

水体光谱分析法在解译中的应用

王贵彪, 蔡丽娜

(浙江海洋学院 浙江 舟山 316004)

摘要:传统测量水中悬浮物质如泥沙、叶绿素等的方法是通过大面积、大范围的逐点采样,存在着速度慢、周期长、成本较高等不足,不利于进行区域的科学研究。而利用水体光谱分析能够克服以上诸多缺点。本文分析了含沙水体、含叶绿素水体及污染水体等水体的光谱特征,阐述了利用水体光谱的分析来测定水中泥沙、叶绿素含量的方法和原理,从而说明水体光谱分析法在遥感解译方面的应用及其重要意义,并讨论了光谱分析法在这些具体应用中存在的某些缺点和不足,提出了可行的解决方法。

关键词:水体光谱; 定量遥感; 监测; 遥感图像解译

中图分类号: TP75 文献标识码: B 文章编号: 1672-5867(2011)06-0196-05

The Application of Water Spectrum Analysis in the Interpretation

WANG Gui-biao, CAI Li-na

(Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004, China)

Abstract: The traditional measurement of suspended material in the water such as sediment, chlorophyll and so is sampling point by point in a large area, which is slow, long period and high cost, and is not conducive to scientific research in the region. But the using of water spectral analysis can overcome such shortcomings above. This paper analyzes the characteristics of the spectral of the sandy water, the water with chlorophyll and the polluted water, and describes the methods and theories of the using of water spectral analysis to measure the content of sediment and chlorophyll, and illustrates the application of water spectrum in remote sensing and its significance, and discusses some of the shortcomings and deficiencies in these specific applications, and proposes some possible solutions at the same time.

Key words: water spectrum; quantitative remote sensing; monitor; image interpretation of remote sensing

0 引言

水体的光谱特征是由各种物质对光辐射的吸收和散射性质决定的,是遥感监测的基础,反映了水体本身和水体中所含物质的综合信息。研究光谱特征的目的是为了选择适宜于水质监测的敏感波泥沙段和优化波段组合,以获得最佳的光谱信息。

水体由于自身结构和周围的环境不同,会形成独特的光谱特性。由于水中藻类及泥沙等其他物质的影响,自然界中的水体反射率一般都比清水高,这正是进行水质检测和分析所依据的原理。通过对水体光谱的分析,我们可以获得水深、水温等要素的信息和水体的分布、泥沙、有机物质等状况,从而对一个地区的水资源和水环境等作出评价,为水利、交通、航运以及资源环境等部门提

供各种决策服务。

与传统的用船进行逐点采样和分析相比,水体光谱分析法不但可以获得大面积时空分布上的连续数据,而且使得测量分析更加具有动态性、连续性和持续性。所以,分析说明水体光谱分析法以及它在解译中的应用可以使我们对光谱分析的原理以及其应用更加了解。同时对于研究中使用的各种数据处理技术有一定程度上的了解,从而推广到其他方面。

1 水体反射光谱特性

水体对不同波长电磁辐射反射能力的变化,亦即物体的反射系数(率)随入射波长的变化规律就叫做水体的反射光谱。

水体光谱的特性包括了两个方面的内容:固有光学

收稿日期:2010-10-25

作者简介:王贵彪(1986-)男,浙江奉化人,海洋科学专业本科生。

通讯作者:蔡丽娜(1976-)女,黑龙江牡丹江人,讲师,硕士,2005年毕业于东北林业大学森林经理学专业,主要从事环境遥感方面的教学及科研工作。

特性和表观光学特性。固有光学量是指一些仅与水体成分有关的光学量, 这些物理量是不随入射电磁波场的变化而变化的; 而所谓的表观光学量是指一些随入射光场变化而变化的水体光学参数, 比如向上辐亮度、辐照度、漫衰减系数等^[1]。

