

城市化对区域生态足迹供需的影响*

赵卫^{1,2} 刘景双^{1,*} 孔凡娥³ 窦晶鑫^{1,2}

(¹ 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; ² 中国科学院研究生院, 北京 100049; ³ 佛山市城市规划勘测设计研究院, 广东佛山 528000)

摘要 基于1994—2003年吉林省生态足迹时间序列,建立了城市化水平与生态足迹、生态盈亏、生态足迹强度的关系模型。结果表明:吉林省生态足迹、生态盈亏、生态足迹强度与城市化率呈显著相关;生态足迹随城市化的发展由1994年的每人 1.59 hm^2 增至2003年的每人 2.23 hm^2 ,主要受城市化率和第三产业比例的影响;建筑用地、草地和化石燃料用地生态足迹的变化较显著,建筑用地生态足迹变化的驱动因素以人均GDP和第三产业比例为主,草地和化石燃料用地生态足迹主要受居民消费水平的影响;源于居民消费水平的驱动作用,吉林省生态赤字渐趋恶化,从1994年的每人 0.319 hm^2 增至2003年的每人 0.923 hm^2 ;草地和化石燃料用地生态盈亏的变化最显著,在经济结构和消费结构优化的驱动下,研究期间生态足迹强度从每万元 4.14 hm^2 降至 2.35 hm^2 ,而且仍具有较大的降低空间。通过调整经济结构和消费结构,吉林省可以消除生态赤字、实现自然资源的供需平衡。

关键词 生态足迹 城市化 时间序列 吉林省

文章编号 1001-9332(2008)01-0120-07 中图分类号 P267 文献标识码 A

Effects of urbanization on supply and demand of regional ecological footprint. ZHAO Wei^{1,2}, LIU Jing-shuang¹, KONG Fan-e³, DOU Jing-xin^{1,2} (¹ *Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China*; ² *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*; ³ *Institute of Foshan Urban Planning and Surveying, Foshan 528000, Guangdong, China*). -*Chin. J. Appl. Ecol.* 2008, **19**(1): 120-126.

Abstract: Based on the time series of ecological footprint (EF) in Jilin Province from 1994 to 2003, the relationship models of EF, ecological budget, and EF intensity with urbanization level were established. The results showed that in Jilin Province, there existed significant correlations of EF, ecological budget, and EF intensity with urbanization level. Along with the development of urbanization, the EF in the Province increased from $1.59 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ in 1994 to $2.23 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ in 2003, which was mainly affected by the process of urbanization and the proportion of tertiary industry. The EFs of built-up land, pasture and fossil fuel land changed more markedly, among which, the EFs of pasture and fossil fuel land were mainly affected by domestic consumption, while that of built-up land was mainly affected by the GDP per capita and the proportion of tertiary industry. Owing to the increase of domestic consumption, the ecological deficit increased from $0.319 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ in 1994 to $0.923 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ in 2003. The changes in ecological budget of pasture and fossil fuel land were more remarkable. Under the effects of the optimization of economic structure and consumption structure, the EF intensity in the Province decreased from $4.14 \text{ hm}^2 \cdot (10^4 \text{ Yuan})^{-1}$ in 1994 to $2.35 \text{ hm}^2 \cdot (10^4 \text{ Yuan})^{-1}$ in 2003, and there still had enough potential for the decrease. Through the optimization of economic structure and consumption structure, an ecological surplus and the balance between natural resources supply and demand in the Province could be achieved.

Key words: ecological footprint; urbanization; time series; Jilin Province.

* 国家重点基础研究发展规划资助项目(2004CB418507)。

* * 通讯作者. E-mail: liujingshuang@neigae.ac.cn

2007-01-15 收稿, 2007-10-27 接受。

在快速城市化过程中,人类活动的生态负荷和自然系统的承载能力随之变化,表现为生态足迹供需的变化.科学合理地认识城市化发展对区域生态足迹供需变化的影响有助于避免城市化对生态环境的不良影响^[1].20世纪90年代,加拿大生态经济学家 Rees^[2-3]提出了生态足迹的概念,并由 Wackernagel 等^[4-5]对其理论和方法加以完善.生态足迹模型通过具有等价生产力的生物生产性土地面积衡量人类活动的生态负荷和自然系统的承载能力,从生物物理量的角度研究人类活动与自然系统的相互关系,定量测度资源消费和区域发展的可持续性^[2,5].在不同空间尺度以及不同社会领域,国内外学者对生态足迹理论进行了广泛的运用和实践,生态足迹的理论和方法日臻完善^[6-8].但在可持续发展方面,生态足迹研究多限于某一时段、某一区域的实证分析,且对于生态足迹供需变化的发生原因,一般以定性分析为主^[9-11].生态足迹研究的最终目的是可持续发展^[3],而生态足迹供需状况及其变化是影响可持续发展的重要原因.因此,生态足迹供需变化的驱动机制成为生态足迹研究的重要内容.

