

西安市 2004 年生态足迹分析

张秋花,薛惠锋,寇晓东,吴介军

(西北工业大学 自动化学院,陕西 西安 710072)

[摘 要] 为了给西安市的可持续发展提供可行的理论依据,在介绍生态足迹的概念和计算方法的基础上,以 2005 年西安市统计年鉴的数据为依据,对西安市的生态足迹进行了实证研究。结果表明,西安市人均生态足迹为 1.07 hm^2 ,可利用的人均生态承载力为 0.23 hm^2 ,人均生态赤字为 0.84 hm^2 ,较大的生态赤字反映出目前西安市对生物生产土地面积的需求量已经严重超过区域生态系统的承载能力,区域生态系统处于过度开发利用压力之下,其发展模式处于一种不可持续的状态,最后提出了减缓西安市生态赤字的对策。

[关键词] 生态足迹;生态承载力;生态赤字;可持续发展;西安市

[中图分类号] Q14

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)10-0110-05

Analysis on ecological footprint of Xi 'an in 2004

ZHANG Qiu-hua, XUE Hui-feng, KOU Xiao-dong, WU Jie-jun

(College of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi 'an, Shaanxi 710072, China)

Abstract : Based on the introduction to the concept and calculation method of ecological foot-print, the ecological footprints of Xi 'an in 2005 were calculated and analyzed according to the data of the statistical yearbook. The results showed that the ecological footprint per capita was 1.07 hm^2 , the ecological carrying capacity per capita was 0.23 hm^2 and the ecological deficit per capita was 0.84 hm^2 . The high ecological deficit showed that the human load had already gone beyond the regional bio-capacity and the regional natural ecosystem was under great pressure of human activities. The development mode of Xi 'an was in an unsustainable status. Finally a series of measures to reduce ecological deficit based on the analysis of result were brought forward as well.

Key words : ecological footprint; ecological carrying capacity; ecological deficit; sustainable development; Xi 'an

生态足迹 (Ecological Footprint, EF) 的研究方法最初是由加拿大生态经济学家 William 于 1992 年提出,1996 年由其学生 Wackernagel 加以完善而成^[1]。生态足迹模型是一种计算人类的生态消费、衡量生态可持续性的测量工具,是对国家或地区自然资产进行核算的一种廉价而快速的计算框架,其核心观点是把人类对资源和环境的利用换算成对土地和水域面积的占用,反映资源消耗和废物吸收所需要的生产性土地面积。该方法从一个全新的角度

考虑人类及其发展与生态环境的关系,由于其科学、完善的理论基础和精简统一的指标体系,使该方法一经提出,就得到国内外学者的广泛关注和应用。Wackernagel 等^[2-4]曾对 52 个国家和地区的生态足迹进行了实证计算研究;我国于 1999 年引入了生态足迹分析理论,并很快作为一种新的理论方法被应用于分析研究一些省市和地区的可持续发展态势^[5-7]。

笔者以西安市为实例,利用 2005 年西安市统计

†收稿日期] 2006-07-25

[基金项目] 陕西省软科学研究基金项目(2005 KR65)

[作者简介] 张秋花(1982-),女,河南驻马店人,在读硕士,主要从事系统工程研究。

年鉴、世界粮农组织(FAO)数据库中的自然资源数据、生产与消费数据、土地利用数据等,对西安市2004年的生态足迹和生态承载力进行了计算,用生态足迹的理论模型对西安市2004年可持续发展状况进行了定量评价,并结合当地的实际情况提出了消除生态赤字的途径和方法,以期对西安市的可持续发展提供可行的理论依据。

1 生态足迹的概念及计算方法

生态足迹分析法是一种度量可持续发展程度的方法,通过测定现今人类为了维持自身生存而利用自然资源的量来评估人类对生态系统的影响。生态足迹的计算基于以下两条基本假设:1)人类自身消费的大多数资源、能源及其所产生的废弃物数量能够通过计算得到;2)这些资源和废弃物能折算成生产和吸纳这些资源和废弃物的生物生产性土地面积。因此,可以将任何已知人口国家或地区的生态足迹表述为生产这些人口消费的所有资源,和吸纳这些人口产生废物所需的生物生产性土地面积(biologically productive area)。

