

杭州市生态足迹计算与分析

章 鸣, 叶艳妹

(浙江大学东南土地管理学院, 浙江 杭州 310029)

摘要: 研究目的: 评价和度量可持续发展的状况及可持续发展的程度, 为制定政策, 促进可持续发展提供依据。研究方法: 生态足迹理论和计算方法。研究结论: 对杭州市 1995 年~2002 年生态足迹的计算与分析, 表明杭州市的人均生态足迹从 1995 年的 1.3491 *ha* 增加到 2002 年的 1.7709 *ha*, 8 年增加了 31.26%, 而同期的人均生态承载力从 0.6563 *ha* 减少到 0.6130 *ha*, 8 年减少了 6.60%。生态赤字呈逐年递增趋势, 万元 GDP 的生态足迹则呈逐年递减趋势。

关键词: 可持续发展; 生态足迹; 生态承载力; 生态赤字; 杭州市

中图分类号: F062.2; F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1001-8158(2004)04-0025-06

Ecological Footprints of Hangzhou City

ZHANG Ming, YE Yan-mei

(College of Southeastern Land Management, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: The theory and methodology of ecological footprint was introduced in this paper and Hangzhou City was taken as a case study to measure and assess progress of sustainable development. By calculating the ecological footprints of Hangzhou City in theory, The paper shows that the ecological footprints per capita increased from 1.35 *ha* in 1995 to 1.77 *ha* in 2002 with a rise rate of 31.26%, in the mean time, the ecological capacity of land per capita decreased by 6.60%, from 0.65 *ha* in 1995 to 0.61 *ha* in 2002. The ecological footprint deficit mounted continually, and the ecological footprint of ten-thousand yuan of GDP decreased in past eight years.

Key Words: sustainable development; ecological footprint; ecological capacity; deficit; hangzhou city

1 问题的提出

可持续发展已被各国政府认同为可接受的发展模式。但是, 作为哲学理念被接受的可持续发展与能进入操作层次的可持续发展模式之间依然有着很大的距离, 需要很长时间的探讨。其中如何评价可持续发展的状况和可持续发展的程度, 也就是可持续发展应该由哪些指标来表征, 以及如何通过这些指标来评估目前的发展是否具有可持续性, 是一个关系可持续发展理论体系是否完善和可持续发展是否具有价值的问题。

现有的可持续发展的各种指标及其计算方法都通过评价自然环境、经济和人文系统的表现来反映一定的政策对环境、经济、社会的影响。对目前国际上现有的可持续发展的各种指标及其计算方法的内涵和特点进行分析, 不难发现这些指标体系及其计算方法主要可分为以下 3 类:

收稿日期: 2004-05-07

基金项目: 国家重点社科基金资助项目“沿海发达地区资源节约与环境保护对策研究(03AJY003)。”

第 1 作者: 章鸣(1979~), 男, 浙江松阳人, 硕士研究生。主要研究方向为土地利用规划和管理。

1.1 系统理论和方法指导构建的指标体系

联合国可持续发展委员会(UNCSD)建立的“驱动力—状态—响应”(DSR)指标体系,依据《21世纪议程》分经济、环境、社会和制度指标体系4大类,共包括140多个指标,其分析可持续发展体系的框架是压力—状态—反映,表明了系统的自然属性。这是目前较有影响且得到较广泛应用的可持续发展评价工具。还有Prescott-Allen提出的“可持续性的晴雨表”(barometer of sustainability)模型。中国科学院可持续发展研究组提出的“中国可持续发展指标体系”更是采用系统理论和方法构建指标体系的代表。

1.2 基于环境经济学方法的指标体系

世界银行的“国民财富”指标和当前一些发达国家对国民经济账户体系的纠正而产生的指标体系,以“绿色净国内生产总值”(绿色GDP)、Daly等的“可持续经济福利指数”(ISEW)、Cobb等提出的“真实发展指标”(GPI)为代表。

1.3 具体的生物物理量衡量指标

以Wackernagel等完善的“生态足迹”(ecological footprint)概念及其计算模型为代表。

基于系统理论和方法的指标体系结构过于复杂,操作性不强;如果从可持续性角度思考,基于环境经济学方法的指标体系并不能真正反映发展的持续性,而且自然资本、社会资本及人力资本的货币化比较困难;而采用具体的生物物理量的衡量指标不采用货币化估计,具有可理解和可操作性的优点,易于尝试。