我国已进入快速城市化阶段,自然保护与经济矛盾的矛盾日益凸现.一方面,城市化发展通过人口结构、生活方式和发展模式的转变,影响人类活动的生态负荷;另一方面,城市化发展通过地域景观演替和土地利用方式的变化,改变自然系统的承载能力^[12-13],使城市化发展逐渐成为影响生态足迹供需变化的重要因素.本研究依据1994—2003年吉林省生态足迹时间序列,构建了城市化水平与生态足迹供需变化的关系模型,并分析了城市化发展对生态足迹供需变化的影响,旨在探寻生态足迹供需变化的城市化驱动机制,以期对吉林省城市化发展和生态环境建设提供理论依据.

1 研究地区与研究方法

1.1 自然概况

吉林省(40°52′—46°18′N,121°38′—131°17′E)位于我国东北地区中部,面积约18.74万km².该区属中温带大陆性季风气候,年均降水量600mm,6—8月降水量占全年的60%以上,年均气温为2~6℃,雨热同季.研究区植被和土壤类型具有明显的经向分异特点,自东向西依次为湿润的针阔混交林暗棕壤地带、半湿润的森林草原黑土地带和草甸草原黑钙土地带,地貌类型多样,可利用土地资源比重较大,但土地后备资源不足.该区森林资源丰富,多分

布于东部长白山区,草场资源集中在西部,为科尔沁大草原的重要组成部分,能源和金属矿产资源较少.

1.2 研究方法

1.2.1 生态足迹账户核算 利用1995—2004年《吉林统计年鉴》、《中国统计年鉴》、《中国农业年鉴》以及联合国粮农组织(FAO)统计数据库资料,根据生态足迹理论和计算方法,计算1994—2003年吉林省生态足迹时间序列,包括生态足迹、生态盈亏和生态足迹强度等指标^[14-15].生态足迹(EF)的公式为^[5,15]:

$$EF = N \cdot ef = N \cdot \sum_{i=1}^n (r_i \cdot c_i / p_i)$$

式中*i*为消费商品和投入的类型;*N*为人口总量;*ef*为人均生态足迹;*r_i*为均衡因子;*c_i*为*i*类商品的人均消费量;*p_i*为*i*类商品的世界平均生产能力.

生态足迹的核算包括生物资源消费和能源消费两部分,两部分的计算均考虑了贸易调整,以计算其净消费额.生物资源生产面积的折算采用1993年FAO公布的有关生物资源的世界平均产量数据.考虑到增加大气CO₂将是不可持续发展,均衡因子的确定也以化石燃料用地的CO₂吸收量为基础,因此,本研究能源生态足迹的计算采用碳吸收法^[16-18],以提高结果的可比性和准确性^[5].均衡因子的时间变化较小,不会影响生态足迹时间序列的研究结果^[17,19],故采用全球平均值,即林地和化石燃料用地为1.1、耕地和建筑用地为2.8、草地为0.5、水域为0.2.

生态盈亏为生态承载力与生态足迹之差.如果生态足迹超过生态承载力就出现生态赤字,否则,表现为生态盈余.生态承载力(EC)指区域所能提供给人类的生物生产性土地的总和,计算公式如下^[5,8]:

$$EC = N \cdot ec = N \cdot \sum_{j=1}^6 (a_j \cdot r_j \cdot y_j)$$

式中*j*为生物生产性土地的类型;*ec*为人均生态承载力;*a_j*为人均实际生物生产性土地面积;*y_j*为产量因子.生态承载力的计算扣除了12%的生物多样性保护面积.产量因子依据1994—2003年吉林省不同土地类型的生产能力与其相应的世界平均值确定,具体数值见文献^[20].

