

徐淮地区矿业城市可持续发展的生态足迹研究

宋亚洲<sup>1</sup>,韩宝平<sup>1,2</sup>

(1. 中国矿业大学 环境与测绘学院,江苏 徐州 221008;2. 徐州师范大学 城市与环境学院,江苏 徐州 221116)

摘 要:运用生态生态足迹模型,以 2005 年统计数据为主要依据,对徐淮地区 5 所矿业城市的生态足迹进行了计算与对比分析。结果表明:徐淮地区 5 所矿业城市的人均生态足迹需求,枣庄最大,淮北、济宁、淮南次之,徐州最小,均高于全国平均水平,其中化石燃料地对生态足迹的贡献率最大,占 47.18%~70.53%。从生态超载程度来看,枣庄>淮南>淮北>济宁>徐州,表明人类对自然资源的利用均已超出所在区域的生态承载能力,其经济社会发展在不断消耗自有资本的存量,特别是化石燃料,对矿业城市的可持续发展造成了严重的生态压力。

关键词:生态足迹;生态承载力;可持续发展;矿业城市;徐淮地区

中图分类号:F205;X171.1 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2007)06-0280-04

Study on Sustainable Development of Mining City in Xuhuai Area  
by Calculating Its Ecological Footprints

SONG Ya-zhou<sup>1</sup>,HAN Bao-ping<sup>1,2</sup>

(1. College of Environment Science and Spatial Informatics, CUMT, Xuzhou, Jiangsu 221008, China;

2. College of City and Environment Science, XZNU, Xuzhou, Jiangsu 221116, China)

Abstract :According to statistical data of year-book of mining city in 2005 ,based on ecological footprints (EF) model ,we calculated its ecological footprints of 5 cities in Xuhuai area. It is shown that the largest demanding of EFs per capital is Zaozhuang , followed in turn by Huaibei ,Ji'ning ,Huainan and Xuzhou. And all 5 cities is higher than that of whole country. The requirement on fossil-fuel is the top one and take up from 47. 18 % to 70. 53 % of ecological demanding. Seeing from intensitiy of ecological overshoot ,Zaozhuang > Huainan > Huaibei > Ji'ning > Xuzhou. Therefore ,we concluded that utilization of natural resources by human have exceeded its ecological capacities and its economy is increased most by consuming its more and more stocks of natural resource ,especially fossil-fuel ,which have caused heavy ecological stress to sustainable development of mining city in Xuhuai area.

Key words :ecological footprint ;ecological capacity ;sustainable development mining city ;Xuhuai area

生态足迹分析法是加拿大生态经济学家 Rees William 及其博士生 Wackernagel 与 20 世纪 90 年代初提出的一种度量可持续发展程度的方法,是基于土地面积、最具代表性的可持续发展的量化指标。生态足迹 (Ecological Footprint, 简称 EF),或称生态空间占用是指在一定的社会经济条件下,维持给定人口生产生活和废弃物消纳所需要的生物生产性土地面积,它从具体的生物物理量角度研究自然资本消费的空间<sup>[3]</sup>。该模型提出至今,得到了各国学者和机构的广泛认可和应用;自 1999 年徐中民等学者引入国内以来,生态足迹的理论与方法在生态持续发展定量研究中也得到较为广泛应用,并取得了显著成果<sup>[2-11]</sup>。

徐淮地区地处苏、鲁、豫、皖四省接壤地带,是连接长江三角与环渤海经济圈以及沿海地区与中西部交流的重要纽带,在全国经济总格局中,具有重要的战略地位。同时也是华东地区重要的能源基地,煤炭资源储量丰富,其探明储量 120 亿 t 左右,2005 年徐淮地区 5 个矿业城市煤炭产量占全国 9.83%。该区域总人口 2 545 万人,人口密度 826 人/km<sup>2</sup>,人均耕地资源 0.063 hm<sup>2</sup>,人均 GDP 达 14 123 元。随

