

1997~2006年涪源县生态足迹动态变化分析

汪立秀, 马礼*

(首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048)

摘要: 对地处农牧交错带的河北省涪源县 1997~2006 年 10 a 的生态足迹进行了计算分析。纵向分析结果表明, 研究时段内人均生态足迹由 1997 年的 1.1841 hm² 上升到 2006 年的 2.1132 hm², 增长了 78%; 而人均生态承载力却由 1.0721 hm² 下降到 0.6461 hm², 下降了 40%。研究时段内该县历年为生态赤字, 而且呈连年增长的趋势, 至 2006 年人均生态赤字已经高达 1.4671 hm², 耕地由 1997 年的 0.5266 hm² 生态盈余下降到 2006 年的 0.6892 hm² 的生态赤字, 表明涪源县对生态系统是过度利用的, 尤以耕地过度利用为最。

关键词: 生态足迹; 生态承载力; 涪源县

中图分类号: S181 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0236-05

由 Rees 于 1992 年提出, 并由 Wackernagel 进一步完善的生态足迹的方法^[1], 自提出以来由于其计算简单、结果明了等优点得到了广泛的应用。开始时被广泛用来判断可持续性状况, 各种不同尺度研究的结论大多是生态足迹超过了生态承载力, 需要降低足迹^[2]。后来随着方法的不断完善和发展, 该方法的创始人已经澄清生态足迹的作用是测算人类活动对环境的影响程度, 只能定量判断人类是否对生态过度利用, 并不是一个可持续性的测量指标, 也不是一个环境可持续性的测量指标^[3]。该方法自 1999 年引入我国, 随后得到了迅速发展。目前国内对生态足迹的运用, 时间尺度上主要包括生态足迹的静态评估和时间序列分析, 空间尺度上在全球、国家、区域、城市甚至个人的尺度上都得到了广泛的运用。国外对生态足迹的研究集中在对长时间序列计算分析和计算方法的改进上, 国内研究还多限于生态足迹实例计算分析^[4], 长时间的序列分析还较少。涪源县属典型的农牧交错带, 自然生态脆弱, 加之近百年来对生态系统破坏的积累, 从而产生了土地荒漠化等一系列的环境问题。本文借助生态足迹工具对涪源县 1997~2006 年 10 年间的生态足迹变化的情况进行纵向比较分析, 综合考察当地经济社会发展及其与生态环境的关系, 定量测定人类对生态利用的程度。

1 数据与方法

1.1 概念

任何已知人口的生态足迹是指生产这些人口所

消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的所有废弃物所需要的生物生产土地的总面积和水资源量^[5]。生态足迹的计算是通过生物生产性土地来计算的, 所谓生物生产性土地是指具有生态生产能力的土地或水体。在计算过程中将各种能源和资源量折合成 6 种生物生产性土地, 即: 耕地、林地、草地、水域、建筑用地以及化石能源用地, 将这 6 类具有不同生态生产力的生物生产面积加权求和即为生态足迹。传统的生态承载力是指, 不损害生态系统的生产力和功能完整并且保证实现可持续利用的前提下, 最大资源利用和废物消化的量^[4]。生态足迹模型中的生态承载力是与生态足迹相关的概念, 即将现有的不同生产类型的土地面积折合成所能提供的生物生产性土地面积。最后将生态承载力与生态足迹相减, 其值若为正, 即为生态盈余, 反之则为生态赤字。

1.2 生态足迹模型

生态足迹模型主要有三方面构成: 生态足迹、生态承载力以及生态盈亏。其相关的公式如下:

$$EF = \sum EF_i = \sum (C_i / P_i) \times E_i,$$

$$i = 1, 2, \dots, n; ef = EF / N$$

$$BC = (1 - 12\%) \sum BC_j = (1 - 12\%) \sum (A_j \times Y_j \times E_j), j = 1, 2, \dots, n; bc = BC / N$$

$$ED = BC - EF; ed = bc - ef$$

式中, EF 、 BC 分别为研究区总的生态足迹和生态承载力; EF_i 为第 i 项消费品的足迹, BC_j 为第 j 种土地利用类型的生态承载力; C_i 为第 i 种消费品的消费总量; P_i 为第 i 种消费品的世界平均产量; E_i 为第 i

