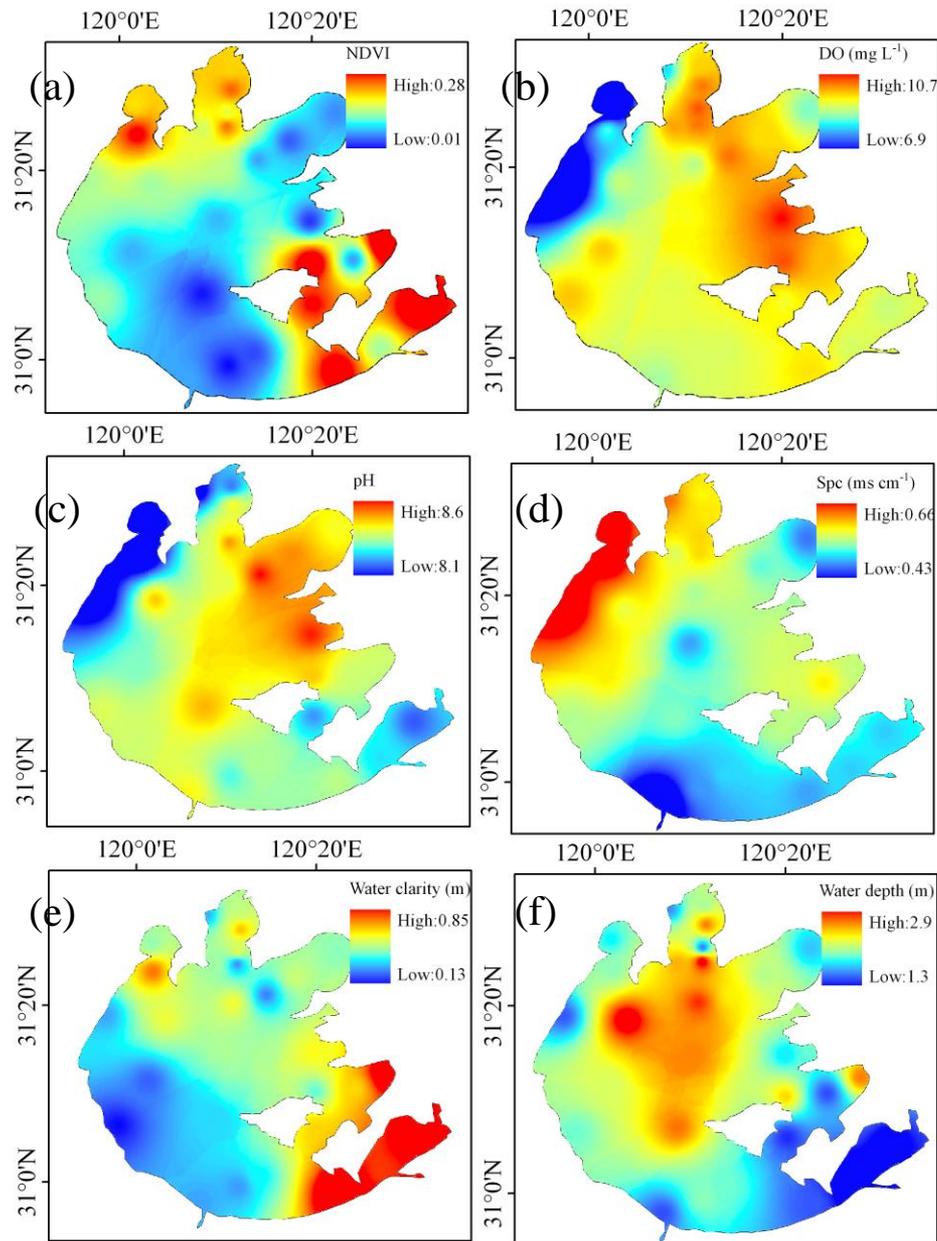
## 4.1 气象要素和水质等时空变化



**Figure.2** 2012~2014年太湖5个平台日均水温和风速的时间变化

(a) MLW; (b) DPK; (c) BFG; (d) XLS; (e) PTS

# 4.1 气象要素和水质等的时空变化



