

# 基于生态足迹的西南喀斯特山区生态适度人口研究 ——以贵阳市为例

魏媛

(贵州财经学院资源与环境管理学院, 贵阳 550004)

**摘要:**城市的发展,在客观上存在一个适度、合理的人口承载量。一个城市生态适度人口的确定,取决于区域生态承载力与区域人口对生态资源的需求。笔者应用生态足迹方法,通过对贵阳市生态足迹和生态承载力的计算来研究贵阳市人口规模的生态容纳量。结果表明,贵阳市目前已经出现过度人口和生态赤字,人地矛盾比较突出,目前的人口规模非常不合理。因此,贵阳市需严格控制人口增长,对耕地实行严格的保护,提高能源利用效率和降低能源消耗,优化调整产业结构等,从而增强生态承载力,减少生态赤字,缓解区域环境承载的人口压力,促进人口、资源、环境与社会经济协调发展。

**关键词:**生态足迹模型;西南喀斯特山区;生态适度人口;贵阳市

中图分类号:C922

文献标志码:A

论文编号:2011-0600

## Study on Eco-optimum Population of Southwest Karst Mountainous Area Based on Ecological Footprint Model ——The Case of Guiyang City

Wei Yuan

(School of Resources and Environmental Management, Guizhou College of Finance and Economics, Guiyang 550004)

**Abstract:** The city development needs objectively a modest and rational population capacity. The ecological optimum population of a city is decided by ecological capacity and population's need about the ecological resources in the city. Applying the ecological footprint (EF) method and taking the Guiyang City as an example, the author studied its ecological capacity for population scale by calculating ecological footprint and capacity. The results showed that Guiyang City was already in a state of ecological deficit and overpopulation. The contradiction between man and more prominent was obvious, and the current the population scale was very unreasonable. Therefore, the paper suggested that Guiyang City should control population increase firmly, protect arable land strictly, improve energy utilization efficiency and decrease energy consumption in order to enhance ecological capacity, reduce ecological deficit, relieve regional environmental population pressure and promote coordinated development among regional population, resources, environment, economy and society.

**Key words:** ecological footprint model; southwest Karst mountainous area; eco-optimum population; Guiyang City

### 0 引言

贵阳市地属黔中喀斯特山区,生态环境十分脆弱,城市人口的高度集聚反映了经济的繁荣、社会的发展和文化事业的兴盛,同时也带来了交通拥挤、环境污

染、失业人口众多、社会秩序混乱等一系列“城市病”,从而导致经济社会发展与城市生态环境系统的尖锐矛盾。因此,研究城市的适度人口规模对城市的持续发展具有十分重要的现实意义。

**基金项目:**2010年度贵州省教育厅高校人文社科基地项目(10JD62);国家自然科学基金资助项目(30872076)。

**作者简介:**魏媛,女,1976年出生,副教授,博士,研究方向为生态经济及喀斯特退化生态系统恢复。通信地址:550004 贵州省贵阳市云岩区鹿冲关路276号 贵州财经学院资源与环境管理学院, Tel: 0851-6903185, E-mail: weiyuan09876@163.com。

**收稿日期:**2011-03-10, **修回日期:**2011-04-21。

适度人口(Optimum Population),一般是指在一定目标和条件下,区域能够供养的最优人口数量,即适度人口是能够使产业获得最大收益(或劳动生产率)的人口。其大小不仅取决于区域各种自然经济承载力和区域人口对这些承载力的需求水平之间的平衡。随着人地关系日渐紧张,从维护生态系统稳定,保证自然资源的可持续利用的角度来考虑区域适度的人口规模,即为生态适度人口,目前成为一个研究热点,其有助于正确理解人对自然生态系统的依赖,协调经济发展与保护生态系统之间的关系,从而保证人类的可持续发展。

