

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.04.012

## 什邡市生态足迹和生态承载力动态变化研究

郭悦, 陈文德\*, 潘元琪

(成都理工大学旅游与城乡规划学院, 四川成都 610059)

**摘要:**生态足迹法是用于评价区域是否可持续发展的重要方法。本文以四川省什邡市为例,计算了2009年~2014年生态足迹和生态承载力。结果表明,该地区人均生态足迹总体呈波动增长趋势,人均生态承载力总体呈下降趋势,生态赤字由 $-1.4999\text{ hm}^2$ 下降到 $-1.5868\text{ hm}^2$ 。近年来,随着什邡市能源消耗的增长,逐渐显示出不可持续的发展状态,社会经济发展与生态环境的协调性越来越差。为实现生态城市建设规划目标和可持续发展战略,建议应适当控制人口数量,保护耕地资源,调整农业产业结构,转变人们的生产和生活方式。

**关键词:**生态足迹;生态承载力;生态赤字;可持续发展

中图分类号:X826 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2017)04-0058-04

## Dynamics of Ecological Footprints and Ecological Capacity in Shifang City

GUO Yue CHEN Wen-de PAN Yuan-qi

(Tourism Dept., College of Tourism and Urban-Rural Planning, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** Ecological footprint (EF) is one of the most important methods to evaluate the sustainability of region development. The ecological footprints and ecological capacity (EC) during 2009 to 2014 were calculated based on the ecological footprint theory and model for Shifang City. The results showed that within the study period, the ecological footprint per capita increased, the ecological deficit per capita decline sharply from  $-1.4999\text{ hm}^2$  to  $-1.5868\text{ hm}^2$ , and the ecological capacity per capita increased only slightly. With the increase of resource consumption in Shifang City in recent years, the mode of development was not sustainable. The coordination of social and economic development and ecological environment was getting poor. In order to achieve the goals of eco-city building plan and sustainable development strategy in Shifang City, recommendations were made based on the analysis of this study, including controlling the size of population, protecting the resources of cultivated land, adjusting the structure of agricultural industry, and optimizing life style and production mode of the people.

**Key words:** Ecological footprint, Ecological capacity, Ecological deficit, Sustainable development

收稿日期:2017-07-12

基金项目:成都理工大学骨干教师培养计划、四川科技支撑计划(编号:2014SZ0068)、四川省教育厅自然科学重点项目(编号:14ZA0068)和成都理工大学传播科学与艺术学院大学生创新创业训练种子计划创新训练类重点项目(项目编号:CYZD20161105)共同支持。

作者简介:郭悦(1994-),女,黑龙江尚志人,硕士研究生,主要研究方向:生态建设与景观修复,联系方式:375891358@qq.com。

\*通讯作者:陈文德,男,四川通江人,博士,副教授,主要从事环境评价与景观修复研究,Email:64282156@qq.com。

## 1 引言

“生态足迹”最早是 1996 年由加拿大生态经济学家雷斯(William Rees)教授和他的学生魏克内格(Wackernagel)提出的一种生态承载力核算的方法<sup>[1]</sup>。该方法估算了人类生产生活所需要的自然资源消费量和人类产生的废弃物所需要的生态生产性空间面积与所给定人口区域的生态承载力进行比较,来衡量一个区域的可持续发展状况<sup>[2-3]</sup>。生态承载力是指在某一特定环境条件下的某种个体存在数量的最高极限<sup>[4]</sup>。通过计算该区域生态足迹(总供给)与生态承载力(总需求)之间的差值,得出生态赤字或生态盈余<sup>[5]</sup>,可以衡量出不同层次的区域可持续发展状况,对未来社会经济发展做出科学规划和建议。

2014 年世界自然基金会(WWF)发布《地球生命的命力报告》,报告指出人类对地球资源的需求早已超过了自然可再生能力的 50%,大概要 1.5 个地球才能承载人类现在的生态足迹<sup>[6]</sup>。尽管人均生态足迹低于全世界平均水平,但由于中国人口基数大,现在以 30 亿全球公顷的生态足迹总量位居世界第一。在 1999 年,生态足迹的概念引入我国,许多学者分别从理论、方法、计算模型及研究进展等方面对生态足迹进行研究,主要集中在:(1)对生态足迹方法的研究和评价;(2)对某个行业的生态足迹分析;(3)对某个城市生态足迹的研究<sup>[7]</sup>。虽然对生态足迹的研究很丰富,但对于小区域生态足迹和生态承载力的研究并不多见。

