

景观生态区划的理论研究

李正国¹, 王仰麟¹, 张小飞², 吴健生^{1,2}

(1. 北京大学 环境学院, 北京 100871; 2. 北京大学 深圳研究生院, 深圳 518055)

摘 要: 景观生态系统由多个层次水平的等级体系所组成, 在不同的时间和空间尺度中, 其结构与功能具有不同的相互依存关系, 区划的概念有助于整合景观的等级性并厘清复杂性。本研究在景观生态学格局、过程、功能研究的基础上, 结合综合自然地理区划、生态区划、生态经济区划、农业区划等相关研究的成果, 探讨了景观生态区划应依循的原则、内容及区划等级系统, 指出景观生态区划不仅强调景观水平方向上的空间异质性, 还必须综合景观单元的过程关联和功能统一性。同时以生态系统完整性原则为核心制定了开展景观生态区划需遵循的等级性、多尺度性、发生一致性、格局与功能依存性、功能协调性以及界线完整性等原则。在其指导下, 重点讨论了景观生态区划过程中涉及的方法论构建、景观生态分析与评价、景观生态区划体系构建等研究内容。最后, 通过比较了景观生态区划与自然区划、生态区划以及经济区划之间的异同, 提出了不同尺度下景观生态区划理论的应用方向。

关 键 词: 景观生态区划; 景观异质性; 景观功能

中图分类号: X321

近年来, 人口增加、工业化、城市化等人类活动正以空前的速度和规模改变着自然环境, 导致生物多样性减少、环境污染和全球变化^[1,2]。日益加剧的全球环境问题及其生态后果, 使人们意识到科学认识各生态地域及生态系统的功能, 以适度、有效开发利用资源, 减少和避免生态破坏, 是缓解资源利用与环境保护矛盾的必然选择^[3]。

景观作为一种系统除具有整体性外, 同时具有地域分异的规律性^[4]。它是指景观在地球表层按一定的层次发生分化, 并按一定的方向规律分布的现象。地域分异规律作为区划的核心理论, 体现在不同尺度的自然景观和人为景观的结构、功能和动态中。其不仅对于地理研究具有普遍意义, 且对于景观生态学研究类型分布和尺度转换也具有重要的指导意义^[1]。目前的区划工作多是静态的, 所采用指标比较初始、简略, 未考虑环境的季节变化及多年变率, 不能及时反映变化了的自然和人文要素^[5]。同时, 区划过程往往注重环境本身的特征, 几乎没有考虑人类在生态系统中的作用, 缺乏研究人类活动在资源开发与环境保护中的地位和作用^[6]。通过景观生态区划能够对景观异质性特征进行综合, 提供对区域更为宏观的认识, 用于景观的比较与选择, 以及对区域变化的分析, 可进一步加深对各生态区域或生态系统结构、过程及功能的认识。在应用层面, 景观生态区划可以指导资源与环境管理, 因地制宜

收稿日期: 2006-03; 修订日期: 2006-07.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40471002), 中国博士后科学基金项目(2005038293)。

作者简介: 李正国(1980-), 男, 江西上饶人, 博士研究生, 自然地理学专业。E-mail: lzg.123@263.net

通讯作者: 王仰麟, 博士生导师。E-mail: ylwang@urban.pku.edu.cn

制定产业发展方向,从而促进区域社会、经济、生态的协调发展。

本文在相关的区划原则、方法及景观生态学理论的基础上,通过探讨景观格局、过程及功能的空间分异规律,构建景观生态区划的理论框架,结合遥感与 GIS 技术,设计景观生态区划操作流程,期望能进一步提升对景观复杂性认识,为区域景观生态建设提供科学依据。

1 景观生态区划的概念框架

景观生态区划的理论基础为景观异质性原理。景观异质性(Landscape Heterogeneity)不仅构成了斑块空间镶嵌的复杂性^[7],也决定着景观结构空间分布的非均匀性和非随机性^[8],并造就了景观内部的物质流、能量流、信息流和价值流,最终促进了景观的演化、发展与动态平衡^[9]。

景观异质性作为景观的重要属性之一^[10,11]。不仅体现在景观的空间结构变化上,而且体现在景观组分在时间上的动态变化上^[9]。一般认为景观异质性主要表现为^[12-15]:空间异质性、时间异质性和功能异质性。其中空间异质性反映一定空间层次景观的多样性信息,而时间异质性则反映不同时间尺度景观空间异质性的差异,其交互作用导致了景观系统演化发展和动态平衡^[1,10,11]。

