

# 基于“省公顷”生态足迹的宁夏中部干旱带承载力研究

刘亚亚, 朱志玲, 贾国平

(宁夏大学 资源环境学院, 银川 750021)

**摘要:**人口承载力是区域可持续发展的重要因素。选取宁夏中部干旱带盐池县、红寺堡区、同心县、海原县为研究区,运用“省公顷”生态足迹模型测算研究区各县(区)的人口承载力,即在生态承载标准下研究区所能容纳的人口数量。研究表明:盐池县处于生态盈余状态,有4.1万生态人口承载空间。红寺堡区、同心县、海原县均处于不同程度的生态超载状态。其中海原县生态超载最严重,超载人口达5.1万人,同心县次之,超载人口3.84万人,红寺堡区的生态超载最小,超载人口仅2.12万。从生态人口承载力来看,在该区域人口数量保持不变的情况下,影响研究区域生态人口承载力的因素主要为人均的消费水平和耕地的生产能力,在当前的科学技术水平下,耕地的生产能力主要受水资源的限制。因此,在水资源有限的条件下,要缓解该区域的生态压力,只能从改进生产技术,减少区域人口数量方面进行。

**关键词:**“省公顷”生态足迹; 人口承载力; 宁夏中部干旱带

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)05-0357-06

## Study on Carrying Capacity of Arid Zone in Central Ningxia Based on the Sub-National Hectare Ecological Footprint

LIU Yaya, ZHU Zhiling, JIA Guoping

(School of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** Population carrying capacity is an important factor of regional sustainable development. Yanchi, Hongsibu, Tongxin and Haiyuan County in central Ningxia were selected as research area. We used the ecological footprint model of sub-national hectare to measure population carrying capacity of the various counties (districts) in the study area. Result shows that Yanchi County in the ecological surplus state, has the population of 41 000 ecological carrying space. Hongsibu area, Tongxin and Haiyuan County are in different degrees of ecological overload condition. Haiyuan County has the worst ecological overload, overload population is 51 000, overload population of Tongxin County is about 38 400, Hongsibu area is the minimum ecological overload, overload population is only 21 200. From the point of ecological population carrying capacity, if the population is unchanged in the area, the factors that influence the regional ecological population capacity are the per capita consumption level and production capacity of cultivated land, under the current level of science and technology, the production capacity of cultivated land is mainly restricted by water resources. Therefore, under the condition of limited water resources, improving production technology and reducing population of the area can alleviate the pressure of the ecology of the region.

**Keywords:** sub-national hectare ecological footprint; population carrying capacity; arid zone in central Ningxia

随着全球人口的不断增长,人类对自然资源的需求已超过了地球的持续供给能力,因此引发了环境污染、土地退化、生态破坏、生物多样性减少、气候恶化等一系列问题。面对不断出现的生态和环境问题,人类必须与周围的生态环境建立一种新型的人地关系,

保持协调发展。为了综合定量评价人口与周围生态环境的关系,20世纪90年代初加拿大生态学家 William E. Rees 和其博士生提出了一种度量方法——生态足迹法,生态足迹通过测定生态环境的承载能力与人类活动产生的压力之间的差值来表征区域发展

状态。它是把土地、水域等生物生产性空间作为衡量生态系统限制人类社会发展的因子,测算在一定时间内,在人类生产水平与需求条件的限制下,生态系统对人类活动支撑能力的极限值和人类活动对生态系统的影响<sup>[1]</sup>。在全球范围内,生态足迹已被广泛用来衡量人类对大自然的需求。世界自然基金会每两年出版一次的《地球生命力报告》测算全球生态足迹总量,以计算地球的生物承载力总量及全球人均生物承载力。在研究初期大部分以全球公顷为标准,多对国家或地区的生态足迹进行测算及横向比较。1999年生态足迹法引入我国后,在生态承载力的测算、生态安全评价、生态补偿、生态适宜性评价等多个领域得到了应用与发展。在发展的过程中,学者们根据实际需求,对生态足迹算法提出了许多改进方法。如2007年曹淑艳等<sup>[2]</sup>利用投入产出分析对中国生态足迹模型的改进;2010年刘某承等<sup>[3]</sup>根据植被净初级生产力对中国各地生态足迹的均衡因子进行测算;2011年卢小丽<sup>[4]</sup>以生态生产性土地的生态服务功能价值评估为基础,改进传统生态足迹模型中均衡因子和产量因子的计算方法。2015年曾晓霞等<sup>[5]</sup>利用能值定理,引入社会经济虚拟承载力对生态足迹模型进行修正。虽然以全球公顷来计算的生态足迹可以在全球范围内进行横向比较,但是一些小尺度的区域,比如省域、县域等生态足迹的计算中,全球公顷并不能反映区域的真实情况。因此,在研究过程中学者们相继提出了“国家公顷”、“省公顷”等概念对转换因子进行修正以期能更准确反映区域生态足迹大小。了解区域生态足迹的大小,对区域可持续发展具有重要指导意义。由于研究区域涉及到县域层次,因此选择“省公顷”模型能更准确反映研究区真实的生态承载力水平。

