

城市生态足迹计算与分析 ——以广州为例

郭秀锐^{1,2}, 杨居荣¹, 毛显强¹

(1. 北京师范大学环境科学研究所, 北京 100875; 2. 北京工业大学环境与能源工程学院, 北京 100022)

摘要: 生态足迹是近年来较为流行的定量测度人类对自然利用程度的新方法。生态足迹分析可定量反映城市人类活动对自然生态环境产生的压力和影响程度, 为城市生态系统研究提供了新的思路和研究方向。本文以广州市为案例, 估算 2000 年广州市的生态足迹, 并分析了 1995~2000 年间广州生态足迹动态变化过程。结果表明: 2000 年广州市生态足迹为 2.5ha/人, 当地生态承载力为 0.2ha/人, 生态足迹是生态承载力的 12 倍半; 近 5 年间万元 GDP 生态足迹逐年下降, 但人均生态足迹略有上升。这说明广州市总体上经济发展方式正逐步由粗放型转变为集约型, 但今后仍需注重提高其资源利用效率, 提倡节约型的生产和生活消费模式, 减少其生态足迹, 逐步迈向生态城市, 实现城市的可持续发展。

关键词: 生态足迹; 生态承载力; 城市可持续发展; 广州

中图分类号: F062.2; X171.4; X22 **文章编号:** 1000-0585(2003)05-0654-09

自可持续发展的概念提出以来, 定量测度可持续发展便成为重要的研究内容之一。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。如绿色国内生产总值 (绿色 GDP)、可持续的经济福利指标 (ISEW)、真实发展指标 (GPI)、可持续的晴雨表 (Barometer of Sustainability) 等^[1]。生态足迹分析方法 (ecological footprint analysis) 是近年来发展的测度生态可持续发展的定量方法, 它同时也是度量人类活动对生态系统的压力和影响的一条新途径。

生态足迹的概念是由加拿大 William Rees 教授于 1992 年首先提出的^[2], 随后他和学生 Wackernagel 博士提出具体的计算方法^[3], 并估算了 52 个国家和地区的生态足迹。自此以后, 生态足迹受到学术界的广泛关注, 很多国外学者对其理论、方法作了大量研究^[4~8]。国际生态经济学会会刊《生态经济学》杂志于 2000 年推出以生态足迹为主题的专刊, 深入讨论了生态足迹理论方法中的优缺点。国内学者近几年也对生态足迹产生了浓厚的兴趣。杨开忠等人系统地介绍了生态足迹分析法的理论框架、指标体系和计算方法, 对其应用前景作出评价^[9]; 徐中民、张志强、陈东景等人采用生态足迹的理论与方法先后对我国张掖地区 1995 年、甘肃省 1999 年、新疆自治区 1999 年、直至西部 12 省区进行了生态足迹计算与分析, 取得了一定的研究成果^[10~13]。他们的研究区域多集中于中国西部省区, 对单个城市的生态足迹研究较少。本文拟将生态足迹的理论与方法引入到城市生态系统研究中, 以城市生态足迹定量表示城市的经济活动对自然生态系统造成的压力及其

收稿日期: 2002-12-18; 修订日期: 2003-03-20

基金项目: 国家自然科学基金项目 (49771069); 广州市城市生态系统可持续发展规划项目资助

作者简介: 郭秀锐 (1976-), 女, 山西临猗县人, 博士, 讲师。主要从事城市生态学、生态经济学、环境经济学等方面的研究, 发表论文 7 篇。Email: guoxiurui@163.com

程度, 由此为城市生态建设及可持续发展提供合理的对策建议。

1 城市生态足迹的概念及内涵

人类依赖于生物圈, 生物圈为人类基本生活提供了稳定的供应: 既包括人类经济活动和生活所用的大量资源, 同化废弃物所需的生态沉积能力, 也包括许多非消费性的生命支持服务^[14]。人类对自然生态系统的这种耗用和影响程度即称为生态足迹。更形象地说, 生态足迹是指: “一只负载着人类与人类所创造的城市、工厂……的巨脚踏在地球上留下的脚印”^[15]。生态足迹分析法的思路是, 人类要维持生存必须消费各种产品、资源和服务, 人类的每一项最终消费的量都可追溯到提供生产该消费所需的原始物质与能量的生态生产性土地面积。在一定技术条件下, 要维持某一物质消费水平下的某一人口的持续生存必需的生态生产性土地的面积即为生态足迹。这是人类对生态足迹的需求, 而自然所能提供的为人类所利用的生态生产性土地面积则为生态足迹的供给 (也可作为对生态承载力的测度)。如果生态足迹的需求小于供给, 则认为人类经济社会的发展在自然生态系统承受范围之内; 相反, 如果需求大于供给, 则认为人类社会的发展处于不可持续状态。

