

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 2 期
Vol.31 No.2
2011



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 31 卷 第 2 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目 次

长白山山杨种群的性比格局及其空间分布	潘春芳,赵秀海,夏富才,等 (297)
冬季融冻过程中白三叶叶片抗氧化酶活力和渗透调节物含量变化与抗冻性的关系	赵 梅,周瑞莲,刘建芳,等 (306)
黄土高原主要森林类型自然性的灰色关联度分析	王乃江,刘增文,徐 钊,等 (316)
两种抗生素对龙须菜的光合生理效应	简建波,邹定辉,刘文华,等 (326)
典型喀斯特峰丛洼地植被群落凋落物 C:N:P 生态化学计量特征	潘复静,张 伟,王克林,等 (335)
塔里木河下游地下水埋深对胡杨气体交换和叶绿素荧光的影响	陈亚鹏,陈亚宁,徐长春,等 (344)
基于 MODIS/NDVI 的陕北地区植被动态监测与评价	宋富强,邢开雄,刘 阳,等 (354)
火因子对荒漠化草原草本层片植物群落组成的影响	贺郝钰,苏洁琼,黄 磊,等 (364)
4 种阔叶幼苗对 PEG 模拟干旱的生理响应	冯慧芳,薛 立,任向荣,等 (371)
城市带状绿地宽度与温湿效益的关系	朱春阳,李树华,纪 鹏,等 (383)
西藏斧钺水鸟多样性及斑头雁繁殖活动区的变化	张国钢,刘冬平,钱法文,等 (395)
王朗自然保护区大熊猫生境选择	康东伟,康 文,谭留夷,等 (401)
东方田鼠警觉对其功能反应的作用格局	陶双伦,杨锡福,邓凯东,等 (410)
台州市路桥区重金属污染对土壤动物群落结构的影响	白 义,施时迪,齐 鑫,等 (421)
青岛湾小型底栖生物周年数量分布与沉积环境	杜永芬,徐奎栋,类彦立,等 (431)
叉尾斗鱼种群遗传变异与亲缘地理	王培欣,白俊杰,胡隐昌,等 (441)
C ₃ 和 C ₄ 植物寄主对华北地区棉铃虫越冬代和第一代的影响	叶乐夫,付 雪,戈 峰 (449)
3 种海拔高度茶园中 2 种害虫与其天敌间的数量和空间关系	毕守东,柯胜兵,徐劲峰,等 (455)
坝上地区农田和恢复生境地地表甲虫多样性	刘云慧,宇振荣,王长柳,等 (465)
若尔盖高寒湿地干湿土壤条件下微生物群落结构特征	牛 佳,周小奇,蒋 娜,等 (474)
红枣贮藏期果面微生物多样性	沙月霞 (483)
CO ₂ 和温度升高情况下白粉菌侵染对西葫芦生长特性的影响	刘俊稚,葛亚明,Pugliese Massimo,等 (491)
丛枝菌根真菌对中性紫色土土壤团聚体特征的影响	彭思利,申 鸿,袁俊吉,等 (498)
新疆断裂带泉水中细菌群落结构的 PCR-DGGE 分析	吴江超,高小其,曾 军,等 (506)
石油污染对海洋浮游植物群落生长的影响	黄逸君,陈全震,曾江宁,等 (513)
不同耐性水稻幼苗根系对镉胁迫的形态及生理响应	何俊瑜,任艳芳,王阳阳,等 (522)
基于 CLUE-S 模型的密云县面源污染控制景观安全格局分析	潘 影,刘云慧,王 静,等 (529)
基于生态足迹的生态地租分析	龙开胜,陈利根,赵亚莉 (538)
深圳市植被受损分级评价及其与景观可达性的关系	刘语凡,陈 雪,李贵才,等 (547)
专论与综述	
美国、加拿大环境和健康风险管理方法	贺桂珍,吕永龙 (556)
植物蜡质及其与环境的关系	李婧婧,黄俊华,谢树成 (565)
油田硫酸盐还原菌酸化腐蚀机制及防治研究进展	庄 文,初立业,邵宏波 (575)
叶际微生物研究进展	潘建刚,呼 庆,齐鸿雁,等 (583)

基于生态足迹的生态地租分析

龙开胜, 陈利根, 赵亚莉

(南京农业大学公共管理学院, 南京 210095)

摘要:以李嘉图地租理论和生态足迹为基础,分析了生态地租的内涵,并运用相关测算方法以中国数据为例进行实证,计算了生态地租的数量。在一定时段内,由于土地的稀缺特性以及技术进步的有限性,土地生物承载力有一定的限度。为了能够获取超过土地生物承载力的产出,必然需要更多的生产要素投入,这相当于为消除生态赤字而增加的成本,相应地会导致边际产品产出价格增加。但保持在土地生物承载力范围内的产出,其产出成本中可以避免为消除生态赤字而增加的投入,从而能够获取超额利润,即性质上属于李嘉图租的生态地租。构建生态足迹与各产业的对应关系,将投入产出模型运用于生态地租的测算,计算出2007年中国单位经济产出的生态地租量为0.082,生态地租总额为 $7\,258\,711 \times 10^6$ 元,相当于当年经济总产出增加值的27.3%。在不同行业中,农林牧渔业单位产出的生态地租量最高,电、热及水生产和供应业次之,但工矿业能够获取的生态地租总量最大。研究表明消除生态赤字的两条可行途径为,要么将最终总需求保持与生物承载力一致的水平,如果要使经济产出水平与生物承载力保持一致,那么需要减少60.7%的最终需求;要么征收与生态地租等值的生态税,征收的生态税应该用于治理生态环境,以维持土地生物性生产能力的稳定。因此,如果充分考虑生态地租的影响,将导致社会产品价格的上涨,意味着人类生活成本大为增加,但这却是为维持生态平衡必须支付的代价。

