

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

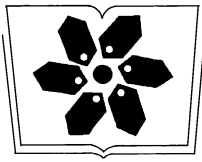
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第12期 Vol.32 No.12 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 12 期

2012 年 6 月 (半月刊)

目 次

河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例·····	孙永光,赵冬至,吴 涛,等 (3645)
鄱阳湖南矶湿地优势植物群落及土壤有机质和营养元素分布特征·····	张全军,于秀波,钱建鑫,等 (3656)
青岛市湿地生态网络评价与构建·····	傅 强,宋 军,毛 锋,等 (3670)
大堤型湖滨带生态系统健康状态驱动因子——以太湖为例·····	叶 春,李春华,王秋光,等 (3681)
绿色屋顶径流氮磷浓度分布及赋存形态·····	王书敏,何 强,张峻华,等 (3691)
坡度对农田土壤动物群落结构及多样性的影响·····	何先进,吴鹏飞,崔丽巍,等 (3701)
枣园桃蛀果蛾寄生蜂种类及其与寄主的关系·····	姚艳霞,赵文霞,常聚普,等 (3714)
基于逻辑斯蒂回归模型的鹭科水鸟栖息地适宜性评价·····	邹丽丽,陈晓翔,何 莹,等 (3722)
温度、盐度和 pH 对马氏珠母贝稚贝清滤率的联合效应 ·····	朱晓闻,王 辉,刘 进,等 (3729)
鸡桑药共生模式库区土壤养分变化及流失风险·····	赵丽平,杨贵明,赵同科,等 (3737)
黑河中游典型土地利用方式下土壤粒径分布及与有机碳的关系 ·····	张俊华,李国栋,南忠仁 (3745)
DEM 栅格分辨率和子流域划分对杏子河流域水文模拟的影响 ·····	邱临静,郑粉莉,Yin Runsheng (3754)
粒度变化对城市热岛空间格局分析的影响·····	郭冠华,陈颖彪,魏建兵,等 (3764)
基于景观连接度的森林景观恢复研究——以巩义市为例 ·····	陈 杰,梁国付,丁圣彦 (3773)
城市能源利用碳足迹分析——以厦门市为例·····	林剑艺,孟凡鑫,崔胜辉,等 (3782)
高寒牧区村域生态足迹——以甘南州合作市为例·····	王录仓,高 静 (3795)
太湖湖滨带生态系统健康评价·····	李春华,叶 春,赵晓峰,等 (3806)
秦岭大熊猫栖息地巴山木竹生物量·····	党坤良,陈俊娴,孙飞翔,等 (3816)
盐胁迫对盐生植物黄花补血草种子萌发和幼苗生长的影响·····	尤 佳,王文瑞,卢 金,等 (3825)
海南霸王岭山地原始林与伐后林中木质藤本对支持木的选择·····	刘晋仙,陶建平,何 泽,等 (3834)
闽楠幼树光合特性及生物量分配对光环境的响应·····	王振兴,朱锦懋,王 健,等 (3841)
基于形态及分子标记的濒危植物夏蜡梅自然居群的遗传变异研究 ·····	金则新,顾婧婧,李钧敏 (3849)
不同径级油松径向生长对气候的响应·····	姜庆彪,赵秀海,高露双,等 (3859)
珍稀濒危植物长蕊木兰种群的年龄结构与空间分布·····	袁春明,孟广涛,方向京,等 (3866)
巨桉与 5 种木本植物幼树的耗水特性及水分利用效率的比较·····	胡红玲,张 健,万雪琴,等 (3873)
银木凋落叶腐解过程对小白菜生长和抗性生理的影响·····	黄激激,胡庭兴,张念念,等 (3883)
基于氡示踪剂和热扩散技术的栓皮栎水分运输速率与效率研究·····	孙守家,孟 平,张劲松,等 (3892)
石漠化干旱环境中石生藓类水分吸收特征及其结构适应性·····	张显强,曾建军,湛金吾,等 (3902)
含铜有机肥对土壤酶活性和微生物群落代谢的影响·····	陈 琳,谷 洁,高 华,等 (3912)
钝叶枧不同性别花的花部形态与传粉特征比较·····	王 茜,邓洪平,丁 博,等 (3921)
我国春玉米潜在种植分布区的气候适宜性·····	何奇瑾,周广胜 (3931)
烯效唑干拌种对小麦氮素积累和运转及籽粒蛋白质品质的影响·····	樊高琼,杨恩年,郑 亭,等 (3940)

专论与综述

中国产业共生发展模式的国际比较及对策 ·····	石 磊,刘果果,郭思平 (3950)
--------------------------	--------------------

研究简报

吉林省镇赉县近 10 年景观格局变化 ·····	张国坤,卢京花,宋开山,等 (3958)
杨树人工林生态系统通量贡献区分析·····	金 莹,张志强,方显瑞,等 (3966)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 330 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-06



封面图说: 鸳鸯——在分类上属雁形目,鸭科。英文名为 Mandarin Duck(即“中国官鸭”)。鸳指雄鸟,鸯指雌鸟,故鸳鸯属合成词。常常栖息于山地河谷、溪流、湖泊、水田等处,雌雄偶居,以植物性食物为主,也食昆虫等小动物。繁殖期 4—9 月间,雌雄配对后迁至营巢区。巢往往置于树洞中,用干草和绒羽铺垫,每窝产卵 7—12 枚。江西省婺源鸳鸯湖是亚洲最大的野生鸳鸯越冬栖息地。鸳鸯是一种美丽的禽鸟,中国传统文化又赋予它很多美好的寓意,因此,在许多文学艺术作品中经常用以表达爱情。

彩图提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201110021446

王录仓, 高静. 高寒牧区村域生态足迹——以甘南州合作市为例. 生态学报, 2012, 32(12): 3795-3805.

Wang L C, Gao J. The ecological footprint of alpine pastures at the village-level: A case study of Hezuo in Gannan Autonomous Prefecture, China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(12): 3795-3805.

高寒牧区村域生态足迹 ——以甘南州合作市为例

王录仓*, 高 静

(西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070)

摘要:高寒牧区是一类特殊的地域,其生态环境本底和压力明显区别于其它地域类型。从自然本底上讲,“高寒”特征造成生态系统结构单一、节律缓慢、功能稳定性差,因此,脆弱性强,而修复难度大;从压力上讲,“高寒”又一定程度上屏蔽了外界要素的过分介入,导致人口分布的高度离散性和稀疏性,人地矛盾转化为更直观的草畜矛盾。论文结合高寒牧区的特质,对生态足迹模型和生态承载力模型进行了修正,强调了高寒牧区生态承载力的主控因素——牲畜特征、人口特征、生境特征和地域特征,以甘南州合作市为案例,具体测算和分析了 41 个行政单元的生态足迹和生态承载力。结果表明:(1)人口生态足迹和牲畜生态足迹分布格局大致呈反向态势,说明在高寒牧区,人口与牲畜对环境造成的压力存在着显著的空间差异。(2)从人口生态足迹和牲畜生态足迹对总生态足迹的贡献度上看,总生态足迹的高低主要取决于牲畜生态足迹,说明牲畜是主控因素。(3)从地均生态承载力分布态势看,低承载区主要分布于北部海拔较高的广大牧区,这里生态结构非常单一,主要以高寒草甸草原和沼泽草原生态类型为主,寒冻风化作用异常强烈,生物有效生长期非常短。而高承载区分布在市区周围和南部洮河谷地沿岸,生态系统除草地生态系统外,还有森林生态系统。从而说明人为条件的改善、自然生态系统结构的复杂程度和自然环境的严酷程度是决定高寒牧区承载力高低的主要因素。(4)从生态盈余与赤字的空间分布态势看,赤字区域主要集中分布在广大的纯牧区,超载过牧是生态状况的关键性致因。因此提高生态承载力、减少生态赤字的关键集结于草畜关系上。有鉴于此,需要采取以下措施:一是根据天然草场的承载能力,建立适宜的草畜平衡关系,将超载的牲畜转移出去;二是科学合理的提高草场的生产能力和承载能力,这就需加强草原生态保护建设;三是调整经济结构,减少社会经济发展对天然放牧业的高度依赖性,推进传统草地畜牧业向现代畜牧业转型。

