

西南岩溶区广西生态安全及资源利用效率

吴玉鸣^{1,2}, 张 燕¹

(1. 广西师范大学经济管理学院, 桂林 541004; 2. 清华大学公共管理学院, 北京 100084)

摘要 构建了基于生态足迹理论的生态安全综合评价模型, 然后基于生态安全评价指标, 把数据驱动下动态计量经济学的单位根检验和与协整分析模型引进到生态安全与资源利用效率之间的动态均衡关系的研究中来。以西南岩溶区广西为例, 首先采用生态足迹理论方法来测算 1990 ~ 2003 年广西生态安全的生态足迹、生态承载力、生态盈亏及生态压力指数, 然后采用动态计量的协整分析方法对广西区域资源利用效率与生态安全状况诸指标之间的长期关系进行了协整分析。结果显示, 广西生态足迹呈不断增加趋势, 生态承载力呈不断下降趋势, 出现了严重的生态赤字, 生态足迹压力增幅明显, 从临界安全状态发展到不安全状态, 资源利用效率不高与生态安全指标之间呈现一种长期稳定的趋势, 这表明岩溶区广西的资源利用效率不高, 生态安全形势不容乐观, 需要及时采取应对策略与措施加以调控。

关键词 区域生态安全, 资源利用效率, 生态足迹, 协整分析, 动态均衡关系

文章编号: 1000-0933 (2007) 01-0242-08 中图分类号: Q148, X171.1 文献标识码: A

Ecological security and resource utilization efficiency of Guangxi Province in Southwest Karst Areas of China

Wu Yuming^{1,2}, Zhang Yan¹

1 School of Economics & Management, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China

2 School of Public Policy & Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Acta Ecologica Sinica 2007, 27 (1): 0242 ~ 0249.

Abstract : The Ecological Footprint (EF) has received considerable attention as a useful indicator in the context of sustainable development. So far, it has mostly been applied as a static indicator. Ecological Footprint analysis method is an important means used to measure regional ecological security by integrating them with other econometric methods. Here, we have developed a set of long-term EF time series indicators to analyze the dynamic equilibrium relationship between regional ecological security and resource utilization efficiency based on the theory and methods of ecological footprint, Augment Dickey and Fuller (ADF) Unit root test and Cointegration analysis of dynamic econometrics. Combining with the change of regional land use, resource environment, population, social and economic development, taking Guangxi Province in Southwest Karst Areas of China as an example, calculates measurement index of ecological footprint, ecological carrying capacity, ecological surplus/loss and ecological pressure for the period 1990 — 2003 of Guangxi Province. This paper puts forward the concept of ecological pressure index, and constructs ecological pressure index models, ecological security grading systems and the analytical models of different ecological footprints. What is more, ecological carrying capacity, ecological surplus and ecological security change are also measured. The authors also test and assess the ecological footprint demand of 10000 yuan

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (70463001), 广西科学基金资助项目 (桂科基 0448034)

收稿日期: 2005-11-22; 修订日期: 2006-06-07

作者简介: 吴玉鸣 (1968 ~), 男, 甘肃定西人, 博士, 教授, 从事区域生态经济模拟研究. E-mail: wuyuming@tsinghua.edu.cn

Foundation item : The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 70463001), Natural Science Foundation of Guangxi Province (No. 0448034)

Received date 2005-11-22; **Accepted date** 2006-06-07

Biography : Wu Yuming, Ph. D., Professor, mainly engaged in regional ecological economy modeling. E-mail: wuyuming@tsinghua.edu.cn

