

用 ASTER 数据监测梅梁湖湖区蓝藻分布的方法

王海君 李云梅

(南京师范大学地理科学学院 210097 江苏 南京)

[摘要] 蓝藻暴发恶化了太湖水质,严重降低了太湖的使用功能.为克服常规水质监测的不足,实现了对大范围水域的快速监测,为此基于 2003 年 8 月的 ASTER 数据,并结合实地采样数据分析太湖梅梁湖湖区的蓝藻分布状况,通过比较不同波段的灰阶显示图像、单波段密度分割、多波段的假彩色合成的显示效果,认为可见光/近红外波段(0.52 ~ 0.86 μm)是提取蓝藻信息的最佳波段,并对蓝藻分布的形态特征和分布规律进行了初步分析.

[关键词] ASTER 梅梁湖 蓝藻 遥感

[中图分类号] Q938, [文献标识码] A, [文章编号] 1001-4616(2005)01-0103-04

The Method of Monitoring the Spatial Distributions of Blue Algae in Meiliang Bay Using ASTER Data

Wang Haijun , Li Yunmei

(School of Geographical Science , Nanjing Normal University , 210097 , Nanjing , China)

Abstract The blue algal blooming in Taihu Lake aggravates its water quality , and seriously impacts its functions. In order to overcome deficiencies in routine monitoring and rapidly monitor water quality of large water area , ASTER data was used to analyze the distribution of algae in Meiliang Bay , Taihu lake on August 2003. For analyzing , the methods have been tried of gray displaying in different bands , density slice and color composite of multiple bands in the study. The result shows that visible/near-IR bands (0.52 ~ 0.86 μm) are best for blue algal information extraction. At the same time , the field sampling is compared with the ASTER data. The two kinds of data show the same way in algal distribution. This indicates that the ASTER data is useful for monitoring water quality in Taihu lake.

Key words : ASTER , Meiliang Bay , Blue Algae , Remote Sensing

0 引言

蓝藻是一种浮游生物,遇无风高温晴好的天气,蓝藻大量生长,形成藻华色带.每当蓝藻暴发时,水中的溶解氧被蓝藻大量消耗,鱼等其他水生生物因缺氧而死亡,水体不仅变颜色,而且还有臭味,严重影响城市供水和渔业生产.

太湖是我国的第三大淡水湖,其梅梁湖区、贡湖区、胥湖区已成为无锡、苏州等城市的主要供水水源地,保护好太湖水资源显得更为重要与迫切.20 世纪 80 年代末期,太湖流域经济快速发展,而对水环境的保护工作相对滞后,太湖的水环境自 20 世纪 90 年代加速恶化.每年夏秋季节,因湖水富营养化引起的蓝藻水华频频暴发,不仅恶化了水体的感官性状,而且破坏了太湖生态系统的平衡状态,严重降低了太湖的使用功能.

在太湖治污过程中,实时监测湖水状况是一项十分重要而繁重的工作.目前,对太湖的常规水质监测

收稿日期:2004-09-02.

基金项目:863 项目环境遥感监测软件系统与业务运行示范课题(2003AA131060)、南京师范大学引进人才科研启动基金、太湖流域水体污染遥感监测研究(2004105XGQ2B47)资助项目.

作者简介:王海君,1982—,硕士研究生,主要从事遥感与地理信息系统的学习和研究. E-mail :whj9989@sina.com

通讯联系人:李云梅,女,1966—,博士,副教授,主要从事遥感与地理信息系统的研究与教学. E-mail :liyunmei@njnu.edu.cn

是通过实地采集水样并进行实验室分析来实现的.太湖水环境监测站在太湖上设了 21 个固定采样点,每月进行采样分析,每次野外采样至少要花 5 d 的时间,此后,还需在实验室利用常规的化学分析方法提取各项指标,这是一项极费人力、物力和时间的工作,且采样所收集到的只是点状数据,难以对大面积湖泊内的水质情况进行推算.卫星遥感能获取大面积、宏观的水面辐射信息,因此能克服常规监测中进行离散点采样的不足,实现对区域面状水质的监测.近年来,国内外学者在利用遥感技术监测水质参数方面已进行了大量的研究.

蓝藻暴发引起水体温度、色度和透明度等一系列物理性质发生变化,进而导致水体反射波谱特性也发生变化.浮游植物中的叶绿素对近红外波段具有明显的"陡坡效应",故而这类水体兼有水体和植物的光谱特征,即在可见光波段反射率低,在近红外波段反射率却明显升高.水体这种波谱特性的变化,被卫星探测器准确无误地记录下来,然后根据地表代表性水域上所采集的同步实测资料,建立起各种解译标志,对卫星遥感资料进行图像解译、分析和处理,最终获取湖区蓝藻暴发程度及分布状态.

