

上海市居民消费碳排放的实证分析

吴开亚¹, 郭旭², 王文秀³, 张浩^{4*}

(1. 复旦大学公共管理与公共政策创新基地, 上海 200433; 2. 合肥工业大学资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230009;
3. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 4. 复旦大学环境科学系, 上海 200433)

摘要:居民消费碳排放是国内外温室气体排放研究的重要问题。利用1997~2010年上海市统计数据,分别采用改进的投入产出模型法、碳排放系数法核算了上海市居民间接和直接能源消费产生的碳排放,分析了上海市居民消费的碳排放变化、居民消费碳排放的城乡差异、各部门对居民间接能源消费碳排放的贡献。结果表明:(1)1997~2010年上海市居民消费产生的碳排放呈逐年上升趋势,间接能源消费是居民消费的碳排放的主要来源,在居民消费碳排放总量中占有较大比重;(2)1997~2010年上海市城镇居民消费碳排放呈逐年上升,农村居民消费碳排放呈下降趋势,居民消费碳排放存在着显著的城乡差异;(3)14个部门对居民消费碳排放的贡献大小不同,其中文教卫生商务及其他服务、交通运输仓储及信息服务、食品制造及烟草加工业3个部门对城乡居民消费碳排放的贡献最大;(4)提高各部门能源利用效率、降低部门单位产出的碳排放、引导居民向低碳产品消费的转变是居民消费碳减排的有效措施。研究结果可为上海市居民生存碳排放的评估提供数据支持,为政府部门制定碳减排措施、引导居民低碳消费提供理论指导。

关键词:温室气体;居民消费;碳排放;能源消费碳排放;上海市

中图分类号: X32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-8227(2013)05-0535-09

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)发布的第四次评估报告认为,1906~2005年全球平均地表温度上升了0.74℃,人类活动产生的温室气体(主要是CO₂)浓度增加可能是导致气候变暖的主要原因之一^[1]。美国橡树岭国家实验室二氧化碳信息分析中心(CDIAC)发布的统计资料显示,中国自2006年起CO₂排放总量已超过美国,成为全球最大的碳排放国,人均碳排放量也超过世界平均水平。随着社会经济发展和居民生活水平的提高,居民消费带来的碳排放也日渐增长。统计数据表明居民生活消费的直接与间接能源消耗已超过产业部门,成为碳排放的主要增长点^[2],如欧盟家庭能源需求在1990年代就已超过工业能源需求。而中国居民消费的增加也对碳排放产生巨大的推动作用,每年有30%的碳排放是直接由居民消费行为产生的,居民间接能源消费是直接能源消费的2.44倍^[3],城镇居民直接碳排放量一直处于增长状态^[4]。居民消费在不同的历史时期及不同的居住区域表现为不同的消

费水平与消费结构,其发展变化又受到经济水平、收入状况、社会文化等诸多因素的共同作用。目前中国正处于高速增长和社会转型时期,居民生活消费方式正发生着深刻变化,并强烈地影响碳排放水平。而居民消费碳排放量与居民生活质量密切相关,对于碳排放的管理要充分考虑人口生存和生活碳排放量的基本需求,居民有权利在将来一段时期消费更多的含碳产品,以满足其提高福利和发展的需求^[5]。

研究居民消费碳排放的方法主要有投入产出分析(Input-Output Analysis, IOA)、消费品生命周期分析(Consumer Life-cycle Analysis, CLA)。投入产出分析是目前研究居民消费品载能及其碳排放的主流方法^[6]。Kok等^[7]综合考察了基于投入产出分析的间接能源需求及碳排放测算方法,将其分为“基本投入产出能源分析”法、“投入产出+家庭支出”法、“混合能源分析”法,并进一步指出,基于投入产出分析,对同一研究对象利用不同的数据来源和不

收稿日期:2012-05-06;修回日期:2012-08-14

基金项目:国家社会科学基金重大项目(10ZD8-032);国家自然科学基金项目(71173047);教育部人文社会科学研究规划基金项目(09YJA790045)

作者简介:吴开亚(1968~),男,安徽省利辛人,教授,博士,研究方向为资源环境经济。E-mail: wuky2000@vip.sina.com

* 通讯作者 E-mail: zhokzhok@163.com

同的归并方式,会产生不同的结果。Schipper 等^[8]对 1970 年代瑞士居民家庭消费的研究表明,居民消费行为如私人汽车、居住、服务等,能够影响大约全部能源消费的 45%~55%。Lenzen^[9]、Christoph 等^[10]分别建立评估模型,定量分析了澳大利亚、德国、法国、荷兰等国的消费者行为与生活方式因素对能源消费和温室气体排放的影响。Kim^[11]研究了 1985~1995 年韩国居民消费模式的变化对 CO₂ 与 SO₂ 排放的影响,显示了居民生活的直接能源消费及对强排放消费品的需求,是影响温室气体排放的重要因素。付加锋等^[12]对 1990~2004 年 44 个国家的人均 GDP 与生产型和消费型的单位 GDP 的 CO₂ 排放进行面板数据的单位根检验和协整分析,表明多数发展中国家的消费型单位 GDP 的 CO₂ 排放量总是低于生产型单位 GDP 的 CO₂ 排放量。消费者生命周期方法在居民消费品间接碳排放领域的应用目前仅有少量研究。Reinders 等^[13]的研究指出,CLA 方法需要提供极其详尽的产品生命周期数据,包括产品的生产、储存、运输、消耗和回收利用等,这在很大程度上使该分析方法的应用受到限制。Shui 等^[14]利用 CLA 方法考察了 1997 年美国消费者行为与能源利用以及 CO₂ 排放量之间的关系,研究表明,美国能源消耗的 28%、CO₂ 排放量的 41% 来自居民家庭的直接消费,超过 80% 的碳排放可以归因于消费者的直接和间接能源需求。

