

# 西藏生态足迹研究

刘孝宝<sup>1</sup>,高吉喜<sup>2</sup>,何萍<sup>2</sup>,韩永伟<sup>2</sup>

(1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所,四川 成都 610041;

2. 中国环境科学研究院区域生态环境创新保护基地,北京 100012)

**摘 要:**在简要介绍生态足迹最新研究成果的基础上,对西藏 2002 年生态足迹进行了测算和分析。结果表明,西藏整体上处在生态承载力之内,从生态角度来看是处于可持续发展状态,且有较大的生态盈余。

**关键词:**生态足迹;生物生产面积;西藏;生态盈余;生态占用率

**中图分类号:**F062.2

**文献标识码:**A

可持续发展自提出以来,学者们纷纷探讨量化可持续发展的指标体系。生态足迹分析法是由 William 和其博士生 Wackernagel 在其 1996 年出版的《Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on The Earth》最早提出<sup>[2]</sup>。与其它可持续指标体系相比,生态足迹独特之处在于:操作性强,可充分利用已有的研究成果。生态足迹方法提出后引起各国学者的广泛关注,讨论在各国纷纷展开。澳大利亚学者 Haberl H 等采用三种生态足迹计算方法对奥地利 1926—1995 年的生态足迹进行了测算<sup>[1]</sup>。Lenzen M 也对生态足迹方法提出了一些修正并应用于澳大利亚<sup>[3]</sup>。荷兰学者 Vuuren D.P. 采用以国家标准的方法,对贝宁湾,不丹等的进行了测算<sup>[4]</sup>。美国学者 Senbel M 对生态足迹这种非货币尺度的可持续评价标准优缺点分析研究<sup>[5]</sup>。我国的徐中民,张志强,陈东景,李金平等也对生态足迹的发展作过一些有益的探讨<sup>[6~9]</sup>。正是这些讨论,使生态足迹研究向着纵深方向发展,且有了新的进展。本研究采用最新生态足迹理论与方法,对西藏自治区的生态承载力进行测算与分析。

## 1 生态足迹方法简介

### 1.1 生态足迹的指导思想

生态足迹方法的理论基础有以下 5 个方面:①跟踪调查人们消费的资源 and 产生的废物是可能的,且多数信息已经存在于政府统计数据之中;②资源流和废物流可以转化成维持这一流量的生物生产面积;③正如马克思对商品定义为无差别的人类劳动相似,不同使用方式的土地可以加以合适的权重,转化成无差别的生物生产面积;④这些土地在使用上具有排他性,将其标准化后的面积就可以表示无差别的生物生产面积,其加和则表示人类需求总和;⑤这一代表人类需求的生物生产面积可以和自然界的生态服务功能相比较,以评估地球上这一区域的生物生产能力<sup>[2]</sup>。

### 1.2 生态足迹的计算方法

生态足迹方法,是将各种资源和能源消费项目折算成耕地、草地、林地、建筑用地、化石能源用地和水域。耕地是指生产能力最强的土地利用类型;林地是指涵养水源,维持生态环境,给野生动物提供栖息地并为人类提供木材的土地利用类型;化石燃料用地是假设用作吸收 CO<sub>2</sub> 等燃烧气体的虚拟用地,是从生态经济谨慎性原则出发所作的考虑;草场是指用来饲养牲畜的土地利用类型,其生产能力比耕地要低得多;建设用地是指人类定居和道路建设的用地,在现在技术条件下,其使用具有不可逆性,即破坏了土地的原有性状;水域是指提供人类水产品

收稿日期(Received date):2003-11-30。

作者简介(Biography):刘孝宝(1975-),男,汉,山东青岛人,中国科学院成都山地灾害与环境研究所博士研究生。主要从事生态承载力与山地环境方面研究。[Liu Xiaobao, Man, the Han Nationality, From Shandong Province, Doctor of Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS. Worked on Ecological carrying capacity and Mountain Environment.]

