

宁夏回族自治区永宁县 2006 年生态足迹分析

陈卫平¹, 朱清科², 薛智德³

(1. 宁夏农林科学院种质所, 宁夏 银川 750002; 2. 北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 3. 西北农林科技大学 资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 对地处黄河上游的宁夏回族自治区永宁县生态足迹帐户计算表明, 2006 年永宁县的人均生态足迹为 3.830 hm², 人均生态承载力为 3.376 hm², 人均生态赤字 0.454 hm², 资源的消耗已明显超出自然再生能力, 处于不可持续的发展状态。永宁县生态足迹主要来自于耕地、草地、化石能源消耗, 畜牧业比重增加和化石能源消耗增加是永宁县生态足迹增加的主要原因。改善该区生态足迹状况的有效途径。主要有提高化石能源使用率, 充分利用可再生能源, 种植饲草, 压缩养殖规模等。

关键词: 永宁县; 生态足迹; 分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)02-0237-05

中图分类号: F062.2

Ecological Footprints of Yongning County in Ningxia Hui Autonomous Region in 2006

CHEN Wei-ping¹, ZHU Qing-ke², XUE Zhi-de³

(1. Institute of Germplasm Resources, Academy of Agriculture & Forestry Science of Ningxia, Yinchuan, Ningxia 750002, China; 2. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. School of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on calculation, the ecological footprint, carrying capacity, ecological deficit of Yongning County in Ningxia Hui Autonomous Region is 3.830, 3.376 and 0.454 hm² per capita in 2006, respectively. The results reveal that the rate of resource consumption apparently exceeded that of resource renewal, implying an unsustainable status. The ecological footprints of the Yongning County were contributed mainly by cultivated land, grassland and fossil fuel consumption. The climbing of animal husbandry and fossil energy consumption was the main reasons leading to increases of ecological footprints. The study also pointed out several effective measures to reduce the ecological deficit, and enhance ecological capacity of the Yongning County, such as improving utilization ratio of fossil energy, decreasing industrial energy consumption, developing circular economy, utilizing renewable energy including solar and wind energy, planting forage, and compressing farm sizes.

Keywords: Yongning County; ecological footprint; analysis

生态足迹 (ecological footprint, EF) 是由 Rees^[1] 和 Wackernagel^[6] 提出并完善的一种可持续发展的生物物理评价方法。生态足迹可以量化生活需求与依赖生态的关联, 也可以反映人类对生态环境的冲击程度。生态足迹方法提供了一种衡量区域经济发展与资源帐户核算的新思路, 用统一的土地面积单位比较人类对生态空间的需求与自然资源有限供给, 使得生态足迹概念易于理解, 一目了然, 被广泛用于县域、地区、区域、国家、全球等各种尺度的计算^[9, 11-12, 15, 17-19]。本研究计算分析了解宁夏永宁县生态足迹特征, 研究结果

对评价黄河上游干旱区黄河绿洲县域经济的可持续发展现状, 调整规划区域经济发展战略, 维护社会稳定及民族繁荣等重大问题, 都具有一定的指导意义。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

永宁县地处东经 105°49′—106°22′, 北纬 38°08′—38°26′, 是宁夏平原的典型代表。该县位于宁夏回族自治区首府银川市南部, 东临黄河, 西靠贺兰山, 境内山地属贺兰山中段的南部, 山地以东依次为洪积扇

收稿日期: 2011-05-13

修回日期: 2011-08-11

资助项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目“黄土及华北石质山地水土保持林体系构建技术研究与示范”(2011BAD38B06)

作者简介: 陈卫平(1970—), 男(汉族), 宁夏回族自治区吴忠市人, 博士, 副研究员, 研究方向为经济林栽培、复合农林。E-mail: nature06chen@sina.com。

通信作者: 朱清科(1956—), 男(汉族), 宁夏回族自治区固原市人, 教授, 博士生导师, 研究方向为复合农林、林业生态工程。E-mail: zhuqingke@sohu.com。

