



耶鲁大学-南京信息工程大学大气环境中心
Yale-NUIST Center on Atmospheric Environment

太湖中尺度通量观测网络的综合 观测研究

李旭辉，刘寿东，肖薇，张弥，王伟，胡正
华，王咏薇，肖启涛，胡诚，徐家平，曹畅

zhangm.80@nuist.edu.cn

第十四届中国生态学会大会

2015年9月24-25日 中国 成都

报告提纲

- 太湖中尺度通量观测网络建立的背景
- 太湖中尺度通量观测网络关注的科学问题
- 太湖中尺度通量观测网络的平台建设
- 已有的研究进展

1. 太湖中尺度通量观测网络建立的背景

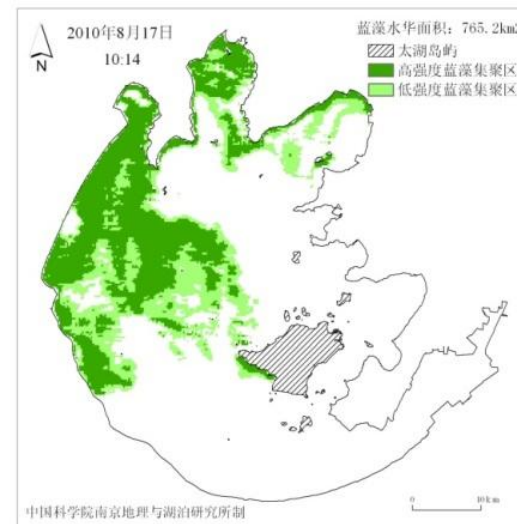
- 湖泊作为重要的内陆水体，在控制区域物质循环及调节区域气候方面起着关键的作用（*Downing et al., 2006; Lee et al., 2014; Watts et al., 2014*）。
- 在气候变化及湖泊富营养化日益严重的条件下，浅水湖泊与大气之间物质交换及动力传输过程的研究成为了地气交换研究的热点（*Bastviken et al., 2004; Palma-Silva et al., 2013; Lee et al., 2014*）。

1. 太湖中尺度通量观测网络建立的背景

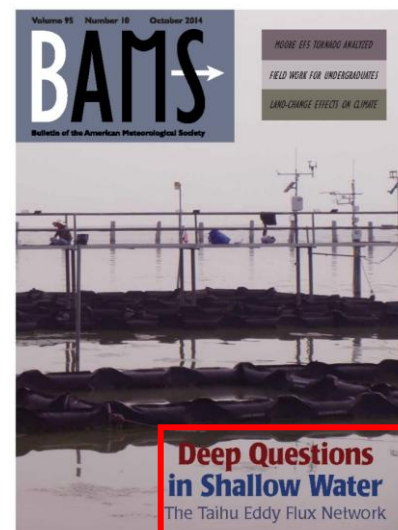
- 太湖，地处长江三角洲，是我国第三大淡水湖泊，且为平均水深仅为1.9m的浅水湖泊。富营养化以及持续的蓝藻爆发所导致的水质恶化，成为困扰太湖区域的严重的环境问题（ Xing et al., 2005; Qin et al. 2007; Hu et al; 2011; Lee et al., 2014 ）。
- 在气候变化、富营养化严重及蓝藻频繁爆发的条件下，太湖的水、热、温室气体交换及其对区域气候与环境的影响成为重要的科学问题。

2. 太湖中尺度通量观测网络关注的科学问题

- 建立适用于浅水湖泊的湖气交换参数化方案；
- 为什么太湖的湖陆风要弱于北半球高纬其它湖泊；
- 蓝藻爆发会对太湖的湖气交换产生怎样的影响；
- 富营养化湖泊是大气的 CO_2 源还是汇；
- 蓝藻及沉水植物的腐烂分解是否会使促使太湖 CH_4 的排放。



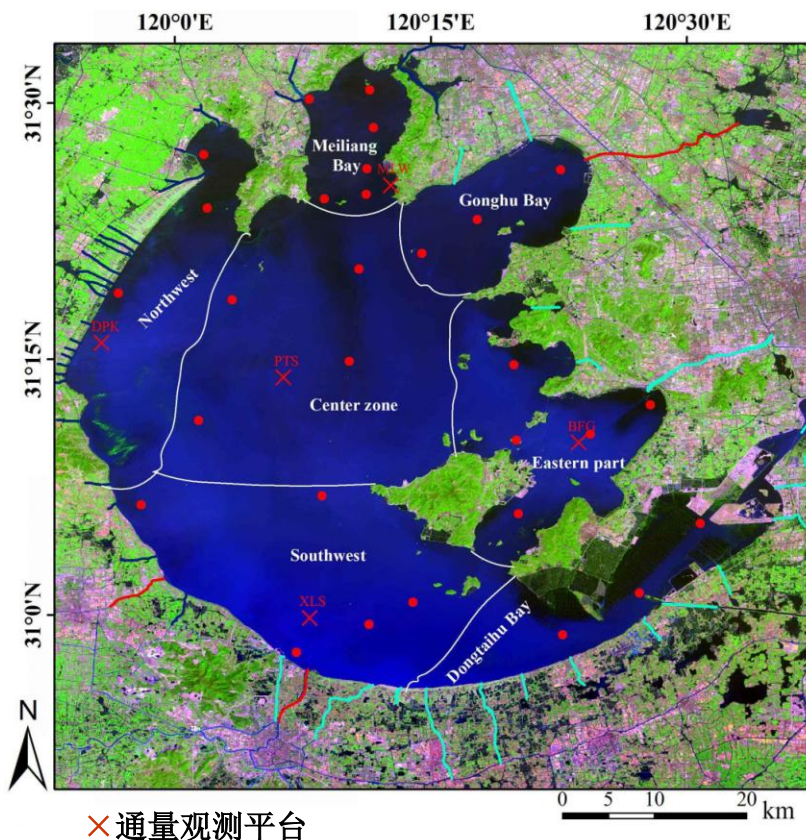
(Qin et al. 2007; Hu et al; 2011)



(Lee et al., 2014)

3. 太湖中尺度通量观测网络的平台建设

- 太湖位于 $30^{\circ}5'40''$ – $31^{\circ}32'58''$ N、 $119^{\circ}52'32''$ – $120^{\circ}36'10''$ E，总面积约 2400km^2 ，平均水深1.9m。

