

2004 年夏季中国南海北部的浮游植物^{*}

乐凤凤 孙 军¹⁾ 宁修仁 宋书群 蔡昱明 刘诚刚

(中国科学院海洋研究所海洋生态与环境重点实验室 青岛 266071;

国家海洋局第二海洋研究所 杭州 310012)

(中国科学院海洋研究所海洋生态与环境重点实验室 青岛 266071)

(国家海洋局第二海洋研究所 杭州 310012)

提要 报道了 2004 年夏季南海北部 18 个大面测站浮游植物的调查结果。应用 Utermohl 方法初步鉴定出浮游植物 4 门 74 属 159 种, 平均细胞丰度为 $(115.05 \pm 438.89) \times 10^3$ 个/L ($n = 91$), 其中硅藻在物种丰富度和细胞丰度上占绝对优势; 其次为甲藻。主要优势种为柔弱伪菱形藻 *Pseudo-nitzschia delicatissima*, 旋链角毛藻 *Chaetoceros curvisetus*, 皇冠角毛藻 *Chaetoceros diadema*, 具齿原甲藻 *Prorocentrum dentatum* 和冰河拟星杆藻 *Asterionella glacialis*。调查区浮游植物表层细胞丰度的平面分布从沿岸向外海迅速减少, 高值区分布在广东沿岸和珠江口附近海域。同 1999 年同期资料相比, 浮游植物细胞丰度增加 1 倍, 但平面分布趋势相同。调查区浮游植物垂直分布总体特征是由水体表层到底层, 细胞丰度逐渐减少。细胞丰度密集区位于水体表层, 但是只有 S2 断面出现了次表层最大值现象, 其垂直剖面分布同叶绿素 *a*、铵盐、溶解氧以及盐度密切相关。整个调查区浮游植物的多样性程度是低的。

关键词 浮游植物, 南海北部, 物种组成, 平面分布, 环境因子

中图分类号 P593

当前由于人为活动的影响造成陆地和海洋环境的改变, 导致了包括气候转变在内的全球变化, 对于人类的生存带来了新的挑战。海洋浮游植物是海洋的初级生产者, 作为海洋食物网结构中的基础环节, 在海洋生态系的物质循环和能量转化过程中起着重要作用。海洋浮游植物群落结构的转变, 将改变浮游植物的生物量及生产力, 继而在全球变化的过程中扮演极其重要的角色。近年来的研究表明: 海洋浮游植物群落可以灵敏而迅速地反映环境的变化 (吴玉霖等, 2004a, 2005), 同时浮游植物群落结构、生物量及生产力的改变会在碳通量、云反照率 (cloud albedo) 和海水光通量与热通量上改变着全球气候 (孙 军等, 2002a)。所以研究其变化与全球变化是当今海洋生态学研究热点。

海洋浮游植物是海洋生态系统中的最重要

的初级生产者, 是海洋生态系统食物链的起点, 其对海洋生态环境和海洋生物资源的影响巨大。研究海洋浮游植物群落特征是研究海区其他生态和环境问题的基础, 具有重要意义 (孙 军等, 2002a; 孙 军等, 2003; 孙 松等, 2005; 李超伦等, 2005; 吴玉霖等, 2004b; 黄长江等, 2004)。南海为世界上最大的边缘海, 面积达 $3.5 \times 10^6 \text{ km}^2$, 平均水深 1350m, 地处热带、亚热带, 具有热带海洋性气候特征, 周年水温和盐度较高, 沿岸江河密布, 仅珠江径流量年平均就达 $3.38 \times 10^{11} \text{ m}^3$ 。一方面由于沿岸江河径流携带大量无机营养盐类及泥沙入海, 沿岸水质肥沃, 有利于浮游植物的生长繁殖; 另一方面大量泥沙也阻碍了浮游植物利用光进行光合作用。对于南海浮游植物的研究, 从 20 世纪 70 年代 (郭玉洁, 1983) 开始, 中国科学院海洋研究所、南海海洋研究所、国家海

^{*} 国家自然科学基金重点项目, 90211021 号; 国家自然科学基金项目, 40306025 号。乐凤凤, 在读硕士研究生。

1) 通讯作者: 孙 军, E-mail: phytoplankton@163.com

收稿日期: 2005-03-15, 收修改稿日期: 2006-01-19

洋局第二海洋研究所等已做过不少调查研究, 早期的研究工作以分类和研究物种的生态分布习性为主 (郭玉洁, 1976 郭玉洁等, 1978 1979 郭玉洁, 1981 郭玉洁等, 1983 叶嘉松等, 1983), 其结果发现南海的浮游植物以硅藻为主, 最主要的为圆筛藻属 (*Coscinodiscus*)。近些年的研究主要以物种组成和丰度分布为主 (朱根海等, 2003), 并得出了浮游植物丰度与水温、盐度、营养盐、水团、环流、上升流等环境因子的关系。但这些调查研究主要是网采浮游植物或仅限于海域表层水体, 对小于网目的浮游植物群落较详细的信息和其垂直分布特征的研究未见报道。

本文中作者分析了南海北部海域 (18°—22°N, 110°—117°E) 夏季采集的不同标准层浮游植物采水样品, 对水样中的浮游植物群落进行了分析, 为更好地了解南海浮游植物群落及其对生态系统的影响提供基础资料。

1 采样站位、取样与研究方法

1.1 采样站位、取样和浮游植物分析方法

2004年 8月 26日—9月 5日在南海北部海域 (18°—22°N, 110°—117°E) 布设 18个浮游植物采样站点 (图 1)。于每站位不同标准层各取 500 ml 水样, 样品立即用中性福尔马林固定。实验室内样品按 Utermohl 方法分析。取 25 ml 浮游植物亚样品于 Hydro-bios 的 Utermohl 计数框, 用 AO 倒置显微镜, 在 200 和 400 倍下进行物种鉴定 (Yamaji 1984 Tomas 1997) 与计数。由于 Utermohl 方法通常可以检测大于 5 μm 的浮游植物, 因此文献中 (Rabittiet al. 1994) 通常将此方法分析的浮游植物称为 Utermohl 浮游植物。细胞丰度的统计和误差处理 (孙 军等, 2002a) 如下:

