

生态补偿对大熊猫栖息地周边农户生态足迹的影响

张玉波¹, 王梦君¹, 李俊清^{1,*}, 何 涓²

(1. 北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 四川省平武县畜牧局, 平武 622550)

摘要: 大熊猫栖息地正面临破碎化和人类活动干扰的威胁, 如何减少这些威胁成为保护大熊猫这一生态旗舰物种的关键。通过实施生态补偿项目, 充分考虑当地弱势群体生存和发展的权利, 帮助其进行生计替代和能源替代, 以减小生态系统所承受的压力。以 120 个项目农户作为研究对象, 利用生态足迹方法, 探讨了生态补偿项目对生活在关键生态区域内农村人口的影响。结果表明, 在各种生态生产性土地中, 农户对林地和草地生态占用最大, 能源替代可以大幅降低农户的薪柴消耗水平, 从而降低农户对林地的生态占用。通过调整农户的牲畜养殖模式, 减小了放牧对草地资源的压力和对草地的生态占用。农户人均生态足迹由 2005 年的 2.7346 hm² 减小至 2007 年的 1.6325 hm², 对周边环境的压力降低, 有利于保护和恢复珍稀野生动植物栖息地。

关键词: 大熊猫栖息地; 生态补偿; 生态足迹; 生计替代; 能源替代

文章编号: 1000-0933(2009)07-3569-07 中图分类号: Q143 文献标识码: A

The impact of ecological compensation on farmers' ecological footprint: an empirical study on Giant Panda habitat

ZHANG Yu-Bo¹, WANG Meng-Jun¹, LI Jun-Qing^{1,*}, HE Wei²

1 The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2 Livestock Bureau of Pingwu County, Pingwu 622550, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(7): 3569 ~ 3575.

Abstract: Giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*) habitat is under threat of fragmentation and disturbance from human being. How to reduce the threat is a cornerstone in the conservation of this flagship species. In order to get this objective, an ecological compensation project, with the sufficient consideration on recipients' rights in survival and development, helped the farmers develop alternative livelihood and energy substitution to reduce their pressure on surrounding environment. Based on the ecological footprint (EF) concept, this study investigates 120 households to explore the influence of the ecological compensation on the household ecological footprints. The result indicated that the farmers occupied largest land area in "Forest" and "Pasture". Energy substitutions reduced fuel wood consumption dramatically and farmers' occupancy on forest land. Farmers' occupancy on grass land decreased with the adjustment of livestock breeding method. The recipients' EF per capita declined from 2.7346 hm² (2005) to 1.6325 hm² (2007), which demonstrated that ecological compensation can reduced local poor people's EF and pressure on neighborhood environment, and this will benefit wildlife conservation.

Key Words: Giant panda habitat; ecological compensation; ecological footprint; alternative livelihood; energy substitution

栖息地的丧失是导致全球物种灭绝的最主要原因^[1], 自然灾害(如火灾、洪水、干旱)和人类活动(如森林

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项资助项目(200804001); 国家林业局保护司资助项目(AT0410); 国家“十一五”科技支撑资助项目(2008BADB0B04)

收稿日期: 2008-09-26; **修订日期:** 2009-03-03

致谢: 感谢四川海惠助贫服务中心对本文的大力支持。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail:

砍伐)对物种栖息地的数量、质量以及空间分布造成了巨大影响,从而进一步引起物种的分布和存在^[2]。

大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)曾经广泛地分布于我国东南部、越南以及缅甸北部,现仅分布在我国邛崃、岷山、凉山、大小相岭、秦岭山系^[3~5]。大熊猫栖息地的破碎化严重威胁着大熊猫种群的生存和延续,因为种群内个体数量过少极易导致自交退化^[6,7]。