## 1 研究区概况

宁夏中部干旱带地处宁夏回族自治区中部,区域范围包括盐池县、红寺堡区、同心县、海原县、原州区北部、西吉县西部以及中宁县和沙坡头区的山区部分,国土面积2.94万km<sup>2</sup>,占全区的44.3%<sup>[6]</sup>。本研究为了数据的可获得性以行政区域为基本单元,选取中部干旱带的主体区域盐池县、红寺堡区、同心县、海原县作为研究区,总面积2.01万km<sup>2</sup>,占整个中部干旱带的68.4%。宁夏中部干旱带位于半干旱黄土高原向干旱风沙区过渡的地带,区域内部地形起伏不大,但地貌形态各异,整体可分为两大区域,以盐池县南部到同心县中部、海原县北部为界,以北以干旱风

沙区为主,以南以黄土丘陵沟壑区为主。区域内年降水量200~350mm,蒸发量2201.9mm,蒸发量是降水量的6~10倍,干旱少雨,土地贫瘠,是典型的生态脆弱区。

2013年末,宁夏中部干旱带盐池、同心、红寺堡、海原总人口104.99万人,年人口自然增长率为10.35%,城镇化率为27.29%,乡村人口占总人口的比重72.7%,人口主要以乡村人口为主。各县区中盐池县总常住人口15.09万人,回族人口占2.18%,红寺堡区总常住人口17.94万人,回族人口占61.31%,同心县总常住人口32.58万人,回族人口占88.88%,海原县总常住人口39.38万人,回族人口占73.58%,这四个县区的年人口自然增长率分别为6.52‰,9.72‰,12.15‰,13.01‰,其中经济水平较低,回族人口比重大的同心县、海原县的人口自然增长较快。

## 2 研究方法

### 2.1 转换因子计算

基于“省公顷”的生态足迹模型,就是以省域内单位省公顷的平均生物生产力为标准,对均衡因子和产量因子这两个转化因子进行计算。“省公顷”生态足迹模型将生物生产性土地分为耕地、林地、牧草地、水域、建设用地、化石能源用地这6种类型,并且认为这6种土地类型相互独立地为人类提供生态产品及服务<sup>[7]</sup>。就宁夏区内,由于不同地域自然地理条件和社会经济条件存在很大差异,不同类型土地的平均生产力相差很大,各地市各种生物生产面积的产出也存在很大差异,为了使计算结果具有可比标准,因此采用均衡因子将各类生物生产性土地面积转化成标准面积。在本文中,均衡因子是指整个宁夏各类生物生产性土地生产力与宁夏生物生产性土地的平均生产力之比,产量因子为各研究区土地的平均生产力除以整个宁夏同类土地的平均生产力<sup>[8]</sup>。省域内生物生产性土地的平均生产力就是一年内产出的全部生物量与该省份所拥有的全部生物生产性土地面积之比。

(1) 均衡因子计算公式:

$$eF_i = \frac{\bar{p}_i}{\bar{p}} = \left( \frac{B_i}{S_i} \right) / \left( \frac{\sum B_i}{\sum S_i} \right) = \left[ \frac{\sum_n p'_n \cdot r'_n}{S_i} \right] / \left[ \frac{\sum_i \sum_n p'_n \cdot r'_n}{\sum S_i} \right] \quad (1)$$

