

基于生态足迹和灰色关联度的甘肃省可持续发展研究

宫继萍, 潘竟虎, 石培基

(西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070)

摘要:采用生态足迹分析法对甘肃省 2000—2008 年的人均生态足迹和人均生态承载力进行了测算, 并应用灰色关联度分析法分析了甘肃省经济增长与资源消耗的关系。结果表明: 甘肃省人均生态足迹由 1.909 hm^2 增长到 2.843 hm^2 , 年均增长 5.1% 。人均生态承载力由 0.949 hm^2 增长到 0.969 hm^2 , 年均增长 0.26% 。人均生态赤字由 0.96 hm^2 增长到 1.874 hm^2 , 年均增长 8.72% 。生态协调系数由 1.337 降为 1.12 , 年均下降 2.19% 。建筑用地、林地生态足迹与经济关联度最大。第一产业对生态赤字的影响最大, 第三产业对生态赤字的影响最小。

关键词:生态足迹; 生态协调性; 灰色关联度; 可持续发展; 甘肃省

中图分类号: F061.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)02-0198-04

Study on Sustainable Development in Gansu Province Based on Ecological Footprint and Gray Correlation Theory

GONG Ji-ping, PAN Jing-hu, SHI Pei-ji

(College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The method of ecological footprint was used to calculate the ecological footprint and ecological carrying capacity of the Gansu Province from years of 2000 to 2008 in this paper. Then the relationship between resources consumption and economic development was analyzed based on the Gray Relational Analysis Method. The results indicate that ecological footprint per capital in Gansu got from 1.909 hm^2 to 2.843 hm^2 , average annual growth rate is 5.10% ; ecological capability per capital got from 0.949 hm^2 to 0.969 hm^2 , average annual growth rate is 0.26% ; ecological deficit per capital got from 0.960 hm^2 to 1.874 hm^2 , average annual growth rate is 8.72% ; ecological coordination declined from 0.960 hm^2 to 1.874 hm^2 , the rate decreased 2.19% average annual. The buildup land and forest footprint associated the greatest degree with the economic development. The primary industry has the greatest impact on the ecological deficit while the tertiary industry with minimal impact on ecological capacity.

Key words: ecological footprint; ecological coordination; gray relational analysis; sustainable development; Gansu Province

自可持续发展的概念提出以来, 定量测度可持续发展便成为重要的研究内容之一。国际上先后出现了一些直观的、易于操作的可持续指标体系及其定量评价方法。如绿色国内生产总值(绿色 GDP)、可持续的经济福利指标(ISEW)、真实发展指标(GPI)、可持续的晴雨表(Barometer of Sustainability)等^[1]。生态足迹方法是由 Rees 和 Wachernagel 提出并完善的一种可持续发展的生物物理评价方法, 从一个全新的角度考虑人类及其发展与生态环境的关系。该方法提供了一个核算全球、国家、地区以及个人对自然

资本利用状况的简明框架, 通过测算人类对自然生态服务的需求与自然所能够提供的生态服务之间的差距, 就可以评价人类对自然资源的利用情况, 从而较准确地判定评价对象的可持续发展程度和状况^[2]。纵观其研究成果, 目前主要从经济学、生态学、社会学和系统学^[3-5] 4 个方面来揭示可持续发展的内涵和实质。至今已有很多研究结果表明, 发展的可持续性主要取决于自然资产^[3-5], 但由于很难定量测度生态目标, 这方面的研究进展一直较为缓慢。

生态足迹方法是一种静态研究方法, 它仅能反映

某一区域某一时刻的可持续状态。但是随着该理论的不完善,对时间序列上的分析研究已经成为许多专家和学者研究的重点。已有学者对甘肃省时间序列上的生态足迹进行了研究^[2,6],但进一步定量研究甘肃省人均生态足迹与经济发展关联度的尚不多见。本文在采用生态足迹模型分析 2000—2008 年甘肃省人均生态足迹和生态承载力变化的基础上,进一步定量分析甘肃省人均生态足迹与经济发展关联度。通过对 2000—2008 年甘肃省经济发展对生态足迹影响的动态分析,研究其可持续发展状况,以期对甘肃省的可持续发展提供基础数据和理论依据。

