

南方丘陵山区生态足迹计算和分析
——以韩江上游梅江区为例

张正栋^{1,2,3}, 周永章³, 夏 斌¹, 盛 莹⁴, 郑光湖⁴

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;
3. 中山大学地球资源与地球环境研究中心, 广州 510275; 4. 嘉应学院地理系, 广东 梅州 514015)

摘 要: 可持续性度量是可持续发展研究的重要课题, 生态足迹作为一种可持续发展状况的定量测度, 反映了人类对自然利用程度。以 2003 年梅江区统计年鉴的数据为依据, 对梅江区 2003 年的生态足迹进行了测算。结果表明, 梅江区 2003 年人均生态足迹为 0. 958 3 hm²/cap, 实有人均生态生产性面积为 0. 226 7 hm²/cap, 人均生态赤字为 0. 731 5 hm²/cap。梅江区生态足迹及其赤字主要来源于能源、水域、耕地和草地类产品的消费, 林地类产品和建设用地类产品出现了一定的盈余。在剖析原因的基础上, 提出了促进梅江区社会经济可持续发展的几点政策建议。
关键词: 生态足迹; 生态足迹供给/需求; 生态赤字/盈余; 梅江区; 韩江流域
中图分类号: F 301. 24 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005) 05-0115-04

Analysis and Calculation on the Ecological Footprint
in the Tropic and Subtropical Mountain Areas of South China
——A Case Study in Meijiang

ZHANG Zheng-dong^{1,2,3}, ZHOU Yong-zhang³, XIA Bin¹, SHENG Ying⁴, ZHENG Guang-hu⁴

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry C.A.S., Guangzhou 510640, China;
2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;
3. Institute of Earth Environment & Resources, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China;
4. Geography Department, Jiaying University, Meizhou, Guangdong 514015, China)

Abstract: The index systems and evaluation methods of sustainable development are currently the hot research domains in the world. The ecological footprint analysis evaluates human activity effect on the global ecosystem by quantifying the biological productive areas necessary to maintain human survival. After a brief review of the ecological footprint concept and calculation method, the ecological footprint of Meijiang county for 2003 is calculated and analyzed. The result indicates that: (1) the ecological footprint demand of Meijiang county is 0. 958 3 hm²/cap, while the ecological footprint supply is only 0. 226 7 hm²/cap, the ecological deficit is 0. 731 5 hm²/cap; (2) larger portion of the footprint demand and deficit result from the consumption of fishing ground, fossil energy land, cropland and pasture. However, there is a modest surpluses of forest occurred in Meijiang county, which showing that the ecological footprint of the present region in terms of human activities has already exceeded the benchmark of system ecological carrying capacity, the structure and functions of regional eco-economic system must be adjusted. Furthermore, the per capita ecological deficit reveals that the relationship between man and land is more intense. Finally, based on the components and geographical distribution of ecological footprint, strategic policy implications are outlined for Meijiang county's development towards a sustainable future.

Key words: ecological footprint; ecological demand/ supply; ecological deficit/surplus; Meijiang county; Hanjiang valley

1 引 言

可持续发展的定量评价方法研究是当前可持续发展研究的前沿和热点^[1]。国际上先后出现了一些直观的、易于操作的可持续指标体系及其定量评价方法, 生态足迹模型就是其中最具有代表性的一种。生态足迹(Ecological Footprint)分

析方法是 Rees 和 Wackernagel 等在 1992 年提出和发展了一种直观而综合的研究方法^[2], 它通过测量人类对自然生态服务的需求与自然所能提供的生态服务之间的差距, 在地区、国家和全球三个不同的尺度上比较人类对自然的消费量与自然资本的承载量, 以此来判定地区、国家乃至全球的可持续发展状况^[3]。

自此以后, 生态足迹受到学术界的广泛关注, 很多国内

① 收稿日期: 2005-07-01
基金项目: 广东省科技厅科技计划项目(2004B20501002); 嘉应学院“地图学与地理信息系统”重点学科资助项目
作者简介: 张正栋(1968-), 男, 副教授, 博士生, 主要研究方向为区域可持续发展和地理信息系统。

