

东海赤潮高发区水体光谱吸收特性分析^{*}

丘 仲 锋¹ 席 红 艳^{1 2} 唐 军 武³ 何 宜 军¹

(¹中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

(²中国科学院研究生院, 北京 100039)

(³国家卫星海洋应用中心, 北京 100081)

赤潮是海洋中一种复杂的生态异常现象。赤潮的爆发, 不仅严重影响近海景观, 破坏水产养殖, 危害人体健康, 还对海洋生态平衡造成破坏, 给人类造成惨重经济损失。近年来, 在我国的赤潮观测记录中, 赤潮的年发生次数逐渐增加, 且面积不断增大, 因此, 对赤潮的发生发展机理及预测治理研究是科学家刻不容缓的研究课题。

赤潮发生时, 赤潮生物大量聚集, 使水体颜色发生明显变化, 进而赤潮水体的光谱特征发生变化, 且存在差异, 使利用水色遥感监测赤潮成为可能, 还可以用来区分赤潮种类的不同。水体光谱的变化特性(包括吸收与散射特性), 是水色赤潮遥感监测的基础, 是水色遥感生物光学算法开发的重要组成部分。因此对赤潮水体进行光谱吸收特性的分析研究, 对于发展研究海区的水色遥感生物光学算法及赤潮遥感监测方法都有重要意义。

东海已经成为我国赤潮灾害的“高发区”, 赤潮主要集中在浙江、福建海域, 其发生次数和面积明显高于渤海、黄海和南海 3 个海区。特别在长江口及浙江沿海海域(28°N~32°N 124°E以西), 包括 15m 等深线以西的浙江中、南部近岸海域, 舟山渔场近岸海域, 赤潮频繁发生, 被称为东海赤潮高发区(徐韧等, 1994; 黄蓉, 2001)。东海赤潮高发区是典型的二类水体海区, 悬浮颗粒物含量高, 海水富营养化严重, 成分复杂, 海洋环境多变, 季节性变化明显, 固有光学特性复杂。目前尚没有可用的和可信度较高的固有光学特性数据直接用于半分析模式中来反演水色要素。国际上一些专家学者发表的固有光学特性数据主要是针对清洁一类水体(Bricaud et al., 1998, 1981; Morel, 1988), 在东海赤潮高发区这样高浑浊水体区域可用性还有待检验。近年来, 国内众多科学家也发表了一些有关中国近海固有光学特性数据的文章(朱建华等, 2004^{a, b}; 李铜基等, 2004), 但多数是针对黄、东海海区的论述, 而不是专门针对东海赤潮高发区

^{*} 由国家重点基础研究发展规划(2001CB409708)和 863 课题(2001AA636010)资助。

通信作者: 何宜军, 男, 研究员, 博士生导师, 主要从事海洋遥感方面研究; E-mail: heyj@ms.qdio.ac.cn
丘仲锋, 男, 助研, 从事海洋遥感研究; E-mail: qiuzhongfeng@ms.qdio.ac.cn

本文实测资料由深港产学研基地陈介中教授和简伟军老师提供, 在此深表谢意; 并感谢所有出海分析人员的辛苦工作。

收稿日期: 2006 年 7 月 10 日。

的。本文作者根据多年实测资料和参考众多科学家的研究数据，对东海赤潮高发区的水体光谱吸收特性进行了分析研究。

一、实验数据采集

作者所用数据采自 2002 年 4 月以来对赤潮现场 11 个航次的调查，调查范围主要为 121°E~124°E 27.5°N~32°N(图 1)，航次覆盖了赤潮暴发的初期、中期和末期，在赤潮爆发期间进行了多次观测，取得了丰富的观测实验资料。其中吸收系数数据采用分光光度计透射测量方法获得，用来测量黄色物质和非色素颗粒的样品采用 Niskin 采水器采集分装得到。总颗粒吸收系数、颗粒碎屑吸收系数及黄色物质吸收系数测量依据 NASA 海洋光学测量规范 (Pegaut et al., 2003; Mitchell et al., 2000) 由 Cary100 测量得到；浮游植物吸收系数通过总颗粒吸收系数及颗粒碎屑吸收系数求得；叶绿素 *a* 浓度测量根据 NASA 测量规范，采用现场萃取荧光法和美国 Waters 公司生产的高效液相色谱仪 HPLC 系统 (分析液氮保存样品) 进行；总悬浮物测定采用 NASA 规范介绍的重量法 (Hooker et al., 2003)。

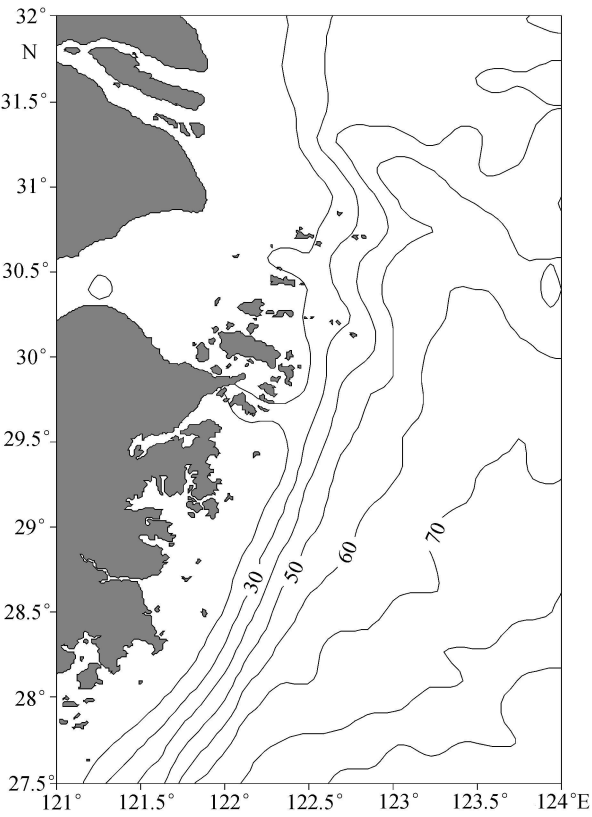


图 1 东海赤潮高发区调查范围及水深图 (单位: m)