景观生态区划是基于对景观生态系统的认识,通过景观异质性分析确立分区单元,结合景观发生背景特征与动态的景观过程,依据景观功能的相似性和差异性对景观单元划分及归并的工作过程和结果。其内涵主要包括以下几点:它涉及景观生态学、地理学等相关学科的知识,具有高度的综合性;它建立在充分理解景观与自然环境特性、生态过程及其与人类活动的关系基础之上;它认为不同时空尺度的景观异质性是使景观生态系统产生时空分异的内在因素;它将景观的空间、时间以及功能异质性作为区划的依据,其相对于其它区划而言特别考虑了自然环境的空间结构和生态过程的地域分异;其目的是进一步认识景观内部结构和生态过程及人与自然关系的宏观分布特征,加强景观生态规划与设计的针对性和可操作性。

基于上述认识,在景观生态区划中格局、过程及功能为由下至上的关系。其中景观要素特征可作为确立区划单元的基础,景观格局特征反映了景观的空间异质性,景观格局的动态体现了生态过程,可以确定景观的时间异质性,景观功能则是指景观单元内物质和能量投入水平、转化效率及产出量的综合表现,而反映景观功能异质性的标志就是生物生产、环境服务以及文化支持的能力差异。景观生态区划以上述标志作为分区的判别指标,对景观单元进行划分和合并的工作过程和结果(概念框架见图 1)。

2 景观生态区划的原则

无论是自然区划,还是景观生态区划,在区划工作开展前,为使区划符合客观实际情况,都有必要进行区划的一般方法论的研究^[16-18],包括地域分异规律、景观异质性规律、区划等级系统、区划原则和方法等方面的研究。在具体进行区划时,为了保证景观异质性规律体现到区划工作中,必须制定若干的区划原则作为指导。景观生态区划原则的制定不仅考虑了自

然区划的相关原则,也重点吸收了景观生态学的基本原理。具体原则包括等级性、多尺度性、发生一致性、格局与功能依存性、功能协调性以及界线完整性等。这些原则大致可以归纳成两类:一类是由区划本身的特点所决定的,目的在于解决分区问题;另一类是景观生态系统的整体性决定的,目的在于确定区划界线。

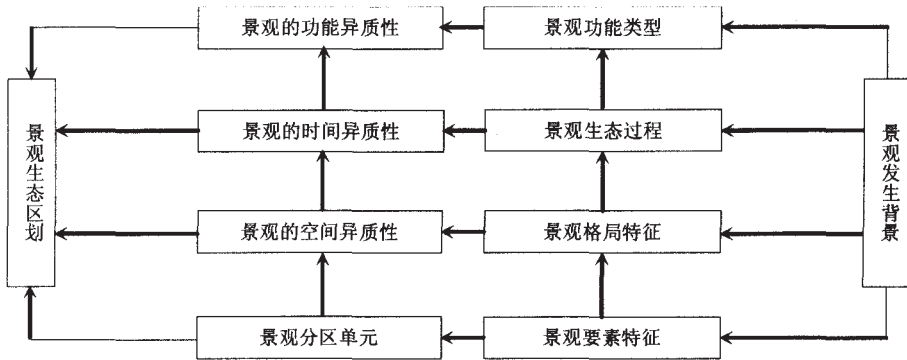


图 1 景观生态区划概念框架

Fig.1 Framework for landscape ecological regionalization

2.1 等级性原则

景观作为有序的整体,是生态系统水平之上,基于人地综合体的一个更高层次的等级系统^[19,20]。景观生态系统是由多个层次水平的等级体系所组成,由于层次水平不同,系统及其部分的概念就有相应转化^[21]。为达到结构和功能的整合、格局优化及景观功能维系,全面分析景观生态系统,必须在足够宽泛的背景上考虑不同等级层次的景观格局、生态过程以及景观功能。故于区划过程中需基于景观生态系统等级性特征,对各级组成单元进行由上至下的区分或由下至上的归并。

2.2 多尺度性原则

景观单元的空间尺度可表征不同的景观特征信息。在地貌系统、景观结构变化及生物多样性等研究中指出景观格局和功能随着尺度不同而发生变化^[22,23]。一方面,空间粒度亦对格局特征产生影响^[24,25];另一方面,景观生态系统的功能也具有尺度特性。其尺度特性体现为生态系统的主导生态功能在不同的尺度上会发生转变,这主要是因为生态系统稳定性的主导要素在不同的尺度上会发生转变^[12-15]。为了解析复杂的景观系统,首先必须将其视为一种相邻、可分解、镶嵌的空间尺度或等级,并进一步解析每个等级在不同的时空尺度中所具备的结构与功能单元^[26]。

