

# 2016—2017年夏季舟山近岸海域富营养化程度与浮游植物多样性

金敬林,蔡丽萍,余健涛

(国家海洋局东海分局舟山海洋工作站 舟山 316022)

**摘要:**文章根据2016—2017年夏季的调查资料,对2016—2017年夏季舟山近岸海域富营养化状态及浮游植物进行分析。结果表明:2016—2017年夏季舟山近岸海域富营养化程度较高,且由近岸至外海递减;浮游植物群落主要由硅藻和甲藻组成,其密度、多样性指数均由近岸至外海递增;受其他因素影响,富营养化程度与浮游植物多样性关系的规律性不显著。

**关键词:**近岸海域;富营养化;浮游植物;生物群落变化;舟山

中图分类号:P76

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2020)01-0051-05

## Relationship between Eutrophication and Phytoplankton in the Coastal Waters of Zhoushan in Summer during 2016—2017

JIN Jinglin, CAI Liping, YU Jiantao

(Zhoushan Marine Workstation of East China Sea Branch of SOA, Zhoushan 316022, China)

**Abstract:** According to the investigation data of the summer during 2016—2017, the eutrophication and phytoplankton in the coastal waters of Zhoushan were analyzed. The results showed that the eutrophication degree of Zhoushan offshore sea was high in the summer of 2016—2017, and decreased from the offshore sea to the offshore sea. The phytoplankton were mainly made up of diatoms and ankylozoa, and the density and diversity of the phytoplankton had been increased by the gradient of near shore to the sea. Affected by other factors, the regularity of the relationship between eutrophication and phytoplankton density was not significant.

**Key words:** Offshore sea, Eutrophication, Phytoplankton, Biomes change, Zhoushan

### 0 引言

舟山东临东海,西靠杭州湾,受大陆径流及沿岸陆源排污影响显著。随着人类活动开发建设,氮、磷等营养物质过多排入,引起水质富营养化,近

海富营养化现象将引起生态环境的变化。国内多位学者对富营养化和浮游植物的关系进行了研究<sup>[1-9]</sup>,但有关舟山近岸海域富营养化和浮游植物的研究还鲜有报道。因此本研究利用2016年和

2017年的调查资料探讨舟山近岸海域夏季富营养化情况与浮游植物多样性的关系,对于弄清浮游植物生物群落变化与环境影响的关系具有十分重要的意义。

## 1 材料与与方法

### 1.1 采样方法

2016年8月和2017年8月在舟山近岸海域各布设37个水质调查站位,水质监测项目包括化学需氧量(COD)、无机氮(DIP)和无机磷(DIP)等;并同步用Ⅲ型网进行浮游植物样品采集(图1)。水质、浮游植物的样品采集及分析均严格按照《海洋监测规范》<sup>[10]</sup>相关要求进行。

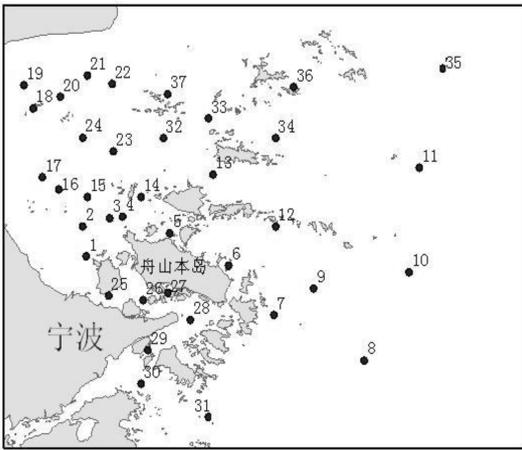


图1 舟山近岸海域调查站位

### 1.2 数据处理

海水中富营养化状况评价采用富营养化指数法( $E$ ),见公式(1):

$$E = (C_{\text{COD}} \times C_{\text{DIN}} \times C_{\text{DIP}} \times 10^6) / 4\ 500 \quad (1)$$