的土地利用类型。根据生态足迹的指导思想,建立如下计算公式

$$EF = Nef = N \sum (aa_i) = N \sum (c_i / p_i)$$

式中  $i$  为第  $i$  种消费商品和投入的类型;  $p_i$  为  $i$  种消费商品的平均生产能力;  $c_i$  为  $i$  种商品的人均消费量;  $aa_i$  为人均  $i$  种交易商品折算的生物生产面积;  $N$  为人口数;  $ef$  为人均生态足迹;  $EF$  为总的生态足迹。

2 西藏生态足迹计算

2.1 生物资源帐户计算

根据生态足迹理论及其计算方法,对西藏 2002 年生态足迹进行了计算。由于表格过大,仅列出生物资源帐户计算结果(表 1)。

表 1 生物资源帐户  
Table 1 The Ecological Footprint's ledger of biotic resources

农产品	全球平均产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	西藏总产 (t)	总的足迹 (hm <sup>2</sup> )	人口 (万人)	人均足迹 (hm <sup>2</sup> /人)	均衡因子	均衡后人均足迹 (hm <sup>2</sup> /人)	土地类型
谷物								
稻谷	2744	5831	2125.00	266.88	0.0008	2.8	0.0022	耕地
小麦	2744	278250	101403.06	266.88	0.0380	2.8	0.1064	耕地
玉米	2744	16787	6117.71	266.88	0.0023	2.8	0.0064	耕地
青稞	2744	635978	231770.41	266.88	0.0868	2.8	0.2432	耕地
其他	2744	9012	3284.26	266.88	0.0012	2.8	0.0034	耕地
豆类	1856	34435	18553.34	266.88	0.0070	2.8	0.0195	耕地
薯类	12607	3676	291.58	266.88	0.0001	2.8	0.0003	耕地
油料	1856	45252	24381.47	266.88	0.0091	2.8	0.0256	耕地
蔬菜瓜果								
蔬菜	18000	232714	12928.56	266.88	0.0048	2.8	0.0136	耕地
瓜类	18000	1792	99.56	266.88	0.0000	2.8	0.0001	耕地
动物性产品								
猪肉	74	9200	124324.32	266.88	0.0466	0.5	0.0233	草地
牛肉	33	94000	2848484.85	266.88	1.0673	0.5	0.5337	草地
羊肉	33	68900	2087878.79	266.88	0.7823	0.5	0.3912	草地
奶类	502	243000	484063.75	266.88	0.1814	0.5	0.0907	草地
绵羊毛	15	8472	564800.00	266.88	0.2116	0.5	0.1058	草地
山羊毛	15	1468	97866.67	266.88	0.0367	0.5	0.0183	草地
羊绒	15	815	54333.33	266.88	0.0204	0.5	0.0102	草地
禽蛋	400	3000	7500.00	266.88	0.0028	0.5	0.0014	草地
水产品	29	1800	62068.97	266.88	0.0233	0.2	0.0047	水域
林产品								
核桃	3000	1710	570.00	266.88	0.0002	1.1	0.0002	林地
花椒	945	65	68.78	266.88	0.0000	1.1	0.0000	林地
水果								
苹果	3500	5072	1449.14	266.88	0.0005	1.1	0.0006	林地
梨	3500	387	110.57	266.88	0.0000	1.1	0.0000	林地
其他	3500	1253	358.00	266.88	0.0001	1.1	0.0001	林地
木材								
木材	1.99*	118609**	59602.51	266.88	0.0223	1.1	0.0246	林地
竹材	1.99*	992817**	498903.02	266.88	0.1869	1.1	0.2056	林地
总计			7355406.60		2.7561		1.8567	

\* 单位:m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, \*\* 单位:m<sup>3</sup>。

从西藏的生物帐户来看,均衡前与均衡后差别较大,这是因为,西藏草场面积广阔,在生物生产面积中的比重较大。草场主要用来饲养牲畜,其生产能力较耕地低得多,从初级生产向次级生产的转化过程中又有较大的损耗。

## 2.2 生态足迹贸易调整

生态足迹贸易调整计算方法如下

$$EF_i = \frac{P + I_i - E_i}{Y_{average}}$$

式中  $EF_i$  为对  $i$  种资源的消费足迹;  $P_i$  为  $i$  种生物资源的总生产量;  $I_i$ 、 $E_i$  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。