本研究将人类使用的生物生产性土地分为耕地、林地、草地、水域、建筑用地和化石能源用地6种类型。

1.1 生态足迹的计算

生态足迹指在一定技术条件及维持某一消费水平下,一定人口持续生存所必需的生物生产性土地面积,其模型计算公式如下:

$$EF = N \times ef = N \times \sum(a_{ai}) = N \times \sum(C_i / P_i)。$$

式中, EF 为区域生态系统的总生态足迹, N 为总人口数, ef 为人均生态足迹, a_{ai} 为第*i*种消费项目折算的人均生态足迹分量, C_i 为第*i*种消费项目的人均消费量, P_i 为第*i*种消费项目的全球年平均土地生产能力。

由于单位面积耕地、林地、草地、水域、建筑用地和化石能源用地的生物生产能力差异较大,为了使计算结果转化为一个可比较的标准,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、可比较的生物生产性土地面积。均衡因子的选取参考来自世界各国生态足迹的报告。参考文献[8],本研究中均衡因子的取值分别如下:耕地为2.8,建筑用地为2.8,林地为1.1,化石能源用地为1.1,草地为0.5,水域为0.2。在上述计算中,生态足迹以生物生产性土地面积来表达。

1.2 生态承载力及生态赤字/盈余的计算

生态承载力计算的基本步骤如下:

(1) 计算某个地区或国家现有条件下各类生物生产性土地面积;

(2) 计算产出因子,产出因子是一个将国家或地区同类生物生产性土地转化为可比较的面积参数,是某个国家或地区某类型土地的平均生产力与世界同类型土地平均生产力的比率^[3-4];

(3) 计算各类土地人均生态承载力,其计算公式为:

各类土地人均生态承载力 = 各类人均生物生产性土地面积 × 均衡因子 × 产出因子;

(4) 总计各类土地人均生态容量,求得总的人均生态承载力;

(5) 计算生态赤字/盈余,其计算公式为:

生态赤字/盈余 = 生态足迹 - 生态承载力。

如果区域的生态足迹超过区域生态承载力,就出现生态赤字,表明该地区的人类负荷超过了其生态容量,要满足其人口目前生活水平下的消费需求,该地区需要从地区之外进口欠缺的资源或者通过消耗自然资本以平衡生态足迹;相反,如果区域的生态足迹小于区域生态承载力,则表现为生态盈余,表明该地区生态容量足以支持其人类负荷。生态赤字用于测度地区发展的不可持续程度,生态盈余用来衡量地区发展的可持续程度。

由于不同国家或地区的各种生物生产性土地面积的产出差异较大,在转化成生物生产性土地面积时需分别乘以一个产出因子,产出因子反映了西安市土地产量与世界土地产量的比值。参考文献[9],本研究中产出因子的取值分别如下:耕地为1.66,建筑用地为1.66,林地为0.91,化石能源用地为0,草地为0.19,水域为1.00。

2 西安市生态足迹的计算与分析

参照2005年西安市统计年鉴,根据生态足迹的概念及其计算方法,笔者对西安市2004年的人均生态足迹进行了计算和分析。生态足迹主要由生物资源生态足迹和能源生态足迹两部分组成。

2.1 生物资源生态足迹

本研究中,将西安市生物资源消费分为农产品、动物产品、林产品、水产品和木材等5大类17项指标。采用2004年联合国粮农组织生物资源的世界平均产量(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、地区和地区之间的比较)^[10],将

西安市 2004 年的生物资源消费转化为提供这类消费需要的生物资源生产面积(表 1)。

表 1 西安市 2004 年的生物资源生态足迹

Table 1 Account of biological resources in the calculation of ecological footprints in Xi'an in 2004

