

# 基于生态足迹法的镇赉县生态环境现状评价

宋 静, 刘胜娅, 王会肖, 丁建新

(北京师范大学 水科学研究院, 北京 100875)

**摘要** :吉林省镇赉县位于我国北方农牧交错带,作为一个国家商品粮基地,农业发展的比重大。为了探讨镇赉县生态环境现状和资源消耗特点以及农牧交错带在承担外来资源压力转移方面的作用,应用生态足迹法对镇赉县2010年生物资源生产数据和能源消费数据进行了分析,结果表明镇赉县农牧业发展在资源利用中占主要地位,农牧业生产中大部分产品用于对外销售,因此该地区承担了巨大的外来资源压力转移,已经出现生态赤字。进一步分析还发现,为推动农业发展,当地通过扩大耕地面积来解决粮食产量低、无复种的问题,因此占用其他土地类型,这些活动过度干扰了生态环境,加剧了镇赉县生态环境的恶化。

**关键词** :镇赉县;农牧交错带;生态足迹;农业

**中图分类号** X171.1 **文献标识码** A **文章编号** 1672-1683(2013)03-0039-03

## Assessment of Present Ecological and Environmental Situations in Zhenlai Country Based on Ecological Footprint Method

SONG Jing, LIU Sheng-ya, WANG Hui-xiao, DING Jian-xin

(College of Water Sciences, Beijing Normal University, Beijing, 100875, China)

**Abstract** :Zhenlai County of Jilin Province is located in the farming-pastoral ecotone in northern China. As a commodity grain base, agricultural development is an important activity in this area. In order to investigate the current ecological and environmental conditions, the feature of resource consumption, and the pressure shift of external resources in the farming-pastoral ecotone in the study area, the ecological footprint method was used to analyze the biological resource production and energy consumption data in 2010 of Zhenlai County. The results showed that agriculture and animal husbandry developments are the primary resource consumers in Zhenlai County. Most of the farming and pasturing products were sold to other places, therefore this area sustained a huge pressure shift of external resources and the ecological deficit occurred in Zhenlai County. A further analysis indicated that the increasing of agricultural acreage to solve the problems of low yield and single cropping to promote the agricultural production can occupy other land use types, which can disturb the ecological environment significantly and aggravate the degradation of ecological environment in Zhenlai.

**Key words** :Zhenlai County farming-pastoral ecotone; ecological footprint; agriculture

我国北方农牧交错带主要分布于降水量300~450 mm,干燥度 $1 \sim 2$ 的内蒙古高原南缘和长城沿线<sup>[1]</sup>。该地带的地质地貌、气候、生物、土壤等自然条件和生产生活方式、土地利用方式等,都表现出过渡性和波动性特点<sup>[2]</sup>,镇赉县属于我国北方农牧交错带,生态环境结构不稳定,对人类活动干扰较敏感。因此对镇赉县生态环境现状进行评价,对该地区可持续发展具有十分重要的意义。

生态足迹法是定量评价可持续发展的一种有效方法,自1992年提出以来就在世界范围内得到了推广,为保证计算结果的高质量和可比性,全球足迹网络标准委员会(GFN)制定了生态足迹的计算标准<sup>[3-4]</sup>。国家尺度的生态足迹方法不断得到完善,中小尺度上生态足迹分析受关注程度也在不断增加,但是目前生态足迹方法在农牧交错带的应用仍不多。事实上,小尺度的生态足迹法的应用对研究农牧交错带为满足

收稿日期 2012-11-21 修回日期 2013-05-02 网络出版时间 2013-05-18

网络出版地址 <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20130518.1016.017.html>

基金项目 :中国地质调查局地质调查工作项目(212011220097)

作者简介 :宋 静(1978-),女,山西长治人,博士研究生,主要从事生态环境承载力方面的研究。Email:soosee@163.com

通讯作者 :王会肖(1966-),女,河北石家庄人,教授,博士,主要从事生态水文过程和水资源高效利用方面的研究。Email:huixiaowang@bnu.edu.cn

