

文章编号:1001-5485(2004)03-0029-03

河口 类水体富营养化的遥感定量方法研究

张 穗¹,何报寅²

(1. 长江科学院 空间信息技术应用研究所,湖北 武汉 430010; 2. 中国科学院 测量与地球物理研究所,湖北 武汉 430077)

摘要:基于对水体叶绿素光谱特征的分析 and 河口水体富营养化指标的研究,选取适合长江口特点的叶绿素浓度解译方法,利用总磷、总氮与叶绿素的相关特征得出适合河口特征的富营养化评价方法。并且在长江口的遥感影像上选取合适的实验区对这一方法进行试验,取得了较好的结果。

关键词:长江口;卫星遥感;富营养化

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A

近年来,高分辨率卫星(地面分辨率达到5 m以内)、高光谱分辨率遥感卫星(如MODIS)的应用逐渐成为遥感应用的主流,使得遥感技术在提取地面深层信息和地面信息的定量化方面获得了长足的发展。可以说,遥感信息的定量化是遥感发展的需要和必然结果。如利用遥感信息提取土壤含水量、定量反演地面温度、监测水体悬浮含沙量、监测水体富营养化程度等等,都是遥感应用中比较新的发展方向。

长江口是我国最大的河口,邻近水域营养盐丰富,盐度变化幅度大,理化特性非常特殊,是我国主要的赤潮多发区之一,赤潮多发季节为每年的5~8月。由于赤潮的复杂性和发生时间的突然性,难以实施有效的监测,常规的调查方式受到采样数量的限制,只能部分地了解赤潮的发生情况,对其分布状况、发生规律等问题的了解仍显不足,因此,发展新的赤潮研究方法对于这一海洋自然灾害的监测、研究都具有重要的意义。

近年来,许多学者都将目光投放到这个新的研究领域。2001年,中山大学的陈晓翔,邓孺孺根据遥感卫星和赤潮本身的特征探讨了利用遥感技术监测和预报赤潮的可行性^[1]。赤潮的发生原因极其复杂,除了生物种群的优势竞争外,目前已知的环境因素有温度、盐度、风、流、叶绿素含量、水中的营养物质(磷、氮等)含量、底质物质、悬浮泥沙以及COD等。其中目前确认遥感手段已经能够有效监测到的主要有:海水表面温度、海水叶绿素含量、表层悬浮泥沙浓度、海水水色综合指标,COD的遥感监测也

有一定的发展。因此,遥感技术监测赤潮的本质是对赤潮的几个重要的相关因子的探测。由于赤潮发生的时候,海水水色、海水中叶绿素含量和海面温度肯定有异常的变化,可以说,遥感技术具有探测赤潮发生的有效能力。

研究表明,对于河口这一类海洋水体,影响其水体质量的因素主要是总磷、总氮和叶绿素含量3个指标。这一研究领域已成为国内外科学工作者重点关注的对象。

1 原理与分析

河口和沿岸海域属于 类海水海域,可溶物质和悬浮物质成分比大洋水体(类水体)复杂得多,也是赤潮的高发区。因此,首先要研究含叶绿素水体的光谱特征,才能选择适合河口地区的遥感解译方法。图1是

1997年在太湖地区通过实地测值得到的内陆水体藻类叶绿素的归一化反射光谱特征^[2],每一条曲线代表一个样点。水体的反射光谱曲线最显著的特征是由于水在近红外波段的吸收系数迅速

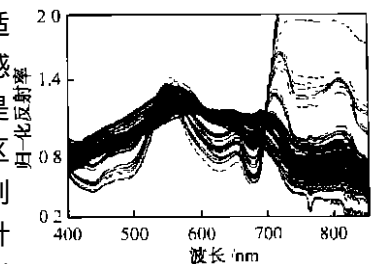


图1 用420~750 nm波段平均反射率进行归一化后的反射率曲线

Fig.1 Spectral reflectance curves normalized by average reflectance in the range of 420 - 750 nm

收稿日期:2004-03-24

作者简介:张 穗(1976-),女,湖北武汉人,长江科学院空间信息技术应用研究所助理工程师,硕士,主要从事3S技术在资源环境中应用的研究。

增大,因而反射率迅速降低,图 1 中的大多数反射率曲线符合这一规律。但是有一些反射率曲线表现出了植被的光谱特征,在近红外波段的反射率甚至高于在可见光波段的反射率,证明该区域叶绿素浓度相对很高,水质状况比较差。

