



生态学热点研究丛书

海滨系统 生态学

钦佩 左平 何祯祥 编著



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

生态学热点研究丛书

海滨系统生态学

钦 佩 左 平 何祯祥 编著



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

海滨系统生态学/钦佩, 左平, 何祯祥编著. —北京:
化学工业出版社, 2004. 6

(生态学热点研究丛书)

ISBN 7-5025-5822-5

I. 海… II. ①钦… ②左… ③何… III. 海滨-
系统生态学 IV. Q178.531

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 074132 号

生态学热点研究丛书

海滨系统生态学

钦 佩 左 平 何 祯 祥 编 著

责任编辑: 夏叶清 李彦玲

责任校对: 吴桂萍

封面设计: 蒋艳君

化学工业出版社 出版发行

环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号, 邮政编码 100029)

发行电话 (010) 64982530

http://www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720 mm×1000 mm 1/16 印张 23 字数 405 千字

2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5822-5/X·497

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

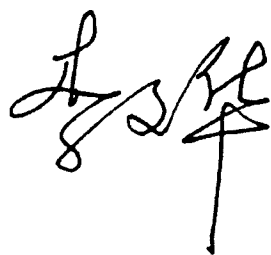
生态学是研究生物与环境关系的一门科学。自从生物在地球上出现就与环境有着紧密的联系。人们在长期的生产和生活实践中，早已注意到这种关系，并自觉或不自觉地运用这种规律来指导自己的行动。尽管朴素的生态学思想早在公元前 2000 年就已见诸于古希腊和中国的著作和古歌谣中，但是只是到了 20 世纪的中叶，随着生产的需要和生物学、地理学的发展，生态学 (Ecology) 才作为一门研究生物与环境相互关系的科学登上历史的舞台。生态学是一门多源和多分支的学科。生态学发展的初期在学科上分化为植物群落学、动物生态学，并结合生产部门的特点形成了一系列分支学科。这些学科有的冠以生态学的名称，有的甚至没有用生态学的名称，然而它们却实实在在地进行着生态学的工作，并成为农学、林学、畜牧和渔业的应用基础。

生态学的发展进一步加深了生物与生物间以及生物与环境间认识的深度，并将其提高到整体性和系统性的高度。在 20 世纪 30~40 年代，在生态学界和地理学界几乎是不约而同地提出了一系列的学说和术语来表达这种相互作用的整体。其中，Tansley (1935 年) 提出的生态系统 (Ecosystem) 概念得到了广泛的接受。这一概念的应用和发展不仅把生态学推向系统研究的新高度，同时也为认识和解决当代的环境问题进行了理论准备。而 Linderman (1942 年) 对于营养动力学的贡献为生态学的研究提供了定量化的途径与手段，使生态学脱离了其起源的多种学科而建立起自己的理论和方法体系。20 世纪 50 年代以来，Odum (1953 年, 1993 年) 进一步发展了生态系统的概念并极大地丰富了生态学的内容，使其发展成为一门新的学科分支，即系统生态学。虽然生态学在 20 世纪中叶以前，在理论和实践中都进行了大量工作，但直到 20 世纪中叶，生态学仍是生物科学中的一门不受人们注意的学科，甚至对这一学科的存在有着一些争议。

20 世纪 60 年代以后，世界上人口、资源与环境等全球性问题日益激化，这些当今社会所面临的重大问题，无法用传统的线性思维方式来解决，而生态学的系统研究理论及其所固有的非线性思维方法正是这一危机的解毒剂。生态学在投身解决社会问题的过程中，逐渐摆脱了其产生时的狭隘的学科局限和传统的研究范围，生态学已不再像一度被人们所指责的那样，是一门“不食人间

新、研究手段的改善以及对传统经验的总结和提高；瞄准学科的国际前沿，加强对交叉学科的研究，就一定有可能逐步与国际接轨，并建立起具有中国特色的生态学，为我国经济建设和社会发展做出应有的贡献。

我很高兴地看到南京大学钦佩教授组织南京大学和南京师范大学的生态学家，特别是教学科研第一线的中青年学术骨干编写出版“生态学热点研究丛书”。这套丛书聚焦了生态学热点研究领域，不仅跟踪了学科前沿的发展动态，而且还凝聚了作者多年来教学中的积淀和长期积累的科研成果。丛书的出版适应了当代生态学发展的需要，对于综合性大学、师范院校、农林院校有关专业本科生、研究生及教师具有重要的参考价值，亦可作为有关管理部门和科技工作者的参考书。丛书的出版也为我国生态学的发展做出了重要贡献，作为中国生态学会的理事长，我向丛书的主编、作者以及化学工业出版社表示衷心的祝贺与真诚的感谢。

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of fluid, connected strokes that form the characters '李书' (Li Shu).

