

2004—2013年忻州市生态足迹和承载力变化

赵鹏宇¹, 步秀芹², 崔 婧¹, 张俊卿¹, 王翠萍³, 冯文勇¹

(1. 忻州师范学院 旅游管理系, 山西 忻州 034000; 2. 广西壮族自治区环境保护科学研究院, 南宁 530000; 3. 国家林业局 西北林业调查规划设计院, 西安 710048)

摘要:采用修正后的生态足迹模型测算了2004—2013年忻州市生态足迹和生态承载力。生态足迹模型中增加了包括废气、废水和固体废弃物科目的污染排放账户和水资源账户,重新确定了忻州各项生物账户全球平均产量与生产性土地均衡因子。测算了各账户的生态足迹与承载力。结果显示:(1)忻州人均生态足迹增长较为明显,由2004年的 $2.098\ 8\ \text{hm}^2/\text{人}$ 增长至2013年的 $5.388\ 9\ \text{hm}^2/\text{人}$,人均生态承载力维持在 $1.28\ \text{hm}^2/\text{人}$ 左右,人均生态盈亏全部表现为生态赤字从 $0.800\ 9\ \text{hm}^2/\text{人}$ 上升至 $4.103\ 8\ \text{hm}^2/\text{人}$ 。(2)生态足迹帐户上表现出差异性:近10年间均表现为生态盈余的有耕地、林地、建筑用地、水资源共4类,除水资源外,其余3类生态盈余呈下降趋势;而草地、水域、能源用地、污染消纳地均表现为生态赤字,除污染生态赤字稳定在一定范围内外,草地、水域、能源用地均表现为快速增加趋势,导致了生态赤字的增加。(3)全市生态压力指数从2004年的1.62增长到2013年的4.19,生态多样性指数从1.261减少到0.855,万元GDP生态足迹从 $4.355\ \text{hm}^2/\text{万元}$ 降至 $2.563\ \text{hm}^2/\text{万元}$,表明生态足迹分配越来越失衡,生态系统处于不稳定状态。同时资源利用率正在逐步提高,发展能力指数由2.646增加到4.609的事实也说明了全市可持续发展态势良好。

关键词:生态足迹;生态承载力;生态盈亏;发展能力;忻州

中图分类号:X171.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)04-0373-06

Change in the Ecological Footprint and Carrying Capacity in Xinzhou from 2004 to 2013

ZHAO Pengyu¹, BU Xiuqin², CUI Qiang¹, ZHANG Junqing¹, WANG Cuiping³, FENG Wenyong¹

(1. Department of Tourism Management, Xinzhou Teachers University, Xinzhou, Shanxi 034000, China;

2. Scientific Research Academy of Guangxi Environmental Protection, Nanning 530000, China;

3. Northwest Institute of Forest Survey, Planning and Design, State Forestry Administration, Xi'an 710048, China)

Abstract: Waste gas, waste water, solid waste pollution subjects accounts and water resources accounts are added in the Modified Ecological Footprint Model, the biological account, global average yields and productive land equalization factor in Xinzhou were re-identified, and the ecological footprint and capacity of each account were calculated. The results are shown as follows. (1) Per capita ecological footprint growth of Xinzhou is obvious, rising from $20\ 042.098\ 8\ \text{hm}^2$ per capita in 2004 to $5.388\ 9\ \text{hm}^2$ per capita in 2013, per capita ecological carrying capacity remained at $1.28\ \text{hm}^2$, per capita ecological surplus and loss performed as the ecological deficit, and the deficit rose from $0.800\ 9\ \text{hm}^2$ per capita to $4.103\ 8\ \text{hm}^2$ per capita. (2) The ecological footprint account performed the difference in 10 years. The ecological surpluses had arable land, forestland, building land, water resources, the other three types of ecological surplus decreased exception of water. The grassland, water, energy land, pollution consumptive land presented as ecological deficit in addition to the pollution ecological deficit stabilized at a certain range. The grassland, water, energy and land use had the trend of a rapid increase, resulting in increase of ecological deficit. (3) The whole Xinzhou ecological pressure index increased from 1.62 in 2004 to 4.19 in 2013, the ecological diversity index decreased from 1.261 to 0.855,

