

生态足迹分析在郑州北部 综合生态经济示范区建设中的应用研究

孙宏立

(武汉大学 中国中部发展研究院, 武汉 430072)

摘要: 运用生态足迹分析法等理论,深入分析郑州北部生态经济示范区生态足迹及生态承载力。结果表明: 2011年,示范区主体惠济区生物资源消费人均生态足迹为4.508 hm²,能源消费人均生态足迹为0.168 hm²,总的人均生态足迹为4.676 hm²,人均生态承载力为0.998 1 hm²;惠济区生态处于赤字状态。在此基础上,针对性地提出了郑州北部生态经济示范区建设的对策建议,将生态优势转化为产业优势,以生态经济价值的全面实现培育地方发展新的竞争力。

关键词: 生态足迹分析;生态承载力;生态经济示范区;郑州市惠济区
中图分类号: X22 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-2363(2013)01-0138-05

进入21世纪以来,伴随着世界经济的快速发展,人类对自然资源的需求和开发利用愈演愈烈。但自然资源是有限的,单纯依靠过多摄取自然资源来解决经济社会发展问题是难以持续的。人类要实现可持续发展,就必须生存在生态系统的承载力范围之内。

1 概念

1.1 基本概念

生态足迹指在一定的人口与经济规模条件下维持资源消费和废物消纳所必需的生态生产性土地总面积。它将人类对自然生态服务的需求转化为提供这种需求所必需的生物生产性土地面积。生态足迹分析法是研究人类资源利用的分析工具,它用生态空间的大小表示在一定社会发展水平、技术水平、生活方式和消费模式下人类经济活动对自然资本的消耗及生态系统能够提供的资源。人类经济活动所占用的土地面积即生态足迹,主要包括:为人类经济社会发展提供自然资源所需的土地;消纳人类排放的污染物所需的土地;人类居住和生活所直接占用的土地^[1-2]。

1.2 生态赤字与生态盈余

从具体的生物物理量角度研究自然资本消费空间,通过计算比较区域生态承载力(即一个区域所能提供给人类生态生产性土地的面积总和)与总需求之间的差值,来判断人类对自然系统的压力是否处于区域生态系统承载力之内,以及生态系统是否安全,经济社会发展是否可持续^[3]。在一定的空间尺度内(如一个区域),生态足迹与实际生态承载力相减,差值为正,表示这一区

域内人类占用的自然资源大于生态系统提供的资源,出现生态赤字,由贸易或透支未来的资源来补偿;若差值为负,表示这一区域内人类占用的自然资源在生态系统承载力允许的范围内,有生态盈余,属于可持续发展^[1,3,4]。

2 生态足迹模型

“可持续发展”作为一种全新的发展理念已成为我国经济社会发展的战略目标^[4]。在定量测度发展的可持续性状态方面,各国学者先后提出了一些富有价值的评价方法和指标体系^[5],比较有影响的研究成果有D. H. Meadows等的世界资源动态模型^[6]、J. P. Holdren等的IPAT公式^[7]、H. E. Daly等提出的“可持续经济福利指数”(ISEW)^[8]、C. W. Cobb等提出的“真实发展指标”(GPI)^[9]、R. Prescott-Allen提出的“可持续性的晴雨表”(barometer of sustainability)模型^[10]等。加拿大生态经济学家W. E. Rees和M. Wackemagel等提出了生态足迹模型,简明、直观、定量地给出了可持续发展的度量方法^[11-12]。生态足迹模型在计算中主要考虑化石地、可耕地、林地、牧草地、建筑用地和水域6种土地类型,将资源和废弃物能流转换成相应的生态生产性土地面积,再加权求和即为生态足迹。其公式如下:

$$f = c_i/p_i \times r_j \quad (1)$$

$$F = N \times f = N \times r_j \times \sum (c_i/p_i) \quad (2)$$

式中: F 为总的生态足迹; N 为人口数; f 为人均生态足迹; i 为消费资源和投入的类型; c_i 为*i*种资源的人均消费量; p_i 为*i*种资源的世界平均生产力(即全球年平均产量); r_j 为均衡因子。

