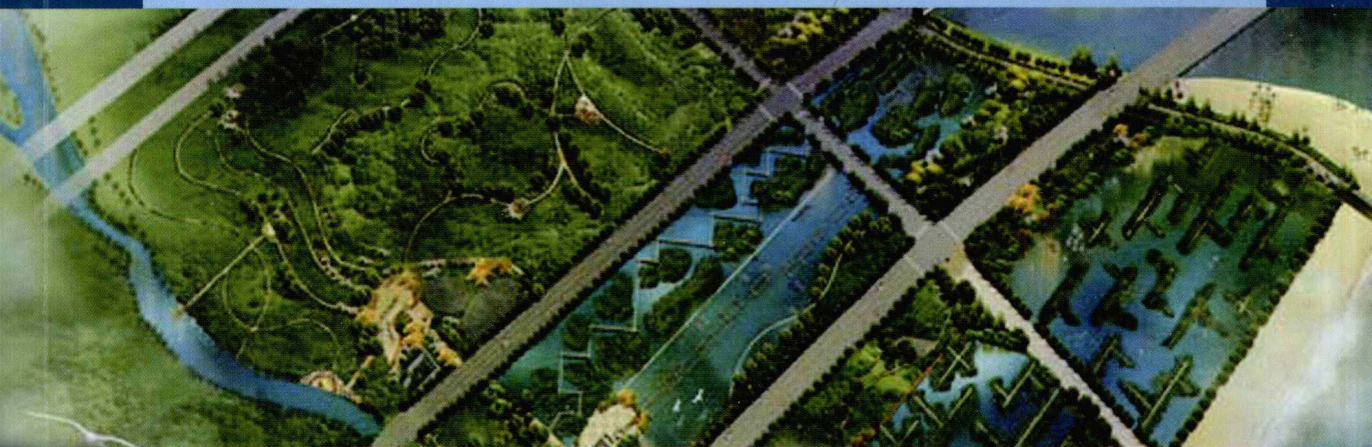


景观格局空间分析 技术及其应用

郑新奇 付梅臣 主 编
姚 慧 胡业翠 周 伟 副主编



科学出版社

景观格局空间分析技术及其应用

郑新奇 付梅臣 主编
姚 慧 胡业翠 周 伟 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

定量分析景观格局及其变化对于监测和评价由城市化、土地利用变化、产业变化等引发的生态效应十分重要。本书以科学性、系统性、操作性与易读性为指导思想,以景观生态学为理论基础,在 GIS 和 Fragstats 软件支持下,首先简要介绍景观生态学的基本原理、景观类型与结构的基本知识,其次阐述景观格局分析的指标选择技巧,接下来详细介绍 Fragstats 进行景观格局空间分析的操作方法与使用技巧,最后通过对城市、农村土地利用、林业、农业、流域等景观格局空间分析实例,探讨了景观格局空间分析技术在区域生态系统管理与决策中的应用。

本书适用于地理科学、农业科学、生态学、环境科学、土壤学、土地资源管理及相关专业的学生学习,同时也可供科学研究、规划管理等科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

景观格局空间分析技术及其应用/郑新奇,付梅臣主编. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-029684-9

I. ①景… II. ①郑…②付… III. ①景观学:生态学-地域研究 IV. ①Q149

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 237739 号

责任编辑:赵 峰 赵 冰 冯肖兵 / 责任校对:纪振红

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

陈海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 12 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2010 年 12 月第一次印刷 印张: 14 3/4 插页: 2

印数: 1—2 500 字数: 362 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

景观生态学是一门新的交叉学科,在过去二三十年间得到了飞速的发展。空间格局、生态过程与尺度之间的相互作用是景观生态学研究的核心问题之一。空间格局、空间结构以及地理现象在时间和空间上的动态演变也是地理学研究的核心问题。景观格局是景观异质性在空间上的综合表现,是人类活动和环境干扰促动下的结果。现代景观格局的形成通常不再是单一的自然因素干扰所致,而往往是自然因素与人文因素共同作用的结果。由于自然因素与人文社会经济的影响,土地利用结构及土地资源的质量不断发生变化,从而影响区域生态环境和全球环境的变化。分析研究区域土地利用变化过程、规律及驱动因素,了解景观格局的形成原因与作用机制,明确景观格局演变对生态系统的影响,能够让人类重新审视与规划其对自然的行为,为合理开发自然资源、保护生态环境、推动自然经济社会的良性发展和调控人类行为提供科学的决策依据。