收稿日期:2016-06-15

修回日期:2016-07-01

资助项目:2014年忻州师范学院专题研究项目“忻州市资源与生态承载力和生态安全评价”(ZT201405);2015年忻州市科技发展计划项目“忻州市滹沱河生态保护及修复技术研究”(忻科发 2015【9】号)

第一作者:赵鹏宇(1981—),男,山西保德人,讲师,硕士,主要从事资源与生态环境保护研究。E-mail:497154516@qq.com

通信作者:冯文勇(1967—),男,山西保德人,教授,博士,主要从事区域资源开发研究。E-mail:fengwenyong6000@163.com

the GDP ecological footprint declined from 4.355 hm²/ Million Yuan to 2.563 hm²/ Million Yuan. Those facts reveal that the distribution of the ecological footprint is increasingly unbalanced and the ecosystem becomes unstable; meanwhile, the resource utilization is gradually improving, capacity development index rises from 2.646 to 4.609, which also explains the city's sustainable development in a good state.

Keywords: ecological footprint; ecological carrying capacity; ecological surplus and loss; development capacity; Xinzhou

生态足迹法是一种以生物生产性为媒介,从生产端和消费端核算人类一定条件下生态承载力供给与需求,进而判明区域自然资源是否被过度利用的方法。自 1995 年 Wackernagelt 和 Rees 提出的生态足迹基本模型,在广泛应用之后又扩展出基于投入产出、生命周期分析技术或物质流分析技术的生态足迹模型,不同时空尺度的实证研究相继涌现,对模型参数、项目的计算、账户扩展等方面做了调整与修正^[1-5]。生态足迹模型存在一定的缺陷,主要表现为:一是核算的足迹是不准确不完整的,如某些产品用生产数据代替实际消费数据,没有充分考虑地下水在内的地下资源,污染物的足迹因计量复杂而被忽略;二是模型仅可以测算已发生年份生态足迹大小,得到的结论是瞬时性的,不能预测未来,缺乏动态性。但其计算方法简单、结果表达形象、易理解等优点,依然不失为核算生态承载力的良好方法。

基于上述分析,本文将对生态足迹模型参数、账户进行修正扩展,测算忻州市生态承载力,为重点生态功能、能源开采、旱作农业复合区生态承载力评价提供参考。

1 研究区概况

忻州市位于山西省北中部,地理坐标范围为 110°56'—E113°58'E、38°09'—N39°40'N。北临恒山山脉,南接太原盆地,西隔黄河,东倚太行山,总面积 2.51 万 km²,占全省土地总面积的 16%。下辖 1 市、1 区、12 县,2013 年全市人口为 311.4 万人,其中农业人口 185.7 万人,耕地 64.5 万 hm²,土地资源中山地、丘陵与平原所点比例为 53.5%,35.96%,10.54%。全市河流有汾河、滹沱河、清水河等,区域水资源总量为 18.7 亿 cm³。主要面临的生态问题为水土流失,局部地区水资源短缺以及能源开采带来的生态问题。随着山西省国家资源型经济转型综合配套改革试验区战略的实施,迎来新的发展机遇,2013 年全市能源生产总量 4 773.9 万 t,国内生产总值 654.7 亿元。与此同时资源和环境的刚性约束在忻州市的发展中愈加明显。现已表现出诸多问题,如资源供需矛盾突出、生态环境演变和区域发展不平衡等,影响到区域经济和社会的可持续发展。

2 研究方法数据来源

2.1 研究方法

在计算人均生态盈亏的基础上,引入生态压力指数、万元 GDP 生态足迹、生态足迹多样性指数以及区域发展能力指数等指标来描述区域可持续发展水平。具体指标计算如下:

生态足迹计算公式一般可表示为:

$$EF = N \times ef = N \times \sum (r_i \times c_i / p_i) \quad (1)$$

式中: i , r_i , N , ef , EF 分别为消费项目类型、均衡因子、人口数量、人均生态足迹、总生态足迹; p_i , c_i 分别为第 i 种项目的世界平均生产能力和人均消费量,

生态承载力 EC 计算公式为:

$$EC = N \times ec = N \times \sum (a_i \times r_i \times y_i) \quad (2)$$

式中: a_i , y_i , N , ec 分别为人均生物生产面积、产量因子、人均生态承载力、 r_i , N 同前。生态盈亏 ed 反映生态足迹与生态承载力差额。公式为:

$$ed = ec - ef \quad (3)$$

式中:当 $ed < 0$ 时显示为生态赤字,表明生态环境亏损,反之则为生态盈余,直接反映区域发展是否处于生态承载力范围之内。

生态压力指数 E_{pi} 反映人类活动对生态系统的干扰强度。计算公式为:

$$E_{pi} = ef / ec \quad (4)$$

式中: $E_{pi} < 1$ 表明干扰强度未达到区域生态系统的自反馈上限,生态系统平衡,反之将表明生态安全已受到威胁。 E_{pi} 指数越大,生态系统遭受的干扰强度越大。

万元 GDP 生态足迹反映的是区域经济发展对系统资源利用率高。指标值越大,区域系统资源的利用效率越低。公式表示为:

$$\text{万元 GDP 生态足迹} = EF / GDP \quad (5)$$

生态足迹多样性指数 H 用来描述区域内各种消费所需生物生产性土地面积的均衡程度,通过 Shannon-Weaver 公式计算:

$$H = -\sum (p_i \times \ln p_i) \quad (6)$$

式中: p_i , $\ln p_i$ 分别表示第 i 类土地类型在生态足迹中的比例与分配状况。 H 值越高,则表明区域内类型比例适中,生态系统结构处于稳定状态。

按照 Ulanowicz 的方法,发展能力指数 C 的计算公式为:

$$C = ef \times H = ef \times [-\sum (p_i \times \ln p_i)] \quad (7)$$

2.2 模型修正及数据处理

2.2.1 模型修正 (1) 生态足迹账户中加入污染排放与水资源。为体现污染物及为治理污染所占用的生态足迹,在原始模型以耕地、草地、林地、水域、化石能源地、建筑用地 6 大类生态足迹计算的基础上,将污染排放账户纳入其中。以废水、废气、固体废弃物等排放量衡量污染直接或间接占用土地的生态足迹。同时,基本模型中的水域仅体现了生物生产功能,水资源生态足迹的意义可以表述为人类在生活生产中消耗水资源的过程。为此加入水资源帐户,计算方法就是将消耗的水资源量转化为相应帐户的生产面积—水资源用地面积。水资源生态足迹 EF_w 可以表示为:

$$EF_w = N \times ef_w = r_w \times (W/p) \quad (8)$$

式中: ef_w , r_w , W , p 分别水资源帐户的人均生态足迹、均衡因子、水资源消耗量、水资源全球平均生产能力。

水资源生态承载力体现为区域某一时间段内水资源最大供给量可供支持该区域资源、环境和社会(生态、生产和生活)可持续发展的能力。根据刘乐冕^[6]在计算中扣除 60% 维持生态环境的水资源量。水资源承载力 EC_w 公式可表示为:

$$EC_w = N \times ec_w = 0.4 \cdot r_w \cdot y_w \cdot Q/P$$

式中: ec_w , r_w , y_w , Q , p 分别为水资源人均承载力、水资源均衡因子、产量因子、区域水资源总量、水资源全球平均生产能力。

(2) 修正均衡因子以减少误差。40 多年来, Wackernagel 学者、世界自然基金会(WWF)、伦敦动物协会、全球足迹网络(GFN)、水足迹网络等学者组织多次发布了 6 类帐户的均衡因子,其变动幅度不大。参照杨屹^[7]计算均值的办法,选取各因子均值用于计算,即耕地、建设用地、林地、化石能源用地、草地、水域分别取 2.34, 2.34, 1.64, 1.64, 0.48, 0.32。同时,假设的土地为生物生产能力较差的土地,根据吸纳污染与水资源用地含义及相关文献,将二者均衡因子设定为 1.0。