2004年2月6日于北京

丛书前言

由于人类活动加剧与全球气候变化的交织作用,导致地球表面各类生态系统大幅度退化,如森林锐减、沙漠扩展、湿地干涸、海平面上升等等。由此引起全球范围内生物多样性的急剧下降,生态系统高价值功能的丧失,灾害不断,疾病肆虐,人类深深感受到生命支持系统的紊乱与恶变对自身健康与安全的威胁。

面对种种挑战,人类愈发瞩目于链接生命支持系统与人类本身的生态学的进步与发展,期望从这门科学中寻求遏制退化、根治痼疾的理论、路线、策略与方法。生态学不负众望,在环境的胁迫和呼唤中得到旷世的发展。尤其是近半个世纪来,生态学的分支与交叉领域不断应运而生,热点研究此消彼长。

科技的进步与社会的发展使全球一体化与多样性并存,越来越多的点、面问题发生连锁反应,最终在全球范围爆发;而许多全球变化又引发了形形色色的区域性反应。因此,许多学科的视角都聚焦在全球变化与区域响应,生态学科也十分重视这一宏观研究方向。从空间序列与时间序列上探讨全球变化所引起的地域反应特征是本书《全球变化与区域响应》专著的主要内容。

面对生态系统的严重退化,其恢复、修复与重建为众人所关注。生态系统恢复的重点主要是恢复其功能,有关生态恢复原理与模式的研究炙手可热。本书的《恢复生态学》涉及的主要内容有:基于群落演替理论的亚热带常绿阔叶林的生态恢复;植物种群更新与温带针阔混交林生态恢复;基于流域管理的湿地生态恢复;土壤改良与采矿废弃地的生态修复;物种分子改造与盐土农业建设;温带落叶林生态恢复的景观生态学原理;山地生态系统的生态恢复过程等。

保护生物学与保育生态学研究的重点是生物多样性的保护。生物多样性下降宏观的内容包含着物种多样性的下降,生境数量的下降和生境变迁;微观的内容则指遗传多样性的下降。其后果直接危害地球生命支持系统,最终危害人类自己。本书的《生物多样性及其保护生物学》将应对这一变化现状,从生物多样性的概念入手,介绍生物多样性的价值、动态变化、多样性的现状以及生物多样性的保护。

信息技术的发展使生态学的触角从定点到区域的尺度转换中游刃有余,推

动了信息生态学和景观生态学的快速发展。本丛书的《信息农业生态学》在阐明信息生态学的基本理论和技术之后,重点介绍了信息生态学在精确农业和高光谱农业方面的应用与延伸,对农业现代化有很好的指导与示范作用。

《景观生态学》主要从景观的组成、结构、功能、动态、评价、规划、管理、保护等方面系统地介绍了景观生态学的基本原理、研究方法、相关技术及其应用,以及目前该领域的最新成果,尤其在生态规划与设计、景观保护与生态伦理方面有独到的阐述与新意。

世界大约 1/3 以上的城市人口居住在距离海滨 60km 以内的范围。海滨生态系统是海陆两相的过渡带,具有活跃的物流、能流和高生产力;但是,自然因子急剧的梯度变化和脉冲式的强劲输入使该系统处于脆弱状态;人为干扰给该系统带来的危害更大。本丛书的《海滨系统生态学》介绍了海滨生态系统的特征、类型、进化及其对全球变化的响应,强调了海滨生态系统的保护与管理,展示了海滨生态系统的利用前景,明确了其可持续发展的方向。

可持续发展战略的重要操作手段是向自然投资。其中涉及有关生态经济学的理论和方法在本丛书的《生态经济学》中给予充分的阐述和介绍。书中的大量案例分析将使读者从深入浅出中获益不菲。

生态产业是利用生态经济学原理和产业生态学理论组织起来的基于生态系统承载能力、具有高效的经济过程及和谐的生态功能的网络型、进化型产业。本丛书的《生态产业与产业生态学》将食物链理论与方法应用于生态产业研究,从新的角度透视了产业生态学和生态产业的设计原则和基本类型,为可持续发展提供了具体手段,颇有新意。