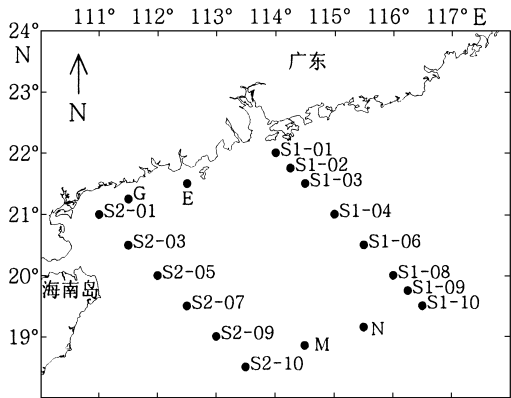


图 1 调查站位

Fig. 1 Sampling stations

$$MS_1 = \bar{x}_{st} \cdot (v_{st}/v_4) \cdot [(v_3 - n_4 \cdot v_4)/v_3] + n_4 \cdot \bar{x}_{st} \cdot (v_{st}/v_3) \cdot [(v_2 - n_3 \cdot v_3)/v_2] + n_3 \cdot n_4 \cdot \bar{x}_{st} \cdot (v_{st}/v_2) \cdot [(v_2 - v_3)/v_2] + n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \cdot \bar{x}_{st} \cdot (v_{st}/v_1) \cdot [(v_1 - v_2)/v_1]$$

其中, MS_1 为第一级均方差, $\bar{x}_{st}$ 为第四级的样本平均值, v_i 为最终折算的单位体积, n_i 为第 i 级样本数, v_i 为第 i 级样本体积。

1.2 浮游植物群落结构指数的计算方法

Shannon-Wiener 多样性指数 (H')

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad H_{\max} = \log_2 S$$

式中 $P_i = n_i/N$ 为第 i 种在样品中的细胞丰度比率; S 为总种数

均匀度 (J)

$$J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

优势度 (Y)

$$Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$$

式中 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; N 为全部样品中的总个体数

2 结果与讨论

2.1 浮游植物物种组成

在调查海域 18 个测站所获 91 个浮游植物样品经初步鉴定: 共有 159 种, 隶属 4 纲 76 属, 其中硅藻门 46 属 103 种 (占有物种的 64.78%); 甲藻门 21 属 48 种 (占有物种的 30.19%); 金藻门 4 属 5 种 (占有物种的 2.52%); 蓝藻门 3 属 4 种 (占有物种的 2.52%) (表 1)。

本次调查的南海北部海域浮游植物以热带暖水性类群和广布性类群为主, 表现为热带、亚热带区系性质, 这一结果与其他研究者对南海其他海区调查的研究结果基本一致 (叶嘉松等, 1983 郭玉洁等, 1985 朱根海等, 2003)。浮游植物优势种大多为浮游硅藻类, 生态类型以暖温带近海种和浮游广布种为主, 但也有例外, 如皇冠角毛藻是沿海性北温带至北极的物种, 但它对温度和盐度适应范围很大, 在调查区沿岸丰度也很高, 成为优势种。夏季甲藻类出现频率较大, 丰度也较高, 如具齿原甲藻也是海区优势种之一。另外, 金藻门的贺胥黎艾氏颗石藻虽然丰度不高, 但在多数站位都有出现, 也构成优势。

2.2 优势物种和生态特征

本次调查, 南海北部浮游植物主要优势种为柔

表 1 调查区浮游植物的物种组成

Tab. 1 Species composition of phytoplankton assemblage in the survey area

中文名	拉丁文名	中文名	拉丁文名
硅藻门	Bacillariophyta	脆指管藻*	<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle
冰河拟星杆藻*	<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	矮小等棘藻	<i>Detonula pumila</i> (Castrat) Schütt
美丽星脐藻	<i>Asteromphalus elegans</i> Greville	蜂腰双壁藻	<i>Diploneis bambus</i> Ehrenberg
克氏星脐藻	<i>Asteromphalus cleveanus</i> Grunow	布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grunow
粗星脐藻	<i>Asteromphalus robustus</i> Castracane	太阳双尾藻	<i>Ditylum sol</i> Grunow
透明辐杆藻	<i>Bacteriactum hyalinum</i> Lauder	翼内茧藻*	<i>Entomoneis alata</i> Ehrenberg
叉状辐杆藻*	<i>Bacteriactum furcatum</i> Shadbolt	浮动弯角藻	<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenberg
优美辐杆藻	<i>Bacteriactum delicatulum</i> Cleve	角状弯角藻	<i>Eucampia cornuta</i> (Cleve) Grunow
丛毛辐杆藻	<i>Bacteriastrum comosum</i> Pavillard	大洋拟脆杆藻*	<i>Fragilariopsis oceanica</i> (Cleve) Hasle
辐杆藻	<i>Bacteriastrum</i> sp	柱状拟脆杆藻*	<i>Fragilariopsis cylindrus</i> (Grunow) Krieger
颗粒盒形藻	<i>Biddulphia granulata</i> Roper	菱软几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Péragalb
海洋角管藻*	<i>Ceratulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	圆柱几内亚藻*	<i>Guinardia cylindrus</i> (Cleve) Hasle
扁面角毛藻	<i>Chaetoceros compressum</i> Lauder	柔弱几内亚藻*	<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle
爱氏角毛藻	<i>Chaetoceros eibonii</i> Grunow	斯氏几内亚藻*	<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle
垂缘角毛藻	<i>Chaetoceros laciniosus</i> Schütt	特氏哈斯藻	<i>Haslea trompii</i> (Cleve) Simonsen
达地角毛藻	<i>Chaetoceros dadayi</i> Pavillard	霍氏半管藻	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow
短刺角毛藻	<i>Chaetoceros messanensis</i> Castracane	膜质半管藻	<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve
角毛藻	<i>Chaetoceros</i> sp	中华半管藻	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	环纹劳德藻*	<i>Lauderia annulata</i> Cleve
秘鲁角毛藻	<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	丹麦细柱藻	<i>Lepocylindrus danicus</i> Cleve
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	细筒藻	<i>Lepocylindrus minimus</i> Gran
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	长喙胸隔藻	<i>Mastogloia rostrata</i> (Wallich) Hustedt
北方角毛藻	<i>Chaetoceros borealis</i> Bailey	膜状缪氏藻*	<i>Meuniera membranacea</i> (Cleve) Silva
皇冠角毛藻	<i>Chaetoceros diadema</i> (Ehrenberg) Gran	舟形藻	<i>Naviatula</i> sp
丹麦角毛藻	<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve	弯菱形藻中型变种	<i>Nitzschia sigma</i> (Kütz) var <i>intertexta</i> W. Smith
英国双突角毛藻	<i>Chaetoceros dilymus</i> var <i>anglica</i> (Grunow) Gran	弯菱形藻	<i>Nitzschia sigma</i> (Kütz) W. Smith
单独型并基角毛藻	<i>Chaetoceros decipiens</i> f <i>singularis</i> Gran	菱形藻	<i>Nitzschia</i> sp
范氏角毛藻	<i>Chaetoceros vanheurckii</i> Gran	中华齿状藻*	<i>Odontella sinensis</i> (Greville) Grunow
平滑角毛藻	<i>Chaetoceros laevis</i> Leuduger-Fortmorel	哈德掌状藻*	<i>Palmeria hardmaniana</i> Greville
异角角毛藻	<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve	具槽帕拉藻*	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve
卵形藻	<i>Cocconeis</i> sp	具翼漂流藻*	<i>Planktoniella blanda</i> (Schmidt) Syvertsen & Hasle
豪猪棘冠藻	<i>Corethron hystrix</i> Hensen	太阳漂流藻	<i>Planktoniella sol</i> (Allied) Schütt
棘冠藻	<i>Corethron pelagicum</i> Brun	曲舟藻	<i>Pleurosigma</i> sp
虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehrenberg	近缘斜纹藻	<i>Pleurosigma affine</i> Grunow
圆筛藻	<i>Coscinodiscus</i> sp	艾希斜纹藻	<i>Pleurosigma aestuarii</i> W. Smith
辐射圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	模式型翼鼻状藻	<i>Proboisia alata</i> f <i>genuina</i> Gran
格式圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	纤细型翼鼻状藻	<i>Proboisia alata</i> f <i>gracillina</i> Cleve
中心圆筛藻	<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg	翼鼻状藻*	<i>Proboisia alata</i> (Brightwell) Sundström
偏心圆筛藻	<i>Coscinodiscus excentricus</i> Ehrenberg	琴式沙网藻*	<i>Pseudonitzschia panduriforme</i> (Gregory) Mann
桥弯藻	<i>Cybellia</i> sp	尖刺伪菱形藻*	<i>Pseudonitzschia pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle
小环藻	<i>Cyclotella</i> sp	柔弱伪菱形藻*	<i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden
新月柱鞘藻*	<i>Cylindrotheca closterium</i> Reinann et Levin		