在生态足迹指标计算中,由于6类土地单位面积的生态生产能力差距很大,计算出的各类生态生产性土地

收稿日期: 2012-10-26; 修回日期: 2012-12-13
作者简介: 孙宏立(1968-),男,河南郑州市人,博士研究生,主要从事区域经济方面的研究,(E-mail)shl_200506@126.com。

面积不能直接相加,因此,必须给各类土地赋予不同的均衡因子实现等量化处理,均衡因子每年变化的幅度很小,因此,按照目前国际生态足迹计算中普遍采用的均衡因子:耕地和建筑用地为2.8,林地与化石燃料用地为1.1,草地为0.5,水域为0.2^[13]。

3 生态承载力模型

生态承载力是指特定区域实际提供给人类的所有生态生产性土地面积(包括水域)的总和,也称为生态足迹供给。由于区域的资源禀赋和技术条件不同,不同区域同类生态生产性土地的实际面积不能直接对比,需引进产量将其进行标准化处理。为解决这一问题,引入了产量因子的概念^[13]。某个区域的产量因子是其所代表的某种生物的平均生态产量与同类土地的世界平均产量之间的比率。生态承载力计算公式如下:

$$c_e = \sum a_j \times r_j \times y_j \quad (3)$$

式中: c_e 为人均生态承载力($\text{hm}^2/\text{人}$); a_j 为人均生物生产土地面积; r_j 为均衡因子; y_j 为产量因子。

生态足迹理论与生态承载力理论结合,便可产生明晰的关于人类生态经济系统可持续发展状态的判断,可用如下公式表示^[3]:

$$S = C_e - F_e \quad (4)$$

式中: S 为生态经济系统可持续发展状态; C_e 为区域生态承载力; F_e 为区域生态足迹。当 $S > 0$ 时为生态盈余;当 $S = 0$ 时为生态均衡;当 $S < 0$ 时为生态赤字^[3]。

4 生态足迹指数

生态足迹指数是衡量生态可持续发展的另一度量指标^[14-15],指一定区域的生态承载力(C_e)与生态足迹(F_e)的差额(即净生态承载力)占生态承载力(C_e)的百分比,可视为区域为今后保留的可持续发展能力的百分比,生态足迹指数(I)的计算公式为:

$$I = (C_e - F_e) / C_e \times 100\% \quad (5)$$

其中: $I < 0$ 时,该区域处于不可持续发展状态; I 值越小,不可持续发展程度越高,生态压力越大。

5 郑州北部生态示范区生态足迹分析

5.1 生态地貌、历史文化和产业发展特色

郑州北部地区位于第2级台阶向第3级台阶地貌过渡的边坡,黄河下游的上首。邙岭、平原、黄河滩区构成了区域特色地貌。以惠济区为主体的郑州北部地区是国家级生态示范区、国家级绿色农业示范区和河南省平原绿化高级达标先进区,生态环境质量评价指数在全省名列前茅。该区域已初步形成了16 km²的邙岭生态园,6 600 hm²的黄河生态园(芦笋,草地,湿地,花卉基地等),500 hm²黄河大观生态园,27 km×1 km的沿黄生态防浪防护林林带,20 000 m×80 m的索须河林带,宽100

多m、近170 hm²的贾鲁河防护林带。郑州北部地区是古荥泽故地,有纪公丰碑、隋堤沿柳、古城牧唱、黄河古渡、五寺三庵、岳山叠翠、鸿沟暮云、惠济长桥等“荥泽八景”,有“华夏第一城”——新石器时代的夯土建筑城垣西山遗址,新石器时代至周的石河遗址,世界规模最大、时间最早的汉代冶铁遗址等,历史文化底蕴深厚。近年来,以惠济区为主体的郑州北部地区大力发展现代农业、生态型工业和现代服务业,产业结构不断优化,以三全、思念为代表的工业经济迅速壮大,以中国郑州信息创业产业园为平台的动漫、信息创意、服务外包等高新技术产业蓬勃兴起,现代物流和商品批发业交易旺盛;以省体育中心、大学城北区为支撑的大型文化体育场所初具规模;集现代农业、生态工业和现代服务业为一体的生态型城区正在崛起(图1)。

