

四川省万源市可持续发展状况的生态占用分析

薛宗保, 李铁松

(西华师范大学国土资源学院, 四川 南充 637002)

摘要: 生态占用方法是一种可持续发展程度的生物物理评价方法。该方法从一个全新的角度考虑人类及其发展与生态环境的关系, 通过跟踪区域能源与资源消费, 将它们转化为这种物质流所必需的各种生物生产土地的面积, 给出一个核算全球、国家、地区以及家庭和个人对自然资本利用的简明框架。该方法通过测算人类的生态占用与生态承载力之间的差距, 定量地判断区域的发展是否处于生态承载力的范围之内, 给评定对象的可持续发展提供科学依据。利用生态占用分析法以万源市为例, 对其生态经济协调发展的状态进行实证研究。结果表明: 供需总量呈现出非均衡特点, 存在严重的生态赤字, 目前处于不可持续发展状态; 生态供需结构存在明显的不对称性; 自然资源利用率低于西部和全国平均水平。最后, 对其产生生态赤字的原因和减小生态赤字的可行性作简要分析。

关键词: 生态占用; 生态承载力; 可持续发展; 万源市

中图分类号: F124.5

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)05-0155-04

Ecological Footprint of Wanyuan City in Sichuan Province for Sustainability

XUE Zong-bao, LI Tie-song

(Land and Resources College, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637002, China)

Abstract: The ecological footprint method is a biophysical assessment method of the human appropriation of ecological capacity, for measuring the ecological imperative of sustainability. It presents a simple framework for national capital account. The ecological footprint is a function of population and per capital material consumption. The calculation of the model requires incorporation of relevant income, prevailing values, social-cultural factors and ecosystem functions in the estimate would lead to intractable information and data-processing problems. Estimating the ecological footprint of a defined population is a multistage process. By taking the Wanyuan City as an example, the ecological footprint indicator was applied to value the coordination state of the regional ecological economy. After research, the conclusion shows: the supply and need shows a characteristic of uneven, ecological deficit exists seriously, the coordination state in Wanyuan city is not optimistic; the structure of supply-need shows a obvious dissymmetry; the ratio of use is much lower. Finally, the authors analyse the reason of ecological deficit and the feasible measures to reduce it.

Key words: ecological footprint; ecological capacity; sustainability; Wanyuan

如何有效地对可持续发展进行客观的度量, 是推动可持续发展从理论走向实践的重要基础, 也是当前可持续发展研究的核心问题。生态占用模型(Ecological Footprint) 能从生态供给与经济需求两方面对区域生态经济系统供需平衡状况进行综合测度, 并以此作为衡量区域生态经济协调程度的重要标志^[1]。本文基于该模型对四川省万源市进行实证研究, 力求从整体上客观评估该市的生态与经济发展状态, 协调日益尖锐的生态经济矛盾, 为指导该类地区的生态经济重建提供一定的参考。

1 研究方法

1.1 研究概况

生态占用最初是由加拿大经济学家 William Rees 等在 1992 年提出, 并在 1996 年由其博士生 Wackernagel 加以完

善的一种衡量人类对自然资源利用程度以及自然界为人类提供生命支持服务功能的方法。William Rees 曾将其形象地比喻为: “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]。”所谓生态占用, 是指在现有生活水平下占用的提供资源或消纳废物的, 具有生物生产力的地域空间。

生态占用概念与 1999 年引入国内, 有关研究也同时展开。在理论与方法方面张志强、杨开忠、李利锋等首先对生态占用的概念、计算模型评价进行了研究^[3-5]; 在国家 and 区域生态占用研究方面, 徐中民等计算了甘肃省 1998 年生态占用, 在国内最早开展了生态占用分析理论与方法的实证应用研究^[6]; 此后, 张志强、徐中民、陈东景等对中国西北地区、中国西部 12 省(区、市)、中国干旱区(以新疆为例)的生态占用进行了分析计算^[7-9]; 另外, 国内其他学者如方一平、蒋德

