

高频、无线、自动监测技术在 湖泊生态环境中的应用

秦伯强

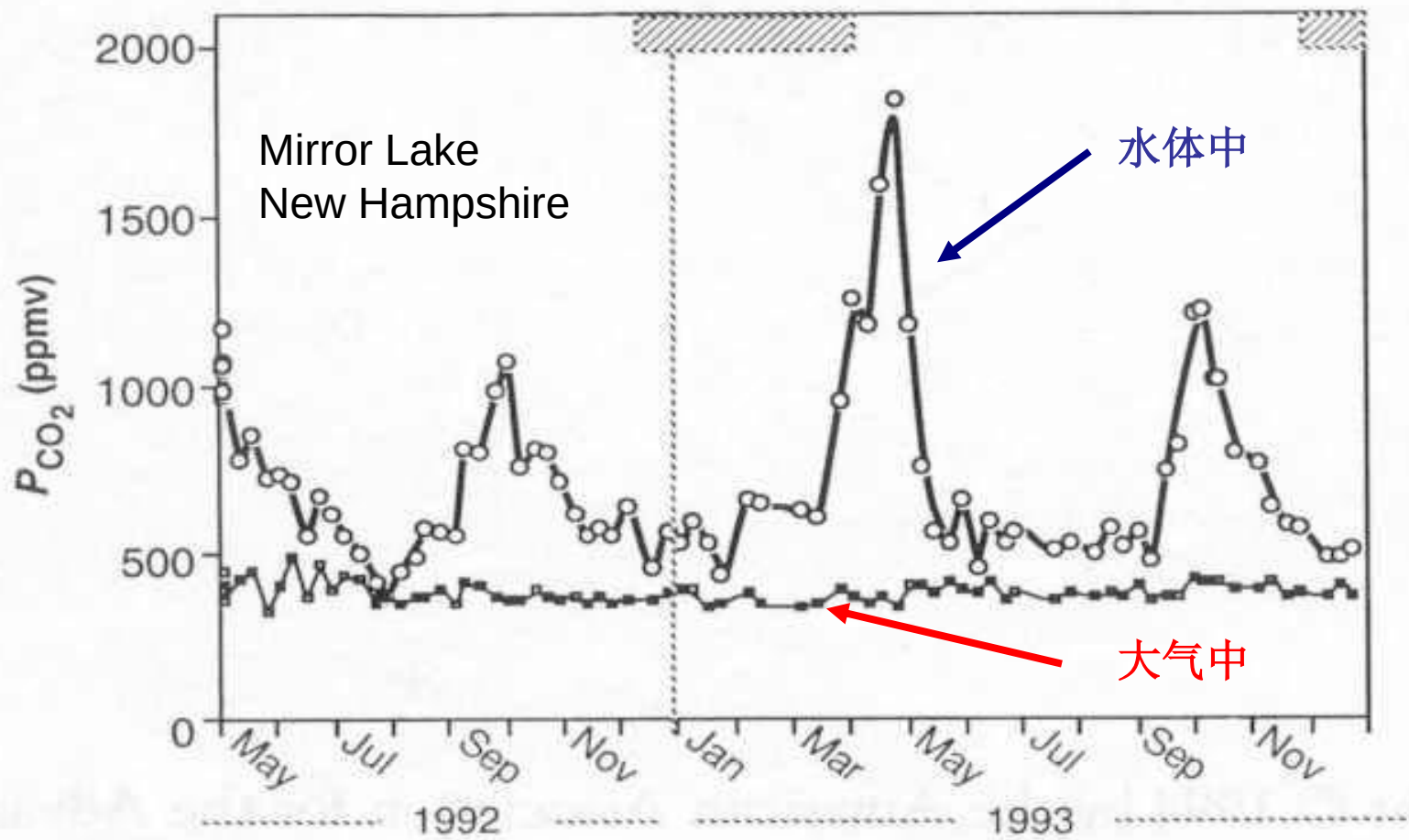
（中国科学院南京地理与湖泊研究所，
太湖湖泊生态系统研究站）

目 录

- ◆问题的提出
- ◆解决方法及关键技术
- ◆应用实例

1、问题的提出

世界上许多湖泊CO₂是过饱和的，什么原因？



可能的机制:

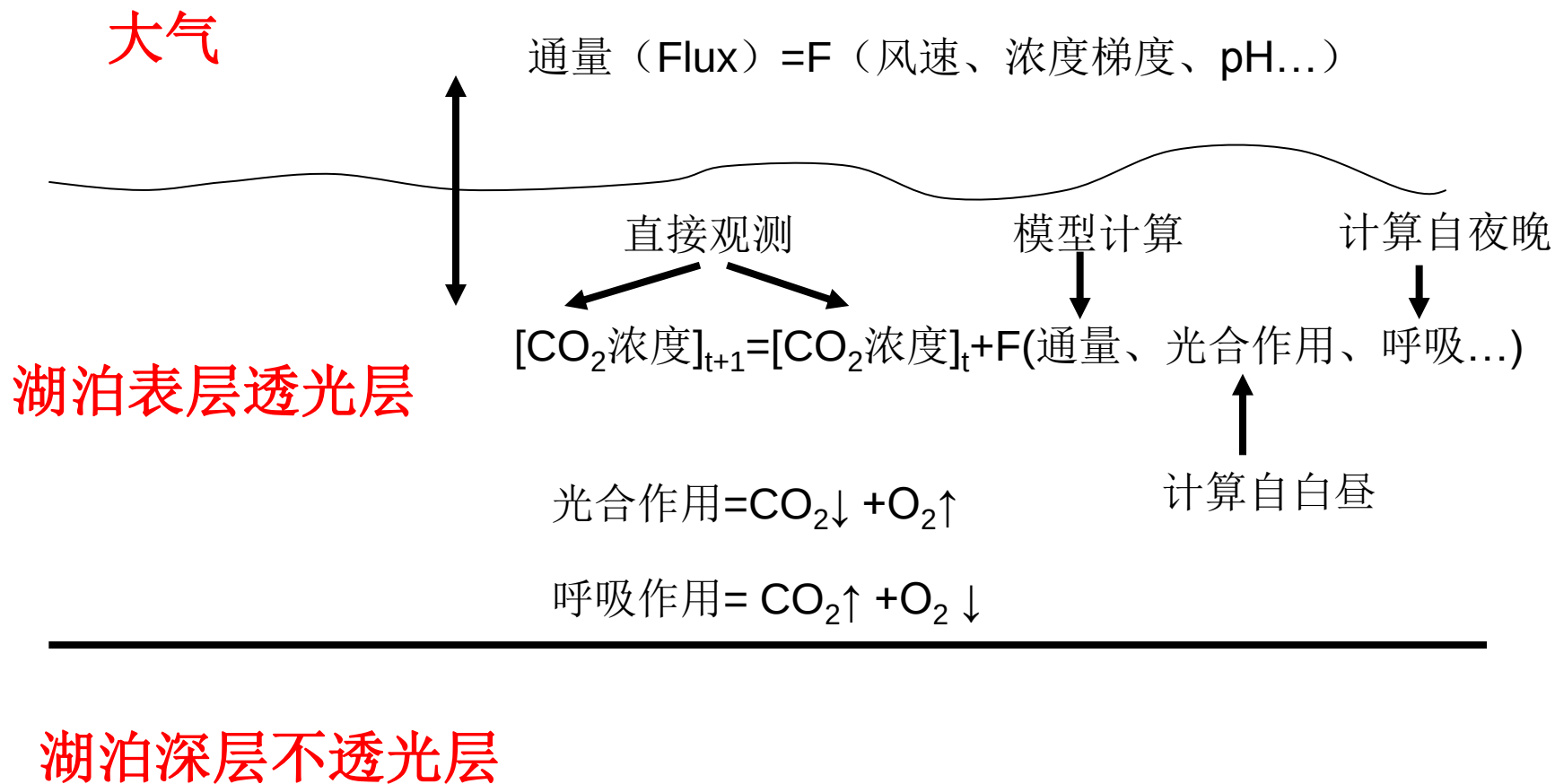
- 净异养型

湖泊的呼吸率 (Respiration) > 湖泊的生产率 (Production)

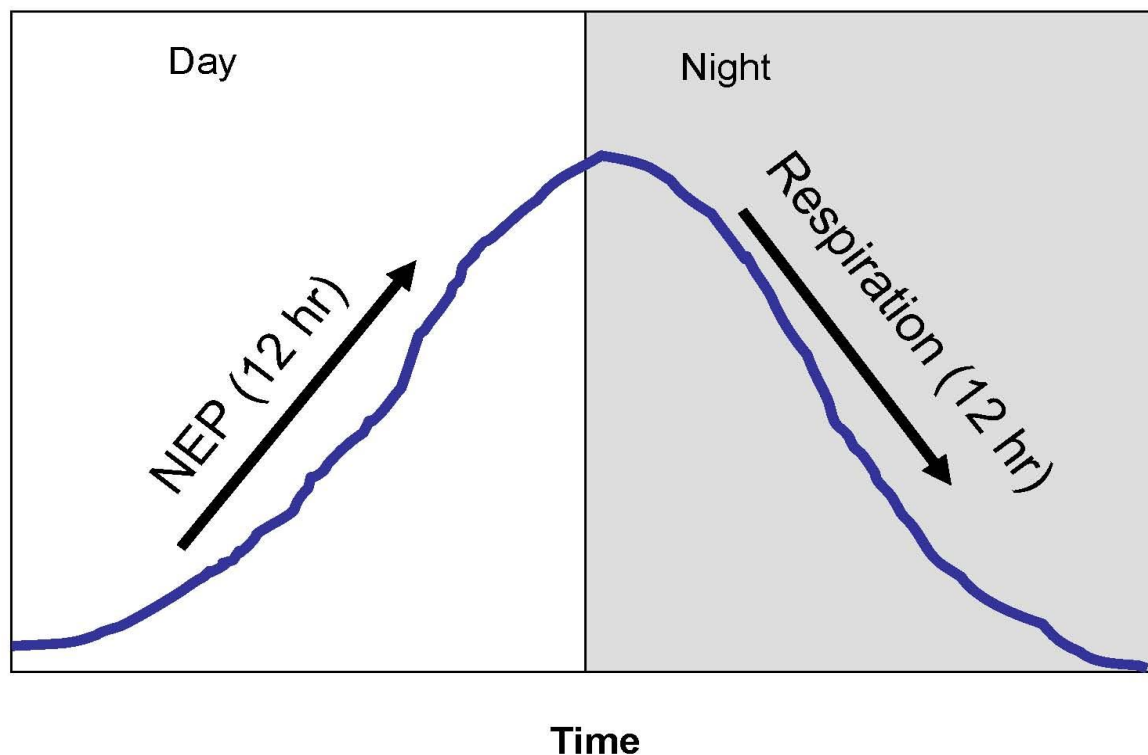
- 净输入型

输入的地表、地下水含有高浓度的 CO_2

建立模型：



生态系统生产率计算的概念性模式



$$GPP = NEP(12hr) + R(12hr)$$

$$R(24hr) = R(12hr) \times 2$$



$$NEP(24hr) = GPP - R(24hr)$$

解决方法-高频率监测



高频率观察数据:

- 水温
- 溶解氧
- 风速/风向
- 叶绿素浓度
- 气压
- ...

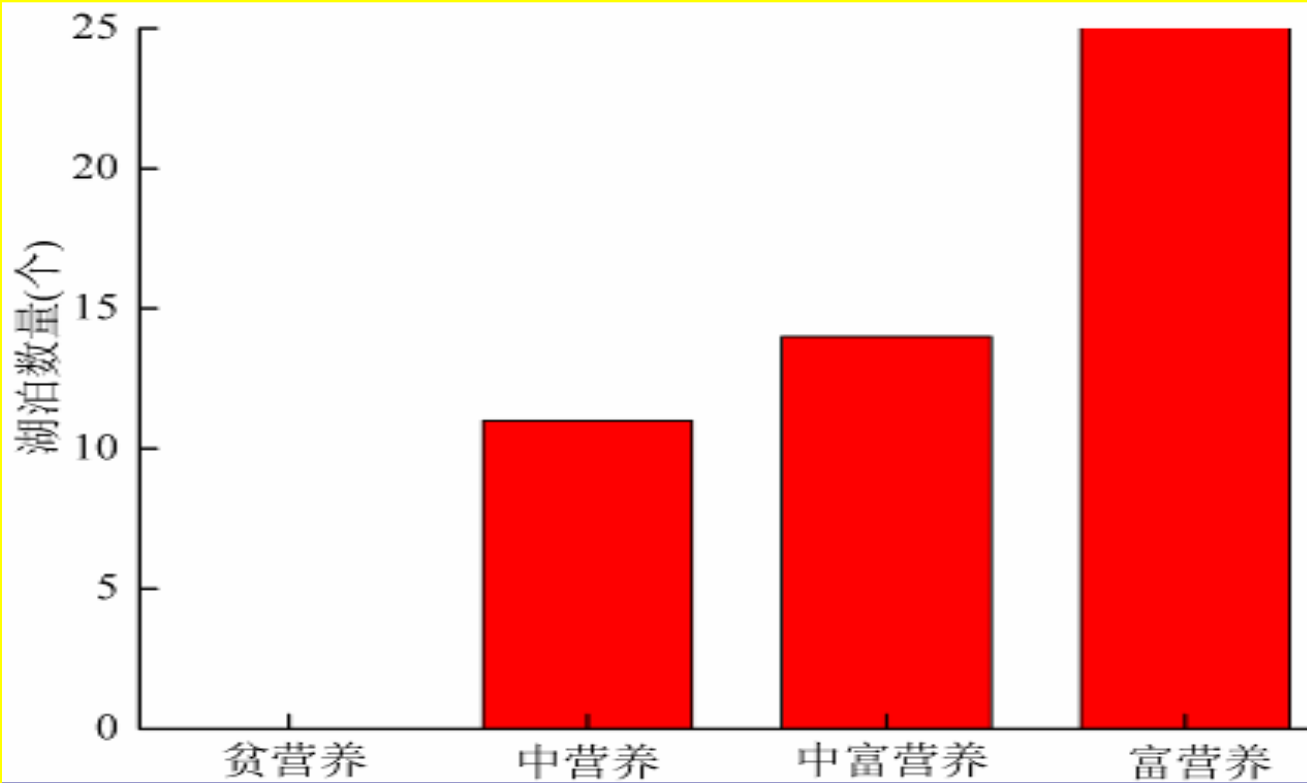
数据处理与应用:

- ◆ 毛初级生产率
- ◆ 呼吸率
- ◆ 生态系统净生产率
- ...

如何实现？ ？ ？



- 面积:
- 总面积
- 所有



(之二)

2002—2004年对长江中下游50个湖泊调查后发现，绝大部分湖泊已经富营养化

太湖流域地形图



蓝藻水华暴发是环境条件改变导致的生态系统异常响应结果

环境条件改变：

- 营养盐
- 光照
- 温度

.....

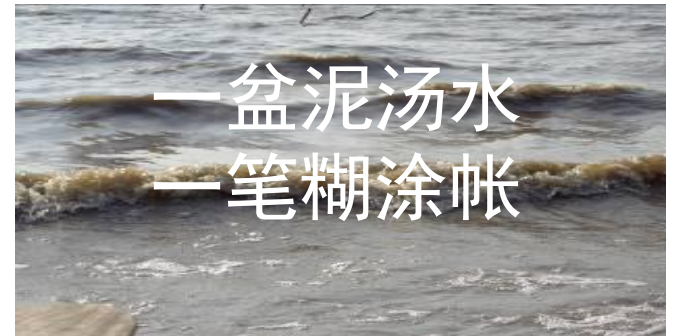


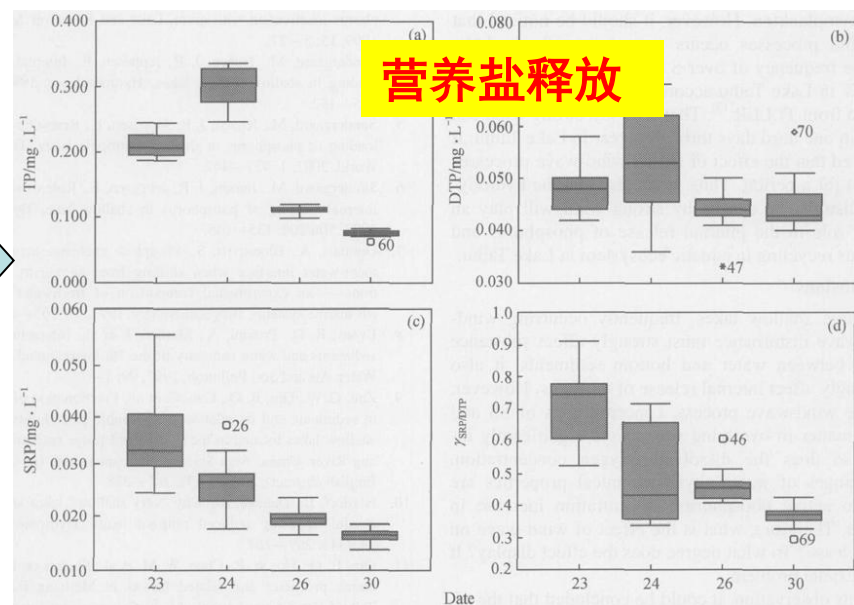
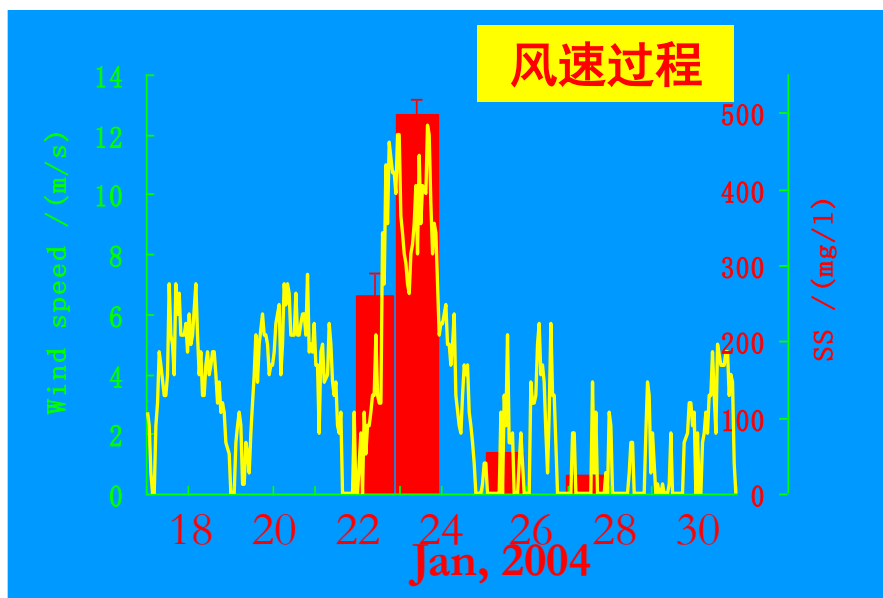
浅水湖泊中水动力扰动
导致底泥悬浮对营养盐、
光照等有着复杂而深远
的影响