式中: $eF_i$ 为省域第*i*类土地的均衡因子; $\bar{p}_i$ 为第*i*类土地的平均生产力(10<sup>9</sup>J/hm<sup>2</sup>); $\bar{p}$ 为省域内全部土地的平均生产力(10<sup>9</sup>J/hm<sup>2</sup>); $B_i$ 为第*i*类土地的总生物产量(10<sup>9</sup>J); $S_i$ 为第*i*类土地的生物生产性面积(hm<sup>2</sup>); $p'_n$ 为第*i*

类土地的第  $n$  种生物产品产量(kg); $r'_n$  为第  $i$  类土地上的第  $n$  种生物产品的单位热值( $10^3\text{ J/kg}$ )<sup>[7]</sup>。

(2) 产量因子计算公式:

$$yF_i^j = \frac{\bar{p}_i^j}{\bar{p}_i} = \left( \frac{B_i^j}{S_i^j} \right) \left( \frac{B_i}{S_i} \right) = \left( \frac{\sum_n (p_n^i)^j \cdot r_n^i}{S_i^j} \right) \left( \frac{\sum_n p_n^i \cdot r_n^i}{S_i} \right)$$

(2)

式中: $yF_i^j$ 为第  $j$  市(县等)第  $i$  类土地的产量因子; $\bar{p}_i^j$  为第  $j$  市(县等)第  $i$  类土地的平均生产力( $10^9\text{ J/hm}^2$ ); $\bar{p}_i$  为省域内第  $i$  类土地的平均生产力( $10^9\text{ J/hm}^2$ ); $B_i^j$  为第  $j$  市(县等)第  $i$  类土地的总产出( $10^9\text{ J}$ ); $S_i^j$  为第  $j$  市(县等)第  $i$  类土地的总面积( $\text{hm}^2$ ); $B_i$  为省域内所有第  $i$  类土地的总产出( $10^9\text{ J}$ ); $S_i$  为第  $i$  类土地的总面积( $\text{hm}^2$ ); $(p_n^i)^j$  为第  $j$  市(县等)第  $i$  类土地上的第  $n$  种产品的年产量(kg)<sup>[7]</sup>。

2.2 生态足迹的计算

不同生物生产能力的土地面积与它们各自的均衡因子加权求和并乘以当年区域的人口总量即为生态足迹。具体计算公式为:

$$EF = N \cdot ef = N \cdot \sum_i^n A_i \cdot eF_i$$

(3)

式中:EF 为生态足迹; $N$  为实际人口数; $ef$  为人均生态足迹; $A_i$  为第  $i$  类土地生物生产性土地面积; $eF_i$  为第  $i$  类土地的均衡因子。

2.3 生态承载力的计算

生态承载力计算是与标准的“省公顷”相应的均衡因子和产量因子以及各类具有生物生产性土地的面积相乘。具体计算公式为:

$$EC = N \cdot ec = N \cdot \sum_i^n S_i \cdot eF_i \cdot yF_i$$

(4)

式中:EC 为生态承载力; $N$  为实际人口数; $ec$  为人均生态承载力; $S_i$  为人均实际占有的第  $i$  类生物生产性土地面积; $eF_i$  为省域第  $i$  类土地的均衡因子; $yF_i$  为第  $i$  类土地的产量因子。

2.4 基于生态足迹的人口承载力的计算

根据生态足迹模型,一定时期内的人口承载力,即生态人口承载力是由人均生态承载力和生态足迹的比值决定的。基于生态足迹的人口承载力公式为<sup>[9]</sup>:

$$P = N \times \frac{ec}{ef}$$

(5)

