

# 旅游景观生态系统格局:概念与空间单元

蒋依依<sup>1,2,3,\*</sup>, 王仰麟<sup>2,3</sup>, 成升魁<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871;  
3. 北京大学深圳研究生院城市人居环境科学与技术重点实验室, 深圳 518055)

**摘要:** 旅游景观生态系统作为一个复杂的自然-人文生态系统, 内部的人地关系区别于一般景观生态系统, 但现有的格局研究难以反映。基于景观生态学与空间结构理论, 在已有研究基础上, 提出旅游景观生态系统格局的概念, 并构建空间单元体系。首先, 旅游景观生态系统格局可理解为旅游者的活动作用于系统地域范围所形成的空间分异与组织形式; 其次, 旅游景观生态系统格局的空间单元可划分为斑块、廊道和基质, 其中斑块由节点与域面组成。旅游景观生态系统格局理论提出的目的是通过旅游者空间分布状况的分析, 反映系统内部要素之间相互作用过程的空间差异。这一理论的提出有助于推动景观格局与生态过程研究的深入, 并能为区域旅游业发展的空间协调管理提供理论支持。

**关键词:** 旅游景观生态系统; 景观格局; 人地关系; 功能异质性

文章编号: 1000-0933(2009)02-0910-06 中图分类号: F590, Q149, Q988 文献标识码: A

## Preliminary research on patterns of the tourism landscape ecosystem: concept and spatial units system

JIANG Yi-Yi<sup>1,2,3,\*</sup>, WANG Yang-Lin<sup>2,3</sup>, CHENG Sheng-Kui<sup>1</sup>

1 Institute of Geographical Science and Natural Resource Research, CAS, Beijing 100101, China

2 College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

3 The Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen, Guangdong, 518055, China

*Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(2): 0910 ~ 0915.

**Abstract:** Tourism landscape ecosystem is a territorial complex which is formed by the interactions between tourists, residents and their circumjacent environments. There are a series of human-nature relational differences between the tourism landscape ecosystem and the general landscape which the current pattern studies do not reflect. Based on the theory of landscape ecology and spatial structure, this paper proposes a conceptual theory that considers two elements: ① the pattern of the tourism landscape ecosystem and ② the spatial units system.

(1) The aim of studying the patterns of the tourism landscape ecosystem is to realize the spatial heterogeneity of the interactions between these elements. Because the spatial structure of tourist activity is restricted and shaped by the natural environment and local residents, the pattern study should be based on the tourist structure. In addition, we can find out that the characteristics of tourist activity are centralization at larger scales and diffusion at smaller scales.

(2) Based on the above analysis, the spatial units system of the tourism landscape is summarized as patch, corridor and matrix in this study. Patch is the nonlinear spatial unit of tourists' convergent distribution inside the tourism landscape ecosystem. Corridor is a linear tourism activity space and an important carrier for the tourists' centralization and diffusion in the tourism landscape ecosystem. Matrix is the background ecosystem where patches and corridors lie. Patch is composed of the node and activity area. Node is a nonfigurative point in space where tourism activity is the most convergent and robust whereas activity area is the area where tourists surround a single node.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40635028); 中国博士后科学基金资助项目(20060400493)

收稿日期: 2007-08-27; 修订日期: 2008-01-15

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yiyijiangpk@126.com

This study proposes to reflect the spatial difference within the human-nature reciprocity process by analyzing tourist spatial distributions. The pattern of the tourism landscape ecosystem will be helpful for the further study of landscape patterns and ecological processes, and can provide a foundation for the spatial management of regional tourism industry development.