生态系统响应：

- 沉水植被
 - 蓝藻水华
-

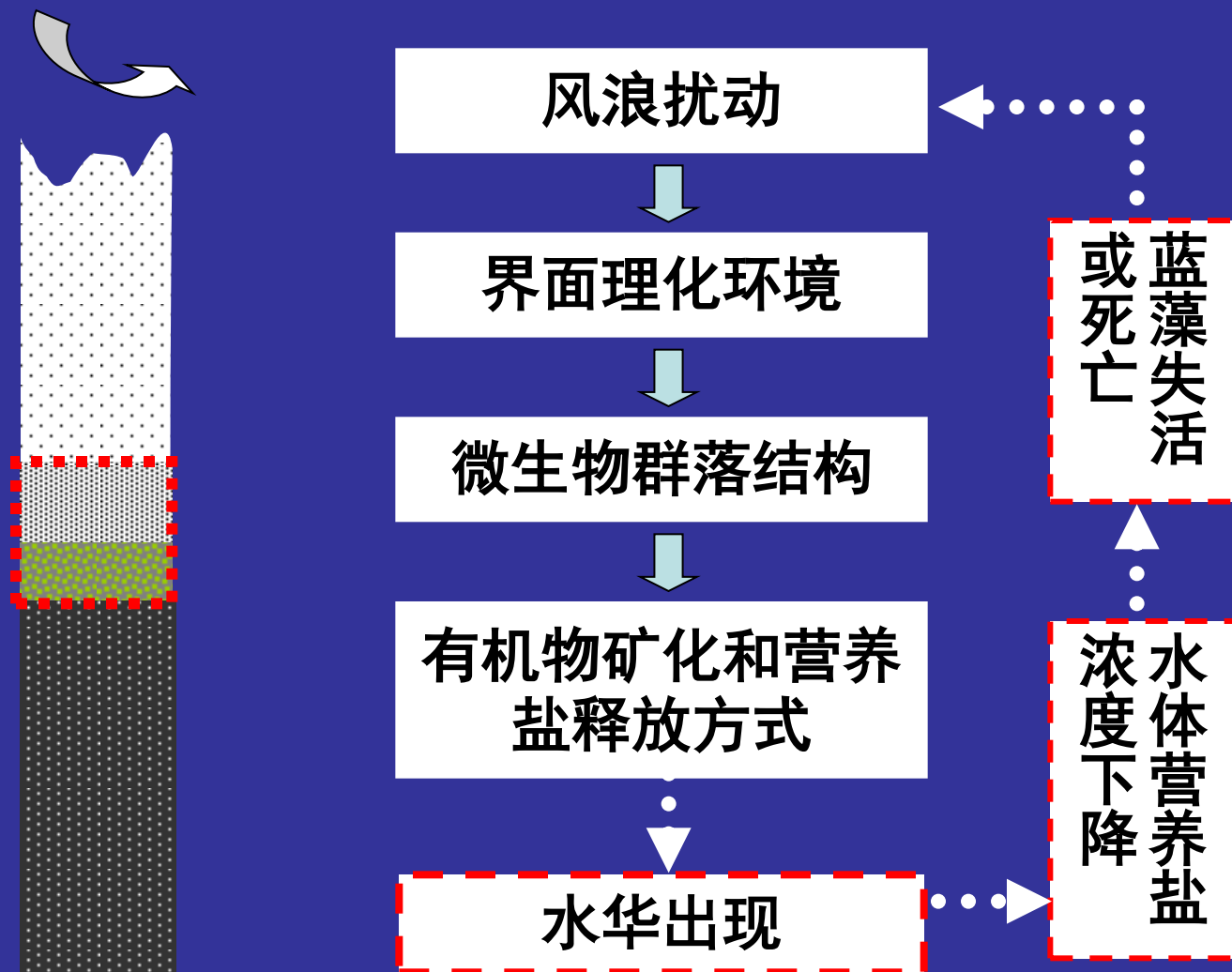




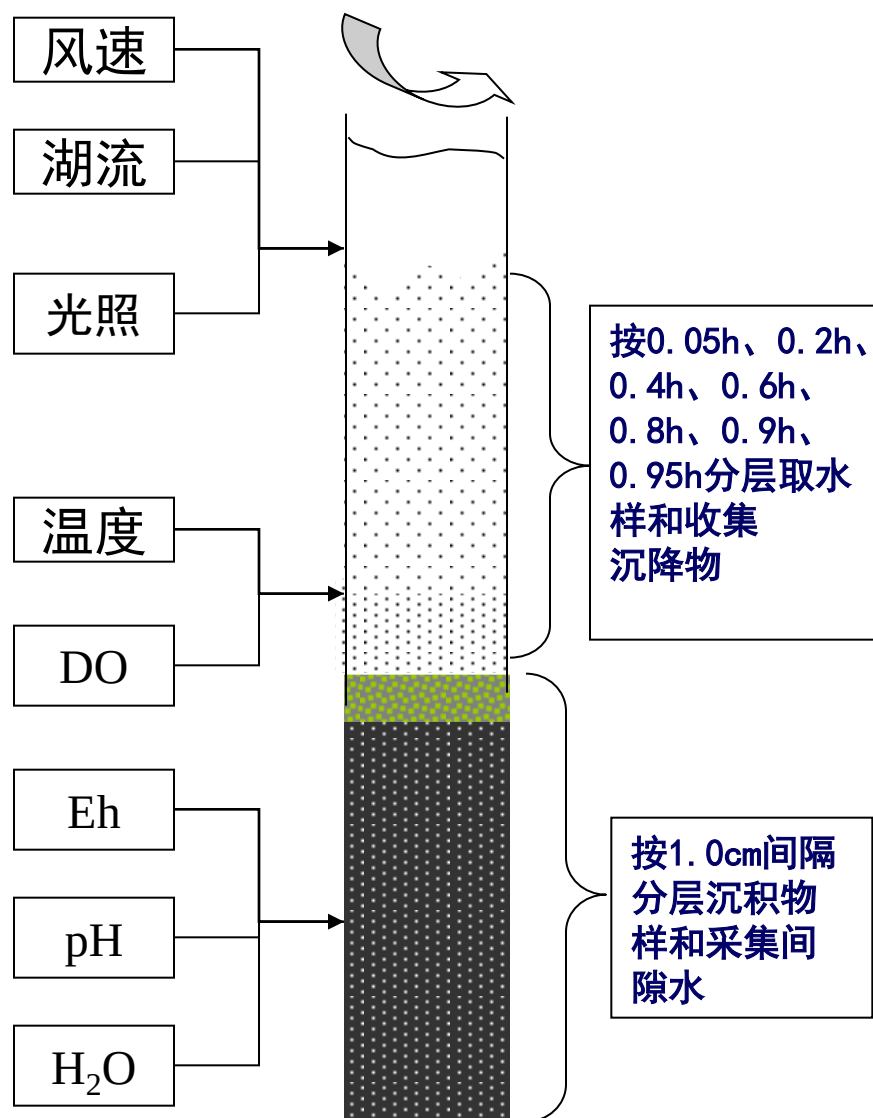
野外调查发现风浪扰动引起的底泥悬浮会造成内源磷的间歇性暴发释放，伴随风浪过程结束，蓝藻水华常常爆发出出现



可能的机制是间歇性动力扰动引起界面营养盐的间歇性释放促使蓝藻水华暴发的

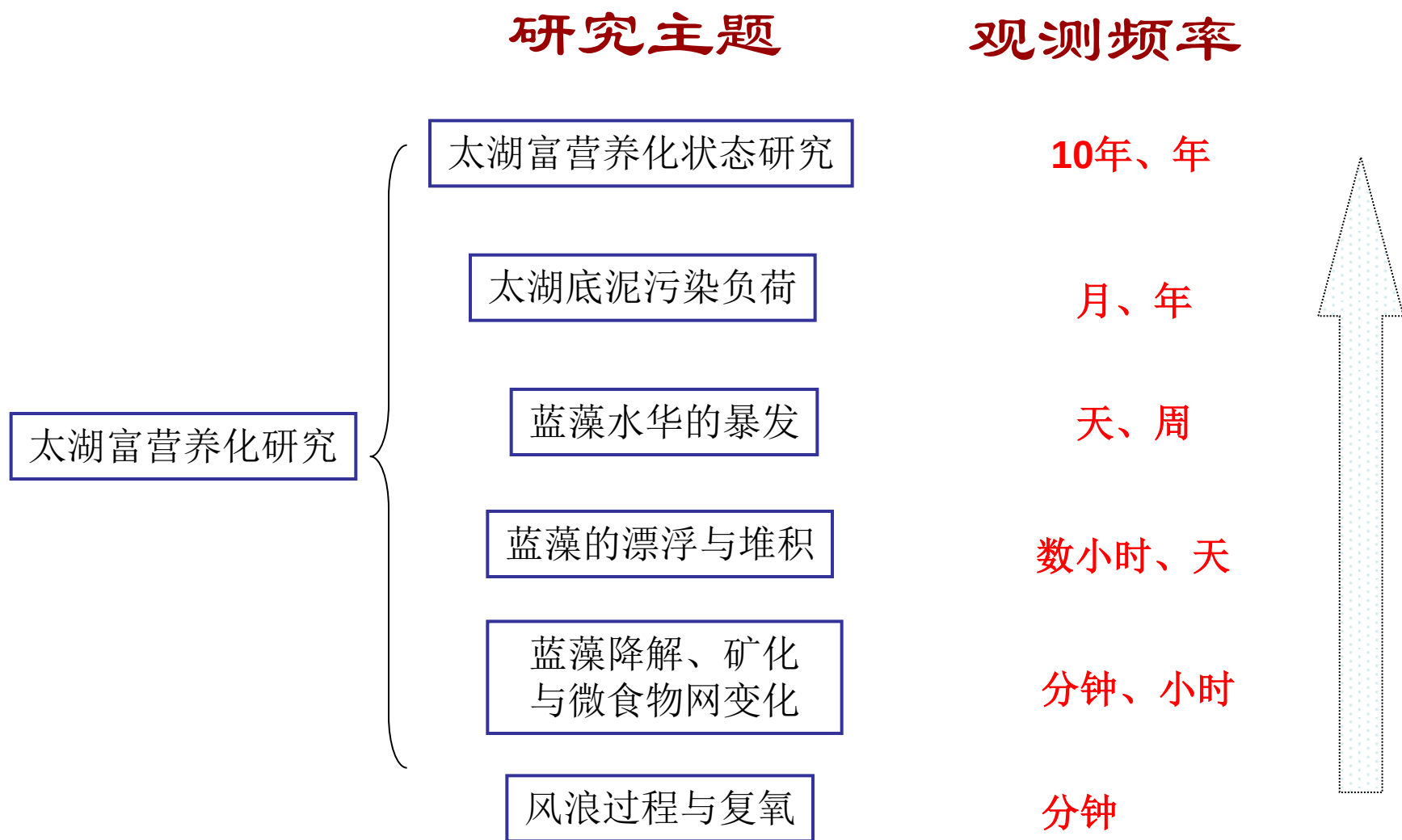


为了建立水动力与蓝藻水华发生机制之间的联系， 需要建立水动力与生态因子间的定量关系



根据不同的风浪强度，分层观测水温、湖流、波浪、溶解氧等环境参数，分层测定悬浮物、营养盐浓度与其他生物参数，建立物理要素-水质-生态系统之间的定量关系

湖泊富营养化蓝藻水华过程中不同监测对象的时间尺度



要素的监测需要从短时间尺度参数开始，在时间尺度向长时间尺度要素集成

传统人工监测方法 既危险又效率低下

2002年7月太湖乌龟山联合观测



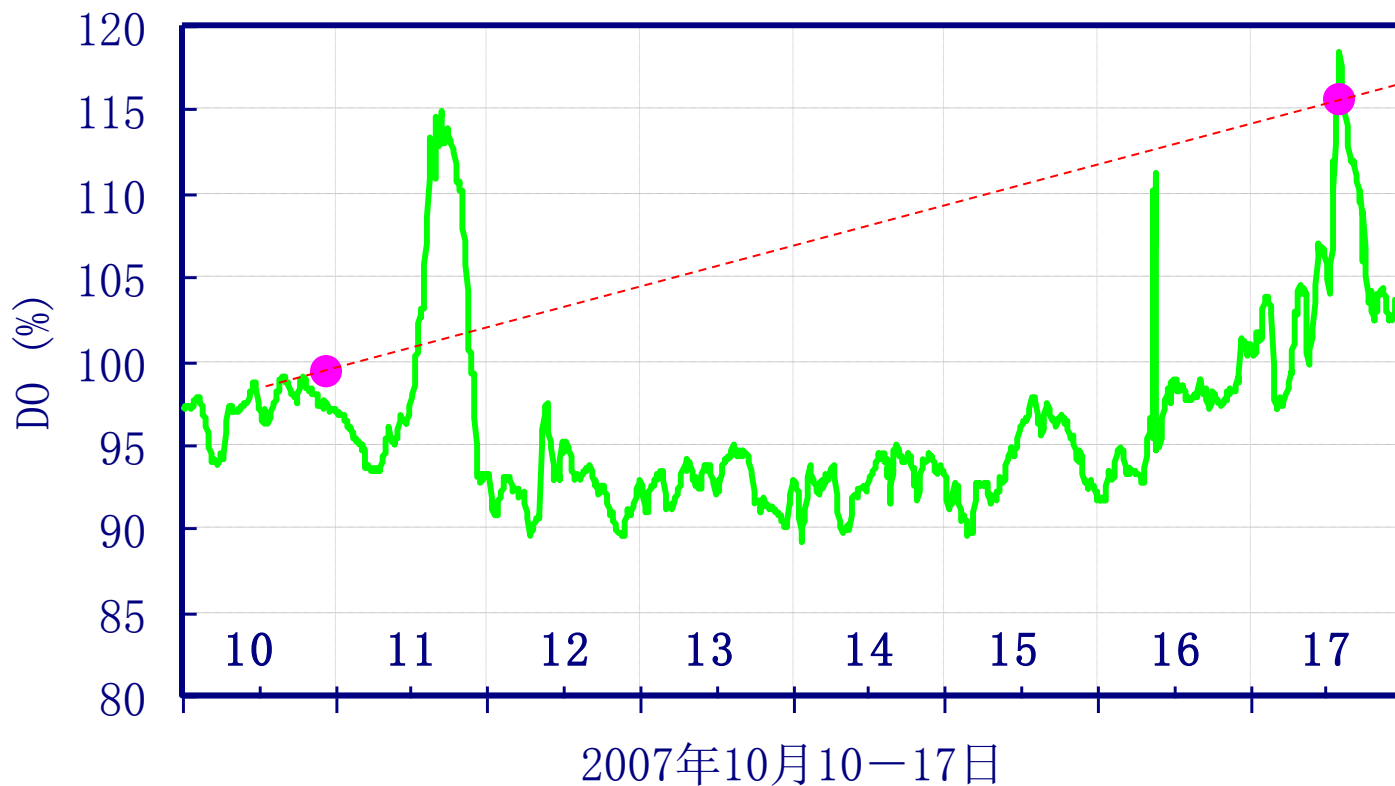
2007年8月太湖胥口湾联合观测



2004年7月太湖梅梁湾联合观测



人工进行的观测会遗漏一些重要的过程

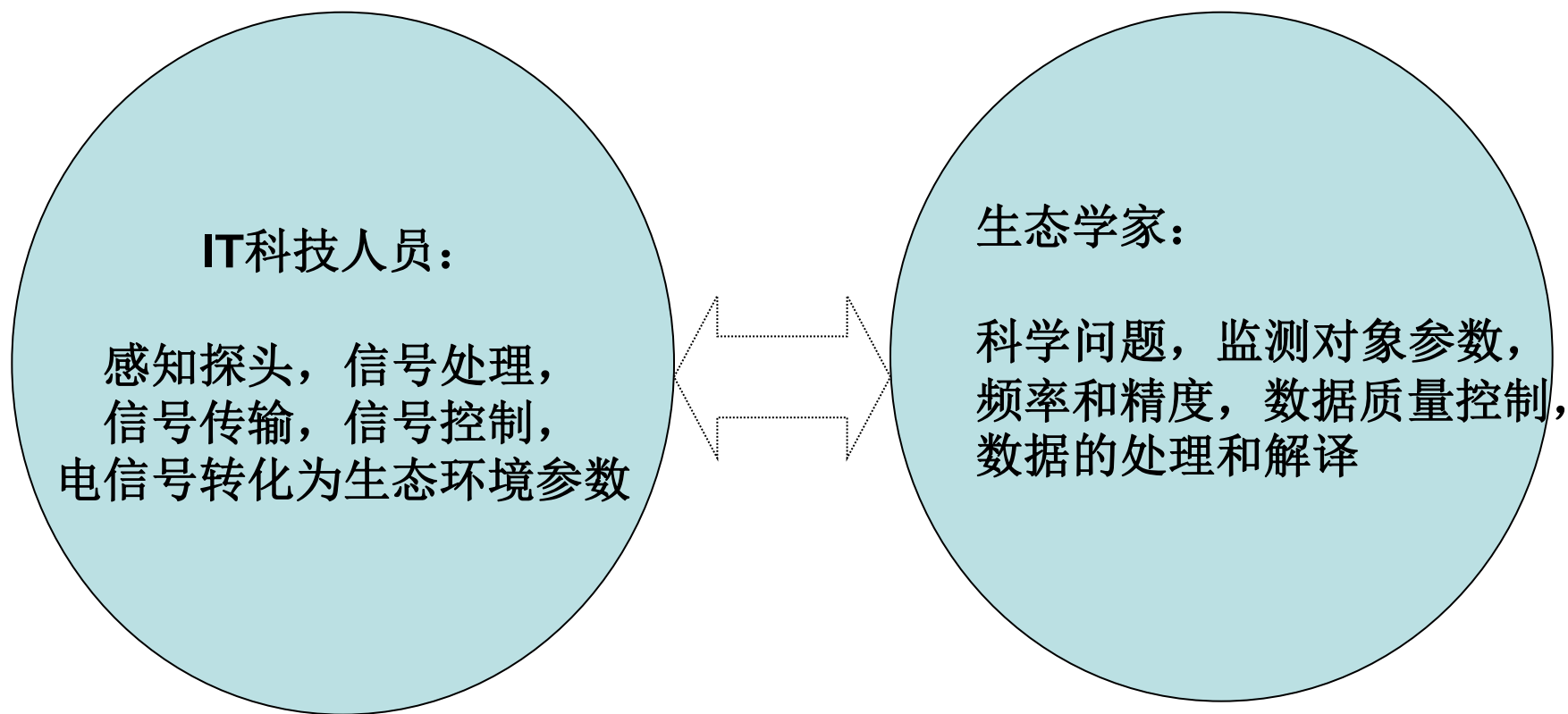


太湖某观测点表层水体溶解氧浓度（DO）10分钟一次的观测的变化曲线

无论是湖泊的新陈代谢，或湖泊蓝藻水华爆发过程研究，都需要发展高频、自动监测技术，这既是湖沼学的发展机遇、也是湖沼学面临的挑战。随着新技术的引入，将使传统湖沼学的研究方法发生变革，并带来学科发展的飞跃

2、解决途径及关键技术

学科的交叉是解决问题的关键



生态环境学家

数据集中与标准化和质量控制

数据信息化处理

系统信息

实验室内计算与处理

电信号还原

控制信息

数据的传输

数字电信号

控制信息

野外数据的初步处理

模拟电信号

控制

探头获取数据

信号转化

操纵

生态环境参数监测对象

生态环境学家

专家

专家

湖泊生态环境监测参数及监测方法

- 气象参数：气温、降雨、风速、风向、太阳辐射 ✓
- 水文参数：波高、湖流、水位、水温、浑浊度 ✓



- 水化参数：pH、溶解氧（DO）✓、碱度✓、营养盐、无机污染物、有机污染物✗
- 生态参数：叶绿素✓、藻蓝素✓、浮游植物种类？、浮游动物、细菌、水生高等植物✗
- 影像参数：SS、叶绿素、水温、水生植物、蓝藻水华✓

