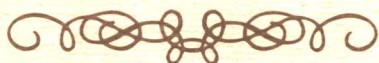


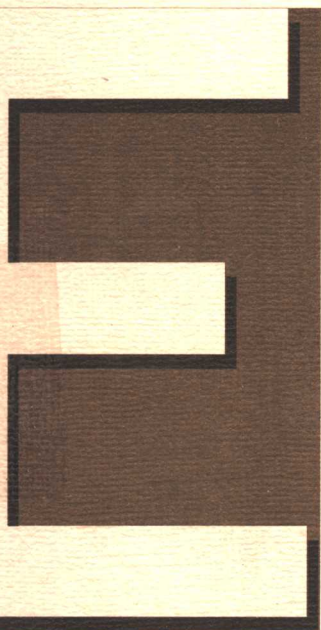


国家自然科学基金研究专著
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA



黄土丘陵沟壑区 土地利用结构与生态过程

傅伯杰 陈利顶 邱扬 王军 孟庆华 著



Earth

商务印书馆



国家自然科学基金研究专著
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA



黄土丘陵沟壑区 土地利用结构与生态过程

傅伯杰 陈利顶 邱扬 王军 孟庆华 著

商务印书馆

2002年·北京

图书在版编目(CIP)数据

黄土丘陵沟壑区土地利用结构与生态过程/傅伯杰等著.

—北京:商务印书馆,2002

ISBN 7-100-03631-3

I. 黄… II. 傅… III. 黄土高原—土地利用—影响—生态系—研究 IV. P942

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 086560 号

所有权利保留。

未经许可,不得以任何方式使用。

黄土丘陵沟壑区

土地利用结构与生态过程

傅伯杰 陈利顶 邱 扬 王 军 孟庆华 著

商 务 印 书 馆 出 版

(北京王府井大街36号 邮政编码 100710)

商 务 印 书 馆 发 行

北 京 冠 中 印 刷 厂 印 刷

ISBN 7-100-03631-3/P·7

2002年12月第1版

开本 787×1092 1/16

2002年12月北京第1次印刷

印张 19³/₄ 插页 2

定价:39.00 元

前言

黄土丘陵沟壑区,是我国乃至全球水土流失最严重的地区。长期以来,水土流失不仅成为困扰该区可持续发展和农民脱贫致富的主要问题,而且也为黄河下游地区带来了一系列生态环境问题。造成该区水土流失严重的主要原因之一,是不合理的土地利用。陡坡开垦、广种薄收,不仅未能提高农民的经济收入,反而进一步加剧了水土流失的发展,致使形成了“坡地开垦→水土流失→土地退化→粮食单产下降→增加坡地开荒”、“越垦越穷,越穷越垦”的恶性循环。以科学可行的理论和实践为依据,进行土地利用结构调整、退耕还林还草,是控制水土流失、改善区域生态环境、提高农民生活水平、实现区域可持续发展的关键。

土地评价是土地利用规划的主要依据,是合理、持续利用土地的重要手段。自从 20 世纪 60 年代以来,美国、英国、荷兰、澳大利亚等国均开展了土地评价方面的研究工作,但大多以土地分类和土地潜力分类为主。1976 年,联合国粮农组织颁布的“土地评价纲要”,曾广泛应用于世界各国的土地评价。但该系统主要是针对土地适宜性的评价,主要适用于土地开发中的评价项目,它以土地的静态特征分析为主,缺乏过程和动态分析。随着全球人口增长、土地退化、环境问题的日益加剧,土地持续利用问题已成为关注的焦点。要求在考虑土地利用现状适宜性的基础上,还要考虑土地利用方式在环境变化和未来社会、经济发展状态下的适宜性,这就要求从更深层次上研究土地利用结构与生态过程的相互关系,揭示在社会、经济、生态环境变化下不同土地利用结构对物质、能量、水分和有机体的影响,寻找可持续的土地利用模式。