2.2.2 数据来源与处理 研究数据来源于《忻州统计年鉴(2008—2014)》、《忻州国民经济和社会发展统计公报(2008—2013)》、忻州市环境状况公报(2009—2013)、忻州市水资源公报(2004—2014)以及忻州市国土资源局提供的土地利用变更数据(2008—2013)资料。部分数据经过计算整理并在文中注明。为统一数据统计口径,采用农作物产量替代消费量。

(1) 生物账户全球平均产量表的处理。国内文献提及的生物账户全球平均产量主要有三种来源:一是直接采用 1993 年联合国粮食及农业组织(FAO)的统计或《国际统计年鉴》的统计。二是 Wackernagel 等在测算 1993 年意大利平均生态足迹时提出的全球帐户平均产量。三是以上述数据为主,个别类别采用我国学者谢鸿宇^[8]对中国主要农产品全球平均产量更新计算结果。本文在收集 1999—2009 年 FAO 统计年鉴基础上,计算了部分生物产量,见表 1。由此发现个别类别结果差异较大。

在忻州统计年鉴上查阅各项生物帐户年产量。本文确定忻州生物帐户全球平均产量的原则为,为了与同类研究成果相比较^[9-12],以及数据的完整性,主要采用 1993 年 Wackernagel 等提出的全球平均产量。发现核桃、花椒 3 个科目无法归类,为此,采用如下方法估算全球平均产量:核桃直接采用谢鸿宇等测算结果 2 322 kg/hm²,商务部特办资讯资料显示,我国花椒产量世界领先,采用杨屹计算陕西生态足迹时计算结果,椒全球平均产量为 385 kg/hm²。由于羊绒产量较少,认为其产量与羊毛相同。

在消费项目划分以及其所对应的用地类型方面,考虑到忻州的具体情况,猪肉主要由规模化饲养厂生产,饲料来源以本地玉米为主,若将其用地类型归为耕地,则存在较大程度的重复计算,因此将猪肉的用地类型划归为草地。将水果划分为林地原因有以下两点,一是本地果园林木生态功能各方面与林地相似,二是退耕还林工程的实施,退耕地变成经济果林,按林地类型计算。

(2) 能源帐户数据处理。忻州市能源消费主要包括有煤炭、焦炭、天然气、汽油、柴油及社会电力等,共 6 个消费项目。利用全球单位化石能源土地面积的平均发热量将其转化为化石能源土地面积:具体为:天然气折算系数单位是 GJ/10⁴ m³;电力折算系数单位是 GJ/10⁴ kW·h,电力千瓦时与热量折算系数是单位千瓦时耗煤 397 g 的热量换算。

(3) 污染排放帐户处理。废水和废气的生态足迹分别指用于处理废水、大气污染物使之达到排放标准所占用的生物生产性土地面积。根据文献居民生活污水及工业废水排放占用湿地面积以 365 t/hm² 的标准进行换算。计算废气生态足迹时,将其转换为吸收大气污染物所需的林地面积,并按照阔叶林对 SO₂ 的平均吸收能力 88.65 kg/hm²,对烟尘和粉尘的滞尘能力 10.11 t/hm² 的标准换算。处理固体废弃物主要方法是填埋和堆放,按照单位土地面积可堆积固体废弃物 10.19 万 t/hm² 的标准换算。

