

# 吉林省生态足迹与生态承载力动态变化分析与预测研究

高 标, 崔凤午

(白城师范学院, 吉林 白城 137000)

**摘 要:**运用生态足迹理论计算吉林省 1996—2010 年的人均生态足迹与人均生态承载力,分析人均生态足迹与人均生态承载力的动态变化,利用 SPSS 软件分析得到人均生态足迹与人均生态承载力的发展预测模型。结果表明:人均生态足迹在 1996—1998 年呈现先升后降;1998—2010 年一直保持增长的趋势,从  $1.784\ 1\ \text{hm}^2/\text{cap}$  增长到  $3.201\ 3\ \text{hm}^2/\text{cap}$ ,在 1996—2010 年期间,人均生态承载力由  $1.371\ 0\ \text{m}^2/\text{cap}$  减少到  $1.302\ 8\ \text{hm}^2/\text{cap}$ ,生态赤字从  $0.560\ 1\ \text{m}^2/\text{cap}$  增加到  $1.898\ 5\ \text{hm}^2/\text{cap}$ ,吉林省的发展处于不可持续的状态;万元 GDP 生态足迹由  $3.769\ 2\ \text{hm}^2$  减小到  $1.014\ 4\ \text{hm}^2$ ,并存在进一步减小的趋势。发展预测模型显示:2011—2025 年,吉林省人均生态足迹将由  $3.420\ 1\ \text{hm}^2/\text{cap}$  增大到  $6.007\ 3\ \text{hm}^2/\text{cap}$ ,人均生态承载力由  $1.300\ 1\ \text{hm}^2/\text{cap}$  降到  $1.258\ 1\ \text{hm}^2/\text{cap}$ ,生态赤字将由  $2.120\ 0\ \text{hm}^2/\text{cap}$  增大到  $4.749\ 2\ \text{hm}^2/\text{cap}$ 。吉林省必须采取一系列有效的措施,改变现有的经济发展模式、加大科技创新、提高人民素质,否则,生态赤字将会不断地加大,可持续发展状况将进一步恶化。

**关键词:**生态足迹;生态承载力;可持续发展;生态赤字;吉林省

中图分类号:S181;X171

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)06-0105-06

## Research on Dynamic Change Analysis and Prediction of Ecological Footprint and Ecological Capacity in Jilin Province

GAO Biao, CUI Feng-wu

(Baicheng Normal College, Baicheng, Jilin 137000, China)

**Abstract:** This paper calculated ecological footprint per capita and ecological capacity per capita in Jilin Province during 1996 and 2010 by using the ecological footprint theory, analyzed the dynamic changes of ecological footprint per capita and ecological capacity per capita, and obtained development prediction model of ecological footprint per capita and ecological capacity per capita by using the analysis of SPSS statistical software. The results indicated the ecological footprint per capita had ascended firstly and then descended between 1996 and 1998. It increased continuously from  $1.784\ 1\ \text{hm}^2$  per capita to  $3.201\ 3\ \text{hm}^2$  per capita between 1998 and 2010, and ecological capacity per capita dropped from  $1.371\ 0\ \text{hm}^2$  per capita to  $1.302\ 8\ \text{hm}^2$  per capita between 1996 and 2010. In the same period, ecological deficit had increased from  $0.560\ 1\ \text{hm}^2$  per capita to  $1.898\ 5\ \text{hm}^2$  per capita, indicating that the development of Jilin Province was in an unsustainable status. Ecological footprint per 10 000 RMB GDP dropped from  $3.769\ 2\ \text{hm}^2$  to  $1.014\ 4\ \text{hm}^2$  and had the trend of further reduction. The development prediction model showed the ecological footprint per capita in Jilin Province would increase from  $3.420\ 1\ \text{hm}^2$  per capita to  $6.007\ 3\ \text{hm}^2$  per capita between 2011 and 2025, ecological capacity per capita would drop from  $1.300\ 1\ \text{hm}^2$  per capita to  $1.258\ 1\ \text{hm}^2$  per capita and ecological deficit would increase from  $2.120\ 0\ \text{hm}^2$  per capita to  $4.749\ 2\ \text{hm}^2$  per capita. Jilin Province must take a series of effective measures to change the existing mode of economic development and improve scientific and technological innovation, and promote the quality of the people. Otherwise, the ecological deficit will continue to increase, the situation of sustainable development will deteriorate further.

