文章编号:1001-4810(2010)04-0414-05

贵州岩溶地区生态效率的动态变化研究

杨廷锋
(凯里学院旅游与经济发展学院,贵州 凯里 556000)

摘 要:提高生态效率是实现区域可持续发展的重要切入点。为了定量地把握贵州岩溶地区的生态效率的动态变化情况,文章采用基于生态足迹模型的单一比率法的定量研究方法,利用1978-2009年的历史数据计算,分析了贵州岩溶地区生态效率的动态变化,并与全国的生态效率作动态比较。结果表明:在研究时段,贵州岩溶地区的生态效率呈递增趋势,由1978年的288.249元GDP/hm²上升到2009年的3 006.220元GDP/hm²,年平均增加84.937元GDP/hm²,但一直低于全国,生态效率多年平均值只有全国的2/5,并且差距呈加大趋势,差距从1978的346.837元GDP/hm²上升到2009年的3 242.609元GDP/hm²,差距年平均增加量为90.493元GDP/hm²。为此,提出了提高贵州岩溶地区生态效率的调控对策:充分发挥区域优势,积极调整能源结构;加强"三废"的回收和综合利用;节约水土等资源;促进产业生态化,并提高经济效益。

关键词:生态足迹;生态效率;产业生态化;岩溶地区;贵州
中图分类号:F062.2; X37 **文献标识码**:A

0 引 言

贵州碳酸盐岩出露面积达13万km²,占全省的土地总面积的73.8%[1],是我国岩溶集中连片分布面积最大的省份。改革开放以来,贵州岩溶地区社会经济得到快速发展。但是,其经济发展模式往往是以大量环境资源消耗为代价,造成环境污染和生态退化,水土流失和石漠化严重,人地矛盾十分突出,可持续发展受到严重的威胁。然而,可持续发展已成为当今世界各国未来发展目标。生态效率(Ecoefficiency)则成为在不同层次上落实该目标的一个重要切入点[3]。它可兼顾经济和生态包括资源和环境两方面的效率,从而确保"减少资源消耗,减少环境影响,增加产品或服务的价值"三大目标[4]得以实现。生态效率作为测度可持续发展的重要手段和实施可持续发展的必经步骤,已逐步演变成为各国政府践行《21世纪议程》的首选政策理念和管理哲学[5]。全国人大环资委副主任、中国工程院院士钱易在中国环境科学学会2007学术年会指出:提高生态效率是减少环境影响的唯一出路。因此,研究贵州岩溶地区的生态效率动态变化,把握其变化规律,以便采取针对性的对策,提高生态效率,以减少环境影响,对贵州岩溶地区的可持续发展具有十分重要的现实意义。

1 理论基础简述

1.1 生态足迹模型和单一比率法简介

生态足迹(Ecological Footprint 简称EF)分析法是加拿大生物经济学家William Rees和其博士生Wackernagel于1992年提出的一种用以衡量可持续发展的生物物理方法[6]。生态足迹是衡量人类发展过程中对生态系统所产生影响的一个重要指标,它是人类对生物生产性土地面积的占用量。生态足迹的定义为"生产人们所消费的所有资源和消纳这些人所

基金项目:凯里学院2010年专项课题(编号:ZX1019)
第一作者简介:杨廷锋,(1972-),男,自然地理硕士,副教授,方向:区域系统开发与管理。E-mail:ytfeng6666@163.com。
收稿日期:2010-08-13

万方数据

产生的所有废物所需要的生态生产性土地的总面积"[7]。生态效率概念的本质思想是在价值最大化的同时，将资源消耗、污染和废弃物排放最小化[8]。如果一个国家、地区、企业的产值越高，同时对生态环境的占有、使用越少，则生态效率越高。

生态足迹可以分为资源生态足迹和能源生态足迹两部分，前者指生产所消费资源而需要的生物生产土地的面积，后者指吸纳所产生的废弃物需要的生物生产土地的面积。生态足迹分析法是一种较好的测量人类社会活动对自然环境影响的定量分析指标[9]。目前在世界范围内，对国家、地区、产业行业和企业等各层次生态效率的评价度量都开展了不同程度的研究，如作为研究生态效率中心的欧洲将生态效率评价纳入到地区竞争力评价体系中[10]。目前，主要的计算方法有单一比率法、优先结构法、多目标编程法和生态拓扑法 4 种。但相对来说单一比率法和优先结构法应用得比较多[11]。中国学者于 2000 年引进生态效率，并且开展了一系列不同层次的研究。目前，主要集中在企业与行业层次上，在区域以及国家层面的应用还需要进一步深入研究。就基于生态足迹模型的单一比率法而言，在我国已有少量应用研究。

