

基于生态足迹理论的内蒙古生态承载力评价

杨海平¹, 温焜²

(1. 湖南医药学院, 湖南 怀化 418000; 2. 江西行政学院, 南昌 330003)

摘要:生态足迹理论是研究区域资源可持续发展水平的重要基础,对制定科学的区域发展规划具有重要意义。通过获取的各种资源环境数据,结合不同的生态足迹模型,测算了内蒙古2001—2014年的人均生态足迹、人均生态承载力、生态盈余、生态赤字、万元GDP生态足迹等指标。结果表明:2001—2014年人均生态足迹呈快速增长趋势,由4.158 9 hm²/人增至22.948 1 hm²/人,年均增长率为14.59%。各类生态生产性土地人均生态足迹为:化石能源用地>耕地>草地>建设用地>林地>水域,平均占有比例分别为65.22%,22.51%,10.34%,0.84%,0.82%和0.27%。由于人均生态足迹逐年增大,其增长率远高于可利用人均生态承载力的增长率,导致2001—2014年一直处于生态赤字状态,生态赤字的出现主要是由不断加大原煤、原油等化石能源用地的生态足迹造成的。人均万元GDP生态足迹总体呈现下降趋势,该指标说明研究区正处于能源利用转型期。最后,分析了生态足迹理论研究方法的不确定性来源,并给出了进一步改进的途径。该研究对内蒙古践行“生态文明”,构建北方生态安全屏障,实现经济社会可持续发展具有重要指导意义。

关键词:区域生态学;生态承载力;生态足迹理论;生态赤字;可持续发展

中图分类号:X24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)04-0152-06

Evaluation on Ecological Carrying Capacity of Inner Mongolia Based on Ecological Footprint Theory

YANG Haiping¹, WEN Kun²

(1. Hunan Medical College, Huaihua, Hunan 418000, China; 2. Jiangxi Administration College, Nanchang 330003, China)

Abstract: The ecological footprint theory is an important foundation for studying the sustainable development level of regional resources, which is of great significance to formulate scientific regional development planning. Using a variety of resources and environment data, we calculated per capita ecological footprint, ecological carrying capacity, ecological surplus, ecological deficit per capita, ecological footprint of ten thousand yuan GDP index, etc. in Inner Mongolia in 2001—2014. The results showed that from 2001 to 2014, the per capita ecological footprint presented a trend of rapid growth, and increased from 4.158 9 hm² per capita to 22.948 1 hm² per capita, average annual growth was 14.59%; all kinds of ecological productive land per capita ecological footprint decreased in the order: fossil energy land>cultivated land>grassland>construction land>forest land>water area, average possession ratios were 65.22%, 22.51%, 10.34%, 0.84%, 0.82% and 0.27%, respectively. Due to the increase of per capita ecological footprint year by year, its growth rate was far higher than the growth rate of per capita ecological carrying capacity, which resulted in a state of ecological deficit in 2001—2014, and ecological deficit was mainly caused by increasing the ecological footprint of raw coal, crude oil and other fossil energy land. Ten thousand yuan GDP per capita ecological footprint overall presented a trend of decline, the energy use of the study area was in the transition period. Finally, we analyzed the sources of uncertainty of ecological footprint theory research methods, the way of further improvement was suggested. The study on has important guiding significance for the practice of Inner Mongolia ‘ecological civilization’, constructing ecological security barrier in the north, and achieving sustainable economic and social development.

Keywords: regional ecology; ecological carrying capacity; ecological footprint theory; ecological deficit; sustainable development