和冲积扇平原,黄河在平原内自西南向东北穿流而过,平原以东为鄂尔多斯台地。大陆性气候特征十分明显,属中温带干旱气候,多年年平均降水量为 201.4 mm,且集中在 7—9 月;年平均蒸发量为 1 470.1 mm,为平均降水量的 7.3 倍。永宁县土地面积 1 015 km²,海拔 1 108.0~2 516.6 m,境内平原面积 9.31 × 10⁴ hm²,海拔 1 108~1 480 m,耕地面积为 3.48 × 10⁴ hm²。永宁县灌溉便利,农业耕作历史长,是全国 500 个商品粮基地之一。2006 年地区生产总值 27.15 亿元,其中第一、二、三产业增加值分别为 5.1、15.9 和 6.15 亿元,占全县生产总值的比重分别为 19%、59%、22%。该县总人口 20.53 万人,人均地区生产总值 13 253 元。由于毗邻银川市,永宁县也成为银川的蔬菜和果品供应基地,工业以生物制药和农副产品加工业等为主。

由于不同时期统计口径不一致及行政区划变化的因素,故仅选取 2006 年的统计数据进行分析。

1.2 生态足迹计算模型及相关讨论

由 Rees 和 Wackernagel 给出的生态足迹(EF)定义为“用生产性土地面积来度量一个确定人口或经济规模的资源消费和废物吸收水平的账户工具”。其计算模型为:

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

式中:EF——区域总的生态足迹;N——区域人口数;ef——区域人均生态足迹;*i*——消费项目商品类型;aa_{*i*}——人均占用 *i* 种交易商品折算的生物生产土地面积;*P_i*——*i* 种商品的世界平均生产能力;*c_i*——*i* 种商品的人均消费量。

各资源类型的生态足迹的具体计算公式为:

$$EF_i = \frac{P_i + I_i - E_i}{Y_{average}} \quad (2)$$

式中:EF_{*i*}——*i* 种资源的消费足迹;*P_i*——*i* 种生物资源的总生产量;*I_i*、*E_i*——*i* 种资源消费的进口和出口量;*Y_{average}*——世界上 *i* 种生物资源的平均产量。

人均生态承载力计算公式为:

$$ec = \sum_{j=1}^6 a_j \times f_j \times y_j \quad (3)$$

式中:ec——人均生态承载力(hm²/人);*a_j*——实际人均占有的第 *j* 类生物生产土地面积;*r_j*——均衡因子;*y_j*——产量因子。

虽然,生态足迹理论已成为一种定量衡量不同尺度区域可持续发展的理论和实践,但仍然受到了以 vanden Bergh 和 Verbruggen 为代表的生态经济学与

经济学研究者的质疑^[2,4-5],他们认为 EF 在全球不可持续性的指示上有应用价值,但不能为国家尺度上的政策制定提供依据,并且 EF 只是重复说明了目前没有一个国家在生态上能自给自足^[3],没有新意。

尽管生态赤字的存在不一定就是不可持续的表现,但仍然可以反应不同对象对自然物理要素的不同需求与承载,完善这一理论和实践仍然值得进一步探索。影响这一评价方法的主要因素有:(1) 统计体系的不完善和口径不一致,使得生态足迹的计算仍然没有一个统一标准。可持续发展概念的提出时间不长和各国的实际情况不一,各国及各地统计资料缺乏统一的标准和标准自身亟待完善,尤其是能源消费的终端数据不能准确获得,使得生态足迹计算的准确性难以确认和便于横向、纵向比较。随着更多指标的纳入和统计规范的提高,相信生态足迹的计算将更具可比性。(2) 不同地区和国家的地理区位与自然资源环境的差异性、消费习惯以及文化传统造成了各种不同生态类型区生物产量的变异、消费资源的变异、贸易进出口的变异,这些都使得使用全球统一平均产量计算出的生态足迹也不够准确。各地不同生物能值转化的均衡因子也需在多年定点试验的基础上准确量化。(3) 可持续发展评价指标的进一步完善,科技的影响、环境质量(水土资源的退化和保育成本的计入)、新能源的开发和利用(风能、太阳能、生物质能源等)产业结构升级等都会对生态足迹的增加或减少产生显著的影响,也应该计入生态足迹和生态承载的计算中。