近年来,国内外学者在利用遥感技术监测水质参数方面也已进行了大量的研究.较成功的例子如 Lathrop^[1-3]对美国 Michigan 湖的 Green 湖湾作了一系列遥感研究(1986,1991,1992),估测了包括叶绿素 a、悬浮物、透明度在内的多项参数,取得了较理想的结果;李旭文等^[4]以 TM 数据为数据源,利用叶绿素 a 与差值植被指数 DV(TM4-TM3)之间很高的相关性,建立了藻类生物量遥感定量模型,对梅梁湖湖区叶绿素 a 及蓝藻生物量进行了遥感估算. ASTER 是涵盖可见光到热红外 14 个波段,集空间、光谱和辐射高分辨率的多光谱传感器.本文应用 2003 年 8 月太湖梅梁湖湖湾的 ASTER 数据并结合实地采样数据对太湖梅梁湖湖区蓝藻分布进行同步监测.

1 研究区环境背景

梅梁湖是太湖北部的一个湖湾,是无锡市区最大的水域,也是无锡市区赖以生存的水源地.梅梁湖南北长约 16 ~ 18 km,东西宽约 7 ~ 10 km,面积 160 km²,平均水深 1.89 m,容积约 3 亿 m³.

梅梁湖位于太湖北部,象一敞开的大口袋,由于风力等原因,藻类很容易聚集.60 年代初,由于围湖造田及不合理的水利工程,致使湖水面积剧减,同时也改变了梅梁湖湖流结构,导致了湖泊内部结构和功能严重失调,外太湖的湖流也无法深入到梅梁湖内部,梅梁湖湖流由原来的多途径循环方式变成了单循环方式,水体很难与外太湖交换^[5].此外,一些缺乏科学管理、违背自然规律的人类活动,工业废水污染和有机污染物质的注入等,使湖区水环境污染和富营养化问题日渐突出.蓝藻以其特定的形态生理特征适应了这种环境条件而得以发展,长期成为湖区水体中的优势种群.大面积的蓝藻暴发对湖区的饮用水源、旅游等多方面造成严重影响.

2 研究方法

2.1 遥感数据源

本研究所采用的遥感数据源为 ASTER 数据. ASTER 是极地轨道环境遥感卫星 Terra 上载有的 5 种对地观测仪器之一,它提供了可见光/近红外(VNIR)、短波红外(SWIR)和热红外(TIR)通道的遥感数据,覆盖了从可见光到热红外共 14 个波段,影像具有高空间、波谱和辐射分辨率,每景幅宽 60 km × 60 km. 表 1^[6]是 ASTER 数据的主要技术参数.

2.2 实验及数据处理方法

结合 8 月份的实地水质采样分析数据,利用 ASTER 遥感影像对太湖梅梁湖湾蓝藻分布进行星地同步调查、监测.利用 ENVI 3.5 软件,首先对湖区 ASTER 遥感影像进行图像裁剪,以裁剪出研究区的遥感图像(包括梅梁湖和五里湖区),分别比较不同波段区的单波段灰阶显示、单波段密度分割及多波段假彩色合成实验效果,并与实地采样数据结合分析.

表 1 ASTER 主要技术参数

光子子系统	波段	波段范围 / μm	空间分辨率 /m	辐射分辨率	绝对辐射精度	量化级
可见光 近红外 (VNIR)	1	0. 52 ~ 0. 60	15	$\text{NE}\Delta\rho \leq 0. 5\%$	$\leq \pm 4\%$	8 bits
	2	0. 63 ~ 0. 69				
	3N	0. 78 ~ 0. 86				
	3B	0. 78 ~ 0. 86				
短波红外 (SWIR)	4	1. 60 ~ 1. 70	30	$\text{NE}\Delta\rho \leq 0. 5\%$	$\leq \pm 4\%$	8 bits
	5	2. 145 ~ 2. 185		$\text{NE}\Delta\rho \leq 1. 3\%$		
	6	2. 185 ~ 2. 225		$\text{NE}\Delta\rho \leq 1. 3\%$		
	7	2. 235 ~ 2. 285		$\text{NE}\Delta\rho \leq 1. 3\%$		
	8	2. 295 ~ 2. 365		$\text{NE}\Delta\rho \leq 1. 0\%$		
	9	2. 360 ~ 2. 430		$\text{NE}\Delta\rho \leq 1. 3\%$		
热红外(TIR)	10	8. 125 ~ 8. 475	90	$\text{NE}\Delta\rho \leq 0. 3K$	$\leq 3\text{ k}(200 \sim 240\text{ k})$	12 bits
	11	8. 475 ~ 8. 825			$\leq 2\text{ k}(240 \sim 270\text{ k})$	
	12	8. 925 ~ 9. 275			$\leq 1\text{ k}(270 \sim 340\text{ k})$	
	13	10. 25 ~ 10. 95			$\leq 2\text{ k}(340 \sim 370\text{ k})$	
	14	10. 95 ~ 11. 65				