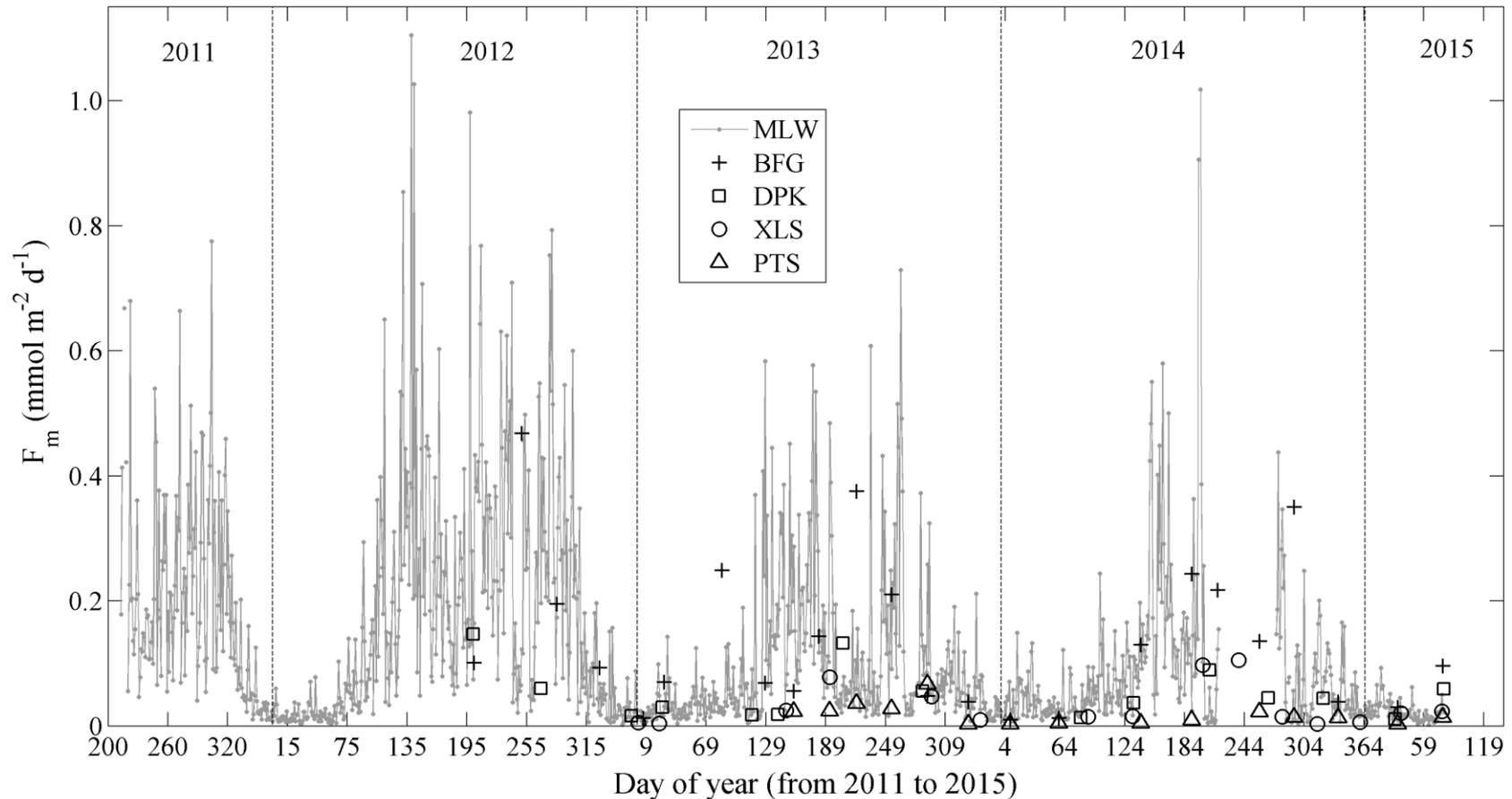
**Figure.3** 2012~2014年平均NDVI

和水质等的空间变化

- (a) NDVI
- (b) 溶解氧
- (c) pH
- (d) 电导率
- (e) 水体透明度
- (f) 水深

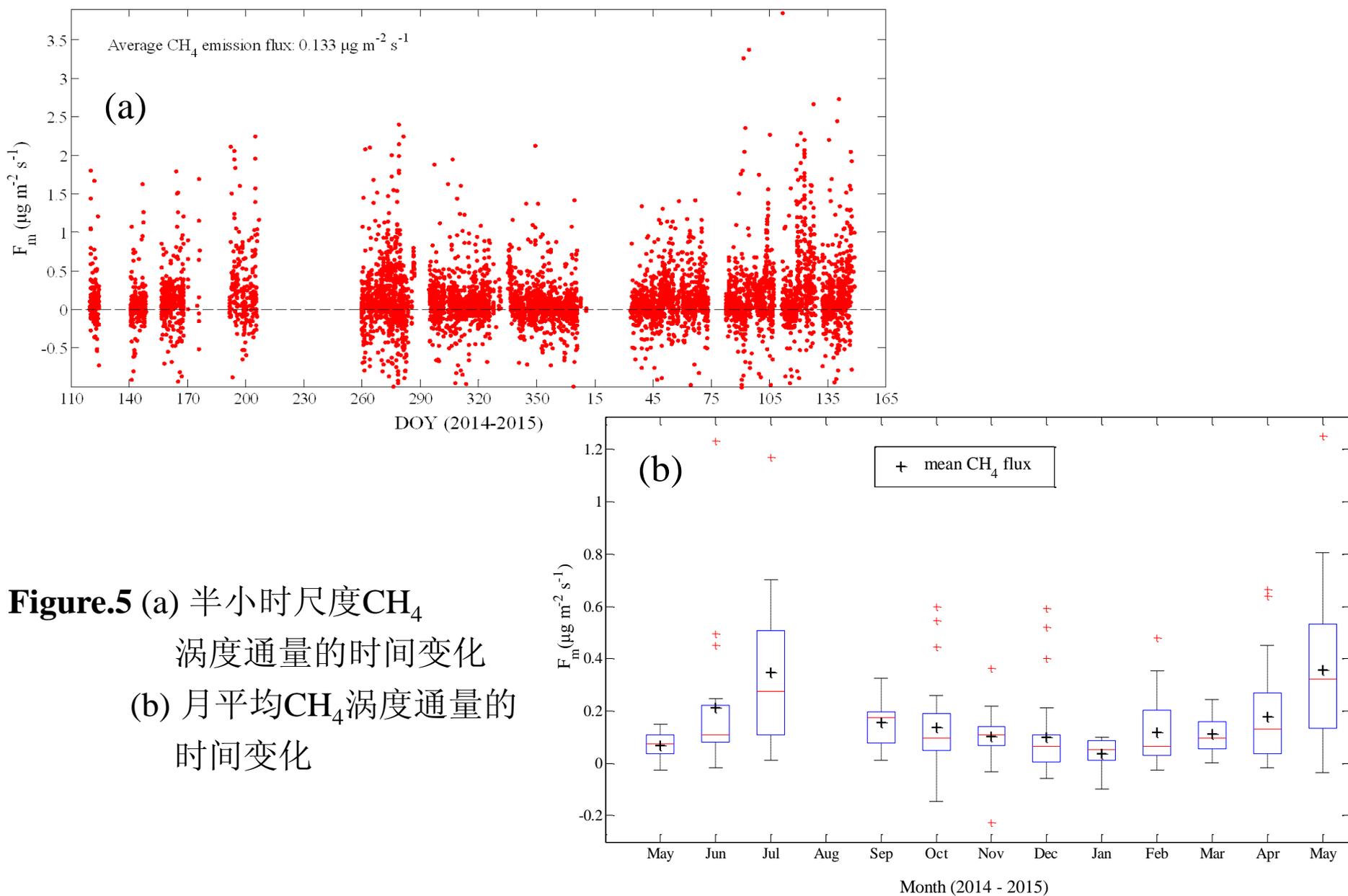
