

文章编号: 1002-8743(2004)04-0066-06

基于生态足迹的县域可持续发展状况评价

——以广西都安瑶族自治县为例

上官贞军, 严志强, 胡宝清, 廖赤眉

(广西师范学院 资源与环境科学学院, 广西, 南宁, 530001)

摘要: 生态足迹模型是一种定量研究可持续发展的新方法。该方法能够定量衡量人类对自然利用程度。文章运用生态足迹法计算和分析了都安县 1997、2001 和 2002 年的生态足迹、生态承载力以及生态足迹多样性、生态经济系统发展能力和万元 GDP 的生态足迹。结果显示, 近 5 年来都安县人均生态足迹大大高于人均生态承载, 出现了生态赤字。整个县域呈现出生态足迹多样性指数较低、生态经济系统发展能力不强和万元 GDP 的生态足迹过高的特点, 这表明当前都安县的自然资源利用率很低, 县域的发展处于一种非可持续状态。提出了减少生态赤字, 实现县域可持续发展的途径。

关键词: 都安瑶族自治县; 生态足迹; 生态承载力; 可持续发展

中图分类号: F224.9 **文献标识码:** A

1 引言

自 1987 年, 世界环境与发展委员会(WCED)之《我们共同的未来》在第 42 届联大发表以来, “可持续发展”已成为当今社会使用频率最高的词语之一, 但其所代表的真正涵义却在人们的日常生产和生活中流于形式。1987 年以来, 世界人口、贫困、消费日益增加, 水土流失、土地荒漠化面积不断扩张, 生物多样性、森林面积日益减少。大量事实表明, 人类生存正面临着严重的生态危机, 人类正在远离可持续发展的轨道。针对这样的状况, 科学家们一直在研究衡量可持续发展状况的指标和方法, 以便为可持续发展的科学决策提供定量工具^[1]。可持续发展的定量评价也成为目前可持续发展研究领域的热点和前沿。

汇总当前可持续发展评价的方法, 可将其分为两类, 一是货币评价方法, 如绿色 GDP 指标、国家财富、资源环境的“卫星帐户”等; 二是非货币评价方法, 如人文发展指数、生态足迹模型、最低安全标准等。生态足迹便是非货币评价方法中一种直观、简明而综合地评估可持续发展状况的生物物理量指标模型。本文运用生态足迹模型对广西都安县的可持续发展状况做了初步的分析, 试图为我国县域生态足迹评价理论的完善做出尝试。

2 生态足迹模型介绍

2.1 生态足迹概念

生态足迹最初是由加拿大生态经济学家 E. R. William 及其博士生 M. Wackernagel 于 1992 年提出的一种度量可持续发展程度的方法。任何已知人口(区域)的生态足迹是生产这些人口(区域)所消费的所有资源和吸纳这些人口(区域)所产生的废弃物所需要的生物生产面积(biologically productive area)。生态足迹既能反映出个人或地区的资源消耗强度, 又能够反映出区域的资源消耗总量, 也揭示了人类持续生存的生态阈值。它通过相同的单位比较人类的需求和自然界的供给, 使可持续发展的衡量真正具有区域

收稿日期: 2004-06-20

基金项目: 广西“十五”哲学社会科学项目(03LY004)资助

作者简介: 上官贞军(1978-), 男, 山西晋城人, 硕士研究生, 主要从事区域生态经济与可持续发展方面的研究。

可比性. 评估的结果清楚地表明在所分析的每一个时空尺度上, 人类对生物圈所施加的压力及其量级.

生态足迹的计算基于以下两个基本事实: 人类可以确定自身消费的绝大多数资源、能源及其所产生的废弃物的数量. 这些资源和废弃物流能折算成生产和吸纳它们的生物生产面积 (biologically productive area).

