

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

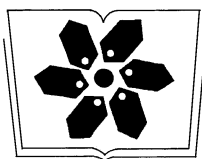
(Shengtai Xuebao)

第 30 卷 第 24 期
Vol.30 No.24
2010



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 30 卷 第 24 期 2010 年 12 月 (半月刊)

目 次

三江平原残存湿地斑块特征及其对物种多样性的影响	施建敏, 马克明, 赵景柱, 等 (6683)
叶片碳同位素对城市大气污染的指示作用	赵德华, 安树青 (6691)
土地利用对崇明岛围垦区土壤有机碳库和土壤呼吸的影响	张容娟, 布乃顺, 崔 军, 等 (6698)
缓/控释复合肥料对土壤氮素库的调控作用	董 燕, 王正银 (6707)
北京海淀公园绿地二氧化碳通量	李 霞, 孙 睿, 李 远, 等 (6715)
三峡库区消落带生态环境脆弱性评价	周永娟, 仇江啸, 王 姣, 等 (6726)
应用碳、氮稳定同位素研究稻田多个物种共存的食物网结构和营养级关系	张 丹, 闵庆文, 成升魁, 等 (6734)
基于弹性系数的江苏省能源生态足迹影响因素分析	杨足膺, 赵 媛, 付伍明 (6741)
中国土地利用多功能性动态的区域分析	甄 霖, 魏云洁, 谢高地, 等 (6749)
遮荫处理对东北铁线莲生长发育和光合特性的影响	王云贺, 韩忠明, 韩 梅, 等 (6762)
臭氧胁迫对冬小麦光响应能力及 PS II 光能吸收与利用的影响	郑有飞, 赵 泽, 吴荣军, 等 (6771)
地表覆草和覆膜对西北旱地土壤有机碳氮和生物活性的影响	谢驾阳, 王朝辉, 李生秀 (6781)
喀斯特峰丛洼地旱季土壤水分的空间变化及主要影响因子	彭晚霞, 宋同清, 曾馥平, 等 (6787)
极干旱区深埋潜水蒸发量的测定	李红寿, 汪万福, 张国彬, 等 (6798)
灌木林土壤古菌群落结构对地表野火的快速响应	徐赢华, 张 涛, 李 智, 等 (6804)
稻田免耕和稻草还田对土壤腐殖质和微生物活性的影响	区惠平, 何明菊, 黄 景, 等 (6812)
造纸废水灌溉对黄河三角洲盐碱地土壤酶活性的影响	董丽洁, 陆兆华, 贾 琼, 等 (6821)
神农宫扁角菌蚊幼虫种群分布及其与环境因子的相关性	顾永征, 李学珍, 牛长缨 (6828)
三亚珊瑚礁水域纤毛虫种类组成和数量分布及与环境因子的关系	谭烨辉, 黄良民, 黄小平, 等 (6835)
淞江鲈在中国地理分布的历史变迁及其原因	王金秋, 成 功 (6845)
黄海中南部小黄鱼生物学特征的变化	张国政, 李显森, 金显仕, 等 (6854)
甲基溴消毒对番茄温室土壤食物网的抑制	陈云峰, 曹志平 (6862)
离子树脂法测定森林穿透雨氮素湿沉降通量——以千烟洲人工针叶林为例	盛文萍, 于贵瑞, 方华军, 等 (6872)
乡土植物芦苇对外来入侵植物加拿大一枝黄花的抑制作用	李愈哲, 尹 昕, 魏 维, 等 (6881)
遂渝铁路边坡草本植物多样性季节动态和空间分布特征	王 倩, 艾应伟, 裴 娟, 等 (6892)
古尔班通古特沙漠原生梭梭树干液流及耗水量	孙鹏飞, 周宏飞, 李 彦, 等 (6901)
碟果虫实种子萌发对策及生态适应性	刘有军, 刘世增, 纪永福, 等 (6910)
原始兴安落叶松林生长季净生态系统 CO ₂ 交换及其光响应特征	周丽艳, 贾丙瑞, 曾 伟, 等 (6919)
五种红树植物通气组织对人工非潮汐生境的响应	伍卡兰, 彭逸生, 郑康振, 等 (6927)
亚高寒草甸不同生境植物群落物种多度分布格局的拟合	刘梦雪, 刘佳佳, 杜晓光, 等 (6935)
内蒙古荒漠草原地表反照率变化特征	张 果, 周广胜, 阳伏林 (6943)
中国沙棘克隆生长对灌水强度的响应	李甜江, 李根前, 徐德兵, 等 (6952)
增温与放牧对矮蒿草甸 4 种植物气孔密度和气孔长度的影响	张立荣, 牛海山, 汪诗平, 等 (6961)
基于 ORYZA2000 模型的北京地区早稻适宜播种期分析	薛昌颖, 杨晓光, 陈怀亮, 等 (6970)
专论与综述	
区域生态安全格局研究进展	刘 洋, 蒙古军, 朱利凯 (6980)
植物功能性状与湿地生态系统土壤碳汇功能	王 平, 盛连喜, 燕 红, 等 (6990)
农田水氮关系及其协同管理	王小彬, 代 快, 赵全胜, 等 (7001)
虫害诱导挥发物的生态调控功能	王国昌, 孙晓玲, 董文霞, 等 (7016)
土壤微生物资源管理、应用技术与学科展望	林先贵, 陈瑞蕊, 胡君利 (7029)
问题讨论	
从演化的角度评价北京市经济系统可持续发展趋势	黄茹莉, 徐中民 (7038)
基于植物多样性特征的武汉市城市湖泊湿地植被分类保护和恢复	郑忠明, 宋广莹, 周志翔, 等 (7045)
濒危兰科植物再引入技术及其应用	陈宝玲, 宋希强, 余文刚, 等 (7055)
研究简报	
实验条件下华北落叶松和白杆苗期生长策略的差异比较	张芸香, 李海波, 郭晋平 (7064)
基于源-库互反馈的温室青椒坐果时空动态模拟	马韞韬, 朱晋宇, 胡包钢, 等 (7072)
西双版纳小磨公路及其周边道路对蛇类活动的影响	孙 戈, 张 立 (7079)
温度变化对藻类光合电子传递与光合放氧关系的影响	张 曼, 曾 波, 张 怡, 等 (7087)
黄土区六种植物凋落物与不同形态氮素对土壤微生物量碳氮含量的影响	王春阳, 周建斌, 董燕婕, 等 (7092)
食细菌线虫 <i>Caenorhabditis elegans</i> 的取食偏好性	肖海峰, 焦加国, 胡 锋, 等 (7101)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 424 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 48 * 2010-12

