

青海省生态足迹演变分析

史纪安^a, 杨改河^a, 刘玉华^b

(西北农林科技大学 a 农学院; b 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 利用生态足迹理论与模型,对青海省1978~2001年生态足迹进行了计算与剖析。结果表明,青海省人均生态足迹由1978年的1.127 8 hm²增加至2001年的1.609 2 hm²,同期人均生态承载力由1.920 8 hm²逐年递减至1.332 3 hm²,生态供需由盈余逆转为赤字,说明20世纪90年代青海省生态需求已经超出其生态承载力,表现为不可持续。最后指出依靠科技进步提高自然生态系统生产力、资源利用率和实现工业的增效减耗是实现青海省可持续发展的重要举措。

[关键词] 生态足迹;生态承载力;可持续发展测度;青海省

[中图分类号] Q141; Q146

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)03-0068-05

可持续发展作为一种全新的理念和发展模式已得到社会的广泛认同,而对可持续性的定量测度是评价社会经济可持续发展的可持续状况、监视其变化方向和实施可持续发展战略的重要前提。1980年国际自然保护同盟(IUCN)发布的《The World Conservation Strategy》在全球第一次使用可持续发展一词,1987年世界环境与发展委员会(WCED)正式提出可持续发展概念之后,其定量研究方法成为可持续发展研究领域的难点和热点问题,如世界银行的“国家财富”指标体系、Daly和Cobb的“可持续经济福利指数(ISEW)”^[1]、Cobb的“真实发展指标(GPI)”、Prescott-Allen的“可持续性的晴雨表(Barometer of Sustainability)模型”^[2]等。这些指标体系、方法和模型在研究及实践中均取得了丰硕成果,其中由加拿大生态经济学家William及其博士生Wackernagel倡导的生态足迹(Ecological Footprint)分析法以其简捷直观、兼具普适性而日益成为可持续发展定量研究的主流方法之一^[3-7]。它撇开具体的产品和服务,把研究区域内人口消耗的资源、能源以及吸纳生活垃圾、废弃物都转化为生物生产性面积和水域面积,并与研究区域生态承载力对比,通过测定生态需求和生态供给的相对关系来定量、直观地判断特定研究区域可持续状态。自2000年以来WWF(World Wildlife Fund)和RP(Redefining Progress)两大世界非政府机构分别每年或每两年

公布一次部分国家的生态足迹状况,世界主要工业国家也把生态足迹指标纳入官方指标体系,其经验正在向发展中国家普及^[8]。

可持续发展是基于自然资源,特别是人类赖以生存的生态系统功能的保持与可持续^[9-11]。青海省地处黄土高原西部和青藏高原东北部,地势高峻,是我国长江、黄河、澜沧江等主要江河的发源地,也是我国重要的生态环境屏障和水源保护的特殊地带,已成为我国生态建设的重点地区之一。而青海省脆弱的生态环境和频发的自然灾害使其整体可持续发展能力相对低下,严重阻碍了青海经济的进一步发展,进而影响到西部大开发的进程,也将成为整个中华民族未来生存环境的重大隐患。为此,本研究基于“十一届三中全会”(1978年)、“十二届三中全会”(1985年)、“邓小平南巡讲话”(1992年)和“十五”计划(2001年)等4个典型年份,采用生态足迹分析法,从历史发展的角度研究青海省生态足迹历史演变规律和主导因子,以为青海省的开发和建设提供理论依据。

1 青海省生态足迹的概算

区域发展是否具有可持续性取决于人类活动造成的环境压力与自然生态系统生态承载力的对比。如果没有可持续性的度量,则无法评价社会经济可持续发展的可持续状况和发展方向,无法设定切实可行的

[收稿日期] 2005-07-21

[基金项目] 青海省重大科技攻关项目(2002-N-106)

[作者简介] 史纪安(1976—),男,河南洛阳人,在读博士,主要从事景观生态、农业生态和农业资源利用及区划研究。

[通讯作者] 杨改河(1957—),男,陕西耀县人,教授,博士生导师,主要从事资源与环境生态研究。

可持续发展目标,制定有效的战略和政策。因此,对可持续性的测度是实施可持续发展战略的一个重要前提。

1.1 研究方法概述

生态足迹(Ecological Footprint, EF)又被译作生态占用、生态维持面积、生态脚印、生态支撑点等,1992年由加拿大生态经济学家 William 及其博士生 Wackernagel 提出,之后 Rees 和 Wackernagel 等又对该方法和模型作了进一步完善^[12-15]。生态承载力是指在保持生存、发展条件下能够持续提供资源或消纳废物的、具有生态生产力的地域空间。研究生态足迹的意义不在于强调“事情到底有多坏”,而是借助于生态足迹需求(Demand of EF)和生态足迹供给(Supply of EF, 又称生态承载力)的对比定量研究和评价研究对象的现状,探讨可持续发展的对策和措施,这才是生态足迹研究的意义所在。生态足迹的计算方法和步骤如下。