续表

中文名	拉丁文名	中文名	拉丁文名
距端假管藻*	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schulze) Sundström	轮状拟翼藻卵形变种	<i>Diplopsalis orbicularis</i> var. <i>ovata</i> (Paulsen) Mounier
培氏根管藻	<i>Rhizosolenia bergonii</i> Pérégall	双角球甲藻	<i>Dissodinium bicornis</i> (Kofoid & Swezy)
卡氏根管藻	<i>Rhizosolenia castracanei</i> Pérégall	钩球甲藻半环变种	<i>Dissodinium hamulus</i> Cleve var. <i>semicircularis</i> Schröder
钝棘根管藻半刺变型	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hansen) Gran	多纹膝沟藻	<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein
笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styliformis</i> Brightwell	膝沟藻	<i>Gonyaulax</i> sp.
刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	裸甲藻	<i>Gymnodinium</i> sp.
厚刺根管藻	<i>Rhizosolenia crassispina</i> Schröder	旋沟藻	<i>Gyrodinium spirale</i> Beigh
根管藻	<i>Rhizosolenia</i> sp.	异孢藻	<i>Heterocapsa triquetra</i> Stein
中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i> Surirey
掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmariana</i> (Greville) Grunow	鸟尾藻	<i>Ornithocercus</i> sp.
双菱藻	<i>Surirella</i> sp.	成列鸟尾藻	<i>Ornithocercus serratus</i> Kofoid
菱形海线藻	<i>Thalassionema nitshioides</i> Grunow	刺尖甲藻	<i>Oxytoxum scolopax</i> Stein
伏氏海线藻*	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff	不对称拟多甲藻*	<i>Peridiniopsis asymetrica</i> Mangin
海链藻	<i>Thalassiosira</i> sp.	具齿原甲藻	<i>Prorocentrum dentatum</i> Stein
细弱海链藻	<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostenfeld) Gran	纤细原甲藻	<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt
太平洋海链藻	<i>Thalassiosira pacifica</i> Gran & Angst	闪光原甲藻	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg
圆海链藻	<i>Thalassiosira rotunda</i> Mounier	反曲原甲藻	<i>Prorocentrum triestinum</i> Schiller
诺氏海链藻	<i>Thalassiosira nordenskioeldii</i> Cleve	双刺原多甲藻	<i>Protoperidinium bipes</i> (Paulsen) Balech
角海链藻*	<i>Thalassiosira angulata</i> (Gregory) Hasle	侧扁原多甲藻*	<i>Protoperidinium compressum</i> (Nie) Balech
长海毛藻	<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow	锥形原多甲藻*	<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech
美丽三角藻	<i>Triceratium formosum</i> Brightwell	窄脚原多甲藻*	<i>Protoperidinium claudicans</i> (Paulsen) Balech
甲藻门	Pyrrophyta	扁平原多甲藻*	<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech
血红阿卡藻*	<i>Akashiwo sanguinea</i> (Hirasaka) Hansen & Moestrup	日本原多甲藻	<i>Protoperidinium nipponicum</i> Alé
亚历山大藻	<i>Alexandrium</i> sp.	具点原多甲藻	<i>Protoperidinium punctatum</i> (Cleve)
梭状角藻	<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	梨状原多甲藻	<i>Protoperidinium pyriforme</i> Paulsen
梭状角藻苏提变种	<i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) var. <i>Schüttii</i> Lammemann	原多甲藻	<i>Protoperidinium</i> sp.
克氏角藻	<i>Ceratium kofoidii</i> Jørgensen	新月梨甲藻*	<i>Pyrocystis lunula</i> (Schütt) Schütt
线性角藻	<i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve	纺锤囊甲藻	<i>Pyrocystis fusiformis</i> Murray
三叉角藻	<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid	斯氏扁甲藻*	<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall & Dale
叉状角藻	<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Dujardin	帽状苏提藻*	<i>Schuetiella mitra</i> (Schütt) Balech
叉角藻短角变种	<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) var. <i>eugrammum</i> Jørgensen	锥状斯比藻	<i>Scripsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich
三角角藻	<i>Ceratium tripos</i> Nitsch	双角三管藻	<i>Triposolenia bicornis</i> Kofoid
美丽角藻	<i>Ceratium pulchellum</i> B. Schröder	金藻门	Chrysophyta
斯氏角藻	<i>Ceratium schrankii</i> Kofoid	海洋桥球石藻	<i>Gephyrocapsa oceanica</i> Kamptner
窄细角藻	<i>Ceratium strictum</i> (Okamura & Nishikawa) Kofoid	小等刺硅鞭藻	<i>Dityocha fibula</i> Ehrenberg
角藻	<i>Ceratium</i> sp.	六异刺硅鞭藻八幅变种	<i>Distephanus speculum</i> (Ehrenberg) var. <i>Odonarius</i> (Ehrenberg) Jørgensen
羊角角甲藻	<i>Ceratocorys horrida</i> Stein	贺胥黎艾氏颗石藻	<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay et Mohler
透镜翼藻	<i>Diplopsalis lenticula</i> (Beigh)	蓝藻门	Cyanophyta
		微囊藻	<i>Microcystis</i> sp.
		黎塞里藻	<i>Richelia intracellularis</i> Schmidt
		红海束毛藻	<i>Trichodesmium erythraeum</i> Ehrenberg
		铁氏束毛藻	<i>Trichodesmium thiebautii</i> Grunow et