中国居民消费对能源需求及碳排放的间接影响也取得了一些进展。Jane 等^[15]根据 2005 年中国各产业部门的能源消耗与产出数据以及国家统计局发布的《城市家庭的收入和支出调查》数据,考察了城市家庭消费模式对能源需求及碳排放的影响。结果表明,中国城市家庭的间接能源需求占全行业能源需求总量的份额为 32%。魏一鸣等^[16]分析了 1992~2002 年中国居民消费对碳排放的直接和间接影响,发现城镇和农村居民对碳排放直接和间接影响约占全部一次能源碳排放的 40%;食品、衣着和居民设备用品及服务引起的间接碳排放占全部间接碳排放的 50% 以上,居住消费是最主要的碳排放密集型行为。刘晶茹等^[17]以 1997 年中国投入产出表为基础,部分采用综合生命周期法对居民终端消费的 CO₂ 排放情况进行了研究。智静等^[18]利用 1978~2006 年中国统计数据,通过对城乡居民食品消费结构差异以及食品消费周期中能源、化学品等物质投入进行分析,从直接和间接两个方面研究城乡居民食品消费对碳排放产生的影响。但由于中国目前缺

乏建立 EIO-CLA 模型的数据基础,一些学者研究居民消费对碳排放的间接影响时仅将与居民消费品有直接关联的产业的直接能源强度加总平均,因而反映不出消费与生产网络之间真正的联系^[19]。

目前国内外居民消费的相关研究已取得阶段性成果,但已有文献较多地关注能源消费导致的国家总量层次上的碳排放,对于区域尺度上的碳排放研究并不多见,尤其缺乏区域碳排放人文因素影响方面的研究,如居民生活水平、家庭规模、消费行为差异等因素的影响分析。而居民消费碳排放水平的高低直接关系到居民的生存发展权和碳排放权,迫切需要加强居民消费及其相关因素对碳排放影响的定量研究。本文通过对 1997~2010 年上海市居民消费碳排放的实证研究,可以反映中国(尤其是发达地区)居民消费对碳排放的贡献和合理的碳排放需求,有利于认识居民消费规模和消费水平对区域碳排放的贡献率,揭示居民消费合理的碳排放需求和碳排放权,积极引导居民向健康低碳的生活方式转变,为国际气候谈判、国家气候政策和区域可持续发展管理提供数据、方法和决策支持。

1 研究方法

1.1 间接能源消费碳排放核算方法

根据研究目的和数据的可获得性,本文选用投入产出能源分析方法进行居民间接能源消费的碳排放核算。投入产出模型的基本公式^[19]为:

$$X = F(I - A)^{-1}Y \quad (1)$$

式中: X 为居民消费的间接能耗; A 为投入产出表中的直接消耗系数矩阵; F 为与 $n \times n$ 维投入产出表中各产业所对应的产业能源强度,即能源强度矩阵,是一个横向量; $(I - A)^{-1}$ 是列昂惕夫逆矩阵,表示各个产业单位产出所需的所有产业的完全投入; Y 为最终需求,是一个 n 维列向量转化的对角矩阵; $F(I - A)^{-1}$ 为能源消耗乘数因子,表示各个产业单位产出所需的所有产业的完全能源投入。

式(1)是为计算间接能源消耗而建立的模型。本文以计算间接能源消费产生的碳排放为目的,即在计算间接能源消费的基础上进一步计算碳排放。需要对式(1)进行修正,修正后的模型见式(2):

$$C = M(I - A)^{-1}Y \quad (2)$$

式中: C 为居民间接能源消费的碳排放; M 为与 $n \times n$ 维投入产出表中各产业所对应的产业能源

碳排放强度,即产业碳排放量和该产业总产出的比,是一个横向量; A 为投入产出表中的直接消耗系数矩阵,直接消耗系数 a_{ij} 指的是投入产出表中生产一单位列名产品 X_i 所直接消耗的行名产品的数量 X_{ij} ,可以反映列名部门对行名部门的直接依赖关系,直接消耗系数计算公式^[20]见式(3):

$$a_{ij} = x_{ij} / x_j \quad (i, j = 1, 2, 3, 4) \quad (3)$$

$(I-A)^{-1}$ 是列昂惕夫逆矩阵,也称为完全需要系数矩阵,表示各个部门单位产出所需的所有部门的完全投入,其中 I 是为与 A 同阶的单位矩阵; $M(I-A)^{-1}$ 为能源碳排放乘数因子,表示各个产业单位产出所需的所有产业的完全能源投入碳排放; Y 为最终需求,是一个 $n \times n$ 维对角矩阵。

本文以 1997、2000、2002、2005、2007 和 2010 年上海市投入产出表为基础,收集每一年各部门的投入产出基础数据,以居民间接能源消费的碳排放与各部门关系的密切程度为依据,将所有产业部门统一转换为农林渔牧及其服务业、采掘业、食品制造及烟草加工业、纺织服装与皮革制品、木材加工制品及文体用品、石油加工炼焦及燃烧加工业、化工及医药制品、建材建筑及非金属矿物制品、金属加工制品、机械电子设备及其他制品、电力热力及水生产和应用、交通运输仓储及信息服务、批发零售及住宿餐饮服务、文教卫生商务及其他服务等 14 个产业部门。

