

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.02.018

# 根据“市公顷”模型分析2014年绵竹市的生态足迹

潘元琪 陈文德\* 郭悦

(成都理工大学旅游与城乡规划学院,四川成都 610059)

**摘要:**为了更真实地反映小城镇的生态足迹与生态承载力现状,在综合考虑国际公顷、国家公顷和省公顷等模型的优缺点后,最终选取“市公顷”生态足迹法计算绵竹市生态足迹和生物承载力,同时引入“热值”的概念,将均衡因子和产量因子进行本地化,结果表明市公顷法计算出的均衡因子与产量因子与国际公顷法计算出的有很大区别。最终计算结果表明:绵竹市2014年人均生态足迹为 $0.402024 \text{ hm}^2$ ,生态承载力为 $0.283983 \text{ hm}^2$ ,生态赤字为 $0.11804 \text{ hm}^2$ 。

**关键词:**生态足迹;生态承载力;市公顷;生态赤字;可持续发展

**中图分类号:**S718.57 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5508(2017)02-0100-03

## Analysis of Ecological Footprint and Ecological Carrying Capacity of Mianzhu City in 2014 Based on “City Hectare” Model

PAN Yuan-qi

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

**Abstract:** In order to truly reflect the current state of the ecological footprint and ecological capacity of small towns, this paper synthetically analyzed the advantages and disadvantages of the models of International hectare, National hectare and Provincial hectare, finally choose the model of City hectare to calculate the ecological footprint and biological capacity of mianzhu, at the same time, the calorific value was introduced to localization of equilibrium factor and yield factor. Results showed that the equilibrium factor and yield factor with the models of International hectare and City hectare had a big difference. The final results were as follows: the per capita ecological footprint in mianzhu in 2014 was  $0.402024 \text{ hm}^2$ , per ecological capacity was  $0.283983 \text{ hm}^2$ , and the ecological deficit was  $0.11804 \text{ hm}^2$ .

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

### 1 引言

“生态足迹”最早是由加拿大生态经济学家 William Rees 和他的学生 Wackernagel, 在 1996 年提出的一种生态承载力核算的方法。该方法通过估算

维持人类的自然资源消费量和能源资源消费量所需要的生态生产性土地面积大小<sup>[1-2]</sup>, 并与给定人口区域的生态承载力比较, 来衡量区域的可持续发展现状<sup>[3]</sup>。生态承载力指一个区域实际提供给人类的所有生物生产土地面积(包括耕地、林地、草地、水域、化石能源用地和建筑用地)的总和。通过计

收稿日期:2017-01-03

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)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:潘元琪(1993-),女(蒙古族),内蒙古赤峰人,硕士研究生,主要研究方向:生态建设与景观修复,E-mail:2295204568@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。

算区域生态足迹与生态承载力之间的差值即生态赤字或生态盈余,来衡量不同层次的区域可持续发展状况。

## 2 研究区概况与数据来源

绵竹市位于四川盆地西北部,地处东经 103°54' ~ 104°20',北纬 30°09' ~ 31°42'之间。绵竹西北部为山地,东南部为平原,地势西北高/东南低,由西北至东南逐渐倾斜。绵竹市属中亚热带湿润气候区,气候温和,大陆季风性气候特点显著。

本文数据来源于 2014 年《绵竹市年鉴》和《德阳市统计年鉴》,具体包括绵阳市和德阳市 2014 年人口、土地面积、各种生物资源消费量、各种能源资源消费量等统计数据

## 3 “市公顷”生态足迹模型基本方法

在市公顷模型中,继续将生态生产性土地分为耕地、牧草地、林地、水域、建筑用地和化石能源用地这 6 类,并且认为这 6 类土地是相互独立地为人类提供资源<sup>[4]</sup>。计算均以市域内某区域为研究对象,其中某区域一般为行政单位<sup>[5]</sup>。通过计算两个关键因子包括均衡因子和产量因子进行本地化调整后,来计算某区域的生态足迹和生态承载力。