外学者就不同的地域空间尺度、不同的社会领域、不同的时间维进行了模型方法的运用和实践,并促使其理论方法和计算模型不断地发展和完善^[4-19]。

梅江区为梅州市直辖区,位于广东省的东北部和韩江流域的上游,该地区的自然生态系统和可持续发展状况将对韩江全流域产生影响。全区总土地面积 29 786 hm²,总人口 30.71 万人(2003 年),是梅州市市委、市政府所在地和政治、经济、文化中心。地貌以丘陵山地为主,地处中、南亚热带气候过渡地带,气候温和,年均气温 21.2℃,光照充足,热量丰富,雨量充沛,年均降水量 1 471 mm。自 1988 年成立的市辖县级区以来,处于相对高速发展的时期,工业化、城镇化进程显著。2003 年,全市 GDP 为 337 072 万元,是 1988 年的 8.2 倍。世纪之处,伴随着珠江三角洲新一轮产业升级和产业转移,处于欠发达地区的粤东成为转移产业的承接区,必将加速其工业化、城镇化的进一步飞速发展和人口的增长,区域人地矛盾、人与空间的不协调状态日益严重。本文应用不断完善生态足迹模型对该区域的发展状况进行评价,了解该地区的可持续发展状况,以期制定区域可持续发展规划提供决策依据。

2 研究方法和资料来源

2.1 研究方法

2.1.1 生态足迹(需求量)计算

生态足迹模型是研究在一定的人口经济条件下,维持资源消费和废弃物吸收的具有一定生产能力的生物生产性土地面积,视为该区域的生态足迹需求量,计算公式如下:

$$EF = N \sum_{i=1}^n (a_i \cdot p_i) \quad (1)$$

式中:EF——总生态足迹;N——人口数;ef——人均生态足迹;i——消费品类和投入类型;a_i——人均 i 种交易商品折算的生物生产面积;c_i——i 种商品的人均消费量;p_i——i 种消费品的全球平均生产能力。ef 乘以国家或区域的人口数 N 即为该国家或区域的总生态足迹 EF。

2.1.2 生态承载力(生态足迹供给量)计算

生态承载力是指区域能够提供给人类的生态生产性土地面积的总和^[25],而区域实有的生态生产性土地面积视为该区域的生态足迹供给量。不同国家或地区的某类生物生产面积类型所代表的局地产量与世界平均产量的差异可用“产量因子”(yield factor)进行换算,表示计算公式如下:

$$EC = \sum_{j=1}^n a_j \cdot r_j \cdot y_j \quad (j = 1, 2, 3, \dots) \quad (2)$$

式中:EC——人均生态承载力;a_j——人均生态生产性面积;r_j——当量因子;y_j——产量因子。EC 乘以国家或区域的人口数即为国家或区域的总生态承载力。

2.1.3 生态盈余与生态赤字(Ecological Deficit/Surplus)

生态足迹测量了人类维持一定的消费水平所必需的生物生产面积,将其同国家和地区范围内所能提供的生物生产面积(生态承载力)比较,就可以判定一个国家或地区的生产消费活动是否处于当地生态系统承载力范围内。当某个区域内生态足迹供给量小于生态足迹需求时,就会出现生态赤字,其大小等于生态足迹需求量减去供给量的差数;生态赤字表明该地区的生态负荷超过了其生态容量,区域发展模式处于相对不可持续状态,其大小是不可持续程度的一种度量。生态足迹供给大于生态足迹需求时,则出现生态盈余,其大小等于生态足迹供给量减去生态足迹需求量的差数;生态