(1)均衡因子 r_j 和产量因子 y_j 。在生态足迹和生态承载力计算中,各种资源和能源消费项目均被折算为耕地、草地、林地、建筑用地、化石能源用地和海洋(水域)等6种生物生产性用地(Biologically Productive Area)。生态生产力因生物生产性用地类型而异,并且不同国家(地区)的资源禀赋也不同,因此需要对不同国家(地区)、不同生物生产性用地面积进行标准化,从而引入两个参数,即均衡因子 r_j 和产量因子 y_j :

$$r_j = EP_j / EP,$$

$$y_j = YF_j / YF, (j = 1, 2, 3, \dots, 6)$$

式中, EP_j 为全球第 j 类生物生产性用地类型的平均生态生产力; EP 为全球所有各类生物生产性用地类型的平均生态生产力; YF_j 为研究区域第 j 类生物生产性用地类型的平均生态生产力; YF 为世界同类生物生产性用地类型的平均生态生产力。

为了便于计算结果在国家和地区间进行比较,本研究中耕地(建筑用地)、林地(化石能源用地)、草地和海洋(水域)生物生产性用地面积折算采用的 r_j 值分别为 2.82, 1.14, 0.54 和 0.22; y_j 值分别为 1.66, 0.91, 0.19 和 1.00^[3,6,13-16]。

(2)生态足迹(Ecological Footprint), 即特定区域消费活动所占用的生物折算总面积。

$$ef = \sum_{j=1}^6 r_j \times \frac{C_i}{Y_i} = \sum_{j=1}^6 r_j \times \frac{P_i + I_i - E_i}{Y_i \times N},$$

$$EF = N \times ef, (j = 1, 2, \dots, 6; i = 1, 2, 3, \dots, m)$$

式中, ef 和 EF 分别为人均生态足迹和总生态足

迹; j 为生物生产性用地类型; i 为消费项目的类型; m 为消费项目数量; C_i 为第 i 种消费项目的人均消费量; Y_i 为第 i 种消费项目的年(世界)平均产量; P_i 为第 i 种消费项目的年生产量; I_i 为第 i 种消费项目的年进口量; E_i 为第 i 种消费项目的年出口量; N 为人口数。

(3)生态承载力(Ecological Capacity)。生态承载力表示研究区域所能提供的生态生产力,即能提供资源、生态服务或消纳废物的地域空间的能力。

$$ec = \sum_{j=1}^6 \frac{A_j \times r_j \times y_j}{N}, EC = N \times ec,$$

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

式中, ec 和 EC 分别为人均生态承载力和总生态承载力(hm^2); n 为生产性用地类型数量; A_j 为第 j 类生产性用地类型面积。

(4)生态赤字/盈余。生态赤字/盈余(ecological deficit/remainder)是指生态承载力与生态足迹的差值,负值表示生态赤字,正值表示生态盈余,反映了研究区域内人口对自然资源的利用状况,其计算公式为^[16]:

$$ED = EC - EF / 88\%,$$

式中, ED 为生态赤字/盈余。

1.2 青海省生态足迹计算结果

基于1978年“十一届三中全会”、1985年“十二届三中全会”、1992年“邓小平南巡讲话”和2001年“十五”计划等特定年代和历史事件,采用生态足迹理论及计算模型对青海省1978~2001年24年间的4个典型年份(1978, 1985, 1992和2001年)生态足迹进行计算与分析,从历史发展的角度研究了青海省生态足迹的变化规律和主导影响因子。文中资料来自于青海省统计年鉴^[17],计算要素主要包括生物资源消费(包括农产品、畜牧产品、林产品、水产品等)和能源消费两部分,生物资源生产性面积的折算采用联合国粮农组织(FAO)1993年计算的世界平均生物资源生产力,计算结果见表1。

