

# 上海市居民消费的间接碳排放及影响因素分析

吴开亚<sup>1a</sup>, 王文秀<sup>2</sup>, 张浩<sup>1b</sup>, 王桂新<sup>1c</sup>

(1. 复旦大学 a. 公共管理与公共政策创新基地; b. 环境科学系; c. 社会发展与公共政策学院, 上海 200433;  
2. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

**摘要:** 文章利用政府宏观统计数据, 基于投入产出模型测算了上海居民消费产生的间接碳排放, 并利用扩展的投入产出模型, 使用结构分解分析法分析了居民消费间接碳排放的影响因素。结果表明: 1997-2010年, 上海市石油加工炼焦及燃烧加工业、金属加工制品、交通运输仓储及信息服务3个部门的碳排放强度、碳排放乘数因子均处于各部门前列, 是能源消耗高度密集型部门; 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上升趋势, 农村居民间接能源消费产生的碳排放总体呈下降趋势。结构分解结果显示, 上海市居民消费水平的提高是居民消费间接碳排放增加的主要驱动力; 城镇人口规模的增加也是影响上海城镇居民消费间接碳排放总量增加的重要因素。调整居民消费结构、降低部门碳排放强度是现阶段居民消费碳减排的有效措施。

**关键词:** 居民消费; 间接碳排放; 投入产出; 上海市

**中图分类号:** F061.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1007-5097 (2013) 01-0001-07

## Indirect Carbon Emissions of Shanghai's Residents Consumption and its Influence Factors

WU Kai-ya<sup>1a</sup>, WANG Wen-xiu<sup>2</sup>, ZHANG Hao<sup>1b</sup>, WANG Gui-xin<sup>1c</sup>

(1. a. National Innovative Institute for Public Management and Public Policy; b. Department of Environmental Science and Engineering; c. School of Social Development and Public Policy, Fudan University, Shanghai 200433, China;  
2. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Based on the input-output model, this study calculated the indirect carbon emissions of Shanghai's residents consumption with the government macroscopic statistic data. In addition influencing factors of carbon emission were analyzed with the improved input-output model and structure decomposition analysis method. The results as follows, first of all, during the years from 1997 to 2010, oil processing coking and burning processing industry carbon emissions intensity and carbon emissions multiplier factor is the biggest, and they are energy-consumption-intensive sectors. Secondly, carbon emission from residents indirect energy consumption of Shanghai's whole city and urban area increased year by year, while carbon emission from rural residents indirect energy consumption decreased. Furthermore, the structure decomposition results showed that the main driving force for the increasing of the indirect carbon emission from residents consumption was the improved consumption level. Besides, the rapid urban population growth was also a key factor for the increase of the indirect carbon emission from residents' consumption. It is important to correctly handle contradictions among the development of low-carbon economy and the improvement of level of household consumption and population urbanization. At the present, adjusting residents' consumption structure and reducing carbon emission intensity are the most effective measures to reduce carbon emission caused by residents' consumption.

**Key words:** residents' consumption; indirect carbon emissions; input-output; Shanghai

### 一、引言

低碳经济已经成为当今世界经济发展的主旋律, 消费作为经济的重要环节, 对低碳经济的发展具有举足轻重的影响。居民生活消费是消费的重要组成部分, 居民生活消费的低碳化也逐渐成为学术界关注的热点。近年来, 国内外学者对居民消费

碳排放的研究主要集中在煤炭、石油、热力、电力、天然气等直接能源消费产生的碳排放方面。这无疑会影响居民对能源的使用和节约的重视程度, 因为直接能源使用的支出只占生活总支出的很小一部分, 其忽略了一个关键问题, 即居民最终消费了工业及其他部门的大部分产品。这些产品在生产和运输过程

收稿日期: 2012-04-20

基金项目: 国家社会科学基金重大项目 (10ZD&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, 安徽利辛人, 副教授, 博士, 研究方向: 资源与环境经济;  
王文秀(1983-), 女, 安徽萧县人, 博士研究生, 研究方向: 资源与环境经济;  
张浩(1973-), 男, 浙江常山人, 副教授, 博士, 研究方向: 城市生态与环境遥感;  
王桂新(1953-), 男, 山东诸城人, 教授, 博士, 研究方向: 人口与可持续发展。