如图1所示, 深色线为普通纯净水体的反射曲线, 浅色为桃花岛附近海水反射曲线。由图中我们可以发现, 两种水体的反射率都很低, 且主要反射波段都在蓝绿光范围内, 而进入红外波段后反射率几乎等于0。这是由于桃花岛附近海域海水较为浑浊, 水中悬浮泥沙含量很高。同时该水域中悬浮泥沙的粒径一般都大于太阳光谱的反射电磁波的波长, 因此能够产生米氏散射。正由于沙粒散射的存在, 使得桃花岛海域海水在各个波段的反射率均高于清澈水体的反射率。

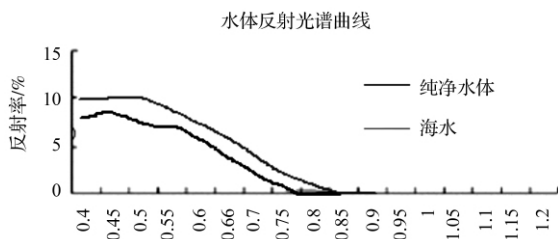


图1 水体反射光谱曲线

Fig. 1 The spectrum reflectance curves of water

由大量的实验结果得到: 自然水体中悬浮物质的吸收和散射作用使得不同水体的光谱反射曲线呈现出不同的形态^[2], 而水的浑浊度、水深、水面波浪起伏、污染程度以及水中的各种生物一般也都会影响水的光谱反射曲线因素^[3]。

2 泥沙含量的测定

水体中悬浮物的含量是重要的水质参数, 尤其是其中悬浮泥沙的含量。悬浮泥沙浓度对研究河口水流泥沙运动规律和确定水流挟沙能力具有重要作用, 对研究水体的水质、生态环境以及海岸工程、港口建设等具有重要意义^[4]。

而传统泥沙调查方法是用船进行逐点采样分析, 这样不但速度慢、周期长, 并且只能获得在时间和空间分布上都很有离散性的少量数据, 但是利用卫星遥感图像进行图像水体光谱分析不仅快速、范围大、周期短, 还可以实现大面积水域悬浮泥沙的动态、连续、同步的观测^[5]。

2.1 含沙水体反射光谱的特点

图2为浓度不同的含沙水体的光谱反射率。随着悬浮泥沙浓度的加大, 可见光对水体的透射能力减弱, 反射能力加强。由图中可以发现含沙水体的几个明显特征。

第一, 含沙水体的反射率波谱曲线都显著高于清水, 同时随着泥沙浓度的增加, 反射率也增大, 但增幅不同, 与反射率峰值所在的位置基本吻合。

第二, 悬浮泥沙水体的反射率有两个峰值: 位于黄光波段的第一个峰以及位于近红外波段范围的第二个

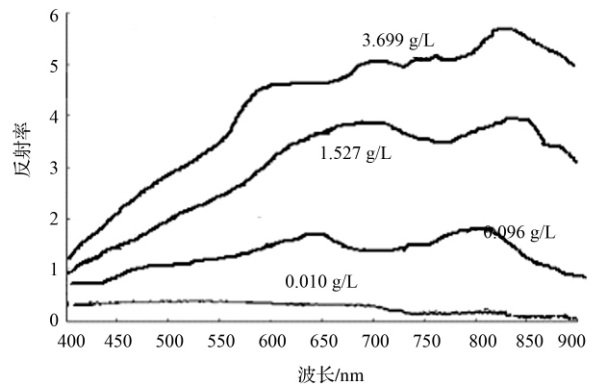


图2 含沙水体光谱反射率增幅最大的波长

Fig. 2 The spectrum of sandy water

峰^[6]。当含沙量较低时, 两峰都比较平坦, 但随着泥沙浓度的增多, 两峰逐渐变陡。

第三, 随着泥沙浓度的增加, 第一个反射峰的峰值逐渐向长波方向移动, 而第二个反射峰的峰值稳定在820 nm左右, 两反射峰之间的反射低谷也稳定在750 nm左右。