2.3 发生一致性原则

景观是由气候、土壤、水、植物及文化现象组成的地域复合体,所有的景观都具有独特的发育历史。在综合自然地理研究中,发生的一致性被理解为区域地貌发展史的共同性^[4,27],并可被理解为“地域分异的原因、过程和规律的原则”^[6]。

对于景观生态区划而言,发生一致性主要强调景观格局与过程在自然条件及人为活动

影响因子上的一致性,是透视景观格局特征的基础。具有相同演化背景的景观单元应具有相对一致的地质、地貌、气候、植被、水文条件及社会经济影响。在一定的区域范围内,景观生态系统在空间上存在共生关系,但在不同的尺度中,景观的发生同一性划定需进行相应的调整。所以在分区时应通过不同时空尺度中各景观单元内景观异质性的差异反映它们之间的毗连与耦合关系,凸显景观单元在空间上的同源性和相互联系。

2.4 格局与功能依存性原则

景观空间结构决定了景观功能^[1, 28]。其中,景观结构是指内部各要素相互作用的秩序,景观功能则是指整体对外界的作用,因此一定的景观结构应有相应的景观功能,而景观功能在各个结构单元间产生的复杂关系,每个结构单元皆有特殊的发生背景、存在价值、优势、威胁及与必须处理的相互关系^[1, 13, 29]。因此,景观的功能需基于自身结构的基础,而功能亦是结构的体现,结构的破坏必然会造成功能的降低甚至丧失。在分区时应综合考察各景观单元内格局、过程及功能的相互关联性,重视景观单元在格局和功能上的依存关系。

2.5 功能协调性原则

景观功能具有类型、作用强度及空间分布上的差异,不同功能的景观间,因为相互作用的影响产生复杂的空间效应。因为功能的差异,具备不同功能的景观组份间便产生不同的相互关系,与生态学中对物种间关系的定义相同,景观功能间的相互关系具有正、负两面,其中正面的关系包括互利共生、合作,而负面关系则是竞争^[30],并在空间上表现出不同的特征。景观生态区划着眼于协调区域资源开发与生态环境保护之间的关系,其不仅要考虑各生态要素作为人类赖以生存和发展的资源在区域经济中的功能,也要重视自然资源作为重要的生态环境要素和生态系统的生态功能的保护。因此,景观生态区划中的功能定位,必须将经济功能与生态功能结合起来。

2.6 单元完整性原则

景观生态区划强调区划单元应具有边界清晰、生态过程完整的特性。在具体单元选择中,流域不仅有被广泛接受的、定义明确的边界,也具备清晰的等级结构以及灵活的尺度。因此,流域内各生态区域的生态功能层次比较分明。流域是江河水系的基本集水单元,在地球自然生态功能中起着重要的作用^[3]。许多区域性生态环境问题也通过流域这个物质流和能量流传输信道,成为全局性的问题。以流域为单元的研究可以了解上坡与下坡、上游与下游的关系。以流域为单元进行景观生态区划,可以起到维护和提高流域生态系统的完整性,实现生态系统管理和生态环境治理的目标。

3 景观生态区划的内容

景观生态区划的目的是促进资源的合理利用与开发,防止重要自然资源的开发对生态环境造成新的破坏,增强区域社会经济可持续发展的生态环境支撑能力,促进区域的可持续发展。因此,在景观生态区划过程中,强调分析研究区的自然环境特点、景观格局、生态过程及其与

人类活动的关系, 注重发挥当地景观资源与社会经济的潜力与优势, 以及与相邻区域景观资源开发与生态环境条件的协调, 提高景观持续发展的能力。这决定了景观生态区划综合地体现了景观生态系统的形态、空间组合、发生及功能等多方面特征, 其内容涉及景观生态区划的方法论、景观生态分析与评价、景观生态区划体系构建等三个组成部分(图 2)。