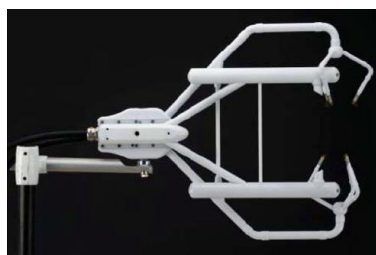
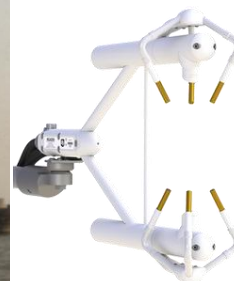
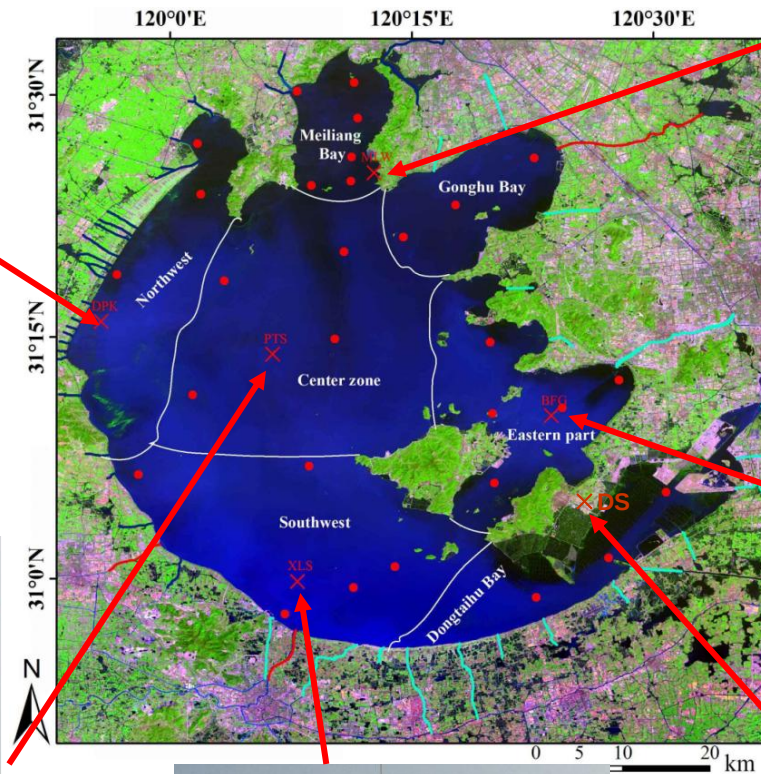


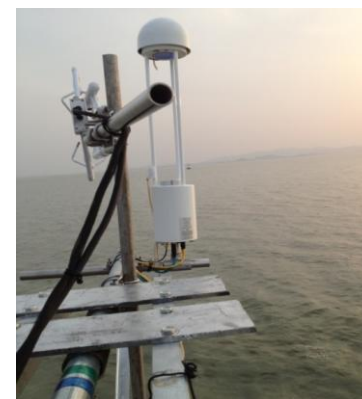
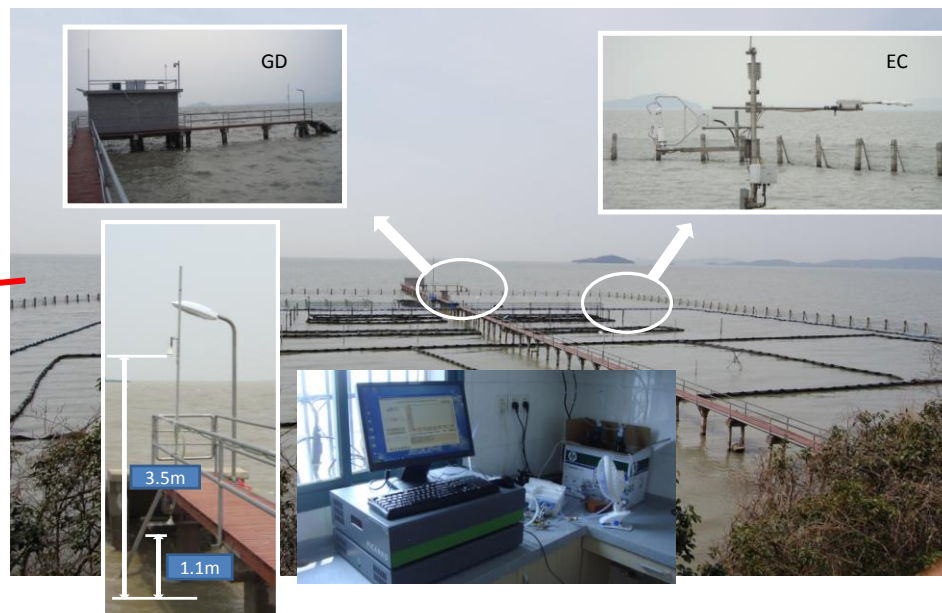
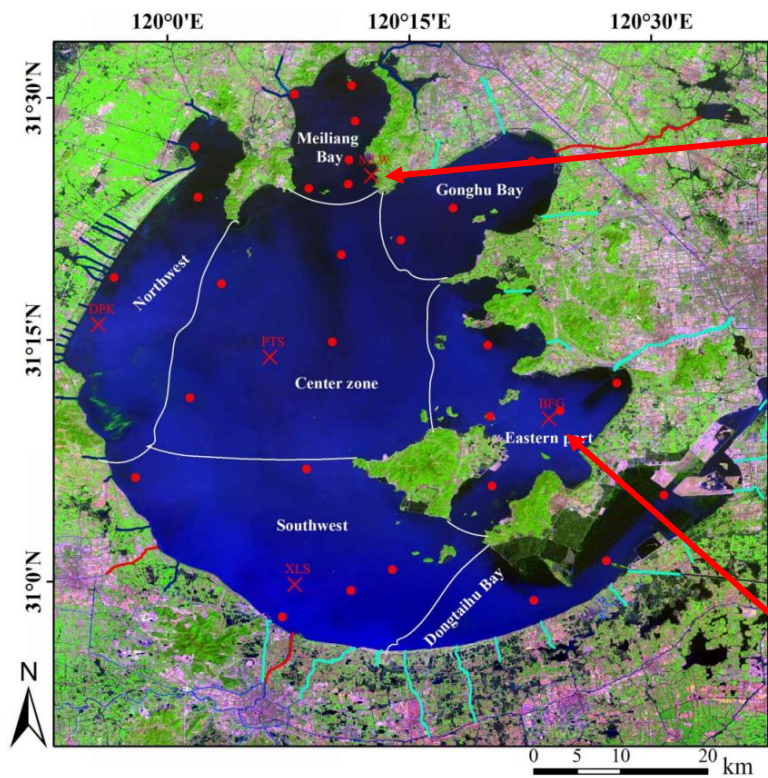
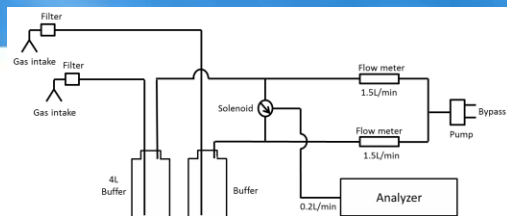
- 1 梅梁湾
- 2 贡湖湾，浮游植物，挺水植物区
- 3 西北沿岸区，富营养化区
- 4 湖心区，
- 5 东沿岸区，沉水植物
- 6 西南沿岸区，浮游植物大型植物过渡区
- 7 东太湖，沉水植物、养殖区