关键词:生态地租;生态足迹;生物承载力;李嘉图租

Analysis on ecological land rent based on ecological footprint

LONG Kaisheng, CHEN Ligen, ZHAO Yali

College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Abstract: On the basis of theory of Ricardian Rents and ecological footprint, connotation of ecological land rent is analyzed in this article, and empirical study with China data is made with related estimation method to calculate the amount of ecological land rent. In a certain period, the ecological bio-capacity of land resource is limited because land resource is of scarcity and the technical progress is also finite. In order to obtain products and services from land resource over its bio-capacity, more inputs are necessary, which is equivalent to increasing the cost to eliminate ecological deficit, and correspondingly result in price increasing of a marginal product. Therefore the output on the basis of land bio-capacity can avoid the cost of eliminating ecological deficit and get super benefit, that is, ecological land rent similar to Ricardian rents. Then, corresponding relation between ecological footprint and every industry is made, and the model of input and output is applied to measure the amount of ecological land rent, the result shows that amount of ecological land rent per unit economy output in China of Year 2007 is 0.082, and the total number of economical land rent is 7 258 711 million RMB yuan, which is 27.3% of added value of the whole year's total output. In different industries, agriculture, forestry, animal husbandry and fishery have achieved the greatest amount of ecological land rent per unit economy output, and the corresponding number of production and supply of electric power, heat power and water are close behind. What is worth to mention is that mining, quarrying and manufacturing industries have access to get the largest total number of ecological land rent, which is much more than agriculture, forestry, animal husbandry and fishery and any other industry. The research shows that there are two accessible ways to eliminate the ecological deficit. The first way is to keep the final consumption demand level

基金项目:国家自然科学基金项目(4100138)

收稿日期:2009-11-27; 修订日期:2010-09-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: longkaisheng@njau.edu.cn

within the bio-capacity of land resource. In this case, China has to cut off 60.7% of the current final consumption demand. The other way is to take ecological taxation which is equal to the ecological land rent in quantity. The ecological tax should be used to protect and governance the ecological environment, and then to maintain the stability of the land biological productivity. So, if fully accounting the impact of ecological land rent to human and environment, the social product price would increased correspondingly, which means the cost of human life increased considerably, but it's the necessary cost must be paid for maintaining the ecological balance.

Key Words: ecological land rent; ecological footprint; bio-capacity; Ricardian rents

生态足迹是测度资源可持续性的重要指标,在我国已经得到广泛应用^[1-3]。但生态足迹也存在诸如忽略了技术进步、土地退化等因素作用的缺陷,受到一定程度的质疑^[4-6]。目前,生态足迹相关理论方法正不断改进^[1,7-13]。不过,生态足迹与生物承载力的对比仍然只是反映资源稀缺的瞬时状态,并不反映资源稀缺所导致的经济产出和消费的价值变化,也不反映谁从资源稀缺中获取了收益,谁会遭受潜在损失。与生态足迹相联系的自然资源的过度利用,以及由此导致的环境质量恶化却能影响社会产出的价格,产生属于经济地租性质的生态地租^[14],能够合理地表征相关经济主体的收益和损失情况。并且,生态资源是确保生态平衡得以维持的自然物体、因素和现象的综合体,由此产生的生态地租,进一步表征了生态资源开发的国民经济效果^[15]。当前,大量研究对生态地租的来源、计量、分配等一系列问题进行了分析^[14-19]。因此,本研究在已有成果基础上^[14-19],通过生态足迹与地租的结合,借助地租概念来衡量稀缺性生态资源利用所带来的产出价值变化,并运用数学模型进行具体测算,从而考察当前社会快速发展过程中国民经济以及消费者所能获取的额外收益或者遭受的潜在损失,为寻求解决满足人类日益增长的物质消费需求的途径提供可靠依据。

1 生态地租的内涵与测算方法

1.1 生态地租的内涵

在资源配置理论中,地租广义上可以泛指使用任何生产要素所得的超额利润。其实简单地讲,租就是经济利益。在自然资源利用、管理以及生态保护等甚为广泛的领域,自然资源的利用能够产生租金^[19],这已经受到相关研究的重视。大卫·李嘉图将劳动时间决定价值量的原理运用于地租理论,创立了差额地租学说^[20]。在他看来,由于土地的特性,农产品的价值是耕种劣等土地的生产条件(即最大的劳动耗费量)决定的,优中等地的产品在价格上具有优势,从而能够获取超额利润,即地租。实际上,李嘉图把地租看成是对农产品需求的增长需不断耕种愈来愈劣的土地的结果,亦即优中等土地的个别生产价格与劣等土地生产价格所决定的一般生产价格之间的差额。由此可见,任何稀缺性资源供给程度的差异都可能带来超额利润,即租金。在后来的研究中,把这种源于有价要素固有的供应紧张状况而产生的经济租金称为“李嘉图租”,也称为“稀缺性租金”^[21]。而近期明确提出生态地租概念的研究中,Yu. V. Yakovets 认为,在自然经济和自然管理领域,应用更加有效率(与当时普遍的效率水平相比较)的设备、技术和生产组织模式等等而产生的超额利润就是生态地租,这一形式的地租类似于更加有效率地利用自然资源而产生的级差地租Ⅱ,但其作用领域却更为广泛^[16]。E. V. Tsvetnov 等进一步把生态地租分为生态地租Ⅰ和生态地租Ⅱ,生态地租Ⅰ是由于自然界物体的生态(或生态系统)服务(如土壤和植物吸收二氧化碳、土壤对有机污染的分解等等)而获取的超额利润;生态地租Ⅱ则是利用更加有效率的技术、生产手段等获取的超额利润^[17]。由此可见,生态地租表征了自然资源保护和有效利用的新方向,是一个新的经济范畴^[18]。