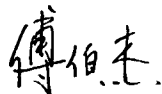
景观生态学的尺度-格局-过程原理,为研究土地利用结构与生态过程的关系提供了理论依据,揭示黄土丘陵沟壑区土地利用结构与生态过程的相互关系,对控制该区的水土流失和土地持续利用具有重要的指导意义。作者在国家自然科学基金委员会和中国科学院的大力支持下,长期以来一直致力于该方面的研究,近年来又得到了国家杰出青年科学基金和欧盟国际合作项目的资助,对土地利用结构与生态过程的研究不断深入。通过野外观测实验、采样分析、统计模型和地理信息系统相结合的方法,从单一土地利用类型、土地利用结构和小流域三个尺度层次,系统地研究了土地利用对土壤水分、养分和土壤侵蚀的影响,强调过程分析、生态分析和综合分析;将土地评价和景观生态学原理相结合,分析了土地利用系统和土地可持续利用的特点,从生态、经济和社会三方面建立了土地持续利用评价的指标体系,根据不同尺度上土地可持续利用评价的主导因素的不同,提出了区域土地可持续利用的评价过程,实现了生态、经济和社会三方面的综合,在黄土高原土地利用与生态过程研究方面积累了丰富的第一手素材,取得了较大的研究进展。现在多年研究工作的基础上,值此西部大开发之际,将多年来的研究工作进行系统总结,编撰成书,期望对我国该领域的研究起到推动作用和在黄土高原生态环境建设中发挥指导作用。

本书立足于国际学科前沿,理论联系实际,系统阐述了土地利用结构与生态过程的原理、研究进展和在黄土丘陵沟壑区的具体实践。全书共分八章:第一章论述了景观生态学的核心概念和土地利用与生态过程的研究进展;第二章从自然环境、社会经济、土地利用等方面介绍了研究地区的概况;第三章论述了典型研究区土地利用变化与景观格局演变,阐述了土地利用变化的驱动因素;第四章论述了土地利用与土壤物理性质空间变异的相互关系;第五章论述了土地利用与土壤水分的时空关系,分析了土壤水分空间变异对土地持续利用的影响;第六章论述了土地利用与土壤养分之间的相互关系;第七章论述了土地利用变化对水土流失的影响;第八章论述了土地可持续利用评价和规划的原则、依据、方法和案例研究。

本书由傅伯杰总体设计并拟定了章节内容。第一章由傅伯杰、陈利顶和王军撰写;第二章、第三章由陈利顶撰写;第四章由邱扬和傅伯杰撰写;第五章由王军、邱扬和傅伯杰撰写;第六章由邱扬、王军和傅伯杰撰写;第七章由傅伯杰、孟庆华和邱扬撰写;第八章由陈利顶和傅伯杰撰写。全书由傅伯杰和陈利顶统稿。

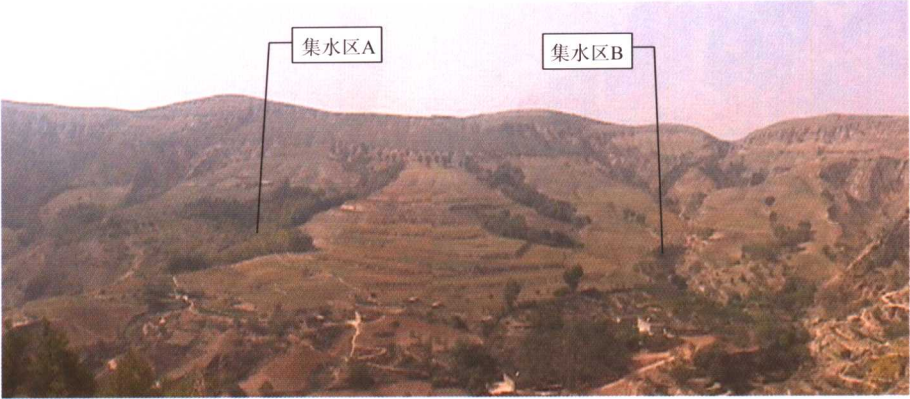
土地利用结构与生态过程的研究尚在探索之中,随着研究的深入必将对地理学和生态学的发展起到积极的推动作用。作者殷切期望本书的出版能引起有关人士对该研究领域的更大关注和兴趣,并希望能对从事自然地理学、景观生态学及相关专业的专家学者有所裨益,共同将这一重要的科学领域推向新的发展阶段。