根据世界可持续发展工商理事会(WBCSD)特别推荐了一套可以循序渐进的通用生态效率指标来度量产品或服务在生态方面的绩效，即：生态效率 ＝产品或服务的价值/环境影响 ＝价值的增加/环境影响的增加[5]。根据这单一比率法的定义，基于生态足迹模型的单一比率法的计算如下：可以将区域生态效率定义为占用单位生态足迹所创造的 GDP 产值，计算公式为：

$$EE = GDP / EF \qquad (1)$$

式中，EE：生态效率；GDP：区域国内生产总值；EF：区域的生态足迹。

此方法是建立在生态足迹模型的基础之上，可以进行全球性范围、区域、产业、产品等的生态效率比较。

1.2 数据处理与说明

运用贵州省的历年统计年鉴和中国统计年鉴以及相关县份的统计年鉴等，采用恒定世界单产方法计算贵州省岩溶地区 1978－2009 年的生态足迹。生物资源生产面积折算的具体计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。能源消耗部分根据历年的统计资料计算煤、石油、天然气、电力和焦碳等几种能源的足迹，计算时将能源消耗转化为化石能源土地面积。耕地、建筑用地、化石能源用地、牧草地、林地、水域的均衡因子的取值分别为：2.8、2.8、1.1、0.5、1.1、0.2。

贵州省岩溶地区的生态足迹计算包括四个部分：(1)生物资源消耗；(2)能源消耗(产生的 CO_2、SO_2)；(3)生态环境污染包括污水和废渣；(4)水资源的消耗。

根据生态足迹模型计算的具体方法步骤[12]，计算出贵州岩溶地区 1978－2009 年的生态足迹值，然后根据公式(1)，计算出研究时段各年份的生态效率值。

2 贵州岩溶地区生态效率的动态变化分析

贵州岩溶地区人均生态效率计算结果见表 1。由表 1 看，贵州岩溶地区 1978－2009 年的生态效率总体呈递增趋势(图 1)，由 1978 年的 288.249 元 GDP/hm² 上升到 2009 年的 3 006.220 元 GDP/hm²，年平均增加 84.937 元 GDP/hm²。它说明贵州岩溶地区生态资源利用效益逐年提高，同时，2003 年的"非典"对生态效率影响比较大，主要是经济受到影响造成。

表 1 贵州岩溶地区生态效率的动态变化

(单位：元 GDP/hm²)

Tab. 1 Regime of eco-efficiency in Guizhou Karst Area

年份	生态效率(EE)	年份	生态效率(EE)
1978	288.249	1995	1 424.697
1979	319.981	1996	1 445.163
1980	338.040	1997	1 558.051
1981	372.048	1998	1 583.135
1982	406.645	1999	1 671.629
1983	434.998	2000	1 742.440
1984	496.836	2001	1 875.610
1985	551.058	2002	2 013.037
1986	560.380	2003	1 968.737
1987	598.785	2004	2 081.015
1988	704.947	2005	2 295.978
1989	727.447	2006	2 479.240
1990	788.468	2007	2 656.590
1991	809.810	2008	2 870.985
1992	917.435	2009	3 006.220
1993	1 054.601		
1994	1 266.233	平均值	1 290.890