类型 Category	全球平均产量/ (kg·hm ⁻²) Average yield	年人均消费量/ kg Consumption percapita	人均生态足迹/ hm ² Ecological footprint per capita	均衡因子 Equivalence factor	土地类型 Land category
酒 Liquor	490.0	4.024 462	0.023 0	2.8	耕地 Arable land
糖 Sugar	4 964.1	1.489 773	0.000 8	2.8	耕地 Arable land
猪肉 Pork	74.0	7.650 035	0.289 4	2.8	耕地 Arable land
牛羊肉 Beef and mutton	33.0	1.860 876	0.028 2	0.5	草地 Pasture
禽类 Poultry	400.0	2.171 166	0.015 2	2.8	耕地 Arable land
蛋类 Eggs	400.0	6.396 677	0.044 8	2.8	耕地 Arable land
牛奶 Milk	502.0	11.041 23	0.011 0	0.5	草地 Pasture
谷物 Cereal	2 762.9	134.445 2	0.112 4	2.8	耕地 Arable land
豆类 Legumes	794.6	9.510 762	0.031 8	2.8	耕地 Arable land
薯类 Potato and sweet potato	12 765.7	13.221 18	0.002 8	2.8	耕地 Arable land
水果 Fruit	6 570.5	35.083 27	0.005 4	1.1	林地 Forest
蔬菜 Vegetable	13 567.1	77.434 6	0.015 6	2.8	耕地 Arable land
油料作物 Oil crops	441.9	8.334 69	0.042 8	2.8	耕地 Arable land
坚果 Nuts	1 378.4	2.533 828	0.001 8	1.1	林地 Forest
水产品 Aquatic products	29.0	2.158 166	0.014 9	0.2	水域 Sea
木材 Wood	2.0 *	0.050 312	0.027 7	1.1	林地 Forest
棉花 Cotton	900.5	2.067 639	0.001 9	2.8	耕地 Arable land

注：*单位为 m³/hm²。表中数据来源于 2005 年西安统计年鉴,表 2 同。
Note: *Unit. m³/hm². The data in the table are from Xi'an statistics yearbook-2005, Table 2 is smae.

2.2 能源生态足迹
本研究将西安市能源消费分为:原煤、洗精煤、其他石油制品、焦炭、汽油、柴油、煤油、液化石油气、天然气、燃料油和电力 11 种。以世界上单位化石燃料生产土地面积的平均发热量为标准^[3-4],将当地能源消费消耗的热量折算成一定的化石能源用地和建筑用地面积(表 2)^[11]。

表 2 西安市 2004 年的能源生态足迹

Table 2 Ecological footprints's of ledger energy in Xi'an in 2004

类型 Category	全球平均能量产 出率/(GJ·hm ⁻¹) Average yield of energy	折算系数/ (GJ·t ⁻¹) Convert coefficient	年总消费量/ t Consumption	人均消费量/ kg Consumption percapita	人均生态 足迹/ hm ² Ecological footprint per capita	均衡因子 Equivalence factor	土地类型 Land category
原煤 Coal	55	20.934	5 175 451	0.713 8	0.298 8	1.1	化石能源用地 Fossil energy land
洗精煤 Washed coal	55	26.343	304 586	0.042 0	0.022 1	1.1	化石能源用地 Fossil energy land
其他石油制品 Other oil products	71	42.705	8 708	0.001 2	0.000 8	1.1	化石能源用地 Fossil energy land
焦炭 Coke	55	28.47	87 206	0.012 0	0.006 8	1.1	化石能源用地 Fossil energy land
汽油 Gasoline	71	43.124	19 313	0.002 7	0.001 8	1.1	化石能源用地 Fossil energy land
柴油 Diesel	71	42.705	49 891	0.006 9	0.004 5	1.1	化石能源用地 Fossil energy land
煤油 Kerosene	71	43.124	11 609	0.001 6	0.001 1	1.1	化石能源用地 Fossil energy land
液化石油气 Liquefied oil	93	50.2	62 406.945	0.008 6	0.005 1	1.1	化石能源用地 Fossil energy land
天然气 Gas	93	840.0 *	40 203 **	0.005 5	0.055 1	1.1	化石能源用地 Fossil energy land
燃料油 Fuel	71	50.2	7 111	0.001 0	0.000 8	1.1	化石能源用地 Fossil energy land
电力 Power	1000	0.003 6 ***	5.83×10 ⁹ ****	0.080 5	0.008 1	2.8	建筑用地 Building land

