

杨莉, 余倩倩. 海南省城乡居民消费的环境影响评估和环境公平性分析[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(5): 1232-1239.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2019.05.033

海南省城乡居民消费的环境影响评估和环境公平性分析

杨莉^{1,2}, 余倩倩²

(1. 南京邮电大学地理与生物信息学院, 江苏 南京 210023; 2. 南京邮电大学经济学院, 江苏 南京 210023)

摘要: 本研究选取 2005–2016 年海南省城乡居民生活实物消费数据, 采用生态足迹模型, 计算城镇居民和农村居民因生活消费对生态环境产生的影响, 并与区域生态承载力进行对比分析。结果表明, 消费足迹与区域生态承载力存在结构性失衡, 耕地资源不足。由于海产品消费量大, 海水水域在消费足迹中占较大比例。城镇居民的各項消费足迹及消费占用土地类型均与农村居民存在差异。2013–2016 年, 海南省农村不同收入居民的环境基尼系数小于收入基尼系数, 表明农村居民消费占用的生态环境资源较收入水平相对公平。因此, 应该加强耕地资源保护, 保障海水水质安全, 转变生产和消费方式, 促进居民生活消费与区域生态环境系统的协调发展。

关键词: 海南省; 城乡居民; 消费足迹; 环境公平性

中图分类号: X22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)05-1232-08

Study on the eco-environmental stress from living consumption of urban and rural residents and environmental equality in Hainan province

YANG Li^{1,2}, YU Qian-qian²

(1. College of Geographic and Biologic Information, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China; 2. School of Economics, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

Abstract: With the living material consumption data of urban and rural residents in Hainan province from 2005 to 2016, the living consumption ecological footprint of urban and rural residents was calculated. The results showed that there was structural imbalance between consumption ecological footprint and regional ecological capacity, and the arable land was insufficient in Hainan province. Sea water consumption footprint was the major part due to large consumption of seafood. Consumption footprint of urban and rural residents existed significant difference. From 2013 to 2016, the environmental Gini coefficient of rural residents with different incomes in Hainan province was less than the income Gini coefficient, which indicated that the consumption and occupation of ecological environmental resources by rural residents was relatively fair compared with the income level. In order to coordinate the consumption, resource and environment, the paper suggests that the protection of cultivated land resources should be strengthened, the water quality security should be guaranteed, and production and consumption patterns should be changed.

Key words: Hainan province; urban and rural residents; consumption footprint; environmental equality

收稿日期: 2019-01-05

基金项目: 国家社会科学基金项目(16BRK024); 江苏省“333”人才项目(BRA2018043); 江苏高校哲学社会科学重点研究项目(2017DIXM123); 南京邮电大学“1311”人才计划资助项目

作者简介: 杨莉(1977-), 女, 河南信阳人, 博士, 副教授, 研究方向为环境评价与环境管理。(E-mail) yangli@njupt.edu.cn

旅游业是海南省的支柱产业, 2017 年旅游业对海南省国民经济直接和综合贡献度分别为 12% 和 28%^[1]。良好的生态环境是旅游业发展的前提和基础。2016 年海南省人民政府在新闻发布会上指出, 生态环境是海南省发展的生命线, 坚持绿色发展是海南省推进生态文明建设取得新突破的着力点^[2]。

然而,2017年海南省生活废水排放量占废水总排放量的79.7%,由于污水处理管网不健全,造成三亚河、文教河和罗带河等部分河段轻度污染,珠溪河重度污染^[3]。污染问题与城乡人口规模增长、人口结构和分布变化以及由此产生的生活污染物排放量增加密切相关。此外,全省耕地地力水平总体偏低,耕地质量下降又影响了居民消费品供给。因此,海南省绿色发展面临生产方式和消费模式转变等重要问题,研究城乡居民消费对生态环境的影响,分析驱动因素,从而找到解决问题的办法,是海南省实现绿色、协调发展的重要课题。

有学者认为消费是引发生态环境问题的重要原因^[4-5],也有学者指出食品消费是产生环境主要驱动力之一^[6]。邹鑫^[7]认为,重生产、轻消费的问题仍然存在。王京京^[8]认为,建设资源节约型中国应积极考虑控制消费环境的战略目标。国内外学者从多角度、多学科方向开展消费的生态环境影响评估,采用的方法主要有IPAT模型^[9]、生态足迹模型^[10-14]、投入产出模型等方法^[15]。然而,当前研究主要集中在国家层面上,关于地区层面的研究报道较少,研究内容主要集中在人口增长和消费水平提高产生的生态环境影响以及生态承载力的测算方面,对消费影响的驱动因素以及居民消费的环境公平性等方面的研究较少。