生态足迹强度(EI)指单位国内生产总值(GDP)所占的生态足迹,它可定量地表征自然资源利用效益的高低,并能反映区域生物生产面积的生产潜力^[21].计算公式如下:

$$EI = EF/GDP$$

1.2.2 城市化水平测度 城市化是一个综合发展过程,包括以下内涵:①农村人口向城市人口转化,城市人口比重不断提高;②产业结构逐步升级,第二、三产业所占比重上升;③劳动力向第二、三产业转移;④土地利用方式渐趋多样化,大量耕地成为建设用地,林草覆盖率随之变化^[22-23]。鉴于此,城市化水平的测度指标主要从经济发展、人口结构、居民生活和资源利用等方面选择,包括人均GDP(X_1)、第三产业比例(X_2)、城市化率(X_3)、非农产业就业率(X_4)、居民消费水平(X_5)、恩格尔系数(X_6)、耕地比重(X_7)、林草覆盖率(X_8)、建设用地比重(X_9)和能源强度(X_{10})。本研究通过前面10个城市化水平测度指标综合反映城市化在社会、经济、资源等方面的发展水平,以分析区域生态足迹供需变化的城市化驱动机制及其具体驱动因素;以城市化率表征城市化发展的总体水平,分析城市化发展对生态足迹供需变化的影响。城市化率的计算公式为:

$$X_3 = P_1/P_2 \cdot 100\%$$

式中 P_1 和 P_2 分别为非农业人口量和人口总量。

1.2.3 城市化水平与生态足迹供需的关系模型 依据1994—2003年吉林省的生态足迹、生态盈亏、生态足迹强度和城市化水平测度指标,构建了城市化水平与生态足迹供需变化的关系模型。对1994—2003年吉林省城市化率与各土地类型的生态足迹指标进行相关分析,揭示了研究区城市化发展的总体水平对各种土地类型生态足迹供需变化的影响。运用多元回归分析方法,采用SPSS 11.5对研究区城市化水平测度指标与各种土地类型生态足迹供需指标进行回归分析,以分析吉林省生态足迹供需变化的城市化驱动机制及其驱动因素。

2 结果与分析

2.1 城市化与生态足迹的关系

2.1.1 生态足迹动态 1994—2003年吉林省人口总量从2 515.6万增至2 658.6万,城市化率则由41.76%升至44.96%。随着城市化的发展和人口规模的膨胀,人类活动的生态负荷日益加剧。研究期间吉林省生态足迹的人均水平和总量水平均呈上升趋势,其人均水平从1994年的1.59 hm^2 增至2003年的2.23 hm^2 ;总量水平则从4 009.49万 hm^2 上升到5 930.07万 hm^2 。研究区生态足迹的上升趋势表明,人类对自然资源的利用强度不断加剧。

从表1可以看出,吉林省生态足迹的总量水平、

表1 吉林省城市化率与生态足迹的相关系数

Tab.1 Correlation coefficients between urbanization ratio and EF in Jilin Province

生态足迹 EF	相关系数	
	I	II
耕地 Arable land	0.750*	0.823*
林地 Forest	-0.511	-0.390
草地 Pasture	0.916**	0.923**
建筑用地 Built-up land	0.916**	0.923**
化石燃料用地 Fossil fuel land	0.891**	0.916**
水域生态足迹 Water area	-0.217	-0.102
合计 Total	0.911**	0.938**

I: 各种土地类型生态足迹的人均水平与城市化率的相关系数 Correlation coefficient between EF of each land category per capita and urbanization ratio; II: 各种土地类型生态足迹的总体水平与城市化率的相关系数 Correlation coefficient between total EF of each land category and urbanization ratio. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

人均水平与城市化率都呈显著相关,生态足迹随城市化率的增长而增大;各种土地类型生态足迹的总体水平与城市化率的相关系数都大于其人均水平与城市化率的相关系数,表明研究区人均负荷和人口规模均随城市化率的增长而增加。各种土地类型生态足迹与城市化率的密切程度依次为:建筑用地 > 草地 > 化石燃料用地 > 耕地 > 林地 > 水域。其中,城市化率对建筑用地、草地和化石燃料用地的影响较显著。