表 2 热力和火力的碳排放强度

Tab. 2 Carbon Emission Intensity of Heat and Thermal Power

	1997 年	2000 年	2002 年	2005 年	2007 年	2010 年
热力生产碳排放系数(万 t 碳/10 ¹⁰ kJ)	0.030 5	0.028 3	0.029 3	0.033 3	0.029 7	0.032 3
火电生产碳排放系数(万 t 碳/亿 kW·h)	2.312 3	2.409 7	2.190 1	2.340 5	2.291 4	2.818 6

1.3 数据处理与统计分析

本文的城乡划分标准是将国家批准的市辖区、县,市政府批准的街道、镇、乡分解为最小的单位(居委会、村委会),再依照一定的依据将这些最小单位划分为城镇和乡村。城乡人口数量是指城镇或乡村的常住人口(本地居住 6 个月以上的人口)。计算所需的投入产出数据源自 1997、2000、2002、2005、2007、2010 年上海投入产出表;能源数据源自相关年份的《上海工业交通能源统计年鉴》^[21];人口及社会经济等其他数据源自相关年份的《上海统计年鉴》^[22]。基于本文研究重点,根据数据分布特征分别运用成对设计 t 检验和 Wilcoxon 配对秩和检验

1.2 直接能源消费碳排放核算方法

直接能源消费碳排放核算模型(碳排放系数法)计算公式为:

$$E_d = A_{ij} B_i \quad (4)$$

式中: E_d 为居民直接能源消费引起的碳排放; A_{ij} 为居民消费的各类能源的消费量, $i=1,2,\dots,5$ 为居民消费的五类主要能源,分别为煤炭、石油、天然气、电力和热力;由于在核算居民间接能源消费时受到投入产出表编制年限的限制,这里 j 分别指代 1997、2000、2002、2005、2007 和 2010 年; B_i 为 i 类能源碳排放系数,各类能源的碳排放系数见表 1。由于热力、电力在消费过程中不产生碳排放,只在热力、电力的生产过程中产生,因此计算居民热力、电力消费的碳排放首先要计算热力、电力生产过程中的碳排放,并结合热力、电力生产量来计算热力和电力生产的碳排放系数(表 2)。

表 1 各类能源的碳排放系数 f_{ij} (t 碳/吨标准煤)

Tab. 1 Carbon Emission Coefficients of Energy

Categories (tC/tce)

数据来源	煤炭	石油	天然气	水电、核电
DOE/ EIA	0.702 0	0.478 0	0.389 0	0.000 0
日本能源经济研究所	0.756 0	0.586 0	0.449 0	0.000 0
国家科委气候变化项目	0.726 0	0.583 0	0.409 0	0.000 0
国家发改委能源所	0.747 6	0.582 5	0.443 5	0.000 0
平均值	0.732 9	0.557 4	0.422 6	0.000 0

法对上海城乡居民碳排放量之间是否存在显著差异进行检验,描述性统计分析、成对设计 t 检验和 Mann-Whitney 检验等统计处理过程采用统计分析软件 DPS 12.0 完成。

2 结果分析

2.1 间接能源消费碳排放分析

1997~2010 年上海市居民间接能源消费产生的碳排放总量、城镇居民间接能源消费产生的碳排放呈逐年上升趋势,分别从 1 696.75 万 t 碳、1 411.57 万 t 碳增加到 5 134.2 万 t 碳、4 903.3 万 t 碳(表 3),

表 3 1997~2010 年上海市居民消费间接碳排放(万 t 碳)