1 研究区概况

甘肃省位于我国西北内陆腹地,位于 92°13′—108°46′E,32°31′—42°57′N,面积 45.44 万 km²,共划分为 12 个地级市 2 个自治州。2008 年全省人口 2 628.12 万,其中城镇人口 844.94 万人,全省生产总值 3 176.11 亿元,人均 12 110.00 元。根据 2008 年土地利用现状变更调查,全省土地面积中:耕地 462.37 万 hm²,林地 518.32 万 hm²,牧草地 1 410.69 万 hm²,水面面积 15.45 万 hm²,其中能够养殖的 2.44 万 hm²,建设用地 97.67 万 hm²。

近年来,甘肃省由于人口、经济快速增长,水土资源的压力增加,矛盾突出,加上对自然资源的不合理开发利用,该省多数地区产生了地下水位下降、水土流失、草场退化、土地盐渍化、荒漠化、环境污染等一系列生态环境问题,严重阻碍了甘肃省经济和社会的持续、稳定发展。

2 研究方法

2.1 生态足迹计算的前提假定

生态足迹是基于如下基本假设来进行计算的:(1)人类可确定自身消费的绝大多数资源及其产生废物的数量;(2)这些资源和废物流能转换成相应的生物生产面积;(3)采用生物生产力来衡量土地,不同地域间的土地能转化为全球均衡面积,用相同的单位(如 hm²)来表示;(4)各类土地在空间上是互斥的。每单位的全球均衡面积代表着相同的生物生产力。

根据生产力大小的差异,生态足迹分析法将地球表面的生物生产性土地分为 6 大类进行核算:耕地、林地、水域、化石能源地、建筑用地,包括各类人居设施及道路所占用的土地^[1]。

2.2 生态足迹计算方法

依据 Wackernagel 等^[7]的国家生态足迹报告,把甘肃省的土地利用类型划分为耕地、草地、林地、水

域、化石能源地和建筑用地 6 大类。生态足迹可以简单地用下列公式表示^[7]:

$$EF = N \times ef = N \times \sum a_i = N \times \sum C_i / P_i \quad (1)$$

式中:EF——总的生态足迹; N ——人口数; ef ——人均生态足迹; a_i ——第 i 种物质人均占用的生物生产面积; C_i ——第 i 种物质的人均消费量; P_i ——第 i 种物质的平均生产能力; $i=1,2,3,\dots,n$ 为物质的种类数。

由于这 6 类生物生产土地面积的生产能力差异很大,计算出的各类生物生产土地面积不能直接相加,因此必须对每种生物生产土地面积乘以均衡因子,以转化为统一的、可比较的生物生产土地面积。均衡因子的选取来于已有研究中普遍使用的数据资料,分别为^[7]:林地和化石能源用地为 1.14,耕地和建筑用地为 2.82,草地为 0.54,水域为 0.22。因此,在计算人均生态足迹时,需将各类生物生产土地面积乘以相应的均衡因子,用公式表示为^[1]:

$$ef = \sum r_j \times aa_j \quad (2)$$

式中: ef ——人均生态足迹; r_j ——均衡因子; aa_j ——各类生物生产土地面积; $j=1,2,3,\dots,6$ 表示 6 类生物生产土地面积。

2.3 生态承载力计算方法

土地类型的产出因子取自徐中民、张志强等计算甘肃省 1998 年生态足迹中的数据,分别为^[1]:林地 0.8,化石能源用地 0,耕地和建筑用地为 2.82,草地 2.19,水域为 1。同时,根据世界环境与发展委员会(WCED)的建议,扣除了 12% 的生物多样性保护面积。计算生态承载力的公式为^[1]:

$$EC = N \times ec = N \times \sum a_j \times r_j \times y_j \quad (3)$$

式中:EC——区域生态承载力; N ——人口数; ec ——人均生态承载力; a_j 、 r_j 、 y_j 分别为第 j 类消费商品人均生物生产面积、均衡因子和产量因子。

