

## 大亚湾澳头水域浮游植物群落结构及周年数量动态

陈菊芳<sup>1</sup> 齐雨藻<sup>2</sup> 徐宁<sup>2</sup> 王朝晖<sup>2</sup>

(1. 暨南大学理工学院; 2. 生命科学与技术学院, 广州 510632)

**摘要:**对1997年至1998年广东省大亚湾澳头水域的浮游植物群落进行调查和分析。结果发现浮游植物65属198种;硅藻在种类组成和数量上都比甲藻占有优势,存在春季和秋季高峰,主要优势类群依次是角毛藻、骨条藻、拟菱形藻等;甲藻只存在春季高峰,代表种类有裸甲藻、原甲藻等。主要优势种类的生长与调查水域的盐度没有明显关系,但全年水温的季节性变化对优势种类的消长影响显著。Simpson多样性指数、Shannon-Weaver多样性指数、均匀度的年平均值分别是0.611、2.107、0.557,多样性指数没有明显的季节变化规律和水平分布规律。

**关键词:**大亚湾;浮游植物群落;环境因子

**中图分类号:**Q178.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3207(2006)03-0311-07

浮游植物是海洋中主要的初级生产力来源,是海洋生态系统的基础。大亚湾地处亚热带,面临南海,水产资源丰富,并有悠久的网箱养殖历史。该海域为南海赤潮高发区之一<sup>[1]</sup>,如1998年春季广东沿海和香港海域发生的大规模赤潮使该海域水产养殖和生态环境都蒙受巨大损失。对大亚湾海域浮游植物群落结构、优势种群演替及其与各种环境理化因子之间的关系已有大量的调查与研究,但主要集中于大亚湾大鹏澳水域,且多为短期的采样分析<sup>[2,3]</sup>。本文通过对大亚湾澳头水域的浮游植物群落进行周年调查,了解其种类组成、数量分布及优势种类的周年动态,希望能为该水域的赤潮形成机制和防治提供基础数据和背景资料。

### 1 材料与方

在大亚湾澳头水域共设置8个采样点(图1),1997年7月至1998年3月在紧临水产养殖区的S2站(全年观测站)每隔3d采样一次;1998年4月2日至6月1日期间(南海春季赤潮高发期)在S1至S6站每隔3d采样一次,S7和S8站作为对照站位,每15d采样一次。样品采集分表、底层进行,包括定性和定量样品的采集;同时进行水温、盐度等理化因子的测定。

定性样品使用型浮游生物采集网,样品只用于种类的分析与鉴定,鉴定到种,对少数无法确定的种类则鉴定到属。定量样品采用2.5L的采水器分别在水表和水底0.5m处采取表、底两层水样,1L用于浮游植物的定量分析,其余则用于水体理化因子的分析,各种因子的分析调查均按《海洋调查规范》进行。定量分析水样用甲醛溶液固定、多次沉淀浓缩,最后成20mL,分析时均匀取水样0.1mL于计数框中,进行种类的鉴定与计数。



图1 大亚湾采样站位

Fig. 1 Sampling stations in Daya Bay

收稿日期:2004-05-11,修订日期:2006-01-20

基金项目:国家自然科学基金重大项目(39790110);国家重点基础研究发展规划(2001CB409700)资助

作者简介:陈菊芳(1970—),女,福建省邵武市人,副研究员,主要从事赤潮生态学、水域生态学的研究

浮游植物的多样性指数和均匀度采用如下公式:

$$\text{Simpson 多样性指数 } D = 1 - (N_i/N)^2$$

$$\text{Shannon-Weaver 多样性指数 } H = - \sum p_i \log_2 p_i$$

$$(P_i = N_i/N)$$

$$\text{均匀度 } E = H / \log_2 S$$

上述式中  $N_i$  为第  $i$  种的个体数,  $N$  为总个体数,  $S$  为种类数。

## 2 结果

### 2.1 浮游植物的种类组成

对大亚湾水域的周年调查中共发现浮游植物 65 属 198 种, 其中硅藻 39 属 98 种, 甲藻 14 属 83 种, 其他金藻、蓝藻、绿藻等发现 12 属 17 种。