表 2 生态足迹贸易调整帐户

Table 2 The Ecological footprints' ledger of trade balance

进口	人均足迹	均衡因子	均衡后 人均足迹	出口	人均足迹	均衡因子	均衡后 人均足迹
耕地	0.0096	2.8	0.0269	林地	0.0099	1.1	0.0109
化石能源用地	0.0300	1.1	0.0330	草场用地	0.0096	0.5	0.0048
总计	0.0396		0.0599	化石能源用地	0.0111	1.1	0.0122
盈余	0.090		0.032	总计	0.0306		0.0279

从生态足迹贸易调整帐户来看,西藏主要是农产品不足,能源不足,能源中又主要是缺少煤,石油,天然气等能源,但有着矿产优势。对外交流的优势是,林产品,畜产品充足,也表明西藏在草场资源和

林地的使用上对全球是有贡献的,帮助全球缓解了林产品畜产品需求压力。但从总体来看,是进藏物资所占生物生产面积,大于出藏物资所占面积。也就是说,西藏人民生活对外界具有一定依赖性。

表 3 西藏 2002 年生态足迹与生态承载力

Table 3 Ecological Footprint and Ecological Carrying Capacity of Tibet in 2002

生产用地类型	人均足迹	均衡因子	均衡后 人均足迹	生产用地类型	人均面积	均衡因子 ( $hm^2$ )	均衡后面积
耕地	0.1502	2.8	0.4206	耕地	0.1379	1.66	0.2289
草地	2.3491	0.5	1.1745	草地	24.1587	0.91	21.9844
林地	0.2335	1.1	0.2568	林地	4.7461	0.19	0.9018
化石燃料	0.0000	1.1	0.0000	化石燃料	0.0000	0	0.0000
建筑	0.0032	2.8	0.0089	建筑用地	0.0229	1.66	0.0381
水域	0.0233	0.2	0.0047	水域	2.1007	1	2.1007
小计	2.7592		1.8655	总供给面积	31.1663		25.2538
进口	0.0396		0.0599	生物多样性保护	15.0180		15.0180
出口	0.0306		0.0279	总的可利用足迹	16.1483		10.2358
总计	2.7682		1.8975	承载力盈余	13.3801		8.3384

## 3 结果与讨论

总体来看,西藏处于可持续发展状态,无论是均衡前生态足迹还是均衡后的生态足迹,均远远低于西藏的生态承载力,西藏处于生态盈余状态。

西藏均衡后农作物生物生产面积是均衡后实际

生产面积的两倍,西藏耕地的人均生物生产面积是  $0.1502hm^2$ ,是全国耕地人均生物生产面积  $0.1008hm^2$  的 1.5 倍,这说明,近几年西藏的粮食单产有了较大幅度的提高。西藏草场类型用地足迹在西藏所有用地类型中所占比重最大,这表明西藏畜产品等产量较大,但在与全国平均水平相比,西藏实际人均草场面积是全国实际人均面积 117 倍,而人均

草场用地足迹仅为全国的4倍(全国草场生态足迹为0.6276,徐中民),可以看出西藏草场载畜率是极低的。换个角度看,则说明西藏草场生物生产能力低下,生态环境脆弱。有些草场在现阶段根本不适合利用。因此,对草场资源的使用,要从提高质量,防止退化着手。化石燃料用地面积较少,是因为西藏能源丰富,但以太阳能,水能,风能等为主,煤,石油,天然气等较少,所用部分均体现在贸易帐户之中。建筑用地的足迹小于实际使用的建筑面积,这表明西藏非建筑用地向建筑用地转化比例低于世界平均水平。从水域用地的生物生产面积足迹与实际水域面积相比来看,西藏在发展水产品养殖方面有着很大的潜力,这一部分是属于生态环境允许范围内的“利润”部分,宜抓紧开发。