传感器和器材



Vaisala微
气象站
风速、风
向、气温、
降雨、气
压



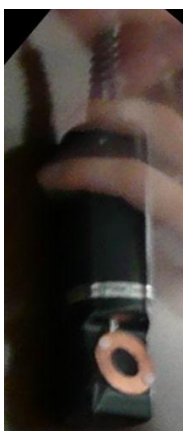
太阳辐射探
头



SeaPoint
浊度、叶绿
素探头



Instrument
Northwest的
pH计



Zebra-
Tech公司
的光学DO
探头



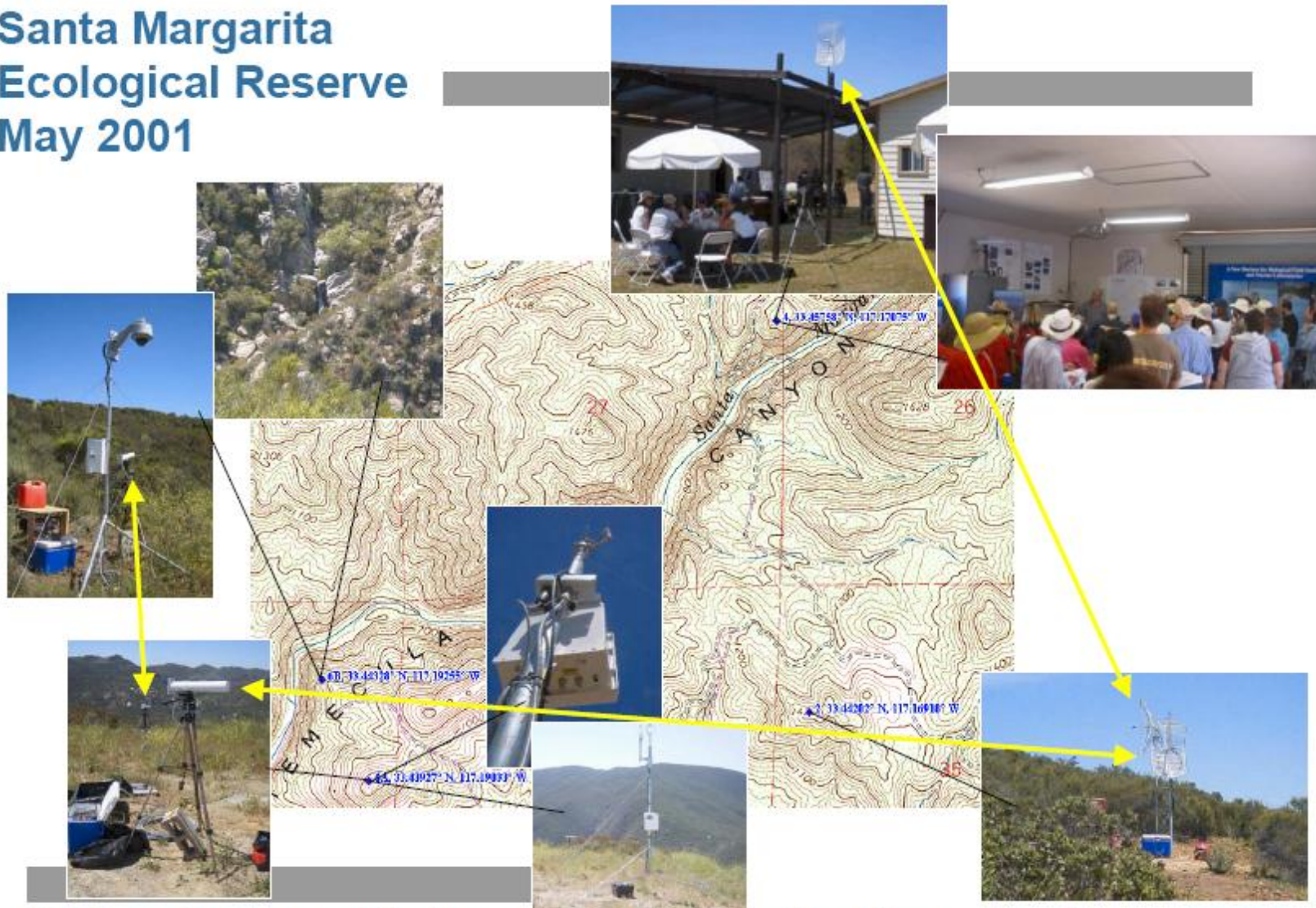
NexSens
公司的温
度链



iQuest公
司的数据
采集器和
GPRS模
块

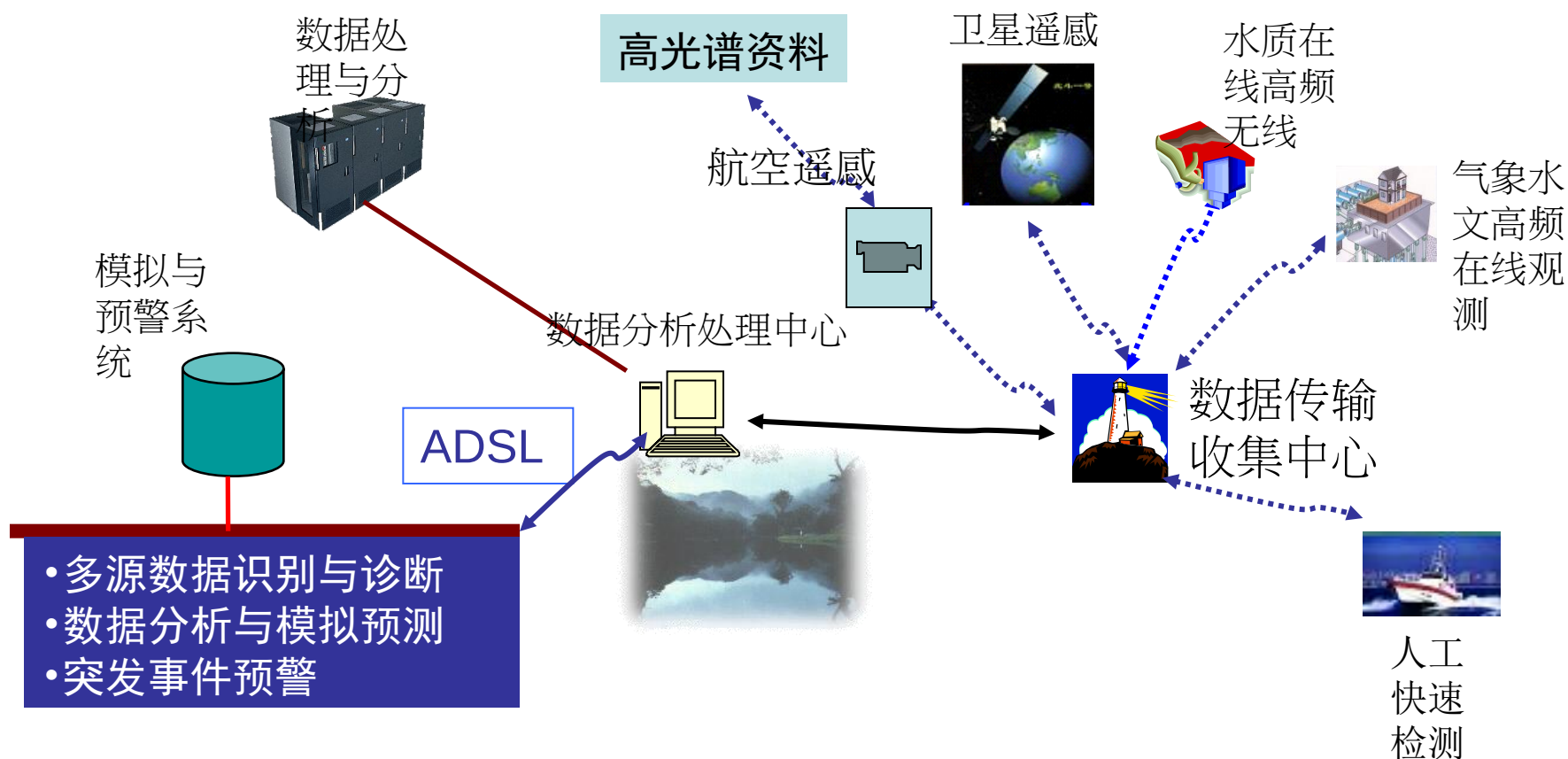
美国Santa Margarita生态保护区无线监测网络系统实例

Santa Margarita
Ecological Reserve
May 2001

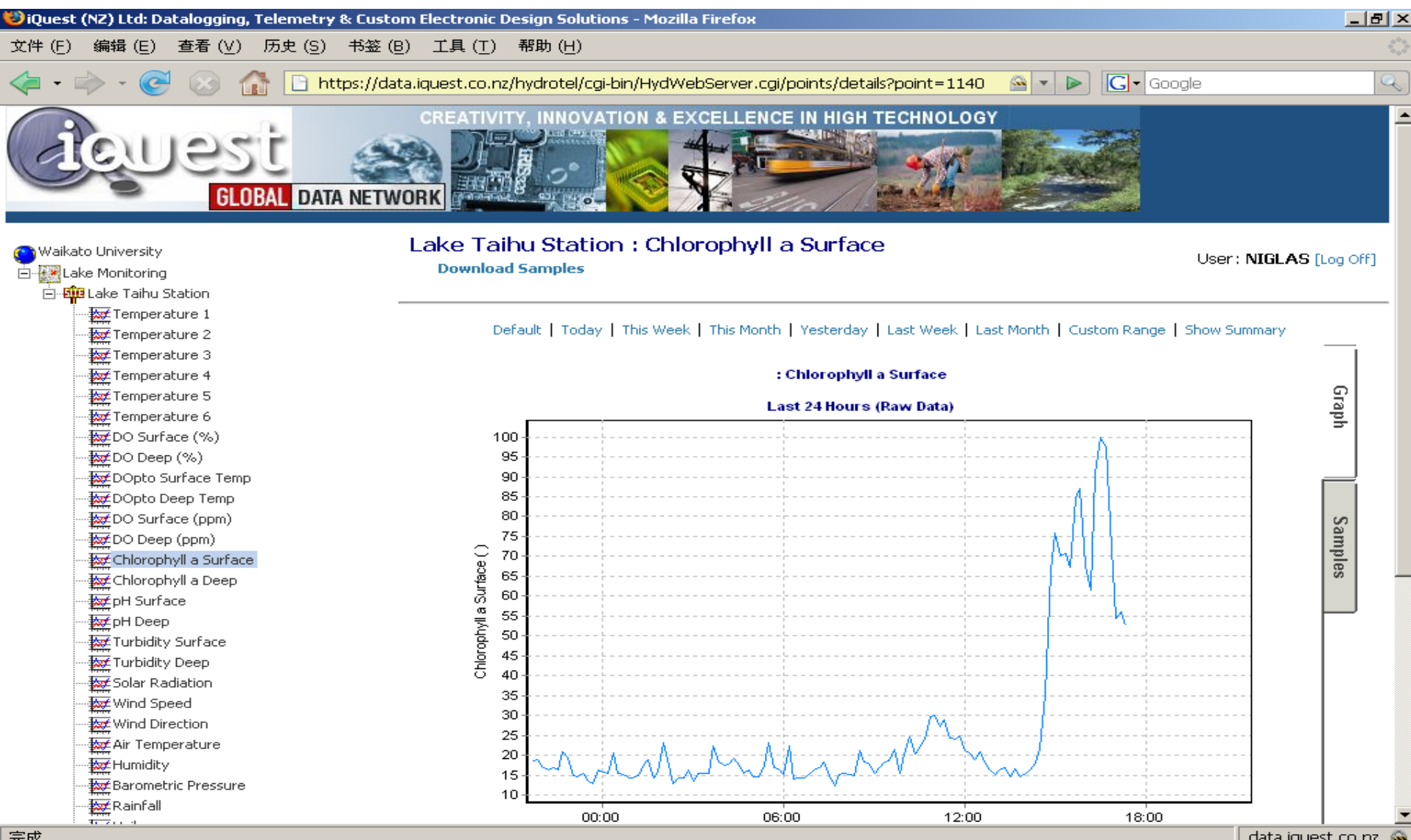


high performance wireless research and education network

各种源数据的收集、传输、处理和分析



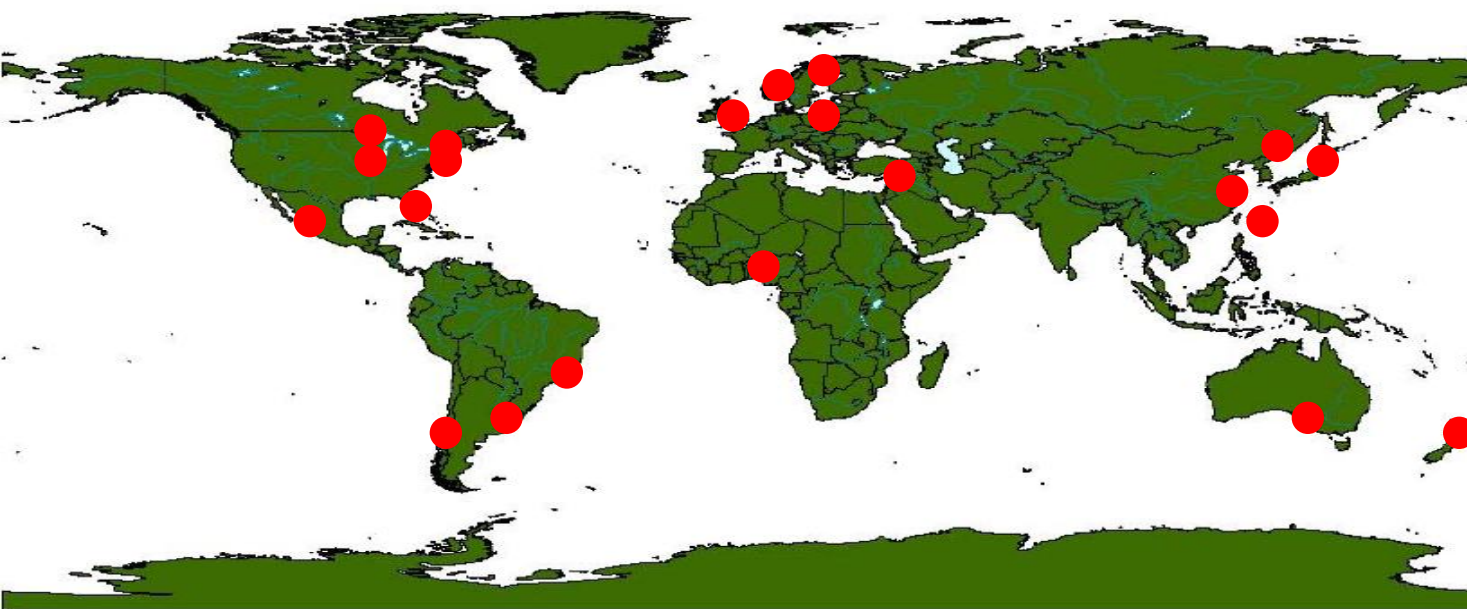
数据存储、访问和应用



基于高频、无线、自动监测技术是国际湖沼学研究的热点和前沿



Global Lake Ecosystem Observatory Network



0 5000 10000 15000 20000 Kilometers



Meetings

UCSD

GLEON I



Australia

GLEON II



Taiwan

GLEON III



Finland

GLEON IV



Montreal

GLEON V

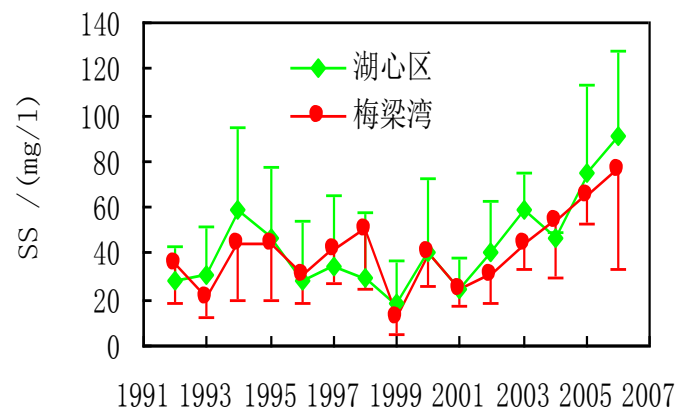
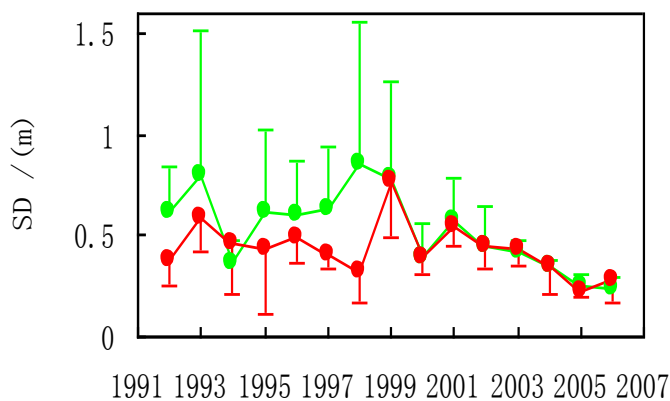
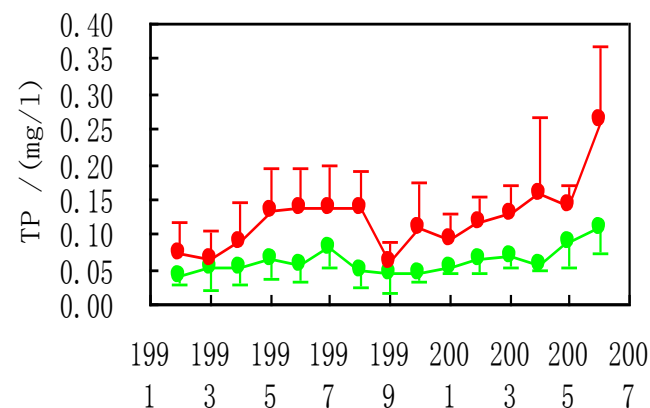
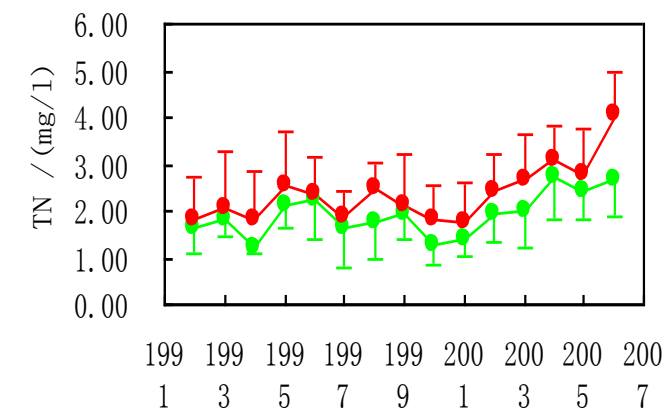


关键技术

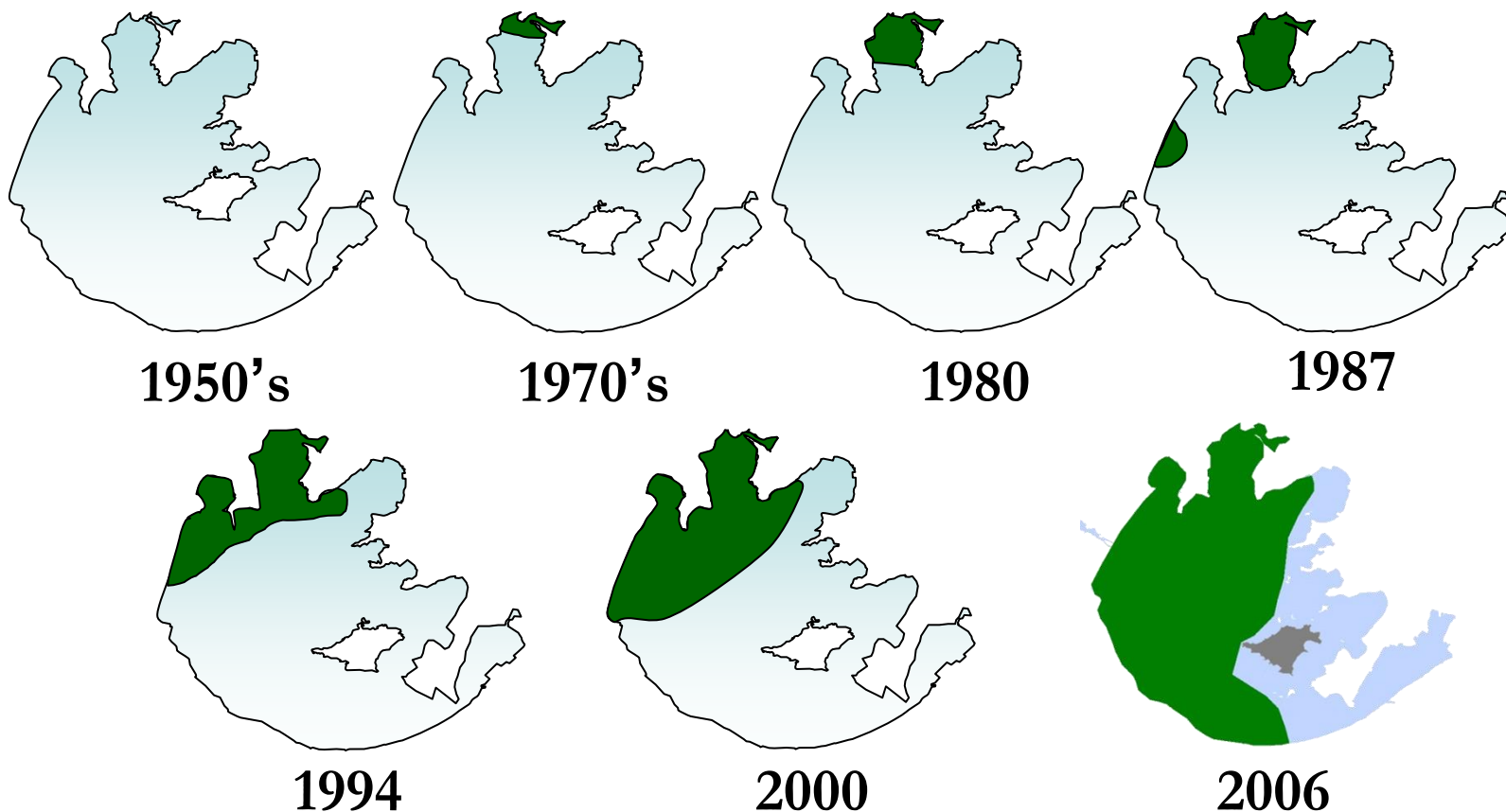
- 探 头：物理探头（水文、气象）、水化学、生物
- 信号传输：信号转换、传输、能源供给
- 数据处理：数据同化、存储方式、数据分析
- 数据应用：驱动生态模型、生态响应信号识别