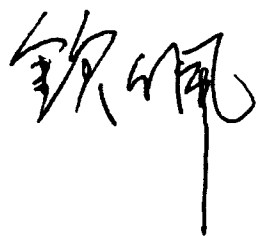
环境胁迫给生物带来压力,也造就了物种的逆境生理过程。本丛书的《植物逆境生理生态学》是从个体水平研究植物在极端环境条件包括生物逆境和非生物逆境下体内生理生化变化、适应性及其反馈机制的专著。首先从不同层次上概述植物与环境的相互关系,环境生态学分析与生态适应性,然后分别就影响植物的环境因素,包括生物因素,指植物之间、动物及病原微生物的影响;非生物因素,重点介绍光损害作用、盐逆境、重金属铝毒害,以及热胁迫下高等植物体内发生的一系列应激反应机理,此外还介绍了在植物抗逆性中起到重要作用的生理活性物质多胺的生理生态功能。

微生物功能群在不同的生态系统中发挥着重要功能,对系统的稳定与发展起着不可替代的作用。本丛书的《微生物生态学》在阐述了研究理论与方法后,着重介绍了微生物在不同生态系统中的功效,对许多应用领域具有很高的参考价值。如微生物在能源开发、清洁生产中的作用;在石油开采、石油和煤炭脱硫、生物制浆、可降解塑料生产中的作用;在环境保护、环境修复与环境

治理中的作用；在矿产形成及生物冶金中的作用；以及微生物生态学在农业、医学、水生生物学中的应用。

生态学的发展从宏观尺度上面向景观、区域和全球化方向；微观尺度则深入到分子生物学领域的基因层面，发展成交叉学科分子生态学。本丛书的《植物分子生态学》以崭新的面貌论述了植物分子生态学的基本理论、研究方法，反映了国内外的研究进展。从个体识别、个体间遗传关系到个体行为；从物种遗传多样性、物种保护到生态遗传学，从重组生物的生态安全性到植物分子生态学今后的发展前景，在分子水平、个体水平、群体水平和生态系统水平的不同层次上对植物分子生态学有较为完整的认识。

本系列丛书是作者在百忙之中完成的。夜空之中，远处有几点荧荧之光，或许是星星，或许就是我们的作者仍在伏案写作，为了核实一个数据，廓清一个观点，熬通宵是常事。为此，我感谢我的同事们——丛书的作者呕心沥血为读者呈上尽量完好的科学文字的敬业精神！同时，也要对读者说一句：本系列丛书是生态学热点研究丛书，而并非生态学的全套分支学科系列丛书，如果由于丛书总体框架设计之缺憾给读者选择参考带来不便，本人表示致歉；而每本书由于编撰匆忙所造成内容的疏漏与不足，我则代表作者表示歉意，并请读者不吝赐教。



2004年4月18日

前 言

海滨生态系统生物多样性的保护研究为学术界高度关注。其复杂性往往使一些研究课题举步维艰。运用等级组织原理、整合层次原理或黑箱原理等系统学理论进行研究可以收到事半功倍的效果。功能群是生态系统结构重建和功能恢复的基本目标单元,其界定使复杂的生态系统简化,有利于辨识系统的结构与功能;弱化物种的个性和个别作用,从而使生态系统的保护有章可循。读者可以从本书的第八章中了解海滨生态系统生物多样性保护的功能群研究。

互花米草为典型的外来种代表,具有顽强的生命力,高生产力和扩张优势。互花米草的这些特点为海滨湿地的保护与生态修复提供了先锋植物种质资源的保证,但对一些地区的海滨滩涂生态系统,特别是部分底栖生物的生境造成快速入侵与扩张,影响部分当地物种的生存,致使生物多样性下降或变化。该物种的典型“两面性”引起学术界的广泛关注和热烈争论,在某些海滨生态系统互花米草的控制十分困难。将控制论原理应用于生态系统演化的过程与机制研究,犹如把握了复杂机器的关键阀门,使操作游刃有余。关于外来种互花米草的生理生态特征、适应与扩张机制、互花米草盐沼生态系统结构与功能、互花米草盐沼的生物多样性等内容可以从本书的第二章和第五章中找到明晰的阐述。