### 3.1 均衡因子和产量因子计算方法

#### 3.1.1 均衡因子

市公顷模型中均衡因子以市级生物生产性土地平均生产力为标准进行计算,均衡因子等于市域内某区域各类生态生产性土地的平均生产力与全市全部生态生产性土地的平均生态生产力的比值,由于不同生物产品在各种生物生产性土地上所表现的平均生产力各不相同,不能将其进行简单的加和<sup>[5]</sup>,因此均衡因子的计算均将生物产品转化成统一的热值形式进行计算。其计算公式为:

$$r_j = y_j / y \quad (1)$$

式中, $r_j$  是指市域第  $j$  类生物生产性土地的均衡因子; $y_j$  是指市域第  $j$  类生物生产性土地的平均生产力; $y$  指市域内全部生产性土地的平均生产力,均衡因子的计算主要利用耕地、草地、林地和水域这四种生产性土地,其中单位热值的数据来源于《农业技术经济手册修订本》。计算中某些生物产品的热值在该手册中查取不到,则用近似产品的热值来进行

计算。

#### 3.1.2 产量因子

产量因子等于市域内某区域某类生态生产性土地的平均生产力除以该市的同类生态生产性土地的平均生产力。其计算公式为:

$$\lambda_j = y_j^m / y_j \quad (2)$$

式中, $\lambda_j$  指市域第  $j$  类土地的产量因子; $y_j^m$  指市域内某区域第  $j$  类土地的平均生产力; $y_j$  指全市第  $j$  类生物生产性土地的平均生产力,其中建设用地与耕地的产量因子相同。

### 3.2 生态足迹和生态承载力计算方法

#### 3.2.1 生态足迹

生态足迹指将区域资源和能源消费转化为提供这种物质所必需的生产性土地面积<sup>[1~2]</sup>,用来反映区域内人口对环境的影响程度。本文所计算的生态足迹主要包括生物资源生态足迹和能源资源生态足迹,其计算公式为:

$$EF = N \times ef = \sum r_j A_i = N \times \left[ \sum r_j (c_i / p_i) \right] \quad (j = 1, 2, 3, \dots, 6) \quad (3)$$

式中: $i$  指生物资源产品类型; $j$  指土地利用类型(耕地、林地、草地、水域、化石能源用地和建筑用地); $EF$  指总的生态足迹; $ef$  指人均生态足迹; $N$  为人口数; $r_j$  指  $j$  类生物生产性土地的均衡因子; $A_i$  为  $i$  种消费项目折算的人均占有的生物生产面积; $c_i$  指  $i$  种消费商品的人均消费量; $p_i$  指  $i$  种消费商品的年平均生产力。

#### 3.2.2 生态承载力

生态承载力指在一定条件下,区域所能提供给人类的生产性土地面积,但除了人类需要资源和能源的供给之外,其他生物也需要一定面积的生存栖息地,因此要扣除 12% 的生态承载力面积用于保护生物的多样性,其计算公式为:

$$EC = N \times ec = N \times (aj \times r_j \times \lambda_j) \quad (j = 1, 2, 3, \dots, 6) \quad (4)$$

式中: $EC$  指总人口的生物承载力; $ec$  指人均生物承载力  $\text{hm}^2/\text{cap}$ ; $aj$  指  $j$  类生物生产性土地的人均面积; $r_j$  指  $j$  类生物生产性土地的产量因子。

## 4 绵竹市生态足迹计算

### 4.1 均衡因子及产量因子的确定

文中生物资源产品生产数据、能源类资源生产

量数据和土地利用面积数据来源于《德阳统计年鉴2014》和《绵竹市统计年鉴2014》。总人口采用2014年绵竹市常住总人口数,各种生物资源产品的单位热值来自《农业技术经济手册修订版》。

#### 4.1.1 均衡因子

均衡因子的计算是将德阳市的各类消费项目生产量转化为统一的热量值,依据生物产品类别划分相应的生产性土地类型,再将同一类型的生态生产性土地的热值相加,最后得到德阳市单位生产力后运用式1计算出相应土地类型的均衡因子(表1)。

土地类型	总产热量 ( $10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	总面积 ( $\text{hm}^2$ )	单位生产力 ( $10^9 \text{ J} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	均衡因子
耕地	435 439.34	184 295	2 362.73	2.66
草地	2 157.43	40 933	52.71	0.06
林地	4 023.43	239 513	16.80	0.02
水域	2 410.32	35 222	68.43	0.08
德阳	44 4030.52	499 963	888.13	