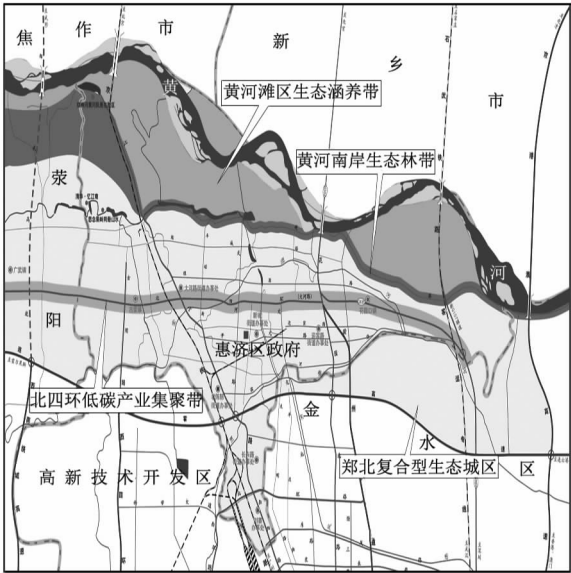


图1 郑州北部地区生态功能分区

Fig.1 The ecological function zoning of northern region of Zhengzhou

5.2 惠济区生态足迹分析结果

通过生态足迹分析,进一步识别惠济区发展过程中生态负荷及生态承载力的实际情况和潜在问题。按照(1)~(5)式进行计算,得到惠济区生物资源生态足迹和能源消费生态足迹及其与郑州市和河南省的对比情况(表1,表2)以及惠济区2011年人均生态承载力(表3)。可以看出,惠济区对奶类、粮食、水产品和植物油的消费量较大,但人均生态足迹较大的是植物油、棉花和猪肉,耕地的生态空间占用较大;另一方面,扣除保护生物多样性所需的土地面积后,惠济区的人均可利用生态承载力为0.998 1 hm²。原因在于惠济区耕地和林地面积较大。尽管惠济区耕地的生态空间供给与其他类型生态空间的供给比较起来较大,但仍小于耕地的需求,表明耕地处于生态赤字状态,耕地的可持续支撑能力较弱。

从生物资源消费人均足迹的比较来看,人口越多,

人均生态足迹越大,对资源环境的承载力要求越高,可见人口与生态足迹息息相关。因此控制人口数量可以减小生态足迹。

从能源消费结构来看,电能的生态占用最大,其次是包括煤炭、焦炭等的固体能源,这种能源消费结构和河南省的情况较为一致。由于惠济区工业较其他产业

不甚发达,因此区内能源的消耗以农业和服务业为主,这两个产业主要的能源消耗是电力。而电力能源多来自于区外,河南省电力以火电为主,即以煤炭消耗为主。尽管电力能源的消耗对环境污染相对较小,但这只是把生态承载的压力转移到区外了。从长远和大局来看,需要引入更为清洁的能源。

表 1 惠济区 2011 年生物资源消费人均生态足迹及其与郑州市和河南省的比较
Tab.1 The per capita ecological footprint of biological resources consumption in Huiji District and the comparison with Zhengzhou City and Henan Province in 2011

项目	c_i 人均消费量 /kg			p_i 全球 年均产量 /kg	r_j 均 衡因子	f 人均生态足迹			生产面 积类型
	惠济区	郑州市	河南省			惠济区	郑州市	河南省	
粮食	132.249	249.140	540.984	1 878.453	2.8	0.197	0.371	0.806	耕地
猪肉	13.786	21.428	37.014	76.764	2.8	0.503	0.782	1.350	耕地
羊肉	0.202	1.151	2.672	9.800	0.5	0.010	0.059	0.136	草地
奶类	136.973	635.233	269.868	516.056	0.5	0.133	0.615	0.261	草地
禽蛋	28.203	293.107	374.773	48.790	0.5	0.289	3.004	3.841	草地
水果	11.061	438.137	719.990	425.819	2.8	0.073	2.881	4.734	耕地
水产品	108.434	195.385	86.385	75.996	0.2	0.285	0.514	0.227	水域
植物油	74.532	26.844	50.951	94.807	2.8	2.201	0.793	1.505	耕地
棉花	14.382	0.748	6.562	49.087	2.8	0.820	0.043	0.374	耕地
生物资源人均生态足迹						4.508	9.062	13.234	

