

干旱区生态城市生态位变化研究

——以兰州市为例

张明军^{1,2}, 刘园园¹, 熊友云¹

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070;

2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 以干旱区生态城市兰州市的不同功能模块为研究对象, 在各模块污染指数和适宜度指数的基础上, 运用生态位理论和方法, 分析了2002—2006年兰州市不同功能模块生态位格局变化规律。结果表明, 大气、水和声环境的污染生态位呈下降趋势, 城市绿化适宜度生态位呈上升趋势, 自然生态环境系统明显改善; 第三产业模块生态位上升趋势明显, 第二产业模块生态位处于较高水平, 而第一产业模块生态位变化不大, 经济系统的产业格局逐步趋于合理; 社会基础设施、社会资源配置和社会生产与保障模块均呈上升趋势, 只有人口模块呈下降趋势, 社会系统在较低水平上呈发展趋势。

关键词: 生态位; 生态城市; 功能模块; 兰州市

中图分类号: F 062.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-988X(2009)04-0106-05

Study on sustainable development of eco-city in arid areas

——A case study on Lanzhou City

ZHANG Ming-jun^{1,2}, LIU Yuan-yuan¹, XIONG You-yun¹

(1. College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, Gansu, China;

2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, CAC, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: Based on the niche theory and method, this paper studied the development of different urban functional modules and discussed the rules of niche pattern change of different functional modules in Lanzhou City from 2002 to 2006. The results showed that: (1) The urban virescence niche increased, while the atmospheric niche, water niche and sound niche had a decreasing trend. It proved that the natural environmental system is improved significantly. (2) The tertiary industrial niche went up, and the secondary industrial niche came down, but the primary industrial niche had a little change. The structure of industry was more and more reasonable. (3) Social basic establishment suitable niche, social resource distribution suitable niche and social production and insurance suitable niche increased, but only population suitable niche went down in social system.

Key words: niche; eco-city; functional modules; Lanzhou City

生态城市是1987年前苏联学者奥·亚涅斯基提出的一种理想的都市形态, 通过生态经济建立起来的一种社会、经济、自然协调发展, 物质、能量、信息高效利用, 生态良性循环的人类聚居地。

生态位综合反映了某一生态元在生态系统中的地位、所具有的功能以及所发挥的作用^[1-5]。生态位的宽度越宽, 说明该生态元在生态系统中的地位越高, 功能越强大, 作用越明显; 反之亦然。城市

收稿日期: 2008-09-26; 修改稿收到日期: 2008-12-23

基金项目: 甘肃省教育厅科研项目(0701-24)

作者简介: 张明军(1975—), 男, 甘肃宁县人, 副教授, 博士。主要研究方向为生态经济学。

E-mail: mjzhang2004@163.com

生态位是指一座城市给人们的生存和活动所提供的生态位, 是城市提供给人们的或可被人们利用的各种生态因子(如水、食物、能源、土地、气候、建筑、交通等)和生态关系(如生产力水平、环境容量、生活质量、与外部系统的关系等)的集合^[6]. 城市生态位是针对城市这个特殊的“有机生态元”而言的, 其实质是反映了一座城市的经济现状对人类各种活动的适宜程度. 同时城市中某个模块的生态位反映该模块在特定时期、特定范围、特定环境中所占的空间位置, 及该模块在该环境中的自然资源、社会资源、人力资源等城市生态因子所形成的梯度上的位置.

随着我国城市化进程的日益深入, 城市作为一种特殊的生态系统, 在显示出对经济和社会发展巨大推动作用的同时, 也不断暴露出其自身发展过程中出现的人口拥挤、交通混乱、城镇景观破碎、住房紧张、资源短缺、环境污染和生态恶化等一系列的城市问题. 张金前等研究表明兰州市在我国 35 个中心城市生态状况综合指数分值中排在最后一位^[7]; 徐厚琴等得出兰州市在西部干旱区 6 个省区城市中生态经济位排第五位的结论^[8]. 以上研究都说明兰州市的城市生态环境十分脆弱, 所以分析该城市各功能模块之间的协调、可持续性关系显得尤其重要. 通过研究找出兰州市在生态建设过程中的优势与不足, 并根据自身的特点, 突出解决限制发展的问题, 促进在自然、经济、社会等方面地协调健康发展, 从而为西部干旱区生态城市各功能模块的宏观规划、可持续发展决策提供科学的理论依据.