景观格局是一定社会形态下的人类活动和经济发展状况的直接反映。土地景观格局的复杂程度与社会的发展阶段是紧密联系的,人口增加、社会重大变革和国家政策变化都会在土地景观格局上表现出来。随着全球环境变化和土地利用/土地覆被变化的日益加剧,产生了全球、区域、局部等不同尺度的景观生态响应,这其中以土地景观的变化最为典型。1993年,国际地圈生物圈计划(International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)和国际全球变化人文因素计划(International Human Dimensions Programme, IHDP)共同发起对土地利用与全球土地覆被变化的研究。在IGBP和IHDP的推动下,土地利用/土地覆被研究成为全球变化研究的热点。全球土地计划(Global Land Project, GLP)是IGBP与IHDP联合发起的土地利用与土地覆被计划(Land Use and Land Coverage, LUCC)的后续。GLP是当前国际全球环境变化4个核心研究计划(水系统、碳、食物、土地)之一,其核心目标是量测、模拟和理解人类-环境耦合系统。因此,很多学者开始关注景观生态学在土地利用变化研究中的应用,土地景观格局研究已成为景观生态学、土地科学、全球变化研究领域中的热点问题。

随着土地景观格局变化研究内容的深入,土地景观格局的研究方法已由最初的定性描述发展到定量分析和空间分析技术与数学模型相结合的定量表征。空间分析技术在研究土地景观格局的变化中作用越来越突出。基于地统计学的土地景观指数模型和动态变化模型则为定量分析景观格局变化提供了强有力的工具,元胞自动机、遗传算法、粒子群模型等与景观格局量化指标结合为土地景观格局研究拓宽了新的视野。目前土地景观格局研究的主要空间分析技术主要集中在地理信息系统和Fragstats的结合,以及在此基础上的拓展。但对应用中遇到的一些景观格局分析非常基础和敏感的问题,如景观指数的选择、景观尺度、粒度的确定等缺乏专门的系统研究。

经过几年的探索,结合我们的工作总结,在同行专家的不断指导和启发下,我们共同撰写了本书,旨在通过对关键知识、关键技术、关键技巧等的归纳和总结,为读者提

供参考或指导。

本书是我们团队合作的成果。具体分工是：第1章、第2章、第3章、第11章由付梅臣、谢苗苗、张建军撰稿，第4章、第7章由姚慧、郑新奇撰稿，第5章、第6章由唐宽金、任利伟、孟令娜、郑新奇撰稿，第8章由胡业翠、郑新奇撰稿，第9章、第10章由唐宽金、郑新奇撰稿，第12章由周伟撰稿。王广军参与了前期提纲拟定及内容的讨论。全书由郑新奇定稿。姚慧、胡业翠参与了部分统稿工作。

受作者水平和资料限制，书中难免存在疏漏或不足，敬请读者批评指正。如果阅读本书能给您的工作、学习等提供些许的帮助，我们将甚感欣慰。

郑新奇

2010年8月

目 录

前言

第 1 章 景观格局空间分析概述	1
1.1 景观生态学概述	1
1.1.1 景观和景观生态学的定义	1
1.1.2 景观生态学发展简史	1
1.1.3 景观生态学研究对象和内容	4
1.2 景观生态学基本原理	5
1.2.1 景观整体性与异质性原理	5
1.2.2 景观生态学研究的尺度性原理	5
1.2.3 景观生态流与空间再分配原理	6
1.2.4 景观结构镶嵌性原理	7
1.2.5 景观的文化性原理	7
1.2.6 景观的人类主导性原理	8
1.2.7 景观多重价值原理	8
1.2.8 景观结构与功能关系原理	9
1.2.9 景观格局与过程关系原理	9
1.3 “3S”技术与景观格局分析	10
1.3.1 GIS在景观格局分析中的应用	10
1.3.2 RS在景观格局分析中的应用	12
1.3.3 GPS在景观格局分析中的应用	12
1.3.4 “3S”集成技术在景观格局分析中的应用	13
参考文献	13
第 2 章 景观空间结构与变化	15
2.1 景观类型	15
2.1.1 景观系统分类依据	15
2.1.2 景观系统分类的原则	16
2.1.3 景观分类体系	16
2.1.4 主要景观类型及特征	17
2.2 景观结构	20
2.2.1 斑块	20
2.2.2 廊道	22
2.2.3 基质	24
2.2.4 网络	25