李嘉图租产生的逻辑及相关研究成果为从生态足迹出发考察生态地租提供了条件。首先明确,生态足迹是用来度量满足一定人口需求的,具有生物生产力的土地和水域的面积;而生物承载力是某地区或国家的可用的具有生物生产力的土地或者水域^[22],生态足迹超过生物承载力的部分即为生态赤字。实际上,在一定的时段内,由于土地的稀缺特性以及技术进步的有限性,生物生产性产出总是有限的,也就是说土地的生物承载力有一定的限度。但随着人口增长以及消费水平提高,人们对生物生产力土地和吸纳生活废物的土地的需求

却越来越多,生态足迹日益增加,生态赤字因此越来越严重。为了能够获取超过土地生物承载力的产出,必然需要更多的土地、劳动、资本和技术等要素投入,这相当于为消除生态赤字而增加的成本,相应地会导致边际产品产出价格增加。而保持在土地生物承载力范围内的产出,其产出成本中可以避免为消除生态赤字而增加的投入,产出价格相应地低于边际产出价格。根据李嘉图租产生的逻辑,决定社会产品价格的是边际产出的价格,那么为消除生态赤字而导致的增加,将给保持在生物承载力范围内的产出带来超额利润,即地租。由于这一地租是以土地的稀缺性和生态特性为基础产生的,因此称为生态地租。图1进一步反映了生态地租的形成过程。

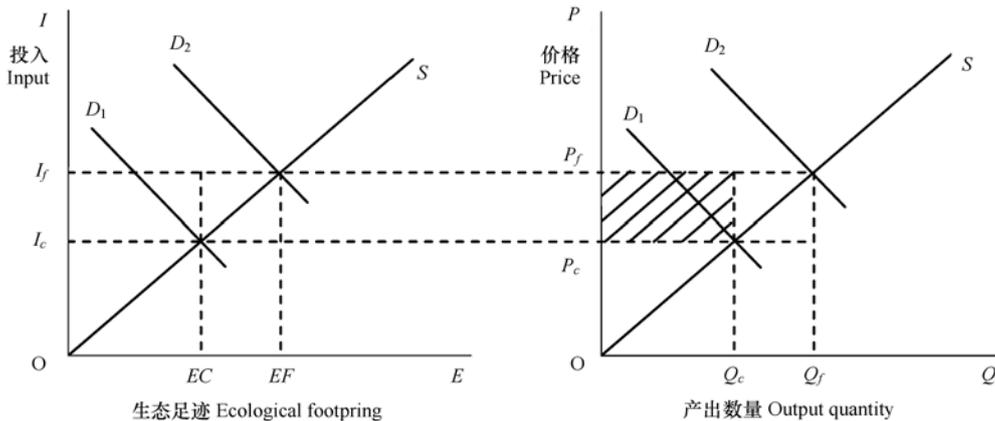


图1 生态地租形成

Fig.1 The formation of ecological land rent

图1中, D_1 、 D_2 表示土地需求, S 表示土地供给,它们的交点即为满足人类需求所需要的土地数量。 EC 表示土地的生物承载力, EF 表示生态足迹,它们对应的投入分别为 I_c 、 I_f , $I_f > I_c$ 。由此可见,从 EC 到 EF 之间距离表征的是生态赤字,并且这部分产出的边际成本要高于生物承载力下的成本。假定 EC 、 EF 分别对应的经济产出数量为 Q_c 、 Q_f ,相应的产出价格为 P_c 、 P_f ,这就建立了生态足迹与生态租之间的联系,即不存在生态赤字时,不需要边际土地的投入,此时不存在生态地租;而一旦存在生态赤字,边际土地就会投入使用,生物承载力下的土地产出就包含了租的成分,图中阴影部分即为生态地租的构成。这一形式的租实际上是土地供给的稀缺性导致且与生态足迹相联系,它由存在生态赤字时经济产出的边际价格与保持在生物承载力范围内的产出的价格决定,本质上仍然属于李嘉图租。

1.2 基于生态足迹的生态地租测算方法

根据上文的分析,只要求出图1阴影部分的面积即为生态地租的数量,问题的关键在于建立生态足迹与产出价格之间的数学等式。这里的测算方法沿用了Kurt Kratena对生态地租的分析思路和计量过程^[14],当然在具体操作上有所改进。

第一步,建立生态足迹与经济产出之间的关系。图1中,由于生态足迹所对应的产出实际上是不同产业产出的加总,生态地租的测算需要在不同类型产业细分的基础上进行。根据投入产出模型,将社会最终总需求记为 f ,社会经济总产出记为 Q_f ,则有:

$$Q_f = (I - A)^{-1} \times f \quad (1)$$

式(1)中, A 为直接消耗系数矩阵,各系数记为 a_{ij} ,行(i)、列(j)数与产业类型数相等, I 为单位矩阵, $(I - A)^{-1}$ 为列昂惕夫逆矩阵(Leontief inverse matrix)。

根据Thomas Wiedmann等的研究^[23],假定生态足迹是与各产业生产及消费联系在一起的,生态足迹总量(EF)可以表示为各产业经济产出(Q_f)及与之相对应的生态足迹系数(ef)的方程:

$$EF = ef \times Q_f = ef \times (I - A)^{-1} f \quad (2)$$

式(2)中, ef 为对角矩阵, EF 为列矩阵。类似地,如果社会经济产出保持在生物承载力范围之内, f' 为此时的社会总需求,则有:

$$EC = ef \times Q_c = ef(I - A)^{-1}f' \quad (3)$$

将 $(ef)^{-1}$ 记为元素 $(1/ef_j)$ 重新组成的对角矩阵,由式(3)可进一步推导出:

$$Q_c = (ef)^{-1} \times EC = (I - A)^{-1}f' \quad (4)$$

$$f' = (I - A)Q_c = (I - A)(ef)^{-1}EC \quad (5)$$

第2步^[14],将社会经济总产出和总需求划分为与土地生物承载力和生态赤字分别相对应的两大部类。经济产出划分中,第一部类为保持在生物承载力范围(EC)之内的产出,即 O 到 Q_c 部分,记为 Q_c ;另一部类为超过生物承载力的产出,也就是对应于生态赤字部分的产出,即 Q_c 到 Q_f 部分,记为 Q_k ,则有:

$$Q_f = Q_c + Q_k \quad (6)$$

与社会经济产出两大部类的划分原理相同,社会最终需求也可以表示为两大部类,第一部类为保持在生物承载力范围内的最终需求,即式(5)中的 f' ;另一部类则与生态赤字相对应,记为 f^* 。在一定的时期之内,人类对社会物质的需求是相对稳定的,因此社会最终总需求 f 可视为已知,则有:

$$f^* = f - f' = f - (I - A)Q_c = f - (I - A)(ef)^{-1}EC \quad (7)$$

按照生态地租理论分析的结果,与生态赤字相对应的社会经济产出部分需要更多的土地、劳动等各种要素投入,设 A^* 为此时的直接消耗系数矩阵,结合式(7)有:

$$Q_k = (I - A^*)^{-1}f^* \quad (8)$$

其中, A^* 的构成元素 a_{ij}^* 由下式定义:

$$a_{ij}^* = a_{ij} + a_{iF}(ef_i - EC_j/Q_{fj}) \quad (9)$$

$(ef_j - EC_j/Q_{fj})$ 表示的是某一产业单位产出的生态赤字。式(9)表明,为保证获取超过土地生物承载力的产出,需要通过某一经济活动 F 的投入来实现, a_{iF} 就是为使单位土地能够产生超过生物承载力的产出而必须支付的代价。

将式(4)和式(8)代入式(6),得到:

$$Q_f = (I - A)^{-1}f' + (I - A^*)^{-1}f^* \quad (10)$$

更进一步地,如果将各产业与生态赤字相对应的经济产出占总产出的比例定义为 ξ ,并且将由元素 ξ 组成的对角矩阵记为 K ,则有:

$$K \times Q_f = (I - A^*)^{-1}f^* \quad (11)$$

式(11)表明了图1中从 Q_c 到 Q_f 部分产出占总产出的比例关系,从而为计算生态地租(即图1中阴影部分面积)奠定了基础。

第3步^[14],确定产出价格变化,计算生态地租总量。式(1)至式(11)已经建立了生态足迹与经济产出之间的联系,并且涉及了经济租金的因素,即为保证获取超过土地生物承载力的产出而进行的经济活动的投入增加,最终会影响边际土地的产出价格。如果社会经济产出保持在生物承载力范围之内,设 V_c 为此时的价值附加系数, P_c 为单位产出的价格,则有:

$$P_c = V_c \times (I - A)^{-1} \quad (12)$$

但决定经济产出一般价格的却是最大投入量的价格,即与生态赤字相对应的经济产出的价格,设 V_f 为与生态赤字相对应的产出的价值附加系数; P_f 为此时单位产出的价格,有:

$$P_f = V_f \times (I - A^*)^{-1} \quad (13)$$

为简化模型,这里假定 V_f 相对于 V_c 的增加,仅仅为土地租金的增加,则有:

$$V_f = V_c + [(S/EC) \times (EF - EC) \times M]/Q_f \quad (14)$$

式(14)中, S 为土地面积, M 为单位土地租金, (S/EC) 表明了获取一单位的生物性产出所需要的土地数量,这一生物性产出相应地用于消除生态赤字, $(S/EC) \times (EF - EC)$ 则表明了消除全部生态赤字所需要的土

地数量。

因此,从式(1)到式(14)建立了生态足迹与产出价格之间的数学关系。结合图 1,单位产出的生态地租量(ρ)为:

$$\rho = V_f(I - A^*)^{-1} - V_f K(I - A^*)^{-1} - V_c K(I - K)(I - A)^{-1} \quad (15)$$

式(15)度量了单位产出包含的生态地租量,它实际上是以与生态赤字相对应的产出价格(即边际价格)计算的单位产出价值,减去超额部分的产出(即 Q_k) 份额的价值,然后再减去生物承载力范围内的产出(Q_c) 份额的价值。将单位产出的生态地租量与总产出相乘,即得到生态地租的总量(R):

$$R = \rho Q_f = [V_f(I - A^*)^{-1} - V_f K(I - A^*)^{-1} - V_c(I - K)(I - A^*)^{-1}] Q_f \quad (16)$$

由以上测算过程可知,生态地租总量 R 与图 1 中阴影部分的面积相等。

2 生态地租的实证分析

本部分将以我国为例对生态地租作实证研究。在具体测算前,根据《2007 年中国投入产出表》中的“基本流量表”^[24],将各产业产出划分为农林牧渔业,工矿业(指采掘业、制造业等),电、热及水生产和供应业,建筑业,运输邮电业和其他生产和生活服务业等 6 大类,并重新编制投入产出平衡表,由此可得最终总需求 f 和列昂惕夫逆矩阵 $(I - A)^{-1}$ 。生态足迹和生物承载力数据在不同的文献中差异较大^[25-28],选用比较困难。为避免数据来源不可靠以及数据修正会改变原有数据结构等不利后果,本文采用 2008 年我国环境与发展国际合作委员会和世界自然基金会发布的《中国生态足迹报告》数据^[22]。尽管其年份与投入产出数据年份不一致,但这些数据来源可靠、内容全面,基本上能表征当前我国生态足迹和生物承载力的现实情况。本研究暂没有考虑中国港澳台地区的情况。

2.1 生态足迹与生物承载力的分解

为构建生态足迹和生物承载力与各产业之间的联系,将生态足迹和生物承载力按照一定的规则划分到六大类产业。生态足迹的划分为:

农地、放牧地、森林、渔业空间生态足迹归于农林牧渔业。

二氧化碳生态足迹归于产生二氧化碳的各行业,具体按照 2007 年各行业以万吨标准煤统计的能源消费总量的比例划分^[29]。

核能生态足迹归于电、热及水生产和供应业。

已建土地生态足迹,按照 2007 年中国国土资源公报^[30]中工矿用地、水利设施用地、交通运输用地和城乡居民点用地的比例,分别归于工矿业,电、热及水生产和供应业,运输邮电业以及其他生产和生活服务业。

