

基于生态足迹模型的区域生态经济发展评估

——陕西省及其各市域实证分析

杜忠潮¹, 郭瑞杰²

(1. 咸阳师范学院 资源环境与城市科学系, 陕西 咸阳 712000;

2. 陕西东林科工贸有限责任公司, 陕西 西安 710061; 3. 北京水保生态工程咨询有限公司, 北京 102300)

摘要: 基于对生态足迹内涵的界定及其提出背景、研究进展的概括, 阐释生态足迹模型的原理及计算方法。以陕西省及其 10 个市(区)为例, 分别估算陕西省及分市域的人均生态足迹。结果表明, 陕西省 2004 年人均生态足迹为 2.599 8 hm², 人均生态赤字为 1.851 2 hm², 经济活动对自然生态系统的影响已经超出了地区生态承载力的限度, 处于不可持续状态。陕西省人均生态足迹需求中对耕地的需求量最大, 化石能源用地和草地次之。表明该区人的生活消费以主粮为主, 能源消费以煤为主, 生物资源的消费量以农产品为主。在各市区的生态足迹供需均衡量中, 西安、咸阳、榆林和宝鸡市的人均生态足迹大于全省均值(2.599 8 hm²), 渭南、安康、商洛和杨凌地区皆小于该省人均生态足迹。基于上述分析, 提出陕西省应大力发展经济, 积极改善生态环境, 实现区域的可持续发展。

关键词: 生态足迹; 模型; 生态经济; 陕西省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)05-0144-04

中图分类号: X321, S157

Evaluation of the Regional Ecological Economics Development Based on Ecological Footprint Model

DU Zhong-chao¹, GUO Rui-jie²

(1. Department of Resources, Environment and Urban Science, Xianyang Normal University, Xianyang, Shaanxi 712000, China; 2. Shaanxi Donglin Science and Technology Trading Corporation, Xi'an, Shaanxi 710061, China)

Abstract: Based on the definition of the connotation of ecological footprint (EF) and the overview of its background and recent research advances, principle framework and computation method of the EF model are clarified. Then, the EF for Shaanxi Province in 2004 is calculated and analyzed by taking the province and its ten urban districts for example. Results indicate that the EF for Shaanxi Province is 2.60 hm²/cap, and the ecological deficit is 1.85 hm²/cap. This means that the EF's demand from human activities has already exceeded the carrying capacity of the regional ecological system and the present developing model is not sustainable. In terms of the average EF's demand per person in Shaanxi Province, the demand for farmland is the biggest and the demand for fossil energy use and grassland follows. The people's life consumption is dominated by staple food grain; the energy use, by coal; the biological resource use, by agricultural products. For the balance between EF supply and its demand, the average EFs per person in Xi'an, Xianyang, Yulin, and Baoji are bigger than the whole province (2.60 hm²/cap), whereas the average EFs per person in Wei'nan, Ankang, Shangluo, and Yangling are smaller than the whole province. Accordingly, it is suggested that significant efforts should be made for the region to develop economy, positively improve ecological environment, and achieve sustainable development.

Keywords: ecological footprint; model; ecological economics; Shaanxi Province

收稿日期: 2007-01-24

修回日期: 2007-06-28

基金项目: 陕西省教育厅科研专项计划项目(07JK419)

作者简介: 杜忠潮(1956-), 男(汉族), 陕西省咸阳市人, 教授, 硕士生导师, 主要从事区域资源环境与可持续发展研究。E-mail: dzc1109@163.com.