Tab. 3 Residential Indirect Carbon Emission in Shanghai During 1997—2010

年份	行业分类	农村居民消费	城镇居民消费	居民消费合计	年份	行业分类	农村居民消费	城镇居民消费	居民消费合计
1997	农林渔牧业及其服务业	18.767	146.68	165.45	2005	农林渔牧业及其服务业	3.120	364.31	367.42
	采掘业	0.545	0.90	1.45		采掘业	0.020	0.15	0.16
	食品制造及烟草加工业	51.797	277.76	329.56		食品制造及烟草加工业	14.270	365.07	379.34
	纺织、服装与皮革制品	15.919	73.57	89.49		纺织、服装与皮革制品	5.550	165.17	170.72
	木材加工制品及文体用品	8.992	75.81	84.80		木材加工制品及文体用品	3.470	48.83	52.30
	石油加工、炼焦及燃烧加工业	1.991	4.58	6.57		石油加工、炼焦及燃烧加工业	3.590	12.28	15.87
	化工及医药制品	17.079	61.73	78.81		化工及医药制品	0.730	143.92	144.65
	建材建筑及非金属矿物制品	1.021	4.35	5.37		建材建筑及非金属矿物制品	2.880	8.92	11.80
	金属加工制品	5.641	16.18	21.82		金属加工制品	231.290	62.08	293.40
	机械、电子设备及其他制品	29.42	147.75	177.17		机械、电子设备及其他制品	26.450	699.98	726.43
	电力、热力及水生产和供应	20.45	110.27	130.72		电力、热力及水生产和供应	4.660	90.35	95.01
	交通运输、仓储及信息服务	23.426	169.59	193.01		交通运输、仓储及信息服务	11.640	418.46	430.10
	批发零售及住宿餐饮服务	11.891	82.62	94.52		批发零售及住宿餐饮服务	20.930	547.97	568.90
	文教卫生、商务及其他服务	78.233	239.78	318.01		文教卫生、商务及其他服务	33.930	513.19	547.11
合计	285.172	1 411.57	1 696.75	合计	362.530	3 440.68	3 803.21		
2000	农林渔牧业及其服务业	17.956	136.19	154.15	2007	农林渔牧业及其服务业	66.48	1 051.2	1 117.7
	采掘业	0.24	1.32	1.57		采掘业	0.005	0.1	0.1
	食品制造及烟草加工业	31.868	211.10	242.97		食品制造及烟草加工业	9.46	338.4	347.8
	纺织、服装与皮革制品	11.263	69.76	81.03		纺织、服装与皮革制品	7.15	254.4	261.5
	木材加工制品及文体用品	6.295	46.01	52.30		木材加工制品及文体用品	1.54	59.4	61.0
	石油加工、炼焦及燃烧加工业	0.894	2.71	3.60		石油加工、炼焦及燃烧加工业	7.53	161.7	169.2
	化工及医药制品	11.694	51.12	62.81		化工及医药制品	6.74	233.5	240.3
	建材建筑及非金属矿物制品	4.851	13.80	18.65		建材建筑及非金属矿物制品	1.45	28.9	30.4
	金属加工制品	5.943	19.56	25.50		金属加工制品	1.23	42.4	43.6
	机械、电子设备及其他制品	24.853	127.89	152.74		机械、电子设备及其他制品	11.56	602.1	613.7
	电力、热力及水生产和供应	10.469	55.38	65.85		电力、热力及水生产和供应	5.75	211.8	217.6
	交通运输、仓储及信息服务	13.098	183.46	196.55		交通运输、仓储及信息服务	11.55	231.5	243.1
	批发零售及住宿餐饮服务	12.191	79.08	91.27		批发零售及住宿餐饮服务	24.22	453.6	477.9
	文教卫生、商务及其他服务	38.428	208.10	246.52		文教卫生、商务及其他服务	106.71	1 182.3	1 289.0
合计	190.043	1 205.48	1 395.51	合计	261.375	4 851.3	5 112.9		
2002	农林渔牧业及其服务业	26.643	157.78	184.42	2010	农林渔牧业及其服务业	18.005	312.5	330.5
	采掘业	0.04	0.30	0.34		采掘业	1.154	13.7	14.9
	食品制造及烟草加工业	27.104	234.05	261.16		食品制造及烟草加工业	23.248	326.2	349.4
	纺织、服装与皮革制品	13.647	105.28	118.93		纺织、服装与皮革制品	8.709	248.8	257.6
	木材加工制品及文体用品	7.201	67.97	75.17		木材加工制品及文体用品	2.978	83.9	86.9
	石油加工、炼焦及燃烧加工业	3.976	29.07	33.05		石油加工、炼焦及燃烧加工业	6.985	144.4	151.4
	化工及医药制品	12.234	82.18	94.41		化工及医药制品	6.406	166.7	173.1
	建材建筑及非金属矿物制品	4.619	22.87	27.49		建材建筑及非金属矿物制品	4.407	30.1	34.5
	金属加工制品	2.125	24.10	26.23		金属加工制品	1.134	63.3	64.5
	机械、电子设备及其他制品	35.072	217.32	252.39		机械、电子设备及其他制品	31.334	673.7	705.1
	电力、热力及水生产和供应	8.737	65.72	74.46		电力、热力及水生产和供应	11.25	128.8	140.1
	交通运输、仓储及信息服务	36.603	281.47	318.07		交通运输、仓储及信息服务	22.108	706.2	728.3
	批发零售及住宿餐饮服务	19.101	121.39	140.49		批发零售及住宿餐饮服务	23.691	510.6	534.3
	文教卫生、商务及其他服务	42.995	258.67	301.66		文教卫生、商务及其他服务	69.212	1 494.4	1 563.6
合计	240.097	1 668.17	1 908.27	合计	230.621	4 903.3	5 134.2		

分别增加了 3.03 倍和 3.47 倍,年均增长率分别为 8.90%和 10.05%。农村居民间接能源消费产生的碳排放总体呈下降变化趋势,从 1997 年的 285.17 万 t 碳下降到 2010 年的 230.62 万 t 碳,年均下降 1.62%。

随着城乡人民生活水平的提高,物质生活和精神生活的消费需求也日益增加,由此引发的间接碳排放不断增长。1997~2010 年上海市居民间接能源消费碳排放总量和城镇居民间接能源消费碳排放量的变化相近且呈增长趋势,而农村居民间接能源消费碳排放呈下降趋势。说明上海市居民间接碳排放量的增加主要是由城镇居民间接碳排放带动。经 Wilcoxon 配对秩和法检验,上海市居民间接能源消费产生的碳排放存在显著的城乡差异($t = -3.81, p = 0.012$)。这种显著的城乡差异可以从人口规模、消费水平、产业贡献等方面来进一步分析。

(1) 人口规模

1997~2010 年上海市农业人口逐年减少,非农业人口和人口总量均逐年增加(图 1),城乡人口规模差距逐年加大。城市人口总量以及非农业人口的增加必将引起居民对各种产品的消费总量的增加,从而使居民消费引起的间接碳排放增加。在每件单品或者单项服务产生的碳排放没有变化的情况下,碳排放总量会随着人口增加后引起的消费增加而增加,特别是与人口因素密切相关的食品制造及烟草加工业、农林渔牧及其服务业、文教卫生、商务与其他服务、交通运输、仓储及信息服务业的碳排放贡献率高于其他产业,例如,文教卫生、商务与其他服务的比例逐年增加,2010 年的贡献率已达到 30%。

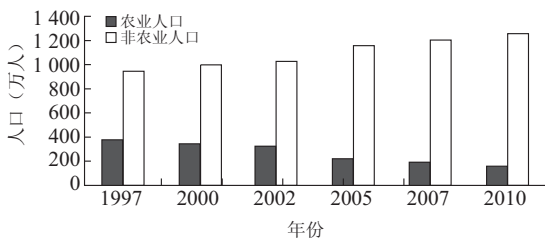


图 1 1997~2010 年上海市人口规模

Fig. 1 Population Size in Shanghai During 1997-2010

(2) 消费水平

居民消费水平不仅能反映居民的购买力水平,也能反映经济发展的变化。“发展系数”是医疗保健、教育、文化娱乐服务支出与消费总支出的比值,发展系数越大,居民消费水平越高。研究发现,随着居民生活水平的提高,“发展系数”在衡量居民生活

