

文章编号: 1674 - 5566(2015)02 - 0265 - 07

杭州湾富营养化水域春季浮游生物生态群落特征研究

刘守海^{1,2}, 张海景³, 项凌云^{1,2}, 刘材材^{1,2}, 秦玉涛^{1,2}

(1. 国家海洋局 东海环境监测中心, 上海 200137; 2. 国家海洋局 海洋赤潮灾害立体调查技术与应用重点实验室, 上海 200137; 3. 上海东海海洋工程勘察设计院, 上海 200137)

摘要: 基于 2012 年 4 月杭州湾南岸宁波慈溪附近水域(27°38' - 28°02'N, 120°50' - 121°14'E)浮游生物生态群落分布特征, 分析这一分布特征与营养化水域的关系。结果表明, 调查期间海域富营养化指标 E 值大于 1, 富营养化程度较为严重; 水域高浓度悬沙使水体透光率较低, 不利于浮游植物生长, 悬沙浓度低的水域是浮游植物高密度水域。浮游植物和浮游动物丰度分布趋势基本相同, 两者之间显著地呈线性正相关关系。这一特征的形成, 主要由调查水域营养盐和悬浮物分布特征决定。春季浮游动物种类数和优势种种数(2 种)相对较少, 并呈现出单一优势种的优势度和平均丰度高, 多样性指数均值低(1.05)的特征。虽然浮游动物群落结构不太稳定, 但浮游动物与浮游植物空间分布的一致性很好地反映出浮游动物对浮游植物有效的摄食压力, 从而使生态系统在春季富营养化水域保持相对稳定。

研究亮点: 对春季富营养化水域浮游生物生态群落特征与环境关系进行了研究, 得出在富营养化水域下悬沙浓度对浮游生物的影响规律, 为探究富营养化条件下水域生态保持相对稳定提供参考。

关键词: 浮游植物; 浮游动物; 富营养化; 杭州湾

中图分类号: Q 89

文献标志码: A

浮游生物在整个海洋生态系统中起着非常重要的作用。从浮游植物通过光合作用利用太阳能将 CO_2 固定为有机碳开始, 启动了海洋生态系统的能量流和物质流, 开启了海洋食物链^[1]。浮游动物通过捕食作用控制浮游植物生物量^[2-3], 还影响许多鱼类和无脊椎动物的种群生物量^[4-5]。

杭州湾位于浙江省东北部、上海市东南、钱塘江口外, 注入杭州湾的河流有钱塘江、曹娥江和甬江。每年三江入海总水量为 $444 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[6], 携带了大量的泥沙和营养盐入海, 杭州湾富营养化问题严重。以往关于杭州湾浮游生物与环境因子关系的研究很多^[7-8], 但关于富营养化状态下, 杭州湾水域浮游生物生态群落特征的研究还未见报道。本文通过 2012 年 4 月中旬杭州湾水域春季调查所获得的生物和环境数据, 对浮游生物的数量分布、优势种和群落特征进行了研究, 并探讨了富营养化水域中浮游生物生态特征与

环境的关系。

1 材料与方法

2012 年 4 月 20 - 24 日在杭州湾南岸宁波慈溪附近水域进行调查, 共设 11 个生物站位(图 1), 同步采集温盐等指标。大型浮游动物采用浅水 I 型网(口径 80 cm、网目孔径 0.505 mm)由底至表层垂直拖曳采集, 在 5% 的福尔马林溶液中固定, 带回实验室。标本按个体计数法鉴定到种, 浮游生物丰度的单位为 ind/m^3 。

优势度(Y)和 Shannon-Weaver 生物多样性指数(H')计算公式见文献[9]:

$$Y = (n_i/N) \times f_i \quad (1)$$

$$H' = \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i \quad (2)$$

式中: n_i 为第 i 种的丰度; f_i 是该种在各站位中出现的频率; N 为浮游动物总丰度; P_i 为第 i 种的丰度与该样方总丰度之比值。取优势度 $Y \geq$

收稿日期: 2014-08-18 修回日期: 2014-12-05

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目(201305027)

