

东、黄海典型站位底栖动物粒径谱研究

林岷璇, 张志南*, 王睿照

(中国海洋大学生命学院, 青岛 266003)

摘要: 对东、黄海典型站位底栖动物粒径谱进行了首次研究, 得出 Sheldon 粒径谱呈典型的双峰模式, 两个峰形分别对应着大型底栖动物和小型底栖动物的生物量分布。小型底栖动物峰值出现在粒级 6~10, 大型底栖动物峰值在 13~14。两峰值之间的波谷位置在粒级 10~11, 是大型、小型底栖动物的过渡带, 生物量主要由大型动物的幼龄个体构成。E3 站大型动物幼龄个体大量出现, 使该站的过渡粒级上出现峰值, 粒径谱呈单峰形。同时构建了正态化粒径谱, 在此基础上对不同生态系统的比较进行了初步尝试。

关键词: 粒径谱; 大型底栖动物; 小型底栖动物; 生态系统; 东、黄海

Research on biomass size spectra of macro- and meiofauna at typical stations in the East China Sea and Yellow Sea

LIN Kui-Xuan, ZHANG Zhi-Nan*, WANG Rui-Zhao (College of Marine Life Science, Ocean University of China, 266003, China), *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(2): 241~245.

Abstract: Traditional taxon-based approaches to the study of marine benthic assemblages are time consuming activities and require considerable expertise. The biomass size spectrum, which considers only the size of organisms, is a useful and practical alternative for ecologists. It was introduced by Sheldon *et al.* in 1972 to describe features of marine pelagic ecosystems. Schwinghamer was the first to extend this idea to benthic assemblages. He found a conservative pattern in size-class spectra with distinct maxima within the total benthic community. The biomass size-spectrum has now become an important tool to the description of ecosystem structure.

A series of 5 stations in the East China Sea and Yellow Sea were sampled during a survey from September 10 to 29, 2002. Sediment samples were collected with a 0.1m² Gray-O'hara box-corer. Macrofauna samples were sieved onto 0.5mm mesh and organisms were preserved in 10% formalin solution. In the laboratory, organisms were counted under dissecting microscope and weighed separately with an electronic balance. Subsamples were collected with a 26 mm diameter syringe to a depth of 11cm and fixed in 5% formalin solution for meiofauna analysis. After Ludox extraction by centrifuging, sieving and enumerating, the volume of each organism was measured using a microscope. Volume was converted into weight and equivalent spherical diameter (ESD). In Sheldon size spectrum, the horizontal axis was scaled by ESD (size class), and vertical axis was the total biomass in each size interval. A normalized size-spectrum was determined by regressing the $\log_2[(\text{total biomass in size class})/(\text{weight range of the interval})]$ against the \log_2 of the upper limit of the size class.

The patterns of Sheldon size spectra were similar at four stations, but not at station E3. Two peaks occurred at size classes 6~10 and 13~14. They were separated by typically low biomass at size class 10~11. Two peaks corresponded to meiofauna and macrofauna respectively. The results of this study supported the typical bimodal pattern of benthic biomass size

基金项目: 国家重点基础研究发展规划“973”资助项目(G1999043709); 国家自然科学基金资助项目(40176033)

收稿日期: 2003-08-04; **修订日期:** 2003-11-08

作者简介: 林岷璇(1974~), 男, 浙江温州人, 硕士, 主要从事海洋底栖生态学 research。

致谢: 参加本项部分工作的人员还有杜永芬、于子山、田胜艳等

* **通讯作者** Author for correspondence, E-mail: znzhang@ouc.edu.cn

Foundation item: National Key Basic Research Program from the Ministry of Science and Technology, P. R. C. (No. G1999043709) and the National Natural Science Foundation of China (No. 40176033).

Received date: 2003-08-04; **Accepted date:** 2003-11-08

Biography: LIN Kui-Xuan, Master, mainly engaged in marine benthic ecology.

spectra in literature. Warwick's 'optimum size' hypothesis is a reasonable interpretation for bimodal size spectra. There is a range of optimum body size for meiofauna traits, and another for macrofauna traits. The trough occurs at size class 10~11 because many life history and feeding characteristics switch more or less abruptly at about this body size, compromise traits being either non-viable or disadvantageous. Station E3 showed a unimodal size spectrum. This might be the result of mass recruitment and settlement of macrofauna larvae.