生态足迹(Ecological Footprint)又称生态占有,是指能够提供特定人口的资源和废弃物消纳的具有生物生产的土地面积^[1]。生态足迹代表着特定人口对环境的影响规模,又代表了特定人口对环境提出的需求^[2]。其概念于1992年由加拿大生态经济学家威廉·雷斯等提出,4a后马希斯·瓦克纳戈尔将其进一步发展成生态足迹模型,用来研究人类利用自然的情况,主要是通过计算自然提供的生态服务和人类对生态服务要求的差距,分析人类对生态系统的依赖性以及生态系统的承载力,以此来度量和评估可持续发展程度^[3-4]。我国有关生态足迹相关研究较国际要晚,1999年生态足迹概念作为度量和评价可持续发展的定量方法而被引进我国,自此很多学者分别从生态足迹研究进展、理论、方法及计算模型等方面进行了介绍和研究。人类社会可持续发展,必须控制人类对自然的压力在生态系统的承载力范围之内。作为一种可度量可持续发展程度的方法,生态足迹理论基于两个最基本假设:(1)可以确定大多数人类自身消费产生的废弃物、资源利用、能源消耗的数量;(2)可以用生产和吸纳这些资源和废弃物流的生物生产面积或生态生产面积来折算资源和废弃物的量^[5]。因此,在人口已知的情况下,生态足迹就可以用等效不同类型的生物生产土地的总面积来代替^[6]。内蒙古地域辽阔、自然资源丰富,人均耕地、天然草场、森林面积以及矿产资源含量均居全国前列,是我国重要的能源和原材料供应地,在我国经济发展、社会建设和自然资源开发利用过程中占有重要的地位。但由于自然条件恶劣、生态环境的相对脆弱以及人类活动在经济发展过程中的过度干扰,在社会、经济等快速发展的同时,造成了能源和矿产过度利用、生物多样性减少、水土流失和土地沙化、废弃物与环境污染加重等一系列生态环境问题,对内蒙古社会经济的可持续发展产生了不利影响。通过区域可持续性评价和度量的理论与方法,分析诊断区域经济社会发展过程中存在的问题,可为内蒙古区域发展规划的编制提供决策依据。基于此,本研究选取了内蒙古2001—2014年的资源环境数据,运用生态足迹模型对其近10a来的人均生态足迹、人均生态承载力、生态盈余/生态赤字和万元GDP生态足迹等进行测算,基于测算结果对内蒙古的生态承载力现状、存在问题及发展潜力进行分析,并对测算结果与国内主要省份进行比较,找到影响生态承载力的制约性因素,为其区域经济社会的可持续发展提供科学依据。

1 研究方法

1.1 消费项目的划分

根据生态足迹计算的理论与方法,将消费项目划分为生物资源消费和能源消费两大类^[7],生物资源消费项目主要包括:农产品、动物产品、林产品和水果、水产品;能源资源项目主要包括:煤炭、焦炭、石油制品、电力等。

1.2 生态足迹计算方法

(1) 生产性生态足迹的计算。由于在生态足迹计算过程中,生物生产面积的6种主要生产能力的不同,在计算时需要将各类型的土地乘以一个均衡因子加以调整,转化为具有相同生产能力的面积。其计算公式为^[8]:

$$EF = N \cdot ef = N \sum (aa_i) r_j = N \sum (c_i / p_i) r_j \quad (1)$$

式中:EF为总的生态足迹(hm²);N为总人口数(人);ef为人均生态足迹;aa_i为人均*i*项消费项目折算的生物生产面积(hm²/人);c_i是第*i*项消费项目的人均年消费量;p_i是该项目的全球平均年生产力;r_j为均衡因子。本研究均衡因子采用最新的全球均衡因子^[9],即耕地建筑用地为2.51,林地为1.26,草地为0.46,水域为0.37,化石原料用地为1.26。

(2) 生态承载力的计算。在计算生态承载力时,由于各地区各种生物生产面积的产出差异很大,这时需要引进一个产量因子来实现生物生产面积的转化,还应扣除12%的生物多样性保护面积,即为可利用的人均生态承载面积。其计算公式为^[10]:

$$EC = N \cdot ec = N \sum (a_j r_j y_j) \quad (2)$$

式中:EC为区域总人口的生态承载力(hm²);N为人口数(人);ec为人均生态承载力(hm²/人);j为生态生产性土地的类型;a_j为j类型生物生产性人均拥有面积(hm²/人);r_j为均衡因子;y_j为产量因子。本研究产量因子采用我国目前常用的取值^[10],即耕地建筑用地为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) 生态盈余与生态赤字的计算。生态足迹和生态承载力都是用生物生产性土地面积来衡量的,因此,它们可以直接比较。当一个地区的生态承载力小于生态足迹时,即出现“生态赤字”(Ecological Deficit, ED);反之,则产生“生态盈余”(Ecological Surplus, ES)。ED表明该地区的环境负荷超过了其生态承载力,要满足现有水平的消费需求,该地区或是