2.2.5 生态交错带	27
2.3 景观变化	30
2.3.1 类型水平的景观指数	30
2.3.2 景观水平的景观指数	31
参考文献	32
第3章 景观格局空间分析关键技术	33
3.1 景观单元选择技术	33
3.2 景观格局空间分析数据获取与处理	33
3.3 景观格局空间分析技术	34
3.3.1 景观多样性分析	35
3.3.2 景观均匀性和优势度分析	35
3.3.3 景观破碎化分析	35
3.3.4 景观聚集度分析	36
3.4 景观指数选择技术	36
3.4.1 多样性指数	36
3.4.2 优势度指数和均匀度指数	36
3.4.3 景观斑块数破碎化指数	37
3.4.4 聚集度指数	37
3.5 景观指数应用技术	37
参考文献	38
第4章 景观生态格局分析常用软件	40
4.1 Spatial Scaling Programs	40
4.1.1 1维空间分析程序	40
4.1.2 2维空间分析程序	42
4.2 APACK	44
4.2.1 安装和运行	44
4.2.2 APACK 支持的数据格式	45
4.2.3 APACK 命令概述	46
4.2.4 APACK 命令的操作	46
4.3 SIMMAP2.0	48
4.3.1 修正随机聚类方法	48
4.3.2 模拟结果量化的景观特征指数	51
4.4 Patch Analyst	53
4.4.1 程序的运行	53
4.4.2 空间分析的步骤	54
4.5 Fragstats	58
参考文献	59

第 5 章 Fragstats 的运行与操作	60
5.1 Fragstats 使用说明	60
5.2 Fragstats 数据格式	61
5.3 Fragstats 输出文件	64
5.4 背景值、边界和边界线	66
5.5 Fragstats 菜单项及其操作	72
5.5.1 打开 Fragstats 的开始窗口	72
5.5.2 设定运行参数	74
5.5.3 选择和限定斑块、类和景观指标	81
5.5.4 批处理文件的运行	86
5.5.5 编辑类属性文件 (可选)	88
5.5.6 运行 Fragstats	89
5.5.7 浏览和保存结果	89
参考文献	91
第 6 章 Fragstats 中的指标度量	92
6.1 Fragstats 指标概述	92
6.1.1 指标简介	92
6.1.2 指标分类	93
6.2 不同尺度水平的指标度量	93
6.2.1 斑块尺度水平的度量指标	93
6.2.2 斑块类型尺度水平的度量指标	95
6.2.3 景观尺度水平的度量指标	96
6.3 分类型的指标度量	97
6.3.1 面积/密度/边缘指标度量	97
6.3.2 形状指标度量	106
6.3.3 核心面积指标度量	111
6.3.4 独立/邻近指标度量	117
6.3.5 对比度指标度量	122
6.3.6 蔓延度与离散度指标度量	125
6.3.7 连通性指标度量	136
6.3.8 多样性指标度量	140
参考文献	144
第 7 章 尺度 (粒度) 与景观指数选取	147
7.1 景观时空尺度	147
7.1.1 景观时空尺度概述	147
7.1.2 景观变化的尺度依赖性	150
7.1.3 粒度与景观指数选取	153
7.2 景观指数间相关性及其选取	160

7.2.1 景观指数间关系的量化分析	160
7.3 景观分类对景观指数影响的量化分析	176
7.3.1 研究思路与方法	176
7.3.2 景观指数间的相关关系对景观分类的敏感性	177
7.3.3 景观指数对分类数敏感性空间分异	179
7.3.4 景观指数的局限性	180
参考文献	180
第8章 景观指数阈值分析	182
8.1 确定景观指数阈值的必要性	182
8.1.1 景观指数阈值是景观格局优化的基本判据	182
8.1.2 景观指数阈值是判断景观格局优化的前提	183
8.1.3 景观指数阈值是判断景观异质性的指示器	184
8.2 景观指数阈值确定的方法	186
8.3 景观指数参考阈值	188
参考文献	191
第9章 城市景观格局变化研究	192
9.1 研究方法的选取	192
9.2 数据的选取和处理	192
9.2.1 数据的来源	192
9.2.2 景观参数选取与设置	193
9.3 景观格局变化结果分析	196
9.3.1 景观要素的空间分布特征	197
9.3.2 3大圈层的景观结构特征	197
9.3.3 结论与建议	199
参考文献	199
第10章 低山丘陵区土地利用景观格局分析	200
10.1 土地利用景观格局分析	200
10.1.1 研究区域与方法的选取	200
10.1.2 景观格局分析结果	203
10.2 土地利用景观格局空间演变	206
10.2.1 研究区域与方法的选取	206
10.2.2 各土地利用景观类型的面积转移变化分析	206
10.2.3 景观格局空间演变分析	208
参考文献	209
第11章 农田景观格局演变规律分析	210
11.1 中捷友谊农场农田景观演变	210
11.1.1 建场前农田景观格局	210
11.1.2 1956年建场的农田景观格局	211

