西北林学院学报 2009，24(6)：212～215
Journal of Northwest Forestry University

陕西省榆林市2006年生态足迹计算与分析

牛钰平[1]， 石长春[2*]， 封 斌[2]， 徐连秀[3]， 赵国平[2]， 高保山[4]

(1.榆林市林业科学研究所，陕西 榆林 719000；2.陕西省治沙研究所，陕西 榆林 719000；3.榆林市环境科技咨询服务部，陕西 榆林 719000；4.西北农林科技大学，陕西 杨陵 712100)

摘 要：利用生态足迹计算模型和分析方法，对陕西省榆林市2006年的生态足迹和生态承载力进行了研究和分析。结果表明：榆林市人均生态足迹需求为1.272 hm^2，人均生态承载力为1.716 hm^2，人均生态盈余为0.444 hm^2，属于较小程度上可持续发展状态。但是，近年来榆林市对自然资源的利用逐年增加，目前已接近或超出了自然生态系统的生态承载力范围，生态足迹与生态承载力之间的矛盾加剧，现有的发展模式是不可持续的，生态环境处于不安全状态。

关键词：生态足迹；生态承载力；生态赤字；可持续发展

中图分类号：X820.1 **文献标识码**：A **文章编号**：1001-7461(2009)06-0212-04

Calculation and Analysis of Ecological Footprint in Yulin in 2006

NIU Yu-ping[1], SHI Chang-chun[2], FENG Bin[2], XU Lian-xiu[3], ZHAO Guo-ping[2], GAO Bao-shan[4]

(1. *Yulin Forestry Research Institute, Yulin, Shaanxi* 719000, *China*; 2, *Research Institute for Sand Control, Yulin, Shaanxi* 719000, *China*; 3. *Yulin Environment Technology Service Department, Yulin, Shaanxi* 719000, *China*; 4. *Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: The ecological footprint and ecological capacity in Yulin in 2006 were studied. The results showed that the average personal ecological footprint demand was 1.272 hm^2, and average personal ecological capacity was 1.716 hm^2, with an ecological deficit of 0.444 (hm^2/person). The research indicated that the utilization of natural resource in Yulin is increasing, which is beyond the capacity of the natural ecological system, the conflicts between ecological footprint and ecological capacity are intensifying, the present developing model is not sustainable, the ecological environment is at risk.

Key words: ecological footprint; ecological capacity; ecological deficit; sustainable development

生态足迹分析法是近年来度量地区可持续发展程度的较为通行的方法[1-2]。它是由加拿大生态经济学家William等于20世纪90年代初提出的，通过测定现今人类为了维持自身生存而利用自然的量来评估人类对生态系统的影响，通过测量人类对自然生态服务的需求与自然所能提供的生态服务之间的差距，在地区、国家和全球尺度上比较人类对自然的消费量与自然资源的承载量，判定地区、国家或全球的可持续发展状况[3-5]。近几年，生态足迹方法由于具有较为科学、完善的理论基础和精简统一的指标体系得到国内外学者的大量应用。随着陕西省榆林市城市化和经济的快速发展，人地矛盾逐渐加剧，研究和评价榆林市资源的利用状况和人口对生态系统的压力，为制定各种规划、计划提供依据。

1 生态足迹的概念及计算模型

1.1 生态足迹的计算模型

任何已知人口(1个人、1个城市或1个国家)的生态足迹是指生产这些人口所消费的所有资源和消纳这些人口所产生的所有废弃物所需要的生物生产性土地面积[6-10]。生态足迹计算模型为：

收稿日期：2009-07-30 修回日期：2009-08-25
基金项目：国家林业局林业公益性行业科研专项(20084016)
作者简介：牛钰平，女，工程师，主要从事林业经济工作。
*通讯作者：石长春，男，工程师，主要从事沙漠治理研究工作。

$$EF=Nef=N\sum_{i=1}^{n}(aa_i)=N\sum_{i=1}^{n}(c_i/p_i) \quad (1)$$

式中：EF 为总的生态足迹，N 为总人口数，ef 为人均生态足迹，aa_i 为人均第 i 种交易商品所折算的生物生产土地面积，c_i 为第 i 种商品的人均消费量，p_i 为第 i 种商品的世界平均生产力，i 为消费商品的类别。