作者简介: 刘守海(1986—), 男, 助理工程师, 研究方向为海洋浮游生物学。E-mail: liush@eastsea.gov.cn

0.02^[10]的浮游动物种类为优势种。

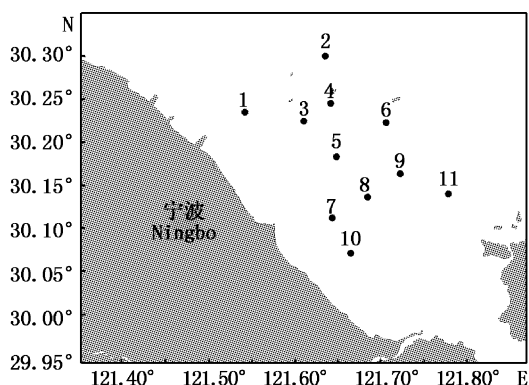


图1 采样站位
Fig.1 Sampling stations

海水富营养化的判定,采用如下公式^[11]:

$$E = \rho_{\text{COD}} \times \rho_{\text{TIN}} \times \rho_{\text{TIP}} \times 10^6 / 4500 \quad (3)$$

式中: ρ_{COD} 代表化学需氧量(mg/L); ρ_{TIN} 代表溶解态无机氮含量(mg/L),为 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量之和; ρ_{TIP} 代表溶解态无机磷含量(mg/L),采用 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量。 $E \geq 1$ 为富营养化。

数据相关分析采用 SPSS 16.0 统计软件包 Pearson 相关分析处理,其余数据处理利用 Office 2007、SPSS 16.0 统计软件进行。

2 结果

2.1 水域富营养化

调查水域的富营养化指标 E 值均大于 1,仅有 11 号站的 E 值小于 20,其余均大于 20。由图 2 可见,1 号和 8 号站位的 E 值较大,最小的是位于调查水域东南的 11 号站。结果表明,调查水域的富营养化程度已经非常严重,全部水域都呈现富营养状态。

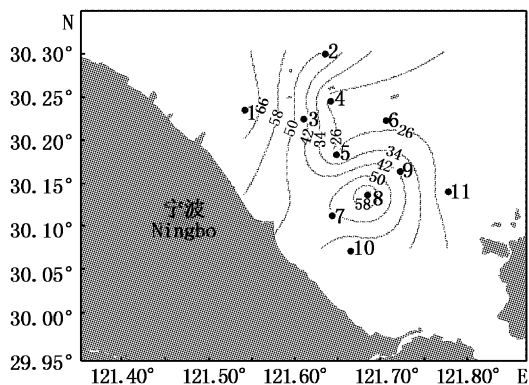


图2 海水富营养化指标 E 值平面分布
Fig.2 Distribution of eutrophication index (E)

2.2 浮游植物与悬浮物的关系

调查海域悬浮物浓度总体上呈现由东南部向西北部递增趋势,其中西北部区域悬浮物含量水平较高(图 3)。最低值出现在 8 号站,悬浮物浓度为 535 mg/L;最高值出现在 1 号站,浓度为 4585 mg/L。相关分析表明,悬浮物与浮游植物数量变化不呈线性关系。

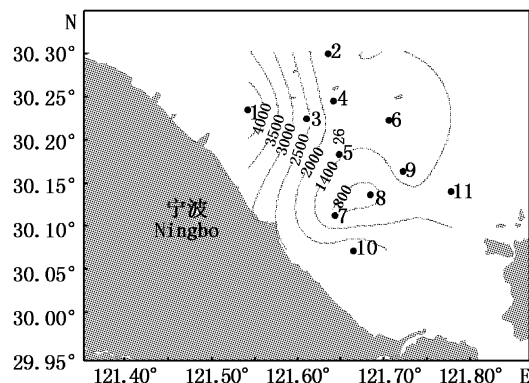


图3 悬浮物浓度分布 (mg/L)
Fig.3 Distribution of suspended particulate (mg/L)

2.3 浮游生物丰度的平面分布

2.3.1 浮游植物丰度的平面分布

浮游植物高丰度区位于 8 号站(图 4),最高丰度达 $59.56 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$,基本上由中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*) 和 琼氏圆筛藻 (*Coscinodiscus jonesianus*) 构成,其丰度分别达 $24.42 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$ 和 $20.84 \times 10^3 \text{ ind/m}^3$ 。