着经济社会发展,尤其是煤炭资源的大量开采与利用,该区域人口、资源与环境的矛盾日益突出,其可持续发展状况甚忧。为此,研究徐淮地区矿业城市的生态足迹空间分布规律,对整个地区及不同地市范围内的环境与资源可持续利用状况的评价,探讨经济发展过程中人类对原始植被的破坏程度以及土地利用方式与利用程度等人为干扰对区域生态足迹的影响,实现人口、资源、环境与经济的协调发展具有重要意义。本研究选取徐州、淮南、淮北、枣庄、济宁等徐淮地区 5 所矿业城市为研究对象,根据矿业城市 2005 年的有关统计资料,对其生态足迹进行了测度与对比研究。

1 生态足迹模型与计算方法

生态足迹的计算是基于以下基本假定来进行的<sup>[2-3,5]</sup>: (1)人类可以确定自身消费的绝大多数资源及其所产生的废弃物的数量;(2)这些资源和废弃物流能转换成相应的生物生产面积 (biologically productive area)。因此,任何已知人口(某个人、一个城市或一个国家)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

收稿日期:2007-01-09  
基金项目:教育部博士点基金项目(20030290010)  
作者简介:宋亚洲(1978-),男,江苏丰县人,在读硕士,主要从事生态经济与可持续发展研究。

所需要的生物生产总面积(包括陆地和水域)。其生态足迹的计算公式如下:

$$E_F = N \times e_f = N \times w_j \times \sum_{i=1}^n (c_i / p_i) \\ = N \times w_j \times \sum_{i=1}^n (c_i / p_i)$$

式中:  $E_F$ ——总生态足迹 ( $\text{hm}^2$ );  $e_f$ ——人均生态足迹;  $N$ ——人口数;  $c_i$ ——人均  $i$  种交易商品折算的生物生产性土地面积 ( $\text{hm}^2$ );  $c_i$ —— $i$  种消费品的人均消费量 ( $\text{kg}$ );  $p_i$ —— $i$  种消费品的年平均生产能力 ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ );  $i$ ——消费品和投入的类型;  $w_j$ ——均衡因子;  $j$ ——生物生产性土地类型。在生态足迹的计算中,主要考虑耕地、林地、草地、水域、化石燃料地、建设用地等 6 种土地类型,由于单位面积不同类型土地的生物生产能力差异很大,必须在不同生物生产土地面积前乘上一个均衡因子,以转化为统一的、可比较的生物生产地域面积。

生态承载力的计算公式如下:

$$E_c = \sum_{j=1}^6 S_j w_j$$

表 1 矿业城市生态足迹及其构成(2005) hm<sup>2</sup>

	耕地	林地	草地	水域	化石燃料地	建设用地	总生态足迹	人均生态足迹
徐州	0.5412	0.1086	0.6128	0.1225	1.3207	0.0179	25200000	2.7237
枣庄	0.7567	0.1632	0.7404	0.0798	4.2003	0.0453	21980000	5.9858
淮南	0.7288	0.2630	0.3299	0.1669	2.9399	0.0580	10800000	4.4865
淮北	0.9478	0.1834	0.4518	0.0889	3.9973	0.0316	11490000	5.7008
济宁	0.7657	0.0979	1.2214	0.2608	2.9123	0.0417	42700000	5.2997

表 2 矿业城市生态承载力及其构成(2005) hm<sup>2</sup>

	耕地	林地	草地	水域	建设用地	人均生态供给	12 %生物多样性 保护面积	人均生态 承载力
徐州	0.3012	0.0126	0.0001	0.0006	0.0952	0.4097	0.0492	0.3605
枣庄	0.2291	0.0348	0.0031	0.0004	0.0196	0.2870	0.0344	0.2526
淮南	0.2277	0.0016	0.0000	0.0015	0.0223	0.2531	0.0304	0.2228
淮北	0.3114	0.0034	0.0002	0.0011	0.0133	0.3293	0.0395	0.2898
济宁	0.3141	0.0265	0.0000	0.0012	0.0969	0.4388	0.0527	0.3861