水平时比“恩格尔系数”更有效^[23]。上海市城乡发展系数如图 2 所示,可以看出 1997~2010 年上海市城镇居民发展系数高于农村居民,说明城镇居民的消费水平高于农村居民。具体表现为城镇居民可支配收入和支出均高于农村居民、城镇居民耐用消费品的拥有量和种类多于农村居民,致使城镇居民间接碳排放高于农村居民。居民家庭耐用消费品拥有量增加,特别是大型家用电器的快速普及导致用电量的增加而引起的碳排放量增加。而其他能源消费如取暖、照明、炊事、洗浴、照明等积累的碳排放量,私家汽车快速增长引起的碳排放等也是碳排放总量增加的重要原因。

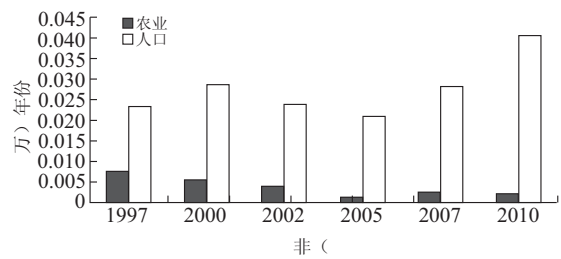


图 2 1997~2010 年上海市城乡发展系数

Fig. 2 Development Index for Rural-urban Residents in Shanghai During 1997-2010

(3) 产业贡献

1997~2010 年上海市 14 个产业部门对城乡居民间接能源消费碳排放的贡献存在差异。从农村居民间接能源消费碳排放的贡献来看,食品制造及烟草加工业、交通运输仓储及信息服务和文教卫生商务及其他服务部门对农村居民间接碳排放的贡献较大(图 3),例如,2010 年这 3 个产业部门的贡献率分别达 10.081%、9.586%、30.011%。但食品制造及烟草加工业的贡献率逐年降低,交通运输仓储及信息服务和文教卫生商务及其他服务的贡献率波动变化。农林渔牧及其服务业、机械电子设备及其他制品一直占有较大比例。纺织服装与皮革制品、木材加工制品及文体用品和化工及医药制品的贡献率相对较为稳定,例如 1997~2002 年分别为 5.5%~6%、3%~3.4%、5%~6.2%。建材建筑及非金属矿物制品所占比例波动较大,其中最高为 2000 年的 2.553%。金属加工制品、采掘业、石油加工炼焦及燃烧加工业的贡献较小,采掘业的贡献率在 0.5% 以下,石油加工炼焦及燃烧加工业的贡献率为 0.25%~3.00%。批发和零售贸易业、餐饮业对农村居民间接碳排放的贡献总体呈上升趋势。

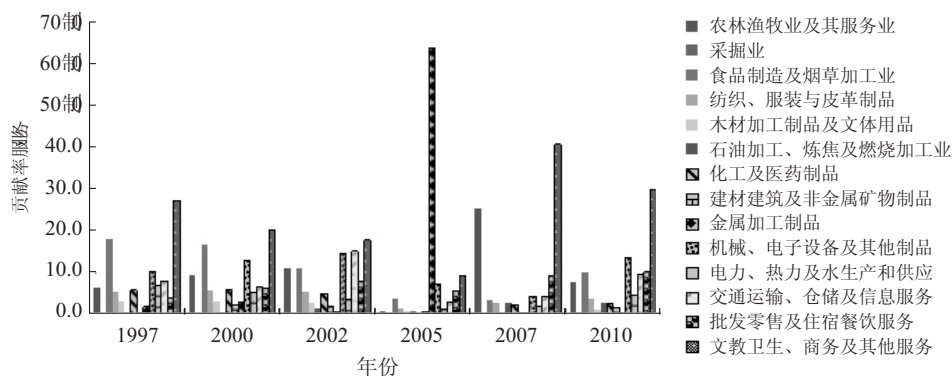


图 3 1997~2010 年 14 个部门对上海市农村居民间接能源消费贡献率

Fig. 3 Rural Resident's Indirect Carbon Emissions Associated with Fourteen Major Industries in Shanghai from 1997 to 2010

从城镇居民消费间接碳排放的贡献来看,文教卫生商务及其他服务、机械电子设备及其他制品、交通运输仓储及信息服务、食品制造及烟草加工业、农林渔牧及其服务业和纺织服装与皮革制品是影响居民间接碳排放的主要部门(图 4),1997~2010 年,文教卫生商务及其他服务业的碳排放持续增长,2010 年达到最大值 30.477%;机械电子设备及其他制品的贡献率为 10%~14%(2005 年为 20.344%);交通运输仓储及信息服务和农林渔牧及其服务业的贡献率呈波动状态;食品制造及烟草加工业的贡献率

稳定下降;纺织服装与皮革制品则维持在 4.5%~6.5%。采掘业所占比例在 0.3%以下;木材加工制品及文体用品基本为逐年下降,2010 年比 2007 年仅高 0.5%;石油加工炼焦及燃烧加工业波动较大;化工及医药制品的贡献率稳定在 3.4%~5.0%;建材建筑及非金属矿物制品、金属制品加工两者所占比例较小;电力热力及水生产和供应的贡献率从 7.812%逐年下降至 2.627%;批发零售及住宿餐饮服务服务的贡献率由 5.853%逐年上升至 10.471%。