收稿日期: 2009-03-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40671006)

作者简介: 汪立秀 (1985-), 女, 江苏盐城人, 硕士研究生。研究方向为区域发展机理与调控。E-mail: binghu-114@yahoo.com。

* 通讯作者: 马礼 (1949-), 男, 河北张家口人, 教授。E-mail: malidlx@163.com。

种消费品所占土地利用类型的均衡因子; A_j 为第 j 类土地利用类型的实际面积; Y_j 为第 j 类土地利用类型的产量因子; E_j 为第 j 类土地利用类型的均衡因子; ED 为生态赤字或者生态盈余; N 为研究区的总人口数量; ef 、 bc 、 ed 分别为人均生态足迹、人均生态承载力、人均生态赤字或者生态盈余。1—12% 是指根据世界环境与发展委员会的报告, 应至少留出 12% 的生态承载力来保护全球生物多样性^[6]。

1.3 数据及其来源

生态足迹计算的基础数据包括: 消费的自然资源和能源数据以及各类土地供给数据。根据沽源县的实际情况, 将自然资源消费数据分为: 小麦、马铃薯、燕麦、荞麦、大豆、玉米、蚕豆、芸豆、豌豆、甜菜、亚麻、油菜、蔬菜、肉类、奶类、羊毛、禽蛋等, 能源消费数据分为: 煤炭、汽油、柴油、液化气和电力。土地供给数据包括: 耕地、林地、草地、建筑面积以及水域, 由于目前没有专门留出吸收 CO_2 的土地, 所以对此暂不予考虑。研究区自然资源和能源消费数据来源于《河北农村统计年鉴》和《沽源县国民经济和社会发展统计资料》(1997~2006), 各类土地供给数据来源于沽源县国土资源局的统计资料。由于贸易的影响, 县域的生态足迹就跨越了县域界限, 在生物资源和能源的消费额中应该考虑贸易调整, 计算净消费额^[7]。但是由于贸易资料的缺失, 本文并没有考虑该县消费品的区域间贸易和国际贸易的问题, 只是利用统计资料对其进行了毛足迹的计算。

2 1997~2006年沽源县生态足迹计算

2.1 研究区概况

沽源县地处河北省西北部, 张家口市坝上高原, 属内蒙古高原东南缘的一部分, 总面积 $3\ 654\ km^2$, 平均海拔 $1\ 536\ m$ 。阴山余脉横贯东西, 东南及南部沿坝缘一线山地起伏, 中北及西部地势渐趋平缓, 原野开阔, 河流淖湖星罗棋布。地理位置位于东经 $114^\circ 50' 38'' \sim 116^\circ 04' 09''$, 北纬 $41^\circ 14' 33'' \sim 41^\circ 56' 55''$ 。全县共辖 4 镇 10 乡, 共 233 个行政村, 726 个自然村。该县地处冀蒙接壤的脆弱生态环境带, 属冷温带半干旱大陆性典型草原季风气候区, 最高海拔 $2\ 123\ m$, 最低海拔 $1\ 356\ m$, 平均海拔 $1\ 536\ m$, 年平均气温 $1.4^\circ C$, 极端最高气温 $33.5^\circ C$, 极端最低气温 $-37^\circ C$, 1 月平均气温 $-17.6^\circ C$, 7 月平均气温 $17.9^\circ C$, 年降水量约 $400\ mm$, 年日照时数 $4\ 387.6\ h$, 无霜期 $110\ d$

左右。

2006 年末全县总人口 219 389 人, 耕地面积 $92\ 341.6\ hm^2$, 其中水浇地 $17\ 302\ hm^2$, 约占总耕地面积的 18.74% , 林地和草地面积分别为 $97\ 935.8\ hm^2$ 和 $138\ 640.8\ hm^2$ 。粮食产量极不稳定, 1997~2006 年 10 年间最低值为 $140\ kg/hm^2$, 而最高值为 $1\ 515\ kg/hm^2$ 。

