



生态学 热点 研究丛书

生态产业与 产业生态学

周文宗 刘金娥 左平 王光 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

生态产业与产业生态学

周文宗 刘金娥 左平 王光 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

生态产业与产业生态学/周文宗等编著. —北京: 化学工业出版社, 2004. 10
(生态学热点研究丛书)
ISBN 7-5025-6201-X

I. 生… II. 周… III. 食品工业-生态学 IV. TS2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 108368 号

生态学热点研究丛书

生态产业与产业生态学

周文宗 刘金娥 左平 王光 编著

责任编辑: 夏叶清 李彦玲

责任校对: 李 林 靳 荣

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](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 15¼ 字数 238 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6201-X/X · 544

定 价: 29.00 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

《生态学热点研究丛书》编委会名单

主编 钦 佩

编委 李建龙 刘茂松 钦 佩 阮成江

孙书存 唐建荣 田兴军 杨达源

杨家兴 赵福庚 周文宗

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

烟火的”、只会说“No”的、“批判的学科”。它不仅在理论和方法方面，而且在研究对象的范畴、规模和尺度方面都有了新的发展，生态学已经引人注目地成熟起来。它已经从一门描述性的学科发展成为一门崭新的、结构完整的、量化的学科，并向预测性科学扩展。运用生态学的基础理论、定量的测定方法、建模技术以及系统分析等方法来解决自然界和社会面临的迫切问题，以崭新的面貌出现在现代科学的舞台，展现出蓬勃的生机。在解决当前社会问题时，生态学的作用不单纯是作为一个学科参与其过程的探索，并寻求解决方案，其作用还在于它为科学和社会之间架起了一座桥梁。在此过程中生态学也得到了长足的发展，超越了作为其起源的生物学范畴而成为研究生物、环境、资源及人类相互作用的基础和应用基础科学。尽管目前对生态学范围的界定和学科体系方面还存在着一些争议，但这是一个发展中科学的必然具有的特点，丝毫不能否定生态学过去和现在所起的其他学科难于比拟的作用和人们对这一学科未来发展的信心。

在科学自身发展和社会需求的背景下，当前生态学呈现出一系列新的特点，突出的表现在：生态学研究内容的重新定位和研究对象的不断拓宽；学科之间相互融汇与新分支学科的不断产生；从研究结构发展到研究功能和过程；从局部孤立的研究向整体网络化研究发展；研究方法的现代化、定量化和信息化。

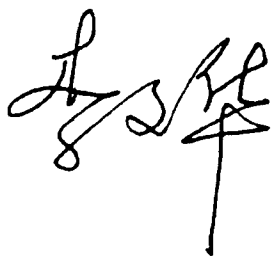
我国生态学发展的历史较短，与国际生态学的总体发展水平还有较大差距。另一方面，我国又是一个发展中国家，短期中对科学的投入还不能有大幅度增加，因此在一段时期内只能实行有限目标。根据国际生态学的发展趋势，从我国国情和生态学实际研究水平和条件出发，选择与发展我国经济，保护生态环境有最密切关系的，并且在一段时期可做出明显成绩并进入国际先进行列的领域和课题为重点，集中研究优势，逐渐形成具有我国特色的生态学，并造就一批进入国际先进行列的生态学研究的杰出人才。

为此，应该着重注意下面几个方面：进一步加强生态学人才的培养和生态实验手段的建设；组织动员各部门、各系统的通力合作；提高全民族、全社会的生态意识，增强决策和管理人员的生态认识；生态学研究必须以为社会建设服务作为指导思想，紧密结合我国生态环境实际，使之成为经济建设决策的好参谋，真正转化为生产力；加强生态学研究 and 教育的协调，发挥学会作用，加强国际国内学术交流；积极发挥国家自然科学基金支持生态学应用基础与基础研究课题的作用。

基于上述，有理由认为只要我们能立足中国、放眼全球；进一步发展宏观尺度的成果，加强向宏观和微观水平的开拓；注意基础理论和研究方法的创

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 several fluid, connected strokes. The signature appears to be '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 and 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。

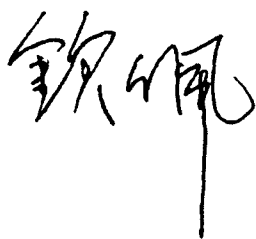
环境胁迫给生物带来压力,也造就了物种的逆境生理过程。本丛书的《植物逆境生理生态学》是从个体水平研究植物在极端环境条件包括生物逆境和非生物逆境下体内生理生化变化、适应性及其反馈机制的专著。首先从不同层次上概述植物与环境的相互关系,环境生态学分析与生态适应性,然后分别就影响植物的环境因素,包括生物因素,指植物之间、动物及病原微生物的影响;非生物因素,重点介绍光损害作用、盐逆境、重金属铝毒害,以及热胁迫下高等植物体内发生的一系列应激反应机理,此外还介绍了在植物抗逆性中起到重要作用的生理活性物质多胺的生理生态功能。

