

文章编号: 1007-4619 (2002) 03-0229-04

# 胶州湾海水黄色物质荧光分布初步研究

张绪琴, 吴永森, 张士魁, 吴隆业

(国家海洋局第一海洋所, 青岛 266061)

**摘 要:** 研究海水黄色物质, 在实验室研究的基础上, 于 1999 年 9 月 1—2 日, 利用荧光测量法, 现场测量了胶州湾黄色物质荧光相对强度, 首次获得了我国海区黄色物质分布数据。胶州湾黄色物质荧光强度主要分布特征为: 胶州湾黄色物质荧光强度高度区分布在沿岸, 尤其在河口附近; 湾口次之; 湾中部区域再次之, 湾口外侧最小; 胶州湾黄色物质垂直分布不均匀。这种分布与胶州湾的自然环境密切相关, 尤其与沿岸径流有关, 因此, 初步认定胶州湾黄色物质为陆源物质, 由沿岸径流携带入海湾。

**关键词:** 黄色物质; 荧光强度; 分布

**中图分类号:** TP79/P71 **文献标识码:** A

## 1 引 言

海水中黄色物质系海洋中所含溶解物质成分的一种, 由于它能赋予海水黄色, 称为黄色物质, 即“Gelbstoff”或“Yellow substance”。为使其名称更能代表本身理化属性, 揭示其本质, 对它的称谓逐渐改为有色可溶性有机物质, 英文名称为“chromophoric dissolved organic matter”, 缩写“CDOM”。海水中黄色物质在海洋各学科中的重要性在于, 它能把它几乎无共同性的学科联系起来<sup>[1]</sup>。研究表明, 海水黄色物质是影响海洋水色的三大成份之一, 黄色物质的光吸收直接和间接地减少了浮游植物的光合作用, 严重干扰了光学遥感确切估算海洋初级生产力和海洋悬浮泥沙含量; 海水中“黄色物质”在海洋学上属于惰性物质, 在海洋环境中具有良好的保守性, 有极其稳定的性质, 因而被认为是海洋中一种性能极好的海水固有示踪物质, 可用于水系和污染检测; 由于研究海水黄色物质光吸收, 可对海水内有机碳的数量进行估算, 因此, 对其研究应是全球碳系统研究的重要组成部分。总之, 海水黄色物质有其特有的理化性质, 在海洋碳循环、海洋水色、海洋生态、海水动力过程和海洋污染评价等研究领域具有广阔的应用前景。

对海水黄色物质的研究有两种基本途径: 化学方法和物理方法。化学方法采用吸浮法, 大量海水浓缩、萃取过程很复杂, 且仅能获得海水黄色物质的主要成分, 人们只能从其主要成分开展对它的研究, 显然是不够的, 因此, 对海水黄色物质的形成、成分和演化机理的研究逐渐从生化领域跨到物理领域。物理方法通常以海水光学性质为基础, 以此获得海水黄色物质有关指标, 其优点是易现场自动分析, 并可连续无污染地监测。

海水黄色物质的物理方法研究, 可追溯到 20 世纪上半叶<sup>[2]</sup> (Kalle 1966), 近年来, 随着海洋光学遥感的发展, 加快了海水黄色物质的物理方法研究<sup>[3-8]</sup>。各国科学家纷纷开展了黄色物质物理性质的各种研究, 如“黄色物质”与浮游植物间的吸收比, 通过海洋水色的变化研究“黄色物质”对水色的影响, 沿岸水“黄色物质”的荧光效应应用于海水交换强度和周期的研究, 开展了机载激光雷达遥测“黄色物质”和用 SeaWiFS 遥感“黄色物质”的可能性探索, 研究了在二类水体中“黄色物质”的影响因素和与溶解有机碳的关系。由于各国海域海洋环境不同, 对典型海区的研究有不可替代的意义, Watsh 等 1991 年指出了加强大陆架“黄色物质”研究的必要性 (Morel, A *et al.*, 1977, E. J. Rochelle *et al.*, 1999; Vodacek, A *et al.*, 1995, Bricaud *et al.*, 1981, Ferrari,

收稿日期: 2001-06-25; 修订日期: 2001-08-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49786005)

作者简介: 张绪琴 女 (1943—) 副研究员, 毕业于青岛海洋大学海洋物理专业, 发表海洋光学相关文章 20 余篇, E-mail: zhqin88@163.com

©1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

G. M. *et al.*, 1992. Hoge, F. E. *et al.*, 1993, Hojer-slev, N. K., 1993, )。我国较少人从事海水黄色物质物理方法的研究, 尚未见到利用物理方法调查我国海区黄色物质报道。

本文介绍了 1999 年 9 月 1—2 日利用荧光测量法, 在胶州湾海区进行了海水黄色物质荧光强度的现场测量, 并初步分析该海区黄色物质荧光相对强度分布。

## 2 原理和方法

众所周知, 由于物质的结构和能量分布的差异, 不同种类的荧光物质显示出各自的吸收光谱和荧光光谱, 根据其光谱可以灵敏地和无污染地对物质种类识别和定量分析。黄色物质是一类含有多种活性较高的化学功能团的无形大分子聚合物, 对光的强吸收是在紫外光区, 具有较高的荧光效率, 国内外实验证明黄色物质浓度与其荧光强度遵循一定的规律, 即随着海水黄色物质的增加, 其荧光相对强度也呈线性增加。

由于在自然水体中普遍存在含有较高荧光值的物质, 在测量海水黄色物质时, 作为基准的水, 必须是高纯度, 荧光效率低, 且其最大荧光强度波长要远离黄色物质的最佳荧光波长, 因此决定采用通过 Milli-Q 纯化系统处理的 Milli-Q 水, 作为测量实验的本底水样。进行各种标准液荧光强度的测量, 绘制出其相关曲线, 将上述配制的 Milli-Q 水母溶液取出 1 ml, 按配置标准溶液的要求加入 Milli-Q 水, 测出待测溶液的海水黄色物质 Milli-Q 水不同浓度的标准溶液相对强度, 荧光仪器对海水黄色物质 Milli-Q 水溶液浓度检测范围为  $5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-9}$  g/ml, 青岛近海黄色物质浓度为  $3.2 \times 10^{-7}$  g/ml (夏达英等 1999)<sup>[9]</sup>。

本次海上黄色物质调查采用荧光测量法, 测量仪器选用 Rf-540 荧光光度计, 实验室进行水样黄色物质的荧光光谱测量。为减少其他成分的影响, 黄色物质的量佳激发波长选择是 330nm, 荧光光谱的范围是 220—550nm, 以 10nm 间隔得到荧光光谱, 最大荧光强度的波长出现 440—430nm, 与 SeaWiFS 传感器第 2 频道中心波长 443nm 相近。以黄色物质在 430nm 波长的荧光相对强度描述该海区黄色物质分布。

现场采集海水水样, 根据通用的海洋调查规程, 选用 0.45 $\mu$  纤维滤膜, 实施抽滤, 以获得海水黄色物质的溶液; 为避免海水样品在储运和测量中, 产生诸

如感光分解等不良反应, 注意海水样品避光保存, 并保持在 4℃ 的低温条件下。

## 3 胶州湾黄色物质荧光相对强度分布

胶州湾位于黄海中部, 山东半岛南岸东经 120° 04'—23'E, 北纬 35°58'—36°18'N, 是一个半封闭内湾, 面积大约 365km<sup>2</sup>; 胶州湾沿岸有不少的径流, 如在沧口水道北和东岸, 有墨水河, 白水河, 李村河, 湾头河, 海泊河等河流, 西北部有大沽河和洋河, 虽然这些河流短小, 但季节特点鲜明; 胶州湾水深较浅, 湾西和北部水深最浅, 湾中心部水深较深; 胶州湾以半日潮流为主, 潮流为往复流; 胶州湾湾口狭小, 流速极大, 是潮水进出的通道, 胶州湾的整个水系都经此交换。湾沿岸工农业和湾内海养殖业发达, 因此, 胶州湾成为研究海水黄色物质很好的实验现场。我们于 1999 年 9 月 1—2 日, 利用 Rf-540 荧光光度计, 在胶州湾进行了黄色物质荧光强度的分布调查, 对水文气象参数进行了同步测量, 对样品进行了光吸收和海水生化参数的测量。

本次现场调查站位设计基本与常规调查站位分布相同, 采用 GPS 定位。在整个胶州湾实验区共设立 25 个站位(见图 1), 其中湾内 22 个站, 湾口连线上各设一个站, 湾口外设两个站, 调查轨迹长约 207km。根据研究要求, 在其中 7 个站位进行分层取样(2, 17, 18, 19, 22, 23, 24 站), 共获得 32 份水样。利用 Rf-540 荧光光度计, 选择海水黄色物质的最佳激发波长是 330nm, 荧光波长是 430nm。根据实验区各站位观测的荧光相对强度数据, 以 0.5 间隔, 绘制出胶州湾黄色物质荧光强度的等值线, 从而得到该海区的黄色物质荧光强度分布图 2。

由图 2 可见, 由于胶州湾西、北部水浅, 潮流较弱, 夏季沿岸径流带来了大量含黄色物质的陆缘物质, 不易疏运, 大多停滞在此地区, 因此, 该地区黄色物质含量最大且浓度均匀, 荧光强度平均高达 7.5; 随着水深的变化, 黄色物质含量由沿岸向湾中部急剧变化; 等值线呈舌状由湾中心伸向西北方向, 梯度逐渐变大。但在湾中部海区, 水深较深, 海面较开阔, 潮流较大, 黄色物质疏运较快, 浓度相对较小, 且均匀, 相对荧光强度一般在 4.5—5.0 之间。湾口区流速大, 黄色物质通过沿岸流带出湾口, 造成该区域的黄色物质浓度较中部大, 且湾口南部明显大于北部。湾口外连黄海, 水深, 面广, 潮流较强, 黄色物质运输较快, 浓度最小, 荧光强度一般在 3.6—4.0。

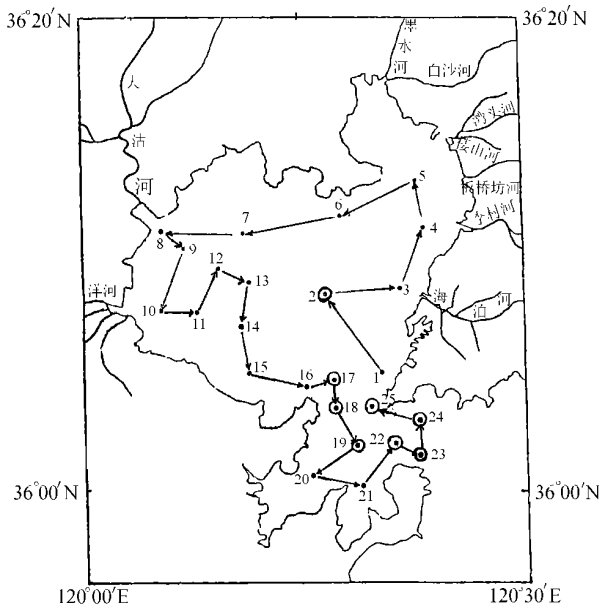


图 1 胶州湾实验区调查站位图

Fig. 1 The observing stations in the Jiaozhou Bay

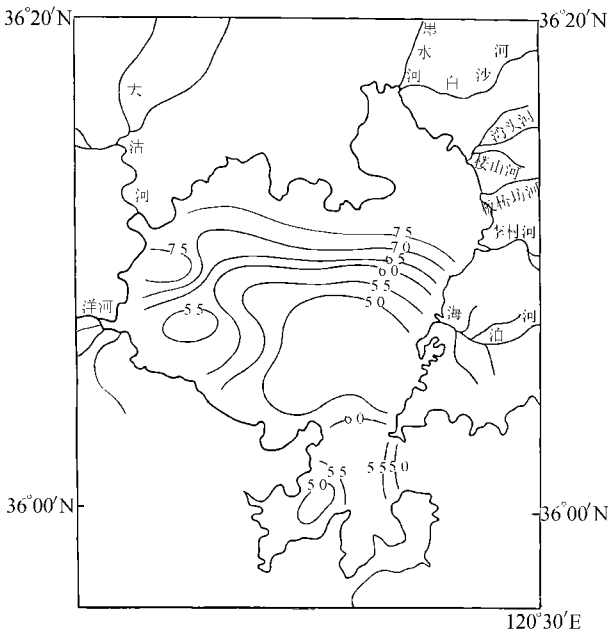


图 2 胶州湾海区黄色物质荧光强度的分布

Fig. 2 The distribution on fluorescence intensity of Yellow substance in the Jiaozhou Bay

调查期间, 风速较弱, 最大 3—4 级; 高潮时潮高 391—410cm 低潮时 109—122cm。由此初步分析, 胶州湾黄色物质荧光相对强度分布, 显然与该海区的潮流和水深有关, 特别与沿岸径流密切相关。

本次调查中, 湾口附近的 7 个站位 (2, 17, 18, 19, 22, 23, 24 站), 在表层和 5m 层分别取水样, 各站不同层次的黄色物质荧光强度, 列入表 1, 比较发现

5m 层的荧光强度明显大于表层, 从而说明胶州湾海区黄色物质含量垂直分布不均匀。

表 1 胶州湾湾口区表层和 5m 层荧光相对强度的比较  
Table 1 Comparison of fluorescence intensity of Yellow substance between surface and at 5 meter in the Jiaozhou Bay

站位	17	18	19	22	23	24	25
荧光强度(表层)	5.20	5.90	5.80	5.30	3.80	3.60	5.20
荧光强度(5m)	6.95	6.40	4.62	5.30	5.20	3.70	6.60

## 4 结 语

测量局部海区黄色物质荧光强度分布具有广泛的应用意义, 是海洋光学遥感的研究基础之一。国内外实验结果给出, 海水样品黄色物质稀释度与荧光相对强度之间具有明确的正相关关系, 即随着海水黄色物质的增加, 其荧光相对强度也呈线性增加; 荧光仪器对海水黄色物质 Milli-Q 水溶液浓度检测范围为  $5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-9}$  g/mL, 这一检测灵敏度范围足以满足海洋中黄色物质浓度分布检测的要求。