说明:人均消费量按《惠济区统计年鉴 2011》数据计算得到,全球年均产量由《联合国 FAO 数据库》、《世界银行 WDI 数据库》数据整理得到,河南省和郑州市的数据均来自《河南省统计年鉴 2011》,下同。

表 2 惠济区 2011 年能源消费人均生态足迹及其与河南省的比较
Tab.2 The per capita ecological footprint of energy consumption in Huiji District and the comparison with Henan Province in 2011

能源类别	p_i 全球年均 能源产量	c_i 人均能源消费量		r_j 均衡因子	f 人均生态足迹		生产面积类型
		河南省	惠济区		河南省	惠济区	
固体/kg	298 810	96.02	432.899	24.702	0.007 94	0.035 79	化石能源基地
液体/kg	339 889	2.14	17.105	45.343	0.000 29	0.002 28	化石能源基地
气体/m ³	265 792	3.03	0.787	38.978	0.000 44	0.000 12	化石能源基地
电能/(kW·h)	52 439	200.89	573.949	11.840	0.045 36	0.129 59	化石能源基地
能源消费人均生态足迹					0.054 03	0.167 78	

说明:数据来自联合国《能源统计年鉴 2010》,因国际年鉴把能源类别分成 4 类,这里只考虑 4 种类型的能源消费生态足迹。惠济区的能源消耗根据《惠济区统计年鉴 2011》相关数据整理得到。计算能源消费生态足迹时,将能源的消费转化为化石燃料生产土地面积。引入折算系数的概念,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。折算系数由加权平均计算得到^[16]。

根据以上计算结果,将生物资源生态足迹和能源生态足迹相加,得到惠济区总的人均生态足迹为 4.676 hm²。将惠济区现有的耕地、草地、林地、建筑用地等物理空间的面积乘以相应的均衡因子和产量因子,即可得到惠济区基于世界平均生态生产力的均衡生物生产土地面积,即生态承载力。惠济区 2011 年人均生态承载力为 0.998 1 hm²,可见惠济区生态处于赤字状态。生态赤字显示目前惠济区人口对自然资本的利用程度超过了自然系统生态承载力的范围。

6 生态经济示范区建设的对策建议

6.1 建设绿色田园城区

建设经济、社会、生态三者高度统一的“田园城

区”^[17]。按照生态经济学原理和生态足迹理论,根据郑州北部地区生态系统结构、过程及生态功能空间分布规律,规划建设以郑州市惠济区为主体,以资源环境承载力为基础,以“发展环境支撑力”为核心理念,以“生态建设产业化、产业发展循环化、城区发展田园化、基础设施一体化”为发展思路,在惠济区国家级生态示范区、全国生态文明小康示范区的基础上,重点发展生态农业、生态工业、旅游、康体、地产等生态产业,统筹郑州北部地区生态、经济和社会发展,继续维护好、利用好生态建设成果,将生态资源优势转化为现实产业优势,以生态经济价值的全面实现培育地方发展的新的竞争力,把郑州北部地区打造成为“山水相依”、“城水互动”、“林城共生”的绿色田园城区。

表 3 惠济区 2011 年人均生态承载力

Tab.3 The per capita ecological carrying capacity of Huiji District in 2011

地类	a_j 人均 面积 /hm ²	r_j 均 衡因子	y_j 产 量因子	c_e 均衡面积 /(hm ² · 人 ⁻¹)
耕地	0.210 3	2.8	1.66	0.977 4
草地	0.002 8	0.5	0.19	0.000 3
林地	0.002 9	1.1	0.91	0.002 9
建筑用地	0.031 9	2.8	1.66	0.148 1
水域	0.028 0	0.2	1.00	0.005 6
化石燃料土地	0	1.1	0	0
用于生物多样性保护				0.136 1
人均可利用生态承载力				0.998 1