基于弹性系数的江苏省能源生态足迹影响因素分析

杨足膺, 赵媛*, 付伍明

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210046)

摘要: 在核算 1985—2006 年江苏省能源生态足迹的基础上, 采用弹性系数方法, 对江苏省能源生态足迹的影响因素进行分析和评价, 包括不同影响因素的作用程度高低、不同时期主要及次要影响因素的变动等。这对促进江苏省能源与社会、经济和生态的协调发展, 具有重要意义。研究结果显示: 不同时期, 影响江苏省能源生态足迹的主导因素不同。2003 年以前, 江苏省分别经历了主导因素变动、耕地因素主导和人口因素主导 3 个时期; 2003 年以后, 全省第二产业比重反弹, 第二产业比重偏大, 产业结构不合理, 成为目前促进江苏省能源生态足迹提高的主导因素。同时在 2003 年以后, 江苏省城市化水平的迅速提高 (2005 年已达 50%) 和全省能源技术效率的下降 (单位 GDP 能耗由 0.78 反弹至 0.89tce/万元), 这些次要因素也推动了江苏省能源生态足迹的提高。

关键词: 江苏省; 能源生态足迹; 影响因素; 弹性系数法

Influencing factors' analysis of Jiangsu's energy ecological footprint upon coefficient elasticity

YANG Zuying, ZHAO Yuan*, FU Wuming

College of Geographic Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China

Abstract: At present, there have been relatively serious environmental problems caused by energy consumption in Jiangsu province, which obstructs the socio-economic sustainable development in Jiangsu, so that it is important to evaluate quantitatively the environment situation and environmental capacity for energy consumption. Therefore, at the beginning of this paper, energy ecological footprint is defined according to the definition of Ecological Footprint, which is used to evaluate the regional or global capacity for energy consumption quantitatively. After that, the paper evaluated Jiangsu's energy ecological footprint from 1985 to 2006, and then analyzed the principal influencing factors of energy ecological footprint for each year with coefficient of elasticity.

(1) Upon calculating the energy ecological footprint of Jiangsu with input-output analysis and carbon sequestration method, the paper shows that there was average annual 10% growth of energy ecological footprint in Jiangsu from 1985 to 2006. Meanwhile, the main part of energy ecological footprint was the energy consuming ecological footprint, which contributed 97.5% of the average annual growth of energy ecological footprint.

(2) After comparing the analyzing results of some statistical methods, such as multiple correlation analysis and multiple linear regression analysis, etc, we find that the coefficient elasticity method was more suitable for analyzing the influencing factors of Jiangsu's energy ecological footprint. However, the forecasting analysis of the influencing factors remains to be further studied. Furthermore, we may try to continue in-deep study of influencing factors analysis of energy ecological footprint with other methods.