**Key words:** ecological footprint; ecological capacity; sustainable development; ecological deficit; Jilin Province

收稿日期:2012-04-30

修回日期:2012-06-25

资助项目:吉林省教育厅十二五社会科学研究项目(20110315)

作者简介:高标(1980—),男,吉林白城人,讲师,硕士,主要研究方向:区域环境保护与可持续发展。E-mail:niatgb@126.com

通信作者:崔凤午(1960—),男,吉林白城人,教授,研究方向:数学建模。E-mail:cui Fengwu219@163.com

可持续发展是立足于环境和自然资源的关于人类长期发展的战略和模式,它强调环境承载能力和资源的永续利用<sup>[1]</sup>。自 1972 年在联合国人类环境研讨会提出可持续发展的概念以来,可持续发展一直都是各国学者研究的重点内容,而其定量评价方法的研究更是其中的前沿和热点。加拿大生态经济学家 William Rees 教授和 Wackernagel 博士于 20 世纪 90 年代提出了一种定量评价可持续发展程度与状况的方法——生态足迹法<sup>[2-3]</sup>,该方法从一个全新的视角出发,思考人类及其发展与生态环境的关系,提出一个核算全球、国家、地区以及个人对自然资本利用状况的简明框架,通过计算人类对自然生态服务的需求与自然所能提供的生态服务之间的差距,评价人类对自然资源的利用情况,进而判定评价区域的可持续发展程度与状况,该方法已经在国内外相关领域得到了广泛的应用,涵盖世界<sup>[4-5]</sup>、国家<sup>[6-8]</sup>、省和地区<sup>[9-13]</sup>、州市县乡<sup>[14-18]</sup>、学校<sup>[19-20]</sup>等各个尺度<sup>[21-23]</sup>。其中就吉林省而言,顾康康和刘景双<sup>[24]</sup>利用生态足迹模型研究了吉林省 1978—2002 年生态足迹和生态承载力,并运用回归分析对吉林省 2004—2016 年生态足迹和生态承载力做出了预测,结果表明:1978—2002 年,吉林省人均生态足迹从 1.090 hm<sup>2</sup> 增加到 2.457 hm<sup>2</sup>,人均生态承载力从 1.210 hm<sup>2</sup> 下降到 1.096 hm<sup>2</sup>;邱灵等<sup>[25]</sup>对吉林省 2003 年的生态足迹进行了实证计算和分析,结果表明,吉林省 2003 年的人均生态足迹需求为 2.66 hm<sup>2</sup>,人均生态承载力为 1.89 hm<sup>2</sup>,生态赤字为 0.77 hm<sup>2</sup>;李辉等<sup>[26]</sup>对吉林省 1996—2005 年的生态足迹进行了计算和分析,结果表明:1996—2005 年,就吉林省整体而言,人类活动对生态环境造成的压力已超过了它的承载力范围;方恺等<sup>[27]</sup>分析了 1994—2008 年的吉林省能源足迹及其各土地利用类型供给变化,并通过生态效应指数计算揭示了土地利用/覆盖变化对能源足迹的影响。

本研究运用生态足迹理论计算吉林省 1996—2010 年的人均生态足迹与人均生态承载力,分析人均生态足迹与人均生态承载力的动态变化,并结合生态赤字以及万元 GDP 生态足迹,研究吉林省近 15 a 的可持续发展程度与状况,利用 SPSS 软件分析得到人均生态足迹与人均生态承载力的发展预测模型,进而预测未来 15 a 的吉林省的人均生态足迹、人均生态承载力以及生态赤字的发展趋势,以期政府或相关部门制定政策与规划提供科学、合理的依据。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 吉林省基本概况

吉林省位于东北地区中部,属于温带大陆性季风气候,全年平均气温 4.8℃,年降水量 810.7 mm。地处北纬 40°52′—46°18′,东经 121°38′—131°19′,东西最长约 750 km,南北最宽约 600 km,总面积 18.74 万 km<sup>2</sup>,约占全国总土地面积的 2%,居全国第 14 位,其中山地占 36%、丘陵占 5.8%、平原占 30%、台地及其他占 28.2%。全省拥有耕地面积 557.84 万 hm<sup>2</sup>,园地面积 11.56 万 hm<sup>2</sup>、草地面积 104.56 万 hm<sup>2</sup>、其他农用地面积 45.52 万 hm<sup>2</sup>、建设用地面积 104.98 万 hm<sup>2</sup>。全省拥有林业用地面积 932.7 万 hm<sup>2</sup>,森林面积 827.8 万 hm<sup>2</sup>,活立木总蓄积量 9.35 亿 m<sup>3</sup>,森林覆盖率达 43.6%。全省拥有水资源总量为 686.68 亿 m<sup>3</sup>,地表水资源量 622.07 亿 m<sup>3</sup>,地下水资源量 141.88 亿 m<sup>3</sup>。

主要矿产有石油、镍、镓、油母页岩、石墨、金、钼、冰洲石、铼等,而且多种矿产的储量居全国前列。主要的粮食作物有玉米、水稻、大豆、小麦、高粱、谷子、薯类;主要经济作物有向日葵、甜菜、烟草;主要特产有人参和其他中草药等。