万方数据

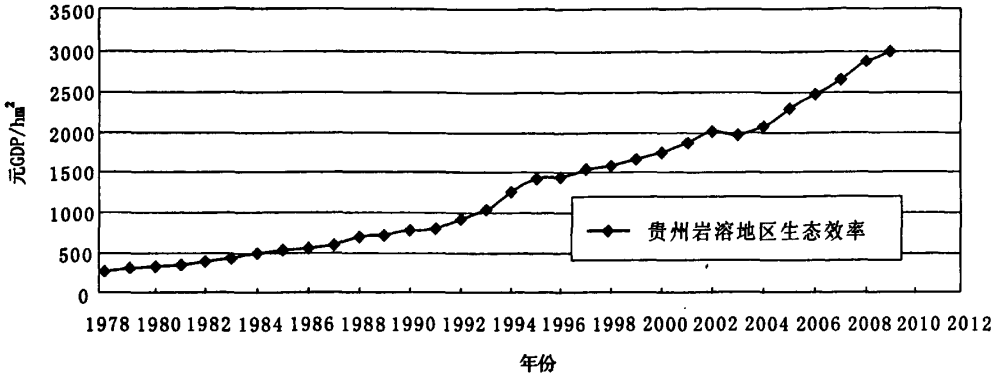

图 1 贵州岩溶地区生态效率的动态变化

Fig. 1 Regime of eco-efficiency in Guizhou Karst Area

进一步分析发现，贵州岩溶地区 1978－2009 年的生态效率可分为 3 个演化阶段(图 1)：1978－1991 年为第一阶段，生态效率从 288.249 元 GDP/hm² 增加到 809.810 元 GDP/hm²，平均每年增加 37.254 元 GDP/hm²，属生态效率平缓增长阶段；1992－2002 年为第二阶段，生态效率从 917.435 元 GDP/hm² 到 2 013.037 元 GDP/hm²，平均每年增加 99.600 元 GDP/hm²，是第一阶段增长量的 2.7 倍，属生态效率的明显增长的阶段；2003－2009 年为第三阶段，生态效率从 1 968.737 元 GDP/hm² 增加到 3 006.220 元 GDP/hm²，年平均增长约 148.212 元 GDP/hm²，是第二阶段增长量的 1.5 倍，属于生态效率的高速增长阶段。

上述的研究结果，充分表明了 32 年间贵州岩溶地区资源环境的利用向着高效利用的方向发展，逐步由粗放型经济转向集约型经济发展。也表明随着经济的发展，科学技术水平不断提高，资源环境的利用效率有了较大幅度的提高，单位生产所消耗的资源环境大幅度减少。

贵州生态效率不断提高与贵州改革开放以来经济的快速增长有关系，特别是西部大开发的实施，产业转移和环境保护意识的增强有很大关系。

3 贵州岩溶地区的生态效率与全国的生态效率比较分析

为了更好地把握贵州岩溶地区的生态效率发展水平，这里拟将其与全国的生态效率进行动态比较研究。全国的生态足迹主要来源刘宇辉[13]的研究成果，其余的通过相关计算得出。1978－2009 年，贵州岩溶地区生态效率一直低于全国(见图 2)，多年平均生态效率为 1 290.890 元 GDP/hm²，而全国多年平均生态效率为 3 016.804 元 GDP/hm²，可见，贵州岩溶地区多年平均的生态效率只有全国的 2/5，并且差距基本上呈加大的趋势，差距从 1978 的 346.837 元 GDP/hm² 上升到 2009 年的 3 242.609 元 GDP/hm²，差距年平均增加量 90.493 元 GDP/hm²，特别是从 1992 年后差距拉大特别明显，每年平均增加量为 118.491 元 GDP/hm²。1999 年，我国西部 12 省(区、市)的平均生态效率是 3 675 元 GDP/hm²[14]，而

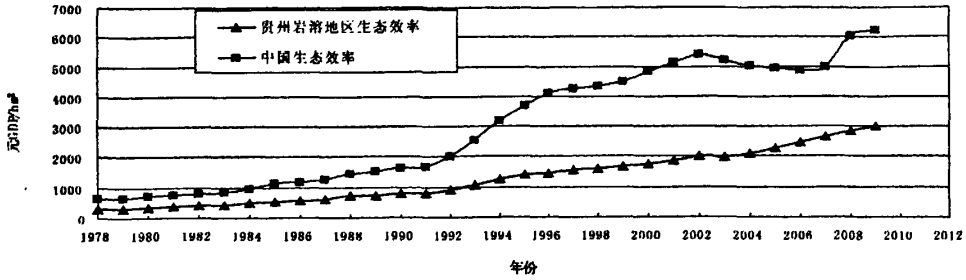

图 2 贵州岩溶地区与全国的生态效率的动态比较

Fig. 2 Comparison of eco-efficiency between Guizhou Karst Area and that in the whole country

万方数据

同年贵州岩溶地区约为1 672元GDP/hm²,不及西部12省(区、市)平均生态效率的1/2。可见,贵州岩溶地区的生态效率比较低。这一方面说明贵州岩溶地区社会经济的发展对资源环境的消耗比较大;另一方面,也说明贵州岩溶地区的资源环境的高效利用还有很大的发展空间。

