

浙闽沿岸流消退时期的浮游植物群落结构特征

王雨, 林茂, 林更铭, 项鹏

(国家海洋局第三海洋研究所, 福建 厦门 361005)

摘要: 浙闽沿岸流对台湾海峡的水文环境意义重大。依据国家海洋局“908”补充调查专项, 通过对覆盖浙闽沿岸流海洋锋面过程的海洋生物调查研究, 于2008年4月实施针对浙闽沿岸流消退时期(春季)台湾海峡锋面海域的浮游植物取样分析。结果共记录3门41属86种, 其中硅藻35属76种, 甲藻5属9种, 蓝藻1属1种。种类组成以暖水性种类和广布性种类为主, 分别占总种类的50.29%和34.17%。主要优势种为琼氏圆筛藻(*Coscinodiscus jonesianus*)、辐射圆筛藻(*Coscinodiscus radiatus*)、密联角毛藻(*Chaetoceros densus*)、三角角藻(*Ceratium tripos*)。浮游植物丰度平均为 137.89×10^4 cells/m³, 与盐度存在极显著正相关关系, 暖水高盐性种类有高丰度。丰度的平面分布呈现从近岸往外海、从北部向南部递增的态势。浮游植物物种多样性较为丰富, 种间比例较为均匀。浮游植物群落结构反映了浙闽沿岸流与南海暖流的水文消长动态。

关键词: 浙闽沿岸流; 台湾海峡; 水文消长; 浮游植物; 群落结构

中图分类号: Q178.53

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2011)02-0220-06

Community structure of phytoplankton during the fading period of Zhemin coastal water in Taiwan Strait

WANG Yu, LIN Mao, LIN Geng-ming, XIANG Peng

(The Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China)

Abstract: Zhemin Coastal Water plays an important role in marine dynamics of Taiwan Strait. According to a complemental investigation of “908” from State Oceanic Administration, halobios were conducted in Taiwan Strait Front of Zhemin Coastal Water in April, 2009. The community structure, the abundance, the composition and distribution of phytoplankton were analysed based on investigation data. The results showed 86 species belonging to 41 genera were identified, including diatoms of 76 species in 35 genera, pyrophyta of 9 species in 5 genera, cyanobacteria of 1 species in 1 genera. Warm water species were accounting for 50.29% while eurythermy species were accounting for 34.17%. The main dominant species included *Coscinodiscus jonesianus*, *Coscinodiscus radiatus*, *Chaetoceros densus* and *Ceratium tripos*. The average of phytoplankton abundance was 137.89×10^4 cells/m³, which had significantly positive correlation with salinity. Abundance distribution of phytoplankton was higher in the southern waters, lower in the northern waters. Species' diversity was rich and evenness was normal. Community structure of phytoplankton indicated marine dynamics between Zhemin Coastal Water and South China Sea Water.

Keywords: Zhemin Coastal Water; Taiwan Strait; marine dynamics; phytoplankton; community structure

台湾海峡是东海和南海间的水通道, 直接受黑潮支流、南海暖流以及浙闽沿岸流的影响, 其水系特征较为复杂^[1], 多种性质和来源的水系带来了不同生态性质的浮游植物种类和丰度分布特点^[2]。冬季初始, 浙闽沿岸流经台湾海峡由东北向西南流动, 是一只低温低盐水系(<15℃, <30), 几乎贴岸流

动, 海洋锋面集中在台湾海峡中、北部海域, 并可一直南下抵达金门附近海域^[3]。春季, 由于另一股势力很强的南海高温高盐水(>18℃, >31)北上进入台湾海峡, 浙闽沿岸流减弱, 直至春季末消退。春季即是闽浙沿岸流消退和南海水流增强的对峙阶段^[4]。这两种水系相遇, 在台湾海峡中、北部海域

收稿日期: 2010-03-03; 收修改稿日期: 2010-11-14

基金项目: 科技部基础性工作专项(2006FY220700); 国家海洋局第三海洋研究所基本科研业务基金(海三科 2009031, 海三科 2009008); 国家海洋局青年海洋科学基金(2009130); 国家海洋局 908 专项(908-01-BC07)。

