

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

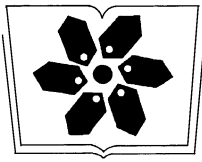
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第9期 Vol.34 No.9 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 9 期

2014 年 5 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 基于土壤食物网的生态系统复杂性-稳定性关系研究进展 陈云峰,唐政,李慧,等 (2173)
- 滇西北高原入湖河口退化湿地生态修复效益分析 符文超,田昆,肖德荣,等 (2187)
- 典型峰丛洼地耕地、聚落及其与喀斯特石漠化的相互关系——案例研究
..... 李阳兵,罗光杰,白晓永,等 (2195)
- 青藏高原东缘高寒草原有毒植物分布与高原鼠兔、高原麝鼠的相关性 ... 金樑,孙莉,崔慧君,等 (2208)
- 周边不同生境条件对茶园蜘蛛群落及叶蝉种群时空结构的影响 黎健龙,唐劲驰,黎秀娣,等 (2216)

个体与基础生态

- 三峡库区马尾松林土壤-凋落物层酶活性对凋落物分解的影响 葛晓改,肖文发,曾立雄,等 (2228)
- 芦苇、香蒲和蘆草 3 种挺水植物的养分吸收动力学 张熙灵,王立新,刘华民,等 (2238)
- 沙化程度和林龄对湿地松叶片及林下土壤 C、N、P 化学计量特征影响 ... 胡启武,聂兰琴,郑艳明,等 (2246)
- 内蒙古典型草原小叶锦鸡儿灌丛化对水分再分配和利用的影响 彭海英,李小雁,童绍玉 (2256)
- 遮阴对米槠和杉木原位排放甲烷的影响 陈细香,杨燕华,江军,等 (2266)
- 桔小实蝇和番石榴实蝇对 6 种寄主果实的产卵选择适应性 刘慧,侯柏华,张灿,等 (2274)
- 鼠尾草属东亚分支的传粉模式 黄艳波,魏宇昆,葛斌杰,等 (2282)

种群、群落和生态系统

- 养分资源脉冲供给对几种微藻种间竞争的影响 李伟 (2290)
- 不同植被恢复类型的土壤肥力质量评价 李静鹏,徐明锋,苏志尧,等 (2297)
- 黄土丘陵区植物功能性状的尺度变化与依赖 丁曼,温仲明,郑颖 (2308)
- 湘潭锰矿栎树叶片和土壤 N、P 化学计量特征 徐露燕,田大伦,王光军,等 (2316)
- 黄土高原春小麦农田蒸散及其影响因素 阳伏林,张强,王文玉,等 (2323)
- 尾矿区不同植被恢复模式下高效固氮菌的筛选及 Biolog 鉴定 李雯,阎爱华,黄秋娟,等 (2329)
- 四川理县杂谷脑干旱河谷岷江柏造林恢复效果评价 李东胜,罗达,史作民,等 (2338)

景观、区域和全球生态

- 闽南-台湾浅滩渔场二长棘鲷群体景观多样性 蔡建堤,苏国强,马超,等 (2347)
- 面向土系调查制图的小尺度区域景观分类——以宁镇丘陵区中一小区域为例
..... 卢浩东,潘剑君,付传城,等 (2356)

气候变化对华北冬小麦生育期和灌溉需水量的影响..... 胡 玮,严昌荣,李迎春,等 (2367)

资源与产业生态

基于 LMDI 分解的厦门市碳排放强度影响因素分析 刘 源,李向阳,林剑艺,等 (2378)

可持续生计目标下的生态旅游发展模式——以河北白洋淀湿地自然保护区王家寨社区为例.....

..... 王 瑾,张玉钧,石 玲 (2388)

荔枝树干液流速率与气象因子的关系 凡 超,邱燕萍,李志强,等 (2401)

肿腿蜂类寄生蜂室内控害效能评价——以松脊吉丁肿腿蜂为例 展茂魁,杨忠岐,王小艺,等 (2411)

城乡与社会生态

内蒙古草原人类福祉与生态系统服务及其动态变化——以锡林郭勒草原为例.....

..... 代光烁,娜日苏,董孝斌,等 (2422)

基于农业面源污染分区的三峡库区生态农业园建设研究 刘 涓,谢 谦,倪九派,等 (2431)

“交通廊道蔓延”视角下山地城市典型样带空间格局梯度分析 吕志强,代富强,周启刚 (2442)

学术信息与动态

美国地理学家协会 2014 年会述评 孙然好,肖荣波 (2450)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 280 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2014-05



封面图说: 峰丛洼地石漠化——峰丛主要分布在云贵高原的边缘部分及桂西、桂西北地区,相对高度一般为 200—300m,高的可达 600m 以上。在峰丛之间,岩溶洼地、漏斗、落水洞很发育,常形成峰丛洼地或峰丛漏斗的组合形态。峰丛洼地中的土地相当贫瘠,由于当地人们依靠这些土地种植庄稼为生,石漠化的发展趋势已经越来越明显。尤其在土地承载力低、人口压力大的区域石漠化相当严重,研究峰丛洼地耕地资源分布、土地利用强度和石漠化发育状况之间的机理,有助于从本质上认识石漠化的发生,对石漠化治理实施科学指导。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201305211130

吕志强,代富强,周启刚.“交通廊道蔓延”视角下山地城市典型样带空间格局梯度分析.生态学报,2014,34(9):2442-2449.

Lü Z Q, Dai F Q, Zhou Q G. Spatial pattern gradient analysis of a transect in a hilly urban area in China from the perspective of transportation corridor sprawl. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(9): 2442-2449.