造成上述情况的直接原因,一方面是贵州岩溶地区经济的长期落后,在1978—2009年的研究时段内,人均GDP多年平均值只有全国的1/2;另外一方面是贵州岩溶地区人均的生态足迹比较大。据研究,贵州岩溶地区的人均生态足迹1997年后开始超过全国的人均生态足迹[12]。长期以来,资源密集型和高能耗型工业一直是贵州的支柱产业,2003年度贵州省电力、燃气等生产和供应、黑色和有色金属冶炼及压延加工业、化学原料及化学制品制造业和采矿业所创造的工业总产值占到全省规模以上工业总产值的约62%[15]。包括岩溶地区在内的贵州工业能源消费比重大,2005年工业能源消费占比例达到67.7%[16]单位GDP能耗达4.14t标准煤/万元。而统计显示,2005年全国单位GDP能耗为1.22t标准煤/万元,是广东、北京、上海单位GDP能耗的5.2倍。可见,贵州工业能源利用相当粗放,并且长期以煤炭等化石能源为主,这无形加大了生态足迹。此外,贵州岩溶地区种植业比重高,特别是陡坡开垦造成水土流失和石漠化,也增大了生态足迹。

4 提高贵州岩溶地区生态效率的对策

上述研究表明:在研究时段,贵州岩溶地区的生态效率呈递增趋势;但是,与全国相比,一直低于全国,并且差距呈现逐渐加大趋势。如果继续保持此势头,与全国的差距还将继续拉大。然而,贵州岩溶地区本身的生态环境就十分脆弱,生态效率低,经济发展对生态环境影响比较大,不利于其地区的可持续发展。在生态承载力之下,如何提高贵州岩溶地区的生态效率?笔者提出如下对策:

4.1 充分发挥区域优势,积极调整能源结构

已有研究结果表明,贵州岩溶地区人均多年平均的化石燃料用地足迹为0.572hm²,占42%,在各种用地足迹中居第一位[12]。即煤炭、石油等化石能源消耗大,这也是贵州岩溶地区生态效率低于全国平均水平的重要原因之一。为此,应该结合贵州岩溶地区的资源和区位特点,调整能源结构,降低不可再生能源(煤炭、原油等)比重,加大水电等的比例份额,以及加快太阳能、风能等清洁能源开发和利用。贵州水能资源总蕴藏量1 874.5万kW,居于全国第六位;可开发水能资源1 324.95万kW,居全国第七位[2],并且主要集中分布在岩溶地区。但目前的水能源开发程度不高,应该发挥区域优势,充分挖掘自身的水能资源开发潜力。

4.2 加强"三废"的回收和综合利用

研究发现,废水、废气和废渣的排放占用一定的生态足迹,致使贵州岩溶地区的生态效率降低,所以,积极采用高新技术,在工业企业内部推行清洁生产。例如用消耗低、污染轻、经济效益高的先进工艺设备替代高消耗、重污染、经济效益低的工艺设备。积极加强绿色技术的开发和利用,改进企业的生产工艺,用"绿色"生产工艺重组,降低物耗,积极开发无污染或少污染的清洁产品;积极发展循环经济,加大污染物的回收利用。此外,在接纳吸收东部地区转移来的企业时,应该把环境利益放在首位。

4.3 节约水、土资源

随着贵州岩溶地区的社会经济的发展,人口增加,产业用水和生活用水量逐年增加,建筑用地不断扩大,区域的生态足迹也不断增加,因此更应该通过节约水、土资源等来提高生态效率。

4.4 促进产业生态化,并提高经济效益

4.4.1 扎实推进新型工业化,提高能源利用效率

贵州岩溶地区生态效率低主要原因之一是因为其经济发展本身太落后,要提高生态效率,必须提高贵州岩溶地区整体经济水平。

从1999年开始,贵州岩溶地区产业演化一直处于"二、三、一"即第二产业占比重最大,其次是第三产业,比例最小是第一产业的这样一个阶段,所以贵州的工业化进程还仍在继续。为此,今后应积极扎实推进以"信息化带动工业化,以工业化促进信息化,科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥"为标志的新型工业化步伐,采取技术提高能源利用效率,降低生态足迹,同时,提高工业经济效益,以提高生态效率。

4.4.2 调整农业产业结构,促进农业产业化发展

贵州岩溶地区农业生产结构单一,2006年,种植业比重高达58%,而畜牧业等比重较小,占34%,林业占4.2%。可见,产业结构不合理,种植业比重过大,农业产业结构与土地资源结构错位。这与岩溶地区坡地多,生态环境比较脆弱格格不入,往往坡地开垦耕地,造成水土流失、石漠化等一系列的环境问题出现,增加生态足迹。所以,应该积极调整农业产业结构,降低种植业比重,增加林业、圈养畜牧业等的比重。同时,因地制宜,面向市场,发展特色农业和休闲