硅藻和甲藻占据浮游植物组成的绝大多数, 其中硅藻细胞数量占浮游植物总数的全年平均百分比是 85.06%, 甲藻是 11.17%。硅藻在整个周年动态中, 无论在组成和数量上都占优势地位, 而其中的主要优势类群是角毛藻 (*Chaetoceros* spp.)、拟菱形藻 (*Pseudonitzschia* spp.) 和中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*), 尤其角毛藻, 除数量优势外, 种类亦多达 19 种; 其他如海链藻 (*Thalassiosira* spp.)、日本星杆藻 (*Asterionella japonica*) 等只在某一阶段数量上占有优势, 并非全年优势种。该水域也存在较多种类的甲藻, 除裸甲藻 (*Gymnodinium* spp.) 外, 甲藻中各种类普遍在数量上不占有优势, 常见类群包括有原甲藻 (*Prorocentrum* spp.)、膝沟藻 (*Gonyaulax* spp.)、原多甲藻 (*Protoperdinium* spp.) 等。

浮游植物种类组成体现了亚热带海域内湾的特点, 如窄隙角毛藻 (*Chaetoceros affinis*)、旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*)、尖刺拟菱形藻 (*Pseudonitzschia pungens*)、中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)、细长翼根管藻 (*Rhizosolenia alata* f. *gracillima*)、丹麦细柱藻 (*Leptocylindrus danicus*) 等等优势种类和常见种类都是沿岸性的广温广盐种类。

种类组成也具有明显的季节变化特征, 春季某些近岸性浮游硅藻种类大量繁殖, 主要优势种群有窄隙角毛藻、细弱海链藻、丹麦细柱藻、拟菱形藻以及角毛藻属的其他一些种类; 春季亦是大亚湾甲藻种类和数量最高的季节, 裸甲藻、微小原甲藻 (*P. minimum*)、海洋原甲藻 (*P. micans*)、叉角藻 (*Ceratium furca*) 以及亚历山大藻属 (*Alexandrium*) 的一些种类是春季大亚湾甲藻优势种群的典型代表。夏季硅藻的种类及数量占绝对优势, 主要优势种有日本星杆

藻、细弱角毛藻、菱形藻 (*Nitzschia* spp.); 甲藻的优势种有叉角藻、海洋原甲藻等, 但数量却随着夏季水温的升高而逐渐减少。秋季主要优势种除夏季常见的日本星杆藻、菱形藻、窄隙角毛藻等继续占优势以外, 中肋骨条藻、菱形海链藻、丹麦细柱藻、细长翼根管藻等种类也成为该季主要的优势种群。冬季除日本星杆藻、菱形海链藻继续占有相当的优势外, 各类硅藻数量开始下降, 菱形藻、角毛藻、细长翼根管藻、丹麦细柱藻等种类交替占有一定的优势。

### 2.2 浮游植物及优势种类数量周年动态

2.2.1 浮游植物的周年动态 浮游植物细胞数量的年波动范围是  $0.28 \times 10^4$ — $647.52 \times 10^4$  cells/L, 平均为  $40.1 \times 10^4$  cells/L; 数量最高峰出现在 5 月 14 日, 以窄细角毛藻、细弱角毛藻 (*C. subtilis*) 等角毛藻属的种类占据绝对优势; 数量最低谷出现在 3 月 10 日, 只有少量的骨条藻、具尾鳍藻 (*Dinophysis caudata*) 等种类存在。浮游植物的密度大小基本取决于硅藻的密度大小, 两者在一年中都明显具有两个数量高峰期 (春季高峰和秋季高峰), 但春季高峰在种类组成和数量上要明显超过秋季高峰。硅藻数量的年波动范围是  $0.20 \times 10^4$ — $642.6 \times 10^4$  cells/L, 最大密度亦出现在 5 月 14 日, 全年平均密度为  $38.3 \times 10^4$  cells/L。甲藻只存在一个春季高峰, 它的出现在时间上要落后于硅藻高峰, 并且在数量上与硅藻相比也处于劣势; 甲藻数量的年波动范围是  $0$ — $99.88 \times 10^4$  cells/L, 全年平均密度为  $1.32 \times 10^4$  cells/L。图 2 表示的是 S2 站硅藻和甲藻的周年变化, 可以看出, 甲藻在春季高峰期间出现 2 个明显的峰值, 其优势种类是裸甲藻。