从地区之外进口所欠缺的资源以平衡生态足迹,或是通过消耗自身的自然资本来弥补供给流量的不足。ED, EC 值可以从某种程度上可定量反映一个地区的可持续发展状况。其计算公式为^[11]:

$$ED = EC - EF = N \cdot (ec - ef) \quad (3)$$

(4) 万元 GDP 生态足迹的计算。万元 GDP 生态足迹反应资源利用效率,它结合资源投入和产出来考虑生态效率,其值越大表明资源利用效率越低,其计算方法为人均生态足迹除以人均国内生产总值再乘以 10 000。

1.3 数据来源

本研究数据主要来源于 2001—2014 年的《内蒙古统计年鉴》、《内蒙古政府工作报告》、《中国统计年鉴》、《中国环境年鉴》、《中国可持续发展战略报告》、CNKI 数据库相关数据资源等。

2 结果与分析

2.1 人均生态足迹动态分析

由图 1 可知,从 2001—2014 年人均生态足迹呈快速增长趋势,由 4.158 9 $\text{hm}^2/\text{人}$ 增至 22.948 1 $\text{hm}^2/\text{人}$,年均增长率为 14.59%。各类生态生产性土

地人均生态足迹大小为:化石能源用地>耕地>草地>建设用地>林地>水域。其中,化石能源用地人均生态足迹与总人均生态足迹具有相同的增长趋势,也是人均生态足迹增长率最大的一类生态生产用地,由 1.580 0 $\text{hm}^2/\text{人}$ 增至 18.865 0 $\text{hm}^2/\text{人}$,年均增长率 22.10%;建设用地人均生态足迹由 0.027 4 $\text{hm}^2/\text{人}$ 增至 0.198 7 $\text{hm}^2/\text{人}$,年均增长率为 16.91%;林地人均生态足迹具有一定的波动性,但总体变化不大,平均生态足迹为 0.080 5 $\text{hm}^2/\text{人}$;而耕地、草地和水域人均生态足迹也变化不大,平均生态足迹分别为 2.156 9, 1.165 3, 0.028 1 $\text{hm}^2/\text{人}$ 。对各类生态生产性土地在生态足迹中所占的比例分析显示,6 种生态生产性用地类型对人均生态足迹贡献的大小为:化石能源用地>耕地>草地>建设用地>林地>水域,平均占有比例分别为 65.22%, 22.51%, 10.34%, 0.84%, 0.82% 和 0.27%。其中,化石能源用地在人均生态足迹所占比例增加非常迅速,化石能源用地、耕地、草地共占生态足迹比例的 98.07%,其他 3 种生态生产性土地类型共占人均生态足迹比例不足 2.00%,其中林地和水域均呈下降趋势,而建设用地所占比例呈先增加后降低的趋势。

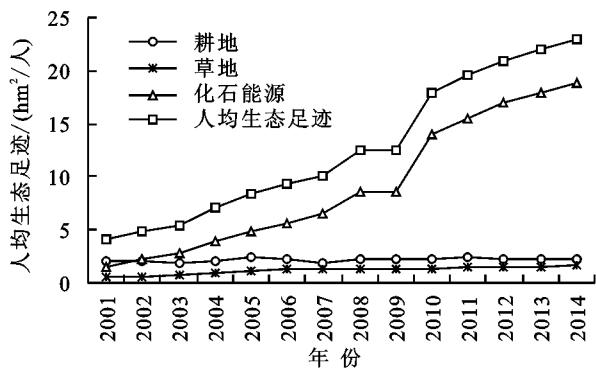
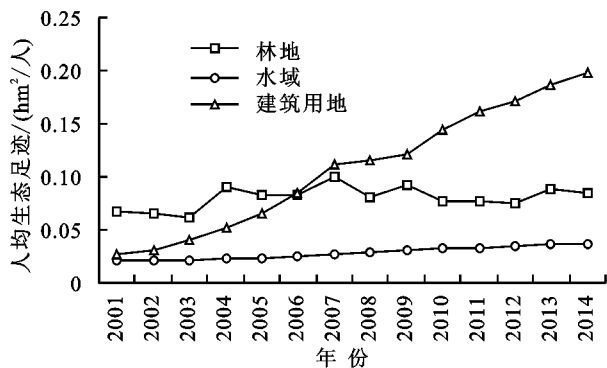