## 4.2 太湖CH<sub>4</sub>通量的时间变化

### 4.2.1 水-气界面CH<sub>4</sub>气体扩散模型观测结果



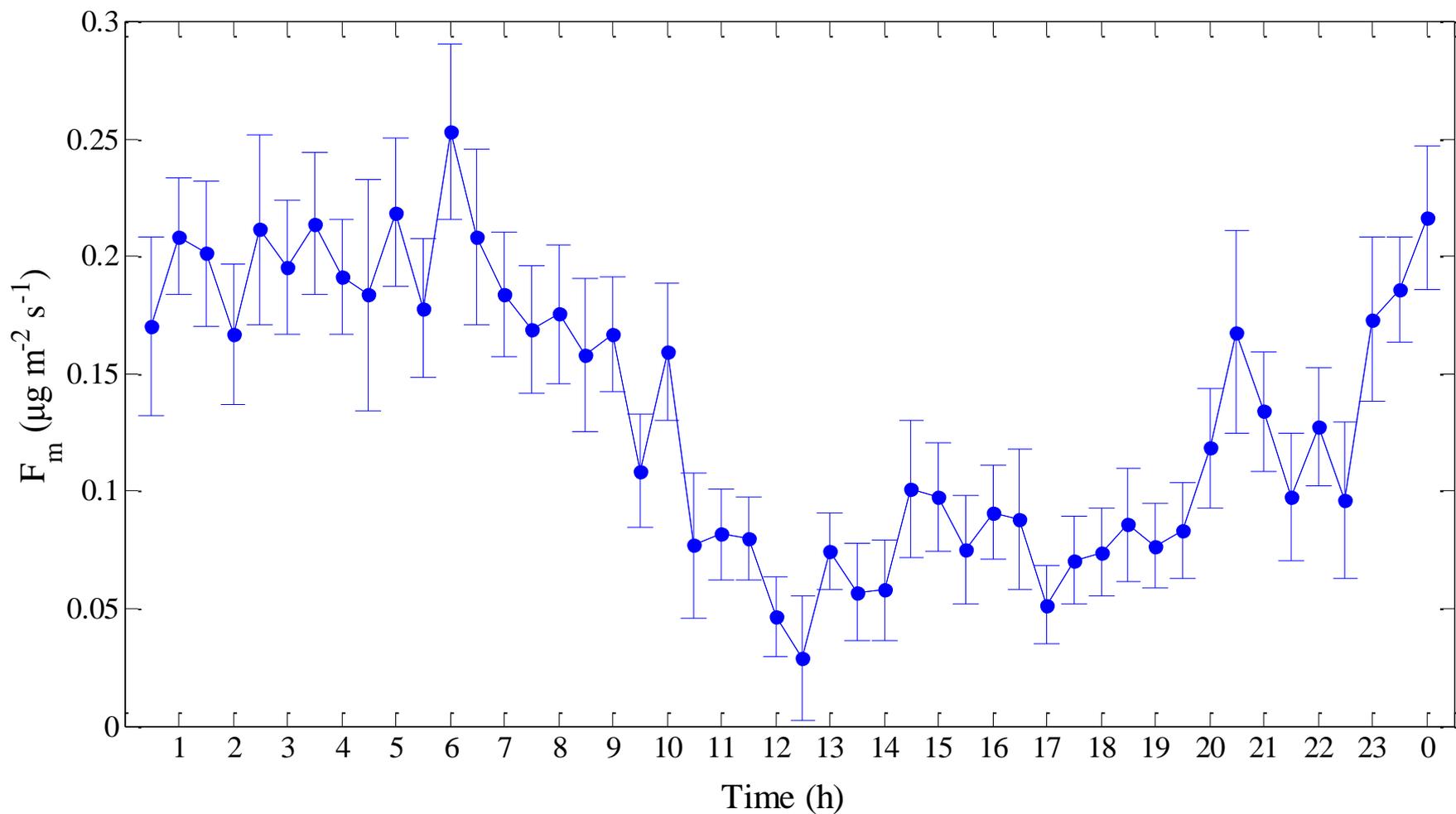
**Figure.4** MLW、DPK、BFG、XLS、PTS 5个站点气体扩散模型法CH<sub>4</sub>通量的时间变化

