

# 浮游植物生物量研究\*

## II. 胶州湾网采浮游植物细胞体积转换生物量

孙军 刘东艳 钱树本

(青岛海洋大学海洋生命学院, 青岛 266003)

**摘要** 基于浮游植物细胞体积转换法获得的胶州湾浮游植物细胞生物量, 计算了胶州湾水体中网采浮游植物生物量, 并与浮游植物细胞计数结果进行了周年变化的比较和优势种分析. 研究表明, 调查期内, 浮游植物细胞数量出现两次高峰(主峰1月份, 次峰9月份), 转换生物量仅出现一次高峰(8月份); 优势种分析表明, 上述峰值期的不同, 与浮游植物群落结构及不同种群细胞的个体大小密切相关. 浮游植物细胞体积转换生物量不仅能较客观地反映浮游植物现存量, 又能从群落、种群结构角度解释能量分布及不同种群对浮游植物生物量的各自贡献.

**关键词** 浮游植物 细胞体积转换生物量 胶州湾 网采浮游植物

**中图法分类号:** P735

### 1 引言

以往胶州湾水域浮游植物生物量研究基本上依据浮游植物细胞计数和叶绿素 a 的结果<sup>[1-3]</sup>. 由于浮游植物不同种群的细胞大小差别很显著, 所以应用浮游植物细胞计数结果来进行生态动力学研究, 会带来较大误差; Banse, de Jonge, Gieskes 和 Kraay 等<sup>[4]</sup>又证明了叶绿素 a 估算浮游植物生物量的不可靠性.

本文根据 1995 年 3 月至 1996 年 1 月间于胶州湾所获浮游植物细胞计数资料, 通过浮游植物生物量细胞体积转换法, 将计数结果转换为浮游植物碳含量、氮含量. 比较了计数法和转换法所得生物量之间的差异, 并将转换生物量与同步采样的叶绿素 a 含量进行了比较. 结果表明浮游植物细胞计数法和转换法所得生物量之间是有明显差异的. 另一方面, 用细胞体积转换法可以将以往调查资料中的细胞计数结果有效地转换为生态动力学所需的碳含量等测定生物量.

本文于 1998-05-18 收到; 修改稿于 1998-11-25 收到.

\* 国家自然科学基金资助项目(编号: 49376277), 同时得到国家教委的资助.

第一作者简介: 孙军, 男, 26岁, 助教, 硕士, 从事浮游植物生态学研究.

## 2 材料和方法

### 2.1 采样、鉴定和细胞计数

样品 1995 年 3 月至 1996 年 1 月采自胶州湾, 每两月取一次样, 取样站位与文献[5]相同. 1995 年 3~11 月每航次设有 8 个大面站和 1 个连续站, 最后一航次(1996 年 1 月)为 6 个大面站.

采样工具为小型浮游生物网(网口直径 37 cm, 网口面积 0.1 m<sup>2</sup>, 网身长 270 cm, 网目 76 μm), 采样方式为在每个调查站位自底至表垂直拖网一次. 样品用 5% 甲醛固定和保存. 结合联合国教科文组织推荐的《浮游植物手册》<sup>[7]</sup>, 进行浮游植物种类鉴定和浮游植物细胞计数.

### 2.2 网采浮游植物转换生物量计算

浮游植物细胞碳含量和氮含量来源于细胞体积转换法, 细胞体积应用相似几何体积拟合的方法获得<sup>[5]</sup>. 网采浮游植物转换生物量应用表 1 公式<sup>[6]</sup>计算.

