

浙江中部近海秋季浮游动物生物量谱的初步研究¹

王士聪, 许永久, 姚巧云, 任浩楠, 黄祺琦

(浙江海洋大学 水产学院, 浙江 舟山 316022)

【摘要】: 粒径谱也被称作生物量谱。生物量谱不仅可以表示反映个体的分布, 同时也能反映生物群落中能量分布的情况。通过调查和实验, 对浙江中部近海的浮游动物物种组成及粒级特点组成进行分析, 结果显示: ①浮游动物总丰度在站点上的分布体现出近岸丰度较小, 靠近外部海域丰度较大的现象。大部分优势种的丰度分布也有该趋势。②浮游动物物种多样性指数在空间上的分布体现了从近岸到远离近岸海域逐渐增大的情况, 沿岸海域物种多样性指数较小, 表明物种数较少。③秋季总浮游动物的 Sheldon 型生物量谱是连续的。这次调查的海域浮游动物的粒级范围是 0.9~13.8。在该图上可以明显得看到有 2 个波峰。在粒级逐渐增大的过程中, 生物量谱的线呈现出上升的趋势。离岸距离不同的站点, 浮游动物的该图谱体现出的形状是有一定的不同的。④从总浮游动物秋季标准生物量谱上来看, 该图线总体上能拟合成一条斜率是 -0.7386, 截距是 16.0.9~13.8978, R^2 是 0.9036 的直线。离岸距离不同的站点, 浮游动物的标准生物量谱中的斜率、截距和回归系数 R^2 有明显的差异。

【关键词】: 浮游动物; 生物量谱; 秋季; 浙江中部近海

【中图分类号】: Q95S.8 **【文献标识码】**: A

1、前言

粒径谱能够体现的是生物量与粒径大小的关系。而它的大小可以帮助简化食物链关系。粒径在生态系统途径中的描述可以算是 Elton 最早提出并开始使用的。粒径谱具体概念的提出最早是在 1967 年。当时是由 T.R.Parsons 和 R.W.Sheldon 两人提出了在对数坐标轴上水中的颗粒浓度情况。生物量谱体现的是生物群落上能量分布情况。它能够表示浮游生态系统的大致情况。它的形状由能量通量决定, 并且它的斜率和截距有生态学意义。

粒径谱, 就是把生物(颗粒)按照它不一样的大小, 对应不一样的粒径级别。然后通过计算不同的粒径级别中的生物量, 最后得到生物量和它对应的粒径级关系的曲线。刚开始用的是等效球径来表示有机体的大小。但是在之后使用较多的是含碳量和重量。

粒径谱的应用可见于许多个海洋生态领域。主要体现在以下三方面。一是对海洋生态系统的结构分析, 因为一般想要了解海洋生态结构, 如果应用粒径谱理论, 会更加的方便有效。二是对潜在的鱼类资源进行估算。三是对于生态系统状态的特征性指示, 能对抗扰动作出相应的反应。Blanco 等综合分析大量的生物大小、生物数量的数据, 最后提出了一个结论: 浮游生物粒径谱是具有规则结构的。粒径谱不仅方法简便, 更有利的是它还能规避由于把握不准生物特性而引起的误差。

¹【收稿日期】: 2017-09-25

【基金项目】: 浙江海洋大学“海洋科学”省重中之重学科开放课题资助(2016206); 浙江海洋大学“水产”省一流学科开放课题资助(20160005); 浙江省大学生科技创新活动计划暨新苗人才计划项目。

【作者简介】: 王士聪(1998-), 男, 浙江海洋大学水产学院本科生。

【通讯作者】: 许永久(1981-), 男, 讲师, 博士, 研究方向: 渔业生态、渔业资源与环境。

2、研究区域与方法

2.1 研究区域采样与调查方法

数据来源于 2016 年 11 月（秋季）在舟山近岸海域开展渔业生态系统综合调查所获得的浮游动物。本次实验中共设 35 个调查站位，调查水域范围为：28° 30.0′N~29° 50.0′N，121° 37.5′E~123° 15.0′E（图 1），样品采集和标本处理均按照《海洋调查规范——海洋生物调查》（GB12763.6-07）进行，样品采集用浅水 II 型浮游生物网（网长 140cm，网口内径 31.6cm，网口面积 0.08m²，筛绢 C1336，适用于 30m 以浅垂直或分段采集中小型浮游动物），自海底至海面垂直拖曳采集。所获样品经 5%福尔马林溶液固定后进行分类、鉴定和计数，在实验室内通过显微镜镜检分析鉴定种类。将每个季节中每个站位的浮游动物统一换算为单位水体中的个体数（个/m³）。浮游动物的采样站位图和丰度分布图采用 surfer11 软件绘制。