注：*.单位为 GJ/(万 m³)；**.单位为万 m³；***.单位为 GJ/(kw·h)；****.单位为 kw·h。
Note: *.Unit is GJ/(万 m³)，**.Unit is 万 m³，***.Unit is GJ/(kw·h)，****.Unit is kw·h.

2.3 西安市 2004 年生态足迹计算结果与分析

各种生物资源和能源消费的足迹构成了西安市 2004 年的生态足迹(表 4),同时根据西安市 2004 年 6 种类型生物生产土地面积(表 3) 计算,得到了 2004 年西安市的生态承载力(表 4)。表 4 表明,2004 年西安市的人均生态足迹为 1.07 hm²,出于慎重考虑,在计算西安市生态承载力时扣除了 12 % 的生物多样性保护面积 0.03 hm²^[5],而得到实际可利用的人均生态承载力为 0.23 hm²,可知人均生态赤字为 0.84 hm²。西安市 2004 年人均生态足迹赤字

是实际可利用人均生态承载力的 3.65 倍,假如不考虑 12 % 生物多样性保护面积,人均生态足迹赤字仍是其人均生态承载力的 3.23 倍,即至少还需要相当于 2.23 个西安市版图大的全球平均空间的生物生产性面积,才能基本维持西安市生态平衡。由此可知,随着经济的发展和人民生活水平的不断提高,西安市生物资源生产土地面积的需求量,已经严重超过区域生态系统的承载能力,生态系统处于一种生态赤字状态,表明西安市的发展模式处于一种不可持续的状态,必须引起足够重视。

表 3 西安市 2004 年生物生产土地面积

Table 3 Biologically productive area of Xi'an in 2004						万 hm ²
土地类型 Land category	耕地 Arable land	林地 Forest	草地 Pasture	水域 Sea	建筑用地 Building land	
总面积 Total area	269 908	522 548	13 181	32 298	22 174	

表 4 西安市 2004 年的生态足迹和生态承载力

Table 4 Counting results of ecological footprint and carrying capacity of Xi'an in 2004							
生态足迹的需求 Ecological footprint demand				生态足迹的供给量(生态承载力) Ecological footprint supply			
土地类型 Land category	人均面积/ hm ² per capita	均衡因子 Equivalence factor	人均均衡 面积/ hm ² Equivalence area	土地类型 Land category	人均实际 面积/ hm ² per capita	产出因子 Yield factor	人均均衡 面积/ hm ² Equivalence area
耕地 Arable land	0.207 3	2.8	0.580 44	耕地 Arable land	0.047 7	1.66	0.173 01
林地 Forest	0.031 7	1.1	0.034 87	林地 Forest	0.047 4	0.91	0.072 15
草地 Pasture	0.078 4	0.5	0.039 2	草地 Pasture	0.002 0	0.19	0.000 17
水域 Sea	0.074 4	0.2	0.014 88	水域 Sea	0.005 6	1.00	0.000 89
化石能源用地 Fossil energy land	0.360 9	1.1	0.396 99	二氧化碳吸收 CO ₂ Obsorption land	0	0	0
建筑用地 Building land	0.002 9	2.8	0.008 12	建筑用地 Building land	0.002 3	1.66	0.014 22
人均生态足迹 Ecological footprint per capita	-	-	1.07	人均生态承载力 Ecological carrying capacity per capita	-	-	0.26

根据表 4 可以得到 6 种类型生物生产土地在总的人均生态足迹中所占的比例(表 5),并由此可分析出西安市居民的生物资源消耗情况。从表 5 可以看出,在人均生态足迹中,耕地所占比例最大,为 54.00 %;其次是化石能源用地,为 36.94 %;建筑用地所占比例最小,仅 0.80 %。表明西安市对耕地和

