

中国历年生态足迹计算与发展可持续性评估

刘宇辉^{1, 2*}, 彭希哲¹

(1. 复旦大学人口所, 上海 200433; 2. 上海师范大学地理系, 上海 200234)

摘要:可持续发展的定量测度是可持续发展战略得以实施的前提条件。加拿大学者 Mathis Wackernagel 发展完善的生态足迹模型就是一种测量可持续性的方法。该方法通过计算支持特定区域人类社会所有消费活动所需要的土地(生态足迹)与该区域可提供的生物生产性土地(生态承载力)相比较来判断区域发展的可持续性。简单介绍了生态足迹模型的基本概念、研究进展、计算方法;对中国历年的生态足迹进行了实证研究,结果表明:从 1962~2001 年,中国人均生态承载力逐步下降,人均生态足迹则逐步上升,目前中国人均生态足迹已经超过人均生态承载力,生态赤字出现,并持续扩大,中国目前的发展处于一种强不可持续状态。

关键词:中国; 历年; 生态足迹; 生态承载力; 生态盈余(赤字); 可持续性评估

Time series of ecological footprint in China between 1962~2001: Calculation and assessment of development sustainability

LIU Yu-Hui^{1,2*}, PENG Xi-Zhe¹ (1. *Institute of Population and Development, Fudan University Shanghai, 200433, China*; 2. *Geography Department, Shanghai Normal University, 200234, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(10): 2257~2262.

Abstract: The ecological footprint (EF) model has been introduced to China and has attracted much attention from scholars in recent years. As a model, ecological footprint can measure the resource requirements in regional consumption activities. Biological capacity measure regional resource supplies. When ecological footprint surpasses the biological capacity, the region will be in a state of unsustainable development. This paper calculates the ecological footprint and biological capacity to explore the ecosystem fluctuations brought by the population and economic growth.

The calculation results show that there was an obvious ecological footprint (per capita) increase and biological capacity (per capita) decrease in China between 1962~2001. An ecological deficit first appeared around 1980 and then continues to grow. In 2001, the ecological footprint, biological capacity, and ecological deficit (per capita) of China was 1.4891hm², 1.0532hm², 0.4359hm² respectively. The resources used surpassed the resource supply 41%, and the development at this rate was unsustainable.

The increase of ecological footprint is mostly due to the great increase of fossil energy consumption brought on China's rapid industrialization and urbanization. While the cropland proportion of ecological footprint decreased from 57% in 1962 to 29.7% in 2001, the fossil energy proportion of the ecological footprint grew from 23% in 1962 to 47.6% in 2001.

Such growth in ecological footprint and deficit means that there is a greater pressure on the ecosystem. To some extent, technology improvements and trade can play a role in alleviating this ecological pressure. In this research, the results also show increased efficiency in resource-use, which is demonstrated by the decrease of ecological footprint per 10⁴ yuan GDP from 14.93hm² to 1.87hm². At the same time, the net import footprint proportion of ecological footprint grew from 6% in 1962 to 15% in 2001. This means that trade can have made a greater role in transferring ecological pressure out of China.

基金项目:上海市教委课题资助项目(CW0333)

收稿日期:2004-01-10;修订日期:2004-06-18

作者简介:刘宇辉(1973~),女,湖南桃江人,博士生,讲师,主要从事经济地理、生态经济教学与研究。E-mail:liuyuhui@china.com.cn

Foundation item: Education Bureau Foundation of Shanghai(No. CW0333)

Received date: 2004-01-10; Accepted date: 2004-06-18

Biography: 刘宇辉,女,1973年生,湖南桃江人,博士候选人,讲师,主要从事经济地理和生态经济研究。E-mail: liuyuhui@china.com.cn

Despite these improvements, the ecological deficit of China is growing and threatening the sustainable development of China and world. In China, the ecological footprint proportions of the world increased from 0.07% in 1962 to 0.14% in 2001. All these results demonstrate that China is now in a status of unsustainable development. Suitable technology improvement, the change of unreasonable production and consumption model, as well as correct trade choice are necessary for sustainable development.