中或服务被使用之前发生的能源消费都与居民间接能源消费有关,这部分间接能源消费不容忽视<sup>[1]</sup>。已有研究表明居民的间接能源消费占居民能源消费的绝大部分。例如,整个欧洲直接家庭能源消费占家庭能源需求的15%~20%,其间接能源消耗占80%以上<sup>[2]</sup>。魏一鸣等的研究表明,1992、1997和2002年我国居民消费所引致的直接和间接碳排放占一次能源消费碳排放的36.52%、43.90%和42.31%,其中间接碳排放分别是直接碳排放的3.70、16.30和8.34倍<sup>[3]</sup>。因此,居民消费间接碳排放在全社会碳排放总量中具有越来越重要的影响。

居民消费碳排放的来源主要分为居民生活直接能源消费碳排放和居民间接能源消费碳排放。直接能源消费碳排放的测算可以根据居民生活用能源消费的统计数据直接计算得到;而间接能源消费碳排放的测算由于涉及消费品在其原料、生产、运输、销售中所承载的间接能源消耗,种类繁多、计算过程复杂,目前尚未有一套比较完整的测算方法。Kok等(2006)认为基于投入产出(IO)分析,利用不同的数据来源和不同的综合水平测算会产生不同的结果。基本投入产出能源分析方法以国民经济核算的货币数据为基础,居民间接能源需求量由“部门积累能源强度”与I-O表内的居民最终需求货币数据的乘积而得。“投入产出+家庭支出”法通过实际调查来确定家庭支出,居民间接能源需求量由各类消费项目的支出与该项目对应的能源强度数值计算得出;居民直接能源需求量也是由居民的能源利用数据计算得出。这一方法已为Weber等<sup>[4]</sup>、Pachauri<sup>[5]</sup>、Cohen等<sup>[6]</sup>、Bin等<sup>[7]</sup>的研究所采纳。“混合能源分析”或“生命周期分析”则把过程分析与投入产出分析结合起来,详尽探究生产过程各个阶段的能源消费。该方法最为精确但也最费时,因对数据详细程度要求过高,多应用于欧洲国家的一些研究中(Reinders等<sup>[8]</sup>)。前两种方法因能够从宏观上解释居民消费的能源使用及其碳排放,且其数据可得性较强,因而被国内外学者广泛使用。

上海市是我国人口密度最大、经济最活跃和能源消耗最多的城市之一<sup>[9]</sup>。对上海市居民消费间接碳排放进行测算和研究具有显著的代表性,研究结果不仅可以指导居民以合理的消费模式进行低碳生活,而且对我国其他地区的低碳经济发展具有一定的借鉴作用,为相关政府部门制定科学有效的碳减排措施提供决策依据和数据支持。

## 二、研究方法

### (一) 间接碳排放测算模型

投入—产出(I-O)模型是美国经济学家瓦西里·里昂惕夫(Wassily Leontief)利用数学和统计方法对瓦尔拉(Walras)的一般均衡理论进行科学简化并应用于实证分析的研究成果<sup>[10]</sup>,在世界范围内得到普遍的应用<sup>[11]</sup>。根据投入—产出模型原理编制的投入—产出表可以定量地揭示国民经济体系中各产业之间投入与产出的数量关系以及复杂的技术经济联系。我国自1987年编制出版了第一本全国范围的投入—产出表以来,每5年出版一次新的版本。投入—产出表的编制是在尾数逢2、7的年份,尾数逢0、5的年份是对最近年份的投入—产出数据进行修订以延长投入—产出表的使用年限,也称“投入—产出延长表”。但是在部门产品的划分上“投入—产出延长表”没有基本表详细,因为投入—产出表的更新

