

长江河口区叶绿素 a 分布的研究*

沈新强 蒋 玫 袁 骥

(中国水产科学研究院长江口渔业生态重点实验室, 东海水产研究所, 上海 200090)

摘 要 1996年9月、1997年5月对长江河口区进行综合调查, 结果显示: 长江河口区叶绿素 a 含量范围为 $0.78 \sim 6.12 \text{ mg/m}^3$, 其总体分布从河口上游向下游呈递增, 底层含量略高于表层。在影响叶绿素 a 分布与变化的众多因子中, 盐度、潮流、浮游植物细胞数量、营养盐类、光照、海水浊度等环境因子与之关系密切。

关键词 长江, 河口, 叶绿素 a, 分布, 潮流, 盐度, 营养盐

大量的研究表明, 海水中叶绿素 a 含量不仅与浮游植物的数量, 初级生产力和中心渔场的形成密切相关, 而且其分布又显示与海洋环境相依存的关系。河口水域由于物理、化学和生物学过程的相互影响, 叶绿素 a 含量的分布与变化显得较为复杂。因此, 近年来在河口生物学或生态学的研究中, 对叶绿素 a 的研究引起越来越多的关注^[1~7]。大多数水域均有一个浮游植物的迅速繁殖盛期, 而且叶绿素 a 的最大值在表层或近表层^[3~5]。但在混合作用较强的河口区则除外。Bowman 等人^[3]在总结河口羽状锋的研究中指出, 河口羽状锋对沿岸的物理与生物过程的空间和时间影响取决于河流排水的多寡和水体的稳定性, 河口羽状锋常常与叶绿素 a 锋相一致。Lorenzen^[5]的研究表明, 在受河流径流、强潮流和上升流影响的河口水域, 其叶绿素 a 含量的分布和变动幅度是大洋的几十倍; Steel^[8]的研究指出: 河口水域高密度的浮游植物团块的存在与较高的营养阶层关系密切。

本文根据 1996 年 9 月、1997 年 5 月在长江口区进行的多学科综合调查结果, 结合以往在该区域的调查资料, 探讨了长江河口区叶绿素 a 含量的分布变化特征及其与环境因子的关系。

1 材料与方法

收稿日期: 1999-09-01

* 农业部重点科研项目 (渔 95-B-96-10-01-0)

1996 年 9 月和 1997 年 5 月对长江河口区 ($121^{\circ}46' \sim 122^{\circ}30'E$, $30^{\circ}58' \sim 31^{\circ}47'N$) 进行了 2 次叶绿素 a 取样调查。整个调查区共设叶绿素 a 32 个调查站位 (图 1), 1996 年 9 月涨潮期的调查站位 13 个, 落潮期的调查站位 20 个, 其中河口外侧 10 个测站属重复采样。

1997 年 5 月还对位于 $121^{\circ}36' \sim 121^{\circ}40'E$, $31^{\circ}20' \sim 31^{\circ}22'N$ 的长江河口内侧即上海市竹园排污口的下游, 进行了叶绿素 a 的 2 次取样调查 (落潮期和涨潮期), 调查区内由上游向下游依次设 A、B、C 3 个断面, 断面选择河口最大浑浊带内侧, 竹园排污口下游, 垂直岸线。两断面间隔 3 km, 每个断面由岸向外设 3 个取样点, 各取样点间距为 300 m, 涨、落潮取样站位相同。

叶绿素 a 在各测站上按表、底两层用有机玻璃采水器取样。每层取 0.5~1.0 L 水样, 在船上用 $0.45 \mu\text{m}$ 孔径的混合纤维树脂微孔滤膜进行真空抽滤, 截留含浮游植物的滤膜被低温干燥贮存, 带回实验室, 按海洋调查规范中的分光光度法^[9], 在国产 722 分光光度计上测定, 并根据 Jeffrey - Humphrey^[10]的计算方程计算叶绿素 a 含量。