杭州市地处中国东南沿海,自然环境和区位条件优越。在创建国家环保模范城市、国际花园城市的基础上,提出了“构筑大都市、建设新天堂”和“环境立市”的战略目标,并明确提出2010年建成生态市。本文通过对杭州市1995年~2002年生态足迹的计算和分析,定量评价杭州市的可持续发展状况,以期对杭州市的发展规划提供科学参考。

2 杭州市生态足迹的计算与分析

2.1 杭州市生态足迹计算说明

根据对全面反映杭州市社会经济发展状况的《杭州统计年鉴》(1995年~2002年)的深入分析,用生态足迹计算方法从两个方面对杭州市的生态足迹进行了计算:第一,生物资源的消费;第二,能源的消费。

生物资源消费分为农产品、动物产品、林产品、水果和木材等大类,大类下有一些细分类。生物资源生产面积折算的具体计算中,采用联合国粮农组织1993年计算的有关生物资源的世界平均产量资料(采用这一公共标准主要是为了使计算结果可以进行国与国、地区与地区之间的比较),将杭州市的消费转化为提供这类消费需要的生物生产面积。生物资源消费采用的计算方法:

$$EF_i = (P_i + I_i - E_i) / Y_{average}$$

式中, EF_i 为*i*种资源的消费的足迹, P_i 为*i*种生物资源的总生产量; I_i 和 E_i 为*i*种资源消费的进口和出口量; $Y_{average}$ 为世界上*i*种生物资源的平均产量。

能源平衡帐户部分根据资料处理了如下几种能源:煤、焦炭、燃料油、原油、汽油、柴油和电力等。计算足迹时将能源的消费转化为化石燃料生产土地面积。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。

各种生物资源和能源消费的足迹构成了整个地区的生态足迹。

表1是杭州市2002年生态足迹的计算结果,由生态足迹的需求与可供给的生物生产土地面积(生态承载力)两部分组成。由于单位面积耕地、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,有必要在每种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。均衡因子的选取来自世界各国生态足迹的报告。在供给方由于各国或地区的各种生物生产面

积的产出差异很大,在转化成生物生产面积时分别乘了一个产出因子。耕地、林地和水域的产出因子分别根据稻谷、原木和水产品产量来确定,由于建筑用地大多要占用耕地,因此其产出因子和耕地相同。杭州市耕地面积的产出因子取为 2.10,表明杭州市耕地的生物产出率是世界平均水平的 2.10 倍。同时出于谨慎考虑。在耕地生态承载力计算时,扣除了 12% 的生物多样性保护面积。由于杭州市没有大面积的草地,因此对草地的供给不予考虑。

表 1 杭州市 2002 年生态足迹计算结果 (ha/人)

Tab. 1 Ecological footprint of Hangzhou city in 2002 (ha per capita)

人均生态足迹的需求(DEF)				人均生态足迹的供给(SEF)			
土地类型	总面积	均衡因子	均衡面积	土地类型	总面积	产出因子	均衡面积
耕地	0.1054	2.8	0.2950	耕地	0.0520	2.1	0.3060
林地	0.0918	1.1	0.1009	林地	0.1590	1.4	0.2449
草地	0.8728	0.5	0.4364	草地	0.0000		0.0000
化石燃料	0.7209	1.1	0.7930	CO ₂ 吸收	0.0000		0.0000
建筑用地	0.0053	2.8	0.0149	建筑用地	0.0183	2.1	0.1078
水域	0.6531	0.2	0.1306	水域	0.0223	8.5	0.0380
总需求足迹			1.7709	总供给足迹			0.6966
				生物多样性保护(12%)			0.0836
				总可利用足迹			0.6130
				生态盈余(亏损)			-1.1579

2.2 计算结果分析

从杭州市生物资源的多年平均消费看(表 2),水产品的人均生态足迹最大,为 0.4903 ha,其次为猪肉和禽蛋。整个生物资源的多年人均生态足迹为 1.5681 ha,其中粮食的消费只占 5.85%。从生态足迹的多年平均变化看,兔肉的多年平均变化率最高为 109.47%,其次是水果和水产品,变化率分别为 39.06% 和 11.28%。粮食的生态足迹呈不断减少的趋势。这反映了人民生活水平的提高所带来的消费结构的改变。