生物承载力的划分为:

农地、放牧地、渔业空间生物承载力归于农林牧渔业。

已建土地生物承载力的归类,与已建土地生态足迹分配办法完全一致。

森林生物承载力,这里假定森林主要用于吸收各行业产生的二氧化碳,将这一类生物承载力按照二氧化碳生态足迹分配完全一致的方法划入各行业。生态足迹与生物承载力在各行业的分解结果见表 1。

然后根据式(1)至式(4),计算出保持在生物承载力范围内的总产出(Q_c),结果见表 1。表 1 中生态足迹和生物承载力的单位为百万全球公顷(mill. ghm²),产出为百万元(10⁶元)。

由表 1 可知,总体上,我国生态足迹是生物承载力的两倍多,说明当前生态环境面临巨大压力。农林牧渔业的生态足迹最大,说明生物生产性土地和吸纳人类生活产生的废物的土地绝大部分是这一类;生态足迹数量次之的是工矿业,但这类土地的生物承载力较小,生态赤字最大。由表 1 还可知,如果将社会经济产出保持在土地的生物承载力范围之内,那么经济总产出会大量减少,平均减少幅度为 67.4%。特别是工矿业、建筑业等能耗较大的产业,产出减少更为严重,分别达到 76.6% 和 78.8%。

2.2 考虑生物承载力时的社会经济产出与需求

由于 Q_c 已经计算出,根据式(5),即可求出保持在生物承载力范围内的社会最终需求(f')。按照前文

的假定,要获取超过生态承载力的经济产出,需要更多投入,即为能使在边际土地上获取生物性产出而支出的代价。由于消除各产业生态赤字必须依靠农林牧渔用地对废物的吸收,据此将支付的代价取值为农林牧渔业单位生物承载力水平下各产业的投入数量,由式(9)得到投入增加以后的直接消耗系数矩阵 A^* 。然后根据式(6)、(7)、(8)和(10),计算出与生态赤字相对应的经济产出数量(Q_k)和最终总产出(Q_f)。并由式(11),可得到各产业与生态赤字相对应的经济产出占总产出的比例系数 ξ 。结果见表2。

表1 生态足迹和生物承载力与产业类型对应关系

Table 1 The relationship between ecological footprint and biocapacity to industries

产业类型 Industry types	生态足迹 Ecological foot /(mill. ghm ²)	生物承载力 Biocapacity /(mill. ghm ²)	生态赤字 Ecological deficit /(mill. ghm ²)	实际总产出 Actual output /($\times 10^6$ 元)	生物承载力产出 Biocapacity output /($\times 10^6$ 元)	相差百分比 Difference in /%
农林牧渔业 Agriculture, forestry, animal husbandry and fishery	1094.18	737.25	-356.93	4889300	3294372	-32.6
工矿业 Mining, quarrying and manufacturing	726.46	170.27	-556.19	48108601	11275661	-76.6
电、热及水生产和供应业 Production and supply of electric power, heat power and water	102.45	27.47	-74.98	3377310	905697	-73.2
建筑业 Construction	16.71	3.55	-13.17	6272174	1330461	-78.8
运输邮电业 Transportation, postal and telecommunication services	92.31	24.88	-67.43	3243087	874035	-73.0
其他生产和生活服务业 Other services	117.89	66.59	-51.30	15995425	9034419	-43.5
合计 Total	2150	1030	-1120	81885896	26714645	-67.4

表2 与生物承载力和生态赤字相对应的产出与需求

Table 2 The output and demand related to biocapacity and ecological deficit

产业类型 Industry types	最终总需求 Total final demand/ ($\times 10^6$ 元)	生物承载力 总需求 Biocapacity final demand /($\times 10^6$ 元)	相差百分比 Difference in/%	最终总产出 Total output /($\times 10^6$ 元)	生态赤字产出 Overshooting output /($\times 10^6$ 元)	超额产出 系数 ξ Coefficients
农林牧渔业 Agriculture, forestry, animal husbandry and fishery	1454903	2114757	45.4	6052526	2758153	0.46
工矿业 Mining, quarrying and manufacturing	9176225	633665	-93.1	52292193	41016533	0.78
电、热及水生产和供应业 Production and supply of electric power, heat power and water	184046	6809	-96.3	3709562	2803865	0.76
建筑业 Construction	6072178	1247341	-79.5	6281401	4950940	0.79
运输邮电业 Transportation, postal and telecommunication services	730964	65873	-91.0	3498870	2624835	0.75
其他生产和生活服务业 Other services	8986064	6383816	-29.0	16749918	7715500	0.46
合计 Total	26604381	10452261	-60.7	88584470	61869825	0.70

从表2可知,如果要使人类对生产生活产品的消费需求保持在土地生物承载力范围之内,除了农林牧渔业之外,其他产业的产品消费量将大为减少。而要消除经济赤字,途径之一是减少人们的最终消费需求,即减少60.7%的最终需求才能使经济产出水平保持在生物承载力之内。进一步看,按照边际土地的产出水平,最终总产出将比实际总产出增加约8.2%。并且由 ξ 组成的对角矩阵是测算生态地租的必要依据。

2.3 生态地租的最终测定

上面的计算已经将经济总产出分为与生物承载力和与生态赤字相对应的两大部分,现在要求出各产业

产出的单位价格。这里假定,与生物承载力相联系的产出的价值附加系数(V_c)为单位土地上劳动、资本以及固定资产的折旧等,也就是等于投入产出表中的增加值系数部分。那么与生态赤字相联系的产出部分的价值附加系数(V_f),则要增加租赁土地所支付的代价这一构成。支付代价的目的仍然是为了获取更多的土地进行生物性生产,这里遵循的是“强可持续性”的思路^[31]。依据上文消除各产业生态赤字必须依靠农林牧渔用地对废物的吸收的假设,租赁单位土地支付的代价取 2007 年 3 种粮食作物种植土地的租金额 1224.6 元/ hm^2 ^[32],按照式(14)得到投入增加后的价值附加系数(V_f)。由式(12)和(13)计算出价格 P_c 和 P_f ,由此得到边际土地决定的一般价格比生物承载力下的价格平均增长了约 23.8%,并且农林牧渔业和电、热及水生产和供应业等资源消耗较少的行业产出价格上升较高。然后再根据式(15)、(16)得到生态地租测算结果(表 3)。