1.2　生态承载力计算模型

在生态承载力计算模型中，由于不同国家或地区同类型生物生产面积的生态生产力存在差异，化石能源地、耕地、草地、林地、建筑用地、水域等之间的生态生产力存在很大的差异，因此，不同国家或地区同类生物生产土地的实际面积不能进行直接对比，需要对不同类型的面积进行调整。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)表示。产量因子表示某个国家或地区某类土地的平均生产力与世界同类土地平均生产力的比率。将现有的各种物理空间的面积乘以相应的均衡因子和当地的产量因子，可得到平均生态承载力。在本文计算中，均衡因子和产量因子依据 Wackernagel 等(1997，1999)对中国生态足迹计算时的取值[4-5]。人均生态承载力的计算公式为：

$$ec=\sum(a_i\times r_j\times y_i) \quad (2)$$

式中：ec 为人均生态承载力，a_j 为实际人均占有的 j 类生物生产土地面积，r_j 为均衡因子，y_i 为产量因子。

1.3　生态赤字和盈余

将一个国家或区域内人类维持一定的消费水平所必需的生物生产面积(生态足迹)同该国家或区域范围所能提供的生物生产面积(生物承载力)进行比较，就能判断该国家或区域的生产消费活动是否处于当地生态系统承载力范围内。区域的生态足迹如果超过了区域所能提供的生态承载力，就会出现生态赤字，如果小于区域的生态承载力则表现为生态盈余。其计算公式如下：

生态盈余(赤字)＝生态承载力－生态足迹　　(3)

2　榆林市 2006 年生态平衡可持续性评估

根据对榆林市社会经济发展状况(表 1)的分析，从耕地、林地、草地、水域、建筑面积和国内生产总值等几个方面计算了榆林市 2006 年的生态足迹，其原始数据来源于《榆林市统计年鉴》(2007 年)*。

根据榆林市 12 个县(区)生物资源，得出榆林市 12 个县(区)生态足迹所需的生物资源系统，在计算生物资源消费账户中的谷物、豆类、薯类、水果、蔬菜、油料作物、坚果、棉花人均生态足迹分量时(表 2)，采用 FAO 发布的各年每种作物的全球平均产量，各种消费项目的年人均消费量的原始数据来源于《榆林市统计年鉴》(2007 年)。

表 1　2006 年榆林市 12 个县(区)现状

Table 1　Status of 12 counties in Yulin in 2006

名 称	人口 /万人	耕地 /万 hm^2	林地 /万 hm^2	草地 /万 hm^2	水域 / hm^2	建筑用地 /万 hm^2	化石燃料土地面积 /万 hm^2	国内生产总值 /10^4 万元
榆阳区	30.14	7.54	32.35	19.86	710.00	1.98	8.12	7.63
神木县	36.41	10.59	16.70	38.60	385.00	1.31	17.03	5.71
府谷县	18.90	6.78	3.96	15.14	6.02	0.72	7.23	1.75
横山县	29.91	10.76	10.92	18.67	202.60	1.19	13.39	4.95
靖边县	25.06	9.80	21.92	13.36	21.40	1.58	17.56	5.21
定边县	27.34	19.01	14.91	28.27	23.50	1.59	16.41	5.06
绥德县	30.36	7.47	4.01	3.04	33.20	0.66	2.16	2.52
米脂县	18.91	4.03	4.63	1.82	5.86	0.77	3.14	1.98
佳县	23.40	6.80	6.42	3.27	342.40	0.88	4.25	2.68
吴堡县	7.06	1.50	0.53	0.84	0	0.20	0.32	0.78
清涧县	19.35	5.03	4.76	5.40	0	0.67	0.51	2.59
子洲县	32.05	9.38	4.12	5.22	8.80	0.86	1.01	3.03

生物资源消费分为农产品、动物产品、林产品、水产品和木材等类，将榆林市的消费转化为提供这些消费需要的生物生产面积。能源消费考虑煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气和电力。计算足迹时，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，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(表 3)，计算公式为[6]：

* 榆林市地方志编委会. 榆林市统计年鉴，2007.

