



山东省文登市生态足迹评价*

韩学山^{1,2}, 陈爱斌¹, 刘建良³, 王康军³, 丁伟强¹

(1. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013; 2. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏 徐州 221116; 3. 文登市国土资源局, 山东 文登 264400)

摘要:以山东省文登市2005年统计年鉴数据为依据,对其生态足迹和生态承载力进行了计算。结果显示:2005年文登市人均生态足迹为 4.5545 hm^2 ,人均生态承载力为 0.6269 hm^2 ,人均生态足迹赤字为 3.9276 hm^2 。反映出该市的生产、生活强度超过了生态系统的承载能力,生态系统处于过度开发利用状态。

关键词:生态足迹;生态承载力;生态赤字;文登市;山东省

中图分类号:F062.2;F129.1

文献标识码:C

0 引言

“生态足迹”也称“生态占用”,在20世纪90年代初由加拿大大不列颠哥伦比亚大学规划与资源生态学教授里斯(William E. Rees)提出。它显示在现有技术条件下,指定的人口单位内(一个人、一个城市、一个国家或全人类)需要多少具备生物生产力的土地(biological productive land)和水域来生产所需资源和吸纳所衍生的废物^[1]。生态足迹通过测定现今人类为了维持自身生存而利用自然的量来评估人类对生态系统的影响。

通过生态足迹核算,可以揭示出一定区域或国家生物资源的消费需求与其供给能力的平衡状况的变化趋势,资源消费的构成,人类对哪类资源的占用超过了其可再生能力。该文应用生态足迹模型,对山东省文登市2005年生态足迹进行了测算,在对计算结果进行分析后提出了山东省文登市经济社会可持续发展的意见和建议。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域概况

文登市位于山东半岛东部,西阻于昆嵛山,与烟台市牟平区和乳山市相接,北连威海市环翠区,东邻

荣成市,南濒黄海,总面积 1645 km^2 ,海岸线 155.88 km ,处于烟台、威海、青岛3个市的中心区域,有威海、烟台、石岛、龙口4个一类对外开放港口。截至2005年底,全市总人口 642507 人,每平方千米 390.58 人,实现地区生产总值 311.11 亿元。

1.2 研究方法

1.2.1 生态足迹计算方法

人类每一项最终消费都能追溯到提供生产该项消费所需的自然物质与能量的生态生产性土地。生态足迹的计算基于以下基本事实^[1,2]:①人类消费的绝大多数资源、能源及其所产生的废弃物的数量是可确定的。②这些资源和废弃物大都能折算成提供和吸收这些资源和废弃物所必需的生态生产性面积。生态足迹分析的一个基本假设是:各类土地在空间上是互斥的,即当一块土地被作为某类用地时,就不可能同时作为其他用地。这种“空间互斥性”的假设使各类生态生产性土地面积具有可累加性^[3]。在生态足迹计算中,各种资源和能源消费量被折算为耕地、牧草地、林地、建成地、水域、化石能源地等6类基本的生态生产性面积。由于这6类土地的生态生产力不同,需将其面积转换为具有相同生态生产力的面积,便于加总和比较,其转换系数称为等量因子。某类生态生产性土地的面积等量因子等于全球该类土地的平均生产力除以全球所有各类

* 收稿日期:2010-01-14;修订日期:2010-10-28;编辑:曹丽丽

作者简介:韩学山(1982—),男,山东安丘人,助理工程师,主要从事土地规划与利用研究工作;E-mail:xsh-cumt@163.com。

土地的平均生产力。支持某一国家(地区)人类消费所需的 6 类生态生产性土地中的任一类的面积 A_k 可以用下式计算。

$$A_k = \sum_{i=1}^n = \sum_{i=1}^n C_{ki}/y_{ki} \quad k = 1, 2, 3, \dots, 6$$

式中: A_{ki} , C_{ki} 和 y_{ki} 分别表示属于第 k 类土地的第 i 种消费项目的人均土地需求面积 ($\text{hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$)、人均消费量 ($\text{t} \cdot \text{cap}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$) 和世界平均生产力 ($\text{t} \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$)。

6 类基本生态生产性土地中,能源用地是间接的,为抵消能源消费产生的排放物所造成的环境破坏,一种考虑是需要留有足够的森林来吸收排放废气(主要为二氧化碳)。因此,能源消费的生态足迹一般都换算为用于吸收其二氧化碳排放的森林面积。对能源消费项目而言,上式中 c_{ki} 指能源消费项目(包括:煤、石油、天然气、水电以及净进口工业品携带能源等)的人均消费 ($\text{Gj} \cdot \text{cap}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$); y_{ki} 指能源消费项目的世界平均足迹 ($\text{Gj} \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$),即单位面积的森林能够吸收的二氧化碳量所对应的能源消费量。