1 评价模型的建立

1.1 生态城市模型的建立

根据生态位理论, 可以把城市各功能模块的生态位看作生态城市各功能模块在相互作用的过程中所形成的相对地位和作用. 生态位宽度的计算公式较多, 在计算生态城市各功能模块的生态位时, 不仅要计算它们的状态, 而且也要计算它们相互之间的影响力或支配力. n 个不同功能模块中某个功能模块 i 的生态位可以用下式表示^[9]:

$$N_i = \frac{S_i + A_i P_i}{\sum_{j=1}^n (S_j + A_j P_j)}, \quad (1)$$

其中, $i, j=1, 2, \dots$; N_i 为城市某功能模块 i 的生态位;

S_i 为城市某功能模块 i 的生态位态; P_i 为城市某功能模块 i 的生态位势; A_i 为量纲转换系数. 将 $(S_i + A_i P_i)$ 称为绝对生态位.

1.2 生态城市各模块环境污染指数

基于对城市这一生存空间的“宜人化”考虑, 从城市不同功能模块的生态位出发, 将城市系统所能提供给城市居民的生存条件和生存质量, 用一些主导因子的集合来度量, 并分为环境污染程度和适宜程度的度量指标^[10].

城市自然环境污染指数是指城市自然环境各污染因子每年的现状值与其环境质量标准限值的比值, 其计算公式为

$$p_i = \frac{C_i}{S_i}, \quad (2)$$

其中, p_i 为城市自然环境污染指数值; C_i 为某一自然环境质量指标的污染现状值; S_i 为某一自然环境质量指标的标准限值. 城市自然环境污染综合指数的计算公式为

$$P_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i, \quad (3)$$

其中, P_i 为城市自然环境污染综合指数.

1.3 生态城市各功能模块适宜度指数

城市各功能模块适宜度指数是指城市系统中各模块每年的现状值与其标准值的贴近程度^[11], 计算公式如下:

1) 当指标数值越大越好时,

$$q_i = \frac{c_i}{s_i}, \quad (4)$$

2) 当指标数值越小越好时,

$$q_i = \frac{s_i}{c_i}. \quad (5)$$

(4)、(5) 两式中, q_i 为城市某一功能模块适宜度指数值; c_i 为城市某一功能模块指标的现状值; s_i 为城市某一功能模块指标的标准值. 城市各功能模块适宜度综合指数的计算公式为

$$Q_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i, \quad (6)$$

其中, Q_i 为城市某功能模块适宜度综合指数值.

2 分类测度指标

根据城市生态学的划分方法, 从研究城市不同功能模块入手, 结合宜居城市指标体系, 将城市生态位划分为 3 类: 城市自然生态位、城市经济生态位和城市社会生态位. 每一项又分出多项指标, 建

立生态城市分类测度指标系统(表 1)。在生态城市自然系统模块中, 大气环境模块选取有代表性的二氧化硫、氮氧化物、总悬浮颗粒物等 3 项指标; 水环境模块选取工业废水排放达标率为指标; 声环境模块只采用有代表性的资料比较齐全的道路交通噪声进行分析; 城市绿化模块则以人均公共绿地面积和城市绿地覆盖率为衡量指标。在生态城市经济系统模块中, 第一产业经济主要是农业经济, 其中还包括副业、林业、牧业、渔业等, 反映了城市基础产业经济的发展状况; 第二产业模块主要包括工业和建筑业, 反映了城市工业经济的发展状况; 第三产业模块主要包括水利管理业, 交通运输业, 邮电通信业, 批发和零售贸易业、餐饮业, 金融保险业, 卫生、体育、社会福利事业, 教育、文艺等, 反映了城市服务业经济发展的状况。在生态城市社会系统模块中, 人口密度是反映人类生活条件、资源利用和环境压力的重要变量。社会资源配置模块中人均日用水量和人均生活用电量反映了城市生活质量的高低和生产水平, 百人电话数反映现代社会的高效率及通讯便捷。标准值均参考国内外先进城市或地区的现状值。