表 1 网采浮游植物体积、碳含量、氮含量计算方法

计算项目	计算公式
网采浮游植物体积	$\sum_{i=1}^m V = (V_1) \cdot (n_1) + (V_2) \cdot (n_2) + \dots + (V_m) \cdot (n_m)$
网采浮游植物碳含量	$\sum_{i=1}^m C = (C_1) \cdot (n_1) + (C_2) \cdot (n_2) + \dots + (C_m) \cdot (n_m)$
网采浮游植物氮含量	$\sum_{i=1}^m N = (N_1) \cdot (n_1) + (N_2) \cdot (n_2) + \dots + (N_m) \cdot (n_m)$

表 1 中  $V$  为网采浮游植物体积;  $m$  为样品中浮游植物种类出现的数量;  $i$  表示第  $i$  种浮游植物;  $V_i$  和  $n_i$  分别代表第  $i$  种浮游植物的细胞体积和种群数量; 求出的网采浮游植物体积乘以 1.1 g/cm<sup>3</sup> 后转换为鲜重<sup>[7]</sup>;  $C$  为网采浮游植物转换碳含量,  $C_i$  代表第  $i$  种浮游植物的细胞转换碳含量;  $N$  为网采浮游植物转换氮含量,  $N_i$  代表第  $i$  种浮游植物的细胞转换氮含量.

## 3 结果和讨论

### 3.1 胶州湾浮游植物生物量

根据胶州湾浮游植物细胞计数资料, 通过表 1 方法, 得到胶州湾网采浮游植物月平均转换生物量如表 2、表 3.

表 2 1995~1996 年胶州湾大面站浮游植物生物量 (碳含量和氮含量单位为 mg·m<sup>-3</sup>)

时间	细胞数量/ × 10 <sup>4</sup> ·m <sup>-3</sup>	鲜重/ mg·m <sup>-3</sup>	碳含量 (Eppley 方法)	碳含量 (Strathmann 方法)	碳含量 (Taguchi 方法)	氮含量 (Taguchi 方法)
1995-03	264.36	2 160.08	6.16	5.10	2.83	0.55
1995-05	16.79	1 541.71	1.41	1.16	0.62	0.10
1995-08	629.37	73 199.51	58.27	48.03	25.35	4.25
1995-09	844.75	6 681.41	18.17	15.02	8.17	1.52
1995-11	346.33	7 962.46	17.76	14.69	7.92	1.41
1996-01	1 418.10	21 622.00	9.21	7.64	4.23	0.84

表 3 1995 年胶州湾连续站浮游植物生物量 (碳含量和氮含量单位为  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ )

时间	细胞数量/ $\times 10^4\cdot\text{m}^{-3}$	鲜重/ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	碳含量 (Eppley 方法)	碳含量 (Strathmann 方法)	碳含量 (Taguchi 方法)	氮含量 (Taguchi 方法)
1995-03	247.95	1 601.34	4.59	4.03	2.11	0.41
1995-05	80.72	2 613.67	2.36	1.94	1.04	0.18
1995-08	608.60	140 500.90	107.95	85.83	46.57	7.69
1995-09	2 499.53	9 808.08	30.72	32.70	13.91	2.65
1995-11	255.10	6 323.05	13.54	11.57	6.02	1.06

### 3.2 胶州湾浮游植物生物量的周年变化

根据胶州湾浮游植物转换生物量结果和浮游植物细胞计数结果资料对比,可得图 1、图 2.

由图 1 可知胶州湾浮游植物细胞数量的主高峰出现在 1 月,次高峰出现在 9 月,而碳含量(转换生物量)主高峰出现在 8 月. 1996 年 1 月浮游植物优势种为中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*) 和加氏拟星杆藻<sup>[8]</sup> (*Asterionellopsis kariana* = 加氏星杆藻 *Asterionella kariana*) 等, 优势度分别为 0.555 和 0.242. 这两种藻的细胞体积较小, 单个细胞生物量较低, 所以 1 月细胞数量虽多但生物量较少. 8 月的优势种为拟旋链角刺藻 (*Chaetoceros pseudocurvisetus*)、星脐圆筛藻 (*Coscinodiscus asteromphalus*)、旋链角刺藻 (*Chaetoceros curvisetus*) 等, 9 月的优势种为中肋骨条藻、柔弱角刺藻 (*Chaetoceros delicatula*)、柔弱根管藻 (*Rhizosolenia delicatula*) 等. 星脐圆筛藻要比中肋骨条藻体积大很多倍, 所以虽然 8 月的细胞数量不如 9 月, 但碳含量却比 9 月为高. 同样, 图 2 中的浮游植物细胞数量高峰出现在 9 月而碳含量高峰却出现在 8 月.

