

宁夏西吉县可持续发展评价与预测

马彩虹

(陕西理工学院 历史文化系, 陕西 汉中 723001)

摘 要:利用生态足迹法对宁夏西吉县近 26 a 来的可持续发展进行了评价研究,构建了该县生态足迹、生态承载力随时间变化的预测模型,预测了未来西吉县的可持续发展趋势。结果表明,西吉县人均生态足迹由 1978 年的 $0.190\ 5\ \text{hm}^2$ 逐年增加至 2003 年的 $0.442\ 5\ \text{hm}^2$,而同期的人均生态承载力则由 $0.304\ 4\ \text{hm}^2$ 逐年减少到 $0.204\ 7\ \text{hm}^2$,可见生态足迹与生态承载力呈反方向发展趋势。西吉县 1978 年的生态盈余为 $0.113\ 9\ \text{hm}^2$,1987 年出现生态赤字,2003 年人均生态赤字增至 $0.237\ 8\ \text{hm}^2$ 。该区 1978 年的生态压力指数为 0.63,1986 年为 0.99,2003 年增至 2.16。说明西吉县人口对自然资源的利用从 1987 年开始超出自然生态系统的承载力,生态经济系统的发展处于不可持续状态。据模型预测,2010 年和 2015 年西吉县人均生态足迹分别为 $0.534\ 0$ 和 $0.639\ 7\ \text{hm}^2$,人均生态承载力分别是 $0.205\ 9$ 和 $0.225\ 9\ \text{hm}^2$,人均生态赤字分别达到 $0.328\ 2$ 和 $0.413\ 8\ \text{hm}^2$ 。如果不改变现有发展模式,西吉县的生态赤字将不断增加,可持续发展面临更严峻的考验。

关键词:生态足迹;生态承载力;预测模型;可持续发展

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0043-03

Sustainability Evaluation and Prediction in Xiji County of Ningxia Hui Autonomous Region

MA Cai-hong

(Department of History and Culture, Shaanxi University of Technology, Hanzhong, Shaanxi 723001, China)

Abstract: By ecological footprint method, the sustainability state of Xiji county in Ningxia Autonomous Region was studied in the past 26 years. And sustainability trend of the county was calculated by forecast model of ecological footprint and ecological capacity. The results showed that ecological footprint per capita gradually increased from $0.190\ 5\ \text{hm}^2$ to $0.442\ 5\ \text{hm}^2$ from 1978 to 2003, whereas, ecological capacity per capita declined year by year from $0.304\ 4\ \text{hm}^2$ to $0.204\ 7\ \text{hm}^2$. A conclusion could be drawn that the ecological footprint and ecological capacity development just in the opposite direction. In 1978, the ecological surplus was $0.113\ 9\ \text{hm}^2$, and in 1986 ecological deficit arose, which rose to $0.237\ 8\ \text{hm}^2$ in 2003. And the utilization of natural resource of the county was beyond the capacity of the natural ecological system now, the conflicts between ecological footprint and ecological capacity are going up. The forecast showed that ecological footprint per capita would be $0.534\ 0\ \text{hm}^2$ in 2010 and $0.639\ 7\ \text{hm}^2$ in 2015, and that ecological capacity per capita would be $0.205\ 9\ \text{hm}^2$ in 2010 and $0.225\ 9\ \text{hm}^2$ in 2015, and that ecological deficit per capita would reach $0.328\ 2\ \text{hm}^2$ in 2010 and $0.413\ 8\ \text{hm}^2$ in 2015. The research indicates that the present developing model is not sustainable, the ecological environment is at risk.