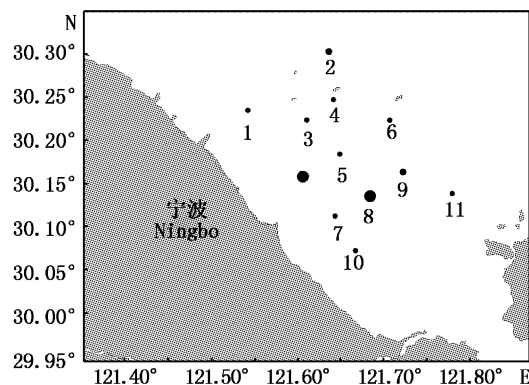


图4 浮游植物丰度分布 (10^3 cells/m^3)
Fig.4 Distribution of phytoplankton (10^3 cells/m^3)

该海域以角毛藻属 (*Chaetoceros* sp.)、圆筛藻属 (*Coscinodiscus* sp.) 居多,且均为硅藻。共有 6 个优势种(表 1),其中琼氏圆筛藻占绝对优势, Y 为 0.50。

表 1 浮游植物优势种优势度和平均丰度

Tab. 1 Dominance and average abundance of dominant species of phytoplankton

种类 species	优势度 Y dominance	丰度 (10^3 cells/ m^3) abundance
琼氏圆筛藻 (<i>Coscinodiscus jonesianus</i>)	0.50	18.9
中华盒形藻 (<i>Biddulphia sinensis</i>)	0.23	8.8
拟螺形菱形藻 (<i>Nitzschia sigmoidea</i>)	0.07	2.5
星脐圆筛藻 (<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>)	0.05	2.0
虹彩圆筛藻 (<i>Coscinodiscus oculusiridis</i>)	0.02	1.0
中肋骨条藻 (<i>Skeletonema costatum</i>)	0.02	2.5

2.3.2 浮游动物丰度的平面分布

浮游动物高丰度区位于 8 号站,最高丰度达 4678.89 ind/ m^3 ,华哲水蚤 (*Sinocalanus sinensis*) 和虫肢歪水蚤 (*Tortanus vermiculus*) 占优势,其丰度分别达 2631.11 ind/ m^3 和 2008.89 ind/ m^3 。

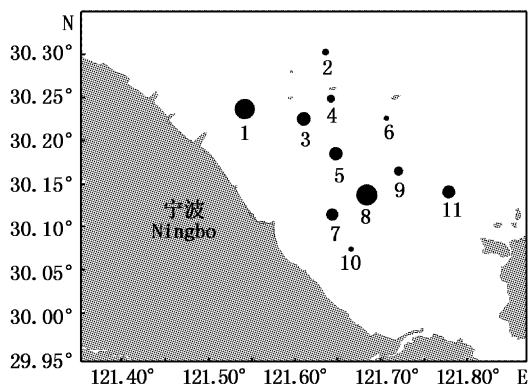
浮游动物仅有 2 个优势种,为华哲水蚤和虫

肢歪水蚤,优势度分别为 0.65 和 0.33 (表 2)。调查海域的浮游动物主要类群是近岸低盐性类群(华哲水蚤等),近岸低盐性类群密集于河口半咸水水域或近岸低盐海域,且数量较高,占很大优势。

表 2 浮游动物优势种优势度和平均丰度

Tab. 2 Dominance and average abundance of dominant species of zooplankton

种类 species	优势度 Y dominance	丰度 (ind/ m^3) abundance
华哲水蚤 (<i>Sinocalanus sinensis</i>)	0.65	472.85
虫肢歪水蚤 (<i>Tortanus vermiculus</i>)	0.33	238.31

图 5 浮游动物丰度分布 (ind/ m^3)Fig. 5 Distribution of zooplankton (ind/ m^3)

2.4 浮游生物多样性分析

调查海域浮游植物多样性指数平均为 1.92,均匀度指数平均为 0.69,丰富度指数平均为 1.20。春季各测站多样性指数均大于 1,且丰富度指数较大,表明春季浮游植物多样性较好,浮游植物群落结构较稳定。

