

基于生态足迹模型的连云港市可持续发展能力评价

于法展, 李保杰, 张艳梅 (徐州师范大学城市与环境学院, 江苏徐州 221116)

摘要 运用生态足迹模型对连云港市 2004 年的生态足迹, 主要包括生物资源消费和能源消费两部分进行计算, 评价研究了该市可持续发展状况。结果表明, 连云港市 2004 年人均生态足迹为 1.988 hm^2 , 人均生态承载力为 0.704 hm^2 , 人均生态赤字为 1.369 hm^2 。人均生态足迹赤字是人均生态承载力的 2.2 倍。连云港市 2004 年人均生态足迹是全国人均生态足迹(1.5 hm^2) 的 1.33 倍, 而人均生态承载力又低于全国人均水平(0.700 hm^2), 这反映出生态足迹需求超过了其生态承载力, 影响了该市的可持续发展。最后提出相关对策建议。

关键词 生态足迹; 生态承载力; 生态赤字; 可持续发展; 连云港市

中图分类号 F299.27 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)15-04607-04

Assessment of the Sustainable Development in Lianyungang City Based on the Ecological Footprint Model

YU Fa-zhan et al (College of Urban and Environmental Sciences, Xuzhou Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116)

Abstract The ecological footprint of Lianyungang is calculated and analysed with the ecological footprint model. The results showed that the ecological footprint per capita of Lianyungang in 2004 was 1.988 hm^2 and the ecological deficit per capita was 1.369 hm^2 . The result mentioned-above showed that the demand of ecological footprint was beyond the ecological carrying capability of Lianyungang, which affected the sustainable development of the city. The tactics were suggested finally.

Key words Ecological footprint; Ecological carrying capability; Ecological deficit; Sustainable development; Lianyungang city

可持续发展作为一种新的发展理念和模式已经从理论走向实践。针对可持续发展能力评价中指标体系过于庞杂、指标量纲的统一化和权重的确定主观性较强等缺陷, 把利用生态足迹概念建立的计算模型引入到城市的可持续发展研究中, 为城市可持续发展定量测度和评价提供了一个新的视角。生态足迹概念及其计算模型, 是由加拿大生态经济学者 Rees 等在 1992 年提出, 并在 1996 年由 Wackemagel 等进一步完善的一种直观的、较易操作的度量可持续发展状态和程度的方法^[1]。该方法以其较为科学、完善的理论基础, 形象明了的概念框架, 精简统一的指标体系以及方法本身的普适性而开始流行。笔者在对该模型方法及相关内容介绍的基础上, 以江苏省连云港市为例, 对市域尺度的生态可持续发展状况进行了实证分析, 旨在研究其生态承载阈值, 定量测度其生态可持续发展水平, 为确定连云港市可持续发展战略方向, 制定资源持续利用与生态环境保护对策等提供依据。

1 生态足迹概念及计算模型

1.1 生态足迹计算模型 生态足迹是指具有一定生产能力且能够消纳废物的生态生产性土地面积。在生态足迹计算中, 各种资源和能源消费项目被折算为可耕地、草场、林地、建筑用地、化石能源土地和水域 6 种生物生产面积类型。生态足迹的计算^[2]是以生态生产性土地为基础, 将生态资源的消费折算成具有一定生产力的生态生产性土地面积。它的计算基于以下 2 个简单的事实: ①人类可以确定自身消费的绝大多数资源、能源以及其产生的废弃物的数量; ②这些资源、能源和产生的废弃物的数量能折算成相应的生态生产性土地面积。因此, 任何一个已知人口区域的生态足迹就是生产这些人口所消费的所有资源、能源和吸纳这些人口所产生的废弃物所需的生态生产性土地面积。计算公式如下^[2]:

$$EF = N \cdot ef$$

$$ef = r_j \sum (aa_i) = r_i \sum (c_i / p_i)$$

式中, EF 为总的生态足迹; N 为人口数; ef 为人均生态足迹; i 为消费商品和投入的类型; j 为生态生产性土地类型; c_i 为第 i 种商品的人均消费量; p_i 为第 i 种商品的平均生产能力; aa_i 为人均 i 种交易商品折算的生态生产性土地面积; r_j 为均衡因子。因为 6 类生态生产性用地类型, 即: 化石能源土地、可耕地、林地、草场、建筑用地和水域的生物生产能力差异很大, 为了加总计算生态足迹, 让其转化为一个可比较的标准, 引入均衡因子进行处理, 即在每类生态生产性土地面积前乘上一个均衡因子。即:

$$r_k = d_k D$$

式中, r_k 为均衡因子 ($k = 1, 2, 3, \dots, 6$); d_k 为全球第 k 类生物生产面积类型的平均生态生产力; D 为全球所有各类生物生产面积类型的平均生态生产力。该研究采用的均衡因子分别为: 可耕地、建筑用地为 2.800, 林地、化石能源土地为 1.100, 草场为 0.500, 水域为 0.200^[3]。

1.2 生态承载力计算模型 生态承载力是指一个国家或地区所能提供给人类的生态生产性土地面积的总和。在生态承载力的计算中, 由于不同国家或地区的资源禀赋不同, 不仅单位面积耕地、草地、林地、建筑用地、水域等之间的生态生产能力差异很大, 而且单位面积同类生物生产面积类型的生态生产力也差异很大。因此, 不同国家和地区同类生物生产面积类型的实际面积是不能进行直接对比的, 需要对不同类型的面积进行标准化。不同国家或地区的某类生物生产面积类型所代表的局地产量与世界平均产量的差异可用“产量因子”表示。某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。计算公式:

$$EC = N \cdot ec = N \cdot r_j \sum a_j y_j \quad (j = 1, 2, 3, \dots, 6)$$

式中, EC 为总生态承载力; N 为人口数; ec 为人均生态承载力 ($\text{hm}^2/\text{人}$); a_j 为人均生物生产面积; r_j 为均衡因子; y_j 为产量因子。同时出于谨慎性考虑, 按 WCED 的报告《我们共同的未来》所建议的, 应该留出 12% 的生物生产面积以保护生物多样性^[4], 因此在生态承载力计算时扣除了 12% 的生物多样性保护面积^[5], 即用所得的人均生态承载力减去 12% 的 ec 值就得到实际的人均生态承载力的值。

基金项目 江苏省教育厅高校自然科学研究项目(03KJD170214)。

作者简介 于法展(1972-), 男, 江苏丰县人, 硕士, 讲师, 从事城市环境与生态学研究。

收稿日期 2007-02-28

1.3 生态可持续判断依据 将某个国家或地区的生态足迹与其生态承载力进行比较,能判断一个国家或地区社会经济发展是否处于可持续状态。如果生态足迹大于生态承载力,就出现生态赤字,区域处于不可持续发展状态;反之则出现生态盈余,可持续发展状态良好^[6]。区域的生态赤字或生态盈余,反映区域人口对自然资源的利用状况。

具体到城市的生态足迹与生态承载力的比较时,应该注意到,城市生态系统具有开放性,城市与外界存在着物质、能量和信息等方面的交换,城市需要不断地从其他地方摄入大量的物质、能量,惟有如此才能维持城市人口的现有生活水平和生活质量。因此,城市的生态足迹一般都远远大于城市的生态承载力,那么,简单地通过生态足迹与生态承载力进行比较,显然是不科学的。但是通过对各地区、城市的生态足迹计算结果做横向比较,可以反映其所受压力程度,为地区、城市的生态规划、经济发展提供新的思路。

2 连云港市 2004 年生态足迹计算

连云港位于江苏省东北部,东临黄海,北与山东省临沂市相接,2004 年土地总面积 749 990 hm²,总人口 468.81 万人。根据生态足迹的概念及其计算模型,对连云港市 2004 年生态足迹进行了计算与分析。连云港市生态足迹计算主要由 2 部分组成:生物资源的消费和能源的消费。同时,在生物资源的消费量、能源的消费量的足迹计算中,由于该统计年鉴未能提供以上 2 类资源的贸易量,因此直接采用人均生物资源消费量而忽视了生物资源贸易调整。

2.1 生物资源消费 生物资源消费部分包括农产品、动物产品、林产品、水果和木材等消费项目。在生物资源生产面积折算中采用联合国粮农组织 1993 年计算的有关生物资源的世界平均产量作为标准^[3](采用这一公共标准主要是使计算结果可以进行国与国、地区和地区之间的比较)。采用的