研究区域的人均生态足迹 EF 为:

$$EF = \sum_{k=1}^6 A_k R_k$$

式中: R_k 为第 k 类生态生产性土地的等量因子; EF 乘以区域人口数即为区域总生态足迹。

1.2.2 生态承载力计算方法

所研究区域实有的生态生产性土地面积可视为区域的生态足迹供给量。由于不同国家或地区的资源状况不同,不仅耕地、草地、林地、建筑用地、海洋(水域)等不同类型土地的生态生产力存在差异,而且不同国家或地区同类型土地的生态生产力也存在差异。为具有可比性,需要对不同类型的土地面积进行换算,换算系数即为“产量因子”。一个国家或地区某类土地的产量因子是其平均生产力与世界同类土地的平均生产力的比率。将研究对象实有的 6 类土地的人均面积 S_k 分别乘以相应的等量因子 R_k 和产量因子 λ_k , 然后求和就得出人均生态足迹供给量 EC 。 EC 乘以区域人口即为区域总的生态足迹供给量。

$$EC = \sum_{k=1}^6 S_k R_k \lambda_k$$

1.2.3 生态赤字(盈余)的计算方法

生态赤字(盈余)的计算公式为:

$$\text{生态赤字(ED)} = \text{生态足迹(EF)} - \text{生态承载力(EC)}$$

$$\text{生态盈余} = \text{生态承载力} - \text{生态足迹}$$

某个区域的生态承载力小于生态足迹时,出现生态足迹赤字,其大小等于生态承载力减去生态足迹的差数;生态足迹赤字表明该区域的生态负荷超过了其生态容量,发展模式处于相对不可持续状态,其大小是不可持续程度的一种度量。生态承载力大于生态足迹时,则出现生态盈余,其大小等于生态承载力减去生态足迹的差数;生态足迹盈余表明该区域的生态容量足以支持其生态负荷,发展模式具相对可持续性。

2 文登市生态足迹的计算

文登市 2005 年生态足迹的计算主要包括文登市人口的生物资源消费和能源消费。这 2 部分的数据均来自文登市 2005 年的统计年鉴。

2.1 生态足迹计算的生物资源消费账户

基于文登市 2005 年统计数据,其生物资源的消费项目主要由农产品、动物产品、水产品以及木材(表 1)。

表 1 文登市生态足迹计算中的生物资源账户

生物资源类型	文登 2005 生物量 (t)	世界平均产量 (t/hm^2)	总足迹 (hm^2)	人均足迹 ($\text{hm}^2/\text{人}$)	生产面积类型
粮食	357809	2744	130396.8659	0.20295	耕地
油料	72333	1856	38972.5216	0.060657	耕地
蔬菜	208232	18000	11568.4444	0.018005	耕地
瓜类	37138	18000	2063.2222	0.003211	耕地
猪肉	36083	457	78956.2363	0.122888	耕地
水果	108389	18000	6021.6111	0.009372	林地
木材	492	1.99	247.2362	0.000385	林地
牛肉	1346	33	40787.8788	0.063482	草地
羊肉	472	33	14303.0303	0.022261	草地
禽肉	12240	33	370909.0909	0.577284	草地
兔肉	143.19	33	4339.0909	0.006753	草地
禽蛋	25549	400	63872.5000	0.099411	草地
奶	112046	502	223199.2032	0.347388	草地
兔毛	197.195	15	13146.3333	0.020461	草地
水产品	450116	29	15521.2414	0.024157	水域

注:木材单位为 $\text{m}^3, \text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

2.2 生态足迹计算的能源消费账户

能源消费主要包括原煤、汽油、煤油、柴油、燃料油以及电力。文登市工业企业能源消费结构主要以煤炭为主(表 2)。

表2 文登市生态足迹中的能源账户

能源消费	文登2005年消费量 (GJ/hm ²)	全球平均能源足迹 (GJ/t)	折算系数	总足迹 (hm ²)	人均足迹 (hm ² /人)	类型
煤炭	2726629	55	20.934	1037804.57251	6.152	化石燃料
焦炭	3060	93	28.47	936.7548	0.0015	化石燃料
汽油	3696	93	43.124	1713.8312	0.0027	化石燃料
煤油	169	93	43.124	78.3651	0.0001	化石燃料
柴油	42552	93	42.705	19539.6039	0.0304	化石燃料
其他燃料	439	71	20.934	129.4370	0.0002	化石燃料
石油气	6395	71	50.2	4521.5352	0.0070	化石燃料
供热	266419*	1000	29.344	266419.0000	0.4147	建筑用地
电力	95246.66**	1000	0.0083	7905.4728	0.0123	建筑用地