## 4.2.2 水-气界面CH<sub>4</sub>涡度通量观测结果



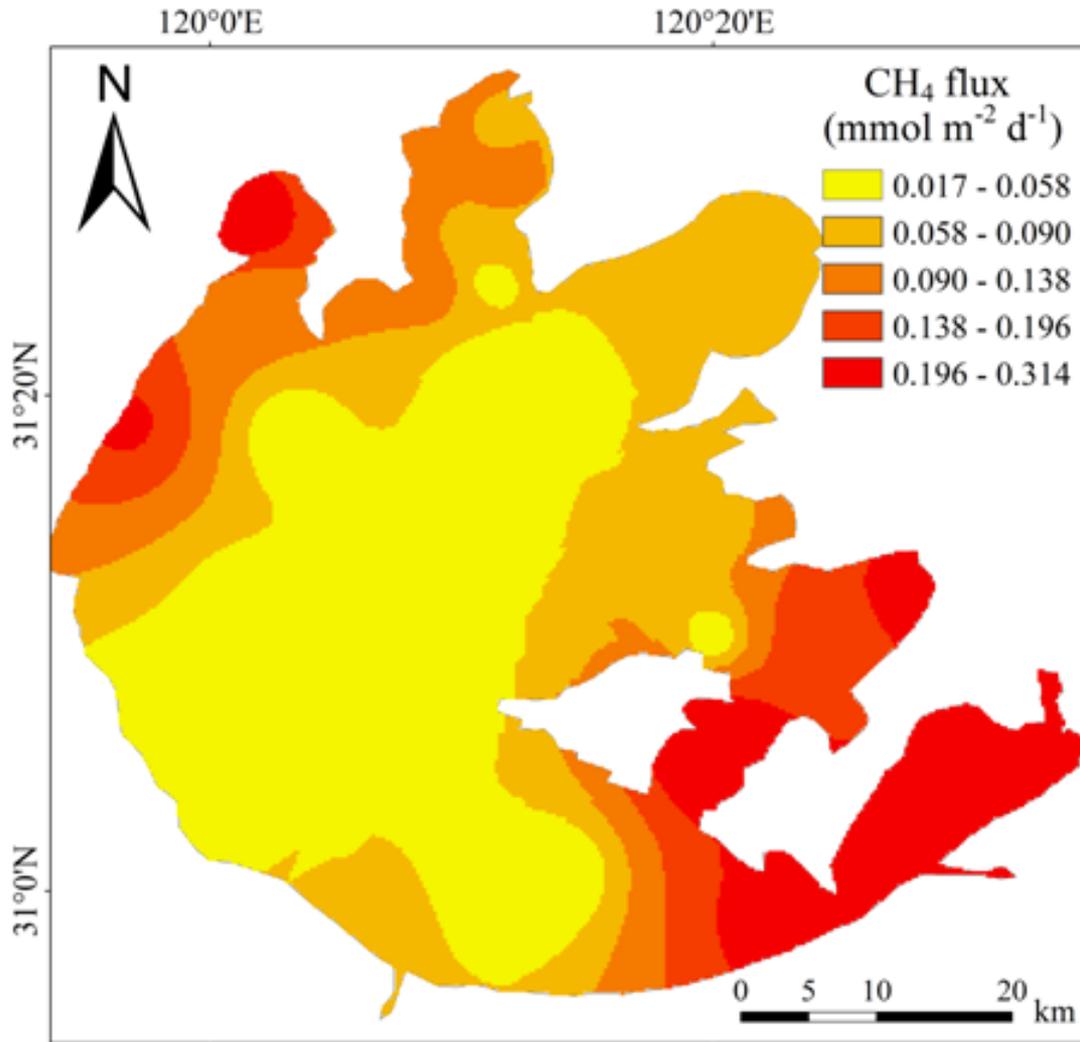
**Figure.5** (a) 半小时尺度CH<sub>4</sub> 涡度通量的时间变化  
(b) 月平均CH<sub>4</sub>涡度通量的 时间变化