万方数据

农业，提高农业的效益，以加快经济的发展。

4.4.3 加快人才培养和引进，加快第三产业的发展

贵州岩溶地区经济落后的最主要原因是经济人才缺乏，所以，应该加大人才培养和引进力度，以提高利用区内外各种资源的能力，积极发展市场型产业，充分利用国内和国际资源市场，降低资源型产业的比例，减轻环境压力；在第二产业发展的基础上，积极发展现代服务业，减少环境消耗，并且促进第三产业生态化发展。

参考文献

[1] 高贵龙，邓自民，熊康宁，等. 喀斯特的呼唤与希望——贵州喀斯特生态环境与可持续发展[J]. 贵州科学技出版社，2003，4：2－3.

[2] 陈永孝，邝福光，汪境仁. 贵州省经济地理[M]. 北京：新华出版社，1993：9－10.

[3] 吕彬，杨建新. 生态效率方法研究进展与应用[J]. 生态学报，2006，26(11)：3898－3905.

[4] 刘复军，倪学志. 内蒙古生态效率评价及产业发展视角下的思考[J]. 内蒙古财经学院学报，2009(5)：170－173.

[5] 王妍，卢琦，褚建民. 生态效率研究进展与展望[J]. 世界林业研究，2009，22(5)：27－32.

[6] 陈中景，徐中民，程国栋，等. 中国西北地区的生态足迹[J]. 冰川冻土，2001，23(2)：164－169.

[7] 陈东景，李培英. 基于生态足迹和人文发展指数的可持续发展评价——以我国海洋渔业资源利用为例[J]. 中国软科学，2006(5)：96－102.

[8] 李兵，张建强，权进民. 企业生态足迹和生态效率研究[J]. 环境工程，2007，25(6)：85－88.

[9] 王亭娜，董平，陆玉麒. 南京市生态足迹实证分析[J]. 城市环境与城市生态，2006(3)：12－14.

[10] 刘复军，倪学志. 内蒙古生态效率评价及产业发展视角下的思考[J]. 内蒙古财经学院学报，2009(5)：36－39.

[11] Quariguasi F N J, Walther G, Bloemhof J, et al. A methodology for assessing eco-efficiency in logistics network Erim report seriesno. ERS-2007-037-LIS[R/OL]. 2007-11-05 Http://hdl.handle. net/1765/10072.

[12] 杨廷锋. 贵州岩溶地区生态足迹的动态变化研究[J]. 中国岩溶，2010，29(2)：155－161.

[13] 刘宇辉. 中国 1961－2001 年人地协调度演变分析——基于生态足迹模型的研究[J]. 经济地理，2005(2)：219－222.

[14] 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.

[15] 张立胜. 资源密集型和高能耗型工业发展的悖论——论贵州的工业产业结构调整和工业产业结构高度化[J]. 贵州工业大学学报(社会科学版)，2005(5)：35-37.

[16] 谢松，刘庆和. 贵州的能源消费与经济增长[J]. 贵州社会科学，2007(12)：92－96.

Study on the regime of eco-efficiency in Guizhou Karst Area

YANG Ting-feng

(*Kaili University, Kaili, Guizhou* 556000, *China*)

Abstract: To improve the eco-efficiency is an important point for the realization of regional sustainable development. In order to quantitatively understand the regime of the eco-efficiency in Guizhou karst area, the regime of the eco-efficiency is analyzed by the single ratio method based on eco-footprint model, and history data from 1978 to 2009 is used in the analysis. The results show that eco-efficiency increase in the research period from 288. 249yuan GDP/hm^2 to 3 006. 220yuan GDP/hm^2, and the average annual growth is 84. 937 yuan GDP/hm^2. But compared with the whole country, the eco-efficiency is always lower and the gap gets bigger and bigger, from 346. 837 yuan GDP/hm^2 in 1978 to 3 242. 609yuan GDP/hm^2 in 2009 and the average annual growth of the gap is 90. 439yuan GDP/hm^2. On the above basis, some countermeasures to improve the eco-efficiency are put forward, fully exerting regional advantages; actively adjusting the energy structure; strengthening the recovery and comprehensive utilization of the "three wastes"; saving land and water resources; promoting industry ecologicalization and increasing economic benefit.

Key words: eco-footprint; eco-efficiency; industrial ecology; karst area; Guizhou

万方数据