

基于成分法的广州市萝岗区产业生态足迹及其实证研究

周涛^{1,2,3}, 王云鹏¹, 冯艳芬²

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640;

2. 广州大学 地理科学学院, 广东 广州 510006;

3. 中国科学院大学 研究生院, 北京 100049)

摘要: 基于生态足迹的理论和方法, 采用修正的产量因子, 通过分解各生产活动成分的生物性资源消耗, 计算广州市萝岗区三大产业生态足迹, 并对相关产业的代表性企业进行了生态足迹的分析。结果表明: 发展高层次农业和第三产业对降低生态足迹有显著效果, 从而为萝岗区进行产业调整和产业升级, 优化产业结构, 发展生态产业, 建设现代化生态型城市新区提供意见。

关键词: 产业生态足迹; 生态足迹; 萝岗区

中图分类号: F062.2; F127 文献标识码: A 文章编号: 1671-4407(2014)05-089-04

Industrial Ecological Footprint in the Luogang District of Guangzhou Based on Componential Method with an Empirical Study

ZHOU Tao^{1,2,3}, WANG Yunpeng¹, FENG Yanfen²

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou Guangdong 510640, China;

2. Geographical Sciences, Guangzhou University, Guangzhou Guangdong 510006, China;

3. Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Based on the theory and calculation model of ecological footprint, by applying the modified yield factor, the paper decomposes the biological resource consumption of various production activities through componential method and calculated the ecological footprint of three industries in the Luogang district of Guangzhou. Moreover, two typical corporations and their ecological footprints are discussed. The results show that it has obviously effects in reducing ecological footprint by developing high-level agriculture and the tertiary industry. Meanwhile, it proposes some suggestions to promote industrial updating and industrial structure adjustment, to develop ecological industry, and to build a modern ecological new urban district in Luogang.

Key words: industrial ecological Footprint; ecological footprint; Luogang district

建设城市新区是扩展城市发展空间, 优化城市发展环境, 实现城市发展转型的必由之路, 是疏散城市中心区产业与人口重要途径。由于功能定位的不同, 城市新区的发展绝不能复制和翻版旧城区高消耗、重污染、低效益的发展模式, 必须寻求社会效益, 经济效益和生态效益并重的可持续发展之路。

生态足迹的概念和方法是 1992 年 Rees 提出并主要由他的学生 Wackernagel 逐渐完善的^[1], 是测定人类活动的资源消费需求, 判明自然资源是否被过度利用的有效工具, 并据此探寻可持续发展的途径。生态足迹的应用范围广泛, 但用于产业生态管理, 来指导城市特别是城市新区的产业

升级和生态产业的发展却少见报道。有学者认为第一产业的生态足迹最大, 第二产业生态赤字最高, 第三产业生态影响相对较小。但这种观点存在严重分歧。本研究将具体分析城市新区的代表——广州市萝岗区的典型产业的生态足迹占用情况, 探讨不同产业发展对环境压力和负面影响, 对比各类产业的生态效用和经济效益, 为萝岗区进行产业调整和产业升级, 优化产业结构, 发展生态产业, 建设现代化生态型城市新区提供理论依据和建设性意见。

1 研究区概况

萝岗区是广州市在 2005 年新成立的行政区, 是广州

基金项目: 国家自然科学基金(41001048)

作者简介: 周涛(1977~), 男, 四川宣汉人, 博士, 讲师, 研究院, 主要从事RS、GIS、生态、可持续发展方面的应用研究; 王云鹏(1968~), 山西孝义人, 博士, 研究员, 研究方向为资源环境遥感与GIS、生态环境; 冯艳芬(1976~), 广东清远人, 博士, 副教授, 研究方向为土地资源开发与利用保护。

市实施城市发展东进战略的主要载体。萝岗区位于广州市东部,面积393.22 km²。2011年全区有常住人口38.06万人^[2]。

萝岗区具有典型的城市新区特有的城乡二元化格局。辖区内的广州经济技术开发区,集中了主要的制造业和高新技术产业,人均GDP约50万元,达到发达国家水平,呈现出现代城市风貌,另一方面,农村地区仍占全区面积的80%以上,农村人口占全区人口的45%,特别是以北部九龙镇农村地区,经济落后,以农业生产为主,人均收入低于广州市平均水平。城乡发展反差剧烈,是萝岗区与广州市其他市区相比最大的特点。