### 1.2 研究方法

1.2.1 生态足迹的计算方法 生态足迹是指为了满足一定地区的人口消费所需的生产性土地和水域的面积,以及吸纳这些人口所产生的废弃物的土地面积之和<sup>[11]</sup>。生态足迹的计算包括生物资源消费和能源消费两部分,其计算公式为<sup>[28]</sup>:

$$EF = N \times ef = N \times \sum (aa_i) = N \times r_i \times \sum (c_i / p_i)$$

式中:EF——地区总的生态足迹; $N$ ——人口数量; $ef$ ——人均生态足迹; $i$ ——消费品的类别; $r_i$ —— $i$ 种消费品对应土地类型的均衡因子; $aa_i$ —— $i$ 种消费品折算的人均生物生产性土地面积; $c_i$ —— $i$ 种消费品的人均消费量; $p_i$ —— $i$ 种消费品的世界平均生产力,本研究以人均生态足迹为研究对象。

在生态足迹的计算中,生物生产性土地可分为耕地、草地、林地、建筑用地、化石燃料用地和水域 6 种类型。一定地区的人口所需的全部消费和生态服务均由此 6 种不同土地类型的生物生产力提供。由于这 6 类土地面积的生物生产力差异较大,不能直接相加,所以必须把这些土地面积乘以一个均衡因子,转化为统一的、可比较的生物生产性土地面积。本研究采用的均衡因子耕地为 2.82,草地为 0.54,林地为 1.14,水域为 0.22,建筑用地为 2.82,化石燃料用地为 1.14<sup>[29]</sup>。

1.2.2 生态承载力的计算方法 生态承载力是指某一地区能够提供本地区人口的生物生产性土地面积的总和。

由于土地资源具有较大的地域差异,所以对于不同国家或地区,不仅单位面积不同类型土地的生产力存在一定差别,而且单位面积同类型生物生产性土地的生产力的差异也较大,所以不同国家和地区的同类型生物生产性土地的实际面积不能直接进行比较,需要应用产量因子进行校正,产量因子指的是某个国家或地区的某一类型土地的生产力与该类型土地的世界平均生产力的比率。人均生态承载力的计算公式为<sup>[28]</sup>:

$$EC=N\times ec=N\times \sum a_j\times r_j\times y_j$$

式中:EC——总生态承载力;ec——人均生态承载力; $a_j$ ——人均实际占有的  $j$  类生物生产性土地面积; $r_j$ ——均衡因子(同生态足迹); $y_j$ ——产量因子。其中,耕地为 1.66,林地为 0.91,草地为 0.19,建筑用地为 2.19,水域为 1.00<sup>[29]</sup>。本研究以人均生态承载力为研究对象,实际计算时需要扣除 12%的生物多样性保护面积。

1.2.3 生态赤字 生态赤字为人均生态足迹与人均生态承载力之差,表示某个地区人类生产消费活动与人均生态承载力的关系,主要用来衡量这一地区的可持续发展状况。当这一地区的人均生态足迹超过人均生态承载力,表明这一地区的人口对自然生态系统的产品与服务需求超过生态承载力的范围,生态系统不安全,生态环境处于不可持续状态;如果这一地区的人均生态承载力超过人均生态足迹,就出现生态冗

余,表明该地区的人口生产生活消费处于该地区所提供的生态承载力范围之内,生态系统是安全的,生态环境处于可持续状态。

1.2.4 万元 GDP 生态足迹 万元 GDP 生态足迹即人均生态足迹与人均万元 GDP 的比值,表示每产生 1 万元 GDP 所需要的生物生产性土地面积。万元 GDP 生态足迹越大,表示单位面积生物生产性土地的产出率越低,研究区域的资源利用效率就越低;反之,研究区域的资源利用效率就越高。

2 数据来源

生态足迹与生态承载力计算的基本数据来源于:《吉林省统计年鉴(1997—2011)》、《中国能源统计年鉴(1997—2011)》、联合国粮食及农业组织统计数据库(<http://faostat.fao.org/>)、世界自然基金会官方网站(<http://www.wwfchina.org/>)、吉林省国土资源厅官方网站(<http://dlr.jl.gov.cn/>)、吉林省林业网(<http://lyt.jl.gov.cn/>)。

3 吉林省 1996—2010 年生态足迹和生态承载力的计算

生态足迹包括生物资源消费和化石能源消费两部分,生物资源的消费包括农产品、动物产品、林产品、水产品、水果产品及木材等,能源消费包括原煤、焦炭、原油、汽油、柴油、燃料油、煤油、液化石油气、电力等,运用上述计算方法对吉林省 1996—2010 年的人均生态足迹与人均生态承载力进行计算,结果分别如表 1 和 2 所示。