生态足迹(Ecological Footprint)是由加拿大生态经济学家 William Rees 教授 1992 年最早提出,并在 1996 年由 Wackemagel<sup>[1-2]</sup>及其学生对该方法进行了完善与发展。生态足迹指标就是通过测度人类为维持自身生存,对自然生态服务的需求和自然生态系统所能提供的生态服务之间的差距,来定量揭示人类对生态系统的影响。因此,该指标能较好地测量和定量分析人类社会活动对自然生态环境的影响<sup>[3]</sup>。按照生态足迹理论的思路,每个城市都有一个承载人口容量的上限,即人口规模控制在某一范围内该城市的发展是可持续的。如果超出了其容纳量,城市的生态资源将会遭到不可恢复的损坏,城市的发展也将受其影响。

一些学者运用生态足迹的理论与方法对生态适度人口进行了研究,但已有的研究大多是以区域生态适度人口为主<sup>[4-6]</sup>,对城市的生态适度人口研究甚少<sup>[7-9]</sup>,尤其对贵州省城市的生态适度人口缺乏系统地研究。因此,笔者选取 2000—2008 年贵阳市城市化快速发展时期为研究时段,分析了贵阳生态足迹动态变化特征,在此基础上估算了该地区生态适度人口,以期能够在一定程度上反映贵阳生态可持续发展现状,并且为喀斯特地区的人口政策引导、产业升级调整和改善生态环境提供指导。

## 1 研究区概况

贵阳市地处贵州省中部偏北(106°07′—107°17′E, 26°11′—27°22′N),位于云贵高原的东斜坡上,属全国东部向西部高原过渡地带,辖 6 区、1 市(县级)、3 县,土地总面积 8046 km<sup>2</sup>。地形、地貌走势大致呈东西向延展,地势起伏较大,南北高,中部低。奇特的喀斯特地貌大量分布,既有高原山地和丘陵,又有盆地和河谷、苔地,海拔 872~1659 m。东、南与黔南布依族苗族自治州的瓮安、龙里、惠水、长顺 4 县接壤,西靠安顺地区的平坝县和毕节地区的织金县,北邻毕节地区的黔西、金沙两县和遵义市的遵义县。2009 年全市总人口 365 万,地区生产总值 902.61 亿元。

## 2 生态足迹模型

### 2.1 生态足迹模型的概念和内涵

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产生的所有废物所需要的生态生产性土地的总面积”<sup>[10]</sup>,可以将全球关于人口、收入、资源应用和资源有效性汇总为一个简单的、通用的、进行国家间比较的便利手段,是一种账户工具<sup>[11]</sup>。生态足迹理论把人类的生产、生活活动对自然生态环境的影响形象地比喻为人类在自然生态环境中留下的“足迹”,而“足迹”的大小是可以过一系列的指标来计算。通过这一定量化计算的结果,人们更直观地了解自身活动对自然生态环境的影响。生态承载力是指在不损害区域生产力的前提下,一个区域有限的资源能供养的最大人口数。当生态容量大于生态足迹时,表现为生态盈余,表明地区的消费模式具有相对可持续性;反之则表现为生态赤字,表明地区的发展模式处于相对不可持续状态。生态适度人口是指在一定的生态环境承载力下,满足既定生活目标的适度人口数量<sup>[12]</sup>。

### 2.2 生态足迹的计算

生态足迹的计算基于以下 2 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的废弃物量;(2)这些资源和废弃物量能转换成相应的生物生产面积。因此,任何已知人口的生态足迹就是生产这些人口所消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的所有废弃物所需要的生物生产土地的总面积。在生态足迹的计算中,主要考虑耕地、林地、草地、化石能源地、建筑用地和水域 6 种生产土地类型。由于这 6 类土地的生态生产力不同,要将其转化为具有相同生态生产力的土地,用以加总计算和横向对比,需要对计算得到的各类生态生产面积乘以一个均衡因子。均衡因子是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。研究中均衡因子依据 Wackernagel 在计算中国生态足迹的计算取值<sup>[1]</sup>,取值如下:耕地、建筑用地为 2.82,林地、化石燃料用地为 1.14,草地为 0.54,水域为 0.22。具体见公式(1)。

$$EF = N \times ef = N \times \sum_{j=1}^6 r_j A_j = N \times \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^n r_j \times \frac{c_i}{p_i} \dots (1)$$

