

南黄海水团和悬浮体分布及其光学性质*

马树斌 钱正绪

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

摘要 应用1983年11—1984年7月观测的温度、盐度和光学衰减系数 C 作为划分水团指标, 采用逐步聚类分析方法划分南黄海水团, 并对南海海的悬浮体分布和光学性质进行了分析讨论。结果表明, 将海水光学衰减系数作为划分水团指标是可行、有效的。分析结果为: 夏季表层有黄海水团、黄海冷水团和长江冲淡水, 底层只有黄海水团和黄海冷水团, 并且存在着混合带。秋季水团基本上保持着夏季型, 但长江冲淡水缩小, 不存在混合带。南黄海底层水的主要光学特征具有明显的区域性, 并大体上可分为如下区域: (1) 中、东部区域, 相当于黄海底层冷水区域, 最大光学衰减系数大于9; (2) 西部区域, 黄海水团区域, 呈东南向条状, 其轴心区的光学衰减系数 $C > 1$; (3) 西南部区域, 包括苏北沿岸水与黄—东海混合水; (4) 西北部区域, 相应于黄海底层浑水侵入区。最后, 用称重法获得的悬浮总量(SS)与 C 之间有线性关系: $C = 0.366SS + 0.50$, 相应的线性关系数为0.83。

关键词 水团 光学衰减系数 悬浮体分布

随着光学技术在海洋学领域中的广泛应用, 海洋学研究也日益受到重视。海洋光学特性与水文要素相互关系的研究可为水团划分、水体运动等海洋环境要素监测提供新的方法和手段。海水的光学衰减系数是海水的固有光学参数。大量的实验结果表明: 在近岸浅海区, 衰减系数分布类似于水文要素, 在垂直方向上形成分层结构。光学衰减系数的季节变化和水文要素的季节变化是密切相关的, 它对水团的划分和水文要素一样有着极其重要的作用。海洋学者已作了大量光学特性与水团关系的研究工作。如 Jones 等(1956)研究了光学衰减关系系数与河口处的悬浮体浓度的关系, 用消光测量法研究了水团的分布和迁移, Spinrad (1986)对缅因湾 (Maine Bay) 的水团作了光学研究, 得出对流是清水团分布的主要原因。苏育嵩等(1983)和李凤岐等(1983)用聚类分析法研究了浅海变性水团分布。随着光学遥感技术的发展, 遥感的光学方法已经为划分水团提供了更大的方便。光学方法的主要方便之处在于获取资料比较容易, 即使在恶劣的天气下也可以实现。本文将海水的固有光学性质参数——海水的光学衰减关系系数作为划分水团的一个指标引入分析中, 并对南黄海水团、悬浮体分布和光学性质进行分析讨论。