注:均衡因子和产量因子采用徐中民等 1999 年对中国生态足迹计算时的取值。

3 结果分析与讨论

3.1 生态足迹需求分析

从表 1 可以看出,在 5 所矿业城市中,济宁的总生态足迹最大,徐州、枣庄、淮南次之,淮北最小,进一步分析其原因可知,对生态足迹的需求与地区社会经济的发展存在着密切的联系,伴随经济与 GDP 的快速增长,人类对物质与资源的消耗量与利用程度迅速增加,从而导致生态足迹需求量的迅速增加,形成了徐淮地区不同矿业城市生态足迹的差异。其中,经济发展水平最高的徐州、济宁的生态足迹需求总量最大,而淮南、淮北经济发展水平相对较低,对生态足迹的需求量较小。

从人均生态足迹来看,枣庄 > 淮北 > 济宁 > 淮南 > 徐州,显著高于全国人均生态足迹的平均水平<sup>[15]</sup>。分析其构成可以看出,在 6 种生态生产性土地类型中,化石燃料地对人均生态足迹的贡献率最大,在 47.18 % ~ 70.53 % 之间,说明受工业化程度和化石燃料的大量开采与消费的影响,对化石燃料地需求量的不断增加是导致矿业城市生态足迹迅速扩大的首要因素。不难看出,对化石燃料地需求量最大的枣

式中:  $S_j$ ——6 种土地类型面积 ( $j = 1, 2, \dots, 6$ );  $j$ ——产量因子;  $w_j$ ——均衡因子;  $E_c$ ——区域总生态承载力,除以区域人口数即为人均生态承载力。同时出于谨慎性考虑,按照国际惯例在生态承载力计算时应扣除 12 % 的生物多样性保护面积。

2 参数选取与计算结果

根据上述生态足迹理论与计算方法,生态足迹的计算分为生物资源消费、能源消费和环境污染治理消费 3 种帐户。生物资源帐户分为农产品、动物产品、林产品、水产品等 4 大类,采用联合国粮农组织有关生物资源的世界平均产量资料<sup>[5]</sup>,将生物资源的消费转化为提供这类消费所需的生物生产性土地面积。能源帐户的计算主要考虑以下几种:原煤、洗煤、焦炭、汽油、煤油、柴油、液化石油气、热力、电力等,采用世界上单位化石燃料生产土地面积的平均发热量为标准<sup>[5]</sup>,将当地能源消费所消耗的热量折算成一定的化石燃料土地面积。环境污染帐户选取工业“三废”,并尝试利用生态服务功能理论<sup>[12]</sup>,将其转换为相应的可比性生态生产性土地面积。徐淮地区各矿业城市 2005 年的生态足迹和生态承载力的汇总结果分别见表 1、2。

庄、淮北,其人均生态足迹最大;而徐州、淮南对化石燃料地的需求量较小,其人均生态足迹也较小。其次为耕地、草地和水域,三者之和占总人均生态足迹的比例为 26 % ~ 48 %,它们是影响总人均生态足迹增加的第二大因素。同时对草地、水域需求量的大小反映了所在区域居民生活水平的高低。对草地、水域需求量较大的济宁、徐州,其居民的生活消费水平相对高于其他矿业城市;从林地的需求来看,济宁、徐州最小,说明对森林资源的保护程度好于其他矿业城市,根据前面的分析,济宁、徐州的经济发展水平较高,进一步表明对生态保护力度一定程度上受到经济发展水平的制约;最后,从占人均生态足迹比例最小的建设用地来看,淮南最大,枣庄、济宁、淮北次之,徐州最小,在一定程度上反映了所在区域城市化水平的高低。

3.2 生态足迹供给分析

从表 2 可以看出,因受地理位置、土地资源类型等多种因素的影响,不同区域生态足迹的供给及其构成存在着很大差异。从人均生态承载力来看,济宁 > 徐州 > 淮北 > 枣庄 > 淮南,其中济宁的人均生态承载力接近为淮南的 2 倍。分析

其构成看出,耕地是一直是所有矿业城市的明显优势资源,80 % 以上的生态承载力是由耕地资源所提供的;其次为建设用地和林地,二者约占 15 %;不难看出,水域和草地的供给能力很小。