1 生态足迹模型的提出背景

据可持续发展的思想和理论,当人类处在真正的可持续发展状态之下,对自然资源的需求和自然界的可收获量组成之间保持平衡(Adema, 2001)^[1]。自20世纪90年代以来,为了有效测度和评估区域生态经济是否处于可持续发展状态,国际上先后提出了一些区域发展持续性评估指标体系和测度方法。其中最具代表性的是加拿大生态经济学家 Wackeinagel 和 Rees 等人提出的生态足迹模型(ecological footprint model)^[2]。

不少学者基于生态足迹模型,就不同地域空间尺度和社会领域进行相关应用和研究。如刘宇辉等和陈东景等,据2001年的资料对我国生态足迹的研究表明^[3-4],我国具有强不可持续性。对国内省区的研究有徐中民等对1998年甘肃省的生态足迹分析^[5], Warren-Rhodes 等对香港地区的研究^[6],冯君君(1991)对台湾地区的研究^[7]。赵先贵等通过对陕西省1978—2002年生态足迹和生态承载力的研究^[8],获得了该地区生态足迹、生态承载力随时间变化的预测模型,并预测了未来陕西省的可持续发展趋势;张新主等对西安市生态足迹的计算与分析^[9],为研究西安地区可持续发展问题提供了一种新思路与方法。显然,生态足迹模型具有易于理解和可操作性强的优点,已经成为一种较为流行的测度区域发展可持续性的定量方法。

2 生态足迹模型的基本内涵与计算

2.1 基本内涵

关于生态足迹的概念,Willam E R. 等人形象地将它表述为“一只负载着人类所创造的城市、工厂……的巨足踏在地球上留下的脚印”^[10],任何已知人口(某个人、一个城市或一个国家)的生态足迹是指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性土地面积(biological productive area)^[10-12]。显然,生态足迹是从具体的生物物理量角度研究自然资本消费的空间^[12]。

生态足迹模型基于地球表面6大类生物生产性土地:耕地(arable land)、牧草地(pasture)、林地(forest)、海洋(sea)、建成地(built-up land)、化石能源地(fossil energy land)。其基本假设是:各类土地在空间上是互斥的。其“空间互斥性”使得我们能够对各类生态生产性土地进行加合,从宏观上认识自然系统

的总供给能力和人类系统对自然系统的总需求^[13]。

维持人类生存和发展的持续性,必须消费各种由生物生产性土地提供的产品和服务,这种生物生产性土地面积称为生态足迹需求。区域自然生态系统实际能够提供的生物生产性土地面积称为生态承载力(生态足迹供给)^[14]。生态足迹模型分析的基本思路是:从区域需求计算生态足迹需求的大小,从区域供给计算生态承载力,然后将二者加以比较。若需求大于供给,为生态赤字,表明该区域的人类负荷超过了其生态容量,区域发展模式处于相对不可持续状态。相反,则表现为生态盈余,表明该区域的生态容量足以支持人类负荷、其消费模式具有相对可持续性。

2.2 计算方法

生态足迹模型计算分析基于以下两个基本假设^[10]。(1)可以确定人类自身消费的绝大多数资源和能源,及其所产生的废弃物的数量;(2)这些资源和废弃物能够折算成生产和吸纳它们的生物生产性土地的面积。因此,生态足迹分析需计算出:各主要消费项目的人均年消费量值、各种消费项目的生态生产性土地的人均占用面积、生态足迹需求、生态足迹供给(生态承载力)与人均生态平衡等项目。其中最主要的参数和计算模型有:

(1) 各类人均生态足迹总和(e_{fi}):

$$e_{fi} = \sum r_j A_i \quad (j=1, 2, \dots, 6) \quad (1)$$

(2) 地区总生态足迹(E_F):

$$E_F = N \times e_{fi} \quad (2)$$

(3) 各类人均生态承载力(e_{ci}):

$$e_{ci} = a_j \times r_j \times y_j \quad (j=1, 2, \dots, 6) \quad (3)$$

(4) 总的人均生态承载力:

$$E_{ci} = N \times (e_{ci}) \quad (4)$$

式中: r_j ——生产消费项目*i*的生物生产性土地的均衡因子; A_i ——消费项目*i*折算的生物生产性土地面积; N ——区域总人口数; A_j ——各类人均生态生产性土地的面积; y_j ——区域内某类土地的产量因子。