从杭州市能源的多年平均消费看(表 3),原煤的生态足迹最大,为 0.4758 ha,占多年能源平均消费的 84.34%。其次是焦炭和洗精煤,分别占 8.95% 和 1.92%。从多年平均变化看,热力和电力的增长幅度最大,分别达到 23.44% 和 16.41%,其次是原煤,年增长率为 9.70%。从杭州市多年的能源消费的情况看,原煤是生产和生活中最主要的能源,而且其需求还有不断增加的趋势。由于杭州市的能源基本上来源于外界,因此其经济发展对外部有很大的依赖性。从各类用地的多年平均生态足迹看(表 4),化石能源用地的生态足迹占总生态足迹的比例最大为 39.78%,其次为耕地和草地,分别占了 23.45% 和 22.91%。这也反映出在杭州市当前的经济结构中,工业仍然占据比较高的比重。

比较杭州市历年的生态足迹和生态承载力(表 5),可以反映该地区的人们对本地区的自然生态系统所提供的产品和服务的需求是否超过了其供给能力,当前的经济发展是否处于可持续的状态。从图 1 可以看出,杭州市人均生态足迹呈不断增加的趋势,1995 年~2002 年人均生态足迹从 1.3491 ha 增加到 1.7709 ha,8 年时间增加了 31.26%,而同期生态承载力从 0.6563 ha 降为 0.6130 ha,减少了 6.60%。同期的生态赤字也是呈现不断上升的趋势。1999 年杭州市的人均生态足迹、生态承载力和生态赤字分别为 1.5712 ha、0.6310 ha 和 0.9402 ha。同期世界的平均水平分别为 2.4 ha、2.0 ha 和 0.4 ha,中国的平均水平分别为 1.5 ha、0.6 ha 和 0.9 ha。杭州市的

表2 杭州市不同年份生物资源消费的生态足迹 (ha/人)

Tab. 2 Ecological footprints of biotic resources consumed in Hangzhou city (ha per capita)

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
稻谷	0.0858	0.0846	0.0853	0.0837	0.0748	0.0798	0.0540	0.5000	0.0747
小麦	0.0095	0.0114	0.0135	0.0098	0.0125	0.0095	0.0040	0.0045	0.0093
玉米	0.0014	0.0016	0.0017	0.0020	0.0020	0.0024	0.0027	0.0027	0.0021
番薯	0.0008	0.0009	0.0009	0.0010	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010
大豆	0.0042	0.0037	0.0036	0.0044	0.0049	0.0058	0.0054	0.0049	0.0046
油菜籽	0.0055	0.0058	0.0054	0.0038	0.0053	0.0070	0.0067	0.0053	0.0056
糖料	0.0014	0.0013	0.0013	0.0013	0.0015	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015
蔬菜	0.0156	0.0159	0.0163	0.0182	0.0197	0.0211	0.0220	0.0233	0.0190
水果	0.0009	0.0009	0.0011	0.0008	0.0012	0.0010	0.0035	0.0034	0.0016
茶叶	0.0033	0.0032	0.0034	0.0036	0.0040	0.0040	0.0039	0.0040	0.0037
桑蚕	0.0022	0.0012	0.0012	0.0014	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0016
猪肉	0.3317	0.3227	0.3406	0.3588	0.3744	0.4043	0.4333	0.4542	0.3775
牛肉	0.0033	0.0031	0.0043	0.0043	0.0040	0.0037	0.0044	0.0053	0.0040
羊肉	0.0114	0.0114	0.0130	0.0119	0.0126	0.0137	0.0154	0.0203	0.0137
兔肉	0.0003	0.0001	0.0001	0.0002	0.0003	0.0008	0.0041	0.0027	0.0011
禽肉	0.2145	0.2311	0.2587	0.2233	0.2793	0.3055	0.3347	0.3613	0.2761
禽蛋	0.0224	0.0221	0.0215	0.0185	0.0230	0.0244	0.0258	0.0096	0.0209
牛奶	0.0132	0.0134	0.0121	0.0106	0.0125	0.0129	0.0144	0.0169	0.0132
绵羊毛	0.0039	0.0038	0.0031	0.0030	0.0028	0.0024	0.0022	0.0023	0.0029
木材	0.1316	0.1095	0.1079	1.1569	0.1141	0.1191	0.1047	0.1057	0.2437
水产品	0.3650	0.3759	0.4097	0.4587	0.4840	0.5452	0.6308	0.6531	0.4903