关键词:高寒牧区;生态足迹;生态承载力;生态赤字;合作市

The ecological footprint of alpine pastures at the village-level: a case study of Hezuo in Gannan Autonomous Prefecture, China

WANG Lucang*, GAO Jing

College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

Abstract: Alpine pasture is a unique plant community with an ecological set of conditions and environmental pressures which are significantly different from other areas. This simple ecosystem has a naturally slow rhythm. Its functional instability is caused by the cold, alpine pasture environment which makes it vulnerable to disturbance and difficult to repair once damages occurred. To a certain extent, external forces and influences are limited in this cold climate because of its isolation from human activities. This leads to alpine pasture having a highly localized and sparse human population, so that human conflicts only tend to arise over grass-livestock conflicts. Based on characteristics of alpine pastures, the authors

基金项目:国家社科基金项目(05XSH010);2011 年度省属高校基本科研业务费专项资金项目;2010 年度甘肃省高校研究生导师基金项目(1001-22);西北师范大学青年教师科研能力提升计划-骨干项目(SKQNGG10029)

收稿日期:2011-10-02; 修订日期:2012-03-07

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: Wanglc007@nwnu.edu.cn

have revised the ecological footprint model and ecological carrying capacity model of this unique habitat placing strong emphasis on the key factors controlling ecological carrying capacity. These factors include the numbers and types of livestock, human population, local habitat conditions and regional characteristics. Following the methods of Hezuo, the authors then measured and analyzed the ecological footprint and ecological carrying capacity of 41 administrative units. The results show: 1) The distribution patterns and ecological footprints of the human population and their livestock are very different and roughly the opposite of each other, which indicates there are significant spatial differences between the environmental pressure on alpine pastures coming from the human population and pressures from livestock. 2) The combined ecological footprint of humans and livestock is mainly determined by the location of the livestock ecological footprint, so we can conclude the impact of livestock is the main factor in the formation of the combined ecological footprint. 3) Looking at the distribution of the ecological carrying capacity per unit area, the areas with a low carrying capacity are mainly located in the northern expansive pastoral areas at higher altitudes where the structure of the ecosystem is fairly simple, and main ecological types are alpine meadows and hydric grassland. Also, in these high altitude areas, frost weathering is quite strong, and the effective growing season is very short. Unlike these low carrying capacity and high altitude areas, the areas with high carrying capacity are mainly located around urban areas and along the Taohe River, with both grassland ecosystems and forested ecosystems present. In summary, we can conclude the main factor determining the ecological carrying capacity is our ability to improve anthropogenic factors, while dealing with the complex structure of natural ecological systems and harsh natural environment. 4) When we consider the nature of the spatial distribution of ecological surpluses and deficits, ecological deficit areas are mainly concentrated in pure pastoral areas, and overgrazing is the key cause for the ecological damage. So, the key to increasing the ecological carrying capacity and reducing ecological impact is focusing our attention on the relationships between grasses and livestock. We should take several measures to improve the situation. First, maintaining the balance between forage and livestock and avoiding overgrazing is required. Stocking levels need to be based on the carrying capacity of native pasture. Second, we can improve productivity and carrying capacity of pastoral areas using scientific and reasonable methods, and in this way strengthen protection for grassland ecosystems. Finally, we need to adjust the economic structure, by decreasing human dependence on grassland farming and by promoting the transition from traditional grassland husbandry into modern animal husbandry.

Key Words: Alpine pasture; ecological footprint; ecological carrying capacity; ecological deficit; Hezuo

甘南藏族自治州位于青藏高原东北边缘,是“两屏三带”中“青藏高原生态屏障”的重要组成部分,其生态环境状况不仅影响到青藏高原本身,甚至深刻影响到全国的生态安全。

自从 1987 年《我们的未来》发表以来,可持续发展作为一种新的发展理念和模式已逐渐为世界各国所接受。作为可持续评价方法之一——生态足迹法,自 1993 年由加拿大生态学家 Rees 和他的学生 Wachernagel^[1-3]提出后,受到学术界的广泛关注,并被应用于从全球到各个不同区域的时空尺度研究。总体来看,在空间尺度上,从最初注重全球尺度到注重区域尺度(国家尺度、省区尺度和地方尺度);在时间尺度上,从单纯的静态断面研究延伸到长时间序列研究;在部门尺度上,从最初的一般生态足迹研究,拓展到水资源、食物消费模式、家庭收入、消费支出、旅游业、采矿业、交通运输业、绿色大学、国际贸易、项目、土地规划、荒漠化等方面,内容越来越丰富;在研究方法上,一方面,表现为对初始模型的不断修正和改进,另一方面,表现为延伸与渗透,将生态足迹分析法与其它能反映社会经济的度量区域可持续发展的指标相结合。尤其是近 10a 来,生态足迹研究进展神速。Thomas Wiedmann 等^[4]提出将货币投入产出分析和现有国家生态足迹账户(NFA)相结合的方法,改进了原有的生态足迹和物流分析法,建立了生态足迹和物流方法与经济活动间的联系,反应了产业间依存关系对环境产生的间接影响。

由于生态足迹模型本身是一个静态指标,得出的结论都是瞬时性的,而它所要反映的经济社会系统随时

处在动态变化之中。Wackernagel. M^[5]、C. Monfreda^[6]、Justin Kitzes^[7]等通过解决计算生态足迹时间序列时暴露的概念问题,给出的改进方法增强了生态足迹结果的清晰性、有效性和可靠性。V. Niccolucci 等另辟蹊径,提出立体生态足迹概念模型(3^{DEF}) (three dimensional Ecological Footprint model),该模型有两个相关的尺度:表面积和高度,并指出该模型能更好地解释人类自然资本存量和资源流动的需求之间的差异^[8-10]。Thomas Wiedmann 运用投入-产出模型分析生态足迹,并且探讨了增强当前国家生态足迹分析的效用和强度。Sheng Zhao 等应用能值分析理论对生态足迹的计算进行了改进,称为能值足迹法^[11]。Hanley. N 等以苏格兰为例,运用生态足迹模型配合绿色净国内生产、环境空间、净主要生产力、持续经济福利指数、真实储蓄等指标,测度与评价了苏格兰发展的可持续性^[12]。Kurt K 把生态足迹与生态系统服务功能价值两种方法结合起来,从全球碳循环系统与能量价值角度出发,构建了生态附加价值的生态经济系统投入-产出复合模型^[13]。国内外生态承载力的研究方法主要有自然植被净第一性生产力法、供需平衡法、生态承载力综合评价法、状态空间法和系统动力法等。石月珍认为由于区域面积、区域人口和区域生态足迹总量的不同,仅仅取生态足迹和生态承载力之间的大小差值显然不能真实地反映某一区域的生态持续发展能力。因此尝试引入生态承载力作为评价某一区域生态系统可持续发展能力的综合指标值^[14]。在牧区,尤其是北美、南美及亚洲草原地区,由于草地开垦,过渡放牧等原因,土地开始退化,为有效管理草原和取得最大经济效益,一些学者将承载力理论引入到草原管理中,于是草原承载力、最大载畜量等相关概念被提出^[15-21]。但都没有注意到这样一个事实,在高寒牧区,由于人口具有强烈的散布性甚至游牧性,人地矛盾实际转化为草畜矛盾,而传统的游牧经济形态更加重了这一矛盾。因此,在高寒牧区,生态环境状态在很大程度上取决于草畜关系。这就需要对既有生态足迹模型加以修正,以充分反映高寒牧区的特质和问题。

1 研究区生态环境状况

高寒牧区是地处高寒自然条件下,以经营耐高寒、耐粗饲、适应性强、具有高原特色的牲畜为主的畜牧业地区。在中国,这类牧区海拔多在 4500—5200 m,年平均气温 0—5 ℃,日照充足,太阳辐射强;牧草生长期短,产量季节不平衡,植株低矮;因气温日较差大,利于营养物质的积累,牧草的粗蛋白、粗脂肪、无氮浸出物高,粗纤维低,营养较丰富,适于发展高寒畜牧业。由于长期适应生态环境和不间断的自然选择,人工选择及定向培育,形成了高寒牧区特有的家畜品种。藏系羊和牦牛是数量最多、分布最广的畜种。