能源生态足迹=(能源消耗量×折算系数)/(全球平均特殊能源足迹×榆林市总人口) (4)

在能源消费账户的计算中,各种能源项目的全球平均能量产出率和折算系数参考了文献[1,9-10]中的数据,年人均消费量的原始数据来自《榆林市统计年鉴》(2007年)。

表2 榆林市2006年生物资源生态足迹

Table 2 The catalogue of ecological footprint of the bioresources in Yulin in 2006

类型	全球平均产量/(kg·hm^{-2})	生物量/t	毛生态足迹/hm^2	人均生态足迹/(hm^2·人$^{-1}$)	土地生产面积类型
小麦	2 744	11 100	4 045.189	0.001	耕地
稻谷	2 744	32 300	11 771.137	0.003	耕地
玉米	2 415	562 700	233 002.070	0.069	耕地
高粱	3 200	3 170	9 906.250	0.003	耕地
大豆	1 856	80 300	43 265.086	0.013	耕地
棉花	1 000	123	123.000	0.000	耕地
油菜籽	1 856				耕地
花生	1 856	8 789	4 735.453	0.001	耕地
麻类	1 500	293	195.333	0.000	耕地
糖类	68 600	207	3.017	0.000	耕地
烤烟	1 548	272	175.711	0.000	耕地
蔬菜	1 800	261 536	145 297.778	0.043	耕地
小计				0.134	
猪肉	74	83 7821	132 189.189	0.336	草地
牛肉	33	3 156	95 636.364	0.028	草地
羊肉	33	29 044	880 121.212	0.261	草地
奶类	502	34 997	69 715.139	0.021	草地
山羊毛	15	668	44 533.333	0.013	草地
绵羊毛	15	4 040	269 333.333	0.013	草地
羊绒	15	528	35 197.200	0.011	草地
禽蛋	400	27 990	69 975.000	0.021	草地
蜂蜜	4 893	311	63.656	0.000	草地
蚕茧	1 200	26	21.667	0.000	草地
小计				0.077	水域
水产品	29	3 665	126 379.310	0.038	
生漆	12 000				林地
油桐籽	1 600				林地
核桃	3 000	11	3.667	0.000	林地
板栗	3 000				林地
花椒	3 000	16	5.333	0.000	林地
林产品、木材	2	14 531	7 302.231	0.002	林地
水果	3 500	148 134	42 324.000	0.013	林地
小计				0.015	

表3 榆林市2006年能源生态足迹

Table 3 The catalogue of ecological footprint of energy sources in Yulin in 2006

类型	全球平均能足迹/(GJ·hm^{-2})	折算系数/(GJ·t^{-1})	人均消费量/(GJ·人$^{-1}$)	人均生态足迹/(hm^2·人$^{-1}$)	生产面积类型
煤炭	55	20.934	20.032	0.364	化石燃料地
焦炭	55	28.740	1.385	0.025	化石燃料地
原油	93	41.868	0.873	0.009	化石燃料地
燃料油	93	50.200	0.387	0.004	化石燃料地
汽油	93	43.124	1.206	0.0129	化石燃料地
煤油	93	43.124	0.403	0.004	化石燃料地
柴油	93	42.705	1.629	0.017	化石燃料地
天然气	71	50.200	0.317	0.004	化石燃料地
小计				0.442	

3 结果与分析

3.1 榆林市2006年人均生态足迹供需对比

由榆林市12个县(区)的生态足迹和生态供给计算结果(表4)可以看出,2006年人均生态足迹需求为1.272 hm^2,而实际人均生态供给即承载力为1.950 hm^2,扣除12%的生物多样性保护面积,可以利用的人均生态承载力仅为1.716 hm^2,人均生态盈余为0.32 hm^2。生态盈余的存在,表明区域人类生存需求或人类对自然的影响还未超出生态承载能力的范围。与全国人均生态足迹(1.33 hm^2)相比,榆林市生态足迹低于全国生态足迹水平,说明榆林市无论在国家尺度上还是全球尺度上,均属于较小程度上可持续发展的状态。