## 4.2.2 水-气界面CH<sub>4</sub>涡度通量观测结果



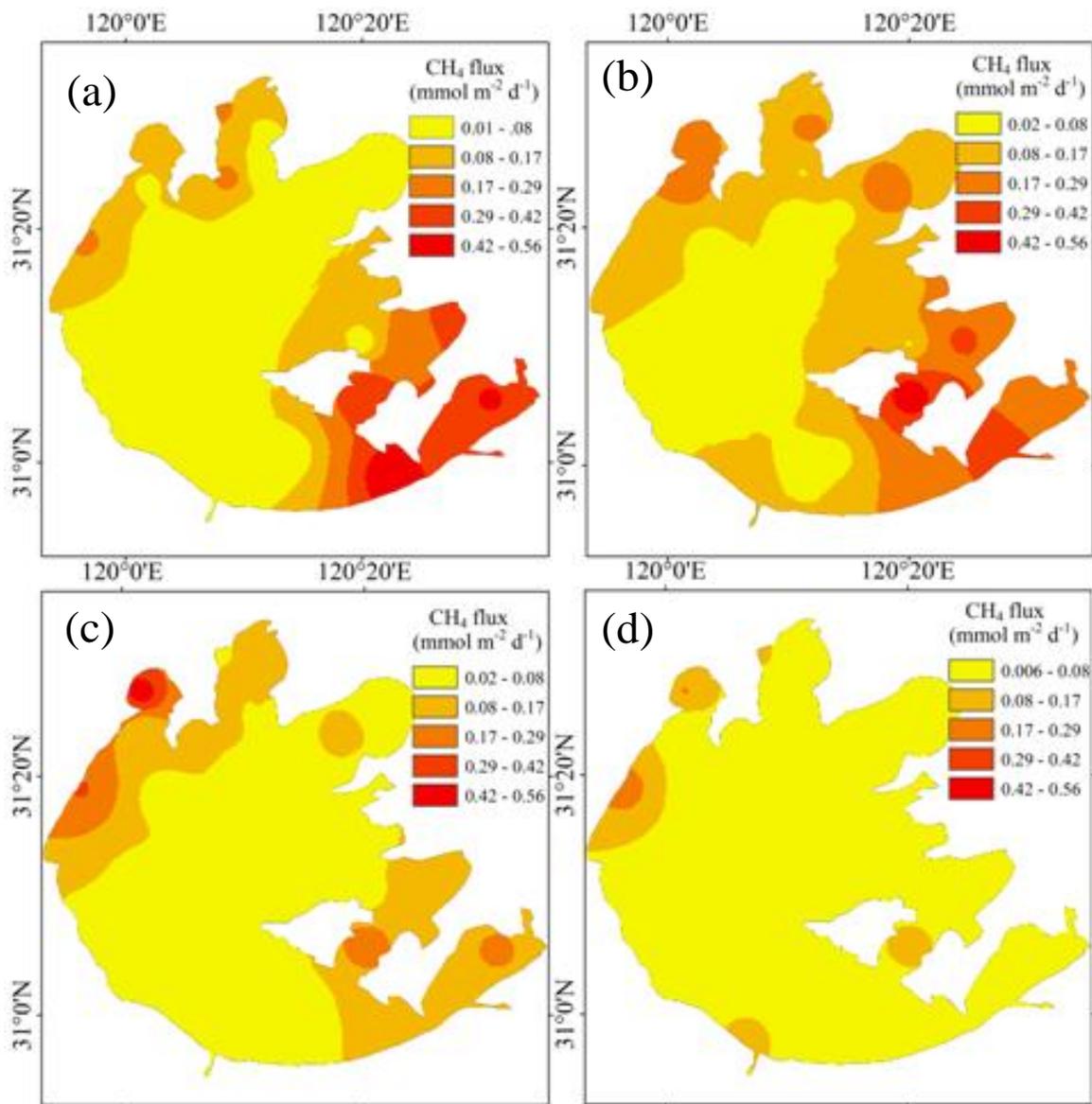
**Figure.6** 太湖BFG站点CH<sub>4</sub>涡度通量的日变化