式(1)中:EF为总的生态足迹(hm<sup>2</sup>);N为区域总人口;ef为人均生态足迹(hm<sup>2</sup>/cap);j为生态生产性土地类型;r<sub>j</sub>为均衡因子;A<sub>j</sub>为折算的人均占有j类生态生产性土地面积(hm<sup>2</sup>/cap);i为消费项目类型;c<sub>i</sub>为i种消费项目的年人均消费量(kg/a);p<sub>i</sub>为i种消费项目的年全球平均产量(kg/(hm<sup>2</sup>·a))。

2.3 生态承载力的计算

生态承载力是指一个国家或地区所能提供给人类的生态生产性土地面积的总和, 计算见公式(2)。

$$EC = N \times ec = N \times \sum_{j=1}^6 a_j \times r_j \times y_j \dots\dots\dots (2)$$

式(2)中:  $EC$ 为生态承载力( $\text{hm}^2$ );  $N$ 为人口数;  $ec$ 为人均生态承载力( $\text{hm}^2/\text{cap}$ );  $a_j$ 为人均实际占有的 $j$ 类生态生产性土地面积;  $r_j$ 为均衡因子;  $y_j$ 为产量因子。

在生态承载力的计算中, 由于同类生态生产性土地的生产力在不同国家和地区之间存在差异, 因而各国各地区同类生态生产性土地的实际面积是不能直接进行对比的。为了使不同国家或地区的某类生物生产面积能够直接进行对比, 需要引入一个“产量因子”参数进行修正。某个国家或地区某类土地的产量因子是其平均生产力与世界同类土地的平均生产力的比率。研究中产出因子取值分别为: 耕地和建筑用地 1.66, 草地为 0.19, 园地和林地 0.91, 水域 1.00, 化石燃料用地 0<sup>[13]</sup>。此外, 根据世界环境与发展委员会(WCED)的报告, 扣除 12% 的生物多样性保护面积, 即可得出实际利用的生态承载力。

2.4 生态赤字及盈余的计算

生态赤字、盈余值反映了地区的可持续发展现状。计算公式见式(3)。

$$ER \text{ 或 } ED = EC - EF \dots\dots\dots (3)$$

式(3)中:  $ER$ 为生态盈余;  $ED$ 为生态赤字;  $EF$ 、 $EC$ 意义同上。

2.5 生态适度人口的计算

在计算人口承载力时, 可以用生态承载力代表一个地区所能提供的资源环境条件, 生态足迹代表人口的消费水平。在生态承载力内, 按照一定人均生态足迹计算的人口可以说是一个区域的生态适度人口, 也

可以说是一个区域的可持续人口容量, 即基于生态足迹的适度人口规模<sup>[8]</sup>。可以用公式(4)表示为:

$$P = N \times ec / ef \dots\dots\dots (4)$$

式(4)中:  $P$ 为生态适度人口;  $N$ 、 $ef$ 、 $ec$ 意义同上。

2.6 数据来源

研究中的基础数据来自 2001—2009《贵阳统计年鉴》和 2000—2008 贵阳市土地利用变更数据。

3 结果与分析

3.1 生态足迹计算与分析

根据生态足迹理论, 生态足迹计算包括生物资源消费和能源消费 2 个部分。贵阳市生物资源消费部分包括农产品、动物产品、林产品水产品等大类消费项目, 各大类下面再分一些细目。在计算生物资源消费转化为土地面积时, 采用联合国粮农组织(FAO)1993 年计算的全球平均产量的取值<sup>[1]</sup>。此外, 能源的消费包括原煤、焦炭、天然气、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、电力等 9 项消费项目。能源的消费转化为化石燃料土地面积时, 采用世界上单位化石燃料土地的平均发热量为标准<sup>[1]</sup>, 将这些消耗的能源折算成相应的化石燃料土地面积。根据公式及收集的数据计算出贵阳市 2000—2008 年人均生态足迹、生态承载力及生态赤字(见表 1)。