Key words: China; ecological footprint; biological capacity; ecological surplus (deficit); sustainability assessment

文章编号:1000-0933(2004)10-2257-06 中图分类号:Q147,X22 文献标识码:A

生态足迹模型是加拿大学者 Mathis Wackernagel 于 1992 年提出的一种以土地为度量单位的生态可持续性评估方法^[1],自徐中民、张志强等学者 1999 年第 1 次引入并开展实证研究以来,它已开始成为国内一个新的研究热点^[2~9]。作为一种相对较新的研究方法,生态足迹模型本身在不断进行调整变化,以求更准确地记录人类造成的环境影响及生态环境变化。目前,生态足迹模型在方法上出现了综合法(Compound method)和部门法(Component method)之分,使其适用范围从世界、国家层次拓宽到区域、城市、产品等多个层次^[10];在研究对象上,模型最初只计算农业用地、森林、草地、建设用地 4 类生产性土地及虚拟能源用地的供需状况,最近几年则拓宽到内陆水域、海洋水域;此外,针对生态足迹模型不适合动态分析的一些指责,Mathis Wackernagel 及其合作者加强了生态足迹模型时间序列的研究^[11];与世界其他国家相比,中国对生态足迹的研究稍显滞后,目前的研究虽已涉及到国家、区域、城市各个层次,但在方法及应用上仍存在一些不足,体现为:(1)在国家层次上,缺少生态足迹的动态比较分析;(2)在区域层次上,目前主要采用综合法计算生态足迹,由于贸易数据的不完整性,生态足迹计算结果的准确性受到质疑;同时在生态承载力计算时,多采用全国平均土地生产力数据,因此不足以反映区域生态系统的真实供给能力^[2~7]。本文对中国 1961~2001 年生态足迹进行计算,希望能在中国生态足迹动态研究上有所进展,通过对长期经济与人口增长环境影响的动态分析,为中国未来可持续发展政策的制订提供依据。

1 中国历年生态足迹计算与分析

1.1 计算方法^[12~16]

根据生态足迹模型,生态足迹为特定区域消费活动所占用的土地总量,其计算公式为:

$$PF_a = \sum EF_k \times YF_k \times (P_{ai}/Y_{ai})/P_a, (k = 1, \dots, 5, I = 1, \dots, n)$$

式中, i 为消费项目; n 为消费项目数; k 为土地类型; P_{ai} 表示区域 a 产品 i 生产量; Y_i 表示区域 a 商品 i 土地平均生产力; EF_k 为均衡因子; YF_{ak} 为区域 a 的产量因子。

生态承载力表示即区域土地总供给,计算公式为:

$$BC_a = \sum A_{ak} \times EF_k \times YF_k/P_a, (k = 1, \dots, 5)$$

式中, BC_a 为区域 a 人均生态承载力; k 为土地类型; A_{ak} 表示区域 a 拥有的 k 类土地面积; P_a 表示区域人口规模。生态足迹超过生态承载力,表示出现生态赤字,经济发展是生态不可持续的。

在生态足迹和生态承载力的计算中,均衡因子和产量因子是影响计算结果的两个关键因素。其中均衡因子表示不同类型土地潜在生产力之比;而产量因子表示不同区域土地生产力比较;在不同年份中,它们会随着土地利用格局、区域技术等因素的变化而有所不同;Mathis Wackernagel 利用联合国粮农组织全球农业生态区(GAEZ)及国际应用系统分析研究所(IIASA)估计的土地最大潜在农作物产量的相关数据来计算各类土地的均衡因子^[16],其研究结果显示,在过去 40a 中均衡因子只发生轻微调整(如表 1)^①;本文采用 Wackernagel 关于均衡因子计算的研究成果,而产量因子则历年中国与世界不同土地单产进行计算^[17]。

1.2 历年生态足迹和生态承载力计算

主要利用联合国粮农组织(FAO)统计数据库资料和 2002 年中国统计年鉴数据^{[17,18]②},依照前述计算方法对中国历年生态

表 1 历年均衡因子表

Table 1 Equivalence factors in different years					
土地类型 Land type	1961	1971	1981	1991	1999
农业用地 Cropland	2.23	2.23	2.23	2.22	2.17
森林 Forest	1.31	1.32	1.32	1.32	1.35
草地 Grassland	0.5	0.49	0.48	0.47	0.47
水域 Water land	0.35	0.35	0.35	0.36	0.35