In normalized size spectra, parameters of the regression lines can be used to simplify comparisons between assemblages. The slope represents trophic condition. In the 5 stations studied, slopes were in the sequence $E4 < E5 < E2 < E3 < E1$. Residual variation showed little variation at 5 stations. No conclusion can be drawn safely as to which system is closer to steady state.

Key words: size spectra; meiofauna; macrofauna; ecosystem; the East China Sea and Yellow Sea

文章编号:1000-0933(2004)02-0241-05 中图分类号:Q178.1,Q178.53,Q179.4 文献标识码:A

1972 年 Sheldon 使用库尔特计数器(Coulter Counter)研究了大西洋、太平洋和南大洋水层生态系统颗粒物的粒级结构,随后提出了粒径谱的概念^[1]。他发现对数级数建立的粒度级,从单细胞浮游植物到鲸鱼,具有大体相等的生物量。1981 年 Schwinghamer 率先进行了底栖生物粒径谱的研究,得出了底栖生物粒径谱的三峰模式,粒径谱图形的 3 个波峰分别对应着微型底栖生物(microbenthos)、小型底栖动物(meiofauna)和大型底栖动物(macrofauna)的生物量分布^[2]。此后 Warwick 等人的工作也支持了这一观点^[3~5]。1986 年, Sprules 和 Munawar 基于 X 轴和 Y 轴的对数级构建了正态化粒径谱,便于进行不同生态系统之间的比较^[6]。

底栖生物粒径谱特征具有保守的属性,可应用于群落结构研究,也可用来评价群落的稳定性^[3]。正态化粒径谱的回归直线参数具有不同的生态学含义,可用于不同生态系统生产力和生态效率的比较^[6~8]。目前国内海洋生物粒径谱的研究刚刚起步,在水层生态系统的浮游生物已开始了某些探索^[9, 10],而正态化粒径谱和底栖生物粒径谱研究未见报道。本文首次在我国东、黄海典型站位进行底栖动物的粒径谱研究,以为生态系统结构和功能的深入研究提供一种新的思路。

1 研究海域及方法

1.1 研究海域

本研究于 2002 年 9 月 10 日至 9 月 29 日,在中国海洋大学“东方红 2 号”科学调查船进行“东、黄海陆架生源要素输运机制调查”航次期间,先后在东海和黄海海域的 5 个时间系列站上取样,站位分布见图 1。

1.2 取样及样品处理

1.2.1 小型底栖动物 用 0.1m² 的 Gray-O'Hara 箱式采泥器取得不受扰动的底泥样,以内径 26mm 的取芯管(塑料注射器改装)从箱内取分样,加等体积 10% 甲醛溶液固定。经虎红液染色,内径 10cm 系列套筛(孔径分别为 0.5、0.28、0.125、0.063 和 0.031mm)过滤沉积物^[11],Ludox 离心,解剖镜下挑选^[12, 13],制作永久封片^[14],显微镜下测量生物体直径和体长等步骤^[15],并由公式计算体积:

$$V = L \times W^2 \times C$$

式中, L 为体长, W 为直径,系数 C 依类群而不同^[16],生物个体相当球形直径 (Equivalent spherical diameter, ESD)按以下公式计算^[2]:

$$ESD = 2 \times (3V/4\pi)^{1/3}$$

式中,体积(nl)到湿重生物量(μg)的换算系数为 1.13,湿重生物量到干重乘以系数 0.25^[16]。

1.2.2 大型底栖动物 用 0.1m² 的 Gray-O'hara 箱式采泥器取沉积物样,大型底栖动物样品分别用 1.0mm 和 0.5mm 孔径网筛分选。室内挑选前用 1% 的虎红液染色,在解剖镜下挑选并分类计数。动物标本以吸水纸吸去水分后,用感量 0.1mg 的电子天平称重,根据以下系数换算体积、干重和去灰干重。

湿重: 体长数据 1 (其中带厚壳的双壳类和腹足类按 2 : 1 换算^[5]); 湿重 : 干重 = 5 : 1; 干重 : 去灰干重 = 10 : 9^[17, 18]; 个体相当球形直径计算公式同小型底栖动物。