2.2 水体含沙量的定量研究

在国内外水体悬浮泥沙定量研究中, 主要是确定反射比与泥沙浓度之间的函数关系, 从而建立数学模型, 将测量水体泥沙的含量变成了测量该水域水体的光谱反射率。大量的实验和实地研究表明, 水体中其他悬浮物的浓度、颗粒大小、水深、水底亮度及传感器的观测角度等都会影响悬浮泥沙的光谱反射率, 其中悬浮物浓度、颗粒粒径大小和泥沙矿质组成是最主要的影响因素。

近年来国内外研究中, 应用数学模型即估算模式主要有以下几种: 线性关系式、Gordon关系式、对数关系式、负指数关系式和综合模式^[7]。

由于各水域的地理环境不同, 水中其他物质的含量(如叶绿素等)不同, 因此需要根据不同水域的特点, 来选择适当的数学模型, 从而可以较准确地估计某水域的泥沙含量情况, 从而大大提高对泥沙含量估计的效率以及实行大面积的跨时空监测。

3 水光谱分析在监测水体污染中的应用

近年来, 随着经济的发展, 全国各河流域周围城市的有机污染日益严重, 不仅制约了这些地区经济的可持续性发展, 也影响了当地居民的身体与健康。同时也对水体污染的监测提出了更高的要求, 传统采用定点定剖面采样分析的方法, 往往不能快速全面地反映污染状况, 而且成本高、速度慢, 已经无法适应当前严峻的形势。而是需要宏观性更强、更为快速、准确和廉价的水污染监测方法。水体光谱分析法的发展, 为水体污染监测和研究开辟了新的途径。

被污染水体具有独特的、有别于清洁水体的光谱特征, 是利用水体光谱分析法进行水污染监测的主要机理。

这些光谱特征体现在其对特定波长的光的吸收或反射不同,而且这些光谱特征能够为遥感器所捕获并能在遥感图像中体现出来^[8]。水体的光谱特征不仅能反映水体的相对污染程度和范围,而且能够反映水体的污染类型。由遥感数据转变而成的光谱信息使得我们检测水污染的范围、时间更加宽广,并且使得监测更加迅速、快速和灵敏,同时也大大降低了测量成本。因此水体光谱分析法在检测水体污染方面可以说是无可替代的。

污染水体与清洁水光谱之间的差别反映在水的光谱上,图3为某地区各种水体的光谱图像。根据图像我们可以得出以下结论:

- 1) 不同污染水在可见光范围内差异较大。
- 2) 泥沙污染与普通一般污染之间又有显著的差异。含有泥沙的水体(如图3所示)在450~720 nm之间的反射率比清水的反射率高,两者的光谱曲线近于平行,而一般污染与清水的光谱曲线有很大的差异。

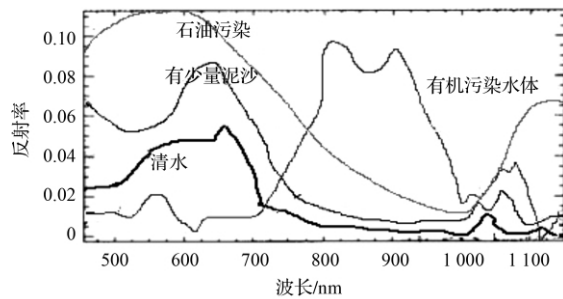


图3 污染水体光谱的光谱反射曲线
Fig.3 The spectrum of polluted water

实践证明,凡造成水色差异或混入了污染物而引起浑浊度的变化,都会造成水体反射率的变化。浮游植物的增加(如图中的有机污染水体),使得水体的光谱特性出现植物光谱的某些特性;泥沙含量高的水体,反射光谱高于清洁水体,并有特殊的双峰现象出现;石油污染水体,因油多浮于水面之上,故其光谱反射率比水体高的多,而其光谱特性取决于油膜厚度,并且在1100 nm左右处存在一反射峰。各种污染水体的光谱形态都有较大的差异,这为我们区分各种污染的水体提供了依据,使我们可以根据水体光谱的特点来分辨污染的种类^[9]。水体的光谱特征不仅能够反映水体的污染类型,而且可以反映水体的相对污染程度。污染物不同,其污水的色调、浑浊度不一样,它们的光谱特性也显示了各种不同的特征。

