

文章编号:1672-058X(2011)03-0296-05

基于生态足迹模型的重庆市生态承载力现状研究

张兴梅^{1,2}, 杨清伟²

(1. 重庆广播电视大学 导学中心理工导学部 重庆 400052; 2. 重庆交通大学 重庆 400074)

摘要:以相关统计数据为基础,应用生态足迹理论分析了重庆市目前生态承载力现状,结果表明:人均生态足迹为 2.452 82 hm²,生态承载力仅为 0.270 527 hm²,生态赤字达 2.177 824 hm²;提出了控制人口数量,改善消费结构,发展老工业基地,减少环境污染等可行性措施,目的在于减缓生态压力,提高生态承载力。

关键词:重庆;生态足迹;生态承载力;可持续发展

中图分类号:F244

文献标志码:A

生态足迹理论是由加拿大生态经济学家 William Rees 1992 年提出,并由其博士生 Wackernagel 完善的一种定量反映全球或区域可持续发展状态的指标^[1]。它以其完善的理论基础,形象鲜明的概念框架,精简统一的指标体系和方法的普适性,在国内外得到了广泛的应用^[1]。现已有专家学者利用其测算校园、交通、工业、旅游生态足迹等^[2-10]。运用生态足迹模型,对重庆市 2008 年生态足迹和生态承载力进行了测算分析,评价了重庆市当前社会资源的供给与需求的矛盾,提出了减轻生态包袱、加强可持续发展的措施和建议,试为该区可持续发展战略的实施提供科学决策依据。

1 生态足迹模型的基本概念

1.1 生态足迹(Ecological Footprint)

“生态足迹”也称“生态占用”,是指指定的人口单位内(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。Wackernagel 形象地比喻成“一只负载着人类与人类所创造的城市、工厂……的巨脚踏在地球上留下的脚印”^[2]。生态足迹定量测量了人类生存所必需的真实生物生产面积,将其同国家或区域范围内所能提供的生物生产面积进行比较,能为判断一个国家或区域的生产消费活动是否处于当地生态系统承载力范围内提供定量的依据^[3]。所测区域不同,时间不同,生态足迹的大小也有差异。它与人口多少、生活水平、技术水平和生态生产力呈相关性。

1.2 生态承载力(Biocapacity)

早在 1921 年, Park 和 Burgess 在人类生态学领域中首次应用了生态承载力的概念,即在某一特定环境条件下(主要指生存空间、营养物质、阳光等生态因子的组合),某种个体存在数量的最高极限。1991 年 Hardim 也对其定义为,在不损害有关生态系统的生产力和功能完整性的前提下,可持续利用的最大资源量和废物产生率^[4]。

1.3 生态赤字/生态盈余(Ecological Deficit/ Ecological Remainder)

即是生态足迹与生态承载力的差值。当差值为正时,则表现为生态盈余,表明该地区的发展可利用自身资源维持可持续发展;当差值为负时,则表现为生态赤字,表明需消耗该区的自然资本或借用该区以外的

收稿日期:2010-10-08;修回日期:2010-10-28.

作者简介:张兴梅(1983-),女,重庆开县人,硕士研究生,助教,从事生态足迹研究.

资源来维持其发展,即处于不安全不可持续的发展的状态。

2 模型计算

2.1 数据来源

原始数据主要来自《重庆市统计年鉴 2009》、“重庆统计政府公众信息网”、《中国统计年鉴-2009》和世界粮农组织(FAO)网上数据库的资料。

2.2 参数选取

在计算生态足迹和生态承载力过程中,参数的选取是影响计算结果的关键。所采用的均衡因子来自于世界野生动物基金组织(WWF)2004年的生态足迹报告中最新研究成果^[5],耕地和建设用地均为2.19,林地面积为1.38,草地为0.48,水域为0.36,化石能源用地取1.14。产量因子则采用1997年Wackernagel等对中国生态足迹计算时的取值。耕地、建筑用地取1.66,森林取0.91,草地取0.19,水域取1.0。将各种生物生产性土地面积累加且扣除生物多样性保护的12%的面积后即可得到重庆市的人均生态承载力。