① 资料来源于 Mathis Wackernagel 提供未发表资料;Helmut Haberl. Ecological footprint Time Series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961~1999 Institute for interdisciplinary Studies of Austrian Universities

② 本文中生态足迹和生态承载力计算中采用的数据,包括各类生产性土地面积、产品生产和贸易数据等均来自联合国粮农组织数据库。见:<http://faostat.fao.org/default.jsp?language=CN>;该网站数据主要来自各国上报数字,可以认为是可靠的;能源数据则来自中国 2002 年统计年鉴 万方数据

足迹进行计算。计算所涵盖的生产性土地包括农业用地、永久性牧场、内陆水域、海洋水域、森林 5 类;其中由于大部分海洋渔业活动均发生在大陆架渔场,这里的海洋水域只包括大陆架面积;同时,由于建设用地数据的缺乏和不完整,这里不将它纳入到生态足迹和生态承载力的计算中,但由于建设足迹与建设用地承载力相同,其最终结果不对中国历年可持续性的判断产生影响。

中国历年生态足迹和生态承载力计算结果见表 2 和表 3。

表 2 中国历年人均生态足迹计算汇总

Table 2 Ecological footprint(per capita)calculation summary of China in different years(hm ²)						
年份 Year	耕地 Cropland	草地 Grassland	森林 Forest	水域 Water land	能源 Fossil energy	人均生态足迹 Ecological footprint
1962	0.4651	0.01467	0.0776	0.0661	0.1872	0.81067
1965	0.4808	0.01378	0.0756	0.0457	0.1854	0.80128
1970	0.4315	0.014	0.0733	0.041	0.2453	0.8051
1975	0.4216	0.01603	0.0862	0.0387	0.3299	0.89243
1980	0.4284	0.01952	0.0944	0.0368	0.4115	0.99062
1985	0.4067	0.02848	0.1048	0.0421	0.4899	1.07198
1990	0.4107	0.04573	0.0993	0.0628	0.5835	1.20203
1995	0.4279	0.07517	0.1055	0.0946	0.7233	1.42647
2001	0.4193	0.11465	0.1024	0.1023	0.6713	1.40995

表 3 中国历年人均生态承载力计算汇总表

Table 3 Biological capacity (per capita) calculation summary of China in different years(hm ²)					
年份 Year	耕地 Cropland	草地 Grassland	森林 Forest	水域 Water land	生态承载力 Biological capacity
1962	0.3122	0.0307	0.9749	0.1929	1.5107
1965	0.2907	0.0277	0.8258	0.167	1.3112
1970	0.2604	0.0263	0.6953	0.1459	1.1279
1975	0.2501	0.0255	0.6006	0.1311	1.0073
1980	0.2459	0.0265	0.5401	0.1227	0.9352
1985	0.3121	0.0268	0.4828	0.1144	0.9361
1990	0.3128	0.0269	0.4357	0.106	0.8814
1995	0.3337	0.0248	0.4244	0.1	0.8829
2001	0.3749	0.0236	0.4806	0.095	0.9741

2 计算结果分析

2.1 中国历年生态足迹计算结果分析

以上中国历年生态足迹计算结果显示:从 1962 年至 2001 近 40a 中,中国总生态足迹和总生态承载力均有所上升,但总生态足迹上升速度明显快于总生态承载力,并最终超过总生态承载力,造成生态赤字的出现;从人均水平来看,人均生态承载力逐年下降,人均生态足迹逐年上升,两者差距越来越大,意味着生态系统的不稳定性日渐增强(见图 1)。从总量来看,以全球平均生产能力为衡量标准,从 1962~2001 年,中国总生态足迹从 50906 万 hm² 上升到 179948 万 hm²,总生态承载力从 94864 万 hm² 上升到 124309 万 hm²;从人均水平来看,1962 年,中国人均承载力为 1.5107hm²,人均生态足迹为 0.8107hm²,人均生态盈余为 0.7hm²。1980 年前后,中国人均生态承载力与人均生态足迹基本持平,分别为 0.9352hm²、0.9907hm²。1980 年以后,生态赤字开始出现,并持续增大。2001 年,中国人均生态足迹为 1.4891hm²,而人均生态承载力为 1.0532hm²,人均生态赤字达到 0.4359hm²,中国的生态足迹已经超过其生态承载力的 41%。如果考虑联合国环境规划署 12%生物生产性土地以保护生物多样性的建议,可利用生态承载力会进一步缩小,从而生态超载程度增大,达到 60%。