3.3 矿业城市生态超载指数评价

生态超载指数 (Ecological Overshoot Index,EOI) 指一定区域的生态足迹与生态承载力的差额占生态承载力的比值<sup>[13]</sup>,其计算公式如下:

$$EOI = (EF - EC) / EC$$

(1) 当  $EOI < 0$  时,表示有一定比例的富余生态承载力可以支持未来的生态足迹增长,区域处于可持续发展状态;(2) 当  $EOI = 0$  时,区域处于可持续发展和不可持续发展状态的临界点。(3) 当  $EOI > 0$  时,表示该区域的生态承载力不足以支持当地的生态足迹,亦即区域处于生态赤字或生态超载状态,必须通过扩大进口或动用自然资本存量来平衡一部分生态承载力的差额,区域处于不可持续发展状态。从图 1 可知,徐淮地区矿业城市均存在着不同程度的生态超载现象,其中枣庄的生态超载指数最大,淮南、淮北、济宁次之,徐州最小,表明人类对自然资本的需求已超出其生态承载力的范围,其经济和社会的发展在不断地消耗自有资本的存量,特别是化石燃料,对矿业城市的可持续发展造成了严重的生态压力,其实质是一种非可持续发展状态。

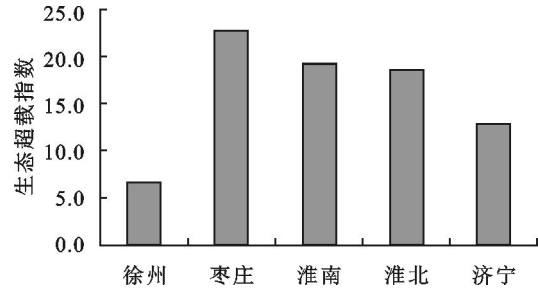


图 1 矿业城市生态超载指数

3.4 万元 GDP 的生态足迹与资源利用效益分析

为进一步反映矿业城市的资源利用效率,分别计算了万元 GDP 的生态足迹,即总生态足迹与万元 GDP 的比值。显然万元 GDP 的生态足迹越大,其技术水平和资源的利用效率越低;反之,则越高。由图 2 可以看出,万元 GDP 的生态足迹大小顺序,依次为淮北>淮南>枣庄>济宁>徐州,显然在 5 所矿业城市中,徐州的资源利用效率最高,其次为济宁、枣庄和淮南,而淮北最低。但与 2003 年全国平均万元 GDP 的生态足迹 2.472  $hm^2$  相比<sup>[15]</sup>,仍显得较高,进一步表明徐淮地区矿业城市的资源利用效率普遍较低,仍存在较大空间有待提高。

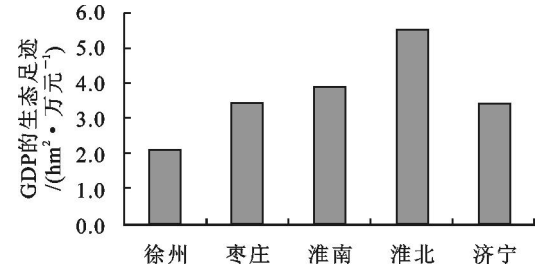


图 2 矿业城市资源利用效率

3.5 矿业城市生态经济系统发展能力评价

按 Ulanowicz 的公式<sup>[15-16]</sup>,发展能力可以用以下公式描述:

$$C = E_F \times (- [ P_i \ln P_i ] )$$

式中: $C$ ——发展能力; $E_F$ ——国家或地区的生态足迹;  $- [ P_i \ln P_i ]$ ——生态足迹多样性指数; $P_i$ —— $i$  种土地类型在总生态足迹中的比例。从该公式来看,提高生态经济系统发展能力的途径有两种:(1) 增加生态足迹;(2) 提高生态足迹多样性;但从现实情况来看,人类为保护自身赖以生存的生命支持系统,应该减少自己的生态足迹。因此,提高生态经济系统发展能力的手段只有提高生态足迹的多样性,也就是应该增加土地类型利用的多样化,均等利用各种不同类型的土地资源。从图 3 可以看出,济宁、枣庄的发展能力较强,徐州、淮南较弱。但进一步的分析不难看出,济宁、枣庄发展能力的提高过多依赖于生态足迹总量的增加,而徐州、淮南发展能力的提高更多地是通过增加生态足迹的多样性来实现的,对生态环境造成的压力比前者要小。从这一点来看,其生态经济系统发展能力的提高更具有可持续性。