* 种名的更改参见孙军等 (2002b)

表 2 调查区的浮游植物优势种

Tab 2 Phytoplankton dominant species in the survey area

物 种	出现频度	占细胞总量的百分比 (%)	优势度
柔弱伪菱形藻 <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	0. 560	0. 462	0. 259
旋链角毛藻 <i>Chaetoceros curvisetus</i>	0. 176	0. 335	0. 059
皇冠角毛藻 <i>Chaetoceros diadema</i>	0. 242	0. 091	0. 022
具齿原甲藻 <i>Prorocentrum dentatum</i>	0. 538	0. 020	0. 011
冰河拟星杆藻 <i>Asterionellopsis glacialis</i>	0. 187	0. 022	0. 004
菱形海线藻 <i>Thalassionema nitzschioides</i>	0. 527	0. 007	0. 004
洛氏角毛藻 <i>Chaetoceros lorenzianus</i>	0. 209	0. 007	0. 001
丛毛辐杆藻 <i>Bacteriastrium comosum</i>	0. 209	0. 005	0. 001
贺胥黎艾氏颗石藻 <i>Emiliania huxleyi</i>	0. 780	0. 001	0. 001

弱伪菱形藻 (*Pseudo-nitzschia delicatissima* = *Nitzschia delicatissima*)、旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*)、皇冠角毛藻 (*Chaetoceros diadema* = *Chaetoceros subsecundus*)、具齿原甲藻 (*Prorocentrum dentatum*)、冰河拟星杆藻 (*Asterionellopsis glacialis* = *Asterionella japonica*)、菱形海线藻 (*Thalassionema nitzschioides*)、洛氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、丛毛辐杆藻 (*Bacteriastrium comosum*)、贺胥黎艾氏颗石藻 (*Emiliania huxleyi*)，其优势度和出现频度见表 2。它们大多是南海常见物种。菱形藻几乎在所有站位上都出现了，但细胞丰度上以柔弱伪菱形藻占优势，而且出现频度较高，是海区中的最优势物种。另外角毛藻优势度也较高，由于其常形成链状群体长时间停留在真光层，对初级生产力的贡献也很大。甲藻最优势的物种是具齿原甲藻，出现频度低于柔弱伪菱形藻，但丰度不高，仅占 2. 0%。金藻门的贺胥黎艾氏颗石藻出现频度仅次于菱形藻，但丰度仅占 0. 1%。

柔弱伪菱形藻是海区中的最优势物种。这种藻细小，壳面梭形，很狭，两端尖，长 45—85. 5 μm ，宽 2. 2—3. 0 μm ，细胞靠末端相叠成不曲的链，相连部分仅达细胞长度的七分之一。温带沿岸性物种，在近岸表层丰度很高，但它也可以向外海及垂向分布，反映了这种藻对温盐和营养盐的适

应范围较大。

皇冠角毛藻 (原名冕孢角毛藻) 是沿海性北温带至北极的物种，对温度和盐度适应范围很大，故在世界上分布也很广，在渤海、东海、黄海、南海均有分布，而且在本次调查中发现其大量出现于近海断面。旋链角毛藻是广温性沿岸物种，在细胞丰度上能占到第 2 位，但其分布范围却很窄，说明了它的生态适应范围较小。而洛氏角毛藻为沿岸性热带和温带物种，分布很广，在南海北部湾全年都能采到。

冰河拟星杆藻 (原名日本星杆藻) 是南海北部近岸海域浮游植物常见优势物种，可在全年温度范围 (14—32. 8℃) 内形成细胞丰度高峰并发生水华 (1999 年春大亚湾发生过此藻水华) (王朝晖等, 2004)，是广温性浮游植物，可在 0—30℃ 之间生长，但对营养盐适应能力较低，主要靠其对温度的广泛适应来与其他浮游植物竞争。虽然它对温度的适应能力较强，但它常不能成为浮游植物第一优势种，而是与其他优势物种相伴出现。

具齿原甲藻整体上呈披针形，个体微小，最显著的特征是细胞两头尖，细胞上部一侧具很长的三角形齿状突起，细胞下部呈尖锥状，营单细胞生活，是近年来新出现的赤潮原因种，能在适宜条件下迅速繁殖，一般是春季生物量最大，曾

多次在长江口水域形成特大赤潮。在本次调查中出现频率较高,但细胞丰度并不多。不过值得一提的是,在 S2-01 站位的 5m 层该藻丰度相当高,达到了 195.50×10^3 个/L。

在调查区还有大量微囊藻 (*Microcystis* sp.) 出现,其分布特征是从近岸向外海、表层到底层逐渐减少。微囊藻隶属蓝藻门色球藻科,常形成具有胶质被的球形群体,往往有气泡(假空胞),自由漂浮于水中,或附着于水中的各种基质上,多数生活于淡水中,罕生于海水或盐水中。它的出现正好说明夏季珠江径流对调查区各环境因子有很大的影响,由于近岸泥沙较多,附在微囊藻群体表面,因此未将微囊藻计数在内,但其细胞丰度很多,对初级生产力也有很大的贡献。此外海区中还有红海束毛藻 (*Trichodesmium erythraeum*) 和铁氏束毛藻 (*Trichodesmium thiebautii*) 出现。束毛藻是一种具有固氮能力的丝状蓝藻,长度大约为 0.5—3mm (Carpenter *et al.* 1991),细胞体内具有气泡,能适度的调节浮力,使其在水体垂直运动及生长时调节压力,或在缓慢的生长下增加在真光层的停留时间,并于表层形成水华 (Walby, 1978),一般分布在热带及亚热带的贫营养盐海域,对海区的新生产力贡献很大。