3 实验结果与分析

3.1 实地采样数据分析

太湖水环境监测站在梅梁湖(包括五里湖)设有固定采样点 ,梅梁湖湾的采样点主要设在五里湖心、阊江口、犊山口、沙渚、中桥水厂等(图 1 ,见封三)。监测站人员每月均采用跑点式进行实地采样观测 ,此后 ,在实验室利用常规的化学分析方法 ,提取各项指标。结合太湖水环境监测站提供的湖区各采样点的 8 月份数据(表 2)来看 ,梅梁湖湖区水体普遍呈富营养化 ,近岸水域蓝藻富集 ,蓝藻暴发聚集受风向的影响 ,在遥感影像上呈条带延伸。

表 2 8 月各采样点水质数据

采样点	叶绿素 a 含量	TSL	营养化程度
中桥水厂	37	65. 993 3	富营养
五里湖心	68	71. 963 77	富营养
犊山口	50	68. 947 24	富营养
阊江口	36	65. 724 51	富营养
拖山	21	60. 436 78	富营养

3.2 卫星数据处理

3.2.1 单波段灰阶显示

在 Envi3. 5 中选择 VNIR_Band 3B 以单波段灰阶图像显示(图 2 ,见封三) ,图像中湖区亮度较高的区域是蓝藻的集中分布区域。在近红外波段 ,水体的吸收率高 ,水面反射率非常小 ;而由于叶绿素 a 的原因 ,蓝藻区的反射率高 ,亮度较湖水区高而显亮白色。而短波红外和热红外波段的单波段对蓝藻信息几乎没有显示(图 3 ,见封三)是 SWIR_Band6 的灰阶图像。

从图 1 可定性地看出蓝藻主要集中在梅梁湖近岸水域 ,受风力作用显示出一定的漂移特性。参考 8 月实地采样数据 ,中桥水厂、犊山口等近岸采样点的水体富营养化程度比较严重 ,遥感影像显示的信息与之是吻合的。

3.2.2 单波段密度分割

正常人眼能分辨 20 级左右的亮度级 ,而对彩色的分辨能力可达 100 多种。单波段黑白遥感影像可按亮度分层 ,对每层赋予不同的颜色 ,使之成为一幅彩色图像 ,从而有利于图像的增强和分类。为更好的显示蓝藻暴发的范围、程度 ,这里对 VNIR_Band 3B 波段进行假彩色密度分割(图 4 ,见封三)。由于 8 月沿湖陆地植被覆盖好 ,在图像中也显示较高灰度值 ,这对湖水与陆地的边界区分产生了一定的模糊。湖区灰度值介于 80 ~ 161 之间为蓝藻覆盖较多的水体 ,图像中蓝藻浓度随离岸距离的远近表现一定的梯度变化 ,总体趋势是离岸越远 ,蓝藻分布越少。而梅梁湖区的水质采样点数目比较少 ,不能提供足够的实测数据来与之进行相关分析 ,但拖山数据可作定性参考。

3.2.3 不同波段假彩色合成

3.2.3.1 可见光/近红外(VNIR)三波段假彩色合成

在 ENVI 3. 5 下选择可见光/近红外(VNIR)的 3N、2、1 三波段做 RGB 合成(图 5 ,见封三)。由于所含高叶绿素 a 的作用 ,蓝藻区在绿波段(0. 52 ~ 0. 60 μm)具有较高的反射率 ,在红光波段(0. 63 ~ 0. 69 μm)

万方数据

反射率略降但仍比湖水高,在近红外波段反射率达到最大^[3].因此,在VNIR-3N(红)、2(绿)、1(蓝)假彩色合成图像上,蓝藻区呈绯红色.此外,蓝藻暴发聚集受湖流、风向的影响,呈条带延伸,在ASTER图像上呈条带状结构和絮状纹理,与周围的湖水面也有明显不同.