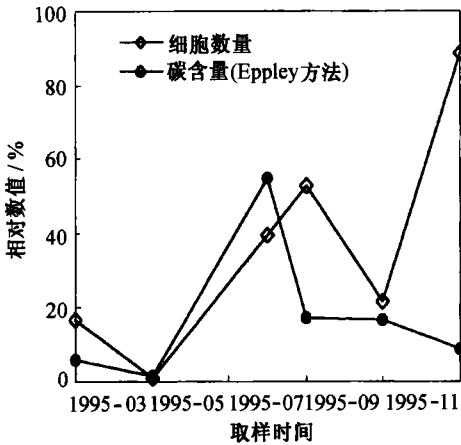


图 1 大面站浮游植物碳含量(转换生物量)与细胞数量的比较

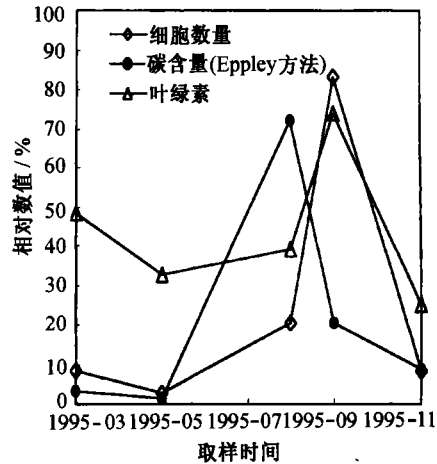


图 2 连续站浮游植物碳含量(转换生物量), 叶绿素 a 含量和细胞数量的比较

### 3.3 转换生物量和同步采样的叶绿素 a 含量比较.

由图 2 可知, 胶州湾浮游植物叶绿素 a 含量的高峰出现在 9 月, 和浮游植物细胞数量同步, 这是由于随着细胞数量的增加叶绿素 a 含量也必然增加的缘故. 虽然每个浮游植物细胞

都有色素体,但细胞色素体中色素含量的变化很大,且影响的因素也多,因此叶绿素 a 含量和细胞碳含量的相关性比和细胞数量的相关性相对较差。浮游植物细胞体积和细胞碳含量相关性较好。细胞碳含量的变化比叶绿素 a 含量的变化相对稳定,所以用细胞体积转换法所获得的碳含量来表示生物量更合理一些。

### 3.4 种群及优势种分析.

根据大面站调查资料和计算结果,图 3,4,5 分别表示 1995 年 8,9 月和 1996 年 1 月胶州湾浮游植物优势种的细胞数量与转换生物量相对百分比比较。

由图 3 可知,1995 年 8 月星脐圆筛藻细胞数量相对百分比只有 0.117 而碳含量相对百分比却为 0.35,与此相反拟旋链角刺藻细胞数量相对百分比高达 0.484 而碳含量相对百分比却

只有 0.067;1995 年 9 月(图 4)和 1996 年 1 月(图 5)细胞数量和转换生物量相对百分比的比较结果和 1995 年 8 月类似。这表明细胞体积不同的种类对群落生物量的贡献是不同的,因此,在细胞计数的结果中将它们等同对待,就不能反映出不同种群在群落生物量中的异质性。