合作市位于青藏高原东北边缘,北靠临夏回族自治州,具有极为重要的生态、文化、经济地位,是我国黄河、长江上游重要的绿色生态屏障区;也是藏传佛教文化、伊斯兰文化和汉文化的交汇区,为藏汉经济文化交流的前缘地带,向称“汉藏走廊”,是甘青宁农牧交错区重要的畜牧业基地。其发展状态和稳定态势对整个藏区具有强烈的示范、波及和带动作用。合作市现辖 6 乡 4 个街道办事处、8 个社区居委会、39 个村委会、258 个村民小组。国土面积 $26.7 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中:草场面积 $17.6 \times 10^4 \text{ km}^2$,耕地面积 $1 \times 10^4 \text{ km}^2$,林地面积 $4.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,城区面积 $0.1 \times 10^4 \text{ km}^2$,其它(山地、河流等)面积 $3.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。全市总人口 8.58 万人,其中:城镇人口 5.18 万人,占总人口的 60.4%;总人口中藏族 4.6 万人,占总人口的 54%。

特定的地理环境及恶劣的气候,导致合作市生态环境十分脆弱。由于全球变化及人为胁迫,导致草场退化、植被破坏、水土流失等一系列生态问题。全市 72.4% 的草场出现了不同程度的退化,其中中度退化面积 $5.8 \times 10^4 \text{ km}^2$,占草场总面积的 49.1%,重度退化面积 $5.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,占可利用草场面积的 30.5% (表 1)。

经测定,天然草场鲜草产量为 3120 kg/km^2 ,草地盖度为 68%,与 20 世纪 50 年代相比,天然草场产草量下降了 65%,与 70 年代相比,草场植被覆盖度下降 19%,优良牧草减少 20%,毒草杂草增加 25%,昔日水草丰美的草原出现了片片黄沙和黑土滩。草场的大面积退化,造成湿地面积锐减,生物多样性遭到破坏,水资源枯竭,水土流失加剧,全市水土流失面积达 910.6 km^2 ,占土地总面积的 23%,年侵蚀模数每平方公里 $2 \times 10^4 \text{ t}$,年输沙总量达到 $97.9 \times 10^4 \text{ t}$,水资源涵养功能急剧减弱,给黄河补给的水资源大量减少,直接威胁到整个黄河流域的经济社会可持续发展和生态安全。

表 1 合作市草原退化面积现状统计表/hm²
Table 1 Area of grassland degradation in Hezuo

地区 Region	总面积 The total area	退化草原面积 Degraded grassland area				
		合计 Total	占草原面积比重 The proportion of total grassland area	退化程度/hm ² Degree of degradation		沙化草原面积 Desertified grassland area
				重度 Severe	中度 Moderate	
甘南州	2360939.6	1954893.3	82.8	648913.3	1125980	180000
合作市	164628.4	126000	76.5	53333.3	58666.7	14000
玛曲县	948027.2	765333.3	80.7	320000	365333	80000
碌曲县	421174.1	327999.7	77.9	110666.7	176000	41333
夏河县	514222.8	482027	93.7	125780	339580.3	16667

2 评价模型的选取

2.1 数据来源

土地面积数据利用合作市第二次土地调查资料,其它社会经济数据来源于 2010 年合作市统计年鉴。

2.2 计算模型改进

生态足迹模型通过计算人类为了自身生存而消费的自然资源的量来评价人类对生态系统的影响。任何个人或区域人口的生态足迹,应该是生产这些人口所消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的废弃物而需要的生态生产性土地的面积总和。其计算公式为:

$$EF = \sum_{i=1}^n w_i(cc_i) = \sum_{i=1}^n (ac_i/p_i)$$

$$EC = \sum_{i=1}^n w_i(ep_i) = \sum_{i=1}^n (ae_i/p_i)$$

式中, n 为消费商品或生产生物的类型; cc_i 为第 i 种消费商品的生产足迹; ac_i 为第 i 种消费商品的消费总量; p_i 为第 i 种商品的生物生产单位面积产量; ep_i 为第 i 种生物资源的生产足迹; ae_i 为第 i 种资源生物生产总量; w_i 为第 i 种消费品或生物资源土地类型生产力权值; EF 为某一地区的生态足迹总量; EC 为地区生态承载力供给。生态状况(生态赤字/盈余状况)取生态足迹和生态承载力之间的大小差值反映某一区域的生态可持续发展能力。

合作市为中国典型的高寒牧区,其土地利用类型大多为草场(土地利用类型),草场面积占国土总面积的 65.9%,传统畜牧业在全市六大主导产业中(畜牧、矿产、水电、旅游、商贸、工业)首当其冲,畜牧业的发展状态,既表征了高寒牧区的自然环境基质,也表征了特定地理环境下的地域经济类型。在这里,生态环境的状态和压力更直接地表现为草畜平衡关系。故在运算过程中需要对模型中涉及到的六大类生物生产性土地进行细化及增删,并进行如下改进:

(1)在生态足迹模型中,涉及到两个最重要的参数——均衡因子和产量因子,目前,在国内外研究中,单位畜牧产品生态足迹多引用自 MathisWackernagel 等的《National Natural Capital Accounting With The Ecological Footprint Concept》^[22] 和世界自然基金会(WWF)的《live Planet Report》^[23]。前者将畜牧产品划分为两类,牛羊肉和牛奶归为牧草地,禽肉蛋和猪肉归为可耕地,以联合国粮农组织(FAO)1993 年畜牧产品数据为基础计算;后者最新的 2006 年版是以 FAO2003 年畜牧产品数据为基础计算。谢鸿宇指出,中国畜牧业生产以农户散养为主要生产方式,一方面,它的工业化程度远低于发达国家,另一方面,又比其他发展中国家生产得更为精细。因此在计算单位畜牧产品生态足迹这一畜牧业生态影响评价中的重要参数时,必须考虑到我国牲畜口粮的特点^[24]。分析计算结果为牛肉足迹为 139.704 gm²、羊肉足迹为 232.0662 gm²。合作市由于地处高寒牧区,畜牧业向以草地放牧为主,受高寒严酷生境的制约,草地产草量低,载畜能力较差。据合作市草原站监测,2009 年,平均鲜草单产为 8250—9000 kg/hm²,粮食播种面积 4653hm²,平均单产 2019.6 kg/hm²。因此在决定均衡因子和产量因子时,参照其它文献,结合合作市的实际,进行了修正(表 2)。

由于合作市地处典型的高寒牧区,草场面积占国土总面积的 65.9%,因此论文在计算生态足迹的过程中,将动物产品的生物资源消耗账户全部转化为马牛羊的需草量与草场供应量之间的关系,即将总足迹的计算转化为人口足迹和牲畜足迹两部分,使运算结果更加接近高寒牧区的实际。

(2)已有的生态承载力计算模式用来计算合作市下属的各行政村的生态承载力状况时,还存在一定问题。首先,生态足迹法将地球表面的生态生产性土地分为化石能源地、可耕地、牧草地、林地、建设用地和水域 6 大类,这样的划分适于计算大范围区域的承载力状况,如果计算小区域,如行政村之间的相互比较时,计算结果会存在很大误差,鉴于上述情况,将土地利用类型进行细分;其次,6 大类生态生产性土地在计算生态承载力过程中所涉及到的均衡因子和产量因子,存在一定的生态偏向性,不能很好的反映社会经济状况,故需将均衡因子或产量因子运用主观赋权法及综合评价法重新进行定位,对部分带动经济快速发展的土地类型(包括:城市、风景名胜、公路用地、水利设施)的产量因子考虑加入经济产量的影响;而另一些土地类型(包括:采矿用地、沙地、裸地)则对生态文明建设起到阻碍作用,故其产量因子被调整为相应的负值(表 2)。论文的研究区域仅为一个县级市,故而采用市公顷(Chm²)模型,结合收集到的土地调查数据,保证了本文研究可对常规 6 大类生物生产性土地进行更细致的划分,对于划分后的土地类型,不再单纯只借助于生物生产量转换为热量的数据^[25]或者净初级生产力(Net Primary Production, NPP)^[26-27]来计算均衡因子和产量因子,而是引入各类土地的生态服务价值^[28]进行计算,从一定程度上消除生态偏向性,同时对于某些需要投入财力物力去治理的地类运用矢量概念考量,其生态服务价值为负值,更客观的为实现可持续发展提供决策参考。按照现有模型计算得出的结果,各个行政区区域之间的生态承载力受土地面积的限制因素很大,与实际的社会经济发展状况不符,故最后对于评估结果采取求地均的手段,进行分析评估。其中:

生态状况(+盈余,-赤字)=生态足迹-生态承载力

地均生态承载力=生态承载力/区域面积

地均人口足迹=人口足迹/区域面积

地均牲畜足迹=牲畜足迹/区域面积

表 2 调整后的土地类型及其控制因子

Table 2 Land types and control factors after adjustment

土地利用类型 Land types	均衡因子 Equilibrium factor	产量因子 Yield factor	土地利用类型 Land types	均衡因子 Equilibrium factor	产量因子 Yield factor
耕地 Arable land	1.8	1.09	城市用地 Urban using land	2.8	1.89
园地 Garden plot	1.8	1.49	村庄用地 Village using land	2.8	1.09
林地 Woodland	0.8	0.8	风景名胜 Scenic using land	2.8	1.89
草地 Lawn	0.3	0.19	公路用地 Highway using land	2.8	1.09
设施用地 Facilities land	1.8	1.09	村庄道路 Village road land	2.8	0.6
田坎 raised path through fields	0.8	0.46	水域水利 Water /conservancy using land	2.8	1
采矿地 Mining land	1.1	-1.09	裸地 Barren land	1.1	-0.46
沙地 Sand land	1.1	-0.98	沼泽 Swamp	1.8	1

3 结论及讨论

(1)人口生态足迹和牲畜生态足迹分布格局大致呈反向态势,说明在高寒牧区,人口与牲畜对环境造成的压力存在着显著的空间差异(表 3、表 4,图 1,图 2)。其中人口足迹比较大的区域主要有两类:一类是城市所辖街道办,如坚木克尔街道,当周街道;另一类是围绕市区的行政村或乡政府驻地,如新集村,美武村,仁多玛村,多河尔村,西拉村等;牲畜足迹较大的行政村主要有:美武村,仁多玛村,扎代村,多河尔村、西拉村及东北方位上除土房村之外的其余区域均为典型的牧区。这一分布态势分别对应于人口和牲畜分布态势,也就是说,人口/牲畜足迹与每个村的人口/牲畜总数成正比。

表 3 2010 年合作市生态足迹(牲畜足迹)

Table 3 Ecological footprint of Hezuo in 2010 (livestock footprint)

	日耗草量 Daily consumption of grass/kg	全球平均产草量 Global average grass production/(kg/hm ²)	平均生态足迹 The average ecological footprint/(10 ⁻⁶ hm ²)	均衡足迹 Balanced footprint /(10 ⁻⁶ hm ²)
羊单位 Sheep units	8.75	186	47043.011	23521.505

羊单位换算公式:1 猪=0.7 羊,1 牛=5.2 羊,1 马=7.8 羊

从人口分布态势看,除市区人口比较集中外,广大的农牧村基本上都是典型的人口稀疏区。绝大多数中心村的人口规模都在 600—800 人,人口分布具有强烈的离散性。如果从自然村的人口分布情况来考察,更加分散,平均每个自然村仅 31 人,最小的村仅 15 人(表 5)。因此,人口对环境造成的压力相对较轻,且只是局限在较小区域范围内。

表 4 2010 年合作市生态足迹(人口足迹)

Table 4 Ecological footprint of Hezuo in 2010 (population footprint)

消费项 Consumer items	人均年消费 Per capita consumption /kg	世界年平均产量 The world average production /(kg/hm ²)	人均生态足迹 Per capita ecological footprint /(10 ⁻⁶ hm ²)	土地类型 Land types
青稞 Barley	34.8	2744	12682.216	耕地
燕麦 Oat	30.1	2744	10969.388	耕地
土豆 Potato	20.3	18000	1127.778	耕地
小豆 Bean	9.3	1856	5010.776	耕地
油菜 Rape	11.5	1856	6196.121	耕地
大豆 Soybean	7.2	1856	3879.31	耕地
足迹 Footprint	—	—	39865.588	—
均衡足迹 Balanced Footprint	—	—	111623.647	—

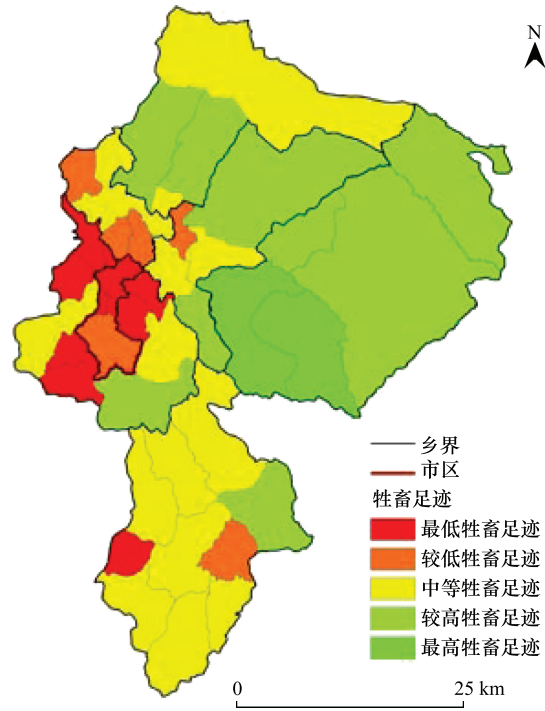


图 1 2010 年合作市生态足迹(牲畜足迹)

Fig. 1 Ecologic footprint of Hezuo in 2010(livestock footprint)

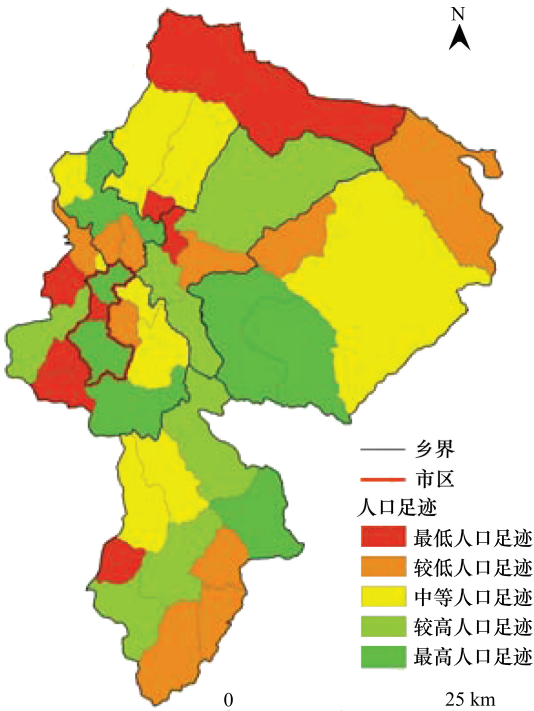


图 2 2010 年合作市生态足迹(人口足迹)

Fig. 2 Ecologic footprint of Hezuo in 2010(population footprint)

高寒地区严酷的地理环境,也在很大程度上屏蔽了外来人口的强烈介入。即使是甘南州府驻地——合作市也不例外,截至 2008 年建市 10 周年,合作市总人口 89277 人,10 a 间人口净增长 8808 人,年均增长速度为 12.16%,增长速度比较平缓。从人口迁居性来看,迁入人口大于迁出人口,但净迁入量非常有限。从各乡和街道人口迁入、迁出关系看,四个街道办为人口净迁入地区,而六乡为人口净迁出地区,且迁移量与距合作市的距离、区位条件等因素有密切的关系。靠近市区的拉吾乡、卡加曼乡和勒秀乡人口迁出量较大,而离市区较远的两个纯牧业乡——佐盖多玛和佐盖曼玛人口迁出较少。从不同类型人口迁移上看,非农业人口的迁移性远大于农牧业人口,说明农牧业人口的滞留性仍很强,被束缚在农牧村。市区四个街道中,有大量的流动性人口,迁出人口数量远大于迁入数量,说明流动性人口存在着强烈的不稳定性。