“交通廊道蔓延”视角下山地城市典型 样带空间格局梯度分析

吕志强*, 代富强, 周启刚

(重庆工商大学旅游与国土资源学院, 重庆 400067)

摘要:空间可达性的强弱在一定程度上决定着土地利用变化的方向和强度,因此交通的廊道作用对城市化进程发挥着重要作用。以重庆市轨道交通三号线沿线两侧各 3000 m 缓冲样带为研究区,采用面向对象分类方法将四期 Landsat TM/ETM 遥感影像进行土地利用制图,选择核密度估算、指数分析和梯度分析的空间分析方法,研究交通廊道的变化及其对区域空间格局变化的影响。研究表明,研究期内,样带空间的组分和格局发生了较为明显的变化。道路的空间变化和区域空间格局的变化表现出较为明显的梯度性;道路密度、土地利用的变化强度随距离交通主干道距离的远近依次减弱,道路密度等级范围内的土地利用变化强度随等级的降低出现由弱到强再转弱的特征。

关键词:交通蔓延;核密度估算;景观指数;山地城市样带;梯度分析

Spatial pattern gradient analysis of a transect in a hilly urban area in China from the perspective of transportation corridor sprawl

LÜ Zhiqiang*, DAI Fuqiang, ZHOU Qigang

Department of Land Resource Management, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China

Abstract: The improvement of accessibility determines the intensity of land use change. In the past 20 years in China, the development of transportation has accelerated the process of urbanization and land use change. A 6-km distance between two sides of the Chongqing Rail Transit Line 3 was selected as the study area. The research focused mainly on the following key points: (1) how the spatial pattern changed during the study period; (2) how the spatial characteristics of the traffic network changed in the hilly area during the period of rapid development; and (3) how the gradient characteristics of land use changed at different road-density-levels.

Chongqing Rail Transit Line 3 was selected as the control line of the study transect. Line 3, the longest single monorail in the world by track length, runs north-south and links districts separated by the two main rivers in Chongqing, the Yangtze (Chángjiāng) and the Jialing (Jiǎlíngjiāng). Six buffer zones of 500 m (totaling 3 km) were generated along each side of the line.

The object-based classification of remote sensing data was applied to map land use. Kernel density estimation (KDE), landscape indices, and gradient analysis were adopted to determine the corridor effect on regional land use. Gradient analysis based on landscape metrics analysis is widely used to study landscape pattern changes in response to rapid urbanization. To discover the relationship of traffic networks and changes in urban patterns of the study area, several

基金项目:国家自然科学基金项目(41101155,41101503,41301351);教育部人文社科项目(12XJCZH005);重庆市高等学校青年骨干教师资助计划(2011)

收稿日期:2013-05-21; **修订日期:**2013-10-29

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lvzhiqiang@ctbu.edu.cn

landscape metrics were computed along the transect that crosses Chongqing.

The results indicate that built-up areas and arable land were the most changed land use types. The urban area expanded from 6550.20 hm² to 21077.37 hm². Conversely, the arable land decreased from 27884.07 hm² to 15929.10 hm². The changes of road location and land use showed an obvious gradient character, whereby road density and intensity of land use decreased as the distance to Transit Line 3 increased. The transfer of land use changed from weak to strong then to weak.

The traffic corridor effect was obvious in Chongqing, a typical hilly city in China. The Chongqing traffic transect in this study clearly illustrates the relationship between regional traffic conditions and urban development. The comparison of buffer zones, road density levels, and land use is an effective way to identify the network character and ecological problems caused by rapid urbanization. This study also effectively quantified the impact of traffic expansion on shaping urban character.

Key Words: transportation sprawl; kernel density estimation; landscape index; transect in the hilly urban area; gradient analysis

廊道可分为人工廊道(Artificial Corridor,如道路)和自然廊道(Natural Corridor,如河流),廊道区包括廊道本身及其辐射区域,可统称廊道效应场,廊道效应产生的实质在于围绕廊道一定范围内存在影响梯度场^[1]。城市交通系统实际的供给能力影响和制约着城市社会经济的发展和土地利用结构,随着地下交通(轨道交通为主)、地面交通的立体规划和建设实施,大大改变了交通沿线地区的可达性,使城市的结构和功能发生重构。交通发展视角下区域空间格局的分析研究,对研究交通与城市功能之间的互动影响机制具有重要意义。

Kang 通过对世界上 30 个大城市的用地布局和交通需求的比较研究,得出了城市用地布局形态与交通发展模式之间相互制约、相互影响、协调发展的内在联系^[2],陈彦光^[3]借助中国城市化水平与铁路里程的时间序列和空间系列数据对理论推导结果进行了实证分析,证明区域城市体系的建设与交通网络的发展应该同步进行;杨明通过建立两步式土地利用与交通需求相关关系模型的方法,研究城市土地利用与交通需求之间的相互作用关系^[4]。梯度分析(Gradient Analysis)曾主要用于研究城市化对植物分布和生态系统的影响^[5],近十几年来在景观生态学中用于景观格局和动态分析中已得到广泛应用^[6-7],在城市生态学研究中的应用也较为普遍^[8-9]。

重庆作为典型的山地城市,是我国西部发展较快的城市之一,城市空间格局的特征十分典型。本研究通过遥感技术实时获取的各土地利用类型,应用 GIS 空间分析的功能,结合梯度分析的方法,定量分析研究区交通发展与土地利用之间的变化规律及