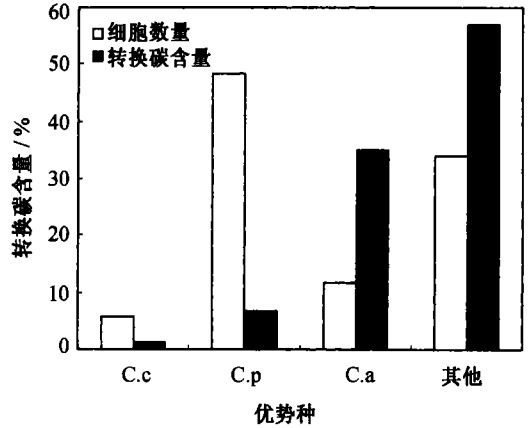


图 3 1995 年 8 月胶州湾浮游植物细胞数量和转换碳含量的优势种相对百分比的比较  
C.c=旋链角刺藻 C.p=拟旋链角刺藻 C.a=星脐圆筛藻

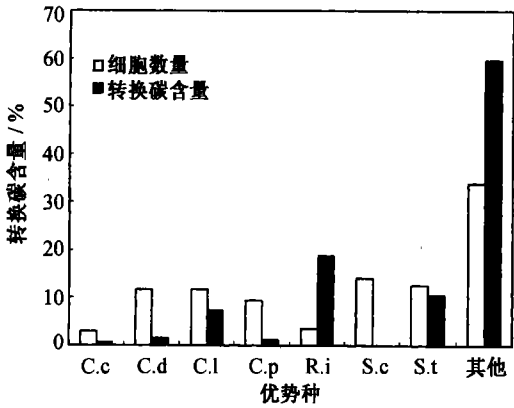


图 4 1995 年 9 月胶州湾浮游植物细胞数量和转换碳含量优势种相对百分比的比较  
C.c=旋链角刺藻 C.d=柔弱角刺藻 C.l=劳氏角刺藻(Chaetoceros lorenzanus) C.p=拟旋链角刺藻 R.i=覆瓦根管藻 S.c=中肋骨条藻 S.t=扭鞘藻<sup>[8]</sup>(Heli-cotheca tamesis = Streptotheca thamensis)

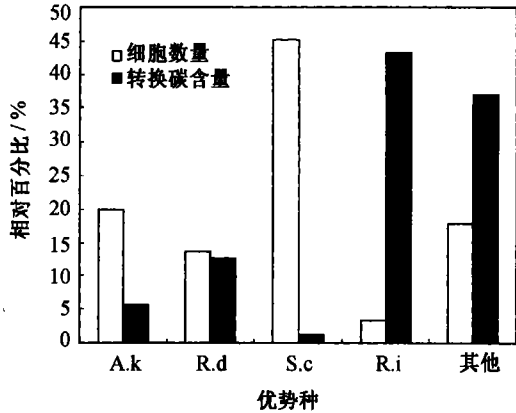


图 5 1996 年 1 月胶州湾浮游植物细胞数量和转换碳含量的优势种相对百分比的比较  
A.k=加氏拟星杆藻 R.d=柔弱根管藻 S.c=中肋骨条藻 R.i=覆瓦根管藻

图 6A~G 是 1995 年 8,9 月和 1996 年 1 月之间均出现的浮游植物种类,及其细胞数量和转换生物量相对百分比的比较分析。这 7 种浮游植物在此期间无论是细胞数量和转换生物量相对百分比都有明显变动。虽然转换生物量相对百分比通常是随着细胞数量相对百分比的增

加而升高,这是由于随着每种浮游植物细胞数量的增减其生物量必然相应地随之增减的缘故.但这7种浮游植物的细胞数量和转换生物量相对百分比二者之间的相对变动并不出现明显的规律.如,丹麦细柱藻(*Leptocylindrus danicus*)和几内亚藻(*Guinadia flaccida*)8月的细胞数量相对百分比都高于1月,但它们1月份的转换生物量明显地高于8月;梭角藻(*Ceratium fusus*)8月的细胞数量相对百分比高于9月,而转换生物量对百分比则相反,9月高于8月;冰河拟星杆藻<sup>[8]</sup>(*Asterionellopsis glacialis* = *Asterionlla japonica*)9月细胞数量相对百分比高于1月和8月,而9月和1月的细胞转换生物量几乎相等且明显高于8月;其他3种藻类的细胞数量相对百分比和转换生物量百分比之间的升降关系亦不成比例.上述结果反映出各种浮游