2.1.2 生态足迹变化的城市化驱动机制 从表2可以看出,吉林省各种土地类型生态足迹与城市化水平的密切程度依次为:建筑用地 > 草地 > 化石燃料用地 > 林地 > 耕地 > 水域。其中,城市化发展对建筑用地、草地和化石燃料用地的影响较显著,与相关分析的结果基本吻合。

人均GDP和第三产业比例是建筑用地生态足迹变化的关键因素(表2)。由于以人均GDP表征经济规模的大小,以第三产业比例衡量经济结构的优劣,因此,生产耗能是建筑用地生态足迹的主体,而经济规模和经济结构决定了该生态足迹的变化。草

表2 吉林省城市化水平与生态足迹(人均水平)的关系模型

Tab.2 Relationship model between urbanization level and EF(per capita) in Jilin Province

生态足迹 EF	关系函数 Relationship function	修正判定 系数 R_a
耕地 Arable land	$Y = -1.726 + 5.924X_3$	0.507
林地 Forest	$Y = -0.417 + 0.223X_6 + 0.875X_3$	0.650
草地 Pasture	$Y = -0.058 + 0.123X_5 - 0.29X_2$	0.925
水域 Water area	-	-
建筑用地 Built-up land	$Y = 0.036 + 0.057X_1 - 0.151X_2$	0.929
化石燃料用地 Fossil fuel land	$Y = 1.026 + 1.998X_5 - 2.630X_2$	0.922
人均 Per capita	$Y = -8.8 + 28.079X_3 - 4.588X_2$	0.956

地生态足迹主要受居民消费水平和城市化率的影响,以居民消费水平的作用尤为显著。随着消费水平的提高,居民逐渐增加肉、奶等动物性食品的消费,草地生态足迹随之上升。化石燃料用地生态足迹随城市化发展呈显著变化,影响因素包括居民消费水平和第三产业比例。居民消费水平的提高引起化石燃料消费量的增加,经济结构优化尤其是第三产业的发展提高了化石燃料的利用效率,因此该生态足迹的降低依赖于经济结构的优化。研究区城市化发展对耕地、林地和水域生态足迹的影响不甚显著。

吉林省人均生态足迹与城市化发展呈显著相关,其变化依赖于城市化率与第三产业比例的驱动,即人口结构和经济结构的综合作用(表2)。城市化率的上升推动生活规模的增加,生态足迹随之上升;第三产业比例与生态足迹呈负相关,第三产业的发展可以缓解生态足迹的上升。城市化率与第三产业比例的标准化系数(标准化系数是在对变量值进行标准化变换的基础上,作线性回归得到的回归系数,其绝对值可表征各自变量的相对重要性)分别为1.454和-0.657,表明城市化率对生态足迹变化的推动作用超过第三产业发展的缓解作用,故两者的共同作用使吉林省生态足迹不断上升,居民生活逐渐成为生态压力的主体和生态足迹上升的主要原因。

综上所述,城市化率、居民消费水平和第三产业比例是吉林省生态足迹变化的关键因素。城市化发展对生态足迹变化的驱动机制可以归结为:城市化率和居民消费水平最终表现为居民生活对各种土地类型生态压力的变化;第三产业比例的作用表现为经济结构优化对生态足迹增加的缓解作用。

2.2 城市化与生态盈亏的关系

2.2.1 生态盈亏动态

生态盈亏是衡量人类对自然资源的利用程度和自然资源承载能力之间的关系,即自然资源的供需状况,可用来评价资源消费模式的持续性。1994—2003年吉林省一直处于生态赤字状态且呈恶化趋势,生态赤字的人均水平由1994年的 0.319 hm^2 增至2003年的 0.923 hm^2 ,其总量水平从803.69万 hm^2 增至2453.08万 hm^2 。吉林省生态赤字的恶化趋势表明,目前该省自然资源的供需状况失衡,区域发展的外部依赖性和风险性增加。

从表3可以看出,吉林省生态盈亏的人均水平、总量水平与城市化率均呈显著相关,相关系数分别为-0.919和-0.925。随着城市化率的上升,吉林省生态供需状况渐趋恶化。各种土地类型生态盈亏

表3 吉林省城市化率与生态盈亏的相关系数

Tab.3 Correlation coefficient between urbanization ratio and ecological budget in Jilin Province