#### 4.1.2 产量因子

本文中绵竹市产量因子的计算采用与表1一致的统计条目和生物量换算的方法,分别汇总出绵竹市各类生产性土地的生物生产情况,然后与各类生产性土地面积相比,得到绵竹市各类生产性土地的平均生产力。再按照式2,用绵竹市各类生产性土地平均生产力除以相应的德阳市各类生产性土地平均生产力,得到绵竹市2014年各类土地的产量因子见表2。其中建筑用地的产量因子等于耕地产量因子,化石能源用地产量因子等于林地产量因子。

2014	绵竹市单位生产力 ( $10^9 \text{ J} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	德阳市单位生产力 ( $10^9 \text{ J} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	产量因子
耕地	917.89	965.91	0.95
林地	7.65	16.80	0.46
草地	41.06	52.71	0.78
水域	49.63	68.43	0.73

#### 4.2 生态足迹计算

生态足迹的计算首先将绵竹市所需的生物资源的生产量及德阳市相对应生物资源的平均产量,然后计算出各类生物资源的人均生态足迹,能源资源生态足迹的计算是将当地能源消费量折算为相应的热量,再进一步转化成一定的土地面积。结合均衡因子,计算出绵竹市2014年人均生态足迹见表3。

#### 4.3 生态承载力计算

采用绵竹市2014年各类生态生产性土地的人均面积,乘以对应的均衡因子和产量因子,计算出绵

竹市2014年的生态承载力,计算结果见表4。

表3 2014绵竹市人均生态足迹( $\text{hm}^2$ )

土地类型	总生态足迹 ( $\text{hm}^2$ )	人均实际生态足迹 ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ )	均衡因子	人均生态足迹 ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ )
耕地	59 595.13	0.117611	2.66	0.312885
草地	945.46	0.001866	0.02	0.000035
林地	2 229.35	0.004400	0.06	0.000261
水域	773.97	0.001527	0.08	0.000118
化石能源用地	452 553.17	0.893110	0.06	0.053002
建筑用地	6 804.00	0.013428	2.66	0.035722
总计				0.402024

表4 2014绵竹市人均生态承载力

土地类型	总面积 ( $\text{hm}^2$ )	人均面积 ( $\text{hm}^2$ )	均衡因子	产量因子	人均生态承载力 ( $\text{hm}^2$ )
耕地	61 727	0.120190	2.66	0.95	0.303853
草地	3 809	0.127020	0.02	0.78	0.001094
林地	65 235	0.007417	0.06	0.46	0.000343
水域	5 721	0.011139	0.08	0.73	0.000622
化石能源用地	3 412	0.006644	2.66	0.95	0.016796
总计					0.322708
扣除12%生物多样性保护面积					0.038725
人均生态承载力					0.283983

## 5 结论与讨论

根据前文得出的绵竹市2014年的人均生态足迹为 $0.402024 \text{ hm}^2$ 而人均生态承载力仅为 $0.283983 \text{ hm}^2$ ,人均生态赤字为 $0.11804 \text{ hm}^2$ 。生态赤字的存在表明人类对自然资源的需求超出了其生态承载能力的范围,表明绵竹市需要从其他地区输入大量的生态承载力来满足自身生存发展的需要。因此,可认为绵竹市的发展模式处于一种不可持续的状态。随着城市人口的增加和人民生活水平的不断提高,绵竹市生态压力可能还将继续增大,因此在加强城市经济建设的同时还要注重其生态建设,并运用相应的调控政策,以确保在未来的发展中绵竹市自身和周边地区的生态安全。与此同时,生态赤字实际反映的是人类生存发展的需求量超过了对自然生态系统所能提供的量,从可持续发展的角度来看,这是一种生态上的不可持续,由此可见我们在以经济建设为重心的同时,还要考虑到生态的可持续发展,对生态文明建设也要加强。

#### 参考文献:

- [1] WAEKERNAGEL M, REES W E. Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth [M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996. (下转第64页)