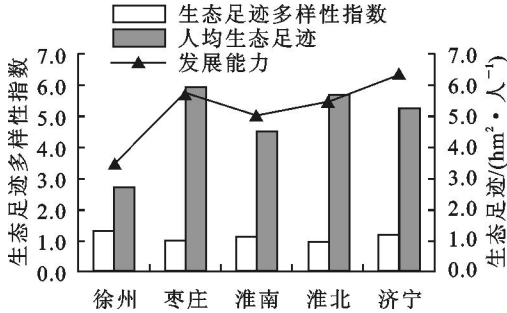


图 3 矿业城市发展能力

本研究中需说明的问题:(1) 为使计算结果具有可比性,换算为统一的生态生产性土地面积——全球公顷。事实上,不同地域、不同时间尺度存在一定差异,计算结果可能与实际情况有一定的出入;(2) 因缺乏地区间详细的贸易资料,计算过程中未进行贸易的调整,可能存在一定偏差;(3) 本文利用污染治理消费帐户,对生态足迹模型进行了一定改进,但因目前还缺乏统一的换算系数,还需要作进一步的深入研究;(4) 生态足迹模型只是对人类生态足迹的需求与自然生态系统所能提供的生态服务的一种生物物理量的测量,它并不能完全反映出人类活动方式、管理水平和技术进步等多种因素的影响,全面综合的科学评价指标体系还有待今后不断探索与完善。

4 结论与对策

上述分析表明,徐淮地区矿业城市的生态足迹供需矛盾日益尖锐,其经济社会发展主要依靠不断消耗自有资本的存量,特别是煤炭资源来实现的,对矿业城市的可持续发展造成了严重的生态压力,其实质是一种生态赤字的非可持续发展状态。为此提出如下减缓生态赤字,促进矿业城市可持续发展的几点对策:

(1) 合理利用和保护各类土地资源,特别是以耕地为主的优势资源,通过改善农业生产条件和推广先进农业技术,发展高效生态农业,从而通过提高各类土地的均衡系数(当地土地生产能力与世界平均水平的比值)的方式增加生态足迹的供给。

(2)改变资源消耗型的经济增长模式,提高资源利用效率。从产业结构战略性调整的角度,要大力发展低能耗、低污染的高新技术产业,降低矿业城市经济发展对化石燃料消费的过度依赖,积极发展循环经济,推行清洁生产模式,这样既能减少污染物排放量,改善生态环境,又能直接减少能源消费带来的生态赤字。

(3)生态足迹的理论分析表明,生活模式是影响区域生态足迹大小的关键因素,高消费的生活模式将直接导致人均生态足迹的增加。因此,在居民生活水平不断提高的同时,要积极创建资源节约型社会,大力倡导环保型消费理念,尽可能减少自身对生态足迹面积的需求,从根本上缓解生态赤字。控制人口膨胀,从总量角度降低生态负荷,促进区域可持续发展。

参考文献:

[1] 张坤民,温宗国,杜斌.生态城市评估与指标体系[M].北京:化学工业出版社,2003:58-63.

[2] Ree W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity:What urban economics leaves out[J]. Environment and Urbanization,1992,4(2):121-130.

[3] Wackernagel M,Rees W E. Our Ecological Footprint:Reducing Human Impact on the earth[M]. Gabriela Island:New Society Publishers,1996.

[4] Wackernagel M,Rees W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital:economics from an ecological footprint perspective[J]. Ecological Economics,1997,20:3-20.

[5] 徐中民,张志强,程国栋.甘肃省1998年生态足迹的计算与分析[J].地理学报,1999,55(5):607-616.

[6] 徐中民,程国栋,张志强.生态足迹方法:可持续性定量研究的新方法:以张掖地区1995年的生态足迹计算为例[J].生态学报,2001,21(9):1484-1493.