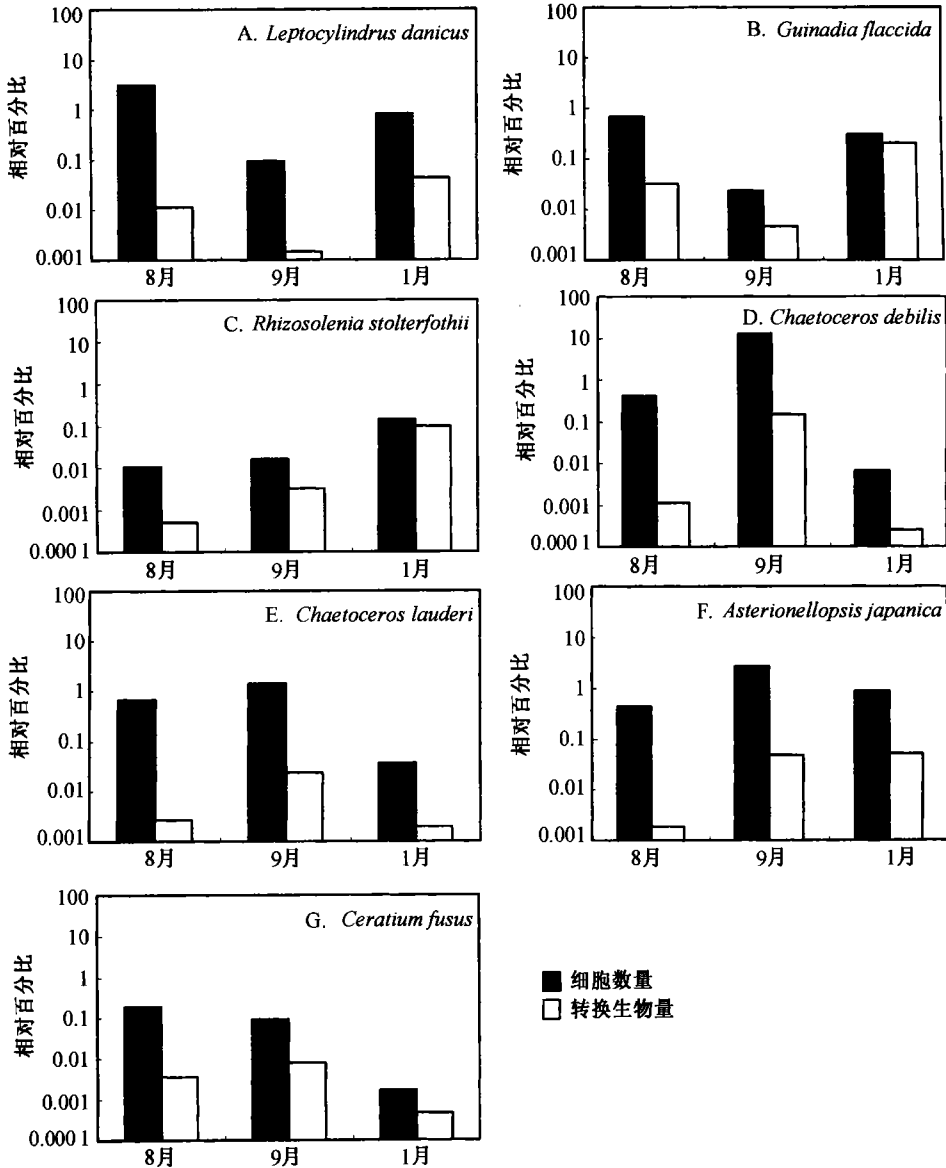


图6 不同种群的细胞数量和转换生物量占各自总量的相对百分比

植物种群各自对群落的数量贡献和生物贡献的大小是不同的;同一种浮游植物种群在不同时期内亦由于整个浮游植物群落结构的变化、自身个体的大小和持有细胞数量等的差异,而对浮游植物生物量的贡献大小亦是随之而发生变动的。