盈余表明该地区的生态容量足以支持其生态负荷,区域发展模式具相对可持续性。

2.2 数据来源

文中数据来源于:(1)历年《梅州市统计年鉴》,梅州市统计局^[20,21];(2)《梅江区土地利用总体规划(1997—2010 年)》,梅江区国土分局;(3)《梅江区土地利用现状变更表(2004)》(年初面积),梅江区国土分局^[22]。

3 计算与结果分析

3.1 计算

表 1 梅江区 2003 年生态足迹计算中的生物资源帐户

类 型	全球平均产量/ (kg·hm ⁻²)	总消费量 10 ³ kg	生态足分量 /hm ²	人均生态足迹 /(hm ² ·cap ⁻¹)	生产面积类型
农产品					
粮食	3 114.00	1 2571.00	4036.9300	0.01338	耕地
稻谷	3 114.00	9 500.00	3 050.7386	0.0101	耕地
小麦	3 114.00	0.0000	0.0000	0.0000	耕地
旱粮	3 114.00	1 280.00	411.0469	0.0014	耕地
薯类	14 131.00	1 791.00	126.7426	0.0004	耕地
大豆	1 953.00	578.00	295.9549	0.0010	耕地
经济作物 1					
甘蔗	60 657.00	354.00	5.8361	1.9344E-05	耕地
油料作物					
# 花生	508.00	926.00	1 822.8346	0.0060	耕地
烟叶	1 637.00	0.00	0.0000	0.0000	耕地
茶叶	1 273.00	4.00	3.1422	1.04149E-05	耕地
木薯 _a	14 131.00	459.00	32.4818	0.0001	耕地
麻类	1 889.00	0.00	0.0000	0.0000	耕地
其他作物					
蔬菜	14 647.00	8 725.00	5955.1444	0.0197	耕地
瓜类	14 647.00	1 350.00	92.1690	0.00031	耕地
水果	9 541.00	1 6284.00	1 706.7393	0.0057	耕地
柑橘橙	9 541.00	1 957.00	205.1148	0.0007	耕地
番(大)蕉	9 541.00	472.00	49.4707	0.0002	耕地
荔枝	9 541.00	40.00	4.1924	1.3896E-05	耕地
龙眼	9 541.00	542.00	56.8075	0.0002	耕地
柿子	9 541.00	237.00	24.8402	8.2334E-05	耕地
李子	9 541.00	1 048.00	109.8417	0.0004	耕地
金柚	9 541.00	1 0863.00	1 138.5599	0.0038	耕地
其他水果	9 541.00	1 125.00	117.9122	0.0004	耕地
动物产品					
猪肉	457.00	7 995.00	17 494.5295	0.0580	耕地
牛肉	33.00	41.00	1242.4242	0.0041	牧草地
羊肉	33.00	30.00	909.0909	0.0030	牧草地
家禽	457.00	3015.00	6 597.3742	0.0219	耕地
牛奶	502.00	202.00	402.3904	0.0013	牧草地
禽蛋	400.00	251.00	627.5000	0.0021	耕地
水产品	29.00	5 751.00	19 8310.3448	0.6573	水域
鱼类	29.00	5 691.00	19 6241.3793	0.6505	水域
林产品					
木材	1.99	362.30	182.0623	0.0006	林地

资料来源:①《2004 年梅州市统计年鉴》;②世界平均产量的数据采用 2002 世界粮农组织(FAO)和世界自然基金会(WWF)的相关数据。

注:人口为 307 100 人,木材全球平均产量的单位为 m³/hm²,消费量单位为 m³。

运用上述的理论和计算方法,采用 2003 年梅州市统计局、2002 世界粮农组织(FAO)和世界自然基金会(WWF)的相关数据,对 2003 年梅江区(2003 年人口为 30.71 万人^[21])的生态足迹进行了计算。

3.1.1 生物类资源消费用地

生物类资源包括:农产品、经济作物、其它作物、水果、动物产品、水产品、林产品 7 大类,将梅州市不同物品的消费量除以该消费品生态生产性面积的全球平均产量,即能得到相