计算方法如下^[4]:

$$EF_i = N \cdot \sum r_i (P_i + I_i - E_i) / p_i$$

表 1 连云港生态足迹计算中能源帐户						2004 年
分类	全球平均产	连云港市	总的足迹	人均足迹	生产面积	
项目	量//kg/hm ²	生物量//t	hm ²	hm ² /人	类型	
谷类	2 744	2 466 236	898 774.05	0.191 7	耕地	
豆类	1 856	46 556	25 084.05	0.005 3	耕地	
薯类	12 607	89 472	7 097.01	0.001 5	耕地	
油料	1 856	135 168	72 827.59	0.015 5	耕地	
棉花	1 000	48 183	48 183.00	0.010 3	耕地	
茶叶	566	143.8	254.06	0.054 2	耕地	
猪肉	74	127 410	1 721 756.76	0.367 3	草地	
牛肉	33	16 930	513 030.30	0.109 4	草地	
羊肉	33	6 400	193 939.39	0.041 4	草地	
奶类	502	9 656	19 235.06	0.004 1	草地	
禽蛋	400	114 200	285 500.00	0.060 8	草地	
蜂蜜	50	150	3 000.00	0.000 6	草地	
水产品	29	446 657	15 401 965.52	3.285 3	水域	
水果	3 500	158 300	45 228.57	0.009 6	林地	
纸板	1 990	35 700	17 939.70	0.003 8	林地	

式中:*i* 为所消费的商品与投入的类型;*P_i* 为第 *i* 种消费项目的年产量;*I_i*、*E_i* 为第 *i* 种消费的年进口量和出口量;*r_i* 为第 *i* 种生物资源的均衡因子;*p_i* 为第 *i* 种消费商品的世界平均生产能力。*EF_i* 除以人口数即得人均足迹。计算结果见表 1。

2.2 能源消费 能源消费部分根据资料计算原煤、焦炭、汽油、柴油、液化石油气和电力 6 种能源的足迹,消费数量数据来自《连云港统计年鉴》(2005),计算时将能源消费转化为化石能源土地面积。采用世界上单位化石能源土地面积的平均发热量为标准^[6],将当地能源消费所消耗的热量折算成一定的化石能源土地面积^[7]。其计算公式为^[3]:*ef*=(能源消费量·折算系数)/(全球平均能源足迹·人口)。计算结果见表 2。

表 2 连云港生态足迹计算中能源帐户部分						
能源	消费量	折算系数	全球平均能源	总生态足迹	人均生态足	生物生产性
类型	t	GJ/t	生态足迹//GJ/hm ²	GJ/hm ²	迹//hm ²	土地类型
原煤	3 173 551	20.90	55	1 205 949.400	0.257 2	化石能源用地
焦炭	139 962	28.40	55	72 271.287	0.015 4	化石能源用地
汽油	2 060	43.12	93	955.132	0.000 2	化石能源用地
柴油	8 718	42.71	93	4 003.718	0.000 9	化石能源用地
液化石油气	11 620	43.12	93	5 387.682	0.001 1	化石能源用地
电力	190 187	11.84	1 000	2 249.910	0.000 5	建设用地

注:表中电力的折算系数单位是 GJ/(kW·h)。

2.3 结果与分析 连云港市 2004 年拥有土地总面积 749 990 hm²,其中耕地 383 526 hm²,林地 21 081 hm²,草地 16 063 hm²,水域 97 100 hm²,这就是 2004 年连云港市能够供给的生物生产面积。对人均拥有的各类生物生产面积乘以均衡因子和产量因子,就可以转化为按世界平均生态空间计算的连云港市 2004 年人均生态承载力。其中产量因子是依据 Wackernagel 等对中国生态足迹计算时的取值^[3]。

对连云港市 2004 年各种生物资源生物生产面积类型进行汇总,由表 3 显示,连云港市 2004 年人均生态足迹为 1.988 hm²,而人均生态承载力为 0.704 hm²,减去 12% 的生物多样性保护面积(0.084 hm²),则可利用的人均生态承载力为 0.619 hm²,人均生态足迹赤字为 1.369 hm²。