2 结果与讨论

2.1 叶绿素 a 的分布

2 次调查的叶绿素含量见表 1。

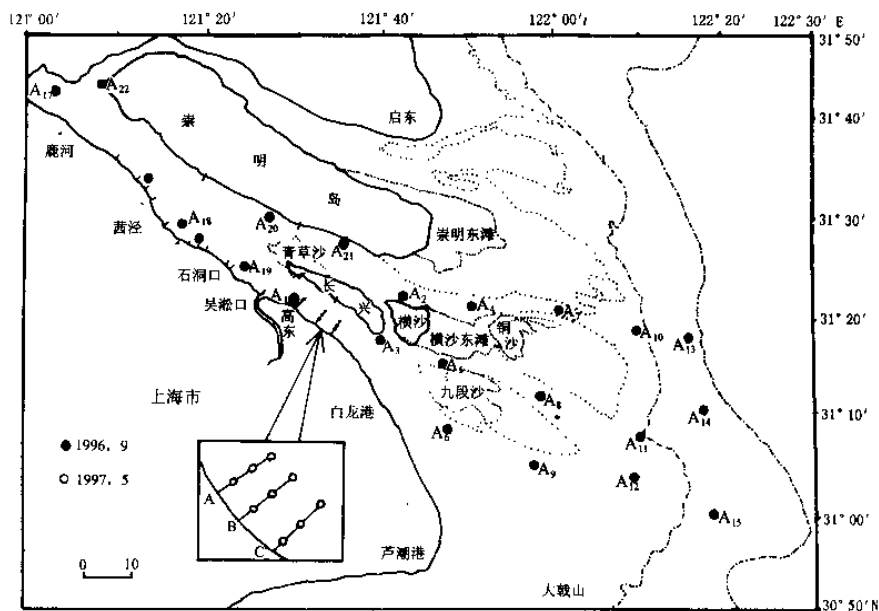


图1 长江河口区取样调查站位图

Fig.1 Map of investigated stations in the Changjiang estuary

表1 长江河口区两次调查的叶绿素 a 含量

Table 1 The chlorophyll a concentration of twice surveys in the Changjiang estuary

mg/m³

项目 item	1996, 9 Nov				1997, 5 May			
	落潮 ebb		涨潮 flood		落潮 ebb		涨潮 flood	
	表层 surface	底层 bottom	表层 surface	底层 bottom	表层 surface	底层 bottom	表层 surface	底层 bottom
范围 range	0.78~4.69	1.10~3.59	0.96~6.12	1.04~4.10	1.21~3.82	2.23~4.37	1.75~3.75	1.20~4.69
平均值 average	1.80	1.59	2.21	2.38	2.62	3.0	2.83	3.04
断面 section					A	B	C	A
平均值 average					3.43	2.62	2.09	2.62

2.1.1 1996 年 9 月(落潮期) 调查结果显示,长江河口区表层叶绿素 a 分布不均匀(图 2)。在长江口南槽、从吴淞口以东形成一条表层叶绿素 a 的低值区(小于 1.0 mg/m³), 低值(0.86 mg/m³)中心位于 31°08'N, 121°55'E 处, 这里水流湍急, 水体极为混浊, 不利于浮游植物的集聚。而在横沙岛以东形成叶绿素 a 的高值区(大于 2.0 mg/m³), 高值(4.69 mg/m³)中心位于 31°12'N, 122°07.5'E。长江河口的上游段, 除在西区排污口外叶绿素 a 出现含量高达 3.11 mg/m³ 及七丫口外出现叶绿素 a 的最低值 0.78 mg/m³ 外, 其余大部分水域的叶绿素 a 含量的分布相对较均匀, 变动于 1.06~1.46 mg/m³ 之间。

在河口的上游段, 底层叶绿素 a 分布与表层大

体相似, 显示垂直分布相对均匀。但在长江口南槽近底层, 出现相对较高的叶绿素 a 含量, 形成底层含量明显高于表层的现象, 且整个高值区位置比表层向河口内侧移动, 表明高叶绿素 a 含量的水体从口外水域的下层向河口楔入。