表 3 生态地租量测算结果

Table 3 The estimation result of ecological land rent

产业类型 Industry types	价格变化 Price vary in/%	单位产出的生态地租量 Unit rent	生态地租总量 Total ecological rent/($\times 10^6$ 元)
农林牧渔业 Agriculture, forestry, animal husbandry and fishery	44.5	0.179	1085275
工矿业 Mining, quarrying and manufacturing	23.9	0.086	4514666
电、热及水生产和供应业 Production and supply of electric power, heat power and water	27.3	0.097	358252
建筑业 Construction	18.2	0.065	410956
运输邮电业 Transportation, postal and telecommunication services	20.8	0.074	259659
其他生产和生活服务业 Other services	10.1	0.038	629903
合计 Total	23.8	0.082	7258711

由表 3 可知,2007 年中国单位经济产出的生态地租量平均为 0.082,即产出水平保持在生物承载力范围内的企业,其 1 元的产出可以获得 0.082 元超额利润。同样,农林牧渔业和电、热及水生产和供应业等资源消耗较少的行业的单位产出的生态地租量较高;而其他产业由于其自身的生物性产出较少,因此需要支付更多的代价租用生物生产性土地以吸收二氧化碳等废物,其单位产出的生态地租量较低。并且,2007 年中国经济产出的生态租总额为 $7\,258\,711 \times 10^6$ 元,相当于当年总产出增加值的 27.3%。但由于工矿业总产出数量大,其能够获取的生态地租仍然最多。

3 结论与讨论

3.1 研究结论

本研究结合李嘉图的地租理论和生态足迹相关方法,对生态地租的内涵作了深入分析,并以中国数据进行实证研究,得出以下几点结论:

(1)按照李嘉图的地租理论,地租是优中等土地的个别生产价格与劣等土地生产价格所决定的一般生产价格之间的差额。与此类似,由于土地的稀缺特性和技术进步的有限性,土地生物承载力有一定的限度,为能够获取超过生物承载力的产出则需要更多的要素投入,这就使得为消除生态赤字而增加的投入所决定的一般生产价格,与保持在土地生物承载力范围内的个别生产价格存在一定的差额,从而产生生态地租。因此,本文所研究的生态地租性质上属于李嘉图租。同样,与地租原理中优、中、劣等土地分类相似,将生态足迹划分为生物承载力和生态赤字两大部类,则可以分析出不同部类生态足迹下社会经济产出的价格,从而为生态地租的测算奠定了基础。

(2)按照生态地租原理并结合投入产出模型,构建生态足迹与各产业的对应关系,并以中国为例,测算出 2007 年中国单位经济产出的平均生态地租量为 0.082,生态租总额为 $7\,258\,711 \times 10^6$ 元。在不同行业中,农林

牧渔业单位产出的生态地租量最高,电、热及水生产和供应业次之,而其他行业单位产出的生态地租量要低一些。这说明,农林牧渔业作为主要的生物生产性需求和人类消费需求的载体,其用地稀缺程度越来越高,因此地租增加较快。而工矿业产出数量大,尽管单位产出的生态地租量低于农林牧渔业,但总的生态地租量最多,意味着该行业通过农用地转用等途径获取了大量的生态地租。另外,如果在社会经济产出中计入生态地租,产品价格将平均上涨 23.8%,意味着人类生活成本大为增加,但这却是为维持生态平衡必须支付的代价。

(3)根据本研究对生态地租的计量结果,可以得出消除生态足迹的两条途径,一是减少人们的最终消费需求,将人们的物质消费和废物产生保持在生物承载力范围之内。如果要使经济产出水平与生物承载力保持一致,就要减少 60.7% 的最终需求。另一途径是向企业征收与生态地租等值的生态税,促使企业为获取超额利润而努力进行技术更新。征收的生态税则应该用于治理生态环境,以维持土地生物性生产能力的稳定,这相当于人类对生态环境的补偿。

3.2 讨论

尽管本研究得出了一些有益的结论,但仍有几点需要注意:

(1)本研究所指的生态地租,本质上是李嘉图租,将产出水平保持在土地生物承载力范围内的企业获取了这一形式的经济租金。但本文并没有按照马克思的地租理论来测算生态地租,也没有讨论这一租金的源泉,有待深入研究。

(2)本研究对生态足迹的分解并不考虑人们生活消费的需求,而只考虑了属于第三产业的生产和生活服务业的生态足迹,如果将生活消费的生态足迹考虑在内,本研究结果将会有所变动。

References:

- [1] Liu M, Hu Y M, Chang Y, Zhang W, Zhang W G. A modified ecological footprint approach and its application in regional sustainable development study. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(8): 1285-1290.
- [2] Chen C Z, Lin Z S, Liang R J. Analysis of ecological sustainability in China based on the ecological footprint method. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23(2): 230-236.
- [3] Cao S Y, Xie G D. Applying input-output analysis for calculation of ecological footprint of China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(4): 1499-1507.
- [4] Zhou W, Zeng Y Y. Some argument about the research method and application about ecological footprint. *Ecological Economy*, 2005, 11: 30-33.
- [5] Nathan F. Measuring sustainability: Why the ecological footprint is bad economics and bad environmental science. *Ecological Economics*, 2008, 67: 519-525.
- [6] Justin K, Mathis W. Answers to common questions in ecological footprint accounting. *Ecological Indicators*, 2009, 9: 812-817.
- [7] Hong X N, Ryoichi Y. Modification of ecological footprint evaluation method to include non-renewable resource consumption using thermodynamic approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 2007, 51: 870-884.
- [8] Malcolm J B, Max M. Considering the effects of imprecision and uncertainty in ecological footprint estimation: An approach in a fuzzy environment. *Ecological Economics*, 2008, 67: 373-383.
- [9] Hoekstra A Y. Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. *Ecological Economics*, 2009, 68: 1963-1974.
- [10] Wang S Y, Bian X M. A modified method of ecological footprint and its application. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(9): 1977-1981.
- [11] Liu M, Hu Y M, Chang Y, Zhang W G, Zhang W. Modification of ecological footprint assessment based on energy: a case study in the upper reach of Minjiang River. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23(3): 447-457.
- [12] Bai Y, Zeng H, Li G C, Gao Q H, Wei J B. National ecological footprint model based on macroscopical trade-correct method. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(9): 4827-4835.
- [13] 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.
- [14] Kurt K. From ecological footprint to ecological rent: An economic indicator for resource constraints. *Ecological Economics*, 2008, 64: 507-516.
- [15] Neverov A, Derevyago I. Methodological aspects of social-economic evaluation of the ecological resources. *Natural Resources*, 2002, 2: 58-68.

- [16] Yakovets Y V. Rent, Anti-Rent and Quasi-Rent in a Global-Civilizational Dimension. Moscow: Akademkniga, 2003.
- [17] Tsvetnov E V, Shcheglov A I, and Tsvetnova O B. Eco-economic approach to evaluation of agricultural lands polluted by chemicals and radionuclides. *Eurasian Soil Science*, 2009, 42(3):334-341.
- [18] Andrusevich P. The importance of ecological rent and anti-rent in the process of environmental improvements in land tenure. *Natural Resources*, 2007, 4:129-134.
- [19] Adrian M. How to make the clean development mechanism sustainable-the potential of rent extraction. *Energy Policy*, 2007, 35:3203-3212.
- [20] David R. On the Principles of Political Economy and Taxation//Zhou J, Translated. Beijing: Huaxia Press, 2005: 43-56.
- [21] Luo M. Research on Frontier Theory of Management Science. Chengdu: Southwestern University of Finance and Economics Press, 2006: 152-153.
- [22] CCICED and WWF. China Ecological Footprint Report, 2008:3-13.
- [23] Thomas W, Jan M, John B, Mathis W. Allocating ecological footprints to final consumption categories with input output analysis. *Ecological Economics*, 2006, 56:28-48.
- [24] Department of National Account, National Bureau of Statistics of China. Input-output tables of China 2007. Beijing: China Statistics Press, 2009.
- [25] Liu Y H, Peng X Z. Time series of ecological footprint in China between 1962—2001; Calculation and assessment of development sustainability. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(10):2257-2262.
- [26] Chen M, Zhang L J, Wang R S, Huai B G. Dynamics of ecological footprint of China from 1978 to 2003. *Resources Science*, 2005, 27(6):132-139.
- [27] Wu K Y, Wang L J. Accounting discrepancies of ecological footprint based on global hectare and national hectare. *China Population, Resources and Environment*, 2007, 17(5): 80-83.
- [28] Chen C Z, Lin Z S. Dynamic study of component percentages of per capita ecological footprint and biocapacity in China, 1995—2015. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(12):1523-1533.
- [29] National Bureau of Statistics of China. China Statistical Yearbook 2008. Beijing: China Statistical Press, 2008:248-249.
- [30] The Ministry of Land and Resources of China. China Land and Resources Bulletin in 2007, 2008.
- [31] National Bureau of Statistics of China. China Rural Statistical Yearbook 2008. Beijing: China Statistics Press, 2008:247-254.
- [32] Eric N. Weak Versus Strong Sustainability//Wang Y T, Translated. Shanghai: Shanghai Translation Press, 2006: 25-32.

参考文献:

- [1] 刘森,胡远满,常禹,张薇,张文广.生态足迹改进方法及其在区域可持续发展研究中的应用. *生态学杂志*, 2007, 26(8):1285-1290.
- [2] 陈成忠,林振山,梁仁君.基于生态足迹方法的中国生态可持续性分析. *自然资源学报*, 2008, 23(2): 230-236.
- [3] 曹淑艳,谢高地.基于投入产出分析的中国生态足迹模型. *生态学报*, 2007, 27(4):1499-1507.
- [4] 周伟,曾云英.有关生态足迹在研究方法和应用上的争论. *生态经济*, 2005, (11):30-33.
- [10] 王书玉,卞新民.生态足迹理论方法的改进及应用. *应用生态学报*, 2007, 18(9):1977-1981.
- [11] 刘森,胡远满,常禹,张文广,张薇.基于能值理论的生态足迹方法改进. *自然资源学报*, 2008, 23(3):447-457.
- [12] 白钰,曾辉,李贵才,高启辉,魏建兵.基于宏观贸易调整方法的国家生态足迹模型. *生态学报*, 2009, 29(9):4827-4835.
- [13] 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.
- [20] 大卫·李嘉图著.政治经济学及赋税原理//周洁,译.北京:华夏出版社,2005:43-56.
- [21] 罗珉著.管理学前沿理论研究.成都:西南财经大学出版社,2006:152-153.
- [22] 中国环境与发展国际合作委员会,世界自然基金会.中国生态足迹报告.2008:3-13.
- [24] 国家统计局国家经济核算司编.2007年中国投入产出表.北京:中国统计出版社,2009.
- [25] 刘宇辉,彭希哲.中国历年生态足迹计算与发展可持续性评估. *生态学报*, 2004, 24(10):2257-2262.
- [26] 陈敏,张丽君,王如松,怀保光.1978—2003年中国生态足迹动态分析. *资源科学*, 2005, 27(6):132-139.
- [27] 吴开亚,王玲杰.基于全球公顷和国家公顷的生态足迹核算差异分析. *中国人口·资源与环境*, 2007, 17(5): 80-83.
- [28] 陈成忠,林振山.中国生态足迹和生物承载力构成比例变化分析. *地理学报*, 2009, 64(12):1523-1533.
- [29] 国家统计局编.中国统计年鉴2008.北京:中国统计出版社,2008:248-249.
- [30] 国土资源部编.2007年中国国土资源公报,2008.
- [31] 国家统计局编.中国农村统计年鉴2008.北京:中国统计出版社,2008:247-254.
- [32] 埃里克·诺伊迈耶著.强与弱:两种对立的可持续性范式//王寅通,译.上海:上海译文出版社,2006:25-32.

