

农村富裕程度对生活用能足迹的影响分析

杨 振¹, 张慧娟²

(1. 华中师范大学 城市与环境科学学院, 湖北 武汉 430079; 2. 武汉船用电力推进装置研究所, 湖北 武汉 430064)

摘要: 能源消费会产生大量的温室气体, 主要为 CO₂、CH₄ 或 N₂O 等, 通过温室气体排放量估算中国 1990—2008 年农村生活用能足迹显示: 近 20 年来中国农村生活用能总足迹增长趋势明显, 年均增长 7.32%; 薪柴、秸秆和煤炭足迹比重持续降低, 沼气和电力足迹比重显著上升。利用恩格尔系数作为中国农村富裕程度的衡量指标, 考察农村富裕程度对各类生活用能足迹的影响, 结果表明: 恩格尔系数对薪柴、秸秆足迹的影响作用不甚明显, 与煤炭足迹同向变动, 与沼气、电力足迹和总足迹反向变动, 影响作用显著。

关键词: 生活用能; 生态足迹; 恩格尔系数; 农村富裕

中图分类号: F323.22; X821

文献标志码: A

文章编号: 1009-2013(2010)04-0015-05

Influence of rural affluence on household energy's footprint

YANG Zhen¹, ZHANG Hui-juan²

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Central China Normal University, Wuhan 430079, China; 2. Wuhan Institute of Marine Electric Propulsion, Wuhan 430064, China)

Abstract: This paper estimates China's rural household energy's footprint from 1990 to 2008. The results showed that: 1) in the last 20 years, the increasing trend of rural household energy's footprint was very significant, 7.32% annually; 2) the footprint of firewood, straw and coal continued reducing while the footprint of gas and power increasing significantly; 3) Engel's coefficient influenced the firewood and straw so little, and changed in the same direction with coal footprint; However, Engel's coefficient changed reversely with the gas, power footprint; 4) compared with other energy, power footprint was sensitive to change of rural affluence. The paper provided a reference for the China's rural energy development.

Key words: household energy; ecological footprint; Engel's coefficient; rural affluence

一直以来, 中国各级政府都把提高农村居民的富裕水平作为重要的施政目标^[1]。虽然富裕并非一定对环境不利, 但富裕与环境休戚相关。富裕改变了人们原本的生活模式, 在一定程度上增加了对自然资源的开采, 间接加重了环境污染^[2]。生活用能关乎千家万户的衣、食、住、行等基本活动, 是研究富裕和环境关系的良好切入点^[3]。随着城市化的快速推进和以城带乡、以工促农、新农村建设等政策的深化实施, 农村生活用能快速增长已成为中国能源消费的基本趋向之一。

收稿日期: 2010-07-05

基金项目: 中央高校基本科研业务费资助项目(CCNU 09A01016)

作者简介: 杨 振(1978), 男, 山东成武人, 讲师, 博士。研究方向: 能源地理与区域可持续发展。

尽管许多学者已经从农户收入^[4]、家庭成员(尤其是户主)受教育程度^[5]、家庭结构^[6]、能源政策^[7]、技术进步^[8]、生活方式^[9]、妇女解放^[10]、环保意识^[11]、文化与习俗^[12]等视角探讨了农村生活用能变化的基本特征和影响因素问题, 但既有研究多以定性描述为主, 缺乏深入的定量分析, 在一定程度上弱化了既有研究成果的应用价值。中国农村人地关系矛盾日趋尖锐, 笔者拟以生态足迹作为各类能源消费的统一化指标, 在估算 1990—2008 年生活用能足迹的基础上, 定量考察居民富裕水平提高对农村各类用能足迹的影响, 以期为新农村能源建设提供参考依据。

一、农村生活用能足迹变动

不同能源具有不同的性状和用途, 为了对比分

析,研究者须将不同类生活用能进行统一化处理。生态足迹(ecological footprint)是 20 世纪 90 年代由加拿大生态经济学家 Wackernagel 等人提出的一个测度环境可持续性的指标。任何已知人口(某个人、一个城市或一个国家)的生态足迹是指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所有废弃物所需要的生物生产性土地面积(包括陆地和水域)^[12]。近几年来,生态足迹以较为科学的理论基础、精简统一的指标体系和概念本身的普适性而被研究人员普遍接受^[13]。本文选取生态足迹作为农村生活能源消费环境影响的统一化指标。