表 1 吉林省 1996—2010 年人均生态足迹 hm<sup>2</sup>/cap

年份	耕地	草地	林地	水域	建筑用地	化石燃料用地	人均生态足迹
1996	0.3349	0.3816	0.0974	0.0387	0.0107	1.0678	1.9311
1997	0.3433	0.5035	0.0967	0.0322	0.0111	1.0677	2.0545
1998	0.1881	0.5149	0.0962	0.0366	0.0104	0.9379	1.7841
1999	0.3342	0.4114	0.0957	0.0377	0.0113	0.9371	1.8273
2000	0.4111	0.3837	0.0948	0.0335	0.0114	0.9175	1.8520
2001	0.4069	0.3627	0.0945	0.0392	0.0122	0.9618	1.8774
2002	0.4338	0.4321	0.0942	0.0500	0.0126	1.1256	2.1484
2003	0.4620	0.4522	0.0940	0.0504	0.0126	1.1238	2.1951
2004	0.4377	0.5442	0.0939	0.0448	0.0144	1.2218	2.3567
2005	0.3935	0.5991	0.0936	0.0473	0.0141	1.4829	2.6306
2006	0.3914	0.5910	0.0934	0.0488	0.0154	1.6548	2.7947
2007	0.3620	0.5887	0.0880	0.0522	0.0127	1.7625	2.8661
2008	0.3688	0.5212	0.0883	0.0509	0.0184	1.9910	3.0385
2009	0.3837	0.5786	0.0826	0.0563	0.0191	1.8831	3.0034
2010	0.3680	0.4519	0.0824	0.0462	0.0213	2.2315	3.2013

表 2 吉林省 1996—2010 年人均生态承载力

hm<sup>2</sup>/cap

年份	耕地	草地	林地	水域	建筑用地	人均生态承载力	可用人均生态承载力
1996	0.9931	0.0041	0.3674	0.0051	0.1883	1.5579	1.3710
1997	0.9863	0.0041	0.3649	0.0050	0.1870	1.5474	1.3617
1998	0.9804	0.0041	0.3627	0.0050	0.1859	1.5380	1.3535
1999	0.9753	0.0040	0.3608	0.0050	0.1849	1.5300	1.3464
2000	0.9665	0.0040	0.3576	0.0049	0.1833	1.5163	1.3343
2001	0.9632	0.0040	0.3564	0.0049	0.1826	1.5112	1.3298
2002	0.9602	0.0040	0.3553	0.0049	0.1821	1.5063	1.3256
2003	0.9586	0.0040	0.3547	0.0049	0.1818	1.5040	1.3235
2004	0.9569	0.0040	0.3541	0.0049	0.1814	1.5013	1.3211
2005	0.9543	0.0040	0.3531	0.0049	0.1809	1.4971	1.3175
2006	0.9519	0.0039	0.3522	0.0048	0.1805	1.4933	1.3141
2007	0.9495	0.0039	0.3513	0.0048	0.1800	1.4896	1.3108
2008	0.9479	0.0039	0.3507	0.0048	0.1797	1.4872	1.3087
2009	0.9461	0.0039	0.3501	0.0048	0.1794	1.4843	1.3062
2010	0.9437	0.0039	0.3492	0.0048	0.1789	1.4805	1.3028

注:1. 没有专门用于吸收 CO<sub>2</sub> 的用地,所以化石燃料用地数值为零,表中不予给出;2. 根据世界环境与发展委员会(WCED)的建议,可用人均生态承载力的计算为在人均生态承载力基础上扣除 12%的生物多样性保护面积。

3.1 人均生态足迹与其组成结构的动态变化分析

由 1996—2010 年吉林省人均生态足迹的动态变化(表 1)可知,1997 年较 1996 年升高了 0.123 4 hm<sup>2</sup>/cap,1998 年出现下降,降幅为 0.270 4 hm<sup>2</sup>/cap,达到 1.784 1 hm<sup>2</sup>/cap。从 1998 年到 2010 年,人均生态足迹一直保持增长的趋势,但直到 2002 年才超过 1997 年的水平,这期间,人均生态足迹从 1.784 1 hm<sup>2</sup>/cap 增长到 3.201 3 hm<sup>2</sup>/cap,增幅达到 1.417 2 hm<sup>2</sup>/cap,增长率为 79.44%,年平均增长率为 6.62%。说明这十几年来随着吉林省社会经济的发展,人民的物质生活水平得到了巨大的提高,表现之一就是所消耗的生活资料的绝对数量大幅增加,进而对生态环境产生的压力也越来越大。

从生态足迹的组成结构分析(表 1),总体趋势是化石燃料用地在人均生态足迹中所占比例最大,期间存在一定的变化,最小值为 2000 年的 49.54%,最大值达到 2010 年的 69.7%,这期间,1996—2004 年变化比较平稳,从 2006 年开始有逐渐增大的趋势,这些主要是由于吉林省主要以化石燃料能源为主,2000 年以来是吉林省社会经济高度发展的阶段,产生了大量的能源消耗,而且吉林省冬季寒冷、供热期长也是人均化石燃料用地高的一个重要原因。其次是草地和耕地,每年的比例存在一定的变化,且从 2004 年开始,草地和耕地所占比例都有逐渐减小的趋势。期间,草地的平均比例为 20.97%,耕地为 16.31%;1996 年—1999 年,草地的比例大于耕地;2000 年—2003 年,耕地的比例反超过草地;从 2004 年开始,草地的比例再次超过耕地,一直持续到 2010 年,草地的