3 生态足迹模型应用案例

陕西省位于中国西北地区东部的黄河中游,地处东经105°29′—111°15′和北纬31°42′—39°35′之间,东隔黄河与山西相望,西连甘肃、宁夏,北邻内蒙古,南连四川、重庆,东南与河南、湖北接壤。2004年底全省总人口3.71×10⁷人。全省土地面积为2.06×10⁵ km²,占全国土地面积的2.1%。其中耕地面积4.15×10⁶ hm²,园地面积6.81×10⁵ hm²,林地面积

$1.02 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 草地面积 $3.13 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 其它农用地 $3.03 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 未利用土地面积 $1.31 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。利用生态足迹模型对陕西省及其各市域 2004 年的生态足迹进行计算和分析, 旨在了解其生态经济系统所处的发展态势, 判定其是否具有可持续性, 从而为陕西省生态环境建设和经济社会发展提供科学依据^[5]。

3.1 生态足迹需求计算

陕西省 2004 年的生态足迹需求由三部分组成: 生物资源消费账户(主要包括农产品和木材)、能源消费账户及贸易调整部分账户。其中, 生物资源消费的生物生产性土地面积的折算采用联合国 1993 年计算的有关生物资源的世界平均产量资料。能源消费部

分根据资料选取了煤、焦炭、燃料油、原油、汽油、柴油和电力等类型, 计算时将燃料的消费转化为化石能源生产土地面积, 数据以世界上单位化石能源生产土地面积平均发热量为标准, 将陕西省能源消费所消耗的热量折算成化石能源用地面积。据此, 计算出陕西省 2004 年的生物资源消费账户(表 1)和能源消费账户(表 2)^[16-17]。由于全球化贸易, 生态足迹可以跨越地区界限, 在生物资源和能源的消费额中应考虑贸易调整部分, 其中, 生物资源消费调整将生物资源类型与生物生产面积类型匹配就可以方便调整。能源消费的调整较为复杂, 其计算方法为:

$$N_i = M_i \times (H_i/G_i) \times W_i \quad (i = 1, 2, \dots) \quad (5)$$

表 1 2004 年陕西省生物资源消费账户

项目	全球平均产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	陕西省生物量/ t	总生态足迹需求/ hm^2	人均生态足迹需求 ($\text{hm}^2/\text{人}$)	生物生产性 土地类型
粮食	2 744	11 603 600	4 228 717	0.114	耕地
夏粮	2 744	4 490 000	1 636 297	0.044	耕地
小麦	2 744	4 079 000	1 486 516	0.040	耕地
秋粮	2 744	7 113 600	2 592 420	0.070	耕地
稻谷	2 744	808 300	294 570	0.008	耕地
玉米	2 744	4 753 600	1 732 362	0.047	耕地
高粱	2 744	52 800	19 242	0.001	耕地
大豆	1 856	301 800	162 608	0.004	耕地
油料	1 856	460 600	248 168	0.007	耕地
油菜籽	1 856	294 500	158 675	0.004	耕地
花生	1 856	71 841	38 707	0.001	耕地
棉花	1 000	82 260	82 260	0.002	耕地
麻类	1 500	1 098	732.000	0.000	耕地
烤烟	1 548	53 159	34 340	0.001	耕地
蔬菜	18 000	7 853 420	436 301	0.012	耕地
猪肉	74	908 349	12 274 986	0.331	草地
牛肉	33	111 632	3 382 788	0.091	草地
羊肉	33	84 354	2 556 182	0.069	草地
奶类	502	1 255 196	2 500 390	0.067	草地
绵羊毛	15	5 286	352 400	0.010	草地
山羊毛	15	1 230	82 000	0.002	草地
羊绒	15	834.840	55 656	0.002	草地
蛋类	400	483 789	1 209 473	0.033	草地
蜂蜜	400	2 817.379	7 043	0.000	草地