二、分析方法及结果

根据实测资料，作者对叶绿素吸收光谱、非颗粒物吸收光谱和黄色物质吸收光谱进行了分析。

1. 叶绿素吸收光谱

图 2 (a)、(b)是研究海区水体几个典型站点的叶绿素吸收系数曲线。根据光谱形状的差异可以分成两类：第一类光谱曲线在 440 nm和 675 nm波段有两个吸收峰 (图 2 a)；第二类光谱曲线没有明显的吸收峰 (图 2 b)，而是随着波长向短波方向移动，吸收值逐渐增大。作者在现场实测中发现，第二类光谱形状的站位，悬浮颗粒物含量基本都较高，这些光谱曲线在 440 nm波段处没有吸收峰的原因可能是 NASA测算叶绿素吸收系数的标准方法会将残余颗粒物质的吸收引入叶绿素吸收光谱。Bricaud等 (1990) 的研究表明，颗粒碎屑吸收影响的不完全去除会导致人为增加叶绿素吸收系数的值。因此，只有那些合理的、不受残余颗粒碎屑物质吸收影响的数据才可以使用 (Carder et al, 1991)。作者共选取 172条叶绿素吸收系数曲线光谱作了水体叶绿素吸收特性的初步分析。

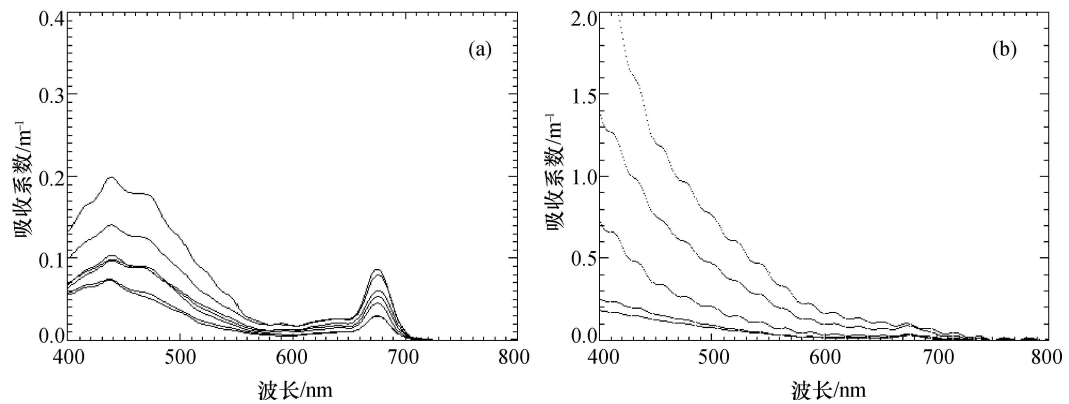


图 2 两种不同的叶绿素吸收系数曲线图
(a)正常叶绿素吸收；(b)受颗粒碎屑物质吸收影响的叶绿素吸收

1) 叶绿素吸收系数的波段关系

Mobley(1994)关于浮游植物吸收系数的研究表明，440 nm和 675 nm波段是叶绿素的两大特征吸收峰，与其他波段的吸收有相当显著的关系，常用来表达其他波段的吸收值。作者对参考波段和拟合函数的选取，采用了不同方法进行了分析研究。

(1)以 440 nm为参考波段，指数函数拟合将其他波段的叶绿素吸收系数表示为 $a_{ph}(440)$ 的函数，表示为

$$a_{ph}(\lambda) = A(\lambda) \times a_{ph}(440)^{B(\lambda)} \tag{1}$$

其中， $A(\lambda)$ 和 $B(\lambda)$ 是与波长相关的经验系数。选取 MODIS传感器的 7个可见光波段

进行比较，其统计系数见表 1。图 3 为拟合关系效果。从表 1、图 3 中可以看出，各波段间具有良好的相关性，拟合效果良好。

表 1 不同波段叶绿素吸收系数与 440 nm 的统计关系参数

项目	412 nm	443 nm	488nm	531nm	551 nm	667nm	678nm
A	0. 85878	0. 97628	0. 71431	0. 4247	0. 2847	0. 39362	0. 47837
B	0. 99475	0. 99934	1. 02859	1. 13929	1. 14125	1. 06024	1. 04471
相关系数	0. 99796	0. 99994	0. 9989	0. 99249	0. 98846	0. 98328	0. 98073

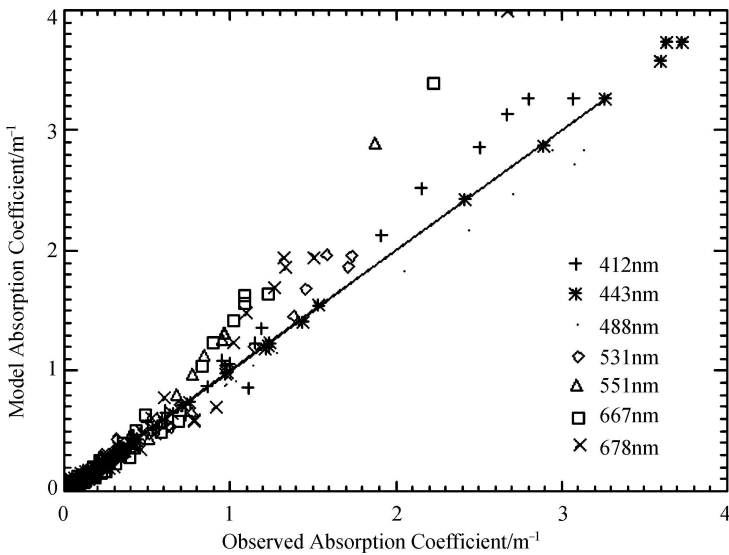


图 3 利用 440 nm 拟合不同波段叶绿素吸收系数的效果图

(2) 以 675 nm 为参考波段，指数函数拟合。将其他波段的叶绿素吸收系数表示为 $a_{ph}(675)$ 的函数，表示为

$$a_{ph}(\lambda) = A(\lambda) \times a_{ph}(675)^{B(\lambda)}$$

(2)