其空间格局。本研究的主要落脚点:1)区域的空间格局特征如何变化,2)交通路网在研究区内变化的空间特征是什么,3)土地利用变化在交通等级范围内的梯度特征如何。

1 研究区确定及数据选择

1.1 研究区及样带的设定

本文选择重庆轨道交通三号线沿线为中心(图 1),双

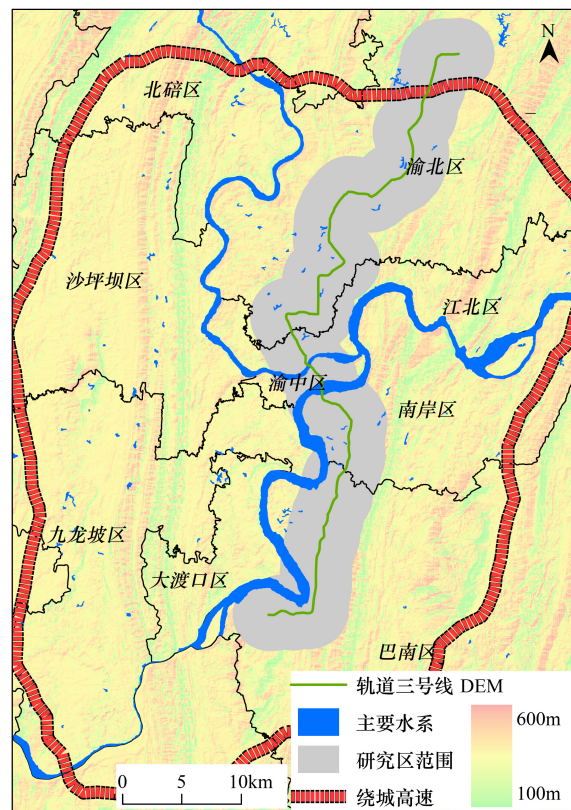


图 1 研究位置图

Fig.1 Location of the study area

侧各以 500 m 为一缓冲单位,6 个缓冲单位的样带范围为研究区。选择该样带基于以下几个因素考虑:重庆轨道交通三号线南起鱼洞,北至江北机场及江北环城北路,全长约 60 km,是全球最长的单轨线路。该线路由南向北将主城区的巴南区、南岸区、渝中区、江北区、渝北区,北部新区衔接起来,并将重庆市的行政、经济、文化中心与城市副中心、公共活动区和居住区紧密连接在一起,无论是规划线路确定以前、抑或是建设施工阶段,还是建成通车以后,其隐性的、显性的廊道效应相对完整、独立。研究区横跨主城区的 5 个子区,受子城区单因子干扰较小,可以从一定程度上剥离经济、政策等客观因素的影响,单从交通廊道的发展方面进行研究。轨道交通沿线两侧 6 km 的样带是规划初期所预测到的所经沿线的快速城市化区域,因此研究这一样带的交通发展和土地利用尤其是城市扩展,具有较典型的意义。

1.2 基础数据的选择

本研究的数据主要有遥感图像数据和交通路网数据。遥感数据为美国陆地资源卫星 LANDSAT 轨道号为 P128R39 的四期 TM/ETM 数据:1993 年 5 月 24 日、2001 年 5 月 22 日、2007 年 9 月 20 日和 2010 年 5 月 23 日,遥感数据中除 2001 年为 ETM 影像外,其它年份的遥感数据均为 TM 影像。四期遥感数据成像质量较好,能满足土地利用遥感解译的需求。2010 年道路交通网和轨道交通线路图来自于重庆市规划局,以 2010 年的交通图和历年重庆市旅游与交通图为基础,采用屏幕矢量化方式,分别得到与遥感数据对应年份的交通图,本文选取对样带区域土地利用格局的变化作用较为明显的一、二级公路为交通主干道来进行空间分析。

2 研究方法

2.1 面向对象的土地利用分类

本研究采用面向对象的分类方法,对研究区的土地利用进行分类。该方法集合临近像元为对象,用来识别感兴趣的光谱要素,分类不仅依靠对象对应地物的光谱特征,更多的是利用其几何信息和结构信息^[10]。参照经地面精纠正的重庆市域 LANDSAT 卫星影像图,对 4 个时相的研究区遥感影像进行配准。分别生成对应影像的 NDVI^[11], NDBI^[12], MNDWI^[13],并将这些衍生数据图作为辅助

数据参与图像分割。经反复实验,分别确立每一景遥感影像的最佳分割算法和参与分割的特征属性,根据确定的对象特征建立解译标志,进行遥感图像的分类。

参照重庆市 2000 年土地利用图及野外实地调查成果,对解译结果进行校正,形成土地利用类型图。根据区域影像的总体特征,样带内的土地利用类型分为耕地、林地、水体、建设用地(旧有)、建设用地(施工中)五类。

2.2 景观格局指数选择

景观格局指数在区域格局分布的定量化研究中应用广泛,但相关性较强^[14]。因此,在本研究中选用了能反应形状指数的面积权重分维数(AWMPFD)和反映斑块大小差异的斑块大小变异系数(PSCOV)两个指标来量化城市的景观格局,描述交通发展导致的区域土地利用格局和建设用地蔓延的时空特征^[15]。指数的概念、计算方法、计量单位及生态学意义参见有关文献^[16]。

2.3 交通廊道密度估算

核密度估算(KDE),由 Rosenblatt 提出^[17]。该方法首先定义一个固定的核函数带宽为搜索半径,以滑动的圆来统计出落在圆域内的事件数量。通过核函数计算出每个事件对圆域内各栅格的密度贡献值^[18-19]。本文计算的是交通线状数据的核密度,其前提是假设每条线上方均覆盖着一个平滑曲面,其值在线所在位置处最大,随着与线的距离的增大逐渐减小。主要计算公式如下^[17]:

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k \left[\frac{x - x_i}{h} \right] \quad (1)$$

式中, h 函数称为核函数, h 为带宽, $x - x_i$ 表示估计点到样本 x_i 处的距离。其中,带宽 h 值过大,空间上点密度的变化较为光滑,但会掩盖密度的结构; h 过小,估计点密度变化突兀不平。因此,根据大量的研究^[19],结合到本研究缓冲带的宽度,本文确定的核函数带宽为 3000 m。

2.4 空间梯度划分

本文有两种梯度的划分,一种是按照距离轨道三号线距离的远近作 500 m 为一距离单位的 6 个缓冲带圈层。另外一种梯度带的划分是按照交通密度值的大小区间范围划分成的 10 个道路密度区间。

3 研究结果与讨论

3.1 样带土地利用变化

表 1 为 4 个研究年份的土地利用结构变化表(表 1)。从表 1 可以看出,区域的建设用地在研究期内经历了一个快速扩展的过程,而建设用地增加的最大贡献地类为耕地,各圈层中的耕地是面积减少最多的地类。

区域建设用地总量从 1993 年的 6550.2 hm^2 增加到 2010 年的 21077.37 hm^2 ,大量建设用地(施工中)

的存在,说明区域社会经济发展背景下,大量的土地处于开发建设之中,从比例数说明土地的建设开发程度较高。

研究期内,建设用地的增加导致其他土地利用类型随之出现较大规模的变化,其中耕地减少最多,水体面积的变化量最小。近 20 年间,耕地总量减少了 11954.97 hm^2 ,年均减少 703.23 hm^2 。说明研究区的城市化进程中,经济快速发展、大量工矿业兴起和城镇建设范围不断扩大等致使区域耕地面积快速减少。