续表 1

水产品	29	68 562	2 364 207	0.064	水域
油桐籽	1 600	12 068	7 543	0.000	林地
核桃	3 000	54 243	18 0810	0.000	林地
板栗	3 000	26 290	8 763	0.000	林地
花椒	945	28 441	30 096	0.001	林地
蚕茧	3 000	21 304	7 101.333	0.000	林地
茶叶	3 000	10 239	3 413.000	0.000	林地
水果	18 000	7 356 100	408 672	0.011	林地
苹果	3 500	5 552 100	1 586 314	0.043	林地
梨	3 500	669 327	191 236.286	0.005	林地
葡萄	3 500	110 842	31 669.143	0.001	林地
红枣	3 500	131 213	37 489.429	0.001	林地
柿子	3 500	140 688	40 196.571	0.001	林地
杏子	3 500	57 394	16 398.286	0.000	林地
桃子	3 500	216 680	61 908.571	0.001	林地
柑橘	3 500	117 500	33 571.429	0.001	林地
猕猴桃	3 500	231 679	66 194.000	0.002	林地
石榴	3 500	32 277	9 222.000	0.000	林地
木材	2	7 595 660	379 783 000	0.103	林地

表 2 2004 年陕西省能源消费账户

项目	全球平均/ (GJ · hm ⁻² · a ⁻¹)	折算系数/ (GJ · t ⁻¹)	消费量/t	年人均消费量 [GJ/(a · 人)]	人均生态足迹 (hm ² /人)	生物生产性 土地类型
原煤	55	20.934	68 941 600	38.951 296 945	0.708 2	化石燃料土地
洗煤	55	20.934	2 457 500	1.388 462 296	0.025 2	化石燃料土地
焦炭	55	28.470	2 851 423	2.190 975 192	0.039 8	化石燃料土地
原油	93	41.868	15 279 700	17.265 747 587	0.185 7	化石燃料土地
汽油	93	43.124	3 100 300	3.608 370 322	0.038 8	化石燃料土地
煤油	93	43.124	72 100	0.083 915 589	0.000 9	化石燃料土地
柴油	93	42.705	4 536 200	5.228 285 140	0.056 2	化石燃料土地
燃料油	71	50.200	552 900	0.749 098 024	0.010 6	化石燃料土地
液化石油气	71	50.200	416 835	0.564 750 000	0.008 0	化石燃料土地
天然气	93	38.978	863 400	0.908 280 395	0.009 8	化石燃料土地
热力	1 000	29.344	1 236 409	0.979 196 418	0.001 0	建筑用地
电力	1 000	11.840	4 809 500 0*	15.368 800 54	0.015 4	建筑用地

注:①单位为 kW · h,在计算中按能源转化系数折算为 GJ;②汽油、煤油在原油中包含其消费量,因而扣除。

式中: W_i ——研究区域(陕西省)的消费项目 i 的商品贸易净价值量; H_i, G_i ——相对大区域(全国)该类商品的净贸易的实物量和价值量; M_i ——表示该类商品的能源密度; N_i ——该类商品的能源携带量。

利用上式计算得出陕西省贸易调整的汇总账户(表 3)。

表 3 2004 年陕西省贸易汇总账户

调整项目	进口	出口
耕地面积	0.000 05	0.001 60
林地面积	0.000 00	0.000 83
草地面积	0.000 20	0.003 56
进出口能源足迹	0.001 59	0.013 82

3.2 生态足迹供给(生态承载力)计算

根据各种实际因素,结合陕西省 2004 年实际可提供的生物生产性土地面积(表 4),得出 2004 年生态足迹供需计算的汇总结果(表 5)。

3.3 评价结果分析

从生态足迹供需的总体状况上看,陕西省 2004 年人均生态足迹需求为 $2.599 8 \text{ hm}^2$,而当年能够提供的人均生态足迹仅为 $0.748 6 \text{ hm}^2$,人均生态赤字 $1.851 2 \text{ hm}^2$,前者是后者的 3.47 倍,同时,陕西省的生态足迹高于全国水平(1.2 hm^2 人)。这表明 2004 年陕西省生态足迹供需矛盾比较突出,人类的经济活动对地区生态环境的影响强度已超出其生态承载力。陕西省 2004 年人均耕地生态足迹 $0.977 5 \text{ hm}^2$,占人均生态足迹的 37.60%;化石能源用地生态足迹