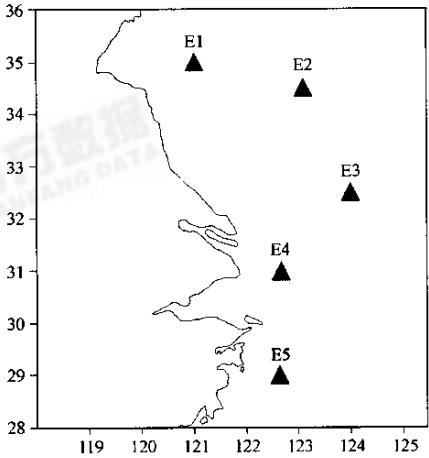


图 1 东、黄海取样站位图

Fig. 1 Map of sampling stations in the East China Sea and Yellow Sea

1.2.3 Sheldon 粒径谱 Sheldon 粒径谱图形以 \log_2 转换的 $ESD(\mu\text{m})$ 为横轴,以此划分粒级, \log 转换的每个粒级上总的干重生物量(gm^{-2})为纵轴。

1.2.4 正态化粒径谱 以 \log_2 转化的个体湿重生物量(μg)划分粒级,作为横轴。每个粒级上总的湿重生物量除以该粒级上个体湿重的变化幅度(μg),也经 \log_2 转化,作为纵轴上的点,对这些点作回归直线,得到正态化粒径谱。

2 结果与讨论

2.1 Sheldon 粒径谱

E1、E2、E4 和 E5 站的 Sheldon 粒径谱图形呈双峰模式(图 2)。第 1 个峰值出现在粒级 6~10 之间。第 2 个峰值表现稍不完整,因为受采样面积影响,无法采到足够大的生物样品,数据未能延续到出现峰值。在 Schwinghamer 和 Warwick 的研究中该峰值分别出现在粒级 14 和 13^[2,3]。从 E1 站可以看出第 2 个峰值在粒级 13~14,其它站位也显示了这种趋势,推测峰值就在该粒级附近。以上粒径谱模型与国外同类研究结果是一致的^[2~5]。E3 站与其它各站不同,只有一个峰值,在粒级 11。

多数站位大个体的大型动物在生物量上优势明显,生物量基本集中在最后几个粒级上,E1、E4 和 E5 站最后两个粒级所占生物量比例分别为 77.7%、89.9%和 84.4%。E2 站大型动物贫乏,最后两粒级仅占总生物量的 40.4%。E3 站则小个体大型底栖动物占较大比重,11~12 粒级占总生物量的 51.1%,13~14 粒级仅占 26.3%。

生物量在粒径谱上不连续的分布是底栖碎屑食物链的一个重要特征。对于粒径谱图形波谷产生的原因,Warwick 认为这是生物自身进化的机制所形成,该粒级大小的生物无法生存或生存不利,大型和小型底栖动物各自形成具有内在生物学特性的进化单元,在该粒级附近分开,只有少数种类可以在这里共存^[3]。大型底栖动物的幼虫会暂时性的落入该粒级,但很快长大又“离开”了这里,所以总在这个粒级维持着较低的生物量。本研究各站大、小型底栖动物过渡粒级的生物量,多毛类幼龄个体占有较大比重(表 1)。这在 E3 站表现最为明显,其中,8~11 粒级大型底栖动物幼龄个体占了绝对优势。粒级 8~9 主要是亚洲帚毛虫(*Sabellaria ishikawai*)和一种双壳类的幼龄个体。在 10 和 11 级亚洲帚毛虫幼龄个体占了接近总生物量的 70%。E3 站的单峰波形,推测是因为这些大型底栖动物幼虫的大量补充、定着及幼龄个体的连续生长造成的。

表 1 各站大、小型底栖动物过渡粒级多毛类幼虫及幼龄个体丰度百分比

Table 1 Percentage of Larvae and juveniles of polychaete at transitional particle size from meiofauna to macrofauna		
站位 Station	百分比(%)Percentage	主要种类 Dominant species
E1	66.6	独毛虫属一种(<i>Tharyx</i> sp.), 双形拟单指虫(<i>Cossurella dimorpha</i>)
E2	60	角海蛭属一种(<i>Ophelia</i> sp.), 双形拟单指虫(<i>Cossurella dimorpha</i>), 刚节幼体一种
E3	94.4	亚洲帚毛虫(<i>Sabellaria ishikawai</i>), 海稚虫科一种, 叶须虫科一种
E4	33.3	双形拟单指虫(<i>Cossurella dimorpha</i>), 背蚓虫(<i>Notomastus latericeus</i>)
E5	60	双形拟单指虫(<i>Cossurella dimorpha</i>), 索沙蚕属一种(<i>Lumbrineris</i> sp.), 异蚓虫属一种(<i>Heteromastus</i> sp.), 锥头虫科一种, 海稚虫科一种, 疣足幼虫一种