### 4.3 太湖CH<sub>4</sub>通量的空间变化特征



**Figure.7** 2012~2014年均太湖CH<sub>4</sub>通量的空间变化特征

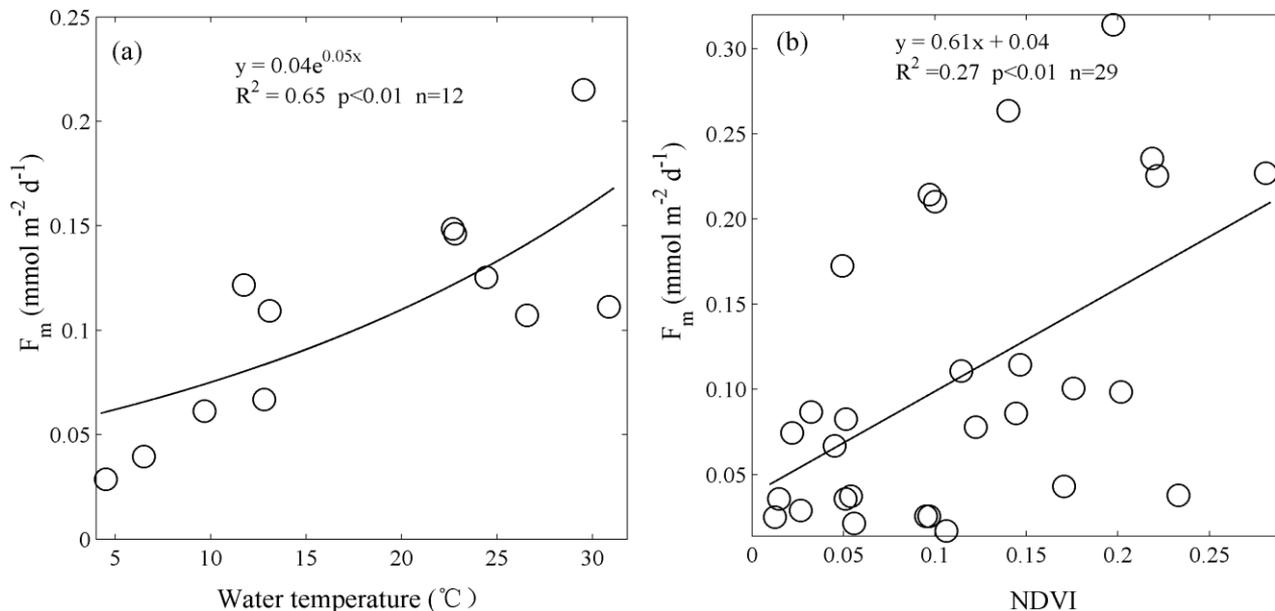
## 4.3 太湖 CH<sub>4</sub> 通量的空间变化特征



**Figure.8** 不同季节CH<sub>4</sub> 通量的空间变化特征

- (a) 春季
- (b) 夏季
- (c) 秋季
- (d) 冬季

## 4.4 水-气界面CH<sub>4</sub>通量的控制因子



**Figure.9** (a) 2012~2014年全湖平均CH<sub>4</sub>通量和水温的相关性

(b) 多年平均空间站点的NDVI和CH<sub>4</sub>通量的相关性