of GDP (resource utilization efficiency). Based on index of ecological footprint ,ecological carrying capacity and ecological surplus/loss ,this paper uses Elliott-Rothenberg-Stock unit root test and Johanson Cointegration test methods of dynamic econometrics to analyze the trending relationship between low efficiency of resource utilization and ecological security index. The results show that : (1) The ecological footprint has quickly increased from 0.6017 hm² to 1.1378 hm² ,which shows an ascending trend with varying degrees ; (2) The ecological carrying capacity has decreased from 0.8204 hm² to 0.6537 hm² , which shows a degressive tendency ; (3) The ecological surplus has increased from 0.2188 hm² to 0.4841 hm² ,which shows a decreasing tendency and has serious ecological deficit ; (4)The ecological pressure index over the period of 1990 — 2003 has quickly increased from 0.7334 to 1.7406 ,and the ecological pressure has developed from critical secure state to not secure state which shows the growth extent is huge ; (5)The trending relationship between low efficiency of resource utilization and ecological security index has a long-run and stationary tendency ,which a optimistic development trend would not last as time goes by ; (6)The authors think that the relationship between resource utilization efficiency and ecological security and its dynamic development cointegration trend should be taken into account as soon as possible when the government constitutes its ecological and economic policies ,and a countermeasure should be taken to adjust the stringent situation in time ; (7)These integrating methods have a good foreground application in the future.

Key Words : regional ecological security ;resource utilization efficiency ;ecological footprint ;cointegration ;dynamic equilibrium relationship

西南岩溶 (喀斯特 ,Karst)地区是我国除西北干旱黄土高原区以外的另一个生态环境脆弱区 ,它不仅是全球最典型的热带、亚热带岩溶区 ,还是世界上连片面积最大、发育形态类型最齐全地区的突出代表。西南岩溶地区分布面积约占全国岩溶分布总面积的 60%。广西作为西南岩溶地区的典型代表之一 ,山高坡陡 ,石多土少 ,土层浅薄 ,植被稀少 ,易旱易涝 ,地表水缺乏 ,生态脆弱 ,土地质量差。由于特殊的岩溶地质作用过程和岩溶环境特征 ,更由于人口压力的增加 ,土地和资源不适当的开发利用 ,区域生态环境问题十分突出 ,构成了我国仅次于沙漠边缘地区的生态脆弱环境系统 ,不仅对于环境干扰的抵抗能力弱 ,缺乏完善的生态环境内稳定机制 ,很容易因自然或人为影响使其稳定性遭受破坏。不仅制约广西社会经济的发展 ,对西部开发和整个国家的可持续发展也有重大影响。保持西南岩溶区的生态安全是保障我国生态经济安全一个非常重要的问题。进行西南岩溶区广西生态环境安全的定量评价研究 ,对广西、西南乃至西部地区消除贫困 ,实现经济持续、协调发展和建立全面小康社会 ,都具有十分重要的战略意义和现实作用。

随着全球变化的不断加速 ,生态安全研究已成为国内外研究的热点 ,但在中国生态安全研究的技术方法和重点研究领域及重点研究区域等方面^[1]、尤其是生态安全的综合评价方法、动态机制方面 ,目前的研究还很不充分 ,尚有许多工作要做。本文以西南岩溶区广西为例 ,首先采用生态足迹的原理方法对广西区域生态安全进行综合评价 ,分析生态安全的动态演变趋势 ,然后采用动态计量经济学的单位根检验与协整分析方法模型 ,研究生态安全和资源利用效率之间是否保持一种长期稳定的关系 ,为其他岩溶区生态安全评价、动态分析和生态系统可持续发展提供研究借鉴。

1 分析方法模型

生态安全指在外界不利因素的作用下 ,人与自然不受损伤、侵害或威胁 ,人类社会的生存发展能够持续 ,自然生态系统能够保持健康和完整。生态安全的实现是一个动态过程 ,通过脆弱性的不断改善 ,保障了人与自然处于健康和有活力的状态。目前已有不少专家对区域生态安全的评价方法进行了探索和研究 ,大多研究采用综合指数评价方法、景观生态分析方法、多层次权重分析决策法等^[1~3]。这些方法均不同程度地考虑了人类活动对环境的压力、自然资源质和量的变化 ,以及人类对这些变化的响应。但是由于使用的环境与生物方面的指标牵涉的因素众多 ,具体操作比较困难^[1,2]。虽然目前已有文献采用生态足迹的理论方法来研究生态安全^[2] ,但对区域生态安全采用定量模型方法进行评价及应用方面的成果还很少 ,尤其缺乏基于生态足迹