与其他评估方法相比,生态足迹模型可以简单、直观地将居民各项物质消费转换为生态生产性土地面积,适于比较由于消费结构不同产生的生态环境影响差异以及不同土地类型的生态赤字水平。传统生态足迹模型采用全球平均产量作为生物生产能力,然而由于自然条件不同,区域生物产量存在显著差异。本研究用区域生物产量替代全球平均产量,均衡因子和产量因子也采用研究区参数进行调整,对传统生态足迹模型进行修正,能更客观、真实地反映居民生活产生的生态环境影响。本研究拟采用修正生态足迹模型,评估海南省2005-2016年城乡居民消费产生的生态环境影响,分析其演变特征及驱动因素,构建环境基尼系数,分析不同人群消费占用环境资源的公平性,并依据存在问题提出解决措施,以期为海南省生态文明建设和新农村建设提供参考,促进消费模式和生产方式的转变,推动区域绿色、协调发展。

1 材料与方法

采用修正的生态足迹模型,按照消费项目把居

民物质消费计算成相应的生态生产性土地面积,反映维持一定消费水平对自然资源产生的压力以及对生态环境的影响^[16],然后与区域的生态承载力进行比较分析^[17],消费项目和生态足迹账户参照文献^[17]和^[18]。

研究数据主要来自《海南统计年鉴》(2006-2017)和《中国统计年鉴》(2008-2017)等资料。以文献^[17]中的区域生物产量数据为参考,将食物和部分用品等生物资源消费品折算成生态生产性土地面积,耐用品能源密度、能源折算系数参照文献^[15],交通账户能耗系数参照文献^[19]。

2 结果与分析

2.1 居民生活消费足迹计算和驱动因素分析

2.1.1 2005-2016年海南省城乡居民消费足迹
根据城乡居民物质消费量,采用修正的生态足迹模型进行计算,2005-2016年海南省城乡居民人均消费足迹由1.454 6 hm²增长至1.942 2 hm²,消费足迹总量从1.199 4×10⁷ hm²增长至1.752 0×10⁷ hm²(图1)。

对2016年海南省城乡居民各消费项进行分析,与2005年相比,除生活污染物和生活用水的人均消费足迹略有下降外,其他消费项的人均消费足迹均有所增长,其中食品和生活能源的人均消费足迹增幅最大,分别增加了0.213 8 hm²和0.134 9 hm²。2016年海南省城乡居民各消费项所占比例的情况为:食品(68.8%)>衣着和生活用品(10.8%)>生活能源(9.1%)>交通能源(5.0%)>生活污染物(4.9%)>生活用水(1.1%)>住区(0.3%),说明食品、衣着和生活用品、生活能源的消费是消费足迹的主要贡献项。

图2显示,2016年城乡居民人均消费占用各类生产性土地面积与2005年相比均有所增加,其中耕地人均消费足迹从0.856 1 hm²增长至1.016 0 hm²,化石能源用地人均消费足迹从0.294 5 hm²增长至0.573 2 hm²,这2类用地的人均消费足迹增幅最大。耕地、化石能源用地和海水水域的占用比例较大,可能是因为居民的食品消耗量大,同时海南居民的海产品消费量大,所以耕地和海水水域用地占比较大。另外,随着家用电器和私家车使用量的逐年增长,生活耗能和交通耗能增加,化石能源用地占比逐年增长。

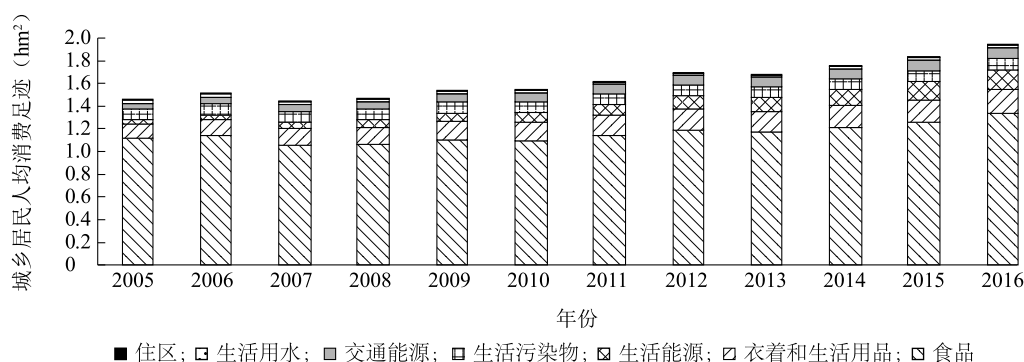


图1 2005-2016年海南城乡居民消费项足迹结构图

Fig.1 Consumption footprint of urban and rural residents in Hainan from 2005 to 2016