结果表明, 2000—2008 年贵阳市人均生态足迹不断上升, 从 2000 年的 1.5971  $\text{hm}^2$  上升到 2008 年的 2.7198  $\text{hm}^2$ , 9 年间增长幅度达 70.30%, 生态足迹的增加意味着对自然资源的利用程度加大, 消费水平的上升和人口膨胀是主要原因。而人均生态承载力及可利用人均生态承载力呈下降趋势, 但变化不大, 人均生态承载力减少了 5.34%, 导致人均生态赤字呈现出直线上升的态势, 上升幅度达 102.66%, 这主要是源于生态足迹和生态承载力的非均衡增长, 其本质则是人口、资源、技术、消费等要素构成的生态系统平衡。

表 1 贵阳市 2000—2008 年生态资源供需状况

年份	人均生态足迹	人均生态承载力	生物多样性保护面积	可利用人均生态承载力	人均生态赤字
2000	1.5971	0.5438	0.0653	0.4785	1.1186
2001	1.7414	0.5400	0.0648	0.4752	1.2662
2002	1.9216	0.5344	0.0641	0.4703	1.4513
2003	1.9913	0.5329	0.0639	0.4689	1.5223
2004	2.2077	0.5296	0.0636	0.4661	1.7416
2005	2.3660	0.5264	0.0632	0.4633	1.9027
2006	2.3638	0.5239	0.0629	0.4610	1.9028
2007	2.4522	0.5220	0.0626	0.4593	1.9929
2008	2.7198	0.5147	0.0618	0.4530	2.2669

### 3.2 自然资源供需结构分析

人均生态足迹反映特定区域内居民资源消耗的平均强度,人均生态足迹越大,资源利用强度就越大,资源消耗就越多,生态环境支撑能力相对越弱。图1反映了贵阳市2000—2008年人均生态足迹的构成。从图1中可以看出,化石能源用地在总生态足迹中占很大比例,且呈上升的趋势,其所占比例从2000年的68.49%上升到2008年的77.50%,增长量占生态足迹总增长量的90.30%,这提示化石能源用地是导致生态足迹上升的主要因素,林地占总生态足迹中占呈上升

的趋势,但变化不大。耕地、草地、水域占地均在下降,三者总计在整个生态足迹所占的比重从2000年的31.30%降到2008年的22.07%。从图2生态承载力的构成来看,耕地、林地2类生态生产性土地成为生态承载力的主要组成部分。耕地的生态承载力呈下降态势,在总生态承载力所占的比例从2000年的71.88%下降到2008年的67.95%,而林地的生态承载力呈上升趋势,9年间所占比例15.07%增加至15.97%,突出了贵阳“林城”的特征;整体反映了耕地、林地对生态系统平衡保护中的重要作用。