表 1 忻州市生物帐户全球平均产量 kg/hm²

分类	1993 年 测算	2008 年 谢鸿宇等测算	1999—2009 年 FAO 计算平均值	分类	1993 年 测算	2008 年谢鸿宇 等测算	1999—2009 年 FAO 计算平均值
稻谷	2744	3946	3356	红枣	3500	—	7242
小麦	2744	2790	3356	柿子	3500	—	7242
玉米	2744	4586	3356	桃	3500	—	7242
谷子	2744	—	3356	猪肉	74	—	—
高粱	2744	1326	3356	羊肉	33	2.5 *	—
豆类	1856	2302	848	牛肉	33	12.5 *	—
薯类	12607	—	13597	禽肉	764	—	—
油料	1856	736	572	兔肉	15	—	—
蔬菜	18000	16927	17095	奶类	502	104 *	—
核桃	—	2322	—	禽蛋	400	—	—
花椒	—	—	—	羊毛	15	2.3 *	—
苹果	3500	23019	7242	羊绒	—	—	—
梨	3500	—	7242	水产	29	3264 *	—
葡萄	3500	8524	7242	蜂蜜	50	—	—

注：* 为部分数据计算，无法比较。

(4) 水资源帐户处理。水资源全球平均生产能力根据资料 3 140 m³/hm²。水资源产量因子根据文献取山西省的平均水平,其值为 2.45。

(5) 生态承载力数据处理。本文生态承载力采用面积转换法,利用忻州市 2008—2013 年数据计算。根据生态足迹的土地类型,需要对忻州的耕地、水域、林地、草地、化石能源地、建设用地面积进行转换。耕地以忻州市农村土地利用现状二级分类面积为准。耕地包括水田、水浇地、旱地。林地包括有林地、灌木林地、其他有林地、同时将园地归为林地。草地包括天然牧草、人工牧草、其他草地、

(6) 产量因子。我国目前采用的产量因子分别为:耕地、建筑用地为 1.66,林地为 0.91,草地为 0.19,水域为 1.00,化石原料用地为 0。

3 结果与分析

3.1 不同帐户生态足迹变化

根据忻州不同的消费类型,将生态足迹分别划分为耕地、草地、水域、林地、化石能源地、建筑用地、消纳污染地、水资源 8 类生态足迹,2004—2013 年忻州人均生态足迹变化见表 2。忻州人均生态足迹增长较为明显,由 2004 年的 2.098 8 hm²/人增长至 2013 年的 5.388 9 hm²/人,年均增加 17.42%,其中,化石能源的消耗产生的足迹占有较大比重,表明积极推进清洁能源开发利用的具有重要现实意义。生物资源账户的生态足迹呈现“先减后增”趋势,由 2004 年的 0.678 8 hm²/人减少至 2006 年的 0.518 5 hm²/人,2013 年增长到 0.842 8 hm²/人,但其在人均总足迹中所占比重由 2004 年的 32.3%,下降到 2013 年 15.6%。在生物资源账户构成上,耕地类和草地类的人均生态足

迹占主要地位,整体成波动上升趋势。

在化石能源与建设用地账户中,全市能源消耗生态足迹增长基本呈直线上升趋势,由 2004 年的 1.171 9 hm²/人增加到 2013 年的 4.150 7 hm²/人,增加了 3.5 倍,说明这个时期忻州经济处在快速增长阶段,工业化进程加快的特点表现突出。煤、油、气等能源消耗均有明显增加,其中煤的人均生态足迹变动最为明显,由 2004 年的 1.166 5 hm²/人增长到 4.150 7 hm²/人,除 2008 年全省煤矿整合稍有波动外,其他年份增长都较快。此外有个明显特征,忻州电力消耗的人均生态足迹较低,在 2013 年仅占化石能源的 0.24%,一煤独大的能源消耗局面一直在持续。天然气等清洁能源使用量非常有限,能源消费结构严重失衡。从污染排放账户生态足迹的变动情况看,其生态足迹 2009 年以前波动最大,2009 年基本保持稳定趋势,这与近年来污染排放控制有关,说明在一定程度上污染治理降低了足迹的上升趋势。水资源账户的生态足迹与区域水资源数量与用水量密切相关,在 2004—2013 年水资源足迹呈细微的波动上升趋势,农业用水的持续稳定决定了忻州市用水量总量的走势,而区域水资源数量的变化基本决定了该项足迹的变化。