表 1 研究期土地利用变化

Table 1 Land use and its change in the study years

地类 Land use type	1993 年	2001 年	2007 年	2010 年
耕地 Arable land/ hm^2	27884.07	24714.36	20158.20	15929.10
林地 Forest/ hm^2	2515.05	2719.08	2105.10	1450.26
水体 Water body/ hm^2	3349.35	2139.21	2146.05	1841.94
建设用地(旧有) Built-up area(after construction)/ hm^2	4437.90	6896.16	6397.65	14994.00
建设用地(施工中) Built-up area(under construction)/ hm^2	2112.30	3829.86	9491.67	6083.37

从图像的光谱特征结合遥感解译的结果来看,2007 年是建设用地(施工中)增量最多的一年,施工面积为 9491.67 hm^2 ,建设用地(施工中)地除了部分新增以外,也包括原旧有建设用地改造部分,同时,2007 年的旧有的建设用地比 2001 年少 498.51 hm^2 。从重庆的发展阶段来讲,建设用地不存在大范围转移为非建设用地的可能,这一现象说明旧城区进行改造升级施工过程中,不透水层的反射率增强,光谱信息有别于其他的旧有建设用地,也从一定程度上反应了旧城改造升级在 2007 年较为普遍。

3.2 样带交通廊道蔓延

城市交通节点和空间发展是相互影响相互制约。从一定程度上来讲,交通节点的多少对城市交通的发展以及城市的空间布局来讲意义十分重要^[20]。对重庆来讲,跨江大桥和城市立交是城市交通发展重要的节点,这些节点对解决交通发展点的瓶颈较为重要。研究期内随着类似节点数目的增多,区域的交通状况明显变化,促使样带沿线的城市化进程进一步加剧,印证了研究区经历的是交通和城市化互为协调的发展模式。

样带的道路核密度的空间分布如图 2 所示。研究期内的平均交通核密度从 1993 年的 0.36 km/km^2 增加到 2010 年的 0.77 km/km^2 ,交通便利性几乎增

加了 1 倍。从空间分布上来讲,核密度较高的区域基本上对应轨道三号线沿线区域,其中核密度最高的区域位于渝中半岛区域,其他区域受自然山体、河流阻隔等限制因素路网发展较为缓慢,交通密度变化不是十分明显。渝中半岛是重庆市政府驻地,是重庆的政治、经济、文化中心,各研究期内此区域的交通发展状况一直较好,交通便利度最高。研究期内多条横跨长江和嘉陵江的大桥的建立,使得这一区域的交通密度迅速增大。

3.3 交通廊道与区域空间格局的梯度性分析

依据 6 个缓冲区距离轨道三号线距离的远近,分别为第一到第六圈层,文中所涉及到的圈层的界定方式都是如此。通过 4 个研究年份的数据分析说明,近 20 年路网密度,总体上呈现单调递增的态势。研究期内具有加速度发展的特点。但各发展阶段的增长速度并不均匀,1993—2007 年的道路密度变化较小,2007 年以后的道路密度变化最大。

3.3.1 交通蔓延的梯度性分析

从圈层的梯度性(图 3)分布来看,在研究期内,第一圈层的交通密度在各圈层中最高,2010 年的道路密度为 1.09 km/km^2 。第六圈层的交通密度在历年的发展增速最为缓慢,2010 年的道路密度仅为 0.49 km/km^2 ,单一年份的交通密度分布规律符合以

轨道三号线为中心线向两侧依各圈层逐渐降低的 趋势。

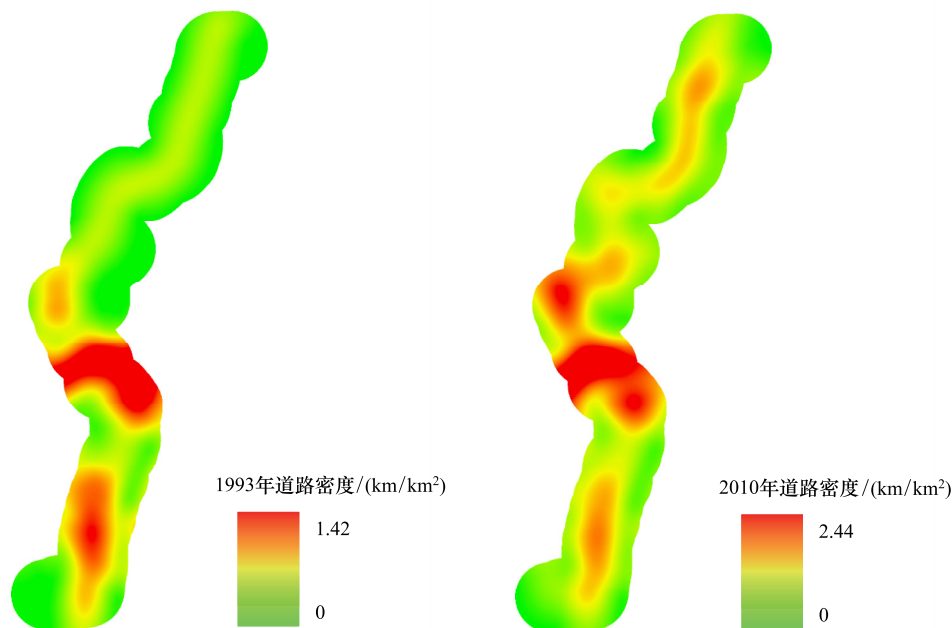


图 2 1993—2010 年道路密度变化
Fig.2 Road density change among 1993—2010

同一年份各圈层间的核密度标准差(图 3)的差异在 1993 年较小,仅为 0.01 km/km^2 ,中间的年份差异较大。虽然 2010 各标准差都明显增大,均大于 0.39 km/km^2 ,但各标准差之间的差异较 2007 年变小,这一现象可理解为圈层交通的发展经历了一个相对均衡到不均衡再到均衡的发展过程,随着路网密度的不断提高,区域内部之间的差异不断缩小,区域路网发育越来越成熟。