- 察[J]. 兽类学报, 2003, 23(4): 366 ~ 368.
- [13] 刘雪卿, 张泽钧, 魏辅文, 等. 圈养小熊猫繁殖行为变化及繁殖行为对策[J]. 兽类学报, 2004, 24(2): 173 ~ 176.
- [14] 马建章, 徐利, 张洪海, 等. 大兴安岭地区紫貂的活动节律[J]. 兽类学报, 1999, 19(2): 95 ~ 100.
- [15] 孙儒泳. 动物生态学原理(第三版)[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [16] 魏辅文, 饶刚, 李明, 等. 邛崃和相岭山系小熊猫种群的遗传结构[J]. 兽类学报, 2002, 22(4): 241 ~ 247.
- [17] 张志和, 魏辅文. 大熊猫迁地保护理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [18] Beulah Budithi N R, Kumar V, Yalla S K, et al. Non-invasive monitoring of reproductive and stress hormones in the endangered red panda (*Ailurus fulgens fulgens*) [J]. Animal Reproduction Science, 2016, 172: 173 ~ 181.
- [19] Dendup P, Cheng E, Lham C, et al. Response of the Endangered red panda *Ailurus fulgens fulgens* to anthropogenic disturbances, and its distribution in Phrumsengla National Park, Bhutan [J]. 2016, 1 ~ 8.
- [20] Grier, JW & Burk T. Biology of animal behavior [M]. Mosby-Year Book, 1992.
- [21] Lynch M, Mccracken H, Slocombe R. Hyperostotic bone disease in red pandas (*Ailurus fulgens*) [J]. Journal of Zoo & Wildlife Medicine Official Publication of the American Association of Zoo Veterinarians, 2015, 33(3): 263 ~ 71.
- [22] Snyder RJ, Zhang AJ, Zhang ZH, et al. Behavioral and developmental consequences of early rearing experience for captive giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) [J]. Journal of Comparative Psychology, 2003, 117(3): 235 ~ 45.
- [23] Thomas LeTallec, Marc Théry, Martine Perret. Effects of light pollution on seasonal estrus and daily rhythms in a nocturnal primate [J]. Journal of Mammalogy, 2015, 96(2): 438 ~ 445.
- [24] Velho N, Srinivasan U, Singh P, et al. Large mammal use of protected and community - managed lands in a biodiversity hotspot [J]. Animal Conservation, 2016, 32(2): 345 ~ 346.

(上接第 102 页)

- [2] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. Ecological Footprints of Nations: How much nature do they use? How much nature do they have? [R]. Commissioned by the Earth council for the Rio + 5 Forum. International Council for Local Environmental Initiatives, Toronto, 1997.
- [3] GÖSSLING S, HANSSON C B, HÖRSTMEIER O, et al. Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability [J]. Ecological Economics, 2002, 43(2/3): 199 ~ 211.
- [4] 张恒义, 刘卫东, 林育欣, 等. 基于改进生态足迹模型的浙江省域生态足迹分析[J]. 生态学报, 2009, 29(5): 2738 ~ 2747.
- [5] 张帅, 董泽琴, 王海鹤, 等. 基于“市公顷”模型的某县级市生态足迹分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(22): 11867 ~ 11870.
- [6] 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.
- [7] 张家其, 王佳, 吴宜进, 等. 恩施地区生态足迹和生态承载力评价[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(5): 603 ~ 608.
- [8] 郭秀锐, 杨居荣, 毛显强. 城市生态足迹计算与分析—以广州为例[J]. 地理研究, 2003, 22(5): 654 ~ 662.
- [9] 刘自娟, 张文秀, 贾林平. 四川省可持续发展的生态足迹研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(2): 155 ~ 159.
- [10] 刘义军, 卢武强, 李荣. 湖北省生态足迹计算与分析[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2004, 38(2): 259 ~ 262.
- [11] 蒋晓娟, 于兴丽. 时间序列年的生态足迹计算—以甘肃省 1990 ~ 2002 年生态足迹的计算为例 [J]. 国土与自然资源研究, 2006(4): 67 ~ 68.
- [12] 张爱菊, 张白汝, 向书坚. 中部 6 省生态足迹的测算与比较分析[J]. 生态环境学报, 2013, 22(4): 625 ~ 631.
- [13] 张桂宾, 王安周. 中国中部六省生态足迹实证分析[J]. 生态环境, 2007, 16(2): 598 ~ 601.
- [14] 徐瑶. 基于生态足迹模型的四川省可持续发展动态分析[J]. 西华师范大学学报, 2007, 28(2): 161 ~ 164.
- [15] 方建德, 杨扬, 叶堤, 等. 重庆市生态足迹时间序列动态特征及其驱动因子分析[J]. 生态环境学报, 2009, 18(4): 1337 ~ 1341.