(3) There is a strong direct relationship between the evolution of energy ecological footprint and socio-economic development pattern of Jiangsu. During 1985—2003, there were three periods with different principal influencing factors, that is, variable-factors-driven period (1985—1995), land-factor-driven period (1996—2000) and population-factor-

基金项目: 南京师范大学“211 工程”三期重点学科建设项目

收稿日期: 2009-10-28; **修订日期:** 2010-09-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhaoyuan@njnu.edu.cn

driven period (2001—2003). After 2003, as a result of rebound of secondary industry development, the proportion of secondary industry has been the primary influencing factor that enlarges energy ecological footprint in Jiangsu. Meanwhile, energy ecological footprint has expanded because of the acceleration of urbanization (50% in 2005) as the secondary factors, and the declining of energy efficiency (energy saving rate per unit GDP has increased from 0.78 to 0.89 tce / ten thousand Yuan) has also resulted in the growth of energy ecological footprint.

(4) Jiangsu has just started to coordinate the ecological sustainable development and the rapidly socio-economic development. Though there was a decline in the growth of coal, crude oil and other energy consumption, energy ecological footprint was rapidly increasing during 1985—2006. This was because people neglected other factors (except energy itself) that raise energy ecological footprint, and this was mainly caused by social and economic development, e. g. the increase of proportion of secondary industry, the rapidly reducing of total area under cultivation and so on.

(5) Due to the difficulty of data acquisition, the paper only calculated the energy ecological footprint, but failed to measure the energy ecological carrying capacity. Thus we did not figure out the ecological deficit in Jiangsu from 1985 to 2006, which is also to be further studied besides the better way to analyze influencing factors of Jiangsu's energy ecological footprint.

Key Words: Jiangsu Province; energy ecological footprint; influencing factor; coefficient elasticity method

改革开放以来,江苏省社会经济持续快速发展。2008 年全省 GDP 总量超过 3 万亿元,人均 GDP 折合达到 5700 美元,已步入世界中等收入国家水平行列^[1];与此同时,江苏省能源消费总量也在不断攀升,2008 年全省能源消费总量已超过 2.1 亿吨标准煤(tce)^[1]。为促使江苏省能源与社会经济和生态的协调发展,应对江苏省能源消费对环境的影响进行量测,分析其形成原因,生态足迹不失为一种较好的测度能源对环境影响程度的方法。

生态足迹由 Rees 及 Wackernagel 最早提出并完善^[2-3],它是一种采用生物物理量测量人类利用自然资源的程度和自然界供养人类能力的方法^[2]。目前生态足迹的应用与研究主要分为两大类:一类是综合法生态足迹核算,例如徐中民在国内率先开展生态足迹核算^[4],刘建兴等分析了中国不同年份生态足迹的变化及成因^[5];吴介军等分析了陕西省不同年份生态足迹变化情况^[6];另一类是组分法生态足迹核算,例如章锦河等分析了黄山市游客的旅游生态足迹^[7];梁勇等估算了北京市城市交通的生态足迹^[8];Hu 等测算了中国森林的生态足迹^[9]。以化石燃料为主的能源生态足迹,是生态足迹的主要组成部分,对生态环境的影响也最大,Stögllehner 采用投入产出法,最早进行能源生态足迹的研究^[10];谢高地等采用碳吸收法,对中国化石能源生态足迹,尤其是煤炭足迹进行了专门研究^[11-12];谢鸿宇等也采用碳吸收法,计算了全球各种化石能源及电力的生态足迹^[13]。但是一方面,目前学者对能源生态足迹的核算主要是计算能源生产足迹和能源消费足迹,另一方面还没有学者对能源生态足迹的影响因素进行深入分析。因此,本文在进行江苏省 1985—2006 年能源生态足迹核算时,不仅综合学者的已有研究成果与方法,对江苏省的能源生产、消费等生态足迹进行核算,同时,还核算了能源贸易调整足迹,使能源生态足迹核算更加全面;另一方面,本文还在核算江苏省能源生态足迹的基础上,采用弹性系数方法,对能源生态足迹的影响因素进行深入探讨,研究不同时期的主导因素等,对探求生态足迹变化特点与规律具有一定的科学价值,对促进江苏省能源与社会经济和生态的协调发展也具有一定的实践意义。

1 江苏省能源生态足迹核算

能源生态足迹(energy ecological footprint, *EEF*)指某一区域内的能源负荷,并通过度量给定人口或经济规模的能源生产、能源消费以及吸纳能源生产和消费的过程中所排放的废弃物的生物生产性土地面积来反映该能源负荷^[14]。完整的能源生态足迹(*EEF*)包括:能源供应足迹(*EEF_s*)、能源消费的废弃物足迹(*EEF_c*)和能源贸易调整足迹(*EEF_m*)。