2.2 计算过程

在对 1997~2006 年沽源县进行生态足迹计算时, 自然资源消费部分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对自然资源生物量进行生物生产面积的折算。能源帐户部分采用世界单位化石能源生产土地面积的平均发热量为标准将当地能源所消耗的热量折算成一定的化石能源土地面积。折算过程中采用全球一致的均衡因子: 耕地 2.8, 林地 1.1, 草地 0.5, 建筑用地 2.8, 水域 0.2, 化石能源用地 1.1。在对各类土地供给数据进行生态承载力折合时, 耕地、草地的产量因子依据每年粮食、肉类平均产量与全球平均产量相比较而得, 建筑用地、林地、水域的产量因子分别为 0.64、0.20、1.00。

3 结果与分析

3.1 生态足迹变化

1997~2006 年, 沽源县人均生态足迹从 $1.1841\ hm^2$ 上升至 $2.1132\ hm^2$, 以年均 $0.1032\ hm^2$ 的速度增长(表 1)。人均生态足迹的增长主要是耕地生态足迹的增长, 其次是草地(图 1)。在各类生物生产性土地中, 以耕地足迹增长最快, 增加了 $0.6957\ hm^2$; 其次是草地, 增加了 $0.1164\ hm^2$; 化石能源用地、建筑用地、水域分别增加 $0.0187\ hm^2$ 、 $0.0569\ hm^2$ 和 $0.0415\ hm^2$, 仅林地下降 $0.0001\ hm^2$ 。

在研究时间段内, 人均生态足迹的构成发生了变化, 耕地比例由 22.31% 上升至 45.42% , 化石能源用地由 0.45% 上升至 1.14% , 水域由 3.13% 上升至 3.72% , 而草地比例由 66.54% 下降至 42.79% , 建筑用地由 7.55% 下降至 6.93% , 林地始终所占的百分比最少, 且由 0.02% 下降至 0.003% 。1997 年人均各类用地生态足迹比例由高至低依次为: 草地、耕地、建筑用地、水域、化石能源用地、林地; 2006 年人均各类用地生态足迹比例由高至低依次为: 耕地、草地、建筑用地、水域、化石能源用地、林地。

表 1 1997~2006 年沽源县人均生态足迹变化表(hm²/人)

Table 1 Change of ecological footprint per capita in Guyuan County from 1997~2006 (hm²/cap)

年份 Year	耕地 Farmland	草地 Grassland	林地 Forest	水域 Water	建筑用地 Building land	能源用地 Energy land	生态足迹 Ecological footprint
1997	0.2642	0.7879	0.0002	0.0371	0.0895	0.0053	1.1841
1998	0.6690	0.8006	0.0001	0.0565	0.1377	0.0054	1.6693
1999	0.3650	0.7882	0.0003	0.0679	0.1376	0.0048	1.3638
2000	0.1635	0.8872	0.0001	0.0686	0.1365	0.0072	1.2630
2001	0.1371	0.7593	0.0002	0.0023	0.1373	0.0056	1.0416
2002	0.2148	0.8146	0.0001	0.0756	0.1807	0.0056	1.2915
2003	0.4284	0.8075	0.0001	0.0860	0.1436	0.0068	1.4724
2004	0.7778	0.7757	0.0001	0.0873	0.1456	0.0070	1.7934
2005	0.8045	0.8445	0.0001	0.0780	0.1466	0.0069	1.8805
2006	0.9598	0.9043	0.0001	0.0786	0.1464	0.0240	2.1132