城市是人类活动集中的地区, 也是人类活动对自然生态系统产生压力最大的区域。一个城市的生态足迹, 就是支撑该城市经济和社会发展所需要的生态上具有生产力的土地面积。应该注意到, 城市生态系统具有开放性, 城市与外界存在物质、能量和信息等方面的交换, 城市需要不断从其他地方摄入大量的物质、能量, 惟有如此才能维持城市人口的现有生活水平和生活质量。也就是说, 城市发展所需的生态生产性土地供给绝不仅仅是城市内部, 对外部供给的依赖性也很强。因此, 城市生态足迹的需求一般都会大于城市所供给的生态生产性土地面积。那么通过生态足迹需求是否大于供给来判断城市是否处于可持续发展状态显然是不可取的。但生态足迹的理论对研究城市生态系统、建设生态城市仍具有指导意义。有学者认为, 从生态足迹的理论出发, 生态城市就是指, 在保证城市各项功能正常运行和维持居民较好生活质量的前提下, 尽量减少人均生态足迹, 使城市生态足迹面积尽量缩小的城市^[16]。因此通过城市生态足迹的计算与分析, 可以定量测度城市人类活动对生态系统产生的压力和影响程度, 为城市生态建设提供新的思路 and 方向。

2 生态足迹的计算模型与方法

2.1 生态足迹的计算模型

生态足迹的计算基于以下两个基本事实: (1) 人类可以确定自身消费的绝大多数资源及其产生的废弃物的数量; (2) 这些资源和废弃物能转换成相应的生物生产面积。因此, 任何已知人口 (某个人、一个城市或国家) 的生态足迹是生产这些人口所消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的所有废弃物所需要的生物生产总面积 (包括陆地和水域)。

其计算公式为: $EF = N \cdot ef = N \cdot r_j \cdot (aa_i) = N \cdot r_j \cdot (c_i / p_i)$

式中: EF 为总的生态足迹; N 为人口数; ef 为人均生态足迹; c_i 为 i 种商品的人均消费量; p_i 为 i 种消费商品的平均生产能力; aa_i 为人均 i 种交易商品折算的生物生产面积, i 为消费商品和投入的类型; r_j 为均衡因子, 因为单位面积耕地、化石燃料土地、牧草地、林地等的生物生产能力差异很大, 为了使计算结果转化为一个可比较的标准, 有必要在每类型生物生产面积前乘上一个均衡因子 (权重), 以转化为统一的、可比较的生物生产面积, j 为生物生产性土地类型。

在生态足迹计算中,生物生产性土地主要考虑如下 6 种类型:化石燃料土地、可耕地、林地、草地、建筑用地和水域。

(1) 化石燃料土地:是指人类应该留出用于吸收 CO_2 的土地。因为 CO_2 浓度的变化对人类的生存至关重要,人类应该拿出一部分土地用于吸收 CO_2 。城市是人类活动最集中的区域,为维持城市人群的生产和生活活动,需要消耗大量的能源,也会排放大量的 CO_2 ,因而城市人群对化石燃料土地面积的需求是很大的。

(2) 可耕地:它是从生态角度看最有生产能力的生物生产性土地类型,它所能聚集的生物量是最多的。根据联合国粮农组织的报告,今天世界上平均每人的可耕地面积已不足 0.25ha。而城市耕地的缩减速率更快,随着城市的不断发展,建筑用地侵占大量耕地,城市耕地供给远远不能满足城市人群对耕地产品的需求,这就需要从外地大量输入粮食等产品。

(3) 草地:即适合于发展畜牧业的土地。全球目前大约有 33.5 亿 ha 的草地,折合人均约 0.6ha。城市各种类型土地中草地比例最小,而且大多数草地并不提供畜牧业产品,而是供人们观赏和休闲娱乐的,因而城市草地的平均生产力更小了。城市畜牧业产品的供给多是依靠从外地输入。