作者简介: 王雨(1981—), 男, 硕士, 助理研究员, 从事海洋浮游生物生态的研究, 电子邮箱: wy2007607@126.com。

通讯作者: 林茂, 研究员, 电子邮箱: lm3011@126.com。

形成了营养盐和颗粒有机碳的高值区^[5,6], 令浮游植物大量繁殖, 成为台湾海峡中、北部春汛渔场的所在地^[7]。同时, 浮游植物种类可作为水团、海流的指标种, 具其可判断不同性质的水团及其锋域, 这对探索海流的流径具有重要的标志意义^[2,8]。因而, 浙闽沿岸流及其海洋锋面成为海洋水文学与海洋生物学调查研究的热点^[8-13]。

本文依据国家海洋局“908”补充调查专项, 通过对覆盖浙闽沿岸流海洋锋面过程的海洋生物调查研究, 于 2008 年 4 月实施针对浙闽沿岸流消退时期(春季)的台湾海峡锋面海域浮游植物现场取样, 分析了台湾海峡中北部海域(24°47'17.0"~26°48'02.9"N, 119°29'36.0"~120°57'13.8"E)的浮游植物的种类组成、类群特征、丰度分布等, 探讨浮游植物群落结构与水文环境的关系, 以此反映浙闽沿岸流的春季消退规律, 为更好地了解台湾海峡的浙闽沿岸流与南海暖流水系的消长动态提供生物学资料。

1 材料与方法

1.1 站位布设与样品采集

2009 年春季(4 月 14 日至 16 日)在台湾海峡中北部海域(24°47'17.0"~26°48'02.9"N; 119°29'36.0"~120°57'13.8"E), 依据浙闽沿岸流进入台湾海峡的主流径及其锋面两侧海域, 设置断面 4 条, 大面观测站共 12 个(图 1)。样品的采集和处理均按《国家海洋调查规范, 第六部分: 海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007)^[14]的有关规定进行, 用浅水 III 型网(网口直径 37 cm, 网长 140 cm, 筛绢孔径 0.077 cm)从底至表垂直拖曳。样品现场用缓冲甲醛溶液固定。

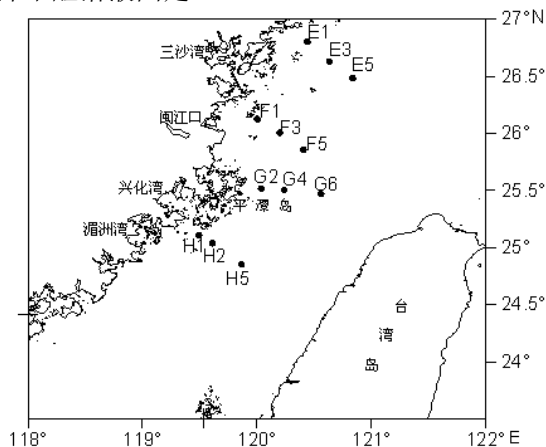


图 1 浙闽沿岸流的台湾海峡锋面海域浮游植物采样站位

Fig. 1 Stations for phytoplankton in Taiwan Strait front of Zhemu coastal water

1.2 样品鉴定与数据分析

随机抽取 0.2 ml 已浓缩至 200 ml 的样品置于显微镜下鉴定种类和计数分析, 按种类计算细胞密度(换算成 cells/m³)。每次实际标本镜检数不少于 500 个。参考有关藻类分类学文献资料进行鉴定^[15-18]。

物种多样性指数 (H')、均匀度 (J) 分别采用以下计算公式:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i \quad (\text{Shannon-Wiever, 1963})$$

$$J = H' / \log_2 S \quad (\text{Pielou, 1969})$$

式中, S 为样品中的种类数, P_i 为第 i 种的个体细胞数与样品总个体数的比值。

2 结果与分析

2.1 种类组成特征

共记录浮游植物 3 门 41 属 86 种(附录 I), 其中硅藻 35 属 76 种, 占总种类的 88.37%, 甲藻 5 属 9 种, 占总种类的 10.47%, 蓝藻 1 属 1 种。硅藻门为浮游植物的主体, 对浮游植物种类组成与数量变化均起决定性作用, 成为浮游植物优势种的最主要构成者, 以圆筛藻属 (*Coscinodiscus*) 和角毛藻属 (*Chaetoceros*) 为优势类群, 分别为 10 种和 17 种, 根管藻属 (*Rhizosolenia*) 也检出较多种类; 甲藻以角藻属 (*Ceratium*) 和原多甲藻 (*Protoperidinium*) 种类较丰富。种类名录详见附录 I。