理论方法测算生态安全评价指标的支持,对岩溶区的生态安全以及资源利用效率进行动态均衡分析的研究。鉴于现有成果主要停留在生态安全评价本身,鲜见对生态安全已有指标的深层次挖掘和充分利用方面的研究,因此,本文将介绍基于生态足迹理论的生态安全综合评价模型,然后基于生态安全评价指标,把基于数据驱动的动态计量经济学的单位根检验和协整分析方法引进到生态安全与资源利用效率之间长期稳定的动态均衡关系的研究中来,期望通过这种深层次的研究获得更加丰富的信息及有意义的结果。

1.1 基于生态足迹的生态安全综合评价模型

生态足迹 (Ecological Footprint) 法的基本思路^[4]是从人类对自然资源的开发利用和释放废物的速度是否超过了自然的再生能力和自净能力的角度,来研究国家和区域的生态是否安全,其发展是否处于可持续状态。自然的再生能力和自净能力反映区域的生态承载力,它建立在国家或区域的资源承载力和环境承载力研究的基础之上,因而具有明显的综合性和科学性。在生态足迹^[1~7]分析中,首先引入生态生产性面积的概念,实现对自然资源的统一描述,并通过引入均衡因子和产量因子,进一步实现各国各地区各类生态生产性土地面积的可比性和可加性,此方法是目前较为科学完善和易于操作的一种生态安全测算方法^[2]。因此,本文采用生态足迹法进行广西区域生态安全的定量评价。

1.1.1 生态足迹测算模型

生态足迹模型的计算是基于以下两个基本事实:①人类可以确定自身消费的绝大多数资源及其所产生废弃物的数量;②这些资源和废弃物流能转换成相应的生物生产土地面积,它假设所有类型的物质消费、能源消费和废水处理需要一定数量的土地面积和水域面积^[7]。其计算公式如下:

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

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, aa_i 为 i 种消费品人均消费量折算的生物生产面积, p_i 为 i 种消费商品平均生产能力, c_i 为 i 种商品人均消费量。

生态足迹分析的测算步骤为:①计算各主要消费项目的总量,然后结合人口测算人均年消费量 (c_i);②利用全球平均产量 (p_i) 将各类消费量折算为有可比性的生物生产性土地面积;③确定均衡因子,各类生态性生产力的生态生产力存在差异,均衡因子为一使不同类型的生态生产性土地转化为在生态生产力上等价的系数。利用均衡因子把区域内各生态生产性土地面积转化为等价生产力的土地面积;④计算人均各类生态足迹的总和 (ef);⑤计算区域内总人口的生态足迹 (EF) 即为区域生态压力总量。

由上式可知生态足迹是人口数和人均物质和能源消费的一个函数,生态足迹模型主要用来计算在一定的经济规模条件下,维持资源消费和废弃物吸收所必需的生物生产面积,它是每种消费商品的生物生产面积的总和。生态足迹测量了人类的生存所需的真实生物生产面积。将其同国家和区域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^[7]。

1.1.2 生态承载力测算模型

生态承载力是区域范围内所能提供的各类生态生产性土地总面积,其测算内容为:①测算各类生态生产性土地面积;②计算产量因子参数,把不同地区同类生态生产性土地的实际土地面积转化为可比面积;③计算人均生态承载力和区域生态总承载力,其公式为:

$$EC = Nec = N \sum (r_j y_j a_j) \quad (j = 1, 2, \dots, 6)$$
$$REC = (1 - 12\%) EC$$

式中, EC 为总生态承载力, ec 为人均生态承载力, r_j 为均衡因子, y_j 为产量因子, a_j 为人均生物生产面积。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^[4,13],所以 REC 为有效的生态承载力。

1.1.3 生态赤字与生态盈余测算模型

当一个地区的生态承载力小于生态足迹时,将出现“生态赤字”。生态赤字表明,该地区人类对自然资源

的消耗超过了生态承载力,生态安全受到威胁。该地区将通过输入匮乏的资源平衡对自然生态资源的需求,或减少过度消耗自身的资源以降低需求的短缺。这两种情况均说明发展处于相对不可持续状态,其程度由生态赤字衡量,大小等于生态承载力减去生态足迹。当生态承载力大于生态足迹时,出现“生态盈余”,则认为生态是安全的。生态盈余表明地区自然生态资源可以满足人类对资源的需求,地区内自然生态资源在一定的保护措施下可以得到增加,生态承载力供给将扩大,自然生态资源发展具有相对可持续性,这种可持续程度用生态盈余衡量。