(4) 林地:指可产出木材产品的人造林或天然林。当然,森林还具有其它功能,如防风固沙、涵养水源、改善气候、保护物种多样性等。全球现有森林约 34.4 亿 ha,相当于人均 0.6ha 的面积。城市中的林地包括经济林和生态林(用于改善生态环境的林地)。目前全国大城市正大力提倡建设生态城市,其具体措施中包括提高城市森林覆盖率。

(5) 建筑用地:包括各类人居设施及道路所占用的土地。这类土地的世界人均拥有量现已接近 0.03ha。由于人类大部分的建筑用地都位于最肥沃的土地上,因此建筑面积的增加意味着生物生产量的明显降低。随着城市化进程的加速、城市人口增加,必然会扩大对建筑面积的需求。

(6) 水域:海洋覆盖了地球上 366 亿 ha 的面积,相当于人均 6ha。但海洋里 95% 的生态生产量归功于这 6ha 中的 0.5ha。目前海洋的生物产量已经很大,在干旱区的城市或地区中,其供给几乎为零。在水资源丰富的南方城市,水域面积的比例较大。

2.2 生态足迹供给的计算模型

在计算生态足迹的供给(生态承载力)时,由于不同国家或地区的资源禀赋不同,不仅单位面积不同类型的土地生物生产能力差异很大,而且单位面积同类型生物生产土地的生产力也有很大差异。因此,不同国家或地区同类生物生产土地的实际面积是不能直接对比的,需要对其进行调整。不同国家或地区的某类生物生产面积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)来表示。产量因子是某个国家或地区某类型土地的平均生产力与世界同类土地的平均生产力的比率,例如耕地面积的产量因子为 1.66,表明耕地的生物产出率是世界耕地平均产出水平的 1.66 倍。将现有的耕地、草地、林地、建筑用地、水域等物理空间的面积乘以相应的均衡因子和产量因子,就可以得出带有世界平均产量的世界平均生态空间面积——生态承载力。

生态承载力计算公式: $EC = N \cdot ec = N \cdot a_j \cdot r_j \cdot y_j \quad (j=1, 2, 3, \dots, 6)$

式中: EC 为区域总生态承载力; N 为人口数; ec 为人均生态承载力(ha/人); a_j 为人均生物生产面积; r_j 为均衡因子; y_j 为产量因子, $y_j = y_{ij} / y_{wj}$, y_{ij} 指某国家或区域的

j 类土地的平均生产力, y_{wj} 指 j 类土地的世界平均生产力。

3 城市生态足迹案例分析

本文选择广州为案例城市, 将城市生态足迹分析方法应用到广州生态系统分析中, 从新的思路为广州城市生态建设及实现可持续发展提供研究基础和背景状况。

广州位于珠江三角洲地区, 是华南地区的中心城市, 近年来经济持续快速增长, 综合经济实力已跃居全国十大城市的第 3 位。2000 年广州 GDP 达 2383 亿元, 人均 GDP3.43 万元^[17]。在注重经济发展的同时, 广州市政府也非常重视生态环境的建设, 为使未来广州实现建设适宜创业发展、适宜居住的生态城市目标, 对其作科学可靠的生态规划非常关键。本文用生态足迹模型计算广州市在 2000 年的消费水平下, 维持城市人群的生存和发展所必须的生物生产面积, 并与全国及世界其他国家的人均生态足迹作比较, 为广州生态规划提供了可靠的背景状况和研究依据。需要说明的是, 以下所有关于人均指标的计算值皆基于广州 2000 年常住人口数 994.3 万人得出的。

表 1 广州市域土地利用现状 (2000 年)

Tab. 1 Land use situation in Guangzhou urban area (2000)

土地类型	土地面积 (ha)	占全市总面积 (%)	人均面积 (ha/人)
耕地	165305.6	22.24	0.01663
草地	199.6	0.03	0.00002
林地	356112.9	47.90	0.03582
建设用地	117726.9	15.84	0.01184
水域	88270.4	11.87	0.00888
未利用土地	15824.6	2.13	0.00159
总计	743440	100	0.07478