2.2.2 硅藻主要优势类群的周年动态 角毛藻、中肋骨条藻、拟菱形藻是硅藻群落的 3 个最主要优势类群, 也都属于全年的常见优势类群, 其中又以角毛藻更加突出, 优势地位在全年中显得比较均衡; 其中, 5 月 14 日的浮游植物数量全年最高峰主要由窄细角毛藻、细弱角毛藻、远距角毛藻、洛氏角毛藻等角毛藻种类构成, 如在 S6 站, 角毛藻细胞数量达到浮游植物细胞总数的 99.24%。拟菱形藻的秋季优势要大于春季优势, 在 10 月 23 日 S2 站密度达到  $175 \times 10^4$  cells/L。中肋骨条藻的秋季优势也大于春季优势, 在 S2 站全年最高密度达到  $59.8 \times 10^4$  cells/L。

2.2.3 甲藻重要类群的周年动态 海洋原甲藻、裸甲藻、亚历山大藻是甲藻群落中 3 个典型类群, 从图 3 可以发现它们具有明显的季节变化。裸甲藻在 1998 年春季出现明显的高峰, S2 站的数量高达  $16.4 \times 10^4$  cells/L, 而在 S6 站, 裸甲藻数量更高达  $99.6 \times$

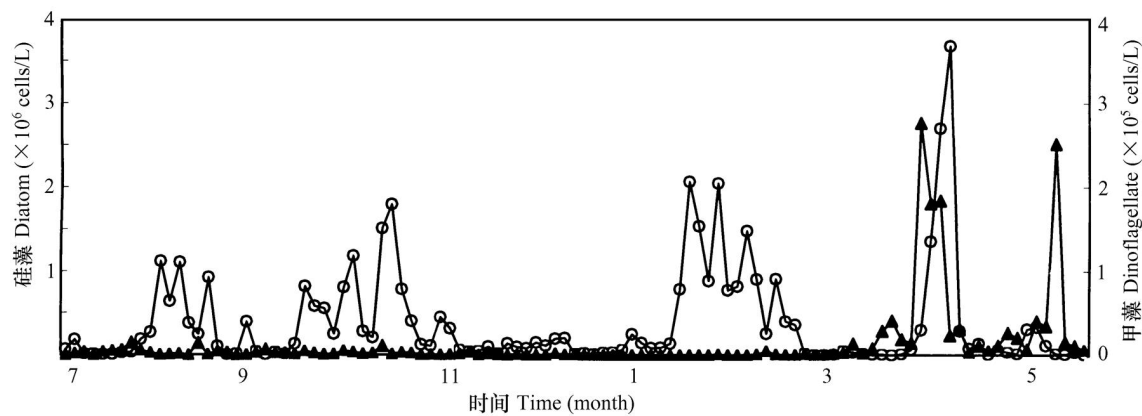


图2 S2站硅藻、甲藻数量的周年变化  
Fig.2 Annual variations of cell number of diatom and dinoflagellate in S2

