

# Landscape Ecology

Pattern, Process, Scale and Hierarchy (2nd edition)

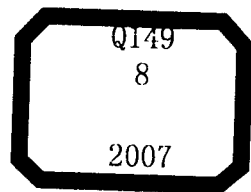
## 景观生态学

——格局、过程、尺度与等级 (第二版)

■ 邬建国 著



高等教育出版社  
Higher Education Press



# 景观生态学

——格局、过程、尺度与等级

(第二版)

邬建国 著

高等教育出版社

## 内容简介

本书全面而系统地介绍了现代景观生态学的基本概念、理论、研究方法及应用前景;广泛地综合了国际景观生态学自 20 世纪 80 年代以来的新思想、新理论和新动向,并对景观格局分析和模型方法作了较细致的介绍。作者从两个方面来论述景观生态学:① 景观生态学作为一门新兴的生态学、地理学以及其他相关学科高度综合的交叉科学,② 景观生态学作为一个强调格局、过程、尺度和等级相互之间关系的新生态学范式。因此,本书不但介绍了景观生态学的基本研究对象、内容和方法,同时也阐述了景观生态学作为一个新的生态学范式或概念构架如何促进其他学科(如种群、群落、生态系统生态学)的发展。

本书可供生物科学、生态学、环境科学和地球科学以及有关应用学科的研究和教学人员参考,也可作为大学生和研究生的教科书或参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

景观生态学:格局、过程、尺度与等级/邬建国著. —2  
版. —北京:高等教育出版社,2007.4

ISBN 978 - 7 - 04 - 020879 - 5

I. 景… II. 邬… III. 景观学:生态学 IV. Q149

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 024100 号

---

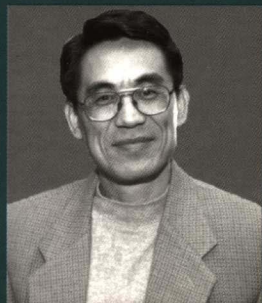
出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010 - 58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京未来科学技术研究所 有限责任公司印刷厂	畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787 × 1092 1/16	版 次	2001 年 1 月第 1 版
印 张	18		2007 年 4 月第 2 版
字 数	340 000	印 次	2007 年 4 月第 1 次印刷
		定 价	38.00 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 20879 - 00



## 邬建国

*Landscape Ecology* 主编，美国亚利桑那州立大学生命科学院和全球可持续性科学研究所教授。内蒙古大学学士，美国迈阿密大学硕士和博士（1987，1991）。康奈尔大学和普林斯顿大学博士后（1991 - 1993）。主要研究领域包括景观生态学、城市生态学、理论生态学和可持续性科学。发表论文130余篇，著作5部。主持多项美国自然科学基金会、美国国家环保部以及美国农业部资助的研究项目。美国生态学会亚洲生态学分部主任（1999 - 2000），美国景观生态学会2001年年会主席，美国景观生态学会理事（2001 - 2004），美国环境保护部生态学项目科学顾问（2004 - 2005）。2000年被收录美国名人录 (Who's Who in America)。中国国家杰出青年科学基金B类获得者（2001），入选中国科学院“百人计划”（2003）。*Landscape and Ecological Engineering*、*Journal of Integrative Plant Biology*、*Geographic Information Science*、《生态学报》、《植物生态学报》、《生态学杂志》和《生物多样性》编委。浙江大学、北京师范大学、内蒙古大学、华东师范大学、北京大学、中国科学院研究生院和中国科学院植物研究所客座或特聘教授。《现代生态学讲座系列》学术委员会主任。

## 再版前言

光阴似箭,时光如梭。转眼之间,这本书的第一版已经出版6年之久。承蒙广大读者的厚爱 and 高等教育出版社的努力,第一版的发行量远远地超过了我的想象。这也使我感到有必要更新内容,再版此书,以飨读者。第二版对原来的每一章都作了修改、补充或内容上的更新。每章的推荐阅读文献都进行了重新选择。近年来,国内景观生态学方面的书籍大量涌现。本书尽量不去重复已有的中文书籍中的内容,而是希望能给广大的国内年轻学子提供一个比较准确、系统并富有理念的景观生态学读本。不求包罗万象,旨在言简意赅、提纲挈领。这是第一版的宗旨,也是第二版的指南。