说明：数据来源于《惠济区 2011 年土地利用现状变更表》。化石燃料土地是 M. Wackernagel 等^[12]提出的,指人类应该留出用于 CO₂ 吸收的土地。按世界环境与发展委员会(WCED)的报告《我们共同的未来》中的建议,应留出 12% 的生物生产性土地面积来保护生物多样性,因此,在计算生态承载力时扣除了这 12% 的生物多样性保护面积;因此,惠济区 2011 年人均可利用生态承载力=(耕地均衡面积+草地均衡面积+林地均衡面积+建筑用地均衡面积+水域均衡面积+化石燃料土地均衡面积)-用于生物多样性保护面积。

6.2 构建生态节能体系

在生态城市建设中应探索使用太阳能、风能、地下温泉等新型环保能源。建设高效便捷和低成本的公交体系,做好机动车污染排放控制并逐步改善车用燃料品质。构建固体废弃物处理管理体系。通过推行清洁生产与生态设计实现减量化,依靠源头管理与生态链接实现物质集成和资源化管理,创建一体化的固体废弃物处理管理体系,建立废弃物处理系统,实现“减量化、资源化、无害化”的目标。具体来说,一是推进物质减量化。推行清洁生产,对企业开展全面清洁生产审核,建立清洁生产公告制度、推进企业清洁生产示范、加强清洁生产培训和宣传工作,加强清洁生产网络信息系统建设。推进生态设计,从包装材料的生态设计开始,通过减少材料的使用,提高包装使用率和使用替代材料等手段,减少资源的使用和废弃物的产生。建立健全环境管理系统,进一步强化和开展环境管理系统建设,鼓励并协助企业通过 ISO 14001 认证。二是推进物质资源化。根据区域产业布局,有选择地引入产业链上下游企业,延伸产业链,充分使用工业固体废弃物物质资源化。开展区域材料流分析,推进副产品交换,促进区域上下游企业间的合作,实现企业环境 and 经济绩效同时提高。开展固体废弃物源头分拣与专项分拣,在现有固体废弃物分类回收处理系统的基础上,引入静脉产业企业对难以利用的代谢物进行深度终端处理。

6.3 多途径减少生态足迹

减少生态足迹的有效途径是倡导绿色消费和生产。绿色生产即推行循环经济和低碳生产,走新型工业化道路,大力发展生态农业,生态工业和现代服务业,实现区

域的循环可持续发展^[13]。做到区域内部资源的再生及合理利用,以提高自身的生产力。如果充分合理利用了再生资源并做到循环再利用,就相当于提高了生物生产性单位面积上的生产能力,这样不仅可以实现城市经济资源的高效利用,而且可以减少废物及污染的产生,自然就会减少生态足迹。

6.4 转变消费观念和消费模式

即由原来的线性消费转向可持续消费。消费是导致城市生活足迹扩大的主要原因,无理性的线性消费模式只会不断扩大自己的生态足迹,给生态环境带来负担。另外,控制人口增长,可以减少新增人口的资源消耗,从而减少区域内总的生态足迹。再次,输出低附加值农产品的地区将使区域内生态足迹进一步加大,因此应加大产品的科技和人力资本含量,将简单初加工的产品转化成高附加值,精深加工产品。

6.5 实施综合保护工程

按照《中国生物多样性保护战略与行动计划(2011—2030 年)》要求,一要建立核心保护区。对目前残留的湿地斑块划定保护范围进行保护,充分发挥保护生态、生物多样性的作用。二要建立缓冲区。在核心保护区的外围划定不对游人开放的区域,保护核心区的生态过程和自然演替,减少外观景观人为干扰带来的冲击。三要打造生态廊道体系。依托邙岭生态林和黄河大堤防浪林和防护林,打造“邙岭—沿黄森林生态廊道”,对贾鲁河、索须河进行综合整治,充分利用东风渠的区位优势,打造从黄河湿地保护区到郑东新区龙子湖的运河生态廊道。在郑州北部地区形成“三横一纵”生态廊道体系,构建成具有森林、湿地、河流、城市公园绿地等生态要素的生态网络体系。同时加强管理和执法,严格执行《野生动物保护法》和《自然保护区条例》等法规,严禁猎杀、捕食野生动物,保护野生动物栖息环境,增加保护区的景观异质性,模拟自然生态系统的过程,给动物提供环境多样的生存场所,促进植物的自我演替与更新。

参考文献：

[1] 谢新源,陈悠,李振山. 国内外生态足迹研究进展[J]. 四川环境,2008,27(1):66-72.