图7是优势(细胞数量或转换生物量优势)种群的细胞数量和转换生物量相对百分比的对比分析. 图内4种浮游植物都有各自的细胞数量和转换生物量相对百分比的优势. 9月和1月这4种浮游植物同时出现. 9月间,4种浮游植物的细胞数量相对百分比的差距明显小于1月的趋势,其中,中肋骨条藻和柔弱角刺藻的细胞数量相对百分比相接近而最高,其次是覆瓦根管藻(*Rhizosolenia imbricata*),星脐圆筛藻则最低;转换生物量相对百分比则以覆瓦根管藻为最高,星脐圆筛藻其次而略高于柔弱角刺藻,而中肋骨条藻最低. 中肋骨条藻虽有最高的细胞数量相对百分比,但终因个体太小而其转换生物量相对百分比还是处于最低. 覆瓦根管藻的细胞数量相对百分比虽低于柔弱角刺藻,但因其细胞个体大于柔弱角刺藻而导致其转换生物量明显高于后者,另外,由于其细胞数量相对百分比高于星脐圆筛藻,其转换生物量相对百分比亦高. 由于柔弱角刺藻的细胞数量相对百分比明显地高于星脐圆筛藻,其转换生物量相对百分比虽低于后者,但已在群落中对生物量的贡献占有一定的地位. 1月间,4种浮游植物的细胞数量相对百分比的差距极为明显,中肋骨条藻的细胞数量相对百分比处于最高状态,其次是覆瓦根管藻、柔弱角刺藻,而星脐圆筛藻最低. 转换生物量的相对百分比则以覆瓦根管藻为最高,这同样是由于此种藻的细胞体积大于中肋骨条藻的缘故;而后者的转换生物量相对百分比却处于第二位高度,且明显地高于柔弱角刺藻和星脐圆筛藻,这说明细胞体积小的种类当其细胞数量占绝对优势时,对浮游植物生物量的贡献就有可能超过细胞个体大的种类. 1月

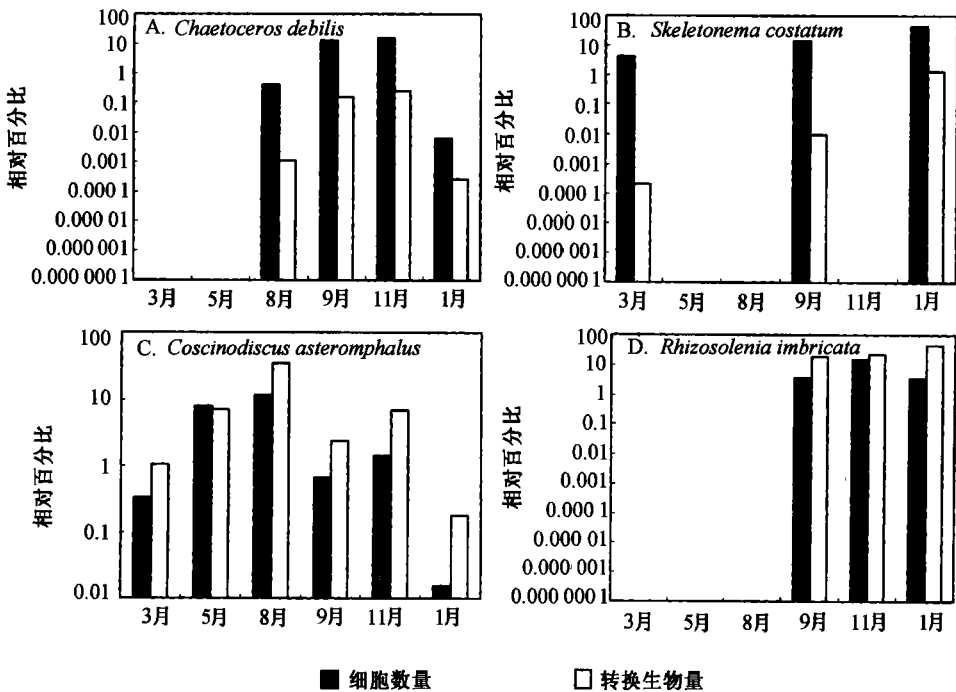


图7 4种浮游植物优势种的细胞数量和转换生物量(碳含量)相对百分比

份的星脐圆筛藻失去了以往月份中转换生物量相对百分比的优势,显然是因其细胞数量太少的缘故。上述结果表明,各种群细胞数量的变动亦反映了群落内的种群交替,并导致群落结构的变化,各种浮游植物对生物量的贡献与其所处的群落结构是密切相关的。优势种的出现及其能否保持优势,同样取决于当时的浮游植物群落结构、细胞个体大小和种群的细胞数量。