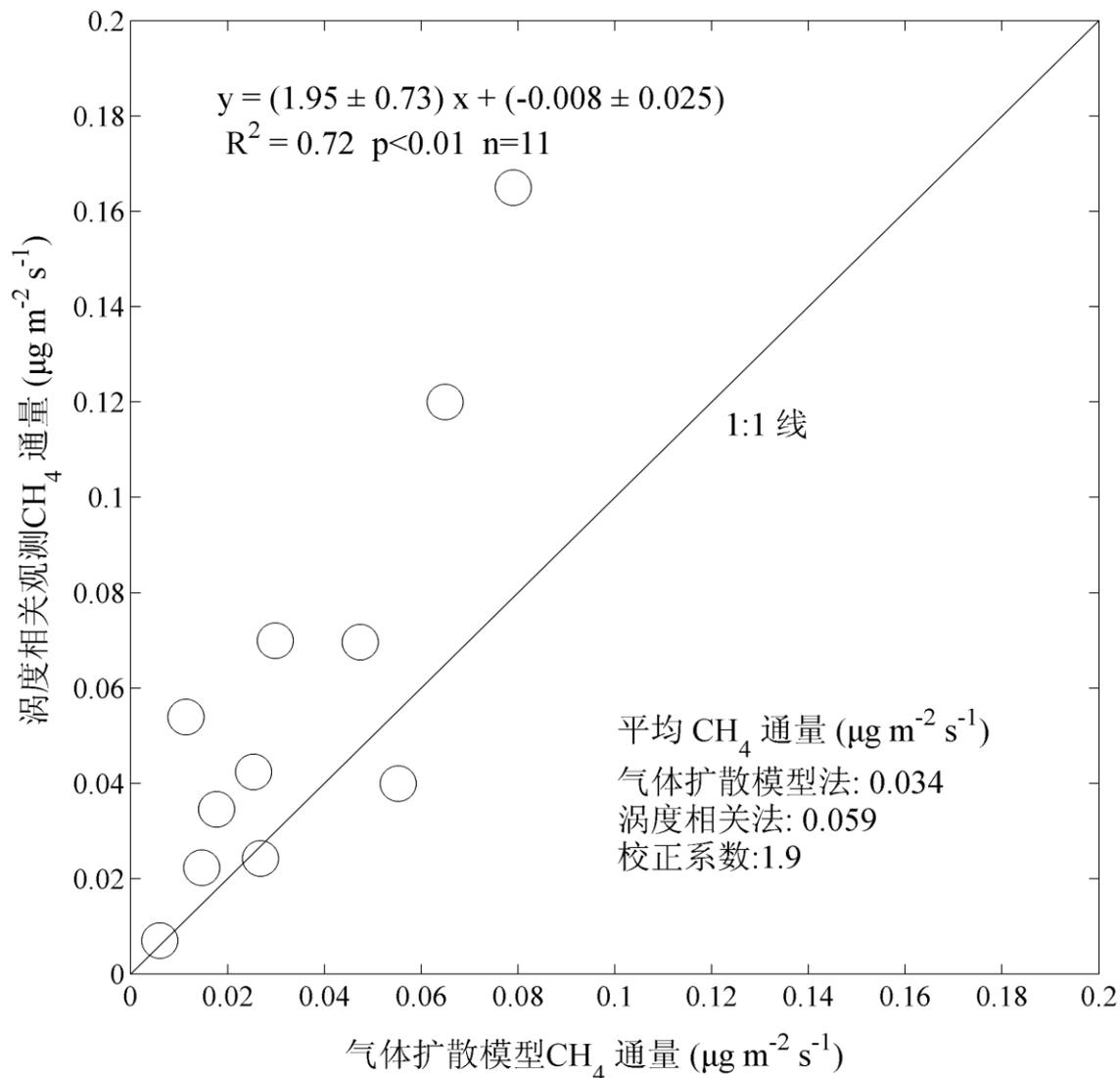
Table 1. 2012~2014年平均空间站点的水质等与CH<sub>4</sub>浓度和通量的相关性

	DO	Chl	Spc	ORP	pH	NTU	Water Depth	Water clarity
CH <sub>4</sub> concentration	-0.44*	-0.25	0.18	0.01	-0.53**	-0.47**	-0.62**	0.54**
CH <sub>4</sub> flux	-0.43*	-0.29	0.21	0.05	-0.53**	-0.50**	-0.58**	0.60**