生态盈亏 Ecological budget	相关系数	
	I	II
耕地 Arable land	-0.757 *	-0.751 *
林地 Forest	0.275	0.734 *
草地 Pasture	-0.916 **	-0.923 **
建筑用地 Built-up land	-0.698 *	0.024
化石燃料用地 Fossil fuel land	-0.891 **	-0.916 **
水域 Water area	0.197	0.102
合计 Total	-0.919 **	-0.925 **

I: 各种土地类型生态盈亏的人均水平与城市化率的相关系数 Correlation coefficient between ecological budget of each land category per capita and urbanization ratio; II: 各种土地类型生态盈亏的总体水平与城市化率的相关系数 Correlation coefficient between total ecological budget of each land category and urbanization ratio. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

与城市化率的密切程度依次为:草地 > 化石燃料用地 > 耕地 > 建筑用地 > 林地 > 水域。该结果与生态足迹的相关分析存在分歧,原因在于:①生态盈亏是生态足迹和生态承载力综合作用的结果;②城市化率的上升不仅推动了生态足迹的变化,而且改变了城市周边乃至整个区域的土地利用方式,生态承载力随之变化。

2.2.2 生态盈亏变化的城市化驱动机制

从表4可以看出,吉林省各种土地类型生态盈亏与城市化水平的密切程度依次为:草地 > 化石燃料用地 > 建筑用地 > 耕地 > 林地、水域。随着城市化的发展,草地和化石燃料用地生态盈亏的变化较显著,源于其生态供给的变化较小。

草地生态盈亏与城市化水平的关系函数类似于其生态足迹与城市化水平的关系函数,该生态盈亏变化主要受居民消费水平和第三产业比例的影响,前者的作用尤强(表4)。由于缺乏专门的化石燃料用地,化石燃料用地生态盈亏主要受其生态需求的影响,影响因素包括居民消费水平和第三产业比例,

表4 吉林省城市化水平与生态盈亏(人均水平)的关系模型

Tab.4 Relationship model between urbanization level and ecological budget (per capita) in Jilin province

生态盈亏 Ecological budget	关系函数 Relationship function	修正判定 系数 R_a
耕地 Arable land	$Y = 1.937 - 4.443 X_3$	0.519
林地 Forest	-	-
草地 Pasture	$Y = 0.066 - 0.124 X_5 - 0.291 X_2$	0.925
水域 Water area	-	-
建筑用地 Built-up land	$Y = 0.73 - 1.051 X_3 - 0.009 X_{10}$	0.787
化石燃料用地 Fossil fuel land	$Y = -1.026 - 1.998 X_5 + 2.630 X_2$	0.922
人均 Ecological budget per capita	$Y = -0.772 - 3.079 X_5 + 3.596 X_2$	0.933

前者的提高使化石燃料用地生态盈亏渐趋恶化,后者的上升则可以缓解该恶化趋势,两者的标准化系数分别是-1.439和0.661,说明居民消费水平的作用较强.建筑用地生态盈亏变化的驱动因素包括城市化率和能源强度,标准化系数分别为-1.834和-1.279,两者的上升均推动建筑用地生态盈亏趋于恶化,反之,建筑用地生态盈亏逐渐得到改善.研究区城市化发展对耕地、林地和水域生态盈亏变化的驱动作用并不显著.

吉林省人均生态盈亏的变化主要受居民消费水平和第三产业比例的影响,其标准化系数分别为-1.385和0.565.随着居民消费水平的提高,吉林省人均生态盈亏渐趋恶化,第三产业比例的上升即第三产业的发展可以缓解该省生态盈亏的恶化趋势和赤字状况,但前者的驱动作用超过后者的缓解作用.因此,吉林省生态盈亏仍呈赤字状态且渐趋恶化.

研究区生态盈亏变化的驱动因素包括城市化率、居民消费水平和第三产业比例,第三产业比例的作用相对最弱.随着城市化的发展,城市化率、居民消费水平和第三产业比例均不断提高,由于各因素作用程度的相对差异,生态足迹呈上升趋势.从生态承载力来看,城市化发展占用了大量耕地,生态承载力不断削弱,但是土地利用方式的多样化以及资金、技术投入的增加提高了土地的生产能力,生态承载力随之增强.由于吉林省城市化发展对生态足迹的推动作用超过其对生态承载力的作用,导致了生态赤字的出现并渐趋恶化.