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

在漫长的历史发展过程中，人类在 99% 以上的时间里与自然和谐相处。自 200 年前的工业革命以来，世界人口迅猛发展，人类经济高速发展，物质生活相当丰富，但同时资源破坏、环境污染、生态危机等全球性问题也日益严重，一方面是资源耗竭，另一方面是“垃圾”堆积，人与自然的关系遭到了严峻的挑战，“征服自然、改造自然”的理念开始让位于可持续发展的思想。巴西著名的生态学家、诺贝尔奖获得者何塞·卢岑贝格（Jose Lutzenberger）提出敬畏自然的绿色哲学，认为“自然不可改良”。从蕾切尔·卡逊（Rachel Carson）的《寂静的春天》到巴里·康芒纳（Barry Commoner）的《封闭的循环》，从斯德哥尔摩的《人类环境宣言》到里约热内卢的《21 世纪议程》，人类对自身命运的认识实现了从预警性的环境运动到自觉的社会行动的质的飞跃，形成了全球性的可持续发展运动。可持续发展不仅是一种口号，更是一种涉及政治、经济、技术、文化和社会发展的行动纲领，是向传统生产方式、消费方式和价值观念挑战的一场生态革命，也是人类社会发展的必然归宿。

从技术层次上讲，可持续发展包括规划、建设与管理可持续的生态社区、生态产业与生态文化。生态产业是利用生态学经济原理和知识经济规律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。社会的转型首先从产业的生态转型开始，没有生态产业的发展，可持续发展只能是一句空话。从某种意义上说，生态产业是实现可持续发展的具体手段。

人类认识的重大突破，往往是从对大自然的模仿开始的。自然生态系统是我们目前所见的惟一能够自我维持、自我设计、自我适应、具有可持续活力的生产系统。从自然生态系统的系统代谢功能看，生产者、消费者和分解者三者通过“食物链（网）”紧密相连，少量能量就可实现物质循环。人们受到自然生态系统特别是食物链的启发，开始考虑将产生废物的工业生产过

程相衔接，相关企业形成“企业生态链”，从而最大限度地利用自然资源，尽量减少工业废物的排放。将这些实践进行理论总结，形成一门新的学科——产业生态学。在资源耗竭与环境恶化的压力下，通过技术升级和产业升级，形成生态产业。因此，生态产业实质上是生态工程特别是食物链在各产业中的应用，从而形成生态农业、生态工业、生态第三产业等生态产业体系，组成一个“物源-产品-再生物源”的物质反复循环流动的过程，使得整个经济系统以及生产和消费的过程基本上不产生或者只产生很少的废弃物，从根本上解决环境与发展之间的尖锐冲突。

本书按照逻辑和历史统一的原则，以食物链为线索，试图从新的视角透视产业生态学和生态产业。首先，本书分析了食物链的类型和特点，阐述了食物链和生态产业的关系，对食物链的研究方法和理论作了初步的总结，提出食物链设计的原则。然后，系统阐述生态产业的理论基础——产业生态学，分析了生态产业的类型和特点。最后，本书对生态产业的主要类型即生态工业、生态农业、生态旅游、生态建筑和生态卫生分别作了具体介绍。

本书是钦佩教授主编的《生态学热点研究丛书》中的一本，是集体合作的结果，由周文宗提出写作大纲并最后进行统稿和润色。其中，第一章、第二章、第三章和第十一章由周文宗编写；第四章、第五章和第六章由刘金娥编写；第七章、第八章和第九章由左平编写；第十章由王光编写。

特别感谢我们尊敬的博士生导师钦佩教授，本书是在他的指导下进行的，他在百忙之中为本书的编写付出了辛勤的劳动。感谢我们课题组成员的帮助，非常怀念我们那段朝夕相处、秉烛夜战的日子。另外，本书的写作参考了许多资料，在此特向这些参考资料的作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促和作者水平有限，本书存在许多不足之处，敬请读者批评指正。

周文宗

2004年9月1日

于南京大学生命科学院

内 容 提 要

本书是《生态学热点研究丛书》之一。生态产业是利用生态学经济原理和知识经济规律组织起来的，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。本书以食物链为线索，试图从新的视角透视产业生态学和生态产业。本书分析了食物链的类型和特点，阐述了食物链和生态产业的关系，对食物链的研究方法和理论作了初步的总结，提出食物链设计的原则。进而系统阐述生态产业的理论基础——产业生态学，分析生态产业的类型和特点。最后，本书对生态产业的主要类型即生态工业、生态农业、生态旅游、生态建筑和生态卫生分别作了具体介绍，以期为可持续发展提供具体的技术手段。