2 青海省可持续发展评价

2.1 青海省生态足迹分析

表1结果表明,在1978~2001年青海省人均生态足迹从1978年的1.1278 hm^2 增加至2001年的1.6092 hm^2 , 总体呈现持续增长态势,人均生态足迹的增加反映了人民生活水平的提高,粮油产品、动物产品和各种服务消费绝对量的相应增加。而同期人均生态承载力由1978年的1.9208 hm^2 逐年递

减至 2001 年的 1.332 3 hm²,生态供需由 1978 年的生态盈余(0.793 0 hm²)逆转为 2001 年的生态赤字(-0.276 9 hm²),说明自 20 世纪 90 年代起青海省

生态需求已经超出其生态承载力,出现生态资源的超负荷,即生态赤字,表明青海省社会经济发展已处于不可持续状态。

表 1 青海省 1978~2001 年典型年份人均生态足迹与生态承载力

Table 1 Eco-footprint & bio-capacity (per capita) of Qinghai from 1978 to 2001

用地类型 Category	均衡因子 Equi-factor	人均生态足迹/hm ² Eco-footprint				产量因子 Yield factor	人均生态承载力/hm ² Bio-capacity			
		1978 年 1978 year	1985 年 1985 year	1992 年 1992 year	2001 年 2001 year		1978 年 1978 year	1985 年 1985 year	1992 年 1992 year	2001 年 2001 year
草地 Pasture	0.54	0.290 3	0.533 3	0.633 1	0.648 1	0.19	1.085 1	0.971 8	0.858 8	0.714 9
耕地 Arable land	2.82	0.435	0.435 7	0.444 6	0.332 9	1.66	0.773 6	0.649 4	0.588 5	0.547 3
海洋(水域) Sea	0.22	0.007 1	0.008 1	0.006 6	0.002 9	1.00	0.000 3	0.000 3	0.000 2	0.001 8
林地 Forest	1.14	0.003 0	0.007 8	0.006 8	0.006 7	0.91	0.057 8	0.051 7	0.043 0	0.061 2
化石能源用地 Absorbing CO ₂ from fossil fuel	1.14	0.255 5	0.278 4	0.244 8	0.417 0	0.91	0	0	0	0
建筑用地 Built-up area	2.82	0.001 5	0.002 2	0.005 3	0.008 5	1.66	0.000 4	0.003 8	0.005 5	0.007
小计 Without bio		0.992 5	1.266 5	1.341 2	1.416 1		1.690 3	1.475 8	1.316 4	1.172 5
生物多样性保护用地 Biodiversity responsibility		0.135 3	0.172 6	0.182 9	0.193 1		0.230 5	0.201 2	0.179 5	0.159 9
总计 Incl. biodiversity		1.127 8	1.438 1	1.524 1	1.609 2		1.920 8	1.677 0	1.495 9	1.332 3

际间纵向对比可以消除区域生态足迹计算中的相对误差。因此,本研究通过系统分析青海省 4 个特定年份生态足迹演变规律,从而判定该区域的可持续发展现状和可持续发展能力。从计算结果可以看出(表 1,图 1),连续 24 年来青海省人均生态足迹持续增长,特别是在 20 世纪 70 年代末至 80 年代后期增长迅猛。通过对比同期不同生物生产性用地类型的生态足迹贡献率可知,牧草地对生态足迹贡献率的迅猛增长以及 90 年代后能源用地的快速回升,是该地区生态足迹快速增长的主要因素。例如玛多县,1980~1982 年连续 3 年位居全国首富县,作为

纯牧业县,扩大畜群数量是其经济增长的必然选择,而江河源区严酷且脆弱的生态环境不堪重负,昔日的全国首富县如今早已风光不再。另外,20 世纪 80 年代末和 90 年初的乡镇企业发展,在促进经济发展的同时,也明显地增加了该地区的生态足迹,虽然在某种意义上发展工业较单纯依赖农牧业能够提高资源利用率,但能源用地和污染物处理都明显扩大了青海省生态足迹。因此,限牧还草恢复生态,辅助人工选择优良牧草、农畜品种以提升自然生态系统的生产能力,采用新技术、新工艺引导乡镇企业增效减耗、协调发展是缓和青海省生态赤字的重要举措。