3.2 生态承载力及压力指数变化

利用忻州土地统计数据测算了人均生态承载力,表 3 结果显示人均生态承载力总体上维持在 1.47 hm²/人左右,扣除 12%(水资源扣除 60%)的生物多样性保护用地后,人均承载力仅为 1.28 hm²/人左右,在 2009 年、2010 年出显出现小幅下降,2012 年上升恢复到之前水平。从生态承载力组成结构来看,主要为耕地与林地,二者和约为 1 hm²/人,占总承载力的 78%左右。

表 2 2004—2013 年忻州市人均生态足迹										hm ² /人	
帐户	项目	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
生物资源账户	耕地	0.335	0.2886	0.3004	0.3394	0.3207	0.3117	0.3963	0.4005	0.4362	0.4553
	草地	0.3311	0.3417	0.2019	0.2146	0.2692	0.2912	0.2871	0.3156	0.3519	0.3564
	水域	0.0066	0.0065	0.0067	0.0052	0.0055	0.0071	0.0071	0.0074	0.0082	0.0089
	林地	0.0061	0.0060	0.0095	0.0094	0.0093	0.0109	0.009	0.0178	0.0204	0.0222
	小计	0.6788	0.6428	0.5185	0.5686	0.6047	0.6209	0.6995	0.7413	0.8167	0.8428
化石能源账户	煤碳	1.1665	1.3722	1.5381	1.6655	1.6028	2.0276	2.2684	2.9633	3.1538	4.1220
	天然气	0.0011	0.0015	0.0017	0.0018	0.0019	0.0018	0.0023	0.0049	0.0050	0.0052
	汽油	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0005	0.0003	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007
	柴油	0.0040	0.0050	0.0056	0.0059	0.0085	0.0028	0.0102	0.0138	0.0181	0.0229
	小计	1.1719	1.3791	1.5457	1.6736	1.6136	2.0326	2.2815	2.9826	3.1774	4.1507
建设用地账户	电力	0.0025	0.0028	0.0032	0.0040	0.0038	0.0029	0.0043	0.0053	0.0062	0.0098
	生活污水	0.0106	0.0108	0.0110	0.0108	0.0105	0.0090	0.0123	0.0166	0.0168	0.0172
污染排放账户	工业废水	0.0318	0.0383	0.0404	0.0317	0.0244	0.0147	0.0121	0.0131	0.0131	0.0100
	SO ₂	0.1547	0.3263	0.3816	0.3311	0.2332	0.2542	0.3446	0.3396	0.2979	0.2901
	烟尘	0.0012	0.0038	0.0036	0.0023	0.0033	0.0033	0.0027	0.0026	0.0024	0.0023
	粉尘	0.0004	0.0008	0.0008	0.0008	0.0004	0.0001	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011
	固体废物	0	0	0	0	0	0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	小计	0.1988	0.3799	0.4373	0.3767	0.2719	0.2814	0.3729	0.3733	0.3315	0.3209
水资源账户	城镇居民	0.0020	0.0021	0.0021	0.0022	0.0022	0.0017	0.0022	0.0029	0.0031	0.0032
	农村居民	0.0046	0.0046	0.0045	0.0043	0.0038	0.0023	0.0024	0.0026	0.0026	0.0026
	农业灌溉	0.0285	0.0323	0.0355	0.0344	0.0317	0.0284	0.0327	0.0456	0.0418	0.0417
	林牧渔业	0.0018	0.0018	0.0018	0.0017	0.0011	0.0022	0.0021	0.0033	0.0033	0.0031
	工业	0.0089	0.0113	0.0124	0.0107	0.0081	0.0058	0.0072	0.0084	0.0085	0.0087
	建筑业	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
	三产	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0008	0.0008	0.0008
	生态	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0011	0.0048	0.0046	0.0045
	小计	0.0468	0.053	0.0573	0.0541	0.0478	0.0412	0.0485	0.0685	0.0649	0.0647
总计	2.0988	2.4576	2.5620	2.677	2.5418	2.979	3.4067	4.171	4.3967	5.3889	