生态足迹的增加意味着对自然资源的利用程度加大,人口膨胀和消费水平的上升是主要原因。从 1962~2001 年,中国人口由 62795 万上升到 127967 万,其年均增长速度为 1.77%;人均生产足迹代表消费水平的上升,其年增长速度为 1.38%;两者共同促成了总生态足迹的增长,其年均增长速度达到 3.15%;可以看出,人口增长对生态足迹增长的作用更大于消费水平的上升。而总生态承载力的增加则主要来源于技术增长带来的土地生产力水平的提高和土地利用格局的变化,但其增长速度远远落后于生态足迹的上升速度,其年均增长速度达到 0.67%;由此,生态赤字的出现主要源于生态足迹和生态承载力的非均衡增长,其本质则是人口、资源、技术、消费等要素构成的生态系统平衡的打破。

2.2 自然资源构成分析

从生态足迹的构成来看,作物用地和能源用地占整个足迹的很大比例。1962 年,作物用地占整个足迹的 57%,能源用地占

23%;2001 年,则分别达到 29.7%、47.6%;作物用地比例有所下降,而能源用地则上升较快;两者占生态足迹比重从 81%轻微下调到 77%;1962 年,能源用地总量为 11755 万 hm^2 ,2001 年上升到 85676 万 hm^2 ,增幅达到 73920 万 hm^2 ,占生态足迹总增长的 74%,是导致生态足迹上升的主要因素。同时草地、森林、水域占地也有所上升,分别在 1962 年基础上增长了 14.88、1.68、3.15 倍。但由于基数较小,三者合计只占整个生态足迹的 27%,因此,尽管增长速度较快,其增长对生态足迹总增长影响较小,其增幅占生态足迹总增长的 24%。

从生态承载力的构成来看,耕地、森林两类生物生产性土地尽管在实际面积中并不占据很大比例,但由于其高生物生产力,成为生态承载力的主要组成部分。1962 年,两者合计占总生态承载力的 85%,2001 年有轻微上扬,达到 87.8%;它反映了耕地、森林对生态系统平衡保护中的重要作用。

生态足迹和生态承载力构成的变化反映了资源利用和供给结构的转变,它们是中国经济社会和消费结构变化的结果。第一,它反映了中国产业结构的演变。二三产业在经济生产中的比例逐步增大,尤其是工业规模的扩大,促成了能源消耗量的大幅度增加。第二,它反映了居民生活消费需求结构的变化。在基本食粮需求得到保证之后,对动物性食品的需求不断上升;同时随着文化水平的提高,包装用纸、报纸杂志等需求量也在上涨。这是居民收入水平上涨的必然结果(见图 2)。

2.3 资源的利用效益分析

利用 2002 年中国统计年鉴历年 GDP 数据和中国历年生态足迹的计算结果,可以计算万元 GDP 所消耗的生态足迹,来反映资源的利用效益(见图 3)^[4]。1962 年,万元 GDP 所消耗的生态足迹为 14.93 hm^2 ,1980 年为 6.91 hm^2 ,2001 年进一步下降为 1.87 hm^2 。万元 GDP 消耗生态足迹的下降反映了资源利用效益的不断提高。其中的原因可初步归结为资源利用效率的提高和技术要素在经济生产过程中的更多运用从而减少了资源的消耗。

2.4 贸易生态压力转移能力分析

生态赤字的存在表明了区域对自然资源的利用程度超过了区域现有自然资源的供给程度,从全球范围内来讲,必须消耗自然资本存量来弥补,从而造成生态环境的恶化。但就一个开放的区域经济中,生态赤字也可以通过适当的贸易安排进行弥补,从而减缓区域环境恶化的趋势。中国历年生态足迹计算结果显示贸易在减缓中国生态压力方面起了越来越大的作用。改革开放前,中国实行相对封闭的经济政策,因而贸易量较小。1962 年,中国人均净进口贸易足迹为 0.05 hm^2 ,只占人均生态足迹 6%;随着改革开放战略的实施和推进,中国的贸易量迅速上升。2001 年,人均净进口贸易足迹上升至 0.21 hm^2 ,占人均生态足迹的 15%(见图 4)。贸易的生态压力转移能力与贸易产品结构密切相关。土地密集型、耗能型商品等的进口可以在满足中国消费需求的同时减少中国内部所承受的生态压力。但同时,贸易足迹的上升也在一定程度上反映了中国对外部生态系统资源的依赖程度。