2.1.2 1996 年 9 月(涨潮期) 由于长江河口涨、落潮差异显著, 因此为了解叶绿素 a 含量随潮汐的变化, 对河口段(崇明岛以东水域)再次进行了涨潮期的调查。结果显示, 调查区的表层叶绿素 a 含量涨潮期与落潮期相近, 但从分布趋势(图 3)可看出, 低值区位于横沙岛以西, 横沙岛以东叶绿素 a 含量明显升高, 最高值位于调查区的东南侧。

除横沙岛东南的 1 个测站(水体混浊)和东南角

2 个测站(水较深)涨潮期底层的叶绿素 a 含量值小于 2.0 mg/m^3 外,其余测站均高于 2.0 mg/m^3 。

2.1.3 1997 年 5 月(落潮期) 落潮期表层叶绿素 a 含量从断面分布看(表 1),A 断面最高,C 断面次

之,B 断面最低。从各个测站的分布来看,A、B 断面均显示在断面两侧的测站(即近岸和近航道的测站)低于断面中部测站,但在 C 断面近岸测站的叶绿素 a 含量最高。

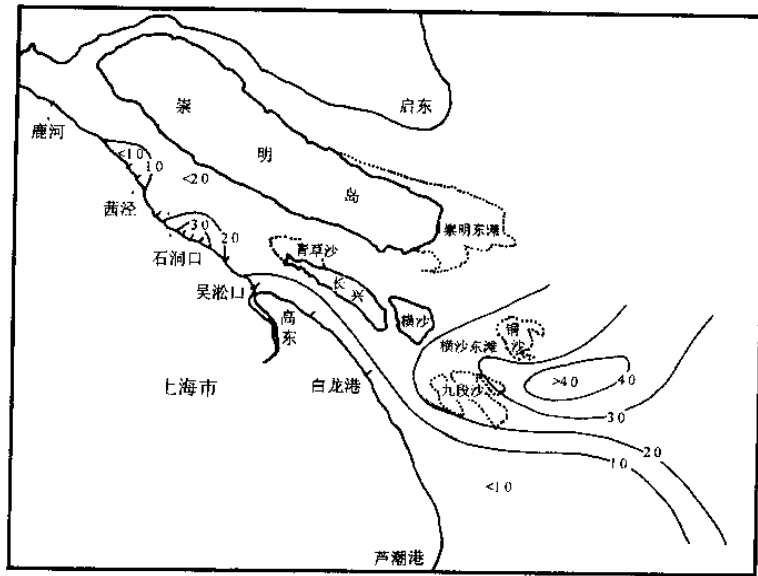


图 2 叶绿素 a 含量表层分布(1996, 9 落潮)

Fig.2 Distribution of chlorophyll a in surface waters (Sep 1996, ebb)

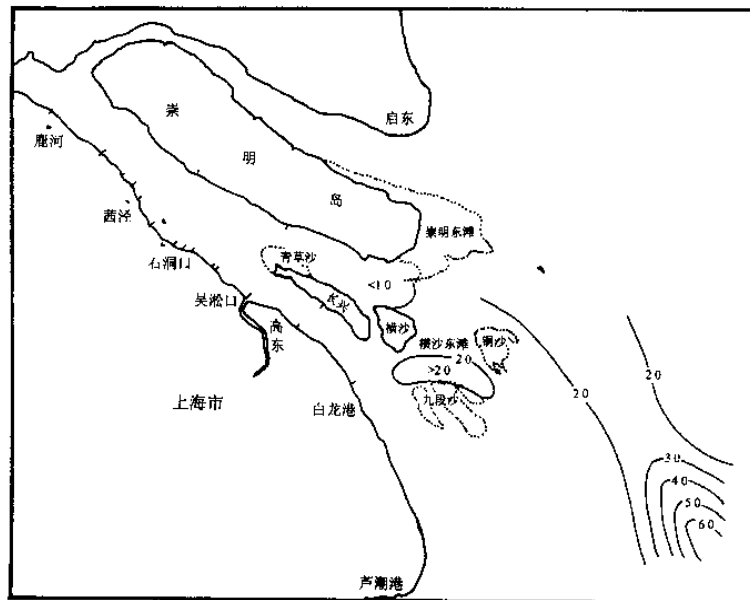


图 3 叶绿素 a 含量表层分布(1996, 9 涨潮)