**Key Words:** tourism landscape ecosystem; landscape pattern; human-nature relationship; spatial heterogeneity

## 1 研究的提出

景观生态系统最基本的特征是空间异质性。景观生态学对空间异质性的理解是多方面的<sup>[1,2]</sup>。如不考虑任何生态学功能,只分析生态系统在空间分布上的不均匀性及复杂程度,为“结构异质性”<sup>[4,5]</sup>;如从生态过程角度出发,考虑生态系统间相互关联的空间复杂性和/或变异性,则为“功能异质性”<sup>[5-9]</sup>。

格局被视作景观生态系统的空间异质性在水平面上的投影<sup>[10]</sup>。因此,格局研究是认识与理解景观生态系统空间异质性的重要途径。在传统的格局研究中,结构异质性是其主题和核心内容,研究多从土地利用/土地覆被的空间分异规律展开,而对“功能异质性”的探讨较少。

人类及其活动作为景观生态系统的重要组成部分<sup>[11-13]</sup>,与自然环境的相互作用是“功能异质性”的主要内容。而早期功能异质性的相关研究表现出明显不足。无论是直接利用结构异质性进行定性探讨<sup>[14-16]</sup>,还是基于不同景观组分所代表的人类活动强度,利用结构异质性进行的权重法研究<sup>[17,18]</sup>,对人类活动的空间分异、动态过程与影响效应反映不明显。因为只有很少的景观生态系统组分具有暂时性或历史持久性的人类活动印记,因此仅从结构异质性研究人地关系可能产生误导性的结果<sup>[6]</sup>。

旅游景观生态系统是指旅游者、当地居民与其周围的自然环境,遵循相应的生态、经济与社会规律,相互作用相互影响所形成的,具有旅游功能的地域综合体。其中,旅游者的旅游活动包括基本层次的游览观光,提高层次的娱乐、购物,专门层次的疗养、会议等<sup>[19]</sup>。作为旅游活动过程发生的主要空间,旅游景观生态系统内部的人地关系与一般景观生态系统存在如下差异:

首先,人类活动的主体不同。旅游功能是旅游景观生态系统的主体功能<sup>[20]</sup>,是区别于其他景观生态系统的标志。承载旅游活动与满足旅游需求是旅游景观生态系统的主要内容。因此,旅游者及其活动是系统内部人类活动的核心,系统内部主要的生态过程均围绕旅游者及其活动发生与演化。

其次,旅游活动时空间特征区别于一般人类活动。从空间分布上看,旅游者的主要活动区域往往集中分布于旅游景点(区),对空间的重复利用率低;从时间规律上看,旅游者在旅游景观生态系统内部的停留时间短,周转频率高<sup>[19]</sup>。

第三,在旅游者的主要活动范围内,当地居民的建设、改造与管理以及旅游活动赋予了自然环境新的功能——旅游功能,自然环境的服务对象与内容发生转变。例如观光农业园内的耕地主要服务于旅游业以及旅游者,而非种植业和当地居民。

可见,旅游景观生态系统与一般景观生态系统的人地关系存在作用主体、作用方式与空间分布等方面的差异。而这种功能上的空间异质性通常难以通过外部观察得以认识与解释。因此,有必要对现有的格局研究思路与方法进行突破。

## 2 旅游景观生态系统格局概念的界定

### 2.1 旅游活动的空间分异是系统功能异质性的具体表现

在旅游景观生态系统中,自然-人文环境因子的空间特性构成了系统基本的结构异质性框架。而旅游者、当地居民与自然环境之间依存与制约关系的空间差异,构成了旅游景观生态系统的功能异质性。

旅游者是旅游景观生态系统的核心要素,旅游活动是旅游者在当地居民的引导下在自然环境空间内的运动过程,能体现系统内部各要素的空间相互作用机制。首先,自然环境的美学特征以及经开发建设后具备的

旅游功能,是促使旅游活动空间集聚的原动力;但自然环境的地形地貌、气候、地质灾害等因素可能障碍旅游活动的空间分布。其次,当地居民的开发利用是使自然环境要素、当地居民特殊生产生活方式等潜在旅游吸引物具备旅游功能的决定性因素;而开发建设能力、管理水平以及当地居民对待旅游业发展的态度等均是限制旅游活动产生与发展的限制性因素。可见,旅游活动的空间分异是系统各要素相互作用的结果,是系统功能异质性的具体表现。判明旅游活动空间分异的规律,能够直观地认识和理解各要素的相互作用机理。