我国建立了一系列自然保护区以保护大熊猫栖息地以及当地的生物多样性。通过严格限制人类在保护区中的活动来降低生态系统所承受的压力。但是,目前所建立的自然保护区只涵盖了约 55% 的大熊猫核心栖息地^[8]。如在秦岭山系,自然保护区只覆盖了该山系 45% 大熊猫栖息地^[9];在邛崃山系,这一指标只有 36%^[10]。处于自然保护区以外的栖息地,对于大熊猫的基因交流、季节性迁徙、躲避食物短缺(如小范围竹子开花)以及其他干扰起着至关重要的作用^[8]。相对于自然保护区内,这些栖息地承受着更多的人类干扰。虽然 1998 年开始实施的天然林保护工程禁止了大规模木材砍伐,但是由于这些地区多为老少边穷地区,砍柴、放牧、采药等活动依然频繁,对当地生态系统造成了严重威胁^[11,12]。所以如何解决当地百姓生计问题成了保护好大熊猫栖息的最紧迫的任务^[13,14]。解决当地社区居民生计与生物多样性保护的矛盾有多种途径,如开展生态旅游,进行生态移民等,但是这些途径又各有其局限性,如生态旅游,在国内现有条件下,随着游客的增多,必然会对当地的生态系统造成新的压力。生态移民在现实中也面临着重重困难。而本文所涉及到的生态补偿则是一种充分利用当地和外部两种资源,就地解决居民生计与生物多样性保护问题的一种方法。

生态补偿是生态保护措施中较为直接的方式,它的核心思想是生态效益的受益者在一定的契约框架下,给生态效益的提供者一定的补偿,用于生态系统的保护和恢复^[16~18]。该理念将处于不同地区、不同阶层的利益相关方联系在一起,有助于实现生态公平。生态补偿还可以为贫困的土地所有者提供额外的收入来源,改善他们的生计^[19]。四川省平武县于 2006 年实施的名为“生态系统综合管理”项目,其性质就属于生态补偿。该项目旨在帮助大熊猫栖息地周边的藏族贫困农户发展可持续生计和替代能源,降低人类对生态系统的压力。为了更好地评估生态补偿项目的作用,本文利用生态足迹这一工具对其进行了量化研究。

生态足迹是生产一定人口消费的资源及吸纳产生的废弃物所需要的具有生物生产力的地域空间面积^[20]。该方法以生态空间利用作为限制性因子,评估人类对生态系统的资源供给、废弃物消纳和基础建设空间支持等三类服务功能的消费与利用程度,揭示生态系统产品和服务在不同人群的分配和人类对生产性空间的排他性占用情况,是一种基于社会经济代谢的非货币化的生态系统评估工具。由于该方法操作性较强,指标体系简洁明了,自提出后被广泛运用于度量人类各种活动的生态影响及可持续发展评价之中^[21~24]。在我国,很多学者应用此方法,分析统计年鉴数据,研究省级或市级尺度上的生态足迹^[24~27],但应用问卷调查和实地测量方法,针对小尺度的农村社区,尤其是生物多样性富集的偏远地区的实证研究却鲜有涉及。

本文以 120 个参与“生态系统综合管理”项目的农户作为研究对象,分析了他们在参与项目前后的生态足迹变化情况。探讨了如何通过生态补偿项目,提高人口福利的同时降低生态足迹,保护珍稀野生动物栖息地,实现区域可持续发展。

1 研究地点概况

本研究地点位于四川省平武县,该县位于四川盆地西北部,青藏高原向四川盆地过渡的东缘地带,长江的二级支流涪江的上游地区,地处东经 103°50′~104°58′、北纬 31°59′~33°02′。全县幅员面积为 5974 km²,人口 18 万余人。平武县地处山区,具有典型的山地地貌景观,多年平均气温 14.7℃,多年平均降水量 866.5mm,森林覆盖率为 72%。本文所研究的 120 个农户位于平武县木皮藏族乡,根据全国第三次大熊猫普查,该乡约有 50 余只野生大熊猫分布,主要分布在小河沟保护区和余家山保护区(图 1)。

平武县木皮乡在 2006 年实施了“生态系统综合管理项目”,该项目为农户提供沼气池、节柴灶、多功能取暖炉等设备,以达到降低农户薪柴消耗量的目的。该项目帮助农户将肉牛放养改为圈养,减小森林生态系统的压力,开展蜜蜂饲养等替代性生计,提高农户家庭收入。