*单位为百万千焦; **单位为万千瓦时

2.3 文登市生态足迹计算小结

文登市生态足迹由生态足迹需求和生态足迹供给(生态承载力)2部分构成(表3)。

表3 文登市2005年生态足迹汇总表

土地类型	生态足迹			生态承载力				
	面积 (hm ²)	均衡因子 (hm ² /人)	生态足迹	土地类型	实有面积	均衡因子	产量因子	生态承载力
化石能源地	1.6571	1.35	2.2371	CO ₂ 吸收	0	0	0	0
耕地	0.4077	2.11	0.8603	耕地	0.0959	2.11	2.8	0.5664
林地	0.0098	1.1	0.0132	林地	0.0807	1.1	1.2	0.1065
草地	1.137	0.47	0.5344	草地	0.0052	0.47	3.3	0.0080
建筑用地	0.427	2.11	0.9010	建筑用地	0.0038	2.11	2.8	0.0222
水域	0.0242	0.35	0.0085	水域	0.0265	0.35	1	0.0093
				总供给				0.7124
总需求			4.5545	各项土地扣除12%的生物多样性保护面积				0.6269
生态赤字				总供给				3.9276

3 结果与分析

人均生态足迹可以反映一个国家居民的资源消耗强度,人均生态足迹越大,资源利用也就越多。根据世界自然基金会发布的《亚太区2005生态足迹与自然财富报告》,中国2005年的人均生态足迹为1.5 hm²,人均生态承载力仅为0.8 hm²,人均生态赤字为0.7 hm²。文登市2005年人均生态足迹为4.552hm²,人均生态承载力为0.6269 hm²,人均生态赤字为3.925 hm²,这一数字远远高于全国的生态赤字,表明文登市经济发展处于不可持续状态。

单一土地类型生态赤字中,化石燃料用地、建筑用地分别占前两位,其中化石燃料用地生态赤字高达2.2371 hm²/人。该结果与该市无能源矿产资源和城市建设用地较多的现状相符(表4)。

表4 文登市2005年生态足迹供需关系

土地类型	生态足迹 (hm ² /人)	占总量比例 (%)	生态承载力 (hm ² /人)	占总量比例 (%)	生态赤字 (hm ² /人)	占总量比例 (%)
耕地	0.8603	18.89	0.5664	79.51	0.3619	9.21
林地	0.0132	0.29	0.1065	14.95	-0.0805	-2.05
草地	0.5344	11.73	0.0080	1.12	0.5274	13.43
水域	0.0085	0.19	0.0093	1.31	0.0003	0.01
建筑	0.9010	19.78	0.0222	3.12	0.8815	22.44
化石燃料	2.2371	49.12	0	0.00	2.2371	56.96
合计	4.5545		0.7124		3.9276	

注:生态赤字中负值表示生态盈余。

3.1 生态足迹分析

从生态足迹来看,各类土地类型的生态足迹之间存在很大的差异。各土地类型的生态足迹由大到小的顺序依次是化石燃料用地(49.12%)、建筑用地(19.78%)、耕地(18.89%)、草地(11.73%)、林地(0.29%)、水域(0.19%)。可见,文登市的发展模式主要是消耗自然资源的存量。文登市生物资料的消耗主要以农林产品为主,能源的消费主要以煤炭为主,文登市2005年人均消费煤炭达到了4.24 t。

文登市化石燃料用地和建筑用地消费分别占生态足迹的前两位,总量占到生态足迹的68.9%,这与文登市城市较发达,工业化水平较高相吻合,即对能源的需求相对较多。

文登市的耕地和草地占生态足迹的比重也很大,分别到达了18.89%,11.73%,说明文登市对农业、畜牧业产品需求较大。由于现代畜牧业多为集中规划化养殖,饲料来源不仅仅是草地生态系统,相当一部分来自耕地(如青贮秸秆、粗粮等),因此耕地和草地生态足迹分别存在一定程度的低估和高估。这需要获得畜牧业中饲料构成比例,才能获得更精确的耕地和草地生态足迹。但是,该误差对生物资源总体生态足迹不产生影响。