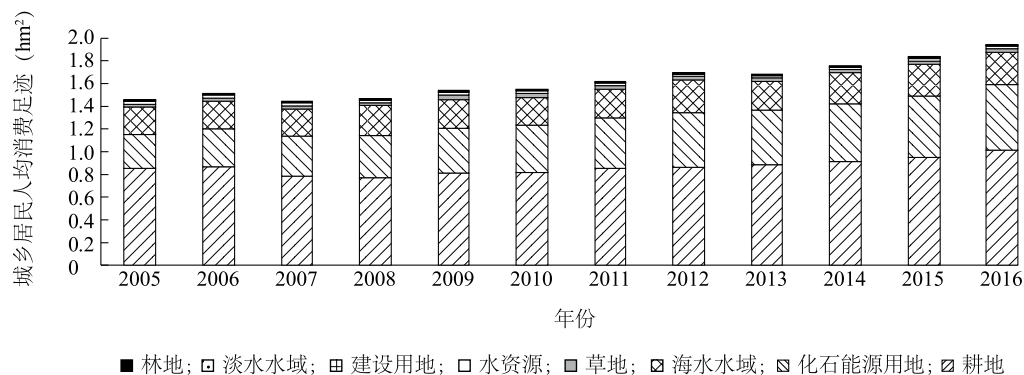


图2 2005-2016年海南城乡居民消费占用土地类型结构图

Fig.2 Structure chart of land types occupied by urban and rural residents in Hainan from 2005 to 2016

2.1.2 海南省城乡居民消费生态赤字分析 表1显示,2016年海南省人均生态承载力为5.4853 hm^2 ,城乡居民人均消费足迹为1.9422 hm^2 。城乡居民耕地和化石能源用地人均消费足迹大于该用地类型的人均生态承载力,产生结构性生态赤字。由于各地均没有专门用于吸收 CO_2 的化石能源用地,故产生化石能源用地赤字,但海南省林地和草地面积较大,所以居民消费所产生的化石能源用地赤字不会对海南生态环境产生严重影响。由于居民消费产生的耕地人均消费足迹大于耕地人均生态承载力,存在人均0.6746 hm^2 的生态赤字。说明,海南居民对农产品的生活需求无法全部由海南省耕地供给,需要从省外调入。随着消费水平的不断提高以及城市化进程加速,生活消费足迹将不断增加,此外,工业生产和旅游业发展也会产生资源占用和环境污染。因此,未来结构性生态赤字将是海南省资源环境面临的较大挑战。

2.1.3 海南省城乡居民消费足迹的驱动因素分析

城乡居民消费足迹变化是社会、经济多因素综合作用的结果。本研究采用 STIRPAT 模型,从人口、经济和技术三个方面分析城乡居民消费足迹产生的驱动因素^[20]。

$$I = aP^bA^cT^de \quad (1)$$

I 、 P 、 A 、 T 分别为环境影响、人口因素、富裕度和技术。 a 为该模型的系数, b 、 c 、 d 分别为人口因素、富裕度和技术的弹性系数, e 为随机误差。

I 是环境影响,选取城乡居民消费足迹作为环境影响因子,反映消费对环境的影响水平; P 是人口因素,由于人口数量和城市化水平都可能会影响消费足迹,选取常住人口总量(R)和城市化率(U)作为人口影响因子; A 是富裕度,选取地区生产总值(GDP)、第三产业产值(S)、城镇居民生活消费支出(C)、农村居民生活消费支出(N)作为经济影响因子,并以2005年为基期,进行平减处理,消除物价上

涨因素的影响; T 是技术,技术革新会影响资源利用率,进而影响单位支出的生态环境压力,选取万元消

费支出的消费足迹量(J)作为技术影响因子。

表 1 2016 年海南省生态承载力结构

Table 1 Ecological carrying capacity structure of Hainan province in 2016

土地类型	人均面积 (hm^2)	均衡因子	产量因子	人均生态承载力 (hm^2)	人均消费足迹 (hm^2)	人均生态赤字/盈余 (hm^2)
耕地	0.092 8	2.190 0	1.680 0	0.341 4	1.016 0	-0.674 6
林地	0.235 0	1.380 0	2.510 0	0.814 0	0.001 0	0.813 0
草地	0.038 6	0.480 0	3.560 0	0.066 0	0.034 2	0.031 8
海水水域	2.792 0	0.360 0	2.480 0	2.492 7	0.285 1	2.207 6
淡水水域	0.015 8	0.360 0	17.190 0	0.097 8	0.005 2	0.092 6
化石能源用地	0	1.380 0	2.510 0	0	0.573 2	-0.573 2
建设用地	0.033 6	2.190 0	1.680 0	0.123 6	0.006 5	0.117 1
水资源	0.420 9	1.020 0	3.610 0	1.549 8	0.021 0	1.528 8