3. 太湖中尺度通量观测网络的平台建设

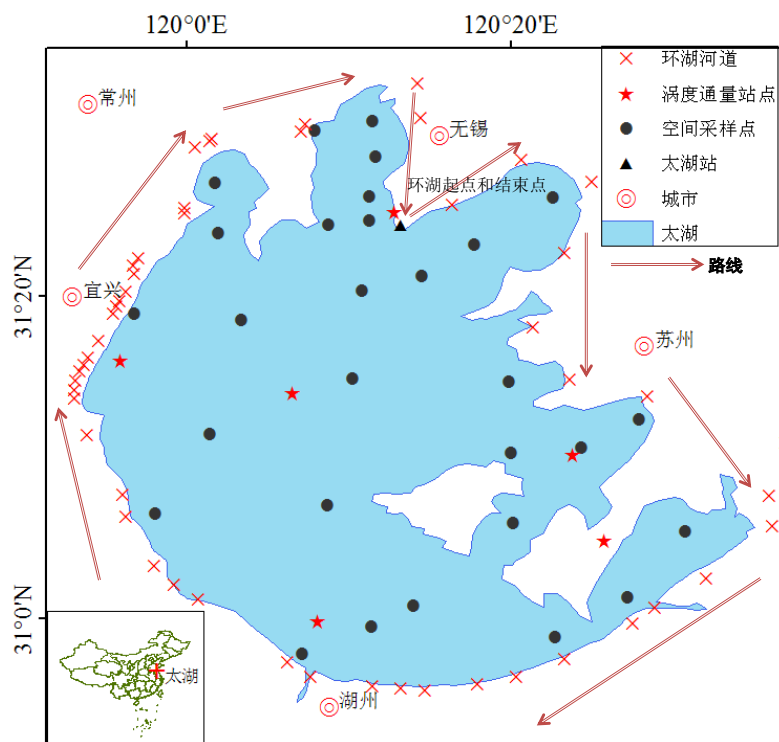
通量站点信息(Lee et al., 2014)

站点代码	站点名称	经/纬度	水深(m)	生物特征	起始时间
MLW	梅梁湾	31.42 N/120.21 E	1.8	富营养化	2010.07
DPK	大浦口	31.27 N/119.93 E	2.5	严重富营养化	2011.08
BFG	避风港	31.17 N/120.40 E	1.7	沉水植物	2011.12
XLS	小雷山	31.00 N/120.13 E	2.0	过渡区	2012.11
PTS	平台山	31.23 N/120.11 E	2.8	营养型水体	2013.06