2.3 浮游植物的形态功能学

调查区的硅藻多以长链状的伪菱形藻、角毛藻、拟星杆藻和海线藻等大而长的硅藻为主,反映了调查区浮游植物对环境形态的适应 (郑义水等, 1991)。首先对于营养盐,这种细长的形态可以增加细胞表面积/体积比,有利于营养盐的吸

收,特别是对磷酸盐等限制性营养盐的吸收。另外,这些长链的细胞在下沉的过程中由于搅动可以较短小的细胞有更大的细胞营养盐通量 (Karp-Boss *et al.* 1996)。其次,这些大细胞的形态在抵御下沉方面也有有利的一面,可以使细胞长时间停留在真光层进行光合作用。再次,这些大而长的细胞或细胞群体不容易被摄食,也是对浮游动物摄食压力的一种对抗。海区也出现了原多甲藻属的多个物种,尽管它们可以摄食较小的硅藻细胞链 (Jacobson *et al.* 1986),但由于其细胞丰度较小,所以对调查区浮游植物群集的影响不是很大。以上这些因素造成了此海区浮游植物群集以大细胞或小细胞的硅藻链状群体为主。

2.4 浮游植物的细胞丰度

调查海区浮游植物平均丰度为 $(115.05 \pm 438.89) \times 10^3$ 个/L ($n=91$)。其中浮游硅藻类平均丰度为 111.71×10^3 个/L, 占总丰度的 97.10%; 浮游甲藻类平均丰度为 2.73×10^3 个/L, 占总丰度的 2.37%; 浮游金藻类平均丰度为 0.35×10^3 个/L, 占总丰度的 0.31%; 蓝藻类平均丰度为 0.25×10^3 个/L, 占总丰度的 0.22%。

同 1999 年历史同期水样浮游植物细胞丰度 (朱根海等, 2003) 资料相比较, 表层细胞丰度增加一倍 (1999 年 8 月为 1.81×10^5 个/L), 分布趋势相似, 优势物种虽有变化 (1999 年 8 月为菱形海线藻), 但同为广布性类群。夏季南海北部浮游植物细胞丰度同历年调查结果的比较见表 3。

表 3 南海夏季水样浮游植物丰度和以前水样或网样浮游植物丰度的比较
Tab. 3 Comparison historical data of phytoplankton cell abundance in the South China Sea

采样时间	层次	鉴定 物种数	平均丰度 / $\times 10^3$ 个/L	采样位置		参考文献
2004 年 8—9 月	0—200m	162	115.000	18°—22°N,	110°—117°E	本研究
2004 年 8—9 月	表层	112	387.000	18°—22°N,	110°—117°E	本研究
1999 年 8 月	表层	58	181.000	18°—22°N,	105°—117°E	朱根海等, 2003
1998 年 6—7 月	表层	63	0.830	5°—25°N,	105°—120°E	朱根海等, 2003
1985 年 6 月	0—200m	152	0.400	3°47′—4°02′N,	111°58′—112°25′E	中国科学院南海海洋研究所, 1987
1984 年 12 月	0—200m	177	0.028	12°—19°30′N,	111°—118°E	中国科学院南海海洋研究所, 1988
1984 年 7 月	0—200m	177	0.014	12°—19°30′N,	111°—118°E	中国科学院南海海洋研究所, 1988
1979 年 6—7 月	0—75m	204	0.050	17°—23°N,	113°—120°E	叶嘉松等, 1983
1979 年 6—7 月	0—200m	287	20.000	17°—23°N,	112°—120°E	中国科学院南海海洋研究所, 1985
1978 年 6 月	0—75m	60	0.100	12°—15°N,	116°—118°E	郭玉洁, 叶嘉松, 1982

* 为表示各个季节总种数
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

2.4.1 表层平面分布特征 调查海域表层浮游植物平均丰度为 387.47×10^3 个/L。其中浮游硅藻类平均丰度为 384.38×10^3 个/L, 占表层总丰度的 99.20%; 浮游甲藻类平均丰度为 1.70×10^3 个/L, 占表层总丰度的 0.44%; 浮游金藻类平均丰度为 0.42×10^3 个/L, 占表层总丰度的 0.11%; 蓝藻类平均丰度为 0.97×10^3 个/L, 占表层总丰度的 0.25%。表层水体浮游植物丰度的平面分布如图 2a 从中可看出浮游植物丰度从沿岸向外海迅速减少, 在广东沿岸和珠江口附近存在几个浮游植物细胞丰度的高值区, 出现这种分布特征是各种环境因素综合作用的结果。珠江口附近海区丰度较高, 是因为河口径流带来丰富

的陆源物质, 不断补充浮游植物光合作用所消耗的营养盐, 从而使浮游植物的生长不存在营养盐的限制, 故会出现密集区。广东沿岸受到陆源营养盐(珠江口径流大量入海)和西北太平洋外海水以及西南季风的作用和影响, 海南岛东北沿岸区域营养盐丰富, 水体肥沃且相对稳定, 给浮游植物生长、繁殖带来了有利条件。而且该海区还存在上升流区, 带来富含营养盐的下层较冷海水(袁叔尧等, 1998), 也是形成浮游植物密集的主要原因。丰度最高值出现在 S1-001 站附近, 其细胞丰度可达 3051.96×10^3 个/L; 最低值出现在 S2-007 站附近, 其细胞丰度只有 0.34×10^3 个/L。