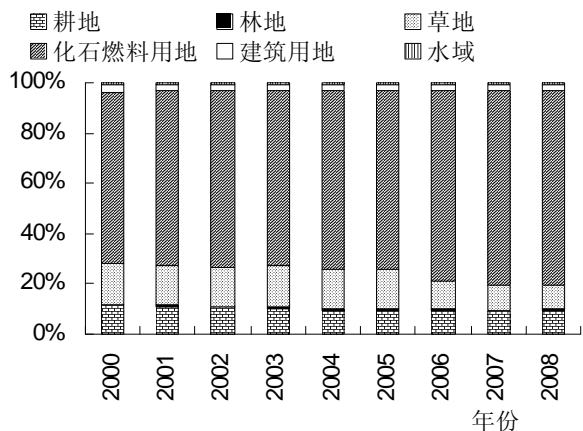


图1 贵阳市2000—2008年人均生态足迹构成

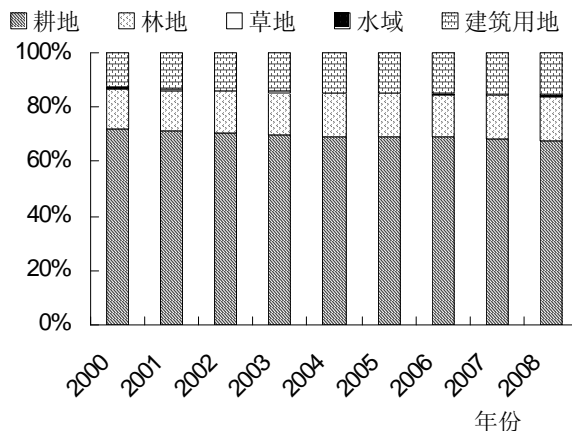


图2 贵阳市2000—2008年人均生态承载力构成

生态足迹和生态承载力构成的变化反映了资源利用和供给结构的转变,它们是贵阳市经济生产和消费结构变化的结果。首先,其反映了贵阳产业结构的特征。近几年来,贵阳市虽然进行了大幅度的产业结构调整,但以制造业为主的第2产业仍占据了46.9% (2008年)的比重,这促成了贵阳能源消耗量的大幅度增加。其次,它反映了居民生活消费需求结构的变化。在基本食粮需求得到保证之后,对动物性食品的

需求不断上升。这是居民收入水平上涨的必然结果。

### 3.3 资源利用效率分析

为了更好地分析贵阳市资源利用效率,在此计算分析了贵阳市2000—2008年间万元GDP生态足迹的动态变化情况(图3)。结果显示,9年间万元GDP生态足迹逐年下降,从2.04 hm<sup>2</sup>降低到1.22 hm<sup>2</sup>,表明贵阳市在经济增长过程中对资源的利用效率在逐渐提高。这体现了贵阳市由依靠资源来寻求区域经济的

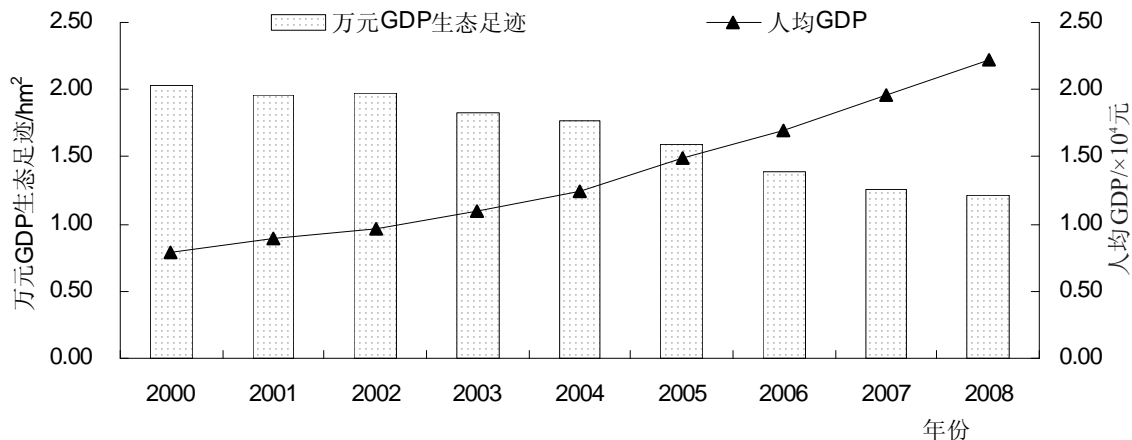


图3 贵阳市2000—2008年万元GDP生态足迹和人均GDP变化

发展,向更多的依靠资金、技术的进步来寻求区域经济发展和产业结构升级的趋势。图3表明,2000—2008年间,贵阳市人均GDP在快速地增长,年均增长率为13.94%,而人均万元GDP生态足迹年均下降率为6.19%(图3),相对于市人均GDP的快速增长,资源利用效率的增长速度仍显得比较缓慢。这需要优化产业结构,进行产业重组,限制高耗能产业的发展。大力发展具有经济发展潜力的第3产业和高新技术产业<sup>[14]</sup>。

### 3.4 生态适度人口分析

生态适度人口不仅要考虑资源供给支持系统,还要考虑人本身对资源需求大小,在同等条件的资源供给系统下,人均资源需求量大的区域适度人口小于人均资源需求量小的地区。当实际人口数大于生态适度人口数时,便出现了“生态人口过剩”。