农牧业发展引起生态占用情况具有重要的指导意义。

本文以吉林省镇赉县为例,分析了镇赉县2010年生态足迹情况,并在此基础上分析了目前农牧交错带的资源开发利用情况。

## 1 研究区概况

镇赉县位于松嫩平原西部边缘,为沙丘覆盖冲积低平原<sup>[5]</sup>,地势西北高、东南低。按地貌成因和地貌形态可划分为台地,河谷平原和沙丘三种类型。境内有嫩江、洮儿河、二龙涛河、呼尔达河等主要河流,湖泊众多。区内气候、植被、土壤等具有明显的过渡性:由东南向西北,降水量逐渐减少,蒸发量逐渐增大;原生自然景观呈现出森林草原→草甸草原→干草原的过渡性分布;土壤为草甸土→风沙土、碱土→淡黑钙土的过渡性分布<sup>[6]</sup>。

镇赉现有总人口29.42万人,农业人口18.97万人,非农业人口10.46万人,过去十年间总人口变动不大。从2005年开始全县GDP以指数形式增长,2008年至2010年翻一番。作为吉林省内25个商品粮基地之一的镇赉县,属于北方农牧交错带的典型区,当地农业主要种植玉米、高粱,畜牧业发达,盛产鱼类,是以农牧业为主的商品粮基地和牧业生产基地。但是该县粮食产量约为其他地区的一半。为了追求粮食产量,当地不断扩大耕地面积和过度地开垦,对当地敏感的生态环境带来沉重负担。

## 2 生态足迹方法概念及计算模型

生态足迹(Ecological footprint)是一种衡量人类对自然资源利用程度以及自然界为人类提供生命支持服务功能的方法。自1992年加拿大生态经济学家William Rees提出后,1996年由其博士生M. Wackernagel进行了完善<sup>[7]</sup>。一般的,生态足迹的定义为:任何已知人口的生态足迹是生产这些人所消费的所有资源和吸纳这些人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。

生态足迹分析法的思路是:从需求面计算生态足迹的大小,从供给面计算生态承载力的大小,经过对二者的比较,即评价研究对象的可持续发展状况。在计算中,不同的资源和能源消费类型均被折算为耕地、草地、林地、建筑用地、化石燃料用地和水域六种生物生产性土地面积(这六种土地类型在空间上被假设是互斥的)。生态足迹法的计算公式如下:

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

表2 镇赉县2010年人均生态足迹和生态承载力

Table 2 The ecological footprint and ecological carrying capacity of Zhenlai Country in 2010

土地类型	生态足迹			生态承载力			
	人均面积(hm <sup>2</sup> )	均衡因子	均衡面积/(hm <sup>2</sup> ·人 <sup>-1</sup> )	人均面积(hm <sup>2</sup> )	均衡因子	产量因子	均衡面积/(hm <sup>2</sup> ·人 <sup>-1</sup> )
耕地	1.092 1	2.82	3.079 6	0.527 4	2.82	2.01	2.989 2
草地	2.577 6	0.54	1.391 9	0.181 9	0.54	0.19	0.018 7
林地	0.001 1	1.14	0.001 3	0.296 9	1.14	0.91	0.308 0
水域	1.917 0	0.22	0.421 7	0.075 2	0.22	0.22	0.003 6
建筑面积	0.000 1	2.82	0.000 2	0.060 8	2.82	2.01	0.344 7
能源	0.796 2	1.1	0.875 8				
总	5.587 8		5.770 6	1.142 2			3.224 5