图 1 各类生态生产性土地生态足迹动态变化

2.2 人均生态承载力动态分析

由图 2 可知,14 a 间可利用人均生态承载力均值为 3.039 1 $\text{hm}^2/\text{人}$ 。各类型生态生产用地人均生态承载力大小为:林地>耕地>草地>水域>建设用地,均值分别为 1.715 3, 1.359 7, 0.337 9, 0.022 8, 0.017 8 $\text{hm}^2/\text{人}$ 。林地人均生态承载力与可利用人均生态承载力变化趋势一致,也是人均生态承载力最大的生态生产用地类型,自 2003—2014 年林地人均生态承载力增长了 0.297 0 $\text{hm}^2/\text{人}$,年均增长率 1.45%;耕地与草地人均生态承载力并无明显变化;建设用地人均生态承载力除在 2003 年出现一个峰值外,在其他年份有微弱的增高趋势,但幅度较小;与其他生态生产用地类型相比,水域的人均生态承载力是变化幅度最大的生态生产用地类型,从 2002 年的 0.050 3 $\text{hm}^2/\text{人}$ 降

到 2014 年的 0.004 9 $\text{hm}^2/\text{人}$,下降了 90.26%,特别是在 2002—2003 年与 2008—2009 年两个时间段下降幅度最大,分别下降了 33.60% 和 79.39%。各类生态生产性土地的生态承载力比例大小为:林地>耕地>草地>水域>建设用地,平均占有比例分别为 49.52%, 39.47%, 9.81%, 0.68%, 0.51%, 其中林地、耕地、草地 3 类生态生产用地占人均生态承载力比例共计 98.80%,是人均生态承载力主要贡献者。

2.3 生态盈余与生态赤字动态分析

由于内蒙古人均生态足迹逐年增大,其增长率远高于可利用人均生态承载力的增长率,因此导致从 2001—2014 年一直处在生态赤字状态(图 3),且越来越严重,赤字量由 2001 年的 -1.404 7 $\text{hm}^2/\text{人}$ 增至 -19.706 5 $\text{hm}^2/\text{人}$,14 a 净增长 -18.301 8 $\text{hm}^2/\text{人}$ 。

人,年增长率为 24.16%。除林地一直处于生态盈余状态且盈余量有增长外,其他生态生产用地一直处于生态赤字中。林地生态盈余由 1.269 4 hm²/人增至 1.919 7 hm²/人,年均增长率为 3.50%。而化石能源用地生态赤字却由 -1.580 0 hm²/人增至 -18.865 0 hm²/人,净增长 -17.285 0 hm²/人,14 a 间增长了近 11 倍,年均增长率 22.10%。即由化石燃料用地提高的人均生态足迹增长率高远高于由林地提高的可利用