① 收稿日期: 2004-12-16

作者简介: 薛宗保(1982-), 男, 重庆市人, 环境科学专业 2004 级在读硕士研究生, 主要从事城市生态环境研究。

明、梁星、王书华等也应用此方法对具体地区、城市进行了研究分析^[10~23]。

1.2 计算方法

生态占用的计算主要基于以下两个基本事实:①人类能够估计自身消费的大多数资源、能源及其所产生的废弃物数量;②这些资源和废物流能折算成生产和消纳这些资源和废物流的生物生产面积(biological productive area)或生态生产面积(ecological productive area)。因此,任何一个特定人口(从单一个人到一个城市甚至一个国家的人口)的生态占用,就是其占用的用于生产所消费的资源与服务以及利用现有技术同化其所产生的废弃物的生物生产土地和水域的总面积。

生态占用计算公式:

$$EF = Nef = \sum_{i=1}^n aa_i = N(c_i/p_i)$$

式中: i ——消费商品和投入的类型; n ——消费项目数; p_i —— i 种消费商品的平均生产能力; c_i —— i 种商品的人均消费量; aa_i —— i 种交易商品折算的生物生产面积; N ——总人口数; ef ——人均生态占用; EF ——总的生态占用。

生态承载力计算公式:

$$EC = \sum_{i=1}^n \alpha_i c_j y_j$$

式中: a_j ——人均生物面积; c_j ——均衡因子; y_j ——产量因子; EC ——人均生态承载力。

2 研究区域背景

万源市(107°28'~108°31'E, 31°39'~32°20'N)位于四川省东北部大巴山南麓腹心地带,总面积4065 km²。东接重庆城口县,南连宣汉县,西与平昌县、通江县接壤,北和陕西省的镇巴县、紫阳县毗邻,是联结川陕两省的重要通道之一,素有“秦川锁钥”之称。地处中纬度地区,属于北亚热带季风气候,气候温和,雨量充沛,境内野生动植物十分丰富。境内河流发育,其中流域面积在20 km²的河流有51条,已探明的矿产资源有十几种之多,因此,也有“万宝之源”的美誉。

因万源属于县级市所以就综合国民经济而言,与全国同类县(901个山区县,646个民族县和386个西南农区县)比较,其产值、收入、支出、储蓄人均指标均持平或略低,2003年人均国内生产总值为3536元^[24],远低于全省(6344元)和全国(8938元)的人均水平,综合经济实力较低;就产业结构而言,以粗放、小规模的传统农业为主体,农田水利能源基本建设较落后,第二产业以矿产资源密集型的原材料工业为主;就生态系统而言,该市存在土地资源紧张,水土流失日益严重,矿产资源长期掠夺式开发渐趋枯竭等若干生态问题。

3 结果与分析

3.1 生态占用计算结果

万源的生态占用主要由两部分组成:其一是生物资源的消费,其二是能源的消费。此外,贸易调整是生态占用模型的一个有机组成部分,但本研究没有讨论贸易调整,主要是因为万源作为一个内陆经济单元,其贸易量相对较小,并且进出口部分在一定程度上可以抵消,对生态占用计算的影响非常小。

生物资源的计算采用联合国粮农组织(FAO)1993年有关生物资源的世界平均年产量资料^[7,8](采用这一公共标准主要是为了使计算结果可以进行国与国,地区与地区之间的

比较),将万源2003年的消费转化为提供这些消费需要的生物生产面积(表1),其公式如下:

$$EF_i = X_i/Y$$

式中: EF_i ——第 i 种消费项目折算为人均生物生产面积; X_i ——第 i 种消费项目的人均消费量; Y ——统计世界上第 i 种生物资源的平均产量。

能源部分账户处理了原煤、焦炭和电力。数据采用世界上单位化石燃料生产土地面积平均发热量为标准^[25,26],将当地能源所消耗的热量折算为一定的化石燃料土地面积(表2)。

表3是万源市2003年生态占用的结果汇总,为了使计算结果转化为一个可比较的标准,有必要对每种生物生产面积乘上一个均衡因子(当量因子),以转化生物生产面积。对于生态承载力由于各国、各地区的各种生物生产面积的产出差异很大,在转化为生物生产面积时分别乘了一个产量因子(yield factor)。如万源市耕地面积的产量因子取为1.66,表明万源市耕地面积的生物产出率是世界平均水平的1.66倍^[29]。同时,也于谨慎考虑,在万源市能供给的生物生产面积计算时也扣除了12%的生物多样性保护的面积,这与世界环境与发展委员会的建议保持一致。