1 资料选取

在南黄海区 ($31^{\circ}30' - 38^{\circ}N, 124^{\circ}30'E$ 以西) 内选取了55个站位(图1), 应用1983

* 硕士学位论文。马树斌, 男, 出生于1964年2月, 硕士, 助研, 现在国家海洋局第一海洋研究所, 青岛266003。

收稿日期: 1994年5月30日, 接受日期: 1994年9月21日。

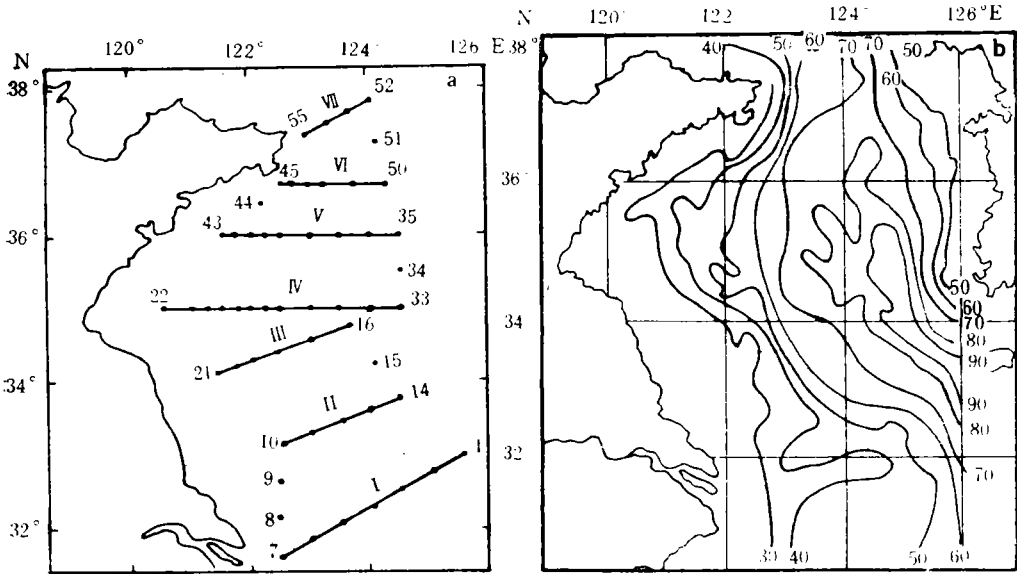


图 1 站位与水深分布图

Fig. 1 Station distribution and depth distribution

a. 站位分布图; b. 水深分布图 (m)。

阿码代表站位; 罗马代表断面。

年 11 月与 1984 年 7 月《科学一号》海洋调查船中美合作调查观测的温度 (T)、盐度 (S) 和海水的光学衰减系数 (C) 作为聚类分析的指标, 通过逐步聚类分析法 (苏育嵩等, 1983) 划分并绘制了南黄海的表底层水团的分布。

悬浮体分布是由每一站位的悬浮体颗粒分布计算而得出, 悬浮体颗粒由库尔计数器检测。

2 结果及分析

2.1 南黄海水团分布

2.1.1 聚类分析法原理 本文采用苏育嵩等 (1983) 用的聚类分析法, 将原来的温度、盐度两个参数增加光学衰减系数后成为三个参数。设研究海区有 N 个测样 (即样本), 每个测样 $X_i(T_i, S_i, C_i)$ 包括温度、盐度和光学衰减系数三个参数。在三维空间 (T, S, C) 中, 理化性质相近的样本其间距离应该小, 故可依一定的标准选其距离小者聚为一类。本文采用欧氏平方距离

$$D_{ij}^2 = (T_i - T_j)^2 + (S_i - S_j)^2 + (C_i - C_j)^2 \quad (1)$$

由于 T, S 和 C 的量纲不同, 变化幅度有时也甚为悬殊, 我们采用标准差标准化处理这三个参数。

初始令每个测样自成一类, 计算所有测样两两之间的欧氏平方距离, 选其最近者聚合。逐步聚类法需要一个合理的检定式, 以规定聚合的标准。我们采用如下检定值:

$$G = \frac{D_{pq}^2 / (\sigma_T \sigma_S \sigma_C)^{1/3}}{(S_p + S_q) / n_r + \sqrt{n_r} / A} \quad (2)$$

使满足不等式:

$$G < G^* \quad (3)$$

作为聚合的标准。式中 G^* 为临界值, 对于确定的海区为常数。 D_{pq} 是 p 类与 q 类间距离, n_r 是 p, q 的测样数, $\sigma_T, \sigma_S, \sigma_C$ 分别是温度、盐度和光学衰减系数的均方差, S_p 和 S_q 分别表示 p 类和 q 类的类内离差平方和

$$S_p = \sum_{i=1}^{n_p} [(T_i - \bar{T}_p)^2 + (S_i - \bar{S}_p)^2 + (C_i - \bar{C}_p)^2] \quad (4)$$

$$S_q = \sum_{k=1}^{n_q} [(T_k - \bar{T}_q)^2 + (S_k - \bar{S}_q)^2 + (C_k - \bar{C}_q)^2] \quad (5)$$

式中 $\bar{T}_p, \bar{S}_p, \bar{C}_p$ 和 $\bar{T}_q, \bar{S}_q, \bar{C}_q$ 分别是 p 类和 q 类的温度、盐度和光学衰减系数的平均值, A 为调整系数, 通过多次试验与调整, 最后取 $A = 2$ 。