2.4 生态赤字(盈余)计算方法

$$ED = EF - EC = N(ef - ec) \quad (4)$$

式中:ED——为区域生态赤字(盈余),表示资源供需平衡的协调性;EF——总的生态足迹;EC——区域生态承载力; N ——人口数; ef ——人均生态足迹; ec ——人均生态承载力;若 $ED > 0$,则生态盈余,表明该区域的生态供给可以承受人类负荷,该区域发展模式处于相对可持续状态; $ED < 0$,则说明出现生态赤字,表明该区域的人类负荷超过了其生态供给,区域发展模式处于相对不可持续状态。同时,某区域的 ED 也反映了该区域人口对自然资源的利用状况。

2.5 灰色关联度综合评价法

灰色系统的关联分析主要是对系统动态发展过

程的量化分析,它是根据因素之间发展态势的相似或相异程度,来衡量因素间接近的程度,实质上就是各评价对象与理想对象的接近程度,评价对象与理想对象越接近,其关联度就越大。利用灰色关联度进行综合评价的步骤^[9]如下:

$$r_{0i}=\frac{1}{N}\sum_{k=1}^N L_{0i}(k)=\frac{1}{N}\sum_{k=1}^N \frac{\Delta_{\min}+\rho\Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k)+\rho\Delta_{\max}} \quad (5)$$

式中: r_{0i} ——子序列 i 与母序列 0 的关联度; N ——比较序列的数据个数; $\Delta_{0i}(k)$ ——时刻 k 两比较序列的绝对差; $\Delta_{\max}, \Delta_{\min}$ ——所有比较序列各个时刻绝对差中的最大值与最小值; ρ ——分辨系数,其意义是削弱最大绝对差数值太大引起的失真,提高关联系数之间的差异显著性, $\rho \in (0, 1)$,一般取 0.5 。

3 结果与分析

3.1 人均生态足迹和生态承载力动态分析

甘肃省近 5 a 来的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。根据甘肃省 2009 年统计年鉴^[10],其生物资源消费分为农产品、动物产品、林产品和木材等;能源消费主要包括煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、天然气和电力。因为热力主要由煤和天然气等其他能源转换而来,为了避免重复计算,故热力的消费未纳入能源部分帐户^[11]。生物生产土地类型分为耕地、草地、林地、水域、化石燃料地和建筑用地 6 大类。经过均衡转化后的各种生物资源和能源消费的足迹便构成了甘肃省的生态足迹(图 1)。

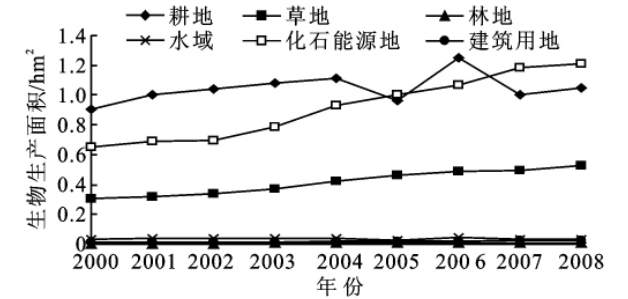


图 1 2000—2008 年甘肃省人均 6 类生物生产土地类型的生态足迹变化趋势

年际间纵向比较,甘肃省人均生态足迹由 2000 年的 1.909 hm^2 逐年增加至 2008 年的 2.843 hm^2 , 人均生态承载力由 0.949 hm^2 逐年增加到 0.969 hm^2 , 可见生态足迹增长率大大超过生态承载力。甘肃省人均生态赤字为由 0.96 hm^2 增至 1.874 hm^2 。说明甘肃省人口对自然资源的利用逐年增加,目前已超出了自然生态系统的生态承载能力的范围,生态足迹与生态承载力之间的矛盾加剧,生态系统退化,人地关系紧张。