2.2 生态足迹需求的计算方法

生态足迹的数学模型如下:

$$EF = Nef = N \sum_j (c_i / ep_i) = N \sum_j (p_i + I_i - E_i) / ep_i N \quad (1)$$

$$r_j = d_j / D \quad (j = 1, 2, \dots, 6)$$

式(1)中: EF 为总生态足迹; N 为人口数; ef 为人均生态足迹; j 为生物生产面积类型; r_j 为不同类型生物生产面积的均衡因子; i 为消费项目的类型; A_i 为 i 种消费项目折算的人均生态足迹分量; c_i 为 i 种消费项目的年平均消费量; P_i 为 i 种消费项目的年平均生产量; I_i 为 i 种消费项目的年进口量; E_i 为 i 种项目的年出口量; ep_i 为生物生产面积第 i 种消费项目的全球年平均产量 (kg / hm^2); d_j 为全球第 j 类生物生产面积类型的年平均生产能力; D 为全球所有类生物生产面积类型的年平均生产能力.

生态足迹分析方法中生物生产性面积分为 6 种类型: 化石燃料用地、耕地、草地、林地、建设用地和海域. 由于以上 6 种生物生产性面积的生态生产力不同, 把 6 种具有不同生态生产力的生物生产面积分别乘以其相应的均衡因子转化为具有相同生态生产力的面积, 均衡后的 6 种生物生产性面积即为具有全球平均生产力的可以相加的世界平均生物生产面积.

2.3 生态承载力的计算方法

一个地区的生态承载力是指该地区所能提供的生物生产性面积总和, 其计算公式如下:

$$EC = N\alpha = N \sum (ry_j a_j) \quad (j = 1, 2, \dots, 6) \quad (2)$$

$$REC = (1 - 12\%) EC$$

式(2)中: EC 为总生态承载力, ec 为人均生态承载力, a_j 为人均生物生产面积, y_j 为产量因子. 由于在生态承载力计算时扣除了 12% 的生物多样性保护面积, 所以 REC 为有效的生态承载力.

由于各个国家或地区的资源禀赋不同, 不仅单位面积不同类型的生物生产面积的生态生产力差异很大, 而且单位面积同类型生物生产面积的生态生产力差异也很大, 因此需要对不同类型的面积进行调整. 不同国家或地区的某类生物生产面积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生物生产面积的产量因子是其平均生产力与世界同类生物生产面积的平均生产力的比率. 将不同类型的生物生产面积分别乘以相应的均衡因子和当地的产量因子, 就可以得出带有世界平均产量的世界平均生态空间面积—生态承载力^[4].

此外, 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^[3], 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.

2.4 生态赤字与生态盈余

生态足迹测量了人类维持一定的消费水平所必需的生物生产面积, 将其同国家或地区范围所能提供的生物生产面积进行比较, 就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. 如果区域的生态足迹需求超过了区域所能提供的生态足迹供给 (生物承载力), 就出现了生态赤字 (ecological deficit); 如果小于区域的生态足迹供给, 则表现为生态盈余 (ecological surplus). 区域的生态赤字和生态盈余反映了区域人口对自然资源的利用状况^[4].

3 实例分析

3.1 研究都安县可持续发展状况的意义

在我国, 县是一个相对独立而又完整的行政功能区, 从春秋建制以来, 至今已有 2 600 多年的历史,

自秦王朝基本定型后一直为我国的基本行政区.我国现有 2200 个县(包括县级市),面积占全国国土面积的 90%以上,人口占全国总人口的 70%以上^[10].各个县内部的生态系统和经济系统在一定程度上已经彼此相互适应,生态经济系统相对比较稳定.因此,可以将县做为实施生态经济战略的基本阵地,然后加以推广,实现整个国家的可持续发展.换言之,国家尺度的可持续发展有赖于每个县的可持续发展.正所谓“小河有水,大河满”.如果每个县能保持生态平衡甚至生态盈余的话,整个国家的生态安全就有了保障.所以说,开展以县为单位的可持续发展状况定量评价对于引导人们走向节约型生产和生活之路,对于领导层的正确决策以及整个国家的生态安全意义重大.

都安瑶族自治县位于广西河池市南部,是典型的大石山区,属于我国西南喀斯特地貌区.运用生态足迹法对都安瑶族自治县可持续发展状况进行定量评价,可以为西南喀斯特地区县域生态足迹定量评价方法的推广及喀斯特地区生态足迹模型的完善奠定基础.