式中: $P$  为区域的人口承载力; $N$  为实际人口数; $ec$  为人均生态承载力; $ef$  为人均生态足迹。

3 结果与分析

3.1 省公顷模型中的转换因子

根据生态足迹模型中 6 大类生物生产性土地类

型的划分,宁夏的生物生产性土地类型主要有耕地、林地、牧草地和水域。由于国土资源数据来源于年鉴统计数据,因此需根据实际情况将土地面积的分类进行适当的整合,将园地划归为林地,将交通运输用地与城镇村及工矿用地划归为建设用地。根据均衡因子计算公式(1),利用宁夏各类土地生物生产情况数据计算可得 2013 年宁夏各类生产土地类型的平均生产力及“省公顷”中相应的均衡因子,见表 1。其中建设用地的均衡因子等于耕地均衡因子,值为 3.07  $\text{s-nhm}^2/\text{hm}^2$ ,化石能源用地均衡因子等于林地均衡因子,值为 0.14  $\text{s-nhm}^2/\text{hm}^2$ 。

表 1 宁夏各类土地的生产力及均衡因子

生产土地 类型	总热量/ 10 <sup>9</sup> J	总面积/ hm <sup>2</sup>	平均生产力/ (10 <sup>9</sup> J · hm <sup>-2</sup> ) (s-nhm <sup>2</sup> /hm <sup>2</sup> )	均衡因子
耕地	72929619.86	1291375	56.47439346	3.07
林地	2160169.65	828070	2.608679997	0.14
牧草地	5409384.70	2124342	2.546381279	0.13
水域	908711.1	177331	5.12437814	0.28
宁夏全区	81407885.31	4421118	18.41341609	1.00

从均衡因子的计算结果中可以看出,耕地是宁夏最具生物生产能力的土地类型,而牧草地是生物生产力相对最低的土地类型,宁夏每 1  $\text{hm}^2$  耕地的生产能力相当于 3.07 单位省公顷土地的生产能力,是牧草地的 26 倍,这种情况与宁夏的实际密切相关。宁夏虽然草地面积所占比重较大,但是由于草地多为干旱、半干旱荒漠草地和干草地,生产条件低下,而且宁夏长期实行封山禁牧政策,草地上提供的畜牧产品有限,从而使得宁夏牧草地生物生产能力低下。

研究区四县区 2013 年各类土地产量因子的计算根据全宁夏生物生产量与各类土地面积相比,得到各县区各类土地的平均生产力,见表 2。最后根据产量因子计算公式(2),用各县区各类土地的平均生产力除以宁夏相应各类土地平均生产力,即可得到研究区各县区各类土地的产量因子,见表 3。其中建设用地的产量因子等于耕地的产量因子,化石能源的产量因子为 0。

表 2 研究区各县各类土地平均生产力 10<sup>9</sup>J/hm<sup>2</sup>

地区	耕地平均 生产力	林地平均 生产力	牧草地平均 生产力	水域平均 生产力
盐池县	15.8066333	0.030847311	4.21670167	0.581945191
红寺堡区	58.5815852	1.141827313	0.515058874	0
同心县	35.48364615	0.394053211	1.247892565	0
海原县	20.5255396	0.325983691	0.85007635	0.540352651

表 3 研究区各县各类土地产量因子

地区	耕地	林地	牧草地	水域	建设用地
盐池县	0.28	0.01	1.66	0.11	0.28
红寺堡区	1.04	0.44	0.20	0	1.04
同心县	0.63	0.15	0.49	0	0.63
海原县	0.36	0.12	0.33	0.11	0.36

3.2 研究区各县生态足迹和生态承载力结果与分析

在生态足迹的计算过程中生物资源类产品主要来源于耕地、林地、牧草地和水域,这类土地的生态足迹是依据消费产品量转化而来,计算公式如(3)所示。宁夏及研究区各县的人均年消费量是以年总生物产量做贸易调整后计算人均量而来的。由于研究区四县区均为经济发展较慢的内陆县域单元,年进口量和出口量都较小,可相互抵消,忽略这种方法带来的误差。建设用地生态足迹的计算与它的生态承载力的计算方法相同,其均衡因子和产量因子都用耕地的相应值。化石能源类土地的生态足迹反映的是人类社会经济活动所消耗的化石燃料对环境产生的压力,其足迹根据张恒义等<sup>[10]</sup>的研究用碳汇法计算,碳

汇法计算能源足迹公式如下:

$$ef_c = \frac{f \cdot \left[1 - \frac{1}{3}\right]}{\omega}$$

(6)