2.5 中国与世界生态压力对比分析

根据 Mathis Wackernagel 等对世界历年生态足迹的计算结果可以看出^[12]①:在全球范围内,生态承载力总量增长很小,生

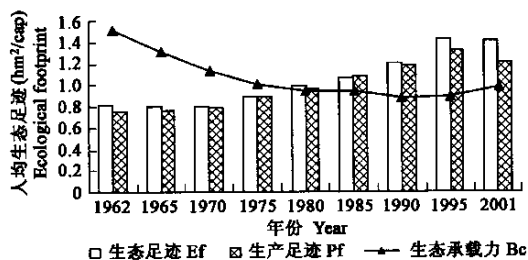


图 1 中国历年人均生产足迹、生态足迹、生态承载力

Fig. 1 Production footprint (Pf), Ecological footprint (Pf), Biological capacity (Bc) of China in different years (per capita)

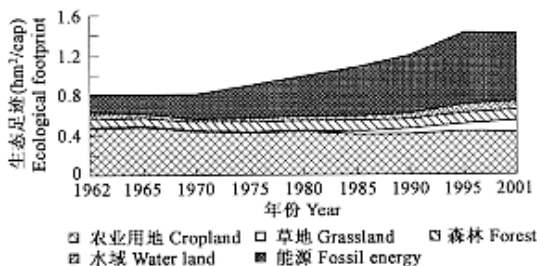


图 2 中国历年生态足迹构成

Fig. 2 Ecological footprint composition of China in different years

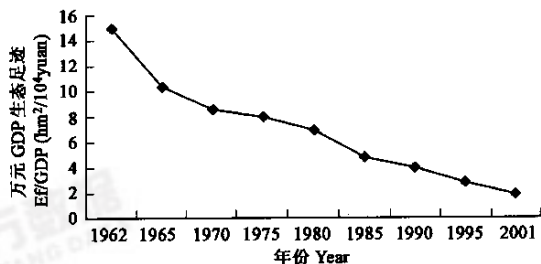


图 3 中国历年每万元 GDP 生态足迹对比

Fig. 3 The comparison of Ecological footprint per 10^4 yuan GDP in different years

① Mathis Wackernagel 及其合作者在近几年来对世界生态足迹进行了时间序列分析;这里引用的数据来自于 2002 年地球报告,其中世界历年生态足迹中已扣减了建设用地,以便于与中国计算结果比较

态足迹则大幅度上升;同时由于人口的增长,从人均水平来看,生态承载力逐年减少,生态足迹不断上升,地球生态系统由生态盈余转向生态赤字。从生态系统的平衡来看,1961年,世界生态足迹是地球生态承载力的70%;1980年前后,生态足迹与生态承载力基本持平,但1999年(图中世界2001年生态足迹与生态承载力均为1999年数据)生态足迹已超过生态承载力近20%;预计到2050年,世界生态足迹将超过生态承载力近80%~120%;中国生态系统呈现出同样的变化趋势,但与世界平均水平比较,其变化速度更快,从而使中国在世界生态系统演变中的影响越来越明显。对比中国和全球生态足迹的计算结果可以看出:①中国的人均生态足迹和生态承载力已越来越接近世界平均水平,目前尽管人均生态足迹仍然低于世界平均水平,但由于巨大的人口基数,中国的人均承载力较小,使中国的生态超载程度已经超过全球平均水平;1962年,中国人均生态足迹为世界平均水平的35%,人均生态承载力为45%;1995年,则分别达到65%、54%;从生态系统的平衡来看,1962年,中国人均生态盈余是世界平均水平的67%,但1995年,中国人均生态赤字占世界165%;比较而言,中国发展面临的生态潜在压力更大。②主要由于经济发展带来的消费水平的上涨,中国造成的环境影响占世界的比重越来越大,中国已经成为影响全球生态系统稳定的一个重要因素。1962年,中国总生态足迹占世界总量的0.07%,总生态承载力占世界总量的0.09%,2001年分别上升至0.14%、0.12%;而中国总生态赤字2001年达到世界总量的24%(见图5,图6)。中国生态系统相对于全球生态系统而言,面临更多的生态不稳定性因素,它将严重影响中国长期发展的国际竞争潜力。