3 连云港市生态可持续问题分析及对策

3.1 生态可持续问题分析 由以上计算可得,2004 年连云港人均生态足迹赤字是人均生态承载力的 2.2 倍,假如不考虑生物多样性保护面积(12%),人均生态足迹赤字仍是人均生态承载力的 1.8 倍。生产性生态赤字的存在表明人类消耗自然资源的速度超出了自然界能够更新的速度,人类对自然界的影响已经超出了生态承载力范围。生态承载力中耕地占总生态供给的 78.8%,反映出该市生态足迹供给严重依赖于耕地。连云港生态足迹赤字的存在,主要因为对自然资源的过度利用造成的。主要表现为:①耕地面积不足,人均生态足迹为 0.628 hm²,而人均生态承载力为 0.488 hm²;②草地、林地面积少,林木质量差,草地和林地生态需求面积分

别为 0.290 和 0.015 hm²,而可提供的生态承载力都只有 0.006 hm²;③化石能源用地量大,其使用加强了对林地资源的需求,因而要注重植树种草,增加绿化面积。

以 2004 年的人口来计算,连云港市 2004 年总的生态足迹赤字为 641.81 万 hm²,相当于自身面积的 8.6 倍,这同 Rees

等对世界上其他城市的生态足迹计算结果是一致的,几乎所有的城市的生态足迹都比自身的生态承载力和行政面积大得多,对其比值进行比较,可以反映某一地区(城市)的生态压力。表 4 是连云港市与不同国家、地区和城市间生态足迹计算结果的比较。

表 3 连云港市生态足迹与生态承载力计算结果汇总

人均生态足迹				人均生态承载力			
土地类型	人均面积//hm ²	均衡因子	均衡面积//hm ²	土地类型	人均面积//hm ²	均衡因子	均衡面积//hm ²
耕地	0.224	2.800	0.628	耕地	0.082	2.130	0.488
林地	0.013	1.100	0.015	林地	0.004	1.200	0.006
草地	0.563	0.500	0.290	草地	0.003	3.300	0.006
化石能源用地	0.275	1.100	0.302	CO ₂	0	0	0
水域	3.285	0.200	0.657	水域	0.021	1.000	0.004
建筑用地	0.034	2.800	0.094	建筑用地	0.034	2.130	0.200
人均生态足迹			1.988	人均生态承载力			0.704
				生物多样性(12%)			0.084
				可利用的生态承载力			0.619

表 4 连云港市与全球其他地区生态足迹计算结果的比较^[1]

国家或城市	人均生态足迹		人均生态承载力		人均生态赤字	人均生态足迹/人均生态承载力
	足迹/hm ²	承载力/hm ²	赤字/hm ²	产值/hm ²		
全球(2001)	2.200*	1.800*	0.400	1 106	1.2	
美国(2001)	9.500*	4.900*	4.600	3 337	1.9	
中国(2001)	1.500*	0.700*	0.800	413	2.1	
香港(2001)	6.060	0.034	6.026	3 982	176.4	
澳门(2001)	2.993	0.010	2.983	4 202	297.8	
台湾(2001)	4.340	0.200	4.140	5 560	27.0	
重庆市(2001) ^[8]	1.654	0.280	1.373		5.9	
徐州市(2002)	1.529	0.484	1.045		3.2	
烟台市(2003) ^[9]	1.470	0.391	1.079		3.8	
连云港市(2004)	1.988	0.619	1.369	5 551★	3.2	

注:表中带*的数据均来自文献[10],带★的值单位为人民币。

由表 4 可以看出:①连云港市 2004 年人均生态足迹与全国人均生态足迹 1.500 hm² 相比,是全国人均生态足迹的 1.33 倍,而人均生态承载力又低于全国人均(0.700 hm²) 水平。②连云港市人均生态赤字 1.369 hm²,高于全国水平 0.800 hm²,也高于全球水平 0.400 hm²,是全球人均生态赤字的 3.42 倍,说明该市发展过程中需要从外界输入生态足迹。③为了直观地反映区域生物生产面积的利用效率,以 1 hm² 所能产生的 GDP 产值来揭示自然资源的利用效益。1 hm² 的 GDP 产值的生态足迹越大,区域生物生产面积的产出率越高,反之越低。连云港市 2004 年 1 hm² GDP 产值 5 551 元人民币,远远低于全球及我国港澳台地区,说明连云港市的资源利用率很低,仍处于高消费、低效益以损失自然生态为代价的一种不可持续发展状态。④将生态足迹与可利用的生态承载力进行比较,可反映一个国家或地区的生态压力,从表 4 可以看出连云港市的生态压力(3.2)大于全球(1.2)和全国(2.1),与 2002 年徐州(3.2)的基本持平。