先对数据进行标准化处理,为避免变量间的多重共线性,选用岭回归分析,并加入一个非负的岭参数 k ,使回归系数稳定性提高,根据拟合结果, k 取0.04得到模型,模型的各项系数如表2显示。地区生产总值、第三产业产值、农村居民生活消费支出、城镇居民生活消费支出、万元消费支出的消费足迹量、常住人口总量对居民消费足迹总量有显著影响,城市化率对居民消费足迹总量影响不显著。 $\ln R$ 增长1%,居民消费足迹总量增长0.324 5%; $\ln GDP$ 增长1%,居民消费足迹总量增长0.045 0%; $\ln S$ 增长1%,居民消费足迹总量增长0.037 1%; $\ln C$ 和 $\ln N$ 增长1%,居民消费足迹总量分别增长0.052 8%和0.042 1%。技术对消费足迹有负向影响, $\ln J$ 增长1%,居民消费足迹总量减少0.059 9%。

表 2 岭回归各变量系数

Table 2 Coefficient of ridge regression variables

变量	系数	标准系数	标准误差	T 统计量	P 值
常数	3.230 3				
$\ln R$	0.324 5	0.040 8	0.013 2	3.079 0	0.002 1 *
$\ln U$	-0.468 5	-0.020 4	0.017 4	1.173 0	0.240 9
$\ln GDP$	0.045 0	0.065 8	0.005 7	11.632 0	$<2.00 \times 10^{-16}$ **
$\ln C$	0.052 8	0.060 1	0.005 9	10.228 0	$<2.00 \times 10^{-16}$ **
$\ln N$	0.042 1	0.067 5	0.008 1	8.313 0	$<2.00 \times 10^{-16}$ **
$\ln S$	0.037 1	0.066 1	0.005 8	11.338 0	$<2.00 \times 10^{-16}$ **
$\ln J$	-0.059 9	-0.054 0	0.007 6	7.070 0	1.54×10^{-12} **

R :常住人口总量; U :城市化率; GDP :地区生产总值; S :第三产业产值; C :城镇居民生活消费支出; N :农村居民生活消费支出; J :万元消费支出的消费足迹量。*表示差异显著($P < 0.05$);**表示差异极显著($P < 0.01$)。

2.2 城乡居民生活消费足迹的差异性分析

图3显示,2005年海南省城镇和农村居民人均消费足迹分别为 1.8389 hm^2 和 1.2159 hm^2 ,消费足迹总量分别为 $5.85 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 和 $6.14 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。2016年海南省城镇和农村居民人均消费足迹分别增长至 2.3430 hm^2 和 1.6898 hm^2 ,消费足迹总量分别增长至 $8.16 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 和 $9.36 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。城镇居民人均消费足迹高于农村居民,由于海南省农村人口总量多于城镇人口,因此农村居民的消费足迹总量高于城镇居民。

图3显示,从消费项结构分析,城镇居民各消费项的人均消费足迹均高于农村居民。2005年城镇居民各消费项的人均消费足迹占消费足迹总量的比例从大到小分别为:食品(73.5%)、衣着和生活用品(9.7%)、生活污染物(7.5%)、生活能源(3.9%)、交通能源(3.2%)、生活用水(1.9%)、住区(0.3%)。2005年农村居民各消费项的人均消费足迹占消费足迹总量的比例从大到小分别为:食品(80.4%)、衣着和生活用品(6.7%)、生活污染物(5.9%)、交通能源(2.9%)、生活能源(1.9%)、生活用水(1.8%)、住区(0.4%)。2016年城镇居民各消费项的人均消费足迹占消费足迹总量的比例从大到小分别为:食品(65.1%)、衣着和生活用品(11.3%)、生活能源(10.8%)、生活污染物(5.9%)、交通能源(5.5%)、生活用水(1.2%)、住区(0.3%)。2016年农村居民各消费项的人均消费足迹占消费足迹总量的比例从大到小分别为:食品

(72.0%)、衣着和生活用品(10.3%)、生活能源(7.6%)、交通能源(4.6%)、生活污染物(4.2%)、生活用水(1.0%)、住区(0.3%)。除食品和住区项