由计算可知,2003年万源市的人均生态占用为1.2589 hm²,而实际可供的人均生态面积为0.6977 hm²,即人均生态赤字0.5612 hm²。生态赤字的存在表明万源市在目前的生活水平和经济技术条件下,其人类活动对区域生态经济系统的影响超出了其生态承载力的阈值。

表1 万源市生态占用计算中的生物资源账户^[24]

| 分类项目 | 全球平均产量 /(kg·hm ⁻²) | 万源市消费量 /10 ³ kg | 总生态占用 /hm ² | 人均生态占用 /(hm ² ·cap ⁻¹) | 生物生产 面积类型 |
|--------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--|--------------|
| 农产品产量 | | | | | |
| 粮食 | | | | | |
| 水稻 | 2744 | 78968 | 28778.43 | 0.051909 | 耕地 |
| 小麦 | 2744 | 5365 | 1955.18 | 0.003527 | 耕地 |
| 玉米 | 2744 | 66007 | 24055.03 | 0.043389 | 耕地 |
| 豆类 | 1856 | 11206 | 6037.72 | 0.010891 | 耕地 |
| 薯类 | 12607 | 102798 | 8154.04 | 0.014708 | 耕地 |
| 油料 | 1856 | 18217 | 9815.19 | 0.017704 | 耕地 |
| 烟叶 | 1548 | 869 | 561.37 | 0.001013 | 耕地 |
| 麻类 | 1500 | 4 | 2.67 | 0.000005 | 耕地 |
| 蚕茧 | 1000 | 95 | 95.00 | 0.000171 | 耕地 |
| 茶叶 | 1182 | 2116 | 1790.19 | 0.003229 | 耕地 |
| 饮料酒 | 7164 | 6156 | 859.30 | 0.001550 | 耕地 |
| 蔬菜瓜果 | 18000 | 126061 | 7003.39 | 0.012632 | 耕地 |
| 动物产品产量 | | | | | |
| 猪肉 | 457 | 50024 | 109461.71 | 0.197441 | 草地 |
| 牛肉 | 33 | 5038 | 152666.67 | 0.275373 | 草地 |
| 羊肉 | 33 | 2712 | 82181.82 | 0.148236 | 草地 |
| 禽肉 | 457 | 5663 | 12391.68 | 0.022352 | 耕地 |
| 禽蛋 | 400 | 2973 | 7432.50 | 0.013406 | 耕地 |
| 奶类 | 502 | 10 | 19.92 | 0.000036 | 草地 |
| 水产品 | 29 | 1205 | 41551.72 | 0.074949 | 水域 |
| 林产品产量 | | | | | |
| 油桐籽 | 1600 | 327 | 204.38 | 0.000369 | 林地 |
| 核桃 | 3000 | 305 | 101.67 | 0.000183 | 林地 |
| 板栗 | 3000 | 289 | 96.33 | 0.000174 | 林地 |
| 水果 | 3500 | 6090 | 1740.00 | 0.003139 | 林地 |

表2 万源市生态占用计算中的能源部分账户^[24]

| 燃料种类 | 全球平均能源占用/(GJ·hm ⁻²) | 折算系数/(GJ·10 ³ kg ⁻¹) | 消费量/10 ³ kg | 人均消费量/(10 ³ kg·cap ⁻¹) | 人均生态占用/(hm ² ·cap ⁻¹) | 生产面积类型 |
|------|---------------------------------|---|------------------------|---|--|--------|
| 原煤 | 55 | 20.934 | 440000 | 16.614286 | 0.302078 | 化石燃料土地 |
| 焦炭 | 55 | 28.470 | 33100 | 1.713510 | 0.031155 | 化石燃料土地 |
| 电力 | 1000 | 11.840 | 5723* | 4.400021 | 0.004400 | 建筑用地 |