生态适度人口的计算结果表明:在2000—2008年间,贵阳市生态适度人口呈不断下降的态势,从2000

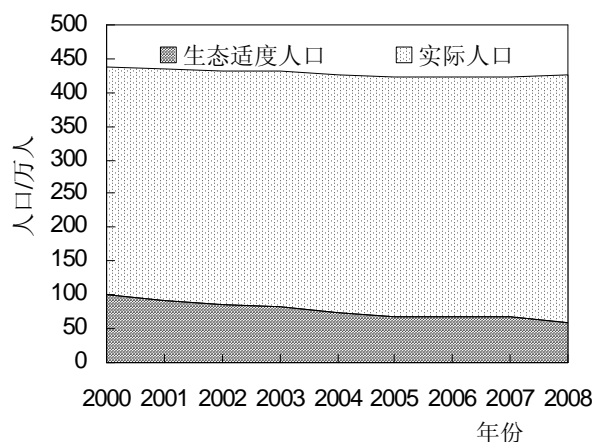


图4 贵阳市2000—2008年生态适度人口变化

## 4 促进贵阳市生态适度人口规模目标实现的对策建议

依据生态足迹的分析思路,贵阳市主要受到人口数量多、耕地面积少、能源消耗大等几方面的制约。因此,要减少生态足迹和缓解生态过剩人口对环境的压力,需要从以下3个方面来考虑。

(1)严格人口调控,保障人口总量与资源、环境和谐发展。适度人口规模计算结果表明,贵阳市人口总量继续增大,但城市对人口的承载力有限,适度人口数量则要远远低于未来贵阳市人口总量。而随着工业化、城市化发展的加快和人民生活水平的不断提高,人口对资源环境的压力进一步加剧,导致环境污染、水土流失、生态环境脆弱等问题日趋严重,这对贵阳市该区域的资源、环境以及公共技术设施、城市规划、环境保护等提出严峻的挑战,甚至有可能导致环境污染严重、

年的101.11万人下降到2008年的60.61万人,9年共减少了40.49万人(图4)。这是因为随着人均消费资源量的上升、总生态承载力变化不大的情况下,有限的生态环境下所能承载的人口数越来越少,尤其是近些年,适度人口大幅下降,而实际人口在不断增长(图4),即总需求的不断上升,从而引起生态适度人口的不断减少。伴随着贵阳市生态适度人口的逐年下降和现实人口数的逐年上升,生态过剩人口呈现出不断上升的趋势(图5),生态过剩人口从2000年的236.34万人增加到2008年的303.34万人,9年共增加了67.00万人。贵阳市生态过剩人口不断增加,加大了对各种自然资源的需求量,生态环境资源承担着远远超过其自身承载力的人口,面临着资源贫乏及利用效率低、人地矛盾加剧等问题,同时带来了巨大的人口和环境压力。这是由于贵阳市人口数量不断增长、资源短缺,且利用效率低及人均耕地面积不足(2008年为0.07 hm<sup>2</sup>)所致。

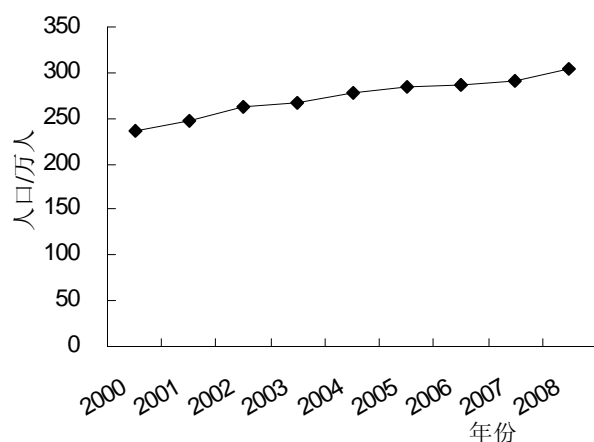


图5 贵阳市2000—2008年生态过剩人口变化

资源短缺、交通拥挤、人民生活质量整体下降。而流动人口的问题也将日益突出,流动人口规模庞大,持续增加等对城市基础设施和公共服务构成巨大的压力,加重了统筹城乡、区域协调发展的难度。区域适度人口规模研究对于区域可持续发展具有重要意义<sup>[14]</sup>。因此,贵阳市应严格调控人口数量,有力地解决人口增长超过人口承载力、适度人口的现实状况,从而保障人口与资源、环境的协调发展。