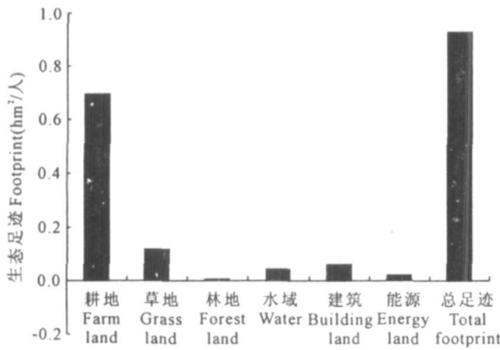


图 1 人均生态足迹增长量

Fig. 1 Growth of ecological footprint per capita

从多年人均生态足迹组成来看,处于典型农牧交错带的该县耕地和草地生态足迹显然占有较大比例。2001 年人均生态足迹达到该 10 a 以内的最低值,究其原因在于 2001 年坝上地区开始实施“退耕还林”政策,耕地面积大幅度减少,加之当年因严重

自然灾害导致大幅度减产,粮食产量仅 140 kg/hm²,因而 2001 年跌至最低值。2001 年之后耕地面积虽仍在减少,但该县大力发展水浇地的政策使得十年间水浇地面积由 12 800 hm² 上升到 17 302 hm²,占耕地面积百分比由 9.82% 上升到 18.74%。蔬菜总产量由 42 207.64 kg 上升到 777 882 kg,产出节节升高,导致耕地生态足迹节节攀升。在研究时段内草地生态足迹略有上升。

3.2 生态承载力变化

研究时间段内全县人均生态承载力由 1.0721 hm² 下降至 0.6461 hm²,减少 0.4260 hm²(表 2)。其中:耕地承载力由 0.7908 hm² 下降至 0.2706 hm²,减少 0.5202 hm²,减少数量居各类承载力的首位。其次是草地承载力的下降,由 0.3138 hm² 降至 0.2668 hm²,减少了 0.0470 hm²;人均林地、建筑用地和水域承载力分别由 0.0507、0.0569 hm² 和 0.0061 hm² 上升至 0.0982、0.0922 hm² 和 0.0064 hm²。

表 2 1997~2006 年沽源县人均生态承载力变化 (hm²/人)

Table 2 Change of ecological carrying capacity per capita in Guyuan County from 1997 to 2006 (hm²/cap)

年份 Year	耕地 Farmland	林地 Forest	草地 Grassland	建筑用地 Building land	水域 Water	生态承载力 Ecological carrying capacity
1997	0.7908	0.0507	0.3138	0.0569	0.0061	1.0721
1998	0.5724	0.0530	0.3137	0.0878	0.0061	0.9091
1999	0.8480	0.0548	0.3135	0.0876	0.0061	1.1528
2000	0.7056	0.0544	0.3545	0.0870	0.0061	1.0628
2001	0.2442	0.0553	0.2910	0.0876	0.0061	0.6021
2002	0.1152	0.0657	0.3016	0.1154	0.0061	0.5315
2003	0.1221	0.0845	0.3099	0.0915	0.0064	0.5407
2004	0.2642	0.0925	0.2774	0.0926	0.0064	0.6451
2005	0.6493	0.0927	0.2557	0.0928	0.0064	0.9653
2006	0.2706	0.0982	0.2668	0.0922	0.0064	0.6461

人均生态承载力呈波动式下降。“退耕还林”以后全县的耕地面积从 1997 年的 130 265.96 hm^2 减少到 2006 年的 92 341.64 hm^2 , 减少 37 924.32 hm^2 ; 草地面积由 146 324.4 hm^2 下降到 138 640.8 hm^2 , 减少 7 683.6 hm^2 。再加上年降水量波动较大, 从而使得历年产量因子变化较大, 10 a 来耕地和草地的产量因子分别在 [0.0875, 0.5428] 和 [0.7734, 1.0968] 区间内变化。在面积减少和产量因子波动的双重约束下, 耕地承载力的波动在一定程度上影响了人均生态承载力的波动。总体而言, 人均生态承载力在研究时段内虽有波动, 整体仍趋于下降。