分析含藻类水体的光谱特征,藻类中的叶绿素在蓝紫光波段(420~500 nm)和 675 nm 处都有吸收峰,因此在藻类浓度较高的时候,水体反射率曲线在这两个波段出现谷值。通常,含藻类水体最显著的光谱特征是在 700 nm 附近出现反射峰,其存在与否通常被认为是判定水体是否含有藻类叶绿素的依据。然而,760~1 100 nm 也是提取口岸水体泥沙含量信息的重要光谱段,对于提取水体叶绿素含量有很大的干扰,因此,本文在提取叶绿素信息的过程中针对这一特征选取的是 TM 第一和第二波段的遥感影像。

2 研究方法和解译过程

2.1 河口水体水质评价体系的确立

从环境科学的观点来看,大量的有机物质和营养盐进入海洋,在河口处引起水质富营养化,是赤潮发生的重要因素。目前,国内外尚未有一个公认的河口富营养化的评价原则及标准可行,因此,在研究河口富营养化状况的时候,主要是把立足点放在防止赤潮发生和赤潮预警的基础上,并且以这 2 点作为评价目标。

水质评价的方法很多,本文根据选择的几种评价指标的相关性,采用的是综合指数法。

基于遥感手段本身的特点和对长江口地区水体光谱特征的研究,本文采用在水质评价中较常用的修正富营养化指数 TSIM 法,以叶绿素_a浓度为基准,分为 0~100 的连续值:假定 TSIM = 100 时,Chl_a 的浓度为 1 000 mg/m³,而 TSIM = 0 时,Chl_a 的浓度为 0.1 mg/m³,且 Chl_a 浓度每增加 2.5 倍时,对应的 TSIM 指数值增加 10。可以得到如下公式表示,

$$TSIM(Chl_a) = 10 \times (2.46 + \ln(Chl_a) / \ln(2.5)) \quad (1)$$

根据研究,水体叶绿素浓度与总磷、总氮的含量有着直接的关系,根据 2000 年对东湖水体的叶绿素含量的遥感解译结果^[3],可以推出下述相关公式:

$$TSIM(TN) = 10 \times (2.46 + (2.1505 \ln(TN) - 3.9242) / \ln(2.5)) \quad (2)$$

$$TSIM(TP) = 10 \times (2.46 + (1.0887 \ln(TP) -$$

$$0.3955) / \ln(2.5)) \quad (3)$$

然后对这 3 项指数求均值得出各水体的富营养状态值,即综合评分公式为

$$TSIM(AVE) = w_1 \times TSIM(TN) + w_2 \times TSIM(TP) + w_3 \times TSIM(Chl_a) \quad (4)$$

我们指定的水体富营养化程度划分标准:

- TSIM(AVE) < 20, 贫营养;
- 20 < TSIM(AVE) < 40, 中营养;
- 40 < TSIM(AVE) < 60, 中富营养;
- 60 < TSIM(AVE) < 80, 富营养;
- TSIM(AVE) > 80, 极富营养。

2.2 遥感图像分析

遥感影像选取的是 2000 年 6 月生成的 LANDSAT ETM+ 遥感影像,为避开河口泥沙对于叶绿素浓度解译产生的干扰,本文选取了 TM1, TM2 波段的遥感影像。并且只选取了临近南北槽附近的小块遥感影像作为试验区,所选区域水流相对稳定,影像质量好,比较具有代表性。如图 2 所示。

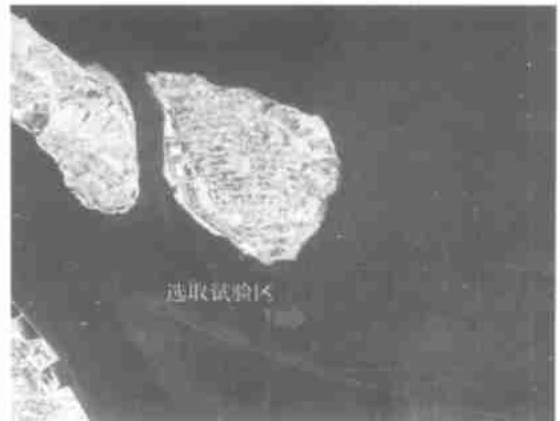


图 2 TM 遥感影像上试验区的选取

Fig. 2 Selection of experimental region on TM

通过对 TM 各波段影像的分析得知:b2 对沉水植物较敏感,b6 对热源较敏感,而 b5 不易受沉水植物的影响,b1, b2, b3 图片的假彩色合成图片反映出的地物与实际地物具有很好的对应关系。经过分析比较,利用 TM band1 和 band2 的灰度图并结合 b1, b2, b3 合成的假彩色图像作参照,对 b1/b2 的灰度图取阈值 30 调整图像,完成水体的解译工作。