2 计算方法和数据来源

生态足迹模型中,人类生产或消费活动所消耗的各种资源及排放的废物(主要是化石燃料燃烧所排放的CO₂量)被转化为生产这些消费品所需的六类生物生产性土地面积,包括耕地、草地、林地、水域、建筑用地、能源用地。考虑到这六种类型生产性土地的生产能力是不一致的,要使各类型土地生产力具有可比性以便汇总,有必要进行等量化处理,为此引入了均衡因子(equivalence factor)参数。均衡因子是给定类型的生物生产性土地,其全球平均潜在生产力相对于全球公顷生产力的比值(全球公顷生产力,是指地球全部114亿公顷生物生产性土地的平均潜在生产力)。各类用地面积乘以其对应的均衡因子后再汇总,即得到所占生态足迹。

为了便于和其他地区比较,本文采用世界自然基金会(WWF)所发布的“Living Planet Report 2012”中采用的均衡因子,即能源用地和林地1.25,耕地和建设用地2.39,草地0.51,水域0.41^[3]。

当前产量因子的计算方法主要通过比较不同类型生物生产性土地的当地单位产量与对应土地的全球平均单位产量而得到。这种传统方法的缺点是生物性生产的产品品种繁多,在计算时难以纳入所有的品种,如计算农地的产量因子,可以选取5类产品计算,也可以选取3类或十几类产品计算,从而影响产量因子计算结果的科学性。同时,对林地、草地之类的生产性土地,产量取决于采伐量或收割量,难以反映真实的生长情况。本文对传统的产量因子计算方法做出了一定的修正,基于净初级生产力(NPP)来计算产量因子,采用1 km MODIS数据,遥感数据、CASA模型等以月或更短时间为步长估算生态系统的NPP,即通过植被吸收的光合有效辐射和光能利用效率来计算不同生产性土地的NPP,再分别各自的全球平均生产力除以全球平均NPP,从而得到相应的产量因子。由于遥感数据分辨率和技术条件的限制,本文仅对林地(包括能

源用地)和草地进行了以上处理,耕地(包括建设用地)和水域的产量因子则仍然沿用各农产品的单位产量除以其对应的全球平均产量,然后面积加权平均而获得。经过计算,萝岗区各生物生产性土地的产量因子是:能源用地和林地1.16,耕地和建设用地3.08,草地1.02,水域0.79。

本文研究的是萝岗区三大产业的生产性生态足迹,采用成分分解的方法,通过计算在生产各种产品过程中所直接或间接投入的生物生产性土地而得出,而不管其土地投入或产品消耗是在区域内还是区域外,因而,也就无须像综合法那样没有进行贸易调整,计算结果也更为合理。

本文中所涉及的数据资料,主要来源于以下几个方面:相关年份公开的统计资料和报告;对萝岗区有关政府职能部门和相关企事业单位的调查访问数据;自然环境资料来源于规划局、国土部门等的地理信息数据库,土地利用数据库以及遥感影像数据;部分数据的缺失和模糊,采用根据已有资料进行合理计算、汇总或参照其他地区的统计值,尽量做到结果的合理性和准确性。

3 结果与分析

农业、工业、第三产业的生产过程具有不同的特点,所占用的生态足迹类型也各不相同,农业是初级生产,农业产品是由土地直接产出的,现代农业生产还需要各种机械的、电动的工具设施,需要有养殖禽类、家畜的圈舍,因此,农业生产足迹涉及全部六类的生产性土地。农业生产生态足迹包括两大组成部分:(1)直接性的土地投入,即直接用于耕种、砍伐、养殖目的的耕地、林地、草地、水域。(2)间接性土地投入,如生产过程中投入的饲料、种子、能源等间接耗用的生态足迹^[4]。