总体来讲,研究期内圈层内部路网密度差异呈现逐步增大的态势。路网密度的内部差异表明,随着区域路网向多核模式发展,这种不平衡的态势继续增加,内部空间差异不断增大,道路网络系统愈发不均衡,但圈层之间差异的区分减弱,各圈层间道路建设发展情形越来越相似。

3.3.2 景观格局的梯度性分析

从圈层土地利用结构的变化来看(图 4),按圈层顺序,其内部建设用地的总体增加量(旧有和施工中两部分的加和)依次减少,第一圈层的建设用地增量最多,从 1993 年的 1268.74 hm^2 增加至 2010 年 4939.40 hm^2 ,增加近 2 倍,而第六圈层 2010 的建设用地仅比 1993 年增加 1644.23 hm^2 。

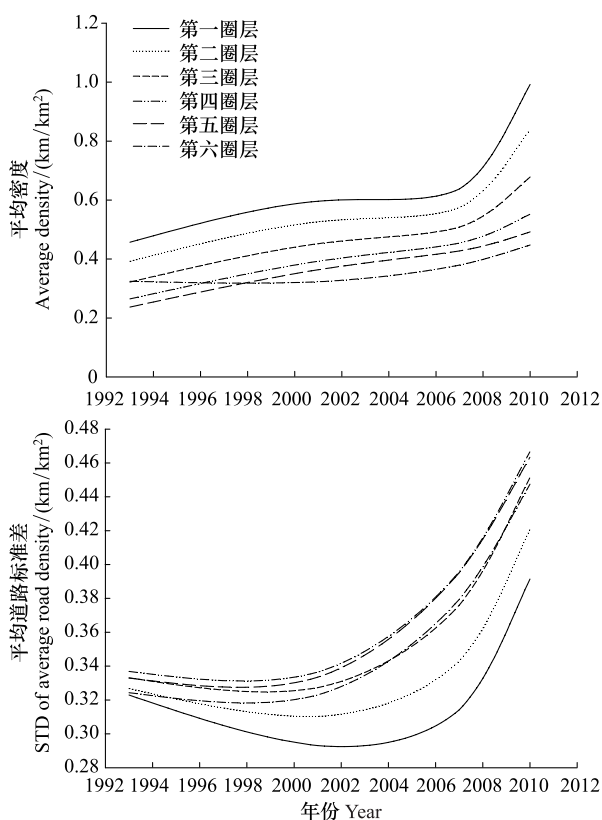


图 3 各圈层历年道路核密度及其标准差
Fig.3 Road density and its standard deviation in different buffer zones

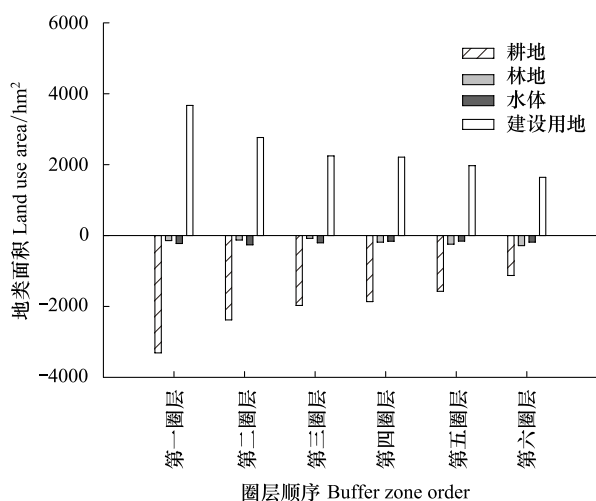


图4 各圈层土地利用变化 1993—2010

Fig.4 Land use change in different buffer zones among 1993—2010

城市化导致的景观格局会影响该地区的生态学过程。AWMPFD 和 PSCOV 可从形状及斑块差异角度对区域的景观格局进行量化描述。

1993 年区域各圈层的 AWMPFD 值变化不大(图 5),数值基本维持在 1.35 左右,说明其景观结构变化不大,景观格局较为均质,形状的规则化程度比较一致。说明在 1993 年(重庆直辖和西部开发以前)区域各圈层的土地利用格局空间分布较为相似,并且圈层之间变化不大,各地类的斑块形状较为规则,聚集性分布特性较为明显,因此景观镶嵌体的空间分布格局的特性表现为均质性。2001、2007 和 2010 年 3 个年份的景观指数变化较为明显:在第三圈层之前,指数从第一、第二和第三圈层依次都有不同程度的降低,说明由于前 3 个圈层的开发程度较早,随着 3 个圈层建设用地的开发程度的进一步提高,景观格局内的景观斑块出现了聚合的趋势,零星的斑块聚合成较大斑块,同时形状变得较为规整,景观的复杂性减弱。在四、五、六圈层上,指数又不断抬升,AWMPFD 值差异最大的 2007 年和 2010 年,对应年份的最大值分别出现在第五圈层和第四圈层。从土地利用变化表 1,可以看出 2007 年建设用地(施工中)数量最大,为 9491.67 hm²,2010 年的建设用地数量最多,建设用地的开工建设在一定程度上使得原本景观格局较为均质的格局,出现不同程度的干扰,使得景观斑块的得分数增大。