式中*i*为消费资源和服务的类型*n*为消费项目;*p<sub>i</sub>*为第*i*种商品或服务的全球平均生产能力(kg/hm<sup>2</sup>);*c<sub>i</sub>*为第*i*种商品的人均消费量(kg);*y<sub>i</sub>*为第*i*种消费品的土地类型的均衡因子;*N*为人口数;*ef*为人均生态足迹(hm<sup>2</sup>);*EF*为总的生态足迹(hm<sup>2</sup>)。

生态承载力的计算方法为:

$$EC = N \cdot ec = N \sum_{j=1}^n \psi_j / p_j \quad (2)$$

式中*e<sub>j</sub>*为研究区第*j*种资源的生物生产总量;*p<sub>j</sub>*为第*j*种资源的世界单位面积产量(kg/hm<sup>2</sup>);*ψ<sub>j</sub>*为第*j*种资源的产量因子;*ec*为人均生态承载力(hm<sup>2</sup>);*EC*为生态承载力(hm<sup>2</sup>)。

将上述生态足迹*EC*与生态承载力进行求差*EF*,其值即可以反映一个地区的可持续发展状况:当生态足迹超过生态承载力时,认为存在生态赤字*ED*,否则存在生态盈余*ER*。生态赤字/盈余是衡量一个国家或者地区可持续发展程度的最终指标。用公式可以表示为:

$$ED(ER) = EC - EF \quad (3)$$

生态足迹模型反映的是当地常住居民生产生活对自然资源消费和占用的情况,但是因为农牧交错带的生产性土地占用不仅仅是为了满足当地人的需求,还有一部分是用于供给其他地方的,即其他地方的资源环境压力转移到了原产地。因此分析过程中要体现全部的生产生活活动(包括出口生产)对当地的生态占用。据此对人均消费量*c<sub>i</sub>*作如下调整:

表1 人均消费量调整情况

Table 1 The adjustment of per capita consumption

人均生态占用	原计算方法	本文改进方法
生物资源账户	消费量 = 生产量 + 进口量 - 出口量	消费量* = 生产量
能源账户	消费量 = 生产量 + 进口量 - 出口量	消费量* = 生产量 + 进口量 - 出口量

## 3 镇赉县生态足迹的计算

### 3.1 镇赉县2010年生态足迹综合分析

为了分析近年来人类活动影响下农牧交错带生态环境特点,从统计年鉴中获取镇赉2010年生物资源生产数据和能源消费数据,利用生态足迹法计算该地区的生态承载力状况。均衡因子的计算采用Wackernagel关于研究成果<sup>[8]</sup>,而草地、林地产量因子取自文献中的中国平均值<sup>[9]</sup>,水域和耕地产量因子采用特征参量调整法计算<sup>[10]</sup>。最后在生态承载力计算结果中再扣除12%的面积用于生物多样性保护。最终计算结果见表2:

由表2可知,镇赉县人均生态足迹达到 $5.77 \text{ hm}^2$ ,人均生态承载力只有 $3.22 \text{ hm}^2$ ,人均生态赤字为 $2.55 \text{ hm}^2$ 。由于生产的粮食向全国其他地区销售,镇赉县所承担的本地居民对资源的消耗和其他地区转移至镇赉县的资源消耗总压力,已经严重超出了镇赉县的生态承载力,本地区的资源利用属于过度开发。

### 3.2 镇赉县2010年生态足迹的构成分析

根据生物生产性土地的类型,将镇赉县2010年的生态足迹进行分解,得到各类生物生产性土地的生态足迹分布比例。其中耕地足迹、草地足迹构成了生态足迹的主体部分,所占比例分别为53%和24%;而林地、水域和建设用地的生态足迹所占比例相对较小,分别为0.02%、7%和0.004%。

这一比例构成与传统农业区自给自足的生产情况反差极大。传统农业地区对耕地资源和林地过度依赖,对化石能源的需求较低;传统简朴的生活主要消费为基本生存资料的消费,对自然资源的消耗没有给生态环境造成压力<sup>[11-12]</sup>。而镇赉县由于大量的生产和贸易活动,导致总生态占用是传统地区的八倍之多。