2.2 正态化粒径谱

正态化粒径谱的参数可用于进行不同生态系统之间的比较,斜率代表生态系统的营养输入状况和营养循环效率^[6,8],而截距的不同则反映其生产水平的高低^[7]。E1 到 E5 各站的正态化粒径谱图形见图 3,各站回归具有极显著意义($P<0.01$)。由图 3 看,各站斜率的比较为 $E4<E5<E2<E3<E1$ 。E4 站处于长江口,物理扰动强烈,虽然有较高的初级生产,底栖生态系统的营养输入水平较高,但底栖动物生物量和生产量并不高,即营养循环水平低,因此斜率低。E2 和 E5 站水较深,分别为 77m 和 61m 水层的营养输入较难达到底栖环境,斜率居间。E1 和 E3 站较浅,水深 40m 左右,营养输入和循环水平较高,斜率值较大。本研究的斜率水平与 Saiz-Salinas 在南大洋 Livingston 岛南岸水域研究结果具有可比性。Saiz-Salinas 把调查水域分为浅($<100\text{m}$)、中($100\sim200\text{m}$)、深($>200\text{m}$)3 个水深梯度,对应正态化粒径谱的斜率分别为 -0.76 、 -1.25 和 -1.31 。本研究站位水深范围相当于 Livingston 岛的浅水区,斜率变化范围从 -0.60 到 -0.87 ,平均为 -0.72 ,与 Livingston 岛的浅水区的结果非常接近^[8]。粒径谱充分反映了陆源输入生态系统的特征。东、黄海各站的载距值差异不明显(图 3),但其平均值 16.6 要明显高于 Livingston 岛的 7.9^[8],预示着东、黄海沿岸底栖群落具有比 Livingston 岛更高的生产力水平,这与实际资料相吻合。

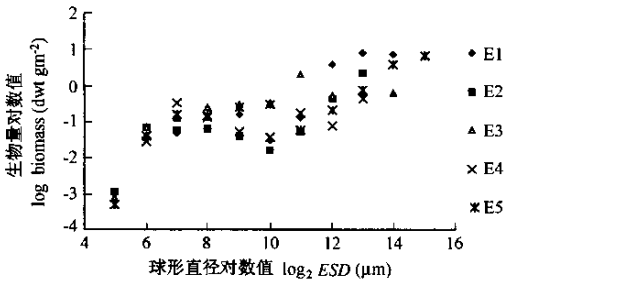


图 2 E1~E5 各站 Sheldon 粒径谱

Fig. 2 Sheldon size spectra of typical stations in the East China Sea and Yellow Sea

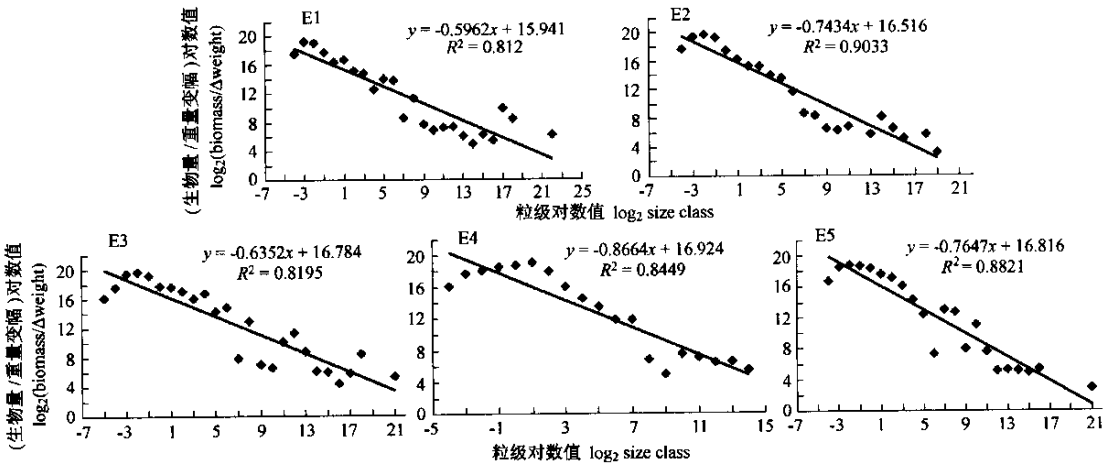


图 3 E1~E5 站正态化粒径谱
Fig. 3 Normalized size spectra from station E1 to E5

References:

[1] Sheldon R W, Prakash A, Sutcliffe W H Jr. The size distribution of particles in the ocean. *Limnol Oceanogr*, 1972, **17**(3): 327~340.