式中: $C_{\text{COD}}$ 为化学需氧量浓度,单位为 $\text{mg/L}$ ;  $C_{\text{DIN}}$ 为无机氮浓度,即亚硝酸盐-氮( $\text{NO}_2-\text{N}$ )、硝酸盐-氮( $\text{NO}_3-\text{N}$ )、氨-氮( $\text{NH}_4-\text{N}$ )的总和,单位均为 $\text{mg/L}$ ;  $C_{\text{DIP}}$ 为活性磷酸盐浓度,单位为 $\text{mg/L}$ 。其中 $1 \leq E \leq 3$ 为轻度富营养化, $3 < E \leq 9$ 为中度富营养化, $E > 9$ 为重度富营养化。

浮游植物多样性指数、优势度、均匀度、丰富度指数计算见公式(2)至公式(5)。

Shannon-wiener 多样性指数

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad (2)$$

优势度( $Y$ )

$$Y = n_i / N \cdot f_i \quad (3)$$

皮诺(Pielou)均匀度

$$J = H' / \log_2 S \quad (4)$$

(Margalef)丰富度

$$d = (S - 1) / \ln N \quad (5)$$

式中: $N$ 为样品中的生物总个体数; $n_i$ 为第 $i$ 种的总个体数; $f_i$ 为该种在各样品中出现的频率;取优势度 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种; $S$ 为样品中的种类总数; $P_i$ 为种 $i$ 的个体数占总个体数的比例。

## 2 调查结果与分析

### 2.1 富营养化评价

富营养化指数( $E$ )计算结果表明:2016年夏季富营养化指数( $E$ )平均值为9.00,其中37.9%的站位呈重度富营养化,29.7%的站位呈中度富营养化,27.0%的站位呈轻度富营养化,仅5.4%的站位的富营养化指数小于1,富营养化指数( $E$ )最高值为35.74,出现在18号站,最低值为0.42,出现在35号站;2017年夏季富营养化指数( $E$ )平均值为13.84,其中48.7%的站位呈重度富营养化,27.0%的站位呈中度富营养化,13.5%的站位呈轻度富营养化,10.8%的站位的富营养化指数小于1,富营养化指数( $E$ )最高值为65.84,出现在19号站,最低值为0.47,出现在11号站。2016年夏季和2017年夏季富营养化指数( $E$ )平面分布见图2和图3。

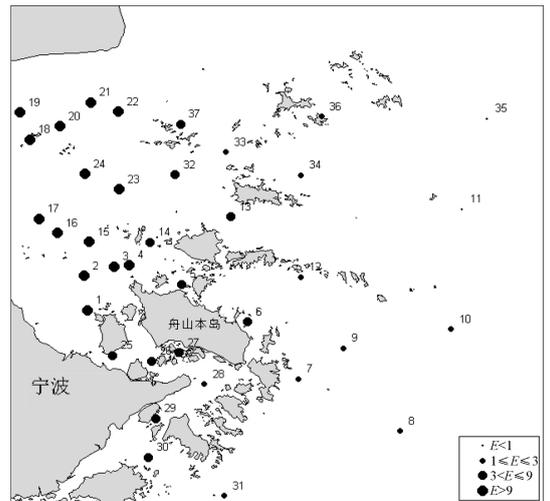
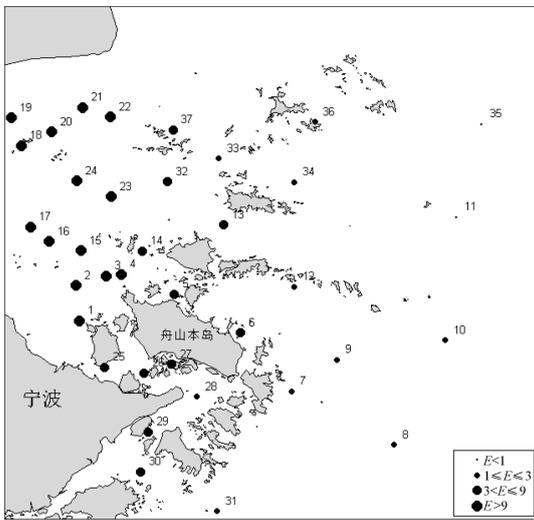