3 结论与讨论

对中国历年生态足迹计算结果显示:由于人口上升和经济规模的增长,生产赤字和生态赤字从20世纪80年代前后开始出现,并持续增长。表明中国目前的发展是生态不可持续的。

作为一种可持续性评估方法,生态足迹模型只注重可更新资源供需平衡对生态环境造成的影响,因而从方法上存在一定局限性。同时在运用生态足迹模型进行具体的可持续性评估及政策解释时,也存在一定模糊性,主要体现为:在全球范围可以根据生态赤字的大小来评估发展方式的不可持续程度;但在国家及区域层次上,一个国家或区域可以通过合理的贸易安排减缓生态赤字,真正说明其自身生态环境所面临压力大小的是生产赤字。换言之,生产赤字的存在表明生产方式是不可持续的,而生态赤字的存在则主要说明目前的消费方式是不可持续的,两者形成的原因有异,而相应的政策解决措施也必有所不同。因此,不能单纯以生态赤字对可持续性进行评估,而应根据研究区域区分对待,详细说明。

尽管存在一些方法及应用的不足,但中国历年生态足迹的计算已经足够显示中国目前经济发展与生态环境保护之间存在的巨大矛盾,及进一步经济发展产生的巨大的生态潜在压力。持续的经济增长是消除贫困,促进社会福利增加的根本性措施;但同时经济的发展同时也可能导致生态环境的持续恶化,并最终影响未来经济发展目标的实现;要达到经济发展与保护生态环境双重目标,就必须改变目前的生产方式,一方面通过经济的持续发展加大技术的研究力度,积极开发新资源,提高现有资源的利用率和生产力;另一方面倡导节俭的生产观和消费观,减少对资源的消费;同时在全球化背景下,通过合理的贸易

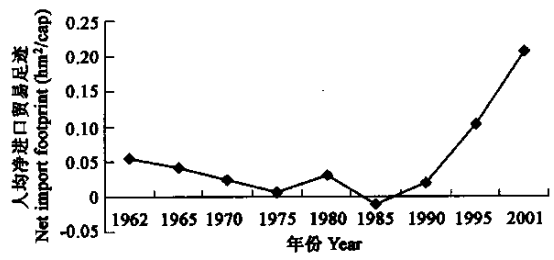


图4 中国历年人均净进口贸易足迹

Fig. 4 Net Import footprint (NIF) of China in different years (per capita)

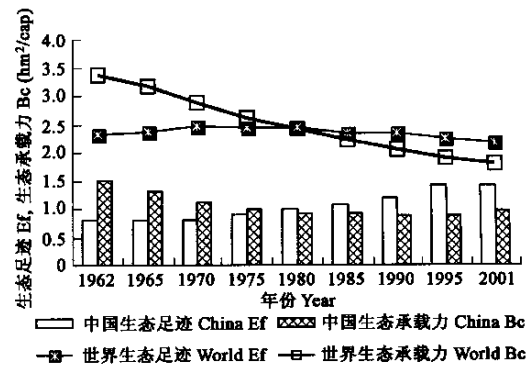


图5 中国与世界历年人均生态足迹、人均生态承载力对比

Fig. 5 Ecological footprint, Biological capacity comparison between China and World in different years (per capita)

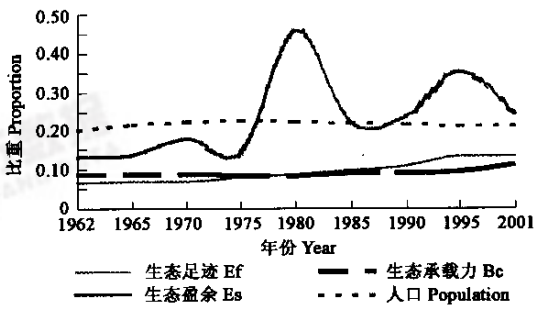


图6 历年中国总生态足迹、生态承载力、生态盈余(赤字)、人口占世界总量比重

Fig. 6 China's proportion of total ecological footprint, Biological capacity, Ecological surplus (deficit), Population of the World Between 1962~2001