2.3 计算公式

2.3.1 生态足迹

$$EF = N \times ef = N \times \sum r_i A_i$$

式中: EF 为总的生态足迹; N 为总人口数; ef 为人均生态足迹; r_i 为均衡因子; A_i 为生产第 i 种产品的生物生产性土地面积。

2.3.2 生态承载力

$$EC = N \times ec = \sum_{i=1}^6 (a_i r_i y_i)$$

式中: EC 为总的生态承载力; ec 为人均生态承载力; a_i 为人均拥有生物生产性土地面积; y_i 为产量因子。

2.3.3 生态赤字/生态盈余

生态赤字: 生态足迹 - 生态承载力 = $EF - EC > 0$

生态盈余: 生态足迹 - 生态承载力 = $EF - EC < 0$

3 结果与分析

3.1 重庆市生态足迹计算

根据生态足迹概念和计算方法可知,生态足迹计算需建立3个账户,生物资源账户、能源消费账户和贸易调整。由于进出口所携带的足迹分布占总的生态足迹比例不大,因此可粗略认为该市当前的消费是以耗竭自身的自然资源为基础的,即主要是通过消耗本市的自然资源来弥补生态承载力供给的不足^[6]。

3.1.1 生物资源账户

生物资源可分为农产品、动物产品、水果和木材等几类。将生物资源消耗部分细分为稻谷、谷类、油菜籽、麻类、甘蔗等20个类别。生产这些生物资源的土地目前分为6类,包括耕地、林地、牧草地、水域、建筑用地和化石能源用地。生物资源生产面积折算的具体计算中采用联合国粮农组织2003年计算的有关生物资源的世界平均产量资料^[7],将重庆市2008年的消费转化为生产这些消费的土地面积。计算结果见表1。

从生物资源账户的构成上看,耕地所占的生态足迹比重最大,而猪肉又是耕地足迹中最大的一类,其生态足迹为0.583 557 hm^2 , 约占了耕地生态足迹的76%。其次是粮食作物,林地足迹偏低。

表 1 重庆市 2008 年生态足迹 - 生物资源账户

生物生产性土地	类别	全球平均产量 /(kg·hm ⁻²)	区域生物产量 /t	总生态足迹 /hm ²	人均生态 足迹/hm ²
耕地	稻谷	2 744	5 293 900.00	1 929 263.848 396 5	0.059 233
耕地	小麦	2 744	582 000.00	212 099.125 364 4	0.006 512
耕地	玉米	2 744	2 460 300.00	896 610.787 172 0	0.027 528
耕地	薯类	12 607	2 763 200.00	219 179.820 734 5	0.006 729
耕地	豆类	1 856	377 800.00	203 556.034 482 8	0.006 249
耕地	油菜籽	1 856	356 800.00	192 241.379 310 3	0.005 902
耕地	禽蛋	400	412 900.00	1 032 250.000 000 0	0.031 692
耕地	禽肉	457	261 200.00	571 553.610 503 3	0.017 548
耕地	猪肉	74	1 406 500.00	19 006 756.756 756 8	0.583 557
耕地	麻类	1 500	16 982.00	11 321.333 333 3	0.000 348
耕地	甘蔗	18 000	111 800.00	6 211.111 111 1	0.000 191
耕地	烟叶	1 548	85 513.00	55 240.956 072 4	0.001 696
耕地	蔬菜	18 000	9 945 200.00	552 511.111 111 1	0.016 964
园地	茶叶	566	24 613.00	43 485.865 724 4	0.001 34
桑园	蚕茧	1 000	24 388.00	24 388.000 000 0	0.000 749
林地	水果	3 500	1 932 800.00	552 228.571 428 6	0.016 955
草地	蜂蜜	50	10 289.00	205 780.000 000 0	0.006 318
草地	奶类	502	77 842.00	155 063.745 019 9	0.004 761
草地	牛羊肉	33	108 100.00	3 275 757.575 757 6	0.100 574
水域	水产品	29	190 600.00	6 572 413.793 103 5	0.201 790