图2 2016年夏季富营养化指数 $E$ 平面分布

由图2和图3可以看出,舟山近岸海域富营养化

图 3 2017 年夏季富营养化指数  $E$  平面分布

程度较高,尤其是沿岸海域。2016 年夏季和 2017 年夏季富营养化指数( $E$ )由西向东逐渐降低,变化趋势明显,这与舟山地理位置相关,舟山近岸海域受长江、钱塘江等大江大河及杭州湾径流及沿岸陆源排污影响<sup>[11-12]</sup>,导致舟山近岸海域富营养化指数( $E$ )由沿岸向外海递减。

## 2.2 浮游植物调查结果

2016 年夏季共鉴定到浮游植物 59 种,其中硅藻门 44 种,占总种数的 74.6%;甲藻门 14 种,占总种数的 23.7%;绿藻门 1 种,占总种数的 1.7%。平均密度为  $9.02 \times 10^6$  个/L,优势种为尖刺菱形藻、洛氏角毛藻、旋链角毛藻、中肋骨条藻,其优势度分别为 0.35、0.27、0.11、0.07。多样性指数在 0.42~2.28,平均值为 1.38;均匀度指数在 0.21~0.80,平均值为 0.54;丰富度指数在 0.44~1.51,平均值为 0.94。

2017 年夏季共鉴定到浮游植物 46 种,其中硅藻门 38 种,占总种数的 82.6%;甲藻门 8 种,占总种数的 17.4%。平均密度为  $3.48 \times 10^6$  个/L,优势种为尖刺菱形藻、旋链角毛藻,其优势度分别为 0.62、0.03。多样性指数在 0.37~2.25,平均值为 1.34;均匀度指数在 0.15~0.82,平均值为 0.57;丰富度指数在 0.40~1.61,平均值为 0.80。

### 2.2.1 浮游植物密度平面分布

2016 年夏季舟山近岸海域浮游植物密度为  $1.54 \times 10^4 \sim 1.31 \times 10^8$  个/L,各站点浮游植物密度

分布不均匀,密度最高值出现在 31 号站点,最低值出现在 27 号站点。2017 年夏季浮游植物密度为  $9.0 \times 10^3 \sim 1.01 \times 10^8$  个/L,密度最高值出现在 35 号站点,最低值出现在 25 号站点。2016 年夏季和 2017 年夏季浮游植物密度平面分布见图 4 和图 5。由图 4 和图 5 可以看出,2016 年夏季和 2017 年夏季浮游植物的密度平面分布由近岸向远海递增,由南部海域向北部海域递增。