鉴于土地利用结构与生态过程研究的复杂性及作者的知识 and 能力有限,书中难免有错误和欠妥之处,敬请读者不吝斧正。

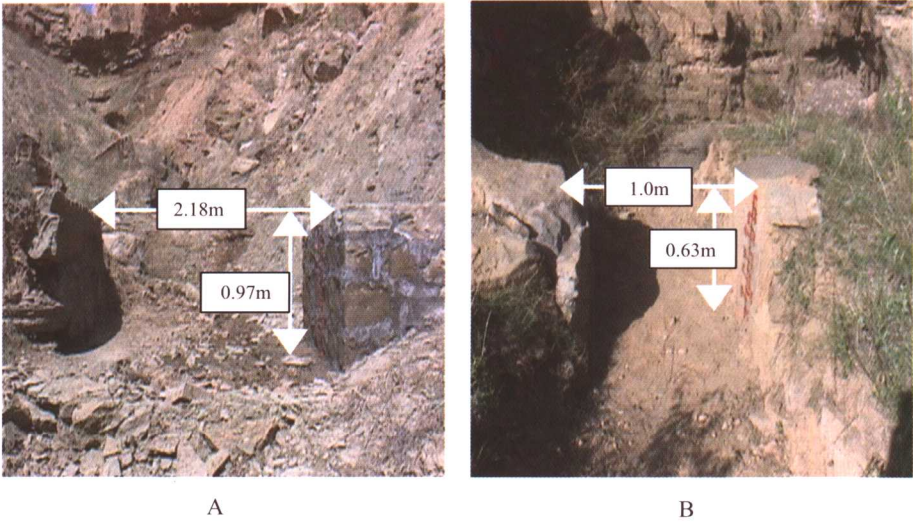


2002年6月于北京

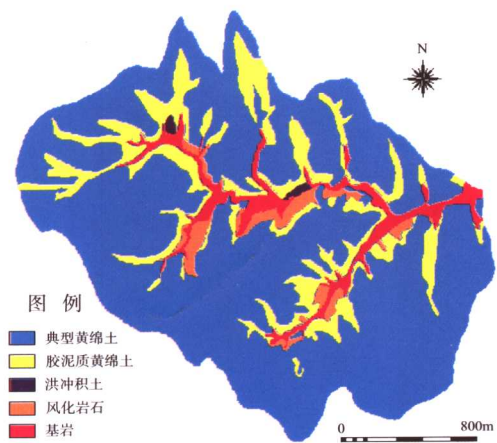
彩色图版



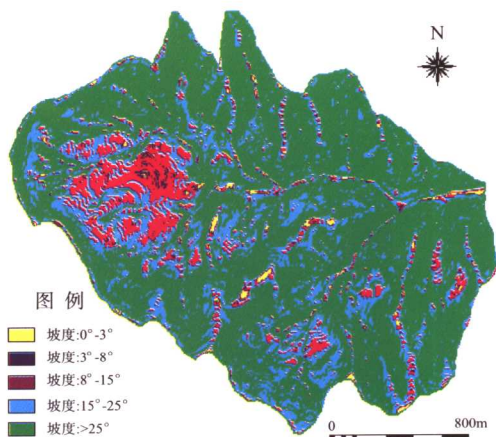
彩图 1 集水区示意图



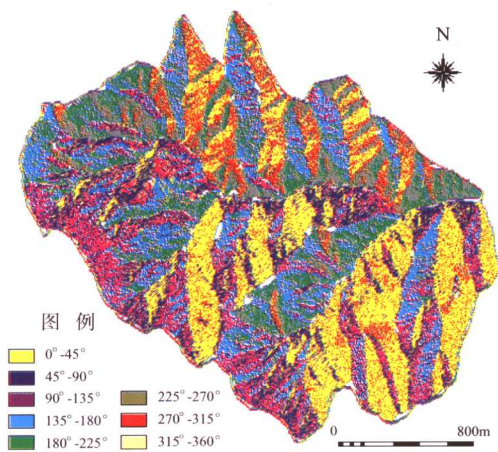
彩图 2 量水堰特征



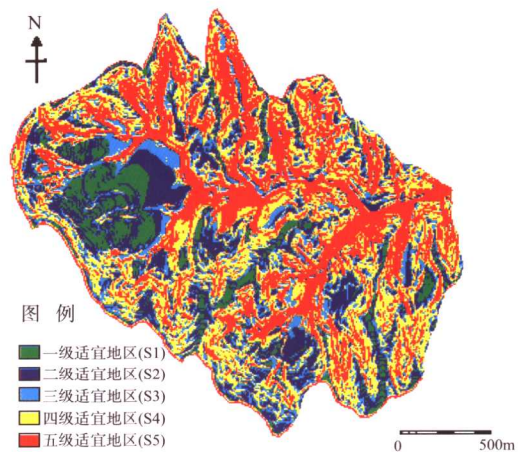
彩图 3 研究区土壤类型图