2.3 遥感解译方法和权重指标的确定

本文采用的具体解译方法是(以叶绿素为例),在解译叶绿素浓度值方面,采用赵冬至等人推算的公式^[2]

$$\ln(Chl_a) = 7.69 + 16.401 \ln(TM1 / TM2) \quad (5)$$

由于本文只是选取小范围的实验区对本方法进行验证,因此只采用实验区每个波段的选区平均灰度值作为定量反演的指标值。然后根据实测数据在试验区遥感图片上选取对应灰度值,利用数学分析软件 ORIGIN 分析叶绿素浓度指标与遥感影像灰度值的相关性指标,并且将其作为权重值 w_i 。

3 结果与讨论

本文通过对水体叶绿素光谱特征的分析 and 河口水体富营养化指标的研究,选取了适合长江口特点的叶绿素浓度解译方法,同时立足于监测赤潮发生的相关条件,利用总磷、总氮与叶绿素 3 项指标得出适合河口特征的富营养化评价方法。采用这种方法对于实验区的遥感影像的解译得到,实验区域富营养化指标值 TSIM(AVE)为 54.8,属于中营养程度,这个结果与 2000 年中国发布的海洋环境公报显示的结果调查基本相符,说明本文中提出的将湖泊富营养化评价体系有选择性地应用到河口富营养化评价的方法是可行的。如果有大量的实地数据支持,应用基于知识发现的数学方法建立起长江口地区的富营养化指标系数,就可以实现对长江口地区长期的多快好省地水质监测。

生态环境控制和治理需从源头抓起,就近海洋污染而言,河口是“源”,近海海洋是“汇”。就河口污染而言,河口是“汇”,流域是“源”。因此,对于长江口水体水质的实时监测是研究和解决长江河口污染问题的重要前提。其中最重要的是系统监测生态环境,布置系统站位,按时测取水水质系统资料。站位的布置要考虑到口外具有代表性的,特别在 2003 年长江三峡蓄水以后,口外水环境发生变化,测取必要

的资料,对长江口生态环境问题控制具有十分重要的意义。从这个意义上来讲,发展遥感这一新的赤潮研究方法对于海洋自然灾害的监测、研究也具有十分重要的意义。另外,在水质分类的标准上,建议陆地水与海洋水质标准能够统一起来。

参考文献:

- [1] 陈晓翔,邓孺孺,何执兼,等. 赤潮相关因子的卫星遥感探测与赤潮预报的可行性探讨[J]. 中山大学学报(自然科学版),2001,(3):40-43.
- [2] 疏小舟,尹球,匡定波. 内陆水体藻类叶绿素浓度与反射光谱特征的关系[J]. 遥感学报,2000,(2):41-45.
- [3] 张海林,何报寅,丁国平. 武汉湖泊富营养化遥感调查与评价[J]. 长江流域资源与环境,2002,11(1):36-39.
- [4] 赵冬至,曲元,张丰收,等. 用 TM 图象估算海水表面叶绿素浓度的神经网络模型[J]. 海洋环境科学,2001,(2):16-21.
- [5] 王金辉. 长江口邻近水域的赤潮生物[J]. 海洋环境科学,2002,(5):37-41.
- [6] 范学炜,张汉德,孙幸文,等. 成像高光谱数据在赤潮检测和识别中的应用研究[J]. 国土资源遥感,2003,(3):8-12.
- [7] 潘德炉,李炎. 海洋光学遥感技术的发展和前沿[J]. 中国工程科学,2003,(3):39-43.
- [8] WU K L I C G E. Radiometric calibration of landsat thematic mapper band[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1989,(28):338-347.
- [9] 江涛. GIS 支持下的多元信息复合研究[J]. 矿山测量,1999,(3):16-18.

(编辑:聂文)

Remote sensing quantitative analysis on red tide of Changjiang estuary water

ZHANG Sui¹, HE Bao-in²

(1. Yangze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China;

2. Institute of Geodesy & Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, China)

Abstract: A new evaluation method of estuary eutrophication is established on the basis of analysing the spectral characteristics of chl- and the correlative indexes of red-tide and choosing resolution method of chl- concentration fitting the features of Changjiang estuary. An experiment based on selected test area data obtained from remote sensing images of Changjiang estuary shows that this method is feasible and effective.

Key words: Changjiang estuary; satellite remote sensing; estuary eutrophication