Fig.3 Distribution of chlorophyll a in surface waters (Sep 1996, flood)

落潮期底层叶绿素 a 含量稍高于表层。从断面分布看,与表层分布一致;从各个测站的分布来看,也与表层相似。

2.1.4 1997 年 5 月(涨潮期) 涨潮期表层叶绿素 a 含量从断面分布(图 4)看,下游的 C 断面最高, B 断面次之, A 断面最低。从各个测站的分布来看, A、B 断面中间测站高于断面两侧测站。

涨潮期底层叶绿素 a 含量稍高于表层。断面分布趋势与表层相似,从上游向下游递增。

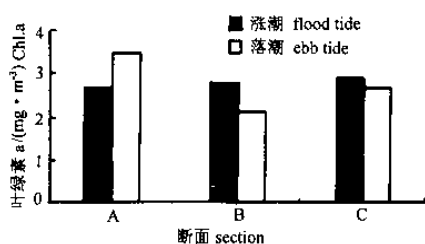


图 4 长江河口内侧叶绿素 a 断面分布(1997, 5)

Fig. 4 Sectional distribution of Chlorophyll a inside the Changjiang estuary

2.2 叶绿素 a 分布与环境因子的关系

2.2.1 与涨落潮的关系 潮流作为长江口水动力的主要因子,对叶绿素 a 的空间分布主要体现在涨、落潮的变化。1988 年长江口外水域的昼夜观测已表明叶绿素 a 具有明显的半日周期的变化^[2]。本研究中两次调查可以看出涨潮期叶绿素 a 含量明显高于落潮期,这是由于长江口内侧水域水体混浊,光合作用不利于浮游植物的繁殖生长,而长江口外水体透明度增大,光合作用增强,有利于浮游植物的繁殖生长,因此高生物区位于长江口外水域,在涨潮流的作用下,位于口外水域的高生物量向上游扩展,而在落潮流的作用下,位于河口内侧的低生物量向下游扩展,导致叶绿素 a 涨、落潮分布的差异。其次,由于处于航道区潮流流速过大,浮游植物不易集聚,使靠航道一侧测站的叶绿素 a 含量低于内侧测站的含量。

2.2.2 与盐度分布的关系 许多研究已证实,叶绿素 a 与盐度的关系密切。如 Bowman 等^[3]的研究指出,盐度锋常与叶绿素 a 锋相一致;沈新强等^[2]发现在盐度低于 25~27 的长江口外水域中,叶绿素 a 含量与盐度呈正相关关系,而盐度高于 27 的水域,二者呈负相关关系。

对 1996 年 9 月的调查数据的分析发现,对盐度

低于 3 的河口内侧水域表层叶绿素 a 含量随盐度的增加而增加,二者呈正相关线性关系,其相关系数可达 0.92。而在盐度高于 3 的河口外侧水域,正相关系数降为 0.61,表明这种相关程度减弱,也表明河口外侧区域环境条件的复杂多变。

2.2.3 与浮游植物的关系 叶绿素 a 含量用于表征浮游植物生物量,一般而言,浮游植物高生物量区对应高叶绿素 a 含量,二者具有相同的分布趋势,本研究现场调查也证实这一点,如涨、落潮期叶绿素 a 含量与浮游植物具有相同的分布特点,浮游植物几个高生物量的测站对应高叶绿素 a 含量。但调查中发现高叶绿素 a 含量不一定全都对应浮游植物的高生物量区。由长江口内水层垂直平均叶绿素 a 含量与网获浮游植物细胞总个数的相关分析显示,它们的相关系数仅为 0.41,相关关系不明显,究其原因,正如 Pomeroy^[8]所指,至今为止,人们大部分注意力都放在网采浮游生物上,许多微型浮游生物被滤掉了,它们的重要性往往被低估了。Ning 等人^[7]的研究结果显示,长江口外水域中微型浮游植物细胞对叶绿素 a 的贡献占 50% 以上。由此不难看出,口内水域微型细胞数量远比口外水域更高,网获浮游植物的代表性较差,造成两者的相关性变弱。