PSCOV 指数在第一圈层的指数最大(图 5),说

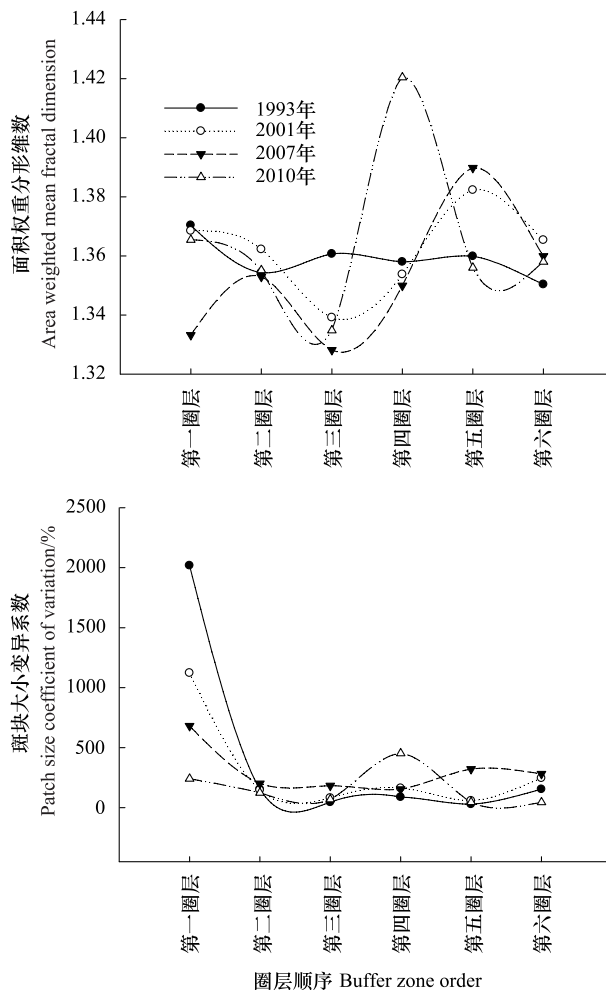


图5 历年圈层景观指数图

Fig.5 Landscape index of buffer zones in different study years

明在这个圈层内斑块面积变动大。从面积统计来看,这一圈层的建设用地比例较大,说明随着建设用地的扩展,建设用地斑块出现边界聚合趋势,成为巨型斑块,与其他地类的斑块面积比较,变异程度较大。从单一年份的变化曲线来看,圈层的景观指数变异度呈依次下降趋势,从不同年份的变化曲线来看,随着时间的推移,斑块面积的变异系数也呈下降趋势。一方面说明圈层的土地利用类型面积差异不大,没有出现巨型斑块,土地利用的类型没有呈现聚合分布的状况,另一方面也说明大片建设用地集中连片开发的局面。

3.3.3 道路蔓延与区域空间变化的梯度性分析

为更好的探讨区域内部路网密度的梯度性,把 2010 年的道路密度图按照密度值从小到大的等值区间划分成 10 个道路密度等级密度区间,依次为 I, II, III, ..., X。各道路密度等级区在样带所占的比

例数如表 2 所示。其中,前 5 个等级区的面积数量占整个样带面积的 84%,而后几个等级区间的面积比例均较少,总面积比例的加和不足 1/5。将 10 个

道路密度区间和 1993—2010 年的土地利用变化叠加,统计出密度等级内的土地利用变化情况。

表 2 道路密度等级的面积比例
Table 2 Area proportion of different road density levels

道路密度等级 Road density level	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	VI 级	VII 级	VIII 级	IX 级	X 级
面积比例/% Area proportion	11.96	20.73	20.51	17.76	13.12	5.99	4.41	2.71	1.29	1.52

如图 6 所示,道路密度等级区间内的土地利用变化强度具有明显的梯度性,按照密度等级的划分次序,建设用地增量总体符合正态分布的特征。I 级道路密度等级区的土地利用变化不明显,II、III、V、VI 级道路密度等级区内的土地利用变化最为剧烈,而后的几个密度等级区内的土地利用变化强度则不断减弱,尤其 X 级道路密度等级区内的土地利用结构几乎没有变化。

结合图 2,从道路密度区间的空间分布来看,道路密度 X 级区即道路密度网最为发达的区域主要集中在渝中半岛,主要原因是这一社会经济较先发展的区域也是重庆市的政治、经济、文化发展中心。虽然这部分区域的道路密度增大较多,但是土地利用变化已经稳定,建设用地的比例已经相对较高,土地的利用结构调整的难度较大,所以建设用地的扩展数量相对较少。

道路密度低等级和高等级区的土地利用变化较小,II、III、IV、V 级道路密度等级区内部的土地利用

结构变化都较快,研究期内,这部分区域是较为典型的经历城市化过程的区域,因此,交通发展导致土地利用结构和空间的变化是一种必然。其中 IV 级道路密度等级内的建设用地增量最多增加了 3183.51 hm²,同时耕地的减少量最多,减少了 2894.88 hm²。

4 结论

道路廊道是推进城市化过程的重要因素之一,道路改变了区域的可达性,加速了城市面积的扩大,深入研究道路发展与区域镶嵌体的结构和格局将有助于对城市化进程中人地关系的深刻理解。重庆是典型的西部山地城市,所选择的样带能够充分反映交通与城市化之间的关系,通过梯度分析的方法,距离圈层梯度、道路密度梯度与土地利用之间的分析研究对识别区域路网特征、城市扩张过程中存在的生态问题具有重要价值。同时,本研究对开展其他山地城市交通发展与城市形态相互影响的量化研究也具有一定的借鉴意义。

本研究借助 GIS 空间分析中的核密度估算(KDE)和梯度分析的方法,探讨了山地城市典型发展区路网特征及其与区域土地利用结构之间的时空格局变化。研究结果表明:

(1)交通廊道对城市景观结构和区域土地利用结构的变化来讲作用十分显著。作为陆地生态系统重要的人文景观,道路廊道给区域的经济流、资源流和人口流带来深刻影响的同时,对区域景观格局的影响也十分明显,且造成景观的格局特征和土地利用变化呈现较为规律的梯度性。

(2)梯度分析的方法和交通核密度估算的综合分析可有效衡量道路廊道对区域土地利用的场效应。道路密度等级区间内的土地利用变化强度具有明显的梯度性,道路密度最低等级和最高等级区的