2.1.2 分析结果 根据逐步聚类所得的南黄海区夏季和秋末表底层的水团分布(图2), 夏季表层有黄海水团、黄海沿岸水和长江冲淡水三个水团; 底层只有黄海冷水团和黄海水团, 并且存在着混合带。11 月份水团基本上保持着夏季型, 但长江冲淡水显然已缩小, 不存在混合带(苏育嵩等, 1983; 李凤歧等, 1983; 邱道立等, 1984)。

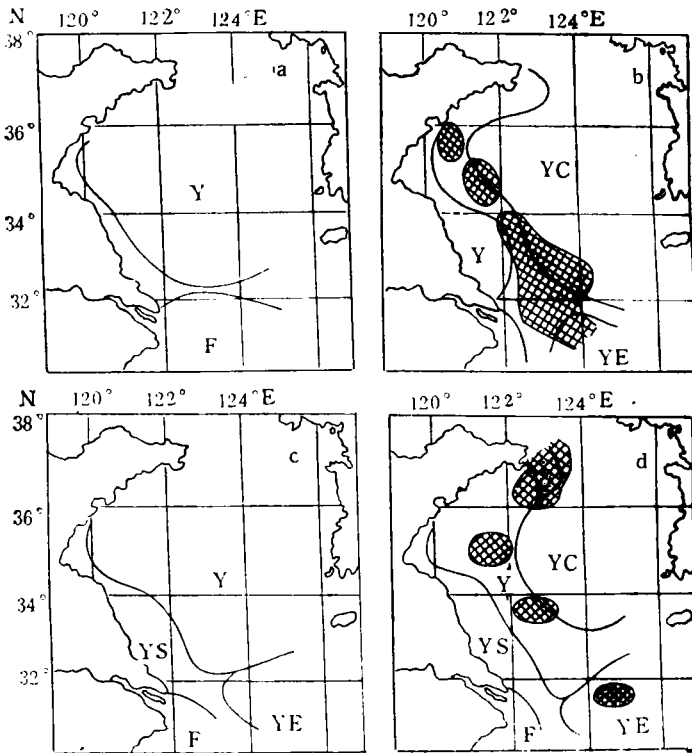


图2 南黄海水团分布

Fig. 2 Water masses distribution in South Yellow Sea

- a. 夏季表层; b. 夏季底层; c. 秋末表层; d. 秋末底层。YC 黄海底层冷水; Y 黄海混合水; YS 黄海沿岸水; F 长江冲淡水; YE 黄东海混合水; M 混合水; ⊙ 中心渔场