根据出现频率及细胞密度大小进行统计, 主要种类有琼氏圆藻藻 (*Coscinodiscus jonesianus*)、辐射圆筛藻 (*Coscinodiscus radiatus*)、密联角毛藻 (*Chaetoceros densus*)、洛氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、哈氏半盘藻 (*Hemidiscus hardmaniana*)、细弱海链藻 (*Thalassiosira subtilis*)、丛毛辐杆藻 (*Bacteriastrum comosum*)、根管藻 (*Rhizosolenia* spp.)、三角角藻 (*Ceratium tripos*) 等。其中, 琼氏圆藻藻和辐射圆筛藻分别占浮游植物总丰度的 14.45% 和 9.11%。此外, 密联角毛藻、洛氏角毛藻和三角角藻均占浮游植物总丰度的 3% 以上。

2.2 主要生态类群

浙闽沿岸流消退时期的浮游植物种类组成具有典型的亚热带生物特点, 以暖水性种类和广布性种类为主要类群, 分别占总种类的 50.29% 和 34.17%。

(1) 暖水性类群, 主要包括琼氏圆藻藻、洛氏角毛藻、紧挤角毛藻 (*Chaetoceros coarctatus*)、窄

隙角毛藻 (*Chaetoceros affinis*)、柔弱几内亚藻 (*Guinardia delicatula*)、北方娄氏藻 (*Lauderia borealis*)、锤状中鼓藻 (*Bellerochea malleus*) 和中华盒形藻 (*Biddulphia sinensis*) 等。这些类群种类多, 密度大, 在细胞丰度上占绝对优势, 指示高温高盐的南海暖流水。

(2) 广布性类群, 主要由广温性种类和一些分布范围较广的高盐种类组成, 如辐射圆筛藻、菱形海线藻 (*Thalassionema nitzschioides*)、中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、佛氏海毛藻 (*Thalassiothrix frauenfeldii*)、波状辐衲藻 (*Actinopterychus undulatus*)、奇异棍形藻 (*Bacillaria paradoxa*) 和丹麦细柱藻 (*Leptocylindrus danicus*) 等。这些类群种类较多, 个别种类细胞丰度较大, 是浙闽沿岸流的主要特征种类。

按照地理类型分, 大部分种类属于近岸型, 如窄隙角毛藻、菱形海线藻、具槽帕拉藻 (*Paralia sulcata*)、丹麦细柱藻、刚毛根管藻 (*Rhizosolenia setigera*)、尖刺伪菱形藻 (*Pseudonitzschia pungens*) 等; 外海种类有一定检出率, 代表种有密联角毛藻、三角角藻、细弱海链藻以及暖水性的印度角毛藻 (*Chaetoceros indica*)、粗根管藻 (*Rhizosolenia robusta*)、大角角藻 (*Ceratium macroeros*) 等。

2.3 浮游植物丰度的分布

浙闽沿岸流消退期的浮游植物丰度平均为 $137.89 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$, 变化范围在 $11.27 \times 10^4 \text{ cells/m}^3 \sim 297.75 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ 之间。浙闽沿岸流锋面内测的浅水区 (10 m 以内) 浮游植物丰度较小, 如三沙湾以北的近岸海域 (E1、E3 测站) 及兴化湾口 (H1 测站), 在 $50 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ 以下, 闽江口外的 F1 测站丰度也在 $100 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ 以下。锋面外侧海峡区 (30 m 以内) 的浮游植物丰度较高, 均在 $100.0 \times 10^4 \text{ cells/m}^3 \sim 300.0 \times 10^4 \text{ cells/m}^3$ 之间。密集中心位于平潭岛外侧 (G2、G4 测站)。这主要是由于暖水性的紧挤角毛藻、红海束毛藻 (*Trichodesmium erythracum*) 和外海性的密联角毛藻、三角角藻等大量聚集所致, 这些暖水高盐性种类有高密度。浮游植物丰度的整体分布呈现从近岸往外海、从北部向南部递增的态势 (图2)。