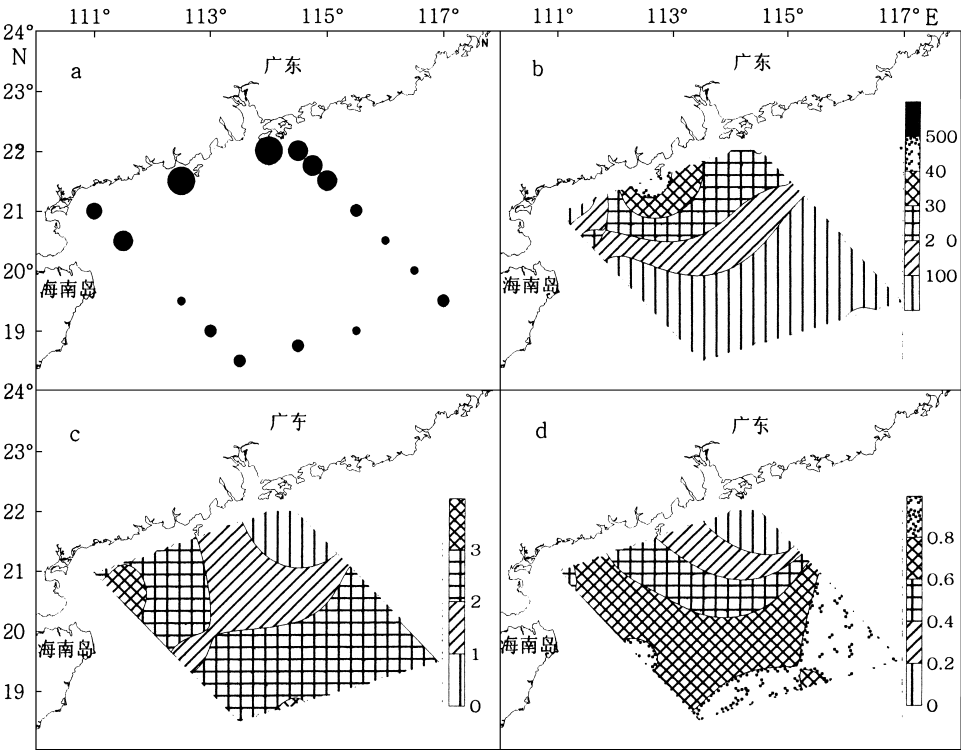


图 2 表层水体浮游植物细胞丰度、硅甲藻比率、Shannon-Wiener 多样性指数和均匀度指数在各测站的分布
a 细胞丰度, 单位: 个/L; b. 硅甲藻比率; c Shannon-Wiener 多样性指数; d 均匀度指数

Fig 2 Horizontal distribution of phytoplankton cell abundance, ratio of diatom to dinoflagellates, Shannon-Wiener diversity index and evenness index in surface water in the survey area

a Cell abundance, unit cells/L; b Ratio of diatom to dinoflagellates; c Shannon-Wiener diversity index; d Evenness index

2.4.2 垂直分布特征 从 S1 断面 ($n = 6$ 剔除 S1-02、S1-08 两个连续观测站)、S2 断面 ($n = 6$)、近海断面 ($n = 4$ 包括 G、E、S1-01、S2-01)、外海断面 ($n = 4$ 包括 N、M、S1-10、S2-10 断面) 4 个断面分析调查区浮游植物细胞丰度的垂直分布

总体特征, 得出的结论是: 浮游植物丰度随着深度的增加而减少, 只有 S2 断面出现了次表层最大值现象, 其中近海断面浮游植物丰度明显高于其他 3 个断面, 平均值高达 $(359.39 \pm 701.67) \times 10^3$ 个/L; 而外海断面则是丰度平均值最低的,

表 4 调查区浮游植物丰度的垂直分布 (× 10³ 个 /L)

Tab. 4 Vertical distribution of cell abundance at the survey stations(× 10 ³ cells/L)								
深度 (m)	S1断面		S2断面		近海断面		外海断面	
	<i>X</i> ± <i>SD</i>	<i>n</i>	<i>X</i> ± <i>SD</i>	<i>n</i>	<i>X</i> ± <i>SD</i>	<i>n</i>	<i>X</i> ± <i>SD</i>	<i>n</i>
0	733. 14±1186. 58	6	26. 67±49. 98	6	1162. 35±1456. 84	4	1. 24±0. 30	4
5			226. 64	1	817. 04±1213. 51	3		
10	46. 00±77. 69	5	29. 70±67. 24	6	116. 20±131. 80	4	0. 90±0. 38	4
17					43. 66	1		
20					8. 47	1		
25	12. 78±18. 50	6	9. 96±19. 88	6	8. 62±4. 54	2	1. 52±0. 32	4
50	9. 79±15. 85	5	3. 00±4. 30	5			1. 93±0. 51	4
65	48. 13	1						
75	3. 83±2. 67	4	2. 17±2. 45	4			2. 17±0. 74	4
90			7. 11	1				
100	1. 18±0. 70	3	0. 84±0. 62	3			1. 17±0. 27	4
150	1. 38±0. 75	2	0. 68±0. 31	3			0. 73±0. 19	4
平均值	107. 03±176. 10		34. 09±20. 68		359. 39±701. 67		1. 38±0. 39	

注: *n* 为调查站位数

只有 (1. 38 ±0. 39) × 10³ 个 /L(表 4)。

2. 4. 3 各浮游植物类群分布特征 由图 2b可以看出,硅藻和甲藻的比率越靠近外海越低,说明在大洋中甲藻的比重增加。受夏季太平洋的高温高盐水团影响(苏纪兰等, 1999),使得近海性浮游硅藻物种丰富度和细胞丰度大大减少,而大洋暖水性浮游硅藻和甲藻则显著增加。较高的盐度(大于 30)和温度(大于 30℃)会限制浮游植物近岸低盐种的生长繁殖,但对于耐高盐、大洋暖水性的浮游植物的生长(以甲藻和蓝藻类为主)则有利。在海南岛东北部由于受大陆径流沿岸冲淡水的影响,盐度低于 30 浮游植物以近岸物种居多,尤以硅藻类最多(图 3)。

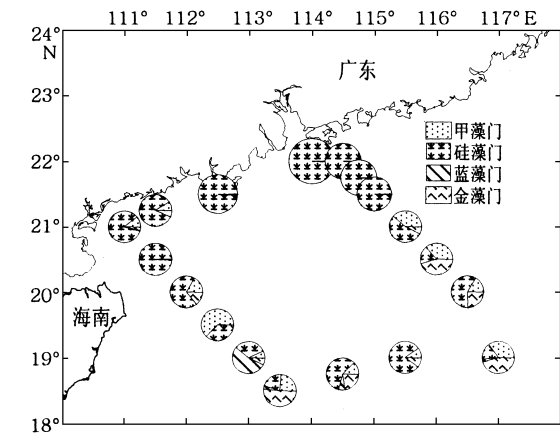


图 3 浮游植物在各测站的组成

2. 5 浮游植物群落的多样性分布

调查区表层浮游植物的 Shannon-W iener多样性指数平均为 2. 08 ±1. 12 均匀度指数平均为 0. 59 ±0. 33 同世界其他海区相比较这两个指数处于低水平(孙 军等, 2001), 它们的平面分布分别示于图 2c和图 2d. 但是可以从图 2a d中可以看出调查区南部的浮游植物群落多样性程度是较高的, Shannon-W iener多样性在调查区西部和南部较高,最高值可达 3. 54 均匀度指数在 S1-08附近达到最大值 0. 92。