能源供应足迹,又包括能源生产足迹(EEF_p)和能源转换输送足迹(EEF_t)。

能源生产足迹,指化石燃料的开采及核电、风电等其它能源生产建设占用土地所形成的足迹,计算公式如下:

$$EEF_p = \sum_{i=1}^n A_i \times p_i \times r_i \tag{1}$$

式中, A_i 为江苏省第*i*个能源生产项目的用地面积(本文取自调研数据,表1); p_i 和 r_i 分别为相应能源生产项目的产量因子和均衡因子;在计算过程中, EEF_p 依照各种能源生产项目的建设时间进行累计后求和计算得到;产量因子则借助江苏省统计年鉴(1986—2007年)等资料及他人的研究^[15]得到;均衡因子均取为1^[16]。

表1 1985年以来江苏省能源生产项目
Table 1 Energy producing projects in Jiangsu since 1985

能源生产项目 Energy producing project	用地面积 Land area/hm ²	产量因子 Yield factor	均衡因子 Balance factor	建设时间 Construction year
徐州煤矿	209400	1.53	1	1985
沙河抽水蓄能电站	30	2.7	1	1998
田湾核电站	80.2	2.75	1	1999
江苏油田	1562	2.76	1	2000
宜兴铜官山抽水蓄能电站	15.263	2.58	1	2003
江苏风电厂	14485.33	2.58	1	2004

能源转换输送足迹,主要指电力生产、电网建设等电力设施占用土地所形成的足迹。本文采用碳吸收法进行计算,其公式如下:

$$EEF_t = R_t \times C_t / \overline{EEF_t} \tag{2}$$

式中, R_t 为电力折算系数,本文取11.84GJ/t^[17]; C_t 为江苏省电力消费量,均来源于中国能源统计年鉴(1986—2007年); $\overline{EEF_t}$ 为电力的全球平均能源生态足迹,本文取1000GJ/hm²^[17]。

能源消费形成的废弃物,包括废渣、废水和废气。本文采用碳吸收法,将江苏能源消费的废弃物足迹简化为核算吸收新增CO₂所需要的生产性土地面积,计算公式如下:

$$EEF_c = \sum_{i=1}^n R_i \times C_i / \overline{EEF_i} \tag{3}$$

式中, R_i 和 $\overline{EEF_i}$ 分别为第*i*类能源的折算系数及全球平均能源生态足迹^[17]; C_i 为江苏省第*i*类能源消费量,来源于中国能源统计年鉴(1986—2007年)。

能源贸易调整足迹,是指贸易商品中所含能源价值量的生产性土地面积。计算公式为:

$$EEF_m = \sum_{i=1}^n M_i \times (H_i / G_i) \times g_i / \overline{EEF_i} \tag{4}$$

式中, M_i 为第*i*类商品的能源密度^[18]; H_i 和 G_i 分别为我国第*i*类商品贸易的净实物量和净价值量,均来源于中国统计年鉴(1986—2007年); g_i 为江苏省第*i*类商品贸易的净价值量,来源于江苏统计年鉴(1986—2007年); $\overline{EEF_i}$ 为全球平均能源生态足迹^[17]。

将能源供应足迹、能源消费的废弃物足迹和能源贸易调整足迹进行汇总计算,得到江苏省能源生态足迹的演变(表2)。

2 江苏省能源生态足迹影响因素分析

2.1 影响因素选取

能源生态足迹影响因素,主要包含能源自身、社会经济和技术等方面。

江苏省能源消费具有消费总量大和以煤炭为主的突出特点,因此,本文选取能源消费总量、煤炭消费总量和煤炭消费比重,作为影响能源生态足迹的能源因素。江苏目前处于快速城市化过程和工业化中期,社会经

济发展、人口增长和土地资源减少等导致能源生态足迹不断提高;因此选取人均 GDP、人均工业生产总值、第二产业比重、霍夫曼系数、人口总数、城市化水平和耕地总面积,作为影响能源生态足迹的社会经济因素。从技术角度来说,提高能源利用效率,可以有效地减少能源消费量,缓解能源对资源环境的压力;因此,本文选取单位 GDP 能耗,作为影响能源生态足迹的技术因素。

表 2 江苏省能源生态足迹演变
Table 2 The evolution of EEF in Jiangsu

年份 Year	能源供应足迹 EEFs/(× 10 ³ hm ²)	能源消费废弃物足迹 EEFc/(× 10 ³ hm ²)	能源贸易调整足迹 EEFm/(× 10 ³ hm ²)	总能源生态足迹 EEF/(× 10 ³ hm ²)
1985	353.236	22430.663	202.215	22986.114
1990	397.691	31330.747	78.187	31806.624
1991	406.516	32712.886	-112.671	33006.731
1996	455.264	44225.195	203.456	44883.915
1997	460.608	42815.681	105.280	43381.569
1998	463.484	43813.006	89.086	44365.576
1999	472.676	44865.669	646.787	45985.132
2000	497.520	46527.974	546.098	47571.592
2001	511.608	50748.948	493.813	51754.370
2002	532.611	50781.074	831.370	52145.054
2003	564.768	57765.396	2052.139	60382.303
2004	637.411	71054.700	3454.299	75146.410
2005	683.991	90217.215	1762.576	92663.782
2006	732.830	98218.995	3875.294	102827.119