本次调查是在实验室方法研究的基础上, 得到胶州湾黄色物质的荧光数据, 据此绘制出荧光强间隔 0.5 的分布图, 由图中可以看出胶州湾海区黄色物质含量的分布特征:

1. 黄色物质高荧光强区分布在沿岸, 尤其在河口附近, 平均达 7.5 以上; 湾口次之; 湾中部区域荧光强较小, 湾口外侧最小; 沧口水道和大沽河口附近、北部区域和中部荧光强比较均匀, 由中部向沿岸的过渡区域荧光强梯度最大; 由中部向大沽河方向荧光强呈舌状分布。造成这种分布状态的原因, 与胶州湾的环境状态有着密切关系, 尤其是沿岸径流。由此可以初步认定胶州湾海水黄色物质主要是陆缘物质, 由沿岸径流携带入海, 这应与季节有密切关系。

2. 比较发现, 表层水体黄色物质荧光强较小, 5m 层水体荧光强度较大, 胶州湾黄色物质含量垂直分布不均匀。

3. 由胶州湾黄色物质的分布特征可以看出胶州湾水体分布状况和流系特征, 沿岸为混浊水, 中部为清洁水; 湾口区潮流较强, 流速较大。

致谢 参加本工作的还有李宝华高工, 郑建民高工, 刘赞沛研究员, 在此一并致谢。

## 参 考 文 献 (References)

- [1] Zhang X Q, Zhang S K, Wu Y S, Progress in Research on Yellow substance in seawater[J], *Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas*, 2000, **18**(4): 89-92[张绪琴,张士魁,吴永森.海水黄色物质研究进展[J].黄渤海海洋,2000,**18**(4):89-92]
- [2] Kalle, K. The problem of the Gelbstoff in the sea: *Oceanogr. Mar. Biol. Aruse. Rev.* 4; 1966, 91-104
- [3] Morel, A *et al.*, Analysis of variations in ocean color[J], *Limnol. Oceanogr.* 1977, **22**(4): 709-722
- [4] Vodacek A *et al.*, The use of in situ and airborne fluorescence measurements to determine UV Absorption coefficients and DOC concentration in surface water[J]. *Limnol. Oceanogr.* 1995, **40**: 411-415.
- [5] Bricaud *et al.*, Absorption by dissolved organic matter (yellow substance) in the UV and visible domains [J]. *Limnol Oceanogr.* 1981, **26**: 43-53.
- [6] Ferrari G M. *et al.*, Evaluation of the influence of yellow substance absorption on the remote sensing of water quality in the Bay of Naples; a case study[J]. *Int. J. Remote Sensing*, 1992, **13**(12): 2177-2189
- [7] Hoge F E. *et al.*, Inherent optical properties of the Ocean: Retrieval of the absorption coefficient of chromophoric dissolved organic matter from fluorescence measurements[J]. *Limnol. Oceanogr.* 1993, **38**(7): 1394-1402.
- [8] Hojerslev, N. K., Origin of the Kattegat waters [C]. SPIE proceedings, Ocean Optics Meeting \* 2. 1994, Bergen, Norway
- [9] Xia D Y, LI B H, WU Y S, A Preliminary study on fluorescence characteristics of Yellow substance in seawater[J]. *OCEANOLOGIA ET LIMNOLOGIA-SINICA*, 1999, **30**(6): 719-725[夏达英,李宝华,吴永森,海水黄色物质荧光特性的初步研究[J],海洋与湖沼,1999,**30**(6):719-725]

## The Distribution on Fluorescence Intensity of Yellow Substance in Jiaozhou Bay

ZHANG Xu-qin, WU Yong-sen, ZHANG Shi-kui, WU Long-ye

(The First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, Chian)

**Abstract:** This is one of a series study on yellow substance in seawater. Based on the results of experiment, the distribution on fluorescence relative intensity of yellow substance in China Sea area is obtained firstly by using the fluorimetry. The distribution on fluorescence intensity in Jiaozhou Bay is as following, The fluorescence intensity of yellow substance is the highest, more than over  $7.5 \times 10^{-7}$ , along the northern and western shore especially in the river estuary. It decreases in the central area of the Bay, and reaches the lowest in the outside mouth of the Bay. There is a clear difference in yellow substance between the inner and the exterior of the Bay. The fluorescence intensity of yellow substance is uneven in the Jiaozhou Bay, and its distribution is relatively close to the rivers along the shore. It is suggested that the yellow substance in the Jiaozhou Bay is originated from the land, carried by the rivers to the Bay.

**Key words:** yellow substance; fluorescence intensity; distribution