3.2 生态协调性分析

生态赤字是一个绝对的数值,在区域的横向比较中缺乏说服力,同样的生态赤字对于发达城市和经济落后地区的意义不同。为了更好地反映甘肃省生态足迹与区域资源禀赋之间的关系,引入生态协调系数 DS 。

$$DS=(ef+ec)/(ef^2+ec^2)^{1/2} \quad (10)$$

式中: DS ——生态协调系数; ef ——人均生态足迹; ec ——人均生态承载力。当 DS 越接近 1(极小值),说明区域协调发展度越差; DS 接近 1.414(极大值),说明区域协调发展度越好。其中,若 $ef > ec$,区域生态需求大于供给,区域发展是通过消耗自然资本存量来弥补生态承载力的不足,处于一种生态不协调状态; $ef < ec$ 时,区域生态需求小于供给,自然资本未能得到最有效的利用,区域尚待开发^[6]。由表 1 可知,2000—2008 年甘肃省协调发展度总体呈下降趋势,且其发展是通过消耗自然资本存量来弥补生态承载力的不足,处于一种生态不协调状态。

表 1 2000—2008 年甘肃省人均生态足迹和人均生态承载力

年份	人口总数/ 万人	人均生态 足迹/ hm^2	人均生态 承载力/ hm^2	人均生态 赤字/ hm^2	生态 协调性
2000	2556.89	1.909	0.949	0.96	1.337
2001	2575.24	2.073	0.934	1.139	1.271
2002	2592.58	2.135	0.983	1.152	1.285
2003	2603.34	2.299	0.977	1.322	1.235
2004	2618.78	2.528	0.972	1.556	1.179
2005	2594.36	2.482	0.981	1.501	1.194
2006	2606.25	2.871	0.977	1.894	1.119
2007	2617.16	2.74	0.973	1.767	1.139
2008	2628.12	2.843	0.969	1.874	1.12

注:计算所用数据来自 2001—2009 年《甘肃年鉴》,因计算过程复杂,篇幅有限,这里只汇总各年度生态足迹与生态承载力总的计算结果,其中生态承载力中已减去 12% 的生物生产土地面积以保护生物多样性。

3.3 生态足迹与经济发达的关联度分析

依据 2000—2008 年甘肃省统计年鉴中的经济指标数据(表 2),采用灰色关联度模型分析了甘肃省生态足迹与 GDP 的关联度(表 3)以及三产发展与生态赤字的关联度(表 4)。

表 2 2000—2008 年甘肃省经济指标数据 亿元

年份	GDP 总值	第一产业 产值	第二产业 产值	第三产业 产值
2000	1052.88	194.1	421.65	437.13
2001	1125.37	207.96	458.08	459.34
2002	1232.03	215.51	501.69	514.83
2003	1399.83	237.91	572.02	589.91
2004	1688.49	286.78	713.3	688.41
2005	1933.98	308.06	838.56	787.36
2006	2277.35	334	1043.19	900.16
2007	2703.98	387.55	1279.32	1037.11
2008	3176.11	462.27	1471.43	1242.41

表 3 2000—2008 年甘肃省生态足迹指标与 GDP 发展趋势关联度

项目	生态足迹					
	耕地	林地	草地	水域	化石能源地	建筑用地
关联度	0.618	0.8	0.736	0.574	0.774	0.83
比较	建筑用地>林地>化石能源地>草地>耕地>水域					