2.2.4 与营养盐的关系 长江径流向河口区输送大量的无机磷和无机氮,致使河口区的氮、磷含量特别丰富。调查区内叶绿素 a 含量与氮、磷含量的关系较为复杂,没有象盐度因子那么明显,这是因为促使浮游植物生长繁殖除营养盐因子外,还需具备其它适宜条件。在河口内侧,虽然氮、磷含量不成为浮游植物生长的限制因子,但水体含沙量大,水体混浊,光合作用差,盐度偏低,潮流大,不利于浮游植物生长繁殖,相对应叶绿素 a 含量也低。而河口外侧属下泄冲淡水 and 外海水的交界区,含沙量降低,盐度适中,同时也具备浮游植物生长所需的营养盐类。所以该区域内叶绿素 a 含量趋于增加。值得注意的是,叶绿素 a 含量较高的测站,氮、磷含量特别低,这在 1988 年长江口外侧水域的调查中得到证实^[2],本次在 1997 年 9 月调查中,位于调查区最外侧的 16 号测站表层叶绿素 a 含量高达 6.12 mg/m³,对应的硝酸盐和磷酸盐分别为 28.14 μmol/L 和 0.20 μmol/L,几乎为整个调查区最低值,这是由于浮游植物的大量繁殖,使无机氮和无机磷几乎被消耗殆尽。

参 考 文 献

- 1 宁修仁, 刘子琳, 胡钦贤. 浙江沿岸上升流区叶绿素 a 和初级生产力的分布特征. 海洋学报, 1985, 7(6): 753~764
- 2 沈新强, 胡方西. 长江口外水域叶绿素 a 分布的基本特征. 中国水产科学, 1995, 2(1): 71~80
- 3 Bowman M J, Iveson R L. Oceanic fronts in coastal processes. Berlin Heidelberg: Springer-verlag, 1978. 87~104
- 4 Fisher T R, et al. Phytoplankton, nutrients and turbidity in the chesapeake Delaware and Hudson estuaries. Estuarine Coastal and Shelf Science, 1988, 27: 61~93
- 5 Lorenzen C J. Continuity in the distribution of surface chlorophyll. J C I E Mer, 1971, 34: 18~23
- 6 Ning Xiuren, et al. Standing stock and production of phytoplankton in the estuary of the Changjiang and adjacent East China Sea. Marine Ecology - Progress Series, 1988, 49(10): 141~150
- 7 Pomeroy L R. The ocean's food web, a changing paradigm. Bio-science, 1974, 24: 499~504
- 8 Steel J H. Patchiness, the ecology of the seas. Oxford: Blackwell Scientific publications, 1976. 98~115
- 9 国家海洋局主编. 海洋监测规范. 北京: 海洋出版社. 1990
- 10 Jeffrey S W, Humphrey G F. New spectrophotometric equation for determining chlorophylls a, b, c and C₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochem physiol pflanzen, 1975, 167: 191~194

Study on distribution of chlorophyll a in the Changjiang estuary

Shen Xinqiang Jiang Mei Yuan Qi

(East China Sea Fisheries Research Institute, Key Lab of Fisheries Ecology of
Changjiang River Estuary, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090)

Abstract Based on the results of multidisciplinary investigations in the Changjiang estuary (30°58'~31°47'N, 121°46'~122°30'E) in September 1996 and May 1997, this paper emphasises on discussing the distributional features of chlorophyll a in the Changjiang estuary and their relation to environmental factors. The results of the 2 investigations show that the distributional scope of chlorophyll a concentration in the Changjiang estuary is between 0.78 mg/m³ and 6.12 mg/m³. The general distribution tendency presents that the concentration progressively increases from the upper to the lower reaches of the estuary and the concentration at bottom is lightly higher than that at surface. The distribution and variation of chlorophyll a are closely related to environmental factors such as salinity, tidal current, cell number of phytoplankton, nutrients, illumination and turbidity.

Key words Changjiang River, estuary, chlorophyll a, distribution, tide current, salinity, nutrition