## 2.2 旅游活动的空间分布特征

旅游活动的空间特征可以概括为集聚与扩散。集聚是指旅游者向相对狭小的地域空间集中和聚合的过程,扩散是指旅游者由分布密集的地域空间向周围广域空间扩展和分散的过程。在实际的旅游活动过程中,集聚与扩散过程往往是交织在一起的。但在不同空间尺度上,集聚和扩散的主要倾向不同。

在景观尺度上,旅游资源大都在点上集聚,形成相互独立的旅游景点,并通过线状基础设施而联成一个有机的空间结构体系。因此,该尺度旅游活动的空间特征表现为由外部空间向景点集聚,同时借助交通线路往来于各旅游景点之间。旅游活动集聚空间的扩大,并不是简单地向外围的蔓延扩张,而是沿轴线呈点状逐步向外扩展,从而形成不连续的旅游活动分布空间。

在景点尺度上,为了获得更高的旅游效用,旅游者在可及范围之内游览观光。该尺度旅游活动的空间特征表现为以旅游景点为核心向四周的扩散。根据圈层结构理论与距离衰减法则<sup>[21,22]</sup>,旅游活动的空间分布密度从核心向外围逐渐衰减<sup>[23,24]</sup>,因此旅游活动空间扩散的范围有限。造成旅游活动空间衰减的原因包括距离、时间、体力、经济成本、出行难易度与游客意愿等。

## 2.3 旅游景观生态系统格局概念

在上述理解的基础上,可以将旅游景观生态系统格局理解为旅游活动在旅游景观生态系统地域范围内的空间分异与组织形式。其实质,是将旅游者的空间活动形态置于自然环境要素的空间形态与当地居民社会经济行为的空间组织形态上加以研究。旅游景观格局反映了旅游景观中各个要素之间的空间组织关系,包括诸要素在空间中的相互关联、相互作用、集聚程度、集聚规模以及系统整体的相对平衡关系等,主要回答诸要素如何结合成具有旅游功能的空间整体。

## 3 旅游景观生态系统格局的空间单元

结合旅游活动的空间分布特征,以及景观生态学中对景观格局空间单元的划分<sup>[3,9,15]</sup>,将旅游景观生态系统格局的空间单元划分为斑块、廊道和基质,其中斑块由节点与域面组成。

### 3.1 斑块

斑块指旅游景观生态系统内部旅游者集中分布的非线性空间单元。根据上述旅游活动空间特征的分析,受当地居民和自然环境的引导与制约,以及旅游者自身选择等因素影响,旅游活动具有明显的空间集聚特征,在空间上的分布并不均匀。一般情况下,旅游者大多集中分布于旅游景点及其周边等特定区域内。斑块即是这些旅游者分布相对集中的空间单元。

可以从多个角度对斑块进行分类:①按旅游者的密度可分为密集斑块和稀疏斑块等;②按旅游资源类型可分为自然斑块与人文斑块等;③按土地利用/土地覆被组分可分为混合斑块和均质斑块等。

#### 3.1.1 节点

节点是景观尺度上旅游者空间聚集的结果,也是景点(区)尺度上旅游者空间扩散的源点。它是抽象的点,表征旅游活动最密集、最活跃的地方,是旅游活动的空间“聚集点”。它具有明显的区位特征和等级特征,其中区位特征决定了旅游活动的空间集聚格局,而等级特征则往往决定了旅游活动的空间集聚程度。

节点的区位分为绝对区位与相对区位。①绝对区位是指节点在地球表面的空间位置,可由经纬坐标加以准确测定<sup>[25]</sup>,它揭示了节点的自然及人文地理条件,如地貌、气象气候、水文、植被、人文风俗等,从大尺度上决定了节点的旅游资源特征。②相对区位指与其他地理事物的相对位置,可以用空间距离、交通运输的难易程度,以及经济、政治、社会联系来衡量<sup>[23]</sup>。相对区位并非一成不变,而是随着外部环境的变化而经常发展