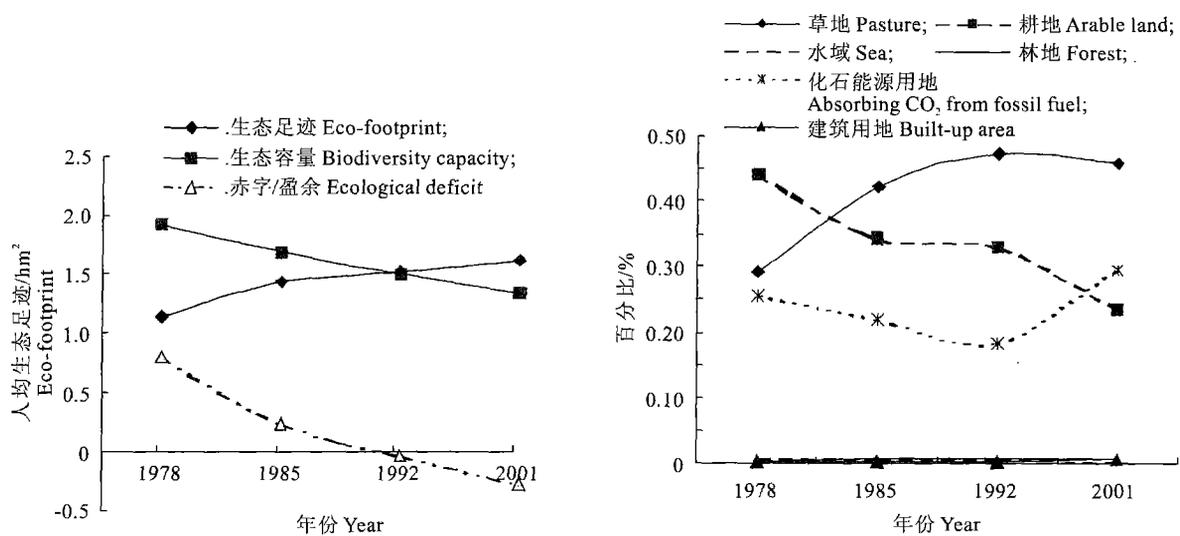


图 1 青海省人均生态足迹及影响因子

Fig. 1 Ecological footprint per capita and influencing factors in Qinghai Province

2.2 生态足迹效率分析

万元 GDP 生态足迹直观地反映了资源的利用效率,即生态足迹的效率。因此,研究青海省万元 GDP 的生态足迹可以反映青海省资源的利用效益变化情况。

青海省 1978~2001 年万元 GDP 生态足迹,1978 年为 26.351 hm²,1985 年为 17.798 hm²,1992 年为 8.064 hm²,2001 年为 2.806 hm²,24 年间降低了近十倍,万元 GDP 生态足迹由高到低的变化直观地反映了青海省 20 多年来资源利用效率的变化趋势。结合图 1 分析可知,万元 GDP 生态足迹的趋减与青海省 3 种生物生产性用地类型生态足迹贡献率变化有一定关系。十一届三中全会承包到户的政策,促进了农业生产力的提高,畜牧业的强势发展在促进经济发展的同时,集约利用草场资源和农业资源在一定程度上降低了万元 GDP 的生态足迹;1992 年邓小平南巡讲话之后乡镇企业开始发展壮大,特别是随着改革的深入、产业结构的调整以及“西部大开发”国策的实施,青海省地方工业发展较快,能源的生态足迹贡献迅速增加,对降低万元 GDP 生态足迹产生了积极影响。因此可以初步认为,生态足迹效益的变化与资源利用效率的提高和高新技术降低资源消耗有关。

2.3 青海省可持续发展的对策与措施

青海省特定的地理位置和气候条件,决定了青海省特有的可持续发展战略。通过对青海省 1978~2001 年特定年份生态足迹及生态承载力的计算分析,青海省产生生态赤字的主要原因,在于畜牧业对牧草资源的过度利用和近年来化石能源的极大消耗。万元 GDP 生态足迹的降低说明通过提高资源利用率,不仅可以保持甚至提高现有人民生活水平,而

且使青海省实现可持续发展成为可能。因此,青海省必须加强农牧业基础设施建设,发展高产、高效、优质农牧业,培育优势农牧产品,结合农牧业产业化经营拓展产业链条,通过提高生态系统生产力提升农牧业资源利用率。同时采用高新技术发展工业,以增效减耗、减少工业污染排放,在科学规划基础上采取生态移民等措施减缓生态脆弱区的生态压力。