调查海域浮游动物多样性指数平均为 1.05,均匀度指数平均为 0.55,丰富度指数平均为 0.49。综合浮游动物各项生态指标值,表明春季

调查海域内浮游动物多样性较差,生物种类单一,浮游动物群落结构处于不稳定状态。

3 讨论

3.1 富营养化

调查水域富营养化严重,且大多数的 E 值都大于 20 (图 2),富营养化水域给浮游植物的生长提供了充足的营养物质。根据国家海洋局的《中国海洋环境质量公报》,近 5 年,长江口、杭州湾、珠江口等近岸区域的海水富营养化情况严重。2013 年夏季虽较上年减少 3.3 万平方公里,但呈富营养化状态的海域面积仍有约 6.5 万平方公里。

富营养化是营养盐来源增加导致某一水域营养状况改变的过程^[12-13]。有研究表明,氮、磷等限制性营养盐的增加是导致近海海域富营养化的必要条件,而海域营养盐如氮、磷的负荷与流域内人类活动密切相关,特别是易受到沿海人口密度及农业产出的影响^[14-15]。对我国长江口及珠江口的研究发现,磷和氮营养盐主要来自于沿岸河流的输入^[16-17]。河流输入营养物质的不断增多引起了河口海湾的富营养化现象,为藻类

大量增殖提供了条件。

表 3 浮游生物多样性指数
Tab. 3 Diversity index of plankton

指数 index	浮游植物 phytoplankton		浮游动物 zooplankton	
	范围 range	均值 mean	范围 range	均值 mean
多样性指数 H'	1.04 ~ 2.59	1.92	0.68 ~ 1.48	1.05
均匀度 J'	0.45 ~ 0.84	0.69	0.27 ~ 0.97	0.55
丰富度 d	0.54 ~ 1.87	1.20	0.24 ~ 1.04	0.49

3.2 浮游植物分布特征的成因分析

调查水域位于杭州湾南岸,主要受杭州湾径流的影响,径流携带大量的泥沙及营养盐入海^[18]。该水域为杭州湾潮汐主流隐蔽区,水深较浅,海水盐度低于外海,含沙量高^[19]。径流带来的陆源泥沙和营养盐,在不同水系的共同作用下在杭州湾口门处,即调查水域附近容易引起床沙悬浮,水体含沙量增高,泥沙容易在此凝絮、聚集。许多研究表明^[20-22],在河口口门水域,尽管营养盐丰富,但由于高浓度悬沙的作用,影响这一水域的透光率,形成浮游植物较低的数量^[23],这也是本调查水域浮游植物分布不均、数量较低的原因。

河口浑浊带高浓度悬沙影响了这一水域的透光率,削弱了河口水域生态系统对径流大量营养盐的吸收、同化功能,严重影响了浮游植物的光合作用,抑制了河口的初级生产力,使浑浊带浮游植物生物量及丰度显著低于附近水域^[24-26]。调查水域浮游植物的高值出现在悬沙浓度最小的水域(图 3,图 4),因此高浓度悬沙造成的透明度降低可能是河口区浮游植物生长受影响的主要限制因素。

3.3 浮游动物和浮游植物的关系

在本调查水域,浮游植物和浮游动物的分布趋势基本相同,浮游动物丰度(y)和浮游植物丰度(x)有非常显著的正相关关系,其回归方程为: $y = -2717.958 + 101.117x$ ($R = 0.79, F = 15.26, P = 0.004$)。这种相关性表明,浮游动物与浮游植物之间具有摄食与被摄食关系,硅藻是桡足类的食物之一。在浮游植物较多的水域,浮游动物饵料相对丰富,这为浮游动物种群生长创造了重要的条件,因而形成了浮游动物丰度较高的水域^[27]。长江口外水域浮游动物的优势种皆属滤食浮游植物的种类,两者的高生物量区呈现互相重叠现象^[28]。

研究发现,调查水域浮游植物密度较低,主要由高浓度悬浮物所致。同浮游植物一样,此处也是浮游动物数量较少的水域。悬浮物除了直接影响浮游植物丰度,还通过浮游植物间接影响浮游动物的数量分布。VALERIE 等^[29]对法国的 Gironde 河口的最大混浊带区的浮游动物进行了长达 18 年的研究,并分析各种理化因子与浮游动物群落波动的关系,证明悬浮物的浓度是导致浮游动物长期变化的关键因子。悬浮物不但通过抑制浮游植物生长,间接影响浮游动物,还通过堵塞浮游动物鳃组织,直接影响浮游动物生长。