2 研究区 2006 年生态足迹计算

基于 2006 年永宁县统计资料^[13]中农林牧业各项生物量数据,将永宁县 2006 年的生物资源消费转化为提供这类消费需要的生物生产面积(表 1)。为了便于计算结果在国与国、地区和地区之间等的横向比较,生物资源生产面积折算的具体计算中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^[7]。

基于 2006 年第一、二、三产业各项能源的终端消费数据,计算足迹时将能源的消费转化为化石燃料生产土地面积。采用世界上单位化石燃料生产土地面积的平均发热量为标准^[7],将当地能源消费所消耗的热量折算为一定的化石燃料土地面积^[17],得到 2006 年永宁县的能源消费帐户(表 2)。(由于永宁县进出口贸易调整很小,这里就忽略不计)。

表 1 永宁县生态足迹计算中生物资源帐户

农产品类型	全球平均产量/ (kg · hm ⁻²)	永宁县生物量/ 10 ³ kg	总的足迹/ hm ²	人均足迹 (hm ² /人)	土地类型
小麦	2 744	62 093	22 629	0.109	耕地
玉米	2 744	109 278	39 824	0.192	耕地
水稻	2 744	66 841	24 359	0.118	耕地
豆类	1 856	687	370	0.002	耕地
其它秋粮	2 744	2 926	1 066	0.005	耕地
油料	1 856	1 780	959	0.005	耕地
蔬菜	18 000	112 821	6 268	0.030	耕地
瓜类	18 000	14 870	826	0.004	耕地
经济林等	3 500	91 051	26 015	0.126	林地
药材	3 500	8 735	2 496	0.012	林地
木材	2	860	432	0.002	林地
猪肉	74	7 906	106 836	0.516	草地
牛羊肉	33	6 262	189 742	0.916	草地
牛奶	502	29 636	59 036	0.285	草地
绵羊毛	15	364	24 267	0.117	草地
山羊毛	15	8	533	0.003	草地
山羊绒	15	7	467	0.002	草地
禽蛋	400	4 447	11 118	0.054	草地
水产品	29	7 369	254 103	1.227	水域

表 2 永宁县生态足迹能源帐户

能源类别	全球平均能源 足迹/(GJ · hm ⁻²)	折算系数/ (GJ · t ⁻¹)	消费量/ t	人均消费量 (GJ/人)	人均生态足迹 (hm ² /人)	生产面积 类型
煤炭	55	20.93	531 976	53.781	0.977 837 0	化石燃料土地
焦炭	55	28.47	3 315	0.456	0.008 286 9	化石燃料土地
汽油	93	43.12	15 930	3.318	0.035 672 8	化石燃料土地
煤油	93	43.12	6	0.001	0.000 013 4	化石燃料土地
柴油	93	42.71	12 794	2.639	0.028 371 8	化石燃料土地
燃料油	71	50.20	10	0.002	0.000 034 1	化石燃料土地
液化石油气	71	50.20	1 613	0.391	0.005 507 6	化石燃料土地
其它石油制品	71	50.20	55	0.013	0.000 187 8	化石燃料土地
天然气	93	38.98	737	0.139	0.001 491 7	化石燃料土地
电力	1 000	11.84	119 730	6.846	0.006 846 0	建筑用地

将表 1—2 中的各种生物资源和能源的消费计算得到的生产各种生物的土地类型进行汇总,再乘以相应的均衡因子,就得到了按世界平均生态空间计算的永宁县 2006 年的生态足迹,即 2006 年永宁县人均生态足迹需求为 3.830 2 hm²(表 3)。