$0.765 6 \text{ hm}^2$ /人,占人均生态足迹的 29.45%;草地生态足迹 0.6619 hm^2 /人,占人均总生态足迹的 25.50%。这反映出 2004 年陕西省人民生活消费主要的土地类型是耕地、化石能源用地和草地,三者共占生态足迹总需求的 92.55%。

表 4 2004 年陕西省生物生产性土地面积供给

土地类型	土地面积/ 10^4 hm^2	占全省总 面积/ %	人均面积 (hm^2 /人)
耕地	415.4	20.2	0.112 11
林地	1 020.0	49.6	0.275 29
草地	313.4	15.2	0.084 58
水域	19.6	0.01	0.005 29
建筑用地	0.6	0.000265	0.000 15

注:① 数据来源同表 1;② 忽略了化石燃料用地。

与陕西省近些年生态足迹对比可以看出^[8],2001—2004 年间,陕西省化石能源用地和草地需求明显增加,耕地需求有小幅度的下降。这说明陕西省的自然资源开发利用的程度逐渐加大。此外,陕西省 2004 年人均生态足迹需求(表 5)中对耕地的需求最大,化石能源用地和草地的需求次之。表明陕西省人口仍以主粮为主,高营养类的消费逐渐增多。同时,陕西省发展模式主要是通过消耗自然资源存量来弥补生态承载力的不足,其中能源的消费主要以煤为主;生物资源的消费主要以农产品为主。对生物资源的过度依赖,是陕西省出现生态赤字的主要因素。

表 5 2004 年陕西省人均生态足迹供需计算结果汇总

hm^2 /人

生物生产性 土地类型	人均生态足迹需求			人均生态足迹供给		
	需求面积	均衡因子	生态足迹需求	产量因子	生态足迹供给	人均生态平衡
耕地	0.349 1	2.8	0.977 5	1.66	0.521 1	-0.456 4
草地	0.601 7	1.1	0.661 9	2.19	0.203 8	-0.576 3
林地	0.170 7	0.5	0.085 4	0.87	0.119 8	+0.034 4
建筑用地	0.016 3	2.8	0.045 6	1.66	0.000 7	-0.044 9
水域	0.063 8	1.0	0.063 8	1.00	0.005 3	-0.058 5
化石燃料用地	0.696 0	1.1	0.765 6	0.00	0.000 0	-0.765 6
生物多样性 保护(12%)	—	—	0.102 1	—	—	—
合计	—	—	2.701 9	—	0.748 6	-1.851 2

注:“+”表示盈余,“-”表示赤字。

一般而言,生态足迹赤字部分主要靠进口或枯竭本地的自然资源来解决^[11]。陕西省地处我国西部地区,经济社会发展相对落后,只有少部分进出口贸易,所以该省只能在较大程度上依靠消耗自身的自然资本存量来弥补生态赤字。也就是说,2004年陕西省生态经济发展处于一种不可持续的状态。如何在降低人们生活水平(或有所提高)的前提下减少其生态足迹需求,提高生态承载力(生态足迹供给),是为陕西省区域经济发展和生态建设必须解决好的问题。借鉴国内外研究,建议采取如下措施:(1)大力发展区域经济,同时注意保护和改善现有的生态环境。(2)高效利用现有自然资源存量,降低单位产品的耗能比。(3)有效控制人口增长,减少人均消费,并改变人们的生产、生活消费方式,资源利用方式要转向集约性、节约型。以水资源为例,通过建设节水型社会、实施虚拟水战略等方式减少人类活动的水资源足迹占用,以实现水生态——经济系统的良性循环发展目标^[16]。(4)大量采用高新技术,提高单位生物生产性土地面积的产出水平。如在1978—2003年间的25年中,陕西省粮食和水果单产分别增加了1.41倍和2.16倍,虽然同期耕地减少了 $9.988 \times 10^5 \text{ hm}^2$,人口增加了 8.94×10^6 人,而高新技术作用明显抵偿了耕地减少、人口增加形成的生态承载力降低的效应。(5)发展循环经济,千方百计地实现废物及某些中间产物的再循环利用,以发掘资源和能源的实用潜力。(6)保护现有资源,严格控制耕地损失。陕西省耕地总量由1996年的 $5.14 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 递减到2004年的 $4.15 \times 10^6 \text{ hm}^2$,12年间净减少 $9.90 \times 10^5 \text{ hm}^2$,年均递减1.61%。耕地减少是陕西省生态赤字的主要因素。显然,只有采取多方面的有效措施,减轻人类对自然生态的压力,才能够实现陕西省的可持续发展。