3.2 都安县生态足迹的计算

都安县生态足迹的计算由两部分组成:①生物资源的消费,②能源的消费.生物资源消费部分包括农产品、畜产品、林产品、水果、木材等 18 项主要项目.生物资源生产面积折算的计算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资料,将生物资源消费量统一转化为提供这些消费需要的生物生产面积.能源帐户部分包括原煤、焦炭、柴油等 5 种项目.计算时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,将全县各项能源消费量转化为相应的化石燃料土地面积.由于生物资源帐户和能源帐户的计算比较繁琐,这里只列出了都安县 2002 年生态足迹计算的总表见表 1.

表 1 都安县 2002 年生态足迹计算结果

生态足迹的需求				生态足迹的供给(生态承载力)				
土地类型	人均面积 (hm ² /cap)	均衡因子	均衡面积 (hm ² /cap)	土地类型	人均面积 (hm ² /cap)	产量因子	均衡因子	均衡面积 (hm ² /cap)
耕地	0.0867626	2.8	0.242935	耕地	0.056	1.7	2.8	0.2666
草地	0.757483	1.1	0.8332313	草地	0.034	0.2	1.1	0.0075
林地	0.007448	0.5	0.003724	林地	0.2579	0.9	0.5	0.1161
化石燃料*	0.01999	1.1	0.021989	CO ² 吸收	0.00	0.00	1.1	0.00
建筑用地*	0.0003014	2.8	0.0008439	建筑用地**	0.040**	1.49	2.8	0.1669
水域	0.0626	0.2	0.01252	水域	0.0075	1.0	0.2	0.0015
总需求足迹			1.1152432	总面积				0.5586
				生物多样性保护(12%)				0.067
				总的可利用足迹				0.4916

注: * 为 1997 年数据, ** 为世界平均水平, 由于数据的原因, 表中存在一定误差.

同理, 计算了 2001 年都安县的人均生态足迹为 1.12 hm²/cap, 人均生态承载力为 0.4916 hm²/cap, 人均生态赤字 0.63 hm²/cap; 1997 年的人均生态足迹为 1.0999 hm²/cap, 人均生态承载力为 0.4982 hm²/cap, 人均生态赤字 0.60hm²/cap.

3.3 都安县生态足迹多样性、生态经济系统发展能力和万元 GDP 的生态足迹的计算

生态足迹的多样性指数可用 Shannon-Weaver 公式计算:

$$H = - \sum P_i \ln P_i \tag{3}$$

式(3)中 H 是指多样性指数, P_i 是指 i 种土地类型在总生态足迹中的比例. Shannon-Weaver 的公式不是一个单调函数, 它意味着生态经济系统中生态足迹的分配越接近平等, 对给定组分的生态经济系统来说, 其多样性就越高, 因此, 其稳定性也就越高.

生态经济系统的发展能力(development capacity)可由生态足迹乘以生态足迹多样性指数得到. 就给定的区域来说, 假设其生态足迹是恒定的, 那么, 该区域的生态足迹多样性愈高, 它的发展能力也就愈强. 生态经济系统的发展能力可用 Ulanowicz 的公式计算:

$$C = EF \left(- \sum P_i \ln P_i \right) \tag{4}$$

式(4)中 C 指生态经济系统的发展能力; EF 为国家或地区的总生态足迹.

万元 GDP 的生态足迹由区域总人口(人均)生态足迹除以总人口(人均)国内生产总值再乘以 10000 得到的. 即 $WEF = EF10000/P$, 其中 WEF 代表万元 GDP 的生态足迹; EF 代表区域总人口生态足迹; P 表示区域的国内生产总值. 万元 GDP 的生态足迹可以用于反映区域资源的利用效率. 万元 GDP 的生态足迹占用越小, 表明区域资源利用的效率越高.

利用以上三个公式, 将 1997 年、2001 年和 2002 年都安县的生态足迹的多样性指数、生态经济系统的发展能力指数、万元 GDP 的生态足迹做一个比较, 如表 2.