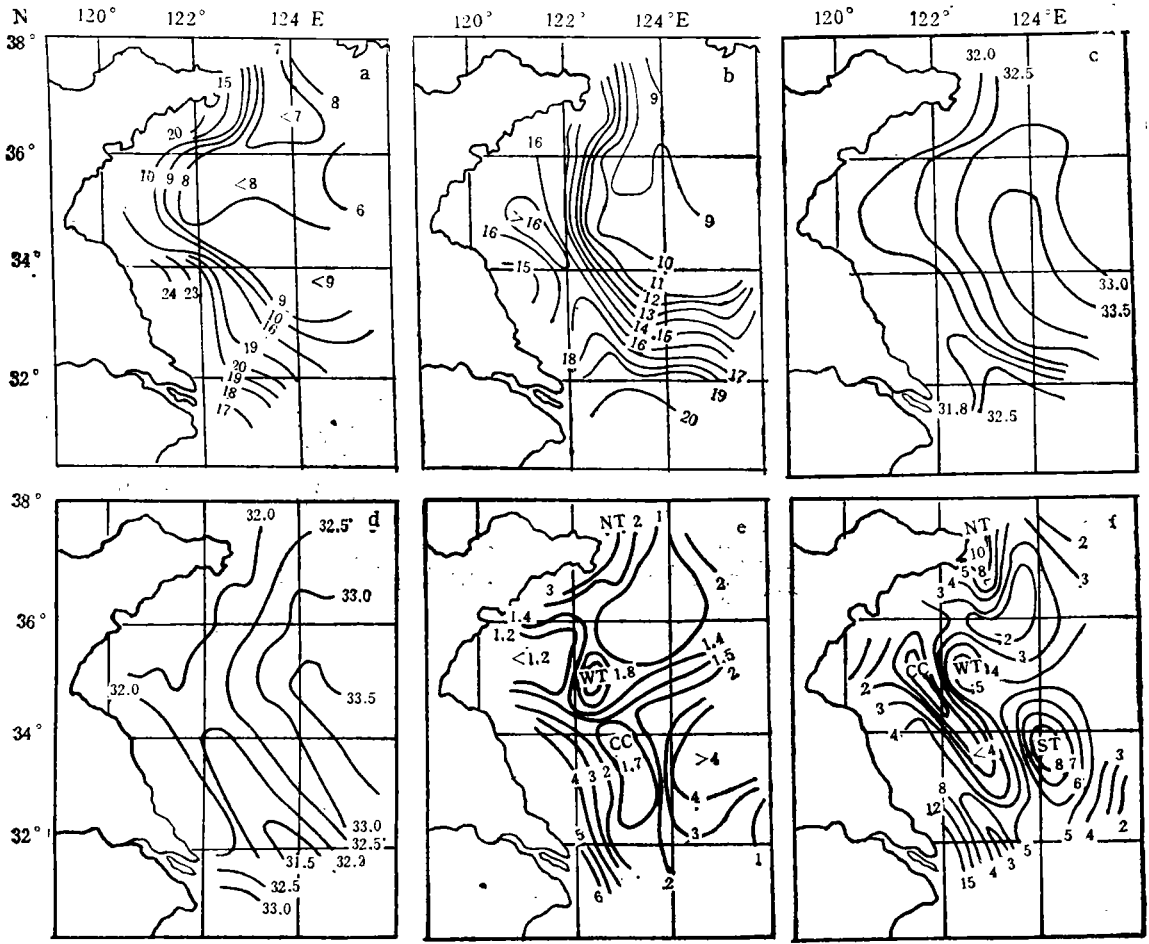


图 3 南黄海底层温度、盐度和光学衰减系数的分布图

Fig. 3 Distributions of temperature, salinity and optic attenuation coefficient of South Yellow Sea at bottom

a. 7 月底层温度($^{\circ}\text{C}$)分布; b. 11 月底层温度($^{\circ}\text{C}$)分布; c. 7 月底盐度分布; d. 11 月底盐度分布; e. 7 月底光学衰减系数(m^{-1})分布; f. 11 月底层光学衰减系数(m^{-1})分布。

2.2 光学衰减系数分布 研究海区的底层温度、盐度和光学衰减系数分布如图 3 所示。从温、盐的平面分布图与海底地形图(图 1)可以看出:(1)底层温盐等值线的走向大体与等深线一致。(2)以等深线 60m 带为界,大体上可将南黄海底层划分为两个大区域。东侧为宽阔的黄海冷水团,西侧为黄海水团。只是对夏季来说,西侧有混合带出现。(3)底层水的主要光学特征具有明显的区域性,并大体上可以分为如下区域:①中东部区域 该区域相当于当时实际存在的黄海底层冷水团区域,其明显的光学特征是存在着若干呈封闭状的分布,其中有两个特别明显的浑浊区:一个是南黄海冷水西部,记为 WT,中心位置约在 122°E , 35°N 处,夏季中心区 $C > 2$,11 月份 $C > 6$;另一个是黄海冷水团南部浑浊区,记作 ST,中心约在 124°E , $33^{\circ}40'\text{N}$ 处,夏季中心 $C > 4$,11 月份 $C > 9$ 。此外本区域的北部还存在一个呈封闭状的较清澈区域。夏季时 $C < 1$,11 月份