2011年萝岗区的耕地面积(包括园地)为5874 hm²,主要种植水果、花卉、蔬菜、稻谷、薯类,此外还有少量的玉米、花生、甘蔗。畜牧业产品包括猪、牛、羊、家禽、禽蛋、牛奶等,这其中,猪、家禽、禽蛋主要是饲料喂养,涉及耕地足迹,而牛、羊则是饲料、草料混合喂养,包括耕地和草地足迹,本文中所采用饲养方式比例以及饲料转化率来自谢鸿宇等人的研究成果^[5-6]。渔业生产以养殖为主,包括池塘、山塘、水库放养等方式,既有直接占用的水域,也有其饲料的隐形土地消耗。林业已经实现了从以木材生产为主的传统林业向以生态建设为主的现代林业的重大转变,每年仅有极少量的林木采伐。

工业生产是对原材料的加工,需要兴建厂房,开动机器,由于无法获得工业生产直接消耗生物原料的数据,本文根据广州市2010年的统计资料,以工业对农业的直接消耗系数近似得到工业生产中投入的生物资源消费量。第三产业包括流通和服务两大部门,不从事专门的物质生产

活动,但第三产业的顺利进行,离不开能源动力和一定的办公服务场所和办公耗材,如纸张等,本文中的纸张消耗主要通过多个企业的实地调查而求出平均水平。

2011 年萝岗区三大产业生态足迹的计算结果如表 1 所示。

表 1 2011 年萝岗区三大产业生态足迹

土地类型	农业	工业	第三产业
耕地	54 432	13 476	0
林地	64	9477	2568
草地	43	0	0
水域	1646	0	0
化石能源	88 187	2 960 196	1 705 859
建筑用地	189	24 087	11 992
总计	144 561	3 007 236	1 720 419

从总量上来看,工业生态足迹高居首位,是第三产业生态足迹的 1.7 倍,农业生态足迹的 20 倍,工业生态足迹是萝岗区生产性生态足迹的主要贡献力量,这其中能源足迹占绝大部分比例,同时还有一定数量的耕地足迹和林地足迹,这主要来源于区内的食品加工、制药、木材加工、纺织等企业,工业企业的节能效果将直接影响萝岗区降低生态足迹的成败。第三产业生态足迹主要是能源用地和建筑用地,也有少量林地(主要考虑纸张消耗)。因此,提高信息化水平,推行无纸化办公也是减少生态足迹的重要手段。农业生态足迹中耕地占有相当比重,并体现出以水果、花卉、蔬菜为主体的都市郊区型农业特点,而草地和林地足迹都比较低,这显然与萝岗区缺少草场生长的自然条件和严格限制林木砍伐有关。

在各大产业的生态足迹中,能源足迹是最重要的部分,工业的能源足迹最大,萝岗区工业中一些支柱产业如化工制造,金属冶炼等都属于高耗能产业,加大了能源消耗,工业的主要能源足迹是原煤和火电,而煤能源的使用既排放二氧化碳,提高生态足迹,又排放烟灰、硫、一氧化碳等有毒有害物质污染环境。第三产业的能源足迹也比较高,这其中交通运输业的能源足迹占了主要部分,在 70% 以上。因此,第三产业足迹中,货车和大客车所使用的柴油所占比重最大,小汽车所使用的汽油也占有一定比例。相对来说,农业的能源足迹要低很多,这既与农业的生产特点有关,也说明萝岗区农业的机械化和现代化水平仍然不高。无论那个产业,火电都占有相当大的比例,这与萝岗区供电结构中火电为主有关,同样生产 1 万千瓦小时电力,火电所需的生态足迹分别是水电、核电的 14 倍、132 倍^[7],因此提高水电、核电的比例对于缩减生态足迹意义重大。

我们还可以进一步分析三大产业的人均从业人员生态足迹,即该产业生态足迹总量除以该产业的从业人数,其结果如下:农业每人 11 gha,工业为每人 14 gha,第三产