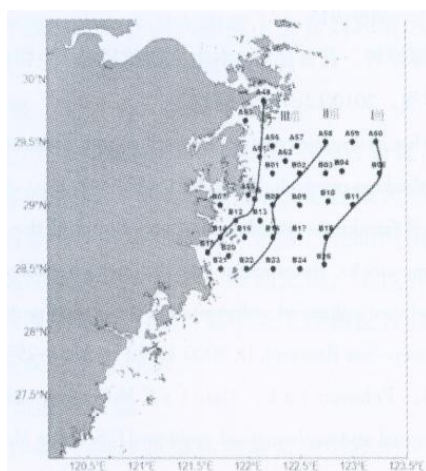


图 1 采样站位和 I、II、III 组

2.2 计算方法

2.2.1 优势度（Y）。桡足类的优势度（Y）按照浮游动物的优势度计算公式进行计算： $Y=n_i/N \times f_i$ ，式中， n_i 为第 i 种桡足类的个体数， f_i 为第 i 种桡足类在各站位中出现的频率， N 为桡足类总个体数，当优势度 $Y > 0.02$ 作为优势种类。

2.2.2 个体体积（V）与生物量。浮游动物生物个体体积（biovolume, mm³）用实验中测定的数据通过用数学公式。个体含碳量用实验数据通过体长-含碳量的经验公式计算得到。桡足类和等足类估算公式是： $V=4\pi abL/3$ ，式中， L 表示个体体长， a 表示个体体宽， b 表示个体体高。

毛颚类、糠虾类和十足类等体积： $V=\pi L(a^2+ab+b^2)/3$ ，中 L 表示生物个体体长。 a 表示最大体宽， b 表示最小体宽。通过浮游动物体积-含碳量转换式（ $\log V=-1.429+0.808\log C$ ， V 为体积， C 为含碳量）测定个体含碳量。浮游动物个体生物量通过计算个体含碳量获得。

2.2.3 香农-威纳指数（H'）。香农-威纳指数又称为物种多样性指数，其计算公式为： $H'=-\sum(P_i \cdot \log_2 P_i)$ ，式中， H' 表示物种多样性指数， P_i 代表粒级为 i 的个体在所有站点总生物个体中所占的比例。

3、结 果

3.1 浮游动物的种类情况

根据 2016 年 11 月(秋季)在浙江中部近海海域开展浮游动物调查研究中,共记录各种类浮游动物 47 种(包括未定种 2 种)。其成体组成: 4 种水母类, 5 种毛颚类, 30 种桡足类, 1 种海樽类, 1 种糠虾类, 2 种端足类。其中, 出现频率>50%的种类有: 百陶带箭虫(*Sagitta bedoti*)、精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*)、帽形次真哲水蚤(*Subeucalanus pileatus*)和中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)。浮游动物详细类群组成如图 2 所示。

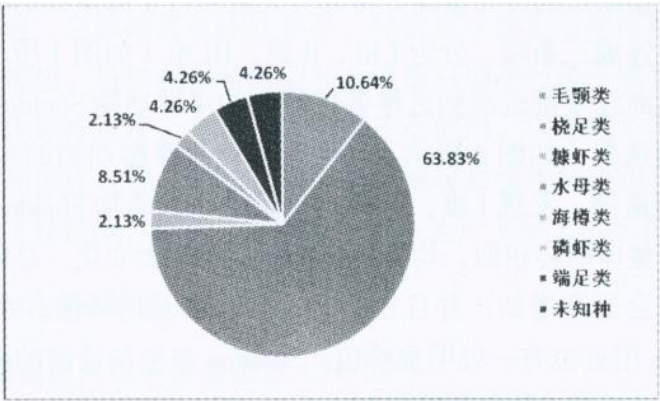


图 2 浮游动物各类群种类组成

从图 2 中数据可以看出,在本次秋季浙江中部近海的浮游动物采样调查分析得到的数据中桡足类种类最为丰富,其次为毛颚类,之后为水母类。该结果和金海卫等的发现也是一致的。