海滨系统生态学是以海岸带为研究载体,用系统生态学的理论和方法来研究分析其生态过程和演化机制的分支学科,本书的第一、第二和第三章阐明了海滨生态系统研究内容及进展、海滨生态系统类型和特征及其物质循环和能量流动,通过学习,有利于读者廓清海滨生态系统的结构功能内涵,跟踪海滨系统生态学研究的国际前沿。

本书的重要贡献是在吸取前人提出的岩相海岸(详见第四章)、软相海岸(详见第五章)、河口海岸(详见第六章)等海岸分类之后,根据人为干预对海岸造成严重损害,增加了退化海滨湿地的分类。退化海滨湿地,主要因围垦而形成,水文地貌剧变,退化为十分贫瘠的不毛之地,对应的典型生态系统是海滨盐土生态系统。目前,有关海滨盐土生态系统等退化海滨湿地的演化过程、生态修复、盐生植物研究开发、盐土农业发展利用等已经成为海滨生态系统研究的热点,本书第七章为读者介绍其全貌。

人类既要保护海滨生态系统的生物多样性,又要不失时机地开发利用其自

然资源。因此保护与利用平衡的研究对海滨湿地生态系统的可持续发展十分重要。阅读本书的第九章、第十章将会对海滨生态系统的科学发展增加新的认识。

本书作者尽最大努力，收集有关海滨生态系统研究的最新资料和权威的阐述，以飨读者，在此，对本书引用资料的作者表示诚挚的谢意！

此外，南京大学盐生植物研究实验室的朱洪光博士以及博士生周虹霞、周军提供了他们的研究成果与资料，博士生周军还为本书进行了认真校对，在此一并表示特别感谢。

由于作者水平有限以及本书编撰工作量大时间紧迫所致疏漏与错误，敬请读者给予批评指正。

编者

2004年5月12日

目 录

第一章 海滨生态系统研究内容及进展	1
第一节 海滨生态系统的界定	1
一、生态系统	1
二、海滨生态系统界定	4
第二节 海滨生态系统的研究内容及进展	7
一、海滨生态系统的研究内容	8
二、研究现状	11
三、研究方法	26
四、海滨生态系统的研究热点	31
第二章 海滨生态系统的类型和特征	33
第一节 海滨生态系统的类型	33
一、海岸分类各论	33
二、海岸分类及典型海滨生态系统	36
第二节 海滨生态系统的特征	43
一、近海水域主要环境要素	44
二、浅海水域主要生物要素	48
第三节 海滨生态系统的服务功能	59
第三章 物质循环和能量流动	63
第一节 海滨生物的生态适应	64
一、海滨环境压力	64
二、海滨生物的生态适应	67
第二节 物质循环和能量流动	74
一、营养关系	74
二、典型海滨系统物能转换	81
三、生态系统模型	85
第三节 海滨元素的物质循环	90
一、营养盐过程研究	91
二、典型元素循环过程	95
第四章 岩相海滨生态系统	102

第一节 岩相海岸的地质地貌基础	102
一、岩相海岸的岩石性质	102
二、沉积物来源	103
三、典型岩相海岸地貌类型	106
第二节 岩相海滨生态系统	107
一、岩岸成带模式	107
二、岩岸成带原因	109
三、岩岸生态系统结构及功能	114
四、典型岩相海滨生态系统分析	128
第五章 软相海滨生态系统	137
第一节 软相海滨的地质地貌基础	137
一、软相海滨的地貌特征	137
二、典型软相海滨地貌类型	141
第二节 软相海滨生态系统	144
一、软相海滨生境与生物类型	144
二、软岸生态系统结构及功能	148
三、间隙生物生态学	155
四、典型软相海滨生态系统分析	158
第六章 河口海岸生态系统	170
第一节 河口类型及特征	170
一、河口定义	170
二、河口类型	172
三、河口三角洲	175
四、河口的特征	177
第二节 河口生态学和系统模型	181
一、河口生物区系	181
二、河口生物对河口环境的适应	183
三、河口生态学	185
四、河口生态系统模型	189
第三节 河口海岸的开发与保护	189
一、河口海岸环境变异	189
二、河口海岸环境合理利用	193
第七章 海滨盐土生态系统	197
第一节 海滨盐土生态系统的特征	197