1.1.4 生态安全度测评模型

在区域生态足迹与生态承载力测算基础上,可进行区域生态安全分析与评判。根据生态盈余或赤字判断其是否处在安全状态,并利用生态压力指数表示生态安全程度^[2],其公式为:

$$T = EF/EC$$

式中, T 为区域生态足迹压力指数。

可见,基于生态足迹模型的区域生态安全评价,主要针对区域的资源和能源消费转化为提供这种物质流所必须的各种生物生产土地的面积(生态足迹需求),并同区域能提供的生物生产型土地面积(生态承载力或生态足迹供给)进行比较,能定量判断一个区域的发展是否处于生态承载能力的安全范围内^[3]。

1.2 生态安全与资源利用效率关系的动态均衡模型

区域资源利用效率对一个地区的生态安全具有重要影响。测算出生态安全的各项指标后,即可研究区域资源利用效率和生态安全各个指标之间的动态均衡关系,进而分析和预测区域生态安全演变趋势,这对区域生态安全管理和决策支持非常重要。传统的相关和回归分析只能反映变量之间的静态关系,而且基于既有的理论,是一种理论驱动下的数量分析,而动态计量经济学的单位根检验和协整分析模型则主要在数据驱动下,主要基于数据结构及其规律,研究变量间是否保持一种长期稳定的动态均衡关系^[8~12],目前主要用于宏观经济领域。本文拟引进这种方法于生态研究领域,来探索资源利用效率和生态安全诸指标间是否保持一种长期稳定关系。

协整(Cointegration)概念在20世纪80年代最早由恩格尔-格兰杰(Engle-Granger)提出^[8,9]。在自然科学和经济社会的实际研究中,多数时间序列都是非平稳的,然而某些非平稳时间序列的某种线性组合却可能是平稳的。协整检验的基本思想是:如果某两个或多个同阶时间序列向量的某种线性组合可以得到一个平稳的误差序列,则这些非平稳的时间序列存在长期均衡关系,即具有协整性。如果若干一阶单整变量具有协整性,则这些变量可以合成为一个平稳的时间序列,可用它来刻画原始变量之间的长期均衡关系。由于只有具有相同单整阶数的两个变量才可能存在协整关系,在协整分析之前首先要对变量的单整阶数进行检验。一般使用增广的迪基-富勒(ADF, Augment Dickey and Fuller)方法和PP(Pillips and Perron)方法^[10,11],进行序列的单位根检验。

1.2.1 单位根检验模型

如果一个变量是平稳序列,则其均值与时间 t 无关,且围绕该均值波动,并有向其收敛的趋势。检验时间序列变量平稳性常用的单位根 ADF 检验具体过程如下:

第1步 估计回归模型

$$\Delta Y_t = \alpha_1 + \gamma Y_{t-1} + \alpha_2 t + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

在给定 ADF 临界值的显著性水平下,如果参数 γ 显著地不为 0,则序列 Y 不存在单位根,表明 Y 是平稳的,结束检验,否则继续下一步。

第2步 给定 $\gamma = 0$,在给定 ADF 临界值的显著性水平下,如果参数 γ 显著地不为 0,则进入第3步,否则说明模型不含时间趋势,进入第4步。

第3步 用一般的 t 分布检验 $\gamma = 0$ 。如果参数 γ 显著地不为 0,则序列 Y 不存在单位根,表明 Y 是平稳的,结束检验。否则,序列 Y 存在单位根,是非平稳序列,结束检验。