表 2 都安县三年份生态足迹相关指数比较表

年份	生态足迹多样性	生态经济系统发展力	万元 GDP 的生态足迹
1997	0.68	0.74	9.05
2001	0.71	0.79	6.63
2002	0.70	0.78	5.95

4 计算结果分析

4.1 生态足迹计算结果分析

笔者计算出了 1997 年、2001 年和 2002 年都安县的生态足迹需求和生态足迹供给. 数据表明: 近五年来, 都安县的人均生态赤字保持在 $0.55 \text{ hm}^2/\text{cap}$ 左右, 稍低于广西全区 1999 年的人均生态赤字 $0.597 \text{ hm}^2/\text{cap}$. 生态赤字的存在表明全县的消费需求超过了县域自然系统的再生产能力, 县域生态系统处于过度开发和利用之下. 全县处于一种不可持续的发展状态, 表明都安县除了摄取本地区自然生态系统提供的生态产品及服务之外, 还依赖于县以外自然生态系统提供的生态产品及服务. 即都安县的发展是以耗竭本县的自然资源存量为代价或依赖于资源的进口.

以全球人均 $2 \text{ hm}^2/\text{cap}$ 生态承载力作为全球的生态阈值, 以全国人均 $0.681 \text{ hm}^2/\text{cap}$ 生态承载力作为全国的生态阈值, 以广西人均 $0.425 \text{ hm}^2/\text{cap}$ 生态承载力作为广西的生态阈值, 根据都安县的人均生态足迹与上述生态阈值的比较, 可以得出: 都安县在广西区和全国尺度来说处于不可持续的发展状态, 从全球尺度来看都安县还处于可持续发展状态.

都安县总人口的生态赤字大约为 3410 hm^2 , 该数据相当于都安县 83% 的国土面积, 表明要维持都安县人口的现有消费水平, 至少还需要 3410 hm^2 的全球生物生产面积才能基本维持该县的生态平衡和实现弱可持续发展.

4.2 生态足迹多样性、发展能力和万元 GDP 的生态足迹计算结果分析

自 1997 年到 2002 年, 都安县生态足迹多样性指数有所提高, 但不明显, 与全国平均水平相比生态足迹多样性指数还很低. 分析 6 类生物生产面积的需求, 发现草地需求(占全部生物生产面积的 70% 以上)过高, 影响了全县生态足迹多样性指数中的公平度, 致使生态足迹多样性指数偏低. 全县生态经济系统发展能力和生态足迹多样性指数呈正相关. 生态足迹多样性指数较低影响了整个生态经济系统发展能力的提高, 从全国尺度来看都安县的生态经济系统发展能力仍然很低.

都安县万元 GDP 的生态足迹自 1997 年来, 明显降低. 但依然高于全国平均水平, 甚至高于广西平均水平, 这一方面表明都安县的自然资源利用效率较低, 另一方面也反映了都安县自然条件状况差、土地

生产潜力低和县域经济发展水平不高的现实。

5 结 语

(1)从本文的应用可知:同货币评价方法相比,生态足迹分析方法作为非货币评价方法中一种生物物理量评价方法,能够定量测定生态系统服务的透支情况^[8],但生态足迹只是一种衡量人类的生物生产面积需求相对于自然系统的供给的状况,它不能反映社会经济发展程度和人类的生活水平。同时,生态足迹帐户模型并没有设计成一个预测模型,它只是一种关于现实情况的衡量,因此在实证分析过程中,不能反映技术进步、人类活动方式等条件的变化^[4]。另外,生态足迹模型对吸收燃烧化石燃料所产生的CO₂所需要的生物生产面积进行计算,但人类活动产生的环境污染和其它温室气体并没有体现在生态足迹帐户中^[9]。因此,本文的计算结果是比较乐观的,都安县的生态足迹需求和生态赤字有可能更大。

(2)在本文的计算过程中发现:由于气候、土壤肥力、农业生产技术、农业现代化程度等决定单位生物生产面积产量的因素在县域之间存在着较大的差别,因此,在生态足迹供给的计算中产量因子的确定必须科学、严谨。

(3)公式(4)表明,都安县发展能力的提高有两种途径:①增加生态足迹,②提高生态足迹的多样性。由于目前都安县人类活动对自然的影响已经超过了该县的生态承载力,因此,提高都安县发展能力的最佳途径是,在尽可能减少生态足迹的基础上提高生态足迹的多样性。如采取挖掘土地生产潜力、均衡各类生物生产面积等方法。生态足迹多样性的提高与减少生态足迹并不矛盾,通过生态足迹多样性与万元GDP的生态足迹的相关分析,发现两者之间存在明显的负相关,表明生态足迹多样性越高,万元GDP的生态足迹需求就越低,资源利用率就越高^[8]。