11.1.3 1985 年包产到户前的农田景观格局	212
11.1.4 2003 年包产到户后的农田景观格局	213
11.2 农田景观格局量化指数	213
11.3 中捷友谊农场典型区片农田景观指数特征	214
11.4 小结	216
参考文献	216
第 12 章 郑州市城区景观格局分析	217
12.1 数据来源与方法的选取	217
12.2 城市景观格局分析	219
12.2.1 城市景观格局的总体特征	219
12.2.2 不同功能区景观格局特征	220
12.2.3 城市绿地覆盖格局特征	222
12.2.4 公共绿地可达性分析	223
12.3 小结	223
参考文献	224

彩图

第1章 景观格局空间分析概述

1.1 景观生态学概述

1.1.1 景观和景观生态学的定义

景观生态学中“景观”概念的引入将地理学家采用的表示空间的“水平”分析方法和生态学家使用的表示功能的“垂直”方法结合了起来。在生态学中，“景观”的定义可概括为狭义和广义两种。狭义景观是指在几十千米至几百千米范围内，由不同类型生态系统所组成的、具有重复性格局的异质性地理单元。而反映气候、地理、生物、经济、社会和文化综合特征的景观复合体称为区域，狭义景观和区域即人们通常所指的宏观景观。广义景观则包括出现在从微观到宏观不同尺度上的，具有异质性或斑块性的空间单元。广义景观概念强调空间异质性，景观的绝对空间尺度随研究对象、方法和目的而变化。它体现了生态系统中多尺度和等级结构的特征，有助于多学科、多途径研究（邬建国，2000）。

景观生态学（landscape ecology）最简单的表述是研究景观结构、功能和动态的一门新兴学科。概而言之，景观生态学是研究景观单元的类型组成、空间配置及其与生态学过程相互作用的综合性学科。强调空间格局、生态学过程和时空尺度在研究生态学格局和过程及其相互关系中的重要性是景观生态学研究的核心所在。它是地理学、生态学以及系统论、控制论等多学科交叉、渗透而形成的一门新的综合学科。

1.1.2 景观生态学发展简史

景观生态学起源于中欧和东欧，早在19世纪中叶，近代地理学先驱洪堡就提出“景观是地球上一个区域的总体”，应研究地球各种自然现象的相互关系，将“景观”引入地理学，并提出景观是地理学的中心问题。但由于相关领域知识积累不足，他的这种思想在当时并未得到普遍认可（余新晓等，2006）。不过，19世纪中叶一直到20世纪30年代，不断有学者致力于对景观概念的探索，与此同时，生态学也得到了长足发展，这个阶段也可以称为是景观生态学的萌芽阶段（郭晋平等，2007）。

景观生态学的发展历史应追溯到20世纪30年代。德国区域地理学家 Carl Troll 于1939年首先将景观学和生态学概念结合起来，创造了“景观生态学”一词，首次用“景观生态”这一术语来表示支配一个地区不同地域单位的自然-生物综合体的相关分析。基于欧洲区域地理学和植被生态学研究的传统，Troll 将景观生态学定义为研究某一景观中生物群落之间错综复杂的因果反馈关系的学科。Troll 特别强调景观生态学是将航空摄影测量学、地理学和植被生态学结合在一起的综合性研究的学科。Troll 对景观生态研究的内容与特点的阐述，对景观生态学发展成为一门独立的学科起到了关键性作用。同一时期，生物群落学（biocenology）在前苏联生态学中发展起来，其内容与欧洲的早期景观生态学相似。欧洲景观生态学的一个重要特点是强调

整体论(holism)和生物控制论(biocybernetics)观点,并以人类活动频繁的景观系统为主要研究对象。因此,景观生态学在欧洲一直与土地和景观的规划、管理、保护和恢复关系密切。

第二次世界大战后,人类面临越来越多的资源、环境、人口、粮食等大尺度生态危机,迫使人们不得不对生态问题加以重视。许多国家都开展了土地资源的调查、研究、开发和利用,加上这一时期遥感技术和计算机技术的高速发展,客观上为景观生态学的发展提供了前所未有的机遇。

20世纪80年代后,景观生态学进入蓬勃发展时期。1982年在捷克斯洛伐克召开的第六届景观生态学国际学术研讨会上,国际景观生态学会(IALE)成立,标志着景观生态学进入新的发展阶段。学会的成立进一步推动了学术活动的开展,越来越多的国家接受了景观生态学思想,开展了景观生态学研究。景观生态学理论和方法的教学也从中欧扩展到世界各地。1995年在法国举行的“国际景观生态学大会”有来自35个国家和地区的250多人参加。此后,景观生态学的发展主要集中在以积极采用新技术与新方法进行景观生态学的应用研究阶段。