例如,图4为我国东海海域2007年1月29日的黄色物质遥感监测图像,从图中我们大致可以发现黄色物质污染范围,并且各浓度的黄色物质含量在遥感图像上有着显著的区别,具体表现为颜色浓度的差异。同时我们可以利用遥感影像处理系统,得到pin1点的光谱(如图5所示)。如果我们在该海域进行采样、分析浓度,并建立一个关于该区域黄色物质浓度和对应反射率的数据库,那么我们就可以根据光谱反射率进行大面积黄色物质的污染浓度监测,使得监测更加灵活,同时可以降低监测成本。

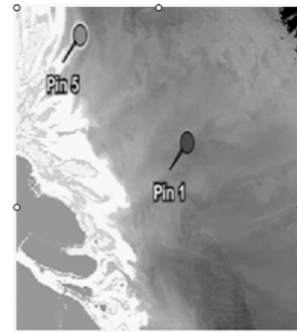


图4 东海黄色物质遥感图像
Fig.4 The remote sensing of yellow Substance of the East China Sea

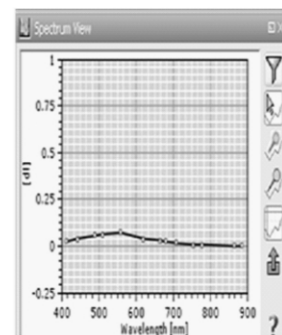


图5 pin1点的光谱
Fig.5 The spectrum of pin1

4 水体光谱分析在测定叶绿体含量时的应用

4.1 光谱分析的必要性

一切浮游植物均含有叶绿素,叶绿素是海水中最具特色,并以一定方式影响海洋水色的物质^[10]。其浓度经常用于估测浮游植物的生物量和生产力,其浓度的多少表示光能自养生物的数量,同时也是反映水体营养化程度的一个重要指标。因此研究水体中叶绿素的含量不仅可以更好地解读水质的特点,而且可以在一定程度上区分这个区域的水体是否已被污染,尤其是富营养化污染。

叶绿素的定量遥感一般是指通过实验研究水体反射光谱特征与叶绿素浓度之间的关系,从而建立叶绿素算法模式,同时遥感监测分析含叶绿素水体的光谱来测定叶绿素的含量,监测范围广、速度快、成本低,便于进行长期动态监测。

4.2 测定叶绿素含量的机理

图6为各浓度叶绿素含量的水体光谱反射值。从图中可以发现,不同叶绿素含量的水体的反射率有很大差别,有着不同的波谱特征。在400~500 nm的波长范围内,由于叶绿素吸收了一部分蓝光,水体的反射率较低;670 nm附近是叶绿素的一个吸收峰,因此当叶绿素含

量高时水体光谱反射率曲线在该处出现1个谷值;在510~620 nm处,由于叶绿素和胡萝卜素的弱吸收和细胞的散射作用,在该处产生了一个反射峰,该反射峰值与色素组成有关,而且水体叶绿素浓度越高,其辐射峰值也越高,可以作为叶绿素定量标志。而在700 nm左右的反射峰是含藻类水体最显著的光谱特征,其存在与否通常被认为是判定某处水域是否含有藻类叶绿素的依据,而其反射峰的位置和反射值是叶绿素浓度的指示剂^[11]。

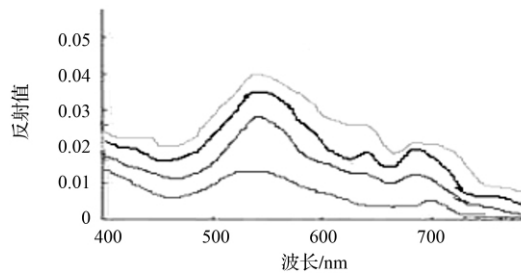


图6 叶绿素反射光谱

Fig. 6 The reflectance spectrum of chlorophyll

因此,只要选取适当的波段,通过对实际地点的叶绿素浓度和对应光谱进行相关性分析,便可得出这一地区叶绿素浓度和光谱反射值的关系,从而建立叶绿素算法的基本模型。

图7为我国东海某海域叶绿素遥感图像,图像上不同颜色代表了不同的叶绿素浓度,根据图像上各点的颜色变化,我们可以大致判断各区域叶绿素浓度的区别。同时,运用遥感影像处理系统,可以得到图中Pin1点区域海水的光谱曲线(如图8所示)。因此,我们可以将某波段的光谱反射率与叶绿素浓度进行大量的回归分析,建立相关的数学模型,从而简单地推算出叶绿素的浓度。