第 4 步 估计回归模型

$$\Delta Y_t = \alpha_1 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

在给定 ADF 临界值的显著性水平下 ,如果参数 γ 显著地不为 0 ,则序列 Y 不存在单位根 ,表明 Y 是平稳的 ,结束检验 ,否则进入下一步。

第 5 步 给定 $\gamma=0$,在给定 ADF 临界值的显著性水平下 ,如果参数 α_1 显著地不为 0 ,表明含有常数项 ,则进入第 3 步 ,否则继续下一步。

第 6 步 估计回归模型

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

给定 ADF 临界值的显著性水平下 ,如果参数 γ 显著地不为 0 ,则序列 Y 不存在单位根 ,表明 Y 是平稳的 ,结束检验。否则 ,序列 Y 存在单位根 ,是非平稳序列 ,结束检验。

1.2.2 协整分析模型

检验时间序列之间是否存在长期均衡关系 ,最常用的方法是 Johansen^[12]提出的协整检验方法。考虑一个 p 阶 VAR (Vector Autoregression ,向量自回归)过程 :

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + Bx_t + \varepsilon_t$$

式中 y_t 是 k 维非平稳 $I(1)$ 序列 x_t 是 d 维确定性变量 ε_t 是扰动变量。经过变换可将其改写为 :

$$\nabla y_t = \sum_{i=1}^{p-1} A_i - I_m , \Gamma_i \nabla y_{t-i} + \prod y_{t-1} + Bx_t + \varepsilon_t$$

其中 : $\prod = \sum_{i=1}^p A_i - I_m , \Gamma_i = - \sum_{j=i+1}^p A_j$

根据 Granger 定理 ,如果系数矩阵 Π 的秩 $r < k$,则必定存在两个具有秩 k 和 $k \times x$ 矩阵 α 和 β ,使得 $\Pi = \alpha\beta^T$ 并且 $\beta^T y_t$ 是平稳的。 r 是协整方程的个数 (协整秩) β 的每一列即协整向量。

Johansen 提出了系数矩阵 Π 的协整似然比 (LR) 检验方法。协整似然比的假设检验为 H_0 至多有 r 个协整关系 H_1 有 m 协整关系 (满秩)。

检验的轨迹统计量为 :

$$Q_r = - T \sum_{i=r+1}^m \log (1 - \lambda_i)$$

式中 λ_i 是大小排在第 i 的特征值 , T 是观测期总数。需要注意的是 ,该检验不是独立的一个检验 ,而是对应于 r 的不同取值的一系列检验。

2 实证分析

根据以上生态足迹测算模型 ,基于《广西统计年鉴》^[14]对广西 1990 ~ 2003 年生态安全状况进行测算获得了人均生态足迹、人均生态承载力、人均生态盈余/赤字、生态足迹压力等衡量生态安全的指标 (表 1) ,以及衡量区域资源利用效率的万元 GDP 生态足迹 (表 1)。

2.1 人均生态足迹与生态承载力的变化

广西人均生态足迹从 1990 年的 0.6017 hm^2 增加到 2003 年的 1.1378 hm^2 ,13a 生态承载力增加了 0.5361 hm^2 ,增幅 89.10%。人均生态承载力从 1990 年的 0.8204 hm^2 减少到 2003 年的 0.6537 hm^2 ,减幅 20.32%。从 1990 ~ 2003 年广西人均生态足迹与生态承载力的发展趋势看 ,人均生态足迹呈现增长趋势 ,而人均生态承载力总体上呈现下降趋势 ,但是人均生态足迹的变化幅度大于生态承载力。如果各类生态生产性土地面积地资源利用率不能得到大幅度提高 ,按照这种发展趋势 ,在未来不长的时间内 ,生态足迹超过生态承载力的幅度将更大。

2.2 生态盈亏的变化特征

根据人均生态足迹与人均生态承载力计算的广西 1990 ~ 2003 年生态盈亏变化是 ,从 1990 年生态盈余的

0.2188 hm²下降到 2003 年生态赤字的 -0.4841 hm²,出现严重的生态赤字。从生态盈亏变化过程来看,广西多年的生态足迹已经超过生态承载力,说明广西区域对自然资源的利用程度和释放废弃物的速度已经超过了本地区自然的再生能力和自净能力,人们对当地自然生态系统所提供的产品和服务的需求已经超过了其供给能力。鉴于生态足迹出现严重赤字,并在不断上升,需要从区外进行大量资源和能源补给。