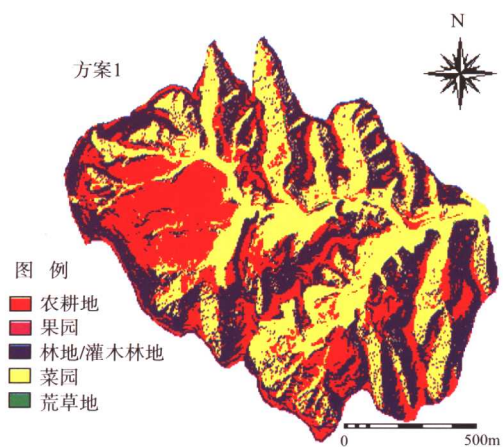
彩图 4 研究区坡度分级图



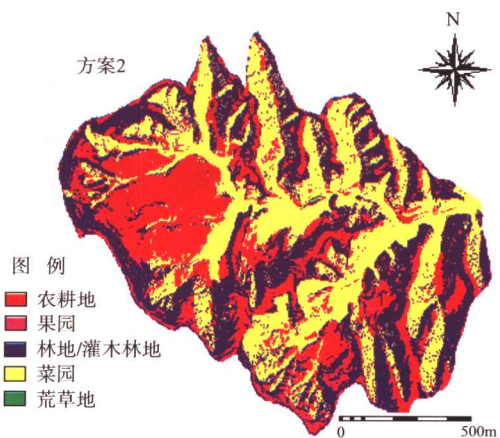
彩图 5 研究区坡向分布图



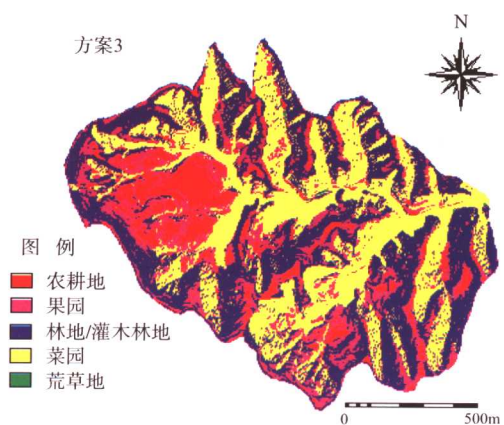
彩图 6 研究区土地适宜性评价图



a

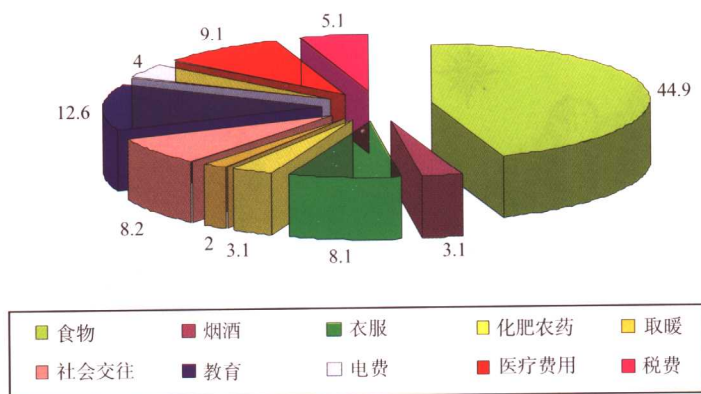


b

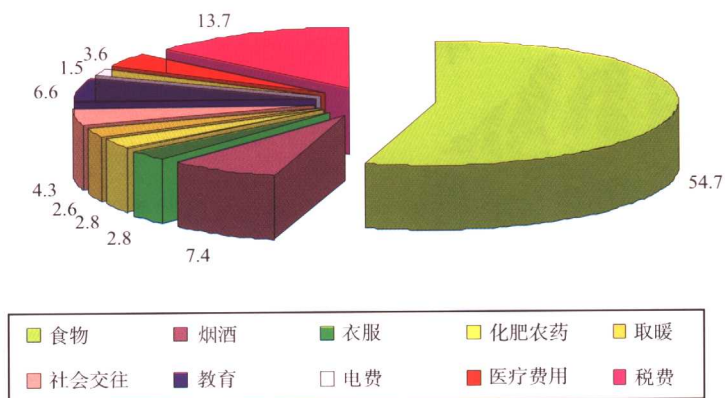


c

彩图7 土地利用空间分布概况
a.方案 1； b.方案 2； c.方案 3



彩图8 大南沟村人均消费构成(%)