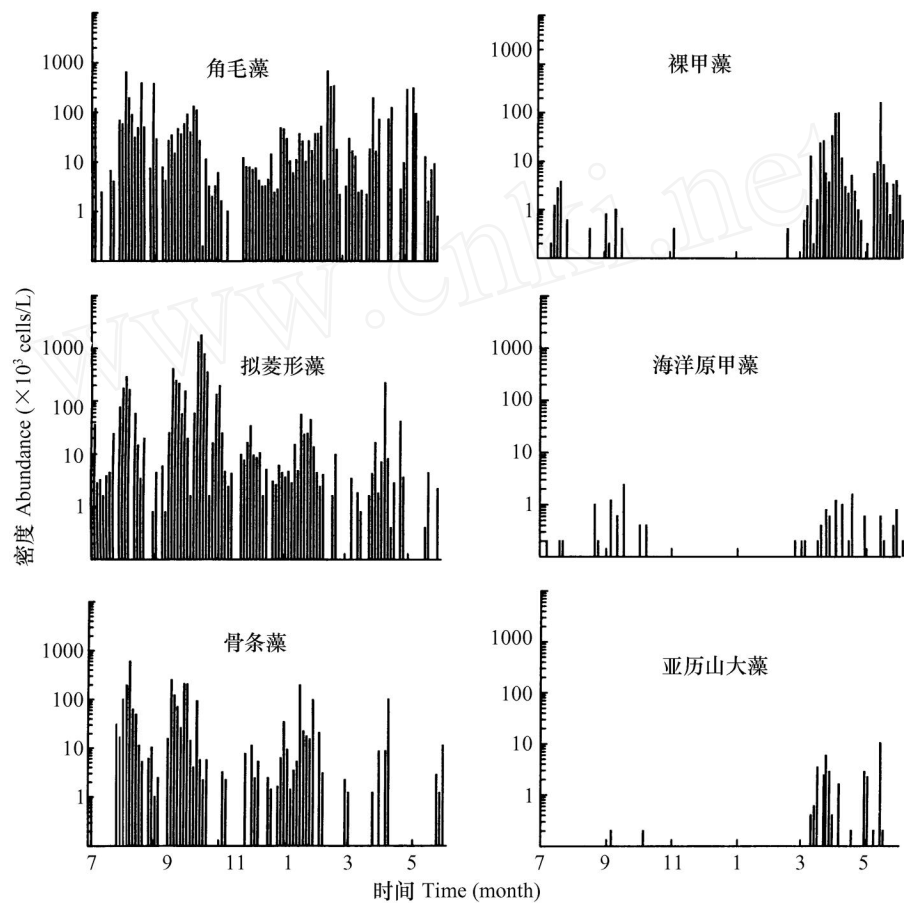


图3 S2站硅藻、甲藻主要优势种类数量的周年变化  
Fig.3 Annual variations of cell number of major dominant species of diatom and dinoflagellate in S2

$10^4$ cells/L;其他季节数量不明显,尤其冬季鲜见踪迹。海洋原甲藻除在冬季不见踪影外,其他季节都有一定数量存在,但都无法成为主要优势种类。而亚历山大藻则明显只在春季出现,S2站数量最高达到  $1.02 \times 10^4$ cells/L,其全年最高密度出现在1998年

5月23日的S5站,为  $1.16 \times 10^4$ cells/L。

2.3 浮游植物的水平分布

大亚湾春夏之交密集采样期间水域中S1至S8各站位的浮游植物平均密度分布情况如表1所示。S7和S8站由于采样次数过少,数据不具代表

性;而该两站间 S7 站浮游植物明显较 S8 站为少,其原因估计主要与 S7 站位于相对封闭的养殖区内有关。S1 至 S6 站浮游植物密度在近岸和离岸的各站位之间没有明显的差异,其中以距离居民生

活区最近的 S1 站最高,平均密度为  $67.4 \times 10^4 \text{ cells/L}$ ;整个调查水域的平均密度为  $58.1 \times 10^4 \text{ cells/L}$ ,位于网箱养殖区旁的 S2 站平均密度水平略低于整个调查水域。

表 1 1998 年 4—6 月大亚湾水域各站位的多样性指数及浮游植物总量平均值

Tab. 1 Average of diversity indexes and abundance of phytoplankton in each station

指标	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	各站平均 (不含 S7、S8)
Simpson 指数	0.659	0.660	0.716	0.649	0.662	0.672	—	—	0.670
Shannon-Weaver 指数	2.344	2.321	2.573	2.218	2.283	2.366	—	—	2.351
均匀度 Evenness	0.602	0.609	0.661	0.591	0.585	0.603	—	—	0.608
平均密度 Abundance ( $\times 10^4 \text{ cells/L}$ )	67.40	53.76	58.87	45.62	61.26	61.84	5.69	19.82	58.13

春夏之交密集调查期间,各站位之间浮游植物种类组成及优势种类在一些具体调查样次中存在不同,但从整体来看,各站位之间的差异并不显著。浮游植物群落都呈现甲藻 硅藻 甲藻 硅藻 甲藻的演替趋势,甲藻种类组成相当丰富,其中裸甲藻在各站位都占有显著优势,在甲藻数量高峰期起决定作用。五角原多甲藻(*Protoperdinium quinquecome*)表现特别,它是 S1 站的优势种类,但在其他站位却只少量或零星见到,这与它特殊的生活习性密切相关<sup>[4]</sup>。各站位硅藻的优势种类随时间发生变化,代表种类有细弱海链藻、角毛藻、丹麦细柱藻等等,但优势种类在各站位的出现时间并不完全相同,常有先后之分。

2.4 优势种类与温度、盐度的关系

大亚湾的水温年度变化范围在 14.0—32.8 之间,盐度变化范围在 15.1‰—32.8‰之间,除少数特

殊情况下盐度降低外,盐度变化并不明显,基本在 31.0‰左右波动。硅藻和甲藻的优势代表类群与温度、盐度的关系如图 4、5 所示。3 类硅藻在整个温度范围内都有存在,并和春秋两个季节相对应地在图中出现两个相对集中的区域。出现 3 类甲藻的温度范围是 17—30,但甲藻更适宜于 25 左右的水温。因为盐度的稳定性,所以它对藻类的影响不大,尤其从图 5 中发现,即使在低盐情况下,硅藻也能达到相当高的密度,可见,大亚湾的盐度对硅藻的生长没有限制作用。