4 陕西省分市域的生态足迹分析

利用生态足迹模型方法计算陕西省10市(区)2004年的生态足迹,得出生态足迹供需汇总结果(表6)。可以看出,陕西省各市域2004年人均生态足迹需求从大到小的顺序是:西安、咸阳、榆林、宝鸡、延安、汉中、铜川、渭南、安康、商洛、杨凌。其中西安市的人口总数分别是其它各市人口的7~11倍,人均生态足迹需求最大,为 5.9194 hm^2 。相当于咸阳人均生态足迹的1.6倍,商洛人均生态足迹的2.9倍。以上排序与城市的经济发展程度基本吻合,表明生态足迹在一定程度上反映了一个区域的经济发展状况,经济越发达,对生态足迹的需求越大。此外,以上城市中西安、咸阳、榆林、宝鸡4个市域的人均生态足迹均

大于陕西省2004年人均生态足迹,延安、汉中和铜川的人均生态足迹约等于该省人均生态足迹,渭南、安康、商洛和杨凌的人均生态足迹都小于该省人均生态足迹。表明西安、咸阳,榆林和宝鸡4个城市经济在陕西省相对比较发达,人类活动对当地的影响比较大。然而这些城市的生态足迹与世界上发达国家(美国为 $8.4 \text{ hm}^2/\text{人}$)相比仍然比较低,存在很大差异。就此来讲,这4个城市更应注重发展经济,并保护现有生态资源,大力改善其环境,建设生态城市。同时要尽可能减少对周围地区生态足迹的输入,以免扩大与周围地区的差距、导致外围相对不发达地区的生态进一步恶化,谋求整个区域可持续发展。延安、汉中、铜川和渭南等经济相对不发达的地区人均生态足迹需求较小,人均生态平衡大多表现为盈余,说明当地的人类活动对其周围环境影响相对较小,区域的自然资源开发利用的影响程度不大,即人类对环境的破坏或影响程度尚不十分严重。即使如此,这些区域同样要注意保护现有的生态环境,要能应对周围发达地区的生态压力,同时大力发展经济,尽快缩小与发达地区的差距,最终实现整个区域的可持续发展。

表6 2004年陕西省各市域人均生态足迹供需情况 $\text{hm}^2/\text{人}$

区域	人均生态 足迹需求	人均生态 足迹供给	人均生态平衡
西安	5.919 4	0.288 0	-5.631 4
铜川	2.512 6	0.640 1	-1.872 5
宝鸡	2.956 5	2.677 0	-0.279 5
咸阳	3.632 5	1.986 9	-1.645 7
渭南	2.452 5	2.977 7	+0.525 2
延安	2.588 3	4.815 0	+2.226 7
汉中	2.517 5	4.299 5	+1.782 0
榆林	3.234 4	6.999 3	+3.764 9
安康	2.020 4	2.453 0	+0.432 6
商洛	2.014 6	2.808 3	+0.793 7
杨凌	0.918 0	0.130 4	-0.787 6

5 结论

应用生态足迹模型对陕西省及其各市域2004年的生态足迹分析结果表明,陕西省整体上生态足迹高于生态承载力,处于不可持续状态。其主要因素是:生物生产性土地面积有限,土地利用结构相对单一,承受不断增加的人口压力,居民生活消费水平的提高,经济发展,科技进步等加重了能源的消费。区域