## 2 研究区概况与数据来源

四川省什邡市(东经 104°16',北纬 31°13')地处四川腹地成都平原,属德阳市代管省辖县级市,幅员面积 864 平方公里,辖 14 镇 2 街道,总人口 43 万。什邡内山区、丘陵、平原兼而有之。山区约占全市总面积 60%;耕地约占总面积 30%;“一江四河”纵横全境,有“六山、一水、三分田”之称。什邡市自然资源丰富,磷矿、原煤、石灰矿储量极丰,并且是重要的磷矿生产基地<sup>[8]</sup>。

为了客观的反映什邡市生态盈亏特征及演变趋势,依据资料的实时性与可获得性等条件,本文对什

邡市生态足迹和承载力变化分析的时间区间是 2009 年~2014 年。基础数据主要来源于《德阳统计年鉴》以及德阳市统计局官方网站。

## 3 计算模型与方法

本文运用国际通用的计算公式计算生态足迹,利用均衡因子将消费量转化成生产性土地。一般计算公式为:

$$EF = N \cdot ef = N$$

式中:EF 为总的生态足迹;N 为人口数量;ef 为人均生态足迹;i 为消费商品的类别;j 为土地类型; $a_i$  为第 i 种商品的人均生物生产性土地面积; $r_j$  为各类型土地均衡因子; $c_i$  为第 i 种商品的人均消费量; $p_i$  为第 i 种商品的全球平均生产力。

区域生态承载力计算公式如下:

$$EC = N \cdot ec = N \cdot \sum_{i=1} a_j \cdot r_j \cdot y_j$$

式中:EC 为总的生态承载力;ec 为人均生态承载力; $a_j$  为实际人均占有的 j 类生物生产性土地面积; $r_j$  为各类型土地均衡因子; $y_j$  为各类型土地产量因子,将各国各地区同类型生物生产性土地转化为可比面积的系数,即一个国家或地区某类土地的平均生产力与世界该类型土地生产力的比率。

生态承载力与生态足迹之差称为生态盈亏,可以表示出该区域的可持续发展状况。如果生态足迹小于生态承载力时为生态盈余,如果生态足迹大于生态承载力时则为生态赤字<sup>[9]</sup>。

生态赤字(盈余)计算公式:

$$ED(ES) = EC - EF$$

该式中:ED 生态赤字,ES 为生态盈余;EF 为研究区总的生态足迹;EC 为研究区总的生态承载力。

一个区域的生态足迹和生态承载力进行比较,当生态承载力小于生态足迹,就会出现生态赤字,表明该区域社会、经济处于不可持续发展状态;当生态承载力大于生态足迹,就会出现生态盈余,表明该区域人口与自然资源利用合理,社会经济处于可持续发展状态<sup>[10]</sup>。

在什邡市生态足迹计算过程中,将各种资源和能源消费项目折算为耕地、草地、林地、建筑用地、化石能源用地、水域 6 种生物生产性面积,但由于耕地、草地、林地、建筑用地、化石能源用地和水域的单位面积的生物生产能力差异较大,在生态足迹计算

时,为了使计算结果和这几类不同的土地面积进行比较,在这土地面积计算结果前分别乘上一个均衡因子,将其转化成可比较的生产土地均衡面积。采用的均衡因子为:耕地2.8,草地0.5,林地1.1,建筑用地2.8,化石燃料用地1.1,水域0.2<sup>[11-13]</sup>。将物理空间的面积分别乘以相应类型的产量因子和均衡因子,得到了平均生态承载力;本文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,得到了2009年~2014年各类型土

地的人均生态承载力<sup>[14]</sup>。按照公式计算得到总的人均生态足迹、生态承载力和生态赤字(盈余)。

## 4 结果与分析

### 4.1 结果测算

根据计算模型得出什邡市2009-2014年的生态足迹、生态承载力以及生态盈亏,具体结果详见表1、表2和表3。

表1 2009年~2014年什邡市人均生态足迹

Tab. 1 Per capita ecological footprint of Shifang city in 2009~2014

年份	耕地	草地	林地	水域	化石能源	建筑用地	人均生态足迹
2009	1.20761	0.03925	0.00497	0.06533	0.80030	0.03113	2.14859
2010	1.29039	0.04291	0.00486	0.06861	0.74303	0.03675	2.18655
2011	1.31665	0.04312	0.00496	0.06488	0.77968	0.05052	2.25981
2012	1.32797	0.04329	0.00388	0.06937	0.80454	0.03575	2.28481
2013	1.29658	0.02669	0.00500	0.07323	0.72029	0.03093	2.15272
2014	1.31915	0.02997	0.00503	0.07640	0.75223	0.02884	2.21162