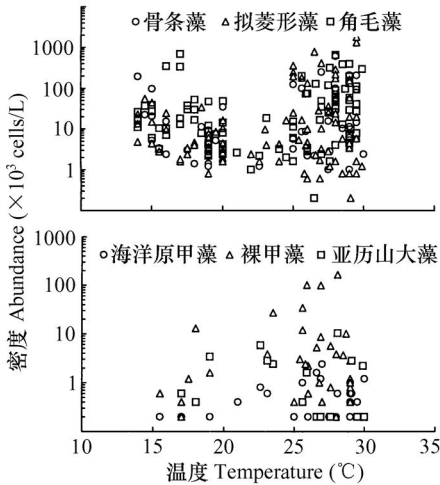


图 4 主要优势种类数量与温度的关系

Fig. 4 Relationship between abundance of major dominant species and temperature

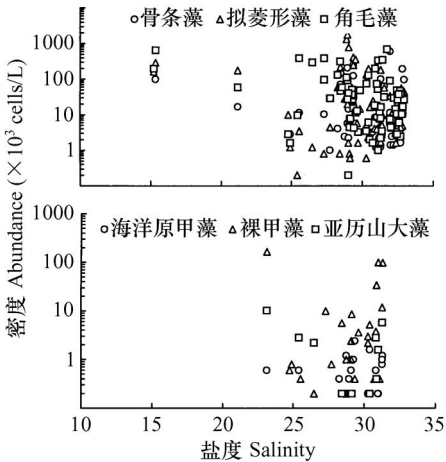


图 5 主要优势种类数量与盐度的关系

Fig. 5 Relationship between abundance of major dominant species and salinity

2.5 多样性分析

2.5.1 浮游植物多样性的周年变化 Simpson 多样性指数、Shannon-Weaver 多样性指数、均匀度表现出一致的年度变化(图 6),3 者的年度变化范围分别是 0.039—0.895、0.191—3.670、0.377—0.870;它们的年平均值分别是 0.611、2.107、0.557。从全年来看,

多样性指数没有明显的变化规律,几次明显的低数值与一些优势种类爆发性增长有关。

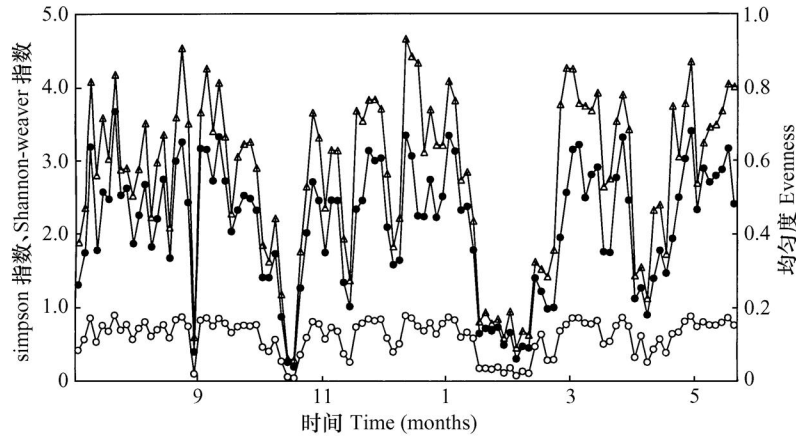


图6 浮游植物多样性指数、均匀度的周年变化

Fig. 6 Annual variations of diversity indexes (D, H) and evenness (E) of phytoplankton