由表 3 可知,各项关联度都在 0.5 以上,表明甘肃省经济发展与生态足迹占用有着密切的关系。其中建筑用地生态足迹变化与 GDP 发展趋势关联度最大,为 0.83。这主要是由于甘肃省近年来建筑用地发展迅速,建筑用地生态足迹的增加成为影响经济发展的主要因素。由于甘肃省生态造林和退耕还林成绩显著,林地面积上升使林业资本亦有较大的增长,林地生态足迹与经济发展的关联度为 0.8,居第 2 位。化石能源生态足迹与经济发展的关联度为 0.761 9,居第 3 位,主要原因是近年来甘肃省大力发展工业,能源的消耗对经济发展的影响很大。而畜牧业的迅速发展使得草地生态足迹与经济发展的关联度为 0.736,居第 4 位。此外,经济和社会的发展会引起建设用地面积的增加,必然导致耕地面积的减少,耕地生态足迹与经济发展的关联度为 0.618,居第 5 位。与其它指标相比,水域生态足迹的变动对 GDP 的影响最小,关联度为 0.574,居最后一位。

表 4 2000—2008 年甘肃省经济指标与生态赤字关联度

项目	经济指标		
	第一产业	第二产业	第三产业
关联度	0.753	0.687	0.629
比较	第一产业>第二产业>第三产业		

由表 4 可知,甘肃省经济的快速发展导致了生态赤字的加剧,第一产业对生态赤字的影响最大,第三产业对生态赤字的影响最小。甘肃省作为西部地区的一个农业大省,第一产业的发展不能忽视,但要想从第一产业减少生态足迹,就应该加大对第一产业的科技投入,提高第一产业生产的集约度。近年来,甘肃省第二产业特别是工业的发展,对当地的资源造成极大消耗的同时,也产生了极大的环境问题,因此,必须要提倡节约用能,控制第二产业对生态的过度占用;第三产业是生态占用最小的产业,对生态赤字的影响最小,甘肃省应大力发展第三产业。

4 结 论

(1)甘肃省人均生态赤字 2008 年比 2000 年增长了 95.15%,而生态协调系数降低了 16.28%。表明甘肃省近 8 a 来生态赤字不断加大,生态环境已超出

其承载力范围,生态承载力已不能支持其生态足迹的需求,处于不可持续的发展状态,生态赤字只能通过资源进口或过度消耗资源来弥补。

(2)2008 年甘肃省的三次产业结构比例为 14.55 : 46.33 : 39.12。各产业对生态赤字贡献不同,甘肃省应进行产业调整,努力从第一产业减少生态赤字,控制第二产业,大力发展第三产业,以期减少对资源的消耗。

(3)面对当前经济利益和耕地数量下降的矛盾,应严格控制建筑用地的盲目扩张,同时认真落实耕地“占一补一”制度,力争实现耕地资源的动态平衡。同时加大对现有资源的保护力度,提高利用效率,遏制环境恶化趋势,转变人们的消费观念和生活方式,以便走上生态与经济的可持续之道。

参考文献:

[1] 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,2001,55(5):607-616.

[2] 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.

[3] Costanza R,Daly H. Natural Capital and Sustainable development[J]. Conservation Biology,1992,6(1):37-38.

[4] Macdonald D,Hanley N, Moffatt I. Applying the concept of natural criticality to regional resource management[J]. Ecological Economics,1999,29:73-76.

[5] Costanza R, Cumberland J, Daly H, et al. An introduction to Ecological Economics[M]. U S: St Lucie Press, 1997.

[6] 蒋晓娟,于兴丽. 时间序列年的生态足迹计算:以甘肃省 1990—2002 年生态足迹的计算为例[J]. 国土与自然资源研究,2006,38(4):67-68.

[7] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. Ecological Footprints of Nations[M]. Toronto: International Council for Local Environmental Initiatives,1997:10-21.

[8] 罗贞礼,黄磺.“红三角”地区之郴州市的可持续发展评价研究:生态足迹法[J]. 湖南农业大学学报:社会科学版,2004,5(2):33-37.

[9] 于文良,王伯铎,吴良兴. 陕西省可持续发展能力变化趋势和影响因素分析[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(6):13-18.

[10] 甘肃年鉴编委会. 甘肃年鉴(2009)[M]. 北京:中国统计出版社,2009.

[11] 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.