1. 温室气体排放估算

能源消费会产生大量的温室气体,主要为 CO₂、CH₄ 或 N₂O 等,研究者在计算能源足迹时,多从吸收温室气体所需要的林地面积(即化石能源地)的视角入手。由于中国的温室气体排放清单正在编制之中,暂无权威的排放数据可以引用。笔者拟根据 IPCC 温室气体排放计算指南提供的基本方法^[14],首先对历年农村生活用能产生的 CO₂、CH₄、N₂O 进行估算,然后再折算为对应的生态足迹。温室气体排放估算公式为:

$$Q_t = \sum_{i=1}^n B_{it} \times C_{it} \quad (1)$$

式中, Q_t 为第 t 年农村生活用能产生的 CO₂、CH₄ 或 N₂O 排放总量; B_{it} 为第 t 年能源类型 i 的实际消费量,按标准煤计; C_{it} 为第 t 年消费能源 i 的 CO₂、CH₄ 或 N₂O 排放因子; $i=1,2,\dots,5$, 分别代表薪柴、秸秆、沼气、煤炭、电力等 5 种能源类型。为简化分析,排放因子统一取《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南(第二卷,能源)》中提供的缺省值。由于农村生活用煤主要为原煤,其排放因子取指南中各类煤炭缺省排放因子的平均值;薪柴的排放因子参照固体生物燃料中木材的缺省值选取;秸秆的排放因子参照固体生物燃料中其他主要固体生物量的缺省值选取;户用沼气参照气体生物量的排放因子进行选取。

由于指南中的排放因子单位为“ kg/TJ ”,这里根据中国统计数据特点和折标准煤系数统一转换为“ g/kg ”。另外,由于中国的电力生产以火电为主(2008 年占 80.95%),而火电生产多以煤炭等

化石能源作燃料,因此农村生活电力的消费也意味着温室气体的间接排放,相关排放因子直接取自文献^[15],单位为“ g/kW h ”。农村生活用能相关的温室气体排放因子汇总结果,见表 1。

表 1 农村生活用能类型及温室气体排放因子 g/kg

温室气体	薪柴	秸秆	沼气	煤炭	电力 g/(kW h)
CO ₂	1 873.31	1 463.50	1 141.58	2 026.40	1 070.00
N ₂ O	0.07	0.06	0.00	0.03	64.60
CH ₄	0.50	0.44	0.02	0.02	26.00

2. 生活用能足迹估算

参考已有文献^[16]的处理思路,CO₂ 的生态足迹利用已知的化石能源地平均 CO₂ 吸纳能力(5.2t/hm²)直接折算,N₂O 和 CH₄ 的生态足迹通过其全球变暖潜势(global warming potential, GWP)折算出相应的 CO₂ 当量值后再进行估算。某年份农村生活用能足迹的计算公式,如式(2)所示:

$$EF_{CO_2, N_2O, CH_4} = EF_{CO_2} + EF_{N_2O} + EF_{CH_4} \quad (2)$$

$$= \frac{1}{5.2} (Q_{CO_2} + GWP_{N_2O} \times Q_{N_2O} + GWP_{CH_4} \times Q_{CH_4})$$

式中, Q_{CO_2} 、 Q_{N_2O} 、 Q_{CH_4} 分别为农村生活能源消费产生的 CO₂、N₂O 与 CH₄ 排放量, GWP_{N_2O} 、 GWP_{CH_4} 为 N₂O、CH₄ 的全球变暖潜势,分别取 310、21。

3. 农村生活用能足迹变动

根据公式(1)、(2)和相关年份的《中国农村能源年鉴》、《中国能源年鉴》提供的基础数据,估算中国 1990-2008 年农村不同类型生活用能足迹和总足迹。从图 1 可以看出,近 20 年来,中国农村生活用能总足迹呈快速增长趋势,从 1990 年的 19 081.75×10⁴ hm² 增长到 2000 年的 35 281.78×10⁴ hm² 和 2008 年的 78 374.37×10⁴ hm², 年均增长 7.32%。其中,电力足迹从 1990 年的 8 138.062×10⁴ hm² 增长到 2000 年的 27 620.02×10⁴ hm² 和 2008 年的 68 679.77×10⁴ hm²。薪柴、煤炭与沼气足迹在 20 年里有所升降,变化幅度较小。

对比 1990 年 2008 年的总足迹增长了 59 292.62×10⁴ hm², 其中电力足迹增长了 60 541.71×10⁴ hm², 沼气足迹增长了 168.38×10⁴ hm², 二者合计增长 60 710.09×10⁴ hm²。相应地,薪柴、秸秆与煤炭足迹分别减少