—○— Simpson 指数 —●— Shannon-Weaver 指数 —△— 均匀度

**2.5.2 浮游植物多样性的水平分布** 大亚湾春季藻类多样性在各站位之间没有显著差异(表1),其中以S3站略高一些。但春季各站位的多样性指数平均值及S2站的春季平均值都要高于S2站的全年平均值。

### 3 讨论

#### 3.1 大亚湾浮游植物群落的特征

调查显示,大亚湾浮游植物群落呈现典型的亚热带海域特征。水域浮游植物数量的周年变动表现为典型的双峰型,即春季高峰和秋季高峰,并且具有较高的多样性指数和均匀度。优势种类角毛藻、拟菱形藻、骨条藻、细弱海链藻、日本星杆藻及原甲藻、裸甲藻等种类均是亚热带海洋沿岸种。从全年整体动态来看,大亚湾澳头水域硅藻和甲藻没有出现始终占据绝对优势的种类,硅藻中角毛藻、拟菱形藻、骨条藻等优势种类交替出现,属于全年的广布优势种,有时其优势种类多,数量优势并不明显,有时则单一种类数量占绝对优势;而细弱海链藻、日本星杆藻只在某一时期占据优势。这些表明大亚湾水域是一个生态环境相对稳定的水域。而根据周贤沛等对大亚湾另一处水域的调查发现<sup>[2]</sup>,无论是浮游植物的群落结构还是多样性指数等都与本文显示出相似的结论。

同为广东沿海的柘林湾,曾因为球形棕囊藻赤潮引起广泛关注,其水体因过度养殖而严重富营养化,周凯等人<sup>[5]</sup>对其进行的调查发现,该水域浮游植

物群落是一个由硅藻为主导型的浮游植物群落,而硅藻的中肋骨条藻全年平均数量占浮游植物总数的58.7%,占绝对优势。作者把这归因于柘林湾全面超标的各项营养盐含量及中肋骨条藻本身所具有的某些竞争优势。这样的情况同样发生在厦门海域富营养化程度极高的马銮湾<sup>[6]</sup>,只是占绝对优势的种类是柔弱菱形藻(*Nitzschia delicatissima*),它在浮游植物群落总个体数中所占的比例高达84%。近岸浮游植物群落结构特点与水体环境尤其是水体营养状况有着密切关系。近年来,随着海水养殖的兴起,工农业废水和生活污水的排放,沿海水质普遍恶化,许多海域富营养化程度越来越严重,某些适应种类大量生长,占据绝对优势,导致整个浮游植物群落生物多样性与均匀度相应降低,并常常引发赤潮,原先稳定的生物群落遭到破坏。比较而言,大亚湾水域的浮游植物群落结构及时空分布表现相对稳定,生物多样性和均匀度明显高于柘林湾和马銮湾,反映出大亚湾海域富营养化程度不同。这与丘耀文对大亚湾水域的营养盐调查结果是一致的<sup>[7]</sup>,虽然在该水域存在一定的网箱养殖及贝类养殖,但大亚湾整体水质仍属于贫营养型,只在一些养殖区域已开始转向中营养型。

大亚湾浮游植物群落结构以硅藻为主导,但甲藻在春季高峰期中也扮演相当重要的角色,无论种类和数量都相当丰富。通常认为,甲藻种类和数量的丰富与水体的富营养化有关,大亚湾水域春季甲藻群落的丰富尤其是裸甲藻等的大量存在一定程

度上反映了水体富营养化的倾向。但在相邻水域大鹏湾频繁发生赤潮的甲藻种类夜光藻 (*Noctiluca scintillans*) 在本文调查水域却只有少量见到。大鹏湾夜光藻数量丰富, 赤潮频发 (大鹏湾夜光藻赤潮发生次数高达赤潮发生总次数的 50 % 以上)<sup>[7]</sup>, 除了水体富营养化外, 还有其特殊的诱因。大鹏湾地理和潮流特征使得表层悬浮物或漂流物容易在其西北部的盐田水域聚集, 春夏之交期间, 夜光藻容易在盛行的东南风及全日潮或日潮不等的作用下, 聚集在盐田水域形成赤潮。

### 3.2 浮游植物群落与温度盐的关系

温度是影响浮游植物种类和数量发布的重要因素, 大亚湾水域的水温年度变化范围在 14.0—32.8 之间, 其中 4—11 月水温基本维持在 25 以上, 该水域浮游植物群落也相应明显呈现出亚热带海域的生物特征, 暖水性种类为主, 其次是广温性的种类。季节性温度变化对硅藻和甲藻的季节演替作用存在明显差异, 虽然不同时期优势种类各异, 交替出现, 但硅藻在全年的浮游植物群落结构中始终占据绝对优势, 并形成硅藻的春季高峰和秋季高峰。相对而言, 甲藻只在春夏之交时期在种类和数量上得到较大程度的丰富, 大亚湾的主要甲藻种类的适温范围局限于 25 左右, 甲藻全年数量分布只存在春季高峰。