3、应用实例

太湖生态环境的主要问题是富营养化



蓝藻水华是太湖生态最突出的问题



无锡的饮用水危机事件，根本的原因是湖泊富营养化导致的蓝藻水华爆发所致



6月1日下午，太湖站科研人员在取水口附件观测到的
蓝藻水华及其所取水样，具有浓烈的腥臭味



组织工人在取水口打捞蓝藻



市民抢购纯净水

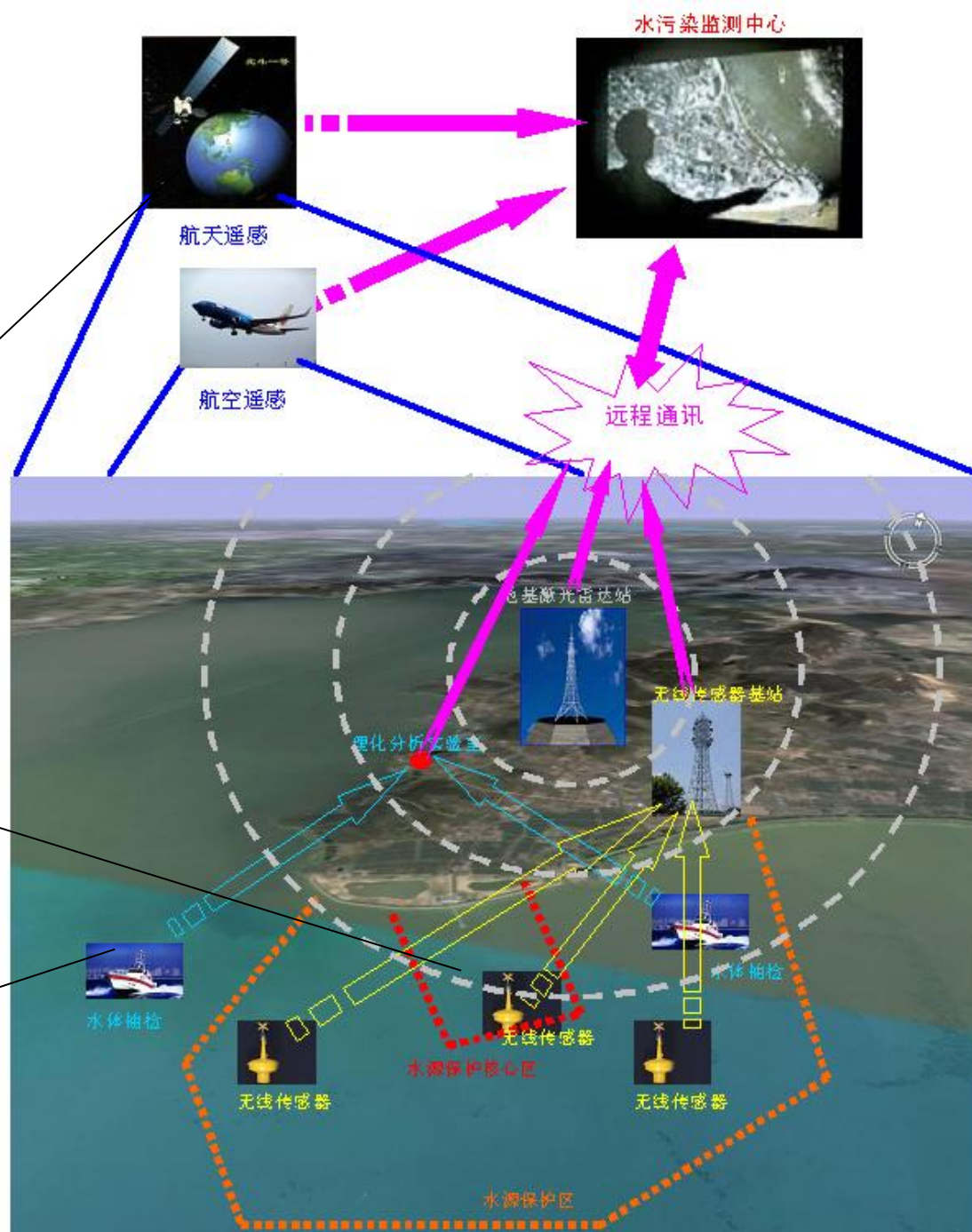


太湖富营养化与 蓝藻水华监控技术 的野外布设

空中影像监
控技术

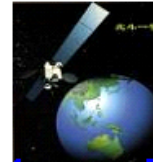
水面自动
监测

人工辅助
监测



空中影像监测

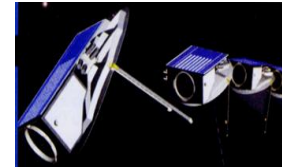
日常—航天遥感



- ◆ 低成本与高频率的MODIS卫星和环境小卫星为主
- ◆ 适当利用其他高分辨率卫星（Hyperion, Landsat5, Spot等），补充其分辨率不足的缺陷

阴雨天气—微波雷达遥感（SAR）

- ◆ 利用水面覆盖物导致粗糙度变化的原理
- ◆ 弥补光学航天遥感的不足

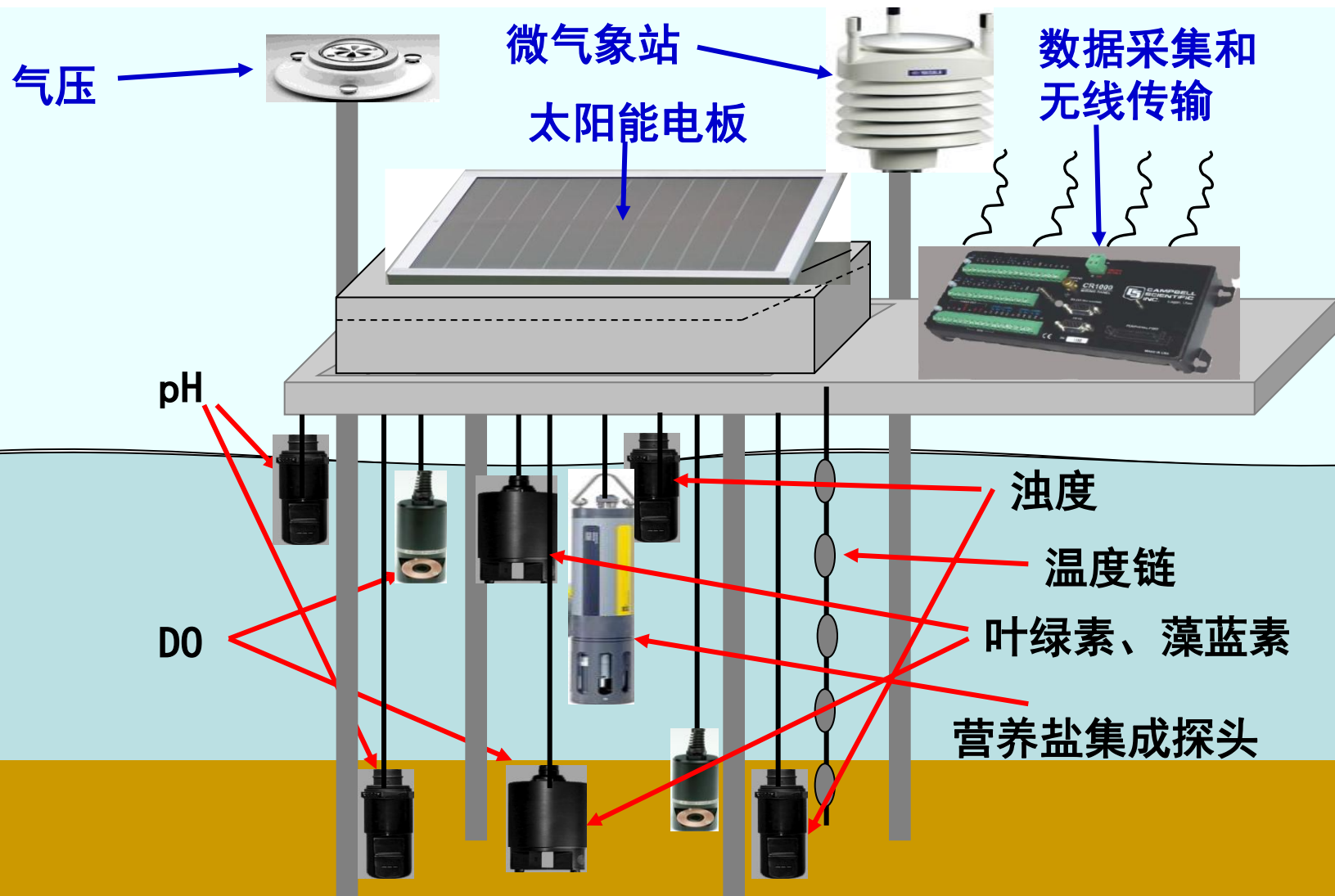


应急事件—高分辨率的航空遥感

- ◆ 灵活和快速的特点
- ◆ 系统组成包括飞机平台、有效载荷，地面系统



地面高频、自动、在线监测



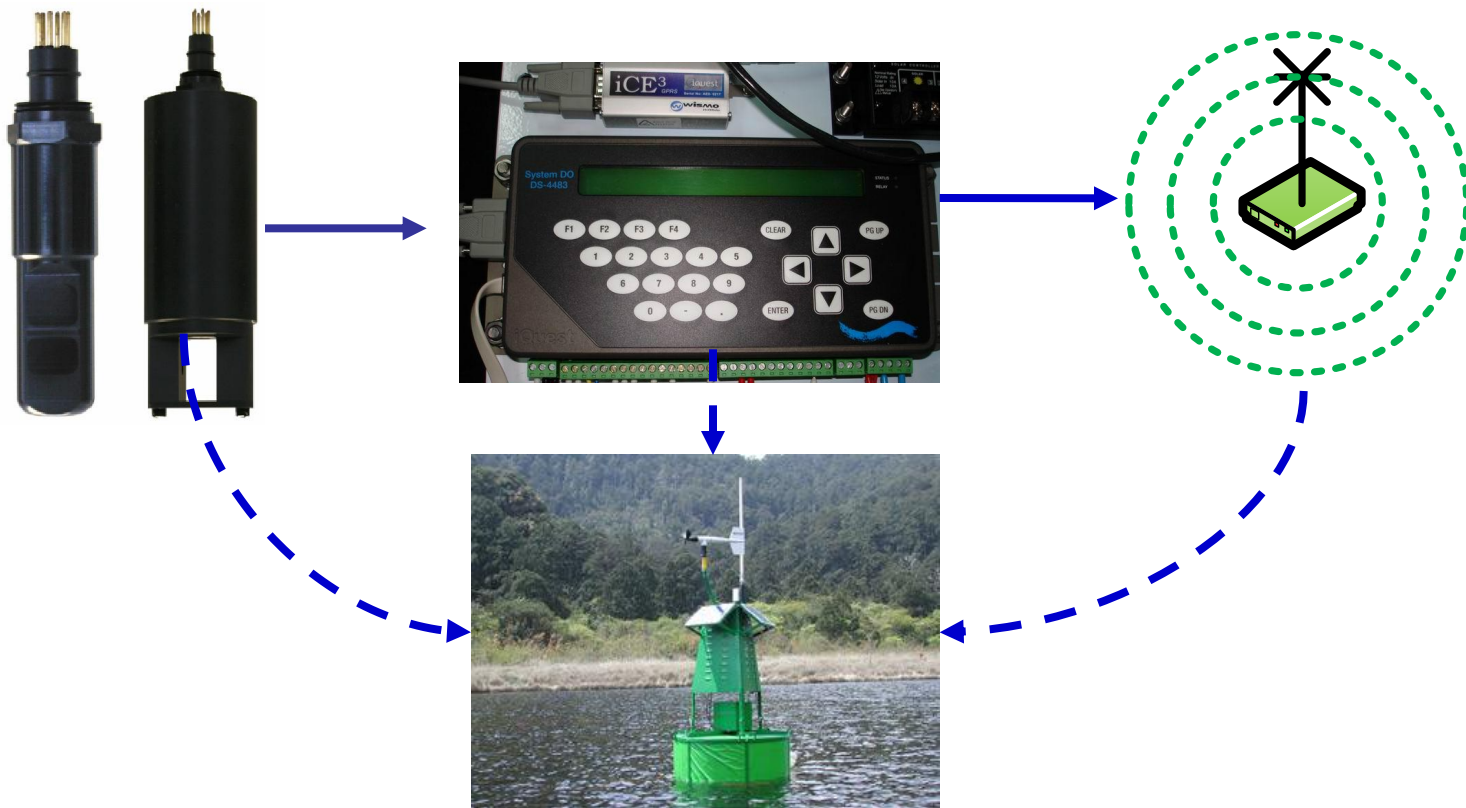
水面自动监测站的探头布设

自动监测站监测数据的传输

探头

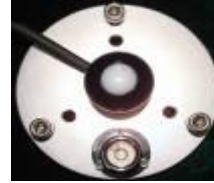
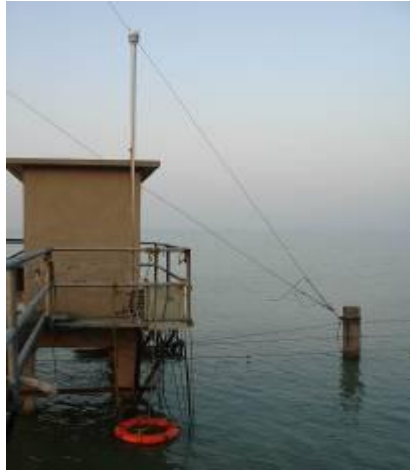
数据收集Datalog