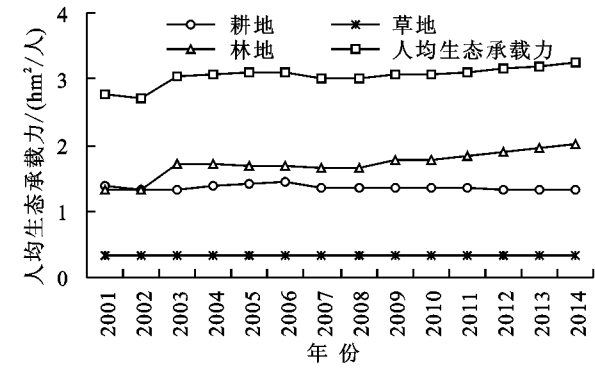


图 2 各类生态生产性土地生态承载力动态变化

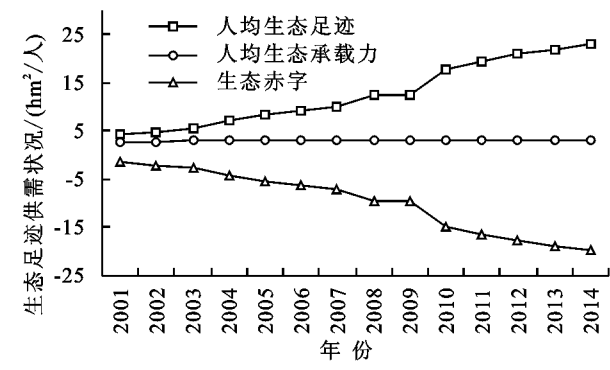


图 3 生态足迹供需状况对比

2.4 万元 GDP 生态足迹动态分析

通过对研究区人均万元 GDP 生态足迹动态变化分析(图 5),人均万元 GDP 生态足迹 2001—2009 年总体呈现下降趋势,由 5.764 7 hm²/万元降至 3.096 3 hm²/万元,共降低了 2.668 4 hm²/万元,共降低了 46.29%。2010 年稍有回升,而在 2011—2014 年趋于平缓,均值为 3.287 0 hm²/万元。降低趋势表明,研究区的资源利用效率不断得到提高。各类型生态生产用地人均万元 GDP 生态足迹比例大小为:化石能源用地>耕地>草地>建设用地>林地>水域,平均占有比例分别为 65.22%,22.51%,10.34%,0.84%,0.82%和 0.27%。化石能源用地人均万元 GDP 生态足迹与总人均万元 GDP 生态足迹也具有相同的变化趋势,考虑化石能源用地对人均生态足迹及人均万元 GDP 生态足迹的贡献率,进一步表明化石能源用地是影响生态足迹及资源利用效率最关键的生态生产用地。其他 5 类生态生产用地均表现为

人均生态承载力的增长率。其他 4 类生态生产用地虽生态赤字/盈余状态有所变化,如水域由生态盈余转为生态赤字,耕地、草地和建设用地生态赤字每年都有所加剧,但由于变化幅度较小,且赤字/盈余量与林地或化石能源用地相比很小,对生态盈余/生态赤字状态影响不明显(图 4)。因此,生态赤字的出现主要是由于不断加大原煤、原油等化石能源用地的生态足迹造成的。

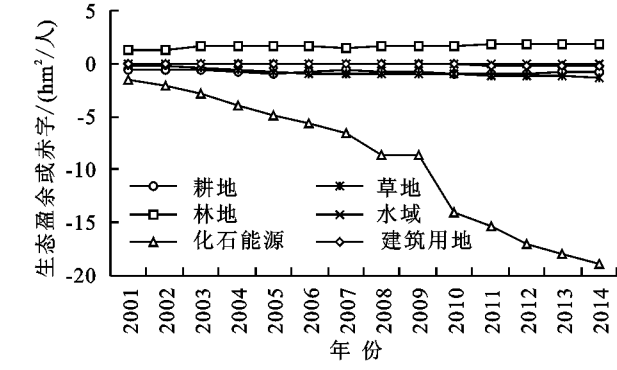
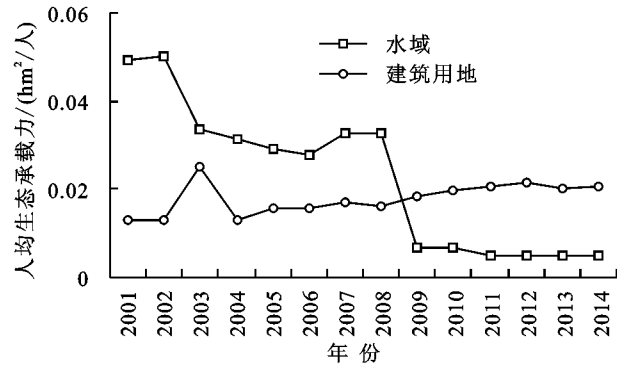


图 4 各类生态生产性土地生态盈余或赤字动态变化降低的趋势,其中建筑用地降低最为显著,共降低了 26.17%。这些均表明研究区在人均生态足迹不断提高、人均生态承载力有限与生态赤字不断加剧情况下,越来越注重降低人均万元 GDP 生态足迹即提高资源的利用效率。