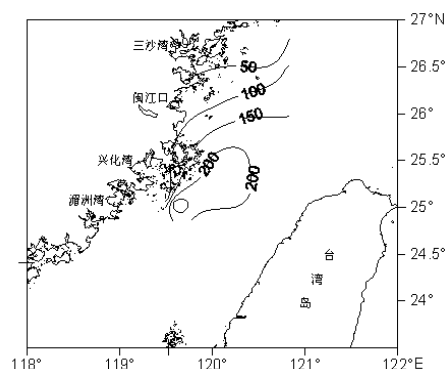


图 2 浙闽沿岸流的台湾海峡锋面海域浮游植物丰度平面分布图 (单位 10^4 cells/m^3)

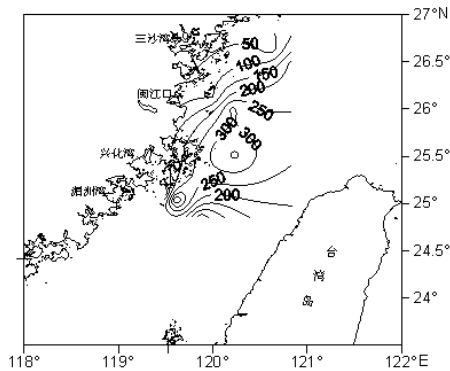
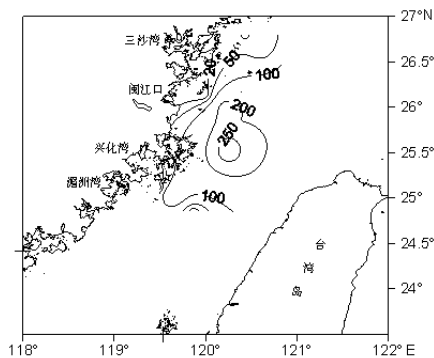
Fig. 2 Horizontal distribution of phytoplankton abundance in Taiwan Strait front of Zhemu coastal water (10^4 cells/m^3)

2.4 优势类群的分布特征

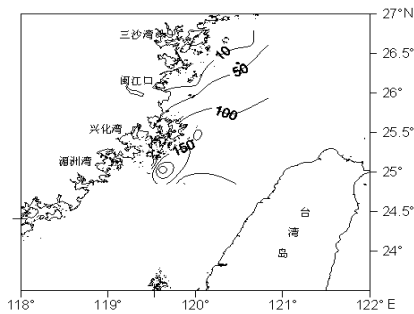
优势类群多数是暖水种和外海高盐性种, 广温性种类较少。主要有琼氏圆筛藻、辐射圆筛藻、密联角毛藻和三角角藻, 分别占浮游植物丰度的 14.45%、9.11%、6.17% 和 3.42%。此外, 洛氏角毛藻和苏氏圆筛藻 (*Coscinodiscus thorii*) 也占较大比例, 均占 2.1% 以上, 哈氏半盘藻 (*Bacteriastrum hyalinum*)、根管藻 (*Rhizosolenia* spp.) 虽然占比例较少 ($>1.0\%$), 但较为常见。根据细胞密度大小情况, 选取琼氏圆筛藻、辐射圆筛藻、密联角毛藻和三角角藻, 4 个种类作为优势种, 对各优势种密度分布情况进行分析, 具体情况分别见图3, 图4, 图5 和图6。

(1) 琼氏圆筛藻, 暖水性种类, 第一优势种, 在所有测站检出, 平均为 $199.24 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$, 占浮游植物丰度的 14.45%, 变化范围 $16.84 \times 10^3 \text{ cells/m}^3 \sim 401.25 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 之间。整体分布态势是由北部和南部递增, 密集中心位于平潭岛外侧, 高达 $358.82 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ (图3)。三沙湾以北的近岸海域 (E1 和 E3 测站) 及兴化湾口 (H5 测站) 细胞密度较少, 在 $50 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 以下, 近岸海域的 F1 和 H1 测站的细胞密度也较少, 在 $100.0 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 以下。