表3 杭州市不同年份能源消费的生态足迹 (ha/人)

Tab. 3 Ecological footprints of energy consumed in Hangzhou city (ha per capita)

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
原煤	0.3609	0.3556	0.3832	0.4588	0.4764	0.6208	0.5449	0.6060	0.4758
洗精煤	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0274	0.0283	0.0027	0.0277	0.0108
焦炭	0.0426	0.0445	0.0405	0.0472	0.0479	0.0627	0.0573	0.0612	0.0505
汽油	0.0044	0.0042	0.0040	0.0027	0.0026	0.0029	0.0026	0.0028	0.0033
煤油	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0002	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003
柴油	0.0056	0.0056	0.0057	0.0052	0.0066	0.0078	0.0067	0.0076	0.0064
燃料油	0.0095	0.0112	0.0118	0.0100	0.0117	0.0108	0.0097	0.0106	0.0107
液化石油气	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000	0.0044	0.0048	0.0045	0.0047	0.0024
热力	0.0012	0.0012	0.0014	0.0019	0.0021	0.0032	0.0025	0.0032	0.0021
电力	0.0010	0.0010	0.0010	0.0012	0.0031	0.0022	0.0056	0.0021	0.0019

人均生态足迹低于世界平均水平是由于当前的经济水平还相对较差,而生态承载力大大低于世界平均水平很大原因是人口过多。从各地类的多年平均生态足迹供需情况看,除了林地和建筑用地尚处于生态盈余状态外,

表 4 杭州市不同年份的生态足迹 (ha/人)

Tab. 4 Ecological footprints of Hangzhou city from 1995 to 2002 (ha per capita)

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
耕地	0.3824	0.3824	0.3896	0.3750	0.3689	0.3858	0.3261	0.2950	0.3632
林地	0.1216	0.1011	0.0989	0.1024	0.1066	0.1116	0.0994	0.1009	0.1053
草地	0.3005	0.3040	0.3268	0.3157	0.3546	0.3840	0.4172	0.4364	0.3549
建筑用地	0.0062	0.0061	0.0067	0.0088	0.0095	0.0152	0.0224	0.0149	0.0112
化石能源	0.4655	0.4634	0.4917	0.5767	0.6349	0.8125	0.6916	0.7930	0.6162
水域	0.0730	0.0752	0.0819	0.0917	0.0968	0.1090	0.1262	0.1306	0.0981
总足迹	1.3491	1.3322	1.3957	1.4703	1.5712	1.8181	1.6829	1.7709	1.5488

其他地类都不同程度地出现生态赤字。从杭州市的生态赤字和其不断增加的趋势可以看出当前的经济发展可能处于一种不可持续的状态,是以对自然资源的过度掠夺为代价的。

为反映资源的利用效率,计算了杭州市每万元 GDP 生态足迹(图 2)。每万元 GDP 的生态足迹需求大,反映资源的利用效率低,反之,则资源的利用效率高。从图 2 可以看出杭州市每万元 GDP 的生态足迹呈下降趋势,说明杭州市在经济发展中对资源的利用效率在提高。1999 年杭州市的 GDP 的生态足迹为 0.79 ha,远低于全国 2.037 ha 的平均水平。

表 5 杭州市不同年份的生态承载力 (ha/人)

Tab. 5 Ecological capacities of Hangzhou city (ha per capita)

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
耕地	0.3624	0.3516	0.3416	0.3336	0.3241	0.3201	0.3122	0.3060	0.3314
林地	0.2565	0.2554	0.2542	0.2534	0.2524	0.2501	0.2477	0.2449	0.2518
建筑用地	0.0871	0.0902	0.0946	0.0979	0.1005	0.1023	0.1048	0.1078	0.0981
水域	0.0398	0.0401	0.0399	0.0403	0.0401	0.0396	0.0388	0.0380	0.0396
多样性保护	0.0895	0.0885	0.0876	0.0870	0.0860	0.0854	0.0844	0.0836	0.0856
总足迹	0.6563	0.6488	0.6427	0.6381	0.6310	0.6266	0.6190	0.6130	0.6345