另外,参考有关的评价分析方法和徐中民等^[11] 计算的中国 1999 年 31 个省市的生态足迹,采用相对指标法,将中国的生态赤字/盈余(ED)划分为 5 个等级,即可持续(ED ≥ 0.414)、弱可持续(0 ≤ ED < 0.414)、弱不可持续(-0.995 ≤ ED < 0)、不可持续(-1.99 < ED < -0.995)、强不可持续(ED

≤ -1.99)^[12]。根据中国可持续发展的标准,连云港市 2004 年的生态赤字为 1.369 hm²,因此,连云港市的可持续状态处于不可持续发展等级。

3.2 对策分析 基于以上分析,连云港市的资源利用率很低,处于高消费、低效益的一种不可持续发展状态。首先,应提高该地区生态承载力,主要表现在以下方面:①提高单位面积自然系统的产出率,加强耕地、林地、建筑用地和海域等的保护和管理,可持续利用现有的资源;②防止耕地质量退化,控制化石能源用地规模,高效利用土地资源,此外加强建设林地资源并合理使用,防止乱砍乱伐林木、毁林开荒等行为;③积极开发利用连云港市丰富的海洋资源。其次,在不降低人们生活水平的前提下,减少生态足迹的需求,高效利用现有资源存量,改变人们的生产和生活方式,建立不可再生资源节约型的可持续的消费体系。再者,增加科技投入,提高单位面积生物产量与单位土地人口承载能力,调整产业结构,大力发展资源消耗低的服务业,减少对土地直接生产力的依赖性。此外,应充分利用该地区的旅游资源,依赖其独特的自然环境优越性,搞好软环境建设,以提高该地区的可持续发展能力。

4 结语

由上述对生态足迹的概念和计算方法的介绍,以及对连云港市 2004 年生态足迹的计算和分析可以看出:①生态足迹方法紧扣可持续发展理论,是涉及系统性、公平性和发展的一个综合指标;②该方法的计算结果只能反映经济决策对环境的影响,也就是只注意了经济产品和社会服务能的耗费,而未注意生态产品和生态服务能的耗费,而且在考虑资源的消费时,只注意了资源的直接消费而未考虑间接消费,同时也忽略了资源开发利用中其他的重要影响因素;③生态足迹方法并没有设计成一个预测模型,是一种基于现状静态数据的分析方法,其计算结果不能反映未来的发展趋势,其所得结论具有瞬时性。

参考文献

[1] 薛国珍,潘俊刚,王尚义,等.太原市 2003 年生态足迹的计算与分析[J].地域研究与开发,2006,25(2):115-119.
[2] 徐中民,张志强,陈国栋,等.中国 1999 年生态足迹计算与发展能力分

- 析[J].应用生态学报,2003,14(2):280-285.
- [3] HARDIP, BARGS, HODGET, et al. Measuring sustainable development: Review of current practice[R].1997:1-2,49-51.
- [4] 徐中民,陈国栋,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年生态足迹计算为例[J].生态学报,2001,21(9):1484-1493.
- [5] HABERL H, ERB K. How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Austria, 1926-1995[J]. Ecological Economics, 2001,38(1):25-45.
- [6] WACKENAGEL M, ONISTO L, BELLO P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept[J]. Ecol Econom, 1999, 29:375-390.
- [7] 邱大雄.能源规划与系统分析[M].北京:清华大学出版社,1995:45-48.
- [8] 孙凡,孟令彬.重庆市生态足迹与生态承载力研究[J].应用生态学报,2005,16(7):1370-1374.
- [9] 张培刚,王金花,戴军.烟台市区2003年生态足迹分析[J].金陵科技学院学报,2005,21(3):46-49.
- [10] WWF. 2004 Living Planet Report[EB/OL]. [2004-10-110]. <http://www.chinainfo.gov.cn/200503>.
- [11] 徐中民,陈东景,张志强,等.中国1999年生态足迹分析[J].土壤学报,2002,39(3):441-445.
- [12] 斯嵩,汤洁,王娟,等.基于生态足迹模型的可持续性度量研究[J].经济地理,2005,25(6):757-760.