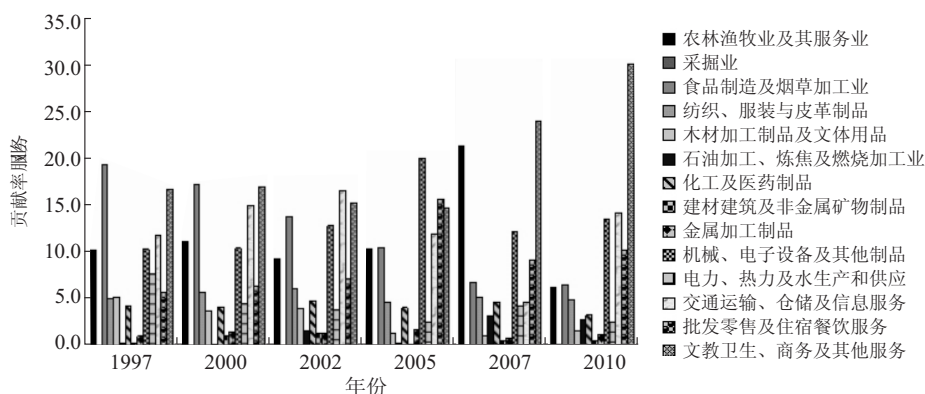


图 4 1997~2010 年 14 个部门对上海市城镇居民间接能源消费碳排放贡献率

Fig. 4 Urban Resident's Indirect Carbon Emissions Associated with Fourteen Major Industries in Shanghai from 1997 to 2010

2.2 直接能源消费碳排放分析

1997~2010 年上海市居民生活能源消费的碳排放总量从 285.7612 万 t 碳增加到 754.5017 万 t 碳(表 4),年均增长率为 7.75%。在各类能源消费的碳排放中,煤炭消费的碳排放量逐年减少,其他能源消费的碳排放均有不同程度的增加,其中尤以天然气消费的碳排放增长最快。1997 年上海市居民天然气使用量较少,2000 年及以后天然气的使用量

迅速增加,2010 年天然气使用引起的碳排放达 41.2162 万 t,年均增长率 45.88%。尽管上海市居民天然气使用带来的碳排放增长速度较快,但天然气消费产生的碳排放量与其他能源消费产生的碳排放相比仍较少。1997 年上海市居民能源消费的碳排放最多的是煤炭消费的碳排放,接近能源消费的碳排放总量的 50%。2000 年上海市居民电力消费的碳排放已接近煤炭消费的碳排放。2010 年电力消

表4 1997~2010年上海市居民直接能源消费的碳排放(万t碳)

Tab. 4 Direct Carbon Emissions of Shanghai Residents from 1997 to 2010

年份	能源商品消费的碳排放					碳排放总量	城镇	农村
	煤炭	石油	天然气	热力	电力			
1997	146.125 6	33.360 4	0.000 0	4.372 1	101.903 1	285.761 2	204.319 0	81.442 1
2000	81.711 0	50.199 4	0.304 3	3.380 2	128.193 6	263.788 5	185.384 3	78.404 2
2002	104.196 4	60.745 5	5.933 3	4.182 7	135.455 6	310.513 5	240.114 5	73.804 7
2005	72.777 0	90.443 7	15.872 9	4.706 6	255.582 8	439.382 9	365.532 7	73.850 3
2007	86.284 3	125.376 0	25.744 8	0.489 2	300.453 4	538.347 7	453.975 8	84.371 9
2010	51.816 0	185.090 2	41.216 2	0.184 6	476.194 7	754.501 7	649.375 8	105.125 9

费碳排放达到居民能源消费碳排放总量的63%,远超煤炭消费碳排放所占的比重,电力消费的碳排放成为居民能源消费的碳排放的主要增长点。

上海市居民电力消费与煤炭消费的碳排放变化趋势与上海市加大环境保护力度、积极发展低碳经济、以及居民收入水平的提高有密切关系。居民已由生存型消费需求逐步向发展型和享受型消费的阶段过渡。例如,民用交通工具的拥有量逐年上升,导致汽油和柴油等各种石油及其制品的消费量不断上升,产生的碳排放也从1997年的33.3604万t增加到2010年的185.0902万t,在居民能源消费碳排放总量中的比重从11.67%增加到24.53%。各类油品消费的碳排放成为仅次于电力的能源消费碳排放的又一主要增长点。

从城乡居民能源消费的碳排放来看,城镇居民能源消费产生的碳排放量呈显著上升变化趋势(图5),从1997年的204.319万t增加到2010年的649.3758万t,年均增长9.30%。这一上升变化趋势与居民能源消费的碳排放总量的变化趋势基本一致,说明上海市城镇居民能源消费的碳排放对居民能源消费的碳排放总量有较大贡献。同城镇居民相比,农村居民能源消费的碳排放量变化不大,基本保持在80万t碳左右。1997年城镇居民能源消费产生的碳排放是农村居民碳排放的2.51倍,2010年增

加到6.18倍。经Wilcoxon配对秩和法检验,居民能源消费的直接碳排放之间的城乡差距呈逐年增加趋势($t=57.0, p=0.028$)。城乡居民消费水平和人口规模是引起城乡居民直接能源碳排放差距的主要原因。