区域生态足迹如果超过了区域所能提供的生态承载力,就出现生态赤字;如果小于区域的生态承载力,则表现为生态盈余。区域的生态赤字或生态盈余,反映了区域人口对自然资源的利用状况。西藏的生态盈余高达13.38hm<sup>2</sup>,不仅在区域尺度上达到了可持续,更对全国,全球等更高层次生态系统稳定作出贡献。根据生物多样性保护要求,预留12%用地以保护其他物种,西藏的生物多样性保护区面积高达33.4%。

### 3.1 万元GDP生态足迹与生态占用率

万元GDP的生态足迹,反映了资源使用效率,更反映了对生态系统的消耗强度。人类赖以生存的环境跟人共同组成的生态系统,其承载力是有限的,超出其承受强度,将发生变性,也就是说,将转变成另一种性质的生态系统,并达到新的平衡。这种转变通常具有不可逆转性,因此,把对环境及资源的干扰保证在适当的强度之内,就显得很重要。万元GDP的生态足迹就很好地反映了人类对生态系统干扰强度。西藏万元GDP的生态足迹是4.54,是西部十二省万元GDP平均值的1.67倍<sup>[9]</sup>,更是全国平均万元GDP的2.23倍<sup>[10]</sup>。这主要有以下两方面原因,一是西藏自然生态基础较差,二是西藏科学技术落后于全国水平。从西藏的万元GDP生态足迹看,西藏应在提高资源利用率,降低生态环境干扰强度入手,确保西藏山川秀美。这与西藏总体处于生态盈余并不矛盾,生态盈余并不是因为西藏资源利用率高,而是因为西藏人口密度低。西藏的形势可以说是处在一种高强度不充分利用生态环境的发展状态。

生态占用率,是指总生态足迹/土地总面积。这一指标表明当前发展对生态环境的压力指数。数值越高,表明对环境的压力越大,偏离平衡态的张力越大;反之,则是环境处于平衡状态。但并不是数值越小越好,偏低,则表明对资源没有充分利用,是对资源应产生“利润”的一种浪费。西藏正处在这种状态,加大对西藏的开发力度,让西藏充分利用生态系统赋予我们的“利润”。

### 3.2 讨论

从对西藏生态足迹计算过程看,生态足迹的思想是通过引入生物生产面积的概念,构建自然资产核算计算的新框架,从而简便地对人与其所处生态系统的服务功能及其承受能力进行测度。生态足迹的测定方法,简便易行,且具有直观性,是可持续发展理论在实践中的探索。同所有的新生事物一样,生态足迹的发展必然经历从不完善到完善的过程。在这个发展过程中,不同意见,不同思想的碰撞与共同锤炼会使其以更快的速度发展。因此,我们共同探讨其优缺点,扬弃的看待这一新生事物。生态足迹从提出到现在总共不到十年的时间,其包含的内容有很多需要完善的地方。

现阶段的生态足迹方法是一个静态的模型,只能对现实情况进行测度,不能进行预测。生态足迹的发展应当充分利用已有的研究成果,吸收其他预测模型的经验,发展成为动态的,开放性模型。生态足迹同样也存在将同一类型用地看作匀质的假设,这与实际情况不符,应开放性的对待土地利用类型。在实践中,添加了均衡因子作为对土地质量的标准化处理,这是一大进步,但均衡因子的依据是产量的高低,产量高低是一个固定值,采用定值代替了生态系统的弹性,是修正后仍然存在的缺点。生态足迹对现有资料的充分利用是其优点也是其缺点,优点是简便易行,且节省大量人力物力,缺点是数据来源多为官方数据,数据中可能存在某种程度的夸大或缩小。因此,生态足迹计算结果可能偏向乐观。

### 3.3 建议

采用双轨式管理,为进行全球或全国范围生态承载力对比,采用统一标准。为地方政府决策作依据,则采用本地化战略,选择符合当地生活习惯消费计算项目,具体问题具体分析,更好的把握当地实际情况,使决策更具科学性和可行性。