Key words: ecological footprint; ecological capacity; prediction model; sustainability

可持续发展研究中的一个难点是如何定量衡量区域发展的可持续性。生态足迹(Ecological Footprint)方法是由 Rees 和 Wackernagel 于 1996 年提出的一种定量评价区域可持续发展程度的新方法^[1,2],该方法 1999 年被引入中国^[3]。近年来,在国外已开始了长时间范围的动态研究^[4~6];国内的研究工作多是针对某一年的静态研究,研究对象也多是省、市以上的区域^[7~9],有关动态研究报道很少^[10~13],特别是有关县域动态研究未见报道。然而,县域经济是我国国民经济的基本单元^[14]。国家的宏观管理调控都必须经过县一级在县域内实现,宏观管理效应和基层的信息,也必须通过县域经济的层次

来反馈^[15]。因此,在县域层次上定量评价区域可持续发展具有显著意义。笔者利用生态足迹法对宁夏西吉县近 26 a 来的可持续发展进行了评价研究,并预测该县可持续发展的趋势,以期对相关决策部门提供参考依据。

1 研究区概况

宁夏西吉县位于 $105^{\circ}20'\sim 106^{\circ}04'\text{E}$, $35^{\circ}35'\sim 36^{\circ}14'\text{N}$, 南北长 74 km,东西宽 67 km,总面积 $3\ 143.85\ \text{km}^2$,年均降水量 435 mm,年均蒸发量 $1\ 350\ \text{mm}$,年均温 5.2°C ,无霜期 138 d,属于干旱半干旱大陆性气候区,旱灾、冻灾、冰雹等自

收稿日期:2006-07-17

基金项目:国家自然科学基金项目(3937055,39670586);陕西省自然科学基金项目(2001SM27)

作者简介:马彩虹(1974-),女,宁夏西吉人,硕士研究生,主要从事生态环境评价研究。

然灾害频繁,生态脆弱。2003 年全县总人口 456 858 人,农民人均纯收入为 1 400 元,经济贫困,是全国著名的生态贫困地区,其生态经济发展状况在黄土丘陵地区具有典型性。

2 研究方法

2.1 生态足迹模型

生态足迹定义为任何已知人口的地区或国家的生态足迹是生产这些人口消费的所有资源和吸纳这些人口产生的所有废弃物所必需的生物生产面积(Biologically Productive Area)^[3,4]的总和。依据前人研究^[3~15],生态足迹的计算公式修订为:

$$EF = N \times ef = N \sum_{i=1}^n (a_i \times r_j) = N \sum_{i=1}^n (c_i \times p_i) \times r_j$$

$$(i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, \dots, 6) \quad (1)$$

式中: EF ——总的生态足迹; ef ——人均生态足迹; N ——人口数; a_i —— i 种物质人均占用的生物生产面积; r_j ——均衡因子; c_i —— i 种物质的人均消费量; p_i —— i 种物质的世界平均生产能力; i ——消费的物质种类; j ——生物生产面积类型。

在生态足迹账户中,生物生产面积分为 6 种类型:耕地、林地、草地、化石能源用地、建筑用地和水域,这 6 类生物生产面积的生产能力差异很大,不能简单进行相加。为此,生态足迹计算方法中采用均衡因子把不同类型的生物生产面积转化为统一的、可以比较的生物生产面积。均衡因子为某类生物生产面积的世界平均潜在生产力(world average potential productivity)与全球各类生物生产面积的平均潜在生产力的比值。由于数据来源各异,不同学者采用的均衡因子也不相同。为了使其研究结果能与全世界相比较,本文采用世界野生动物基金会(WWF)2004 年报告中给出的 2001 年的均衡因子^[7]:建筑用地和耕地为 2.19,水面为 0.36,草地为 0.48,林地和化石能源用地为 1.38。

2.2 生态承载力模型

生态承载力指区域实际提供给人类的生物生产面积(包括水域)的总和,依据前人研究^[3~15]计算公式修订为:

$$EC = N \times \alpha = N \times (1 - 12\%) \sum_{j=1}^6 \alpha_j \times r_j \times y_j$$

$$(j = 1, 2, 3, \dots, 6) \quad (2)$$

式中: EC ——区域生态承载力; N ——人口数; α ——人均生态承载力; α_j ——人均生物生产面积; r_j ——均衡因子; y_j ——产量因子; j ——生物生产面积类型。