彩图9 雷坪塔村人均消费构成(%)

目 录

前 言

第一章 土地利用与生态过程	1
一、土地利用、尺度与格局	1
(一) 土地利用的含义	1
(二) 景观的尺度、格局与异质性	2
二、土地利用结构与生态过程	5
(一) 土地利用与土壤水分	5
(二) 土地利用与土壤养分	8
(三) 土地利用与水土流失	9
三、土地可持续利用	12
(一) 土地可持续利用的概念	12
(二) 土地可持续利用的特点	14
第二章 研究区域基本特征	16
一、黄土高原范围与生态环境特征	16
(一) 自然地理环境	17
(二) 优势资源与开发前景	19
(三) 社会经济特征	22
(四) 生态环境特征	23
二、黄土丘陵沟壑区的类型及其特征	24
(一) 晋陕黄河峡谷丘陵区	26
(二) 陕北、陇东、宁东南低山丘陵沟壑区	27
(三) 宁南陇中梁峁丘陵沟壑区	27
三、陕西省安塞县大南沟流域基本特征	29
(一) 气候	29
(二) 地貌与土壤	30
(三) 植被	30
(四) 人类活动	30
四、陕西省安塞县大南沟流域土地利用现状	31
(一) 土地利用现状及其制图	31
(二) 土地利用空间分布特征	33

第三章 土地利用格局变化及驱动机制分析	36
一、土地利用格局分析方法	37
(一) 资料来源	37
(二) 航空像片土地利用解译	37
(三) 景观格局分析指标	38
二、土地利用空间分布格局	40
(一) 1975 年土地利用空间分布格局	40
(二) 1997 年土地利用空间分布格局	43
三、土地利用格局变化及其政策启示	46
(一) 土地利用面积变化	46
(二) 土地利用结构变化	47
(三) 景观格局演变	47
(四) 土地利用合理性分析	48
第四章 土地利用与土壤物理性质	49
一、引言	49
二、土壤物理性质的空间变异	51
(一) 研究方法	51
(二) 土壤物理性质的基本特征	53
(三) 土壤物理性质的内在关联性	54
(四) 土壤物理性质的空间分异	55
(五) 结论与讨论	58
三、土壤物理性质的空间预测	60
(一) 模型概述	60
(二) 模型评价	63
(三) 结论与建议	70
第五章 土地利用与土壤水分的时空关系	72
一、引言	72
二、土地利用类型与土壤水分的时空分布关系	74
(一) 研究方法	74
(二) 降雨量及其季节分配特点比较	79
(三) 土地利用类型与剖面平均土壤水分的季节变化	79
(四) 土地利用类型与剖面土壤水分的季节变化	84
(五) 土地利用类型与土壤水分的剖面分布特征	87
(六) 结论与讨论	91
三、土地利用结构与土壤水分坡面分布的关系	92

(一) 丰水年土地利用结构与土壤水分的坡面分布特征	92
(二) 欠水年土地利用结构与土壤水分的坡面分布特征	94
(三) 土地利用结构与土壤水分坡面分布特征的年际比较	97
(四) 土地利用结构与土壤水分坡面分布模拟	98
(五) 结论与讨论	103
四、土壤水分的地统计分析	104
(一) 土壤水分的变异函数	105
(二) 土壤水分的 Kriging 插值分析	117
五、土壤水分的时空预测模型	128
(一) 模型概述	128
(二) 模型评价	133
(三) 结论与讨论	149
第六章 土地利用与土壤养分的时空关系	151
一、引言	151
二、土地利用类型与土壤养分的时空关系	153
(一) 研究方法	153
(二) 土壤养分的一般特征与内在关联性	154
(三) 土地利用类型与平均土壤养分含量	156
(四) 土地利用类型与土壤养分的时间变异	157
三、土地利用结构与土壤养分的坡面分布格局	160
(一) 土壤养分的坡面分布特征	160
(二) 土地利用结构与平均土壤养分含量	161
四、土壤养分的地统计分析	162
(一) 土壤养分的半变异函数	162
(二) 土壤养分的 Kriging 插值分析	167
五、土壤养分的空间预测模型	173
(一) 模型概述	173
(二) 模型评价	176
(三) 结论与讨论	182
第七章 土地利用变化对水土流失的影响	185
一、引言	185
二、土地利用方式对水土流失的影响	188
(一) 实验材料与方法	188
(二) 土地利用方式与水土流失	190
(三) 不同坡度农田与水土流失	196