CONTENTS

Sex ratio and spatial pattern in *Populus davidiana* in Changbai Mountain PAN Chunfang, ZHAO Xiuhai, XIA Fucui, et al (297)

The relationship between freeze-tolerance and changes in activities of antioxidant enzymes and osmolyte content in the leaves of white clover during early winter freeze-thaw cycles ZHAO Mei, ZHOU Ruilian, LIU Jianfang, et al (306)

Gray correlation analysis on naturalness of the primary forest types on the Losses Plateau WANG Naijiang, LIU Zengwen, XU Zhao, et al (316)

Photosynthetic responses of *Gracilaria lemaneiformis* to two antibiotics JIAN Jianbo, ZOU Dinghui, LIU Wenhua, et al (326)

Litter C:N:P ecological stoichiometry character of plant communities in typical Karst Peak-Cluster Depression PAN Fujing, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (335)

Effects of groundwater depth on the gas exchange and chlorophyll fluorescence of *Populus euphratica* in the lower reaches of Tarim River CHEN Yapeng, CHEN Yaning, XU Changchun, et al (344)

Monitoring and assessment of vegetation variation in Northern Shaanxi based on MODIS/NDVI SONG Fuqiang, XING Kaixiong, LIU Yang, et al (354)

Effects of fire on the structure of herbage synusia vegetation in desertified steppe, North China HE Haoyu, SU Jieqiong, HUANG Lei, et al (364)

Physiological responses of four broadleaved seedlings to drought stress simulated by PEG FENG Huifang, XUE Li, REN Xiangrong, et al (371)

Effects of the different width of urban green belts on the temperature and humidity ZHU Chunyang, LI Shuhua, JI Peng, et al (383)

Diversity of waterbirds and change in home range of bar-headed geese *Anser indicus* during breeding period at Hangcuo Lake of Tibet, China ZHANG Guogang, LIU Dongping, QIAN Fawen, et al (395)

The habitat selection of Giant panda in Wanglang Nature Reserve, Sichuan Province, China KANG Dongwei, KANG Wen, TAN Liuyi, et al (401)

Effects of vigilance on the patterns of functional responses of foraging in voles (*Microtus fortis*) TAO Shuanglun, YANG Xifu, DENG Kaidong, et al (410)

Influence of heavy metal pollution on soil animal community in Luqiao, Taizhou City BAI Yi, SHI Shidi, QI Xin, et al (421)

Annual quantitative distribution of meiofauna in relation to sediment environment in Qingdao Bay DU Yongfen, XU Kuidong, LEI Yanli, et al (431)

Population genetic variations and phylogeography of *Macropodus opercularis* WANG Peixin, BAI Junjie, HU Yinchang, et al (441)

Contribution of C₃ and C₄ host plants for the overwintering and 1st generation of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in Northern China YE Lefu, FU Xue, GE Feng (449)

Relationships between two species of insect pests and their natural enemies in tea gardens of three different altitudes BI Shoudong, KE Shengbing, XU Jinfeng, et al (455)

The diversity of ground-dwelling beetles at cultivated land and restored habitats on the Bashang plateau LIU Yunhui, YU Zhenrong, WANG Changliu, et al (465)

Characteristics of soil microbial communities under dry and wet condition in Zoige alpine wetland NIU Jia, ZHOU Xiaoqi, JIANG Na, et al (474)

Microbial diversity of the jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) fruits surface during harvesting and storage stages SHA Yuexia (483)

Effects of powdery mildew infection on zucchini growth under elevated CO₂ and temperature LIU Junzhi, GE Yaming, Pugliese Massimo, et al (491)

Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi on soil aggregation dynamics of neutral purple soil PENG Sili, SHEN Hong, YUAN Junji, et al (498)

The bacterial community structures in Xinjiang fault belt spring analyzed by PCR-DGGE WU Jiangchao, GAO Xiaoqi, ZENG Jun, et al (506)

The impact of oil pollution on marine phytoplankton community growth change HUANG Yijun, CHEN Quanzhen, ZENG Jiangning, et al (513)

Root morphological and physiological responses of rice seedlings with different tolerance to cadmium stress HE Junyu, REN Yanfang, WANG Yangyang, et al (522)

Non-point pollution control for landscape conservation analysis based on CLUE-S simulations in Miyun County PAN Ying, LIU Yunhui, WANG Jing, et al (529)

Analysis on ecological land rent based on ecological footprint LONG Kaisheng, CHEN Ligen, ZHAO Yali (538)

Relationship of vegetation degradation classification and landscape accessibility classification in Shenzhen LIU Yufan, CHEN Xue, LI Guicai, et al (547)

Review and Monograph

Risk management approaches for environmental and human health risks in the United States and Canada HE Guizhen, LÜ Yonglong (556)

Plant wax and its response to environmental conditions: an overview LI Jingjing, HUANG Junhua, XIE Shucheng (565)

Acid corrosion mechanism of the sulfate-reducing bacteria and protecting studies in oilfield ZHUANG Wen, CHU Liye, SHAO Hongbo (575)

Advance in the research of phyllospheric microorganism PAN Jiangang, HU Qing, QI Hongyan, et al (583)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 2 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 2 2011

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

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
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

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
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@cspg.net

订 购 全国各地邮局
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

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

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

Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



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