业为每人 37 gha。从生态资源利用效率来看,我们提出了生态产出的概念,将生态足迹和 GDP 概念结合起来,即计算消耗单位生态足迹所生产的 GDP 值^[8]。而萝岗区第一、第二、第三产业的生态产出分别是 0.33×10^4 CNY/gha、 2.24×10^4 CNY/gha、 0.70×10^4 CNY/gha。从以上数字可看出,农业生态足迹总量最低,其人均从业人员生态足迹也是最低,虽然其生态产出不高,但鉴于农业在国民经济中的基础地位和对生态环境保护的特殊作用,应该保持萝岗区农业生产的平稳发展。第三产业虽然生态足迹总量比工业要低一些,但其人均从业人员生态足迹和生态产出却均处于劣势,但这并不意味着工业是促萝岗区区域经济发展的最好选择。因为从第三产业构成来看,萝岗区目前第三产业层次较低,以劳动力密集,资源消耗大的交通运输业,批发零售业为主,象征第三产业高端的,知识型的信息服务、金融保险、科技研发、文化创意等产业所占比例较小,无法体现出这些产业的生态足迹消耗低,生态产出高的优势,下面的实例分析可以进一步佐证上述观点。

4 萝岗区产业生态足迹实证研究

我们考察了萝岗区科学城的两家典型企业。一家是民营的制药有限公司(本文简称为 A 公司),集制药、生物工程、药材种植的高新技术企业,属于典型的工业企业;另一家是合资的信息服务公司(本文简称为 B 公司),是全球检验鉴定、测试和认证服务的领导者和创新者,属于第三产业中的检测认证服务业。我们希望分析对比这两家公司的生态足迹情况,来获得有益的启示。

A 公司是大规模的药用口服液生产基地。生产口服液、片剂、胶囊剂、颗粒剂四大系列中西药制剂 80 多个品种,其主导产品包括抗病毒口服液、清肝利胆口服液等中药产品。该公司总用地面积约 $57\,030\text{ m}^2$,员工约 550 人,2011 年产值约为 3 亿元。2011 年该公司在生产过程中所消耗的生物资源主要包括中药材 4497 t,蔗糖 2552 t,消耗的能源包括:电 458×10^4 kWh、天然气 12.26×10^4 m³,此外还消耗了大量的纸张用于包装和日常办公,年耗纸量 360 t 左右。员工上下班主要依靠公司的班车,公司班车每天出动两次,约有大巴 10 台、小车 6 台,中午绝大部分员工需要在公司就餐,员工便餐包括肉类、蔬菜、水果等。

B 公司是合法从事检验、鉴定、测试和认证服务的合资企业。B 公司的服务对象包括国内外企业、政府和国际机构,服务范围覆盖农产、矿产、石化产品、工业品和消费品的检验、鉴定、测试、贸易保障服务和国际认证服务。该公司总用地面积约 $10\,000\text{ m}^2$,员工约 1300 人,2011 年产值约为 4 亿元。由于该公司不从事直接的物质生产,因此每月所消耗的物料很少,主要有一些化学试剂、纸张等。

该公司每月用电 35kWh 时,其他能源开销几乎没有。员工上下班同样依靠公司的班车,公司班车每天出动两次,约有大巴 26 台、小车 30 台。中午绝大部分员工需要在公司就餐,员工便餐包括肉类、蔬菜、水果等。

根据以上资料,我们计算出 A 公司和 B 公司 2011 年的生产性生态足迹,见表 2。

表 2 2011 年萝岗区代表企业的生产性生态足迹
单位:ghm²

	耕地	林地	草地	水域	化石能源	建筑用地	总计
A公司	5415	1080	23	5	1047	20	7590
B公司	351	121	55	3	949	4	1483

从结果来看,A 公司生态足迹的主要组成部分是耕地、林地和能源。所需的耕地足迹最多,这些耕地足迹除了少数是用来满足员工的食物需求,绝大部分是用于生产药材、蔗糖等原材料。A 公司用于药品的各种包装耗纸量比较大,也使得林地生态足迹相应较多。能源用地排在第二位,这与许多其他工业企业不同,说明该公司的节能措施还是比较有效的,生产过程中耗能并不高。

B 公司由于无需利用初级产品来从事生产,其耕地、草地、水域足迹主要是用于满足员工的食物消费,且在总足迹中所占比例较小。化石能源足迹是最主要的足迹类型,占到总足迹的 60% 以上,这也是第三产业足迹的显著特点。