(4)减少人均生态足迹需求、提高人均生态足迹供给是缩小都安县生态赤字的切入点,具体可以采取以下措施:①严格执行计划生育政策,控制县域人口总量。②遏止水土流失和石漠化面积的扩张,防止耕地质量退化,控制建设用地规模,高效利用土地资源。此外应加快建设林地资源并合理使用,制止乱砍乱伐林木、毁林开荒等行为。③都安县属于中亚热带和南亚热带过渡地带,光照充足,雨量充沛,通过改善农业生产条件,推广先进农业技术,发展高效生态农业,可以提高单位土地的产出效率。④加强各种用地的保护和管理,采用高新技术,提高单位面积的生物生产率。⑤以技术革新为核心,高效利用现有资源存量,防止自然资本存量的减少,实现县域的强可持续发展。⑥逐渐改变人们的生产和生活消费方式,建立资源节约型的社会生产和消费体系^[5]。⑦发扬民主,放宽人民群众对可持续发展各项指标的知情权和生态恢复(重建)过程中的参与权、管理权,为县域生态足迹的减少及实现可持续发展奠定好的群众基础。

参考文献:

- [1] 黄铁清,张养贞.可持续发展评判初探[J].地理科学,2002,22(2):156-161.
- [2] 张志强,徐中民,程国栋,等.中国西部12省(区市)的生态足迹[J].地理学报,2001,56(5):599-610.
- [3] 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[J].生态学报,2001,21(9):1484-1493.
- [4] 徐中民,张志强,程国栋.生态经济学理论与应用[M].郑州:黄河水利出版社,2003:67.
- [5] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. Ecological Economic, 1999, 29(3): 375-390.
- [6] 1998年河池地区经济社会统计年鉴[M].南宁:广西人民出版社,1999.
- [7] 都安县统计局.2001、2002年都安县国民经济统计提要[Z].
- [8] 周嘉,尚金城.绥化市可持续发展状况的生态足迹分析[J].地理科学,2004,24(3):333-338.
- [9] 卢远,华 璇.广西1990-2002年生态足迹动态分析[J].中国人口资源与环境,2004,14(3):49-53.
- [10] 杨云彦.人口、资源与环境经济学[M].北京:中国经济出版社,1999.

An Analysis of County's Sustainable Development Situation Based on Ecological Footprint Model

—take Duan county as an example

SHANGGUAN-Zhenjun, YAN Zhi-qiang, HU Bao-qing, LIAO Chi-mei

(The Resources and Environment Institute, Guangxi Teachers Education University,
Nanning 530001, China)

Abstract: Ecological footprint is a new means for the quantitative research of sustainable development. The way can quantitatively measure the influence of human beings on nature. This article calculated and analysed Duan county's ecological footprint, ecological capacity, ecological footprint diversity, development capability and ecological footprint of one million GDP between 1997—2002 by the application of ecological footprint model, the result showed that Duan county's ecological footprint is far higher than its ecological capacity, thus ecological deficit appeared. Index of ecological footprint diversity is low, the development capability of ecological economy system is not strong, but index of ecological footprint of one million GDP is too high, which indicates that the development situation of Duan county is not sustainable currently. Finally, some countermeasure has been put forth for the decrease of ecological deficit and sustainable development in Duan county.

Key words: Duan county; ecological footprint; ecological capacity; sustainable development

[责任编辑: 黄天放]

[上接第65页]

Rocky Desertification Formation and its Ecological Rehabilitation in Southwest China Karst Region

RAO Yi, KUANG Ming-sheng, LI Lin-li, WANG Li-li, ZHAO Ke

(Southwest China Normal University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Rocky desertification becomes more and more severe in karst region, its ecological environment has been changed. The formation of rocky desertification is influenced by geology, climate, hydrology, vegetation and human activity. In this paper, the author has analysed the cause of rocky desertification formation and its harmfulness, put forward a series of ecological rehabilitation measure against rocky desertification.

Key words: Southwest China karst region; rocky desertification; ecological rehabilitation

[责任编辑: 黄天放]