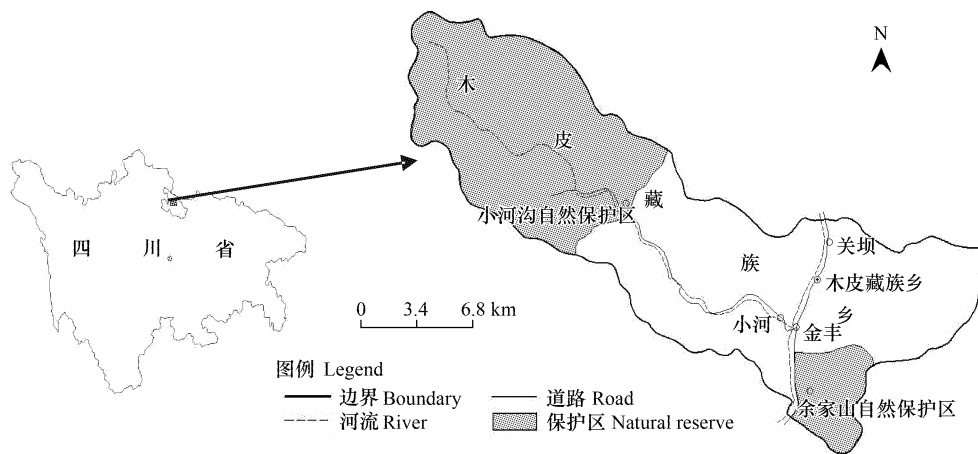


图1 研究区地理位置图

Fig. 1 The location map of study area

2 研究方法

2.1 农户调查

采用参与式调查的方法,调查单个农户家庭的年度食品、住宅、交通、物品、服务消费量以及废物排放量。其中,“食品”中包括蔬菜、水果、谷物、大豆、牛奶、鸡蛋、猪肉、牛肉、羊肉、鱼、酒类、白糖、食用油、茶叶等因子,“住宅”中包括砖瓦房屋面积、木结构房屋面积、家具使用量、电力消费量、薪柴消费量、煤炭消费量、天然气消费量等因子,其中,薪柴消耗量由实测得出,每月定期对每个农户的薪柴消耗量进行监测。“交通”中包括私家车、公共汽车、火车、飞机等交通工具的使用量,“物品”中包括衣物、日常用具、纸张、药品等类别,“服务”中包括通讯、医疗、保险、旅游等类别,“废物排放”中包括纸张、塑料、金属、玻璃等废弃物的排放量。

调查于2006年3月和2008年4月进行,分别调查了2005年和2007年120个农户在以上6个大类别中的使用量或者排放量。

2.2 生态足迹计算方法

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物而需要的生态生产性土地的面积综合^[20]。在计算中,不同的资源和能源消费类型均被折算为化石能源用地、耕地、草地、林地、建筑用地和水域6种生态生产性土地类型。由于6类土地面积的生态生产力不同,因此将计算得到的各类土地面积乘以各自的均衡因子。计算公式如下

$$EF = \frac{P}{Y_N} \cdot YF \cdot EQF$$

式中, EF 为某一单位的生态足迹, P 为某一产品的产量或废物的排放量; Y_N 为 P 的在某一国家的平均产量(national average yield), YF 和 EQF 分别为某种生态生产性土地的产量因子(yield factor)和均衡因子(equivalence factor)。

3 结果与分析

2005年农户的人均生态足迹见表1。

由表1可以看出,2005年,120户农户家庭的人均生态足迹为 2.7346 hm^2 。其中,农户在“食品”方面产生的生态足迹最大,达 1.3184 hm^2 ,占总生态足迹的48.21%,其次为“住宅”,占总生态足迹的47.51%。

通过分析表1,发现农户对林地和草地的生态占用最大,分别占总生态足迹的44.93%和32.47%。其次为耕地,占总生态足迹的14.59%。农户占用其他几类生态生产性土地比例较小,其总和仅占总生态足迹的8.01%。农户的食品类支出和住宅类支出分别占草地和林地生态占用的绝大部分。