数据发射传输



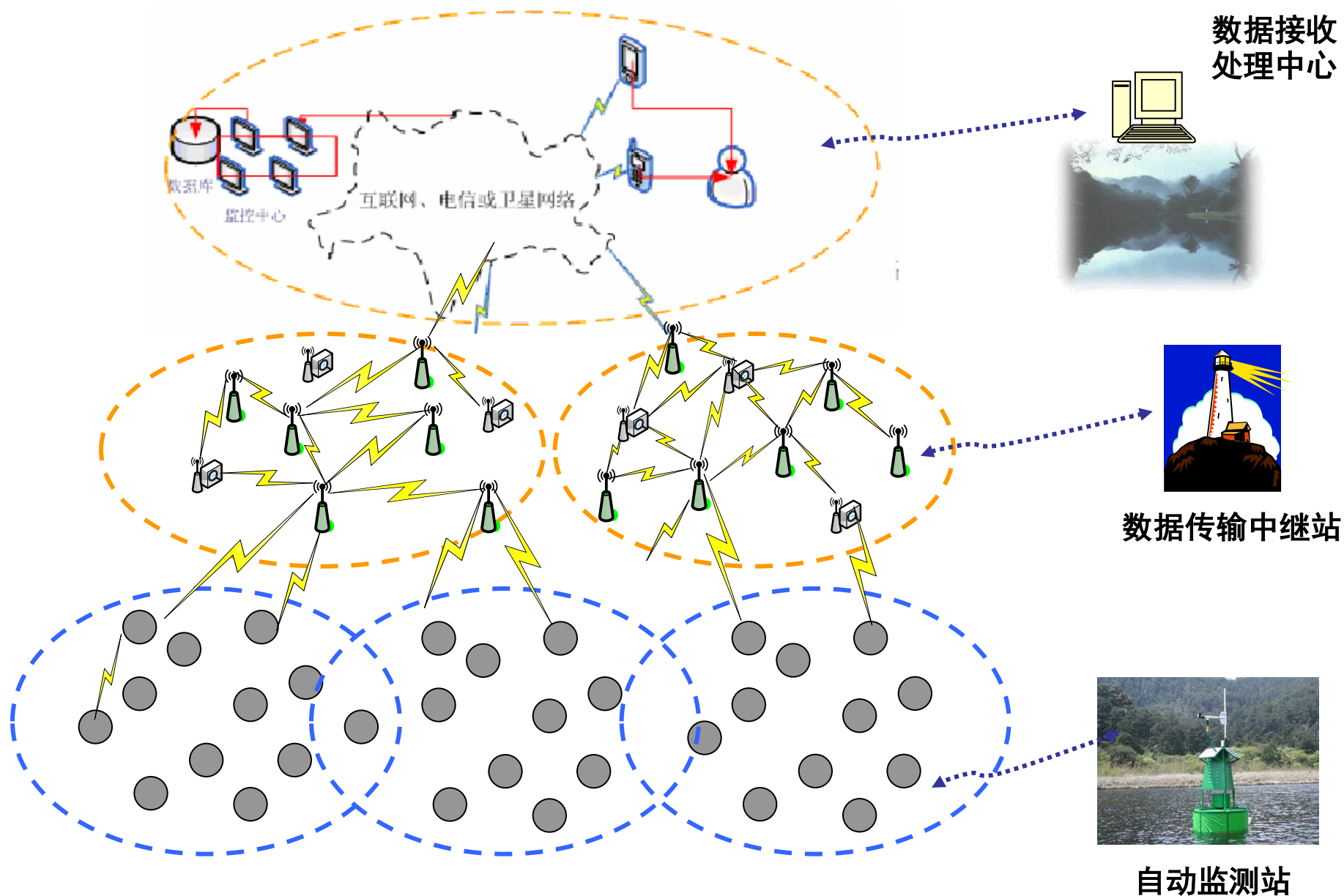
自主研发探头与Datalog的通讯协议、Datalog的系统软件

自动监测的各种水质传感器探头

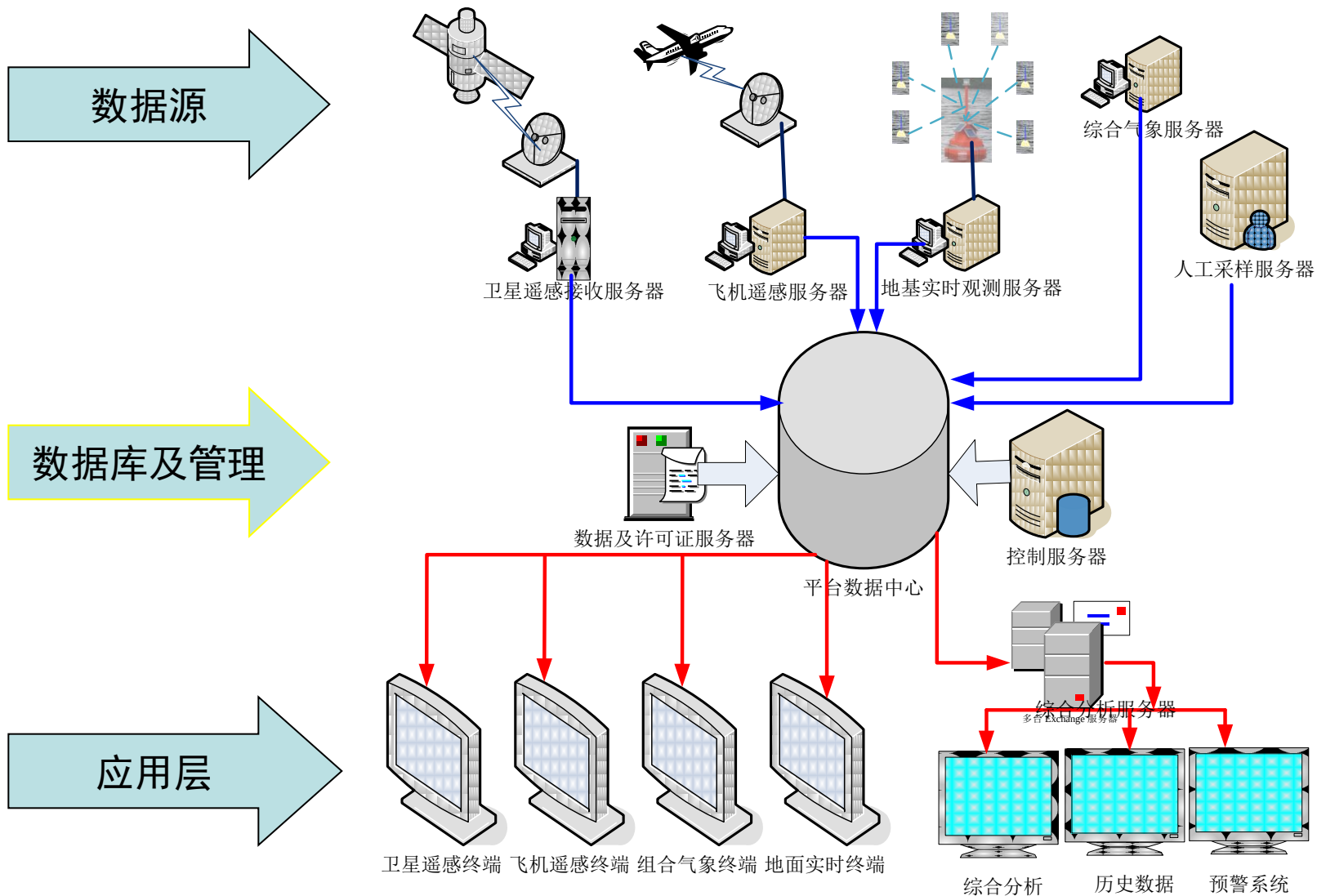


需要适当开发适合我国水体的高营养盐浓度、高泥沙含量和高叶绿素浓度的探头，及提高其精度和稳定度

监测数据经过三层传输网络汇聚到数据接收和处理中心



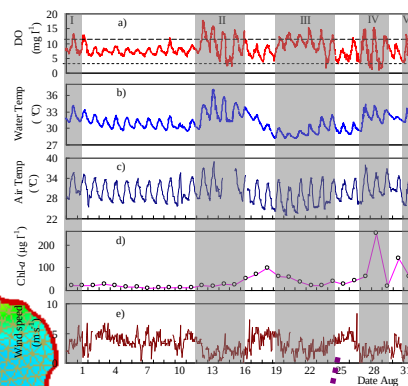
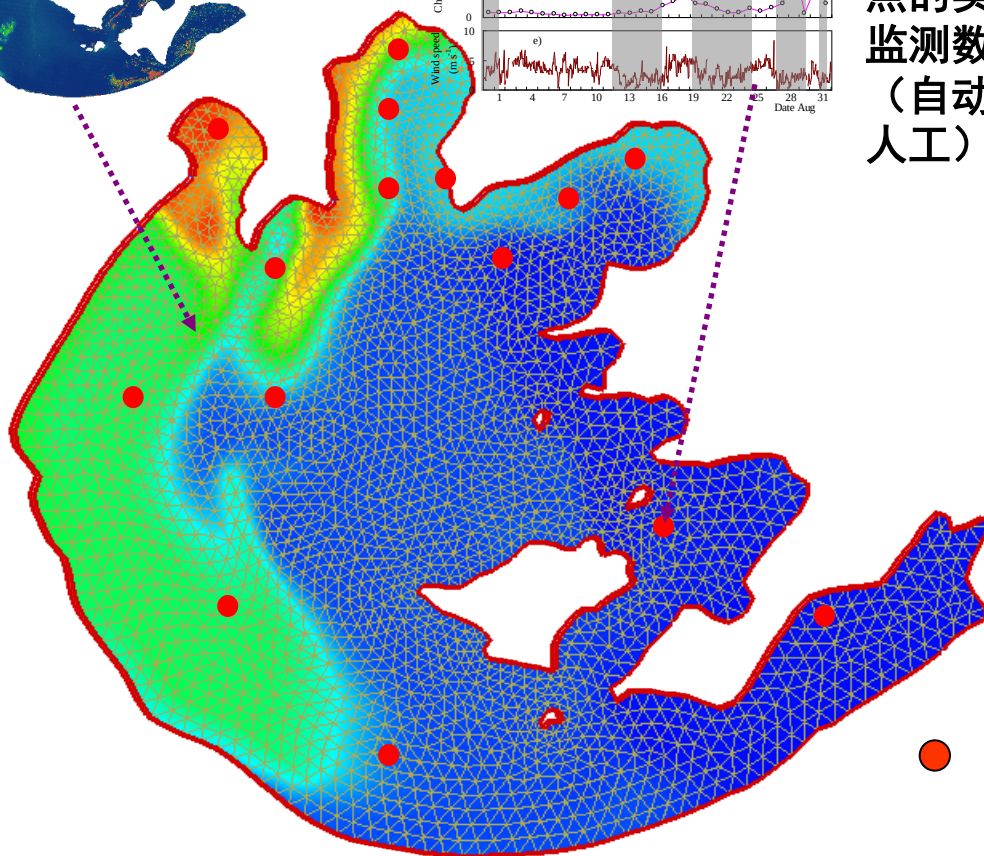
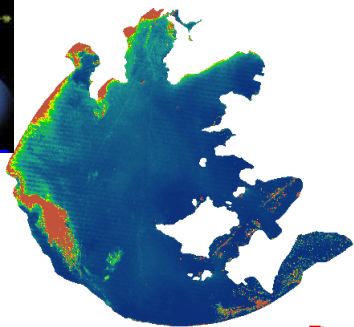
系统集成



空中影像数据与地面在线数据的空间同化



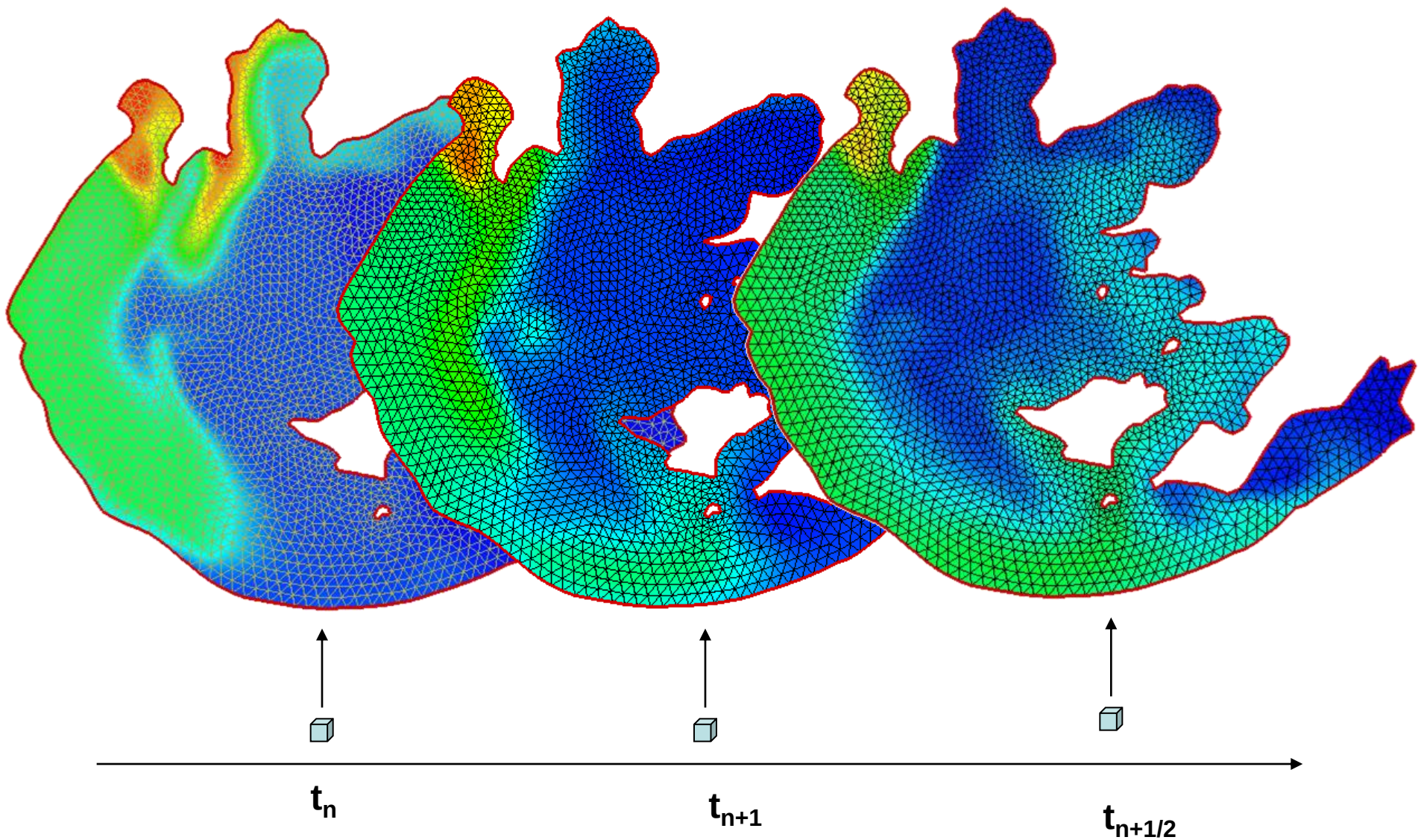
遥感图片



各个监测点的实时监测数据
(自动+人工)

● 自动+人工监测点

非标准时间序列数量内插为标准时间序列数据



藻类生长模型与水动力输移模型

$$BP_g = gr_{BP} * B_p \quad gr_{BP} = GBP_{\max} * f(T) * f(I) * f(N, P)$$

$$f(T) = \begin{cases} 0 & T > 35 \\ e^{-0.1(T-25)} & T \leq 35 \end{cases} \quad f(I) = \frac{I}{I + 300}$$

$$f(N, P) = \min(1.0 - N_{BP \min} / NP * BP, 1.0 - P_{BP \min} / PP * BP)$$

$$\frac{\partial BP}{\partial t} + u \frac{\partial BP}{\partial x} + v \frac{\partial BP}{\partial y} + (w^* + \frac{F - w_{BP}}{H}) \frac{\partial BP}{\partial \sigma} = E_h \left(\frac{\partial^2 BP}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 BP}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(E_z \frac{\partial BP}{\partial \sigma} \right) + BP_g - BP_M + \varepsilon(BP)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} = E_h \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(E_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + S(C) - R(C)$$

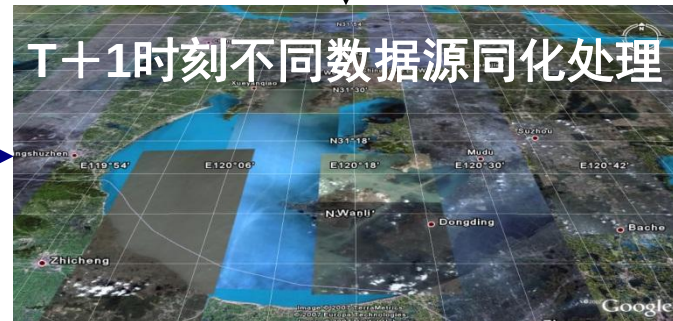
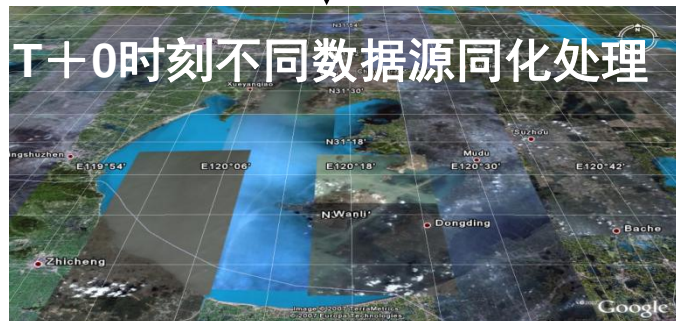
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + A_v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_z \frac{\partial u}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + fu = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + A_v \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_z \frac{\partial v}{\partial z} \right)$$



数据的接收



发布实时监测数据信息

用于预测预报

校核预测预报值

T-2

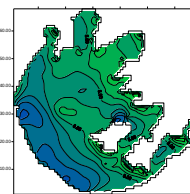
T-1

T+0

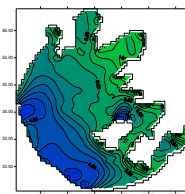
T+1

T+2

T+3



$T + \Delta T$



根据功能水域与蓝藻浓度和分布的风险等级，发布未来预测预警信息

太湖蓝藻水华预警系统

实时校正预报

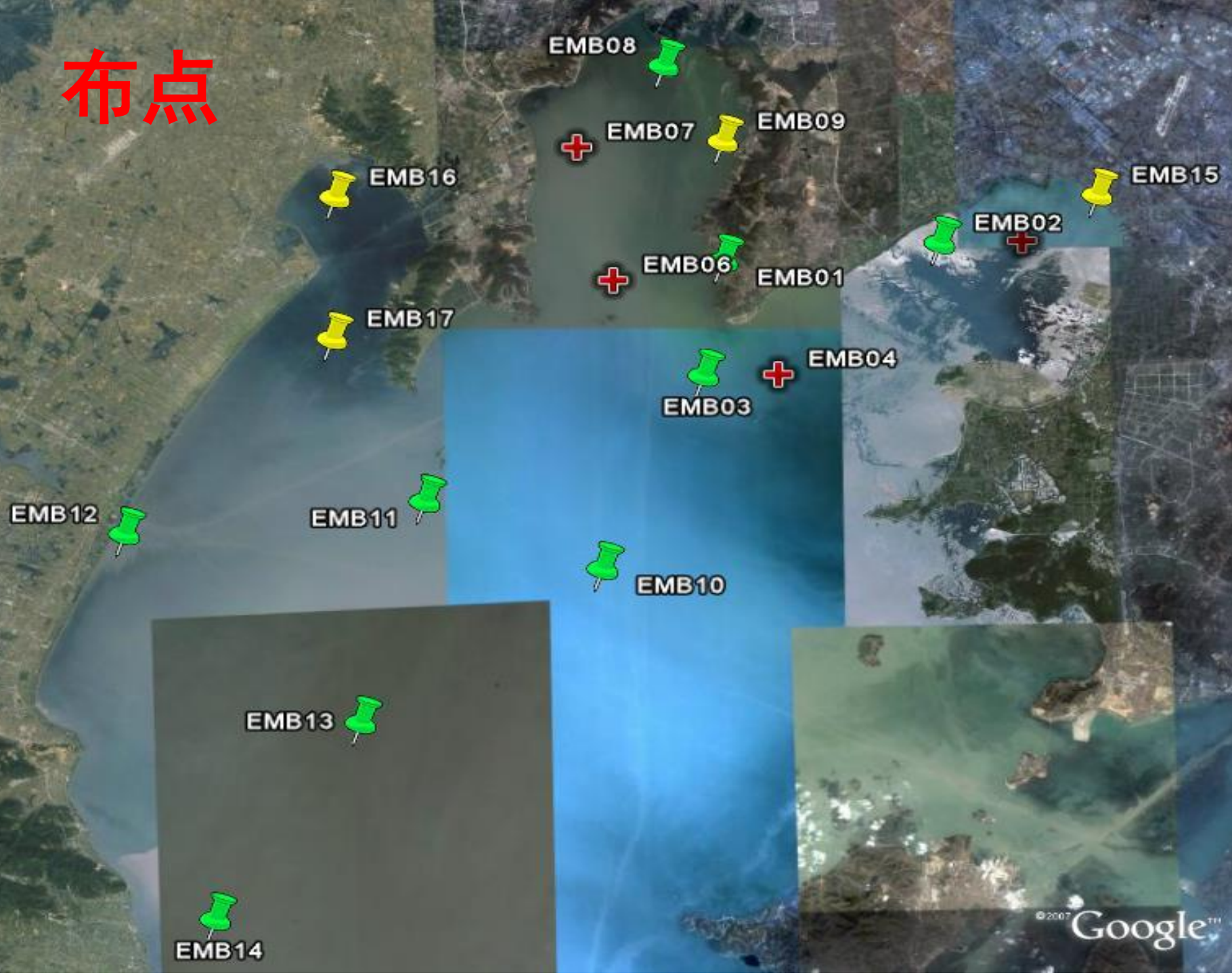
设备布设



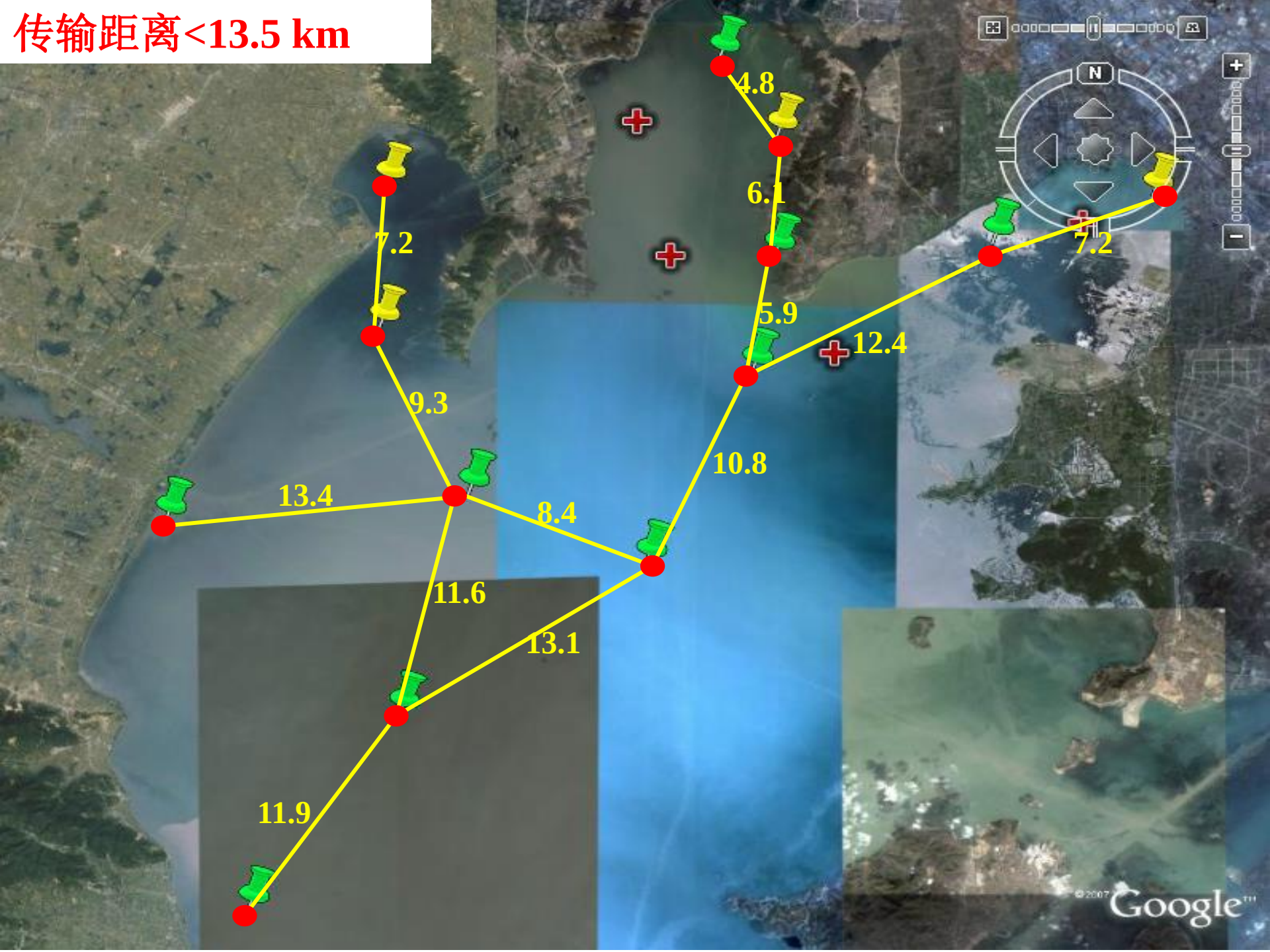
设备布设



布点



传输距离<13.5 km



固定与保护



日常维护



http://58.214.20.67:8080/Default.shtml



中国科学院太湖富营养化预警平台
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

下午好！欢迎进入太湖富营养预警平台。2009年10月16日 周五 18:25:42

用户名:

密码:

登录

[首页](#)

[项目介绍](#)

[遥测数据](#)

[卫星数据](#)

[巡测数据](#)

[预测预警](#)

[用户中心](#)

项目公告

关于召开2008年度项目总结...