我非常感谢高等教育出版社李冰祥博士对本书出版的热情支持与多方面的协助,和这样能力卓著、认真负责的编辑共事是一个作者的幸运。同时,我也感谢刘志民、袁飞、王天明、田瑜、王红芳和李钟汶在第二版书稿修改过程中所提供的帮助。

中国地大物博,景观多样,人才济济,广布四方,环境问题复杂,人与自然之间的相互作用密切而久远,在发展景观生态学方面可谓“天时、地利、人和”。中国已经逐步成为一个景观生态学“大国”。然而,从一个景观生态学“大”国成为一个景观生态学“强”国尚需国内多学科同仁以中国的各类景观为主角,以国际科学界为舞台,深入钻研,广泛交流,为学有道,敢为人先,求真务实,勇于探索,杜绝急功近利,摒弃浮躁之风。若能如此,我们的目标不但能够实现,而且为期不远。我希望这本书能为我们实现这一目标起到抛砖引玉、添砖加瓦的作用。

人类社会在发展,科学技术在进步,而随之而来的似乎是越来越快的生活节奏,越来越忙的世人和书生。初衷原本是要宽时再版,到头来还是仓促完成。故此,书中必有弊疵。虽然是文责自负,尚请读者不吝雅正。



2006年10月30日

于北京香山

# 第一版序

景观生态学是生态学中近年来发展最快的分支之一。它以在较大的时空尺度上研究生态学问题为特征,在概念框架、理论体系和数量方法上正经历着方兴未艾的发展,在城乡土地利用规划、森林和牧场经营管理、环境和自然保护、旅游设计等方面已获得广泛应用,是生态学研究的重点发展方向之一。

作为一门新兴的学科分支,发展和传播其完整独立的理论体系,无论对学科发展还是实际应用都是十分重要的。邬建国博士是多年潜心于景观生态学研究的年轻学者之一,既涉猎理论和范式研究,又专注景观理论的应用,在国内外一些重要杂志上发表了为数不少的有关方面的文章,尤其在格局、尺度以及等级斑块动态方面有比较独到的研究。他虽在海外留学多年,但非常关心国内生态学的发展,因此出于介绍和传播生态学最新进展这样一种目的,在系统总结当前国际景观生态前沿领域的研究进展的基础上,融入自己的研究成果,撰成了体系较为完整的《景观生态学——格局、过程、尺度与等级》一书,并以中文出版,相信这对国内景观生态学研究是意义匪浅的,将有效地促进我国景观生态学研究和应用的发展。



中国科学院院士  
1999年12月于北京

# 第一版前言

景观生态学是现代生态学中内容最丰富、发展最快、影响最广泛的学科之一。景观生态学不但是是一门新兴学科,而且代表了集多方位现代生态学理论和实践为一体的、突出格局-过程-尺度-等级观点的一个新生态学范式。虽然“景观生态学”一词早在1939年就已提出,但直到20世纪80年代初,它才开始发展成为一门相对独立、渐为国际学术界公认的生态学分支学科。作为一门新兴学科,景观生态学的发展既令人振奋,又时而使人惑然。令人振奋的是其在理论、方法和应用方面的发展之快、之广;使人惑然的是从一些专著和论文来看,景观生态学家似乎连什么是“景观”都未形成一个统一的定义!既然研究对象不详,其研究内容也只能是不乏争议。然而,若对景观生态学的历史、发展和现状做一个全面而系统的考查,什么是景观(和景观生态学)的答案就变得显而易见了。这个问题的答案不是基于某一个学者如何定义它,而是要看大多数景观生态学家是如何处理的:他们的具体研究对象是什么?他们研究的时空尺度是什么?他们所提出的研究问题有何特征?他们是如何来回答这些问题或检验科学假设的?所有这些都与其他生态学科有何不同?这正是本书的出发点,也是其目的,即较准确、全面地反映现代景观生态学的主要概念、理论、方法及应用。当然,科学应该是完全客观的,但科学家却难免有片面主观之时。在撰写这本书的过程中,我虽然力求客观、准确,但在一定程度上肯定还是更多地反映了我自己对景观生态学的整体看法以及在某些方面的特殊兴趣。