大亚湾海域周围无大的表面径流, 湾内外海水交换良好, 盐度保持相对稳定, 全年基本保持在 31.00 左右波动, 只在春夏季由于暴雨及其所产生的地表径流使海水冲淡而导致盐度的短暂降低。因此, 大亚湾海域的盐度变化对浮游植物群落影响有限, 而且, 因为该海域的许多优势种类如拟菱形藻、角毛藻等都是广盐种类, 所以, 盐度对大亚湾海域的浮游植物群落的生长没有限制作用, 但特殊情况下的盐度突然变化可能会成为一些正在进行的藻类水华消退的诱导因子<sup>[9]</sup>。

### 3.3 浮游植物群落与营养盐的关系

营养盐是海洋生态系统的物质基础, 浮游植物群落种类组成及数量变动和水体中的营养盐的组成和含量有着密切的关系。因为浮游植物中的不同种类对各种营养盐的需求和利用是不同的, 各类营养盐的变化会影响浮游植物中不同优势种类的形成和消退, 如徐宁等<sup>[9]</sup>对大亚湾水域的藻类水华与营养盐的关系进行分析发现, 可溶性无机磷的突然升高是细弱海链藻和裸甲藻水华形成的直接诱因之一。

大亚湾陆源营养盐较小, 营养盐输入包括 生

活排污, 养殖海域鱼虾贝的排泄物、养殖残饵的分解, 粤东沿岸上升流携带的丰富的营养盐; 夏季粤东沿岸上升流携带的丰富的营养盐对缓解春夏之交的浮游植物繁殖盛期消耗的营养盐有所补充。水化分析显示<sup>[10]</sup>, 大亚湾调查水域可溶性无机氮 (DIN)、可溶性无机磷 (DIP) 及硅含量的波动都十分显著, 但没有明显规律, 变动范围分别是 15.7—304.5  $\mu\text{g/L}$ 、1.7—63.4  $\mu\text{g/L}$ 、242.0—2081.0  $\mu\text{g/L}$ 。丘耀文<sup>[7]</sup>对大亚湾的营养物质进行调查分析后认为大亚湾水体基本属于贫营养型, 浮游植物的生长受 DIP 控制。在大亚湾硅含量十分丰富, 硅不成为硅藻生长的限制因子, 而由磷取而代之, 但 EggE<sup>[11]</sup>认为, 当  $P < 0.2 \mu\text{mol/L}$  时, 硅藻对其他营养盐的利用也会受到限制, 而且, 硅藻在浮游植物群落中也无法占绝对优势; 而大亚湾的 DIP 含量经常在 0.2  $\mu\text{mol/L}$  上下波动, 这可能是大亚湾水域春夏季甲藻占有相当分量的原因之一。

### 参考文献:

- [1] Xiao Y Z, Wang Z H, Chen J F, et al. Seasonal dynamics of dinoflagellate cysts in sediments from Daya Bay, the South China Sea and its relation to the bloom of *Scrippsiella Trochoidea* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2003, 27 (4): 372—377 [肖咏之, 王朝晖, 陈菊芳, 等. 广东大亚湾甲藻孢囊及其与锥状斯氏藻赤潮的关系. 水生生物学报, 2003, 27 (4): 372—377]
- [2] Zhou X P, Lin Y S, Wang Z D. A statistical analysis on phytoplankton community features in waters of Daya Bay [J]. *Tropic Oceanology*, 1998, 17 (3): 57—64 [周贤沛, 林永水, 王肇鼎. 大亚湾水域浮游植物群落特征的统计分析. 热带海洋, 1998, 17 (3): 57—64]
- [3] Wei G F, Wang Z D, Lian J S. Succession of dominant phytoplankton species in spring 2002 at Dapeng' Ao Cove, Daya Bay [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (11): 2285—2292 [韦桂峰, 王肇鼎, 练健生. 大亚湾大鹏澳水域春季浮游植物优势种的演替. 生态学报, 2003, 23 (11): 2285—2292]
- [4] Chen J F, Qi Y Z, Xiao Y Z, et al. A new red tide species *Peridinium quinquecorne* Abe found in South China Sea [J]. *Marine Environmental Science*, 2000, 19 (3): 20—23 [陈菊芳, 齐雨藻, 肖咏之等. 中国赤潮新记录种—五刺多甲藻 (*peridinium quinquecorne*) 的研究. 海洋环境科学, 2000, 19 (3): 20—23]
- [5] Zhou K, Huang C J, Jiang S, et al. Annual dynamics of phytoplankton in Zhelin Bay: 2000—2001 [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (5): 688—698 [周凯, 黄长江, 姜胜, 等. 2000—2001 年柘林湾浮游植物群落结构及数量变动的周年调查. 生态学报, 2002, 22 (5): 688—698]
- [6] Yang Q L, Chen Q H, Lin J M, et al. Ecological characteristics of phytoplankton community from eutrophic waters in the Maluan Bay [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1998, 20 (1): 101—112 [杨清良,