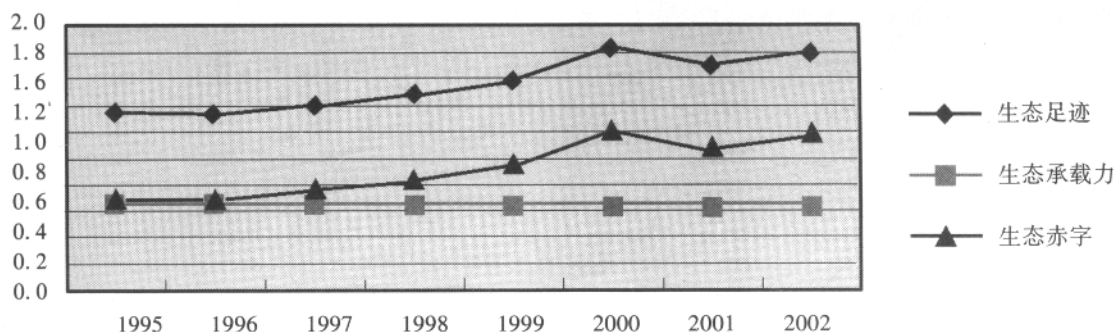


图 1 杭州市历年生态足迹供需变化 (ha/人)

Fig. 1 Changes of ecological footprint, Hangzhou city (ha per capita)

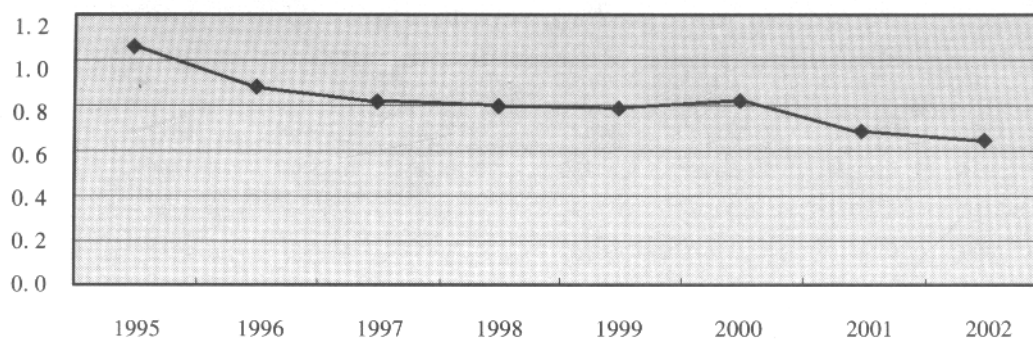


图2 杭州市 GDP 的生态足迹变化情况 (ha/万元 GDP)

Fig.2 Changes of ecological footprint GDP in Hanzhou city (ha/)

3 结语

由上述对杭州市生态足迹的实证计算和分析可以看到,生态足迹的概念模型通过引入生物生产面积的概念为自然资源核算提供了一种简单框架,提供了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。

为缓解杭州市日益增加的生态赤字,有必要采取相应的措施:

(1)控制人口增长速度以减少新增人口的资源消耗。

(2)采用新的生产技术,提高单位土地的生物产量,从而提高生态系统的承载力。

(3)通过循环利用、节能技术等措施,高效利用资源和生态土地。杭州市的矿产资源贫乏,燃料矿产大多靠外地输入,因此更要注重资源的集约、高效利用。

(4)改变传统的生产消费方式。关闭和淘汰技术落后、高耗能、高污染的企业,积极鼓励企业实行清洁生产,减少对生态系统的危害。

参考文献(References):

- [1] 徐中民,张志强.度量可持续发展指标的分类和评价[J].西北师范大学学报(自然科学版),2000,36(4):82~87.
- [2] 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[J].干旱区地理,2001,24(4):305~309.
- [3] 白艳莹,王效科.苏南徐州—无锡—常州地区的生态足迹[J].资源科学,2003,25(6):33~36.
- [4] 徐中民,张志强,程国栋.甘肃省1998年生态足迹计算与分析[J].地理学报,2000,55(5):607~616.
- [5] 张志强,徐中民.中国西部12省(区市)的生态足迹[J].地理学报,2001,56(5):599~609.
- [6] 徐中民.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.
- [7] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. Ecological Footprint of Nations[R]. commissioned by the earth council for the Rio +5 forum, International council for local environmental Initiatives, Toronto, 1997:10~21.