本书既有系统的理论阐述，又有大量的案例分析，可作为生物学、生态学、环境科学以及相关企业的科技人员和其他人士的参考书。

目 录

第一章 绪论.....	1
第一节 关于食物链.....	1
一、食物链的本质.....	1
二、食物链的类型.....	2
三、食物链的特点.....	3
第二节 食物链研究的意义.....	6
一、对食物链的研究有助于深入了解生态系统的结构和功能.....	6
二、食物链理论是环境保护和生态恢复的理论基础.....	7
三、对食物链的研究有助于解决食品安全问题.....	8
四、食物链理论和方法是生态农业建设的重要理论依据和 技术手段	10
五、从新的角度透视生物多样性和生物保护问题	12
第三节 食物链与生态产业	13
一、生态产业的产生	13
二、食物链与生态产业的关系	14
第二章 食物链的研究方法和理论	16
第一节 食物链(网)的研究进展	16
一、国外研究进展	16
二、我国研究概况	17
第二节 食物链的基本研究方法	20
一、同位素技术	20
二、荧光物示踪定量检测法 (quantative analysis by fluorescence trace technology)	24
三、能流分析方法	25
四、环分析方法 (loop analysis)	27

五、相似性测度方法	30
第三节 食物链的基本原理	31
一、食物链的长度理论	31
二、食物链的结构理论	32
三、食物链(网)的控制理论	32
四、食物链的营养动态理论	33
五、食物链的生物放大作用	34
第四节 食物链研究的发展趋势	35
一、食物链理论研究将进一步深入与完善,其认识自然和 预测世界的功能有所提高	35
二、食物链研究将拓宽其时空范围,为人类认识营养关系的 区域差异性和生物进化规律提供相关的依据	35
三、食物链研究方法将更加丰富多样,定性和定量、室内实验和 野外考察、数学模型和与计算机模拟相结合趋势明显	35
四、食物链理论的应用日益广泛,各种设计技术更加成熟	36
第三章 食物链设计	37
第一节 食物链的设计原则	37
一、食物链设计的含义	37
二、食物链设计原则	37
第二节 食物链的设计与构建	39
一、食物链加环	39
二、食物链结构设计	45
第三节 典型案例分析	45
一、食物链与黄鳝生态工程	45
二、食物链和水花生资源化利用	49
第四章 产业生态学理论	52
第一节 产业生态学发展史	52
一、产业生态学的定义	52
二、早期的重要探索	53
第二节 产业生态学原理	56
一、产业生态系统	56

二、产业生态学的基本原理	57
第三节 产业生态学主要研究内容	63
一、产业生态学的研究目标和领域	63
二、产业生态学的研究内容	64
第四节 产业生态学发展趋势	69
第五章 产业生态学方法	71
第一节 产业生态学设计方法	71
一、工业代谢	71
二、物质流分析	73
三、原子经济	75
四、生态重组	75
五、生命周期评价、设计	76
六、可持续消费	82
七、生态产业园建设	82
第二节 产业生态学管理方法——生态管理	88
一、生态管理的发展和实质	88
二、生态管理方法	89
第三节 产业生态学评价方法	99
一、生态足迹 (ecological footprint)	99
二、能值分析法	102
三、生命周期评价 (LCA)	110
四、市场价值法	110
五、疾病成本法	111
六、机会成本法	111
七、置换成本法	111
八、影子工程法	112
九、旅行成本法	112
十、意愿调查评估法	113
第六章 生态产业	115
第一节 生态产业基本类型	115
一、生态产业与传统产业	115

二、生态产业的基本类型·····	117
第二节 生态产业设计·····	118
一、区域水平产业经济规划·····	118
二、生态产业设计·····	120
第三节 生态产业与可持续发展·····	125
一、生态危机的根源——资源耗竭与污染负荷超载的悖论·····	125
二、可持续发展·····	127
三、可持续发展的生态产业战略——师法自然，实现资源的 可持续利用，建立生态文明·····	129
第七章 生态工业 ·····	135
第一节 生态工业的内涵及发展·····	135
一、生态工业的兴起·····	135
二、工业体系的进化过程·····	137
第二节 工业生态学理论·····	139
一、工业生态学的定义·····	139
二、工业生态学的研究领域与特点·····	140
第三节 生态工业与工业生态园区·····	144
一、生态工业与工业生态园区·····	144
二、国外生态工业园区建设·····	145
三、国内生态工业园区建设·····	148
第四节 中国生态工业的可持续发展·····	150
一、工业生态学的理论启示·····	150
二、生态工业园区建设与可持续发展·····	152
第八章 生态农业 ·····	157
第一节 生态农业的内涵与发展·····	158
一、生态农业的兴起·····	158
二、国内外生态农业的发展·····	161
第二节 典型的生态农业类型及模式·····	165
一、生态农业的技术体系·····	165
二、生态农业的典型模式·····	167
第三节 生态农业产业与生态农业园区·····	174