## 4 结论

本文根据 1995 年 3 月至 1996 年 1 月所得胶州湾网采浮游植物的群落结构和细胞数量,应用浮游植物细胞体积转换法获得转换生物量(碳含量、氮含量),和浮游植物细胞计数结果进行了周年变化的比较和优势种分析。研究结果表明:

4.1 用浮游植物细胞体积转换生物量与浮游植物细胞计数来表示浮游植物现存量是有很大差别的;调查期内,胶州湾内网采浮游植物转换生物量周年变化仅在 1995 年 8 月出现一个高峰,浮游植物细胞数量则在 1995 年 9 月和 1996 年 1 月分别出现两次高峰。

4.2 同一种群在不同时期内对浮游植物生物量的贡献大小,并不是永恒不变的;在同一时期内,群落中各个种群对浮游植物生物量的贡献,和其自身个体的大小之间并非都是呈正相关关系;浮游植物各种群对生物量的贡献大小及优势种的形成,都取决于浮游植物群落结构、种群自身个体大小及其所持有的细胞数量等方面的综合作用。

4.3 用浮游植物细胞体积转换生物量来表示浮游植物现存量是相对合理的。浮游植物细胞体积转换生物量不仅能较客观地反映浮游植物的生物量,为研究海洋生态动力学提供基础资料,同时能从群落结构的角度反映出各种群对现存量的不同贡献,可为进一步探讨浮游植物生物量变动的内在原因提供依据。

## 参考文献

- 1 郭玉洁, 杨则禹. 胶州湾的生物环境, 胶州湾生态学和生物资源. 北京: 科学出版社, 1992. 110~126, 136~170
- 2 李冠国, 黄世玫. 青岛近海浮游矽藻季节变化研究的初步报告. 山东大学学报, 1956, 2 (4): 119~143
- 3 钱树本, 王筱庆, 陈国蔚. 胶州湾的浮游藻类. 青岛海洋学院学报, 1983, 13 (1): 39~56
- 4 Banse K. Rates of growth respiration and photosynthesis of unicellular algae as related to cell size. A Review. J Phycol, 1976, 12 (2): 135~140
- 5 孙 军, 刘东艳, 钱树本. 浮游植物生物量研究 I. 浮游植物生物量细胞体积转换法. 海洋学报, 1999, 21 (1): 114~121
- 6 Smayda T J. From phytoplankters to biomass. Phytoplankton Manual. UNESCO, 1978, 225~229, 273~279
- 7 Holmes R W, Norris R, Smayda T *et al.* Collection, fixation, identification and enumeration of phytoplankton standing stock. In: Aron, ed. Recommended Procedures for Measuring the Productivity of Plankton Studding Stock and Related Oceanic Properties, Washington: Nat. Acad. Sci., 1969, 17~46
- 8 Jomas Camelo R. Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates. Academic Press, Inc., 1996, 341~351

## Study on phytoplankton biomass

### II . Net-phytoplankton measurement biomass estimated from the cell volume in the Jiaozhou Bay

Sun Jun, <sup>1</sup> Liu Dongyan, <sup>1</sup> Qian Shuben <sup>1</sup>

1. *Marine Ecological Dynamic Laboratory, Ocean University of Qingdao, Qingdao 266003*

**Abstract**— Based on phytoplankton cell measurement biomass from the cell volume, the net-phytoplankton measurement biomass in the Jiaozhou Bay is calculated, and the anniversary variety is compared with the cell counting result, the dominant species in the Jiaozhou Bay are analysed. It shows that, during the investigation, there are two cell concentration peaks (the main peak is in January 1996 and the vice peak is in September 1995), but the peak of the measurement from the cell volume appeared only once (in August 1995); the dominant species analysis shows that the above-mentioned difference is from the difference of the phytoplankton community and phytoplankton cell volume during the investigation. The phytoplankton measurement biomass estimated from the cell volume method is not only more precisely estimating the standing stock but also represents the energy flow at the phytoplankton community and population level.

**Key words** Phytoplankton, measurement biomass from the cell volume, Jiaozhou Bay, net-phytoplankton