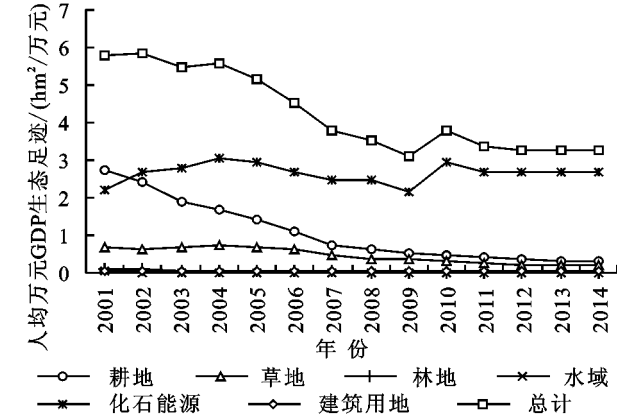


图 5 各类生态生产性土地人均万元 GDP 生态足迹动态变化

3 讨论

3.1 工业化和城镇化对内蒙古生态足迹和生态承载力的影响

工业化和城镇化是生态足迹变化的主要影响因素,工业化程度的合理发展能够有效降低资源环境压力。近年来,内蒙古加快工业化和城镇化的进程,对原有的自然生态系统产生了一定不良影响,使生态足迹不断增大,生态系统呈现不可持续的发展趋势^[12]。三产比重对生态系统的良性发展发挥着重要的作用,一、二产业主要是以制造业为基础,需要占用更多的自然资源,而三产作为以服务业为主的产业,对自然资源的需求量相对很小。过去一段时间,地方政府过度的追求人均 GDP 也是造成生态足迹变化的主要因素,人均 GDP 是个表象的评价指标,大多数情况下并没有把生态经济的可持续发展作为内涵,因此不是绿色的 GDP 指标,有必要对原有的经济发展模式进行调整。人均 GDP 的增加往往伴随着工业企业数量的增加,因而对周边土地、水、森林资源的需求等增加,这些自然资源大量占用,直接导致了生态足迹的增长。目前,规模以上工业企业数的大量兴建及产业比重的不合理,是导致生态逐渐恶化的主要原因。因此,大力调整产业结构、努力发展第三产业、追求绿色 GDP 才能实现区域可持续发展。

3.2 内蒙古生态足迹和生态承载力与其他省份的比较

与全国其他省区相比较,内蒙古人均生态足迹增加幅度较大,从 2001—2014 年一直是生态赤字状态,且赤字趋于严重,赤字量由 2001 年的 $-1.404\ 7\ \text{hm}^2/\text{人}$ 增至 $-19.706\ 5\ \text{hm}^2/\text{人}$,14 a 净增长 $-18.301\ 8\ \text{hm}^2/\text{人}$,年增长率为 24.16%。郑晖等^[13]对甘肃省 1996—2009 年人均生态足迹、人均生态承载力和人均生态赤字动态变化进行分析,结果表明:人均生态承载力变化不明显,存在生态赤字,且人均生态赤字逐年增大。孙环等^[14]分析了河南省 2000—2010 年近 10 a 来生态承载力,该省的人均生态足迹由 $0.828\ 8\ \text{hm}^2$ 急增至 $2.036\ 8\ \text{hm}^2$ 。邱寿丰等^[15]计算了 2000—2008 年福建省生态足迹和生态承载力,该省人均生态足迹总体上持续快速增长,全省生态赤字总体上持续快速扩大。王禹锡等^[16]对广东省 2010 年的生态足迹进行了测算,人均生态足迹为 $2.518\ 8\ \text{hm}^2$,人均生态赤字为 $2.078\ \text{hm}^2$,远高于全国平均水平。吴涛^[17]对安徽省 1995—2011 年的人均生态足迹进行了研究,表明人均生态足迹由 $1.02\ \text{hm}^2$ 上升至 $2.24\ \text{hm}^2$,而其同期的人均生态承载力仅从 $0.478\ \text{hm}^2$ 上升到 $0.663\ \text{hm}^2$ 。孙衍芹等^[18]对河北省 2006 年的生