2004—2013 年忻州人均生态盈亏全部表现为生态赤字,从 0.800 9 hm²/人上升至 4.103 8 hm²/人,呈持续增长趋势,增加了 5.1 倍。同时发现各类项目表现出差异,具体为:一方面在 10 a 间均表现为生态盈余的有耕地、林地、建筑用地、水资源共 4 类,表现为生态赤字的有草地、水域、能源用地、污染消纳,除污染生态赤字稳定在一定范围内外,草地、水域、能源用地均表现快增加趋势,生态赤字分别由 2004 年的 0.310 9,0.001 9,1.171 9 hm²/人上升到 2013 年的 0.331 6,0.005,4.150 4 hm²/人,化石能源生态赤字决定了全市生态赤字变化趋势,换句话说,控制生态赤字成效主要取决于化石能源的消耗。

生态压力指数从 2004 年的 1.62 增长到 2013 年的 4.19,增加 2.6 倍,从压力指数组成来看:能源用地、污染消纳其承载力为 0,可以将其压力指数看成无限大;草地生态压力指数远高于其他类别,究其原因,忻州畜牧业发展较快,牧草地数量偏少、质量较低,同时在计算上将畜牧产品全部归为草地,在一定

程度上提高的草地压力指数。水域生态压力有逐年增加的趋势,与现代人们的饮食结构密切相关,需要引起重视。其余类别生态压力指数均小于 1,需要说明的是,林地压力指数非常小,因为本地几乎没有用材林,计算中将园地并入林地,林产品主要为水果,所以显示林地压力指数较小。

WWF 中国生态足迹报告对生态赤字的划分标准为:轻度生态赤字(0.1<ed≤0.5)、中度生态赤字(0.5<ed≤1.0)、较严重生态赤字(1.0<ed≤2.0)、严重生态赤字(ed>2.0)。按此标准,2004 年忻州生态赤字为中度赤字,2005—2009 年为较严重生态赤字,2010—2013 年为严重生态赤字,生态压力凸现,见表 3。

3.3 可持续发展能力的综合分析

忻州万元 GDP 生态足迹、生态多样性和发展能力指数见表 4。2004—2013 年忻州生态多样性指数从 1.261 减少到 0.855,说明生态足迹分配越来越失衡,生态系统处于不稳定状态。万元 GDP 生态足迹

从 4.355 hm²/万元降至 2.563 hm²/万元,表明资源利用率正在逐步提高。发展能力指数由 2.646 增加到 4.609 的事实也说明了全市可持续发展态势良好。

表 3 2004—2013 年忻州市人均生态承载力

年份	生态足迹/ (hm ² /人)	生态承载力/ (hm ² /人)	生态赤字/ (hm ² /人)	生态压力 指数	生态承载 水平
2004	2.0988	1.2979	-0.8009	1.62	中度生态赤字
2005	2.4576	1.2825	-1.1751	1.92	较严重生态赤字
2006	2.562	1.2806	-1.2814	2.00	较严重生态赤字
2007	2.677	1.2891	-1.3879	2.08	较严重生态赤字
2008	2.5418	1.2812	-1.2606	1.98	较严重生态赤字
2009	2.979	1.2399	-1.7391	2.40	较严重生态赤字
2010	3.4067	1.2482	-2.1585	2.73	严重生态赤字
2011	4.171	1.2711	-2.8999	3.28	严重生态赤字
2012	4.3967	1.2844	-3.1123	3.42	严重生态赤字
2013	5.3889	1.2851	-4.1038	4.19	严重生态赤字