\*, \*\* 分别在0.05和0.01水平显著相关

## 4.5 水-气界面CH<sub>4</sub>通量不同观测方法的初步比较

### 4.5.1 气体扩散模型法和涡度相关法



**Figure.10** (a) 气体扩散模型法和涡度相关法CH<sub>4</sub>通量的初步比较

## 4.5.2 气体扩散模型法和通量梯度法

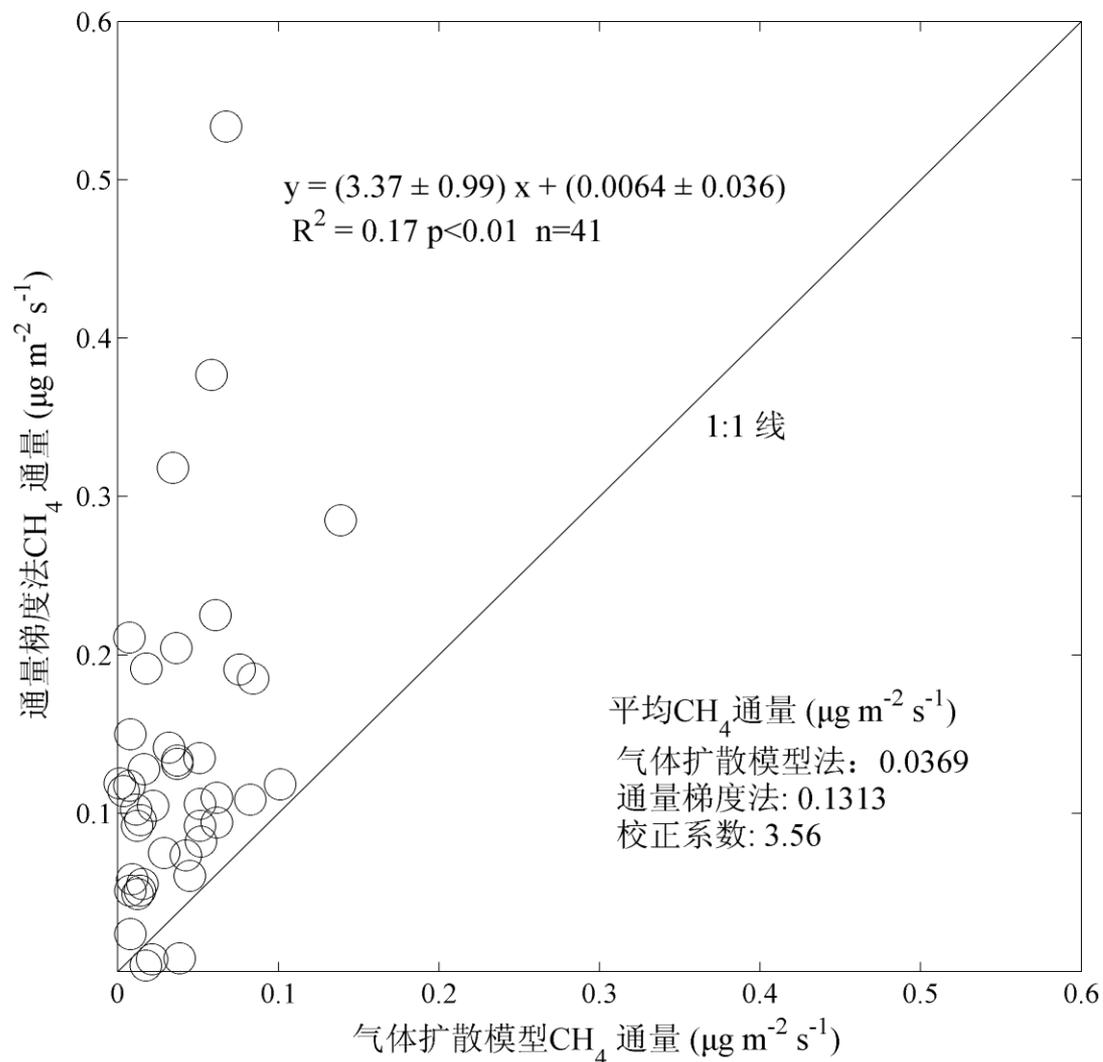


Figure.10 (b) 气体扩散模型法和通量梯度法 $\text{CH}_4$ 通量的初步比较

Yale



耶鲁大学-南京信息工程大学大气环境中心

Yale-NUIST Center on Atmospheric Environment

Thank You