总的生态足迹中,化石能源所占比重较大,为38.2%,高的能源消耗是加大榆林市生态足迹需求增长的主要因素之一,这与本身资源特别是煤炭资源丰富以及能源重化工业基地建设的客观条件有关,反映了榆林市社会经济发展过分依赖于消耗自然资本存量,加大了对自然生态系统的压力,属于不可持续发展状态。耕地的生态足迹占总生态足迹的29.6%,远高于林地,但从生态供给即承载力来看,耕地的实际面积小于林地面积,均衡后面积高出林地3倍多,占总生态足迹供给的近70%,反映出榆林市林地和牧草地的生物生产量较低,生态足迹供给严重依赖于耕地。为了直观反映榆林市生物生产面积的利用率,以万元GDP的生态足迹来揭示自然资源的利用效益,已有的研究[9-11]表明,万元GDP的生态足迹越大,区域生物生产面积的产出率越低。通过计算,榆林市2006年万元GDP的生态足迹为0.43 hm^2。与徐中民等[12]计算的1999年我国平均万元GDP所占有的足迹(2.04 hm^2)相比,远低于全国平均水平,也低于西部12省(区、市)的平均水平(2.72 hm^2),表明榆林市的资源利用效率很低,仍处于高消耗、低效益以损失自然生态为代价的一种对资源掠夺似的相对可持续的发展状态。

3.2 榆林市2006年生态足迹区域差异

榆林市2006年12个县(区)的生态足迹(表5)表明,各县(区)之间生态足迹存在较大的差异,榆阳区、神木县、横山县、靖边县、定边县人均生态足迹高于全省水平,其余7县远低于全省水平,其中榆阳区最大,为3.3 hm^2,吴堡县最小,为0.65 hm^2;榆林市12个县(区)人均生态承载力均高于全省平均水平。

与全国人均生物生产面积(0.681 hm^2)[10-12]的生态足迹比较,榆林市12个县(区)的生态足迹有10个都远高于全国人均生态阈值,只有绥德县接近于全国水平,而吴堡县略低于全国水平。表明榆林市10个县在国家尺度上均处于不可持续状态,只有2个县接近于可持续发展状态。

与全球人均[2-3]生物生产面积(1.91 hm^2)的生

态阈值比较，榆阳区、靖边县和定边县人均生态足迹高于全球人均生态阈值，这 3 个县在全球尺度上处于不可持续状态；其余 9 县人均生态足迹低于全球人均生态阈值，处于全球可持续状态。

表 4　榆林市 2006 年生态足迹总结

Table 4　The ecological footprint summary in Yulin in 2006

土地类型	生态足迹的人均需求			土地类型	生态足迹的人均供给(生态承载力)		
	总面积 /hm²	均衡因子	均衡面积 /(hm²·人⁻¹)		总面积 /hm²	均衡因子	均衡面积 /(hm²·人⁻¹)
耕地	0.134	2.8	0.376	耕地	0.294	1.66	1.362
草地	0.771	0.5	0.386	草地	0.456	0.19	0.043
林地	0.015	1.1	0.016	林地	0.372	0.91	0.373
化石燃料地	0.442	1.1	0.486	CO_2 吸收		0.00	
建筑用地	0.000	2.8	0.000	建筑用地	0.037	1.66	0.171
水域	0.038	0.2	0.008	总供给面积			1.950
总足迹需求	1.399		1.272	生物多样性保护面积(12%)			0.234
				总可利用面积			1.716
生态盈余(hm²·人⁻¹)：0.444							

生态赤字较大的县有榆阳区、府谷县、横山县、定边县等，平均值大于全省水平，表明榆林市具有能源资源区大于农业区的分布特征。

3.3　生态足迹利用效益的区域差异

为了反映资源利用效益，计算了万元 GDP 的生态足迹(表 5)。万元 GDP 生态足迹越大，表明资源利用效益越低，反之资源利用效益越高。从表 5 可知，榆林市各区(县)之间资源利用的效益存在较大差异，最大的为榆阳区，万元 GDP 生态足迹达到 0.013 hm²，而最小的吴堡县仅为 0.0006 hm²，前者是后者的 22 倍，说明资源利用效益上榆阳区远优于吴堡县。