式中:ef<sub>c</sub>为吸收化石能源排放的 CO<sub>2</sub> 的人均土地足迹;f 为人均 CO<sub>2</sub> 排放量;ω 为每 1 hm<sup>2</sup> 森林每年可吸纳的 CO<sub>2</sub> 量;m 为年人均标准煤消耗量,0.982 是有效氧化系数,0.732 57 是每吨煤标准煤的含碳量。由于大气中的 CO<sub>2</sub> 有 1/3 是被海洋吸收的,因此每 1 hm<sup>2</sup> 森林每年平均吸收的 CO<sub>2</sub> 是 3.67 t。

在生态承载力的计算过程中耕地、林地、牧草地、水域、建设用地这 5 类土地是将各县区的各类土地实际面积利用公式(4)转化成省公顷面积。化石能源用地实际是算吸收 CO<sub>2</sub> 的土地,这是“假想”出来实际中并不存在的一种土地面积,因此,化石能源用地的生态承载力面积为 0。在整个区域生态承载力计算过程中,根据生态需要扣除 12%来保留生物多样性。

研究区各县(区)2013 年生态足迹和生态承载力计算结果见表 4。

表 4 研究区各县各类土地生态足迹和生态承载力

县区	土地类型	人均生态足迹			人均生态承载力		
		人均需求面积	均衡因子	人均生态足迹	人均需求面积	均衡因子	人均生态足迹
盐池县	耕地	0.18974	3.07	0.5825	0.67791	0.28	0.5827
	林地	0.0072	0.14	0.001	0.60889	0.01	0.0009
	牧草地	0.502351	0.13	0.0653	2.54565	1.66	0.5494
	水域	0.001849	0.28	0.0005	0.01628	0.11	0.0005
	建设用地	0.137365	3.07	0.1181	0.13737	0.28	0.1181
	化石能源用地	0.704052	0.14	0.0986	0	0	0
红寺堡区	耕地	0.213227	3.07	0.6546	0.20556	1.04	0.6563
	林地	0.11219	0.14	0.0157	0.25632	0.44	0.0158
	牧草地	0.180683	0.13	0.0235	0.89328	0.2	0.0232
	水域	0	0.28	0	0.02526	0	0
	建设用地	0.07798	3.07	0.249	0.07798	1.04	0.249
	化石能源用地	—	—	—	0	0	0
同心县	耕地	0.268253	3.07	0.8235	0.42694	0.63	0.8257
	林地	0.027526	0.14	0.0039	0.18223	0.15	0.0038
	牧草地	0.265581	0.13	0.0345	0.54193	0.49	0.0345
	水域	0	0.28	0	0.01199	0	0
	建设用地	0.05994	3.07	0.1159	0.05994	0.63	0.1159
	化石能源用地	—	—	—	0	0	0
海原县	耕地	0.151329	3.07	0.4646	0.41637	0.36	0.4602
	林地	0.022724	0.14	0.0032	0.18185	0.12	0.0031
	牧草地	0.176756	0.13	0.023	0.52947	0.33	0.0227
	水域	0.000932	0.28	0.0003	0.00884	0.11	0.0003
	建设用地	0.052989	3.07	0.0586	0.05299	0.36	0.0586
	化石能源用地	0.125402	0.14	0.0176	0	0	0

注:表中的“—”表示该区域相应数据缺失。

根据生态足迹和生态承载力的对比关系,就可知某一区域现有生态系统承载能力能否满足该地生产消费活动,若生态承载力大于生态足迹,则处于生态盈余状态,若生态承载力小于生态足迹,则

处于生态赤字状态。利用某一区域人均生态足迹和人均生态承载力的比值关系可计算出该区域生态人口承载力。研究区四县(区)生态人口承载力计算结果见表 5。

表 5 研究区各县生态人口承载力

地区	人均生态足迹/ (hm <sup>2</sup> /人)	人均生态承载力/ (hm <sup>2</sup> /人)	生态足迹/ hm <sup>2</sup>	生态承载 力/hm <sup>2</sup>	生态赤字/ 盈余/(hm <sup>2</sup> /人)	人口 承载力/人
盐池县	0.8660	1.1013	130678.534	166190.144	0.2353	191900
红寺堡区	0.9428	0.8310	169128.892	149069.175	-0.1118	158117
同心县	0.9778	0.8624	318600.485	281006.416	-0.1154	287379
海原县	0.5673	0.4794	223392.529	188780.916	-0.0879	332768