2007年农户的人均生态足迹见表2。

由表 2 可以看出,农户 2007 年的人均生态足迹变为 1.6325 hm^2 , 仅为 2005 年的 59.7%。在 6 种生态生产性土地中,农户占用最多的仍然是林地(33.64%),其次为耕地(32.16%)、草地(12.95%)、化石能源用地(11.22%),建筑用地和水域占据的比例仍然较小。除“食品”和“住宅”两项的生态足迹下降之外,其他方面的生态足迹均有所上升,但是由于“食品”和“住宅”生态足迹下降幅度明显,分别为 2005 年的 63.09% 和 49.86% (图 2),且这两项在总帐户中所占比重仍然十分巨大,分别为 50.95% 和 39.68%,因此农户人均生态足迹仍呈下降趋势。

表 1 2005 年农户人均生态足迹分解表

Table 1 Ecological footprint per capita in 2005

因子 Factor	化石能源 用地 Fossil energy land (m^2)	耕地 Arable land (m^2)	草地 Pasture (m^2)	林地 Forest (m^2)	建筑用地 Build-up land (m^2)	水域 Sea (m^2)	小计 Total (m^2)	百分比 Percentage (%)
食品 Food	110	3 880	8 676	112	0	407	13 184	48.21
住宅 Housing	688	0	0	12,136	167	0	12 991	47.51
交通 Transportation	167	0	0	0	47	0	215	0.78
物品 Goods	352	109	204	19	21	0	705	2.58
服务 Services	60	0	0	0	7	0	66	0.24
废物 Waste	156	0	0	19	9	0	184	0.67
小计 Total	1 533	3 989	8 880	12 287	251	407	27 346	100.00
百分比 Percentage (%)	5.61	14.59	32.47	44.93	0.92	1.49	100.00	

表 2 2007 年农户人均生态足迹分解表

Table 2 Ecological footprint per capita in 2007

因子 Factor	化石能源 用地 Fossil energy land (m^2)	耕地 Arable land (m^2)	草地 Pasture (m^2)	林地 Forest (m^2)	建筑用地 Build-up land (m^2)	水域 Sea (m^2)	小计 Total (m^2)	百分比 Percentage (%)
食品 Food	104	5 111	1 711	112	0	1 281	8 318	50.95
住宅 Housing	886	0	0	5 343	248	0	6 477	39.68
交通 Transportation	216	0	0	0	64	0	280	1.71
物品 Goods	351	140	404	18	22	0	935	5.72
服务 Services	70	0	0	0	8	0	78	0.48
废物 Waste	206	0	0	18	13	0	237	1.45
小计 Total	1 832	5 251	2 114	5 491	356	1 281	16 325	100.00
百分比 Percentage (%)	11.22	32.16	12.95	33.64	2.18	7.85	100.00	

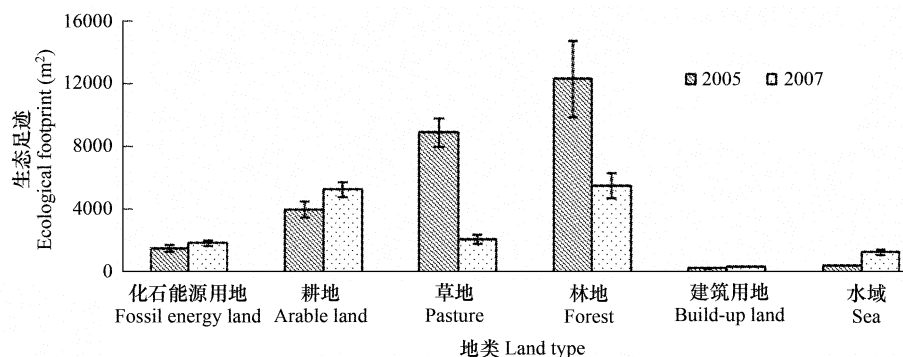


图 2 2005 年和 2007 年不同生态生产性土地上的农户人均生态足迹

Fig. 2 The farmers' annual ecological footprint per capita on different biologically productive area in 2006 and 2008

农户“住宅”生态足迹占用的减少是由于家庭薪柴消耗量的急剧下降(图 3)。2005 年农户的薪柴消耗量

为 6920 公斤/(户·年),2007 年为 1570 公斤/(户·年),仅为 2005 年的 22.69%。

4 讨论

通过分析个体产生的生态足迹,人们可以了解各自对全球环境危机的“贡献度”,从而找到可持续性更强的生活方式^[29]。虽然目前对该方法还有一些争论^[30],但是它的确提供了一种方法,通过这种方法可以定量地计算出人们对大自然的“消费”,和大自然支撑这些“消费”所需要的相应类别的土地。

“生态系统综合管理项目”帮助农户进行能源替代,并且引导农民改变生产模式。实践证明,该项目充分利用了外部资源,以生态补偿的形式,在提高农户生活水平同时,减少了他们对周边森林生态系统的压力。

生态补偿作为一种经济手段,是经济利益的重新分配,涉及到众多主体的利益调整,因此在生态补偿机制确定过程中,需要有不同的利益相关方的参与,尤其是弱势群体的参与^[31]。该项目充分考虑了弱势群体——贫困农户的生计问题和对环境的依赖作用,以及他们生存和发展的权利,因此达到了社会-环境-经济的协调发展。

生态补偿有直接补偿和间接补偿两种形式^[32]。该项目中的能源替代部分为直接补偿,因为农户没有建造沼气池、节柴灶的经济能力,必须有来自于外部的资助,农户才能实现新能源的使用。该项目中的生计替代部分可以看作是间接补偿,希望农户在今后较长一段时期内对本地资源进行可持续利用,同时提高家庭收入,摆脱贫困。

研究中发现,农户普遍有放养肉牛的习惯,占用大量的草地资源,农户改变养殖模式之后他们对草地资源的占用大幅度降低。农户的“住宅”生态足迹支出主要由林地构成,这是由于当地农户主要的能源为薪柴,简陋的炊事和取暖设备燃烧效率极低,浪费了大量薪柴资源,本研究表明要降低农户在“住宅”方面的生态足迹,必须改变农户的能源消费结构,提高农户的能源利用效率。

值得注意的是虽然农户的草地和林地生态占用大为减少,但是对其他土地类别的生态占用却呈现出增加的趋势。调查中发现,农户 2007 年收入比 2005 年均有一定程度的提高,家庭生活条件也随之改善,外出次数和活动范围都呈现出增加趋势,同时也产生了更多的生活垃圾。因此,2007 年农户在交通、物品、服务、以及废物等方面的生态足迹占用比 2005 年有所提高。这一现象印证了生态足迹中的一个悖论:人们生活水平的提高往往伴随着生态足迹的提高,加大了对环境的压力。但是在本项研究中由于农户对草地和林地的生态占用比例最大,而这两项又大幅度降低,因此即使部分消费项目上所占用的生态足迹有所增加,但农户的生态足迹总体水平降低。

沼气的使用不仅减少了农户的薪柴消耗量,同时对牲畜粪便进行了再利用,将粪便发酵产生的甲烷气体变为了热能、二氧化碳和水。甲烷的温室效应是二氧化碳的 23 倍^[33]。虽然甲烷燃烧产物包括二氧化碳,但是沼气的使用大大降低了牲畜粪便的温室效应。由于薪柴砍伐的减少,存量森林资源得到了保护,而这部分森林资源的碳汇效应也对减少农户的“碳足迹”具有相当的贡献。研究中还发现,由于薪柴需求降低,农户进入林区进行薪柴采集的范围和频度都大幅度降低。在 4~10 月份沼气可以完全解决农户的炊事需要,即此时段农户的薪柴消耗趋近于零。11 月至翌年 3 月温度较低,沼气产量较小,满足不了炊事需要,但是多功能取暖炉的使用使农户在取暖的同时完成了炊事工作,而且取暖炉提高了薪柴的燃烧效率,从而大幅降低了冬季的薪柴消耗量。