2.2 江苏省能源生态足迹弹性系数计算

本文建立 EEF-X 弹性系数,分析测度各因素对江苏省能源生态足迹的影响程度大小,计算公式如下:

$$\eta_{EEF} = \frac{\Delta EEF / EEF}{\Delta X / X} = \frac{\Delta EEF}{\Delta X} \times \frac{X}{EEF} \quad (5)$$

式中, η_{EEF} 为能源生态足迹弹性系数, X 为江苏省能源生态足迹影响因素。

根据 1985—2006 年各影响因素的平均弹性系数(表 3),本文将其分为 3 种类型: $\eta_{EEF} > 3$ 为主要影响因素, $1 < \eta_{EEF} < 3$ 为次要影响因素, $\eta_{EEF} < 1$ 为非影响因素。

表 3 江苏省能源生态足迹影响因素分类
Table 3 The classifications of influencing factors of EEF in Jiangsu

类别 Type	弹性系数分类阈值 Categorical threshold of coefficient elasticity	影响因素(含平均弹性系数) Influencing factors (including Average coefficient elasticity)
主要影响因素 Principal influencing factors	$\eta_{EEF} > 3$	第二产业比重(21.458)、耕地总面积(17.479)、人口总数(15.261)、煤炭消费比重(7.832)
次要影响因素 Secondary influencing factors	$1 < \eta_{EEF} < 3$	城市化水平(2.089)、单位 GDP 能耗(1.837)、能源消费总量(1.570)、煤炭消费总量(1.586)、霍夫曼系数(1.5)
非影响因素 Non-influencing factors	$\eta_{EEF} < 1$	人均 GDP(0.6)、人均工业生产总值(0.558)

2.3 江苏省能源生态足迹影响因素分析

2.3.1 主要影响因素分析

影响江苏省能源生态足迹的主要因素,包括第二产业比重、耕地总面积、人口总数和煤炭消费比重,本文对主要影响因素弹性系数,以 1985—2006 年为序,进行第 1 位因素和第 2 位因素组合关系的主要影响因素分析,以此划分江苏省能源生态足迹主要影响因素的变动时期。

据表 4 将影响江苏省能源生态足迹的主要因素划分为 4 个时期:1985—1995 年为主导因素变动期,1996—2000 年为耕地因素主导期,2001—2003 年为人口因素主导期,2004—2006 年为第二产业比重主导期。

1985—1995 年主要影响因素组合关系变动较大,1990 年以前为第二产业比重-耕地总面积,1990—1991 年变化为耕地总面积-人口总数,1991 年以后又变为煤炭消费比重-人口总数。反映了在 1985—1995 年期间,江苏省改革开放处于调整和深化阶段,社会经济发展存在一定的波动性,致使这一时期主导全省能源生态足迹的因素变动较大。

1996—2000 年耕地总面积-人口总数为前两位影响因素。1996 年江苏省对全省行政区划进行重大调整,析出泰州和宿迁两个地级市,全省地级市由 11 个增为 13 个,通过行政区划调整,大大促进了江苏省城市化步伐及大量城市建设用地的征用,客观上使全省耕地在严格保护的情况下仍有减少,年均递减率约为 $2 \times 10^4 \text{hm}^2$ ^[1];全省人口总数增速虽逐年降低,但由于人口基数大,致使这一时期,作为承载能源生态足迹份额最大的耕地总面积,成为影响江苏省能源生态足迹的第 1 位因素;而人口数量成为影响江苏省能源生态足迹的第 2 位因素。

2001—2003 年以人口总数-第二产业比重(或耕地总面积)为前两位影响因素。虽然这一时期江苏人口总数增长继续放缓,但随着改革开放深入和经济社会发展,人口流动加大,大量外省人口流入江苏。据统计,这一时期省际净流入人口约为 150 万人,其中大多数为非农业人口。加之省内常住人口的 natural 增长,也对全省人口总数增长起到推波助澜的作用。由于人口增长不仅直接需要生活能耗,而且因住房、工作等因素间接形成大量生产能耗,因此每年新增人口形成稳定的新增能源消费,成为能源生态足迹持续稳定增加的第 1 位因素^[14]。