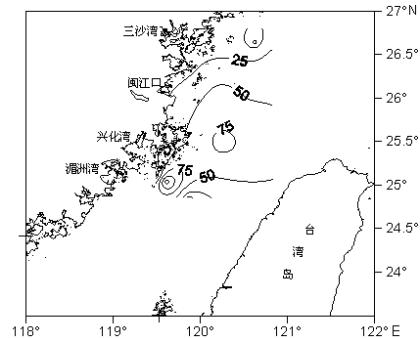
(2) 辐射圆筛藻, 近岸广布种, 在所有测站检出, 平均为 $125.63 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$, 占浮游植物丰度的 9.08%。变化范围在 $21.59 \times 10^3 \text{ cells/m}^3 \sim 285.29 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 之间。整体分布态势是由北部和南部递增, 密集中心位于平潭岛外侧 (图4)。三沙湾以北的海域 (E1、E3、E5 测站) 细胞密度较少, 不及 $100.0 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$, 其它海域的测站都在 $150.0 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 以上。

图 3 琼氏圆筛藻丰度平面分布图 (单位 10^3 cells/m^3)Fig. 3 Horizontal distribution of *Coscinodiscus jonesianus* abundance (10^3 cells/m^3)图 4 辐射圆筛藻丰度平面分布图 (单位 10^3 cells/m^3)Fig. 4 Horizontal distribution of *Coscinodiscus radiatus* abundance (10^3 cells/m^3)

(3) 密联角毛藻, 属外海高盐性种类, 平均为 $85.14 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$, 占浮游植物丰度的 6.17%。分布的站间差异较大, 近岸海域的 E1 测站和 F1 测站没有检出, 三沙湾以北的 E3 测站和兴化湾口的 H1 测站细胞密度较稀少, 在 $10.0 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 以下, 其余测站介于 $10.0 \times 10^3 \text{ cells/m}^3 \sim 156.0 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 之间, 密集中心位于平潭岛附近, 其密度在 $100.0 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 以上, 最高密度可达 $300.0 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 。整体分布趋势与浮游植物丰度的分布一致 (图 5)。

图 5 密联角毛藻丰度平面分布图 (单位 10^3 cells/m^3)Fig. 5 Horizontal distribution of *Chaetoceros densus* abundance (10^3 cells/m^3)

(4) 三角角藻, 属外海高盐性种类, 平均为 $47.09 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$, 占浮游植物丰度的 3.42%, 变化范围在 $3.64 \times 10^3 \text{ cells/m}^3 \sim 138.75 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 之间。在平潭岛外侧 (G2、G4 测站) 和兴化湾外 (H2、H5 测站) 形成两个大于 $75.0 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 的密集中心, 整体分布态势是由北部和南部递增 (图 6)。近岸海域为该种细胞密度的稀疏区, 内湾的 E1 和 H1 测站没有检出, 三沙湾附近的 E3 测站细胞密度小于 $25.0 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 。其余海域的细胞密度大于 $50.0 \times 10^3 \text{ cells/m}^3$ 。

图 6 三角角藻丰度平面分布图 (单位 10^3 cells/m^3)Fig. 6 Horizontal distribution of *Ceratium tripos* abundance (10^3 cells/m^3)

以上分析可见, 琼氏圆筛藻、辐射圆筛藻、密联角毛藻和三角角藻的密度分布情况是由北部和南部递增, 密集中心位于平潭岛外侧, 整体分布趋势与浮游植物丰度的分布一致。暖水种以及外海高盐性种类成为优势种, 其检出率除北部近岸的 E1 和南部近岸的 H1 测站空白之外, 均扩展到闽江口以北 ($26^\circ 29' 02.4'' \text{N}$) 的海域, 说明南海水的强势进入, 高温高盐水促使暖水种及外海高盐性种类的增加, 并与浙闽沿岸水交汇融合, 导致高密度区的形成。