应的生态足迹,下面是生态足迹计算结果(表 1)。

3.1.2 化石能源用地

采用世界上单位化石能源生产性土地面积的平均发热量为标准,将当地能源消费所消耗的热量折算成一定的化石能源土地面积(表 2)。

3.1.3 生态生产性面积

2003 年梅江区生态生产性土地面积的现状(表 3)。

表 2 梅江区 2003 年生态足迹计算中的能源资源帐户

类型	全球平均能源足迹 /(GJ·hm ⁻²)	折算系数 /(GJ·kW ⁻¹ ·h ⁻¹)/(10kW·h ⁻¹)	总消费量 /(10kW·h ⁻¹)	总消费量/ 10 ¹⁰ KJ	人均消费量 /(GJ·人 ⁻¹)	生态足迹分量 /hm ²	人均生态足迹 /(hm ² ·人 ⁻¹)	生产面积 类型
原煤	55	20.934	112200	234.8795	7.7852	42705.36	0.1416	化石燃料地
电力	1000	0.0083	434690000	0.03608	0.0012	0.36	0.0120	建筑用地
汽油	93	43.124	112200	483.8513	16.0375	52027.02	0.1724	化石燃料地
柴油	93	42.705	317	1.35375	0.0449	145.56	0.0005	化石燃料地
燃料油	93	42.705	1501	6.4100	0.2125	689.25	0.0023	化石燃料地
能源合计		29.325	258489	758.0190	25.1249	95567.55	0.3287	化石燃料地

资料来源:①《2004 年梅州市统计年鉴》;②WWF 计算中的中国 1996 年生态足迹报告。

注:发电量折算系数的单位为 GJ/(kW·h),发电量总消费量的单位为 kW·h。

表 3 梅江区 2003 年生态生产性土地面积

土地类型	土地面积/hm ²	占全区总面积/%	人均面积/(hm ² ·cap ⁻¹)
耕地	4198.1067	12.9972	0.2651
草地	0.0000	0.0000	0.0000
林地	19457.3067	60.2393	1.2287
水域	1226.3267	3.7967	0.0774
建设用地	4579.0667	14.1767	0.2892

资料来源:①《土地利用现状变更表(2004)》;②《梅州市统计年鉴》,2004 年。

3.1.4 结果汇总

将 2003 年梅江区生物资源帐户和能源资源帐户进行汇总,与区域生态承载力进行对比,即可得到区域生态足迹汇(表 4)。

表 4 梅江区 2003 年生态足迹与生态承载力计算结果汇总

人均生态足迹需求/(hm ² ·cap ⁻¹)				人均生态足迹供给/(hm ² ·cap ⁻¹)			
生物生产 面积类型	人均生态足迹面积 /(hm ² ·cap ⁻¹)	均衡因子	均衡生态足迹 面积/(hm ² ·cap ⁻¹)	生物生产 面积类型	人均承载力面积 (hm ² ·cap ⁻¹)	产出因子	均衡承载力面积 /(hm ² ·cap ⁻¹)
耕地	0.1282	2.1100	0.2705	耕地	0.0139	1.8198	0.0534
草地	0.0085	0.4700	0.0040	草地	0.0000	0.3846	0.0000
林地	0.0006	1.3500	0.0008	林地	0.0645	1.6600	0.1445
水域	0.6573	0.3500	0.2301	水域	0.0041	1.0000	0.0014
建筑用地	0.0120	2.1100	0.0252	建筑用地	0.0152	1.8198	0.0583
化石能源地	0.3168	1.3500	0.4276	总面积			0.2577
合计	1.1233		0.9583	生物多样性保护面积(12%)			0.0309
生态赤字			0.7315	总的可利用生态空间面积			0.2267