态足迹、生产足迹、生态承载力进行了计算和比较。此外,基于生态足迹的区域差异,可以用耦合协调度进行分类,并根据数值大小可以划分为四类,低水平耦合区($0 < D < 0.4$)、拮抗耦合区($0.4 < D < 0.6$)、磨合型耦合区($0.6 < D < 0.8$)、协调性耦合区($0.8 < D < 1$)。全国的耦合协调度分类结果显示,内蒙古属于磨合型耦合区(0.605),这从一定程度上也反映了经济发展方式的转变对区域生态环境的影响,生态足迹、生态承载力、生态赤字等区域可持续发展评价指标得到了较好的体现^[19]。综上分析,最近 10 a 来全国大部分省份的生态足迹都在增加,内蒙古只是其中较为典型的一个地区,代表了传统农牧业为主的经济方式向工业化、城镇化、多元化的转变过程。在此过程中,资源环境开发利用强度明显增加,对自然生态系统的压力和强度逐年变大,生态承载力变弱,出现了大量的生态赤字。因此,应该在建设“生态文明”的总体理念下,建立集约型、节约型及生态型生产及消费模式,促进经济社会与生态环境保护的可持续发展。

3.3 内蒙古生态承载力与可持续发展关键问题

化石能源足迹在内蒙古生态足迹构成中占比最大且一直处于上升趋势,在 2001—2014 年的生态赤字中,化石能源赤字所占比重最大,因此减少化石能源足迹是降低生态赤字的关键。随着退耕还林还草工程、天然林保护工程、京津风沙源治理工程等一系列国家重点生态工程的实施,内蒙古生态足迹增长速率虽有下降趋势,但“产能过剩”问题依然存在,如何合理调整社会经济产业结构是内蒙古区域可持续发展面临的重要问题。内蒙古应该加快新能源发展的战略布局,应充分借鉴国际先进的“节能减排”经验。作为我国北方重要的生态安全屏障,内蒙古的太阳能和风能资源也非常丰富,因此各级政府应加快制定清洁能源发展规划,并通过各种政策措施落实新能源发展规划。各级政府还应建立系统的生态足迹核算体系、监督体系,并将生态足迹账户作为考核地方政绩和生态文明建设成果的重要指标。当前,内蒙古正加快对风能、太阳能等绿色清洁能源的开发利用,并逐渐降低煤炭、石油等化石能源在能源消费中的比重,遏制生态足迹的进一步扩大。这些措施都是有利于生态承载力的提升,为可持续发展提供了良好的政策环境和物质基础。总之,在全球生态负债的背景下,提高内蒙古区域生态承载力仍面临资源与环境的双重压力。同时,对于生态赤字与区域生态承载力的数量化分析,可以为其他区域生态承载力的改善和维护生态系统平衡提供预测、预警与案例借鉴^[20]。

3.4 生态足迹理论研究方法不确定性分析

需要注意的是,生态足迹能评价过去人类对资源的消耗及生态供给,但不能预测或评估当前生态赤字是否会导致未来生态系统持续退化,因此该方法存在一定局限性。在计算能源碳足迹时,只计算能源碳足迹,而根据学者们的研究,间接碳足迹占总体碳足迹很大比重,基于已有数据集的不完善,本研究未进行全面计算。此外,在计算中将产生能力差异很大的耕地、化石燃料土地、草地、林地等转化为可比较的生物生产性面积时,采用乘以转化因子的方法,使该模型应用存在一定的不足。目前,国际上的有关应用研究中转化因子主要依据有限的统计结果和经验来选取,其确定值需要根据实际情况进一步优化^[21]。

4 结论

(1) 内蒙古 2001—2014 年人均生态足迹呈快速增长趋势,由 4.158 9 hm²/人增至 22.948 1 hm²/人,年均增长率为 14.59%。各类生态生产性土地人均生态足迹大小为:化石能源用地>耕地>草地>建设用地>林地>水域。