3.2 浮游动物优势种的组成

本次鉴定出 2016 年 11 月浙江近海优势物种共有 9 种。每种优势种的优势度详见表 1。

表 1 浮游动物优势种

优势种	优势度
海洋真刺水蚤	0.047
肥胖软箭虫	0.041
中华哲水蚤	0.298
精致真刺水蚤	0.196
百陶带箭虫	0.087
帽形次真哲水蚤	0.079
小哲水蚤	0.038
中华假磷虾	0.025
太平洋磷虾	0.021

3.3 Sheldon 型生物量谱

浮游动物个体体积范围为 $0.0602 \sim 112.674 \text{ mm}^3$ ，个体生物量范围为 $1.82 \mu\text{g} \sim 20.3 \text{ mg}$ ，其生物量的粒径分布呈线性相关。总浮游动物的粒级范围为 $0.9 \sim 13.8$ ，生物量在各粒级上的分布是连续的，而具有明显的波动。总体上，随着粒级的不断增大，生物量会呈现出上升的趋势（图 3）。生物量最低的值出现在粒级为 1 的时候，并且该值对应的总生物量是 $45.4 \mu\text{g}$ ，主要的浮游动物是小拟哲水蚤（*Paracalanus parvus*）。在粒级为 7~8 的时候，即个体含碳量为 $88.47 \mu\text{gC} \sim 246.59 \mu\text{gC}$ 时，浮游动物的生物量较大。总浮游动物生物量的粒径分布可以看得出有显著的波动性。粒级在 $28 \mu\text{g}$ 和 $213 \mu\text{g}$ 左右，横坐标对应的生物量都有一个显著的峰。

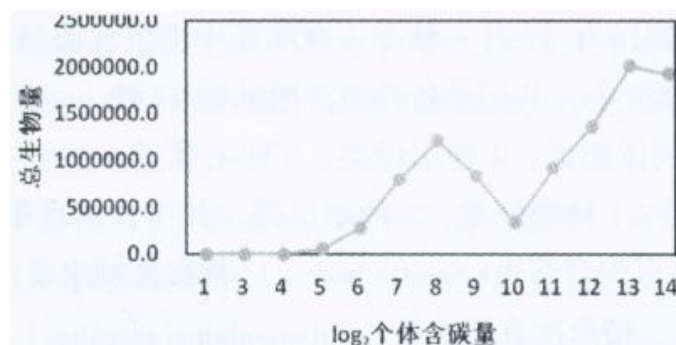


图 3 浮游动物总体站位的 Sheldon 型生物量谱 (μg)

根据站点的分布情况，将部分大致平行于海岸线的相关站点各自连成三条线，分为 I 组、II 组、III 组（如图 1 所示），反映从浙江中部近海到近岸各连线上的浮游动物 Sheldon 型生物量谱情况（如图 4 所示）。通过对比总浮游动物的 Sheldon 型生物量谱，发现 I 组、II 组、III 组的浮游动物 Sheldon 型生物量谱整体趋势相似，均是随着粒级从小到大变化，总体上总生物量会逐渐增加。并且在 $2^8 \mu\text{g}$ 有一个明显的峰值，在 $2^{12} \mu\text{g}$ 到 $2^{13} \mu\text{g}$ 附近也有一处明显峰值。Sheldon 型生物量谱的横坐标表示的是浮游动物的粒级大小。

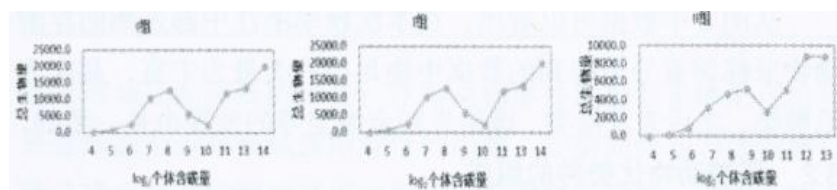


图 4 浮游动物各组群 Sheldon 型生物量谱 (μg)

3.4 标准型生物量谱

总浮游动物标准生物量谱如图 5 所示。其斜率为 -0.7386 ，截距为 16.978 ， R^2 为 0.9036 。浮游动物在各粒级上分布具有一定的规律。在稳定生态系统中，式子中的斜率和截距在生态学上有特定的意义。一般来说，截距大小指示生产力水平情况。而斜率指示环境养分水平和生态转化效率。斜率越负，则表示越低的能量流动效率。回归系数 (R^2) 代表实际绘制出的图谱和理想的相似程度。当粒径谱图形就近似直线时， R^2 就比较接近 1。