由于同类生物生产面积的生产力在不同国家或地区之间存在差异,因此不同国家和地区的同类生物生产面积不能直接进行对比。Wackernagel 引入产量因子(Yield Factor)解决这一问题^[7]。产量因子是一个国家或地区某类生物生产土地的平均生产力与同类土地的世界平均生产力之间的比率。在本文计算中,耕地和林地的产量因子分别依据西吉县诸年的农产品、林产品平均产量与全球平均产量相比较,分别得出耕地和林地的产量因子。建筑用地大都来自产出率高的耕地,产量因子取值与耕地相同。其余土地类型的产量因子按文献^[9,10]中对生态足迹的计算取值,草地为

0.19,水域是 1。同时,根据世界环境与发展委员会(WCED)的建议,扣除 12% 的生物多样性保护面积。

2.3 区域可持续发展状态诊断

生态足迹和生态承载力计算中采用统一的测度指标——生物生产面积,使二者具有可比性。通过计算二者差值,可产生明晰的关于人类生态经济系统可持续发展状态的判断。本文首次采用下述公式进行判断:

$$esd = \alpha - ef \quad (3)$$

式中: esd (ecological sustainable development)——生态经济系统可持续发展状态; α ——人均生态承载力; ef ——人均生态足迹。当 $esd > 0$ 时为生态盈余(ecological surplus),表明人类对自然生态系统的压力处于本地区所提供的生态承载力范围内,生态系统是安全的,经济发展表现为强可持续状态;当 $esd = 0$ 时为生态均衡,生态系统与经济发展处于均衡状态,为弱可持续状态;当 $esd < 0$ 时为生态赤字(ecological deficit),表明这一地区的人们对本地区的自然生态系统所提供的产品和服务的需求超过其供给,为了满足需求,人们通常会采取 2 种方法:过度开发本地资源和大量进口产品及服务。这都会产生一定的外部性效果,从而使本地区的生态系统变得更不安全,经济发展表现为不可持续状态。

2.4 区域生态安全评价

为了研究区域的生态安全问题及其对策,本文在生态足迹概念的基础上,提出生态压力指数模型。生态压力指数(ETI)模型为:

$$ETI = ef / \alpha \quad (4)$$

3 结果与分析

3.1 1978~2003 年人均生态足迹和人均生态承载力计算

根据宁夏西吉县自然资源状况和消费特点,确定该县生态足迹计算主要包括 2 部分:(1)生物资源的消费;(2)化石能源的消费。基于 1978~2003 年统计数据^[17~18],生物资源消费分为农产品、畜产品、林产品、水果和水产品等 5 大类,按此各大类下有一些细分类。生物生产面积折算,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^[19]。能源部分账户根据资料处理了如下几种能源:煤炭、焦炭、汽油、柴油、燃料油和电力。计算足迹时将能源的消费转化为化石能源生产土地面积,即吸纳化石燃料燃烧所产生的 CO_2 所需要的生物生产面积。采用世界上单位化石能源生产土地面积的平均发热量为标准^[19],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^[20]。此外,贸易调整是生态足迹模型的一个有机组成部分,但本研究没有讨论贸易调整部分,主要是因为西吉县作为一个内陆县域经济单元,其贸易量相对较小,并且其进出口部分在一定程度上可以相互抵消,将贸易对于生态足迹计算的影响降低到很小的程度。计算结果见图 1。

3.2 西吉县可持续发展状态和生态安全评价

从图 1 可以看出,西吉县人均生态足迹增长较快,1978 年,人均生态足迹为 0.190 5 hm^2 ,到 2003 年为 0.442 5 hm^2 ,净增 0.252 0 hm^2 ;而人均生态承载力却呈下降态势,1978 年人均生态承载力为 0.304 4 hm^2 ,到 2003 年为