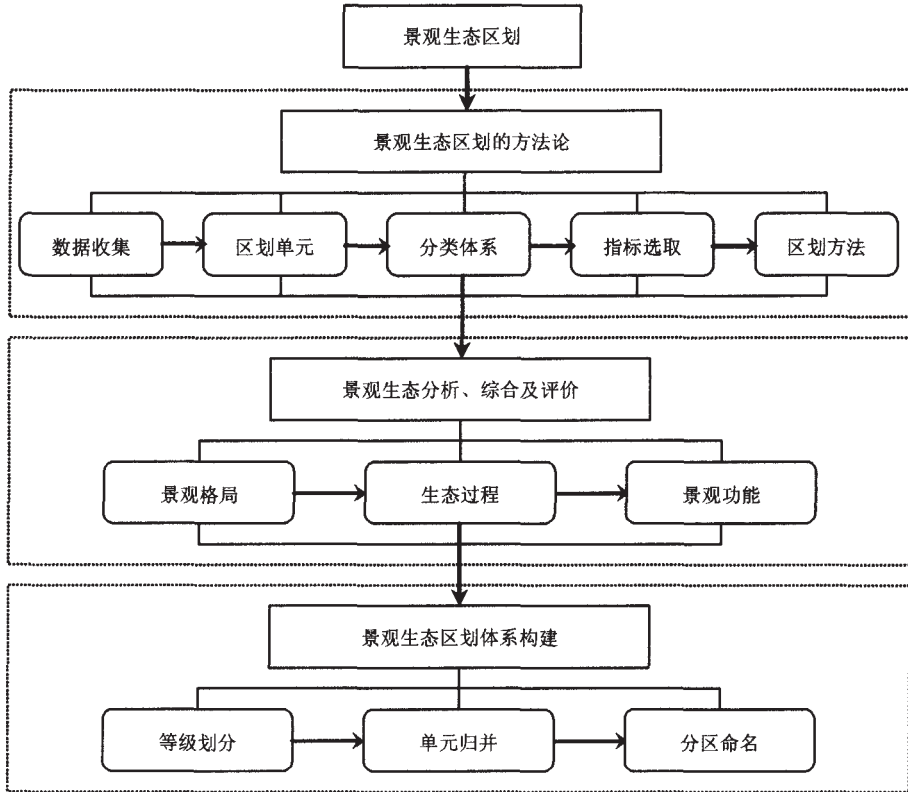


图 2 景观生态区划的流程
Fig.2 Flow of landscape ecological regionalization

3.1 景观生态区划的方法论

景观生态区划以景观异质性规律为理论基础, 确定不同的理论和方法论准则, 即划分原则作为指导思想, 并指导选取区划指标、建立等级系统、采用不同方法。

(1) 资料及数据收集

景观生态区划的工作基础是收集研究区域的资料和数据, 其目的是了解区域的景观结构、与自然过程、生态潜力及社会文化状况, 从而获得对区域景观生态系统的整体认识, 为确定区划的具体指标和景观分类奠定基础。另外, 由于景观格局与环境问题往往与人类活动相关, 因此, 景观生态区划尤其强调人是景观的组成部分并注重人类活动与景观的相互作用影响。景观调查资料不仅包括生物、非生物景观要素的分布及其评价, 景观生态过程及与之相关联的生态现象, 也涉及人类对景观影响的结果及程度等。

(2) 区划单元确定

景观生态区划所面对的客体, 在地表往往是连续过渡的, 边界通常是模糊渐变的, 清晰

明确的个体界线比较少见。景观生态区划中既将区域单元作为资源与生态环境的整体来认识,又重视区际之间的联系。因此,单元的确定特别强调结构的完整性和功能的协调性。景观生态系统自身的多等级性,要求区划单元必须隶属于相应的某一层级等级。具体实现上主要通过结合数字高程模型,划分研究区不同等级的流域体系,确立景观生态区划的基本单元。

(3) 景观生态分类体系构建

景观生态分类实际就是从功能着眼,从结构着手,对景观生态系统类型的划分。通过分类系统的建立,全面反映一定区域景观的空间分异和组织关联,揭示其空间结构与生态功能特征,以此作为景观生态区划和规划管理的基础。根据景观生态分类的特征,景观生态分类体系一般采取功能和结构双系列制^[31]。相对于功能性分类,结构性分类更侧重于系统内部特征的分析,其主要目标是揭示景观生态系统的内在规律和特征。在体系构成方面,功能性分类主要是区分出景观生态系统的基本功能类型,归并所有单元于各种功能类型中。基于多时相的景观分类主要通过结合土地利用现状图和野外实地调查资料等,对多时相遥感影像分别进行人工监督下的最大似然法分类。

(4) 区划指标选取

景观生态区划过程中,需对景观生态系统及其等级结构内在本质和过程关联进行客观透视,并选择具有直观性的一些指标和属性。鉴于景观生态区划的意义在于探析单元空间关联的本质,因此,需同时使用反映景观结构和功能的指标和特征。因生态系统的复杂特性必须藉由多个指标表现,但多重指标的相互干扰也较大,因此,指标数量仍以精简为原则^[2,3]。