自Naveh和Lieberman(1984)的*Landscape Ecology: Theory and Application*一书出版以来,已有十几本景观生态学英文著作问世;中文著作我也欣然耳闻目睹过数本。不同的书往往强调景观生态学的不同方面,在内容和风格上也有显然差别。不少已出版的景观生态学著作内容丰富、实例不乏。然而,大多数已出版的著作缺乏对景观生态学的理论和定量研究方法的较系统和全面的阐述。在我从事景观生态学研究的十几年中,听到不少对该学科的议论:不少人以为景观生态学无非就是“景观大尺度”上的生态学;它的新意何在?也有人以为景观生态学不外乎就是算算一系列格局指数,或把枯燥而庞杂的数据输入计算机中,然后转变成漂亮而易懂的图形,或从遥远之处观察“无生物”地理区域的轮廓和形态;其生态学意义何在?这两种看法似属片面而浮浅,二者皆非也。我希望这本

书能够帮助读者理解究竟什么是景观生态学,其主要概念、理论和方法,它与其他生态学研究的关系和不同,以及它的理论和实用价值。为此,本书的重点是基本概念和理论、数量分析和模型方法以及景观生态学应用的原理和特点。对于那些寻找有关世界上某个具体景观信息的读者来说,这本书必然会使他们大失所望;但我希望,那些对生态科学的现在和将来充满好奇心、热情或信心的读者能为书中的内容和思想而略感振奋。

该书是以我的名义出版的,但其中的知识是许许多多景观生态学家共享的。我在生态学方面所取得的微略成就首先应该归功于我在大学时期的老师们,特别是李博、刘钟龄、雍世鹏、曾泗弟和孙鸿良诸位教授。在内蒙古大学就读期间,有幸聆听阳含熙教授(数学生态学)、陈昌笃教授(生态系统生态学)和周纪伦教授(种群生态学)为我们生态学专业班作的特邀专题讲座,受益良多,影响深远。当然,我应该感谢我的研究生导师 John L. Vankat 教授,博士后导师 Simon A. Levin 教授,以及近 10 年来与我频繁合作和交流的益友良师 Orie L. Loucks 教授、Steward T. A. Pickett 博士、James F. Reynolds 教授以及 Robert V. O'Neill 博士。他们,尤其是 Orie 和 Simon,对我近 10 年来的研究有极重要的影响。

本书的最初构思始于 1996 年春,即我在亚利桑那州立大学生命科学系第一次讲授“景观生态学”之时。它能够今天与读者见面是与许多同行和朋友们的的大力帮助和鼓励分不开的。没有他们的热情协作,恐怕这本书还是我的“梦中楼阁”。我感谢近年来在我实验室工作过的几位中国访问学者和研究人员:申卫军、任海、刘元波、张利全、赵成义、常学礼和江明喜诸位先生,他们先后在不同程度上对该书的撰写有所帮助。我在亚利桑那州立大学的几位研究生,尤其是 Matt Luck, Darrel Jenerette 和 John “EBo” David,同我一起参与了本书引用的一些有关格局分析和模型方面的研究。本书初稿打印和校正主要是由申卫军先生完成的,任海、张利全和刘元波诸位也做了许多工作。Cindy Overton 女士不辞辛劳从茫茫的字海中整理出数百篇书中引用的英文文献。李哈滨博士和何芳良博士仔细审阅了有关景观生态学概念、理论、格局分析和模型等章节,提出了宝贵建议;在此我向两位朋友表示由衷的感谢。

本书能够顺利出版还多亏宫鹏教授和高等教育出版社张小萍副总编辑和李冰祥博士的大力支持。对李冰祥博士和张小萍副总编辑在出版期间所提供的方便和帮助,作者深表谢意。此外,我要特别感谢阳含熙院士为本书欣然加序,以及先生多年来的不断鼓励。最后,我感谢我夫人高玮、儿子邬桐和女儿邬杉——他们对我多年来无休止地加班加点的忍耐和理解是极其宝贵的,而他们给予我的能量和欢乐更是无法度量的。

