

基于 EF 模型的清水江流域生态环境可持续发展评价

徐荣民, 尚海龙

(凯里学院 旅游学院, 贵州 凯里 556011)

摘要:在提取贵州省清水江流域 2010—2014 年生态环境与社会经济统计数据的基础上,运用生态足迹模型,对其生态足迹、生态承载力、万元 GDP 生态足迹进行测算与分析,并对清水江流域生态环境可持续发展能力进行评判。结果显示:2010—2014 年清水江流域生态足迹值分别为 1.546(hm²/人)、1.848(hm²/人)、1.707(hm²/人)、1.973(hm²/人)、1.955(hm²/人),呈现上升趋势;生态承载力值分别为 1.228(hm²/人)、1.223(hm²/人)、1.214(hm²/人)、1.205(hm²/人)、1.196(hm²/人),总体上呈现下降趋势;生态赤字出现,且呈现上升趋势。反映出研究区生态环境处于弱持续发展状态,生态环境系统开发利用空间较小,承载能力明显不足,此对区域可持续发展潜力有重要胁迫作用。

关键词:生态足迹;生态承载力;清水江流域

中图分类号:F062.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1671—1807(2017)03—0124—04

生态足迹(Ecological Footprint),亦译为生态占有,指人类消耗自然资源或消纳废物所占用的生态生产力的地域面积(包括陆地和水域),其实质是将人类对自然资源的消耗与生态影响联系起来。生态足迹应用于区域可持续发展问题的研究,始于加拿大生态经济学家 William Rees^[1],此后经 Wackernagel 等完善,构建了生态足迹模型(简称“EF”)。在生态足迹模型应用的实证研究上,既有研究成果主要集中在:关于生态足迹方法的研究与评价^[2-3]、城市生态足迹研究^[4-6]、资源生态足迹与可持续发展^[7-9]等方面。以上研究,能够较为客观的定量判断城市或区域可持续发展状态,对科学规划和决策未来人类生存和社会经济发展有着极为重要的意义。但是,关于生态足迹的实证研究在区域布局是极不平衡的,特别是在贵州民族地区应用鲜少。随着新一轮西部大开发的深入、城市化进程的加速,清水江流域人地关系矛盾日益突出。

因此,运用生态足迹模型,对贵州省清水江流域 2010—2014 年生态环境发展状态、水平进行定量测算与评价,分析生态环境运行过程中存在的问题,对促进研究区生态环境可持续发展有一定的理论价值。

1 研究区概况

清水江流域属沅江水系,它位于贵州省东南部,

地处高原向丘陵过渡的斜坡地带,地势西高东低。地貌以低山、丘陵、山间盆地为主,受西南季风影响,属亚热带山地季风气候,雨热同期,立体特征显著,最冷月平均气温 6~8℃,最热月平均气温 25~28℃。境内岩溶发育,地表破碎、垂直切割较深,地层结构复杂,山地多而土地较少,宜农耕地数量不足,生态环境中度脆弱。土地经过长期的过度开发与利用,对生态环境可持续发展产生了重要影响。

清水江流域面积约 17 140 km²,经纬度范围为 105°15′~109°50′E,26°17′~27°15′N,贵州省内长度为 452 km,多年平均流量 355 m³/s,总落差 1 275 m,平均比降 0.397%。该流域属于苗族、侗族、布依族、畲族等 10 个世居少数民族聚集地,是贵州省经济欠发达地区,包括了黔南苗族布依族自治州、黔东南苗族侗族自治州境内 3 市、12 县、1 区的全部或部分地区(图 1)。现有农业人口总数 288.61 万,占总人口的比例为 82.02%,农民人均可支配收入 5 829.67 元,占全省平均数的 87.38%^[7]。

2 模型与数据

2.1 生态足迹模型

生态足迹模型的核心是通过测定现今人类为了维护自身生活状况而消耗自然的量,来评估人类活动对生态系统的影响。其计算是基于两个基本事实^[8]:

收稿日期:2016—11—10

基金项目:贵州省教育厅社科项目(14ZC159);贵州省科技合作计划项目(LH20157758);凯里学院“地理学”重点学科(KZD2014008)。

作者简介:徐荣民(1972—),男,山东莒县人,凯里学院旅游学院,讲师,硕士,研究方向:生态经济。

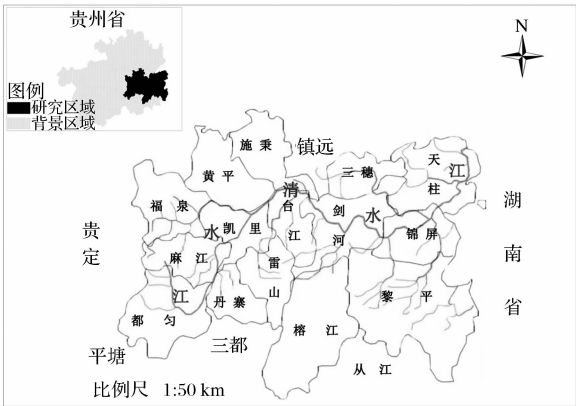


图 1 清水江流域行政区划

一个是确定某个范围内人们消耗的资源及所产生的废弃物的数量；二是将这些资源和废弃物转化成相应的生物生产性土地。生态足迹分析中把人类的生态资源消费折算成具有一定生态生产性土地，归结为耕地、林地、牧草地、水域、化石能源地、建筑用地 6 大类。具体计算过程是：将人类的每一项最终消费量通过折算，转化成提供生产该种消费所需的原始物质与能量的生物生产性土地面积，通过对比自然生态系统提供的生态承载力和人类的生态足迹需求，来评价一个地区是否实现可持续发展。其计算步骤额如下：

1) 各类消费所使用的土地 S_i ：

$$S_i = C_i / Y_i = (P_i + I_i - E_i) / Y_i \tag{1}$$

式中： C_i 表示第 i 项的消费总量； Y_i 第 i 项的土地生产能力； P_i 第 i 项的当地生产量； L_i 第 i 项的进口量； E_i 第 i 项的出口量。

2) 总土地占用：

$$\sum S_i = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 \tag{2}$$

式中， S_1 表示农用地； S_2 表示草地； S_3 表示建筑用地； S_4 表示林地； S_5 表示水域； S_6 表示能源用地。

3) 生态足迹：

$$EF = \sum S_i * f_i = N * ef = N \sum f_i (P_i + I_i - E_i) / P_i \tag{3}$$

式中： EF 表示总的生态足迹， ef 表示人均生态足迹； N 表示人口数； P_i 表示第 i 种消费项目的年产量； I_i 表示第 i 种消费项目的年进口量； E_i 表示第 i 种消费项目的年出口量； f_i 表示第 i 种生物资源的等量因子； P_i 表示第 i 种消费商品的世界平均生产能力^[9]。

4) 生态承载力：

$$EC = N * ec = \sum (A_j * Y_j * E_j) \tag{4}$$

式中： EC 表示生态承载力； N 表示人口数； ec 表示人均生态承载力； A_j 表示第 j 类土地利用类型的实际面积； E_j 表示第 j 类土地利用类型的产量因子； Y_j 第 j 类土地利用类型的均衡因子。考虑到结果的严谨性，计算 EC 时生物多样性保护面积占用的 12% 应被减掉^[10]。

各变量的相互关系为：当 $EF < EC$ 时，生态盈余，分别用 ER 、 er 表示地区生态盈余与人均生态盈余；当 $EF > EC$ 时，生态赤字，分别用 ED 、 ed 表示地区生态赤字与人均生态赤字。