(1) 中部干旱带四县(区)中,盐池县处于生态盈余状态,有 4.1 万生态人口承载空间。红寺堡区、同心县、海原县均处于不同程度的生态超载状态。其中海原县生态超载最严重,超载人口达 5.1 万人,同心县次之,超载人口 3.84 万人,红寺堡区生态超载最小,超载人口只有 2.12 万。盐池县的人均生态承载力最高,但其人均生态足迹排在四县(区)中第三位,有人均 0.235 3 hm<sup>2</sup> 的生态盈余量。海原县人均生态承载力和生态足迹都最低,人均生态赤字量也最低,为 0.087 9 hm<sup>2</sup>,由于其人口众多,生态人口承载量远低于其实际人口。同心县的人均生态足迹最高,但其人均生态承载力排在第三位,有人均 0.115 4 hm<sup>2</sup> 的生态赤字量。红寺堡区人均生态足迹、人均生态承载力、人均生态赤字量都仅次于同心县,但其人口数量较少,因此其生态人口承载量略低于实际人口。

(2) 各县区各种类型的生物生产性土地面积供需基本平衡,但生态足迹与生态承载力构成不协调。研究区四县区中化石能源用地都没有专门的供给面积,但各种类型的土地面积都具有吸纳化石能源燃烧废物的功能,而且化石能源足迹在总足迹中的比重都较小,供需矛盾并不明显。盐池县生物生产性面积供需构成中,牧草地和林地的供给量大于需求量,其中牧草地供需比最大,达到了 8.4 : 1,盈余量最大,而耕地、水域和建设用地供需平衡量基本平衡。生态足迹构成以耕地为主,其占总足迹比重的 67%,而生态承载力构成中以耕地和牧草地为主,这两类土地生态承载力占总生态足迹的 90% 以上。这主要是因为盐池县牧草地实际面积所占比重较大,草地资源丰富。

红寺堡区生物生产性面积供需构成从各种土地类型来看,只有牧草地供给不足,供需比为 0.99 : 1,其余土地类型供给基本平衡。生态足迹构成以耕地和建设用地为主,其足迹分别占总足迹的 69%, 26%,生态承载力构成中耕地和建设用地所占比重分

别为 70% 和 26%,在供需基本平衡的情况下出现生态赤字,主要是因为扣除了 12% 的生物多样性保护面积。同心县生物生产性面积只有林地供给不足,其供需比为 0.97 : 1,其余土地供需平衡。生态足迹和生态承载力构成都以耕地为主,占其总量的 84%,其生态赤字也是由 12% 的生物多样性保护面积扣除产生的。海原县各种类型的生物生产性土地的供需矛盾突显,耕地、林地、牧草地都存在供给不足的情况,其供需比分别为 0.99 : 1,0.97 : 1,0.99 : 1,生态足迹和生态承载力构成也主要以耕地为主,分别占其总量的 82% 和 84%。

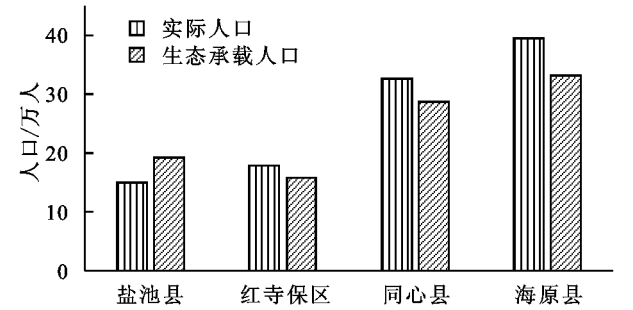


图 1 研究区各县实际人口和生态承载人口

综合以上分析可知,出现生态赤字的三个县(区)其生态承载力构成均以耕地为主,其他类型的生物生产性土地对生态承载力的贡献都很小,在供需能维持基本平衡的情况下,扣除 12% 的生物多样性保护面积以后,都会出现生态赤字。