417.6×10⁴ hm²、139.98×10⁴ hm²、859.89×10⁴ hm²，合计减少了 1 417.47×10⁴ hm²。电力足迹在总足迹的

正向变动中贡献率最高，煤炭足迹在减弱总足迹的正向变动中的贡献率最高。

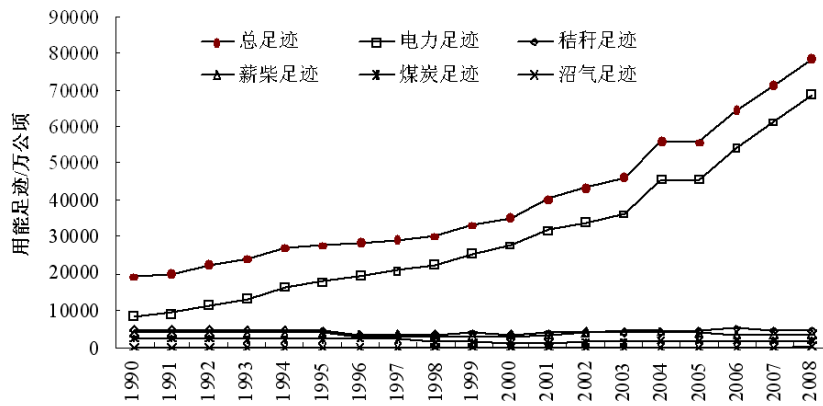


图 1 1990—2008 年中国农村生活用能足迹变动

从用能足迹结构变动的视角看，以薪柴、秸秆为代表的传统能源足迹比重持续降低，二者分别从 1990 年的 19.92%、24.71% 下降至 2008 年的 4.32%、5.84%。煤炭足迹比重与此类似，从 1990 年的 12.64% 下降到 2008 年的 1.98%。沼气是政府大力推广的新型能源，其足迹比重有明显上升趋势，从 1990 年的 0.08% 上升至 2008 年的 0.23%，增长了近 3 倍。电力足迹所占比重最大，近 20 年来的比重均超过 40%，且保持了强劲的持续增加势头，由 1990 年的 42.65% 增加到 2008 年的 87.63%。

表 2 1990—2008 年中国农村生活用能足迹结构 %

年份	薪柴足迹	秸秆足迹	沼气足迹	煤炭足迹	电力足迹
1990	19.92	24.71	0.08	12.64	42.65
1991	18.86	23.52	0.09	11.76	45.77
1992	16.87	21.14	0.09	10.32	51.58
1993	15.59	19.62	0.10	9.26	55.43
1994	13.74	17.38	0.10	8.22	60.57
1995	13.21	15.59	0.09	7.61	63.51
1996	10.78	12.19	0.09	8.58	68.36
1997	10.52	11.96	0.09	6.46	70.98
1998	10.26	11.74	0.09	4.55	73.37
1999	8.64	10.85	0.10	3.76	76.66
2000	8.36	10.05	0.10	3.20	78.28
2001	8.89	9.45	0.12	2.89	78.65
2002	9.64	9.37	0.14	2.75	78.10
2003	9.29	8.93	0.16	3.08	78.54
2004	7.89	7.48	0.16	3.25	81.23
2005	6.78	8.21	0.19	3.27	81.54
2006	5.52	7.93	0.17	2.67	83.70
2007	4.81	6.48	0.23	2.25	86.23
2008	4.32	5.84	0.23	1.98	87.63

二、富裕程度对生活用能足迹的影响

1. 农村富裕指标

一般来说，影响农村生活用能足迹变动的因素很多，如人口规模、家庭结构、文化程度、消费习惯、生活水平、环保意识、用能技术、能源政策等^[17]。由于饮食是人类生存的第一需要，在收入水平较低时，其在消费支出中必然占据重要地位。随着收入的增加，在食物需求基本满足的情况下，消费重心才会开始向穿和用等方面转移。恩格尔系数 (Engel's Coefficient) 表示居民食品支出总额占其消费支出总额的比重，揭示了居民收入和食品支出之间的相互关系，可在很大程度上反映经济发展、收入增加对生活消费的影响程度。因此，一个国家或家庭生活越贫困，恩格尔系数就越大；反之，生活越富裕，恩格尔系数就越小。根据联合国粮农组织 (FAO) 提出的标准，恩格尔系数在 59% 以上为贫困，50% ~ 59% 为温饱，40% ~ 50% 为小康，30% ~ 40% 为富裕，低于 30% 为最富裕^[18]。