(2) 各类型生态生产用地人均生态承载力大小为:林地>耕地>草地>水域>建设用地,均值分别为 1.715 3,1.359 7,0.337 9,0.022 8,0.017 8 hm²/人。其中,林地、耕地、草地 3 类生态生产用地占人均生态承载力比例共计 98.80%,是人均生态承载力主要贡献者。

(3) 由于内蒙古人均生态足迹逐年增大,其增长率远高于可利用人均生态承载力的增长率,因此导致从 2001—2014 年一直处在生态赤字状态,生态赤字的出现主要是由于不断加大原煤、原油等化石能源用地的生态足迹造成的。

(4) 通过对研究区人均万元 GDP 生态足迹动态变化分析,各类型生态生产用地人均万元 GDP 生态足迹比例大小为:化石能源用地>耕地>草地>建设用地>林地>水域。在人均生态足迹不断提高、人均生态承载力有限与生态赤字不断加剧情况下,越来越注重降低人均万元 GDP 生态足迹即提高资源的利用效率。

参考文献:

- [1] 黄海,刘长城,陈春,等.基于生态足迹的土地生态安全评价研究[J].水土保持研究,2013,20(1):193-196.
- [2] 邬浩,方朝阳.江西省 2004—2013 年生态足迹测算与分

析[J].江西科学,2015,33(3):428-434.

- [3] Wu L J, Yang L, Su X, et al. Advances in ecological footprint[J]. Journal of China Agricultural University, 2006,11(3):1-8.
- [4] 成淑敏,高阳,黄姣,等.京津冀及江浙沪经济圈生态足迹比较分析[J].长江流域资源与环境,2012,21(4):433-441.
- [5] 杜斌,张坤民,温宗国,等.城市生态足迹计算方法的设计与案例[J].清华大学学报:自然科学版,2004,44(9):1171-1175.
- [6] 徐中民,张志强,程国栋,等.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.
- [7] 高标,崔凤午.吉林省生态足迹与生态承载力动态变化分析与预测研究[J].水土保持研究,2012,19(6):105-110.
- [8] 刘海涛,谢小玉,胡小东,等.基于能值生态足迹模型的内蒙古自治区生态承载力研究[J].西南师范大学学报:自然科学版,2009,34(6):145-150.
- [9] 李炳意,师学义.基于生态足迹的资源型城市可持续发展能力分析:以山西省晋城市为例[J].水土保持研究,2016,23(2):255-261.
- [10] 刘某承,李文华,谢高地.基于净初级生产力的中国生态足迹产量因子测算[J].生态学杂志,2010,39(3):592-597.
- [11] 张芳怡,濮励杰,张健.基于能值分析理论的生态足迹模型及应用:以江苏省为例[J].自然资源学报,2006(4):653-660.
- [12] 路战远.全球生态赤字背景下的内蒙古生态承载力与发展力研究[J].内蒙古社会科学,2010(6):106-109.
- [13] 郑晖,石培基,何娟娟.甘肃省生态足迹与生态承载力动态分析[J].干旱区资源与环境,2013,27(10):13-18.
- [14] 孙环,王丽敏,朱嘉伟.基于生态足迹的河南省生态承载力评价[J].农学学报,2015,5(4):58-63.
- [15] 邱寿丰,朱远.2000—2008 年福建省生态足迹和生态承载力计算:基于国家生态足迹账户计算方法[J].生态经济,2010(11):169-173.
- [16] 王禹锡,王瑜,姚小英.广东省 2010 年生态足迹和生态承载力研究[J].中国农学通报,2015,31(4):245-249.
- [17] 吴涛.安徽省生态足迹与可持续发展研究[D].合肥:中国科学技术大学,2014.
- [18] 孙衍芹,刘存歧.河北省 2006 年生态足迹和生态承载力分析[J].中国生态农业学报,2009,17(3):588-592.
- [19] 李丽媛.我国生态足迹区域差异的比较研究[D].兰州:西北师范大学,2014.
- [20] 丁华军.基于生态足迹的资源型区域绿色转型发展分析:以内蒙古为例[J].淮北师范大学学报:哲学社会科学版,2015,36(2):47-52.
- [21] 向书坚,柴士改.生态足迹若干不足、修正与完善以及应用拓展[J].资源科学,2013,35(5):1051-1058.