注:①当量因子取自世界自然基金会(WWF)(2002)。

②产量因子(YieldFactor)的计算方法:a.用梅州市 2003 年的粮食平均产量与世界粮食平均产量的比值来计算耕地的产量因子;b.用梅州市 2003 年的牛肉、羊肉、牛奶的平均产量与世界平均产量的比值来计算草地的产量因子;c.由于梅州市的单位林地面积蓄积量及世界平均蓄积量的数据缺乏,因此这里就用 Wackernagel 等人的估算值来计算林地和化石能源用地的产量因子;d.梅江区州市属于内陆地区,淡水的产量因子资料不详,所以这里用 Wackernagel 等人关于海洋的估算值来计算水域的产量因子;e.建设用地与耕地采用相同的产量因子计算。

3.2.2 生态足迹的供需结构

从人均生态足迹供需结构看(图 1),区域生态经济系统

在生态生产性土地的供给结构和社会经济发展的需求结构之间,具有明显的不对称性。主要表现在:

(1) 草地的需求量为 $0.0041 \text{ hm}^2/\text{cap}$, 而没有供给。

(2) 水域的供求矛盾突出, 水域的需求量为 $0.2303 \text{ hm}^2/\text{cap}$, 而供给只有 $0.0014 \text{ hm}^2/\text{cap}$, 缺口约达 $0.2286 \text{ hm}^2/\text{cap}$ 。

(3) 耕地的供给量远小于需求量, 耕地的生态足迹为 $0.2705 \text{ hm}^2/\text{cap}$, 供给只有 $0.0534 \text{ hm}^2/\text{cap}$, 造成了 $0.2170 \text{ hm}^2/\text{cap}$ 的赤字。

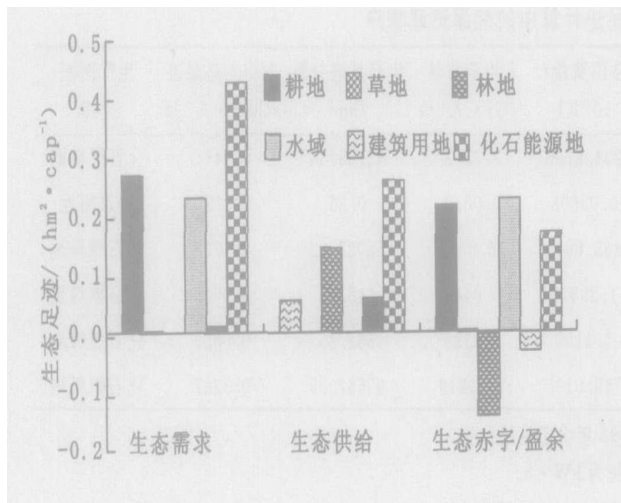


图 1 2003 年梅江区生态生产性土地的需求、供给和赤字结构分析图

(4) 化石能源用地供给不能满足需求, 化石能源用地的生态足迹为 $0.4276 \text{ hm}^2/\text{cap}$, 供给只有 $0.2577 \text{ hm}^2/\text{cap}$, 造成了 $0.17 \text{ hm}^2/\text{cap}$ 的赤字。

(5) 建设用地的生态足迹为 $0.012 \text{ hm}^2/\text{cap}$, 而供给只有

参考文献:

- [1] 张志强, 孙成权, 程国栋, 等. 可持续发展研究: 进程与趋向[J]. 地球科学进展, 1999, 14(6): 589–595.
- [2] Hardi P, Bang S, Hodge T, et al. Measuring Sustainable Development: Review of Current practice[R]. Occasional Number 1 T, 1997(IISD), (1–2): 49–51.
- [3] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态足迹的概念及计算模型[J]. 生态经济, 2000, (10): 8–10.
- [4] 白艳莹, 王效科, 欧阳志云, 等. 苏锡常地区生态足迹分析[J]. 资源科学, 2003, 25(6): 31–37.
- [5] 龙爱华, 张志强, 苏志勇. 生态足迹评介及国际研究前沿[J]. 地球科学进展, 2004, 19(6): 971–981.
- [6] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁, 等. 中国的生态空间占用研究[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 20–23.
- [7] 秦耀辰, 牛树海. 生物占用法在区域可持续发展评价中的运用与改进[J]. 资源科学, 2003, 25(1): 1–8.
- [8] 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.
- [9] 徐中民, 陈东景, 张志强. 中国 1999 年的生态足迹分析[J]. 土壤学报, 2002, 39(3): 441–445.
- [10] 张志强, 徐中民, 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): 280–285.
- [11] 李金平, 王志石. 澳门 2001 年生态足迹分析[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 197–203.
- [12] 胡孟春, 张永春, 缪旭波, 等. 张家口市坝上地区生态足迹初步研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(2): 317–320.
- [13] Jeroen C J M, Bergh V D, Verbruggen H. Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint [J]. Ecological Economics, 1999, 29: 61–72.
- [14] (奥) 陶在朴. 生态包袱与生态足迹——可持续发展的重量及面积观念[M]. 北京: 经济科学出版社, 2003. 161–205.
- [15] 赵云龙, 唐海萍, 李新宇, 等. 河北省怀来县可持续发展状况的生态足迹分析[J]. 自然资源学报, 2004, 19(1): 128–135.
- [16] 刘宇辉, 彭希哲. 中国历年生态足迹计算与发展可持续性评估[J]. 生态学报, 2004, 24(10): 2258–2262.
- [17] 蒋德明, 李晓兰, 刘志民. 科尔沁沙地生态足迹分析——以内蒙古翁牛特旗为例[J]. 干旱区研究, 2004, 21(3): 263–268.
- [18] 李明月, 江华. 生态足迹分析模型的假设条件缺陷及应用偏差[J]. 农业现代化研究, 2005, 26(1): 6–9.
- [19] 闵庆文, 成升魁. 利用生态足迹方法分析不同国家的生态系统占用[J]. 经济地理, 2005, 25(1): 12–15.
- [20] 梅州市统计局. 梅州五十年(1949–1999)[Z].
- [21] 梅州市统计局. 梅州市统计年鉴 1996–2004[Z].
- [22] 梅州市国土资源局. 梅江区土地利用现状变更表(2004)》(年初面积)[Z].

$0.0583 \text{ hm}^2/\text{cap}$, 盈余 $0.033 \text{ hm}^2/\text{cap}$ 。

(6) 林地供给较充足, 没有产生生态赤字, 还有相当大的一部分盈余, 生态盈余表明其林地的生态容量足以支持其生态负荷。

4 结论与建议

2001 年中国人均生态足迹为 2.0048 hm^2 , 实有人均生态生产性面积为 0.8994 hm^2 , 人均生态足迹赤字为 1.1054 hm^2 。2003 年梅江区的人均生态足迹需求为 $0.9583 \text{ hm}^2/\text{cap}$, 人均生态供给为 $0.2267 \text{ hm}^2/\text{cap}$, 人均生态赤字为 $0.7315 \text{ hm}^2/\text{cap}$ 。其生态足迹及其赤字主要来源于能源、水域、耕地和草地类产品的消费, 林地类产品和建设用地类产品出现了一定的盈余。总之, 梅江区目前处于“地方不可持续—全球可持续—欠发展”状态, 从国家层面上看, 梅江区处于可持续发展状态^[17]。

虽然, 梅江区的生态足迹需求、供给和赤字都低于全国的平均水平, 但是, 梅江区现在仍属于欠发达地区, 发展空间广阔, 城市人口、规模的扩大在所难免。为此, 提出以下建议:

(1) 提高能源利用率, 大力推广节能技术, 合理控制化石能源消费, 调整区域的产业结构。

(2) 适当退耕还草, 增加草地面积, 增加禽畜数量, 增加肉、蛋等特别是奶制品的供应。

(3) 重视林业发展, 拉长产业链, 加大其产业宽度, 提高林业附加值。

(4) 提高水产品的单位面积产量, 充分利用水域资源。

(5) 倡导新式的生态生活方式和消费方式, 建立资源节约型的社会生产和消费体系。