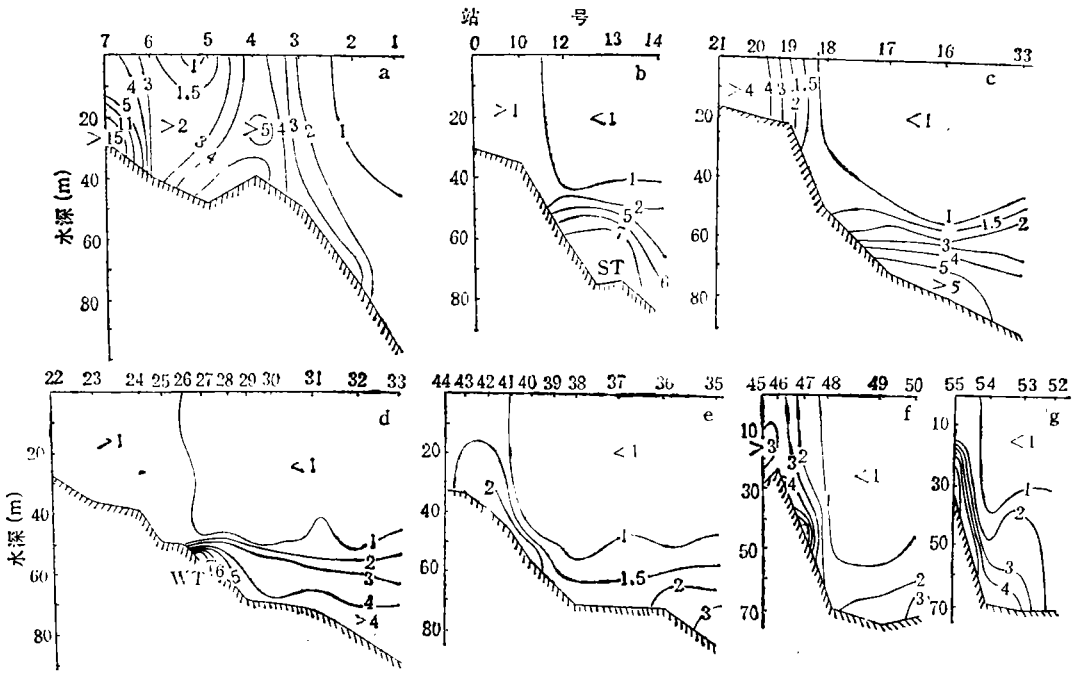


图 4 光学衰减系数 (m⁻¹) 的断面分布图

Fig. 4 Sectional distribution of optic attenuation coefficient (m⁻¹)

a. 断面 I; b. 断面 II; c. 断面 III; d. 断面 IV; e. 断面 V; f. 断面 VI; g. 断面 VII.

$C > 2$ 。② 西部区域 该区域存在一股较清澈的沿岸水，记作 CC。它相当于黄海水团在底层的位置，呈东南条状分布，其轴心区的光学衰减系数稍大于 1。从温盐分布图 (图 3) 中也可以观察到这种条状分布的趋势。③ 西南部区域 该区域包括苏北沿岸水的浑浊水体，其中南端为黄-东海混合水区域。极度浑浊。④ 西北区域 沿 123°E 自成山角有一股来自北黄海的浑浊沿岸水伸入，记作 NT。断面分布图按由北向南顺序 (图 4)，WT, ST 的中心均位于海底的斜坡上，NT 也处于 123°E 石岛东的陡坡上，因此可以认为南黄海海底地形与海水浑浊度分布有密切的关系。

2.3 悬浮体分布 光学衰减系数反映了海水中悬浮体的总含量 (图 5, 6)，并和悬浮体的组成密切相关。光学衰减系数 C 与用称重法获得的悬浮物总重 SS 之间的关系近似为线性关系 (图 7)。

$$C = 0.366SS + 0.5 \tag{5}$$

相应的线性相关系数 $r = 0.83$ 。图 7 中数据点比较分散，其原因是水样的采取不是用温盐、光学衰减系数仪同一绞车进行的。因此水样采样深度与资料的实际深度间有一不固定的差距。

用库尔特计数器测得的粒径分布、体积分布具有重要意义。本文只讨论由库尔特计数器测量结果求得的总体积含量分布情况。悬浮体总体积含量的分布如图 5 所示。与图 3 相比较可见，悬浮体分布比较大的地方对应着 WT, ST 等浑浊区，在底层西部区域也