其中， $A(\lambda)$ 和 $B(\lambda)$ 是与波长相关的经验系数。选取 MODIS 传感器的 7 个可见光波段进行比较，表 2 给出统计系数。图 4 给出拟合关系效果。从拟合结果看，以 675 nm 为参考波段，比 440 nm 为参考波段指数函数关系拟合略差，特别在吸收系数值较大的区域，模拟值明显比实际测量值偏小。

表 2 不同波段叶绿素吸收系数与 675 nm 的统计关系参数

项目	412 nm	443 nm	488nm	531nm	551 nm	667nm	678nm
A	1. 48889	1. 72782	1. 28274	0. 82243	0. 55311	0. 80675	0. 96655
B	0. 9067	0. 91716	0. 94326	1. 0491	1. 05164	1. 01199	0. 99586
相关系数	0. 98381	0. 98125	0. 97859	0. 99021	0. 99611	0. 99964	0. 9998

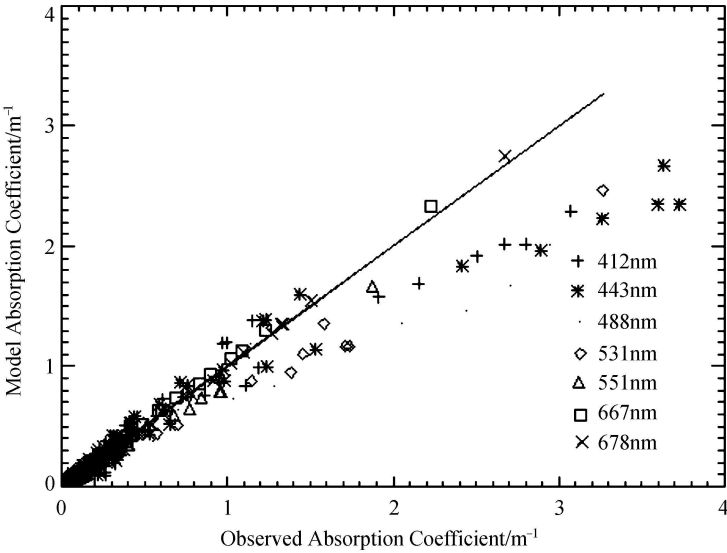


图 4 利用 675 nm拟合不同波段叶绿素吸收系数的效果图

(3)以 440 nm与 675 nm一起为参考波段。考虑叶绿素吸收光谱曲线双峰的特点，将 440 nm与 675 nm一起为参考波段，来拟合不同波段之间的关系。拟合关系式

$$a_h(\lambda) = P_1(\lambda) \times A_1(\lambda) \times a_h(440)^{B_1(\lambda)} + P_2(\lambda) \times A_2(\lambda) \times a_h(675)^{B_2(\lambda)} \quad (3)$$

其中， $P_1(\lambda)$ 、 $P_2(\lambda)$ 、 $A_1(\lambda)$ 、 $A_2(\lambda)$ 、 $B_1(\lambda)$ 和 $B_2(\lambda)$ 是与波长相关的经验系数。选取 MODIS传感器的 7个可见光波段进行比较，其统计系数和拟合关系效果见表 3和图 5。与单独采用 440 nm作为参考波段或者单独采用 675 nm作为参考波段相比，这种拟合方法能更好地模拟叶绿素吸收光谱各波段之间的关系，相关性高，相关系数都在 0.996 以上。

表 3 与 440 nm和 675 nm为参考波段的叶绿素吸收系数不同波段统计关系参数

项目	412 nm	443 nm	488 nm	531 nm	551 nm	667 nm	678 nm
A_1	0.85878	0.97628	0.71431	0.4247	0.2847	0.39362	0.47837
B_1	0.99475	0.99934	1.02859	1.13929	1.14125	1.06024	1.04471
A_2	1.48889	1.72782	1.28274	0.82243	0.55311	0.80675	0.96655
B_2	0.9067	0.91716	0.94326	1.0491	1.05164	1.01199	0.99586
P_1	0.7578	0.97201	1.09546	0.46805	0.21347	-0.0058	-0.06423
P_2	0.2004	0.0322	-0.03187	0.57839	0.79332	0.96265	1.06992
相关系数	0.99841	0.99995	0.99891	0.99614	0.99777	0.99964	0.99992

(4)以 440 nm为参考波段，二阶函数拟合。拟合函数除采用常用的指数关系式外，作者还采用一种简单二阶函数拟合

$$a_h(\lambda) = a_0(\lambda) + a_1(\lambda) \times a_h(440) + a_2(\lambda) \times a_h(440)^2 \quad (4)$$