3.2.3.2 其他波段假彩色合成

实验中对ASTER数据可见光/近红外以外的其他波段进行了多波段组合的假彩色合成,发现这些合成的影像对湖区蓝藻信息的显示效果不好,并且与采样点的水质数据没有明显的相关性.如图6(见封三)是短波红外(SWIR)Band6、5、4的合成图.

3.3 结果分析

本文基于ASTER数据尝试了不同波段的灰阶显示图像及单波段密度分割、多波段的假彩色合成,从效果来看,可见光/近红外部分效果较优,其他波段不管是假彩色合成、单波段灰阶图像及密度分割都不能很好的区分蓝藻和湖水,因此,可见光/近红外($0.52 \sim 0.86 \mu\text{m}$)是提取蓝藻信息的最佳波段.

根据遥感影像,并结合实地采样数据可以看出8月份的蓝藻分布主要集中于梅梁湖湾近岸水域,宽近1 km,沿中桥水厂起,向南经五里湖、犊山口、充山延伸至小湾里一带近岸处,在风力作用下绵延数10 km,至拖山一带才逐渐减弱.

遥感影像图直观、全面地显示出蓝藻带的分布状况,而结合实测采样数据可以更好的监测蓝藻暴发的强度.蓝藻的漂移特性使得卫星图像能捕捉到内陆大面积湖泊中的水华现象,体现了遥感手段的优越性.本文通过对星地资料的比较和分析,说明用遥感进行蓝藻的分布调查是可行的.

4 结语

本文利用ASTER遥感影像数据,并结合实地水质采样分析,对2003年8月太湖梅梁湖湾蓝藻分布的形态和规律进行了初步分析,认为:

(1) 卫星遥感图像能直观、全面地显示出蓝藻水华带的分布状况和范围,这是常规采样观测离散的点信息所不能比拟的.

(2) ASTER数据在可见光/近红外波段所具有的较高的空间分辨率(15 m),使其相对于TM(空间分辨率30 m)和MODIS(空间分辨率250~1000 m)等卫星数据,具有更大的优势.

(3) 通过对星地资料的比较和分析,说明用遥感进行蓝藻的分布调查是可行的.应用卫星遥感信息进行全湖藻类空间分布及动态的定量分析,在太湖梅梁湖的水资源保护、调度和管理中将有其良好的应用前景.

(注:本文在地理信息系统专业本科学位论文的基础上修改完成.)

[参考文献]

- [1] Lathrop R G, Lillesand T M. Use of Thematic Mapper Data to Assess Water Quality in Green Bay and Central Lake Michigan [J]. Photogramm Eng Remote Sens, 1986, 52(3): 671—680.
- [2] Lathrop R G, Lillesand T M, Yandell B S. Testing the Utility of Simple Multi-date Thematic Mapper Calibration Algorithms for Monitoring Turbid Inland Waters [J]. Int J Remote Sens, 1991, 10(3): 2045—2063.
- [3] Lathrop R G. Landsat Thematic Mapper Monitoring of Turbid Inland Water Quality [J]. Photogramm Eng Remote Sens, 1992, 58(1): 465—470.
- [4] 李旭文. 太湖梅梁湖湾蓝藻生物量的遥感估算 [J]. 国土资源遥感, 1995(2): 23—28.
- [5] 顾岗. 太湖蓝藻暴发成因及其富营养化控制 [J]. 环境监测管理和技术, 1996, 8(6): 17—19.
- [6] 郭亚东, 史舟. 先进星载热发射和反射辐射仪(ASTER)的特点及应用 [J]. 遥感技术与应用, 2003, 8(5): 346—351.
- [7] 黄家柱, 赵锐. 卫星遥感监测太湖水域蓝藻暴发 [J]. 遥感信息, 1999, 10(4): 43—44.

[责任编辑:孙德泉]

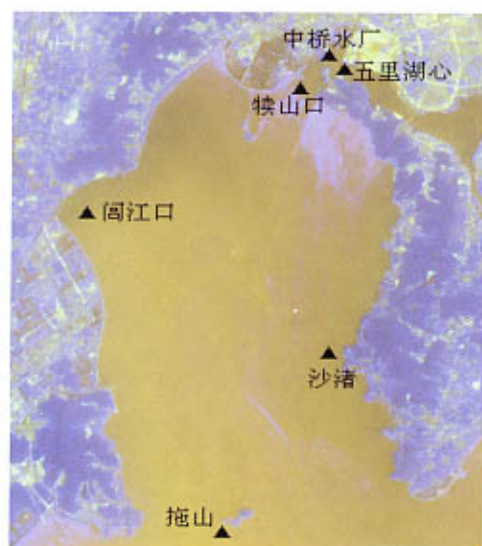


图1 遥感影像上采样点分布(比例尺1:50 000)