2.2 数据来源

1) 统计资料：《贵州省统计年鉴》(2011—2015)、《黔东南州统计年鉴》(2011—2015)、《黔南州统计年鉴》(2011—2015)。

2) 引用资料：能源消费部分有 9 个指标，生物资源消费部分又可分为 24 个指标总计 4 个大类。根据 FAO 1993 年公布的平均值，相关折算以其为平衡点或基准进行^[11]。消费数据中林产品类暂无，故用产量代替。计算中未考虑 CO_2 生态占用。耕地、林地、草地、水域、建筑用地、化石能源用地的均衡因子值分别是 2.8, 1.1, 0.5, 0.2, 2.8, 1.1^[12]；耕地、林地、草地、水域、建筑用地的产量因子值分别是 1.63, 2.51, 4.02, 2.47, 1.63^[13]。

3 结果与分析

3.1 计算结果

运用清水江流域统计数据、调研及引用资料，依据生态足迹概念与式(1)－(4)，对研究区 2010—2014 年的 EF 、 EC 、 ER 、 ED 进行测算，结果见表 1。

表 1 清水江流域 2010—2014 年生态足迹与生态承载力

年份	2010	2011	2012	2013	2014
ef (g hm ² /人)	1.546	1.848	1.707	1.973	1.955
ec (g · hm ² /人)	1.228	1.223	1.214	1.205	1.196
ed (g · hm ² /人)	−0.318	−0.625	−0.493	−0.768	−0.759
EF (104g · hm ² /人)	549.835	651.993	654.244	705.269	697.955
EC (104g · hm ² /人)	436.738	431.487	429.732	430.739	426.984
ED (104g · hm ² /人)	−113.097	−220.506	−174.512	−274.529	−270.971
万元(GDP)EF (104g · hm ² /万元)	1.406	1.362	1.007	0.977	0.817

3.2 生态足迹变化分析

3.2.1 生态足迹与生态承载力变化分析

分析表 1 各值,发现 2010—2014 年清水江流域人均生态足迹与地区生态足迹均高于相应的人均生态承载力与地区生态承载力,说明生态环境系统出现了生态赤字。近 5 年,研究区人均生态足迹与地区生态足迹均呈现出快速增长的趋势,但人均生态承载力呈现小幅下降趋势、地区生态承载力呈波动下降,从而导致了人均生态赤字与地区生态赤字较为明显的增长。人均生态足迹与地区生态足迹的增加,一方面反映了人民生活水平的提高,消费能源、各种能源、各种生物产品、农业资源和享有服务的数量增加;另一方面说明生态环境对经济社会发展的胁迫作用日益明显。人均生态足迹与地区生态足迹的较快增加,表现出清水江流域发展的主要矛盾表现为社会经济快速增长的需求同日益贫乏的生态环境基础之间的矛盾,生态环境处于轻微不可持续状态。

3.2.2 生态足迹与经济的关系分析

分析表 1 各数据的变化趋势,发现近 5 年,清水江流域地区生态足迹年均增长率达到了 6.04%,地区生态承载力年均递减率为 0.71%。2010—2014 年研究区 GDP 呈现快速增长趋势,年均增长率达到了 21.57%,人口数量增幅极小、状态基本稳定,表明生态足迹的增长与经济发展呈正相关,且相关系数达到了 0.738(图 2),这表明经济增长致使资源大量消耗,是生态足迹的不断攀升或生态承载力的下降的主要原因。

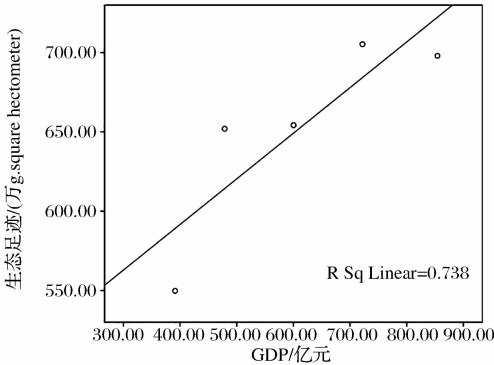


图 2 GDP—区域生态足迹

3.2.3 生态足迹的构成分析

从表 2 分析,发现耕地在各类生态足迹的占用比例最大,其次是化石能源用地,林地占用第三。耕地与林地占用所占比例高,说明了清水江流域作为国家粮食作物主产区与贵州省重点生态功能区,人们能够因地制宜的科学利用与保护这些资源,守住了生态发