2.3 上海市居民消费的碳排放总量

上海市居民消费的碳排放总量包括直接能源消费和间接能源消费产生的碳排放。1997~2010年上海市居民消费的碳排放总量呈逐年上升变化趋势,从1997年的1982.5111万t碳上升到2010年的5888.7017万t碳。研究期内城镇居民消费的碳排放呈逐年上升趋势,从1615.8930万t碳增加到5552.8153万t碳,在居民消费碳排放总量中所占的比重从81.51%上升到94.3%。农村居民消费碳排放总体变化趋势不明显,1997年由农村居民引致的碳排放总量为366.6181万t碳,2010年为335.8864万t碳,其中2005年达到最大为436.3803万t,但占居民消费碳排放总量的比例均呈下降趋势,从18.49%下降到5.70%。上海市居民消费碳排放的城乡差距进一步扩大。从直接能源消费和间接能源消费角度来看,间接能源消费引起的碳排放是居民消费碳排放的主要来源,占居民消费碳排放总量的比例达85%~90%(表5)。

3 结论

本文分别采用改进的投入产出模型法和碳排放系数法对上海市居民间接能源消费、直接能源消费产生的碳排放进行核算,并分析1997~2010年上海市居民消费产生的碳排放的变化、居民消费碳排放的城乡差距、各部门对居民间接能源消费碳排放的贡献。得出以下主要结论:(1)1997~2010年上海市居民消费产生的碳排放总量呈逐年上升变化趋势,其中间接能源消费是居民消费的碳排放的主要来源,在居民消费碳排放总量中占有较大比重;(2)1997~2010年上海市城镇居民消费产生的碳排放呈逐年上

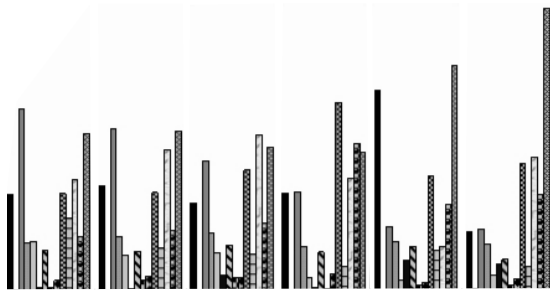


图5 1997~2010年上海市城乡居民直接能源消费碳排放

Fig. 5 Urban and Rural Residential Direct Carbon Emissions in Shanghai During 1997-2010

表 5 1997~2010 年上海市居民消费的碳排放总量(万 t 碳)
Tab. 5 Total Carbon Emissions of Shanghai Residents from 1997 to 2010

年份	碳排放总量	城镇		农村		直接		间接	
		碳排放	比例 (%)	碳排放	比例 (%)	碳排放	比例 (%)	碳排放	比例 (%)
1997	1 982.511 1	1 615.893 0	81.51	366.618 1	18.49	285.761 1	14.41	1 696.75	85.59
2000	1 659.298 5	1 390.857 4	83.82	268.4412	16.18	263.788 5	15.90	1 395.51	84.10
2002	2 218.783 5	1 906.583 2	85.93	312.200 4	14.07	310.513 5	13.99	1 908.27	86.01
2005	4 242.592 9	3 806.212 7	89.71	436.380 3	10.29	439.382 9	10.36	3 803.21	89.64
2007	5 651.247 7	5 305.388 3	93.88	345.859 4	6.12	538.347 7	9.53	5 112.90	90.47
2010	5 888.701 7	5 552.815 3	94.30	335.886 4	5.70	754.501 7	12.81	5 134.20	87.19

升变化趋势,农村居民消费产生的碳排放主要呈下降变化趋势,居民消费碳排放存在着显著的城乡差异;(3)14 个产业部门对居民消费碳排放的贡献率不同,文教卫生商务及其他服务、交通运输仓储及信息服务、食品制造及烟草加工业等 3 个部门对城乡居民消费碳排放的贡献较大。

降低居民消费碳排放的关键在于减少居民消费产生的间接碳排放。即提高各部门能源利用效率、降低部门单位产出的碳排放,引导居民向低碳产品的消费转变。低碳产品与普通产品的区别在于其碳排放量较低,能够改善环境质量^[24]。城乡居民应尽量减少工业产品的消费,以其他低碳部门的产品代之,是进行碳减排的有效措施。从降低居民直接碳排放角度,可以减少燃油型民用交通工具的使用,提倡居民使用自行车和公共交通工具等出行方式,从根本上减少燃油产生的碳排放。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate change: The physical science basis [R]. 2007. <http://www.ipcc.ch>.
- [2] VRINGER K, BLOK K. The direct and indirect energy requirements of households in the Netherlands[J]. Energy Policy, 1995, 23(10): 893-910.
- [3] WEI Y M, LIU L C, FAN Y, et al. The impact of lifestyle on energy use and CO₂ emission: An empirical analysis of China's residents [J]. Energy Policy, 2007, 35(1): 247-257.
- [4] 凤振华, 邹乐乐, 魏一鸣. 中国居民生活与 CO₂ 排放关系研究[J]. 中国能源, 2010, 32(3): 37-40.
- [5] 中国经济 50 人论坛课题组. 走向低碳发展: 中国与世界—中国经济学家的建议[M]. 北京: 中国经济出版社, 2010.
- [6] 刘兰翠, 范英, 吴刚, 等. 温室气体减排政策问题研究综述[J]. 管理评论, 2005, 17(10): 46-54.
- [7] KOK R D, BENDERS R M J, MOLL H C. Measuring the environmental load of household consumption using some methods based on input-output energy analysis: A comparison of methods and a discussion of results[J]. Energy Policy, 2006, 34(17): 2744-2761.
- [8] SCHIPPER L, BARTLETT S. Linking life-styles and energy use: A matter of time? [J]. Annual Review of Energy, 1989, 14: 273-320.
- [9] LENZEN M. Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: An input-output analysis [J]. Energy Policy, 1998, 26(6): 495-506.
- [10] CHRISTOPH W, ADRIAAN P. Modeling lifestyle effects on energy demand and related emissions [J]. Energy Policy, 2000, 28: 549-566.
- [11] KIM J H. Changes in consumption patterns and environmental degradation in Korea[J]. Structural Change and Economic Dynamics, 2002, 13: 1-48.
- [12] 付加锋, 高庆先, 师华定. 基于生产与消费视角的 CO₂ 环境库茨涅兹曲线的实证研究[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(6): 376-381.
- [13] REINDERS A M, VRINGER K, BLOK K. The direct and indirect energy requirement of households in the European Union[J]. Energy Policy, 2003, 31: 139-153.
- [14] SHUI B, HADI D. Consumer lifestyle approach to US energy use and the related CO₂ emissions[J]. Energy Policy, 2005, 33: 197-208.
- [15] JANE G, DOMINIC M, XIN M. Chinese urban household energy requirements and CO₂ emissions[C]//SONG L, WOO W T. China's dilemma-economic growth, the environment and climate change. Washington D C: ANU E Press, Asia Pacific Press, 2008.
- [16] 魏一鸣, 刘兰翠, 范英, 等. 中国能源报告(2008): 碳排放研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [17] 刘晶茹, PETERS G P, 王如松, 等. 综合生命周期分析在可持续消费研究中的应用[J]. 生态学报, 2007, 27(12): 5331-5336.
- [18] 智静, 高吉喜. 中国城乡居民食品消费碳排放对比分析[J]. 地理科学进展, 2009, 28(3): 429-434.
- [19] 陆莹莹, 赵旭. 家庭能源消费研究述评[J]. 水电能源科学, 2008, 26(1): 187-191.
- [20] 袁正. 我国邮电业的产业波及特性研究[J]. 工业经济研究, 2003(6): 51-57.
- [21] 上海市统计局. 上海能源统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1998-2011.
- [22] 上海市统计局. 上海工业交通能源统计年鉴[R]. 1998-2011.
- [23] 韩立岩, 夏坤. 标识消费结构的新指标“发展系数”[J]. 经济与管理研究, 2007(5): 12-16.
- [24] 庞晶, 李文东. 低碳消费偏好与低碳产品需求分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(9): 76-80.