3.4 富营养化与群落稳定性分析

对生物的群落稳定性而言,与其群落结构相关。当某一生物优势种较多,且无优势性特别突出的种类,此时该生物群落结构是稳定的,群落的多样性较高^[30]。本水域水体富营养化,浮游植物多样性较好,生物种类较丰富,多样性指数均值为 1.92,且丰富度指数较大,其均值为 1.20,群落较稳定;营养状态指数和浮游植物种类多样性指数的相关性较好^[8]。浮游动物多样性值较低,生物种类单一(表 3),表明浮游动物群落比较脆弱。浮游动物优势种华哲水蚤和虫肢歪水蚤是构成对浮游植物摄食压力的主要种类。浮游动物优势种较少,伴随着单一优势种优势度的升高可能引起浮游动物群落结构脆弱化,在一定条件下,可能引起浮游植物数量异常增长。浮游植物优势种琼氏圆筛藻、中华盒形藻 (*Biddulphia sinensis*) 和中肋骨条藻等都为赤潮种^[31],因此该水域稳定性存在一定的赤潮暴发隐患。

尽管调查水域富营养化严重,具备赤潮发生的营养条件,且浮游植物优势种多为赤潮种,以及浮游动物的群落结构较为脆弱,这与春季东海赤潮高发区的生物群落相似^[32]。但河口高浓度悬沙环境,水体中透明度较低,使浮游植物丰度

处于较低水平,春季河口生态系统尚无发生赤潮的迹象。此外,浮游动物与浮游植物的分布一致性明显(图4,图5)。浮游植物丰度相对多的水域浮游动物数量也多,浮游动物对浮游植物存在一定的摄食压力。这些都显示这一水域生态系统基本稳定。表明调查水域高浓度悬沙造成的低透明度和浮游动物对浮游植物的摄食,是这一富营养化水域在春季生态系统仍较为稳定的重要原因。

参考文献:

- [1] 沈国英,施并章. 海洋生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 173-177.
SHEN G Y, SHI B Z. Marine ecology [M]. Beijing: Science Press, 2002: 173-177.
- [2] STROM S L, BRAINARD M A, HOLMES J L, et al. Phytoplankton blooms are strongly impacted by microzooplankton grazing in coastal North Pacific waters[J]. Marine Biology, 2001, 138(2): 355-368.
- [3] ONSDALE D J, COSPER E M, DOALL M. Effects of zooplankton grazing on phytoplankton size structure and biomass in the lower Hudson River Estuary[J]. Estuaries, 1996, 19(4): 874-889.
- [4] 郑重,李少菁,许振祖. 海洋浮游生物学[M]. 北京: 海洋出版社, 1984.
ZHENG Z, LI S J, XU Z Z. Marine Planktology [M]. Beijing: Ocean Press, 1984.
- [5] ERRELL J R, STOECKER D K. Differential grazing on protozoan microplankton by developmental stages of the calanoid copepod *Eurytemora affinis* Poppe[J]. Journal of Plankton Research, 1998, 20(2): 289-304.
- [6] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志(第五分册)[M]. 北京: 海洋出版社, 1992: 1-87.
Compilation Committee of Chinese Bay Record. Chinese Bay Record(Volume V)[M]. Beijing: Ocean Press, 1992: 1-87.
- [7] 秦铭俐,魏永杰,王晓波,等. 杭州湾枯水期浮游植物群落结构的研究[J]. 海洋环境科学, 2008, 7(s): 57-59.
QIN M L, WEI Y J, WANG X B, et al. Studies on community structure of phytoplankton in Hangzhou Bay in dry season[J]. Marine Environmental Science, 2008, 7(s): 57-59.
- [8] 章守宇,邵君波,戴小杰. 杭州湾富营养化及浮游植物多样性问题的探讨[J]. 水产学报, 2001, 25(6): 512-517.
ZHANG S Y, SHAO J B, DAI X J, et al. Studies on eutrophication and phytoplankton diversity in Hangzhou Bay [J]. Journal of Fisheries of China, 2001, 25(6): 512-517.
- [9] 徐兆礼,王云龙,陈亚瞿,等. 长江口最大浑浊带浮游动物的生态研究[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 39-48.
XU Z L, WANG Y L, CHEN Y Q, et al. An ecological study on zooplankton in maximum turbid zone of estuarine area of Changjiang (Yangtze) River [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1995, 2(1): 39-48.
- [10] 徐兆礼,陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲆鲽渔场的关系[J]. 生态学杂志, 1989, 8(4): 13-15.
XU Z L, CHEN Y Q. Aggregated intensity of dominant species of zooplankton in autumn in the East China Sea and Yellow Sea [J]. Journal of Ecology, 1989, 8(4): 13-15.
- [11] 邹景忠,董丽萍,秦保平. 渤海湾富营养化和赤潮问题的初步探讨[J]. 海洋环境科学, 1983, 2(2): 41-54.
ZOU J Z, DONG L P, QIN B P. Preliminary analysis of red tide and eutrophication in Bohai Bay [M]. Marine Environmental Science, 1983, 2(2): 41-54.
- [12] DMONDSON W T. Eutrophication [M]//Encyclopedia of Environmental Biology. New York, Academic Press, 1995, 1: 697-703.
- [13] MITH V H, TILMAN G D, NEKOLA J C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems [J]. Environmental Pollution, 1999, 100(1/3): 179-196.
- [14] OWARATH B, ANDERSON D, CLOERN J, et al. Nutrient pollution of coastal rivers, bays, and seas [J]. Issues in Ecology, 2000, 7(1): 1-17.
- [15] de JONGE V N, ELLIOTT M, ORIVE E. Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: Eutrophication [J]. Hydrobiologia, 2002, 475/476(1): 1-19.
- [16] UANG X P, HUANG L M, YUE W Z. The characteristics of nutrients and eutrophication in the Pearl River estuary, South China [J]. Marine Pollution Bulletin, 2003, 47(1/6): 30-36.
- [17] 方倩. 东海主要化学污染物来源和近30年排海通量变化规律研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
FANG Q. The study on sources of main chemical pollutants and fluxes flowing into the East China Sea in recent 30 years [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2008.
- [18] 吴明阳,许家帅,冯玉林. 杭州湾湾口水体含沙量的时空分布[J]. 泥沙研究, 2011(1): 33-37.
WU M Y, XU J S, FENG Y L. Spacial-temporal distribution of suspended sediment concentration in Hangzhou Bay [J]. Journal of Sediment Research, 2011(1): 33-37.
- [19] 李加林. 杭州湾南岸互花米草滩底质粒度及其分布特征[J]. 海洋科学, 2008, 32(8): 53-57.
LI J L. Granularity analyses of superficial sediments of *Spartina alterniflora* flat on south coast of Hangzhou Bay [J]. Marine Science, 2008, 32(8): 53-57.
- [20] 郭沛涌,沈焕庭. 河口浮游植物生态学研究进展[J]. 应用生态学报, 2003, 14(1): 139-142.