展的底线。化石能源用地所占比例较高,且呈现快速增长趋势,反映出清水江流域能源消费在总消费中占有较高比例,一定程度上反映了工业生产对生态足迹占用较高,能源对未来区域发展影响较大。随着工业的发展与人民生活水平的提高,人们对能源的利用强度不断增大,将导致 CO₂ 的能源足迹迅速增加。因此,为使清水江流域生态经济系统协调发展,须尽早调整能源消费结构。草地所占比例也较高,说明随着经济的发展,人们生活水平不断提高,居民趋于消费更多的畜牧产品,肉类、禽蛋类、动物制品数量呈平稳增长趋势。建设用地尽管占用比例较低,但增长迅速,主要是近年来城市化发展导致建设用地紧张,未来一定时期内人口向城镇聚集的趋势不会改变,为了满足新增人口的生存与生产需要,所占用的土地资源也会较快增加。在生态承载力方面,耕地最大,其次是林地,建设用地第三(表 3),反映出这三者对清水江流域的社会经济发展贡献较大。所以,保护耕地,保育森林,适度进行城镇化建设对于研究区可持续发展意义重大。

表 2 清水江流域 2010—2014 年人均生态足迹组成解析

土地类型	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
建筑用地	0.011 0	0.022 9	0.023 3	0.028 3	0.028 6
水域	0.007 0	0.011 8	0.010 1	0.024 6	0.024 8
化石能源用地	0.601 7	0.717 4	0.719 5	0.793 8	0.800 6
林地	0.036 2	0.039 3	0.039 7	0.039 4	0.039 1
耕地	0.723 7	0.868 7	0.729 6	0.890 5	0.880 2
草地	0.166 0	0.187 4	0.187 5	0.196 5	0.193 5

表 3 清水江流域 2010—2014 年人均生态承载力组成解析

土地类型	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
建筑用地	0.096 7	0.095 4	0.089 4	0.081 3	0.079 6
水域	0.003 1	0.003 1	0.003 8	0.003 6	0.003 4
林地	0.446 1	0.444 1	0.442 6	0.437 5	0.436 7
耕地	0.762 3	0.764 9	0.765 9	0.770 1	0.770 4
草地	0.087 2	0.082 2	0.077 8	0.076 8	0.068 4

3.2.4 万元 GDP 生态足迹与资源效率分析

万元 GDP 生态足迹能够较为准确的反映区域资源利用效率,万元 GDP 占用越小,说明资源利用效率越高;否则,相反。清水江流域 2010—2014 年万元 GDP 生态足迹占用值的变化趋势呈现下降趋势(图 3)。反映出区域的资源利用效率持续提高,且逐渐达到了稳步的阶段,社会经济与资源利用效率呈正相关趋势。在此过程中,万元 GDP 生态足迹变化平稳,呈现递减趋势,反映出清水江流域资源利用率已达到了