表 5　榆林市十二个县(区)生态足迹对比

Table 5　Comparison of the ecological footprint among different districts within Yulin in 2006

地区	人均生态足迹 /(hm²·人⁻¹)	人均生态承载力 /(hm²·人⁻¹)	生态盈余 /(hm²·人⁻¹)	万元 GDP 生态足迹 /hm²
榆林市	1.272	1.716	0.444	0.432
榆阳区	3.300	2.294	−1.006	0.013
神木县	1.510	1.836	−0.326	0.011
府谷县	0.931	1.875	−0.944	0.001
横山县	1.656	4.903	−3.247	0.000
靖边县	2.143	2.674	−0.531	0.001
定边县	2.223	3.651	−1.428	0.001
绥德县	0.834	1.220	−0.387	0.001
米脂县	1.010	1.261	−0.251	0.000
佳县	1.085	1.589	−0.504	0.000
吴堡县	0.650	1.065		0.000
清涧县	1.155	1.446	−0.290	0.000
子洲县	0.983	1.433	−0.450	0.001

4　结论与建议

榆林市社会经济的发展过分依赖于消耗自然资本存量，增加了自然生态系统的压力，处于较小程度上可持续发展状态，并逐渐向不可持续状态发展。

榆林市生态足迹存在较大的差异，与全国人均生物生产面积的生态足迹比较，榆林市 12 个县(区)中，有 10 个生态足迹都远高于全国人均生态阈值，除绥德和吴堡外，榆林市其余各县(区)在国家尺度上均处于较小程度上可持续发展状态。

榆林市各区(县)之间资源利用的效益存在较大差异，最大的为榆阳区，而最小为吴堡县，前者是后者的 22 倍，说明资源利用效益上榆阳区远优于吴堡县，与全省平均水平比较，只有榆阳区、神木县、靖边县资源利用效益优于全省水平，这也说明榆林市整体资源利用效益不佳，经济发展对资源的依赖程度较高。

参考文献：

[1] 林波，薛惠锋，蔡琳，等. 陕西省 2004 年生态足迹计算与分析[J]. 西北林学院学报，2007，22(3)：174-178.

[2] 曹军胜，朱清科，薛智德. 黄土高原地区土地植被承载力与植被生态恢复建设[J]. 西北林学院学报，2008，23(1)：32-38.

[3] 郝翠晔，刑恩德，奈民夫·那顺. 包头市 2002 年生态足迹计算与分析[J]. 内蒙古农业大学学报，2005，26(2)，15-19.

[4] WACKERNAGEL M，RESS W E. Our ecological footprint reducing human impact on the earth[M]. Gabriola Island：New Society Publishers，1996，61-83.

[5] WACKERNAGEL M，REES W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital：economics from an ecological footprint perspective[J]. Ecological Economics，1997，20：3-24.

[6] 赵先贵，肖玲，兰叶霞，等. 陕西省生态足迹和生态承载力动态研究[J]. 中国农业科学，2005，38(4)：746-753.

[7] 吴介军，蔡琳，张秋花，等. 1993－2004 年陕西省生态足迹分析与评价[J]. 陕西师范大学学报：自然科学版，2006，34 (4)，104-108.

[8] 马彩虹. 基于生态足迹的渭南市可持续发展研究[J]. 西北林学院学报，2007，22(4)：83-85.

[9] 叶长盛，刘平辉，陈荣清，等. 江西省 2004 年生态足迹及区域差异分析[J]. 江西农业大学学报：社会科学版，2006，5(2)：79-81.

[10] 刘玮. 宝鸡生态足迹计算与分析[J]. 宝鸡社会科学，2009，32 (1)：33-35.

[11] 黄国勤，祝志辉. 江西省 1949－2004 年生态足迹演变分析[J]. 江西科学，2006，24(5)：291-310.

[12] 徐中民，程国栋，张志强. 生态足迹方法的理论解析[J]. 中国人口资源与环境，2006，16(6)：69-78.