表2 2009年~2014年什邡市人均生态承载力

Tab. 2 Per capita ecological carrying capacity of Shifang city in 2009~2014

年份	耕地	草地	林地	水域	建筑用地	人均生态承载力
2009	0.52459	0.00023	0.10081	0.00080	0.11066	0.64864
2010	0.52774	0.00038	0.10213	0.00107	0.16147	0.69765
2011	0.52380	0.00038	0.10165	0.00106	0.16071	0.69308
2012	0.49956	0.00038	0.10132	0.00106	0.10909	0.62604
2013	0.48957	0.00038	0.10186	0.00106	0.10918	0.61780
2014	0.49556	0.00049	0.10319	0.00155	0.10922	0.62481

表3 2009年~2014年什邡市生态赤字(盈余)

Tab. 3 Ecological deficit of Shifang in 2009~2014 (ecological remainder)

年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014
生态赤字/盈余	-1.49995	-1.48890	-1.56673	-1.65877	-1.53492	-1.58681

## 4.2 生态足迹与生态承载力的构成及分析

### 4.2.1 人均生态足迹

按照2009年~2014年时间序列对各类型土地的人均生态足迹变化进行分析,由图1可以得出结论:耕地、林地的人均生态足迹呈波动式增长,而水域则呈较大波动方式增长,草地、建筑用地和化石能源用地则呈递减趋势。在人均生态足迹的构成要素中,各类型土地的人均生态足迹比重排序为:耕地(56%)>化石能源用地(37%)>水域(3%)>草场(2%)>建筑用地(2%)>林地(0%)。2014年排序未变,耕地比重上升到60%,足迹为1.3192 hm<sup>2</sup>;水域比重上升到4%,足迹为0.0764 hm<sup>2</sup>;草地比重下降到1%,足迹为0.0300 hm<sup>2</sup>。

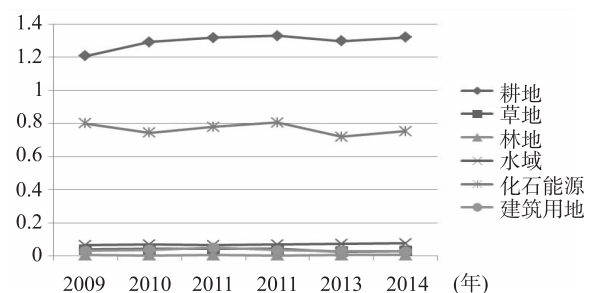


图1 研究区各类型土地人均生态足迹

Fig. 1 Per capita ecological footprint of each type of land in the study area

耕地和化石能源用地的生态足迹构成比重及其相对变化,表明什邡市民消费水平的提高和消费结

构的多元化。由此可见,什邡市的发展主要是通过消耗能源来弥补生态承载力的不足,生物资源的消费主要以农产品为主,能源消费主要是以原煤为主。

#### 4.2.2 人均生态承载力

按照 2009 年~2014 年时间序列来分析各类型土地的人均生态承载力变化趋势,由图 2 可以得出结论:耕地、建筑用地的人均生态承载力处于不断下降趋势,而林地、草地、水域则呈现波动上升的趋势。在人均生态承载力的构成要素中,各类型土地的人均生态承载力比重排序为:耕地(71%)>建筑用地(15%)>林地(14%),草场、水域只占很少一部分,化石能源用地对生态承载力没有贡献。2014 年排列并未发生改变,耕地(70%)>建筑用地(15%)>林地(15%),草场、水域仍然只占很小一部分。建筑用地一直处于比较平稳的增长态势,耕地和林地所占比例发生变化反映出近六年什邡市退耕还林的政策落实较好。但是,伴随着耕地的比重下降,生态承载力也随之下降。要提高什邡市的生态承载力,要发展好农业,提高耕地的利用率。