本文利用恩格尔系数作为中国农村富裕水平的衡量指标。根据历年中国统计年鉴资料，1990 年中国农村居民家庭恩格尔系数为 58.8%，2000 年和 2008 年分别为 49.1%、43.7%，整体下降趋势比较明显 (图 2)。这种情况与中国农村城镇化的快速推进和以城带乡、以工促农、新农村建设等政策的深化实施不无关系。

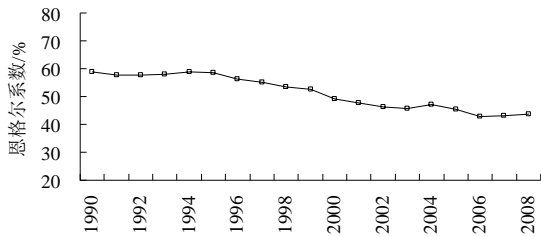


图2 1990—2008年中国农村居民家庭恩格尔系数

2. 农村富裕对生活用能足迹的影响

以恩格尔系数(x)为自变量,分别以薪柴足迹(y₁)、秸秆足迹(y₂)、沼气足迹(y₃)、煤炭足迹(y₄)、电力足迹(y₅)、总足迹(y₆)为因变量,建立回归方程,并利用最小二乘法进行估计,以探求农村富裕对生活用能足迹的影响作用(表3)。

表3 农村富裕对生活用能足迹的影响模拟

模型	回归方程式	R ²	Prob(t-statistic)	Prob(F-statistic)
1	$y_1 = 4\ 125.17 - 10.65x$	0.021 2	0.000 3, 0.551 8	0.551 8
2	$y_2 = 4\ 393.85 - 3.18x$	0.001 3	0.000 9, 0.882 5	0.882 5
3	$y_3 = 415.64 - 6.95x$	0.698 7	0.000 0, 0.000 0	0.000 0
4	$y_4 = -901.86 + 52.19x$	0.479 8	0.204 1, 0.001 0	0.001 0
5	$y_5 = 169\ 379.89 - 710.78x$	0.845 1	0.000 0, 0.000 0	0.000 0
6	$y_6 = 177\ 412.70 - 2\ 679.37x$	0.827 7	0.000 0, 0.000 0	0.000 0

注: Prob(t-statistic)一栏中第一个数字为截距的t统计量P值,第二个数字为自变量的t统计量P值

从表3可以看出,模型1和模型2的回归系数没有通过t检验,说明恩格尔系数对薪柴、秸秆足迹的变化没有显著影响。模型3-5通过t检验,说明恩格尔系数对沼气、煤炭、电力足迹具有显著的影响作用,但影响强度和方向有所不同。其中,煤炭足迹与农村富裕水平异向变动(回归系数为52.19),表明在其他条件不变的情况下农村恩格尔系数每降低1个百分点,将推动煤炭足迹减少52.19%。沼气足迹、电力足迹与农村富裕水平同向变动,回归系数分别为-6.95、-710.78,说明在其他条件不变的情况下恩格尔系数每降低1个百分点,将推动沼气和电力足迹分别提高6.95%、710.78%。前者属于政府大力推广的新型能源,后者则极大满足了人们对能源使用的舒适性、便利性和卫生性的要求。显然,相对于沼气足迹而言,电力足迹对富裕程度的变动更为敏感。模型6以汇总的用能足迹做因变量,估计结果显示自变量可以解释因变量变化的82.77%。回归系数为较大的负值(-2 679.37)且极为显著,说明恩格尔系数与用能总足迹之间存在显著的反向变动关系。

从农村富裕对不同生活用能足迹的影响强度和方向可以发现,随着富裕程度的提高,人们对生活能源的消费逐渐从“脏、乱、差”的传统能源(薪柴、秸秆、煤炭)逐渐转向相对洁净、方便的

沼气和电力能源。这一转变与中国农村户用沼气建设和农村电网改造取得较大进展密切相关^[19]。由于电力能源用途的广泛性以及对其他能源的强替代性,当收入增加时居民对电力的消费需求日益旺盛,这是农村电力足迹对恩格尔系数反向弹性较大的基本原因。相对于其它能源类型而言,某地区农户电力消费比例的提高意味着当地环境压力的相对减小。但由于大多数地区的生活电力多从外地输入,而电力生产多以煤炭等化石能源作燃料,生产过程会产生严重的大气污染和土壤破坏等问题,因此,农户电力消费比例的提高还意味着电力生产地环境压力的相对增加。