目以外,城镇居民其他消费项人均消费足迹占消费足迹总量的比例均高于农村居民。

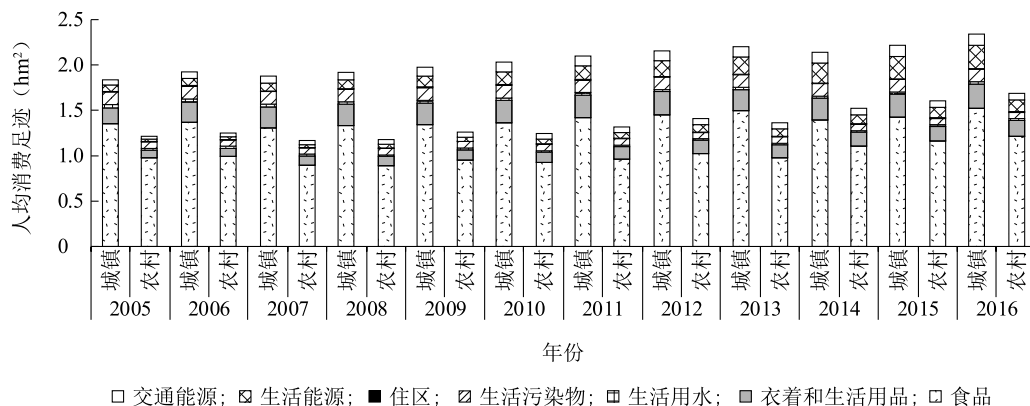


图3 2005–2016年海南城镇和农村居民各消费项足迹比较分析图

Fig.3 Comparative analysis of the consumption footprint of urban and rural residents in Hainan from 2005 to 2016

从消费占用土地类型角度进行分析,结果(图4)显示,城镇居民化石能源用地占地总量的比例高于农村居民,而农村居民耕地占地总量的比例高于城镇居民。2005年城镇居民的耕地、化石能源用地和海水水域占地总量的比例较大,分别为53.1%、23.8%和18.0%。2005年农村居民的耕地、化石能源用地和海水水域占地总量的比例较大,分别为64.3%、16.9%和15.4%。2016年城乡居民

的耕地、化石能源用地和海水水域占地总量的比例高于其他土地类型,但由于交通和生活用能迅速增长,化石能源用地占比明显增加。2016年城镇居民的耕地、化石能源用地和海水水域占地总量的比例分别为49.8%、33.1%和13.0%,农村居民的耕地、化石能源用地和海水水域占地总量的比例分别为54.6%、26.4%和16.2%。

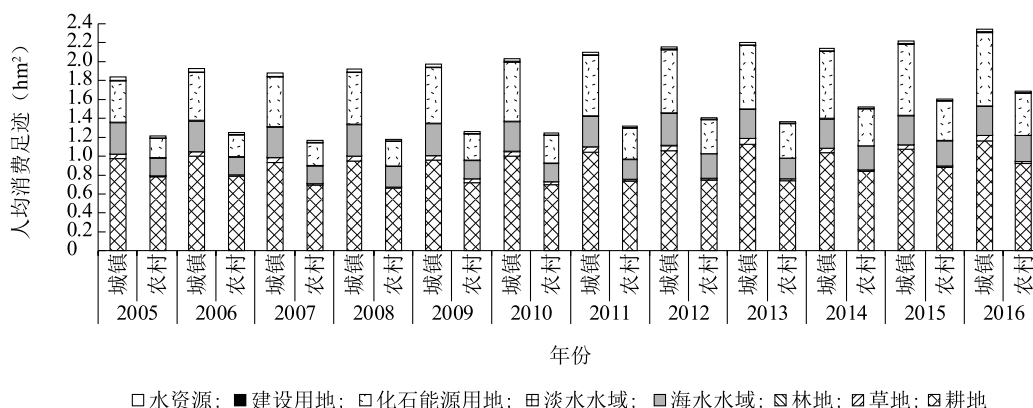


图4 2005–2016年海南城镇和农村居民消费占用土地类型差异分析

Fig.4 Analysis of land type differences between urban and rural residents in Hainan from 2005 to 2016

2.3 农村不同收入水平居民生活消费环境公平性分析

2.3.1 环境基尼系数概念及模型分析 计算2013–2016年海南省农村居民低收入户、中等偏下收入

户、中等收入户、中等偏上收入户和高收入户居民生活消费足迹,构建环境基尼系数,评估不同收入水平居民消费占用生态环境资源的公平性。

采用基尼系数分析居民收入分配的差异性^[21],

构建环境基尼系数,指标范围 $[0,1]$,即:如果环境基尼系数为0,表示不同收入群体居民消费占用的生态环境资源是绝对公平的;如果环境基尼系数为1,表示不同收入群体居民消费占用的生态环境资源是绝对不公平的;在这一区间范围内,数值越小表明居民消费的生态环境资源就越趋于公平,反之就表示越不公平(如图5)。