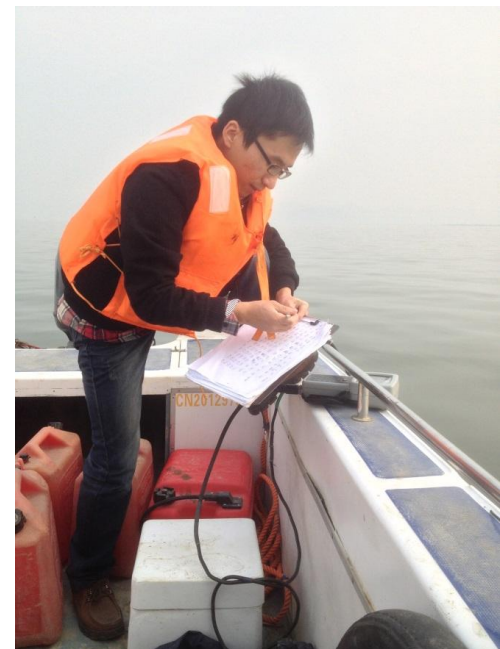




水样采样及观测

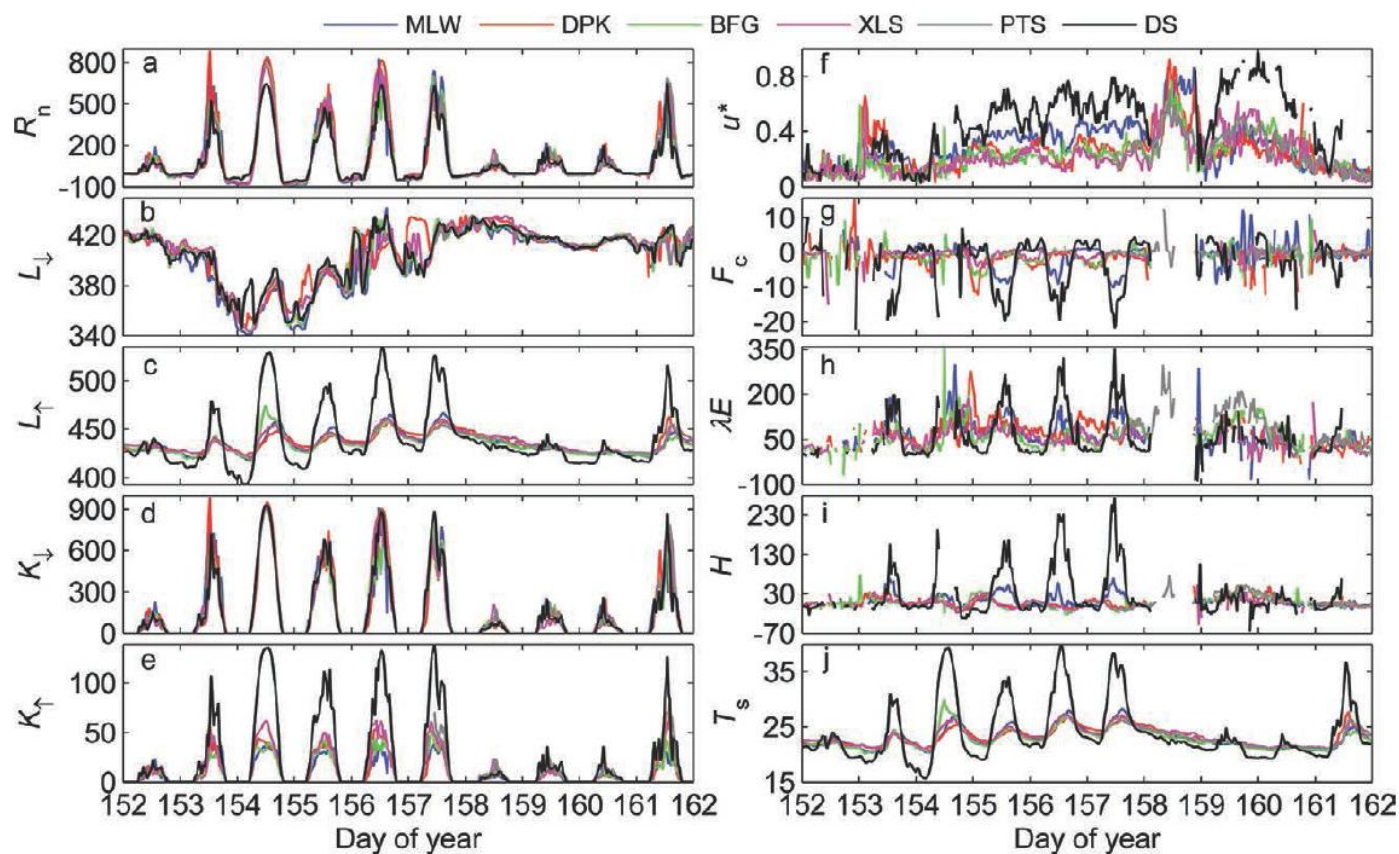


全湖及环湖采样点



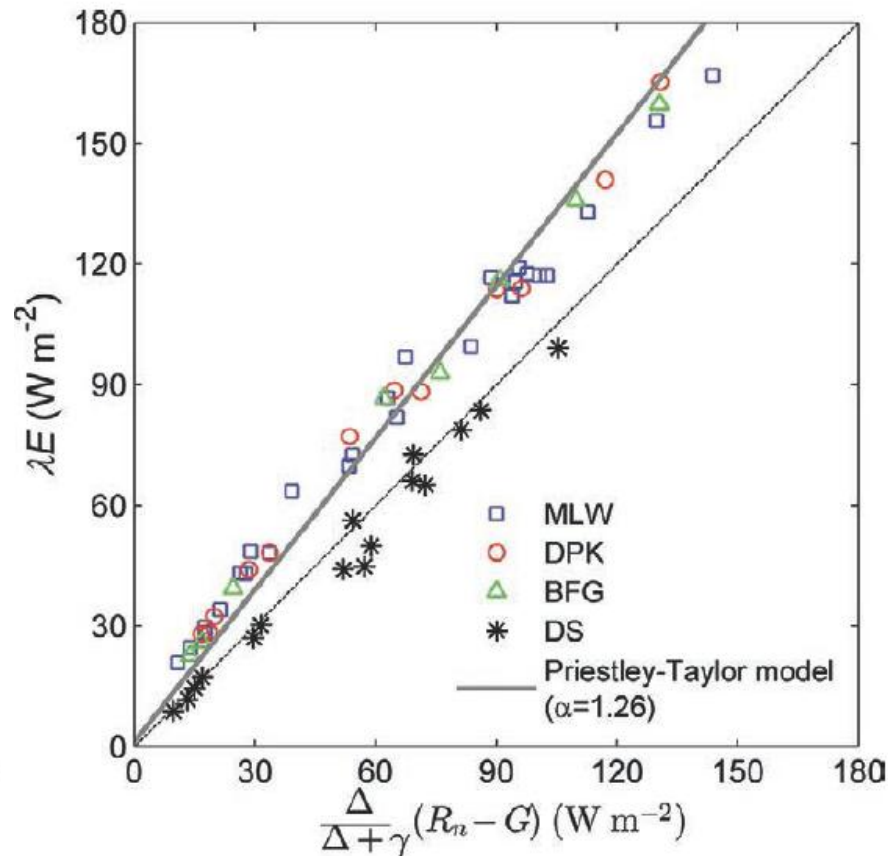
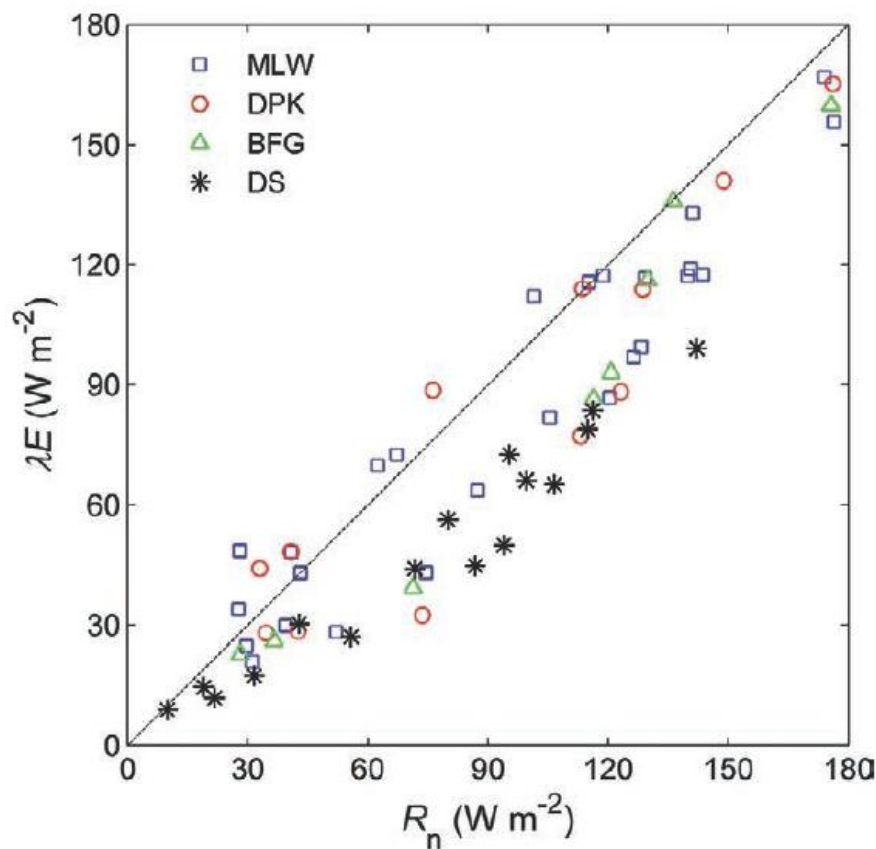
4.已有的研究进展

4.1 湖-气通量观测结果



2013年7月1日-10日各通量站小气候及通量的时间变化动态 (Lee et al., 2014)

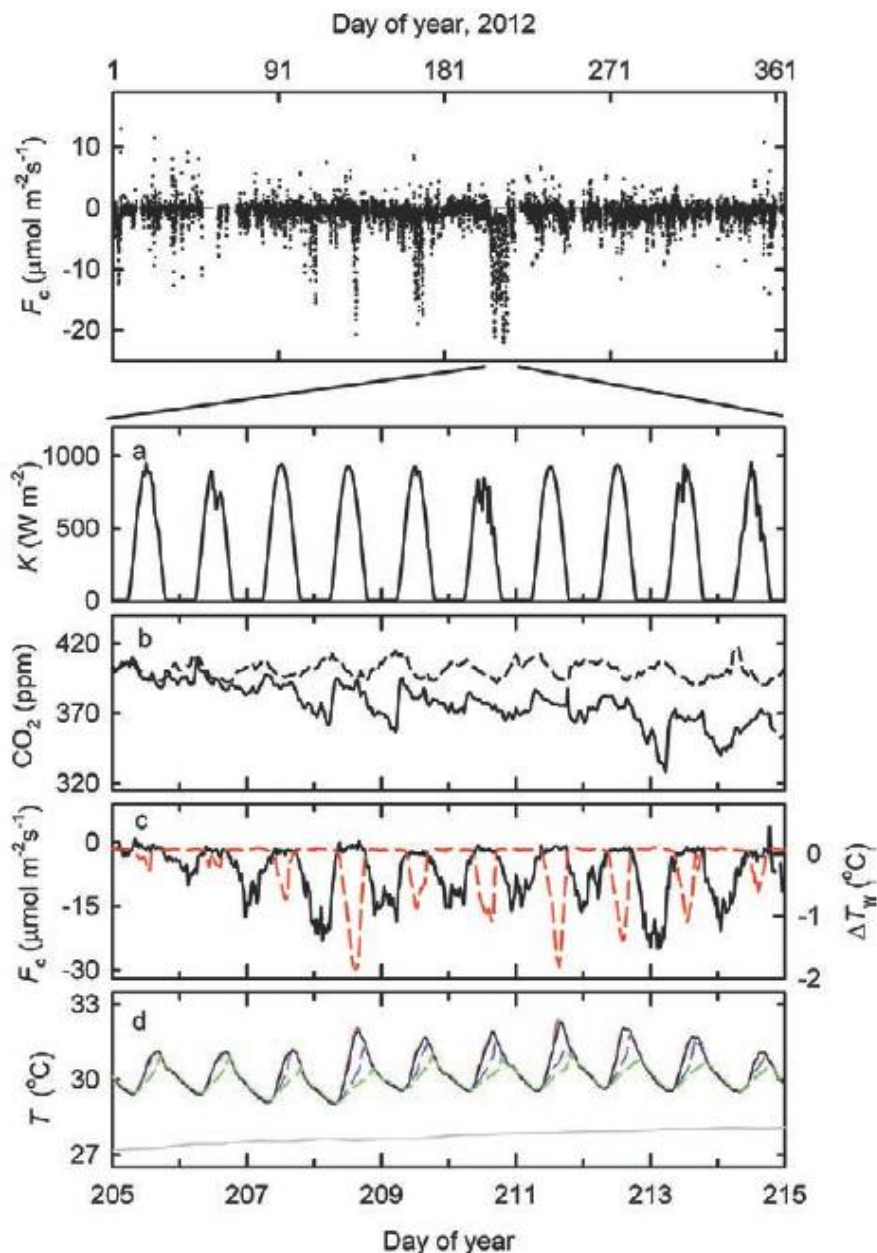
4.1 湖-气通量观测结果



月潜热通量与净辐射的关系 (a) 及与可利用能量之间的关系 (b)
(Wang et al., 2014)

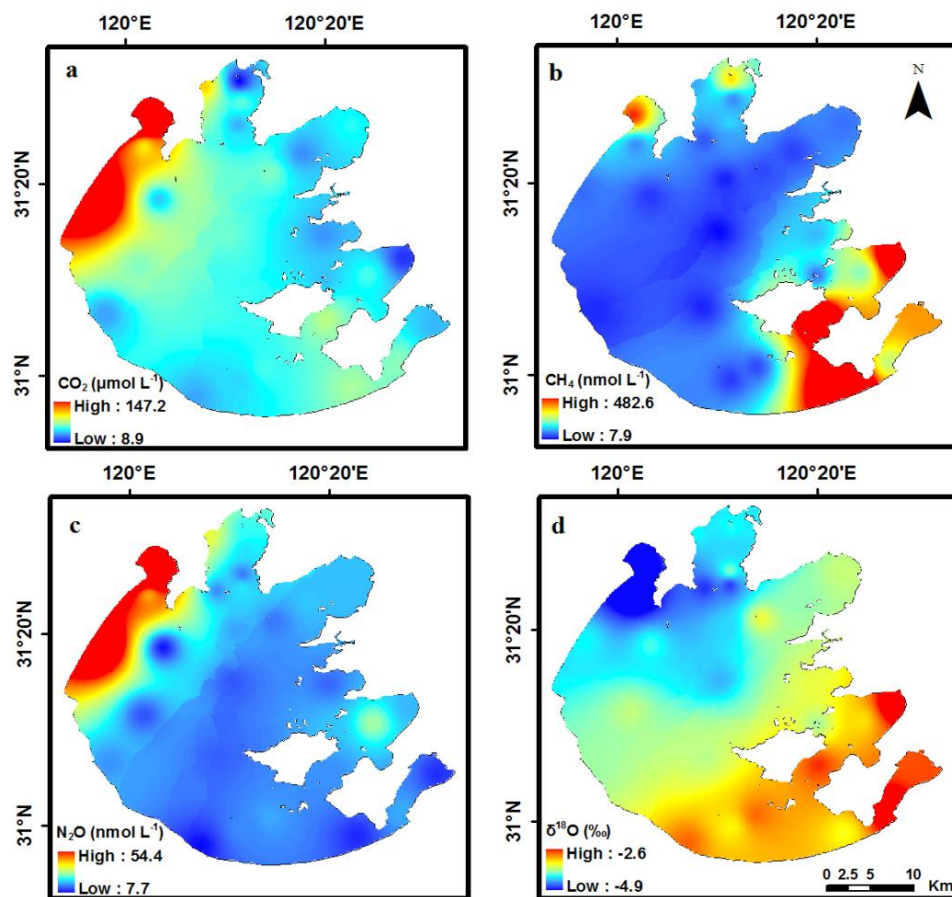
4.1 湖-气通量观测结果

2012年半小时CO₂通量

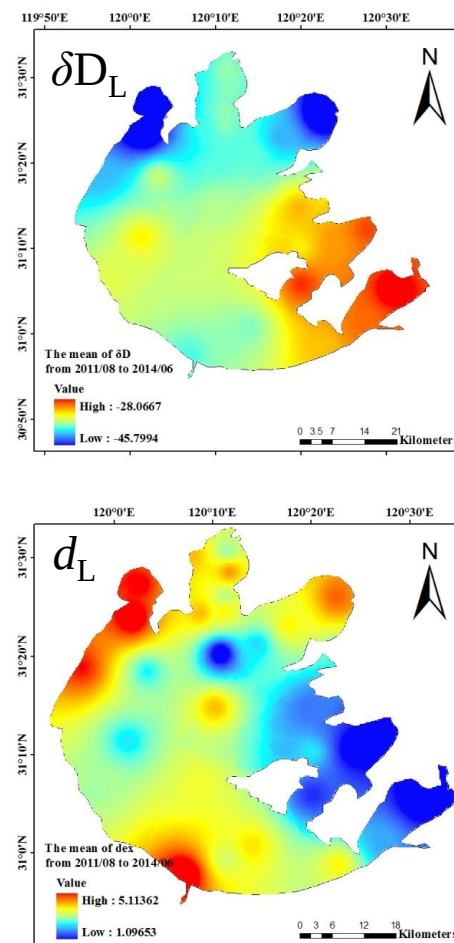


2012年7月23日-8月1日BFG太阳辐射(a)、BFG(实线)与MLW(虚线)CO₂混合比(b)、BFGCO₂通量与0.2-1.0m水温差(c)、BFG各层水温与底泥温度

4.1 湖-气通量观测结果

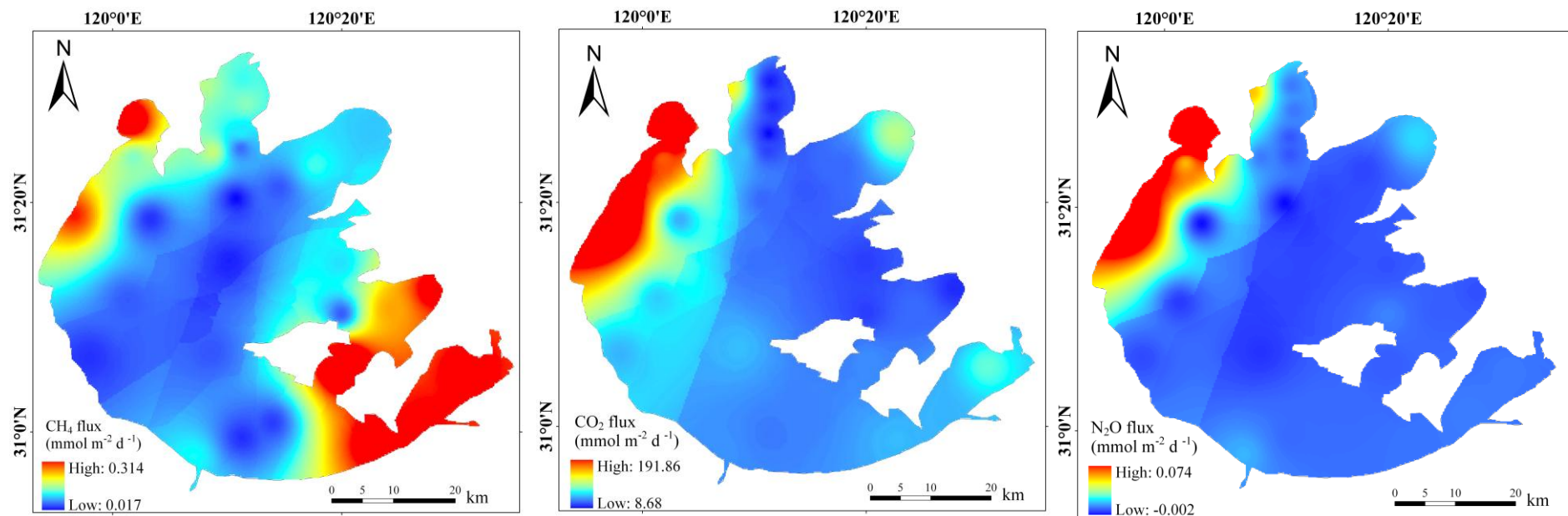


2013年夏季湖水中 CO_2 浓度(a)、 CH_4 浓度(b)、 N_2O 浓度(c)、 $\delta^{18}\text{O}$ (d) 的空间分布(Lee et al., 2014)



2011-2014年平均的同位素 δDL 及 d_L 的空间分布

4.1 湖-气通量观测结果



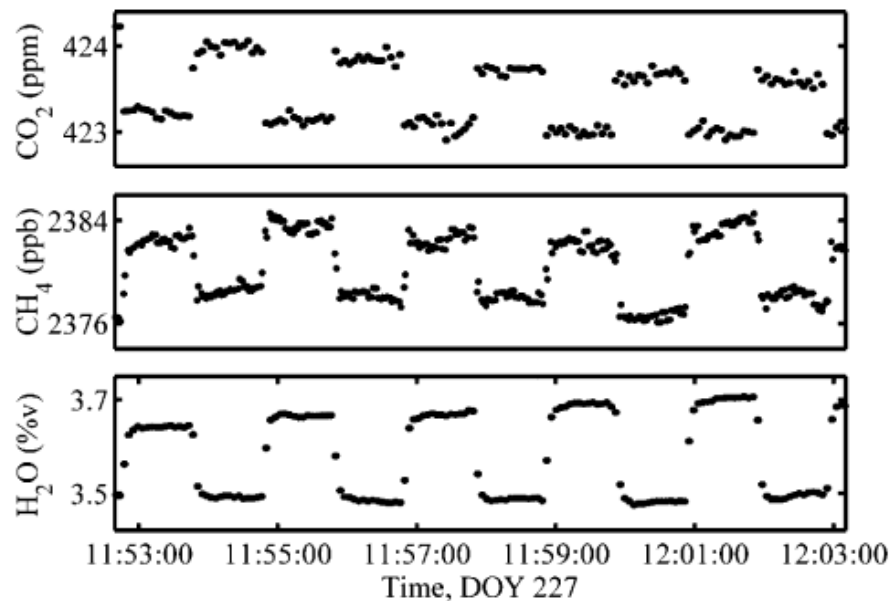
2012-2014年平均的 CH_4 、 CO_2 、 N_2O 通量的空间分布特征

4.1 湖-气通量观测结果

太湖碳平衡（单位：g C m⁻² y⁻¹）

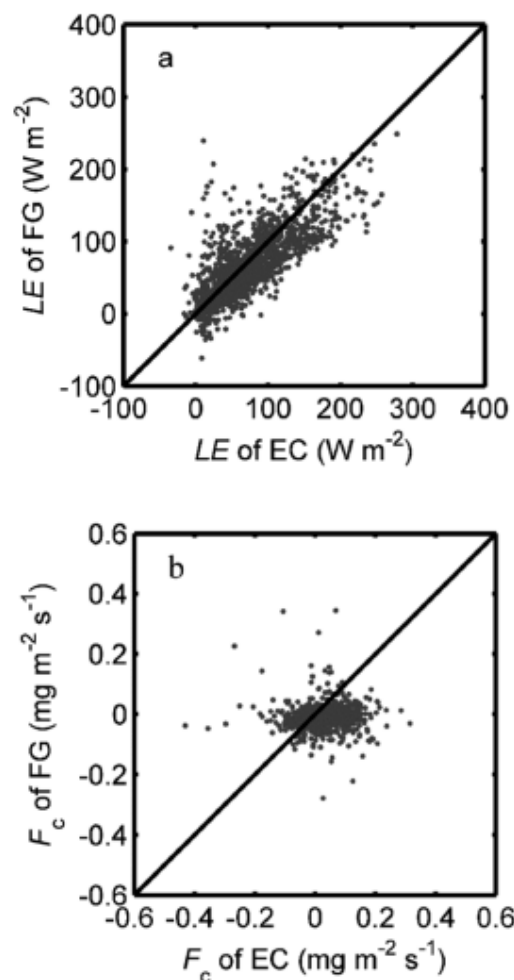
	August 2013-June 2014	Song et al., 2008
Inflows carbon	111.03	117.42
Outflows carbon	-82.93	-74.63
CO ₂ flux	370 ± 45 (DPK)	-36.52
CH ₄ flux	-8.30	-8.30
Organic carbon burial	-16.60	2.58
Carbon imbalance	373.2 ± 45	0.55

4.2 不同观测方法的比较



2012年8月14日 (DOY227) 11:53:00
至12:03:00上下进气口之间切换测定的
 CO_2 、 CH_4 及 H_2O 混合比。

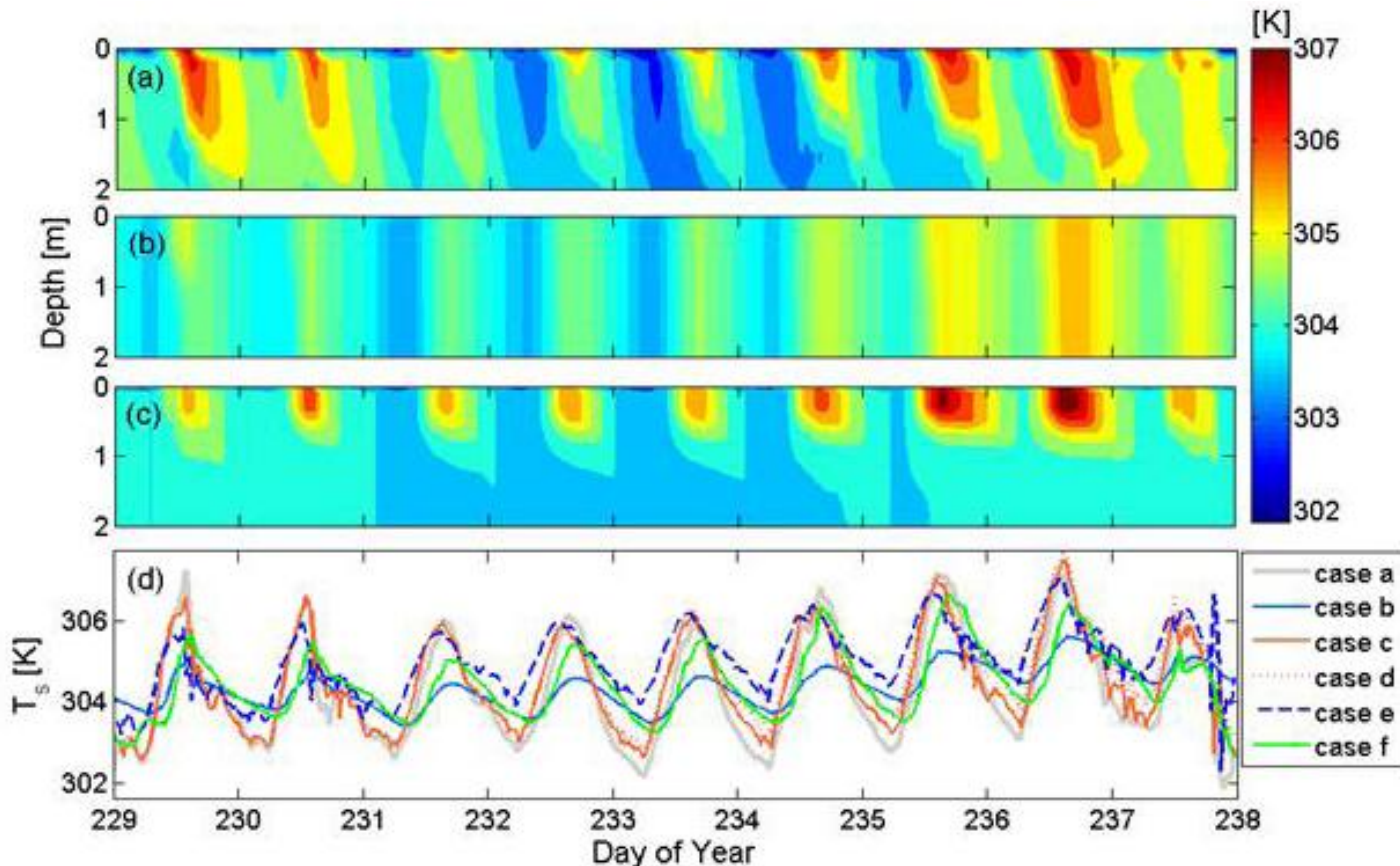
(Xiao et al., 2014)



通量梯度法(FG)与涡度相关方法(EC)得到的
 LE (a)及 F_c (b)

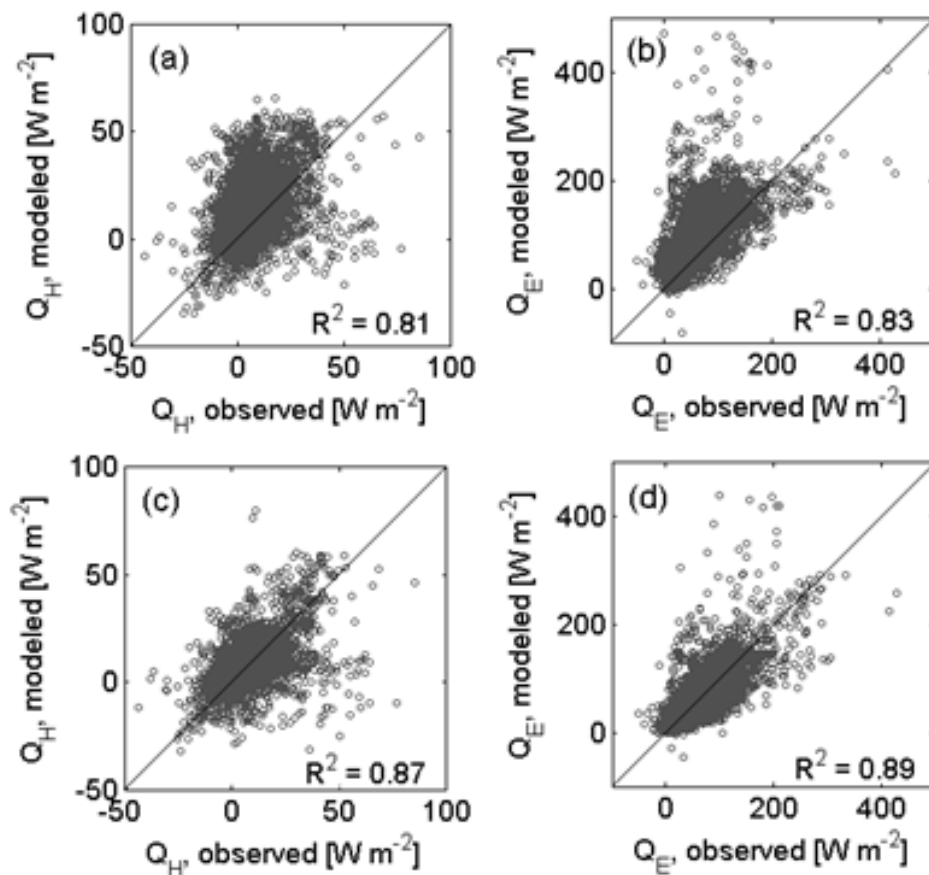
4.3 对湖泊模式的改进

- 对CLM4-LISSS的改进



利用模型模拟的2010年229-238天的MLW站点的水温, (a)观测的水温梯度; (b)模型默认参数的模拟结果; (c)改进的模型模拟结果; (d)模拟的5个条件下的表层水温(case a 观测值; case b默认值; case c调整了湍流扩散系数; case d调整了消光系数; case e调整了消光系数及粗糙度; case f利用观测的20cm深水温优化模型(Deng et al., 2013))

4.3 对湖泊模式的改进



模拟的湖-气显热 Q_H 与潜热交换 Q_E 与观测值的比较，a、b模型默认参数，
c、d校正后的参数(Deng et al., 2013)

4.3 对湖泊模式的改进

Erie湖湖风发生的情况 (Sills et al., 2011)

	June 2007		July 2007		August 2007		Total	
	Days	%	Days	%	Days	%	Days	%
Huron Shore	28	93 %	29	94 %	19	66 %	76	84 %
Erie Shore	27	90 %	27	87 %	20	69 %	74	82 %
St. Clair Shore	26	87 %	29	94 %	20	69 %	75	83 %
Shores of All Lakes	26	87 %	26	84 %	16	55 %	68	76 %
Shore of Any Lake	29	97 %	30	97 %	22	76 %	81	90 %

太湖湖风发生的情况

	June 2012	July 2012	August 2012	Total
Two shore	36.6%	12.9%	32.25%	34.78%
Four Shore	30%	9.67%	22.58%	22.82%

基于模型模拟的2012年太湖湖风

	Observation	WRF/lake	WRF/default
Days	9	10	16
Frequency	30%	33%	53%

关于太湖中尺度通量观测网络的文章

- Xiao W, Wen X, Wang W, Xiao Q, Xu J, Cao C, Xu J, Hu C, Shen J, Liu S, Lee X (2015) Spatial distribution and temporal variability of stable water isotopes in a large and shallow lake. In review
- Hu C, Y Wang, W Wang, S Liu, M Piao, W Xiao, X Lee (2015) Trends in evaporation of a large subtropical lake. In review
- Hu Z, Q Xiao, J Yang, W Xiao, W Wang, S Liu, X Lee (2015) Temporal dynamics and regulation of ecosystem metabolism in a large subtropical shallow lake (Lake Taihu). *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12: 3691–3706.
- Lee X, S Liu, W Xiao, W Wang, Z Gao, C Cao, C Hu, Z Hu, S Shen, Y Wang, X Wen, Q Xiao, J Xu, J Yang, M Zhang (2014) The Taihu Eddy Flux Network: an observational program on energy, water, and greenhouse gas fluxes of a large freshwater lake. *Bulletin of American Meteorological Society* 95: 1583-1594.
- Xiao W, S Liu, H Li, Q Xiao, W Wang, Z Hu, C Hu, Y Gao, J Shen, X Zhao, M Zhang, X Lee (2014) A flux-gradient system for simultaneous measurement of the CH₄, CO₂ and H₂O fluxes at a lake-air interface. *Environmental Science and Technology* 48: 14490–14498. online supplement / data access (readme / 86_MLW_2012_2014)
- Wang W, W Xiao, C Cao, Z Gao, Z Hu, S Liu, S Shen, L Wang, Q Xiao, J Xu, D Yang, X Lee (2014) Temporal and spatial variations in radiation and energy balance across a large freshwater lake in China. *Journal of Hydrology* 511: 811-824.
- Xiao W, S Liu, W Wang, D Yang, J Xu, Chang Cao, H Li, X Lee (2013) Transfer coefficients of momentum, sensible heat and water vapour in the atmospheric surface layer of a large freshwater lake. *Boundary-Layer Meteorology* 148: 479-494.
- Deng B, S Liu, W Xiao, W Wang, J Jin, X Lee (2013) Evaluation of the CLM4 lake model at a large and shallow freshwater lake. *Journal of Hydrometeorology* 14: 636-649.
- 王伟, 申双和, 刘寿东, 张弥, 肖薇, 王咏薇, 李旭辉 (2015) 太湖能量闭合特征及其主要影响因素。审稿中
- 曹畅, 李旭辉, 张弥, 刘寿东, 肖薇, 肖启涛, 徐家平 (2015) 太湖湖表反照率时空特征及影响因子。环境科学, 已录用。
- 肖启涛, James Deng, 胡正华, 肖薇, 刘寿东, 李旭辉 (2014) 杀菌剂对湖泊水体温室气体浓度分析的影响。环境科学, 35(1):356-364。
- 朴美花, 刘寿东, 王咏薇, 王伟, 肖薇, 曹畅, 徐家平 (2014) 夏季太湖表面辐射和能量通量特征观测分析。科学与技术, 14(19):1-7。
- 王伟 (2014) 太湖能量收支及其对气候变化的响应 Energy budget at Lake Taihu and its response to climate change。博士学位论文。
- 肖薇, 刘寿东, 李旭辉, 王伟, 胡凝, 江晓东, 李永秀, 徐向华, 张雪松 (2012) 大型浅水湖泊与大气之间的动量和水热交换系数 -- 以太湖为例。湖泊科学, 24: 932-942.



Thank you for your attention!

<http://yncenter.sites.yale.edu>