比例大说明吉林省人民对高档的生物性消费(牛羊肉、乳品等)需求比较高。其余的土地类型依次为林地、水域、建筑用地,平均比例依次为 4.09%,1.90%,0.58%,这三种类型土地变化不大。

3.2 人均生态承载力的动态变化分析

1996—2010 年吉林省的人均生态承载力变化如表 2 所示,从 1996 年开始,吉林省的人均生态承载力以及各种类型生物生产性土地的承载力都呈现缓慢降低的趋势,主要是由于人口数量的增加以及土地退化(水土流失、荒漠化、盐碱化等)、气候变化以及政府相关政策导致的土地面积减少造成的。这期间,人均生态承载力从 1.371 0 hm<sup>2</sup>/cap 减少到 1.302 8 hm<sup>2</sup>/cap,减幅为 0.068 2 hm<sup>2</sup>/cap,减少率为 4.97%,年平均减少率为 0.33%。

3.3 生态赤字与万元 GDP 生态足迹变化分析

表 3 表明,在 1996—2010 年间,吉林省的人均生态足迹与人均生态承载力大致处于反方向变化,且 1996 年就已经出现生态赤字 0.560 1 hm<sup>2</sup>/cap,1997 年增大到 0.692 8 hm<sup>2</sup>/cap,随后 1998 年减小到 0.430 6 hm<sup>2</sup>/cap,从 1998 年开始,生态赤字出现逐渐增大的趋势,从 1998 年的 0.430 6 hm<sup>2</sup>/cap 增大到 2010 年的 1.898 5 hm<sup>2</sup>/cap,增大了 3.4 倍,净增幅为 1.467 9 hm<sup>2</sup>/cap。说明吉林省利用自然资源的强度与力度在逐年加大,吉林省的人口对自然生态系统的产品与服务需求已经超出自然生态系统的生态承载力范围,生态足迹与生态承载力之间的矛盾加剧,生态赤字逐年加大,生态系统退化,人口与土地之间的关系紧张,吉林省的发展处于一种不可持续的状态。

从各个土地类型上看,耕地、草地、林地、水域及建筑用地的可用人均生态承载力(扣除 12%的生物多样性保护用地)分别是其生态需求的 1.74,0.007,3.39,0.1,11.59 倍;耕地、林地与建筑用地处于可持续的生态冗余状态,草地和水域处于生态赤字状态,以上分析大体与吉林省的基本省情一致,可见,吉林省出现严重的生态赤字的根本原因是化石燃料的大量耗用,再加上没有专门用于吸收 CO<sub>2</sub> 的生态承载用地。

万元 GDP 生态足迹可以间接反映研究区域的资源利用效率,从表 3 可以看出,吉林省近 15 a 来万元 GDP 生态足迹大致呈现逐渐下降的趋势,只在 2001—2002 年出现一个小幅的增高。数值由 1996 年的 3.769 2 hm<sup>2</sup> 减小到 2010 年的 1.014 4 hm<sup>2</sup>,总体情况反映出吉林省近十几年来发展对生物生产性土地的利用效率正逐年提高,随着经济的发展和科技的进步,万元 GDP 生态足迹存在进一步减小的趋势。

表 3 吉林省 1996—2010 年生态赤字与万元 GDP 生态足迹变化

年份	人均生态足迹/ (hm <sup>2</sup> · cap <sup>-1</sup> )	人均生态承载力/ (hm <sup>2</sup> · cap <sup>-1</sup> )	生态赤字/ (hm <sup>2</sup> · cap <sup>-1</sup> )	GDP/亿元	万元 GDP 生态足迹 (hm <sup>2</sup> /万元)
1996	1.9311	1.3710	0.5601	1337.16	3.7692
1997	2.0545	1.3617	0.6928	1446.91	3.7313
1998	1.7841	1.3535	0.4306	1557.78	3.0279
1999	1.8273	1.3464	0.4809	1660.91	2.9239
2000	1.8520	1.3343	0.5177	1864.84	2.6632
2001	1.8774	1.3298	0.5476	2032.48	2.4855
2002	2.1484	1.3256	0.8228	2246.12	2.5819
2003	2.1951	1.3235	0.8716	2522.62	2.3527
2004	2.3567	1.3211	1.0356	2958.21	2.1577
2005	2.6306	1.3175	1.3131	3620.27	1.9735
2006	2.7947	1.3141	1.4806	4275.12	1.7800
2007	2.8661	1.3108	1.5553	5284.69	1.4805
2008	3.0385	1.3087	1.7298	6426.10	1.2929
2009	3.0034	1.3062	1.6972	7278.75	1.1304
2010	3.2013	1.3028	1.8985	8667.58	1.0144