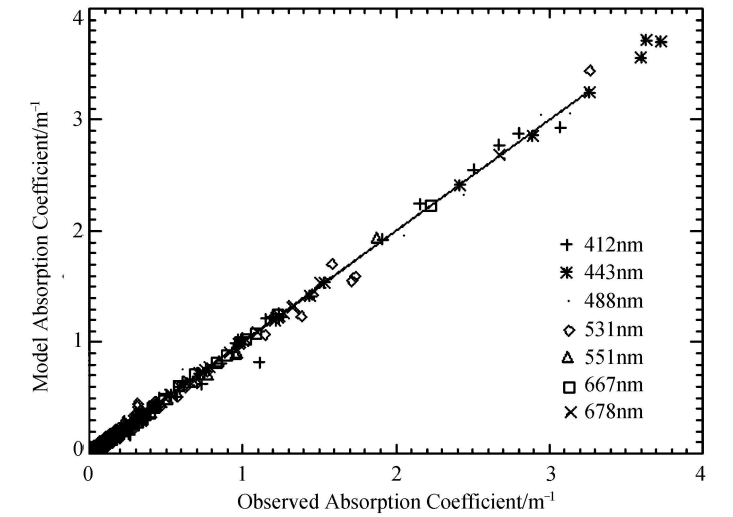


图 5 以 440 nm和 675 nm为参考波段拟合不同波段叶绿素吸收系数效果图

其中， $a_0(\lambda)$ 、 $a_1(\lambda)$ 和 $a_2(\lambda)$ 是与波长相关的经验系数。选取 MODIS传感器的 7个可见光波段进行比较，其统计系数和拟合关系效果见表 4和图 6 从中可以看出，各波段间相关性良好，与单独将 440 nm或者 675 nm作为参考波段进行指数关系拟合的效果更好，相关系数整体来得更大。从图 6给出的拟合值与实测值偏差比较可以看出，单独选取一个参考波段，指数函数拟合的效果不如二阶函数拟合得好，但单波段二阶函数拟合与两参考波段指数关系拟合相比，拟合结果略有不同。

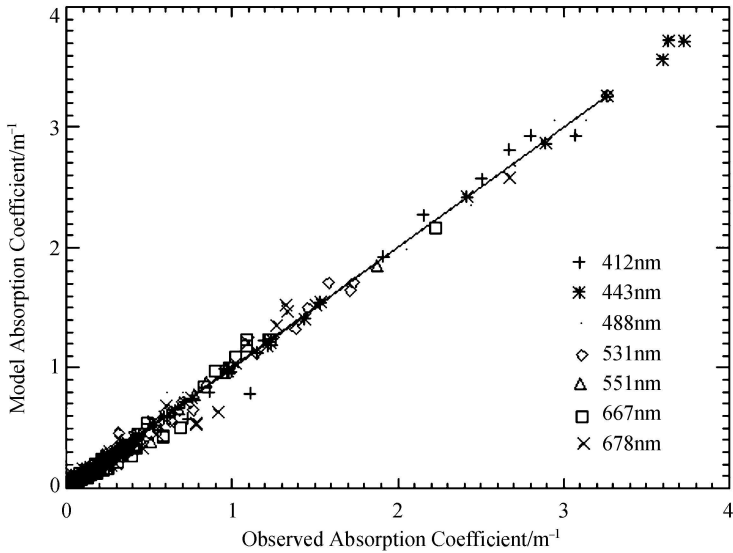


图 6 利用 440 nm拟合不同波段叶绿素吸收系数的效果图

表 4 不同波段叶绿素吸收系数与 440nm 的统计关系参数

项目	412nm	443nm	488nm	531nm	551nm	667nm	678nm
a_0	0.01742	0.00009	-0.0192	-0.01526	-0.00406	0.0067	0.0071
a_1	0.77489	0.97932	0.8101	0.47066	0.28205	0.3588	0.4527
a_2	-0.00356	-0.002	-0.0012	-0.0053	-0.0051	-0.01	-0.0151
相关系数	0.99796	0.99995	0.99896	0.99773	0.99674	0.99035	0.98863

综合的分析可以看出，同时考虑叶绿素吸收光谱曲线双峰，以 440nm 与 675nm 波段一同作为参考波段，可以获得与实测光谱最接近的拟合效果。但考虑到两个参考波段的情形需要的参数较多，也可采用以 440nm 为参考波段的拟合效果相近的二阶函数拟合形式。

2) 叶绿素吸收系数与浓度关系

在叶绿素吸收系数与叶绿素 a 浓度之间的关系研究中，Bricaud 等 (1995) 提出叶绿素 a 的单位吸收系数可用乘幂形式来模拟，即

$$a_h^*(\lambda) = A(\lambda) \times Ch^{B(\lambda)}$$
 (5)

式中， $a_h^*(\lambda)$ 表示对应波长为 λ 的叶绿素单位吸收系数，Ch 为叶绿素 a 浓度值， $A(\lambda)$ 和 $B(\lambda)$ 为相应的系数。根据上述分析叶绿素吸收系数波段之间关系可知，叶绿素吸收系数各波段之间相关性良好，不同的波段吸收光谱可以用 440nm 和 675nm 作为参考波段来拟合表示。因此，研究叶绿素吸收系数与叶绿素 a 浓度之间不同波段的关系，可以转化为研究 440nm 和 675nm 波段的关系。也即公式 (5) 中的 λ 取为 440nm 和 675nm，可以把叶绿素 a 的浓度与吸收系数的关系表示为

$$\ln Ch = \ln P_0 + P_1 \ln a_h(\lambda)$$
 (6)