注: * 单位为 10⁴kw·h, 在计算时按能源折算系数^[27]折算为 GJ。

表3 万源市 2003 年生态占用计算结果汇总

| 人均生态占用需求 | | | | 人均生态占用供给 | | | | |
|----------|--|------|--|--------------------|--|------|------|---|
| 类型 | 需求面积/(hm ² ·cap ⁻¹) | 当量因子 | 生态占用/(hm ² ·cap ⁻¹) | 类型 | 供给面积/(hm ² ·cap ⁻¹) | 当量因子 | 产量因子 | 生态承载力/(hm ² ·cap ⁻¹) |
| 耕地 | 0.196486 | 2.8 | 0.5502 | 耕地 | 0.0490 | 2.8 | 1.66 | 0.2278 |
| 林地 | 0.003865 | 1.1 | 0.0043 | 林地 | 0.4701 | 1.1 | 0.91 | 0.4706 |
| 草地 | 0.621086 | 0.5 | 0.3105 | 草地 | 0.1387 | 0.5 | 0.74 | 0.0513 |
| 水域 | 0.074949 | 0.2 | 0.0150 | 水域 | 0.0154 | 0.2 | 1.00 | 0.0031 |
| 建筑用地 | 0.004400 | 2.8 | 0.0123 | 建筑用地 | 0.0086 | 2.8 | 1.66 | 0.0400 |
| 化石燃料用地 | 0.333233 | 1.1 | 0.3666 | CO ₂ 吸收 | 0.0000 | 2.8 | 0.00 | 0.0000 |
| | | | | 总供给面积 | | | | 0.7928 |
| | | | | 生物多样性保护面积(12%) | | | | 0.0951 |
| | | | | 总的可利用生态空间面积 | | | | 0.6977 |
| 总需求面积 | | | 1.2589 | | | | | |

3.2 结论分析

(1) 生态占用的供需平衡状况分析。从人均生态占用的供需情况看(表3), 供需总量非均衡特点明显, 生态赤字严重存在。万源市的人均生态供给(0.6977 hm²) 与人均生态占用(1.2589 hm²) 之比为 1:1.8, 供需矛盾尖锐, 进一步揭示了当前生态形势的严峻性, 在万源进出口贸易量不大的前提下为维持整个系统的平衡发展, 只能通过消耗自然资本存量来弥补生态承载力的不足。因此, 当前万源市的生态经济系统处于一种不可可持续发展的状态。

(2) 与其它区域的比较分析。

表4 万源市与其它地区生态占用、生态承载力及万元 GDP 的生态占用比较

| 类别 | 万源 | 四川省 | 西部12省(区、市) | 东部地区 | 全国 | 全球 |
|--|--------|--------|------------|--------|--------|------|
| 人均生态占用/(hm ² ·人 ⁻¹) | 1.259 | 0.951 | 1.172 | 1.379 | 1.326 | 2.8 |
| 人均生态供给/(hm ² ·人 ⁻¹) | 0.698 | 0.385 | 0.718 | 0.513 | 0.681 | 2.0 |
| 人均生态赤字/(hm ² ·人 ⁻¹) | -0.561 | -0.566 | -0.454 | -0.843 | -0.645 | -0.8 |
| 万元GDP生态占用/hm ² | 3.599 | 2.141 | 2.721 | 1.306 | 2.038 | - |

注: 根据参考文献[8、14]整理, 其它地区中全球为1997年数据, 其余均为1999年数据。

从表4可以看出, 与其它区域相比, 万源市人均生态占用低于全球平均水平仅为全球人均需求的45%; 略低于东部地区和全国的人均水平; 与西部地区的人均水平相当; 比四川省的人均水平高出32%。从人均生态赤字来看, 表中所示区域均为生态赤字区。万源的人均生态赤字低于全国和东部地区; 与四川省的人均生态赤字相当; 略高于西部地区的人均水平。这表明万源市的生态赤字处于四川省和西部省区的平均水平, 这很符合当前的实际情况。

