

大湖池水体透明度、水位及两者之间关系分析

纪伟涛¹, 邬国锋^{2,3}, 吴建东¹, 刘观华¹, 文思标¹, 罗盛金¹, 余俊¹, 曾南京¹

(1. 鄱阳湖国家级自然保护区管理局, 江西 南昌 330038 ; 2. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079 ; 3. 教育部地理信息系统重点实验室, 湖北 武汉 430079)

摘要 综合鄱阳湖国家级自然保护区内大湖池野外量测的和从中分辨率成像光谱仪(MODIS)影像反演得到的水体透明度信息分析其季节性变化规律,并探讨其与水位之间的关系。研究显示,大湖池水体透明度呈明显的季节性变化,即在春、晚秋和冬季透明度比较低,而在夏季比较高;大湖池水体透明度与水位具有显著的相关性。

关键词 水体透明度;MODIS 水位;大湖池
中图分类号 :TV213.9 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-6933(2010)01-0036-04

Analyses of water clarity, water level and their relation in Lake Dahuchi

JI Wei-tao¹, WU Guo-feng², WU Jian-dong¹, LIU Guan-hua¹, WEN Si-biao¹, LUO Sheng-jin¹, YU Jun¹, ZENG Nan-jing¹

(1. Bureau of Poyang Lake National Nature Reserve, Nanchang 330008, China ; 2. School of Resource and Environmental Sciences ; 3. Key Laboratory of Geographic Information Systems of Ministry of Education, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Combining the water clarity recorded in the field with that derived from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) images, the seasonal dynamics of water clarity were analyzed and their relation with the water level was also explored in Lake Dahuchi within the Poyang Lake National Nature Reserve, in China. The results demonstrated an apparent seasonal pattern of water clarity in Dahuchi. Water clarity was lower in the spring, later in autumn and winter, and higher in summer when it correlated significantly with the water level.

Key words: water clarity ; Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) ; water level ; Dahuchi

湖泊在经济、旅游、娱乐以及生物多样性保护等方面承担着多种非常重要的功能^[1]。这些功能的实现在很大程度上受水质影响。水体透明度是描述湖泊总体水质的重要参数之一^[2],获得、分析其季节性变化规律以及研究这种变化规律与其他影响因子(如水位)之间的关系对于管理和保护湖泊生态系统,维持其功能的可持续发展是必要的。

传统上,采用塞克盘(secchi disk)测量水体透明度,即塞克盘在水中的最大可见深度,因此水体透明度也称为塞克盘深度(secchi disk depth,SDD)。由于太阳光在湖面的反射以及操作者自身因素的影响,

这种方法获得的量测值存在很大误差。而且这种方法劳动强度大,获取的量测值也只具有局部代表意义,不能精确反映透明度的空间变化。另外,在监测透明度随时间动态变化时,要进行重复测量,往往需要大量的人力和财力。再者,在偏远的、人们无法亲临的水域,这种方法更是无能为力^[3]。

遥感技术现已逐渐成为估算水体透明度的一种快速且费用低廉的方法。其中,中分辨率成像光谱仪(MODIS)影像在很多地方的水体透明度反演中得到应用,如 Wu 等^[4]基于 MODIS 建立了鄱阳湖国家级自然保护区的水体透明度反演模型,并且总结因

基金项目 国家林业局‘948’项目(2004-4-34)
作者简介 纪伟涛(1963—),男,江西广丰人,高级工程师,主要从事自然保护区和湖泊管理研究。E-mail :weitaoji@gmail.com
通讯作者 邬国锋(1969—),副教授。E-mail :guofeng.wu@whu.edu.cn