式中， P_0 和 P_1 为经验系数。统计回归的结果见表 5 回归曲线见图 7。从结果看，两个波段模型的结果都具有良好的相关性。

表 5 叶绿素 a 浓度与吸收系数统计关系系数

参考波长 /nm	P_0	P_1	相关系数
440	12.0521	0.99573	0.9155
675	22.423	0.93144	0.9382

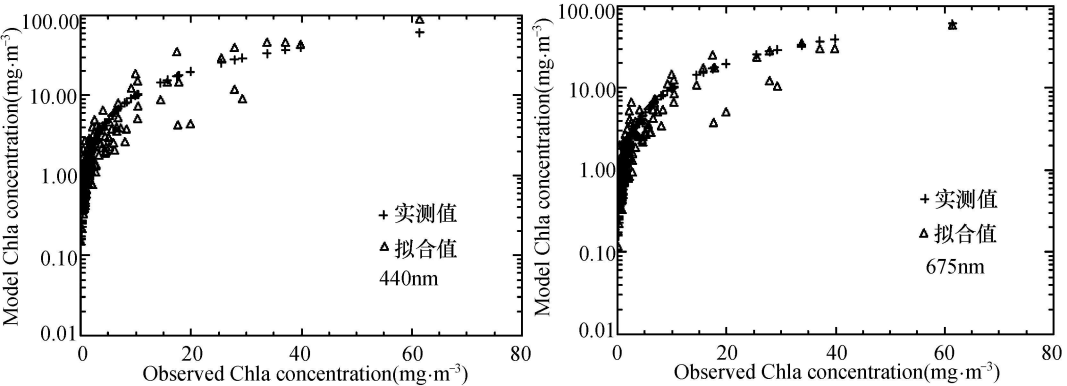


图 7 叶绿素 a 浓度实测值与拟合值比较

2. 非色素颗粒物吸收光谱

非色素颗粒是对一类颗粒物的总称。非色素颗粒的吸收光谱随波长呈指数下降, 可以用如下经验函数来表示

$$a_d(\lambda) = a_d(\lambda_0) \exp[-S(\lambda - \lambda_0)] \tag{7}$$

式中, λ_0 取 400 nm 为参考波长; S 为光谱斜率, 表示吸收值随波长增加而下降的速率, 其值不受参考波长选择的影响。

作者共选取测量质量良好的 172 条非色素颗粒物吸收光谱, 光谱范围取为 350 ~ 650 nm; 取参考波长 λ_0 为 400 nm; 按照公式 (7), 利用最小二乘法拟合得到吸收系数光谱斜率经验值, 表 6 给出拟合结果。按 0.001 nm⁻¹ 的间隔统计 S 值, 得到 S 值分布的直方图 (图 8)。从图 8 中可以看出, 非色素颗粒的斜率经验值呈正态分布, 范围在 (0.005768 ~ 0.017177) nm⁻¹ 之间, 大部分 S 值集中在 4 ~ 7 范围, 即光谱斜率值在 (0.008 ~ 0.012) nm⁻¹ 范围之中集中分布, 其中在 (0.010 ~ 0.011) nm⁻¹ 分布最多。

表 6 非色素颗粒物吸收光谱斜率值的分析结果

参考波长 / nm	波段范围 / nm	最小值 / nm ⁻¹	最大值 / nm ⁻¹	平均值 / nm ⁻¹	标准偏差 / nm ⁻¹
400	350 ~ 650	0.005768	0.017177	0.0102327	0.0013826

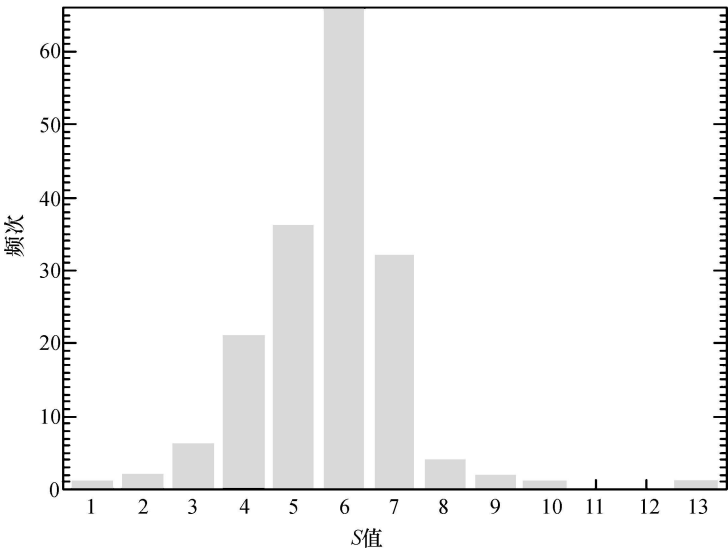


图 8 非色素颗粒物吸收光谱斜率值统计结果

图 9 给出 S 值在海区的分布, 从图中可以看出, 非色素颗粒物吸收光谱斜率在整个海区分布比较均匀, 在马鞍列岛、花鸟山一带海域, 形成一个比较明显的高值区。图 10 给出研究海区 400 nm 处非色素颗粒物吸收系数的分布, 从图中可见, 非色素颗粒物吸收系数的分布呈现明显近岸高、远海低的特征。在马鞍列岛一带海域也形成一个比较明显的高值区, 但与 S 值分布高值区范围和形状不完全吻合。从图 9 和图 10 对比来

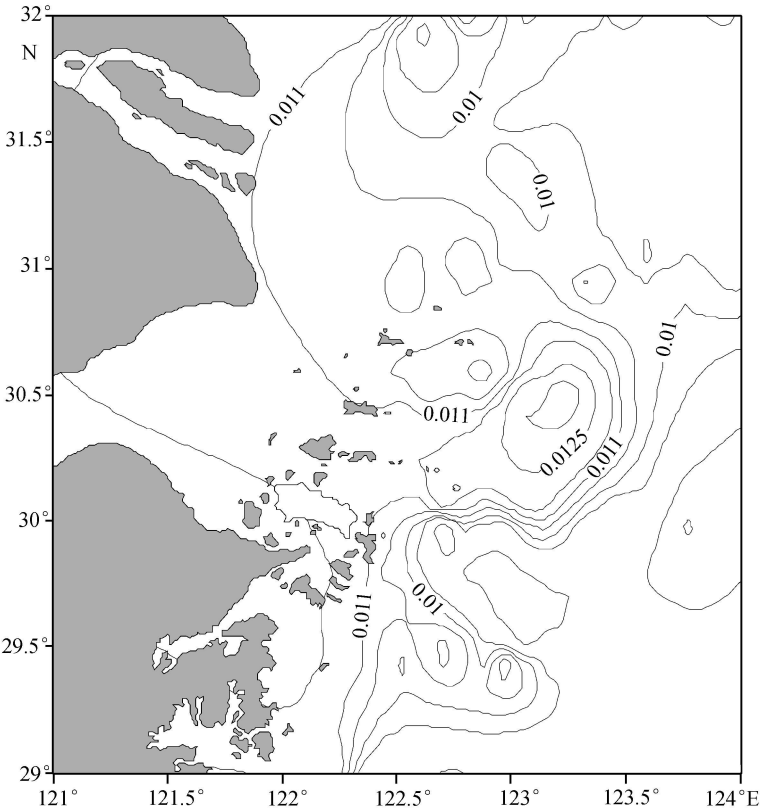


图 9 非色素颗粒物吸收光谱斜率在研究海区的分布

看，非色素颗粒物吸收光谱斜率受吸收系数值大小直接影响不明显，因此研究海区取平均值为 0.0102 m^{-1} ，与朱建华等（2004^a）所得结果接近。

3. 黄色物质吸收光谱

黄色物质主要分为陆源和海源两种。在近海海域，江河径流携带入海是主要陆源黄色物质来源；而在开阔海域，黄色物质则主要由局部海区本身产生。吸收光谱随波长呈指数下降，经验函数为

$$a_{\text{DOM}}(\lambda) = a_{\text{DOM}}(\lambda_0) \exp[-S(\lambda - \lambda_0)] \tag{8}$$

式中， λ_0 取 400 nm 为参考波长； S 为光谱斜率，表示吸收值随波长增加而下降的速率，其值不受参考波长选择的影响。针对不同的海区， S 可取不同值， S 随水体的不同在 $0.011 \sim 0.018$ 之间变化。

作者共选取测量质量良好的 161 条黄色物质吸收光谱，光谱范围取为 $(350 \sim 650)\text{ nm}$ ；按照公式（8），利用最小二乘法拟合得到吸收系数光谱斜率经验值（表 7）。按 0.001 m^{-1} 的间隔统计 S 值，得到 S 值分布的直方图（图 11）。从图中可以看出，黄色物质的吸收斜率经验值呈正态分布，范围在 $(0.01136 \sim 0.02443)\text{ m}^{-1}$ 之间，大部分 S 值集中在

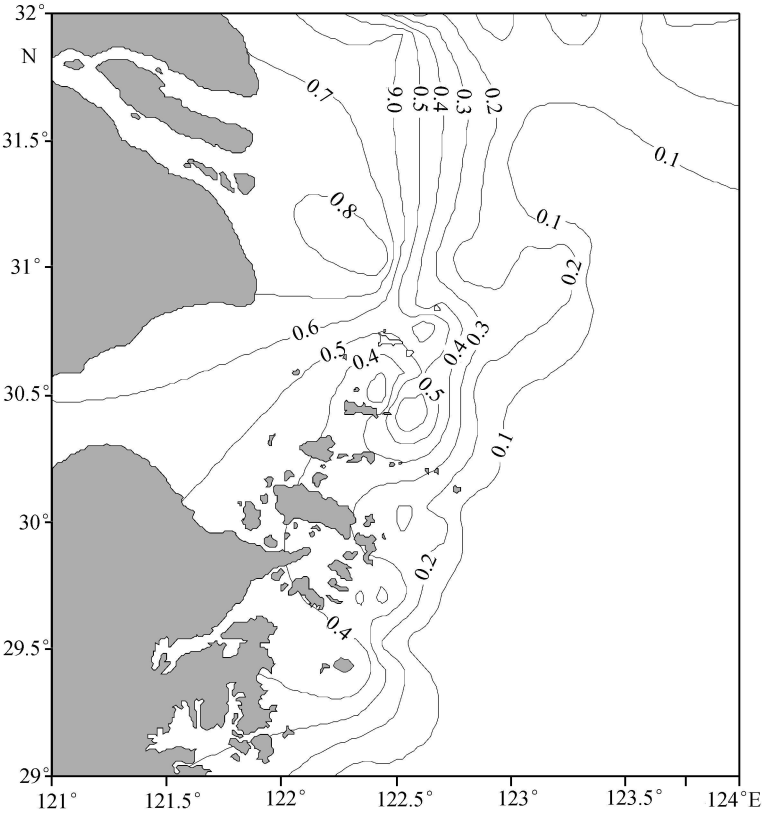


图 10 400 nm处非色素颗粒物吸收系数在研究海区的分布

4~9范围,即光谱斜率值在 $(0.014 \sim 0.019) \text{ nm}^{-1}$ 范围之中集中分布,其中在 $(0.018 \sim 0.019) \text{ nm}^{-1}$ 分布最多。

表 7 黄色物质吸收光谱斜率值的分析结果

参考波长 / nm	波段范围 / nm	最小值 / nm^{-1}	最大值 / nm^{-1}	平均值 / nm^{-1}	标准偏差 / nm^{-1}
400	350~500	0.01136	0.02443	0.01729	0.002546

图 12给出 S值在海区的分布,从图中可以看出,黄色物质吸收光谱斜率在整个海区分布比较均匀,在马鞍列岛以东海域,形成一个高值区。图 13给出研究海区 400 nm处黄色物质吸收系数的分布。从图中可见,黄色物质吸收系数的分布呈现明显近岸高,远海低的特征,且在长江口以东海域形成一个明显的高值区。从图 11和图 12对比来看,非色素颗粒物吸收光谱斜率受吸收系数值大小直接影响不明显,因此研究海区取平均值,为 0.01729 nm^{-1} 。

总体而言,观测海域的黄色物质呈现出近岸高、离岸逐渐降低的特点。973项目报告(国家重点基础研究发展规划 2003年年度报告)还显示黄色物质呈现表层高、底层低的空间分布规律,且与盐度有负相关关系,具有以陆源黄色物质为主的特点,其分布不是由简单的混合过程所控制。

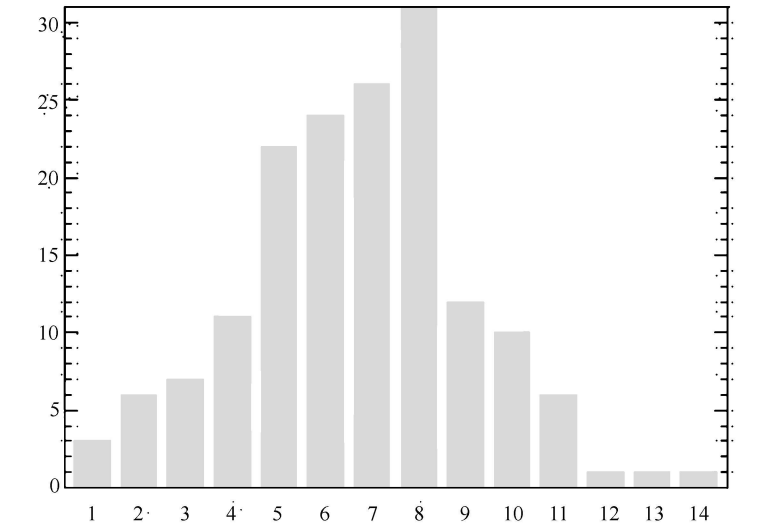


图 11 黄色物质吸收光谱斜率值统计结果

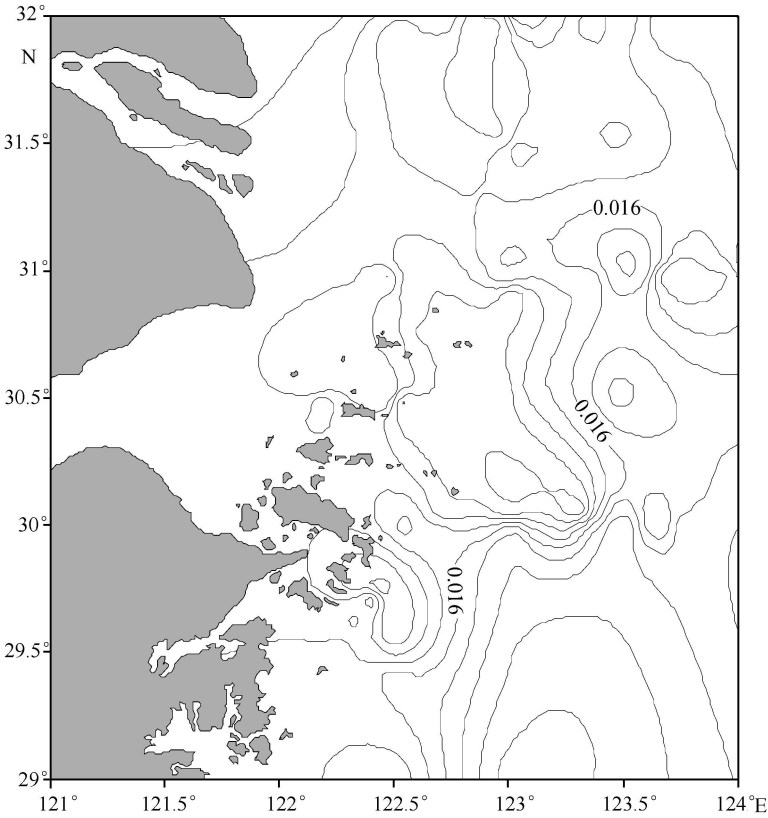


图 12 黄色物质吸收光谱斜率在研究海区的分布

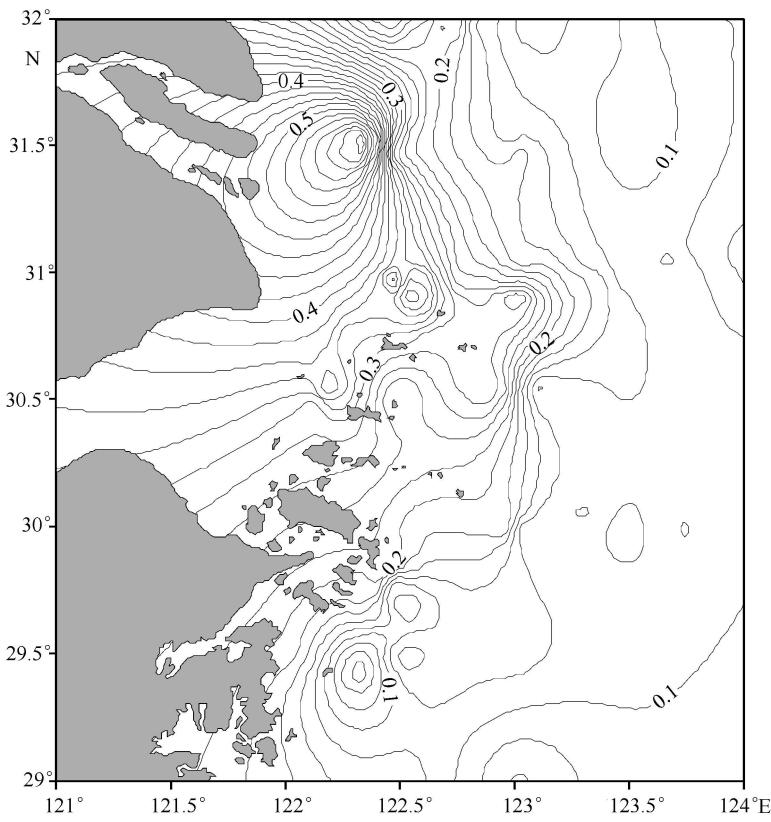


图 13 400 nm处黄色物质吸收系数在研究海区的分布

三、结 论

作者根据多年实测资料，对东海赤潮高发区的水体光谱吸收特性进行了分析，得到如下结论：

(1) 在浮游植物色素吸收波段关系的模型开发中，模型的各个波段都具有良好的相关性。同时考虑叶绿素吸收光谱曲线双峰，以 440 nm与 675 nm波段一同作为参考波段，可以获得与实测光谱最接近的拟合效果。但考虑到两个参考波段的情形，需要的参数较多，也可采用以 440 nm为参考波段拟合效果相近的二阶函数拟合形式。