(上接第 279 页)

间尺度上的突变点。由小波分解图可以更清楚地看出不同层次上的变化特征和零点的具体位置<sup>[6]</sup>。但用小波分析进行突变特性研究时需要指明时间尺度,离开了时间尺度论突变没有实际意义。因此,本文选择输沙主要周期附近的 $\lambda$ 值进行突变分析,即22 a、7 a和4 a。

上文已述及,小波系数的零点对应于序列的突变点,因此找出小波系数 $a$ 值的零点即为突变点所在。从图4中可以看出,对应于4 a尺度的突变有27 a,1975年后突变特征最为明显,1995年后又逐渐变弱;对应于7 a尺度的突变有16 a,并且从20世纪50年代逐步加强,至20世纪80年代达到最强,然后逐步趋弱;对应于22 a尺度的突变有5 a,分别是1957年、1967年、1977年、1987年和2002年,其突变趋势在全时域都很明显。

4 结 论

研究结果表明盘龙河流域悬沙输移率从1951年以来总体呈波动上升趋势,且存在多时间尺度特征,有4、7、22 a的振荡周期,其中22 a的振荡周期最为明显,贯穿整个研究时段,而4 a、7 a时间尺度却局部性特征很强。以小波系数实部图上的零点

[7] 陈敏,王如松,张丽君.中国2002年省域生态足迹分析[J].应用生态学报,2006,17(3):424-428.

[8] 陈东景,徐中民,程国栋,等.中国西北地区的生态足迹[J].冰川冻土,2001,23(2):164-169.

[9] 赵秀勇,缪旭波,孙勤芳,等.生态足迹分析法在生态持续发展定量研究中的应用:以南京市1998年的生态足迹计算为例[J].农村生态环境,2003,19(2):58-60.

[10] 郭秀锐,杨居荣,毛显强.城市生态足迹计算与分析:以广州为例[J].地理研究,2003,22(5):654-662.

[11] 李金平,王志石.澳门2001年生态足迹分析[J].自然资源学报,2003,18(2):197-202.

[12] 肖寒,欧阳志云,赵景柱,等.森林生态系统服务功能及其生态经济价值评估初探:以海南岛尖峰岭热带森林为例[J].应用生态学报,2000,11(4):481-484.

[13] 吴隆杰.基于生态足迹指数的中国可持续发展动态评估[J].中国农业大学学报,2005,10(6):95-98.

[14] 易理强,金晓斌,周寅康.基于生态足迹时序分析的区域可持续发展研究:以江苏省为例[J].石家庄经济学院学报,2006,29(4):443.

[15] 顾晓薇,王青.可持续发展的环境压力指标及其应用[M].北京:冶金工业出版社,2005.

[16] 徐州市统计局.徐州统计年鉴[Z].北京:中国统计出版社,2005.

[17] 枣庄市统计局.徐州统计年鉴[Z].枣庄:枣庄统计局,2005.

[18] 淮北市统计局.徐州统计年鉴[Z].北京:中国统计出版社,2005.

[19] 济宁市统计局.徐州统计年鉴[Z].北京:中国统计出版社,2005.

[20] 淮南市统计局.徐州统计年鉴[Z].淮南:淮南统计局,2005.

作为判断时间序列在不同时间尺度上突变点的判据,且以主要周期附近的 $a$ 值进行突变分析得知,对应于4 a尺度的突变有27 a,7 a尺度的突变有16 a,22 a尺度的突变有5 a。

参考文献:

[1] Kumar P,Foufoular Geogiou E. Wavelet analysis for geophysical applications[J]. Reviews of Geophysics,1997,35(4):385-412.

[2] Christopher T,Gilbert P. A practical guide to wavelet analysis[J]. Bulletin of the American Meteorological Society,1998,79(1):61-78.

[3] 刘会玉,林振山,张明阳.建国以来中国洪涝灾害成灾面积变化的小波分析[J].地理科学,2005,25(1):43-48.

[4] 尤卫红.气候变化的多尺度诊断分析和预测的多种技术方法研究[M].北京:气象出版社,1998:9-20.

[5] 纪忠萍,谷德军.广州近百年来气候变化的多时间尺度[J].热带气象学报,1999,15(1):48-55.

[6] 林振山.气候建模、诊断和预测的研究[M].北京:气象出版社,1996:176-186.