代表了生产技术的变化<sup>[12]</sup>,最新的投入—产出表的产品产业划分也最为详细。例如,上海市1997年和2000年I-O表(延长表)划分了40个产品产业部门,2002年I-O表划分了131个产品产业部门,2005年I-O表(延长表)划分了42个产品产业部门,2007年I-O表划分了144个部门,2010年I-O表(延长表)划分了42个产品产业部门。

本文根据研究目的和数据的可获得性,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<sup>[13]</sup>表达为:

$$CF_b = M(I-A)^{-1}Y_b, \quad b=0, 1 \quad (1)$$

(1)式中, $b$ 用来区分城乡结构, $b=0$ 代表农村居民, $b=1$ 代表城镇居民; $CF$ 为各类居民间接能源消费的碳排放列向量; $M$ 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矩阵,即产业直接能源消耗产生的碳排放和该产业总产出的比,是一个横向量,各产业直接能源消耗产生的碳排放的测算方法与居民生活直接能源消费碳排放的测算方法相同; $A$ 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中各产品 $X_i$ 所直接消耗的行业中各产品的数量 $X_j$ ,可以反映列中各部门对行中各部门的直接依赖关系,直接消耗系数计算公式为<sup>[14]</sup>:

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

$(I-A)^{-1}$ 是里昂惕夫逆矩阵,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; $Y_b$ 为投入—产出表中各类居民的最终需求,是转化形成的一个 $n \times n$ 阶矩阵。

### (二) 结构分解模型

能源消费及其碳排放的分解分析方法有结构分解法(structural decomposition analysis, SDA)和指数分解法(index decomposition analysis, IDA)。SDA方法利用投入—产出表,以投入—产出系数和各部门的最终需求为基础,对影响要素如最终需求、国际贸易等有更细的分析<sup>[15-17]</sup>。核心思想是将经济系统中某因变量的变动分解为相关自变量各种形式变动的和,以测度各自变量对因变量变动贡献的大小<sup>[18]</sup>。结构分解分析中,对分解后各自变量交叉项的处理直接影响到分析效果。由于保留交叉项的方法无法清楚地解释各自变量对因变量的全部影响,一般将交叉项合并到各自变量。常用的交叉项合并方法有两极分解法、中点权分解法。鉴于两极分析法的理论相对成熟,在国内的应用也比较广泛<sup>[18-20]</sup>,且方法简单、表达直观,本文采用两极分析法进行居民消费间接碳排放的影响因素分析。

根据(1)式的投入—产出模型可知,居民消费间接碳排放的影响因素包括单位总产出的碳排放水平、部门中间生产过程对各部门的需求和居民对各类消费品的消费量。为进一步考察人口及居民消费模式对碳排放的影响,将居民消费量分解为人口规模、居民消费水平与消费结构3个变量。居民消费间接碳排放投入—产出模型扩展为:

$$CF_b = M(I-A)^{-1}Y_b = M(I-A)^{-1}P_b YS_b YT_b, \quad b=0, 1 \quad (3)$$

(3)式中, $P$ 、 $YS$ 、 $YT$ 分别为人口规模、人均消费价值

量、各类消费品的消费比重转换而成的对角矩阵,其他变量及下标同(1)式。由此可将居民消费间接碳排放的变动分解为5个影响因素:排放强度效应(用部门单位总产出碳排放水平表征)、中间需求效应(用部门中间生产过程对各部门的需求表征)、人口规模效应、消费水平效应和消费结构效应。

对于表达式  $\Delta y = \sum_{i=1}^n x_i$ ,  $x_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) 是  $n$  个独立变量,用上标 0 和  $T$  分别表示基期和计算期,则有:

$$\Delta y = \sum_{i=1}^n x_i^T - \sum_{i=1}^n x_i^0 \quad (4)$$

记  $x_i$  变动对  $\Delta y$  的影响为  $E(\Delta x_i)$ , 其两极表达式为:

$$E(\Delta x_i) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{i-1} x_j^0(\Delta x_i) \sum_{k=i+1}^n x_k^T + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{i-1} x_j^T(\Delta x_i) \sum_{m=i+1}^n x_m^0 \quad (5)$$