永宁县是银川平原的组成部分,耕地全部为水浇地,种植管理水平高,品种更新较快,单产处于全国粮食单产的较高水平。麦套玉米与水稻的种植比例为 4:1,麦套玉米的产量为 10 950 kg/hm²,水稻的产量为 8 250 kg/hm²,根据公式(4)计算得到耕地的产出因子为 3.74。

$$\text{耕地产出因子} = (10\,950 \times 0.75 + 8\,250 \times 0.25) / 2\,744 = 3.77 \quad (4)$$

宁夏回族自治区是西北地区水产养殖的发达地区,占西北地区水产品总量的 23.1%,水产养殖规模和单产水平都处于前列。水产品人均占有量为 6.51 kg,为西北地区人均占有量的 3.73 倍。水产业总产值 1.52 亿元,占当年农业产值的 1.5%,而西北地区不到 0.5%^[10]。永宁县是宁夏回族自治区水产品主要生产县,水产品主要来自人工养殖,水产平均单产 3 172 kg/hm²,饲养方式主要为集中精养和半精养,平均单产达到全国单产水平,是世界平均单产百倍之多,这里取产出因子为 100;牛羊养殖的青贮饲料主要来自于耕地麦套玉米或饲用玉米的秸秆,产量为 22 500 kg/hm²,因为永宁县养殖以奶牛为主,该县的产出因子是世界平均水平的 45 倍,按 50% 的利用率计算,草

地的均衡因子取 22.5; 森林和建筑用地的均衡因子取世界平均水平。因永宁县最西部的山区属贺兰山自然保护区, 山麓的洪积扇平原又大面积地实行了禁牧, 农田建立了严格的农田保护区, 所以不再按国际

惯例扣除 12% 的生物多样性保护面积根据以上取得的永宁县各种土地类型的产出因子和 2006 年永宁县各土地类型的人均面积, 计算得到永宁县 2006 年的人均生态承载力(表 3)。

表 3 永宁县 2006 年人均生态足迹与生态承载力计算比较

项目	人均生态足迹			生态承载力		
	人均面积/hm ²	均衡因子	均衡面积/hm ²	人均面积/hm ²	均衡因子	均衡面积/hm ²
耕地	0.465 1	2.8	1.302	0.156 0	3.7	0.584
草地	1.893 1	0.5	0.947	0.092 0	22.5	2.070
森林	0.139 8	1.1	0.154	0.067 6	1.0	0.068
建筑用地	0.006 8	2.8	0.019	0.036 4	1.5	0.054
水域	1.227 1	0.2	0.245	0.006 0	100.0	0.600
化石能源	1.574 0	1.1	1.163			
合计			3.830 0			3.376 0

3 永宁县生态足迹结果分析

通过计算得到永宁县 2006 年的人均生态足迹是 3.830 hm², 人均生态承载力只有 3.376 0 hm²/人, 人均生态赤字 0.454 0 hm², 资源的消耗已明显超出自然再生能力, 处于不可持续的发展状态。

3.1 生态足迹增加的原因分析

永宁县人均生态足迹主要来自于耕地、草地、化石能源的消耗, 占总生态足迹的 89%。永宁县是重要的商品粮生产县也是银川市的菜篮子和肉蛋奶基地。自从 2000 年以后, 产业结构调整, 农业占国民经济产值的比重下降, 畜牧业在农业中的比重上升; 2003 后第二产业发展迅猛, 工业用煤占全县总用煤量的 70% 以上, 其它化石能源的消耗随之大幅上升, 由于单位产值的能耗高, 迅速导致了生态足迹的增大。

各地生产实际不同, 但按通用的计算方法, 往往导致生态足迹的计算误差。永宁县养殖业的饲料主要来源于耕地生产的玉米、小麦的麸皮等, 同时, 玉米的秸秆也是青贮的主要原料。而计算动物资源帐户时占用的草地面积又重新按通常的惯例将肉、蛋、奶换算为草地面积, 这无疑是重复计算了很大比例, 增加了生态足迹的计算结果。