4 生态足迹与生态承载力预测

运用 SPSS 软件对 1996—2010 年的人均生态足迹、人均生态承载力与年份(以 1996 年为 1,1997 年为 2,其余年份类推)之间的关系进行曲线回归分析,得到二者的发展预测模型,如下:

$$Y_{\text{人均生态足迹}} = 0.0974x + 0.0019x^2 + 1.3753 \quad (R^2 = 0.9715)$$
$$Y_{\text{人均生态承载力}} = -0.003x + 1.3481 \quad (R^2 = 0.9949)$$

假设吉林省未来 15 a 内的人口增长率、经济增长及消费模式、土地利用和贸易状况仍保持 1996—2010 年间的发展态势,则根据上述两个模型的预测,2011 年吉林省人均生态足迹与人均生态承载力将分别达到 3.420 1 hm<sup>2</sup>/cap 和 1.300 1 hm<sup>2</sup>/cap,其生态赤字达到 2.120 0 hm<sup>2</sup>/cap,2025 年人均生态足迹和人均生态承载力将分别达到 6.007 3 hm<sup>2</sup>/cap 和 1.258 1 hm<sup>2</sup>/cap,生态赤字达到 4.749 2 hm<sup>2</sup>/cap,具体预测数据见表 4。可见,必须采取一系列有效的措施,改变现有的经济发展模式、加大科技创新、提高人民素质,否则,吉林省的生态赤字将会不断加大,可持续发展状况进一步恶化。

表 4 吉林省 2011—2025 年生态足迹与生态承载力预测  
hm<sup>2</sup>/cap

年份	人均生态足迹	人均生态承载力	生态赤字
2011	3.4201	1.3001	2.1200
2012	3.5802	1.2971	2.2831
2013	3.7441	1.2941	2.4500
2014	3.9118	1.2911	2.6207
2015	4.0833	1.2881	2.7952
2016	4.2586	1.2851	2.9735
2017	4.4377	1.2821	3.1556
2018	4.6206	1.2791	3.3415
2019	4.8073	1.2761	3.5312
2020	4.9978	1.2731	3.7247
2021	5.1921	1.2701	3.9220
2022	5.3902	1.2671	4.1231
2023	5.5921	1.2641	4.3280
2024	5.7978	1.2611	4.5367
2025	6.0073	1.2581	4.7492

5 结论与建议

通过对吉林省 1996—2010 年的人均生态足迹与人均生态承载力的动态变化分析以及未来预测,可以

得到以下的结论:1996—2010 年,吉林省的人均生态足迹与人均生态承载力大致处于反方向变化,人均生态足迹增加  $1.417\ 2\ \text{hm}^2/\text{cap}$ ,增长率为 79.44%,且化石燃料用地在人均生态足迹中所占比例最大。人均生态承载力减幅为  $0.068\ 2\ \text{hm}^2/\text{cap}$ ,减少率为 4.97%,且以耕地供给为主。生态赤字从 1996 年的  $0.560\ 1\ \text{hm}^2/\text{cap}$  增大到 2010 年的  $1.898\ 5\ \text{hm}^2/\text{cap}$ 。虽然说万元 GDP 生态足迹的降低说明了吉林省的地区生物生产性土地的利用效率在逐渐提高,但总体需求的刚性增加已经大大超过自然生态系统的生态承载能力,导致吉林省的发展模式处于一种相对不可持续的状态。根据模型预测:2025 年人均生态足迹和人均生态承载力将分别达到  $6.007\ 3\ \text{hm}^2/\text{cap}$  和  $1.258\ 1\ \text{hm}^2/\text{cap}$ ,生态赤字达到  $4.749\ 2\ \text{hm}^2/\text{cap}$ 。必须采取一系列有效的措施,改变现有的经济发展模式、加大科技创新、提高人民素质,否则,吉林省的生态赤字将会不断地加大,可持续发展状况进一步恶化。

建议吉林省应该在以下方面采取对策:(1) 转换经济增长方式,优化产业结构,合理工业布局。如可以大力发展循环经济,建设循环经济型工业园区;(2) 改变能源结构,减少化石能源消耗,提高能源资源利用效率,发展可再生能源和新能源。如在吉林西部地区优先发展风能、太阳能与生物质能;采用区域集中供热等;(3) 加强舆论宣传与公众教育,改变现有生产生活消费方式,提倡节约节俭,拒绝铺张浪费;(4) 调整农业的产业结构,加强技术手段更新,提高生产性土地单位面积的生物产量;(5) 合理利用土地,防止过度开荒,防治土地沙化、盐碱化与水土流失。