按从业人员计算人均生态足迹,A 公司人均 13.9 gha,与萝岗区工业产业生态足迹的平均水平相当,而 B 公司的人均生态足迹仅为 1.14 gha,大大低于萝岗区第三产业生态足迹的平均水平。从生态产出来看,A 公司的生态产出为 3.95×10^4 CNY/gha,是萝岗区工业生态产出平均水平的 1.76 倍,B 公司更是达到了 26.97×10^4 CNY/gha,是萝岗区第三产业平均水平的 38 倍,两者在生态利用效率方面都是本产业中的佼佼者。

虽然 A 公司和 B 公司在人均生态足迹和生态利用效率上都比本产业的平均水平表现要好,但两个公司仍然差距明显。两相比较,A 公司的总生态足迹、人均生态足迹、生态产出分别是 B 公司的 5 倍、12 倍、1/7。这意味着 B 公司以更少的生态足迹实现了更多的经济效益。这说明,第三产业的高端行业、知识型行业,完全可以比工业(即使是高新技术制造业)能更好地将生态保护和经济发展完美地结合起来,萝岗区未来产业升级以及新的开发开发区的产业选择,应该更多的偏向于这类行业。

5 结论和建议

通过对萝岗区三大产业生产性生态足迹的计算和相关实例的研究,得出以下结论和建议:

(1)农业生产具有足迹占用小、生态产出不高的特点,对于像萝岗区这样农业特色资源丰富,生态优势明显的城市新区来说,应当有条件、有规划地实现城市化,适宜农业生产和生态保护的区域应尽量保留。

(2)工业生产是萝岗区的支柱性产业,是促进其经济发展的主导因素,但其中生物原料占用大的传统轻工业,如服装纺织业、食品加工、造纸等,以及能源消耗多的冶炼,化工等重工业仍占有较大比重,实质上承接了大量老城区产业升级所淘汰的落后高能产业,因此,总量上看,工业生产足迹突出,生态压力显著。值得注意的是,近年来萝岗区大力提升先进制造业,稳步推进产业梯度转移,单位工业产值占用的生态足迹正逐年下降,表明通过转变工业发展模式,减少工业生态足迹有很大的潜力。

(3)本研究表明第三产业并不总是具有较少的生态不良影响,诸如餐饮业、低端物流业的生态足迹和生态产出并不理想,但第三产业的高端,如知识型行业等,可以在相对较少的生态足迹来获得较高的经济产出,发达国家占据第三产业制高点,向发展中国家转移生产性生态足迹的思路给了我们同样的启示,因此,未来萝岗区应着力发展总部经济、创意产业等高层次第三产业,推进生态高效性产业经济份额的进一步提升。

综合各方面来看,萝岗区以其较低的生态足迹消耗获得了最高的生态产出,相对于老城区,萝岗区生态承载力基础较好,提供了一定的开发余地,因此,萝岗区具有建设生态新城的良好条件,也必须建设生态型城市才能防止在开发过程中继续老城区的高消耗,低产出,劣质生活环境的老路,走出一条可持续发展的示范之路。

参考文献:

- [1]Wackernagel M, Rees W. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth [M]. Gabriola Island: New Society Publisher,1996.
- [2]广州开发区,萝岗区地方志编纂委员会. 萝岗年鉴2012 [M]. 广州:广东省出版集团,广东人民出版社,2012.
- [3]WWF. Living planet report 2012[R/OL]. http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report.
- [4]毕安平,朱鹤健,王德光. 基于区域产量法测算的福建省农业生态足迹[J]. 自然资源学报,2010,25(6):967~977.
- [5]陆伟国. 对我国饲料用粮数量的测算[J]. 中国粮食经济,1997(3):38~40.
- [6]谢鸿宇,陈贤生,杨木壮,等. 中国单位畜牧产品生态足迹分析[J]. 生态学报,2009,29(6):3264~3270.
- [7]谢鸿宇,陈贤生,林凯荣,等. 基于碳循环的化石能源及电力生态足迹[J]. 生态学报,2008,28(4):1729~1735.
- [8]郭永奇. 区域产业生态足迹变化的实证研究——以新疆为例[J]. 湖北农业科学,2013,52(8):1966~1970.

(责任编辑:罗勇)