区划特征指标中大致包括地形、海拔、坡向、坡度、坡形、地表物质、构造基础、pH 值、有机质含量、侵蚀强度、植被类型及其覆盖率、土地利用、气温、降水量、径流系数、干燥度、土壤主要营养成分含量以及管理集约程度等^[31-34]。一般来说高等级区划单元的划分多考虑地貌形态及其界线;低等级则侧重地表覆被状况,包括植被和土地利用等^[32]。其中地貌形态是景观生态系统空间结构的基础,是个体单元独立分异的主要标志。地表覆被状况则间接代表景观生态系统的内在整体功能。两者均具有直观特点,可以间接甚至直接体现景观生态系统的内在特征,具有综合指标意义。

(5) 区划方法选择

为使区划原则得到正确贯彻,必须采用相应的区划方法,才能达到目的。区划的原则和方法是紧密联系的,每一个区划原则,都必须通过相应的方法加以贯彻^[3]。由于景观生态区划发展源于自然区划以及生态区划,其工作思路主要包括自上而下的划分和自下而上的组合。在具体工作中,需要综合采用专家个人与团体智能、理念分析、模型应用等方法,探索区划的综合集成方法^[5,6]。在单元既定的区划中,如果采用的指标相同,无论是划分还是组合,结果应是一致的,两种方式可以分别或结合使用。其采用的技术方法也基本相同,主要包括空间迭加分析法、聚类分析法、主导标志法、景观制图法以及地理相关分析法和遥感(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)等技术手段。

3.2 景观生态分析及评价

景观生态分析及评价主要是针对景观生态系统特征的时空分异,一般从景观格局、生态程以及景观功能等三个方面来考察景观生态系统的整体综合属性。

(1)景观格局

不论在理论与实际经验中,景观格局在不同时空尺度体现出复杂景观过程及功能^[12,13]。对于景观生态区划,景观格局是在自然地理环境的基础上,受时间和空间尺度中的人类活动持续转变过程影响,而反映出景观类型、数量及其分布位置的差异。为深入探讨景观格局特征及景观生态系统的复杂性,需综合自然环境与社会经济相关因子,由发生背景说明景观格局成因及其特征。

(2)生态过程

对生态过程的认识要按照复杂系统的自组织演化理论以及生态系统演化规律,重点对跃变阈值及其内部循环过程和外部影响因子进行分析^[35,36]。以格局动态变化作为景观生态过程的综合表现,通过生态过程与文化过程在空间上动态分布的交互分析,说明各景观生态过程的作用强度,深入分析各区划单元内的景观生态过程,可作为往后景观功能定位的参考。

在景观生态区划过程中,面对不同尺度、不同类型的生态系统结构、过程及其空间分布,梳理各生态区域面临的生态压力和生态环境问题,从生态系统和形成生态格局的生态过程的角度,分析生态环境问题的性质和产生机制,并给出评价,以掌握区域生态环境和生态安全的基础和动态。

(3)景观功能

景观生态区划中的景观功能不仅包括景观单元间的空间关联与耦合机制,组合成更高层次地域综合体的整体性特征;也强调景观单元对人类社会的服务能力。由于景观功能是格局与过程的综合体现,并受区域整体发展影响,需满足一定的人类需求。因此,景观功能的确定,不能仅限于景观组分的差异,需考虑格局与过程的影响及未来的发展定位。通过结合相应区域社会、经济、文化发展分析,确定相应尺度上景观生态系统的主导功能^[3,37]。进一步按照生态系统功能观点,分析与评价景观生态系统的完整性,确定区域主要生态环境问题类型、形成机制,阐明特定生态环境问题可能发生的地区范围和程度。

3.3 景观生态区划体系构建

(1)等级划分

景观生态系统发生过程的多层次性,形成了结构的多等级层次,要求分区只能是多等级的。在确立景观生态区划等级时,一般至少需要同时考虑3个相邻层次:即核心层、上一层和下一层^[1]。具体区域研究中,可以分为2个或3个层次,景观生态系统(Landscape ecosystem,简称LES)与景观生态立地(Landscape ecotope,简称LET)。两者之间还可插入景观生态单元一级(Landscape ecounit,简称LEU)。其中LEU是LET的空间组合型,LES又是LEU的空间组合型。LET是区域中能够确定的最低层次地域综合体,LES则是区域中最高层次水平的空间单元。它们的范围和内部构成随研究区域的大小和制图比例尺的不同而变化^[38]。划分景观的等级结构的标准通常包括过程速率(如周期、频率和反应时间等)和其它结构和功能上的表面特征(如不同等级植被类型分布的温度和湿度范围、食物链关系及景观中不同类型斑块边界等)^[39]。