结构分解的总效应为:

$$\Delta y = \sum_{i=1}^n E(\Delta x_i) \quad (6)$$

对于(3)式所示的投入产出模型,其结构分解的总效应表达式为:

$$\Delta CF_b = E(\Delta M) + E[\Delta(I-A)^{-1}] + E(\Delta P_b) + E(\Delta YS_b) + E(\Delta YT_b) \quad (7)$$

由(4)式得变动因素的两极分解表达式分别为:排放强度效应:

$$E(\Delta M) = \frac{1}{2}(\Delta M)(I-A^0)^{-1}P_b^0YS_b^0YT_b^0 + \frac{1}{2}(\Delta M)(I-A^T)^{-1}P_b^TYS_b^TYT_b^T \quad (8)$$

中间需求效应:

$$E[\Delta(I-A)^{-1}] = \frac{1}{2}M^0[\Delta(I-A)^{-1}]P_b^TYS_b^TYT_b^T + \frac{1}{2}M^T[\Delta(I-A)^{-1}]P_b^0YS_b^0YT_b^0 \quad (9)$$

人口规模效应:

$$E(\Delta P_b) = \frac{1}{2}M^0(I-A^0)^{-1}(\Delta P_b)YS_b^TYT_b^T + \frac{1}{2}M^T(I-A^T)^{-1}(\Delta P_b)YS_b^0YT_b^0 \quad (10)$$

消费水平效应:

$$E(\Delta YS_b) = \frac{1}{2}M^0(I-A^0)^{-1}P_b^0(\Delta YS_b)YT_b^T + \frac{1}{2}M^T(I-A^T)^{-1}P_b^T(\Delta YS_b)YT_b^0 \quad (11)$$

消费结构效应:

$$E(\Delta YT_b) = \frac{1}{2}M^0(I-A^0)^{-1}P_b^0YS_b^0(\Delta YT_b) + \frac{1}{2}M^T(I-A^T)^{-1}P_b^TYS_b^T(\Delta YT_b) \quad (12)$$

### 三、数据处理

本文采用的投入产出数据源自1997、2000、2002、2005、2007和2010年上海市投入产出表;能源数据源自相关年份的《上海工业交通能源统计年鉴》;人口等其他数据源自相关年份的《上海统计年鉴》。由于投入产出表各年份各部门的分类数不等,且投入产出表与能源平衡表及工业交通能源消耗量表对国民经济部门(行业)的划分不一致,需要进行归并处理。根据各部门之间关系的密切程度,将所有产

业部门划为“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、热力及水生产和供应”、“交通运输、仓储及信息服务”、“批发零售及住宿餐饮服务”和“文教卫生、商务及其他服务”等14个部门。在进行数据处理时将所有涉及资金货币的数据(当年价)转化为以1997年为基准年的不变价,以消除价格变动的影响。有关碳排放的测算和碳排放影响因素分析的数据分析和处理分别在DPS v12.0和MATLAB7.1上完成。

### 四、居民消费间接碳排放结果分析

#### (一) 部门碳排放强度和碳排放乘数因子

部门碳排放强度是部门直接消耗能源所产生的碳排放与该部门的总产出之比,即部门的直接碳排放强度;碳排放乘数因子反映了部门单位产出所需的所有部门的完全能源投入产生的碳排放。与碳排放强度的不同之处在于能源碳排放乘数因子不仅考虑了部门直接的能源消耗产生的碳排放,还将消耗其他部门的产品而引起的间接碳排放计算在内,能够更准确地表达某一部门创造一个单位的产出时所引起全部碳排放,在数值上直观表现为部门碳排放强度小于该部门的碳排放乘数因子。表1和表2分别为1997-2010年上海市部门碳排放强度和部门碳排放乘数因子。