3.3 生态足迹与生态承载力供需平衡分析

比较研究时段该县人均生态承载力与人均生态足迹, 可以得到该时段内全县的人均生态盈亏量(表 3)。全县在研究时间段内均处于赤字状态, 且人均生态赤字由 0.1120 hm^2 上升到 1.4671 hm^2 (图 2)。沽源县所处的坝上地区 1999 年人均生态足迹 1.3285 hm^2 , 人均生态承载力为 0.6879 hm^2 , 人均生态赤字为 0.6406 hm^2 。而作为整个坝上自然生态条件最好的沽源县, 其人均生态承载力要高 0.4649 hm^2 , 人均生态赤字要低 0.4296 hm^2 。从沽源县 2006 年的生态赤字构成来看, 仅林地生态盈余, 而其他为生态赤字, 尤其以耕地 0.6892 hm^2 的生态赤字最为严重。2000 年实施“退耕还林”政策之后, 耕地面积大幅度下降, 使得生态承载力下降, 但由于大力发展水浇地后蔬菜产量年年攀升, 生态足迹随之上升, 从而导致耕地生态赤字不断上升。林地由于多数为灌木林, 基本没有产出, 生态足迹较小, 但退耕地大部分转化为林地, 其面积由 51 706.87 hm^2 上升到 97 935.8 hm^2 , 增加 46 228.93 hm^2 , 从而使其生态承载力不断增加, 林地一直处于生态盈余状态且盈余额不断上升, 可见“退耕还林”政策取得了一定的成效。

表 3 1997~2006 年沽源县人均生态赤字变化 ($\text{hm}^2/\text{人}$)

Table 3 Change of ecological deficit per capita in Guyuan County from 1997~2006 (hm^2/cap)

年份 Year	生态足迹 Ecological footprint	生态承载力 Ecological carrying capacity	生态赤字 Ecological deficit
1997	1.1841	1.0721	-0.1120
1998	1.6693	0.9091	-0.7602
1999	1.3638	1.1528	-0.2110
2000	1.2630	1.0628	-0.2003
2001	1.0416	0.6021	-0.4395
2002	1.2915	0.5315	-0.7600
2003	1.4724	0.5407	-0.9317
2004	1.7934	0.6451	-1.1483
2005	1.8805	0.9653	-0.9153
2006	2.1132	0.6461	-1.4671

4 结论与建议

通过生态足迹模型分析表明, 处于农牧交错带的沽源县耕地和草地生态足迹占有较大的比例, 二者的变化对生态足迹计算分析有较大的影响, 尤以耕地影响最大。研究时段内全县人均生态足迹上升 0.9291 hm^2 , 耕地和草地生态足迹分别上升了 0.6957 hm^2 和 0.1164 hm^2 , 生态承载力分别下降了 0.5202 hm^2 和 0.0470 hm^2 。全县处于生态赤字阶段, 且生态赤字有明显扩大的趋势, 尤以耕地生态赤字最为严重。可见近年来沽源县对生态是过度利用的, 尤以耕地最为严重。针对沽源县目前的情况, 亟需采取一系列措施以弥补日趋上升的生态赤字。

首先, 应当适当控制对现有耕地的利用强度, 控制水浇地的发展。水浇地主要为高质量的耕地, 其发展主要是以超采地下水和耗竭土地肥力来暂时保障土地生产力的提高。今后应量水而行, 适度发展水浇地, 以保证地下水的持续利用, 并对现有耕地增施肥料以保证耕地的肥力。牧草地应实施舍饲与放牧相结合。

第二, 人口总数是生态足迹模型计算的基数, 要提高生态承载力, 减低生态足迹, 必须减少人口数量, 首先必须坚决贯彻计划生育基本国策, 降低人口出生率, 减少人口总数, 这是一项长期而艰巨的任务。另外还要积极推进中小城镇的城市化进程, 发展农、牧产品深加工为主的乡镇企业, 吸收更多的农村剩余劳动力^[8]。积极倡导组织劳务输出也是一种比较实际可行的减少农牧民对土地生态系统的压力和减少生态系统负荷量的途径。