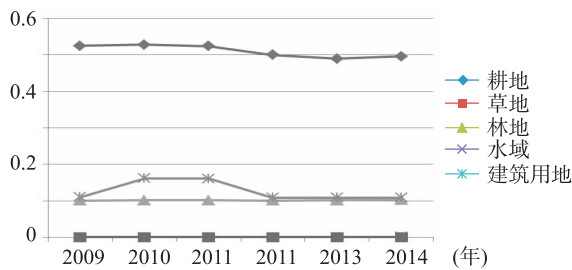


图 2 研究区各类型土地人均生态承载力  
Fig. 2 Per capita ecological carrying capacity of each type of land in the study area

#### 4.2.3 人均生态赤字(盈余)

按照 2009 年~2014 年时间序列分析各类型土地的人均生态赤字(盈余)变化,变化由图 3 可以得出结论:草地和建筑用地的生态赤字均呈现波动上升,耕地的生态赤字呈现不断扩大趋势。林地生态盈余并呈现缓慢增长趋势。在人均生态赤字(盈余)的构成要素中,各类型土地的人均生态赤字(盈余)比重排序为:化石能源用地(45%)>耕地(39%)>林地(5%)>建筑用地(5%)>水域(4%)>草场(2%)。2014 年排序发生变化,各类型土地的人均生态赤字(盈余)比重排序为:耕地(44%)>化石能源用地(41%)>林地(5%)>水域

(4%)>建筑用地(4%)>草场(2%)。化石能源用地、建筑用地的赤字比重下降,耕地的赤字比重呈现波动上升趋势。要解决什邡市人均生态赤字所产生的问题,必须大力发展好农业,提高耕地的利用率,合理利用土地。

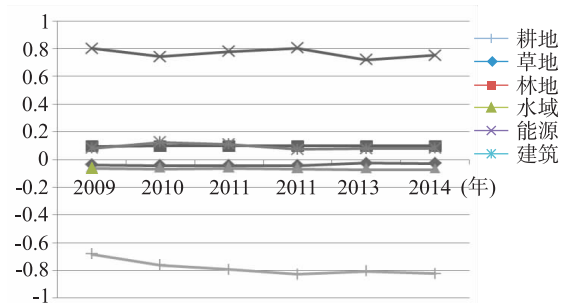


图 3 研究区各类型土地人均生态赤字(盈余)  
Fig. 3 Per capita ecological deficit of land types in the study area (ecological remainder)

### 5 结论与讨论

本文从时间和空间上研究各土地类型的生态足迹与生态承载力总量、人均水平及构成特点,得出了以下结论:(1)什邡市生态足迹总体呈增长趋势,大部分土地类型处于生态赤字状态。什邡市整体处于不可持续发展状态,且有逐渐恶化的趋势;(2)6 种生态生产性土地的生态足迹均呈现上升趋势,耕地、水域、化石能源用地主要影响该地区生态足迹的变化趋势,其中建筑用地的生态足迹影响作用十分明显;(3)能源高消费。什邡市化石能源用地的生态足迹占总生态足迹的 35% 以上,经济发展属于资源依赖型,工业生产在经济结构所占比例较高。所以,什邡市出现高生态赤字的主要原因是高能耗生产和高能源消费。

#### 参考文献:

[1] 章锦河,张捷. 国内生态足迹模型研究进展与启示[J]. 地域研究与开发, 2007, 26(2):90~96.

[2] 尹少华,安消云. 基于可持续发展的洞庭湖流域生态足迹评价研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(6):107~110.

[3] 吴晓静,王勇. 基于生态足迹的铜山县可持续发展现状研究[J]. 环境与发展, 2010, 22(6):54~56.

[4] 陈端吕,董明辉,彭保发. 生态承载力研究综述[J]. 武陵学刊, 2005, 30(5):70~73. (下转第 78 页)

境相对较好,林木较高大<sup>[12,13]</sup>。

(2)在设置的共12个样地中,珙桐的主要分布坡度为 $36^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间,占到总样地珙桐株树的53.85%,野生珙桐资源主要分布在山坡沟谷地带,水汽充沛的地带。什邡市野生珙桐分布坡向主要为东南坡、西南坡和南坡,均为阳坡。

(3)野生珙桐的坡位分布主要在中坡,而在下坡和上坡分布相对较少。在坡中下位蓄水能力较坡上位强,易于形成珙桐适宜的生长环境,对其生长发育所需各种物质均能较好的满足。