表 1 生态城市分类测度指标系统

Tab 1 The measuring indexes of classifying ecological city

一级指标	二级指标	三级指标	标准值
自然系统 模块	大气环境	二氧化硫/(mg·m ⁻³)	0.06
		氮氧化物/(mg·m ⁻³)	0.08
		可吸入颗粒物/(mg·m ⁻³)	0.20
	水环境	工业废水排放达标率/%	100.00
	声环境	Leq/dB	70.00
	城市绿化	人均公共绿地面积/m ²	16.00
城市绿地覆盖率/%		45.00	
经济系统 模块	第一产业	农、林、牧、副、渔业/万元	—
	第二产业	工业和建筑业/万元	—
	第三产业	运输、商业、金融、服务、体育、科教文卫等/万元	—
社会系统 模块	人口密度	人口密度/(人·km ⁻²)	1 500.00
	社会基础 设施	人均道路面积/m ²	28.00
		人均住房面积/m ²	30.00
		万人病床数/床	90.00
	社会资源 配置	人均日用水量/L	455.00
		人均日用电量/kW	8.00
	百人电话数/部	76.00	
	社会生产 与保障	人均 GDP/元	400 000.00
		人均保险费/元	210.00
	科教投资占 GDP 比重/%	2.50	

数据来源于 2003—2007 年兰州市统计年鉴^[12-16], 部分指标数据通过计算而得。根据资料收集情况, 由于 2002 年前的数据统计差异较大和缺失严重等问题, 加上为了增加研究的可靠性和科学

性, 所以只采用了近 5 年的数据。

3 兰州市生态位分析

3.1 自然系统模块生态位动态

以生态环境问题为中心, 从环境污染和绿化的角度研究了人类活动对兰州市自然环境模块生态位发展变化的影响。根据 2003—2007 年测定的表 1 中自然系统模块中的第三级 7 项环境指标的数据, 运用(2)、(3)、(4)、(6)式分别得出 7 项小指标的污染指数值及适宜度指数和二级 4 项大指标的污染综合指数值及适宜度综合指数值(表 2), 在此基础上, 再运用(1)式计算出兰州市自然生态环境系统各模块每年的污染生态位或适宜度生态位, 并得出相应的兰州市自然生态环境系统各模块生态位动态变化图(图 1)。

表 2 兰州市自然系统各模块不同时期的污染指数和适宜度指数

Tab 2 Different functional modules' pollution indexes and fitness indexes of natural system in different periods in Lanzhou City

年份	环境空气 污染综合 指数	水质污染 综合指数	噪声污染 综合指数	城市绿化 适宜度 综合指数
2002	1 013.6	0 845.3	0 841.4	0 241.9
2003	0 966.4	0 889.4	0 828.6	0 308.2
2004	0 863.6	0 900.6	0 828.6	0 454.3
2005	0 791.9	0 906.9	0 827.1	0 509.8
2006	0 855.0	0 896.0	0 827.1	0 551.2

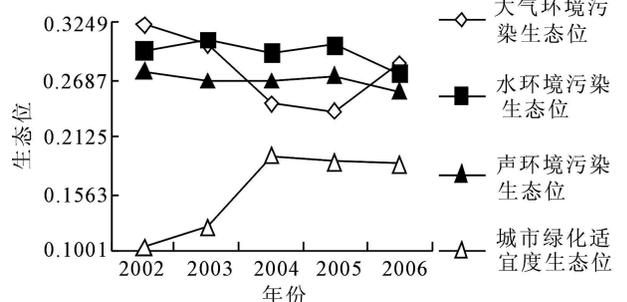


图 1 兰州市自然生态环境系统各模块生态位动态变化

Fig 1 Different functional modules' niche dynamics of natural ecosystem in Lanzhou City

在 2002—2006 年兰州市自然生态环境系统各模块生态位动态趋势中, 兰州市大气环境污染生态位总体上是在较高的水平上呈下降的趋势, 从 2002 年的 0.3229 下降到 2005 年的 0.2381, 下降了 35.60%, 但是 2006 年上升的趋势较为明显。这是由于兰州市以燃煤为主的燃料结构, 加上多风沙的天气, 大气环境污染程度的生态位水平较高。

兰州市的降水量近几年增加明显，使大气环境污染程度的生态位在较高水平上有所下降。2002—2006年兰州市水环境污染生态位总体上是在较高的水平上呈波浪式逐渐下降的发展趋势。由于对黄河加大了整治力度，控制生活废水的排入，水质有明显的好转，兰州市水环境污染的程度呈下降趋势，因而其污染生态位也是下降的。2002—2006年兰州市声环境污染生态位总体上是在较高水平上呈下降趋势，这是因为兰州市环境噪声污染防治方法的有效实施，使兰州市声环境污染的程度呈略微下降，因而其污染生态位也呈略微下降。2002—2006年兰州市城市绿化模块适宜度生态位总体上在较低水平上呈明显上升的趋势，由于兰州市公园数目的增加以及城市绿化造林力度的加大，因而绿化模块适宜度生态位是上升的。