2.5 浮游植物群落多样性分析

浮游植物群落多样性指数与均匀度见表 1。可以看出, 浮游植物多样性指数高, 变动范围在 3.64 ~ 4.71 之间, 平均值为 4.24, 多样性指数 H' 大于 3, 表明群落结构稳定。南部海域 (H 与 G 断面) 高于北部海域 (F 和 E 断面)。均匀度 J 高, 变动范围在 0.78 ~ 0.93 之间, 平均为 0.86, 站间差异小, 变化态势与多样性指数一致。种类多样性指数反映浮游植物种类丰富度和种间细胞数量关系的一种程度, 并与环境的异质性有关。均匀度代表群落内物种分布的均匀程度, 是群落是否成熟和稳定的特征之一。综合上述群落特征指数, 可见春季浙闽沿岸流锋面海域的环境异质性并不高, 种间比例较为均匀, 种类多样性较为丰富, 浮游植物群落达到相对稳定的

水平。这是由于强势的南海暖流基本控制该海域，浙闽沿岸流消退程度加剧，海水涡动混合较为缓和的结果。而在冬季浙闽沿岸流生成、强盛的时期，底层水体较表层环境的异质性高，浮游植物种间比例较为不均匀，但种类多样性较为丰富，硅藻群落达到相对稳定的水平^[12,13]。这种现象的出现正是冬季温低、风大、近底层有向北流动的南海暖水，海水涡动混合强烈的结果^[1,2,4,13]。

表 1 浙闽沿岸流的台湾海峡锋面海域浮游植物群落特征
Tab. 1 Structure of phytoplankton in Taiwan Strait front of Zhemin coastal water

站位	种类	多样性指数 (H')	均匀度 (J)
E1	25	4.07	0.88
E3	23	3.64	0.81
E5	24	3.98	0.87
F1	33	4.71	0.93
F3	32	3.90	0.78
F5	35	4.48	0.87
G2	37	4.57	0.88
G4	37	4.55	0.87
G6	41	4.41	0.82
H1	23	3.71	0.82
H2	32	4.33	0.87
H5	38	4.58	0.87
平均值	29	4.24	0.86

3 讨 论

浙闽沿岸流消退时期的浮游植物群落结构与其水文环境密切相关。浙闽沿岸流、南海水、黑潮支流等不同水系的消长，导致台湾海峡海洋动力环境要素的演变，直接影响着化学、生物因子的时空变动。在台湾海峡中、北部，低温低盐高营养盐的沿岸水与来自南海的高温高盐低营养盐水相互消长，必定影响海区内营养物质及温度、盐度的分布和变化，在一定程度上对海区浮游植物的分布和变化起到重要的控制作用。

闽浙沿岸流于冬季南下，占据海峡区 30 m 以内的浅海域（盐度 < 30，温度 9~14℃），广温种明显占优且分布广泛，而暖水高盐种明显减少而且其分布范围已向深水区以及海峡南部退缩^[8,11,13]。春季，西南季风盛行，来自南海的暖流水沿福建海域北上，进入海峡区南部，并向东北方向推进^[4,9]，浙闽沿岸流逐渐消退，占据的海域消减至福建沿岸一带 10 m 以内的浅水区，而高温高盐的南海水带来丰富的暖水高盐种，其种类明显增多且分布范围扩展到海峡

北部，并伴有较高丰度，而广温种的丰度明显降低，仅分布在近岸海域^[2,12]。在本次调查中，浙闽沿岸流消退时期的浮游植物种类组成体现典型的亚热带生物特点，暖水性种类多，在浮游植物丰度上占绝对优势，指示高温高盐的南海暖流水。并且优势类群多数是暖水种和外海高盐性种，广温性种类较少，种类多样性较为丰富，种间比例较为均匀。由此可见，浙闽沿岸流消退时期的浮游植物分布状况反映了这种水文消长动态，即是南海水的强势，与衰退的浙闽沿岸水交汇交融导致高密集区的形成，而南海暖流带来的高温高盐水促使暖水高盐性种类的增殖。

本次调查时期的浮游植物丰度与 2007 年 908-ST06 区块的春季^[19]调查结果接近，平面分布格局以平潭岛为界呈南高北低的态势，与该时节的高温高盐的南海暖流逐渐增强有关，这在朱长寿^[2]、杨清良^[8]、林更铭^[12]等人的研究中得到证实。同时本研究也发现浮游植物丰度与盐度的 Pearson 相关系数为 0.517，相关性非常显著（ $n=12$ ， $P=0.008<0.01$ ），表明南海暖流带来丰富的外海高盐性种类，而这些种类大多都是暖水种，并成为优势类群。