(四) 不同土地利用方式与氮磷流失	206
(五) 不同坡度农田的氮磷流失	213
三、土地利用结构与水土流失	221
(一) 研究方法	221
(二) 土地利用结构与水土流失	221
(三) 结论与讨论	223
四、土地利用变化与水土流失模拟	225
(一) LISEM 土壤侵蚀模型简介、校正及模拟	225
(二) 土地利用变化对水土流失的影响	230
(三) 结论与讨论	232
第八章 土地可持续利用评价与规划	233
一、土地可持续利用评价的指标、内容和过程	233
(一) 土地可持续利用评价的指标	233
(二) 土地可持续利用评价的内容	236
(三) 土地可持续利用评价的过程	238
二、土地可持续利用规划原则和方法	238
(一) 土地可持续利用规划的原则	238
(二) 土地可持续利用规划的步骤	240
(三) 土地可持续利用评价与规划方法——公众参与	242
三、土地适宜性评价	246
(一) 影响土地适宜性的因子	246
(二) 土地评价因子图编制	249
(三) 土地适宜性图编制	250
四、土地利用情景分析与规划方案制订	250
(一) 情景分析的影响因子	251
(二) 土地利用结构调整策略	252
(三) 制定土地利用情景方案的依据	254
(四) 土地利用情景方案分析	255
五、土地利用方案的生态、经济和社会效益评价	258
(一) 生态适宜性评价	258
(二) 经济可行性评价	261
(三) 社会可接受性评价	277
六、土地可持续利用规划	282
参考文献	284



第 一 章

土地利用与生态过程

一、土地利用、尺度与格局

土地利用是人类自古以来获取物质需求的最基本生产活动,它是自然条件、人类活动和社会经济的综合反映。所以,土地利用、土地利用变化及其生态环境效应,是人地相互作用过程和生态环境变化的重要研究课题。

(一) 土地利用的含义

对于土地利用,目前尚未形成统一的认识,刘彦随(1999)对土地利用的代表性观点归结为下列六个方面:①土地利用是由自然条件和人的干预所决定的土地的功能,是一种非决断性的结果(FAO,1985);②土地利用是人类为了经济社会目的而进行的一系列生物和技术活动,对土地进行长期的或周期性的经营活动(陈百明,1999);③土地利用乃是集劳动力、资本于土地上,以增加土地生产力(许文昌,1986);④土地利用是人们根据土地资源的特性、功能和一定的经济目的,对土地的使用、保护和改造(刘书楷,1987);⑤土地利用是一种社会经济现象,是人类在漫长的历史过程中对土地资源进行持续开发和改造治理的结果(许

焱漠、陈章琛,1987);⑥ 土地利用是人类通过一定的行动,以土地为劳动对象(或手段),利用土地的特性来满足自我需求的过程。

总而言之,土地利用是土地在人类活动的持续或周期性干预下,进行自然再生产和经济再生产的复杂的社会经济过程。从系统论的观点来看,土地利用实质上是一个由自然、经济、社会和生态等多种类型的子系统有机组合而成的生态经济系统。

在考虑土地利用时,我们首先想到的是农业和林业以及城市居民用地。但是,土地资源可以为人类社会提供广泛的用途(Sombroek and Sims,1995)。① 农业生产与植物生长的基础:粮食生产、饲料生产、纤维生产、木材生产、燃料等,均可通过农业、林业和淡水养殖等得以发展;② 对大气和水循环的调节作用;③ 生物多样性和栖息地的保护作用:主要涉及到生态系统、动植物和基因资源的保护;④ 对非再生资源的储存和持续供应:燃料、矿物资源和非生物的原材料等;⑤ 与人类活动相关的功能:房屋、工业生产、交通运输、休闲娱乐等;⑥ 废物处理:储存、过滤、转变与生活有关的废物;⑦ 继承作用:保护自然风景的美丽和特色,历史文化景观的载体;⑧ 投资作用:可以作为一种不动产进行投资。