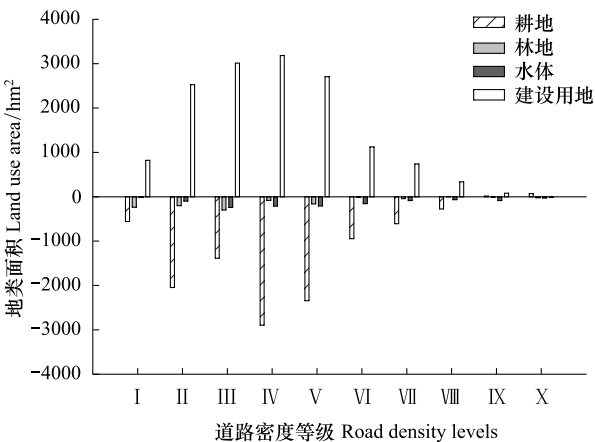


图 6 道路密度等级内 1993—2010 年土地利用变化

Fig.6 Land use change in different road density levels among 1993—2010

土地利用变化较小,而中间道路密度等级区内部的土地利用结构变化都较快,即经历典型城市化过程的区域,其交通的发展变化必然带来土地利用结构和空间格局的变化。

(3)道路网发展与城市空间扩展的高度关联,交通是影响城市形态变化的重要因素之一。交通方式大规模发展带来区域城市空间形态的显著变化。引起整个城市空间可达性的变化。路网密度核心具有不断自我增强的发展趋势,且与区域的经济行政中心在空间上具有较强的一致性,行政等级越高的区域其路网核心密度与规模也相对较高。

(4)交通廊道是城市发展的骨架,其发展状况影响着城市土地利用的配置,进而影响城市结构和城市功能。对山地城市来讲,城市发展对交通廊道的依赖性更强,因此,在进行城市土地利用转换过程中,更应该充分考虑城市交通的要求,各城市发展相关的规划要紧密结合到交通廊道的现状和未来规划。

致谢:庞容同学对文章修改给予帮助,特此致谢。

References:

- [1] Ye L. Study on the relationship between urban spatial structure and form of transport. *Modern Urban Research*, 2007, 22(2): 60-65.
- [2] Kang K P, Chang G L, Paracha J. Dynamic late merge control at highway work zones: evaluations, observations, and suggestions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2006, 1948(1): 86-95.
- [3] Chen Y G. A mathematical model of linear relationship between level of urbanization and transport network connectivity. *Human Geography*, 2004, 19(1): 62-65.
- [4] Yang M, Chen X W, Wang W, Li W Y. Trip generation forecasting model of new district based on urban population and land use. *Journal of Southeast University: Natural Science Edition*, 2005, 35(5): 815-819.
- [5] Zhang L Q, Wu J P, Zhen Y, Shu J. A GIS-based gradient analysis of the urban landscape pattern of shanghai metropolitan region. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(1): 78-85.
- [6] Yu X J, Ng C N. Spatial and temporal dynamics of urban sprawl along two urban-rural transects: A case study of Guangzhou, China. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 79(1): 96-109.
- [7] White R, Engelen G, Uljee I. The use of constrained cellular automata for high-resolution modelling of urban land-use dynamics. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1997, 24(3): 323-344.
- [8] Bi X L, Zhou R, Liu L J, Hong J, Wang X Z, Wang H, Suo A N, Ge J P. Gradient variations in landscape pattern along the Jinghe River and their driving forces. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(5): 1041-1047.
- [9] Sun J, Xia H P, Lan C Y, Xin K. A gradient analysis based on the buffer zones of urban landscape pattern of the constructed area in Guigang City, Guangxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(3): 655-662.
- [10] Kettig R, Landgrebe D. Classification of multispectral image data by extraction and classification of homogeneous objects. *IEEE Transactions on Geoscience Electronics*, 1976, 14(1): 19-26.
- [11] Rouse J W Jr, Haas R H, Deering D W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA special publication*, 1974, 351(1): 309-317.
- [12] Zha Y, Gao J, Ni S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(3): 583-594.
- [13] Xu H Q. A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI). *Journal of Remote Sensing*, 2005, 9(5): 589-595.
- [14] Bu R C, Hu Y M, Chang Y, Li X Z, He H S. A correlation analysis on landscape metrics. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(10): 2764-2775.
- [15] Luck M, Wu J G. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Landscape Ecology*, 2002, 17(4): 327-339.
- [16] McGarigal K, Cushman S A, Neel M C, Ene E. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. (2002-10-11) [2013-09-01]. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
- [17] Rosenblatt M. Remarks on some nonparametric estimates of a density function. *The Annals of Mathematical Statistics*, 1956, 27(3): 832-837.
- [18] Gu C L, Pang H F. Evolution of Chinese urbanization spaces: kernel spatial approach. *Scientia Geographica Sinica*, 2009, 29(1): 10-14.
- [19] Liu R, Hu W P, Wang H L, Wu C, He J. The road network evolution of guangzhou-foshan metropolitan area based on kernel density estimation. *Scientia Geographica Sinica*, 2011, 31(1): 81-86.
- [20] Yao S M, Li G Y, Yan Y, Chen S, Chen Z G. Study on innovation models of balanced development of metropolis in China. *Human Geography*, 2012, 27(5): 48-53.

参考文献:

- [1] 叶亮. 城市空间结构与交通结构相互关系探析——以淮安市为例. *现代城市研究*, 2007, 22(2): 60-65.
- [3] 陈彦光. 交通网络与城市化水平的线性相关模型. *人文地理*, 2004, 19(1): 62-65.
- [4] 杨敏, 陈学武, 王伟, 李文勇. 基于人口和土地利用的城市新区交通生成预测模型. *东南大学学报: 自然科学版*, 2005, 35(5): 815-819.
- [5] 张利权, 吴健平, 甄戎, 束炯. 基于 GIS 的上海市景观格局梯度分析. *植物生态学报*, 2004, 28(1): 78-85.
- [8] 毕晓丽, 周睿, 刘丽娟, 洪军, 王兮之, 王辉, 索安宁, 葛剑平. 泾河沿岸景观格局梯度变化及驱动力分析. *生态学报*, 2005, 25(5): 1041-1047.
- [9] 孙娟, 夏汉平, 蓝崇钰, 辛琨. 基于缓冲带的贵港市城市景观格局梯度分析. *生态学报*, 2006, 26(3): 655-662.
- [13] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数 (MNDWI) 提取水体信息的研究. *遥感学报*, 2005, 9(5): 589-595.
- [14] 布仁仓, 胡远满, 常禹, 李秀珍, 贺红土. 景观指数之间的相关分析. *生态学报*, 2005, 25(10): 2764-2775.
- [18] 顾朝林, 庞海峰. 建国以来国家城市化空间过程研究. *地理科学*, 2009, 29(1): 10-14.
- [19] 刘锐, 胡伟平, 王红亮, 吴驰, 何劲. 基于核密度估计的广佛都市区路网演变分析. *地理科学*, 2011, 31(1): 81-86.
- [20] 姚士谋, 李广宇, 燕月, 陈爽, 陈振光. 我国特大城市协调性发展的创新模式探究. *人文地理*, 2012, 27(5): 48-53.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.9 May ,2014(Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Research progress on ecosystem complexity-stability relationships based on soil food web CHEN Yunfeng, TANG Zheng, LI Hui, et al (2173)
- The ecological restoration effort of degraded estuarine wetland in Northwest Yunnan Plateau, China FU Wenchao, TIAN Kun, XIAO Derong, et al (2187)
- The correlations among arable land, settlement and karst rocky desertification-cases study based on typical peak-cluster depression ... LI Yangbing, LUO Guangjie, BAI Xiaoyong, et al (2195)
- Correlation between the distribution characteristics of poisonous plants and *Ochotona curzoniae*, *Myospalax baileyi* in the East of Tibetan Plateau Alpine meadow ecosystem JIN Liang, SUN Li, CUI Huijun, et al (2208)
- Effects of the surrounding habitat on the spider community and leafhopper population in tea plantations LI Jianlong, TANG Jingchi, LI Xiudi, et al (2216)

Autecology & Fundamentals

- Effect of soil-litter layer enzyme activities on litter decomposition in *Pinus massoniana* plantation in Three Gorges Reservoir Area GE Xiaogai, XIAO Wenfa, ZENG Lixiong, et al (2228)
- Kinetics of nutrient uptake by three emergent plants, *Phragmites australis*, *Typha orientalis* and *Scirpus triqueter* ZHANG Xiling, WANG Lixin, LIU Huamin, et al (2238)
- Effects of desertification intensity and stand age on leaf and soil carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry in *Pinus elliottii* plantation HU Qiwu, NIE Lanqin, ZHENG Yanming, et al (2246)
- Effects of shrub (*Caragana microphalla* Lam.) encroachment on water redistribution and utilization in the typical steppe of Inner Mongolia PENG Haiying, LI Xiaoyan, TONG Shaoyu (2256)
- Effects of shadowing on methane Emissions from *Castanopsis carlesii* and *Cunninghamia lanceolata* CHEN Xixiang, YANG Yanhua, JIANG Jun, et al (2266)
- Oviposition preference and offspring performance of the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* and guava fruit fly *B. correcta* (Diptera: Tephritidae) on six host fruits LIU Hui, HOU Bohua, ZHANG Can, et al (2274)
- Pollination Mechanisms of genus *Salvia* (Lamiaceae) in East Asia (China) HUANG Yanbo, WEI Yukun, GE Binjie, et al (2282)

Population, Community and Ecosystem

- The effect of resource pulse supply on interspecific competition of a few algal species LI Wei (2290)
- Soil fertility quality assessment under different vegetation restoration patterns LI Jingpeng, XU Mingfeng, SU Zhiyao, et al (2297)
- Scale change and dependence of plant functional traits in hilly areas of the loess region, Shaanxi Province, China DING Man, WEN Zhongming, ZHENG Ying (2308)
- N and P stoichiometry of *Koeleria paniculata* leaf and soil in Xiangtan Manganese Mine wasteland XU Luyan, TIAN Dalun, WANG Guangjun, et al (2316)
- Evapotranspiration and factors influencing evapotranspiration in the spring wheat farmland of China's Loess Plateau YANG Fulin, ZHANG Qiang, WANG Wenyu, et al (2323)
- Isolation and Biolog identification of the high-efficiency azotobacter from iron tailing under different vegetation restoration modes LI Wen, YAN Aihua, HUANG Qiuxian, et al (2329)
- Assessing effects of *Cupressus chengiana* plantations in the dry valley of Zagunao River, Li county of Sichuan Province LI Dongsheng, LUO Da, SHI Zuomin, et al (2338)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Landscape diversity of *Paerargyrops edita* Tanaka stock in Minnan-Taiwan Bank Fishing Ground CAI Jiandi, SU Guoqiang, MA Chao, et al (2347)
- Landscape classification in a small area for soil series survey and mapping: a case study in the Ningzhen hills, China LU Haodong, PAN Jianjun, FU Chuancheng, et al (2356)
- Impacts of climate change on winter wheat growing period and irrigation water requirements in the north china plain HU Wei, YAN Changrong, LI Yingchun, et al (2367)

Resource and Industrial Ecology

- Factor decomposition of carbon intensity in Xiamen City based on LMDI method LIU Yuan, LI Xiangyang, LIN Jianyi, et al (2378)
- Evaluation index system of sustainable livelihoods ecotourism strategy: a case study of wangjiazhai community in baiyangdian wetland nature reserve, Hebei WANG Jin, ZHANG Yujun, SHI Ling (2388)
- Relationships between stem sap flow rate of litchi trees and meteorological parameters FAN Chao, QIU Yanping, LI Zhiqiang, et al (2401)
- Evaluation on control efficiency of bethylid parasitoids on pest insects indoor: a case of *Sclerodermus* sp. (Hymenoptera: Bethyridae) ZHAN Maokui, YANG Zhongqi, WANG Xiaoyi, et al (2411)

Urban, Rural and Social Ecology

- The dynamic change of herdsmen well-being and ecosystem services in grassland of Inner Mongolia: take Xilinguole League as example DAI Guangshuo, NA Risu, DONG Xiaobin, et al (2422)
- The construction of the eco-agricultural yards in three gorges reservoir area based on agricultural non-point source pollution zones LIU Juan, XIE Qian, Ni Jiupai, et al (2431)
- Spatial pattern gradient analysis of a transect in a hilly urban area in China from the perspective of transportation corridor sprawl LÜ Zhiqiang, DAI Fuqiang, ZHOU Qigang (2442)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 于贵瑞

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 9 期 (2014 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 9 (May, 2014)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元