同时,这一比例构成与经济发达地区也有很大的差别。经济发达、工业化程度高的省市对化石能源地的需求很高,耕地足迹占总生态足迹的比例大约为27%,人们日常生活对资源的消耗对体现在对能源的消耗上<sup>[13]</sup>。

上述特点反映出镇赉县作为农牧交错带,其生态系统受人类活动干扰强度比较突出。

由于农牧交错带的农业优先性,因此对镇赉县的耕地生态占用情况进行了进一步分析后发现,镇赉县以生产水稻和玉米为主要农业活动,但是受气候条件限制而不能复种,再加上土壤盐碱化现象严重,镇赉县地区粮食总产量低,单产量也低于邻近其他地区。为了响应“加快农业产业化步伐”的号召,当地居民采取开荒增田的措施:2010年镇赉县耕地面积是2000年的1.72倍。据此,初步推测耕地面积增加导致其他土地类型面积的减少,在短时间内严重的改变了原有的生态系统。

## 4 结论与建议

镇赉县是以种植水稻玉米主、粮食单产低、复种指数低的农业大区。当地承担着我国商品粮生产基地的重任,所产粮食大部分外销,本地由此担负了重大的生态压力转移,严重透支了当地的生态“体力”。农业过度发展导致原来的自然生态系统在短时高效的人类活动影响下已经大大改变,自我调节能力差的农田生态系统占据了主要地位,农牧交错带特有的各种生态系统交错的景观已经逐渐消失。由此引起的生物多样性减少、气候变化和土壤盐碱化等环境问题将逐渐加剧。另外,现代农业在发展过程中也面临着一系列难以克服的生态环境问题,如自然资源短缺、环境污染严重、生物多样性丧失等,特别是化肥和农药的大量使用,不仅污染农田环境,而且威胁人们的身体健康。