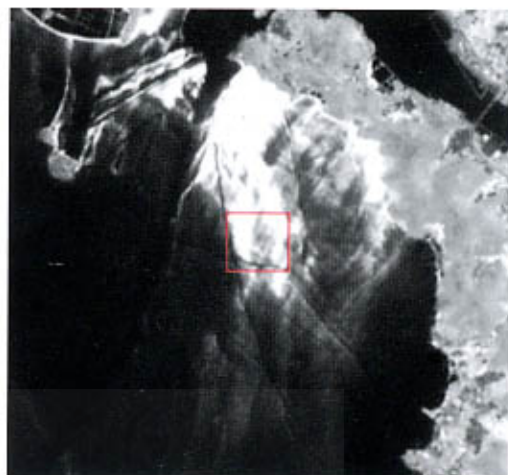


图2 VNIR_Band 3B灰阶图像

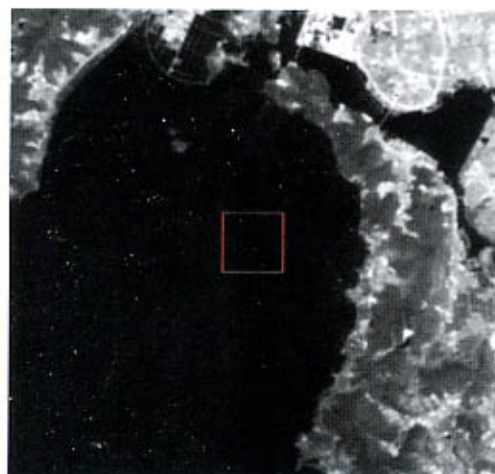


图3 SWIR_Band6灰阶图像

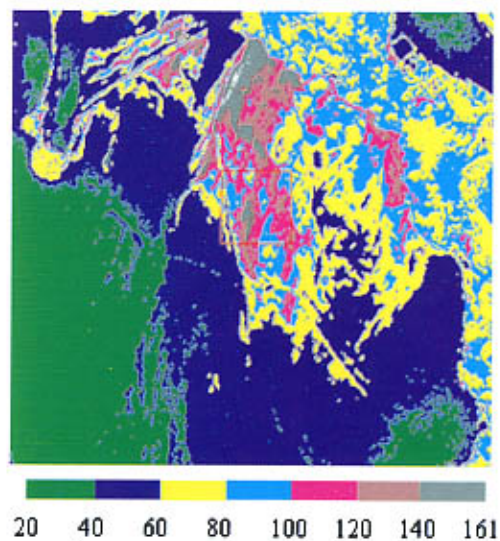


图4 VNIR_Band 3B波段密度分割图

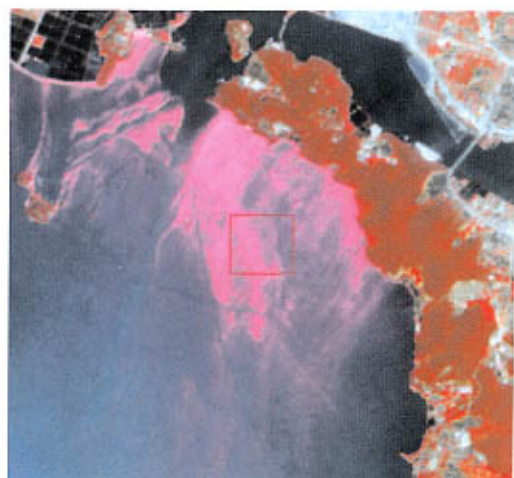


图5 VNIR_3N、2、1三波段RGB合成图

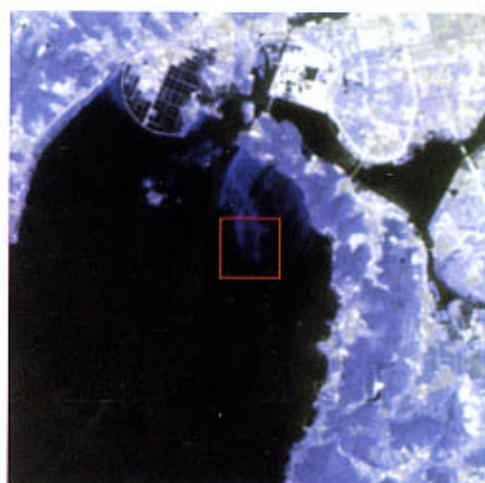


图6 SWIR_Band6、5、4三波段合成图