基尼系数有多种计算方法,如几何法、协方差法、拟合曲线法等^[22],本研究采用几何法计算环境基尼系数,反映居民生活消费占用生态环境资源的内部公平性,其公式如下:

$$Gini = 1 - \sum_{i=1}^n (P_i - P_{i-1})(EP_i + EP_{i-1}) \quad (2)$$

式中: P_i 为累计人口百分比, EP_i 为居民累计消费足迹百分比。

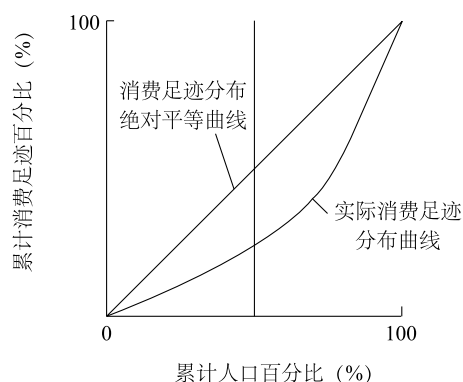


图5 环境洛伦茨曲线图

Fig.5 Lorenz diagram of the environment

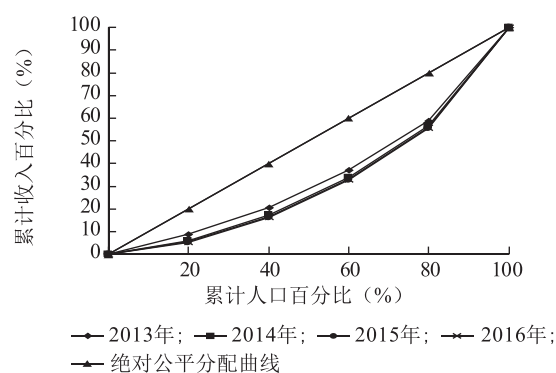
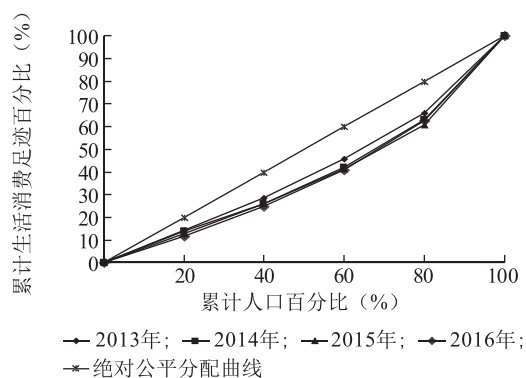


图6 2013-2016年海南省农村居民环境洛伦茨曲线和收入洛伦茨曲线

Fig.6 Environmental lorenz curve and income lorenz curve of rural residents in Hainan from 2013 to 2016

2.3.3 农村居民不同消费项的环境基尼系数 采用环境基尼系数分析2013-2016年农村不同收入水平居民各消费项资源环境占用的公平性及变化特

2.3.2 农村居民生活消费的环境基尼系数 基于环境基尼系数模型,以海南省农村居民不同收入组为基本单元,计算2013-2016年农村居民生活消费的环境基尼系数,并以累计人口百分比为横坐标,累计生活消费足迹百分比为纵坐标,绘制农村居民的环境洛伦茨曲线图。同时以累计人口百分比为横坐标,累计收入百分比为纵坐标绘制农村居民的收入洛伦茨曲线图,对环境基尼系数和收入基尼系数进行对比分析。

图6显示,2013-2016年海南省农村不同收入居民的环境基尼系数和收入基尼系数存在差异,环境基尼系数平均值为0.2449,收入基尼系数平均值为0.3517,表明农村居民消费占用的生态环境资源较收入水平相对公平。

上述研究结论的形成是因为消费性支出在家庭可支配收入中的占比随着收入增长逐渐降低。2013年农村低收入组居民家庭可支配收入中人均消费性支出占比68.96%,而农村高收入组居民家庭可支配收入中消费性支出占比仅为38.57%,至2016年呈相似的分布特征。从消费结构看,2013年医疗保健、教育文化娱乐服务这2项非物质消费支出在低收入组人均消费性支出中占比12.30%,在高收入组人均消费性支出中占比10.90%,2016年医疗保健、教育文化娱乐服务这2项非物质消费支出在低收入组人均消费性支出中占比18.04%,在高收入组人均消费性支出中占比19.17%。