变化的。交通运输条件、政治经济状况、旅游产业发展政策等均是导致相对区位变化的重要因素。

节点具有等级性,影响因素包括旅游资源的品级、旅游服务能力等<sup>[23,26]</sup>。根据等级的高低,可以将节点分为中心节点和边缘节点。①中心节点为旅游景观生态系统内的旅游核心资源聚集体或者是旅游服务功能最强的一个或数个节点,是旅游活动的集散中心,以及所有节点中的控制节点。②边缘节点是增强系统整体吸引力与完善旅游服务功能的重要空间要素。相较而言,中心节点的旅游活动具有停留时间长、旅游消费高、重复游览率高等特征。中心节点与边缘节点可相互转换,当边缘节点得到开发,吸引力和旅游服务功能得以提高,则有可能发展为节点,反之亦然。

### 3.1.2 域面

域面是旅游者以某个节点为核心的旅游活动空间。它是旅游活动以节点为发生源,向四周扩散的结果,具有确定的空间范围。首先,影响域面范围的因素为旅游活动空间衰减效应。距离旅游节点越远,旅游者的时间、体力等出行成本越高,其出行意愿和实际出游率越低。其次,影响域面内部旅游活动密度的因素为节点等级。当节点的等级提高,域面内的旅游活动密度会随之提高;反之,域面内旅游活动稀疏,甚而导致域面的消失。

### 3.2 廊道

当空间单元的宽度与纵长相比可以不予考虑时,即可抽象为线。在旅游景观生态系统中,廊道是线状旅游活动空间,是旅游者在系统内部集聚和扩散的重要载体。通常,廊道为连接各节点的交通线路,包括航道、铁路、高速公路和公路等。根据运量等指标,可将廊道分为若干等级。廊道对于斑块的影响非常明显,其运载能力与连接度会在极大程度上影响旅游活动在空间上的快速聚集和扩散,从而导致斑块数量、空间分布与范围等属性的变化。

### 3.3 基质

基质指斑块和廊道所在的背景生态系统,是旅游景观生态系统内部除去斑块与廊道之外的所有地域空间。其面积大小与所考虑的空间尺度相比处在不可忽视的地位。基质是斑块和廊道形成发展的基础,当基质中的旅游资源得以开发并具有旅游活动之后,斑块形成;当具备线性运输能力之后,廊道形成。基质的自然-人文环境因子在一定程度上决定了斑块与廊道的格局,而斑块与廊道的形成与发展又会反过来影响基质。

相对于斑块与廊道而言,基质的情况是复杂的。按区域生产力发展水平,可以分为发达和落后等类型;从基质的规模、内部要素分布来看,有大小、紧凑和松散之别;从产业结构来分,可以分为以旅游业为主导产业的区域和综合性区域等。

## 4 旅游景观生态系统格局的特征

### 4.1 格局-功能依附性

在旅游景观生态系统中,斑块与廊道是旅游活动的主要空间单元。旅游活动的产生与发展依赖于旅游功能的提供,即需要与经过开发的旅游资源、旅游基础设施、旅游接待设施以及银行、医疗、电信等相关的条件相结合。因此,旅游景观生态系统中斑块、廊道的规模、形状、空间分布与空间组织等空间属性依附于游览、娱乐、商业、居住、交通等旅游设施分布与功能分区。

### 4.2 格局的等级特征

等级是自然和人文现象的本质属性,任何景观生态系统都属于一定的等级<sup>[27]</sup>。一个复杂的景观生态系统由相互关联的低一层次系统组成,自身又是高一层次系统的组成部分<sup>[4,28,29]</sup>。旅游景观生态系统是分等级存在的,高等级的系统中包含若干低等级的系统,每个等级的格局均呈现出相应的空间特征。例如,旅游景观生态系统中的廊道可分系统外部廊道、系统内部廊道和斑块内部廊道三类等级。

### 4.3 格局的动态特征

格局的动态特征包括旅游活动的动态特征以及整个格局的动态特征两个层面。①旅游景观生态系统作为开放系统,以旅游者频繁的空间流动为特征。因而旅游者的数量规模以很快的速度不断变化和发展着,具

有日、周、月、年际等变化规律。但总体而言,旅游者以天和周为周期的规模更替,并不导致格局发生根本性的改变。②由于系统要素遵循从简单到复杂,由低级到高级的共同演化逻辑,系统格局也必然由孤立向互联,从平面向等级网络演化。

## 5 结论

(1) 旅游景观生态系统的研究从功能异质性着手,将景观生态学中的格局与过程研究相综合,突破传统格局研究中难以体现旅游景观生态系统内部特殊的人地关系的缺陷,利用旅游者的空间分异状态反映系统内部各要素之间的相互作用。

(2) 根据旅游活动的空间聚集与扩散特征,构建了包括斑块(由节点与域面构成)、廊道和基质在内的空间单元体系,将旅游者空间行为模式与系统各要素相互作用的空间关系进行系统的抽象表达。

(3) 旅游景观生态系统格局研究有助于进一步认识区域旅游发展过程中人类活动与生态过程的相互关系,为合理规划旅游目的地的空间布局提供了基础性的理论支持,有助于通过合理调控系统组成要素的空间分布,达到调整旅游发展状态的目的。

## 6 讨论

(1) 旅游景观生态系统格局空间单元体系的建立是在理想状态下对要素相互作用空间关系的一种抽象。所以该体系只能代表旅游景观生态系统格局的理想状态,并不能反映所有的实际状况。

(2) 旅游景观生态系统格局的研究涉及因素多,研究难度较大。它既是景观生态学研究内容的衍生,同时从属于社会经济现象的空间结构研究;既包括小尺度的生态过程研究,又包括多系统的综合性研究。因此,格局研究需要在多学科理论与方法的基础上,开展方法研究、案例研究、格局演变及其机制研究,以深化并完善格局的理论研究。

## References:

- [ 1 ] Qiu Y, Zhang J T, Zheng F Y. The kernel of landscape ecology: spatial and temporal heterogeneity in ecological system. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 19(2): 42—49.
- [ 2 ] Jing G H. Several theoretical problems in Ecology Landscape. In: *Ecology Landscape theory, method and usage*. Beijing: Chinese Forest Industry Press, 1991. 6—12.
- [ 3 ] Wang Y L. Landscape ecosystem and its factors. *Human Geography*, 1997, 12(1): 1—5.
- [ 4 ] Wu J G. *Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy*. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [ 5 ] Chen Y F, Dong M. Spatial heterogeneity in ecological systems. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 346—352.
- [ 6 ] Pickett S T A, Cadenasso M L. Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems. *Science*, 1995, 269(21): 331—334.
- [ 7 ] Li H, Reynolds J F. On definition and quantification of heterogeneity. *Oikos*, 1995, 73: 280—284.
- [ 8 ] Kolasa J, Rollo C D. Introduction: the heterogeneity of heterogeneity: Aglossary. In: Kolasa J and Pickett S T A, eds. *Ecological heterogeneity*. New York: Springer-Verlag, 1991, 1—23.
- [ 9 ] Dutilleul P, Legendre P. Spatial heterogeneity against heteroscedasticity: an ecological paradigm versus a statistical concept. *Oikos*, 1993, 66: 152—171.
- [ 10 ] Zonneveld I S. *Land Ecology*. Amsterdam: SPB Academic Publishing, 1995.
- [ 11 ] Kates R W, Clark W C, Corell R, *et al.* Sustainability science. *Science*, 2001, 293: 641—642.
- [ 12 ] Xiao D N, Li X Z. Frontiers and future strategies of landscape ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(8): 1615—1621.
- [ 13 ] Wu J G. The key research topics in landscape ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 2074—2076.
- [ 14 ] Forman R T T, Godron M. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- [ 15 ] Turner M G. Spatial simulation of landscape changes in Georgia: a comparison of three transition models. *Landscape Ecology*, 1987, 1: 29—36.
- [ 16 ] Turner M G. Landscape changes in nine rural counties in Georgia. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1990, 56(3): 379—386.
- [ 17 ] Zeng H, Guo Q H, Yu H. Spatial analysis of artificial landscape transform in FengGang Town, DongGuan City. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(3): 298—303.
- [ 18 ] Shi P J, Jiang Y, Wang J A, *et al.* Land use/cover changes and respond mechanism of ecological security. Beijing: Science Press, 2004.
- [ 19 ] Bao J G, Chu Y F. *Tourism Geography*. Beijing: Higher Education Press, 1999.