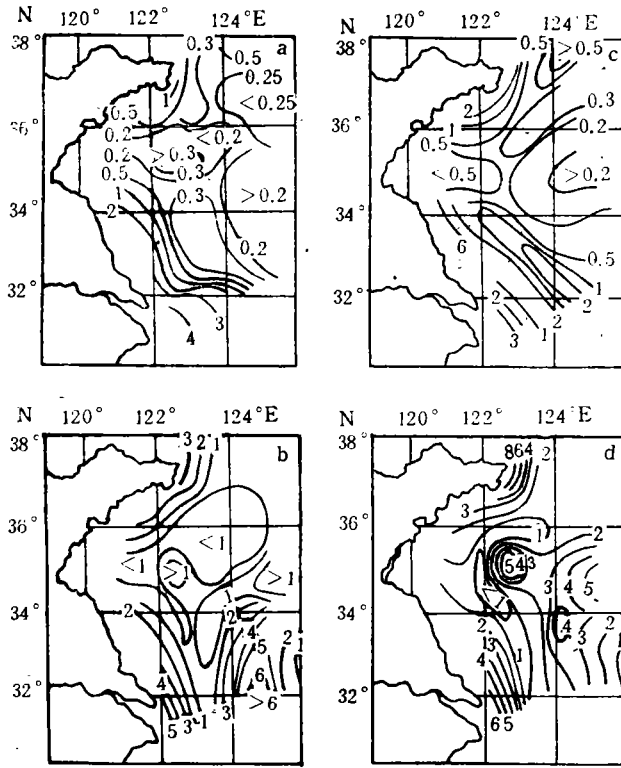


图 5 南黄海悬浮体总体积含量 (mg/L) 分布图

Fig. 5 Distributions of suspended matters volume (mg/L) in South Yellow Sea

a. 7 月表层; b. 7 月底层; c. 11 月表层; d. 11 月底层。

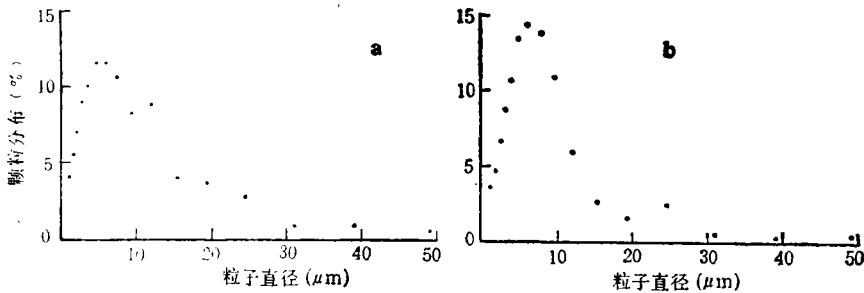


图 6 13(a), 27(b) 站位的底层悬浮体的粒径分布 (μm) 分布

Fig. 6 Distributions of diameter (μm) of suspended matters at bottom station in 13 (a) and 27 (b)

存在着总体积含量小于 1ppm 的清澈沿岸流区。

WT,ST 浑浊中心 27,13 站底层的悬浮体粒径分布如图 6 所示, 此两站的微分体积分布在 $6.3\mu\text{m}$ 附近具有极大值。

3 讨论

本文利用温度、盐度和衰减系数的相对值(即经过标准化处理)分析南黄海变性水团

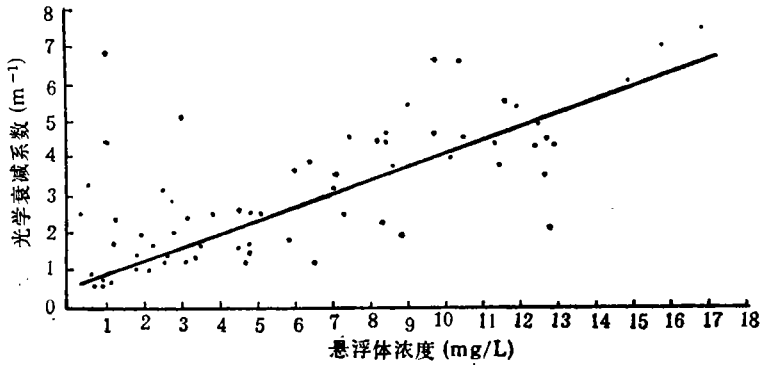


图 7 光学衰减系数 $C(m^{-1})$ 与悬浮体浓度 $SS(mg/l)$ 的关系

Fig. 7 Relationship between optic attenuation coefficient $C(m^{-1})$ and suspended matter density $SS (mg/l)$