在北美洲,景观生态学直到20世纪80年代初才开始逐渐兴起,严重滞后于欧洲各国。1981年,荷兰景观生态学会在美国的Veldhoven举办了国际景观生态学会会议。此后,北美景观生态学迅速发展。1981~1983年,Forman通过一系列文章介绍了欧洲景观生态学的一些思想,并强调景观生态学与其他生态学科不同,它是着重于研究较大尺度上不同生态系统的空间格局和相互关系的学科,提出了“斑块-廊道-基质”(patch-corridor-matrix)模式。1983年在美国伊利诺伊州Allerton公园召开的景观生态学研讨会是北美景观生态学发展过程中最重要的里程碑之一。这次会议出版的综论就当时景观生态学发展现状和存在的问题进行了分析,提出了强调空间异质性和尺度的景观生态学定义,而且对景观生态学的研究内容和方法作了较为系统的阐述。美国独特的自然地理景观、雄厚的生态学研究基础以及对自然环境与资源的重视,形成了以自然景观为主,侧重研究景观生态学过程、功能及变化,将系统生态学和景观综合整体思想作为景观生态研究的基础,致力于建立和完善景观生态学的基本理论和概念框架,并逐渐形成了较为完整的学科体系。

与欧洲景观生态学的地理学起源不同,北美景观生态学明确地强调空间异质性的重要性。另外,北美洲的景观生态学家侧重于理论研究,对计算机技术、数学模型、遥感及GIS等在景观生态学中的应用极为偏爱,欲建立理论与实际应用的桥梁。自20世纪80年代后期以来,景观生态学在北美洲的兴起,在很大程度上促进了整个生态学科在理论、方法和应用诸方面的长足发展。

由上可见,景观生态学在欧洲和北美洲的起源和发展上均有显著的不同。图1-1反映了欧洲和北美洲景观生态学的起源、发展和学科特点,以及两者的相互关系。

景观生态学在中国的起步较晚,但近年来的发展还是引人注目的,且颇具自身特色。20世纪80年代初以来,我国许多学者对生态建设与生态工程投入了极大的热情。1981年,黄锡畴在《地理科学》上发表了《德意志联邦共和国生态环境现状及保护》一文,同期还发表了刘安国的《捷克斯洛伐克的景观生态研究》,这是国内首次介绍景

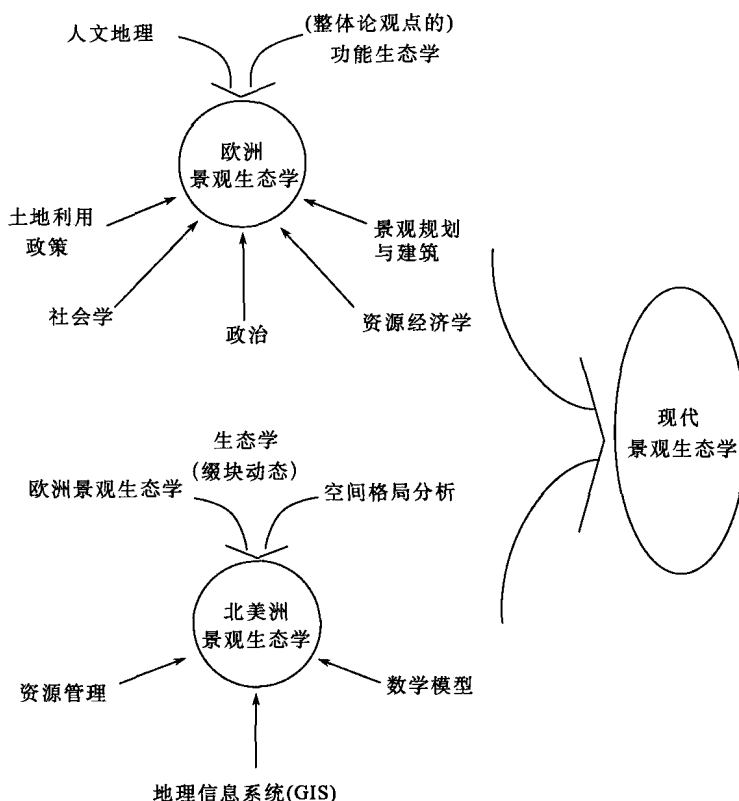


图 1-1 欧洲和北美洲景观生态学发展特点及关系 (邬建国, 2000)

景观生态学的文献。1983 年, 林超在《地理译报》上发表了两篇译文: 一篇是 Troll 的《景观生态学》; 另一篇是 E·纳夫的《景观生态学发展阶段》。1985 年, 陈昌笃在《植物生态学与地植物学丛刊》发表《评介 Z·纳维等著的景观生态学》一文, 这是国内首次对景观生态学理论问题的探讨。1986 年, 景贵和在《地理学报》上发表了《土地生态评价与土地生态设计》, 这是国内景观生态规划与设计的第一篇文献。1988 年, 李哈滨在《生态学进展》上发表了《景观生态学——生态学领域里的新概念构架》一文。同年的《生态学杂志》分别发表了金维根的《土地资源研究与景观生态学》和肖笃宁等的《景观生态学的发展与应用》。1989 年中国科学院沈阳应用生态研究所牵头召开我国第一届景观生态学大会, 并成立了中国的景观生态学会。1990 年肖笃宁主持翻译了 R. T. T. Forman 和 M. Godron 的《景观生态学》一书。此后, 《景观生态学》(徐化成, 1996)、《景观生态学——格局、过程、尺度与等级》(邬建国, 2000)、《实用景观生态学》(赵羿等, 2001)、《景观生态学原理及应用》(傅伯杰等, 2001)、《景观生态学》(肖笃宁等, 2003)、《景观生态学——原理与方法》(刘茂松和张明娟, 2004)、《景观生态学》(余新晓等, 2006)、《景观生态学实践与评述》(李建新, 2007)、《景观生态学》(郭晋平和周志翔, 2007) 等相继出版, 有关城市景观、农业景观、景观模型等方面的研究论文也相继发表, 充分显示了我国学者的探索精神。经过 20 多年的发展, 我国已

在景观生态学领域取得不少研究成果。然而,从总体上来讲,我国景观生态学尚缺乏系统的、跨尺度和多尺度的理论和实证研究。

1.1.3 景观生态学研究对象和内容

景观要素构成景观,各景观要素在景观上的组合特征受到种种生态过程及资源格局的影响,同时,景观构型对景观中各种生态过程(如物质能量的流动、物种迁移扩散和定居格局等)也有重要影响。揭示景观的结构特征、功能特征及景观动态是景观生态学的主要研究内容。

(1) 景观结构特征:即景观组成单元的类型、多样性及其空间关系。例如,景观中不同生态系统(或土地利用类型)的面积、形状和丰富度,它们的空间格局以及能量、物质和生物体的空间分布等,均属于景观结构特征。景观的结构特征是景观发生过程中各种生态过程综合作用的结果,这种发生在景观边界内的生态机制决定了景观的相应特征。

(2) 景观功能特征:即景观结构与生态学过程的相互作用,或景观结构单元之间的相互作用。这些作用主要体现在各类生态客体(能量、物质、信息和生物有机体)在景观镶嵌体中的运动过程,景观的功能与景观的结构紧密相关。

(3) 景观动态:即指景观作为一个开放式的耗散系统,在组成、结构和功能方面随时间的不断变化。具体来讲,景观动态包括景观结构单元的组成成分、多样性、形状和空间格局的变化,以及由此导致的能量、物质和生物在分布与运动方面的差异。景观动态的研究主要集中在景观的发生、景观状态与干扰的关系、景观的变化梯度、景观时间动态特征以及景观稳定性等内容,景观动态研究是认识与管理景观的基础。

邬建国(2000)把景观生态学的三项基本研究内容用图作了形象的表示,并指出景观的结构、功能和动态是相互依赖、相互作用的(图 1-2)。事实上,无论在哪一个生

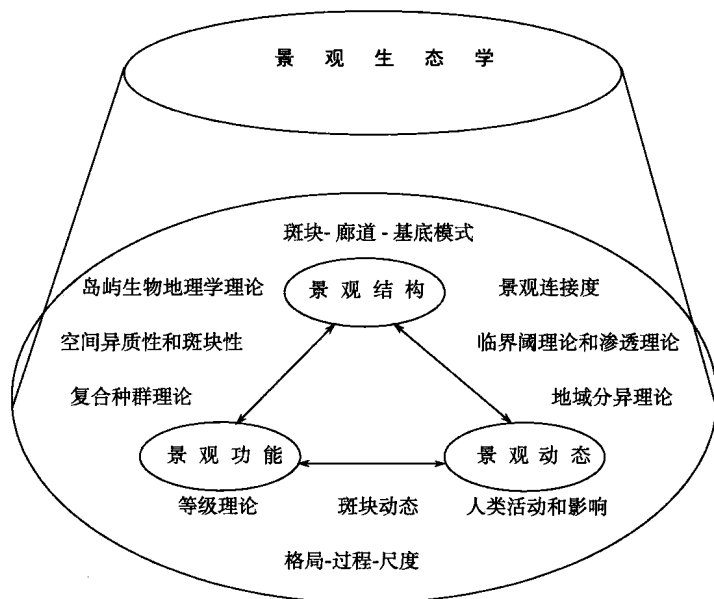


图 1-2 景观生态学研究的主要对象、内容及一些概念和理论

态学组织层次上(如种群、群落、生态系统或景观),景观结构与景观功能都是相辅相成的。结构在一定程度上决定功能,而结构的形成和发展又受到功能的影响。通过对景观结构的优化,调整景观要素的时空格局,是人们利用景观功能最直接也是最自然的过程。例如,一个由不同森林生态系统和湿地系统所组成的景观,在物种组成、生产力以及物质循环诸方面都会显著不同于另一个以草原群落和农田为主体的景观。即使是组成景观的生态系统类型相同,数量也相当,它们在空间分布上的差别亦会对能量流动、养分循环、种群动态等景观功能产生明显的影响。景观结构和功能都必然要随时间发生变化,而景观动态反映了多种自然的和人为的、生物的和非生物的因素及其作用的综合影响。