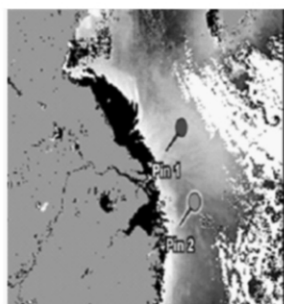


图7 东海叶绿素遥感图像

Fig. 7 The image of remote sensing of chlorophyll in East China Sea

4.3 叶绿素主要演算方法

目前国内外叶绿素的浓度计算都是在利用遥感数据进行各种校正后,得出离水辐射率,然后利用主要的两种模式,即经验统计算法和基于模型的解析算法^[12]进行反演,从而计算出叶绿素的浓度。

1) 经验统计算法

经验统计算法是根据叶绿素的光学吸收特性,将现

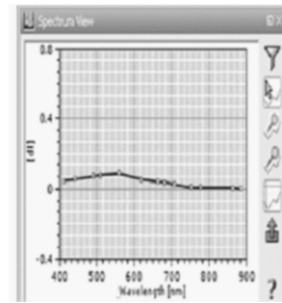


图8 pin1点的光谱

Fig. 8 The spectrum of pin1

场实测的叶绿素浓度值与某个特定的光学测量值(如反射率或辐射率值)结合起来,并以某种形式进行回归分析,建立特定的模型,得到一些回归系数,然后反过来计算叶绿素的浓度值。这个算法在二类水体可以得到相对较高精度的反演值。

2) 解析算法

解析算法的共性是利用各种辐射传输模型来计算叶绿素浓度的。目前常用的解析算法主要有代数式(即半解析型生物光学算法)、主成分分析法、非线性最优化方法、神经网络方法等。

无论是经验统计法还是解析算法,算法模型都具有一定的区域性,都存在着不能通用的问题。这是由于二类水体内部光学性质不稳定和近岸水体复杂的水色因子成分组成等复杂因素引起的。因此,我们往往需要根据不同的区域水体的环境特点来选择不同的算法,以达到估算叶绿素含量精确性的目的。

5 结束语

水体光谱特征反映了水体本身和水体中所含物质的综合信息。因此要解译出水体中所含物质的综合信息,就必须依赖水体光谱分析法。传统的用船进行逐点采样和分析,对水体所含物质综合信息的调查方法,只能获得在时间和空间分布上都很离散的少量数据,很难对大面积水域悬浮物质的特性进行动态、连续、同步的监测。而根据光谱分析从水色遥感资料中推算出泥沙、叶绿素和黄色物质含量,使我们得以对近海、河口环境、河流流域进行实时、长周期、大范围的监测和研究。因此,水体光谱分析法在遥感定量解译中的作用是无可替代的。

但仍存在着不少问题,需要进一步的解决。

首先,由于水体所含信息比较复杂,传感器接受的电磁辐射数据中,包含了泥沙、叶绿素、黄色物质等多种物质的综合信息,无法单独精确地提取出某一对应信息,同时我们所获得的光谱曲线容易受到外界天气情况(如云层)的影响,使得我们测量的光谱信息不准确。

其次,由于各水域的水文环境存在着较大的差异,这些已经建立起来的算法往往只能在某一特定的区域中应用,无法直接推广应用到其他的水域,而往往需要配合同步的现场观测资料,进行相当程度的参数纠正以减少计

算误差。

针对以上存在的问题和近几年来水体光谱分析的研究进展,我们可以从以下几个方面来改进:

1) 改进传感器,提高其空间分辨率和光谱分辨率,从而达到光谱信息的准确性;发展微波遥感,以减少天气情况对光谱产生的影响,同时借以实现全天候工作对水体的监测解译。

2) 增加对各种水体反射光谱特征的研究,提高对悬浮物质、叶绿素等光谱信息的提取精度,才有可能利用光谱分析技术进行悬浮泥沙、叶绿素等的定量监测。

3) 发展适合于相关区域的大气校正和光谱信息处理技术,减少大气对水体反射光谱信息的干扰。

参考文献:

- [1] 常庆瑞,蒋平安,周勇. 遥感技术导论[M]. 北京: 科学出版社 2004.
- [2] 刘志国,周云轩,蒋雪中,等. 近岸Ⅱ类水体表层悬浮泥沙浓度遥感模式研究进展[J]. 地球物理学进展, 2006, 3(21): 49-79.
- [3] 张红,黄勇,姚筠,等. 巢湖藻类遥感监测和气象因子分析[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(1): 67-79.

- [4] 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, 4(1): 41-45.
- [5] 马葛乃. 遥感概论[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [6] 刘良明. 卫星海洋遥感导论[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2005.
- [7] 赵书河,冯学智,都金康. 中巴资源一号卫星水体信息提取方法研究[J]. 南京大学学报(自然科学版), 2003(1): 45-47.
- [8] 汪小钦,陈崇成. 遥感在近岸海洋环境监测中的应用[J]. 海洋环境科学, 2000, 19(4): 72-76.
- [9] 张芸,张鹰,王晶晶. 悬浮泥沙浓度遥感反演模型研究[J]. 海洋科学, 2008, 32(5): 32-35.
- [10] 万余庆,张凤丽,闫永忠. 高光谱遥感技术在水环境监测中的应用研究[J]. 国土资源遥感, 2003, 57(3): 45-67.
- [11] Dekker A G et al. The Effect of Spectral Bandwidth and Positioning on the Spectral Signature Analysis of Inland Water [J]. Remote Sensing of Environment, 1992(3): 57-89.
- [12] 刘英,王珂,周斌. 千岛湖水体叶绿素浓度高光谱遥感监测研究初报[J]. 浙江大学学报, 2003, 29(6): 15-26.

[责任编辑:王丽欣]

(上接第 195 页)

像上选择一个房顶进行裁切,之后清除房顶纹理以外的其他内容,存储为贴图,在 3ds Max 中进行贴图即可。图 5 是白模,图 6 是该地域的 DOM 影像,图 7 是贴好的建筑物顶面。

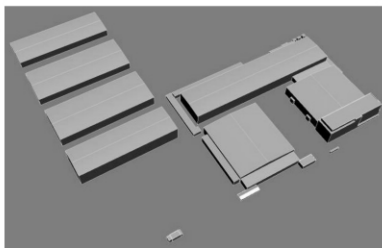


图 5 白模

Fig. 5 White model



图 6 该地域的 DOM 影像

Fig. 6 Pasted super face of building

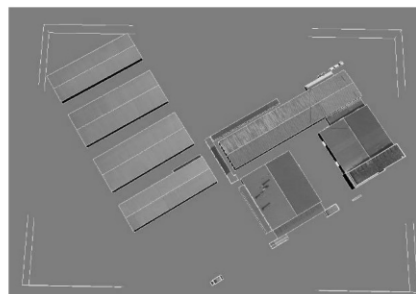


图 7 贴好的建筑物顶面

Fig. 7 DOM of the area

6 结束语

随着地理信息系统的飞速发展,把土地二调的成果用直观、快捷的数据库形式展现给大家,使调查成果实现信息化、网络化管理,更加方便广大用户使用,让其更好地服务于当代社会的发展需要。

参考文献:

- [1] 袁素玉. 3ds Max 2010 建筑设计高级建模案例精解[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- [2] 贺建红. 3ds Max 2010 写实建模完全实例教程[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [3] 陶国辉,张晓明. Photoshop CS4 数码照片处理与精修完全学习手册[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.

[编辑:胡雪]