资料来源: 广州市 2000 年遥感图象解译结果。

人类的生产、生活消费由两部分组成: 生物资源及能源的消费。生物资源可分为农产品、动物产品、水果和木材等几类。能源消费主要涉及如下几种: 煤、焦炭、燃料油、原油、汽油、柴油和电力。这两类资源的消费量数据均来源于广州统计年鉴 (2001)^[17]。能源消费量转化为化石燃料生产土地面积时, 采用世界上单位化石燃料生产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燃料土地面积。需要说明的是, 文中未进行贸易调整估算。一方面因为直接得到的是生物资源消费量数据, 不是生物量数据, 因而不需要用进出口贸易量进行调整; 另一方面因缺乏广州进出口及国内贸易量的详细数据, 在计算能源消费量时暂不考虑贸易商品中所含的能源贸易量。

生物资源与能源消费量确定之后, 根据生态足迹的计算公式将生物资源和能源消费转化为提供这类消费所需要的生物生产性土地面积, 结果见表 2、表 3。

通过计算汇总, 得出广州市 2000 年生态足迹的需求及供给的最终结果, 见表 4。其中生态足迹的需求部分是前面计算的汇总。均衡因子的选取来自世界各国生态足迹计量研究报告。而生态足迹的供给则反映广州本地的资源供给能力, 本研究采用的产量因子是 Wackernagel 文献中计算中国生态足迹时的产出因子取值的 2 倍 (通过统计年鉴的数据估算, 可认为广州市土地生产力约为全国的 2 倍左右)。同时出于谨慎考虑, 在计算广州生态足迹的供给时扣除了 12 % 的生物多样性保护面积。

表 2 广州市生物资源消费生态足迹 (2000 年)

Tab. 2 Calculations of ecological footprint of biotic resources in Guangzhou city (2000)

生物资源	全球平均产量 (kg/ ha)	城市居民 消费量 (t)	农村居民 消费量 (t)	总消费量 (t)	总生态足迹 (ha)	人均生态足迹 (ha/ 人)	生产面积 类型
粮食	2744	492800. 9	277089. 9	769890. 8	280572. 4	0. 04004	耕地
食用植物油	431	52247. 22	9610. 52	61857. 74	143521. 4	0. 02048	耕地
鲜菜	18000	999792. 4	240002	1239794. 4	68877. 47	0. 00983	耕地
猪肉	74	145131. 2	-	145131. 2	1961232	0. 27990	耕地
牛羊肉	33	24511. 04	-	24511. 04	742758. 8	0. 10600	草地
鲜蛋	400	72243. 06	6314. 56	78557. 62	196394	0. 02803	耕地
肉禽类	764	206408. 8	68317. 94	274726. 74	359589. 9	0. 05132	草地
水产品	29	256720. 9	26400. 4	283121. 3	9762803	1. 39331	水域
食糖	4997	15480. 66	2871. 73	18352. 39	3672. 682	0. 00052	耕地
鲜瓜果	18000	266396. 3	-	266396. 3	14799. 79	0. 00211	耕地
鲜奶	502	62567. 65	-	62567. 65	124636. 8	0. 01779	草地
木材	1. 99m ³ / ha	-	-	147265m ³	74002. 51	0. 00744	林地

注：木材总消耗量中包括商品林消耗、生态林消耗、自然枯损消耗。

表 3 广州市能源消费生态足迹 (2000 年)

Tab. 3 Calculations of ecological footprint of energy consumption in Guangzhou city (2000)

能源 类型	消费量 (10000t 标煤)	折算 系数 (GJ/ t)	人均 消费量 (GJ/ 人)	全球平均 能源足迹 (GJ/ ha)	广州人均 生态足迹 (ha/ 人)	生物生产性 土地类型
原煤	1013. 57	20. 934	21. 3397	55	0. 3880	化石燃料土地
洗精煤	28. 62	20. 934	0. 60257	55	0. 0110	化石燃料土地
焦炭	17. 41	28. 47	0. 49850	55	0. 0091	化石燃料土地
原油	942. 08	41. 868	39. 6691	93	0. 4267	化石燃料土地
汽油	- 83. 83	43. 124	- 3. 6358	93	- 0. 0391	化石燃料土地
煤油	23. 05	43. 124	0. 99971	93	0. 0108	化石燃料土地
柴油	- 142. 74	42. 705	- 6. 1307	93	- 0. 0659	化石燃料土地
燃料油	297. 28	50. 2	15. 0090	71	0. 2114	化石燃料土地
液化石油气	5. 28	50. 2	0. 26658	71	0. 0038	化石燃料土地
天然气	1. 33	38. 978	0. 05214	93	0. 0006	化石燃料土地
其他石油制品	2. 51	41. 868	0. 10569	93	0. 0011	化石燃料土地
电力	20. 46	11. 84	0. 24364	1000	0. 0002	建筑用地
其他能源	8. 36	36. 19	0. 30426	71	0. 0043	化石燃料用地