虽然人称写前言是件快事,但也得有个结尾。在结束前言之时,我应该说明 3 点:第一,由于我长期以来在美国工作,虽然一直保持和国内生态学同行的合作和交流,并也尽量留意国内有关文献,但毕竟有限。因此,在引用文献方面不



免会偏重于北美,而对欧洲和国内的有关研究可能有所忽视。第二,尽管诸位女士和先生们对该书做出了许多贡献,但书中若有谬误,皆属作者本人负责。第三,由于时间仓促、作者能力有限,书中不免会有欠妥之处,我诚请读者不吝斧正。

邬建国

2000年7月22日

于美国凤凰城亚利桑那州立大学

# 目 录

<b>第一章 景观生态学中的基本概念</b> .....	(1)
1.1 景观和景观生态学 .....	2
1.1.1 景观和景观生态学的定义 .....	2
1.1.2 景观生态学发展历史 .....	5
1.1.3 关于景观生态学中欧洲和北美学派之说 .....	10
1.2 景观生态学的研究范畴 .....	13
1.2.1 景观生态学研究的对象和内容 .....	13
1.2.2 景观生态学与其他生态学科的关系 .....	16
1.3 格局、过程、尺度 .....	17
1.4 空间异质性和斑块性 .....	19
1.5 干扰 .....	21
1.6 斑块 - 廊道 - 基底模式 .....	23
推荐阅读文献 .....	23
<b>第二章 景观格局的形成、结构和功能特征</b> .....	(25)
2.1 影响景观格局形成的主要因素 .....	27
2.2 斑块的结构和功能特征 .....	31
2.2.1 斑块的主要类型、成因和机制 .....	31
2.2.2 斑块的结构特征和生态学功能 .....	31
2.3 廊道、网络与基底的结构和功能特征 .....	36
2.3.1 廊道的结构和功能特征 .....	36
2.3.2 网络与基底的结构和功能特征 .....	36
2.4 景观镶嵌体格局和生态学过程 .....	37
2.5 景观镶嵌体格局和种群遗传学过程 .....	40
推荐阅读文献 .....	41
<b>第三章 景观生态学中的一些基本理论和重大论题</b> .....	(42)
3.1 岛屿生物地理学理论 .....	43

3.1.1	岛屿生物地理学理论的主要内容	43
3.1.2	岛屿生物地理学理论的数学模型	45
3.1.3	岛屿生物地理学理论的验证与应用	48
3.2	复合种群理论	49
3.2.1	复合种群的概念	49
3.2.2	复合种群的类型	51
3.2.3	复合种群模型	56
3.3	景观连接度和渗透理论	60
3.3.1	景观连接度	60
3.3.2	临界阈现象和渗透理论	60
3.3.3	景观中性模型	66
3.4	等级理论和景观复杂性	66
3.4.1	系统复杂性	66
3.4.2	等级理论的主要内容	68
3.4.3	等级理论的热力学基础	72
3.5	景观生态学中的十大核心研究论题	75
	推荐阅读文献	80
<b>第四章</b>	<b>等级斑块动态范式</b>	<b>(81)</b>
4.1	科学范式及其重要性	82
4.2	生态学范式及其变迁	83
4.2.1	平衡范式	83
4.2.2	多平衡及非平衡范式	85
4.2.3	种群生态范式与生态系统范式	87
4.3	等级斑块动态范式	88
4.3.1	斑块动态理论	88
4.3.2	等级斑块动态	91
	推荐阅读文献	100
<b>第五章</b>	<b>景观格局分析</b>	<b>(102)</b>
5.1	景观格局分析概述	103
5.2	景观指数	106
5.2.1	常用的景观指数	107
5.2.2	景观指数应用举例	116
5.2.3	景观指数的尺度效应、方向性以及其它行为学特征	121
5.3	空间统计学方法	125