表 1 1990 ~ 2003 年广西生态安全相关指标测算表
Table 1 The ecological security index of Guangxi from 1990 to 2003

年份 Year	人均生态足迹 (hm ² /人) Ecological footprint per capita (hm ² /cap)	人均生态承载力 (hm ² /人) Ecological Carrying Capacity per capita (hm ² /cap)	人均生态盈余/赤字 (hm ² /人) Ecological surplus/ deficit per capita (hm ² /cap)	生态足迹压力指数 Ecological footprint pressure index	万元 GDP 生态足迹 10000 Yuan GDP of ecological footprint
1990	0.6017	0.8204	0.2188	0.7334	5.6834
1991	0.6456	0.7991	0.1535	0.8079	5.3831
1992	0.6951	0.7727	0.0777	0.8995	4.7085
1993	0.7809	0.7599	-0.0210	1.0276	3.9756
1994	0.8061	0.7455	-0.0606	1.0813	3.0227
1995	0.9598	0.7338	-0.2260	1.3080	2.9117
1996	0.9341	0.7215	-0.2126	1.2947	2.5246
1997	1.0015	0.7008	-0.3007	1.4291	2.5532
1998	0.9416	0.6853	-0.2563	1.3740	2.3132
1999	1.0970	0.6813	-0.4157	1.6102	2.6469
2000	1.1099	0.6766	-0.4333	1.6405	2.5722
2001	1.1683	0.6722	-0.4960	1.7379	2.5071
2002	1.2066	0.6698	-0.5368	1.8015	2.3695
2003	1.1378	0.6537	-0.4841	1.7406	1.9062

2.3 生态足迹压力指数变化分析

根据生态足迹压力指数的大小可将生态安全分为 4 个等级:安全状态 (<0.5)、较安全状态 (0.5 ~ 0.8)、临界状态 (0.8 ~ 1.0) 和不安全状态 (>1.0)^[2]。依据生态压力指数测算结果,广西从 1990 年到 2003 年生态足迹压力指数由 0.7334 增加到 1.7406,增幅显著,已经从临界安全状态发展到不安全状态。这表明广西区域生态环境已经处于不安全状态之中。

2.4 资源利用的效率的变化分析

资源利用的效率可由万元 GDP 生态足迹来衡量,它由区域总人口(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,即 $WEF = 10000EF/P$,其中 WEF 代表万元 GDP 的生态足迹,用于反映区域资源利用效率;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 生态足迹占用越小,表明区域资源利用的效率越高。根据广西 1990 ~ 2003 年的万元 GDP 测算结果(表 1),万元 GDP 生态足迹数值在不断减小,说明广西区域资源利用效率在提高,但依然高于全国平均水平(1.87 hm²,2001 年),这一方面表明虽然广西的自然资源利用效率在不断提高,但自 1995 年以来,资源利用效率提高幅度不大,比起全国平均水平仍有差距;另一方面也反映了广西自然条件状况趋于不佳,土地生产潜力低和社会经济发展水平不高的现实。

2.5 生态安全及资源利用效率的单位根检验

本文使用 Elliott-Rothenberg-Stock 提出的 DF-GLS 估计统计量(表 2)单位根检验结果可知,万元 GDP 生态足迹、人均生态足迹、人均生态承载力、人均生态盈余/赤字、生态足迹压力指数等指标的原始序列在 5% 的显