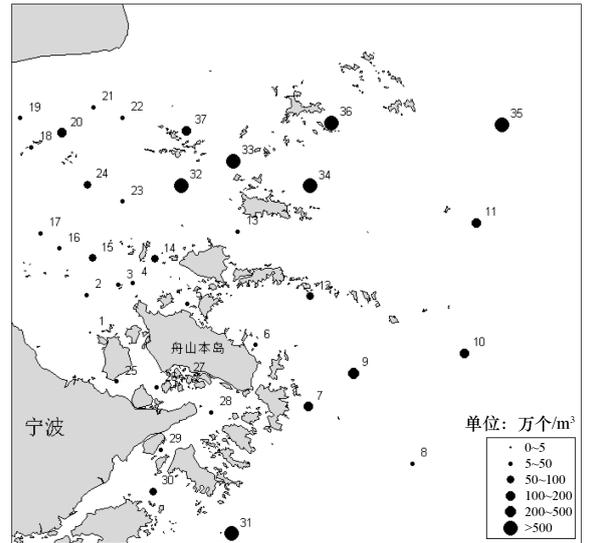


图 4 2016 年夏季浮游植物密度平面分布

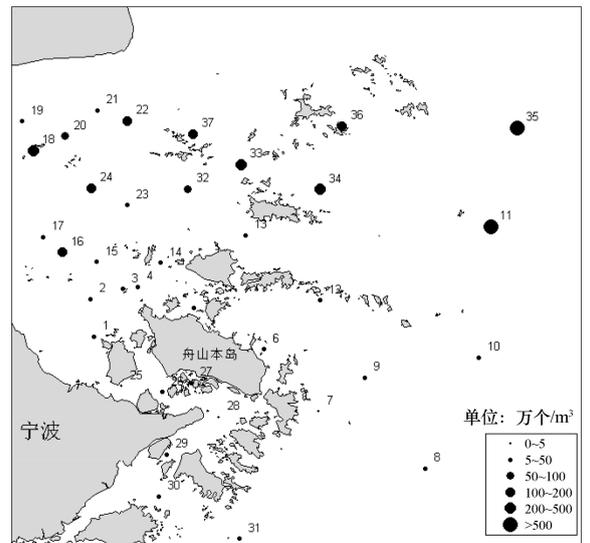


图 5 2017 年夏季浮游植物密度平面分布

### 2.2.2 浮游植物多样性指数平面分布

2016 年夏季舟山近岸海域多样性指数  $H'$  平均

值为 1.38, 最高值出现在 8 号站位, 最低值出现在 18 号站位。2017 年夏季舟山近岸海域多样性指数  $H'$  平均值为 1.34, 最高值出现在 31 号站位, 最低值出现在 36 号站位。根据《近岸海域海洋生物多样性评价技术指南》<sup>[13]</sup> 中海洋生物多样性评价价值划分标准, 2016 年夏季及 2017 年夏季浮游植物种类多样性指数等级为 IV 级。2016 年夏季和 2017 年夏季多样性指数  $H'$  平面分布见图 6 和图 7。由图 6 和图 7 可知, 多样性指数其基本变化是由西向东呈递增趋势。