2004—2006 年以第二产业比重-耕地总面积为前两位影响因素。江苏省产业结构偏重第二产业,在国民经济中,以工业为主体的第二产业能耗最大。2003—2004 年,江苏省第二产业比重增长到 56.5%,年均增长 2%,远高于先前 1% 左右的增长速率。从 2004 年起,江苏省第二产业比重始终维持在 56% 以上,比上一时期增长 5% 以上。这使得第二产业比重成为能源生态足迹增加的最主要因素。同时,由于这一时期生产生活用地的继续增加,导致全省耕地总面积的减少,也影响了全省能源生态足迹。

2.3.2 次要影响因素分析

据表 5 可知,1985—2006 年期间,江苏省能源生态足迹次要影响因素序列变化不一。其中,能源消费总量和煤炭消费总量次序有一定的下降;霍夫曼系数次序有所波动,但次序大体维持不变;城市化水平和万元 GDP 能耗次序则有一定的上升。

表 4 江苏省能源生态足迹第 1—2 位影响因素组合序列

Table 4 The series of 1st and 2nd influencing factors of EEF in Jiangsu

年份 Year	第 1 位因素 First factor	第 2 位因素 Second factor
1985—1990	第二产业比重	耕地总面积
1990—1991	耕地总面积	人口总数
1991—1996	煤炭消费比重	人口总数
1996—1997	耕地总面积	第二产业比重
1997—1998	耕地总面积	人口总数
1998—1999	耕地总面积	第二产业比重
1999—2000	耕地总面积	人口总量
2000—2001	第二产业比重	人口总数
2001—2002	人口总数	第二产业比重
2002—2003	人口总数	耕地总面积
2003—2004	人口总数	耕地总面积
2004—2005	第二产业比重	耕地总面积
2005—2006	第二产业比重	耕地总面积

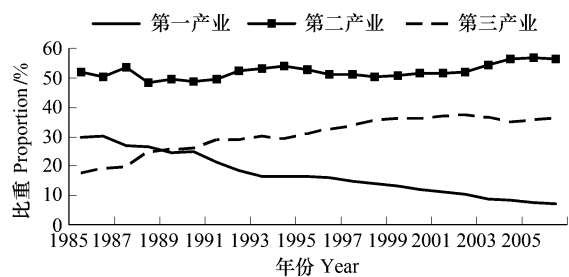


图 1 1985—2006 年江苏省三大产业结构演变

Fig.1 The evolution of three industrial structures from 1985 to 2006 in Jiangsu

表 5 江苏省能源生态足迹次要影响因素排列次序

Table 5 The series of minor influencing factors of EEF in Jiangsu

年份 Year	能源消费总量 弹性系数 Coefficient elasticity of total energy consumption	煤炭消费总量 弹性系数 Coefficient elasticity of coal consumption	城市化水平 弹性系数 Coefficient elasticity of level of urbanization	霍夫曼系数 弹性系数 Coefficient elasticity of Hoffman coefficient	万元 GDP 能耗 弹性系数 Coefficient elasticity of unit of GDP energy consumption
1985—1990	3	4	2	1	5
1990—1991	3	2	1	4	5
1991—1996	4	2	3	1	5
1996—1997	1	3	4	2	5
1997—1998	2	1	5	4	3
1998—1999	1	2	5	3	4
1999—2000	2	1	5	3	4
2000—2001	4	1	2	3	5
2001—2002	5	4	3	1	2
2002—2003	4	3	2	5	1
2003—2004	5	4	1	3	2
2004—2005	4	5	1	3	2
2005—2006	5	4	1	3	2

能源消费总量和煤炭消费总量得次序在 2000 年之前均位于 1—3 位;能源消费总量次序在 2000 年以后下降到 4、5 位,煤炭消费总量次序在 2001 年以后也下降到 4、5 位。因此,能源消费总量和煤炭消费总量大致以 2000/2001 年为界,分别为影响程度较强和较弱这两个时期。这是因为进入 21 世纪,江苏省经济总量增长显著而能源消耗增长相对缓慢;同时煤炭消费总量也得到有效控制,能源消费品种逐步优化,高效清洁的液、气态能源利用率得到提高^[18]。

霍夫曼系数次序存在着一定的波动,但总体次序维持不变,大体位于第 3 位。这主要是由于江苏省第二产业结构一直以重化工业为主,钢铁、化工等高耗能行业一直是全省支柱产业;同时,自 20 世纪 90 年代以来,江苏省总体处于快速重工业化时期,重工业在第二产业中的比重显著上升。1990 年江苏霍夫曼系数为 1.21,1997 年已降为 1,2006 年则下降到 0.4;至 2008 年底,江苏省重工业增加值为轻工业的 2.5 倍,其增幅也较轻工业快 4.5%^[1]。