2. 6 浮游植物与环境因子的关系

通过对浮游植物细胞丰度与环境因子(水文和营养盐资料由国家海洋局南海分局提供)的相关性分析(表 5)表明,调查区浮游植物细胞丰度和叶绿素 *a*、铵盐以及溶解氧呈密切的正相关关系,而跟盐度则有密切的负相关关系。叶绿素 *a* 浓度是表征光能自养生物量和反映海水肥瘠程度的重要指标,它的浓度变大自然意味着浮游植物细胞丰度也增大,反过来也成立,因此二者是正反馈的关系。铵是浮游植物生长所需要的主要氮源之一,而且循环迅速,是浮游植物利用氮的最佳的形态(杨嘉东, 1993)。在调查区的沿岸海域铵盐主要由陆源和海底沉积物提供,因此铵盐丰富,浮游植物细胞丰度也很高。而在大洋区,铵盐则主要由大气降水溶入或由平流输送补充给表层,或由浮游动物的直接排泄或由有机质碎屑经细菌分解而释放出来。浮游

动物具有白天向下迁移和晚上向上迁移的习性, 尤其直接排泄的氨氮可以均匀地分布在浅层水体, 而且表层水温较高, 异养细菌的细胞丰度也比较多, 有机氮经细菌分解而产生的第一个无机产物也是氨氮, 直接被浮游植物利用, 因此铵盐跟浮游植物生长呈密切正相关。在真光层中氧总是过饱和的, 这也证明光合作用在进行, 或者说浮游植物在生长。夏季大洋区因为高温蒸发强, 外加西太平洋的高温高盐水团和黑潮

水的影响, 温盐跃层强度是一年中最强的, 水体稳定度增加, 表层营养盐被消耗殆尽, 而下层富含营养盐海水又补充不上来, 形成浮游植物细胞丰度稀少区。与此形成对比的是近岸浮游植物高生物量区域, 这是由于珠江冲淡水的影响使得沿岸盐度较低, 更适合浮游植物的生长繁殖。这也从反面说明了盐度和浮游植物细胞丰度的负相关关系。

表 5 浮游植物细胞丰度与环境因子的 Pearson相关性									
Tab 5 Pearson correlation analysis between phytoplankton cell abundance and environmental factors									
项目	温度	盐度	叶绿素 <i>a</i>	铵盐	亚硝酸盐	硝酸盐	磷酸盐	硅酸盐	溶解氧
Pearson相关系数	0.220 [*]	- 0.785 ^{**}	0.878 ^{**}	0.395 ^{**}	0.129	- 0.004	- 0.104	0.169	0.412 ^{**}
二尾检验显著性	0.036	0.000	0.000	0.000	0.224	0.969	0.326	0.109	0.000
样品数	91	91	67	91	91	91	91	91	91

* 相关的显著性水平是 0.05; ** 相关的显著性水平是 0.01

3 结论

- (1)夏季南海北部海域的浮游植物主要以硅藻为主, 但甲藻在群落中的比重也很明显, 在个别站位上会成为优势类群。浮游植物物种的生态类型多为热带暖水性类群和广布性类群。
- (2)夏季南海北部海域浮游植物优势物种为柔弱伪菱形藻、旋链角毛藻、皇冠角毛藻、具齿原甲藻、冰河拟星杆藻、菱形海线藻、洛氏角毛藻、丛毛辐杆藻和贺胥黎艾氏颗石藻。
- (3)调查区浮游植物群落物种组成的形态是和其抵御下沉、营养盐吸收和防御摄食等生态策略密切相关。
- (4)调查海区浮游植物平均丰度为 (115. 05 × 10³ ± 438. 89 × 10³) 个 /L (*n* = 91)。细胞丰度以硅藻占绝对优势, 甲藻次之。
- (5)调查区浮游植物表层细胞丰度的平面分布从沿岸向外海迅速减少, 高值区分布在广东沿岸和珠江口附近海域。同 1999 年同期资料相比, 浮游植物细胞丰度增加一倍, 但平面分布大致相等。
- (6)调查区浮游植物细胞丰度的垂直分布总体特征是: 浮游植物丰度随着深度的增加而减少。细胞丰度密集区位于表层水体, 只有 S2 断面出现了次表层最大值现象, 其中近海断面浮游植物丰度明显高于其他 3 个断面。
- (7)虽然整个调查区浮游植物群落的多样性

- 程度是低的, 但在调查区西部和南部浮游植物群落的多样性程度是较高的。
- (8)调查区浮游植物细胞丰度和叶绿素 *a*、铵盐以及溶解氧呈密切的正相关关系, 而跟盐度则有密切的负相关关系。
- 这些初步的结果为今后更深入的分析提供了基础资料, 进一步需要做的工作是南海北部浮游植物群落的短时相变化研究, 这对理解南海生态系统的过程有重要意义, 是今后需要加强的方面。
- 参 考 文 献
- 中国科学院南海海洋研究所, 1985. 南海海区综合调查研究报告. 北京: 科学出版社, 332—357
- 中国科学院南海海洋研究所, 1987. 曾母暗沙-中国南疆综合调查研究报告. 北京: 科学出版社, 106—131
- 中国科学院南海海洋研究所, 1988. 南海中部海域环境资源综合调查报告. 北京: 科学出版社, 162—231
- 王朝晖, 齐雨藻, 徐 宁等, 2004. 大亚湾日本星杆藻种群动态及其与环境因子的关系. 中国环境科学, 24(1): 32—36
- 叶嘉松, 林永水, 袁文彬, 1983. 东沙群岛周围海域夏季浮游植物的数量分布. 中国科学院南沙综合科学考察队编. 南海海洋生物研究论文集 (一). 北京: 海洋出版社, 1—6
- 孙 军, 刘东艳, 2002h. 中国海区常见浮游植物种名更改初步意见. 海洋与湖沼, 33(3): 271—286

孙 军, 刘东艳, 宁修仁等, 2003. 2001/2002年夏季南极普里兹湾及其邻近海域的浮游植物. 海洋与湖沼, 34(5): 519—532

孙 军, 刘东艳, 杨世民等, 2002a. 渤海中部和渤海海峡及邻近海域浮游植物群落结构的初步研究. 海洋与湖沼, 33(5): 461—471

孙 军, 刘东艳, 钱树本, 2002b. 一种海洋浮游植物定量研究分析方法——U term hl方法的介绍及其改进. 黄渤海海洋, 20(2): 105—112