从牧畜分布的态势看,与人口分布态势正好相反。尤其是最典型的纯牧业乡——佐盖多玛和佐盖曼玛乡,是合作市典型的草甸草场集中分布的区域,也是生态类型最单一的地区,这些地区是全市牲畜集中放牧之地,因此,对环境(尤其是对草地生态环境)造成的压力最大。

表 5 合作市人口和居民点分布密度
Table 5 Density of population and settlements of Hezuo

区域 Region	总面积 Total area /km ²	总人口 Total population/人	村民小组数量 The number of settlements	人口密度 Population density /(人/ km ²)	村民小组居民点密度 settlement density of village groups /(个/ 10 ³ km ²)
合计 Total	2670	85810	236	32.13	88
卡加曼乡	105.7	3248	27	30.72	255
卡加道乡	369	2465	26	6.68	70
佐盖多玛乡	599.8	3609	17	6.02	28
佐盖曼玛乡	384.4	6182	44	16.08	114
那吾乡	226	6813	68	30.15	301
勒秀乡	441	8493	54	19.26	122

(2)从人口生态足迹和牲畜生态足迹对总生态足迹的贡献度上看,总生态足迹的高低主要取决于牲畜生态足迹,说明牲畜是主控因素。总生态足迹的等级分布图与牲畜生态足迹等级分布图基本一致(图 3、图 4),这表明在高寒牧区,造成生态环境压力的主要是牲畜数量。也就是说,在高寒牧区,由于特殊地理环境对人口(尤其是外来人口)的基本约束作用,人地矛盾实际上转化为草畜矛盾。因此,牲畜的超载过牧是造成生态环境压力的关键因素。

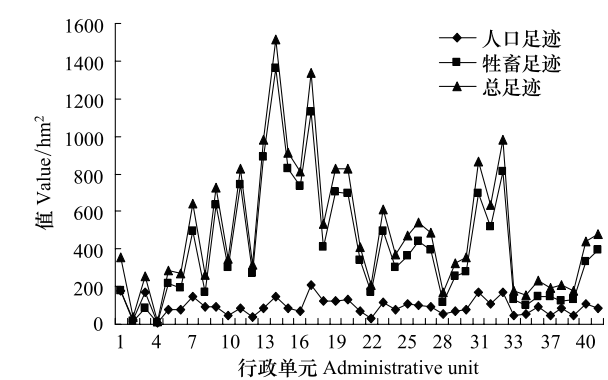


图 3 各村人口/牲畜生态足迹
Fig.3 Ecological footprint of population and livestock in villages

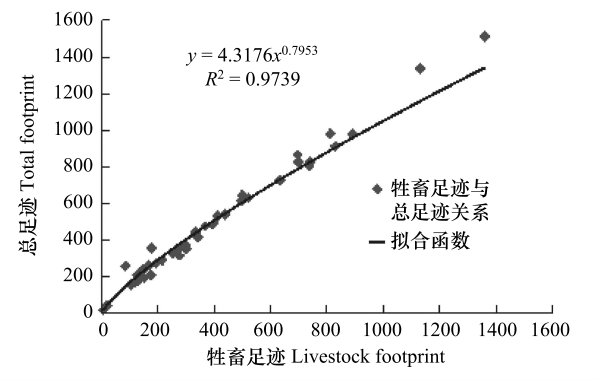


图 4 牲畜足迹与总足迹的拟合函数
Fig.4 Fitting function between livestock and total footprint

(3)从地均生态承载力分布态势看,高承载力区主要位于市区和南部洮河谷地沿岸,低承载力区主要位于地势高亢的北部高原,说明人为条件的改善、自然生态系统结构的复杂程度和自然气候条件的严酷程度是

决定高寒牧区承载力高低的主要因素。

由于各行政村所辖面积,聚集的人口和养殖的牲畜数量不同,如果单纯采用绝对生态足迹进行考量,那么很难真实反映人口和牲畜对生态造成的压力。因此采用地均生态足迹来进一步反映人口和牲畜对环境造成的压力(图5、图6)。低承载区主要分布于北部海拔较高的广大牧区(以佐盖多玛乡和佐盖曼玛乡为主),这里生态结构非常单一,主要以高寒草甸草原和沼泽草原生态类型为主,寒冻风化作用异常强烈,生物有效生长期非常短。而高承载区分布在市区周围,南部边缘地区也呈现高承载区,这主要是由于南部有大片林地,而目前那些林地尚未得到合理有效的开发。表明,纯牧区不仅总的生态压力较大,而且地均生态压力也较大,也就是说,地域广阔并没有成为提高生态承载能力、缓解生态压力的优越条件。地均生态足迹即为每个行政村单位面积上所承受的压力,其中单位面积承受压力较大的行政村有:木道村,坚木克尔街道,格来村,海康村,地瑞村,扎代村,地吾鲁村。

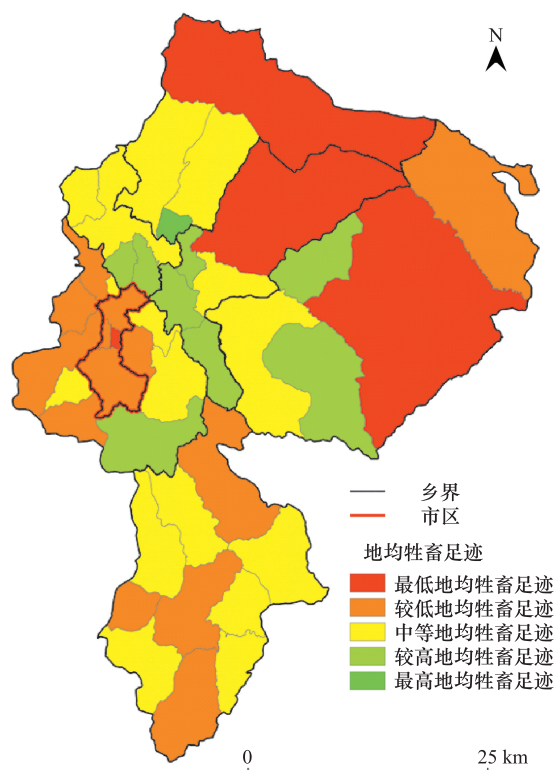


图5 2010年合作市生态足迹(地均牲畜足迹)

Fig.5 Ecologic footprint of Hezuo in 2010 (average of livestock footprint)

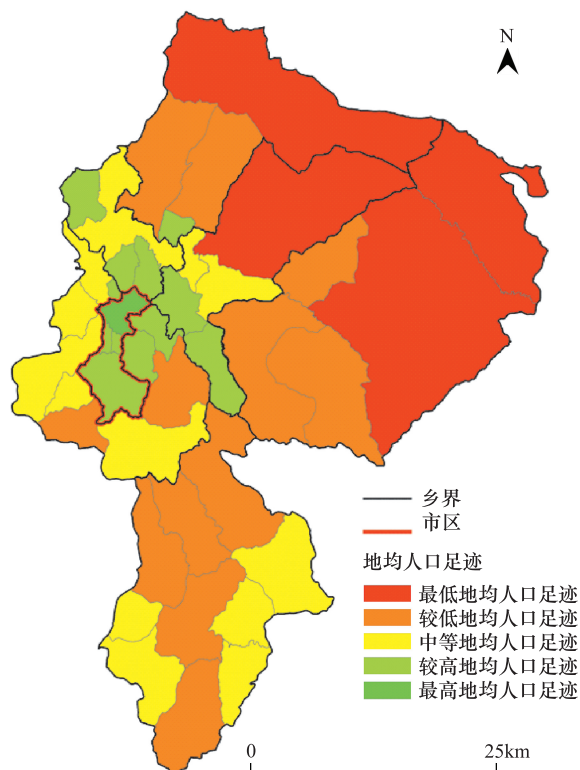


图6 2010年合作市生态足迹(地均人口足迹)