为了恢复镇赉县的自然生态系统,在保证提高人民生活水平的同时寻求可持续发展道路,建议从以下四点入手:(1)提高作物产量,严禁私自开垦荒地、毁林种地,鼓励并引导新

的生产活动;(2)退耕还林,对响应号召的农民加大经济补贴;(3)引进本地耐碱高产经济效益好的物种;(4)开展水利项目,挖排水沟排出地势低洼的盐碱地块的水分。

### 参考文献(References):

- [1] 赵哈林,赵学勇,张铜会,等.北方农牧交错带的地理界定及其生态问题[J].地球科学进展,2002,17(5):739-747.(ZHAO Ha-lin,ZHAO Xue-yong,ZHANG Tong-hui,et al.Boundary Line on Agro-pasture Zigzag Zone in North China and Its Problems on Eco-environment[J].Advance in Earth Sciences,2002,17(5):739-747.(In Chinese))
- [2] 罗承平,薛纪瑜.中国北方农牧交错带生态环境脆弱性及其成因分析[J].干旱区资源与环境,1995,9(1):1-7.(LUO Cheng-ping,XUE Ji-yu.Ecologically Vulnerable Characteristics of the Farming Pastoral Zigzag Zone in Northern China[J].Journal of Arid Land Resources and Environment,1995,9(1):1-7.(In Chinese))
- [3] GFN.Ecological Footprint Standards 2006[EB/OL].2006.
- [4] GFN.Ecological Footprint Standards 2005[EB/OL].2005.
- [5] 吉林省白城市水利勘测设计院.吉林省引嫩入白供水工程项目建议书[Z].2006.(Jilin Baicheng City Survey and Design Institute of Water Conservancy.Proposal of Water Supply Project Transferring Water from Nen River to Baicheng City,Jilin Province[Z].2006.(In Chinese))
- [6] 松辽水环境科学研究院.吉林省引嫩入白供水工程环境影响报告书[Z].2007.(Song-Liao Academy of Water Environmental Science.Environmental Impact Report of Water Supply Project Transferring Water from Nen River to Baicheng City,Jilin Province[Z].2007.(In Chinese))
- [7] Wackernagel M.Our Ecological Foot Print:Reducing Human Impact on the Earth[M].Philadelphia:New Society Publisher,1996:160.
- [8] Wackernagel M,Mofreda C,Moran D.National Footprint and Biocapacity Accounts 2005:The Underlying Calculation Method[Z].2005.
- [9] 徐中民,陈东景,张志强,等.中国1999年的生态足迹分析[J].土壤学报,2002,39(3):441-445.(XU Zhong-min,CHEN Dong-jing,ZHANG Zhi-qiang,et al.Calculation and Analysis on Ecological Footprints of China[J].Acta Pedologica Sinica,2002,39(3):441-445.(In Chinese))
- [10] 荆治国,周杰,齐丽彬,等.基于特征参量调整法的中国省域生态足迹研究[J].资源科学,2007,29(5):9-15.(JING Zhi-guo,ZHOU Jie,QI Li-bin,et al.Provincial Ecological Footprint of China based on Characteristic Parameters Adjustment[J].Resources Science,2007,29(5):9-15.(In Chinese))
- [11] 焦雯璐,闵庆文,成升魁,等.基于生态足迹的传统农业地区可持续发展评价—以贵州省从江县为例[J].中国生态农业学报,2009,17(2):354-358.(JIAO Wen-lu,MIN Qing-wen,CHENG Sheng-kui,et al.Sustainable Development Analysis from Ecological Footprints of Traditional Agricultural Areas—A Case Study of Congjiang County of Guizhou Province[J].Chinese Journal of Eco-Agriculture,2009,17(2):354-358.(In Chinese))

(下转第46页)