注：化石燃料土地在前文已有说明，指人类应该留出用于吸收 CO₂的土地。

表中消费量数据是指可供本地区消费的能源量。汽油、柴油的的消费量为负值是因为，它们由原油转化而来，原油消费量中已包含其消费量，因而要扣除掉。同样，未包括热力资源消费也因为热力全部由火力发电转化而来，原煤消费量中已将其包含在内。

表 4 广州市生态足迹的需求与供给 (2000 年)

Tab. 4 The demand and supply of ecological footprint in Guangzhou city (2000)

土地类型	生态足迹的需求			土地类型	生态足迹的供给		
	总面积 ha/ 人	均衡因子	均衡面积 ha/ 人		总面积 ha/ 人	产量因子	均衡面积 ha/ 人
耕地	0.4074	2.8	1.141	耕地	0.0166	2.24	0.104
草地	0.1862	0.5	0.093	草地	0.00002	3.29	0.00003
林地	0.0074	1.1	0.008	林地	0.0358	1.2	0.047
建筑用地	0.0002	2.8	0.001	建筑	0.0118	2.24	0.074
水域	1.2183	0.2	0.244	水域	0.0089	1.0	0.002
化石燃料	0.9614	1.1	1.058	CO ₂ 吸收	0	0	0
总生态足迹			2.544	总供给面积			0.227
				生物多样性保护 (12%)			0.027
				总生态承载力			0.200

可以看到，2000 年广州市的生态足迹为 2.5ha/ 人，而当地人均生态承载力为 0.2ha/ 人，其生态足迹是当地生态承载力的 12 倍半。这同里斯教授和其课题组在对世界上其它城市的生态足迹计算结果是一致的，几乎所有城市都占有比其自身行政面积（可代表生态承载力的大小）大得多的生态足迹。发达国家城市的生态足迹更是数倍乃至数十倍于其自身的城市面积。这说明，随着国际贸易和国内贸易的进行，就发达国家而言，它们需要从发展中国家输入生态足迹；就城市而言，它们需要从农村、郊区输入生态足迹。那么广州市要保持现有的生活水准，很大程度上要依赖外部输入，需要通过国际贸易和国内贸易从不发达地区输入生态足迹，这实际上加重了不发达地区的生态恶化。

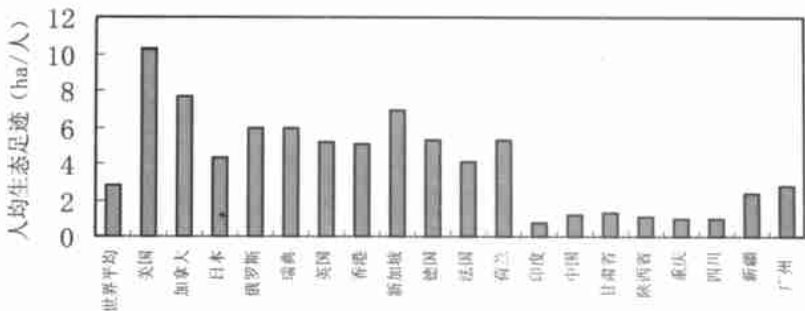


图 1 一些国家和地区生态足迹比较

Fig. 1 Comparison of ecological footprint among several countries and provinces

资料来源：Wackernagel 等 1997 年 11 月对 52 个国家生态足迹计算的更新表^[18]。甘肃、陕西、重庆、四川、新疆等的生态足迹计算结果来源于张志强等，2001^[13]。

纵观世界各国的生态足迹水平（见图 1），目前广州市的人均生态足迹比世界平均生态足迹水平（2.8ha/ 人）略低，远高于中国平均水平（1.2ha/ 人）及中国西部省份的生态足迹，但比发达国家和中国的香港要低很多。不难看出，发达国家或地区居民的生态足迹