(2)单元归并及命名

在区划单元与等级确立的基础上,依据一定的属性特征及其指标,对各层次单元进行归

并,是景观生态区划体系构建的重要部分。一方面,由于景观生态区划起源于自然区划,景观单元的划分和归并延续着综合自然地理区划的区域共轭性原则;另一方面,也还需遵循景观生态系统的完整性原则。在命名上,考虑到景观生态区划的目的和特征,各分区命名需同时体现景观功能、过程、格局及未来发展趋势。

4 景观生态区划与传统区划的差异

景观生态区划是在不断探索、认识和积累自然和社会知识基础上,深入认识人与自然关系的产物。自然区划、生态区划、经济区划以及景观生态区划的关系则反映了对人与自然关系认识的不断深入。

景观生态区划源于自然区划,但其对象、目的及依据各有不同。从区划的对象来看,自然区划如自然地理区划、综合自然地理区划和植被区划等均按地表自然综合体或各个组成要素的差异划分成各种区域,并按从属关系得出一定的区域等级系统,反映的是自然地域分异规律^[40]。而景观生态区划则以景观生态系统为研究对象,从生态系统的观点,强调景观格局、生态过程和功能的异质性。从区划的目的来看,传统自然区划的目的是科学认识客观存在的自然综合体,并不专门考虑社会的和经济的特征,而景观生态区划着眼点在于协调资源开发与生态环境保护之间的关系,把人类作为生态系统的一部分,尊重生态系统的自然演化过程。从区划的依据来看,传统自然区划往往借助具体的界线(各类等值线、河流、山脉等)划分自然综合体,景观生态区划的边界通常表现为抽象的意义,强调“是在一个特定的时刻相互作用的生态区及其环境的系统描述”,更多地从结构相似、过程相关和功能联系的角度来确定其分区边界^[3]。

生态区划则是在对生态系统客观认识和充分研究的基础上,按各自然区域的生态相似性和差异性划分生态区域单元,从而进行整合和分区的过程^[2,39]。基于生态区划的研究基础,景观生态区划与生态区划一样,也是从生态系统的角度认识问题,但它更强调景观生态系统的空间结构、过程以及功能的异质性,并通过景观功能来认识景观生态系统的完整性,从而在整体上对相互作用的景观生态系统及其环境进行描述。

另外,景观生态区划也考虑资源的开发与利用,与经济区划具有紧密联系。但经济区划强调在自然或人工生态系统的特殊资产的地域分布规律基础上,明确一定范围内产权所属关系,反映数量等级关系^[2]。相对而言,景观生态区划更注重突出发挥和保养自然资源作为生态要素和生态系统的生态环境服务功能。

总体而言,传统的各种区划实质就是将整体划分成若干部分,并确立分区单元之间的等级关系。其地域划分,既不能出现重叠,更不能发生重复。区划的理论基础是地带性规律,依据的最根本原则是地带性原则^[39]。景观生态区划则与以往各种区划有所不同,一方面,区划的对象是景观生态系统,目的是深化对景观异质性的认识;另一方面,生态系统的属性又要求景观生态区划必须基于生态系统的复杂系统理论和等级结构理论。因此,景观生态区划需根据不同区域、不同尺度的生态功能问题和景观生态建设需要,遵循景观生态系统完整性的根本原则进行。

5 景观生态区划的应用

区划必须为区域的可持续发展服务。当前,我国正处在经济社会发展关键阶段,全球环境问题和全球经济化为我国的可持续发展和国家安全带来了新的发展机遇,也提出了新的挑战^[37]。考虑到过去 50 年,我国地表宏观格局、资源环境格局和社会经济发展格局发生了显著变化,已有的区划方案(包括一些部门区划)已不能完全适应新的发展形势的需要^[9]。集成自然与人文要素、突出景观格局及动态特征,以功能完整性为核心的景观生态区划研究将发挥更大的作用。

依据景观生态区划原则,针对不同尺度的景观生态系统具有不同的主导功能及发展瓶颈,通过建立不同尺度下的景观生态区划体系,有助于由景观生态学的整体性与综合性角度,解决跨区域的全国性景观生态问题。在全国尺度上,东、中、西三个地区各有不同的景观格局和功能,景观生态区划可由维护国家生态安全的角度,指导各地区的区域发展;在区域尺度上,由于生态系统与周围的环境不可分割,其主导生态功能又受到价值判断的影响,因此,景观生态区划表现出针对性更强、生态功能更具体明确的特征;在流域尺度上,流域内生态的一体性和经济的不平衡性,决定了流域也是生态功能矛盾突出的地带,一些重大生态环境安全问题,如水土保持、淡水资源安全等都发生在流域上,做好各流域景观生态区划和规划,可为区域发展提供坚实的基础。