3.2 与同期中国其它区域县域生态足迹的比较

分别选取华北、华东、华南几个县域生态足迹进行分析比较, 地处华北农牧交错带的河北省涪源县, 2006 年的人均生态足迹是 2.113 2 hm²/人, 人均生态赤字 1.467 1 hm²/人, 草地和耕地生态足迹上升是主要因素^[14]; 地处亚热带华南地区湖南长沙县以机械、汽车、电子信息和新型材料、非金属矿物制造业等为

支柱产业, 2005 年长沙县人均生态足迹、人均生态承载力、人均生态赤字分别为 2.520 0, 0.600 0 和 1.920 0 hm²/人^[16]。工业的飞速发展对化石燃料消耗和耕地的占用的急剧增加是产生生态赤字的主要原因。工业、农业产业化、特色产业发较好的山东省昌乐县 2003 年生态足迹计算结果表明, 昌乐县人均生态足迹为 1.109 9 hm²/人, 而昌乐县人均生态承载力、人均生态赤字分别为 0.542 2 和 0.632 8 hm²/人^[8]。

永宁县作为西北干旱区经济发展较好的平原县, 人均生态足迹是 3.830 0 hm²/人, 人均生态承载力只有 3.376 0 hm²/人, 人均生态赤字 0.454 0 hm²/人。与同时期华东沿海、华南、华北几个县域生态足迹进行比较发现, 资源人口状况、经济结构和经济发展水平等不同影响着几个县市的生态足迹和可持续发展程度, 生态足迹增加既有相似之处也有明显差异之处, 耕地和草地的过度利用是造成这 4 个县市人均生态足迹增加和生态赤字增加的共同原因; 工业发展对化石能源消耗是造成长沙县和永宁县生态赤字增加的主要原因之一, 而永宁县单位万元产值能耗高又造成了人均生态足迹和赤字高于华南的长沙县; 东部沿海的山东昌乐县由于珠宝业、乐器、农业产业化发展较好, 高耗能工业少, 所以人均生态足迹和生态赤字较低。华北涪源县是典型的农牧县, 粮食、蔬菜、肉禽等农产品需求不断上升, 耕地、草地的生态足迹增加是该县生态足迹和赤字增加的主因。

3.3 减少永宁县生态足迹的途径

(1) 提高化石能源的使用率, 降低工业能耗, 发展循环经济。目前, 永宁县工业对该县经济增长的贡献率为 68.1%, 占 GDP 的比重为 48.8%。从图 1 可

以看出,永宁县单位地区生产总值能耗在宁夏地区是比较低的,每万元生产产值耗煤不足宁夏全区耗煤量的1/2,但与全国发达地区比较,却高达2倍以上,这一方面反映了宁夏地区煤炭资源的压力远没有东南部大,同时也反映了降低能耗,减少生态足迹还有着很大的潜力。境内的骨干企业为制药、造纸行业,对环境的污染不容忽视。目前生态足迹计算还没有折算缓冲土壤、水体污染所需的土地面积,所以永宁县生态足迹存在潜在的增加值。减少该县生态足迹,只有采用节能减排的新工艺,提高能源的使用率,循环利用废气、废水、废渣,清洁、环保生产才是工业强县的正确选择。