著性水平下均为非平稳序列 ,但经过一阶差分后的序列在 5% 的显著性水平下均为平稳序列 ,也就是说 ,原始序列存在单位根 ,该序列存在一阶单整。

表 2 1990 ~ 2003 年广西生态安全相关指标单位根检验表			
Table 2 The unit root test of ecological security index of Guangxi from 1990 to 2003			
变量 Variable	DF-GLS 统计量 DF-GLS stat. value	5% 临界值 5% critical value	结论 Conclusion
人均生态足迹 Ecological footprint per capita	- 1. 0931	- 1. 9710	不平稳 Non-stationary
人均生态足迹的一阶差分 First difference of ecological footprint per capita	- 4. 8827	- 3. 1900	平稳 Stationary
人均生态承载力 Ecological Carrying Capacity per capita	- 1. 0931	- 1. 9710	不平稳 Non-stationary
人均生态承载力的一阶差分 First difference of ecological Carrying Capacity per capita	- 5. 6899	- 1. 9740	平稳 Stationary
人均生态盈余/赤字 Ecological surplus/ deficit per capita	- 0. 6623	- 1. 9710	不平稳 Non-stationary
人均生态盈余/赤字的一阶差分 First difference of ecological surplus/ deficit per capita	- 5. 5021	- 1. 9740	平稳 Stationary
生态足迹压力指数 Ecological footprint pressure index	- 1. 0931	- 1. 9710	不平稳 Non-stationary
生态足迹压力指数的一阶差分 First difference of ecological footprint pressure index	- 1. 4964	- 1. 9710	平稳 Stationary
万元 GDP 生态足迹 10000 Yuan GDP of ecological footprint	- 1. 1139	- 1. 9710	不平稳 Non-stationary
万元 GDP 生态足迹的一阶差分 First difference of 10000 Yuan GDP of ecological footprint	- 5. 7265	- 1. 9740	平稳 Stationary

2. 6 生态安全及资源利用效率的协整检验

表 2 显示 ,万元 GDP 生态足迹、人均生态承载力、人均生态盈余/赤字、生态足迹压力指数等指标均为一阶单整 I (1) ,它们之间可能存在协整 (Cointegration)关系 ,即变量间具有长期稳定的比例关系。使用 Johanson 极大似然法 ,对代表资源利用效率的万元 GDP 与其他 4 个生态安全相关变量进行协整检验 (表 3) ,结果显示万元 GDP 生态足迹与其他变量之间均只有一个协整关系 ,表明资源利用效率与生态足迹、生态承载力、生态盈亏、生态压力之间都保持着一种长期稳定的动态均衡关系。

表 3 1990 ~ 2003 年广西生态安全与资源利用效率的 Johanson 协整检验表				
Table 3 The Johanson Cointegration test between ecological security and resource utilization efficiency of Guangxi from 1990 to 2003				
特征值 Eigenvalue	迹统计量 Trace stat. value	5% 临界值 5% critical value	协整方程个数假定 Assume unit of cointegrated equation	特征值 Eigenvalue
万元 GDP 与人均生态足迹 10000 Yuan GDP of ecological footprint & ecological footprint per capita	0. 8215 **	25. 2941	15. 4947	无 None
	0. 4381	6. 3401	3. 8415	至多一个 t most one
万元 GDP 与人均生态承载力 10000 Yuan GDP of ecological footprint & ecological carrying capacity per capita	0. 8208 **	25. 3226	15. 4947	无 None
	0. 4415	6. 4085	3. 8415	至多一个 At most one
万元 GDP 与人均生态盈余/赤字 10000 Yuan GDP of ecological footprint & ecological surplus/ deficit per capita	0. 5270 **	14. 1094	15. 4947	无 None
	0. 4138	5. 8742	3. 8415	至多一个 At most one
万元 GDP 与生态足迹压力指数 10000 Yuan GDP of ecological footprint & ecological footprint pressure index	0. 7181 **	20. 1067	15. 4947	无 None
	0. 4297	6. 1781	3. 8415	至多一个 At most one