Fig.6 Ecologic footprint of Hezuo in 2010 (average of population footprint)

(4)从生态盈余与赤字的空间分布态势看,赤字区域主要集中分布在广大的纯牧区,超载过牧是生态状况的关键性致因。

生态状况的盈余及赤字也基本呈区域性的分布(图7、图8),与行政区界线的划分没有关系。出现赤字状况比较严重的一片区域实际上多为放牧比较集中、草场面积占有很大比重的一些行政村;并且从地理位置上来说,距离经济行政中心的距离相对不是很远,故而其人口及牲畜足迹比较大,对于生态环境所带来的压力相对于偏远的地区来说更大一些。两方面因素的综合作用,导致这些区域呈现生态赤字的状态。从图9看出,出现赤字状况的行政村有:仁多玛村、新寺村、美武村、扎代村、木道村、日加村等,这几个行政村辖区内所存在的共性生态问题为水域面积较小,水资源比较缺乏,并且还存在部分的采矿项目。

由于藏族人民自古以来是以游牧为主的民族,最基本的生产资料是牛羊和牧场,逐水草而居的游牧生产

是他们最基本的生产生活方式。合作市现有草场面积 17.6 万 hm^2 ,大部分草地集中分布于东北部山塬,草地类型有高寒草甸草场、亚高山草甸草场、灌丛草甸草场和沼泽草场四大类型,其中以亚高山草甸草场为优势类型。全市草场理论载畜量为 26.53 万个羊单位,但实际载畜量已达 44.47 万个羊单位,超载率达到了 67.62% (表 6),远远超过国家规定超载 30% 为高风险区的标准。

表 6 甘南州牧区草畜平衡现状表
Table 6 Grass-animal balance of Ganna Autonomous Prefecture

地区 Region	总面积 The total area /((×10 ⁴ hm ²)	可利用面积 Available area /((×10 ⁴ hm ²)	合计 Total	植被退化面积 Area of vegetation degradation		实际载畜量 Actual Carrying capacity /(万羊单位)	理论载畜量 Theory Carrying capacity /(万羊单位)	超载率 Overload rate /%
				重度 Severe	中度 Moderate			
合计 Total	236.09	221.464	184.6	64.89	119.71	639.68	407.92	56.82
玛曲县	94.8	89.02	71.2	32	39.2	249.07	171.15	45.52
碌曲县	42.12	39.63	30.67	11.07	19.6	114.65	70.53	62.55
夏河县	51.42	47.87	32.2		32.2	144.66	85.25	69.69
合作市	16.46	15.52	12.6	5.33	7.27	44.47	26.53	67.62

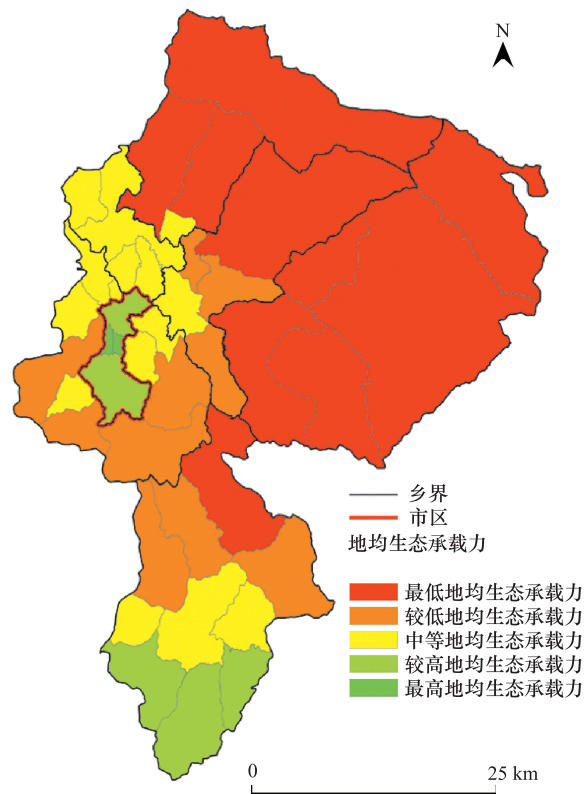


图 7 2010 年合作市地均生态承载力
Fig. 7 Average ecologic capacity of Hezuo in 2010

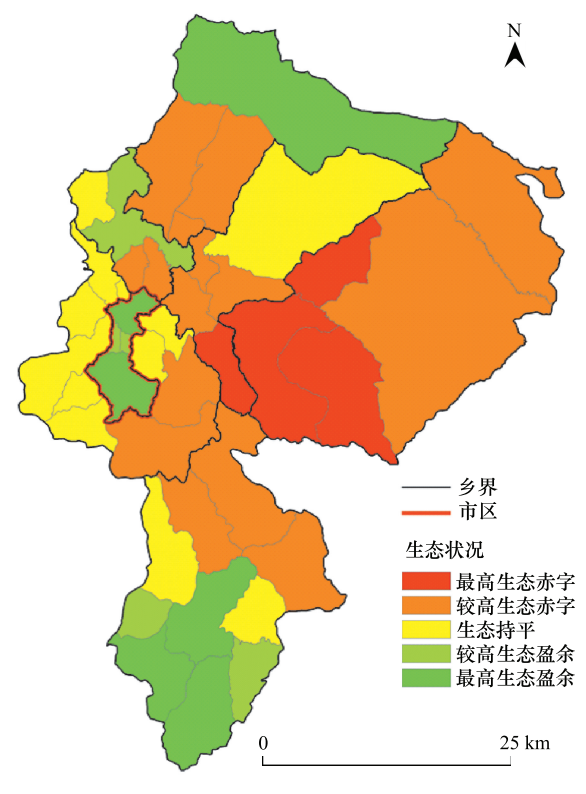


图 8 2010 年合作市生态状况
Fig. 8 Ecologic conditions of Hezuo in 2010

4 建议

如前述,在高寒牧区,人地矛盾转化为更直观的草畜矛盾。生态足迹的高低主要取决于牲畜生态足迹。因此提高生态承载力、减少生态赤字的关键集结于草畜关系上。有鉴于此,必须考虑以下 3 个问题:首先是如何建立适宜的草畜平衡关系,将超载的牲畜转移出去? 其次是如何科学的提高草场的生产能力和承载能力? 最后是如何合理的调整经济结构,减少社会经济发展对天然放牧业的高度依赖性?

4.1 实现草畜平衡

合作市地处青藏高原东缘,地形复杂,地势高亢,自东北向西南倾斜,大部分地区海拔在 2850—3500 m 之

间。天然草场不仅是最重要的生态系统,更是高寒牧区最基本的生产系统。在天然草场中,面积较大、草质较好的是亚高山草甸草地、亚高山灌丛草地、沼泽草甸草地,分别占天然草地的 60.21%、32.67%、3.7%。受高寒气候的深刻影响,枯草季节长达 7—8 个月,使牲畜在漫长的枯草季节大量掉膘乃至死亡,从而造成畜牧业效益低下。而农牧民群众为了维持基本生活需要和增加收入,不断多养牲畜,大量超载放牧。因此,必须建立科学合理的草畜平衡关系。草畜平衡是指为保持草原生态系统良性循环,在一定时间内,草原使用者或承包经营者通过草原和其他途径获取的可利用饲草饲料总量与其饲养的牲畜所需的饲草饲料量保持动态平衡。要

实现草畜平衡,促进草原畜牧业健康稳定发展,要依据农业部制定的《草畜平衡管理办法》,在牧民中间开展草畜平衡的宣传和教育,普及草畜平衡知识,推广草畜平衡技术,支持、鼓励和引导农牧民加强人工饲草饲料基地建设、购买饲草饲料、增加饲草饲料供应量、实行舍饲圈养、加快牲畜出栏,从而降低天然草原的放牧强度,实现草原资源的永续利用。