普遍比不发达国家或地区居民的生态足迹要高。这说明,生态足迹水平与经济发展水平有关。经济越发达的地区所占用的生态足迹面积也越大。

因此,为减少全球的资源消耗,促进全球的可持续发展,发达国家、富裕城市和富裕地区必须尽可能减少其占有的生态足迹面积,只有这样才能减少其对自身资源的消耗,同时亦有助于减少不发达地区生态足迹的输出,缓解不发达地区的生态恶化程度。这样将大大有助于减少自然界物质和能量的损耗,推进全球的可持续发展。广州作为国内经济发达的富裕城市,也应尽量减少其占有的生态足迹面积,降低自身资源的消耗及对国内有关贫困地区的生态压力,在国内、国际城市中作出表率作用,推进全国可持续发展乃至全球的可持续发展。

4 广州城市生态足迹的动态变化趋势

采用上述的生态足迹计算方法,以广州统计年鉴(1996~2001)的数据为基础,分别计算了1995~2000年的生态足迹,以此来分析广州的生态足迹变化趋势(见图2、图3)。

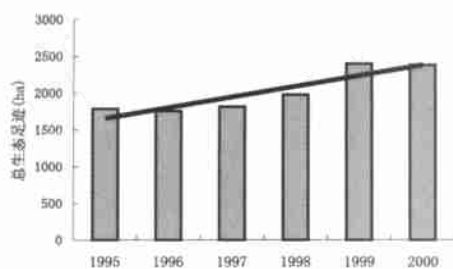


图2 广州市总生态足迹动态变化过程

Fig. 2 The variation of total EF Guangzhou city

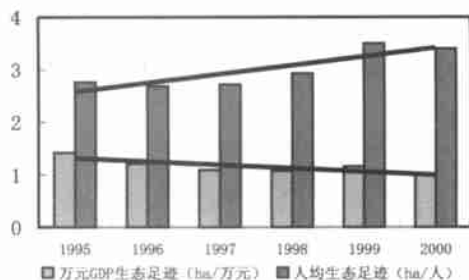


图3 广州市人均生态足迹与万元

GDP生态足迹变化过程

Fig. 3 The variation of EF per cap and per of 10000 GDP of Guangzhou city

可看出,1995~2000年间广州市总生态足迹呈增长趋势,人均生态足迹也略呈上升趋势,而万元GDP生态足迹呈较明显的下降趋势。这说明,广州市总体上经济发展的资源利用方式在逐步由粗放型、消耗型转为集约型、节约型。但是生产活动中还应进一步注重提高资源转化效率,人们生活消费也还没有迈入生态节约型的消费模式,需要进行广泛的生态文化宣传,在全社会提倡生态消费。

生态足迹的理论分析表明,生产和生活消费模式是影响城市生态足迹大小的关键因素。有学者曾对人均消费水平与人均生态足迹的关系作过研究,发现发达国家居民的生态足迹面积普遍较高,这与其生活模式和消费方式呈正比关系。高消费的生活模式实际上是在浪费土地、森林、能源和矿产资源,直接导致了人均生态足迹的扩大。

因此,为减少人均生态足迹,目前广州市的当务之急是高效利用现有资源量,改变人们的生产和生活消费方式,建立资源节约型的社会生产和消费体系,这也是生态型城市极力推崇的生态消费方式。

5 结语与讨论

从以上对生态足迹的概念、计算模型的介绍以及对案例城市生态足迹的计算和分析可以看出,生态足迹是一种测量和比较人类经济系统对自然生态系统服务的需求和自然生态系统的承载力之间差距的生物物理测量方法。将生态足迹模型运用到城市生态系统研究中,可测定一定的社会发展阶段和一定技术条件下,城市发展带给自然系统的压力和影响程度,以及城市居民的生产、生活需求与自然系统供给之间的差距,为城市生态建设和城市可持续发展研究提供新的思路 and 方向。

但是,我们也应该充分认识到生态足迹模型的缺点:(1)该模型中只考虑了经济产品和社会服务能的耗费,而未注意生态产品和生态服务能的耗费,而且在考虑资源的消费时,只注意了资源的直接消费而未考虑间接消费;(2)生态足迹计算模型只是一个静态模型,它不能预测未来,不能反映人类活动的方式、管理水平的提高和技术的进步等因素的影响;(3)生态足迹计算结果的准确性还有待进一步提高,如,计算中将生产能力差异很大的耕地、化石燃料土地、草地、林地等转化为可比较的生物生产性面积时,采用乘以转化因子(均衡因子和产量因子)的方法,使该模型在研究方法上本身存在着很大的不足。转化因子的确定显然假定了不同的生物生产面积之间固定的替代弹性。实际上,它们之间的环境影响是不可互相替代的,而且该转化因子的确定主要考虑生物物理方面的因素,并未考虑长期的技术潜力和社会方面的权重。另外,测算中能源、生物资源等消费量数据的可靠性也值得重视,统计年鉴容易获取,且能提供相对可靠的数据,但有的与实际消费量有差距,需要用其它补充数据加以修正。