3.1.2 能源账户

能源消耗主要包括煤炭、天然气、油料和电力等。采用邱大熊测算的能源折算系数^[8]将 2008 年重庆市能源的具体消耗折算成统一的能量单位,然后再计算出对应的化石能源用地和建设用地面积。计算结果见表 2。

表 2 重庆市 2008 年生态足迹 - 能源账户

分类	全球平均能源 足迹(GJ/hm ²)	折算系数	消费量 /万 t	人均生态足迹 /hm ²	生物生产性 土地类型	小计
煤炭	55	20.934	3 245.370 0	0.379 253	化石燃料用地	
天然气	93	38.978	648.380 0	0.083 433	化石燃料用地	
油料	93	41.868	600.570 0	0.083 011	化石燃料用地	0.545 698
电力	1 000	11.84	597.200 0	0.002 170	建筑用地	0.002 170

从能源账户来看,该区能源消耗主要以煤为主,消费的生态足迹为 0.379253 hm², 约占了能源消费足迹总量的 69%,其次是天然气和油料。

3.2 重庆市 2008 年生态足迹计算结果分析

将表 1 计算出的人均生态足迹经过乘以相应的均衡因子后,便可加和得到本地区的生态足迹。另可根据公式以及产量因子得到生态承载力,见表 3。

表3 重庆市2008年生态足迹与生态承载力对照表

生态足迹				生态承载力				生态盈余/ 生态赤字
生物生产性 土地类型	人均生态足迹 (hm^2/cap)	均衡 因子	调整后的 生态足迹	生物生产性 土地类型	人均面积 (hm^2/cap)	产量 因子	调整后的 生态承载力	(hm^2/cap)
耕地	0.764 151	2.19	1.673 491	耕地	0.068 648	1.66	0.113 956	1.559 535
林地	0.019 039	1.38	0.026 274	林地	0.108 420 2	0.91	0.098 662	-0.072 389
牧草地	0.111 653	0.48	0.053 593	牧草地	0.007 282 7	0.19	0.001 384	0.052 210
水域	0.201 790	0.36	0.072 644	水域	0.001 325 3	1	0.001 325	0.071 319
建设用地	0.002 170	2.19	0.004 752	建设用地	0.018 212 8	1.66	0.030 233	-0.025 481
化石燃料 用地	0.545 699	1.14	0.622 097	化石燃料 用地	0			0.622 097
				合计				0.245 560
扣除12%生物 多样性保护面积 足迹/承载			2.452 852		-0.029 47		0.275 027	2.177 824

从数据中得知,2008年重庆市的人均生态足迹为 $2.452\ 82\ \text{hm}^2$,而生态承载力却只有 $0.270\ 527\ \text{hm}^2$,生态赤字高达 $2.177\ 824\ \text{hm}^2$ 。6种土地类型生态赤字最严重的是耕地,为 $1.559\ 535\ \text{hm}^2$,其次是化石燃料用地,草地和水域也呈现不同程度的赤字。只有林地和建设用地有少量盈余。

4 结果与分析

重庆市的土地利用处于不可持续状态,生态承载力严重不足,主要原因是:(1)人口增长较快。一方面是人口自然增长,另一方面是受世界金融风暴和沿海产业结构调整的影响,我市外出打工人员回流明显。(2)随着消费品市场日趋完善和成熟,社会购买力增强,人民生活水平不断提高导致需求日益增大。(3)消费结构不合理,据统计除吃、穿、住、行等基本消耗而外,享乐型消耗品也在高位运行。(4)资源利用率低,经济建设仍然处在粗放型的发展阶段。(5)重庆是以重工业为主的老工业基地,环境污染严重。