第三, 建立草原生态补偿制度。生态足迹的时

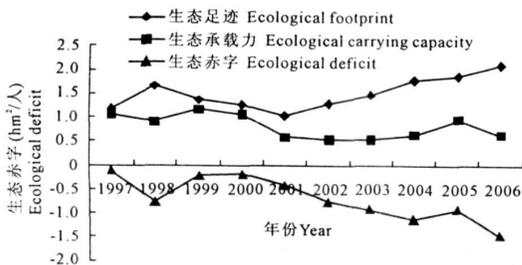


图 2 人均生态赤字的变化

Fig. 2 Change of ecological deficit per capita

间序列分析存在一个空间尺度的问题,由于坝上地区地处北京的上风上水地区,使其成为首都生态圈的重要外围生态屏障,承担着特殊的“生态功能”。当地人民为了整个首都生态圈的生态建设作出了贡献和牺牲,理应得到持续的生态建设补偿。应当尽快建立草原建设生态补偿制度,以巩固和激励人民进行生态建设的积极性和持续性。

生态足迹虽为一个较为简便易行的操作方法,但该方法在计算过程中仍有一定的缺陷。通过本文的实证研究发现多方面因素可能会影响生态足迹指标的计算和评价结果:

首先,在计算生态足迹时,需要净消费量,但是鉴于贸易资料数据的缺乏,本文并没有对该县消费品区域间贸易和国际贸易问题进行调整,仅仅计算了毛足迹,所以并不排除由本县商品出口导致生态赤字的可能性;另外均衡因子也是生态足迹计算的关键,国内近几年的研究基本上采取全球一致的均衡因子,显然不能反映研究区域的实际发展情况。今后在进行某地区的纵向研究时,应致力于制定符合研究区实际的生物生产性土地均衡因子。

其次,在进行生态承载力折算时,各种生物生产土地面积的统计数据的准确性非常重要,同时产量因子的确定也会影响计算结果。本文用每年粮食、

肉类的产量因子分别代表耕地和草地的产量因子,因此在计算过程中很有可能低估了耕地和草地生态承载力从而夸大了生态赤字。产量因子的确定应该在综合不同类生物生产方面有待改进。

参 考 文 献:

- [1] Wackernagel M, Rees W. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth[M]. Gabriola Island, BC, Canada: New society Publishers, 1996
- [2] 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.
- [3] Wackernagel M, Moran D, White S, et al. Ecological footprint accounts for advancing sustainability: measuring human demands on nature[C]//Lawn P. Sustainable Development Indicators in Ecological Economies. USA: Edward Elgar Publishing, 2006:247-267.
- [4] 刘 森,胡远满,李月辉,等.生态足迹方法及研究进展[J].生态学杂志,2006,25(3):334-339.
- [5] 张志强,徐中民,程国栋.生态足迹的概念及计算[J].生态经济,2000,(10):8-10.
- [6] 尹 璇,倪晋仁,毛小琴.生态足迹研究述评[J].中国人口·资源与环境,2004,14(5):45-52.
- [7] 臧淑英,冯仲科.资源型城市土地利用/土地覆被变化与景观动态[M].北京:科学出版社,2008:205.
- [8] 胡孟春,张永春,缪旭波,等.张家口市坝上地区生态足迹初步研究[J].应用生态学报,2003,14(2):317-320.

Dynamics of ecological footprint of Guyuan County from 1997~2006

WANG Li-xiu, MA Li

(College of Resources, Environment & Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: As a method to measure the effect of environment, ecological footprint can estimate the development condition of a certain region. In this paper, we give an introduction to the concept of ecological footprint and computing model. Then we take Guyuan County as a case study and assess its nature utilization situation from 1997~2006 by using the ecological footprint theory. The results show that the ecological footprint of this region increased by 78% from 1.1841 hm^2 to 2.1132 hm^2 , while the ecological carrying capacity decreased by 40% from 1.0721 hm^2 to 0.6461 hm^2 in the 10 years continually. This region has been in ecological deficit and it increased to 1.4671 hm^2 by 2006. The farmland has changed from 0.5266 hm^2 in ecological surplus to 0.6892 hm^2 in ecological deficit. All of these indicate that this region is excessively utilized, especially the farmland. In the end this paper gives some suggestions to resolve these problems and summarizes the weak points of such a model.

Keywords: ecological footprint; ecological carrying capacity; Guyuan County