4 结论与讨论

4.1 结论

宁夏中部干旱带处于干旱半干旱、农垦区和牧区的过渡地带,生态环境脆弱,基于“省公顷”生态足迹的区域内人口与生态环境的关系主要呈现以下特征:

(1) 基于“省公顷”生态足迹的宁夏各类生物生产性土地的均衡因子分别为耕地 3.07 s-nhm<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup>, 林地 0.14 s-nhm<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup>,牧草地 0.13 s-nhm<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup>,水域

0.28 s-nhm<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup>,其中建设用地均衡因子等于耕地均衡因子,化石能源用地均衡因子等于林地均衡因子。

(2)就各县生态人口承载力而言,盐池县处于生态盈余状态,有4.1万生态人口承载空间。红寺堡区、同心县、海原县均处于不同程度生态超载状态。其中海原县生态超载最严重,超载人口达5.1万人,同心县次之,超载人口3.84万人,红寺堡区的生态超载最小,超载人口仅2.12万。

(3)各县区各种类型的生物生产性土地面积供需基本平衡,但生态足迹与生态承载力构成不协调。出现生态赤字的三个县(区)其生态承载力构成均以耕地为主,其他类型的生物生产性土地对生态承载力的贡献都很小,在供需能维持基本平衡的情况下,扣除12%的生物多样性保护面积以后,都会出现生态赤字。

(4)从生态人口承载力来看,在该区域人口数量保持不变的情况下,影响研究区域生态人口承载力的因素主要为人均的消费水平和耕地的生产能力,在当前的科学技术水平下,耕地的生产能力主要受水资源的限制。因此,在水资源有限的条件下,要缓解该区域的生态压力,只能从改进生产技术,减少区域人口数量方面进行。

## 4.2 讨论

在以宁夏为“省公顷”的生态足迹研究中,均衡因子的计算结果与程淑杰等<sup>[8]</sup>2011年在其基于“省公顷”足迹变化的泾源县生态补偿定量评价的研究中宁夏的均衡因子(耕地3.20,林地0.37,牧草地0.12,水域0.54)比较接近,林地的均衡因子差异较大,主要由于宁夏回族自治区实行退耕还林和封山育林的生态保护政策,而林地面积主要以封山育林面积为主,因此本文在计算林地生物生产量时只计算了水果的热值,没有计算木材的热值。因此该研究中宁夏的均衡因子计算结果比较合理。在生态承载力计算过程中,由于收集的资料有限,红寺堡区和同心县的化

石能源用地足迹由于数据资料的缺失而未能计算,使其总人均足迹略低于实际值,这会影响结果的精确性。但由于其经济发展较缓慢,工业化水平低,规模以上的能源消耗量很低,主要的能源消耗以居民生活和农业生产能耗为主,因此其化石能源足迹较小。能源足迹对红寺堡区和同心县生态足迹的影响较小,即使在计入能源足迹的情况下,这两县区仍处于生态赤字状态。

## 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] 曹淑艳,谢高地.基于投入产出分析的中国生态足迹模型[J].生态学报,2007,27(4):1499-1507.
- [3] 刘某承,李文华.基于净初级生产力的中国各地生态足迹均衡因子测算[J].生态与农村环境学报,2010(5):401-406.
- [4] 卢小丽.基于生态系统服务功能理论的生态足迹模型研究[J].中国人口·资源与环境,2011(12):115-120.
- [5] 曾晓霞,刘云国,黄磊,等.基于能值定理的生态足迹模型修正研究:以长沙市为例[J].中国环境科学,2015(1):312-320.
- [6] 贾科利,张俊华.生态脆弱区土地利用时空格局变化分析:以宁夏中部干旱带为例[J].干旱地区农业研究,2011,29(3):98-102.
- [7] 张恒义,刘卫东,王世忠,等.“省公顷”生态足迹模型中均衡因子及产量因子的计算:以浙江省为例[J].自然资源学报,2009,24(1):82-92.
- [8] 程淑杰,朱志玲,王伶林,等.基于“省公顷”足迹变化的泾源县生态补偿定量评价[J].水土保持研究,2013,20(5):216-220.
- [9] 徐丹.基于生态足迹的崇明岛人口承载力研究[D].上海:华东师范大学,2007.
- [10] 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.