3.2 经济系统模块生态位动态

城市经济生态位强调了在物流、能流的转化过程中，以及在大范围的城市经济体系中所处的生态位。对兰州市经济系统各模块的生态位进行定量分析，对于认识兰州市经济系统各产业模块生态位的转化规律、经济发展的动力和机制具有重要的理论意义和实践意义。兰州市经济系统模块主要包括第一产业、第二产业、第三产业三项指标，运用(1)式分别计算出兰州市经济系统各模块每年的生态位值，并得出相应的兰州市经济系统各模块生态位动态变化图(图2)。

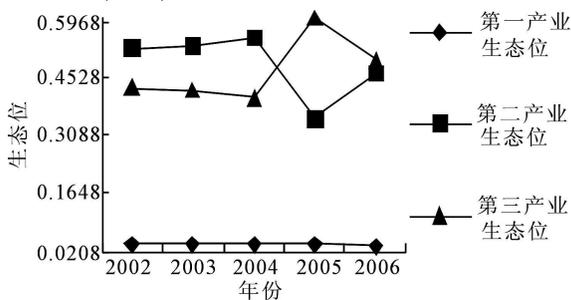


图2 兰州市经济系统各模块生态位动态变化

Fig 2 Different functional modules' niche dynamics of economic system in Lanzhou City

在2002—2006年兰州市经济系统各模块生态位动态变化趋势中，第一产业模块生态位总体上在最低水平上发展变化，而且变化程度不大，而对应的第二、第三产业模块生态位却有着恰恰相反的变化趋势。其中，2002—2004年兰州市第三产业模块生态位总体上在较高水平上呈略微下降趋势；而第二产业模块生态位2002—2004年总体上在较高

水平上呈逐渐上升的发展趋势，2005年和2006年第三产业生态位超过第二产业生态位。从这些分析结果中可以看出，兰州市第二产业经济是一个曲折的发展过程，而第三产业经济却有着较好的发展势头。随着社会主义市场经济体制的确立，兰州市经济系统内部各产业模块经济进入了一个飞速增长的阶段，但由于增长速度不同，使各个模块的经济生态位呈现出了不同的发展趋势，这充分说明兰州市经济系统内各产业模块在竞争资金、技术和劳动力等环境资源的过程中，第二、三产业模块处于优势地位。

3.3 系统模块生态位动态

在城市社会生态位指标体系应建立在对城市“宜人化”追求的基础上，根据社会系统模块中的第三级10项社会环境指标数据，运用(4)、(5)、(6)式分别得出10项小指标的适宜度指数值和第二级4项大指标的适宜度综合指数值(表3)，再运用(1)式计算出兰州市社会系统各模块每年的适宜度生态位，并得出相应的兰州市社会系统各模块适宜度生态位动态变化图(图3)。

表3 兰州市社会系统各模块不同时期的适宜度指数

Tab 3 Different functional modules' pollution indexes of social system in different periods in Lanzhou City

年份	人口密度适宜度综合指数	社会基础设施适宜度综合指数	社会资源配置适宜度综合指数	社会生产与保护适宜度综合指数
2002	0.9524	0.4316	0.2824	0.3946
2003	0.9363	0.4317	0.2852	0.3984
2004	0.9141	0.4341	0.3911	0.6301
2005	0.8237	0.4594	0.3775	0.4065
2006	0.7932	0.5046	0.3886	0.4128

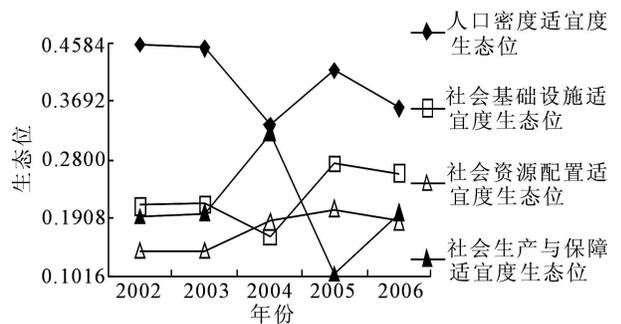


图3 兰州市社会系统各模块适宜度生态位动态变化

Fig 3 Different functional modules' fitness niche dynamics of social system in Lanzhou City