参考文献:

- [1] 伍伯瑜. 台湾海峡及其邻近水域的流型和水文特征 [J]. 海洋通报, 1983, 2(4):1-8.
- [2] 朱长寿, 吴金镛, 林元烧. 台湾海峡中、北部海洋综合调查报告: 浮游植物的种类组成与分布 [M]. 北京: 科学出版社, 1988: 259-269.
- [4] 黄荣祥. 台湾海峡中、北部海域温、盐度特征 [J]. 海洋科学, 1989, 6:33-38.
- [3] 肖晖, 蔡淑惠. 台湾海峡西部海域温、盐度分布特征 [J]. 台湾海峡, 1988, 7(3):32-37.
- [5] 刘占飞, 彭新跃, 徐立, 等. 台湾海峡 1997 年夏季和 1998 年冬季两航次颗粒有机碳研究 [J]. 台湾海峡, 2000, 19(3):95-101.
- [6] 洪华生. 中国海洋学文集-台湾海峡初级生产力及其调控机制研究 [J]. 北京: 海洋出版社, 1997, 1-204.
- [7] 福建海洋研究所. 台湾海峡中、北部海洋综合调查研究报告 [M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [8] 杨清良. 台湾海峡西侧浮游硅藻类的种类组成很分布 [J]. 海洋学报, 1997, 17(2): 99-107.
- [9] 胡建宇, 洪华生, 陈照章, 等. 台湾海峡北部海区 1998 年 2-3 月温、盐平面分布及其特征分析 [J]. 海洋通报, 1999, 18(2):11-16.
- [10] 王胄, 陈庆生. 台湾海峡东侧冷季之闽浙沿岸水入侵事件 [J]. 台湾大学海洋学刊, 1989, 22: 43-67.
- [11] 金德祥. 台湾海峡硅藻类的特点 [J]. 台湾海峡, 1982, 1(1): 80-86.

续 表

- [12] 林更铭, 杨清良. 台湾海峡小型浮游植物的物种多样性和分布特征 [J]. 生物多样性, 2007, 15(1): 31-45.
- [13] 谢文玲, 陈长平, 高亚辉. 台湾海峡中北部至南麂列岛海域 2005 年冬季硅藻群落结构特征 [J]. 台湾海峡, 2007, 26(3): 370-379.
- [14] 国家海洋局. 《海洋调查规范》(GB/T12736.6—2007) [M]. 北京: 海洋出版社, 2007: 30-35.
- [15] 金德祥, 陈金环, 黄凯歌. 中国海洋浮游硅藻类 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1965: 1-230.
- [16] 金德祥, 程兆第, 林均民, 等. 中国海洋底栖硅藻类 (上卷) [M]. 北京: 海洋出版社, 1982: 1-321.
- [17] 金德祥, 程兆第, 刘师成, 等. 中国海洋底栖硅藻类 (下卷) [M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 1-437.
- [18] 林永水, 周近明. 南海甲藻 (一) [M]. 北京: 科学出版社, 1994: 1-51.
- [19] 国家海洋局 908 专项办公室. 908 专项 ST06 区块 2007 年春季浮游生物数据光盘 [DB/CD]. 北京: 国家海洋局 908 专项办公室, 2008.

附录 I. 闽浙沿岸流消退时期的浮游植物种类名录

Appendix I. List of phytoplankton species in Taiwan Strait front of Zhemin coastal water