4.2 加强草原生态保护建设

加大“三化”草地综合治理、草原鼠虫害和草场毒杂草治理、干旱草场灌溉设施建设、划区轮牧围栏封育建设,实施退牧还草工程,改善草原生态环境。通过围栏封育、划破补播、施肥除莠、治虫灭鼠综合治理技术措施,使重度退化、沙化及鼠害草场的植被生长发育和生态环境得到大的改善,为草场提供休养生息的机会,促进草群自然更新、逐渐恢复和提高草场生产力,增加优良牧草的种间竞争力,促进植被生态顺向演替。认真落实基本草原保护、以草定畜草畜平衡、禁牧休牧划区轮牧制度,实现科学合理利用草地资源。

4.3 推进草地畜牧业向现代畜牧业转型

特定的地理环境和严酷的自然条件,决定了天然草原畜牧业是该区域的主导产业,畜牧业收入是牧民主要的经济来源,游牧民完全依靠天然草原自由放牧和采挖资源来获取生产资料和生活用品。但传统畜牧业靠天养畜,经济效益低下,牧民收入增长十分缓慢,在牧民人口数量聚增、物质需求急剧扩张的时期,如果仍然发展低效益的传统畜牧业,必然使畜牧业的发展受到很大制约,使广大牧民陷入贫困之中,使草原生态环境陷入恶性循环之中。因此,必须尽快改变这种靠天养畜的传统畜牧业生产方式。利用地区资源具有互补性的特点,在农区建立优质高产的人工饲草料基地和草种繁育基地,长期为牧区提供草实、草产品及人工、半人工草地建植的草种服务。枯草期牧区适时适量地把超载淘汰畜转向农区进行饲养育肥销售。在资源利用上实施互补与协作,促进两地以增草带动增畜致富的可持续性发展。真正实现“牧区繁育、农区育肥、农区种草、牧区补饲”的基本目标。充分挖掘资源优势,大力推进专业化布局、产业化经营、标准化生产、技能化培训,加快农牧业结构战略性调整,积极转变户户“全而杂”的养殖业和种植业结构,依托奶牛和牦牛繁育产业的发展需求,集中连片大面积种植多年生优质牧草。加大畜与畜交换、草畜互换的协调力度,促进专业化布局和种养结构调整,实现畜牧业产业化。最终形成“一心三带”畜牧加工业格局:“一心”为合作市区和那吾乡,此地为合作畜牧业加工中心和基地,应依托区位、技术、资本等优势,引导畜牧加工企业向市区集中,重点发展畜牧产品深加工产业;“三带”分别为奶牛产业带、牦牛产业带、草产业带。其中奶牛产业带以那吾、勒秀、佐盖曼玛、卡加曼、卡加道等乡和当周、坚木克两街道办为主,依托奶牛繁育基地,发展犏雌牛养殖;牦牛产业带以佐盖多玛、佐盖曼玛、卡加道、勒秀等纯牧乡和牧业比重较大的牦牛主产区为主,建立整乡整村集中连片的牦牛繁育产业带;草产业带以那吾、勒秀、佐盖曼玛、卡加道、卡加曼、当周等海拔 3000 m 以下适合种植紫花苜蓿等优质饲草料的乡村为主,以退粮还草示范村为单位,整村推进,集中连片种植多年生优质牧草。

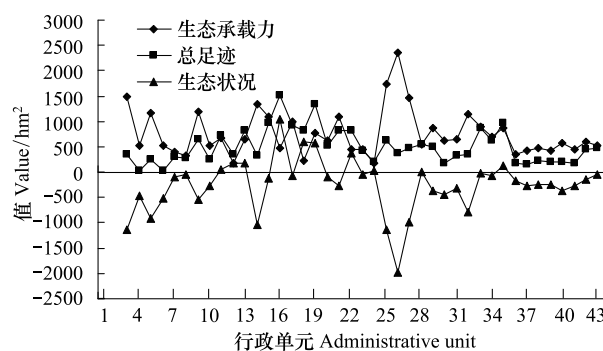


图9 合作市生态承载力-生态足迹-生态状况关系

Fig. 9 Relationship of ecological carrying capacity-ecological footprint-ecological conditions in Hezuo

References:

- [1] Rees W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 1992, 4 (2): 121-130.
- [2] Wackernagel M, Onisto L, Beno P, Linares A C, Falfán I S L, García J M, Guerrero A I S, Guerrero M G S. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 1999, 29(3): 375-390.
- [3] Wackernagel M, Lewan L, Hansson C B. Evaluating the use of natural capital with the ecological footprint: applications in Sweden and subregions. *Ambio*, 1999, 28(7): 604-612.
- [4] Wiedmann T, Minx J, Barrett J, Wackernagel M. Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis. *Ecological Economics*, 2006, 56(1): 28-48.
- [5] Wackernagel M, Monfreda C, Schulz N B, Erb K H, Haberl H, Krausmann F. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges. *Land Use Policy*, 2004, 21(3): 271-278.
- [6] Monfreda C, Wackernagel M, Deumling D. Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments. *Land Use Policy*, 2004, 21(3): 231-246.
- [7] Kitzes J, Galli A, Bagliani M, Barrett J, Dige G, Ede S, Erb K, Giljum S, Simmons C, Haberl H, Hails C, Jolia-Ferrier L, Jungwirth S, Lenzen M, Lewis K, Loh J, Marchettini N, Messinger H, Milne K, Moles R, Monfreda C, Moran D, Nakano K, Pyhälä A, Rees W, Simmons C, Wackernagel M, Wada Y, Walsh C, Wiedmann T. A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts. *Ecological Economics*, 2009, 68(7): 1991-2007.
- [8] Niccolucci V, Bastianoni S, Tiezzi E B P, Wackernagel M, Marchettini N. How deep is the footprint? A 3D representation. *Ecological Modelling*, 2009, 220(20): 2819-2823.
- [9] Niccolucci V, Galli A, Reed A, Neri E, Wackernagel M, Bastianoni S. Towards a 3D national ecological footprint geography. *Ecological Modelling*, 2011, 222(16): 2939-2944.
- [10] Wackernagel M. Methodological advancements in footprint analysis. *Ecological Economics*, 2009, 68(7): 1925-1927.
- [11] Zhao S, Li Z Z, Li W L. A modified method of ecological footprint calculation and its application. *Ecological Modelling*, 2005, 185(1): 65-75.
- [12] Hanley N, Moffatt I, Faicheny R, Wilson M. Measuring sustainability: a time series of alternative indicators for Scotland. *Ecological Economics*, 1999, 28(1): 55-73.
- [13] Kratena K. 'Ecological value added' in an integrated ecosystem-economy model-an indicator for sustainability. *Ecological Economics*, 2004, 48 (2): 189-200.
- [14] Shi Y Z, Zhao H J. Progress of study on quantitative evaluation methods of ecological carrying capacity. *Yellow River*, 2005, 27(3): 6-8.
- [15] Guevara J C, Cavagnaro J B, Estevez O R, Le Houérou H N, Stasi C R. Productivity, management and development problems in the arid rangelands of the central Mendoza plains (Argentina). *Journal of Arid Environments*, 1997, 35(4): 575-600.
- [16] Carey D I. Development based on carrying capacity. *Global Environmental Change*, 1993, 3(2): 140-148.
- [17] Retzer V, Reudenbach C. Modelling the carrying capacity and coexistence of pika and livestock in the mountain steppe of the South Gobi, Mongolia. *Ecological Modelling*, 2005, 189(1/2): 89-104.
- [18] Thapa G B, Paudel G S. Evaluation of the livestock carrying capacity of land resources in the Hills of Nepal based on total digestive nutrient analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 78(3): 223-235.
- [19] Georgiadis N J, Ihwagi F, Olwero J G N, Romaniach S S. Savanna herbivore dynamics in a livestock-dominated landscape. II: Ecological, conservation, and management implications of predator restoration. *Biological Conservation*, 2007, 137(3): 473-483.
- [20] de Faccio Carvalho P C, Batello C. Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: the natural grasslands dilemma. *Livestock Science*, 2009, 120(1/2): 158-162.
- [21] Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Ranieri M S, Bernabucci U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 2010, 130(1/3): 57-69.
- [22] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, Linares A C, Falfán I S L, García J M, Guerrero A I S, Guerrero M G S. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 1999, 29(3): 375-390.
- [23] World Wide Fund for Nature (WWF). National Footprint Accounts. [2011-03-18] [http://www.footprintnetwork.org/Academic Edition 2006-World.xls](http://www.footprintnetwork.org/Academic%20Edition%202006-World.xls).
- [24] Xie H Y, Chen X S, Yang M Z, Zhao H Q, Zhao M C. The ecological footprint analysis of 1kg livestock product of China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(6): 3264-3270.
- [25] Zhang H Y, Liu W D, Lin Y X. A modified ecological footprint analysis to a sub-national area: the case study of Zhejiang Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(5): 2738-2748.
- [26] Zhang H Y, Liu W D, Wang S Z, Shan N N, Zhiang H M. Calculation and analysis of equivalence factor and yield factor of ecological footprint based on sub-national hectare: a case study of Zhejiang. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(1): 82-92.
- [27] Liu M C, Li W H. The calculation of China's equivalence factor under ecological footprint mode based on net primary production. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(9): 1550-1559.
- [28] Bockstael N, Costanza R, Strand I, Boynton W, Bell K, Wainger L. Ecological economic modeling and valuation of ecosystems. *Ecological Economics*, 1995, 14(2): 143-159.