2.3 城市化与生态足迹强度的关系

2.3.1 生态足迹强度动态 1994年吉林省生态足迹强度为每万元4.14 hm²,2003年降至每万元2.35 hm²,年均降低率6.09%.研究区资源利用方式逐渐从粗放型、消耗型向集约型、节约型转变,自然资源利用效益不断提高.吉林省生态足迹强度与城市化率呈显著负相关,相关系数为-0.907.随着城市化率的上升,吉林省生态足迹强度呈递减趋势.

2.3.2 生态足迹强度变化的城市化驱动机制 吉林省生态足迹强度与城市化水平的关系模型可表示为:

$$Y = 0.451 + 0.693X_{10} + 1.658X_6, R_a = 0.965$$

由上式可知,能源强度和恩格尔系数是吉林省生态足迹强度变化的决定因素,反映了经济结构和生活结构对自然资源利用效益的影响.城市化发展对生态足迹强度变化的驱动机制包括:①城市化发

展对经济结构调整和技术水平提高的推动作用,促使粗放型、消耗型产业向集约型、节约型产业转移,表现为能源强度逐渐降低,生态足迹强度随之降低;②城市化发展推动农业人口向非农业人口转变,居民生活的恩格尔系数不断降低,消费结构渐趋多样化,自然资源利用效益逐渐提高.总之,城市化发展通过优化经济结构和消费结构,增加了生态足迹多样性、降低了生态足迹强度,进而提高了自然资源利用效益^[24].

能源强度和恩格尔系数的标准化系数分别为0.849和0.150.说明能源强度、恩格尔系数与生态足迹强度呈正相关,两者的降低可带动生态足迹强度的降低,前者的作用更强.随着城市化的发展,吉林省能源强度和恩格尔系数不断降低,生态足迹强度呈递减趋势,自然资源利用效益不断提高.吉林省生态足迹强度的降低更多地依赖于能源强度的降低,关键在于经济结构的优化和技术水平的提高.

1999年全国、东部地区和吉林省的生态足迹强度分别为每万元2.037、1.291和2.848 hm²^[24].吉林省生态足迹强度明显高于全国和东部地区的平均水平,自然利用效益较低,其生态足迹强度具有较大的降低空间.本研究中,1999年吉林省生态足迹、生态承载力和生态足迹强度分别为每人1.805 hm²、1.258 hm²和每万元2.829 hm².假设1999年吉林省生态足迹强度降至东部地区的平均水平为每万元(1.291 hm²),该省生态足迹将降至每人0.824 hm²,低于其生态承载力(每人1.258 hm²),即可实现生态足迹的供需平衡.因此,吉林省生态足迹强度具有较大的降低空间,可以通过优化经济结构和消费结构消除生态赤字.

3 讨论

1994—2003年,吉林省生态足迹供需变化与城市化发展呈显著相关,但城市化发展对各种土地类型生态足迹供需变化的影响存在差异,对草地、化石燃料用地和建筑用地的影响较显著.吉林省生态足迹供需变化的驱动因素以城市化率、居民消费水平和第三产业比例为主.此外,城市化发展通过对经济结构和消费结构的影响,推动吉林省资源利用效益的提高,生态足迹强度随之降低.

城市化发展对区域生态足迹供需变化的影响,可以为区域发展策略的制定以及城市化与生态环境关系研究提供支持.有研究发现,城市化对生态环境的胁迫作用直接表现在人口增长与迁移、经济扩张

与推进、地域扩展与景观改变^[25]。本研究中城市化发展对生态足迹供需变化的影响分为生态足迹和生态承载力两方面。就生态足迹而言,城市化发展的影响表现在人口结构、消费水平与消费结构、经济规模与经济结构等方面,其中,人口结构的变化以农村向城市的人口迁移为主,经济规模与经济结构的变化则由人均 GDP 和第三产业比例体现,反映了经济的扩张与推进。城市化发展对于生态承载力的影响则以土地利用方式的变化为主,大量耕地转化为建设用地,表现为地域景观的改变。