1.2 景观生态学基本原理

作为一门新兴的交叉学科,景观生态学的体系正在不断发展,众多学者从不同的学科基础出发,采用不同的观点和方法,对不同类型的景观进行研究,为建立和完善生态学的理论体系作出了重要贡献,使景观生态学逐步走向成熟。

本书在归纳综合众多学者研究成果的基础上,结合今后景观生态学发展的各个方向,列述了以下9条基本原理。

1.2.1 景观整体性与异质性原理

景观整体性和异质性是景观生态学研究的基础。

尽管来自不同学科背景的景观生态学者使用不同的方法解决同类问题,但他们面临的研究对象是一致的,即景观系统。景观是由景观要素有机联系组成的复杂系统,含有等级结构、具有独立的功能特征和明显的视觉特征,是具有明确边界、可变式的地理实体。对景观系统整体性的认识是景观生态学得以整合的理论基础。从整体性角度出发研究景观系统结构、功能与动态,通过结构分析、功能评价及动态监测,并集中结构与功能关系的研究,构建健康的景观系统。

景观异质性理论主要包括三个方面内涵:①异质性的一般定义是“由不相关或不相似的组分构成的系统”。景观由异质要素组成,是景观的结构特性。景观异质性主要来源于自然干扰、人类活动和植被的内源演替,体现在景观的空间结构变化及其时间变化上。②包括空间组成(类型、数量、比例等)、空间结构(空间分布、大小、形状、连接度等)、空间相关三部分内容。空间异质性是景观中生态客体间不均匀分布的结果,景观格局是其具体体现。景观生态学中的格局一般指空间格局,即缀块和其他组成单元的类型、数目以及空间分布与配置等。③景观异质性的层域关联及实际意义。景观生态学强调空间异质性的层域特征,即某一层域的异质空间内部,比其小一层域的空间单元可视为同质的。所研究的空间单元面积增大,其内部的景观异质性增加,而各个单元内所组成的景观异质性降低(苏伟忠等,2007)。

1.2.2 景观生态学研究的尺度性原理

尺度一般是指对某一研究对象或现象在空间上或时间上的量度,可用分辨率或范

围来描述。景观生态学的研究从空间、时间角度皆一般指中尺度范围,即从几平方千米到几百平方千米,从几年到几百年。特定的问题必然对应着特定的时间与空间尺度,一般需要在更小的尺度上揭示其成因机制,在更大的尺度上综合变化过程,并确定控制途径。在一定的时间和空间尺度上得出的结论、结果不能简单地推广到其他尺度上。

格局与过程研究的时空尺度化是当代景观生态学研究的热点之一,尺度分析和尺度效应对景观生态学研究有着特别重要的意义。尺度分析一般是将小尺度上的斑块格局经过重新组合而在较大尺度上形成空间格局的过程,并伴随着斑块形状规则化和景观异质性的减小(肖笃宁,1991)。尺度效应表现为:随尺度的增大,景观出现不同类型的最小斑块,且最小斑块面积逐步减小。由于在景观尺度上进行控制性试验往往代价高昂,人们越来越重视尺度外推或转换技术,试图通过建立景观模型和应用GIS技术,根据研究目的选择最佳研究尺度,并把不同尺度上的研究成果推广到其他尺度。然而尺度外推涉及如何穿越不同尺度生态约束体系的限制,由于不同时空尺度的聚合会产生不同的估计偏差,信息总是随着粒度或尺度的变化而逐步损失,信息损失的速率与空间格局有关。因此,尺度外推或转换技术也是景观生态学研究中的一个热点和难点。