结合重庆市生态赤字的实际情况,提出以下对策:

控制人口总数,降低人口的出生率;合理改善居民的消费方式,降低耕地生态足迹,提高土地利用率;政府增加科技投入,开发新技术,减少资源消耗;积极调整和改造老工业基地,充分发挥工业优势;采取强制性措施,降低污染排放,提高生态承载力。

参考文献:

- [1] 陶在朴. 生态包袱与生态足迹[M]. 北京: 经济科学出版社, 2003, 12-68
- [2] WACKEMAGEL M, REES W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth, [M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996
- [3] 张志强, 徐中民, 陈国栋. 生态足迹的概念及计算模型[J]. 生态经济, 2000(10): 8-10
- [4] HARDI P, BARG S, HODGE T et al. Measuring sustainable development: reView of current practices, occasional paper number 17 [J]. International Institute for Sustainable DeVelopment, 1997, 11: 18-21
- [5] WWF L. Living Planet Report 2004 [C]: World Wise Fund for Nature Gland Switzerland, 2005: 1-44
- [6] 孙凡, 孟令彬. 重庆市生态足迹与生态承载量研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1370-1374
- [7] DALY H E. Toward some operatinal principles of sustainable development [J]. Ecological Economics, 1999, 2(1): 1-6
- [8] 丘大雄. 能源规划与系统分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995, 88-108
- [9] 梁怀庆, 李世蓉. 重庆直辖十年来生态足迹的动态分析预测[J]. 重庆建筑大学学报, 2008(3): 100-102
- [10] 赵军, 陶明娟. 兰州市2002年生态足迹计算与可持续发展状况分析[J]. 地域研究与开发, 2005(6): 113-116

Research into the Status Quo of Chongqing's Ecological Carrying Capacity Based on Ecological Footprint Model

ZHANG Xing-mei^{1 2} , YANG Qing-wei²

(1. Science and Technology Learning-guided Department , Learning-guided Center ,
Chongqing Radio and Television University , Chongqing 400052 , China;
2. Chongqing Jiaotong University , Chongqing 400074 , China)

Abstract: Ecological footprint theory , as an important tool of quantitative assessment of regional sustainable development , is currently accepted by majority of experts and scholars. Based on related statistical data , this paper analyzes the status quo of Chongqing's ecological carrying capacity. The results show that the ecological footprint of this region is 2. 45282 hm² , that the ecological carrying capacity of this region is only 0. 270527 hm² and that ecological deficit of this region is 2. 177824 hm². On the basis of the reasons , the feasible measures such as controlling population growth , improving consumption structure , developing old industrial base , reducing environment pollution and so on are proposed to mitigate ecological pressure and to promote ecological carrying capacity.

Key words: Chongqing; ecological footprint; ecological carrying capacity; sustainable development

责任编辑:田 静

(上接第 292 页)

Evolutionary Structural Optimization Based on Stress and Fundamental Natural Frequency

HU Rui-jiao

(School of Mechanical Engineering , Chongqing University , Chongqing 400044 , China)

Abstract: According to real requirements of engineering , finite element method is used to analyze the static and modal characteristics of the structure. In order to obtain a structure with reduced quality , stress uniformity and better dynamic performance , and based on stress and frequency deletion standard , an improved Evolutionary Structural Optimization based on stress and fundamental natural frequency was set up. This algorithm uses sensitivity redistribution , effectively suppresses checkerboard pattern in optimization and improves the optimization effect. After iterative element is removed , then singular elements and single-hinged components are detected and removed , localized modes are avoided to some extent. The examples demonstrate that this method is simple and effective , is another attempt of ESO in engineering application and has certain value.

Key words: Evolutionary Structural Optimization; stress; fundamental natural frequency

责任编辑:代小红
校 对:田 静