表 4 2004—2013 年忻州万元 GDP 生态足迹及发展能力指数

年份	人口/ 万人	国内生产 总值/亿元	万元 GDP 生态 足迹/(hm ² /人)	生态足迹多 样性指数	发展能力 指数
2004	301.90	145.48	4.355	1.261	2.646
2005	303.90	167.17	4.468	1.260	3.095
2006	305.67	194.46	4.027	1.188	3.043
2007	307.26	257.28	3.197	1.154	3.090
2008	309.03	311.25	2.524	1.145	2.910
2009	309.31	346.50	2.659	1.048	3.122
2010	309.67	435.40	2.423	1.067	3.635
2011	308.55	554.50	2.321	0.987	4.115
2012	310.13	620.90	2.196	0.969	4.260
2013	311.44	654.70	2.563	0.855	4.609

4 结论与建议

(1) 忻州人均生态足迹呈快速增长趋势,由 2004 年的 2.098 8 hm²/人增长至 2013 年的 5.388 9 hm²/人,人均生态承载力维持在 1.28 hm²/人左右,同时人均生态盈亏全部表现为生态赤字。(2) 生态足迹帐户上表现出差异性:在 10 a 间耕地、林地、建筑用地、水资源均表现为生态盈余,除水资源外其余 3 类生态盈余呈下降趋势;而草地、水域、能源用地、污染消纳地均表现为生态赤字。(3) 生态足迹分配越来越失衡,生态系统处于不稳定状态。同时资源利用率正在逐步提高,全市可持续发展态势良好。

忻州市内的“东六县、西八县”地理区位、资源禀赋、自然环境有着明显差异。“东六县”所处的地区主要为滹沱河宽谷山区,土地平坦肥沃,农业生产水平较高、城镇集中,人口稠密。“西八县”所处黄土高原丘陵沟壑区,干旱少雨,以能源开采为主。因此,忻州市减少生态赤字缓解生态供需矛盾必须同区域实情结合,可以结合十三五规划,“西八县”通过降低过剩产能,降低能源生态足迹,同时结合扶贫政策,实行扶贫移民搬迁。“东六县”以持续改善农业生产条件,降低工农业生产能耗与污染,减少生态赤字。后续研究围绕两大区域生态足迹与承载力差异,探讨驱动因素,对该区域经济发展方式和经济结构调整具有理论价值和实际意义。

参考文献:

[1] 谢高地,曹淑艳,鲁春霞,等.中国生态资源承载力研究[M].北京:科学出版社,2011.

[2] 周涛,王云鹏,龚健周,等.生态足迹的模型修正与方法改进述评[J].生态学报,2015,35(14):1-17.

[3] 方恺.足迹家族:概念、类型、理论框架与整合模式[J].生态学报,2015,35(6):2741-2748.

[4] 张恒义,刘卫东,林育欣,等.基于改进生态足迹模型的浙江省域生态足迹分析[J].生态学报,2009,29(5):2738-2748.

[5] 郭晓娜,李泽红,董锁成,等.基于改进生态足迹因子的区域可持续性动态评估:以陕西省为例[J].水土保持通报,2014,34(2):142-146.

[6] 刘乐冕.炎陵县生态足迹动态分析与变化趋势研究[D].长沙:湖南农业大学,2009.

[7] 杨屹,加涛.21 世纪以来陕西生态足迹和承载力变化[J].生态学报,2015,12(24):1-11.

[8] 谢鸿宇,叶慧珊.中国主要农产品全球平均产量的更新计算[J].广州大学学报:自然科学版,2008,7(1):76-80.

[9] 张家其,王佳,吴宜进,等.恩施地区生态足迹和生态承载力评价[J].长江流域资源与环境,2014,23(5):603-608.

[10] 郭荣中,申海建,杨敏华.基于灰色模型的长沙市生态足迹与生态承载力预测分析[J].水土保持研究,2015,22(4):195-200.

[11] 焦雯珺,闵庆文,李文华.基于生态系统服务的生态足迹模型构建与应用[J].资源科学,2014,36(11):2392-2340.

[12] 汪霞,张洋洋,怡欣,等.基于生态足迹模型的舟曲县生态承载力空间差异[J].兰州大学学报:自然科学版,2014,50(5):687-688.