目前,生态足迹研究多以某一区域、某一时段的实证分析为主,对于生态足迹变化的原因一般采用定性分析的方法。本研究通过城市化水平与生态足迹供需变化的关系模型,尝试探寻了生态足迹供需变化的驱动因素,但生态足迹账户核算、时间尺度选择和地域景观变化表征等方面还需进一步完善。今后研究的重点应从以下几个方面进行:①城市化发展内涵丰富,城市化水平测度指标的选择还需完善,尤其是地域景观;②研究期间吉林省的城市化已经达到较高水平,研究的时间尺度需要拓展;③居民生活愈来愈成为生态压力的主体,选择恰当测度指标分析城市化发展对居民消费结构乃至区域生态供需的影响,探寻消费结构的调整策略;④生态足迹主要涵盖人类对经济产品和社会服务的消费,忽略了对生态产品和生态服务的消费,如何采用生物生产面积衡量人类活动引起的生态系统功能退化将成为生态足迹研究亟待解决的问题;⑤可持续发展强调人类福利的发展,而生态足迹研究具有相对生态偏向性,人类对消费模式满意程度的衡量模式也是今后进一步探讨的内容。

参考文献

[1] Haberl H, Erb KH, Krausmann F. How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: The case of Austria 1926–1995. *Ecological Economics*, 2001, **38**: 25–45

[2] Rees WE. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 1992, **4**(2): 121–130

[3] Rees WE, Wackernagel M. Urban ecological footprint: Why cities can not be sustainable and why they are a key to sustainability. *Environment Impact Assessment Review*, 1996, **16**(4): 223–248

[4] Wackernagel M, Rees WE. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective. *Ecological Economics*, 1997, **20**(1): 3–24

[5] Wackernagel M, Onisto L, Bello P. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 1999, **29**: 375–390

[6] Hunter C, Shaw J. The ecological footprint as a key indicator of sustainable tourism. *Tourism Management*, 2007, **28**: 46–57

[7] Wang X-H (王新华), Xu Z-M (徐中民), Li Y-H (李应海). A rough estimate of water footprint of Gansu Province in 2003. *Journal of Natural Resources* (自然资源学报), 2005, **20**(6): 909–915 (in Chinese)

[8] Jiang Y-Y (蒋依依), Wang Y-L (王仰麟), Pu X-G (卜心国), et al. Research progress on ecological footprint analysis. *Progress in Geography* (地理科学进展), 2005, **24**(2): 13–23 (in Chinese)

[9] Sun F (孙凡), Meng L-B (孟令彬). Ecological footprint and available ecological capacity in Chongqing region. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2005, **16**(7): 1370–1374 (in Chinese)

[10] Liu Y-H (刘宇辉), Peng X-Z (彭希哲). Time series of ecological footprint in China between 1962 and 2001: Calculation and assessment of development sustainability. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2004, **16**(7): 1370–1374 (in Chinese)

[11] Chen D-D (陈冬冬), Gao W-S (高旺盛), Chen Y-Q (陈源泉). Research progress on ecological footprint analysis. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2006, **17**(10): 1983–1988 (in Chinese)

[12] Xu X-Q (许学强), Zhou Y-X (周一星), Ning Y-M (宁越敏). *Urban Geography*. Beijing: Higher Education Press, 1997 (in Chinese)

[13] Guo L (郭潞), Xia B-C (夏北成), Liu W-Q (刘蔚秋), et al. Spatio-temporal change and gradient differentiation of landscape pattern in Guangzhou City during its urbanization. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2006, **17**(9): 1671–1676 (in Chinese)

[14] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. Ecological footprint of Nations// Commission by the Earth Council for the Rio +5 Forums, Toronto, 1997: 4–12

[15] Xu Z-M (徐中民), Zhang Z-Q (张志强), Cheng G-D (程国栋). The calculation and analysis of ecological footprints of Gansu Province. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 2000, **55**(5): 607–616 (in Chinese)

[16] Xu Z-M (徐中民), Chen D-J (陈东景), Cheng G-D (程国栋), et al. Calculation and analysis on ecological footprints of China. *Acta Pedologica Sinica* (土壤学报), 2002, **39**(3): 441–445 (in Chinese)

[17] Wackernagel M, Monfreda C, Erb KH, et al. Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961–1999: Comparing the conventional approach to an ‘actual land area’ approach. *Land Use Policy*, 2004, **21**(3): 261–269

[18] Liu M (刘淼), Hu Y-M (胡远满), Li Y-H (李月辉), et al. Ecological footprint model and its research advances. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2006, **25**(3): 334–339 (in Chinese)