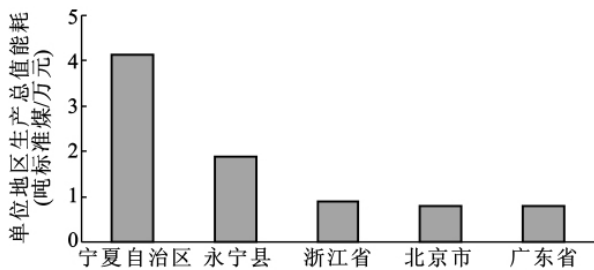


图1 单位地区生产总值能耗比较

(2) 充分利用太阳能、风能等可再生资源,发展清洁能源。位于永宁县境内的贺兰山头关风电场测风结果统计,该地区风速年内变化小,全年均可发电,贺兰山头关风电场一期工程,设计安装27台单机容量为1500 kW 国产风力发电机组,按每年至少2000 h 的发电时间,每年可发电 8.0×10^7 kW·h。与燃煤电厂相比,在相同发电量下,按火电厂每度电消耗350 g 标准煤计算,风电厂节约标准煤 2.8×10^7 kg,节约用水 2.641×10^4 kg,减少二氧化硫排放 1.961×10^5 kg,减少二氧化碳排放 8.80×10^7 kg,减少氮氧化物排放 1.994×10^6 kg,减少烟尘 4.626×10^5 kg,同时可减少人均生态足迹 0.0515 hm²。

永宁县年太阳辐射 5923 MJ/(m²·a),年日照时数达2866.7 h,光能资源丰富,日照长。太阳能的开发利用在设施农业、居民生活等方面有着极大的潜力。此外,垃圾焚烧发电 CDM(清洁发展机制)机制的引入,也是减少生态足迹的一种途径。

(3) 人工种植饲草,适当压缩养殖规模。畜牧养殖是宁夏自治区许多地区的传统优势产业,但必须根据草地面积核算养殖规模,并利用一定的耕地进行饲草种植,缓解养殖对天然草地的破坏;另外,控制并转移冲积平原的部分养殖基地向高阶地区发展,减少畜禽粪便对冲积平原土壤及水体的污染,同时也能增加高阶地和洪积扇平原瘠薄土壤养分的供应。

[参 考 文 献]

- [1] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out [J]. *Environment and Urbanization*, 1992, 4(2): 121-130.
- [2] Hans Opschoor. The ecological footprint: Measuring rod or metaphors [J]. *Ecological Economics*, 2000, 32(3): 363-365.
- [3] Rees W E. Consuming the earth: The biophysics of sustainability [J]. *Ecological Economics*, 1999, 29(1): 23-27.
- [4] Robert Costanza. The dynamic of the ecological footprint concept [J]. *Ecological Economics*, 2000, 32(3): 341-345.
- [5] Van den Bergh J C J M, Verbruggen H. Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint [J]. *Ecological Economics*, 1999, 29(1): 61-72.
- [6] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth [M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [7] 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.
- [8] 段慧平,蒋红花,齐善忠. 山东省昌乐县生态足迹研究 [J]. *安徽农学通报*, 2007, 13(2): 77-79.
- [9] 符海月,李满春,毛亮,等. 基于生态足迹的土地利用规划生态成效定量分析: 以河北省廊坊市为例 [J]. *自然资源学报*, 2007, 22(2): 225-235.
- [10] 苟金明. 宁夏水产养殖业现状及发展对策 [J]. *内陆水产*, 2002(6): 38-39.
- [11] 顾晓薇,李广军,王青,等. 绿色大学建设中的生态足迹 [J]. *环境科学*, 2005, 26(4): 200-204.
- [12] 卢远,华瑾. 广西1990—2002年生态足迹动态分析 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2004, 14(3): 49-53.
- [13] 宁夏回族自治区统计局,国家统计局宁夏调查总队. 宁夏统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2007.
- [14] 汪立秀,马礼. 1997—2006年沽源县生态足迹动态变化分析 [J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(6): 236-240.
- [15] 王书华,王忠静. 基于生态足迹模型的山区生态经济协调发展评估: 以贵州镇远县为例 [J]. *山地学报*, 2003, 21(3): 324-330.
- [16] 吴峰,毛德华. 生态足迹在长沙县生态县建设中的应用 [J]. *云南地理环境研究*, 2007, 19(6): 44-48.
- [17] 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.
- [18] 徐中民,张志强,程国栋. 中国1999年生态足迹计算与发展能力分析 [J]. *应用生态学报*, 2003, 14(2): 280-285.
- [19] 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.