在2002—2006年兰州市社会系统各模块生态位动态变化趋势中，人口密度适宜度生态位总体上在较高水平上呈现逐渐下降的发展趋势，从2002

年的 0.4564 下降到 2006 年的 0.3579, 下降了 27.52%, 特别是 2003 年和 2005 年下降的趋势较为明显。这是因为随着城市人口的不断增加, 兰州市人口密度环境容量的适宜度逐渐下降, 因而其适宜度生态位也逐渐下降。2002—2006 年兰州市社会基础设施适宜度生态位总体上呈现逐渐上升的发展趋势。这是因为兰州市社会基础设施模块在社会系统内部改善社会环境状况的能力处于中间的位置, 因而其适宜度生态位也是处于中等的发展水平的。2002—2006 年兰州市社会资源配置适宜度生态位总体上在较低水平上呈略微上升的发展趋势, 特别是 2003 年上升较为明显。兰州市社会资源配置模块在社会系统内部改善社会环境状况的能力处于较低的位置, 因而其生态位也处于较低的发展水平。2002—2006 年兰州市社会生产与保障适宜度生态位总体上处于中等的发展水平。2005 年兰州市社会生产与保障适宜度指数变化不大, 但其他模块的适宜度指数都是上升的, 因而导致社会生产与保障模块在社会系统内部与其他模块竞争环境资源的能力较弱, 其生态位呈明显的下降趋势。

4 结论与对策

生态位理论作为生态学最重要的理论之一, 在人类生态系统研究中具有普遍指导意义, 并较好地解释了城市及其不同功能模块间竞争、演化等现象^[1]。以干旱区生态城市兰州市的不同功能模块为研究对象, 在各模块污染指数和适宜度指数的基础上, 运用生态位理论和方法, 分析了 2002—2006 年兰州市不同功能模块生态位格局变化规律, 得出以下结论和对策。

1) 大气、水和声环境的污染生态位呈下降趋势, 城市绿化适宜度生态位呈上升趋势, 自然生态环境系统明显改善。兰州市自然生态环境系统各模块生态位发展中水环境、大气环境和声环境的污染生态位水平较高, 这意味着兰州市水环境、大气环境和声环境污染程度较重, 需要采取一定的措施加以治理, 同时绿化模块适宜度的生态位上升明显, 说明兰州市绿化工作取得重要进展。兰州市大部分地区都处于山间河谷地带, 由于逆温层的存在, 排放出的废气难以向外扩散, 常常滞留于城市上空, 对人们的生产、生活和健康造成极大的危害。所以应该加大黄河两岸的防护林建设, 这样可以涵养水源, 净化空气, 保养水土, 减少水土流失, 防风固

沙, 降低兰州市沙尘暴的爆发频率。还要实施退耕还林还草政策, 使草地面积和耕地面积得到协调发展, 提高土地资源的利用率。

2) 第三产业模块生态位上升趋势明显, 第二产业模块生态位处于较高水平, 而第一产业模块生态位变化不大, 经济系统的产业格局逐步趋于合理。但与全国发达城市相比, 当前兰州市的产业结构层次还较低, 第一产业要提高产业化程度, 大力发展高效农业; 第二产业应该大力利用高新技术, 改造传统产业; 第三产业应提高质量、增进效益, 逐步增加占国民经济的比重, 从而加快兰州市的经济发展速度。黄河在兰州市内穿过, 上游排出的污水势必伴随黄河水流向下游, 这样便形成大面积带状污染。因此, 要对兰州市的企业做好监督、监测工作, 对于超出规定的企业, 要立即停产改造; 对标准内企业要制定排污偿还制度, 提高企业管理者的环保意识, 促进企业技术更新和产品升级换代。逐步适应兰州市脆弱的生态环境, 改造传统耗能高排污产业, 加快传统大型产业的技术升级, 加快产业结构的升级换代, 充分利用生物资源优势, 发展高新技术产业、绿色环保产业。如马铃薯的育种、种植、加工、销售的产业链条应该成为兰州市特色环保产业的主体。

3) 社会基础设施、社会资源配置和社会生产与保障模块均呈上升趋势, 而只有人口模块呈下降趋势, 社会系统在较低水平上呈发展趋势。表明兰州市需要大力发展城市社会系统, 加强社会保障服务体制的建设, 加大政府投入, 扩大兰州养老保险的覆盖率; 建立以中央政府为主导的医疗保险体系, 加大财政支持; 针对特别贫困对象, 建立医疗救助制度, 以弥补其他医疗保障计划的不足之处; 切实加强失业保险工作, 健全完善失业保险预警预测制度, 加强失业人员管理, 确保失业人员按时领取失业金。加强资源的合理配置, 努力提高人民生活质量, 共同营造兰州市良好的、可持续的人居环境, 从而进一步提高人民的幸福指数。

参考文献:

- [1] GRINNEL J. Geography and evolution [J]. *Ecology*, 1924, 5(2): 225-229.
- [2] LEIBOLD M. A. The niche concept revisited: mechanistic models and community context [J]. *Ecology*, 1995, 76(5): 1371-1382.