5.3.1 空间自相关分析·····	127
5.3.2 半方差分析·····	129
5.3.3 其他空间分析方法·····	136
5.4 可塑性面积单元问题·····	147
5.4.1 什么是可塑性面积单元问题·····	147
5.4.2 可塑性面积单元问题的研究及生态学意义·····	150
5.4.3 如何对待可塑性面积单元问题·····	152
5.5 景观格局分析中的误差问题·····	154
5.6 景观格局分析中的一些挑战性问题·····	157
推荐阅读文献·····	158
<b>第六章 景观模型与尺度推绎</b> ·····	<b>(159)</b>
6.1 生态学模型概述·····	160
6.1.1 什么是模型·····	160
6.1.2 模型的种类·····	161
6.1.3 生态学建模的一般原理和过程·····	162
6.2 景观模型的主要类型及特征·····	165
6.3 空间概率模型·····	166
6.4 细胞自动机模型·····	169
6.5 景观机制模型·····	171
6.5.1 空间生态系统模型·····	173
6.5.2 空间显式斑块动态模型·····	178
6.6 空间尺度推绎·····	186
6.6.1 尺度推绎的概念·····	186
6.6.2 尺度推绎的必要性·····	188
6.6.3 尺度推绎的途径和方法·····	189
6.6.4 尺度推绎战略指南·····	192
6.7 景观实验模型系统·····	193
推荐阅读文献·····	196
<b>第七章 遥感、地理信息系统和全球定位系统</b> ·····	<b>(198)</b>
7.1 遥感·····	199
7.2 地理信息系统·····	205
7.3 全球定位系统·····	212
推荐阅读文献·····	214

<b>第八章 景观生态学应用</b> .....	(215)
8.1 景观生态学应用的两种指导思想 .....	216
8.2 景观生态学应用原理 .....	219
8.3 景观生态学应用的一些重要领域 .....	225
8.3.1 自然保护和恢复生态学 .....	225
8.3.2 生态系统管理 .....	226
8.3.3 土地利用规划 .....	226
8.3.4 景观生态学和可持续性科学 .....	227
推荐阅读文献 .....	229
<b>参考文献</b> .....	(230)
<b>索引</b> .....	(263)

# TABLE OF CONTENTS

<b>Chapter 1 Basic Concepts in Landscape Ecology</b> .....	(1)
1.1 Landscape and Landscape Ecology .....	2
1.1.1 Definitions of landscape and landscape ecology .....	2
1.1.2 History of landscape ecology .....	5
1.1.3 Schools of thoughts in landscape ecology .....	10
1.2 Scope of Landscape Ecology .....	13
1.2.1 Objects and objectives of landscape ecology .....	13
1.2.2 Relationship between landscape ecology and other ecological disciplines .....	16
1.3 Pattern, Process, and Scale .....	17
1.4 Spatial Heterogeneity and Patchiness .....	19
1.5 Ecological Disturbance .....	21
1.6 Patch-Corridor-Matrix Model .....	23
Recommended References .....	23

<b>Chapter 2 Formation of Landscape Pattern and Its Structural and Functional Characteristics</b> .....	(25)
2.1 Major Factors for Landscape Pattern Formation .....	27
2.2 Structural and Functional Characteristics of Patches .....	31
2.2.1 Major patch types and causes of patch formation .....	31
2.2.2 Structure and functions of patches .....	31
2.3 Structural and Functional Characteristics of Corridors, Networks and Matrix .....	36
2.3.1 Structural and functional characteristics of corridors .....	36
2.3.2 Structural and functional characteristics of networks and matrix .....	36
2.4 Landscape Mosaics and Ecological Processes .....	37
2.5 Landscape Mosaics and Population Genetic Processes .....	40
Recommended References .....	41