征,结果(图7)显示,不同消费项环境基尼系数有较大区别,其中交通能源、衣着和生活用品、住区和食品消费的环境基尼系数较大。2013年至2016年

间,住区消费的环境基尼系数由0.226 8下降至0.180 5,交通能源消费的环境基尼系数由0.279 4下降至0.264 4,衣着和生活用品消费的环境基尼系

数由0.210 2增长至0.249 9,食品消费的环境基尼系数呈现波动变化趋势,2013年至2014年,由0.178 7增长至0.199 4,至2016年下降到0.186 1。

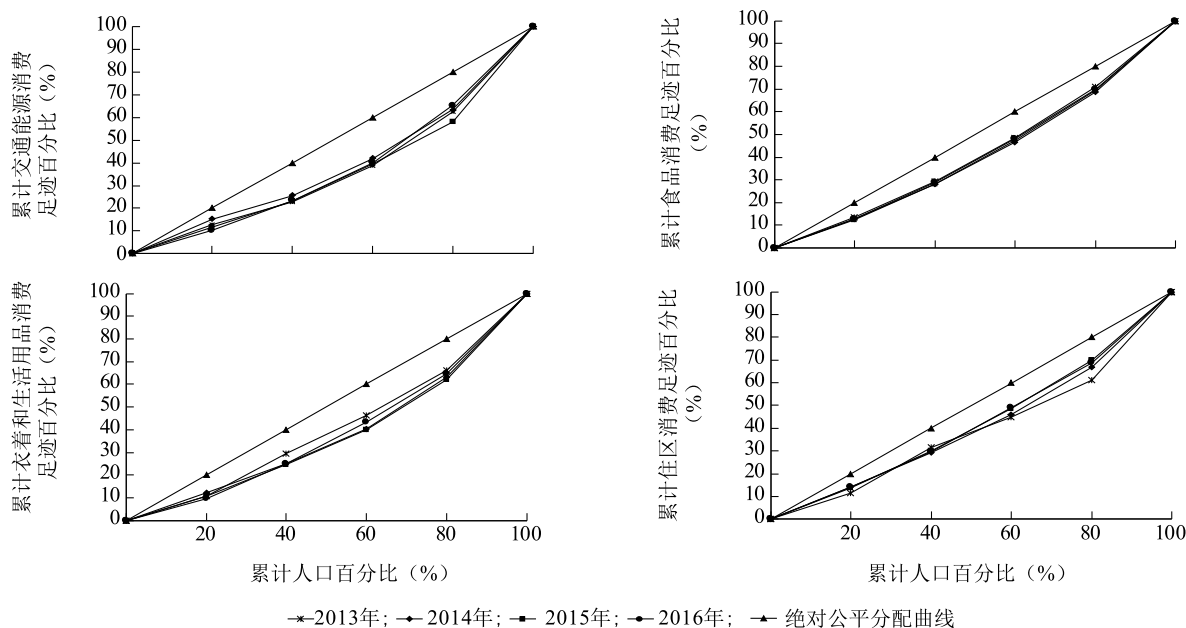


图7 2013-2016年海南农村居民交通、衣着和生活用品、住区、食品消费的环境洛伦茨曲线

Fig.7 Lorenz curve of transportation, daily necessities, residential areas and food of rural residents in Hainan from 2013 to 2016

3 讨论

2005-2016年海南省城乡居民人均消费足迹和消费足迹总量总体呈增加的趋势,从各消费项看,食品和生活能源消费足迹增幅最大,从消费占用的土地类型看,耕地、化石能源用地和海水水域这3类土地承压最大。构建STIRPAT模型,岭回归分析结果表明常住人口总量、地区生产总值、第三产业产值、居民生活消费支出、技术因素是消费足迹增长的重要驱动因素。

总体看,居民人均消费足迹低于人均生态承载力,不存在生态赤字。但是从生态承载力结构分析,耕地的人均消费足迹约是人均生态承载力的3倍,因此居民生活所需的食品等消费品就无法全部由海南省耕地供给,需要从省外调入。此外,由于海产品消费量大,2016年海南省部分海域由于受生活污水影响存在有机污染。因此,保护耕地资源,保障供水和养殖水水质安全是实现海南省可持续发展的重要途径。