区域国民经济活动万元GDP的生态占用可以从一定程度上反映区域资源的利用效率。采用万源市2003年总的生态占用和当年的GDP值, 计算得到当地万元GDP的生态占用为3.599 hm², 是西部12省(区、市)的1.3倍, 四川省的1.7

参考文献:

- [1] 王书化, 王忠静. 基于生态足迹模型的山区生态经济协调发展定量评估[J]. 山地学报, 2003, 21(3): 324-330.
- [2] William E R. Revisiting Carrying Capacity: Area - Based Indicators of Sustainability [A]. In: Wackernagel M, ed. Ecological Footprint of Nations[EB/OL]. <http://www.ecouncil.ac.cr/rio/focus/report/English/footprint/1996>.
- [3] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态足迹的概念及计算模型[J]. 生态经济, 2000, (10): 8-10.

倍, 全国的1.8倍, 东部地区的2.8倍, 说明其资源利用效率还很低, 不仅低于省内、全国水平, 还远远低于我国东部地区。

4 原因及对策

4.1 “生态赤字”产生的原因

生态空间供给类型单一, 供给总量非常有限, 由于特定的区域特点, 目前万源市可供的生态空间类型中以林地和耕地为主, 草地、水域等很少。由于耕地过度开垦, 水土流失严重, 土地质量下降等原因限制了供给总量的提高。

以煤炭为主的消费需求, 增加了生态占用供求总量。从万源市生态空间需求结构和需求总量来看, 能源空间占用是当地人均生态占用需求的重点, 占全部需求空间的29.1%, 这与当地高耗能型的工业主导型结构以及单位、居民取暖大量消耗煤炭有着紧密关系。

4.2 减小区域生态赤字的可行性对策

在现有基础上加快生态环境建设。近年来, 万源市抓住国家西部大开发的有利契机, 加强了生态环境建设的投资, 管理力度, 实施了天然林保护工程、退耕还林工程等, 今后仍要在这方面加强的同时, 加强流域水土流失综合治理、人工草场改良、耕地坡改梯、生态水利基础设施建设等, 以提高土地生产能力。

加快调整产业结构, 促进产业升级转换。目前万源市正处于以资源密集型为主的产业阶段, 资源密集和技术含量低造成了自然资源需求的增加。因此, 加速向资金、技术密集型转变以代替当前资源密集型产业结构类型是当务之急。

严格执行计划生育政策, 控制人口过快增长。万源市近年来, 人口自然增长率均高于同区水平, 2003年高达4.9‰(达州2.1‰, 四川3.1‰)。因此应严格控制人口规模, 并提升以生态文化为主的人口素质, 倡导理性消费, 避免不必要的浪费。