(2) 对于叶绿素吸收系数与浓度关系，采用 440 nm与 675 nm波段都能得到较好的拟合结果。对于 440 nm， P_0 和 P_1 分别为 12.0521和 0.99573；对于 675 nm， P_0 和 P_1 分别为 22.423和 0.93144。

(3) 在非色素颗粒吸收光谱模型开发中，采用 400 nm为参考波长，得到海区平均光谱斜率为 0.0102 nm^{-1} 。

(4) 针对黄色物质吸收光谱，采用 400 nm为参考波长，光谱斜率平均值为 0.01729 nm^{-1} 。

本文的分析及结论，提供了东海赤潮高发区水体光谱吸收特性参数，为研究海区光学特性、光谱模拟、水体组分浓度的反演以及赤潮遥感研究打下了基础。

参 考 文 献

- 国家重点基础研究发展规划“我国近海有害赤潮发生的生态学、海洋学机制及预测防治”子课题“我国赤潮高发区赤潮生物光学遥感探测原理与新算法”2003年年度报告
- 黄蓉. 2001. 浙江沿海赤潮状况及防治对策, 环境监测管理和技术. **13**(5): 29~30
- 李铜基等. 2004. 黄东海春季水体后向散射系数的经验模型研究. 海洋技术, **23**(3): 10~14
- 徐韧, 洪君超, 王桂兰, 沈屹. 1994. 长江口及其邻近海域的赤潮现象. 海洋通报, **13**(5): 25~29
- 朱建华, 李铜基. 2004^a. 黄东海非色素颗粒与黄色物质的吸收系数光谱模型研究. 海洋技术, **23**(2): 7~13
- 朱建华, 李铜基. 2004^b. 黄东海海区浮游植物色素吸收系数与叶绿素 a 浓度关系研究. 海洋技术, **23**(4): 117~122
- Bricaud A et al. 1995. Variability on the chlorophyll specific absorption coefficients of natural phytoplankton. Analysis and parameterization. J. Geophys. Res., **100**(C7): 13321~13332
- Bricaud A, Morel A et al. 1998. Variations of light absorption by suspended particles with chlorophyll a concentration in oceanic (case 1) waters: Analysis and implications for bio-optical models. J. Geophys. Res., **103**: 31033~31044
- Bricaud A and D. Stramski. 1990. Spectral absorption coefficients of living phytoplankton and non-algal biogenous matter: a comparison between the Peru upwelling area and Sargasso Sea. Limnology and Oceanography, **35**: 562~582
- Bricaud A and Morel A et al. 1981. Absorption by dissolved organic matter of the sea (yellow substance) in the UV and visible domains. Limnology and Oceanography, **26**: 43~53
- Carder K L, Hawes S K, Baker K A et al. 1991. Reflectance model for quantifying chlorophyll a in the presence of productivity degradation products. J. Geophys. Res., **96**: 20599~20611
- Hooker S B, Zibordi G, Berthon J F et al. 2003. Tower Perturbation Measurements in Above Water Radiometry. In: Hooker S B, Firestone E R. NASA SeaWiFS postlaunch technical report series. Maryland: NASA Goddard Space Flight Center. 6~43
- Mitchell B G, Bricaud A, Carder K et al. 2000. Determination of spectral absorption coefficients of particles, dissolved material and phytoplankton for discrete water samples. In: Mueller J L, Fargion G S, McClain C R. Ocean optics protocols for satellite ocean color sensor validation. Revision 2. Maryland: NASA Goddard Space Flight Center. 125~153
- Mobley C D. 1994. Light and water: radiative transfer in natural waters. San Diego, CA: Academic Press. 592
- Morel. 1988. Optical modeling of the upper ocean in relation to its biogenous matter content (Case I waters). J. Geophys. Res., **93**: 10749~10768
- Pegau S, Zaneveld J R V, Mitchell B G et al. 2003. Inherent optical properties: instrument characterizations, field measurements and data analysis protocols. In: Mueller J L, Fargion G S, McClain C R. 2003. Ocean optics protocols for satellite ocean color sensor validation. Revision 4. Maryland: NASA Goddard Space Flight Center. 76

ABSORPTION CHARACTERS OF WATERS IN THE HIGH FREQUENCY RED TIDES AREAS OF THE EAST CHINA SEA

QU Zhongfeng¹ XI Hongyan² TANG Junwei³ HE Yijun¹

(¹ Institute of Oceanology, Chinese Academy of Science, Qingdao 266071)

(² Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

(³ National Satellite Ocean Application Service, State Oceanic Administration, Beijing 100081)

ABSTRACT

Red tides are abnormal ecological phenomena, which bring lots of damage in China every year. Research on detecting red tides is necessary. Water color will change abnormally while

red tides bloom out, i.e. the absorption and scattering characteristics of waters will appear different. With these varieties, algorithms can be developed to retrieve water constituents from spectral reflectance. Furthermore, red tides detection methods can be applied with retrieval chlorophyll concentrations.

Though absorption characteristics of waters play important parts in bio-optical algorithms development of ocean color remote sensing, no stable useful absorption coefficients of waters can be used in the high frequency red tides areas of the East China Sea.

During 2002 ~ 2005, we have performed 11 cruises and done a lot of measurements in the research areas. After analyzing multi-years in situ data, we have drawn the absorption relations of waters as follows:

Good correlations have been contained when analyzing the relationships among different absorption bands of phytoplankton pigments. Taking both 440 nm and 675 nm as reference bands together, the simulation results attained much closest to in situ measurements.

The relationships between absorption coefficients and concentrations of chlorophyll *a* have also been indicated. With 440 nm or 675 nm as the reference bands, good results have shown with correlations 0.915 and 0.938 respectively.

After 400 nm is taken as the reference band, mean spectral slope has been specified as 0.0102 nm^{-1} with regard to suspended sediment absorption and 0.0173 nm^{-1} about CDOM absorption.