[2] Shwinghamer P. Characteristic size distributions of integral benthic communities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1981, **38**: 1255~1263.

[3] Warwick R M. Species size distributions in marine benthic communities. *Oecologia*, 1984, **61**: 32~41.

[4] Schwinghamer P. Observations on size-structure and pelagic coupling of some shelf and abyssal benthic communities. In: Gibbs P E ed. *Proc. 19th European Marine Biological Symposium*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. 347~359.

[5] Schwinghamer P. Influence of pollution along a natural gradient and in a mesocosm experiment on biomass-size spectra of benthic communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1988, **46**: 199~206.

[6] Sprules W, Munawar M. Plankton size spectra in relation to ecosystem productivity, size, and perturbation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1986, **43**: 1789~1794.

[7] Macpherson E, Gordoa A. Biomass spectra in benthic fish assemblages in the Benguela system. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1996, **138**: 27~32.

[8] Saiz-Salinas J, Ramos A. Biomass size-spectra of macrobenthic assemblages along water depth in Antarctica. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1999, **178**: 221~227.

[9] Wang R, Lin Y R, Liu X X. The distribution pattern of some biological elements and particle spectra in the surface water of the Pacific Ocean. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1988, **19**(6): 505~517.

[10] Wang R, Li C L, Zh W C, et al. Energy contents in different size groups of zooplankton. In: Su J L and Tang Q S eds. *Study on ecosystem dynamics in coastal ocean. II Processes of the Bohai Sea ecosystem dynamics*. Beijing: Science Press, 2002. 158~165.

[11] Pfannkuche O, Thiel H. Sample Processing. In: Higgins R P and Thiel H eds. *Introduction to the study of meiofauna*. Washington D C, Smithsonian Institution Press, 1988. 134~145.

[12] Zhang Z N, Li Y G, Tu L H, et al. Preliminary study on the ecology of the benthic meiofauna in the Huanghe River Estuary and its adjacent waters. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1989, **20**(3): 197~207.

[13] Zhang Z N, Gu F, Yu Z S. A study on spatial pattern of marine nematodes in the subaqueous delta of the Huanghe River. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1990, **21**(1): 11~19.

[14] Platt H M, Warwick R M. *Free living marine nematodes. Patr I. British Enoplids. Synopses of the British Fauna*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 1~307.

[15] Giere O. *Meiobenthology*. Berlin, Springer Verlag, 1993. 1~327.

[16] Robert J F, Warwick R M. Energetics. In: Higgins R P and Thiel H eds. *Introduction to the study of meiofauna*. Washington D. C. Smithsonian Institution Press, 1988. 181~196.

[17] Yu Z S, Zhang Z N, Han J. Preliminary Study on Secondary Production of Macrobenthos in Bohai Sea. *Journal of Ocean University of Qingdao* (海洋数据), 1997, **2**: 867~871.

[18] Lalli C M, Parsons J R. *Introduction to biological oceanography*. Oxford: Butterworth-Heinemann Publishing Ltd., 1997. 228~229.

参考文献:

[9] 王荣,林雅容,刘孝贤.太平洋表层水某些生物海洋学要素和颗粒谱的分布规律研究.海洋与湖沼,1988,19(6):505~517.

[10] 王荣,李超伦,张武昌,等.不同粒径谱浮游动物的能值分析.见:苏纪兰,唐启升主编.中国海洋生态系统动力学研究Ⅱ.渤海生态系统动力学过程.北京,科学出版社,2002.158~165.

[12] 张志南,李永贵,图立红,等.黄河口水下三角洲及其邻近水域小型底栖动物的初步研究.海洋与湖沼,1989,20(3):197~207.

[13] 张志南,谷峰,于子山.黄河口水下三角洲海洋线虫空间分布的研究.海洋与湖沼,1990,21(1):11~19.