MODIS 影像的免费获得、光谱敏感性以及重复周期短等优点,其在动态监测水体透明度方面具有很大的潜力。

本研究结合鄱阳湖国家级自然保护区内大湖池野外量测的和基于 MODIS 影像反演得到的水体透明度分析其季节性变化规律,并探讨其与水位之间的关系。

1 数据和方法

1.1 研究区域

鄱阳湖国家级自然保护区位于鄱阳湖西北角(图 1),大湖池是其所属的 9 个湖泊之一。该保护区具有丰富的生物多样性,其中有约 102 种水生植物和 122 种鱼类;鸟类多达 300 多种,是世界上最大的鸟类保护区之一,其中,鄱阳湖(包括保护区)越冬白鹤占全球总数的 95% 以上,被称为“白鹤世界”^[5]。在夏季丰水期保护区与鄱阳湖水融为一体,而在冬季枯水期与之分离。因大部分时间受鄱阳湖水位的影响,大湖池水位存在明显的季节性变化规律,而且波动明显。

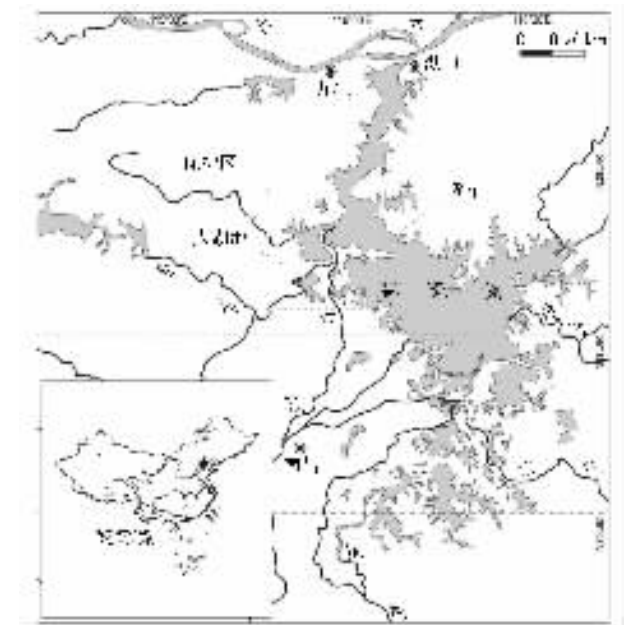


图 1 鄱阳湖国家级自然保护区和大湖池的位置

1.2 水位和水体透明度

自 1999 年开始,鄱阳湖国家级自然保护区管理局开始实施系统的水体透明度量测工作。量测涵盖包括大湖池在内的 4 个湖泊。量测时间从每年的 4 月初开始,10 月底结束,每次量测间隔大约 1 周。每次在每个湖泊中进行 5 个固定采样点的水体透明度量测,量测的工具为 $\varnothing 20\text{ cm}$ 的塞克盘。同时在这些湖泊中记录每日的水位信息。研究中仅采用 2003 ~ 2006 年大湖池的水体透明度和水位数据进行分析。

1.3 MODIS 影像

大湖泊的水体透明度记录仅局限于 4 ~ 10 月,借助 MODIS 影像反演水体透明度可以补充这种记录的不足。利用美国国家航空航天局(NASA)的 Earth Observing System Data Gateway 下载覆盖鄱阳湖地区 2003 ~ 2006 年 MODIS Terra 250 m 分辨率地面反射率产品,每月一景。对下载影像作如下预处理:首先把所有影像的投影方式转换为 WGS84/UTM 投影,然后裁剪出只包括大湖池的矩形区域,接下来进行裁剪影像的非监督分类以及目视判读,确定水域,制作掩膜层,并利用掩膜层进行图像的掩膜操作,提取大湖池水域。

1.4 基于 MODIS 的水体透明度反演

Wu 等^[4]建立了鄱阳湖国家级自然保护区水体透明度的自然对数值($\ln(SDD)$)与 MODIS 影像红波段反射率 R_{red} 之间的线性关系模型($\ln(SDD) = 0.76 \sim 14.72R_{red}$),此模型利用 MODIS 红波段能够反映 85% 的水体透明度的变化。利用此模型结合处理的时间序列 MODIS 影像进行大湖池水体透明度的反演。