第二节 海滨盐土生态系统的生态修复	199
一、HGM 方法	200
二、保护和恢复海滨湿地的综合计划	201
三、海滨盐土生态系统改良的功能群研究	203
第三节 海滨盐土农业与盐生植物研究	205
第四节 海滨盐土生态系统的利用	211
一、水产养殖业	212
二、初级制盐业	214
三、滩涂采集业	215
四、林业	216
五、旅游业	217
第八章 海滨生态系统的生物多样性及其保护	221
第一节 生物多样性现状	221
一、生物多样性下降与对策	221
二、关于外来种	224
第二节 生物多样性保护的研究	227
一、自然保护区建设和管理的研究	227
二、自然保护区研究的生态学原理与方法	230
三、合理规范, 发展生态旅游	240
第三节 研究案例: 盐城自然保护区目标种适宜性生境和 环境承载力分析	242
一、功能群的定义和划分	242
二、目标种的选取	243
三、盐城自然保护区中目标种适宜性生境和环境承载力分析	246
第九章 人类活动与海滨生态系统	254
第一节 海滨系统的主要资源	254
一、海滨海洋资源	254
二、海滨海洋资源的开发利用	262
第二节 人类活动对海滨系统的影响	270
一、海洋污染及其生物学过程	270
二、人类过度开发利用活动	278
三、全球变化与海滨生态系统	282
第十章 海滨生态系统的可持续发展	288
第一节 中国的海滨生态系统	288

一、中国的海滨生态系统.....	288
二、开发现状及存在问题.....	296
第二节 海滨生态系统的可持续发展.....	303
一、海滨生态系统管理与可持续发展 	303
二、海滨生态系统发展战略.....	315
参考文献.....	320

第一章 海滨生态系统研究内容及进展

第一节 海滨生态系统的界定

一、生态系统

生态学 (ecology) 是研究生物及其环境以及各类群生物之间相互关系程度的一门科学。所有的生物都既与同种的和它种的生物体发生关系, 也与周围的生态环境发生关系。在这种相互关系过程中, 生物体彼此之间以及周围环境之间互相影响、互相联系。生物和各种环境参数之间可以进一步组成比原来等级范围更广的各种等级。种 (species) 是一类实质上可以或有潜在可能进行杂交的自然生物群体。一个地区特定的一个种的全部个体构成一个种群 (population)。在特定环境中共同生活的一些相互作用的物种构成了一个群落 (community)。一个群落或一系列群落与其周围的环境一起构成生态系统 (ecosystem)。

1. 生态系统的组成成分

生态系统一词最早是由 Tansley (1935) 提出的, 它既包括生物有机体又包括无机环境。Odum (1971) 认为生态系统是在一个给定的自然区域内, 所有生命有机体与其生存环境相互作用形成一定的结构, 其中伴随能量流动和物质循环。他认为, 在研究生态系统能量流动过程中首先应将生态系统划分成 4 部分: 即非生命物质、生产者 (自养生物)、消费者、分解者。生态系统的大小在某种程度上取决于系统内部群体数目和周围非生物环境的大小。从大尺度上划分, 可以把地球视为一个单独的生态系统。在小尺度上可以把潮间带一个水坑或一个淡水池视为一个生态系统。但任何一个生态系统均既包括生物成分, 又包括非生物成分。或者分为非生物环境、生产者、消费者和分解者 4 种基本成分 (图 1-1)。

系统中各组分与整个系统通过一系列作用产生物质和能量的贮存和转移。除极少数外, 多数系统内的能量均来自于太阳。自养的绿色植物捕获太阳能, 并把它贮存在体内的有机化学键中, 成为生态系统中异养生物的食物。异养生

物包括除自养生物以外的所有生物，它们通过消费自养植物或摄食植物的生物获得需要的能量。

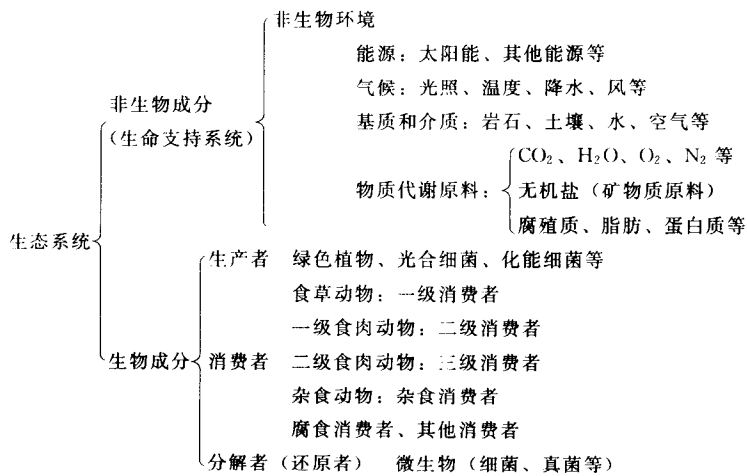


图 1-1 生态系统的组成成分 (蔡晓明, 2002)