时空尺度具有对应性和协调性,通常研究的地区越大,相关的时间尺度就越长。生态系统在小尺度上常表现出非平衡特征,而大尺度上仍可表现为平衡特征,景观系统常常可以将局部不稳定性景观要素通过景观结构加以吸收或转化,使景观整体保持动态镶嵌稳定结构(傅伯杰等,2002)。例如,大兴安岭的针叶林景观经常发生弱度的地表火,火烧轮回期为30年左右,这种林火干扰形成的粗粒结构,火烧迹地斑块的平均大小与针叶林地斑块的平均规模 $40\sim 50\text{hm}^2$ 接近。在这种林火干扰状况下,大兴安岭落叶松林景观仍可保持大尺度上的生态稳定结构。可见,系统的尺度性与系统的可持续性有着密切的联系,小尺度上某一干扰事件可能会导致生态系统出现激烈波动,而在大尺度上这些波动可通过各种反馈调节过程被吸收或转化,系统的稳定性得以提高。

大尺度空间过程包括土地利用变化和土地覆盖变化、生境破碎化、引入种的散布、区域性气候波动和流域水文变化等,其对应的时间尺度是人类的世代(几十年),即所谓的“人类尺度”,是用来分析景观的建设和管理对景观生态过程影响的重要视角。

1.2.3 景观生态流与空间再分配原理

在景观各要素间流动的物质、能量、物种和其他信息被称为景观生态流。生态流是景观生态过程的具体体现。不同性质的生态流有不同的发生机制,但经常是几种生态流同时发生。受景观格局的影响和控制,景观格局的变化必然伴随着物种、养分和能量的流动和空间再分配,也就是景观再生产的过程。

物质运动过程总是伴随着一系列的能量转化或转移,它需要通过克服景观阻力来实现对景观的控制。斑块间的物质流可视为在不同能级上的有序运动,斑块的能级特征由其空间位置、物质组成、生物因素以及其他环境参数所决定。景观生态流的动态过程可

以表现为聚集与扩散两种趋势，都属于跨生态系统间流动。

景观中的生态流，直接导致景观中能量、养分和物种的再分配。景观中能量、养分和物种主要通过5种媒介从一种景观要素迁移到另一种景观要素——风、水、飞行动物、地面动物和人。

景观水平上的生态流有扩散、传输和运动三种驱动力。首先是扩散，它与景观异质性有密切联系，是一种类似热力学分子扩散的随机运动过程。扩散是一种低能耗的过程，仅在小尺度上起作用，并是景观趋向于均质化的主要动力。其次是传输（物质流），即物质沿能量梯度下降方向的（包括景观要素的边界和景观梯度）流动，是物质在外部能量推动下的运动过程，其运动的方向比较明确，如水土流失过程，传输是景观尺度上物质、能量和信息流动的主要作用力，如水流的侵蚀、搬运与沉积是景观中最活跃的过程之一。最后是运动，即物质（主要是动物）通过消耗自身能量在景观中实现的空间移动，是与动物和人类活动密切相关的生态流驱动力，这种迁移最主要的生态特征是使物质、能量在景观中维持高度聚集状态。总之，扩散作用形成最少的聚集格局，物质流居中，而运动可在景观中形成最明显的聚集格局（肖笃宁等，2009）。因此，在无任何干扰时，森林景观生态演化使其水平结构趋于均质化，而垂直分异得到加强。在这些过程中，景观要素的边际带可起到半透膜的作用，对通过边际带的生态流进行过滤，从而对生态流的性质、流向和流量等产生重要影响。

1.2.4 景观结构镶嵌性原理

景观和区域的空间异质性有两种表现形式，即梯度与镶嵌。镶嵌性在自然界普遍存在，是研究对象聚集或分散的特征，在景观中形成明确的边界，使连续的空间实体出现中断和空间突变。因此，景观镶嵌性比景观梯度更加普遍的景观属性。福尔曼所提出的斑块-廊道-基质就是对景观镶嵌性的一种理论表述。

景观斑块是地理、气候、生物和人文等要素所构成的空间综合体，具有特定的结构形态和独特的物质、能量或信息输入与输出特征。斑块的大小、形状和边界，廊道的曲直、宽窄和连接度，基质的连通性、孔隙度、聚集度等，构成了景观镶嵌特征丰富多彩的变化格局。

景观镶嵌格局即景观的斑块-廊道-基质的组合或空间格局，是景观生态流的性质、方向和速率的主要决定因素，同时景观的镶嵌格局本身也是景观生态流的产物，即由景观生态流所控制的景观再生过程的产物。因此，景观的结构和功能、格局与过程之间的联系与反馈始终是景观生态学研究的重要课题（郭晋平等，2007）。

1.2.5 景观的文化性原理

景观是人类活动的场所，景观的属性与人类活动密不可分，因此景观并不是一种单纯的自然综合体，而往往由于不同的人类活动方式而带有显著不同的文化色彩。欧洲很早就有自然景观与文化景观之分。同时景观作为人类活动的场所也对生活在其中的人们的生活习惯、自然观、生态伦理观和土地利用方式等文化特征产生直接或显著影响，即所谓一方水土养一方人。