[2] 吕晓军. 基于生态足迹的区域生态适度人口研究——以新疆生产建设兵团为例[J]. 地域研究与开发,2012,31(4):157.

[3] 杜灵通,高桂英,张前进. 基于生态足迹分析法的宁夏可持续发展研究[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(2):194-199.

[4] 刘予胜. 基于生态承载力的电力可持续发展研究[D]. 北京:华北电力大学,2010.

[5] 殷俊明,王迎涛. 基于生态足迹的可持续发展战略测度研究评述[J]. 科学管理研究,2005,23(1):5-8.

[6] Meadows D H , Meadows D L , Randers J , *et al* . The Limit to Growth [M] . New York : Uiverse Books , 1972 .

[7] Holdren J P , Ehrlich P R . Human Population and the Globe Environment [J] . American Scientist , 1974 , 62 (3) : 282 - 292 .

[8] Daly H E , Cobb J B , Cobb C W . For the Common Good : Redirecting the Economy toward Community , the Environment , and A Sustainable Future [M] . Boston : Beacon Press , 1989 .

[9] Cobb C W , Halstead T , Rowe J . The Genuine Progress Indicator : Summary of Data and Methodology [M] . San Francisco : Redefining Progress , 1995 .

[10] Prescott-Allen R . Barometer of Sustainability : Measuring and Communicating Wellbeing and Sustainable Development [C] // IUCN . An Approach to Assessing Progress Toward Sustainability : Tools and Training Series for Institutions , Field Teams and Collaborating Agencies . Gland : IUCN , 1997 .

[11] Rees W E . Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity : What Urban Economics Leaves out [J] . Environment and Urbanization , 1992 , 4 (2) : 121 - 130 .

[12] Wackernagel M , Onisto L , Bello P , *et al* . Ecological Footprints of Nations : How Much Nature do They Use ? How Much do They Have [R] . Toronto : International Council for Local Environmental initiatives , 1997 .

[13] 郭振峰 , 赵定涛 , 黄细兵 . 基于生态足迹理论的安徽省可持续发展评价 [J] . 未来与发展 , 2008 (10) : 63 - 66 .

[14] 陈成忠 , 林振山 , 贾敦新 . 基于生态足迹指数的全球生态可持续性时空分析 [J] . 地理与地理信息科学 , 2007 , 23 (6) : 68 - 72 .

[15] 谢鸿宇 , 王羚郦 , 陈贤生 . 生态足迹评价模型的改进与应用 [M] . 北京 : 化学工业出版社 , 2008 .

[16] 刘云南 . 生态足迹理论在生态市建设规划中的应用——以海口市为例 [J] . 生态学报 , 2007 , 27 (5) : 2012 - 2020 .

[17] 谢鹏飞 . 生态城市从理念到现实 : 来自田园城市运动的启示 [J] . 现代城市研究 , 2011 , 26 (6) : 25 - 38 .

Researches on the Application of
the Ecological Footprint Analysis in the Construction
of Ecological Economic Demonstration Area in Northern Zhengzhou

Sun Hongli

(Central China ' s Development Research Institute , Wuhan University , Wuhan 430072 , China)

Abstract: Using the ecological footprint analysis theory , the paper analyses in-depthly the ecological footprint and the ecosystem carrying capacity of the demonstration area of the ecological economy in northern Zhengzhou . The results show that : ecological footprint per capita of the biological resources consumption is 4 . 508 hm² , ecological footprint per capita of the energy consumption is 0 . 168 hm² , and the total ecological footprint per capita is 4 . 676 hm² , the ecological carrying capacity per capita is 0 . 998 1 hm² in the main ecological economic demonstration area of Huiji district in 2011 . Based on this , some corresponding countermeasures and suggestions are put forward for the construction of the northern Zhengzhou ecological economic demonstration area . It will be of great significance for the leaders to change the ecological advantages into industrial advantages and realize the new local development competitiveness .

Key words: ecological footprint analysis ; ecosystem carrying capacity ; ecological economy demonstration area ; Huiji district in Zhengzhou