1.5 水位和水体透明度的季节性变化及其关系

计算大湖池每次实地测量的 5 个采样点水体透明度平均值以及从每景 MODIS 影像反演的整个湖区的水体透明度平均值。用这些平均值代表野外量测时或者影像获取时大湖池水体透明度的一般情况,进而合并这些数据进行大湖池水体透明度的季节性变化分析。然后在分析大湖池水位变化规律的基础之上,研究其与水体透明度之间的关系,并用双线性回归模型对其关系进行模拟。

2 结果

基于时间序列 MODIS 影像的水体透明度反演结果如图 2 所示。从图 2 中可以发现大湖池水体随时间和空间的变化规律,即水体透明度在春、秋和冬季较低,其空间分布差别比较小,而在夏季较高,空间分布差别也比较大。

图 3(a)显示了 2003 ~ 2006 年大湖池野外量测和从 MODIS 影像反演得到的水体透明度的动态变化情况。从图 3(a)中可以发现水体透明度的季节性变化规律,即水体透明度在冬季和春季比较低,从 4 ~ 5 月份开始增加,于 7 ~ 8 月份达到最高值,从 9 月开始下降。水体透明度在冬季变化不明显,而在夏季波动较大。图 3(b)显示了大湖池每日的水位信息,从图 3(b)中可以发现水位动态变化的一般规律,即水位在冬季和早春比较低,从春末开始增加,在夏季达到最高,然后从秋末开始回落。水位在春季的上升趋势和秋末的下降趋势比较明显。水位冬季