(下转第 119 页)

- [3] 胡小明. 民族体育[M]. 桂林: 广西师范大学出版社, 2005: 32-33.
- [4] 宋卫. 论中华民族传统体育文化的现状及其走向[J]. 广州体育学院学报, 2007, 7(4): 94-96.
- [5] 芦平生. 对民族传统体育发展的科学认识[J]. 天津体育学院学报, 2003(2): 4-7.
- [6] 国家体委文史委员会. 中华民族传统体育志[M]. 南宁: 广西民族出版社, 1990: 1-3.
- [7] 张飞虎. 阐扬民族传统体育文化[N]. 光明日报, 2006-07-31(2-3).
- [8] 曾于久, 刘星亮. 民族传统体育概论[M]. 北京: 人民出版社, 2000: 10-11.
- [9] 白晋湘. 弘扬中华民族传统体育 丰富世界现代体育宝库[J]. 体育(人大复印资料), 2002(4): 41-42.
- [10] 李桦. 论我国少数民族体育事业的发展[J]. 体育科学, 1999, 19(4): 25-27.
- [11] 田祖国, 钟海平, 白晋湘. 民族传统体育的理论与现代化发展研究[M]. 北京: 民族出版社, 2003: 149-155.
- [12] 赵文, 胡小明. 发展民族体育的思考[J]. 体育与科学, 2000, 21(5): 19-20.
- [13] 刘雪松. 论我国民族体育的特色及其发展[J]. 哈尔滨体育学院学报, 1990, 27(4): 32-33.
- [14] 熊志冲. 民族体育特征功能和传播方式[J]. 上海体育学院学报, 1992, 16(1): 17-20.
- [15] 《民族体育集锦》编写组. 民族体育集锦[M]. 北京: 人民体育出版社, 1985: 121-123.

(责任编辑 惠松骐)

(上接第110页)

- [3] ROSSER Jr J B. Systemic crises in hierarchical ecological economies[J]. *Land Economics*, 1995, 71(2): 163-172.
- [4] 尚玉昌. 现代生态学中的生态位理论[J]. 生态学进展, 1988, 5(2): 77-84.
- [5] 马世骏, 王如松. 社会经济自然复合生态系统[J]. 生态学报, 1984, 4(1): 1-9.
- [6] 刘建国, 马世骏. 扩展的生态位理论[M]. 北京: 科学出版社, 1990: 72-89.
- [7] 徐厚琴, 方一平. 西部干旱区省会城市生态经济位比较研究[J]. 干旱区地理, 2007, 3(30): 426-430.
- [8] 张金前, 韦素琼. 生态位理论在我国生态城市研究中的应用[J]. 山西师范大学学报: 自然科学版, 2007, 21(1): 103-108.
- [9] 朱春全. 生态位态势理论与扩充假说[J]. 生态学报, 1997, 17(3): 324-332.
- [10] 丁圣彦, 李志恒. 开封市的城市生态位变化分析[J]. 地理学报, 2006, 61(7): 752-762.
- [11] 宋永昌, 由文辉, 王祥荣. 城市生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2000: 112-113.
- [12] 兰州年鉴编纂委员会. 兰州市统计年鉴 2003[M]. 北京: 中国统计出版社, 2003: 251-253, 271, 447-452, 509, 612.
- [13] 兰州年鉴编纂委员会. 兰州市统计年鉴 2004[M]. 北京: 中国统计出版社, 2004: 252, 270, 342, 389-396, 527-529, 556.
- [14] 兰州年鉴编纂委员会. 兰州市统计年鉴 2005[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005: 278, 310, 382, 431-438, 520, 549-552.
- [15] 兰州年鉴编纂委员会. 兰州市统计年鉴 2006[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006: 319, 338, 441-448, 549-552, 586, 616.
- [16] 兰州年鉴编纂委员会. 兰州市统计年鉴 2007[M]. 北京: 中国统计出版社, 2007: 249, 331, 350, 402, 453-460, 551, 618.

(责任编辑 惠松骐)