EMPIRICAL ANALYSIS ON CARBON EMISSIONS OF RESIDENTS CONSUMPTION IN SHANGHAI

WU Kai-ya¹, GUO Xu², WANG Wen-xiu³, ZHANG Hao⁴

(1. National Innovative Institute for Public Management and Public Policy, Fudan University, Shanghai 200433, China; 2. School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 3. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 4. Department of Environmental Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: In the context of global warming, climate change related adverse environmental crises, and governmental implementation of Kyoto Protocol, industrial energy consumption and associated carbon emission have been paid much attention. However, as witnessed with European and Northern American case studies, carbon emission from residential or household section has remarkably surpassed that of the industrial section since the past two decades in the developed countries. Recently, in newly emerging industrialized countries such as China, India, Brazil, etc., huge requirement for energy consumption may result in more pronounced impacts on global carbon emission and global climate due to their huge population and strong demand for economic development in the world. On the other hand, previous studies on residential indirect carbon emission were very scarce. Considering in the coming decades over 60% of global population will live in the cities, residential carbon emissions associated with energy consumption should not be neglected due to out-dated ideas for environmental sustainability. Thus, accounting residential energy consumption and associated carbon emission have been two key issues in the researching fields of curtailing greenhouse gas (GHG) emissions and governmental policies for adaptation to climate change worldwide. In this paper, Shanghai city, the largest city and financial center in China, was selected as an example. Based on literature review, an enhanced input-output model and carbon emission factors method were used to calculate the indirect and direct carbon emissions associated with residential energy consumption on local scale during 1997 and 2010. Furthermore, trends in carbon emissions associated with residential consumption, carbon emission gap between urban and rural residents, and the contribution of the six major sectors in local economy (containing fourteen key industries) to indirect energy consumption carbon emissions, were analyzed. The results showed as follows. (1) Accompanied by substantial population growth due to inter-province rural-urban migration, local rural-urban transition, and industrial transition, total residential carbon emissions in Shanghai exhibited an increasing trend from 1997 to 2010, of which indirect carbon emission associated with energy consumption was a major source in residential total carbon emissions, and accounted for dominant proportion. (2) There was an increasing trend in both direct and indirect carbon emissions associated with urban residential consumption in Shanghai over the study period. In contrast, carbon emissions associated with rural residential consumption showed an overall downward trend due to the ongoing trend in decline of rural residents under rapid urbanization, which caused remarkable rural-urban transition and changed life-style of former rural residents. It is noted that there is a significant difference in carbon emissions between the rural and urban residents, given the fact that urban residents enjoy high-level life-style and lead to higher carbon emission due to their much higher disposable personal income (DPI) than the rural residents. (3) Six major sectors played the different roles in residential indirect energy consumption and associated carbon emissions, of which the culture, education, sanitation, commerce, and service sector (CESCS), transportation, storage, and information service (TSIS) sector, food produce and tobacco fabrication (FPTF) sector had the biggest contribution to the total carbon emissions of the urban and rural residents. (4) From the viewpoint of consumer, to enhance energy efficiency and reduce carbon emissions at the micro scale of per unit output of six major sectors, and guide residents change their presence for luxury life-style and to consume low carbon products are effective and sustainable way for carbon reduction. In summary, the results presented in this paper may provide sound support to the further assess to residential survival carbon emissions in Shanghai and provide theoretical guidance for government departments to make policies toward cutting carbon emissions and to guide people for a low-carbon life.

Key words: greenhouse gas (GHG); residential consumption; carbon emissions; energy consumption associated carbon emissions; Shanghai