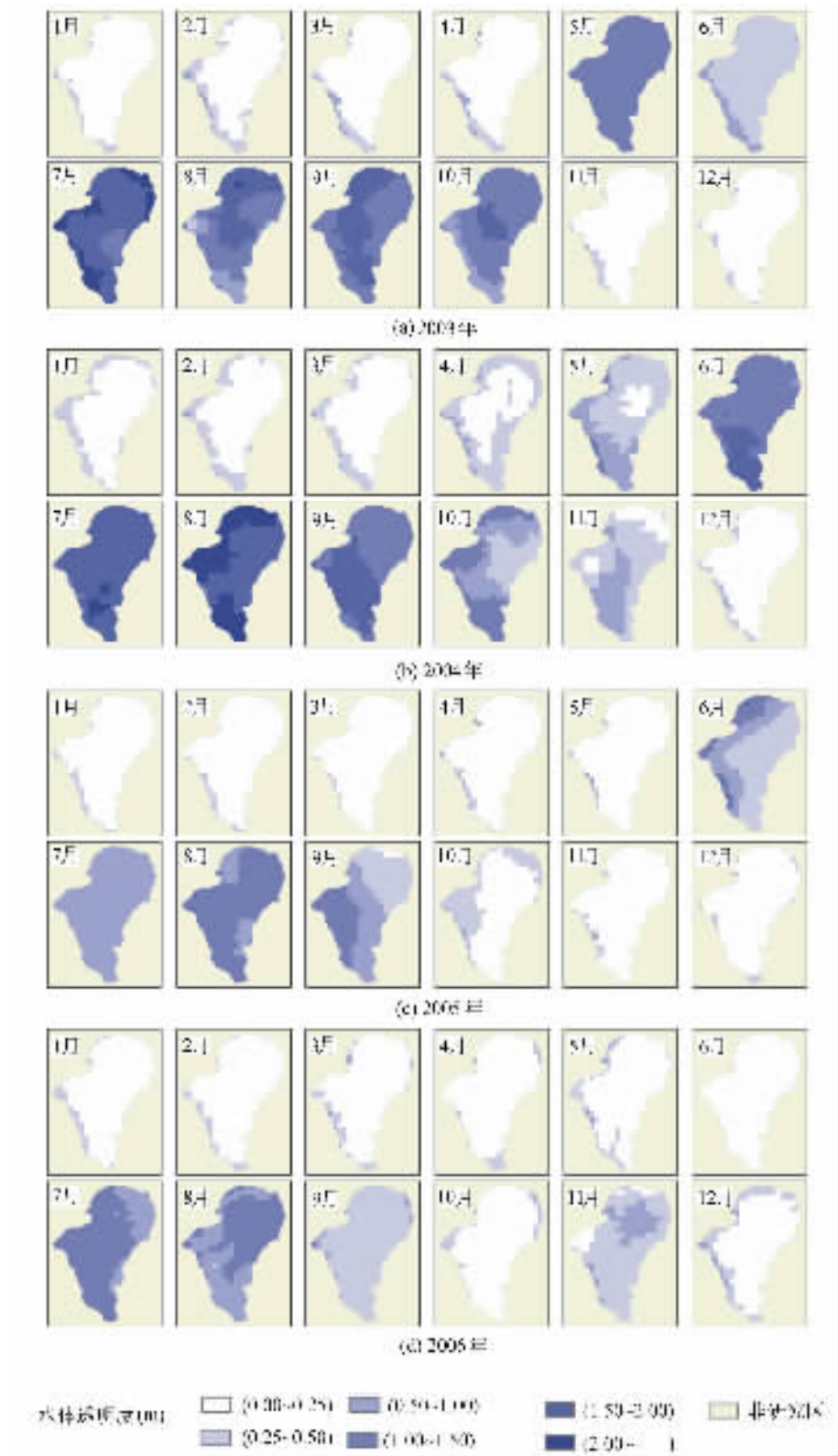


图 2 从时间序列的中分辨率成像光谱仪 (MODIS) 影像反演的大湖池 2003 ~ 2006 年的水体透明度

波动比较小,而夏季较大。

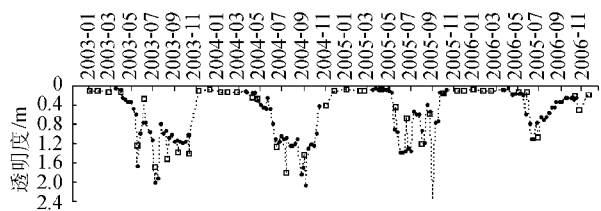
通过对大湖池水体透明度(野外量测值和影像反演值)和水位之间关系的分析发现如下双线性回归模型能够比较好地反映二者之间的关系(图 4),水位变化能够反映 70% 的透明度变化:

$$\ln(SDD) = \begin{cases} -20.067 + 1.363h_{WL} & (h_{WL} \leq 14.75) \\ -0.222 + 0.018h_{WL} & (h_{WL} > 14.75) \end{cases}$$

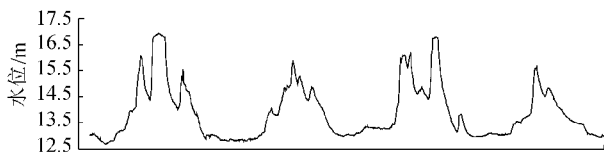
($R^2 = 0.70, F = 241.352, n = 155, P < 0.005$)

式中 $\ln(SDD)$ 为水体透明度的自然对数值; h_{WL} 为水位。

• 野外量测值 □ 反演值



(a) 水体透明度



(b) 水位过程(国家85高程系统)

图3 野外量测以及从中分辨率成像光谱仪(MODIS)反演的大湖池水体透明度、大湖池水位过程(国家85高程系统)