- 陈其焕,林金美等. 厦门马銮湾富营养化水域浮游植物群落的生态特征. 海洋学报, 1998, 20(1): 101—112]
- [ 7 ] Qiu Y W. The characteristics of nutrients variation in the Daya Bay [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2001, 23(1): 85—93[ 丘耀文. 大亚湾营养盐质变特征. 海洋学报, 2001, 23(1): 85—93]
- [ 8 ] Huang C J, Qi Y Z, Huang Y H, *et al.* The population ecology and causative mechanisms of red tide of *Noctiluca scintillans* in Dapeng Bay, the South China Sea [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1997, 28(3): 245—255[ 黄长江, 齐雨藻, 黄奕华等. 南海大鹏湾夜光藻种群生态及其赤潮成因分析. 海洋与湖沼, 1997, 28(3): 245—255]
- [ 9 ] Xu N, Chen J F, Wang Z H, *et al.* Dynamics analyses on algal bloom events in Daya Bay of Guangdong province. A study of relationship between algal bloom and nutrients [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2001, 21(4): 400—404[ 徐宁、陈菊芳、王朝晖等. 广东大亚湾藻类水华的动力学分析. 藻类水华与营养元素的关系研究. 环境科学学报, 21(4): 400—404]
- [ 10 ] Chen J F, Xu N, Wang Z H, *et al.* Dynamics of *Pseudonitzschia* spp. and environmental factors in Daya Bay, the South China Sea [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2002, 22(6): 743—748[ 陈菊芳、徐宁、王朝晖, 等. 大亚湾拟菱形藻种群的季节变化与环境因子的关系. 环境科学学报, 2002, 22(6): 743—748]
- [ 11 ] Egge J K. Are diatoms poor competitors at low phosphate concentration? [J]. *Journal of Marine Systems*, 1998, 16: 191—198

## ANNUAL DYNAMICS OF PHYTOPLANKTON COMMUNITY AND ABUNDANCE AT AOTOU COVE, DAYA BAY : 1997—1998

CHEN Ju-Fang<sup>1</sup>, QI Yu-Zao<sup>2</sup>, XU Ning<sup>2</sup> and WANG Zhao-Hui<sup>2</sup>

(1. College of Science and Engineering; 2. College of Life Science and Technology, Jinan University, Guangzhou 510632)

**Abstract :** In this study, phytoplankton community was investigated and analyzed from Jul. 1997 to Jun. 1998 in Daya Bay. A total of 198 phytoplankton species, belonging to 65 genera was recorded and in terms of species composition and abundance, diatoms dominated throughout the whole year. Dominant species of diatoms were *Chaetoceros* spp., *Skeletonema costatum*, *Pseudonitzschia* spp. whereas dominant species of dinoflagellates were *Gymnodinium* spp., *Prorocentrum* spp.. Phytoplankton abundance showed significant seasonal change and diatoms had two peaks in spring and autumn with dinoflagellates only one peak in spring. Horizontal distribution of phytoplankton abundance showed no obvious difference among the six stations investigated, but the cell density of S2 which near to the cage-fish cultural area was slightly less than the others. The relationships between major phytoplankton species (including three dominant diatoms and three dominant dinoflagellates) and water temperature, salinity were analyzed respectively. The results showed that temperature and salinity had no limitary effect on the appearance of diatoms, meanwhile dinoflagellates appeared during 17—30℃, with optimal in 25℃. But seasonal change of temperature affected obviously on dominant species' growth and depletion. The annual variation of diversity indexes ( $D'$ ,  $H'$ ) and evenness ( $E$ ) of phytoplankton showed no clear seasonal and spatial pattern and the average values of them were 0.611, 2.107, 0.557 respectively. Compared with other bays in Southeast China Sea, the diversity indexes and evenness are commonly high except in early spring.

**Key words :** Daya Bay; Phytoplankton community; Environmental factors