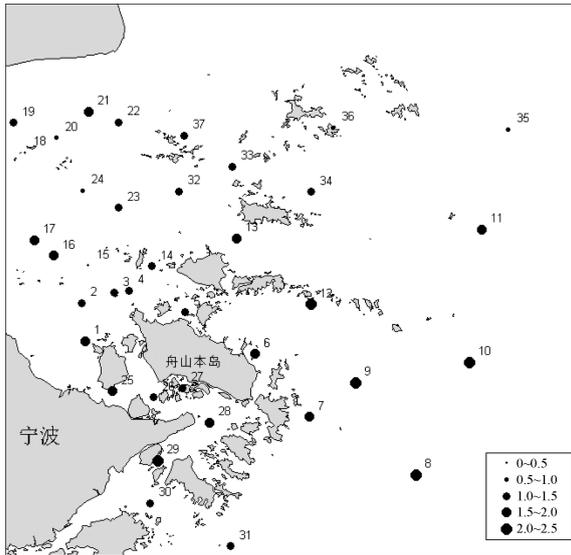


图 6 2016 年夏季浮游植物多样性指数平面分布

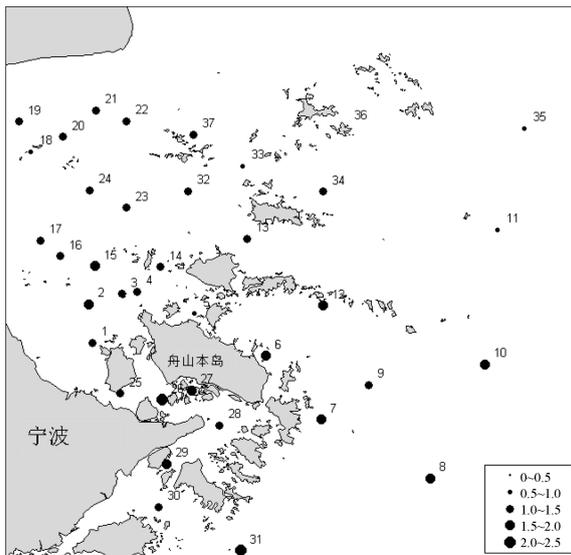


图 7 2017 年夏季浮游植物多样性指数平面分布

### 2.3 富营养化程度和浮游植物多样性的关系

浮游植物在营养盐收支动态平衡的过程中起主要作用, 其群落组成和数量变化是复杂环境众多因子变动的综合反映, 水体富营养化在一定程度上可引起浮游植物群落组成简化。

浮游植物的多样性指数、均匀度指数、丰富度指数的分布与富营养化指数的分布规律不是很显著。据报道, 张宾等<sup>[1]</sup> 在 2008 年 8 月对舟山渔场调查结果显示, 氮磷含量总体上随着离岸距离的增大逐渐变小, 呈现西高东低的分布趋势, 夏季绝大多数调查海域为磷限制, 只有调查海域最东部边缘表现为氮限制。可见浮游植物的生长除了受营养盐的限制外, 还受到其他因子的影响。

### 3 小结

(1) 2016 年夏季调查期间舟山近岸海域 94.6% 的站位的富营养化指数 ( $E$ ) 大于 1; 2017 年夏季调查期间舟山近岸海域 89.2% 的站位的富营养化指数 ( $E$ ) 大于 1; 表明舟山近岸海域富营养化程度较高, 富营养化指数 ( $E$ ) 指数水平分布由西向东逐渐递减。

(2) 2016 年夏季调查期间舟山近岸海域浮游植物共鉴定到 59 种; 2017 年夏季调查期间共鉴定到浮游植物 46 种。2 个航次调查的浮游植物密度及多样性指数基本上呈由西向东逐渐递增, 2016 年夏季及 2017 年夏季浮游植物种类多样性指数等级均为 IV 级。

(3) 通过对浮游植物多样性指数与富营养化程度的分析, 两者之间规律性不显著, 这是由于浮游植物的生长除了与舟山近岸海域氮、磷比例有一定的相关性, 也受到该海域的光照, 透明度, 海流等其他的影响。

### 参考文献

- [1] 张宾, 章飞军, 郭远明等. 舟山渔场海域春夏季氮磷分布及其对浮游植物的限制[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2011, 30(3): 185-189.
- [2] 蓝文陆, 彭小燕, 茅尾海富营养化程度及其对浮游植物生物量的影响[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(2): 109-112, 116.
- [3] 孙鲁峰, 徐兆礼, 邢小丽, 等. 椒江口海域浮游植物与富营养化的关系[J]. 应用与环境生物学报, 2012, 18(2): 170-176.

- [4] 刘吉堂,徐国想.海州湾特征因子与赤潮形成初探[J].水利渔业,2008,28(2):77—79.
- [5] 彭昆仑,贾后磊.湛江港外海水富营养化水平与浮游植物多样性[J].海洋通报,2007,26(2):113—116.
- [6] 王艳玲,安文超,刘伟.胶州湾海域富营养化水平与浮游植物多样性分析[J].环境科学与管理,2012,37(10):76—79,93.
- [7] 梁丽君.近 5 年防城港湾海水富营养化水平及浮游植物多样性分析和评价[J].大众科技,2017,19(214):33—35,89.
- [8] 李夜光,李中奎,耿亚红.富营养化水体中 N、P 浓度对浮游植物生长繁殖速率和生物量的影响[J].生态学报,2006,26(2):317—325.
- [9] 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.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB 17378—2007 海洋监测规范[M].北京:中国标准出版社,2008.
- [11] 舟山市海洋与渔业局.2006 年舟山市海洋环境公报[R].2017.
- [12] 舟山市海洋与渔业局.2017 年舟山市海洋环境公报[R].2018.
- [13] 国家海洋局.HY/T215—2017 近岸海域海洋生物多样性评价技术指南[M].北京:中国标准出版社,2017.