海南省城乡居民消费足迹存在明显差异,建议

走新型城镇化道路,推进农村绿色发展。海南省城镇居民人均消费足迹高于农村居民,但农村人口多于城镇人口,因此农村居民消费足迹总量高于城镇居民。从土地类型看,城镇居民化石能源用地占地总量的比例高于农村居民,而农村居民耕地占地总量的比例高于城镇居民。由于农村居民数量多,随着农村经济不断发展,消费水平不断提高,区域资源环境压力将进一步增大。

2013-2016年,海南省农村不同收入水平居民环境基尼系数和收入基尼系数差异不大,环境基尼系数平均值0.244 9,收入基尼系数平均值0.351 7,环境基尼系数平均值低于收入基尼系数平均值,表明海南省不同收入水平农村居民生活消费产生的资源环境占用较收入水平差距更小,农村居民消费占用的生态环境资源相对公平。

2016年海南省居民人均生态承载力高于人均消费足迹,但随着区域生产与旅游业发展,生态环境压力也会随之增大。为缓解工业化、城镇化发展和消费升级对区域生态环境的压力,提倡生产和消费对环境负责原则,不断转变生产方式和消费模式,推

进建立有利于生态旅游岛建设的绿色生产和绿色消费模式。由于本研究统计项目不全,所以计算结果可能与居民实际消费情况存在一定偏差。

参考文献:

- [1] 中商产业研究院.2017年海南省旅游业发展数据分析:旅游收入突破800亿[EB].(2018-01-25)[2018-07-05].<http://www.askci.com/news/chanye/20180125/115245116855.shtml>.
- [2] 海南省人民政府.海南省政府在博鳌召开新闻发布会介绍“十二五”发展成就[EB].(2016-03-26)[2018-07-11].http://www.hainan.gov.cn/hn/zwgk/xwfb/szl/201603/t20160324_1814598.html.
- [3] 海南省发改委.海南省城镇污水处理设施“十三五”规划[EB/OL].(2017-08-30)[2018-08-06].http://xxgk.hainan.gov.cn/hi/HI0102/201709/t20170908_2419816.htm.
- [4] IVANOVA D, STADLER K, STEEN-OLSEN K, et al. Environmental impact assessment of household consumption[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2016, 20(3):526-536.
- [5] COGOY M. A model of eco-efficiency and recycling[J]. *Social Science Electronic Publishing*, 2009, 3:1-30.
- [6] NOTARNICOLA B, TASSIELLI G, RENZULLI P A, et al. Environmental impacts of food consumption in Europe[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 140: 753-765.
- [7] 邹鑫.我国城市居民消费可持续性评估研究[D].大连:大连理工大学,2008.
- [8] 王京京.环境价值观对绿色消费行为的影响及作用机理研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.
- [9] DAFT R L. *Organization theory and design* [M]. 7th ed. Ohio: South-Western Publishing, 2001.
- [10] WACKERNAGEL M, REES W. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth[M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [11] 杜斌,张坤民,温宗国,等.城市生态足迹计算方法的设计与案例[J].清华大学学报(自然科学版),2004,44(9):1171-1175.
- [12] 郭华,蔡建明,杨振山.城市食物生态足迹的测算模型及实证分析[J].自然资源学报,2013,28(3):417-425.
- [13] LI X M, XIAO R B, YUAN S H, et al. Urban total ecological footprint forecasting by using radial basis function neural network: A case study of Wuhan city, China[J]. *Ecological Indicators*, 2010, 10(2):241-248.
- [14] 陈文辉,谢高地,张昌顺,等.北京市水果消费的生态足迹距离研究[J].生态学报,2018,38(3):760-768.
- [15] 李艳梅,张雷.中国居民间接生活能源消费的结构分解分析[J].资源科学,2008,30(6):890-895.
- [16] 陶在朴.生态包袱与生态足迹:可持续发展的重量及面积观念[M].北京:经济科学出版社,2003:18-21.
- [17] 符国基.海南省生态足迹研究[M].北京:化学工业出版社,2007.
- [18] 杨莉,温勇,徐铭东.基于生态足迹模型的青海省人口与资源环境协调发展研究[J].西北人口,2014,35(2):35-39.
- [19] 张坤民,温宗国,杜斌,等.生态城市评估与指标体系[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [20] 渠慎宁,郭朝先.基于STIRPAT模型的中国碳排放峰值预测研究[J].中国人口·资源与环境,2010,20(12):10-15.
- [21] 吴文俊,蒋洪强,段扬,等.基于环境基尼系数的控制单元水污染负荷分配优化研究[J].中国人口·资源与环境,2017,27(5):8-16.
- [22] 何帮强,洪兴建.基尼系数计算与分解方法研究综述[J].统计与决策,2016(14):13-17.

(责任编辑:王妮)