以往研究表明,人类活动,尤其是砍柴和放牧,是导致大熊猫栖息地破碎化的主要因素之一^[34,35]。本项

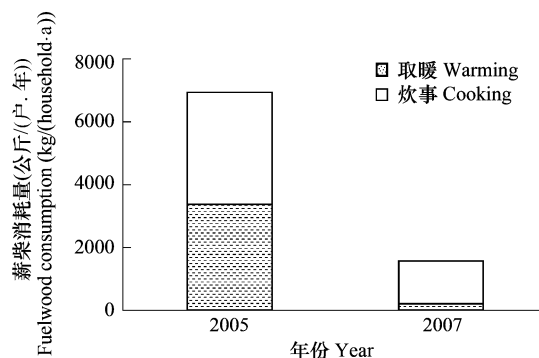


图3 2005年、2007年农户家庭薪柴消耗量

Fig.3 The household annual fuelwood consumption in 2005 and 2007

研究中所涉及到了农户均居住在大熊猫栖息地周边,薪柴消耗的减少使他们对当地森林资源的依赖大为降低,他们进入林区采集的次数和范围都呈下降趋势;由于改变了以往养殖牲畜的方式,由散养改为圈养,林区中的放牧活动也大为减少。这些人类活动的变化将会对大熊猫的活动产生积极影响。

References:

- [1] Ceballos G, Ehrlich P R. Mammal population losses and the extinction crisis. *Science*, 2002, 296: 904—907.
- [2] Forman R T T. *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995
- [3] O'Brien S J, Pan W, Lü Z. Pandas, people, and policy. *Nature*, 1994, 369: 179—180.
- [4] Pan W. New hope for China's giant pandas. *National Geographic*, 1995, 187(2): 100—115.
- [5] Loucks C J, Lü Z, Dinerstein E, Wang H, Olson D M, Zhu C, Wang D. Giant panda in a changing landscape. *Science*, 2001, 294: 1456.
- [6] Lü Z. Newborn panda in the wild. *National Geographic*, 1993, 183(2): 60—65.
- [7] Yan X, Deng X, Zhang H, Lam M, Ellis S, Wildt D, Miller P, Seal U S. Giant panda conservation assessment and research techniques: workshop final report. World Conservation Union/Species Survival Commission, Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley. Minnesota, 2000.
- [8] Shen G Z, Feng C Y, Xie Z Q. *et al.* Proposed Conservation Landscape for Giant Pandas in the Minshan Mountains, China. *Conservation Biology*, 2008, 22(5): 1144—1153
- [9] Loucks C J, Lü Z, Dinerstein E, Wang D, Olson D, Wang H. The giant pandas of the Qingling Mountains, China: a case study in designing conservation landscapes for elevational migrants. *Conservation Biology*, 2003, 17, 558—565.
- [10] Xu W H, Ouyang Z Y, Vina A, Zheng H, Liu J G, Xiao Y. Designing a conservation plan for protecting the habitat for giant pandas in the Qionglai mountain range, China. *Diversity and Distributions*, 2006, 12: 610—619.
- [11] Andre s V A, Scott B, Chen X D, *et al.* Temporal changes in giant panda habitat connectivity across boundaries of Wolong Nature Reserve, China. *Ecological Applications*, 2007, 17(4): 1019—1030.
- [12] An L, Liu J G, Ouyang Z Y, Linderman M, *et al.* Simulating demographic and socioeconomic processes on household level and implications for giant panda habitats. *Ecological Modeling*, 2001, 140: 31—49.
- [13] An L, Lupi F, Liu J G, Linderman M A. Modeling the choice to switch from fuelwood to electricity. Implications for giant panda habitat conservation. *Ecological Economics*, 2002, 42: 445—457.
- [14] Lu Y H, Fu B J, Chen L D, *et al.* The effectiveness of incentives in protected area management: An empirical analysis. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 2006, 13: 409—417.
- [15] Hardner J, Rice R. Rethinking green consumerism. *Scientific American*, 2002, 286(5): 89—95.
- [16] Neisten E, Rice R. Sustainable forest management and conservation incentive agreements. *International Forestry Review*, 2004, 6: 56—60.
- [17] Scherr S, White A, Khare A. Tropical forest provide the planet with many valuable services. Are beneficiaries prepared to pay for them? ITTO Tropical Forest Update, 2004, 14(2): 11—14.
- [18] Ferraro P, Kiss A. Direct payments to conserve biodiversity. *Science*, 2002, 298(29): 1718—1719.
- [19] Stefano P, Agustin A, Gunars P. Can payments for environmental services help reduce poverty—an exploration of the issues and the evidence to date from Latin America. *World Development*, 2005, 33(2): 237—253.
- [20] Wackernagel M, Rees W E. *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, British Columbia, Canada, 1996.
- [21] Brenda R. Ecological footprint analysis: an Irish rural study. *Irish Geography*, 2004, 37(2): 223—235.
- [22] Lewan L, Simmons C. The use of ecological footprint and biocapacity analysis as sustainability indicators for sub-national geographical areas: a recommended way forward. *Ambiente Italia*, Italy, 2001.
- [23] World Wide Fund, *Living Planet Report 2002*. Gland, Switzerland: Worldwide Fund for Nature International, 2002.
- [24] Weidmann T, Minx J, Barrett J, *et al.* Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis. *Ecological Economics*, 2006, 56: 28—48.
- [25] Liu Z J, Zhang W X, Jia L P. Ecological footprint studies on sustainable development of Sichuan Province. *Chinese Journal of Eco-agriculture*, 2007, 15(2): 155—159.
- [26] Zhao H X, Jia L G. Ecological footprint of urban residents' living consumption in Jinan City. *Chinese Journal of Ecology*, 2004, 23(6): 178—181.
- [27] Chen D J, Xu Z M, Cheng G D, *et al.* Ecological Footprint in Northwest China. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2001, 23(2): 164—169.