孙 军, 刘东艳, 魏 皓等, 2001. 琉球群岛邻近海域浮游植物多样性的模糊综合评判. 海洋与湖沼, 32(4): 445—453

孙 松, 张永山, 吴玉霖等, 2005. 胶州湾初级生产力周年变化. 海洋与湖沼, 36(6): 481—486

朱根海, 宁修仁, 蔡昱明等, 2003. 南海浮游植物物种组成和丰度分布的研究. 海洋学报, 25(增刊 2): 8—23

吴玉霖, 孙 松, 张永山等, 2004a. 胶州湾浮游植物数量长期动态变化的研究. 海洋与湖沼, 35(6): 518—523

吴玉霖, 孙 松, 张永山等, 2005. 环境长期变化对胶州湾浮游植物群落结构的影响. 海洋与湖沼, 36(6): 487—498

吴玉霖, 傅月娜, 张永山等, 2004b. 长江口海域浮游植物分布及其与径流的关系. 海洋与湖沼, 35(3): 246—251

李超伦, 张 芳, 申 欣等, 2005. 胶州湾叶绿素的浓度、分布特征及其周年变化. 海洋与湖沼, 36(6): 499—506

杨嘉东, 1993. 南海中部海域铵浓度及其与浮游植物的关系. 台湾海峡, 12(4): 369—375

苏纪兰, 许建平, 蔡树群, 1999. 南海的环流和涡旋. 丁一汇, 李崇银编. 南海季风暴发和演变及其与海洋的相互作用. 北京: 气象出版社, 66—72

郑义水, 周秋麟译. 弗恩伯格 F J 弗恩伯格 W B 主编, 1991. 海洋生物的功能适应. 北京: 海洋出版社, 1—126

袁叔尧, 邓九仔, 1998. 南海北部的温盐热结构——IV. 南海北部的热状况及其季节变化特征. 南海研究与开发, 3—4: 19—25

郭玉洁, 1976. 南海圆筛藻属的五个新种. 海洋科学集刊, 11: 77—90

郭玉洁, 1981. 南海浮游圆筛藻的分类研究. 海洋科学集刊, 18: 149—179

郭玉洁, 1983. 三十年来我国海洋浮游植物的研究. 第一届中国藻类学术讨论会论文集. 北京: 科学出版社, 9—14

郭玉洁, 叶嘉松, 周汉秋, 1983. 西沙、中沙群岛海域的角藻. 海洋科学集刊, 20: 70—108

郭玉洁, 周汉秋, 1985. 中沙和西沙群岛附近海域的浮游硅藻区系. 海洋科学集刊, 24: 87—97

郭玉洁, 周汉秋, 叶嘉松, 1978. 条纹藻属的一个新种——南海条纹藻. 海洋科学集刊, 12: 53—58

郭玉洁, 周汉秋, 叶嘉松, 1979. 西沙群岛和中沙群岛及其附近海域囊甲藻属的分类研究. 海洋科学集刊, 15: 47—55

郭玉洁, 叶嘉松. 1982. 南海中部海域浮游植物的水平和垂直分布. 南海海区综合调查研究报告(一). 北京: 科学出版社, 217—230

黄长江, 杜 虹, 陈善文等, 2004. 2001—2002年柘林湾大量营养盐的时空分布. 海洋与湖沼, 35(1): 21—29

Carpenter E J McCarthy J J 1975 Nitrogen fixation and uptake of combined nitrogenous nutrients by *Oscillatoria (Trichodesmium) thiebautii* in the western Sargasso Sea. Limnology and Oceanography, 20: 389—401

Carpenter E J Romans K, 1991. Major role of the cyanobacterium *Trichodesmium* in nutrient cycling in the North Atlantic Ocean. Science, 254: 1356—1358

Jacobson DM, Anderson JM, 1986. Thecate heterotrophic dinoflagellate feeding behaviour and mechanisms. Journal of Phycology, 22: 249—258

Karp-Boss L, Boss E, Jumars P A, 1996. Nutrient fluxes to planktonic osmotrophs in the presence of fluid motion. Oceanography and Marine Biology: an Annual Review, 34: 71—107

Rabitti S, Bianchi F, Boldrin A *et al*, 1994. Particulate matter and phytoplankton in the Ionian Sea. Acta Oceanologica, 17(3): 297—307

Tom as C R ed, 1997. Identifying Marine Phytoplankton. San Diego: Academic Press, 1—858

Walsby A E, 1978. The properties and buoyancy-providing role of gas vacuoles in *Trichodesmium* Ehrenberg. British Phycological Journal, 13: 103—116

Yanaji I, 1984. Illustrations of The Marine Plankton of Japan. Hoikusha Publishing Co Ltd, 1—538

PHYTOPLANKTON IN THE NORTHERN SOUTH CHINA SEA IN SUMMER 2004

LE Feng-Feng SUN Jun, NING Xi-Ren, SONG Shu-Qun, CAI Yu-Ming, LIU Cheng-Gang

(Key Laboratory of Marine Ecology & Environmental Science, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071; Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012)

(Key Laboratory of Marine Ecology & Environmental Science, Institute of Oceanology,
Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

(Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012)

Abstract The investigation in the northern South China Sea (18° — 25° N, 110° — 118° E) in summer 2004 on phytoplankton was carried out with samples taken from 18 grid stations and the results are reported in this paper. A total of 161 taxa belonging to 74 genera of 4 classes were identified by Utermöhl method, in which diatoms were predominant and coexisted with dinoflagellates, silicoflagellates and cyanobacteria. The average cell abundance of phytoplankton was (115046 ± 438891) cells/L ($n=91$). The dominant species were *Pseudo-nitzschia delicatissima*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros diadema*, *Prorocentrum dentatum* and *Asterionella glacialis*, etc. among them *Pseudo-nitzschia delicatissima* is most dominated. The average cell abundance of phytoplankton in surface water reduced rapidly from coastal zone to open sea. A high abundance of phytoplankton occurred in coastal seawaters of Guangdong Province and in the Zhujiang (Pearl River) Estuary. Compared with the historical phytoplankton data, the cell abundance of our survey doubled that of summer 1999, but horizontal pattern of the cell abundance was similar. Vertical profiles of cell abundance in survey area showed that with the increase in depth, the cell abundance decreased rapidly. Subsurface maximum cell abundance found only at Section 2, cell abundance in the other stations was high in surface layers. Pearson Correlation Analysis of phytoplankton cell abundance with environmental factors showed that the phytoplankton abundance correlated positively to the ammonia, chlorophylla and dissolved oxygen, and negatively correlated to the salinity. The Shannon-Wiener biological diversity index and Evenness of phytoplankton community in survey area were low.

Key words Phytoplankton, Northern South China Sea, Species composition, Horizontal distribution, Environmental factors