• 野外量测值 □ 反演值

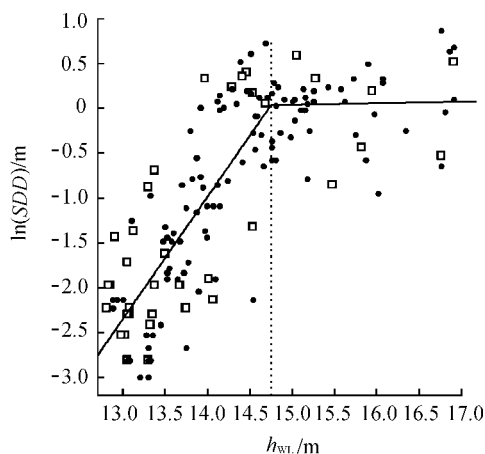


图4 大湖池水体 $\ln(SDD)$ 和 h_{WL} 之间的回归拟合

当 h_{WL} 低于大约 14.75 m 时,水体透明度随着水位的增加而增加;当 h_{WL} 高于这个值时,水体透明度无明显变化趋势,水体透明度的自然对数值约等于 0,即水体透明度约为 1 m。

3 讨论和结论

用大湖池水体透明度实测数据无法全面反映其季节性变化规律,因为记录值仅局限于 4~10 月份。通过与遥感技术结合,补充了实地测量记录的局限性,为全面分析大湖池水体透明度的季节性变化规律提供了可能。

笔者通过大湖池野外量测和从 MODIS 影像反演的水体透明度的结合发现大湖池水体透明度的季节性变化规律,进而在分析水位季节变化规律的基础之上,发现水位和透明度具有很好的相关性,水位变化能够反映 70% 的透明度变化。然而,进一

步研究发现,水体透明度和水位之间并不存在直接的因果关系,即水位变化无法直接反映水体透明度变化的。内陆湖泊水体透明度主要受浮游藻类、悬浮泥沙和溶解性有机物的影响,而在鄱阳湖其主要影响因素是悬浮泥沙^[6]。这样,在低水位时(冬季水深一般小于 1 m)因风力的作用而引起泥沙的再悬浮降低水体透明度,而在高水位时(夏季水深大于 2 m,甚至 5 m)风力引起泥沙再悬浮的作用减弱,而保证水体透明度比较稳定。另外,夏季湖中生长的水生植物也可以在一定程度上限制泥沙的再悬浮,而在冬季无植物生长的湖底为泥沙的再悬浮提供了条件。

尽管悬浮泥沙通过水位的变化能够解释水体透明度的一般变化规律。但这样的统计规律是基于其他潜在影响因素一般水平的基础之上,而这些因素的变化,如降雨的多和少,风速的强与弱都有可能在相同水位下引起水体透明度的波动。

参考文献:

- [1] JORGENSEN S E, LOFFLER H, RAST W, et al. Lake and reservoir management [M]. Developments in Water Science. Amsterdam: Elsevier Publishers, 2005, 54: 502.
- [2] LI Rui-qiu, LI J. Satellite remote sensing technology for lake water clarity monitoring: an overview [J]. Environmental Informatics Archives, 2004(2): 893-901.
- [3] 郭国锋, 刘耀林, 纪伟涛. 基于 TM 影像的水体透明度反演模型: 以江西鄱阳湖国家自然保护区为例 [J]. 湖泊科学, 2007, 19(3): 235-240.
- [4] WU G, De LEEUW J, SKIDMORE A K, et al. Comparison of MODIS and Landsat TM5 images for mapping tempo-spatial dynamics of Secchi disk depths in Poyang Lake national nature reserve, China [J]. International Journal of Remote Sensing, 2008, 29(8): 2183-2198.
- [5] 吴英豪, 纪伟涛. 江西鄱阳湖国家自然保护区研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [6] 金相灿, 屠清瑛. 中国湖泊富营养化 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.

(收稿日期 2008-07-06 编辑 高渭文)

· 简讯 ·

国际会议消息

第 5 届环境科学与技术国际会议 (Fifth International Conference on Environmental Science and Technology) 将于 2010 年 7 月 12 日至 16 日在美国得克萨斯州休斯顿市召开。会议包括学术演讲, 墙报交流和产品/服务展览。有兴趣者可访问会议网址 <http://www.AASci.org/conference/env/2010/> 或直接电邮询问 (env-conference@AASci.org)。

(第 5 届环境科学与技术国际会议 组委会)