- Kai-mei. Preliminary Study on River Function Regionalization [J]. Water Resource Protection, 2011, 27 (5): 13-16. (In Chinese))
- [5] 王孟, 叶闽, 肖采, 等. 健康长江的评价指标体系初探[A]. 中国环境水力学2006 [C]. 北京, 2006. (WANG Meng, YE Mn, XIAO Cai, et al. Preliminary Study on Indexes of Healthy Yangtze River Assessment [A]. China Environmental Hydraulics 2006 [C]. Beijing, 2006. (In Chinese))
- [6] 高永胜, 王浩, 王芳. 河流健康生命评价指标体系的构建[J]. 水科学进展, 2007, 18 (2): 252-257. (GAO Yong-sheng, WANG Hao, WANG Fang. Construction of Evaluation Index System for River's Healthy Life [J]. Advances in Water Science, 2007, 18 (2): 252-257. (In Chinese))
- [7] 张明, 周润娟, 和蕊. 基于随机训练样本的河流系统健康状况评价[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10 (2): 75-78. (ZHANG Ming, ZHOU Run-juan, HE Rui. Evaluation of the Health Status of River Systems Based on Random Training Samples [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10 (2): 75-78. (In Chinese))
- [8] 李俊玲. 河流健康评价指标体系及权重模型研究[D]. 南京: 淮海大学, 2008. (LI Jun-ling. Study on Index System and Weight Model for Evaluating the Health of the River [D]. Nanjing: Hohai University, 2008. (In Chinese))
- [9] 高甲荣, 冯泽深, 高阳, 等. 河溪近自然评价——方法与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010. (GAO Jia-rong, FENG Ze-shen, Gao Yang, et al. Stream Near Natural Assessment — Method and Application [M]. Beijing: China Water Power Press, 2010. (In Chinese))
- [10] LANDSON A R, GRAYSON R B, JAWECKI B. Effect of Sampling Density on the Measurement of Stream Condition Indicators in Two Lowland Australian Streams [J]. River Research and Applications, 2006, 22 (8): 853-869.
- [11] 胡一三, 张红武, 刘贵芝, 等. 黄河下游游荡性河段河道整治[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1998. (HU Yi-san, ZHANG Hong-wu, LIU Gui-zhi, et al. The Wandering River Channel Regulation of the Lower Yellow River [M]. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, 1998. (In Chinese))
- [12] 许炯心. 中国江河地貌系统对人类活动的影响[M]. 北京: 科学出版社, 2007. (XU Jiong-xin. China River Geomorphic Response to Human Activity [M]. Beijing: Science Press, 2007. (In Chinese))
- [13] 桑连海, 黄薇, 刘强. 长江下游干流河道内最小环境需水量计算[J]. 长江科学院院报, 2005, 22 (1): 57-59. (SANG Lian-hai, HUANG Wei, LIU Qiang. Calculation on Lowest Environmental Water Demands in River Course of Stem Stream of Yangtze River Lower Reach [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2005, 22 (1): 57-59. (In Chinese))
- [14] 夏军, 史晓新. 水环境质量评价标准探讨[J]. 重庆环境科学, 1997, 19 (5): 14-17. (XIA Jun, SHI Xiao-xin. A Study on Assessment Criterion for Water Environmental Quality [J]. Chongqing Environmental Science, 1997, 19 (5): 14-17. (In Chinese))
- [15] 刘晓燕, 张建中, 张原锋. 黄河健康生命的指标体系[J]. 地理学报, 2006, 61 (5): 451-460. (LIU Xiao-yan, ZHANG Jian-zhong, ZHANG Yuan-feng. Indicators of the Healthy Yellow River [J]. Acta Geographica Sinica, 2006, 61 (5): 451-460. (In Chinese))
- [16] 闫峰, 刘凌, 徐丽娜, 等. 隶属度向量分析法在河流健康评价中的应用[J]. 水电能源科学, 2012, 30 (10): 30-32. (YAN Feng, LIU Ling, XU Li-na, et al. Application of Membership Vector Analysis in River Health Assessment [J]. Water Resources and Power, 2012, 30 (10): 30-32. (In Chinese))
- [17] 郝弟, 张淑荣, 丁爱中, 等. 河流生态系统服务功能研究进展[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10 (1): 106-111. (HAO Di, ZHANG Shu-rong, DING Ai-zhong, et al. Research Progress on Service Functions of River Ecosystem [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10 (1): 106-111. (In Chinese))
- [18] 耿雷华, 卞锦宇, 徐澎波, 等. 水资源合理配置评价指标体系研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008. (GENG Lei-hua, BIAN Jin-yu, XU Peng-bo, et al. Study on the Index System of Rational Water Resources Allocation [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2008. (In Chinese))
- [19] 常建娥, 蒋太立. 层次分析法确定权重的研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2007, 29 (1): 153-156. (CHANG Jian-e, JIANG Tai-li. Research on the Weight of Coefficient through Analytic Hierarchy Process [J]. Journal of Wuhan University of Technology (Information & Management Engineering), 2007, 29 (1): 153-156. (In Chinese))

(上接第41页)

- [12] 焦雯馨, 闵庆文, 成升魁, 等. 基于生态足迹的传统农业地区生态承载力分析——以浙江省青田县为例[J]. 资源科学, 2009, 31 (1): 63-68. (JIAO Wen-xin, MIN Qing-wen, CHENG Sheng-kui, et al. Ecological Capacity of a Traditional Agricultural Area based on Ecological Footprint: A Case Study of Qingtian County, Zhejiang Province [J]. Resources Science, 2009, 31 (1): 63-68. (In Chinese))
- [13] 张芳, 徐伟锋, 李光明, 等. 上海市2003年生态足迹与生态承载力分析[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2006, 34 (1): 80-84. (ZHANG Fang, XU Wei-feng, LI Guang-ming, et al. Analysis of Ecological Footprint and Ecological Carrying Capacity of Shanghai in 2003 [J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2006, 34 (1): 80-84. (In Chinese))