[17] 于子山,张志南,韩洁.渤海大型底栖动物次级生产力的初步研究.青岛海洋大学学报,2001,31(6):867~871.

.....

生态学理论的重新梳理与整合

——评常杰、葛滢的《生态学》

杨允菲

(东北师范大学国家草地专业实验室,长春 130024)

生态学从一种思想发展为一门学科,经历了漫长的历史过程,直到1866年德国博物学家E. Haeckel在提出生态学概念时,也只是一种自然哲学的观念。经过诸多生物科学工作者一个多世纪的不懈努力,在广泛研究生物与环境复杂的自然现象和规律中,建立起了生态学的科学概念、方法和理论,成为一门独立的生物学的分支学科。

我们知道,任何学科都有一定的理论体系。经典的学科,其理论体系相对完整,概念稳定,而新兴学科则随着学科的发展和新理论的产生,经常发生概念的补充或重新定义,乃至理论体系的或大或小的调整。生态学是一个正在蓬勃发展中的学科,其理论体系一直处于调整之中,但大的调整则屈指可数。

由常杰、葛滢编著的《生态学》是我国第一部突破传统的“思维定势”的教材,对生态学概念、方法和理论进行了重新梳理与整合,开拓性地构建了一个全新的生态学理论框架。这部教材不仅融生态学基础理论、逻辑思维和社会应用为一体,将最新的生态学理论、方法论,乃至研究成果(作为范例)均纳入其中,而且还将系统理论,特别是系统的自组织思想,以及生物对环境适应调节的进化思想贯穿全书,重新定义和构建了生物学谱,在各生物层次中,均以结构、过程和功能为主体,再将新、旧原理加以有机结合,对生态系统的概念作了重新解释。

全书共分6部分12章,第1部分2章,主要围绕本书所构建的生态学理论框架,对新、旧生态学基本原理、方法进行了总体阐述。其鲜明创新之处包括:(1)根据系统原理,提出了与E. P. Odum(1971)生物系统完全不同的生命系统概念,并深入阐述了生命系统所具有的自组织系统特征;(2)通过对生物的重新理解,对生态学概念作了重新界定;(3)通过解析自然界普遍的“一切皆流,无物永驻”和生物界特有的“适者生存”原理,提出了进化生物学与生态学的关系;(4)将“过程”纳入生命系统基本特征的“结构”与“功能”之间,意在实现从进化的观点来理解生态学,从中寻找生物对环境适应调节的进化线索。第2至第5部分共9章,完全是按新构建理论框架——结构、过程和功能,对新改建的生物学谱,从个体系统、种群系统、生态系统到全球生命系统共4个层次进行了理论和方法的阐述。第6部分1章,对各等级层次生命系统的共同原理作了新的整合,扩充改建了E. P. Odum(1971)的生物学谱为10个组织层次,创造性地绘制了各等级层次生命系统的螺旋结构图,按其所处位置划分为3种类型,即完全系统、破缺系统和同构系统,并对各类型系统的共同性加以总结。改建的生物学谱未把生物群落作为一个独立层次,而是纳入生态系统作为其结构主体。该书首末两部分极富创新思路,但也是争议最多所在。其明显不足大体表现在:把功能和过程混为一谈;部分推理有偏误;在解决人类与自然冲突所开的“药方”中,仍强烈地映射出“人类中心主义”之文化观念等等。

该教材出版已一年有余,虽然家藏诸多版本、诸多编著者的《生态学》教科书,但自从此书入库,便成为我首选参考翻阅的对象。粗阅此书,大有“耳目一新”之感,细细品阅则既可捕捉到诸多科学思考的火花,也有诸多可供进一步思考的空间。

该书的出版引起了国内学术界较大的反应,有些学术问题已列入相关刊物的“论坛”之中,如重新构建的生物学谱中群落是否可以“隐去”或群落是否为生物学的一个层次等。其他问题的笔枪文战还将继续进行。

阅读常杰、葛滢的这部《生态学》,无论你认不认可他们对生态学概念的重新界定;接不接受他们对生态系统概念的重新解释;吸不吸收他们对结构、过程和功能的重新梳理与整合;理不理解他们重新定义和构建的生物学谱;同不同意他们的逻辑推理;采不采纳他们为解决人类与自然冲突中所开的“药方”;你都会得到诸多收获。