化石能源用地的需求量较大,说明随着工业生产的迅速发展和人民生活消费水平的提高,能源消耗较多,导致了较高的生态足迹。此外,林地、草地和水域在人均生态足迹中所占的比例较小,从而有利于对森林和草地、水域的保护。

表 5 西安市 2004 年生态足迹中各类生物生产土地所占的比例

Table 5 Ratio of the ecological footprints to all land in Xi'an							%
土地类型 Land category	耕地 Arable land	林地 Forest	草地 Pasture	水域 Sea	化石能源用地 Fossil energy land	建筑用地 Building land	
比例 Percent	54.00	3.24	3.64	1.38	36.94	0.80	

3 减缓西安市生态赤字的对策

从以上对西安市 2004 年的生态足迹计算和分析可以看出,西安市生态足迹赤字的存在,主要是因为对自然资源的过度利用造成的。对于西安市而言,在维持人们现有生活水平的条件下,为平衡生态

足迹需求,减少生态赤字,应当采取以下措施:
(1)降低人口增长率,坚持贯彻执行国家的计划生育政策,严格控制人口增长,逐步减轻生态系统人口超负荷的现象。
(2)通过循环利用、节能技术等措施高效利用现有资源量,改变人们的生产和生活消费方式,调整现

有的产业结构,建立资源节约型的社会生产和消费体系。

(3) 研究改变资源消耗型的增长模式,采用高新技术,增加科技投入,提高自然资源单位面积的生产量,保证可持续利用现有资源存量。

(4) 调整能源结构,加大可更新能源的开发力度,利用光能、太阳能等发电,通过发展替代能源解决化石能源生态足迹增长的问题,从而减少能源生态足迹。

(5) 调整产业结构,适当地将能源密度较低的初级加工品产业向高产高效的高能源密度工业转换。

4 结 语

本研究介绍了生态足迹模型的概念和计算方法,并对西安市 2004 年生态足迹进行了计算和分析,可知生态足迹方法是涉及系统性、公平性和发展的一个综合性指标,与可持续发展理论紧密关联。

在一定的社会发展阶段和一定的技术条件下,生态赤字在很大程度上反映出人们的社会经济活动与当地生态承载能力之间的差距,可通过分析该地区的实际生态状况,提出解决生态赤字的合理对策。

由于生态足迹模型提出的时间比较短,还需要进一步完善。现有的生态足迹分析,侧重于对地球生物土地资源需求量与化石能源物质供给量间平衡的计算,忽略了社会、经济、技术、环境和贸易等对可持续发展的影响,没有全面反映出人类生存活动与生态环境的关系。所以,研究城市的可持续发展状态,应加强生态足迹与其他可持续发展指标体系的

结合,使计算结果更真实可靠,进一步扩大生态足迹模型的应用范围。

[参考文献]

- [1] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. Ecological footprints of nations[R]. Toronto: International Council for Local Environmental initiatives, 1997: 10-21.
- [2] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth[M]. Gabriola Island: New Society publishers, 1996.
- [3] 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. Toronto: International Council for Local Environmental initiatives, 1997.
- [4] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept[J]. Ecological Economics, 1999, 29(3): 375-390.
- [5] 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.
- [6] 李 静. 基于生态足迹分析的深圳市可持续发展评价[J]. 国土与自然资源研究, 2004(4): 7-9.
- [7] 叶 田, 杨海真. 上海市 2003 年生态足迹计算与分析[J]. 四川环境, 2005, 24(3): 15-18.
- [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): 599-609.
- [9] 杨世琦, 孙兆敏, 冯永忠, 等. 陕西省 2001 年生态足迹分析[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(9): 14-18.
- [10] FAO 国际粮农组织数据库[DB/OL][2006-05-10]. http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_zh.asp.
- [11] 邱大熊. 能源规划与系统分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.