6 结论与讨论

区划是深入认识景观生态系统的重要方法,景观生态区划进一步将类型研究、过程研究和区域研究三者密切结合,不仅可以深入揭示景观生态系统的区域分异规律以及各区域的结构特征,也进一步深化了景观生态学的研究理论。同时,结合对景观格局、过程及功能的认识与分析技术,完善了传统区划理论对地理现象时间与空间连续性的认识,进一步了解地理分异的驱动因素与动态趋势。另外,以流域作为基础的区划单元,也为区划单元的选择提供了新的思路。

景观生态区划具有重要的应用价值。各个区域由于自身的自然环境特性、人为活动强度及未来发展定位的差异,所面临的景观生态问题及所需进行的景观生态建设各有不同。景观生态区划通过对景观格局、过程及功能特征的空间相似性及差异性进行分析,确立景观单元的功能定位,提升了景观生态建设的针对性及可操作性。

景观生态区划也面临着众多困难和挑战。首先,尺度是影响各类区划的最重要因素之一,景观生态区划虽然重点考虑了尺度的影响,但仍有待进一步加强。其次,基于景观功能定位的区划方案,如何在区划等级及命名时清楚表达景观格局、过程与未来区域发展方向,并与景观格局优化策略紧密结合也是区划构建及应用过程中的难点。

参考文献

- [1] 傅伯杰,陈利顶,马克明,王仰麟等.景观生态学原理及应用.北京:科学出版社,2001,62-65.
- [2] 陈百明等.中国土地利用与生态特征区划.北京:气象出版社,2003.