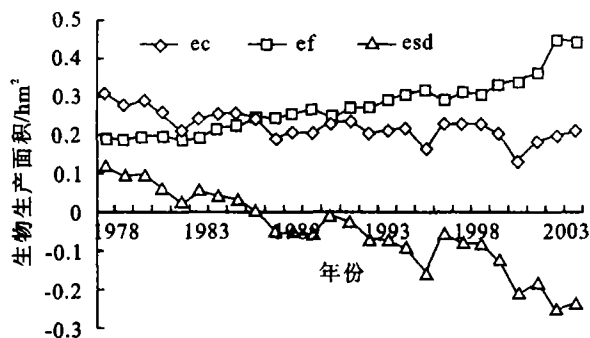


图1 人均生物生产面积的供给与需求动态

0.204 7 hm²,降低了0.099 7 hm²。人均生态足迹和人均生态承载力的逆向变化态势使得该县的人均生物生产面积由1986以前的生态盈余转为其后的生态赤字。1978年,人均生态盈余0.113 9 hm²;其后,人均生态盈余程度逐年下降,1987年以后开始出现生态赤字,到2003年,人均生态赤字增大到0.237 8 hm²。从生态压力指数看,西吉县1978年的生态压力指数为0.63,1986年为0.99,2003年增至2.16。可见,该县生态系统承受的压力逐年增大,生态系统的承受能力与人类经济开发活动强度二者之间矛盾凸现,由1986年以前生态经济基本表现为可持续状态,其后,人地关系趋于紧张,生态经济系统处于不可持续状态。

3.3 西吉县生态足迹和生态承载力发展趋势预测

利用SPSS软件分析西吉县1978~2003年人均生态足迹、人均生态承载力的发展变化与时间(年份)之间的关系(图2),可以得到如下2个发展预测模型:

$$y_1 = 0.1873 + 0.0013x + 0.0003x^2 \quad R = 0.960 \quad (5)$$

$$y_2 = 0.2906 - 0.0083x + 0.0002x^2 \quad R = 0.755 \quad (6)$$

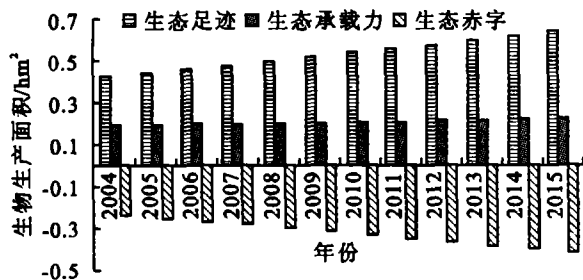


图2 西吉县生态足迹与生态承载力发展趋势预测

式(5)、(6)分别为生态足迹、生态承载力的发展预测模型,式中 y_1 、 y_2 分别是人均生态足迹、人均生态承载力的预测值, x 为要预测的年份距1978年的年数(1978年为1)。假设西吉县未来10多年内的人口增长率、消费模式、土地和贸易状况仍保持1978~2003年间的发展态势,则根据上述模型(5)、(6)可以预测未来10多年的人均生态足迹、人均生态承载力和人均生态赤字的发展趋势。根据上述2个模型预测,2010年和2015年西吉县人均生态足迹分别为0.534 0和0.639 7 hm²,人均生态承载力分别是0.205 9和0.225 9 hm²,其人均生态赤字分别达到0.328 2和0.413 8 hm²。可见,如果不改变现有的发展模式,西吉县生态赤字将不断加剧,可持续发展将面临更严峻的考验。

4 结 论

西吉县人均生态足迹由1978年的0.190 5 hm²逐年增

加至2003年的0.442 5 hm²;而同期的人均生态承载力则由0.304 4 hm²逐年减少到0.204 7 hm²,可见生态足迹与生态承载力呈反方向发展态势。该县1978年的人均生态盈余为0.113 9 hm²,1987年以后开始出现生态赤字,2003年人均生态赤字增至0.237 8 hm²。该区1978年的生态压力指数为0.63,1986年为0.99,2003年增至2.16。说明西吉县人口对自然资源的利用逐年增加,从1987年开始超出自然生态系统的生态承载力范围,生态足迹与生态承载力之间的矛盾逐年加剧,现有的发展模式是不可持续的,生态环境处于不安全状态。