易安排,充分发挥贸易可能带来的生态环境压力的转移作用。而最根本的,它要求一种真正的科学发展观的重新建立。

References:

- [1] Rees W. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 1992, **4**(2):100~105.
- [2] CHEN Zhong-jing, XU Zhong-min, *et al.* Ecological footprint in Northwest China. *Journal of Glaciology and Georraphy*, 2001, **23**(2): 164~169.
- [3] WANG S H, MAO H Y, WANG Z J. Progress in research of ecological footprint all over the world. *Journal of Natural Resources*, 2002, **17**(6):776~782.
- [4] XU Z M, ZHANG Z Q, CHEN G D, *et al.* Ecological footprint calculation and development analysis of China in 1999. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, **14**(2):280~285.
- [5] ZHANG, Z Q, XU Z M, CHEN G D, *et al.* The Ecological Footprints of the 12 provinces of west china. *Acta Geographica Sinica*, 2001, **56**(5):599~600.
- [6] XU Z M, ZHANG Z Q, CHEN G D. Calculation and Analysis of Ecological Footprints of gansu provinces. *Acta Geographica Sinica*, 2000, **55**(5):607~616.
- [7] XU Z M, CHEN G D, ZHANG Z Q. Measuring sustainable development with the Ecological footprint method-take Zhangye prefecture as an example. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(9):1484~1493.
- [8] YANG K Z, Yong Y, CHEN J. Ecological footprint analysis: concept, method and case. *Advance in Earth Science*, 2000, **15**(6):630~636.
- [9] GUO X R, YANG J R, Mao X Q. Calculation and analysis of urban Ecological footprint: a case study of Guangzhou. *Geographical Research*, 2003, **22**(5):654~662.
- [10] ECOTEC Research and Consulting Limited. Ecological Footprinting: Technical Report to the STOA Panel: 26~55. www.ecotec.com
- [11] WWF. 2000a *living Planet Report*. 2002. 20~45. <http://www.panda.org/downloads/general/LPR2002>.
- [12] Mathis Wackernagel&William Rees. Our Ecological footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, New Society Publishers, BC, 1996. 30~100.
- [13] William E Rees. *Revisiting carrying-capacity: Area-based indicators of sustainability*[EB/OL]. <http://www.dieoff.com/page/110.htm>, 1997.
- [14] John Barrett&Anthony Scoot. *An Ecological Footprint of Liverpool: Developing Sustainable Scenarios*. www.bestfootforward.com.
- [15] John Barrett. *Environment Report 2001/2 STOA programme*. www.reprograss.com.
- [16] Mathis Wackernagel, Niels B. Schulz, Dianna Deumling. Tracking the ecological overshoot of the human economy, PNAS 2002, 99(1): 9266-9271. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.140336999.
- [17] FAO. <http://faostat.fao.org/default.jsp?language=CN>.
- [18] State Statistic Bureau. *China Statistical Yearbook*. Beijing: China Statistical Publishing House, 2002, 400~500.

参考文献:

- [2] 陈中景,徐中民,等. 中国西北地球的生态足迹. 冰川冻土, 2001, **23**(2): 164~169.
- [3] 王书华,毛汉英,王忠静. 生态足迹研究的国内外近期进展. 自然资源学报, 2002, **17**(6): 776~782.
- [4] 徐中民,张志强,程国栋,等. 中国 1999 年生态足迹计算与发展能力分析. 应用生态学报, 2003, **4**(2): 280~285.
- [5] 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):599~600.
- [6] 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):607~616.
- [7] 徐中民,程国栋,张志强. 生态足迹法:可持续性定量研究的新方法——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.
- [8] 杨开,杨咏,陈洁. 生态足迹分析理论与方法. 地球科学进展, 1999, **14**(6): 630~636.
- [9] 郭秀锐,杨居荣,毛显强. 城市生态足迹计算与分析——以广州为例. 地理研究, 2003, **22**(5): 654~662.
- [18] 国家统计局. 中国统计年鉴 2002. 北京: 中国统计出版社, 2002. 400~500.