参考文献:

- [1] 徐中民,程国栋,张志强.生态足迹分析方法:可持续定量研究的新方法——以张掖地区1995年的生态足迹计算为例.生态学报,2001,21(9):1484~1493.
- [2] William E R. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. Environ. Urban, 1992, (4): 121~130.
- [3] Wackernagel M, William E R. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, New Society Publishers, 1996.
- [4] Ferng J J. Using composition of land multiplier to estimate ecological footprints associated with production activity. Ecological Economics, 2001, 37: 159~172.
- [5] Fricker A. The ecological footprint of New Zealand as a step towards sustainability. Futures, 1998, 30(6): 559~567.
- [6] Bicknell KB, Ball R J, Cullen R, et al. New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. Ecological Economics, 1998, 27: 149~160.
- [7] Lenzen M, Murray S A. A modified ecological footprint method and its application to Australia. Ecological Economics, 2001, 37: 229~255.
- [8] Haberl H, Erb K H, Krausmann F. How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Australia 1926 - 1995. Ecological Economics, 2001, 38: 25~45.
- [9] 杨开忠.生态足迹分析理论与方法.地球科学进展,2000,15(6):630~636.
- [10] 徐中民,张志强,程国栋.甘肃省1998年生态足迹计算与分析.地理学报,2000,55(5):607~615.
- [11] 陈东景,徐中民.生态足迹理论在我国干旱区的应用与探讨——以新疆为例.干旱区地理,2001,24(4):305~309.
- [12] 陈东景,徐中民,程国栋,等.中国西北地区的生态足迹.冰川冻土,2001,23(2):164~169.

- [13] 张志强,徐中民,程国栋,等. 中国西部 12 省(区市)的生态足迹. 地理学报,2001,56(5): 599 ~ 610.
- [14] 欧阳志云,王如松,赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价. 应用生态学报. 1999,10(5): 635 ~ 640.
- [15] William E R. Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability. In: Wackernagel M. ed. Ecological Footprints of Nations[R/OL]. <http://www.ecouncil.ac.cr/rio/focus/report/english/footprint/>,1996.
- [16] 沈国明,诸大建主编. 生态型城市与上海生态环境建设. 上海:上海社会科学院出版社,2001.
- [17] 广州统计局编. 广州统计年鉴(2001). 北京:中国统计出版社,2001.
- [18] Wackernagel M, *et al.* Ecological footprints of nations: how much nature do they use? —how much nature do they have? The Earth Council, San Jose, Costa Rica, March 1997.

Calculation and analysis of urban ecological footprint : a case study of Guangzhou

GUO Xiu-rui^{1,2}, YANG Ju-rong¹, MAO Xian-qiang¹

(1. Institute of Environmental Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. College of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: Human is dependant on biosphere, which provides steady supplies to human life, including not only economic activities and resources used on life, ecological aggradations capacity of assimilating waste materials, but also many non-consuming life-supporting services. This consumption and affecting extent of human activities on natural ecosystems is called "Ecological Footprint(EF)". EF is a new prevailing method to quantify the stress on natural ecosystems from human activities in recent years.

To introduce EF analysis into urban ecosystem research is a new idea and direction, for it can quantify the pressure and effect of urban economic activities on natural ecosystems, by which we can judge the health situation of urban ecosystems. Numerous papers dealing with EF have been published in China in recent years, but few of them on urban EF studies.

This paper estimated the present EF and analyses the trends of change in the past 5 years by taking Guangzhou city as a case. The results indicated that, Guangzhou's EF and carrying capacity in 2000 are 2.5 ha/cap and 0.2 ha/cap respectively. And during 1995-2000 EF per ten thousand yuan GDP tends to decrease, while EF per capita tends to increase. This shows that Guangzhou economic development model is transferring from extensive to intensive, but policy makers should focus on improving use efficiency of resources, calling for saving pattern in human production and consumption, and trying lessening EF in the future ecological construction, which can make Guangzhou step toward eco-city and achieve sustainable development.

Key words: ecological footprint; ecological carrying capacity; urban sustainable development; Guangzhou