- GUO P Y, SHEN H T. Research advance in estuarine phytoplankton ecology [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14 (1) : 139 - 142.
- [21] LPINE A E, CLOERN J E. Trophic interactions and direct physical effects control phytoplankton biomass and production in an estuary [J]. Limnology and Oceanography, 1992, 37 (5) : 946 - 955.
- [22] OYER J N, CHRISTIAN R R, STANLEY P W. Patterns of phytoplankton primary productivity in the Neuse River estuary, North Carolina, USA [J]. Marine Ecology Progress Series, 1993, 97 (3) : 287 - 297.
- [23] 李九发, 时伟荣, 沈焕庭. 长江河口最大浑浊带的泥沙特性和输移规律 [J]. 地理学研究, 1994, 13(1) : 51 - 59.
- LI J F, SHI W R, SHEN H T. Sediment properties and transportation in the turbidity maximum in Changjiang estuary [J]. Geographical Research, 1994, 13(1) : 51 - 59.
- [24] 沈志良. 长江口海区理化环境对初级生产力的影响 [J]. 海洋湖沼通报, 1993(1) : 47 - 51.
- SHEN Z L. The effects of the physic-chemical environment on the primary productivity in the Yangtze River Estuary [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1993(1) : 47 - 51.
- [25] 叶属峰, 纪焕红, 曹恋, 等. 长江口海域赤潮成因及其防治对策 [J]. 海洋科学, 2004, 28(5) : 26 - 32.
- YE S F, JI H H, CAO L, et al. Red tides in the Yangtze River Estuary and adjacent sea areas: causes and mitigation [J]. Marine Science, 2004, 28(5) : 26 - 32.
- [26] 周淑青, 沈志良, 李峥, 等. 长江口最大浑浊带及邻近水域营养盐的分布特征 [J]. 海洋科学, 2007, 31(6) : 34 - 42.
- ZHOU S Q, SHEN Z L, LI Z, et al. Distribution features of nutrients in the maximum turbid zone of the Changjiang estuary and its adjacent sea areas [J]. Marine Science, 2007, 31(6) : 34 - 42.
- [27] DAGG M J. Ingestion of phytoplankton by the micro- and meso-zooplankton communities in a productive subtropical estuary [J]. Journal of Plankton Research, 1995, 17(4) : 845 - 857.
- [28] 陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙, 等. 长江口河口锋区浮游动物生态研究 I. 生物量及优势种的平面分布 [J]. 中国水产科学, 1995, 2(1) : 49 - 58.
- CHEN Y Q, XU Z L, WANG Y L, et al. An ecological study on zooplankton in plume front zone of Changjiang (Yangtze) River Estuary area I Biomass distribution of dominant species [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1995, 2 (1) : 49 - 58.
- [29] ALERIE D, BENOIT S, PIERRE C, et al. Long-term changes of the zooplankton variability in a turbid environment: The Gironde estuary (France) [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2005, 64: 171 - 184.
- [30] INCKNEY J L, PAERL H W, HARRINGTON M B, et al. Annual cycles of phytoplankton community-structure and bloom dynamics in the Neuse River Estuary, North Carolina [J]. Marine Biology, 1998, 131(2) : 371 - 381.
- [31] 郭皓, 王建国, 赵文. 中国近海赤潮生物图谱 [M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 21 - 30.
- GUO H, WANG J G, ZHAO W. Illustrations of planktons responsible for the blooms in Chinese coastal waters [M]. Beijing: Ocean Press, 2004: 21 - 30.
- [32] 徐兆礼, 洪波, 朱明远, 等. 东海赤潮高发区春季浮游动物生态特征的研究 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(7) : 1081 - 1085.
- XU Z L, HONG B, ZHU M Y, et al. Ecological characteristics of zooplankton in frequent HAB areas of the East China Sea in Spring [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(7) : 1081 - 1085.

Study on the plankton ecological community characteristics in eutrophication areas of Hangzhou Bay in spring

LIU Shouhai^{1,2}, ZHANG Haijing³, XIANG Lingyun^{1,2}, LIU Caicai^{1,2}, QIN Yutao^{1,2}

(1. East China Sea Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration, Shanghai 200137, China; 2. Key Lab of Integrated Monitoring and Applied Technology for Marine Harmful Algal Blooms, State Oceanic Administration, Shanghai 200137, China; 3. Shanghai East Sea Marine Engineering Survey, Shanghai 200137, China)

Abstract: The characteristics of the spatial distribution of plankton in the Hangzhou Bay estuary (27°38' – 28°02'N, 120°50' – 121°14'E) were investigated in April, 2012. The correlation between the distribution of plankton and eutrophication was studied, and the results were presented in the paper. During the investigation, serious eutrophication prevailed with eutrophication index (E) higher than 1; the growth of phytoplankton was limited by light intensity due to high suspended particulate (SP) in the estuary. High abundance of phytoplankton was observed as light condition improved because of decreasing SP concentration. The distribution pattern of zooplankton was in coincidence with that of phytoplankton. The abundance of zooplankton was significantly correlated with that of phytoplankton, suggesting the limitation of eutrophication and SP on production in the Hangzhou Bay. In spring, the species number and the dominant species number (2 species) were relatively small, and also displayed the characters of high dominance and average abundance of single dominant species and average value relatively of diversity index low (1.78). Though the structure of zooplankton was not very stable, the coincidence in the distribution of zooplankton and phytoplankton indicates the grazing pressure of zooplankton on the growth of phytoplankton. We conclude that the ecosystem in the eutrophication areas of Hangzhou Bay was stabilized in spring.

Key words: phytoplankton; zooplankton; eutrophication; Hangzhou Bay