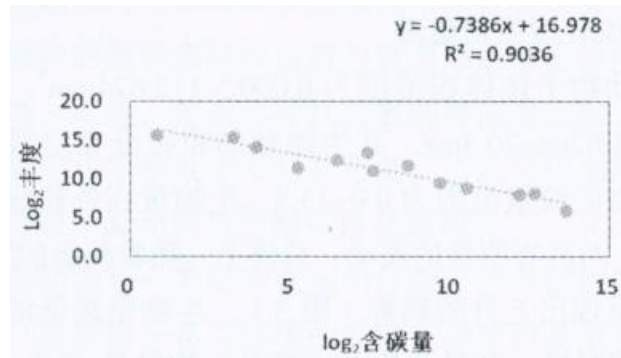


图5 浮游动物总体站位的标准生物量谱

4、讨论

由图6可知，离岸最远的组群 I 标准化生物量粒径谱斜率为-0.6595，截距为 16.007， R^2 为 0.9468；组群 II 的生物量粒径谱的斜率为-0.6915，截距为 15.362， R^2 为 0.8236；组群 III 的生物量粒径谱的斜率为-0.9146，截距为 16.062， R^2 为 0.9236。由此可知，I 组的斜率和回归系数 R^2 为三个组中最大，表示其具有高能量传输效率，较高的生产力和状态稳定的特点。而第 II 组较之于第 I 组临近海岸，该组与第 I 组相比比较不稳定，这个可能是由于沿岸水的影响。第 III 组离岸最近，其斜率是三组中最少的截距确实三组中最大的，表示第 III 组的能量传输效率相对较低。虽然生产力相对较高，但状态较不稳定。其产生的原因也许是所在的位置海岸带曲折且漫长，还有沿岸河水汇入海中，因此会带来泥沙和许多营养物质，导致比较肥沃水质的形成，所以会有较高的生产力。但由于离岸近，所以受人为因素的影响较大，因此也比较不稳定。通过本次实验数据，绘制出连续的标准生物量谱和 Sheldon 型生物量谱，可以发现该结果也符合海洋生态系统连续的生物量谱情况。

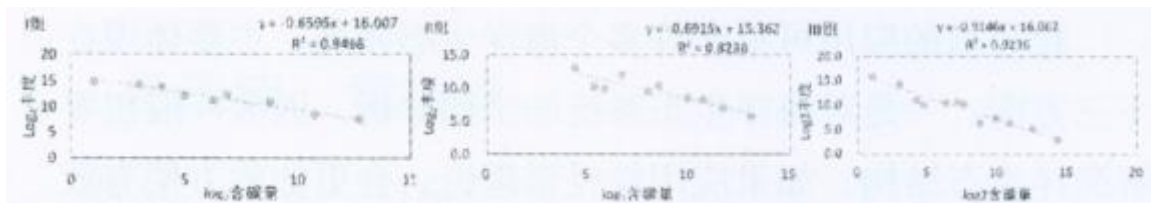


图6 三组各自的标准生物量谱

[参考文献]:

- [1]Rodríguez J. Some comments on the size-based structural analysis of the pelagic ecosystem[J]. Scientia Marina, 1994, 58 (1/2) : 1-10.
- [2]Elton C S. Animal Ecology[M]. New York: Me Millan, 1927: 178 .
- [3]Sheldon R W, Parsons T R. A continuous size spectrum for particulate matter in the sea[J]. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1967 (24) : 909-915 .
- [4]周林滨, 谭烨辉, 黄良民等. 水生生物粒径谱/生物量谱研究进展[J]. 生态学报, 2010 (12) : 3319-3333.

[5]Zhou M. What determines the slope of a plankton biomass spectrum?[J]. Journal of plankton research, 2006, 28 (5) : 437-448.

[6]Sommer S P fannkuche O. Metazoan meiofauna of the deep Arabian Sea: standing stocks, size spectra and regional variability in relation to monsoon induced enhanced sedimentation regimes of particulate organic matter[J]. Deep-Sea Research II, 2000 (47) : 2957-2977 .

[7]Blanco J M, Echevarr l a F, Garc i a C M. Dealing with size-spectra: some conceptual and mathematical problems[J]. Scientia Marina, 1994, 58 (1 /2) : 17-29.

[8]Rodr l guez J, Mullin M. Diel. Inter annual Variation of Size Distribution of Oceanic Zooplanktonic . Biomass[J]. Ecology, 1986 (67) : 215-222.