#### 参考文献:

- [1] 钱易,唐孝炎. 环境保护与可持续发展[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [2] Rees W. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out[J]. *Environmental Urban*, 1992, 4(2): 121-130.
- [3] Wackernagel M, Rees W. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth[M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [4] van Vuuren D P, Bouwman L F. Exploring past and future changes in the ecological footprint for world regions[J]. *Ecological Economics*, 2005, 52(1): 43-62.
- [5] Mostafa M M. A Bayesian approach to analyzing the ecological footprint of 140 nations[J]. *Ecological Indicators*, 2010, 10(4): 808-817.
- [6] van Vuuren D P, Smeets E M W. Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands[J]. *Ecological Economics*, 2000, 34(1): 115-130.
- [7] Senbel M, McDaniels T, Dowlatabadi H. The ecological footprint: a non-monetary metric of human consumption applied to North America[J]. *Global Environmental Change*, 2003, 13(2): 83-100.
- [8] Alessandro G, Justin K, Valentina N, et al. Assessing the global environmental consequences of economic growth through the ecological footprint: a focus on China and India[J]. *Ecological Indicators*, 2012, 17: 99-107.
- [9] 李飞,宋玉祥,刘文新. 生态足迹与生态承载力动态变化研究:以辽宁省为例[J]. *生态环境学报*, 2010, 19(3): 718-723.
- [10] 宫继萍,潘竟虎,石培基. 基于生态足迹和灰色关联度的甘肃省可持续发展研究[J]. *水土保持研究*, 2011, 18(2): 198-201.
- [11] 刘晓星,贡璐,吕光辉,等. 阿克苏地区生态足迹分析与动态预测[J]. *干旱区资源与环境*, 2011, 25(6): 49-53.
- [12] 刘富刚. 基于生态足迹的鲁西北生态经济可持续发展研究:以德州市为例[J]. *水土保持研究*, 2008, 15(4): 138-141.
- [13] 杨艳,牛建明,张庆,等. 基于生态足迹的半干旱草原区生态承载力与可持续发展研究:以内蒙古锡林郭勒盟为例[J]. *生态学报*, 2011, 31(17): 5096-5104.
- [14] 熊春梅,杨立中,贺玉龙. 基于生态足迹的西南山区资源可持续利用研究:以黔东南苗族侗族自治州为例[J]. *中国人口·资源与环境*, 2009, 19(5): 58-63.
- [15] 谭波,傅瓦利. 基于生态足迹的巫山县土地承载力研究[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(5): 105-108.
- [16] 何淑勤,宫渊波,郑子成,等. 基于生态足迹模型的汉源县可持续发展动态分析[J]. *水土保持研究*, 2011, 18(5): 39-42.
- [17] 何淑勤,宫渊波,郑子成,等. 基于生态足迹的雅安市土地生态安全研究[J]. *水土保持研究*, 2010, 17(6): 118-122.
- [18] 周晔,项文化. 广西沙田镇农村农户生态足迹及其影响因素分析[J]. *中南林业科技大学学报*, 2001, 31(5): 234-240.
- [19] Klein-Banaia C, Thomas L T. An urban university's ecological footprint and the effect of climate change[J]. *Ecological Indicators*, 2011, 11(3): 857-860.
- [20] 张秋根,高娟,余晓凤,等. 南昌航空大学(前湖校区)2008 年生态足迹调查与分析[J]. *南昌航空大学学报:自然科学版*, 2010, 24(1): 101-108.
- [21] Colin Hunter, Jon Shaw. The ecological footprint as a key indicator of sustainable tourism[J]. *Tourism Management*, 2007, 28(1): 46-57.

(下转第 116 页)

北区土地利用变化的主要因素。在局部空间尺度上,对常州市新北区土地利用变化造成影响显著的因子,主要包括距水系最近距离、距城镇最近距离、距省级以上公路最近距离和距城乡主干道最近距离等。

(2) 快速城镇化背景下,常州市新北区土地利用时空演化的总体特征突出表现在建设用地增长和耕地的减少方面,这也是我国东部发达地区城镇化进程中的土地利用典型特征。近年来常州市新北区经济快速发展和人口增长是土地利用变化的主要社会经济驱动力;交通体系决定下的空间可达性、中心城镇影响下的空间区位条件是影响土地利用变化的重要因素;而新北区较为平坦的地形、地貌条件,使得土地利用变化受海拔和坡度影响较小。建设用地增长主要以牺牲耕地面积为代价,而形态上表现为:一是以现有城镇为中心,在城镇扩散效应下,带动城乡结合部的非城市用地不断向城市用地转化;二是在道路交通带动下,建设用地沿交通轴线不断扩张,体现了道路对城市用地斑块的“牵引”能力。

(3) 快速城镇化促使建设用地扩张成为必然趋势,但对这种趋势缺乏预警任其发展,势必会造成城镇建设用地的非理性扩张。从研究结果看,常州市新北区要促进人地关系协调和可持续发展,势必要加强现有建设用地潜力挖掘和农村居民点整治力度,提高居住用地效率和工业园区的集约化程度。而这也是我国东部沿海区域城镇化进程中,解决人地供需矛盾的必由之路。

#### 参考文献:

- [1] 胡业翠,刘彦随,邓旭升. 土地利用/覆被变化与土地资  
源优化配置的相关分析[J]. 地理科学进展,2004,23(2):  
51-57.
- [2] 陈佑启,杨鹏. 国际上土地利用/土地覆被变化研究的新  
进展[J]. 经济地理,2001,21(1):95-100.
- [3] 廖雅萍,王军厚,付蓉. 川西北阿坝地区沙化土地动态变  
化及驱动力分析[J]. 水土保持研究,2011,18(3):51-54.
- [4] 杨梅,张广录,侯永平. 区域土地利用变化驱动力研究进  
展与展望[J]. 地理与地理信息科学,2011,27(1):95-  
100.
- [5] 谢菲,舒晓波,廖富强,等. 浮梁县土地利用变化及驱动  
力分析[J]. 水土保持研究,2011,18(2):213-221.
- [6] 吴明发,欧名豪,廖荣浩. 经济发达地区土地利用变化及  
其驱动力分析[J]. 水土保持研究,2012,19(1):179-183.
- [7] Rindfuss R R, Walsh S J, Turner II B L, et al. Develo-  
ping a science of land change: challenges and methodo-  
logical issues[J]. Proceedings of the National Academy  
of Sciences,2004,101(39):13976-13981.
- [8] Verburg P H, Schot P, Dijst M, et al. Land use change  
modeling: current practice and research priorities[J].  
GeoJournal,2004,61(4):309-324.
- [9] 陈红顺,夏斌. 快速城市化地区土地利用变化研究:以广  
东省东莞市为例[J]. 水土保持研究,2012,19(1):239-  
242.
- [10] 位欣,刘耀林,姚鹏. 基于模拟退火遗传算法的土地利用  
变化驱动力研究[J]. 中国土地科学,2008,22(7):34-37.
- [11] 郭斌,陈佑启,姚艳敏,等. 土地利用与土地覆被变化驱动  
力研究综述[J]. 中国农学通报,2008,24(4):408-414.
- [12] 严祥,蔡运龙,陈睿山,等. 土地变化驱动力研究的尺度  
问题[J]. 地理科学进展,2010,29(11):1408-1413.
- [13] 邵景安,陈兰,李阳兵,等. 未来区域土地利用驱动力研  
究的重要命题:尺度依赖[J]. 资源科学,2008,30(1):  
58-61.
- [14] 于宏民,王青,俞雪飞,等. 中国钢铁行业的生态足迹  
[J]. 东北大学学报:自然科学版,2008,29(6):897-900.
- [15] 徐娥. 生态足迹模型在中国不同行业中的应用及启示  
[J]. 中国农学通报,2010,26(8):264-267.
- [16] 顾康康,刘景双. 吉林省生态足迹动态分析与预测[J].  
中国科学院研究生院学报,2007,24(1):66-72.
- [17] 邱灵,王娟,申玉铭. 吉林省 2003 年生态足迹计算与分  
析[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,2007,28(4):  
85-90.
- [18] 李辉,李淑杰,姬冬梅,等. 吉林省生态足迹的计算与动  
态分析[J]. 安徽农业科学,2010,38(23):12706-12707.
- [19] 方恺,沈万斌,董德明. 能源足迹核算的改进与预测:以  
吉林省为例[J]. 地理研究,2011,30(10):1838-1846.
- [20] Mathis Wackernagel, Chad Monfredaa, Niels B S, et  
al. Calculating national and global ecological footprint  
time series: resolving conceptual challenges[J]. Land  
Use Policy,2004,21(3):271-278.
- [21] Wackernagel M, David Y J. The ecological footprint: an  
indicator of progress toward regional sustainability[J].  
Environmental Monitoring and Assessment,1998,51  
(1/2):511-529.

(上接第 110 页)

- [22] 于宏民,王青,俞雪飞,等. 中国钢铁行业的生态足迹  
[J]. 东北大学学报:自然科学版,2008,29(6):897-900.
- [23] 徐娥. 生态足迹模型在中国不同行业中的应用及启示  
[J]. 中国农学通报,2010,26(8):264-267.
- [24] 顾康康,刘景双. 吉林省生态足迹动态分析与预测[J].  
中国科学院研究生院学报,2007,24(1):66-72.
- [25] 邱灵,王娟,申玉铭. 吉林省 2003 年生态足迹计算与分  
析[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,2007,28(4):  
85-90.
- [26] 李辉,李淑杰,姬冬梅,等. 吉林省生态足迹的计算与动