[19] Wackernagel M, Monfreda C, Schulz CB, et al. Calcula-

- lating national and global ecological footprint time series: Resolving conceptual challenges. *Land Use Policy*, 2004, **21**: 271-278
- [20] Zhao W(赵卫), Liu J-S(刘景双), Kong F-E(孔凡娥). Scenario prediction of regional ecological footprint: A case of Jilin Province. *Resources Science*(资源科学), 2007, **29**(1): 165-171 (in Chinese)
- [21] Xu Z-M(徐中民), Cheng G-D(程国栋), Qiu G-Y(邱国玉). Impacts identity of sustainability assessment. *Acta Geographica Sinica*(地理学报), 2005, **60**(2): 198-208 (in Chinese)
- [22] Wen Y-Y(文余源). Research on the regional gaps and its changes of the provincial urbanization levels in China. *Areal Research and Development*(地域研究与开发), 2005, **24**(5): 25-29 (in Chinese)
- [23] Wang Y-J(王玉洁), Li J-X(李俊祥), Wu J-P(吴健平), et al. Landscape pattern changes in urbanization of Pudong New District, Shanghai. *Chinese Journal of Applied Ecology*(应用生态学报), 2006, **17**(1): 36-40 (in Chinese)
- [24] Xu Z-M(徐中民), Zhang Z-Q(张志强), Cheng G-D(程国栋). Ecological footprint calculation and development capacity of China in 1999. *Chinese Journal of Applied Ecology*(应用生态学报), 2003, **14**(2): 280-285 (in Chinese)
- [25] Liu Y-B(刘耀彬), Li R-D(李仁东), Song X-F(宋学锋). Grey associative analysis of regional urbanization and eco-environment coupling in China. *Acta Geographica Sinica*(地理学报), 2005, **60**(2): 237-247 (in Chinese)

作者简介 赵卫,男,1981年生,博士研究生.主要从事生态承载力与生态安全研究,发表论文4篇. E-mail: zhaow_dx@mails.gucas.ac.cn

责任编辑 杨弘

欢迎订阅 2008 年《应用生态学报》

《应用生态学报》(1990年创刊)是由中国科学院主管、中国生态学学会和中国科学院沈阳应用生态研究所联合主办,科学出版社出版的国内外发行的综合性学术刊物.本刊宗旨是坚持理论联系实际的办刊方向,结合科研、教学、生产实际,报道生态科学诸领域在应用基础研究方面具有创新的研究成果,交流基础研究和应用研究的最新信息,促进生态学研究为国民经济建设服务.

本刊专门登载有关应用生态学(主要包括森林生态学、农业生态学、草地生态学、渔业生态学、自然资源生态学、景观生态学、全球变化生态学、城市生态学、产业生态学、生态规划与生态设计、污染生态学、化学生态学、生态工程学、恢复生态学、生物入侵与生物多样性保护生态学、流行病生态学、旅游生态学和生态系统管理等)的综合性论文、创造性研究报告和研究简报等.

本刊读者对象主要是从事生态学、地学、林学、农学和环境科学研究、教学、生产的科技工作者,有关专业的研究生及经济管理和决策部门的工作人员.

《中国科学引文数据库》、《中国科技论文与引文数据库》、《中国生物学文摘》、美国《生物学文摘》(BA)、美国《Medline》、美国《BIOSIS Previews》、美国《BIOTECHNO》、美国《化学文摘》(CA)、英国《生态学文摘》(EA)、日本《科学技术文献速报》(CBST)和俄罗斯《文摘杂志》(PЖ)等十几种权威检索刊物均收录本刊的论文摘要(中英文),并被认定为《中国核心期刊(遴选)数据库》和《中国科学引文数据库》来源期刊.本刊的整体质量与水平已达到新的高度,1992年荣获全国优秀科技期刊三等奖和中国科学院优秀期刊二等奖,1996年荣获中国科学院优秀期刊三等奖,2000年荣获中国科学院优秀期刊二等奖,2001年入选中国期刊方阵双效期刊,2004和2005年入选“百种中国杰出学术期刊”.

本刊为月刊, A4开本, 224页, 每月18日出版, 期定价65.00元, 全国各地邮政局(所)均可订阅, 邮发代号8-98. 错过订期也可直接向本刊编辑部邮购, 个人订阅优惠30%. 地址: 辽宁省沈阳市文化路72号《应用生态学报》编辑部/110016. 电话(024)83970393, E-mail: xjiae@iae.ac.cn