改进其采用单产计算的方式,代之以全球(更恰当的说法应是参照区)总产与总面积之比 $a_1$ ,和区

域总产与总面积之比  $a_2$ , 采用公式  $C = a_2/a_1$  作为无差别面积。这样做的好处是数据更容易获得。另外考虑与“satisfaction barometer”结合起来度量可持续发展。

生态系统为人类提供各种资源和服务, 只要在适当的度内, 生态系统就能够维持其稳定和平衡。这个度内的提供的服务和资源可以当作从生态系统中获得的“利润”, 超出部分则属于对生态系统的消耗, 则须对其进行折旧。因此, 在以后的研究中, 既要寻找这个度, 以确定发展是否可持续; 又要研究超出“度”后的资源折旧问题, 以确保可持续发展中的代际公平。

### 参考文献(References):

- [1] Haberl H, Erb K, Krausmann F. How to Calculate and Interpret Ecological Footprints for Long Periods of Time: the Case of Austria 1926–1995[J]. *Ecological Economics* 38(2001):25–45.
- [2] Wackernagel M. Sustainability indicators program ecological footprint accounts [EB/OL]. <http://www.redefiningprogress.org/programs/sustainabilityindicators/ef/methods/calculating.html>.
- [3] Lenzen M, Murray S A modified ecological footprint method and its application to Australia[J]. *Ecological Economics*, 2001, 37(2): 229–255
- [4] Vuuren D.P., Smeets E.M.W. Ecological footprints of Benin, Bhutan[J]. Costa Rica and the Netherlands[J]. *Ecological Economics* 34 (234):115–130
- [5] Senbel M, McDaniels T, Dowlatabadi H. The ecological footprint: a non-monetary metric of human consumption applied to North America[J]. *Global Environmental Change*, 2003, 13(2):83–100
- [6] Xu Zhongmin, Zhang Zhiqiang, Cheng Guodong. The calculation and Analysis of Ecological Footprints of Gansu province in 1998[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(5):607–616. [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.]
- [7] Chen Dongjing, Xu Zhongmin, Cheng Guodong, etc. Ecological Footprint in Northwest China[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2001, 23(2):164–169. [陈东景, 徐中民, 程国栋, 等. 中国西北生态足迹[J]. 冰川冻土, 2001, 23(2):164–169.]
- [8] Lei Kam-peng, Wang Zhi-shi. The Analysis of Ecological Footprints of Macao in 2001[J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2):197–202. [李金平, 王志石. 澳门 2001 年生态足迹分析[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2):197–202.]
- [9] Zhang Zhiqiang, Xu Zhongmin, Cheng Guodong, etc. The Ecological Footprints of the 12 Provinces of West China in 1999. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(5):599–610. [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):599–610.]
- [10] Xu Zhongmin, Chen Dongjing, Zhang Zhiqiang. Calculation and Analysis on Ecological Footprints of China[J]. *Acta Pedologica sinica*. 2002, 39(3):441–445. [徐中民, 陈东景, 张志强, 等. 中国 1999 年的生态足迹分析[J]. 土壤学报. 2002, 39(3):441–445.]
- [11] Tibet Autonomous Region Bureau of Statistics. Tibet Statistical Yearbook(2003)[M]. Beijing: Chinese Statistical Press, 2003. [西藏自治区统计局编. 西藏统计年鉴(2003)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2003]

## On Ecological Footprints of Tibet

LIU Xiao-bao<sup>1</sup>, GAO Ji-xi<sup>2</sup>, HE Ping<sup>2</sup>, HAN Yong-wei<sup>2</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment of Chinese Academy of Sciences, Chengdu, 610041 China;

2. Innovation Base of Regional Ecological Environment Protection, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Peking, 100012 China)

**Abstract:** Since ecological footprint was put forward, scholars with different knowledge structure have joined the discussion. The latest research fruit was presented, and used to calculate the ecological footprints of Tibet in 2002. Results shows that: from ecological aspect Tibet was within the ecological carrying capacity, and was keeping sustainable. For a lot of ecological surplus was left, we should exploit the left in time.

**Key words:** ecological footprint; ecologically productive area; Tibet; ecological surplus; ecological occupying rate.