根据西吉县生态足迹、生态承载力随时间变化的预测模型,预测西吉县人均生态足迹分别为0.534 0和0.639 7 hm²,人均生态承载力分别是0.205 9和0.225 9 hm²,其人均生态赤字分别达到0.328 2和0.413 8 hm²。可见,如果不改变现有的发展模式,西吉县生态赤字将不断加剧,可持续发展面临更严峻的考验。今后,应把人口控制与提高人口素质、进一步优化生态足迹的组成、提高资源的利用效率等作为西吉县可持续发展的对策。

参考文献:

- [1] Wackernagel M, Rees W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective[J]. Ecological Economics, 1997, 20: 3-24.
- [2] 陶在朴. 生态包袱与生态足迹——可持续发展的重量及面积观念[M]. 北京: 经济科学出版社, 2003.
- [3] 张志强, 孙成权, 程国栋, 等. 可持续发展研究: 进展与趋向[J]. 地球科学进展, 1999, 14 (6): 589-595.
- [4] Haberl H, Erb K H, Krausmann F. How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Austria 1926-1995[J]. Ecological Economics, 2001, 38: 25-45.
- [5] Wackernagel M, Monfreda C, Erb K H, et al. Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961-1999: comparing the conventional approach to an 'actual land area' approach[J]. Land Use Policy, 2004, 21: 261-269.
- [6] Wackernagel M, Monfreda C, Schulz N B, et al. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges[J]. Land Use Policy, 2004, 21: 271-278.
- [7] 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——以张掖地区1995年的生态足迹计算为例[J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1484-1493.
- [8] 徐中民, 张志强, 程国栋. 甘肃省1998年生态足迹计算与分析[J]. 地理学报, 2000, 55(5): 607-616.
- [9] 王书华, 张义丰, 毛汉英. 城郊县域生态经济协调状态与发展能力分析——以河北新乐市为例[J]. 地理科学进展, 2004, 23(1): 96-104.

(下转第66页)

▲样方1 ■样方2 ▼样方3 ◆样方4 ▲样方5 □样方6
▼样方7 ◇样方8 ▲样方9 ■样方10 ▼样方11 ◆样方12
▲样方13 □样方14 ▼样方15 ◇样方16 ▲样方17 ■样方18

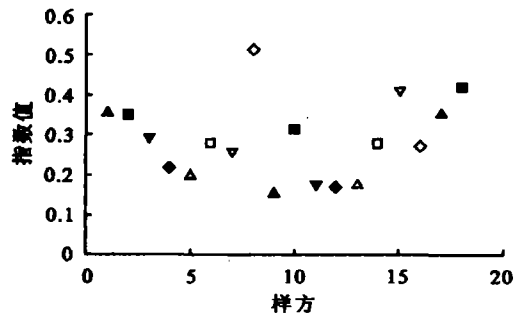


图7 Simpsons 指数变化图

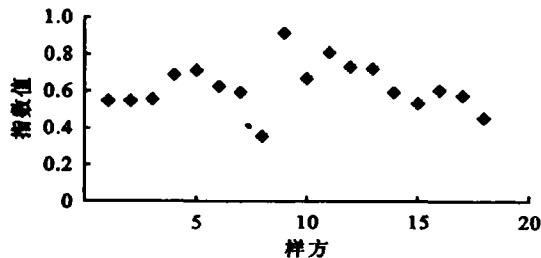


图8 均匀度指数变化图

(1)减少人为活动,禁止在该区放牧,禁止砍伐该区的植被作为燃料。

(2)提高各级领导的生态环境保护意识,加强宣传工作。

(3)提高当地居民对小生态环境破坏、生物多样性丧失的忧患意识以及对保护物种、保护环境意义的认识。

(4)有关部门应该制定法律、法规,严格限制个体小煤窑、石灰窑等既污染环境又损害资源持续利用的建设项目,以免挤占和破坏物种的生存环境。

(5)今后的保护工作中应该控制采挖,合理规划工、农、牧业的发展,做到发展经济与环境保护和生物多样性保护并举。

参考文献:

- [1] Andrew S Pullin. 保护生物学[M]. 贾竞波译. 北京:高等教育出版社,2005.
- [2] 田兴军. 生物多样性及其保护生物学[M]. 北京:化学工业出版社,2005. 1-4.
- [3] 陈炳浩. 世界生物多样性面临危机及其保护的重要性

[J]. 世界林业研究,1993,6(4):1-6.