- [3] 燕乃玲, 虞孝感. 我国生态功能区划的目标、原则与体系. 长江流域资源与环境, 2003, 12(6): 579~585.
- [4] 陈传康, 伍光和, 李昌文. 综合自然地理学. 北京: 高等教育出版社, 1993.
- [5] 郑 度, 葛全胜, 张雪芹 等. 中国区划工作的回顾与展望. 地理研究, 2005, 24(3): 330~344.
- [6] 吴绍洪, 杨勤业, 郑 度. 生态地理区域界线划分的指标体系. 地理科学进展, 2002, 21(4): 302~310.
- [7] Farina A. Principles and methods in landscape ecology. Chapman & Hall, 1998.
- [8] Forman R T T. The ethics of isolation, the spread of disturbance and landscape ecology. In: Turner MG ed. Landscape Heterogeneity and Disturbance. New York: Springer-Verlag, 1987, 213~29.
- [9] Forman R T T. Land Mosaics: the Ecology of Landscape and Regions. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [10] Forman R T T, Godron M. Landscape Ecology. New York: Willey, 1986, 64~72.
- [11] 刘桂芳, 黄金国, 马建华 译. 自组织和地貌演化. 地理科学进展, 1996, 4:5~11.
- [12] 宋治清, 王仰麟. 城市景观及其格局的生态效应研究进展. 地理科学进展, 2004, 23(2): 97~106.
- [13] 邬建国. 景观生态学—格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000. 30~31.
- [14] 肖笃宁, 解伏菊, 魏建兵. 区域生态建设与景观生态学的使命. 应用生态学报, 2004. 15(10): 1731~1736.
- [15] 伍业钢, 李哈尔滨. 景观生态学的理论发展, 见: 刘建国等主编. 当代生态学博论. 北京: 中国科学技术出版社, 1992, 30~39.
- [16] 黄秉维. 关注人类家园—陆地系统与自然地理综合研究. 北京: 商务印书馆, 2003.
- [17] 赵 济, 陈永文, 韩渊丰 等. 中国自然地理. 北京: 高等教育出版社, 1995.
- [18] 黄秉维. 关于综合自然区划的若干问题. 见: 1960年全国地理学术会议论文集(自然地理). 北京: 科学出版社, 1962, 5~14.
- [19] Naveh Z. What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction. Landscape and Urban Planning, 2002, 50: 7~26.
- [20] 陈 波, 包志毅. 整体论的景观生态学原则在景观规划设计中的应用. 规划师, 2003, 3 (19): 60~63.
- [21] 王仰麟, 赵一斌, 韩 荡. 景观生态系统的空间结构: 概念、指标与案例. 地球科学进展, 1999, 14(3): 235~241.
- [22] Qi Y, Wu J. Effect of changing spatial resolution on the results of landscape pattern analysis using spatial autocorrelation indices. Landscape Ecology, 1996, 11: 39~48.
- [23] Crawly M J, Harral J E. Scale Dependence in Plant Biodiversity. Science, 2001, 291: 864~868.
- [24] 申卫军, 邬建国, 林永标 等. 空间粒度变化对景观格局分析的影响. 生态学报, 2003, 23(12): 2506~2519.
- [25] 黄慧萍, 吴炳方. 基于区域合并影像分割技术的多尺度地表景观分析. 地理科学进展, 2004, 23(3): 9~15.
- [26] Reynolds J F, Wu J. Do landscape structural and functional units exist? In: Tenhunen, J.D., Kabat, P. (Eds.), Integrating Hydrology, Ecosystem Dynamics, and Biogeochemistry in Complex Landscapes. Wiley, Chichester, 1999, 273~296.
- [27] 蒙吉军. 综合自然地理学. 北京: 北京大学出版社, 2000.
- [28] 张小飞, 王仰麟, 李正国. 景观功能网络的等级与结构探讨. 地理科学进展, 2005, 24(1): 52~59.
- [29] Ehrlich P R, Wheye D. Non-adaptive hilltopping behavior in male checkerspot butterflies (*Euphydryas editha*). Am. Nat., 1986, 127: 477~483.
- [30] Odum H T. Ecological and General Systems: An Introduction to Systems Ecology. University Press of Colorado, revised edition of Systems Ecology, Wiley, New York, 1994, 644~647.
- [31] 王仰麟. 景观生态分类的理论方法. 应用生态学报, 1996, 7: 121~126.
- [32] 赵玉涛, 余新晓, 关文彬. 景观异质性研究评述. 应用生态学报, 2002, 13(4): 495~500.
- [33] Dutilleul P, Legendre P. Spatial heterogeneity against heteroscedasticity: an ecological paradigm versus a statistical concept. Oikos, 1993, 66: 152~171.
- [34] Kolasa J, Picketts T A. Ecological Heterogeneity. New York: Spring Verlag, 1991.
- [35] 李 万. 自然地理区划概论. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1990.
- [36] Turner M G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. Annu. Rev. Ecol. Syst., 1989, 20:171~197.
- [37] 刘燕华, 郑 度, 葛全胜 等. 关于开展中国综合区划若干问题的认识. 地理研究, 2005, 24(3): 321~329.
- [38] 傅伯杰, 陈利顶, 刘国华. 中国生态区划的目的、任务及特点. 生态学报, 1999, 19(5):591~595.
- [39] 杨勤业, 李双成. 中国生态地域划分的若干问题. 生态学报, 1999, 19(5):596~601.
- [40] 全国农业区划委员会《中国自然区划概要》编写组. 中国自然区划概要. 北京: 科学出版社, 1984.

Principles and Systems of Landscape Ecological Regionalization

LI Zhengguo¹, WANG Yangjin^{1,2}, Chang Hsiaofei², WU Jiansheng^{1,2}
(1. College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China
2. Graduate School of Shenzhen, Peking University, Shenzhen 518055, China)

Abstract: Landscape ecological system is composed of ordered horizontal levels. The relationships of landscape structures and functions are distinct in different temporal and spatial scales, and it is useful to integrate hierarchy and components of landscape by regionalization concept. In this paper, the background and concept of the delineation of ecosystems were advanced. The principle of landscape heterogeneity on which the delineation is operated was also addressed. It was pointed out that the change from a framework based on a single natural indicator to another based on the integrated ecosystem approach reflects the progress in the understanding of human-nature reconciliation and the balance between biodiversity conservation and sustainable use of natural resources. On the basis of ecosystem integrity, a framework for the landscape ecological regionalization systems was recommitted, which followed the principles of hierarchy, multi-scale, origin-coherence, interdependence between landscape pattern and function, interaction among landscape functions and integrality of delineation units.

Under these principles, the main scientific issues to be discussed were as follows: (1) the theory and system of comprehensive regionalization; (2) the changing processes, patterns and their interactions of the main elements in regional system; (3) the identification of the boundaries between the regional systems; and (4) the construction of the organizational levels of the system. Then, the differences and relationships among the landscape ecological regionalization and the natural regionalization, economical regionalization and the ecological regionalization were given. Finally, the paper assumed the application of landscape ecological regionalization theory in national, regional and watershed levels.

Key words: landscape ecological regionalization; landscape heterogeneity; landscape function