的性质,这比单纯利用温度和盐度指标来分析水团要更全面些(苏育嵩等, 1983, 李凤岐等, 1983)。但因浅海区地理条件的特殊性,仅仅利用温度、盐度和光学衰减这三个指标来划分浅海水团仍感不足。增加其它理化性和生物性指标,将更有助于准确地划分浅海水团。

南黄海底层光学衰减系数分布的形成是与海底地形、沉积层、海流、潮流等因素有关。

(1) 海底地形 由图 3 与图 1 比较可以看出清澈水 CC 位于水深 30—50m 的狭长地带,而浑浊水则盘居在具有海盆形状的海底。(2) 海底沉积物 南黄海海底中部海盆区域的沉积物大部分为粉粒砂质粘土,由于悬浮颗粒较细而容易被潮流卷起。(3) 环流 南黄海西部底层的沿岸流流向与 CC 对应的区域相符。因底质为细砂,形成了一条带状清澈区; DST 与 WT 两个浑浊中心附近有反时针方向环流的存在,推动粘土、软泥质底质形成底部浑浊的封闭性区域。(4) 潮流 南黄海潮流的分布以近岸处较大,南部也较大。潮流对黄海底层的浑浊度起较大作用,使光学衰减系数的分布呈底层大于中层的趋势。这种现象只在地质为粘土、软泥区域才会发生。近长江口的 7 站底质为砂,而光学衰减系数 $C > 16.5$ 。这种现象可能是表层长江冲淡水所挟带的大量泥沙沉降到底层所产生的。

参 考 文 献

- 李凤岐、苏育嵩、喻祖祥, 1983, 聚类分析在浅海变性水团分析中的试验, 海洋学报, 5(6), 675—686。
 苏育嵩、喻祖祥、李凤岐, 1983, 聚类分析法在浅海水团分析中的应用及黄、东海变性水团的分析, 海洋与湖沼, 14(1), 1—13。
 邱道立、周诗贵、李昌明, 1984, 应用聚类分析法划分黄海水团的初步研究, 海洋学报, 6(3); 281—292。
 Jones, D., Wills, M. S. 1965, The attenuation of light in sea and estuarine waters in relation to the concentration of suspended solid matter, *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 35: 431—444。
 Spinrad, R. W., 1986, An optical study of the water masses of the culf of Marine, *J. Geophys. Res.*, 91: 1007—1081.

THE WATER MASSES AND THE SUSPENDED MATTERS DISTRIBUTIONS OF THE SOUTH YELLOW SEA AND ITS OPTIC CHARACTERISTICS

Ma Shubin, Qian Zhengxu

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071*)

ABSTRACT

The relative index of temperature, salinity and optic attenuation coefficient at 55 stations in the South Yellow Sea ($31^{\circ}30'N$, $38^{\circ}00'E$) were used as parameters to analyze the water masses there.

Cluster analysis was used to obtain the water masses distribution in the upper and bottom layers in the South Yellow Sea. The optic characteristics and distribution of suspended matter of the upper and bottom layers are discussed.

In summer, there are three water masses at the surface: Huanghai water mass, Huanghai cold water mass and Changjiang River diluted water mass. At the bottom, there are also three water masses: Yellow Sea water mass, Yellow Sea cold water mass and mixing area water mass. In fall, the distribution of water mass is similar to that in summer, but the area of the Changjiang River diluted water mass is smaller than that in summer and there is no mixing area.

The optic characteristics of the area depends on the location. There are four areas: (a) East-center part, containing Yellow Sea bottom cold water mass. Its maximum optic attenuation coefficient is greater than 9; (b) West part, containing the Yellow Sea water mass. At the area center the coefficient is greater than 1; (c) West-south part, where the water is very muddy; (d) West-north part containing muddy water coming from the North Yellow Sea.

The following was the linear relation between the total weight of suspended matters and the optic attenuation coefficient.

$$C = 0.366SS + 0.50$$

The corresponding correlation coefficient is 0.83.

Key words Water mass Optic attenuation coefficient Suspended matter distribution