(上接第4603页)

3 地质灾害气象预警系统

系统的建设将依据气象学、地质学、地理学等原理及最新理论成果,应用计算机、网络通讯、数据库、预报集成等先进技术来完成。主要技术路线:①对忻州市地质及环境地质进行评价。②分析确定忻州市地质灾害易发区和发布区。③忻州市地质灾害危险性评估。④建立市内降水量和

地质灾害历史资料数据库。⑤建立忻州市地质灾害预报系统。将地质灾害气象预报等级分为5级,1级为不可能发生,2级为可能性不大,3级为可能性较大,4级为可能性大,5级为可能性很大。⑥地质灾害预报发布。市国土局和市气象局联合署名共同发布(每年5~9月发布)。市气象台负责制作地质灾害气象预报并向外发布,进行公众服务,市国土局向政府汇报并提供决策服务。预报流程图见图1。

表3 降水等级划分标准

降水等级	权重系数	滑坡指标//mm			泥石流指标//mm		
		1日合计	4日合计	6日合计	1日合计	4日合计≥70,按当日雨量分级	6日合计≥80,按当日雨量分级
5级	0.5	≥75	≥80	≥90	≥90	≥70	≥65
4级	0.4	75>R≥61	80>R≥71	90>R≥81	90>R≥76	70>R≥56	65>R≥51
3级	0.3	61>R≥50	71>R≥61	81>R≥71	76>R≥66	56>R≥50	51>R≥45
2级	0.2	50>R≥30	61>R≥45	71>R≥50	66>R≥40	50>R≥35	45>R≥30
1级	0.1	<30	<45	<50	<40	<35	<30

注:R为降水量。

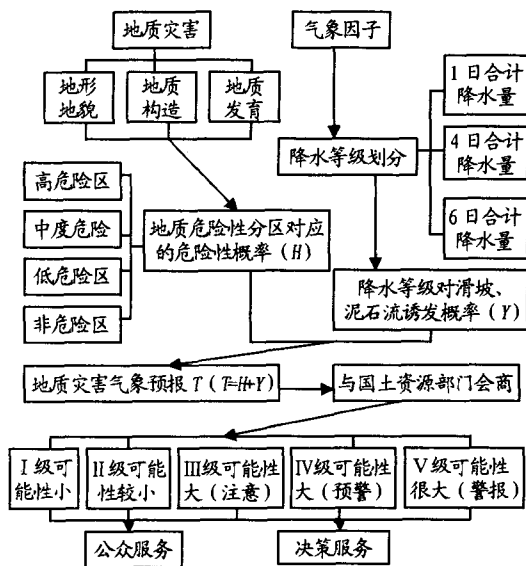


图1 忻州市地质灾害气象预报流程

4 讨论

2004年8月14日17时,忻州市国土资源局、忻州市气象局联合发布了2004年入汛以来第一次地质灾害气象预报,预计忻州市偏关、五台、保德、代县、繁峙、宁武、原平、河曲等县(市)地质灾害易发区发生崩塌、滑坡的气象等级为3~4级,可能性较大,希望有关部门和人员做好防御措施,并向公众发布。这也是预报系统运行后唯一的一次预报,效果良好。尽管忻州市地处黄土高原,十年九旱,地质灾害发生机率较小,但一旦发生,损失不可低估。所以只要采取措施预防,科学地、综合地考虑,合理规划和布局,就可以避免或减轻灾害所造成的损失。

参考文献

- [1] 忻州地区行署计划委员会.忻州地区国土资源[Z].1986.
- [2] 山西省地质环境中心.忻州市地质灾害调查与区划报告[Z].2003.

科技论文写作规范——讨论

着重于研究中新的发现和重要方面,以及从中得出的结论。不必重复在结果中已评述过的资料,也不要模棱两可的语言,或随意扩大范围,讨论与文中无多大关联的内容。