参考文献:

- [14] 石月珍, 赵洪杰. 生态承载力定量评价方法的研究进展. *人民黄河*, 2005, 27(3): 6-8.
- [24] 谢鸿宇, 陈贤生, 杨木壮, 招华庆, 赵美婵. 中国单位畜牧产品生态足迹分析. *生态学报*, 2009, 29(6): 3264-3270.
- [25] 张恒义, 刘卫东, 林育欣, 单娜娜, 王世忠. 基于改进生态足迹模型的浙江省域生态足迹分析. *生态学报*, 2009, 29(5): 2738-2748.
- [26] 张恒义, 刘卫东, 王世忠, 单娜娜, 梁红梅. “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. *自然资源学报*, 2009, 24(1): 82-92.
- [27] 刘某承, 李文华. 基于净初级生产力的中国生态足迹均衡因子测算. *自然资源学报*, 2009, 24(9): 1550-1559.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 12 June, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Temporal and spatial dynamic changes and landscape pattern response of Hemeroby in Dayang estuary of Liaoning Province, China	SUN Yongguang, ZHAO Dongzhi, WU Tao, et al (3645)
Distribution characteristics of plant communities and soil organic matter and main nutrients in the Poyang Lake Nanji Wetland	ZHANG Qunjun, YU Xiubo, QIAN Jianxin, et al (3656)
Evaluation and construction of wetland ecological network in Qingdao City	FU Qiang, SONG Jun, MAO Feng, et al (3670)
Driving forces analysis for ecosystem health status of littoral zone with dikes: a case study of Lake Taihu	YE Chun, LI Chunhua, WANG Qiuguang, et al (3681)
The concentrations distribution and composition of nitrogen and phosphorus in stormwater runoff from green roofs	WANG Shumin, HE Qiang, ZHANG Junhua, et al (3691)
Effects of slope gradient on the community structures and diversities of soil fauna	HE Xianjin, WU Pengfei, CUI Liwei, et al (3701)
Investigation of populations of parasitic wasps parasitizing <i>Carposina sasakii</i> Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae) in jujube orchards in China, with respect to the wasp-host relationship	YAO Yanxia, ZHAO Wenxia, CHANG Jupu, et al (3714)
Assessment of ardeidae waterfowl habitat suitability based on a binary logistic regression model	ZOU Lili, CHEN Xiaoxiang, HE Ying, et al (3722)
Combined effects of temperature, salinity and pH on the clearance rate of juveniles of <i>Pinctada martensii</i> (Dunker)	ZHU Xiaowen, WANG Hui, LIU Jin, et al (3729)
Soil nutrient dynamics and loss risks in a chicken-forage mulberry-medicinal plant intercropping system	ZHAO Liping, YANG Guiming, ZHAO Tongke, et al (3737)
Soil particle size distribution and its relationship with soil organic carbons under different land uses in the middle of Heihe river	ZHANG Junhua, LI Guodong, NAN Zhongren (3745)
Effects of DEM resolution and watershed subdivision on hydrological simulation in the Xingzihe watershed	QIU Linjing, ZHENG Fenli, YIN Runsheng (3754)
Impacts of grid sizes on urban heat island pattern analysis	GUO Guanhua, CHEN Yingbiao, WEI Jianbing, et al (3764)
Landscape connectivity analysis for the forest landscape restoration: a case study of Gongyi City	CHEN Jie, LIANG Guofu, DING Shengyan (3773)
Carbon footprint analysis on urban energy use: a case study of Xiamen, China	LIN Jianyi, MENG Fanxin, CUI Shenghui, et al (3782)
The ecological footprint of alpine pastures at the village-level: a case study of Hezuo in Gannan Autonomous Prefecture, China	WANG Lucang, GAO Jing (3795)
The ecosystem health assessment of the littoral zone of Lake Taihu	LI Chunhua, YE Chun, ZHAO Xiaofeng, et al (3806)
The biomass of <i>Bashania fargesii</i> in giant pandas habitat in Qinling Mountains	DANG Kunliang, CHEN Junxian, SUN Feixiang, et al (3816)
Effects of salinity on seed germination and seedling growth in halophyte <i>Limonium aureum</i> (L.) Hill	YOU Jia, WANG Wenrui, LU Jin, et al (3825)
Liana-host tree associations in the tropical montane primary forest and post-harvest forest of Bawangling, Hainan Island, China	LIU Jinxian, TAO Jianping, HE Zeet al (3834)
The response of photosynthetic characters and biomass allocation of <i>P. bournei</i> young trees to different light regimes	WANG Zhenxing, ZHU Jinmao, WANG Jian, et al (3841)
Genetic variation among populations of the endangered <i>Sinocalycanthus chinensis</i> based on morphological traits and ISSR profiles	JIN Zexin, GU Jingjing, LI Junmin (3849)
Growth response to climate in Chinese pine as a function of tree diameter	JIANG Qingbiao, ZHAO Xiuhai, GAO Lushuang, et al (3859)
Age structure and spatial distribution of the rare and endangered plant <i>Alcimandra cathartii</i>	YUAN Chunming, MENG Guangtao, FANG Xiangjing, et al (3866)
The water consumption and water use efficiency of the seedlings of <i>Eucalyptus grandis</i> and other five tree species in Sichuan Province	HU Hongling, ZHANG Jian, WAN Xueqin, et al (3873)
Effects of leaf litter of <i>Cinnamomum septentrionale</i> on growth and resistance physiology of <i>Brassica rapa</i> in the decomposition process of litter	HUANG Weiwei, HU Tingxing, ZHANG Niannian, et al (3883)
Water transport velocity and efficiency in <i>Quercus variabilis</i> detected with deuterium tracer and thermal dissipation technique	SUN Shoujia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3892)
The saxicolous moss's features of absorbing water and its structural adaptability in the heterogeneous environment with rock desertification	ZHANG Xianqiang, ZENG Jianjun, CHEN Jinwu, et al (3902)
Effects of organic materials containing copper on soil enzyme activity and microbial community	CHEN Lin, GU Jie, GAO Hua, et al (3912)
Comparison of floral morphology and pollination characteristics between the sexes in <i>Eurya obtusifolia</i>	WANG Qian, DENG Hongping, DING Bo, et al (3921)
Climatic suitability of potential spring maize cultivation distribution in China	HE Qijin, ZHOU Guangsheng (3931)
Effects of uniconazole dry seed dressing on nitrogen accumulation and translocation and kernel protein quality in wheat	FAN Gaoqiong, YANG Ennian, ZHENG Ting, et al (3940)
Review and Monograph	
International comparison and policy recommendation on the development model of industrial symbiosis in China	SHI Lei, LIU Guoguo, GUO Siping (3950)
Scientific Note	
The Change of landscape pattern in Zhenlai Xian, Jilin Province in recent ten years	ZHANG Guokun, LU Jinghua, SONG Kaishan, et al (3958)
Footprint analysis of turbulent flux over a poplar plantation in Northern China	JIN Ying, ZHANG Zhiqiang, FANG Xianrui, et al (3966)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 12 期 (2012 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 12 (June, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@csbg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@csbg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元