(4)在珙桐分布区域内,海拔1600 m~1800 m区间范围内水热光等条件最为适合珙桐幼苗更新及生长;同时也与在该海拔范围内珙桐成年树的数量有关。珙桐在调查区域内天然更新在坡度 $36^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间最多,其次为 $20^{\circ} \sim 35^{\circ}$ ,珙桐群落更新主要为萌蘖,这种无性繁殖方式在传播距离、产生后代、适应进化方面都不如有性生殖有效,而在此 $41^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 坡度区间范围内的珙桐成年树总数最多,从而导致其间幼苗数最多。

#### 参考文献:

- [1] 陈艳,苏智先.中国珍稀濒危孑遗植物珙桐种群的保护[J].生态学报,2011,31(19):5466~5474.
- [2] 陶金川,宗世贤,杨志斌.珙桐的地理分布与引种[J].浙江林学院学报,1986,03(01):31~39.
- [3] 吴庆贵,贺静,曾艳,等.北川不同海拔珙桐种群年龄结构研究[J].四川林业科技,2013,34(05):25~28.
- [4] 张家勋,李俊清,周宝顺,等.珙桐的天然分布和人工引种分析[J].北京林业大学学报,1995,17(01):25~30.
- [5] 张征云,苏智先,申爱英.中国特有植物珙桐的生物学特性、濒危原因及保护[J].淮阴师范学院学报(自然科学版),2003,2(01):66~69.
- [6] 陈文年,肖小君,陈发军,等.珍稀濒危植物珙桐的研究现状及展望[J].安徽农学通报,2014,20(07):17~19.
- [7] 沈泽昊,林洁,陈伟烈,等.四川卧龙地区珙桐群落的结构与更新研究[J].植物生态学报,1999,23(06):562~567.
- [8] 王海明,李贤伟,陈治谏,等.四川喇叭河自然保护区珙桐群落特征与更新[J].山地学报,2005,23(03):360~366.
- [9] 范川,李贤伟.珙桐的研究现状及展望[J].林业科技,2004,29(06):55~58.
- [10] 贺金生,林洁,陈伟烈.我国珍稀特有植物珙桐的现状及其保护[J].生物多样性,1995,3(04):213~221.
- [11] 王磊,代勋,黄良江,等.三江口自然保护区的珙桐种群分布状态的研究[J].西部林业科学,2009,38(03):72~75.
- [12] 苏智先,张素兰.珙桐种群生殖物候及其影响因子研究[J].四川师范学院学报(自然科学版),1999,20(04):4~9.
- [13] 吴刚,肖寒,李静,等.珍稀濒危植物珙桐的生存与人为活动的关系[J].应用生态学报,2000,11(04):493~496.
- [14] 包琳琳.基于生态足迹法的安徽省可持续发展水平研究摘要[D].安徽大学,2008.
- [15] 林波,薛惠锋,蔡琳,等.陕西省2004年生态足迹计算与分析[J].西北林学院学报,2007,22(3):174~178.
- [16] 张楠,朴金星,程国玲,等.基于生态足迹的黑龙江省可持续发展研究[J].安徽农业科学,2013(32):12768~12769.
- [17] 牟格格,陈建成,刘先.基于生态足迹模型的安徽省可持续发展状况分析[C]//2013'杨凌国际农业科技论坛暨中国林业经济论坛.2013.
- [18] 郭健,江明.资源环境承载力研究在城乡总体规划中的应用——以河北省武安市为例[C]//2012中国城市规划年会.2012.

(上接第61页)

- [5] 何飞武.广东省广州市生态足迹动态研究[D].广西大学,2014.
- [6] 地球生命力报告(Living Planet Report)[R].世界自然基金会(WWF),2014.
- [7] 晓兰,王丹丹.生态足迹应用研究进展[J].赤峰学院学报(自然版),2013(1):20~26.
- [8] 刘继华,王仲,刘广奇.地震灾后重建规划的实践和思考——以什邡市村镇体系灾后重建规划为例[J].北京规划建设,2008(6):28~32.
- [9] 田玲玲,罗静,董莹,刘和涛,曾菊新.湖北省生态足迹和生态承载力时空动态研究.长江流域资源与环境,2016,25(2):316~325.