2008-12-12

关于交叉项目各课题工作进展总...

2008-04-29

[更多](#)

最新动态

生态系统定位观测技术与联网研究开放学术研讨会 2009-09-25

项目首席秦伯强研究员解释太湖蓝藻水华生成机制 2009-09-15

太湖水环境治理和蓝藻应对合作协议框架 2009-07-23

中科院重大交叉项目“太湖富营养化过程监测与水华灾害预... 2009-01-08

“全国湖白蓝藻水华发生机制及治理学术研讨会”在苏州常... 2008-05-10

项目首席秦伯强研究员被无锡市政府聘请为无锡太湖水污染... 2008-05-08

省太湖水污染防治委员会全体（扩大）会议在无锡举行 2008-04-27

[更多](#)

科研成果

无条目

[更多](#)

最新卫星图片

叶绿素a浓度

总悬浮物浓度

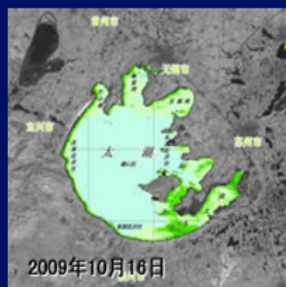
透明度

温度

浊度

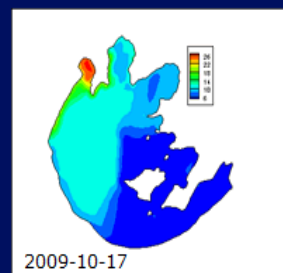
藻华_有藻

藻华_无藻



预测预警

叶绿素a



友情链接

- 中国科学院
- 中国科学院南京地理与湖泊研究所
- 中国科学院遥感应用研究所
- 中国科学院上海微系统与信息技术研究所
- 中国科学院水生生物研究所
- 太湖网

[更多](#)

[关于我们](#) [联系我们](#) [法律声明](#) 系统版本V2.0 Beta

© 2009 中国科学院

http://58.214.20.67:8080/Data.YaoCe.shtml

站点

参数

EMB 01

水质

温度_第三层

溶解氧饱和度_表层

溶解氧饱和度_底层

溶解氧对应水温_表层

溶解氧对应水温_底层

溶解氧_表层

溶解氧_底层

叶绿素a_表层

叶绿素a_底层

pH_表层

pH_底层

浊度_表层

浊度_底层

气象

EMB 02

EMB 03

EMB 04

EMB 05

EMB 06

EMB 07

EMB 08

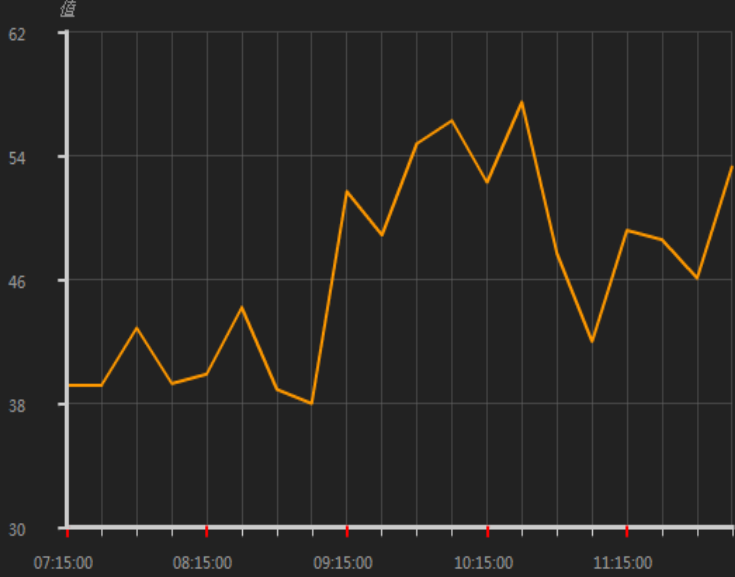
您当前所在位置: 首页 > 遥测数据 > 实时数据

显示所有点

全屏

叶绿素a_表层(10-15 07:15至10-15 12:00)

EMB 01



最大记录数: 20 设置

Time	值(单位: ug/L)
2009-10-15 12:00:00	7.76
2009-10-15 11:45:00	7.76
2009-10-15 11:30:00	7.76
2009-10-15 11:15:00	7.76
2009-10-15 11:00:00	7.76
2009-10-15 10:45:00	7.76
2009-10-15 10:30:00	7.76
2009-10-15 10:15:00	7.76
2009-10-15 10:00:00	7.76
2009-10-15 09:45:00	7.76
2009-10-15 09:30:00	7.76
2009-10-15 09:15:00	7.76
2009-10-15 09:00:00	7.76
2009-10-15 08:45:00	7.76
2009-10-15 08:30:00	7.76
2009-10-15 08:15:00	7.76
2009-10-15 08:00:00	7.76
2009-10-15 07:45:00	7.76

http://58.214.20.67:8080/Data.WeiXing.shtml



中国科学院太湖富营养化预警平台
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

下午好! 欢迎进入太湖富营养化预警平台。2009年10月16日 周五 18:30:15

用户名: 密码:

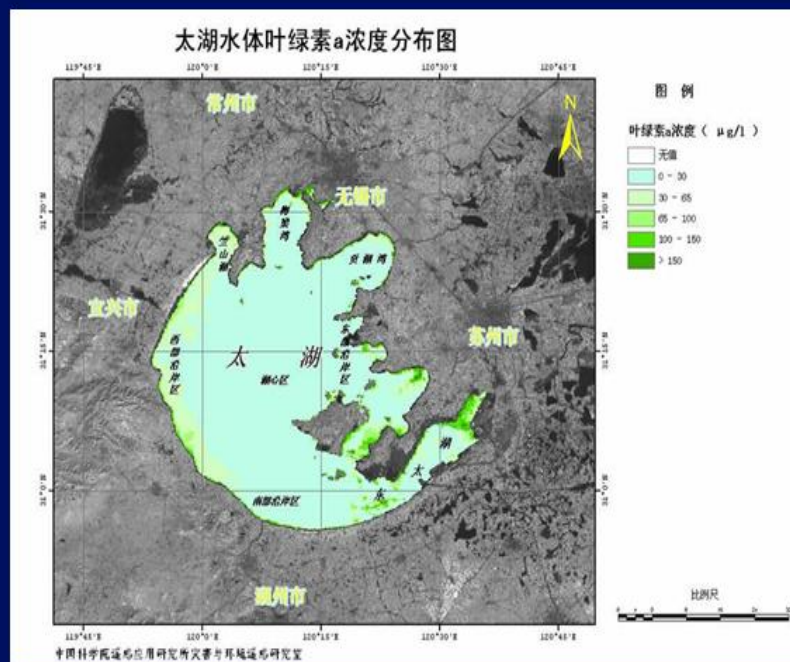
[首页](#) [项目介绍](#) [遥测数据](#) [卫星数据](#) [巡测数据](#) [预测预警](#) [用户中心](#)

指标

- ☒ 叶绿素a浓度
- ☐ 总悬浮物浓度
- ☐ 透明度
- ☐ 温度
- ☐ 浊度
- ☐ 有藻
- ☐ 无藻

您当前所在位置: [首页](#) > [卫星数据](#) > [最新数据](#)

最新卫片



叶绿素a浓度

最新数据

数据管理

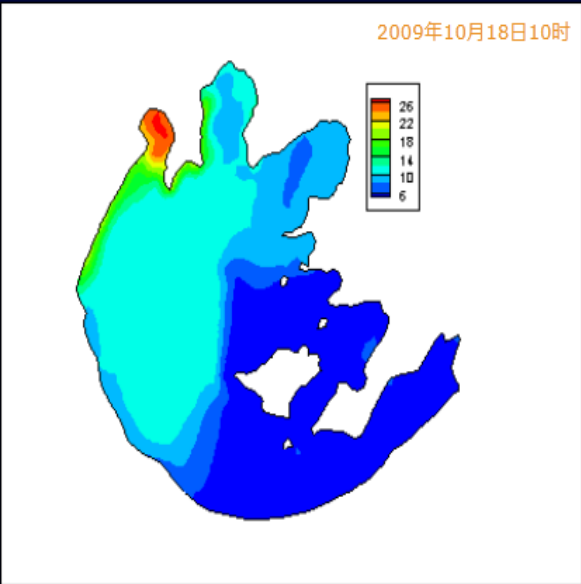
报表下载

动态显示

[联系我们](#) | [平台说明](#) | © 2009 中国科学院

您当前所在位置：首页 > 预测预警 > 预测动态

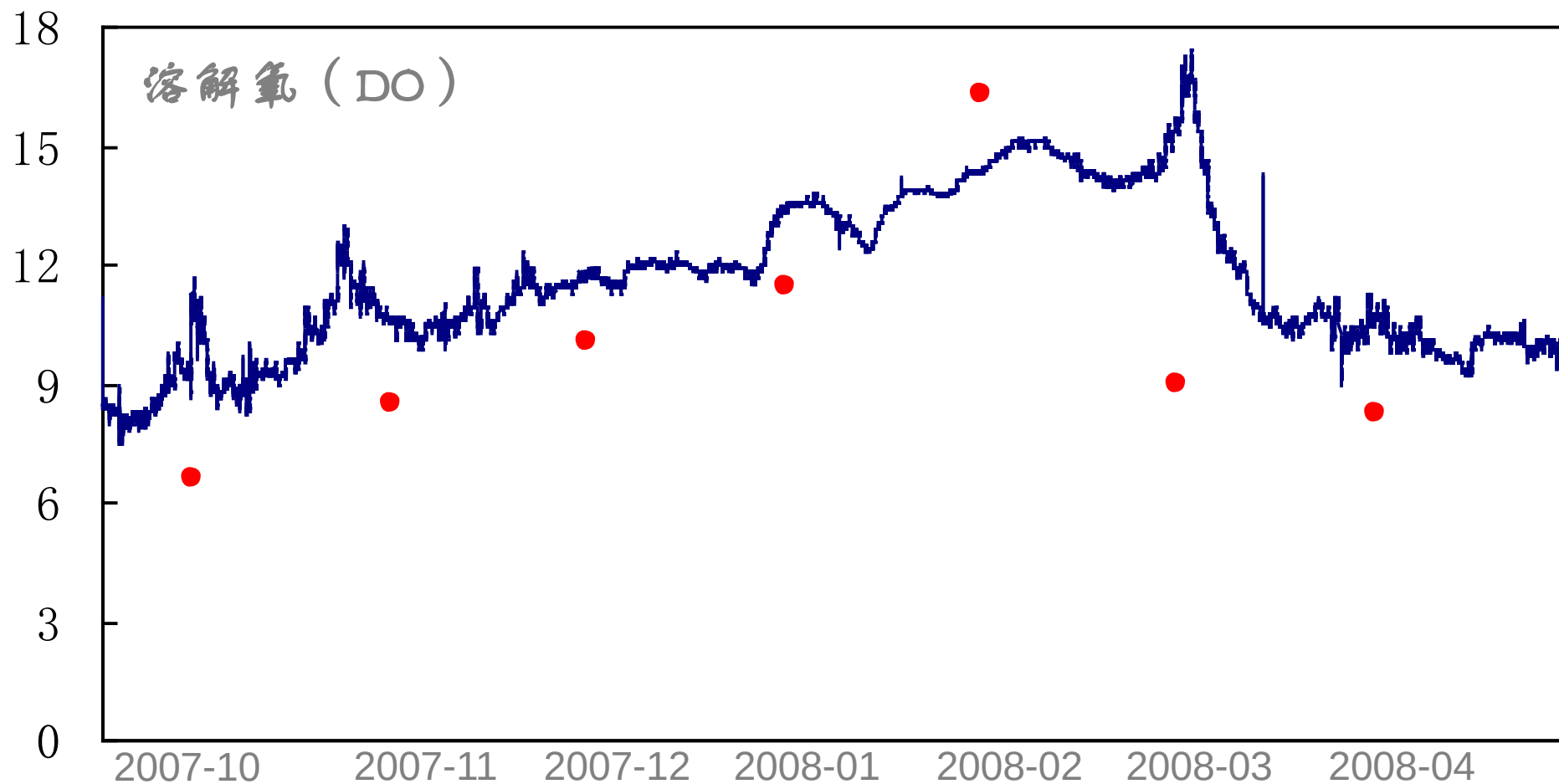
预测动态（未来三天 叶绿素）



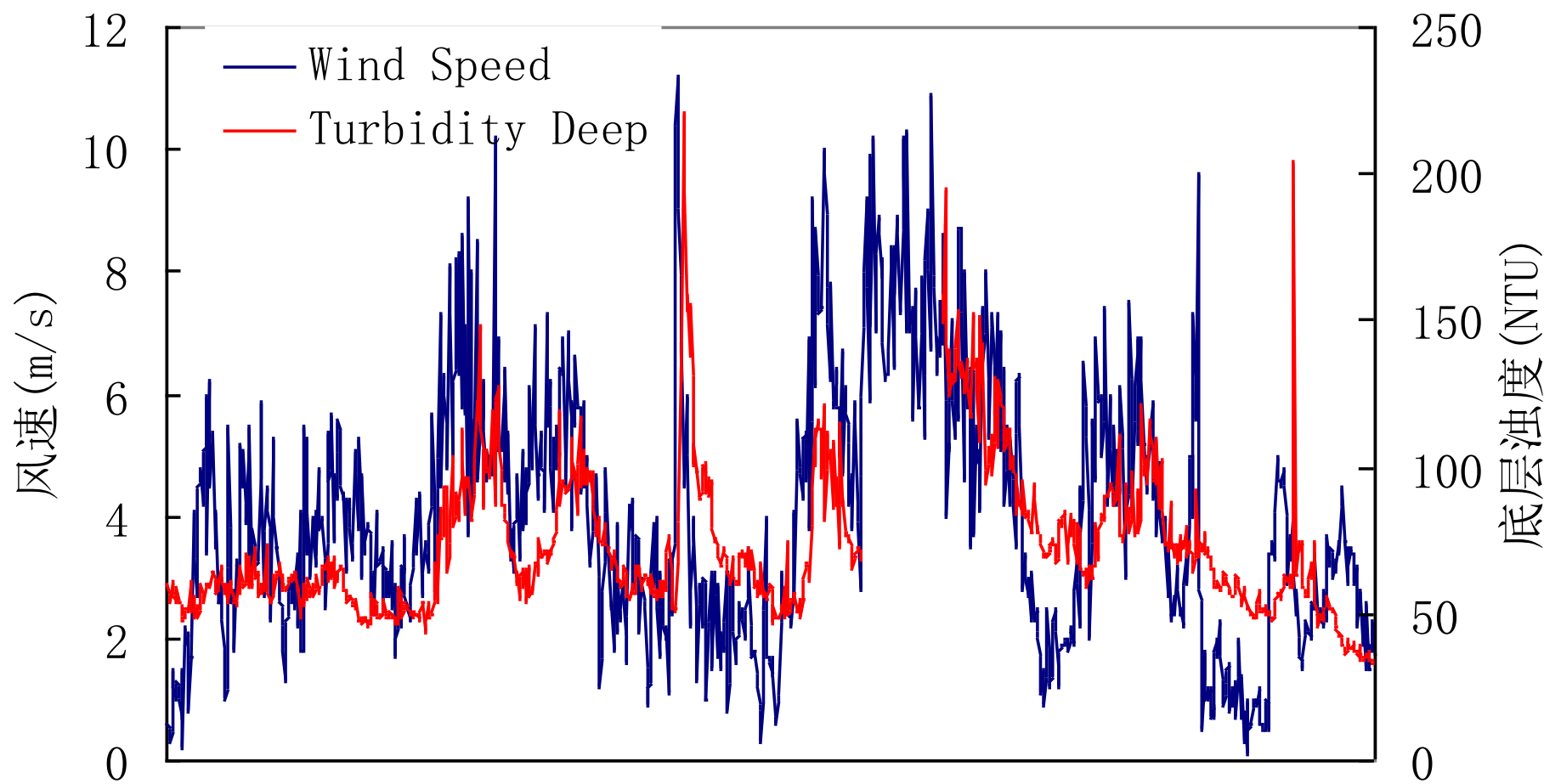
Stop

FullScreen

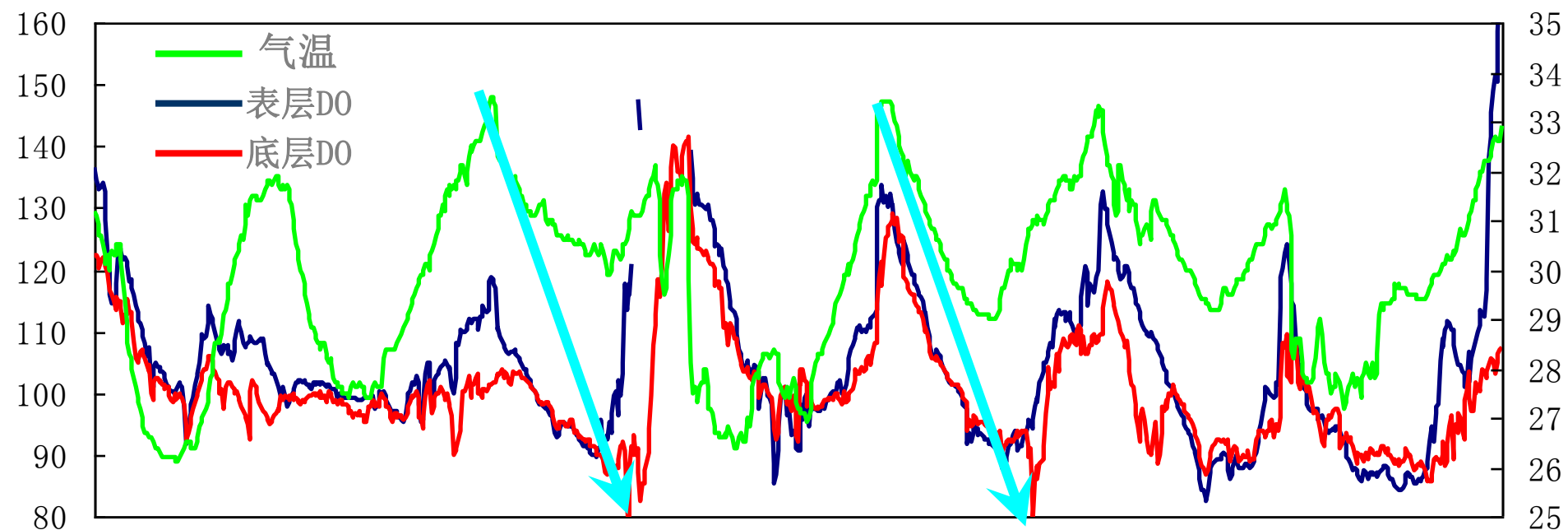
初步数据分析



常规监测与高频自动监测数据比较



2009年7月10—16日太湖站风速与水体浊度的关系
说明水体浊度完全取决于风浪等水动力的强度



2009年7月10—16日太湖站气温与溶解氧的关系
夏季太湖溶解氧浓度与湖泊初级生产率密切相关

台湾鸳鸯湖

面积：**3.6公顷**

高度：**1700m**

最大水深：**15m**





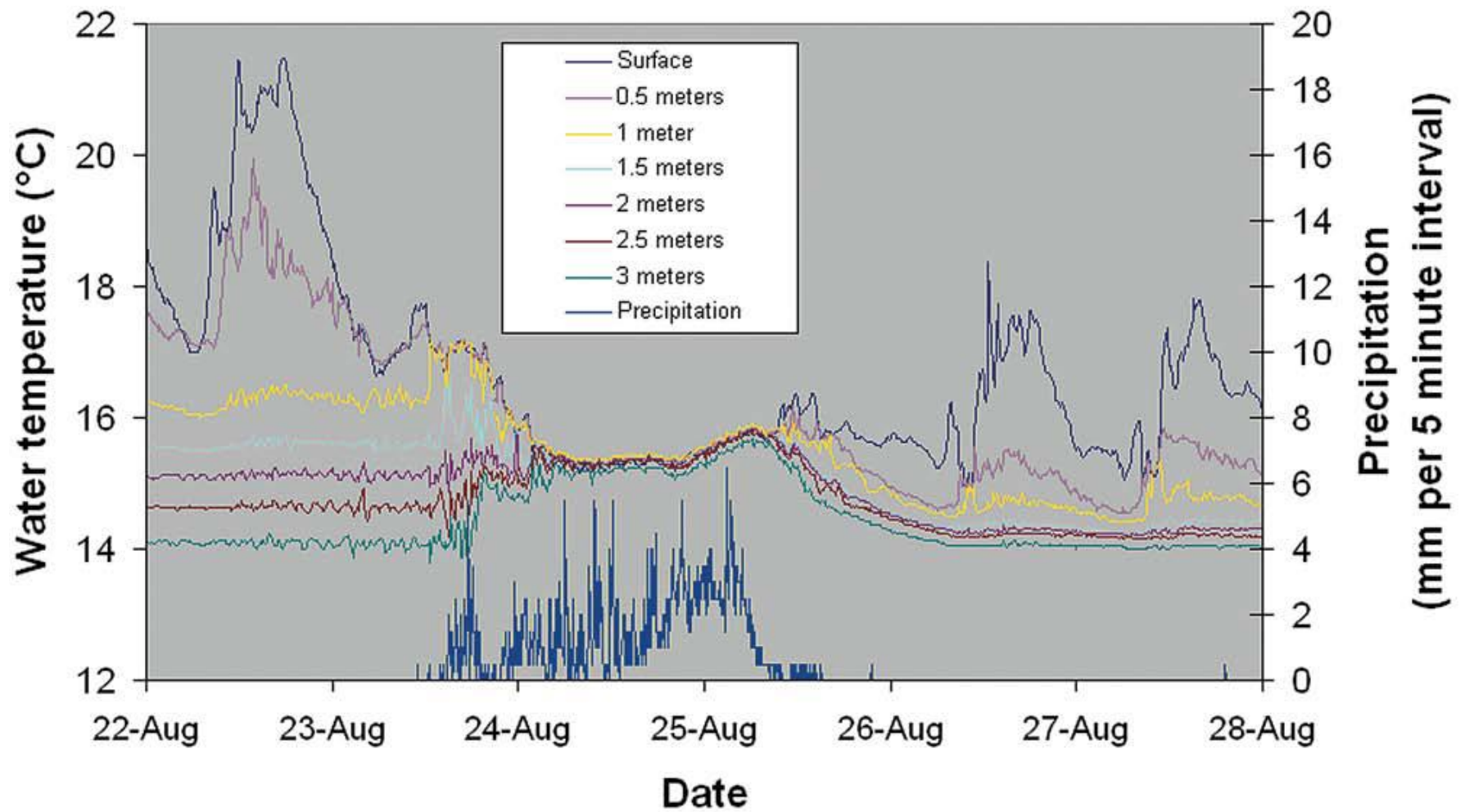


2005年伊莎贝拉台风过境台湾鸳鸯湖的照片

上：过境前的地貌

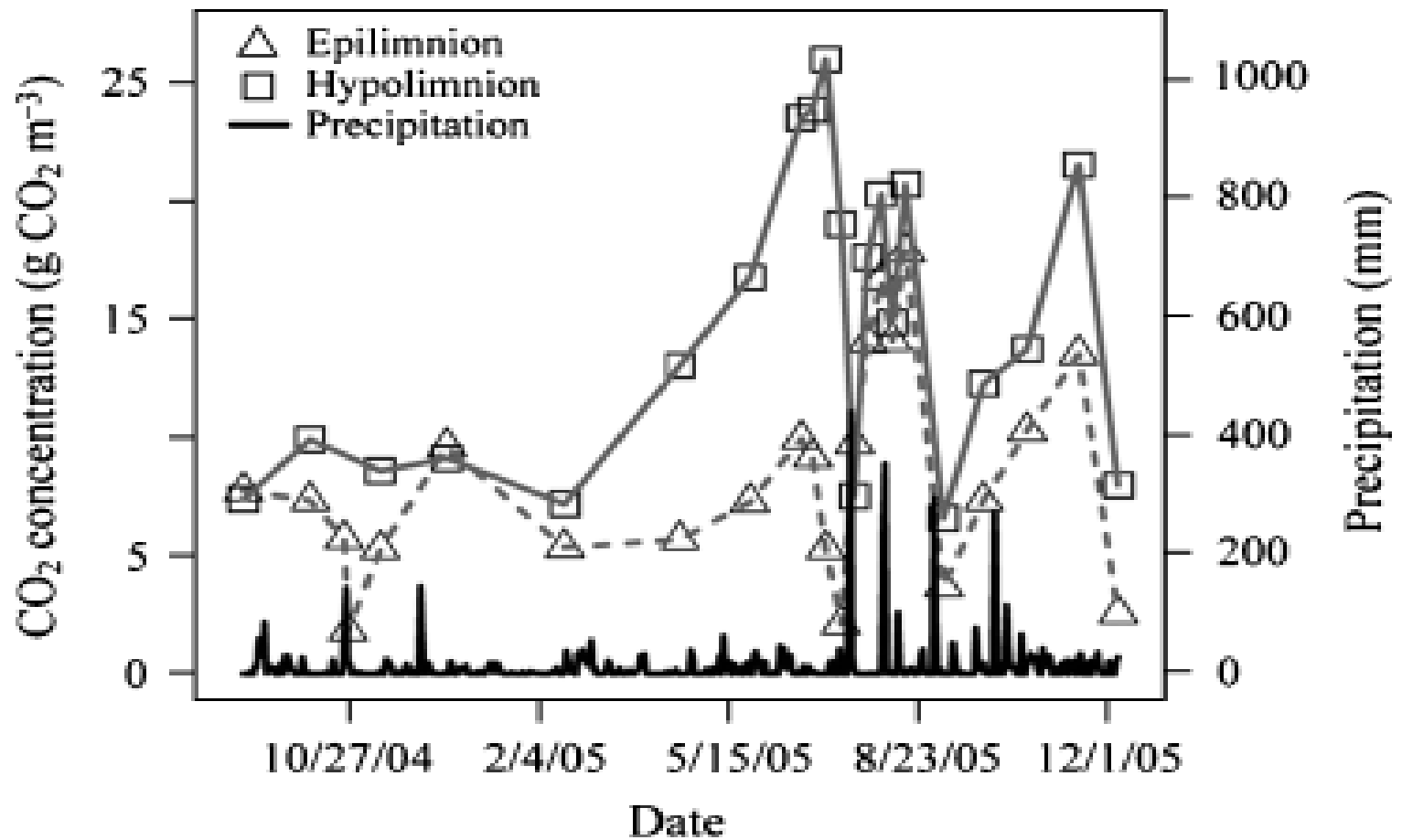
下：过境后的地貌

Porter et al., 2006



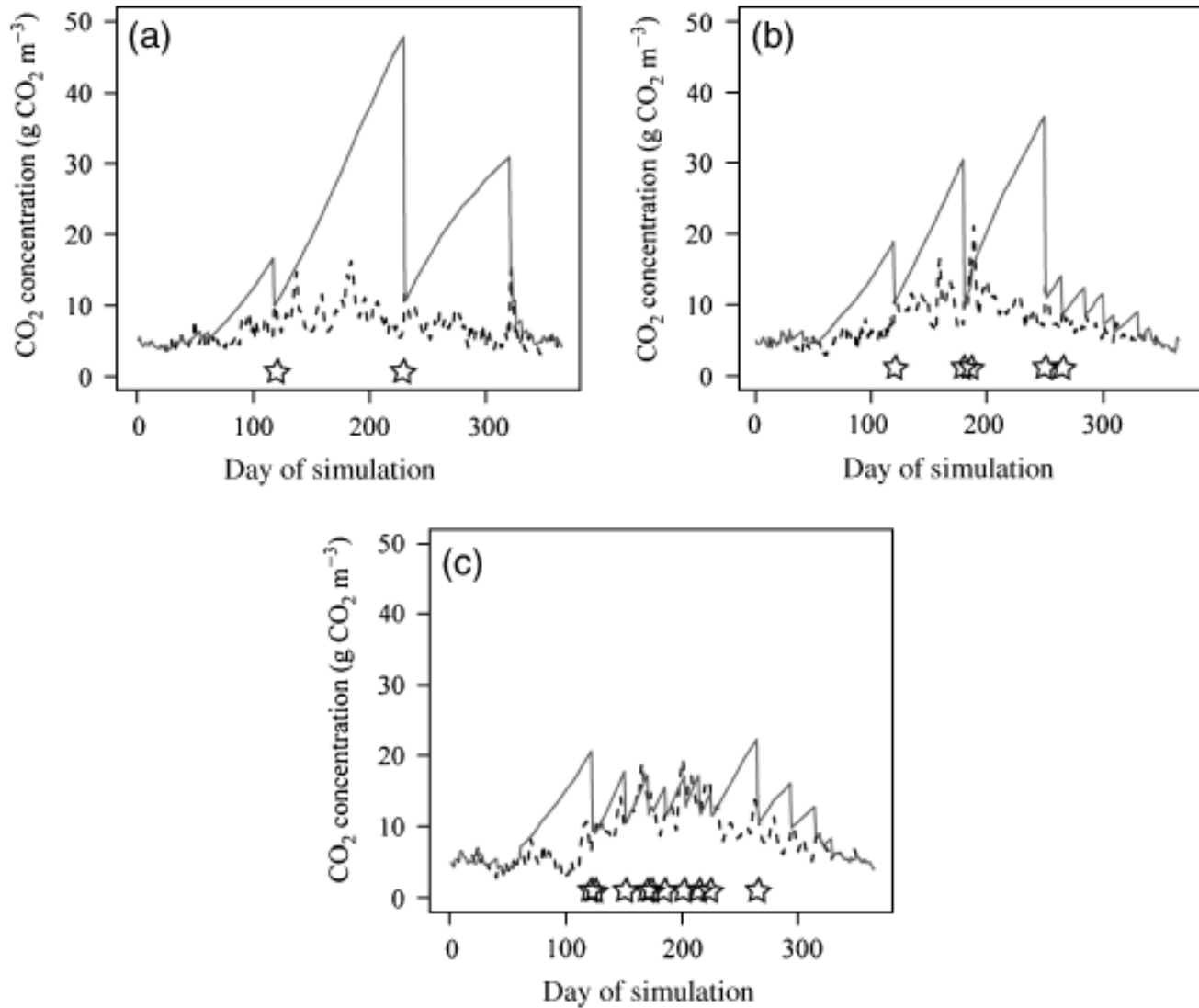
Porter et al., 2006

根据观察获得的鸳鸯湖混合层和底层的 CO_2 浓度变化

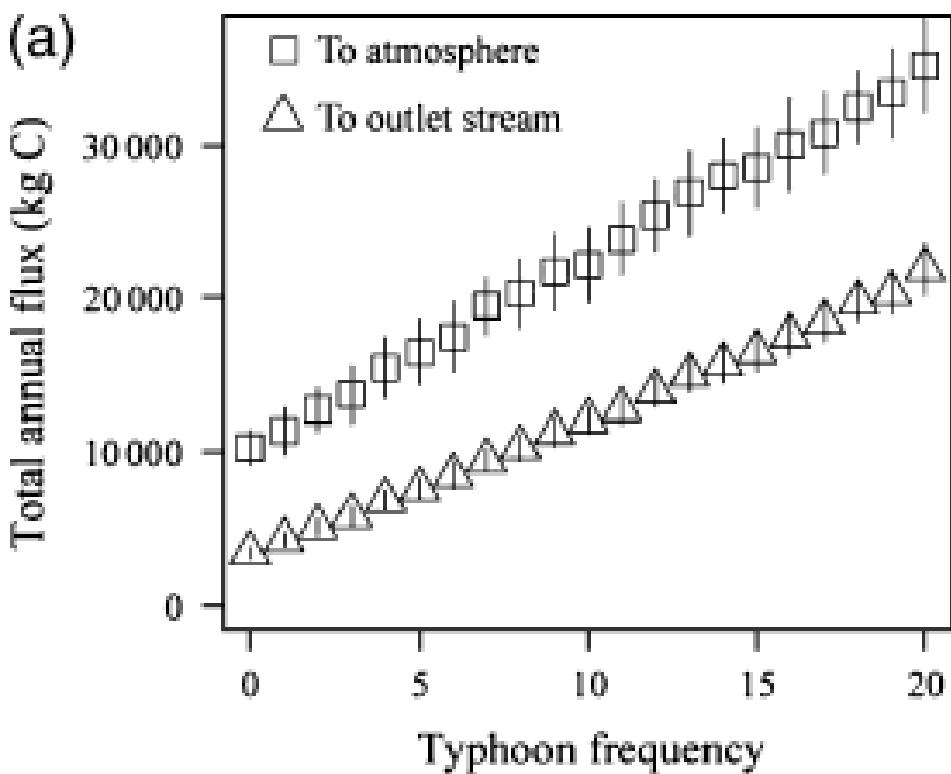


Jones et al. (2009)

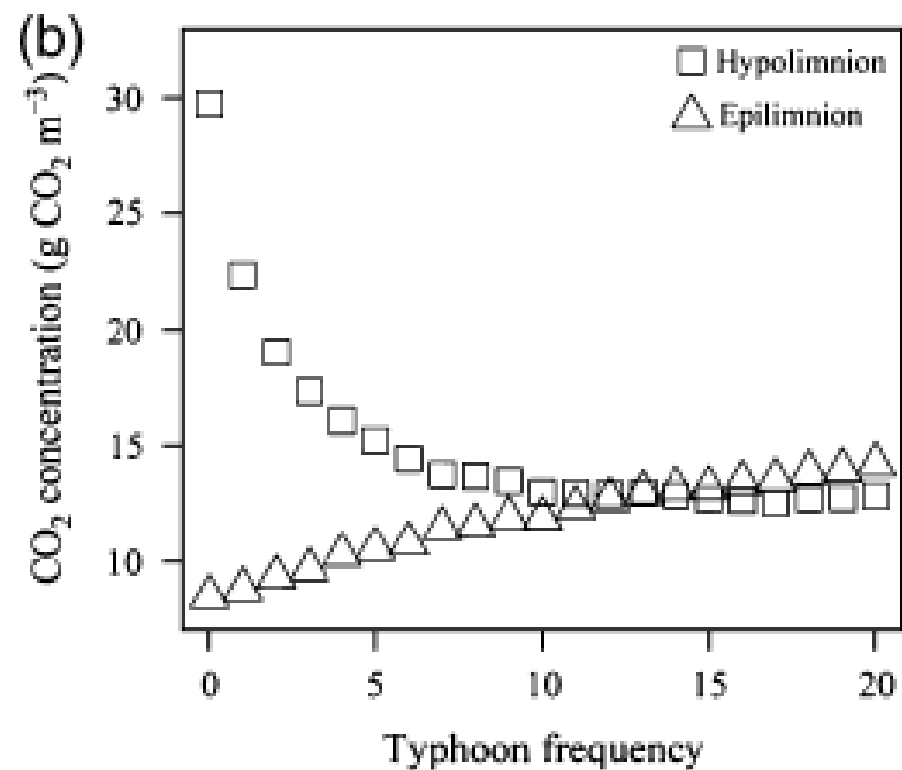
模拟获得的湖泊混合层（虚线）和底层（实线） CO_2 浓度随台风频率增加变化的趋势



Jones et al. (2009)

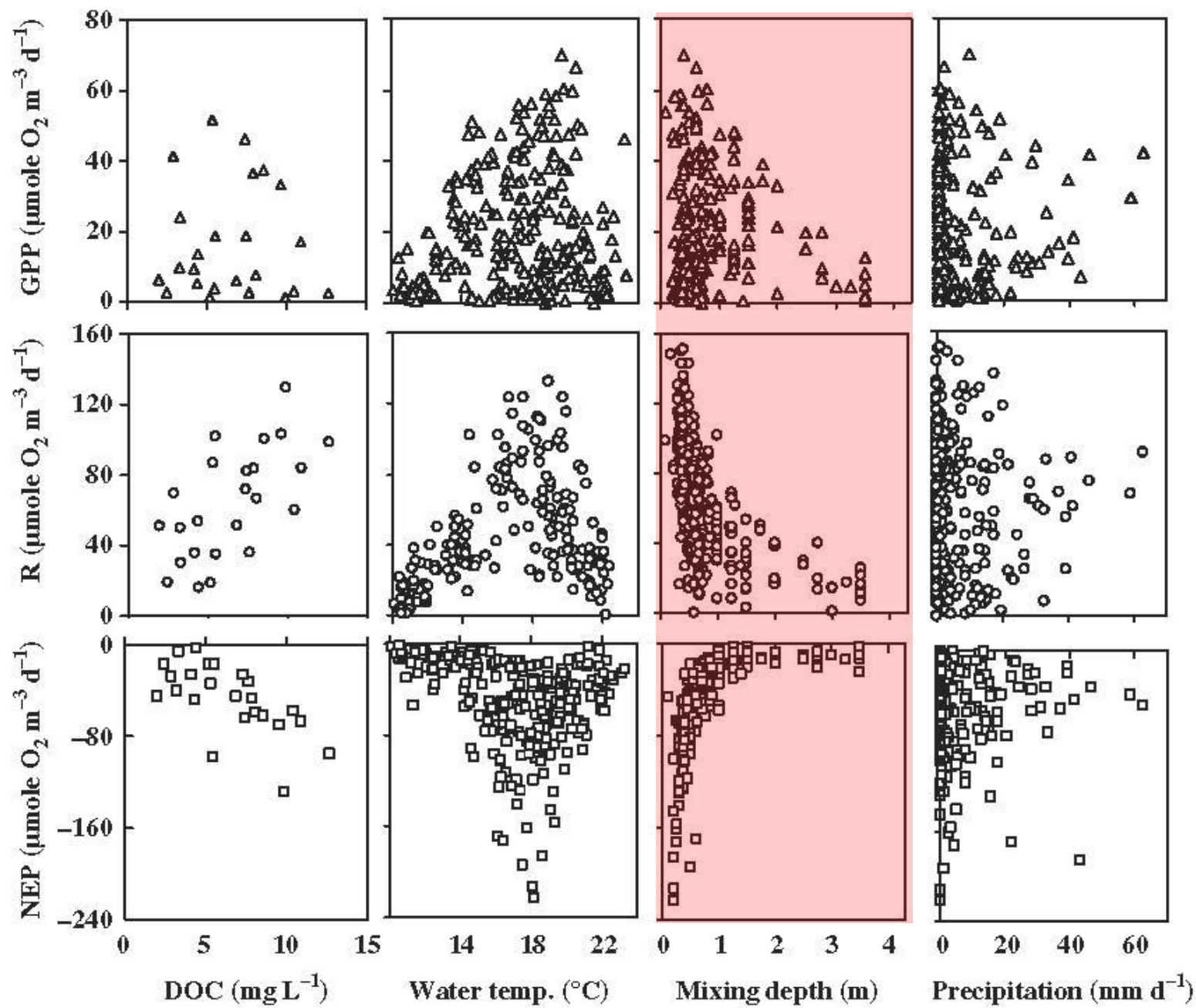


随着台风增加，进入大气和流入河流的碳通量增加



随着台风增加，湖泊混合层CO₂浓度增加，底层却会下降

Jones et al. (2009)



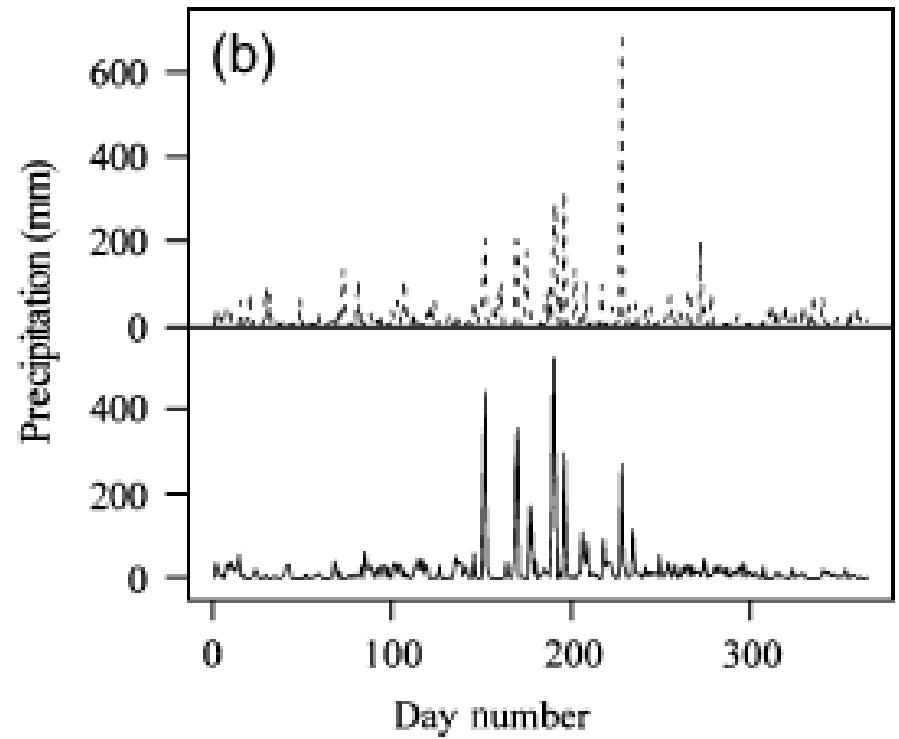
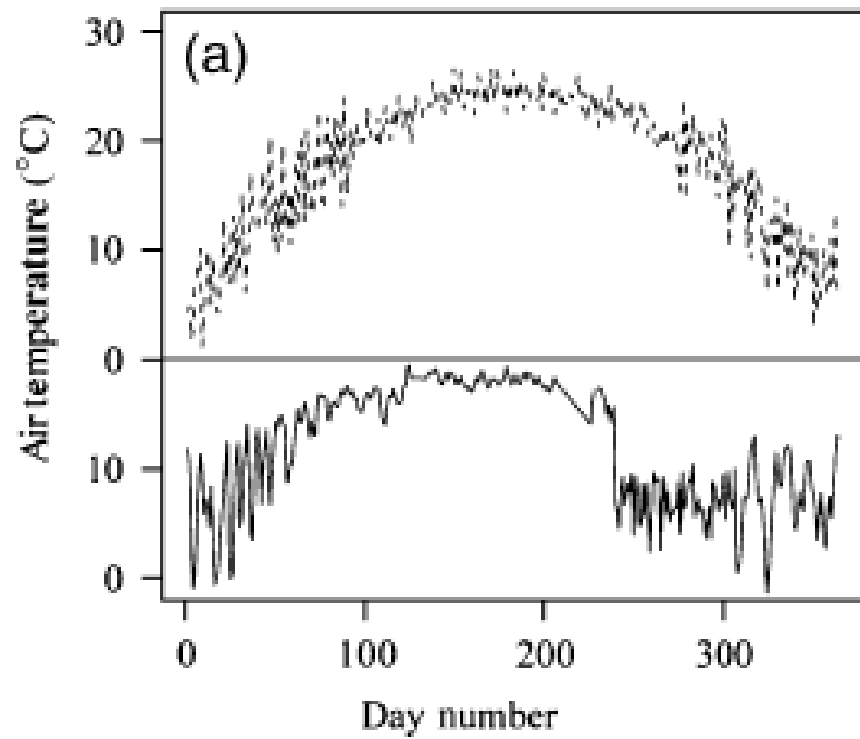
结论

- ◆湖泊物理过程（风浪、降水等）对湖泊生态系统有着复杂深刻的影响；
- ◆要实现环境要素对生态系统的影响研究，研究方法是关键；
- ◆高频、无线、自动监测方法是湖沼学发展产生复杂深刻的影响；

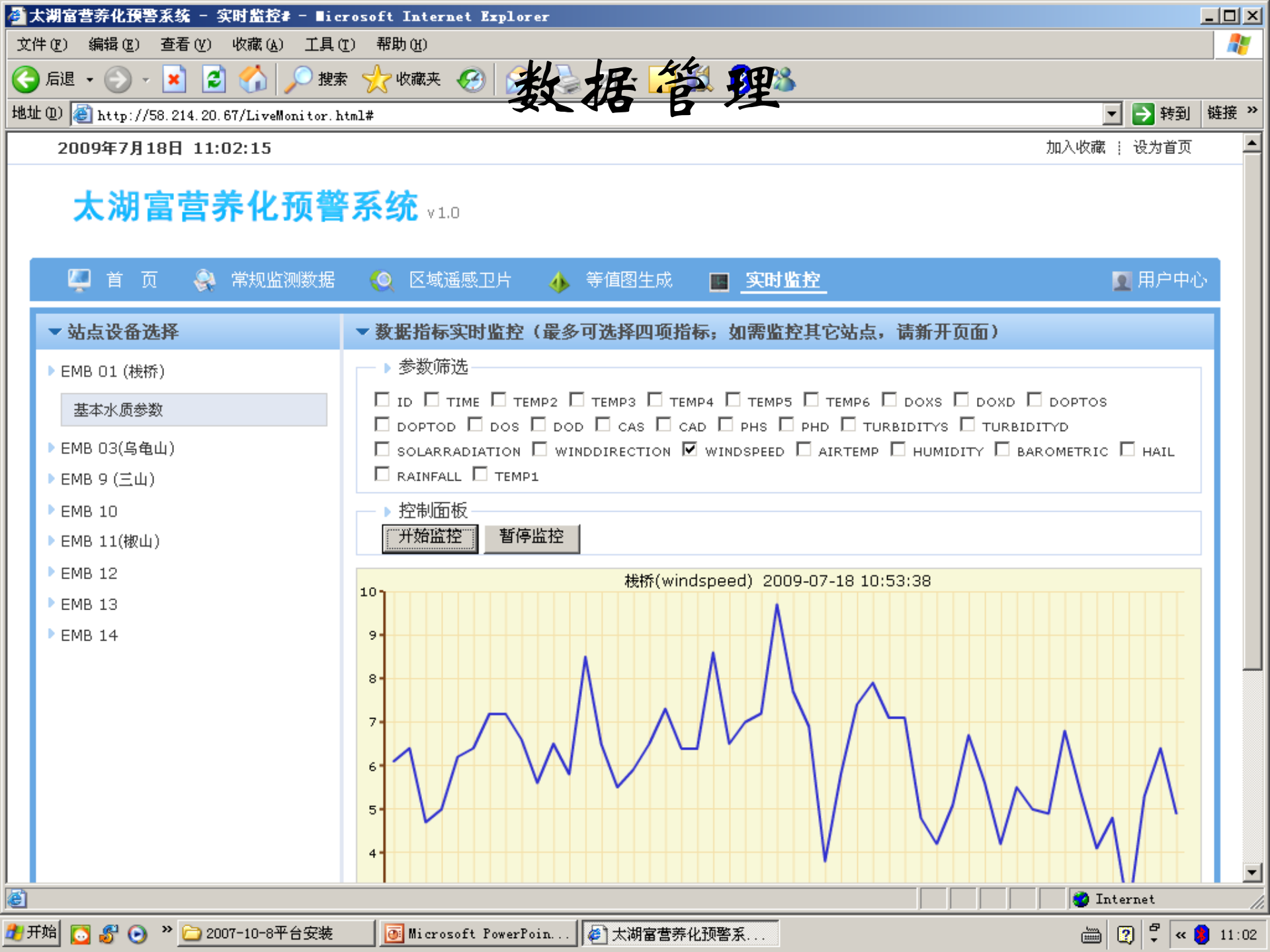
Acknowledgement

The background of the slide is a photograph of a sunset over a body of water. The sun is a bright orange orb low on the horizon, casting a long, shimmering reflection on the water's surface. In the foreground, a scientific buoy is visible. It has a yellow cylindrical base with red Chinese characters, a blue rectangular panel, and a silver metal pole with various sensors and cables attached. The water is calm, reflecting the colors of the sky and the buoy.

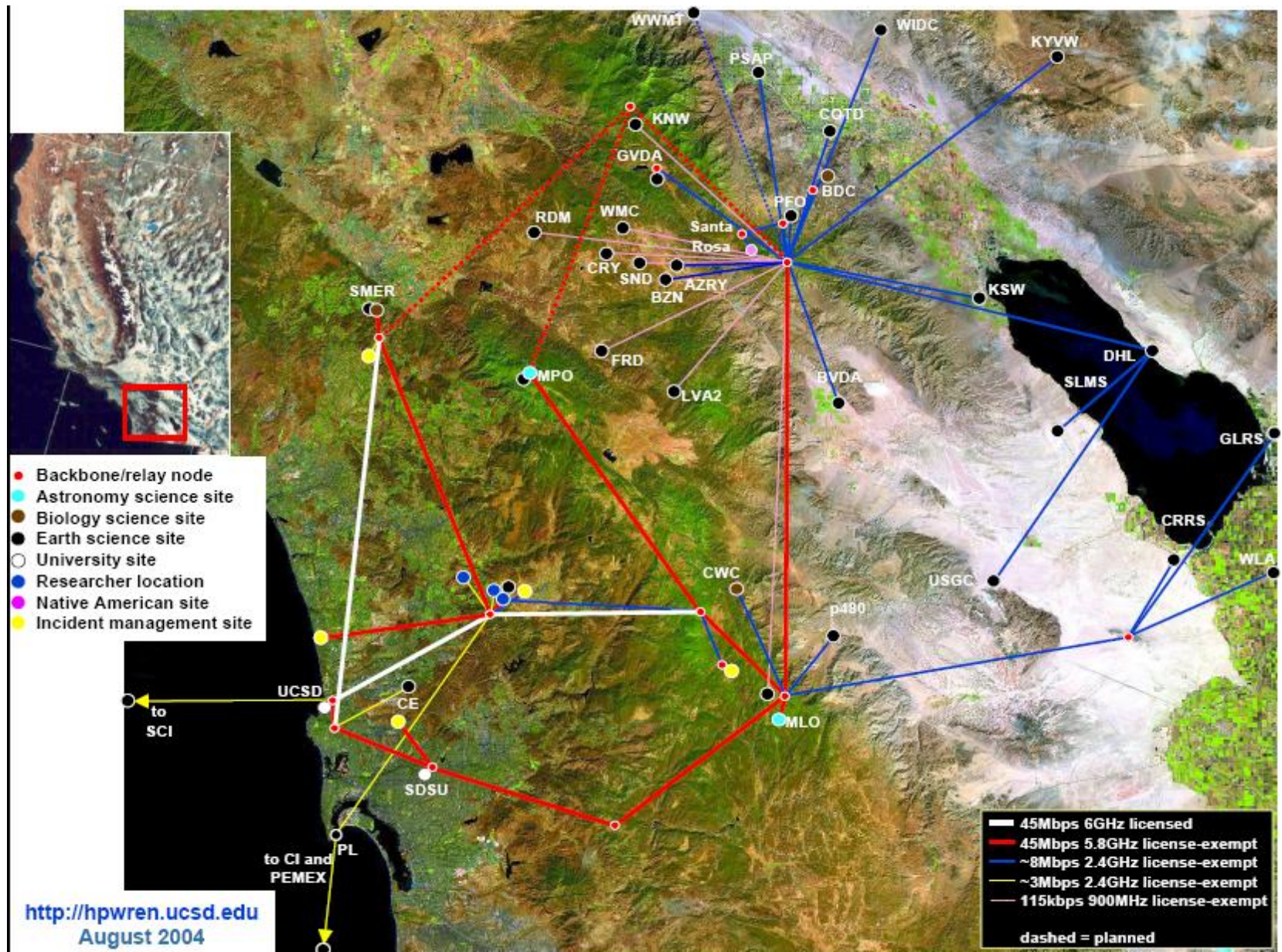
本研究得到了中国科学院重大交叉项目
(KZCX1-YW-14) 及国家自然科学基金
重点项目 (40730529)、杰出青年基金
(40825004) 的资助



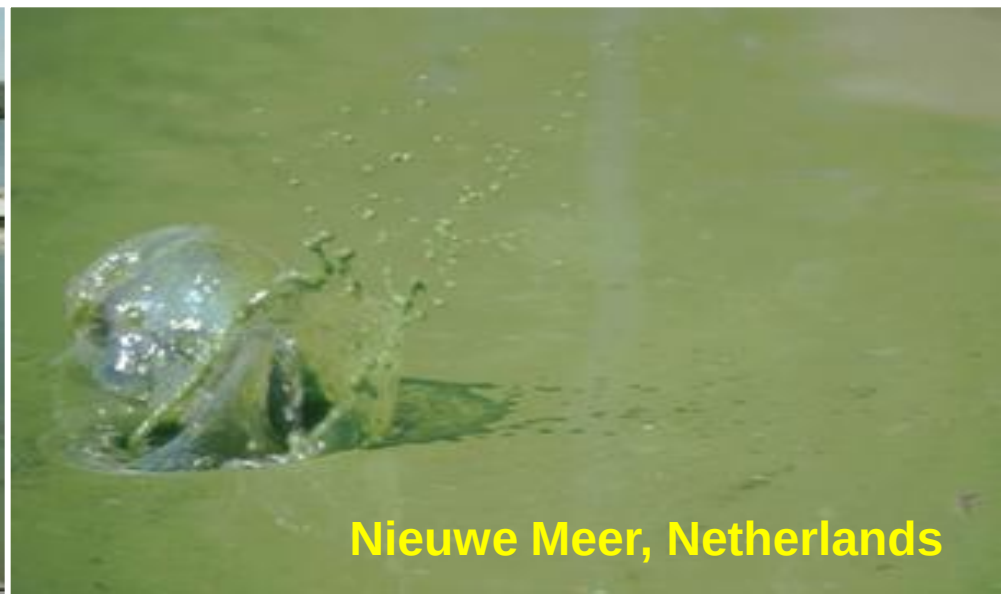
Jones et al. (2009)

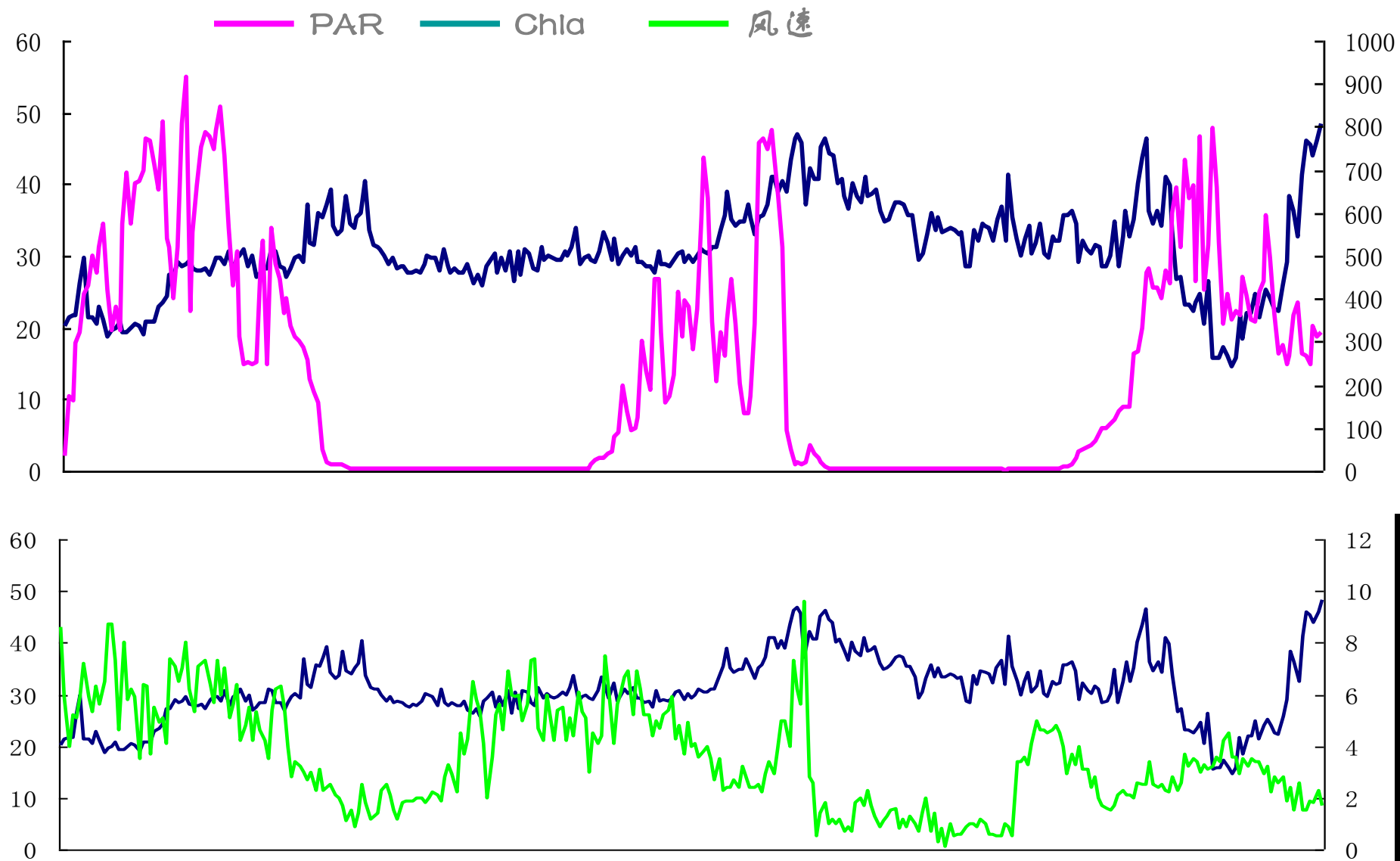


集成了遥感、航空高光谱的地球表层环境和生物监测



国际上浅水湖泊富营养化问题依然是一个尚未解决的难题





2009年7月14—16日太湖站太阳辐射、风速对叶绿素的影响