稳步提升阶段,社会经济发展渐趋加速。

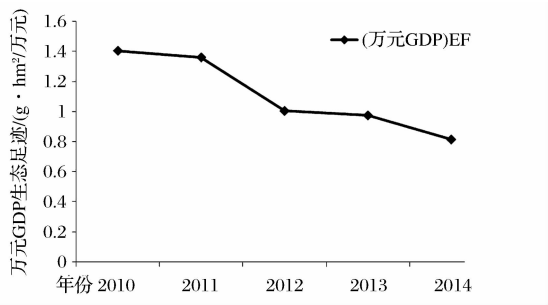


图 3 清水江流域 2010—2014 年万元 GDP 生态足迹

4 结论及讨论

通过对清水江流域 2010—2014 年生态足迹、生态承载力、万元 GDP 生态足迹的测算与分析。结果发现:研究区生态足迹大于生态承载力,出现生态赤字,生态环境承载能力明显不足,并呈现增长趋势,生态环境处于弱持续发展状态,此对研究区可持续发展潜力有重要胁迫作用。导致生态环境赤字的主要因素包括人们粗放的经济增长方式、不合理的产业结构及布局、能源消耗高、环境基础设施薄弱、生态环境脆弱等。

本研究仅从时间序列对研究区生态足迹进行了比较分析,因数据原因,未涉及所辖 16 个市(县)生态足迹空间分布格局研究。后续实践中,有待进一步探讨。

参考文献

[1] 魏媛,吴长勇. 基于生态足迹模型的贵州生态可持续性动态分析[J]. 生态环境学报,2011,20(1):102—108.

[2] 徐中民,张志强,程国栋. 可持续发展定量研究的几种新方法评价[J]. 中国人口·资源与环境,2000,10(2):60—64.

[3] 杨开忠,杨咏,陈洁. 生态足迹分析理论与方法[J]. 地球科学进展,2000,15(6):630—636.

[4] 陈东景,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.

[5] 李娜,马延吉. 辽宁省生态承载力空间分异及其影响因素分析[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(3):8—13.

[6] 薛若哈. 基于生态足迹的福州仓山区生态安全评价[J]. 环境科学导刊,2013,32(1):82—85.

[7] 贵州省统计局. 贵州统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2015.

[8] 张绍修,张建强,李兵. 成都市生态足迹动态分析[J]. 农业现代化研究,2007,28(2):219—219.

[9] FAO 国际粮农组织数据[DB/OL]. http://www.fao.org/waicnt/portal/statistics_zh.asp.

[10] WACKERNAGEL M,ONISTO L,BELLO P,et al. National natural capital accounting with ecological footprint concept [J]. Ecological Economics,1999,29(3):375—390.

[11] WACKERNAGEL M,RES W. Our ecological footprint: reducing hum an impact on the earth[J]. Gabriolas,New Society Publish,1996,1(3):171—174.

[12] 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—609.

[13] WACKERNAGEL M,ONISTO L,BELLO P,et al. National natural capital accounting with ecological footprint concept [J]. Ecological Economics,1999,29(3):375—390.

Evaluation on the Development Status of Ecological System in Qingshui River Basin Based on EEF Model

XU Rong-min, SHANG Hai-long

(School of Tourism,Kaili University,Kaili Guizhou 556011,China)

Abstract: Based on the data of ecological environment and social economic statistics of 2010—2014 in the Qingshui River Basin of Guizhou province, ecological footprint model is used to calculate and analyze the values of ecological footprint, ecological carrying capacity, ecological footprint of ten thousand yuan GDP, and determine the sustainable development ability of ecological environment in the Qingshui River Basin. The result shows that ecological footprint values of Qingshui River Basin from 2010 to 2014 individually are 1.546 (hm²/person), 1.848 (hm²/person), 1.707 (hm²/person), 1.973 (hm²/person), 1.955 (hm²/person), showing upward trend; Ecological carrying capacity values are 1.228 (hm²/ person), 1.223 (hm²/ person), 1.214 (hm²/ person), 1.205 (hm²/ person), 1.196 (hm²/ person), showing a general downward trend; the ecological deficit appears in an upward trend. It reflects that the ecological environment in the study area is in a weak state of sustainable development, the development and utilization of the ecological environment system is limited, and the bearing capacity is obviously insufficient. This will have a serious impact on the regional sustainable development of this area.

Key words: ecological footprints; ecological capacities; Qingshui River Basin