人口、物质生产、环境生产三者相互制约,相互促进的关系对区域可持续发展起着决定性作用。若要达到区域可持续发展的目标,就必须降低区域的生态足迹需求;减轻对环境的生态压力;要控制人口,改变人的消费观念;改变以煤炭为主的能源消费结构;利用科技进步提高资源利用效率和控制社会生产力。此外,在生态足迹计算过程中发现,贸易调整部分对计算结果的影响比较大,计算整个区域生态足迹时,由于区外贸易部分相对比较小时,对计算结果的影响较小,而在计算分市域生态足迹时,由于市域间贸易部分较大,且数量难以把握,势必影响到计算结果的准确性。

生态足迹模型方法作为一个尚在完善中的区域可持续发展的定量评判方法仍有一些不足之处。它只强调人类发展对环境系统的影响及其可持续性,未考虑经济、社会、技术方面的可持续性,具有相对的“生态偏向性”^[17];只是对当前发展情况的静态描述,不能反映未来发展趋势;6 大类生物生产性土地的互斥性只是一种简化了的理想状态,实际中这些土地的功能是具有多重性的,这会造成生态足迹的计算误差。还有,生态足迹模型的分析计算结果几乎无一例外地出现经济越发达,生态赤字越大的结果,似乎陷入“生态悲观论”的泥潭。虽然如此,生态足迹模型分析法具有概念形象性和内涵丰富性,直接建立消费与资源的定量化关系,能有效评价人类活动对环境的影响,并且生态足迹分析法在实践中将日臻完善,不失为有效地促进人类对可持续发展的探索途径。

[参 考 文 献]

- [1] 赵奔,胡远满,曹宇,等. 土地与景观——理论基础·评价·规划[M]. 北京:科学出版社,2005. 163.
- [2] Wackernagel M, Ree W. Our ecological footprint-reducing human impact on the earth[M]. Gabriola island: New Society Publishers, 1996.
- [3] 刘宇辉,彭希哲. 中国历年生态足迹计算与发展可持续性评估[J]. 生态学报,2004,24(10):2257—2262.
- [4] Chen D J, Cheng G D, Xu Z M, et al. Ecological Footprint of the Chinese Population, Environment and Development[J]. Environmental Conservation, 2004, 31(1):63—68.
- [5] 徐中民,张志强,程国栋. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析[J]. 地理学报,2000,55(5):607—616.
- [6] Warren-Rhodes K, Koenig A. Ecosystem Appropriation by Hongkong and its implications for sustainable development[J]. Ecological Economics, 2001(39): 347—359.
- [7] Jiun-Jiun Ferng. Using composition of land multiplier to estimate ecological footprints associated with production activity[J], Ecological Economics, 2001(37): 159—172.
- [8] 赵先贵,肖玲,兰叶霞,等. 陕西省生态足迹和生态承载力动态研究[J]. 中国农业科学,2005,38(4):746—753.
- [9] 张新主,曹明明. 西安生态足迹计算与分析[J]. 水土保持通报,2005,25(2):92—96.
- [10] Wiliam Ress, Mathis Wackernagel. Urban ecological footprint: why cities cannot be sustainable and why they are a key to sustainability [J]. Environment Impact Assessment Review, 1996, 16(4):223—248.
- [11] 龙爱华,张志强,苏志勇. 生态足迹评价及国际研究前沿[J]. 地理科学进展,2004,19(6):971—981.
- [12] Simmons, Lewisk, Barrett J. Two feet—two approaches: a component-based model of ecological footprinting [J]. Ecological Economics, 2000(32):375—380.
- [13] 杨开忠,杨咏,陈洁. 生态足迹分析理论与方法[J]. 地理科学进展. 2000,15(6):630—636.
- [14] 杨振,牛叔文,常慧丽,等. 基于生态足迹模型的区域生态经济发展持续性评估[J]. 经济地理,2005,25(4):542—546.
- [15] 陕西省统计局. 陕西省统计年鉴 2005[M]. 北京:中国统计出版社,2005.
- [16] 杨振,牛叔文,常慧丽. 虚拟水战略:拯救民勤绿洲的新思路[J]. 中国人口·资源与环境,2004,14(6):62—66.
- [17] 王书华,毛汉英,王忠静. 生态足迹研究的国内外近期进展[J]. 自然资源学报,2002,17(6):776—782.