尽管上述提及的各种功能,有些相互之间似乎是排斥的,但对于一些表面看似单一功能的土地利用方式,其实也包含着多方面的功能。例如,用于谷物生产的土地利用方式,同时也在大气和水文调节方面起着重要作用;城市用地不仅用于居民的生活和起居,也包括了树木、草地、农作物和动植物产品的生产。在更多情况下,一种土地利用方式具有更多相互重叠的功能。目前,大家已普遍认识到的林业用地,在生物多样性保护方面起着重要作用;林业用地的有效管理得到了高度的重视,已从过去单一木材生产式的森工管理,转变为服务于多用途的森林生态系统管理。

(二) 景观的尺度、格局与异质性

景观生态学起源于土地利用研究,土地利用结构与过程是景观生态学研究的主要内容。应用景观生态学尺度、格局、过程的原理和方法,研究土地利用中存在的问题已成为目前研究的一个热点领域。

1. 景观

有关景观(landscape)的定义,对于不同背景的人可以有不同的含义,而生态学中,景观的定义可概括为狭义和广义两种。狭义景观是指由不同生态系统类型或土地利用类型所组成的异质性地理单元(陈昌笃,1986;Forman and Godron,1986;Zonneveld,1995);广义景观则指出现在从微观到宏观不同尺度上的,具有异质性或缀块性的空间单元(Pickett and Cadenasso,1995;Wu and Loucks,1995)。广义景观概念突出空间异质性,其空间尺度随研究对象、方法和目的而变化,而且它强调了生态学系统中多尺度和等级结构的特征(邬建国,2000)。景观既不是其组成部分的简单累加,也不是其组成部分的随意排列而无任何关系,而是作为一个整体具有其组

成部分所没有的特性,并与更大和更小系统具有特定的跨尺度关联。因此,不能把景观单纯地理解为耕地、房屋、道路、河流和牧场的总和(Forman and Godron, 1986)。景观功能的研究,也不能只通过观察其单个组成部分,如耕地、林地的特征,而下结论或进行预测。

2. 尺度

尺度是景观生态学的另一个重要概念,通常是指观测或研究的物体或过程的空间分辨单位,探讨格局、过程及它们之间的关系如何随尺度变化,是生态学(Levin, 1992)、也是景观生态学(O'Neill et al., 1988)的主要任务之一。任何景观现象和生态过程,均具有强烈的时间和空间尺度特征(Wiens, 1999)。景观格局和景观异质性,以观测的时间和空间尺度而异。在一种尺度下空间变异中的噪音成分,可在另一较小尺度下表现为结构性成分(Burrough, 1983)。在一个尺度上观测的同质性景观,可随着观测尺度的改变而转变成异质性景观,因此,决不可将在一种尺度上得到的概括性结论推广到另一种尺度上去(Urban et al., 1987; Meentemeyer and Box, 1987)。

生态学家普遍认为,尺度在理解景观格局与生态过程方面具有重要的作用。例如,利用地理信息系统(GIS)分析景观格局指数,栅格面积要比研究的因子(如廊道和林隙)小2~5倍,抽样面积则要比斑块面积大2~5倍。这样计算的景观格局指数,比较合理而避免了偏差(O'Neill et al., 1996)。Qi和Wu(1996)研究证明,景观格局指数依尺度而变,根据海拔高度和地上部分生物量计算的景观格局指数,若从单一尺度分析只能得到较少有用甚至错误的信息。景观中影响生态过程的因子也随尺度而变。发生在区域尺度(regional scale)的土壤过程(矿化和硝化作用)差异与大气候、土壤母质和土壤化学性质有关。地理条件差异和土地利用历史的不同,将导致地方尺度(local scale)的土壤过程发生变化。而对于土壤水分引起矿化和硝化作用在地形尺度(topographical scale)上的变异,若要模拟生态系统微生物控制的行为或养分循环,则要考虑更小的尺度(Morris and Boerner, 1998)。Sanunders等(1998)把温度作为对景观结构的一种功能反应,利用波谱分析(wavelet analysis)方法研究尺度对格局和过程的影响,结果发现格局与过程具有连续和间断的双重特性,且没有一种尺度在温度格局中起主导作用,这也强调了在多尺度上研究格局与过程的重要性。

关注尺度对景观异质性、格局和生态过程的影响,并非强调最大限度追求资料的精细水平,或过分追求大尺度的资料以及空间尺度的具体范围,关键在于寻求生态现象的临界尺度、与不同生态现象相应的尺度(Pickett and Cadenasso, 1995),以及特定尺度上对生态过程具有重要意义的格局。

3. 景观格局

格局包括三种类型:空间、时间和组成格局(Levin, 1992)。景观格局一般是指空间格局,是大小和形状各异的景观元素在空间上的排列形式。景观格局是景观异质性的具体表现,又是自然、生物和社会因子驱动的各种生态过程在不同尺度上作用的结果。当前,越来越多的景

观受到人类活动尤其是土地利用改变的影响,景观镶嵌格局表现为自然和人类干扰(管理)的斑块在空间上的不同组合,并存在于各种尺度上。

景观格局是在景观水平上出现的惟一现象(Turner, 1989),景观格局影响生态过程是景观生态学的理论基础之一。景观格局研究的首要任务是必须提取和分析必要变量,描述并以特定意义的方式度量景观格局,阐明景观格局的特征和规律性。景观生态学的早期研究主要是“格局-空间结构”的描述及其定量化方法的发展,其研究内容在景观生态学中占有很大的比例(Forman and Godron, 1986; O'Neill et al., 1988; Turner and Gardner, 1991; Hoover and Parker, 1991; O'Neill et al., 1996; 傅伯杰, 1995a; 陈利顶、傅伯杰, 1996; Qi and Wu, 1996)。众多学者提出了多样性指数、景观分维数、破碎度和景观连接度等大约 50 个景观格局指数。景观格局分析的目的是设法建立景观格局特征与各种生态过程之间的相互联系,以了解景观结构发生和发展的内在机制,更好地解释各种景观现象;从看似无序的景观斑块镶嵌中,发现潜在有意义的规律(Fu and Chen, 2000a),进而认识这些特殊条件下规律的普遍意义,为优化景观格局及景观管理提供必要的信息。

景观格局的描述和定量研究,对促进景观生态学的发展起到了积极的推动作用;但如果景观生态学研究仅仅停留在格局的描述和指数的完善和修正上,景观生态学也就失去了生命力。如今,景观生态研究已经由侧重空间格局的定性和定量描述阶段,走向了强调其中各种生态过程的分析(王仰麟, 1998)。

4. 景观异质性

景观异质性(landscape heterogeneity)是景观的重要属性之一,它是景观或景观属性在时空上的复杂性和变异性(Li and Reynolds, 1995)。在景观层次上,异质性有三个组分:空间组成(即生态系统的类型、数量及其面积比例);空间构型(即各生态系统的空间分布、斑块形状、斑块大小、景观对比度、景观连接度);空间相关(即各生态系统的空间关联程度、整体或参数的关联程度、空间梯度和趋势度以及空间尺度)。

景观异质性对景观的功能与过程有重要影响,是许多基本生态过程和自然过程在空间和时间连续系统上共同作用的结果。景观异质性研究的主要任务是建立异质性特征与各种生态过程之间的联系,从而深入了解景观异质性的内在形成机制。景观异质性的定量分析可从两方面考虑:一个是空间特征(spatial characteristics);另一个是空间比较(spatial comparison)(李哈滨等, 1998)。空间特征采用数学方法,如变异函数、信息指数、分维数等对景观中某些属性空间变异的定量化。空间特征的研究对探测空间格局非常有效,同时也可以分析不同尺度上的空间异质性程度及变化。这些定量信息如果与实际观测或生态系统的模型结合,可有效地解释所观测到的某种格局对生态过程的影响。空间比较也是采用数学方法定量化来比较景观属性,如土壤水分、土壤养分和径流等的空间变异程度的。首先是在同一系统(土地利用或斑块)中探测同一变量在不同时间的变化;其次是不同地点上的同一变量与不同系统之间的比较;最后分析同一地点不同变量之间的关系。