- [28] Zhang C G, Fang C L. Driving mechanism analysis of ecological-economic-social capacity interactions in oasis systems of arid lands. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(2): 181—187.
- [29] Rees W. A Blot on the Land. *Nature*, 2003, 421(2), 898.
- [30] Nathan Fiala. Measuring sustainability: Why the ecological footprint is bad economics and bad environmental science. *Ecological Economics*, 2008, 67:519—525.
- [31] Li F, Chen H F. Analysis on social-economic impact of forest eco-compensation mechanism in Hainan Province. *China Population, Resources and Environment*, 2007, 17(6): 113—118.
- [32] Ferraro P. Global habitat protection: limitations of development interventions and a role for conservation performance payments. *Conservation Biology*, 2001, 15: 990—1000.
- [33] Subak S. Methane embodied in the international trade of commodities. *Global Environmental Change*, 1995, 5: 433—436.
- [34] Liu J G, Marc L, Ouyang Z Y, *et al.* Ecological degradation in protected areas: the case of Wolong Nature Reserve for giant panda. *Science*, 2001, 292: 5514.
- [35] Liu X H, Albertus G T, Andrew K S, *et al.* Giant panda habitat selection in Foping Nature Reserve, China. *Journal of Wildlife Management*, 2005, 69 (4): 1623—1632.

参考文献:

- [25] 刘自娟,张文秀,贾林平,四川省可持续发展的生态足迹研究. *中国生态农业学报*, 2007, 15(2): 155~159.
- [26] 赵慧霞,姜鲁光. 济南市城市居民生活消费的生态足迹. *生态学杂志*, 2004, 23(6): 178~181.
- [27] 陈东景,徐中民,程国栋,等. 中国西北地区的生态足迹. *冰川冻土*, 2001, 23(2): 164~169.
- [28] 张传国,方创琳. 干旱区绿洲系统生态-生产-生活承载力相互作用的驱动机制分析. *自然资源学报*, 2002, 17(2): 181~187.
- [31] 李芬,陈红枫. 海南省森林生态补偿机制的社会经济影响分析. *中国人口·资源与环境*, 2007, 17(6): 113~118.