中文名	拉丁文名
硅藻门	Bacillariophyta
波状辐辏藻	<i>Actinocyclus undulatus</i>
厚辐环藻	<i>Actinocyclus crassus</i>
曲壳藻	<i>Achnanthes</i> sp.
美丽星脐藻	<i>Asteromphalus elegans</i>
日本星杆藻	<i>Asterionelle japonica</i>
透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>
丛毛辐杆藻	<i>Bacteriastrum comosum</i>
奇异棍形藻	<i>Bacillaria paradoxa</i>
活动盒形藻	<i>Biddulphia mobiliensis</i>
中华盒形藻	<i>Biddulphia sinensis</i>
锥状中鼓藻	<i>Bellerochea malleus</i>
大西洋角毛藻	<i>Chaetoceros atlanticus</i>
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i>
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros cuvisetus</i>
丹麦角毛藻	<i>Chaetoceros danicus</i>
短袍角毛藻	<i>Chaetoceros brevis</i>
卡氏角毛藻	<i>Chaetoceros castracanei</i>
并基角毛藻	<i>Chaetoceros decipiens</i>
日本角毛藻	<i>Chaetoceros nipponica</i>
紧挤角毛藻	<i>Chaetoceros coarctatus</i>
细齿角毛藻	<i>Chaetoceros denticulatus</i>
密联角毛藻	<i>Chaetoceros densus</i>
奇异角毛藻	<i>Chaetoceros paradoxus</i>
印度角毛藻	<i>Chaetoceros indicum</i>
秘鲁角毛藻	<i>Chaetoceros peruvianus</i>
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>
短叉角毛藻	<i>Chaetoceros messanensis</i>
角毛藻	<i>Chaetoceros</i> sp.
蛇目圆筛藻	<i>Coscinodiscus argus</i>
有翼圆筛藻	<i>Coscinodiscus bipartitus</i>
琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i>
中心圆筛藻	<i>Coscinodiscus centralis</i>
辐射圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus</i>
偏心圆筛藻	<i>Coscinodiscus excentricus</i>

中文名	拉丁文名
虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>
具边线形圆筛藻	<i>Coscinodiscus marginate-lineatus</i>
细弱圆筛藻	<i>Coscinodiscus subtilis</i>
苏氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus thorii</i>
小环毛藻	<i>Corethron hystrix</i>
宽梯形藻	<i>Climacodium frauenfeldianum</i>
双凹梯形藻	<i>Climacodium biconcavum</i>
布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwelli</i>
太阳双尾藻	<i>Ditylum sol</i>
柔弱几内亚藻	<i>Guinardia delicatula</i>
印度半管藻	<i>Hemiaulus indicus</i>
北方娄氏藻	<i>Lauderia borealis</i>
丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>
舟形藻	<i>Navicula</i> sp.
长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i>
碎片菱形藻	<i>Nitzschia frustulum</i>
楔形半盘藻	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>
哈氏半盘藻	<i>Hemidiscus hardmaniana</i>
具槽帕拉藻	<i>Paralia sulcata</i>
斜纹藻	<i>Pleurosigma</i> sp.
尖刺伪菱形藻	<i>Pseudonitzschia pungens</i>
翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata</i>
翼根管藻印度变型	<i>Rhizosolenia alata</i> v. <i>indica</i>
伯氏根管藻	<i>Rhizosolenia bergonii</i>
克氏根管藻	<i>Rhizosolenia clevei</i>
粗根管藻	<i>Rhizosolenia robusta</i>
刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i>
笔尖根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis</i>
宽笔尖根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis</i> v. <i>latissima</i>
斯氏根管藻	<i>Rhizosolenia stoltzeri</i>
透明根管藻	<i>Rhizosolenia hyalina</i>
优美施罗藻	<i>Schröderella delicatula</i>
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>
泰晤士扭鞘藻	<i>Streptotheca tamesis</i>
掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>
双菱形藻	<i>Suriella</i> sp.
针杆藻	<i>Synedra</i> sp.
细弱海链藻	<i>Thalassiosira subtilis</i>
菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
佛氏海毛藻	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>
长海毛藻	<i>Thalassiothrix longissima</i>
蜂窝三角藻	<i>Triceratium favus</i>
甲藻门	Pyrrophyta
具尾鳍藻	<i>Dinophysis candata</i>
纺锤角藻	<i>Ceratium fusus</i>
叉角藻	<i>Ceratium furca</i>
大角角藻	<i>Ceratium macroeros</i>
三角角藻	<i>Ceratium tripos</i>
原甲藻	<i>Proceratium</i> sp.
扁平原多甲藻	<i>Protoperidinium depressum</i>
里昂原多甲藻	<i>Properidinium leonis</i>
夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i>
蓝藻门	Cyanophyta
红海束毛藻	<i>Trichodesmium erythraeum</i>