- [4] 杨开忠, 杨泳, 陈洁. 生态足迹分析理论与方法研究[J]. 地球科学进展, 2000, 15(6): 630– 636.
- [5] 李利锋, 成升魁. 生态占用——衡量可持续发展的新指标[J]. 自然资源学报, 2000, 15(4): 375– 382.
- [6] 徐中民, 张志强, 陈国栋. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 607– 616.
- [7] 陈东景, 徐中民, 陈国栋. 等. 中国西北地区的生态足迹[J]. 冰川冻土, 2001, 23(2): 164– 169.
- [8] 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.
- [9] 陈东景, 徐中民. 生态足迹理论在我国干旱地区的应用与探讨[J]. 干旱区地理, 2001, 24(4): 305– 309.
- [10] 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, 29(19): 1484– 1493.
- [11] 苏筠, 成升魁, 谢高地. 大城市居民生活消费的生态占用初探[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 24– 28.
- [12] 梁星, 王荣祥. 上海地区可持续发展状况的生态痕迹评价[J]. 复旦学报(自然科学版), 2002, 4(41): 388– 394.
- [13] 尤飞, 钟有丽, 王传胜. 生态经济持续性的度量 and 趋势预测[J]. 自然资源学报, 2002, 17(6): 743– 749.
- [14] 徐中民, 陈东景, 张志强, 等. 中国 1999 年的生态足迹[J]. 应用生态学报, 2003, 14(2): 317– 320.
- [15] 秦耀辰, 牛树海. 生态占用法在区域可持续发展评价中的运用与改进[J]. 自然资源学报, 2003, 25(1): 1– 8.
- [16] 王书华, 张义丰, 王忠静, 等. 基于生态足迹模型的城郊经济协调评估[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(1): 78– 82.
- [17] 邓跃, 杨顺生. 四川省 2001 年生态足迹分析[J]. 四川环境, 2003, 22(6): 45– 47.
- [18] 王书华, 王忠静. 基于生态足迹模型的山区生态经济协调发展评估[J]. 山地学报, 2003, 22(3): 324– 330.
- [19] 赵云龙, 唐海萍, 李新宇, 等. 河北省怀来县可持续发展状况的生态足迹分析[J]. 自然资源学报, 2004, 19(1): 128– 135.
- [20] 蒋德明, 李晓兰, 刘志民. 科尔沁沙地生态足迹分析[J]. 干旱区研究, 2004, 21(3): 263– 268.
- [21] 罗贞礼, 黄璜. 可持续发展评价模型: 生态足迹方法及其应用[J]. 热带地理, 2004, 24(2): 140– 143.
- [22] 方一平, 陈国阶. 西昌市生态空间占用及其生态系统安全评估[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(3): 212– 217.
- [23] 张泽洪, 李铁松, 刘沙. 四川南充生态占用初步研究[J]. 广西科学院学报, 2004, 20(3): 202– 204.
- [24] 万源市统计局. 万源市统计年鉴 2004[Z].
- [25] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. Ecological Footprint of Nations: How much nature do they have? [R]. Toronto: Internation Council for Local Environmental Initiatives, 1997. 10– 21.
- [26] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital with the ecological footprint concept[J]. Ecological Economics, 1999, 29(3): 376– 390.
- [27] 邱大雄. 能源规划与系统分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995. 48.

(上接第 148 页)

vital factor of plants, net photosynthesis rate, stomatal conductance, root distribution, solar radiation, wind velocity, rainfall, geographical factor, aspect, soil moisture, slope, soil temperature and heap zone.

The purpose of this study was to establish the

vegetation root models of pioneer plants in forest. These models could be applied to some special landslides area in forest, these models can be incorporated with other factors, such as landslide, slope failures, and stability of slope.

References:

- [1] Abe, K. Estimation of reinforce shear resistance of rooted soil by pull-out resistance of the roots[J]. Journal of Japanese Society Reveget. Tech., 1991, 16: 37– 45. (In Japanese)
- [2] Abe, K, M Iwamoto. Simulation model for the distribution of tree roots-application to a slope stability model[J]. Journal of Japanese Forest Society, 1990, 72: 375– 387. (In Japanese)
- [3] Abe, K, R R Ziemer. Effect of tree roots on a shear zone: modeling reinforced shear stress[J]. Can. J. For. Res., 1991, 21: 1012– 1019.
- [4] Chang, C P, S H Lin. Root strength characteristics of dominant plants at landslide area in Central Cross-Island Highway Taiwan[J]. "Chinese Soil Water Conservation", 1995, 26: 235– 44. (In Chinese)
- [5] Chen, C C, R S Lin. Nondestructive dry-matter estimation of Phalenopsis leaves[J]. "Chinese J. Aerometry", 1999, 6: 87– 96. (In Chinese)
- [6] Lin, S H, C P Chang. Vegetation analysis and the physiological responses of dominant plant at landslide area in Central Cross Highway, Taiwan[J]. "Chinese Soil Water Conservation", 1995, 26: 1– 16. (In Chinese)
- [7] Myers, R H. Classical and Modern Regression with Application[M]. Boston: Pws & Kent Pub., 1986.
- [8] Pasian C C, J H Lieth. Nondestructive dry-matter estimation of rose leaves, stems, and flower buds using regression models[J]. Hort Science, 1999, 49: 162– 164.
- [9] Waldron, L J. The shear resistance of root permeated homogeneous and stratified soil[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1997, 41: 843– 849.
- [10] Wu, T H. Investigation of landslides on prince of Wales Island, Alaska[R]. Columbus: Department of Civil Engineering, Ohio State University, Geotech. Eng. Rep. NO. 5., 1976.