* * 在 5% 的显著性水平上拒绝原假设 Denote that refuse hypothesis at 5% level of significance

3 结论

本文采用生态足迹理论方法和动态计量经济的协整分析方法,对西南岩溶区广西生态安全和资源利用效率进行了定量评价和动态均衡分析。结果发现,广西经济的快速发展是以自然资源和能源的低利用效率和牺牲生态环境为代价,资源利用效率与生态安全诸指标之间构成一个相互影响的动态系统,针对变量资源利用效率的任何措施的实施,都需要考虑其对生态安全变量的影响;广西资源利用效率与生态安全诸指标之间存在长期稳定的动态均衡关系,也就是说,区域资源利用效率不高和区域生态处于不安全的这种不协调态势将长期存在;广西生态安全的各个指标中生态足迹是最主要的影响因子,生态承载力和资源利用效率对生态压力的影响程度也很大,随着生态压力继续增大,广西的生态安全状况继续恶化,区域生态环境已处于不安全和可持续发展状态,针对资源短缺与经济迅速发展对资源需求不断增加的状况,必须及早采取必要的措施来保护广西的生态安全和实现生态经济可持续发展,通过区外资源、能源的输入、补给,对“生态不安全”状态区域如石漠化、岩溶生态退化区进行生态移民,实施退耕还林草中注重经济结构调整,以及改变生产和消费方式,提高资源综合利用效率,大力发展循环经济,有利于减轻生态安全压力和区域经济的长期可持续发展。

References :

[1] Cui S H ,Hong H S ,Huang Y F ,Xue X Z. Progress of the ecological security research. *Acta Ecologica Sinica* 2005 25 (4) 861 — 868.

[2] Ren Z Y ,Huang Q ,Li J. Quantitative analysis of dynamic change and spatial difference of the ecological safety :the case of Shaanxi Province. *Acta Geographica Sinica* 2005 60 (4) 597 — 606.

[3] Shen X J ,Chen Z J ,Zhang J S. Comprehensive assessment on the agricultural safety of Chongqing. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* ,2005 13 (2) 18 — 21.

[4] Wackernagel M ,Onisto L ,Bello P. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics* ,1999 29 (3) : 375 — 390.

[5] Monfreda C ,Wackernagel M ,Deumling D. Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments. *Land Use Policy* ,2004 21 (3) 231 — 246.

[6] Wackernagel M ,Onisto. L ,Bello. P. Ecological footprint of nations. Commissioned by the Earth Council for the Rio + 5 Forum. Toronto : International council for local Environmental Initiatives ,1997 4 — 21.

[7] Xu Z M ,Cheng G D ,Zhang Z Q. Measuring sustainable development with the ecological footprint method :take Zhangye Prefecture as an example. *Acta Ecologica Sinica* 2001 21 (9) 1483 — 1493.

[8] Granger C W J. Investigation causal relations by econometric models and cross spectral methods. *Econometrica* ,1969 37 424 — 438.

[9] Engle R F ,Granger C W J. Cointegration and error correction representation estimation and testing. *Econometrica* ,1987 55 251 — 276.

[10] Dickey D A ,Fuller W A. Distribution of the estimations for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association* ,1979 74 427 — 431.

[11] Dickey D A ,Eell W R ,Miller R B. Unit roots in time series models :tests and implication. *American Statistician* ,1986 40 12 — 46.

[12] Johansen S. Statistical Analysis of Cointegration Vector. *Journal of Economic Dynamics and Control* ,1988 12 231 — 254.

[13] Xu Z M ,Zhang Z Q ,Cheng G D. The calculation and analysis of ecological footprints of Gansu Province. *Acta Geographica Sinica* 2000 55 (5) : 607 — 616.

[14] Editorial Board of Guangxi Year Book. *Guangxi Statistical Year book (1991 — 2004)*. Beijing :China Statistical Press ,1991 — 2004.

参考文献 :

[1] 崔胜辉 ,洪华生 ,黄云凤 ,薛雄志. 生态安全研究进展. *生态学报* 2005 25 (4) 861 ~ 868.

[2] 任志远 ,黄青 ,李晶. 陕西省生态安全及空间差异定量分析. *地理学报* 2005 60 (4) 597 ~ 606.

[3] 沈兴菊 ,陈治谏 ,张金山. 重庆市农业生态安全综合评价. *中国生态农业学报* 2005 13 (2) 18 ~ 21.

[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. *生态学报* 2001 21 (9) 1483 ~ 1493.

[13] 徐中民 ,张志强 ,程国栋. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析. *地理学报* 2000 55 (5) 607 ~ 616.

[14] 广西年鉴编委会. *广西统计年鉴 (1991 ~ 2004 年)*. 北京 :中国统计出版社 ,1991 ~ 2004.