而根据生物在生态系统中发挥的作用和地位，可以划分为生产者、消费者、分解者三大功能群。生产者 (producers) 是能简单的无机物制造有机物的自养生物 (autotroph)，包括所有的绿色植物和某些细菌，是生态系统中最基础的成分。消费者 (consumers) 是不能用无机物质制造有机物质的生物。他们直接或间接地依赖于生产者所制造的有机物质，属于异养生物 (heterotroph)。消费者根据食性的不同又可分为：以植物为营养的草食动物 (herbivores)，为初级消费者；以草食动物为食的捕食性动物，称一级肉食动物，又称二级消费者 (secondary consumers)；以一级肉食动物为食的二级肉食动物，又称三级消费者 (third consumers)。分解者 (decomposers) 都属于异养生物，如细菌、真菌、放线菌、土壤原生动物和一些小型无脊椎动物。这些异养生物在生态系统中连续地进行着分解作用，把复杂的有机物质逐步分解为简单的有机物，最终以无机物的形式回归到环境中。因此，这些异养生物又被称为还原者 (reductor)。分解者在每个营养级中都起作用。

作为一个生态系统，非生物成分和生物成分都是缺一不可的。如果没有非生物环境，生物就没有生存的场所和空间，也就得不到能量和物质，因而难以生存。多种多样的生物在生态系统中扮演着非常重要的角色，仅有环境而没有生物成分也谈不上生态系统。能量、养分和水分是每一个生态系统营养结构中必需的三个非生物要素。没有太阳提供能量或没有一系列的无机养分，特别是

硝酸盐和磷酸盐，植物就不能固定能量和产生复杂的有机分子，也就不存在生物成分。

2. 生态系统的营养结构

自养生物和以后的各级消费者所组成的排列结构称为营养结构 (trophic structure)，其中各级生物的营养分别称为营养级 (trophic level)。营养结构是生态系统所特有的性质。初级营养级 (first trophic) 称为自养级 (auto-trophic level) 或生产者级 (producer level)，能量贮藏在化合物中。随着能量在生态系统中逐级转移，绝大部分能量都因热消耗和生物代谢丧失。丧失的总能量大约是上一级的 80%~90%，这样，生态系统便成为一个受能量限制，并伴随营养级的上升而不断发生能量衰减的系统。这种情况称为能量金字塔或营养级金字塔 (图 1-2)。

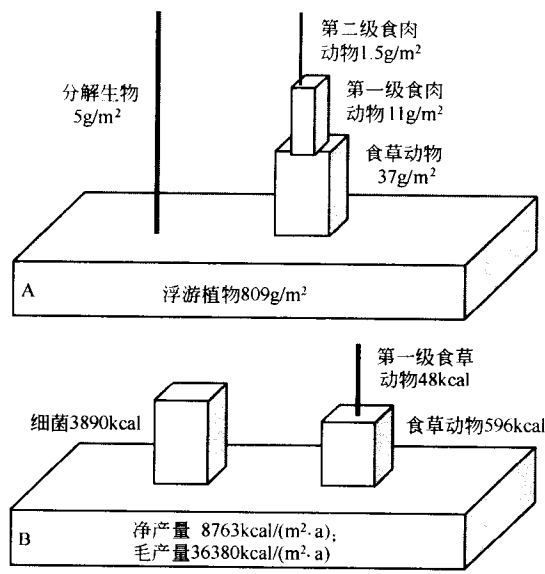


图 1-2 营养级金字塔示意图 (格雷, 1987)

A—生物量金字塔; B—能量金字塔; 方块大小表示相对量多少, 1 cal=4.18 J

在这样一个生态系统营养结构中，食草动物以植物（自养生物，初级营养级）为食，食肉动物以食草动物为食，而食肉动物通常又会被更大型的食肉动物吃掉。在上述各营养级中，第二级以上所有各级都是食肉动物或杂食动物 (omnivores)。每一营养级或种群中任何一个时刻活生物的总量称为生物现存量 (standing crop)。