3 结论与讨论

生态足迹研究方法是通过引入生物生产性面积的概念,构建自然资本核算框架,提供度量人类生态系统生态需求和自然生态系统容量之间差距的定量研究方法。本研究采用生态足迹理论和模型,从历史的角度对青海省 1978~2001 年特定年份生态足迹和生态承载力进行计算与剖析,结果表明,生产效率的提高是农业生态足迹贡献降低的重要因素,生态赤字的产生与青海省畜牧业过速发展和工矿企业能源消耗剧增有关,而提高资源利用效率和降低废弃物排放是实现青海省可持续发展的重要措施。

当然生态足迹研究方法和模型本身并不完善。例如,该方法计算结果只反映经济决策对环境的影响,尚不能对人类可持续发展所涉及的众多方面进行全面衡量和评估。另外,利用生态足迹模型计算基本的人均国民消费是以世界平均土地产出率数据为基础的,忽略了土地产出率受管理模式和自然生态条件制约的事实,如在本研究中,青海省草地面积计算涵盖各种草原,而高寒荒漠草原与湿地草原的产出率显然不同。因此,计算结果尚不能完全反映研究区域真实的生态需求,这有待于在进一步研究中完善和改进。

[参考文献]

- [1] Cataned B E. An index of sustainable economic welfare (SEW) for Chile[J]. *Ecological Economics*, 1999, 28: 231-244.
- [2] Hardi P, Barg S, Hodge T, et al. Measuring sustainable development: review of current practices[R/OL]. <http://strategis.ic.gc.ca/apic/internet/ineas-aes.ndf/en/rao1575e.html>.
- [3] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact in the Earth[M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [4] 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.
- [5] 王书华, 毛汉英, 王忠静. 生态足迹研究的国内外近期进展[J]. *自然资源学报*, 2002, 17(6): 776-782.
- [6] 徐中民, 张志强, 程国栋, 等. 中国 1999 年生态足迹计算与发展能力分析[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(2): 280-285.
- [7] 章锦河, 张捷. 旅游生态足迹模型及黄山市实证分析[J]. *地理学报*, 2004, 59(5): 763-771.
- [8] 陶在朴. 生态包袱和生态足迹[M]. 北京: 经济科学出版社, 2003: 161-168.
- [9] Herman E Daly, John B Cobb Jr. For the Common Good[M]. Boston: Beacon Press, 1989.
- [10] Jansson A M, Hammer M, Folke C, et al. Investing in Natural Capital: the Ecological Economics Approach to Sustainability[M]. Wash-

- ington; Island Press, 1993.
- [11] Mohan Munasinghe, Walter Shearer. Defining and Measuring Sustainability: the Biogeophysical Foundations[M]. Tokyo: The United Nations University Press and The World Bank Press, 1995.
- [12] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out[J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 196-210.
- [13] Wackernagel M. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: a tool for planning toward sustainability[C]//Ph D Thesis. School of Community and Regional Planning, Canada; The University of British Columbia, 1994.
- [14] Rees W E. Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability[J/OL]. Population and Environment, 1996, 17(3): 195-215. <http://www.dieoff.com/page110.htm>.
- [15] Wackernagel M, Monfreda C, Deumling D. Ecological Footprint of Nations (November 2002 Update) [M]. Oakland: Redefining Progress, 2002.
- [16] Mathis Wackernagel, Alejandro Callejas Linares, Diana Deumling, et al. Ecological footprints and ecological capacities of 152 nations: the 1996 update[EB/OL]. <http://greatchange.org/ng-World-footprint-spreadsheet-footprint-ef1996.zip>.
- [17] 青海省统计局. 青海统计年鉴 1994~2002[M]. 北京: 中国统计出版社, 1994-2002.

Study on the evolvement of Ecological Footprint of Qinghai Province

SHI Ji-an^a, YANG Gai-he^a, LIU Yu-hua^b

(^a College of Agronomy; ^b College of Resource and Environmental, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The ecological footprint and ecological capacity of Qinghai Province from 1978 to 2001 were studied based on the ecological footprint theory and calculation method. The result shows that the ecological footprint per capita displayed an increasing trend from 1.127 8 hm² to 1.609 2 hm² and the capacity per capita decreasing from 1.920 8 hm² to 1.332 3 hm² in 1978—2001, so the ecological deficit arising from 1990s' indicated that the development model of Qinghai Province was unsustainable. Moreover, it pointed out that the key Strategies to maintain sustainable development of Qinghai Province are improving ecological productivity and increasing the efficiency of resource use and production and decreasing waste by using advanced science and technology.

Key words: ecological footprint; ecological capacity; measuring sustainable development; Qinghai Province