三、结论

本文在估算1990—2008年农村生活用能足迹的基础上,定量考察居民富裕水平提高对各类用能足迹的影响,结果表明:近20年来农村生活用能总足迹增长趋势明显;薪柴、秸秆和煤炭足迹比重持续降低,沼气和电力足迹比重显著上升;恩格尔系数对薪柴、秸秆足迹的影响不甚明显,与煤炭足迹同向变动,与沼气、电力足迹和总足迹反向变动,影响均相当显著;电力足迹对农村居民富裕水平的提高最为敏感,且占据总足迹的最大比例,反映了农村居民生活能源消费需求的基本趋向。由于长期

以来中国的电力供给以火电为主,在当前农村人地关系日趋严峻的宏观背景下,农村生活用电的快速增长在提升居民生活质量的同时也带来了严重的环境压力。

值得指出的是,中国是一个发展中大国,农村地域广阔,人口众多,生活水平还远没有达到普遍富裕的程度。在农村现代化进程中,相对于节能减排、生态环境保护等问题而言,居民收入的持续、快速增长同等重要。生活富裕和环境保护是一个两难选择,这就要求政府必须采取一些有效的政策和措施对农村居民的生活方式、消费观念进行合理引导,及时制止高收入农户的过度消费和炫耀性消费倾向;同时加大在新能源方面的投入力度,增加太阳能、沼气等清洁能源的消费比重,减少化石能源的直接或间接使用数量,优化能源消费结构。

参考文献:

- [1] 王革华. 全面建设小康社会的农村能源问题及其发展战略[J]. 科技导报, 2005, 23(5): 53-55.
- [2] Omar R. Masera. From linear fuel switching to multiple cooking strategies: a critique and alternative to the energy ladder model[J]. World Development, 2000, 28(12): 2083-2103.
- [3] 李国柱. 区域农村生活能源生态经济系统研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2007.
- [4] Muyeye Chambwera, Henk Folmer. Fuel switching in Harare: An almost ideal demand system approach[J]. Energy Policy, 2007(35): 2538-2548.
- [5] Vinod Joon, A. Chandra, M. Bhattachary. Household energy consumption pattern and socio-cultural dimensions associated with it: A case study of rural Haryana, India[J]. Biomass and Bioenergy, 2009(33): 1509-1512.
- [6] Makoto Kanagawa, Toshihiko Nakata. Analysis of the energy access improvement and its socio-economic impacts in rural areas of developing countries[J]. Ecological Economics, 2006(58): 1-11.
- [7] Cai J, Jiang Z. Changing of energy consumption patterns from rural households to urban households in China[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008(12): 1667-1680.
- [8] Gang Liu, Mario Lucasc, Lei Shen. Rural household energy consumption and its impacts on eco-environment in Tibet: Taking Taktse county as an example[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008(12): 1890-1908.
- [9] Frauke Urban, René M. J. Benders, Henri C. Moll. Energy for rural India[J]. Applied Energy, 2009(86): S47-S57.
- [10] Huang Liming. Financing rural renewable energy: comparison between China and India[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009(13): 1096-1103.
- [11] Judith A. Chernia, Isaac Dyrnerb, Felipe Henao. Energy supply for sustainable rural livelihoods: A multi-criteria decision-support system[J]. Energy Policy, 2007(35): 1493-1504.
- [12] 杨 振, 牛叔文, 常慧丽. 基于生态足迹模型的区域生态经济发展持续性评估[J]. 经济地理, 2005, 25(4): 542-546.
- [13] 杨 莉, 刘 宁, 戴明忠. 城镇化进程中居民生活消费的生态环境压力评估[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5610-5618.
- [14] IPCC. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: volume II [ES/OL]. Japan: the Institute for Global Environmental Strategies, 2008.
- [15] 狄向华, 聂祚仁, 左铁镛. 中国火力发电燃料消耗的生命周期排放清单[J]. 中国环境科学, 2005, 25(5): 632-635.
- [16] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural-capital accounting with the ecological footprint concept[J]. Ecological Economics, 2000, (29): 375-390.
- [17] 虞江萍, 崔 萍, 王五一. 中国农村生活能源中 SO₂、NO_x 及 TSP 的排放量估算[J]. 地理研究, 2008, 27(3): 547-555.
- [18] 徐中民, 程国栋, 邱国玉. 可持续性评价的一个新框架: ImPACTS 等式[J]. 地理学报, 2005, 60(2): 198-208.
- [19] 王效华, 冯祯民. 中国农村生物质能源消费及其对环境的影响[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(1): 108-110.

责任编辑: 李东辉