- [20] Tong Y Q. Characteristics and methods of tour-ecosystem. *Journal of Liaoning Normal University (Natural Science Edition)*, 2000, 23(4): 417 – 420.
- [21] Cui G H, Wei Q Q, Chen Z X. *Regional analysis and planning*. Beijing: Higher Education Press, 2005.
- [22] Yang W Y, Liang J S. *Higher economic geography*. Beijing: Peking University Press, 1997.
- [23] Wu B H. *Theory of regional tourism planning*. Beijing: Chinese Tourism Press, 2001.
- [24] Wang Z, Jiang Y H, Wang Y, *et al.* Tourism area model and the applications based on GIS. *Tourism Tribune*, 2002, 17(2): 57 – 62.
- [25] Lu Z L. *Studies on spatial structure of regional development*. Nanjing: Press of Nanjing Normal University, 1998.
- [26] Chai Y W, Lin T, Liu Z L, *et al.* Theoretical construction of tourism central place and its application to Jilin tourism planning, *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(5): 547 – 554.
- [27] Kotliar N B and Wiens J A. Multiple scales of patchiness and patch structure; a hierarchical framework for the study of heterogeneity. *Oikos*, 1990, 59: 253 – 260.
- [28] Fu B J, Chen L D, Ma K M, *et al.* *Principle and application of landscape ecology*. Beijing: Science Press, 2001.
- [29] Wu J, Louck s O. From balance of nature to hierarchical patch dynamics; a paradigm shift in ecology. *The Quarterly Review of Biology*, 1995, 70: 439 – 466.

#### 参考文献:

- [1] 邱扬, 张金屯, 郑凤英. 景观生态学的核心: 生态系统的时空异质性. *生态学杂志*, 2000, 19(2): 42 ~ 49.
- [2] 景贵和. 景观生态学的若干理论问题. 见: 肖笃宁. *景观生态学理论方法及应用*. 北京: 中国林业出版社, 1991. 6 ~ 12.
- [3] 王仰麟. 景观生态系统及其要素的理论分析. *人文地理*, 1997, 12(1): 1 ~ 5.
- [4] 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.
- [5] 陈玉福, 董鸣. 生态学系统的空间异质性. *生态学报*, 2003, 23(2): 346 ~ 352.
- [12] 肖笃宁, 李秀珍. 景观生态学的学科前沿与发展战略. *生态学报*, 2003, 23(8): 1615 ~ 1621.
- [13] 邬建国. 景观生态学中的十大研究论题. *生态学报*, 2004, 24(9): 2074 ~ 2076.
- [17] 曾辉, 郭庆华, 喻红. 东莞市风岗镇景观人工改造活动的空间分析. *生态学报*, 1999, 19(3): 298 ~ 303.
- [18] 史培军, 江源, 王静爱, 等. *土地利用/覆盖变化与生态安全响应机制*. 北京: 科学出版社, 2004.
- [19] 保继刚, 楚义芳编著. *旅游地理学*. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [20] 佟玉权. 旅游生态系统的特点与研究方法. *辽宁师范大学学报(自然科学版)*, 2000, 23(4): 417 ~ 420.
- [21] 崔功豪, 魏清泉, 陈宗兴. *区域分析与规划*. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [22] 杨吾扬, 梁进社. *高等经济地理学*. 北京: 北京大学出版社, 1997.
- [23] 吴必虎. *区域旅游规划原理*. 北京: 中国旅游出版社, 2001.
- [24] 王铮, 蒋轶红, 王瑛, 等. 旅游域模型及其结合 GIS 的应用. *旅游学刊*, 2002, 17(2): 57 ~ 62.
- [25] 陆正麟. *区域发展中的空间结构研究*. 南京师范大学出版社, 1998.
- [26] 柴彦威, 林涛, 刘志林, 等. 旅游中心地研究及其规划应用. *地理科学*, 2003, 23(5): 547 ~ 554.
- [28] 傅伯杰, 陈立顶, 马克明, 等. *景观生态学原理及应用*. 北京: 科学出版社, 2001.