(2)提高资源的利用效率,改变目前以资源消耗为特征的经济增长模式。大力发展高科技产业,广泛推行实用而适宜的生态实用技术,依靠科技进步和工艺改进,从而提高工业的资源利用效率,缓解生态环境的压力,重视可替代和再生能源(如风能、太阳能等)的开发利用,走高效、节能、环保的发展模式,减少人均生态

资源的消耗量,增加区域适度人口数量。

(3)进行产业结构优化调整。贵阳市的人口规模远远超出了适度人口规模的容量,这就需要在人口与城市发展现状的基础上,通过对产业结构的调整,消减生态空间赤字,并以高效的方式提升生态环境的承载力,把贵阳市域作为一个生态整体来考虑,通过严格保护耕地和基本农田、建设人工森林,大力恢复和重建退化喀斯特生态系统来提高区域生态环境的承载能力,增加适度人口,满足未来持续发展需要,走生态、经济、社会的全面协调的可持续发展之路。

## 5 结论

贵阳市境内分布大量奇特的喀斯特地貌,生态环境脆弱。随着工业化和城市化的发展,人地矛盾日渐突出,资源环境承载能力趋弱、环境污染严重等问题,已制约和影响了贵阳市社会经济的可持续发展。从维护生态系统稳定,保证自然资源的可持续利用的角度来考虑西南喀斯特山区贵阳市生态适度人口,有助于正确理解人对自然生态系统的依赖,协调经济发展与保护生态系统之间的关系,从而保证贵阳市生态发展的可持续性。为了解决这一关键问题,笔者运用生态足迹理论对2000—2008年间贵阳市生态适度人口进行了计算,并对其变动趋势进行了分析,对研究区的发展状况进行正确的评价,并针对存在的问题提出了促进贵阳市生态适度人口规模目标实现及可持续性的对策建议,为喀斯特地区的人口政策引导、产业升级调整和生态环境改善提供参考。

## 参考文献

- [1] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept[J]. *Ecological Economic*,1999,29(3):375-390.
- [2] Wackernagel M, Monfreda C, Erbk H. Ecological footprint time series of Austria, 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.
- [3] 孙衍芹,刘存歧.河北省2006年生态足迹和生态承载力分析[J]. *中国生态农业学报*,2009,17(3):588-592.
- [4] 彭希哲,刘宇辉.生态足迹与区域生态适度人口——以西部12省市为例[J]. *市场与人口分析*,2004,10(4):9-15.
- [5] 陈勇,茆长宝,程琳.基于地区生态足迹差异的生态适度人口研究[J]. *生态环境学报*,2009,18(2):560-566.
- [6] 曾祥旭,陈卓.区域适度人口规模与人口合理分布研究——以重庆为例[J]. *济南大学学报:社会科学版*,2010,20(4):53-56.
- [7] 任晓明,刘宁,李文青,等.南京市生态足迹变化和城市可持续发展的影响研究[J]. *生态经济*,2008(9):26-30.
- [8] 包正君,赵和生.基于生态足迹模型的城市适度人口规模研究——以南京为例[J]. *华中科技大学学报:城市科学版*,2009,26(2):84-89.
- [9] 韩中山.基于生态足迹的咸阳市适度人口研究[J]. *中国农学通报*,2009,25(19):239-243.
- [10] Senbel M, Mcdaniels T, Dowlatabadi H. The ecological footprint: a non-monetary metric of human consumption applied to North America[J]. *Globe Environ. Changes*,2003,13:83-100.
- [11] Wackernagel M., Onisto L., BeHo P., et al. *Ecological Footprints of Nations*[R]. Toronto: International Council for Local Environmental Initiatives,1997.
- [12] 马晓钰.基于生态足迹理论的生态人口过剩[J]. *广东社会科学*,2007(5):189-194.
- [13] 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):280-284.
- [14] 刘荣,王龙昌,邹聪明,等.基于能值生态足迹的陕川渝三地可持续发展对比分析[J]. *中国农学通报*,2010,26(13):339-344.
- [15] 曾祥旭,陈卓.区域适度人口规模与人口合理分布研究——以重庆为例[J]. *济南大学学报:社会科学版*,2010,20(4):53-56.

[1] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital