

# 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<sup>\*</sup>

刘 富 刚

(德州学院地理系, 山东 德州 253023)

**摘 要:**生态足迹方法是一种定量衡量人类对自然资源利用程度以及自然界为人类提供生命服务功能的新方法。将该方法应用于鲁西北地区的德州市生态经济发展分析, 结果表明 2002—2006 年德州市人均生态足迹由 1.373 5  $\text{hm}^2$  增长到 3.703 6  $\text{hm}^2$ , 年均增长 33.93%; 人均生态承载力由 0.493 7  $\text{hm}^2$  增长为 0.560 2  $\text{hm}^2$ , 年均增长 2.69%; 人均生态赤字由 1.174  $\text{hm}^2$  增加到 3.067  $\text{hm}^2$ , 年均增长 32.25%, 人类活动对自然生态系统的影响已超出了当地生态承载力的限度, 并不断加速, 人地关系趋于紧张。

**关键词:**生态足迹; 生态承载力; 生态赤字; 可持续发展; 德州市

中图分类号: F323.1; X171

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)04-0138-04

## Research of Sustainable Development of Ecological Economy in Northwest of Shandong Based on Ecological Footprint —Taking Dezhou City as an Example

LIU Fur gang

(Geography Department of Dezhou University, Dezhou, Shandong 253023, China)

**Abstract:** Ecological Footprint is a new method of quantitatively measuring the extent of human use of natural resources and providing services for human life. Applying this method to analyze the ecological economy development of Dezhou city that situated in northwest of Shandong province, the results indicate that per capital ecological footprint of Dezhou got from 1.373 5  $\text{hm}^2$  to 3.703 6  $\text{hm}^2$ , average annual growth of is 33.93%; per capital ecological capability from 0.493 7  $\text{hm}^2$  grow up to 0.560 2  $\text{hm}^2$ , average annual growth of is 2.69%; per capital ecological deficit from 1.174  $\text{hm}^2$  to 3.067  $\text{hm}^2$ , the growth ratio of annual is 32.25% from 2002—2006. Influence of human activity to physical ecosystem have already go beyond the limits of the local ecological capability, and continuously acceleration, the relation between human and environment tends to strain.

**Key words:** ecological footprint; ecological capability; ecological deficit; sustainable development; Dezhou city

自 1987 年世界环境与发展委员会(WCED)在《我们共同的未来》中首次系统阐述“可持续发展”的概念和内涵以来, 定量评价和监测成为可持续发展程度重要的研究热点和难点<sup>[1]</sup>。20 世纪 90 年代以来, 出现了许多基于经济学和系统学的评价方法和模型<sup>[2-3]</sup>。它们力求定量分析自然资源消耗对人类福利的影响, 但仍存在概念抽象、计算复杂等弊端。加拿大学者 Rees 和 Wackernagel 于 1992 年提出的生态足迹模型。该方法是土地为度量单位的可持续评价定量测度方法, 许多学者将其用于区域可持续发展的评价。该模型提出后得到了各国学者和机构的广泛应用<sup>[4-5]</sup>; 1999 年被徐中民等学者引入国内以来, 成为新兴的研究热点<sup>[6-7]</sup>。近年来, 在国外已开始了的动态研究; 国内的研究工作多是对

某一年的静态研究, 有关动态的研究报导较少, 在方法和应用上也存在一些不足。对山东省鲁西北地区 2002—2006 年生态足迹动态进行计算分析, 旨在了解鲁西北发展过程中生态承载力及资源利用强度的变化, 探讨影响这种过程的原因, 为区域可持续发展政策提供依据。

### 1 生态足迹模型的评价方法

#### 1.1 生态足迹模型的内涵

生态足迹是指能够持续地向一定规模的人口提供资源和消纳废物的生物生产性土地。生态足迹需求就是生物生产性土地面积, 而区域自然生态系统实际能够提供的生物生产性土地面积则称为生态承载力。通过计算并比较生态足

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2007 12 15

基金项目: 山东省社会科学规划研究项目(06CJZ004)

作者简介: 刘富刚(1964—), 山东省济南人, 副教授, 主要从事自然地理学与农业生态环境教学和研究工作。E-mail: dzxylfg@163.com

迹需求和生态承载力可用来分析区域经济社会发展是否与当地自然生态系统相适应,从而对该区域生态经济的可持续性发展进行分析和评估。生物生产性土地是生态足迹分析法对各类自然资本提供的统一度量基础,它由地球上具有生态生产能力的耕地、草地、林地、建筑用地、化石能源地和水域等 6 个部分组成。耕地是生物生产性土地中生产力最高的土地类型,提供了人类所需的大部分生物资源和产品。草地是提供给人类畜牧业产品的土地类型,生态产生能力比耕地低得多。林地是指产出木材及林产品的人造林和天然林的土地类型,多数林地的生态能力并不高。建筑用地是包括人类各类居住设施、道路等建设所占用的土地类型。化石能源地是人类应该留出用于吸收 CO<sub>2</sub> 的土地。目前人类并未留出这类土地,出于生态学研究的谨慎性考虑,在计算中,考虑了 CO<sub>2</sub> 吸收所需要的化石能源地面积。水域指为人类提供各种水产品的水域面积。

1.2 生态足迹计算

生态足迹的计算主要基于以下两个假设:一是人类能够计算出自身消费的大多数资源和产生的大多数废弃物数量;二是这些资源和废弃物能够被转换成相应的生物生产土地面积。因此,已知人口的生态足迹是生产这些人口所消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的所有废弃物所需要的生物生产总面积<sup>[8]</sup>。

$$EF = Nef = N \times r_j \sum (aa_i) = N \sum (C_i / P_i) \tag{1}$$

式中:EF——总的生态足迹, hm<sup>2</sup>; N——人口数; ef——人均生态足迹, hm<sup>2</sup>/人; i——消费项目和投入的类型; aa<sub>i</sub>——人均 i 种消费项目折算的生物生态面积; r<sub>j</sub>——某类生物生产性土地的均衡因子,其值为该类生物生产性土地的全球平均生产力与上述 6 大类生物生产性土地的全球平均生物生产力之比; P<sub>i</sub>——第 i 种消费项目的平均生产能力; C<sub>i</sub>——第 i 种项目的人均消费量。由式(1)可知生态足迹是人口数和人均物质消费的函数,生态足迹是每种消费项目生物生产面积的总和<sup>[9]</sup>。

1.3 生态承载力的计算

生态承载力指一个区域实际提供给人类的资源和产品折合为所有生物生产土地面积(包括水域)的总和。其计算方法是 将区域内各类生物生产土地面积乘以均衡因子和产量因子后,求和得到带有世界平均产量的世界平均生态空间面积,即总的生态承载力。

(1) 人均生态承载力模型

$$e_c = \sum a_j \times r_j \times y_j \quad (j = 1, 2, \dots, 6) \tag{2}$$

式中: e<sub>c</sub>——人均生态承载力( hm<sup>2</sup>/人 ); a<sub>j</sub>——实际人均占

有的第 j 类生物生产土地面积; r<sub>j</sub>——均衡因子; y<sub>j</sub>——产量因子。

(2) 区域生态承载力模型

$$E_c = N \times e_c \tag{3}$$

式中: E<sub>c</sub>——区域总的生态承载力; N——区域总人口数; e<sub>c</sub>——人均生态承载力( hm<sup>2</sup>/人 )。

按 WCED 的报告,在区域生态承载中应该留出 12% 的生物生产性土地面积,用以保护区域内生态环境。

1.4 生态赤字模型

$$ED = EF - EC = N(ef - ec) \tag{4}$$

式中: ED——生态赤字; EF——生态足迹; EC——生态承载力。如果区域的生态足迹需求超过了区域所能提供的生态足迹供给(生物承载力),就会出现生态赤字。生态赤字是生态足迹方法进行区域可持续发展评价的主要依据。

2 2002– 2006 年德州市生态足迹计算

2.1 研究区概况

德州市地处山东省西北部,黄河下游北岸,冀、鲁两省的交界处,北纬 36° 24′ – 38° 00′、东经 115° 45′ – 117° 24′ 之间,东西宽 200 km,南北长 175 km,总面积 1.04 × 10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>,辖 1 区 2 市 8 县,总人口约为 5.49 × 10<sup>6</sup> 人;温带大陆性半湿润季风气候,土地平坦,是我国重要的粮、棉、蔬生产基地,也是鲁西北、冀东南的物资集散基地和晋煤东调、东北木材南下的重要通道,同时也是环渤海湾经济圈的重要开放城市。

2.2 数据来源与参数选取

德州市生态足迹需求的数据来源于德州市经济统计年鉴(2003– 2007 年)和《德州市土地利用总体规划》。计算过程由两个部分构成:生物资源和能源。生物资源主要包括农产品、动物产品、水产品、水果、木材和林产品等。能源包括煤炭、焦炭、原油、汽油、电力、柴油、燃料油和天然气等。能源消费量转化为化石能源生产土地面积时,采用世界上单位化石燃烧生产土地面积的平均发热量为标准,将当地能源消费所利用热量折算成为化石燃料土地面积。

计算采用 WWF2004 报告给出的 2001 年的均衡因子:建筑用地和耕地为 2.19,水面为 0.36,草地为 0.48,林地和化石能源用地为 1.38。产量因子则沿用 Wackernagel 计算中国生态足迹时所采用的值<sup>[9]</sup>:建筑用地 1.49,耕地 1.66,水域为 1,草地为 0.19,林地 0.91,石能源用地为 0。

2.3 结果与分析

德州市 2002– 2006 年生态足迹和生态承载力计算结果见表 1 和表 2。

表 1 德州市 2002– 2006 年人均生态足迹汇总 hm<sup>2</sup>

年份	耕地	草地	林地	建筑用地	水域	化石燃料地	总生态足迹	人均生态足迹
2002	0.821	0.61	0.002	0.007	0.159	0.136	9431625	1.735
2003	0.749	0.648	0.00005	0.0069	0.17	0.861	13303649	2.435
2004	0.342	0.75	0.00007	0.008	0.20	0.93	12260903	2.323
2005	0.879	0.935	0.00008	0.012	0.21	1.494	19513154	3.53
2006	0.98	0.849	0.00006	0.002	0.224	1.65	20660804	3.703

表 2 德州市 2002– 2006 年人均生态承载力汇总表 hm<sup>2</sup>

年份	耕地	草地	林地	建筑用地	水域	总承载力	人均承载力
2002	0.3758	6.7E-07	0.0405	0.14358	0.0011	2683492	0.494
2003	0.3583	0.00028	0.0426	0.08859	0.0014	2360467	0.432
2004	0.4093	5.1E-06	0.0072	0.10468	0.0073	2555040	0.465
2005	0.3572	0.00029	0.0523	0.24473	0.0267	3312732	0.599
2006	0.3538	4.8E-06	0.0053	0.26718	0.0104	3125602	0.56

2.3.1 生态足迹需求的变化分析

德州市的生态足迹总量和人均生态足迹如表 1、表 2、图 1 所示。从图 1 看出近 5 a 德州市总的生态足迹明显高于总生态承载力,生态足迹总量和人均生态足迹变化规律一致,总体均呈现上升的趋势。生态足迹总量从 2002 年的 9 431 625 hm<sup>2</sup>,增加到 2006 年的 20 660 804 hm<sup>2</sup>,年均增长率为 23.81%。与此同时,人均生态足迹从 2002 年的 1.373 5 hm<sup>2</sup> 增长到 3.703 6 hm<sup>2</sup>,年均增长 33.93%。高于生态足迹总量的增长速度,这主要是由于人口增长速度快的缘故。德州市总人口数量从 2002 年的 5.436×10<sup>6</sup> 人,增加到 2006 年的 5.578 5×10<sup>6</sup> 人,增加了 1.425×10<sup>5</sup> 人,年均人口自然增长率为 5.243‰。国民生产由 2002 年的 460.5 亿元增长到 2006 年的 1 003.38 亿元,年增长率为 23.58%,经济的高速增长,促进了消费水平的提高,使得年人均生态足迹高速增加。生态环境压力猛增。

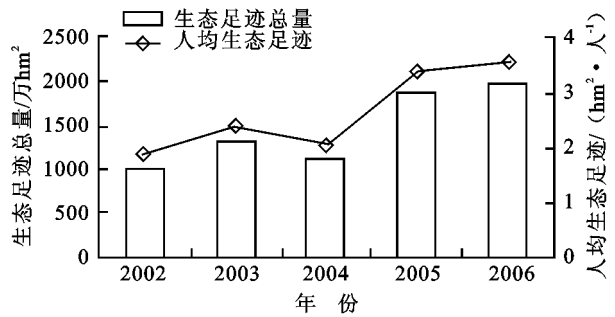


图 1 德州市 2002– 2006 年生态足迹需求变化趋势

表 3 德州市 2002– 2006 年 6 类生物生产土地面积需求结构 %

年份	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
耕地	35.562	31.277	17.191	26.004	27.658
草地	26.45	27.079	37.679	27.662	23.981
林地	0.08	0.002	0.003	0.002	0.002
建筑用地	0.305	0.287	0.392	0.340	0.051
水域	6.912	7.098	10.064	6.267	6.330
化石燃料用地	5.889	35.959	46.723	44.190	46.601

从人均生态足迹的需求类型结构来看(表 3),德州市人均生态足迹 2003 年以来最大的是化石燃料用地,明显高于其它土地利用类型,且有逐年增加的趋势。其次是耕地和草地。水域生态需求有增加的趋势。林地的人均生态足迹最小,建筑用地也小。2006 年人均各类生物生产土地面积由大到小的排序为,化石燃料用地(46.6%)、耕地(27.66%)、草地(23.98%)、水域(6.33%)、建筑用地(0.05%)和林地(0.002%)。从以上分析可看出德州市经济发展对能源输入

的依赖性比较强,基本生活消费占的比重较大,生活消费结构发生改变,经济发展的水平不高。

2.3.2 生态足迹供给的变化分析

德州市的生态承载力总量和人均承载力如表 2、图 2 所示,德州市年总生态承载力和人均生态承载力有所增加,总承载力年增长 3.3%,人均生态承载力年均增长 2.69%。从人均生态承载力的类型结构来看(表 4、图 2),德州市人均生态承载力占有较大的是耕地和建筑用地。耕地的人均生态承载力从 2005 年开始呈下降趋势。

草地的生态承载力一直是最小。以上反映了德州市经济整体水平不高,还是一个传统意义上的农业大市;种植业在农业经济结构中的比例较大,人民对畜禽产品的需求在增加,草地资源比较缺乏,畜牧业发展需求冲突较大。工业经济的落后,人口增加使得耕地资源面临的压力越来越大。建筑用地承载力增加可能与建筑土地管理规范化有关系,同时说明本市的城镇化水平比较低。

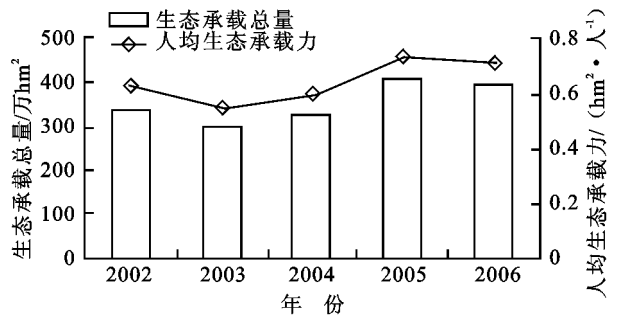


图 2 德州市 2002– 2006 年生态承载力供给变化趋势

表 4 德州市 2002– 2006 年 6 类生物生产土地面积供给结构 %

	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
耕地	53.974	59.123	61.371	43.218	42.58
草地	1E-04	0.0463	0.0008	0.0354	6E-04
林地	5.8199	7.0223	1.0845	6.3327	0.634
建筑用地	20.622	14.62	15.694	29.614	32.15
水域	0.1567	0.2233	1.0957	3.228	1.255

2.3.3 生态赤字变化特征

从表 5 可以看出,德州市人均生态足迹、人均承载力、生态赤字都呈现快速增长的态势。近 5 a 人均生态足迹一直高于人均承载力,已出现较大的生态赤字,生态赤字日益扩大。人均生态赤字由 1.174 hm<sup>2</sup> 增加到 3.067 hm<sup>2</sup>,年均增长 32.25%。近 5 a 该市的人均生态足迹和人均承载力已接近山东省的平均水平,生态赤字增长速度高于山东省平均水平(表 6)。

表 5 德州市 2002- 2006 年生态足迹供需盈亏状况					
	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年
人均生态足迹	1. 74	2. 44	2. 32	3. 53	3. 70
人均生态承载力	0. 50	0. 432	0. 47	0. 60	0. 56
生态赤字	1. 18	1. 94	1. 70	2. 85	3. 07

2.3.4 万元 GDP 生态足迹计算

万元 GDP 生态足迹指的是产生每一万元 GDP 所占用的生态足迹。万元 GDP 生态足迹越高说明资源的利用效率越低,这个指标较好地反映了资源利用的效率。利用德州市统计年鉴历年 GDP 数据和生态足迹计算结果,得出 2002-2006 年的万元 GDP 生态足迹分别为 2. 048, 2. 339, 1. 88, 2. 35, 2. 06 hm<sup>2</sup>, 高于山东省(2002 年 1. 56 hm<sup>2</sup>), 低于全国水平(2002 年 2. 037 hm<sup>2</sup>)。万元 GDP 占用的生态足迹较高说明了德州市生产制造工艺相对落后,新技术的投入使用还不高,农业用地和化石能源用地压力较大。分析其原因,一是德州市人口密度远远高于全国平均水平,近年来人口一直保持相对较快的增长速度,各种资源的人均占有量逐渐降低,经济发展和环境压力的矛盾日益突出。二是德州市自然资源相对比较贫乏,使得农业用地人均生态承载力有下降趋势,建材、纺织是重要耗能产业,常规能源品种单一且储量少,能源缺口大。农业自然灾害频繁,城市污水与垃圾处理水平低,农业生态环境比较脆弱。

表 6 德州市 2002- 2004 年生态足迹供需盈亏对比 <sup>[10]</sup>				
年份	人均生态足迹/hm <sup>2</sup>		人均生态承载力/hm <sup>2</sup>	
	德州市	山东省	德州市	山东省
2002 年	1. 735	3. 473	0. 494	0. 461
2003 年	2. 435	3. 649	0. 432	0. 462
2004 年	2. 323	3. 935	0. 465	0. 455

3 讨 论

- (1) 由于人口增长、资源结构不合理和经济发展对资源索取的巨大压力,德州市近 5 a 来生态赤字快速增长,人口与环境间的矛盾不断加剧;经济结构的调整、科技投入是改变目前经济发展与资源利用不可持续的基本策略。
- (2) 生态足迹分析法紧扣可持续发展理论,在目前可持续发展生态评估的生物物理量衡量方法中广泛应用。但该

在理论和方法上存在一些不足:第一,用生态赤字进行区域可持续发展评价,往往会得出生态足迹越高,生态赤字越大,可持续性越差,经济发展与可持续发展之间对立的结论,第二,生态足迹模型隐含假设了各类生物生产性土地在空间上的相互排斥性,而不能具有两种及其以上的生物生产功能,从而产生生态足迹供给计算结果偏低的系统误差<sup>[11]</sup>;第三,把能源足迹产生的压力完全由消费区域承担,这显然与实际是不相符合的。因此,在评价区域可持续发展过程中,要考虑影响区域可持续发展的自然、社会和经济等多种因素通过生态足迹模型计算,量化指标,从而做出的评价更科学。

参考文献:

[1] 赵先贵,等.基于生态足迹的可持续评价指标体系的构建[J]. 中国农业,2006,39( 6): 1202- 1207.

[2] Hamilton C. The Genuine Progress Indicator Methodological Developments and Results from Australia[J]. Ecological Economics, 1999, 30: 13- 28.

[3] 叶文虎.联合国可持续发展指标述评[J]. 中国人口·资源与环境, 1997, 7(3): 83- 87.

[4] 李利锋,郑度.区域可持续发展评价: 进展与展望[J]. 地理科学进展, 2002, 21( 3): 237- 248.

[5] 张志强,徐中民,程国栋.生态足迹的概念及计算模型[J]. 生态经济, 2000( 10): 8- 10.

[6] 徐中民,张志强,等.甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析[J]. 地理学报, 2000, 55( 5): 608- 616.

[7] 卢远,华瑾.广西 1990- 2002 年生态足迹动态分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2004, 14( 3): 49- 53.

[8] Hardi P, Barg S, Hodge T, et al. Measuring sustainable development: Review of current practice[R]. Occasional paper number17, 1997( IISD): 1- 2, 49- 51.

[9] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with ecological footprints concept[J]. Ecological Economics, 1999, 29: 375- 390.

[10] 李中才.山东省生态的测算及可持续发展评价[J] 国土与自然资源研究, 2007( 2): 19- 20.

[11] 李明月,江华.生态足迹分析模型的假设条件缺陷及应用偏差[J]. 农业现代化研究, 2005, 26( 1): 6- 9.

( 上接第 137 页)

[4] 王国利,周惠成,杨庆.基于 DRASTIC 的地下水易污染性多目标模糊模式识别模型[J]. 水科学进展, 2000 (2): 173- 179.

[5] 范琦,王贵玲,等.地下水脆弱性评价方法的探讨及实例[J]. 水利学报, 2007( 5): 606- 605.

[6] 周惠成,王国利.基于 DRASTIC 模型含水层易污染性模糊综合评价[J]. 大连理工大学学报, 2000( 2): 212- 215.

[7] 钟佐桢.地下水防污性能评价方法探讨[J]. 地学前缘, 2005(4): 3- 11.

[8] 郑秀慧,张清,罗敏.熵权系数法在投资项目风险决策的应用[J]. 科技与管理, 2000(2): 73- 75.

[9] 付强.农业水土资源系统分析与综合评价[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.

[10] 陆守一.地理信息系统[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 8.

[11] 孙伟,马国栋,等.基于 GIS 的地下水脆弱性评价[J]. 信息技术, 2006( 3): 18- 20.

[12] 雷静,张思聪.唐山市平原区地下水脆弱性评价研究[J]. 环境科学学报, 2003( 1): 94- 95.