城市化水平次序在 2003 年以前为波动期;2003 年以后其对能源生态足迹的影响程度居次要因素首位。这与江苏全省 20 世纪 90 年代以来的快速城市化进程密切相关。1990 年江苏城市化水平仅为 23%,低于全国平均 3%;而到 1998 年,由于江苏省行政区划调整,全省地级市由 11 个增加到 13 个,大大加快了全省的城市化进程,使得全省城市化水平达到 30%,首次超过全国平均水平;2003 年,江苏省城市化水平为 46.8%,已超过全国平均水平 8 个百分点;至 2008 年,江苏省城市化水平达到 54.3%,已步入城市化社会^[1]。

单位 GDP 能耗是反映能源消费水平和节能降耗状况的主要指标。对江苏省而言,1985—2000 年,单位 GDP 能耗对能源生态足迹的影响较小,其排序位于第 4、5 位,而在 2001—2006 年,单位 GDP 能耗的影响逐步提高,排序提高到第 2 位。这主要有两个方面的原因:(1)2000 年以前,江苏省单位 GDP 能耗下降幅度较大,从 1985 年的 6.34tce/万元降至 1999 年的 1.06tce/万元,下降了 5 倍;而 2000 年以后,全省单位 GDP 能耗反而从 2000 年的 0.86tce/万元升至 0.89tce/万元,能源利用的技术效率相对下降,促使能源生态足迹的增长。(2)2000 年以前制约江苏省能源生态足迹的第 1 位因素主要为耕地总面积,2000 年以后第 1 位因素变为第二产业比重。而单位 GDP 能耗与第二产业比重关联性较大,第二产业比重影响程度的提高,也促进了单位 GDP 能耗影响因素地位的上升。

3 结论与讨论

3.1 结论

(1)在 Stöglehner 和谢高地等对能源生态足迹研究的基础上^[10-12],本文针对江苏省具体情况,采用投入产出法,核算了能源生产足迹;采用碳吸收法,核算了能源转换输送和能源消费足迹,同时,还计算了能源贸易调整足迹,三者共同构成江苏省能源生态足迹。结果显示,1985—2006 年江苏省总能源生态足迹年均增长达到 10% 左右,而能源消费废弃物足迹是其主要增长部分,平均占 97.5%。因此,控制江苏省总能源生态足迹的增长,主要是要控制能源消费废弃物足迹的增长。例如,1997 年江苏省能源生态足迹出现下降,主要是由于能源消费废弃物足迹的下降,其下降比重占总能源生态足迹下降比重的 94%。

(2)能源生态足迹影响因素的演变,与江苏省社会经济发展方式呈显著对应关系。通过主要影响因素分析可以看出:1985—1996 年,江苏省社会经济发展处于调整时期,其能源生态足迹的主导因素也随之发生相应变动;1996 年以后,江苏省“高投入、高消耗、高污染和高增长”的社会经济发展方式,使得能源与社会经济和生态之间的矛盾愈演愈烈,表现为某一时期的主导因素起持续作用。例如 2003—2004 年以来,江苏省工业化进程加快,导致第二产业比重对全省能源生态足迹的作用最大。

(3)江苏省在协调能源与社会经济和生态之间可持续发展方面,尚处于初步阶段。这主要表现为:江苏省针对能源生态足迹增长,还停留在只重点解决能源自身问题,对社会经济发展所带来的综合能源效应重视不够。虽然降低了能源自身因素的影响,但社会经济发展所带来的巨大间接能源足迹(包括第二产业比重上升、耕地总面积减少及单位 GDP 能耗的下降等),对全省能源生态足迹的影响却逐步加大。

3.2 讨论

(1)对能源生态足迹影响因素的研究方法很多,在尝试采用多元相关分析、多元线性回归分析、弹性系数方法等多种方法分析后,通过结果比较,认为弹性系数方法更适合于江苏省能源生态足迹的影响因素分析。因此采用弹性系数方法,分析江苏省 1985—2006 年能源生态足迹的不同影响因素。但对影响因素的预测分析还有待进一步研究;同时,在今后的研究中,还可以进一步尝试其他分析方法,使能源生态足迹影响因素的研究不断深入。

(2)由于能源生态承载力的计算数据获取较为困难,本文仅计算了江苏省能源生态足迹,而未能测算其能源生态承载力,无法反映能源生态足迹的盈余赤字。

References:

- [1] Jiangsu Provincial Statistics Bureau. 2009 Statistical Yearbook of Jiangsu. Beijing: Chinese Statistical Press, 2009.
- [2] Rees W. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 1992, 4(2): 121-130.
- [3] Rees W, Wackernagel M. Urban Ecological footprints: why cities cannot be sustainable-and why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, 1996, 16: 223-248.
- [4] Xu Z M, Zhang Z Q, Cheng G D. The calculation and analysis of ecological footprints of Gansu province. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(5): 607-616.
- [5] Liu J X, Wang Q, Sun P, Gu X W, Li G J. Decomposition effect on China's annual ecological footprints variation from 1990 to 2004. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23(1): 61-68.
- [6] Wu J J, Cai L, Zhang Q H, Xue H F. Analysis and assessment of ecological footprint in Shanxi Province from 1993 to 2004. *Journal of Shanxi Normal University: Natural Science Edition*, 2006, 34(4): 104-108.
- [7] Zhang J H, Zhang J. Touristic ecological footprint model and analysis of Huangshan city in 2002. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(5): 763-771.
- [8] Liang Y, Cheng S K, Min Q W. Ecological footprint method and it's application to evaluating influence of urban transportation to environment. *Journal of Wuhan University of Technology: Transportation Science & Engineering*, 2004, 28(6): 821-824.
- [9] Hu X F, Dai L M, Gu H Y, Xiong X B. Forestry ecological footprint in China during 1973—2003. *Journal of Forest Research*, 2006, 17(2): 87-92.

- [10] Stöglehner G. Ecological footprint — a tool for assessing sustainable energy supplies. *Journal of Cleaner Production*, 2003, (11):267-277.
- [11] Xie G D, Lu C X, Zhen L, Cheng S K. Substitution of non-renewable resources to ecological space under ecological deficit conditions. *Resources Science*, 2006,28(5):1-6.
- [12] Cao S Y. Study of Ecological Bearing Capacity on Exhausted Resources. Beijing: Institute of Geographical Sciences and Resources, Chinese Academy of Sciences,2007.
- [13] Xie H Y, Chen X S, Lin K R, Hu A Y. The ecological footprint analysis of fossil energy and electricity. *Acta Geographica Sinica*, 2008,28(4):1729-1735.
- [14] Fu W M. Study of evaluation and formation mechanism of energy ecological footprint in Jiangsu province. Nanjing: Nanjing Normal University, 2009.
- [15] Yi L Q, Jin X B, Zhou Y K. Study of regional sustainable development based on ecological footprint time series analysis — a case study of Jiangsu Province. *Journal of Shijiazhuang University of Economics*, 2006, 29(4):441-445.
- [16] Xu Z M, Cheng G D, Zhang Z Q. A resolution to the conception of ecological footprint. *China population, resources and environment*, 2006,16(6):68-78.
- [17] Wackernagel M, Onisto L, Linares A, Falfán I, García J, Guerrero A, Guerrero M. Ecological footprints of nations // Commissioned by the Earth Council for the Rio +5 Forum. Toronto,1997:10-21.
- [18] Zhu J. Energy saving situation of Jiangsu, based on main indicators' changes of energy consumption. *China Energy*, 2008,30(10):38-40.

参考文献:

- [1] 江苏省统计局. 江苏统计年鉴 2009. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [4] 徐中民, 张志强, 程国栋. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析. *地理学报*, 2000,55(5):607-616.
- [5] 刘建兴, 王青, 孙鹏, 顾晓薇, 李广军. 中国 1990—2004 年生态足迹动态变化效应的分解分析. *自然资源学报*, 2008,23(1):61-68.
- [6] 吴介军, 蔡琳, 张秋花, 薛慧峰. 1993—2004 年陕西省生态足迹分析与评价. *陕西师范大学学报: 自然科学版*, 2006,34(4):104-108.
- [7] 章锦河, 张捷. 旅游生态足迹模型及黄山市实证分析. *地理学报*, 2004,59(5):763-771.
- [8] 梁勇, 成升魁, 闵庆文. 生态足迹方法及其在城市交通环境影响评价中的应用. *武汉理工大学学报: 交通科学与工程版*, 2004,28(6):821-824.
- [11] 谢高地, 鲁春霞, 甄霖, 成升魁. 生态赤字下非再生资源对生态空间的替代作用. *资源科学*, 2006,28(5):1-6.
- [12] 曹淑艳. 耗竭性资源的生态承载力研究. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所, 2007.
- [13] 谢鸿宇, 陈贤生, 林凯荣. 基于碳循环的化石能源及电力生态足迹. *生态学报*, 2008,28(4):1729-1735.
- [14] 付伍明. 江苏省能源生态足迹演变及成因机制研究. 南京: 南京师范大学, 2009.
- [15] 易理强, 金晓斌, 周寅康. 基于生态足迹时序分析的区域可持续发展研究——以江苏省为例. *石家庄经济学院学报*, 2006,29(4):441-445.
- [16] 徐中民, 程国栋, 张志强. 生态足迹方法的理论解析. *中国人口·资源与环境*, 2006,16(6):68-78.
- [18] 朱健. 从主要能耗指标变动看江苏省的节能形势. *中国能源*, 2008,30(10):38-40.

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 30 卷 第 24 期 (2010 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 30 No. 24 2010

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