## Chapter 3 Some Basic Theories and Key Topics in Landscape

<b>Ecology</b> .....	(42)
3.1 Theory of Island Biogeography .....	43
3.1.1 Major tenets of theory of island biogeography .....	43
3.1.2 Mathematical model of island biogeography .....	45
3.1.3 Validation and application of theory of island biogeography .....	48
3.2 Metapopulation Theory .....	49
3.2.1 Definition of metapopulation .....	49
3.2.2 Metapopulation types .....	51
3.2.3 Metapopulation models .....	56
3.3 Landscape Connectivity and Percolation Theory .....	60
3.3.1 Landscape connectivity .....	60
3.3.2 Threshold phenomena and percolation theory .....	60
3.3.3 Landscape neutral models .....	66
3.4 Hierarchy Theory and Landscape Complexity .....	66
3.4.1 System complexity .....	66
3.4.2 Major tenets of hierarchy theory .....	68
3.4.3 Thermodynamics basis of hierarchy theory .....	72
3.5 Ten Key Research Topics in Landscape Ecology .....	75
Recommended References .....	80
 <b>Chapter 4 Hierarchical Patch Dynamics Paradigm</b> .....	 (81)
4.1 Scientific Paradigms and Their Importance .....	82
4.2 Ecological Paradigms and Paradigm Shifts in Ecology .....	83
4.2.1 Equilibrium paradigm .....	83
4.2.2 Multiple-equilibrium and non-equilibrium paradigms .....	85
4.2.3 Population and ecosystem ecology paradigms .....	87
4.3 Hierarchical Patch Dynamics Paradigm .....	88
4.3.1 Patch dynamics theory .....	88
4.3.2 Hierarchical patch dynamics .....	91
Recommended References .....	100
 <b>Chapter 5 Methods in Landscape Pattern Analysis</b> .....	 (102)
5.1 Synopsis of Landscape Pattern Analysis .....	103
5.2 Landscape Indices .....	106
5.2.1 Commonly used landscape metrics .....	107

5.2.2	Examples of landscape pattern analysis using indices .....	116
5.2.3	Scale effects, directionality and other behavioral attributes .....	121
5.3	Spatial Statistical Methods .....	125
5.3.1	Spatial autocorrelation analysis .....	127
5.3.2	Semivariance analysis .....	129
5.3.3	Other spatial analysis methods .....	136
5.4	Modifiable Areal Unit Problem (MAUP) .....	147
5.4.1	What is MAUP .....	147
5.4.2	Research in MAUP and ecological implications .....	150
5.4.3	How to deal with MAUP .....	152
5.5	Error Problems in Landscape Pattern Analysis .....	154
5.6	Some Challenging Issues in Landscape Pattern Analysis .....	157
	Recommended References .....	158

**Chapter 6 Landscape Modeling and Scaling** \_\_\_\_\_(159)

6.1	Synopsis of Ecological Modeling .....	160
6.1.1	What is a model .....	160
6.1.2	Types of models .....	161
6.1.3	General principles and procedures of ecological modeling .....	162
6.2	Major Types and Characteristics of Landscape Models .....	165
6.3	Spatial Probabilistic Models .....	166
6.4	Cellular Automata Models .....	169
6.5	Mechanistic Landscape Models .....	171
6.5.1	Spatial ecosystem models .....	173
6.5.2	Spatially explicit patch dynamics models .....	178
6.6	Spatial Scaling .....	186
6.6.1	Concepts of scaling .....	186
6.6.2	Why scaling .....	188
6.6.3	Scaling approaches and methods .....	189
6.6.4	General guidelines for scaling .....	192
6.7	Experimental Model Landscapes .....	193
	Recommended References .....	196

**Chapter 7 Remote Sensing, Geographic Information Systems,  
and Global Positioning Systems** \_\_\_\_\_(198)

7.1	Remote Sensing .....	199
-----	----------------------	-----



## TABLE OF CONTENTS

---

7.2	Geographic Information Systems .....	205
7.3	Global Positioning Systems .....	212
	Recommended References .....	214
<b>Chapter 8 Applications of Landscape Ecology</b> .....		<b>(215)</b>
8.1	Two General Views on Landscape Ecological Applications .....	216
8.2	Principles in Landscape Ecological Applications .....	219
8.3	Some Important Areas for Landscape Ecological Applications .....	225
8.3.1	<i>Nature conservation and restoration ecology</i> .....	225
8.3.2	<i>Ecosystem management</i> .....	226
8.3.3	Land use planning .....	226
8.3.4	Landscape ecology and sustainability science .....	227
	Recommended References .....	229
<b>Bibliography</b> .....		<b>(230)</b>
<b>Index</b> .....		<b>(263)</b>