3.2 生态承载力分析

文登市生态承载力构成中耕地占79.51%,反映了文登市可耕地在生态系统保护中的重要作用,但是也反映了该市生态用地类型结构单一。文登市应认真贯彻国家基本农田保护政策,使人均可耕地面积不随城市化和工业化的进程而降低。林地(包括果园)生态承载力达到了总生态承载力的14.95%,说明文登市林业政策得到落实,推广果园、

生态绿化、退耕还林、自然保护区保护等工作稳步推进。其他几项因素对该市生态承载力的贡献较小,分别为建筑用地3.12%、水域1.31%、草地1.21%。

3.3 生态赤字分析

文登市工业发达,城市化水平高,2005年国民生产总值达到了311.11亿元,人均GDP达到了4.83万元,人均煤炭消费量4.24 t。作为较发达城市,其消耗的自然资本存量远远高于全国平均水平,并且在生态足迹影响因子中,化石燃料用地的比重最大。化石能源消耗的增长,极大地促进了生态足迹的增长。2005年文登市的化石能源消耗对生态足迹的影响达到了56.96%,是产生生态赤字的主要影响因素;其他影响因素分别为建筑用地22.44%、草地13.43%、耕地9.21%、水域0.01%、林地-2.05%,建设用地生态赤字也占到了近1/4,是造成文登市生态赤字较大的第二个主要原因。只有林业用地生态承载力超过了生态足迹,生态盈余0.0805,水域用地才能基本达到生态平衡。

4 结语

(1)文登市生态足迹为 $4.5545 \text{ hm}^2/\text{人}$,生态承载力为 $0.7124 \text{ hm}^2/\text{人}$,生态赤字达到了 $3.9276 \text{ hm}^2/\text{人}$ 。高于山东西部欠发达地区(如武城县 $1.12 \text{ hm}^2/\text{人}$ ^[4]),也高于当年山东省生态赤字 $1.4623 \text{ hm}^2/\text{人}$ ^[5]。生态赤字较大表明文登市处于不可持续发展状态,资源利用率较低,应在今后的经济发展

过程中,提高能源及其他资源的利用效率,让文登市的现有资源发挥最大的效能,提供最大的生态承载力。

(2)生态足迹中化石燃料用地和建筑用地排在前两位,分别为49.12%和19.78%;生态承载力中耕地和林地占到了前两位,分别为79.51%和14.95%,生态赤字中化石燃料用地和建筑用地占到了前两位,分别为56.96%和22.44%。水域用地基本达到生态平衡,仅有林地有生态盈余。

(3)文登市居民将大部分资源用来满足基本的生活需求,对煤炭和建设用地的需求占总需求的49.12%和19.78%,因而化石能源用地和建设用地的构成生态足迹的主要部分;这与文登市的城市化和工业化发展较高相吻合。

参考文献:

- [1] Wackermagel M, Rees W. 1996. Our Ecological Footprint Reducing Human Impact on the Earth [M]. Gabriola Island, B. C., Canada: New Society Publishers. 61-83.
- [2] 张志强. 生态足迹的概念及计算模型[J]. 生态经济, 2000, (10): 8-10.
- [3] 杨开忠, 杨泳, 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.
- [4] 丁喜莲, 王强, 徐海燕. 生态足迹模型在武城县环境友好型土地利用模式建设中的应用[J]. 山东国土资源, 2008, 24(9): 33-35.
- [5] 孙香莉, 谢世友, 时丽艳. 山东省2004年生态足迹计算与分析[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2008, 22(2): 95-101.

Evaluation on Ecological Footprints in Wendeng City of Shandong Province

HAN Xueshan^{1,2}, CHEN Aibin¹, LIU Jianliang³, WANG Kangjun³, DING Weiqiang¹

(1. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China; 2. Environment Surveying College of China University of Mining, Jiangsu, Xuzhou 221116, China; 3. Wendeng Bureau of Land and Resources, Shandong Wendeng 264400, China)

Abstract: Ecological footprint analysis is used for quantitative studies and judging sustainable development of a country or a region. In this paper, on the basis of introducing content and calculation method of ecological footprint, according to datas in Wendeng statistical yearbook in 2005, ecological footprints and ecological capacity are calculated. As showed by the results, average ecological footprints in 2005 in Wendeng city was 4.5545 hm^2 , average ecological capacity was 0.6269 hm^2 , and average ecological footprint deficit was 3.9276 hm^2 . It is reflected that production and living strength in Wendeng city has exceeded the carrying capacity of ecological system, and ecological system is in an over-exploited condition.

Key words: Ecological footprints; ecology carrying capacity; ecological deficit; Wendeng city; Shandong province