- [4] 陈永昌. 植物大熊猫—四合木[J]. 内蒙古林业,2003, (1):41.
- [5] 汪松,解焱. 中国物种红色名录(第一卷)[M]. 北京:高等教育出版社,2004. 346.
- [6] 康玲玲,李进敏,王云璋,等. 伊克昭盟项目区水土保持的生态效益[J]. 生态学杂志,2003,22(5):142-145.
- [7] James C, Francisco D, Shahroukh M. Draft Vegetation Sampling Protocols for the Selva Maya[Z]. Smithsonian Institution Monitoring and Assessment of Biodiversity Program. 2000. 1-7.
- [8] Thomas J, Stohlgren K, Bull Y O. Comparison of rangeland vegetation sampling techniques in the Center Grasslands[J]. Journal of Range Management, 1998, 51 (2):164-172.
- [9] Michael B, Thomas J. Stohlgren Y O, et al. Soil characteristics and plant exotic species invasions in the Grand Staircase-Escalante National Monument Utah USA [J]. Applied Soil Ecology, 2003, 22: 67-77.
- [10] Patrick C, James C, Alfonso A, et al. Modified Whitaker Plots as an Assessment and Monitoring Tool for Vegetation in a Lowland Tropical Rainforest [J]. Environment Monitoring and Assessment, 2002, 76: 19-41.
- [11] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海:华东师范大学出版社,2001. 47-51.
- [12] 陈世苹,白永飞,韩兴国. 内蒙古锡林河流域植物功能群组成及其水分利用效率的变化—依水分生态类群划分[J]. 植物学报,2003,45(10):1251-1260.
- [13] 高贤明,陈灵芝. 植物生活型分类系统的修订及中国暖温带森林植物生活型谱分析[J]. 植物学报,1998, 40(6):553-559.
- [14] 刘守江,苏智先,张瑞霞,等. 陆地植物群落生活型研究进展[J]. 四川师范学院学报(自然科学版),2003, 24(2):155-159.
- [15] 宋永昌. 植被生态学[M]. 北京:华东师范大学出版社,2001. 99-101.

(上接第45页)

- [10] 赵先贵,肖玲,兰叶霞,等. 陕西省生态足迹和生态承载力动态研究[J]. 中国农业科学,2005,38(4):746-753.
- [11] 徐长春,熊黑钢,等. 新疆近10年生态足迹及其分析[J]. 新疆大学学报(自然科学版),2004,21(2):181-185.
- [12] 岳东霞,李自珍,惠苍. 甘肃省生态足迹和生态承载力发展趋势研究[J]. 西北植物学报,2004,24(3):454-463.
- [13] 蔺海明,颀鹏. 甘肃省河西绿洲农业生态足迹动态分析[J]. 应用生态学报,2004,15(5):827-832.
- [14] 谢自奋,凌耀初. 中国县域经济发展理论与实践[M]. 上海:上海社会科学出版社,1996.
- [15] 闫天池. 中国贫困地区县域经济发展研究[M]. 大连:

东北财经大学出版社,2004.

- [16] WWF. Living planet report [EB/OL]. http://www.panda.org/news_facts/publications/general/livingplanet/index.cfm
- [17] 西吉五十年编辑部. 西吉50年1949-1999[Z].
- [18] 西吉县统计局. 西吉统计年鉴(2000-2004)[Z].
- [19] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with ecological footprint concept [J]. Ecological Economics, 1999, 29: 375-390.
- [20] 邱大雄. 能源规划与系统分析[M]. 北京:清华大学出版社,1995. 48.