从表1和表2可以看出,1997-2010年上海市石油加工炼焦及燃烧加工业、金属加工制品、交通运输仓储及信息服务3个部门的碳排放强度、碳排放乘数因子均处于各部门前列,是能源消耗高度密集型部门。主要是由于上海市交通运输业发展速度较快,能源消耗快速增长。汽车等耗能产品使用量的快速增大,是导致石油加工炼焦及燃烧加工业能源消耗高的原因。工业发展带动金属制品耗能增大,同时各部门服务水平不断改善,经营效益持续提高,导致石油加工炼焦及燃烧加工业的碳排放强度和碳排放乘数因子均高于其他部门。金属加工制品在1997-2002年缓慢降低,2005年激增,但到2007年和2010年均降低较多,碳排放强度从2.2244降低到0.5591和0.5895,碳排放乘数因子则从2005年的4.4503降至2010年的1.6008。交通运输、仓储及邮政业的碳排放强度和碳排放乘数因子逐年下降,但仍高于其他部门。化工及医药制品的碳排放强度除了1997年的0.7926,其他年份都在0.3左右变化,但是其碳排放乘数因子都大于1.2,其中1997年和2005年都超过2.0,说明其能耗也较大。

农林渔牧及其服务业的碳排放强度变化不明显,碳排放乘数因子相对较为稳定,1997-2007年均均在1.10~1.70之间,2010年降至0.7351,说明农业的碳排放比较稳定,并在近年来呈现下降趋势。采掘业的碳排放强度和乘数因子在2000-2010年比较稳定。食品制造及烟草加工业的碳排放强度和乘数因子呈逐年下降趋势,除1997年大于1.00,其他年份均小于1.00。纺织服装与皮革制品和木材加工制品及文体用品的碳排放强度在0.12~0.27之间变动,碳排放乘数因子波动小,前者最大为1997年的1.4776,最小为2010年的0.7336,后者最大为1997年的2.4520,最小为2010年的0.8621。建材建筑及非金属矿物制品的碳排放强度和乘数因

子在1997-2002年间呈增加趋势,而后逐年减小,说明其能耗的变化也是先增后减。机械电子设备及其制品、电力热力及水生产和供应2个部门的碳排放乘数因子在1997年分别为2.0151、3.2388,而2010年均小于0.90,说明这2个部门节能减排的效果比较明显。批发零售及住宿餐饮服务的乘数因子在2005和2007年达到1.0080和1.2980,其他年份中都在0.70左右变化。文教卫生商务及其他服务的碳排放强度一直低于

0.15,最大为2002年0.1427,乘数因子一直低于1.0,最大为2007年的0.9761,2010年降至0.6035,说明文教卫生商务及其他服务的能耗一直低于其他部门,为低能耗部门。事实上,除了石油加工炼焦及燃烧加工业、金属加工制品、交通运输仓储及信息服务三大能耗部门外,农林渔牧及其服务业、纺织服装与皮革制品、机械电子设备及其他制品、电力热力及水生产和供应4个部门的能耗也占较大比例。

表1 1997-2010年上海市部门碳排放强度

吨碳/万元

年份	1997	2000	2002	2005	2007	2010
农林渔牧业及其服务业	0.3544	0.5237	0.4367	0.3948	0.2988	0.2307
采掘业	3.9125	0.1144	0.1119	0.1366	0.1576	0.0231
食品制造及烟草加工业	0.1376	0.1708	0.1007	0.1172	0.0739	0.0764
纺织、服装与皮革制品	0.1706	0.2037	0.1601	0.1531	0.1453	0.1207
木材加工制品及文体用品	0.2651	0.1997	0.1500	0.1677	0.1328	0.1291
石油加工、炼焦及燃烧加工业	1.0222	0.9921	3.1947	1.2208	1.2824	1.1637
化工及医药制品	0.7926	0.3652	0.3966	0.3381	0.3913	0.3818
建材建筑及非金属矿物制品	0.2165	0.2250	0.6905	0.1626	0.1432	0.1055
金属加工制品	1.2529	1.1832	1.1764	2.2244	0.5591	0.5895
机械、电子设备及其他制品	0.1483	0.0910	0.0757	0.0626	0.0450	0.0464
电力、热力及水生产和供应	0.3975	0.5968	0.5461	0.3353	0.2538	0.1839
交通运输、仓储及信息服务	1.2355	1.0901	0.5507	0.4515	0.4964	0.4966
批发零售及住宿餐饮服务	0.0511	0.2092	0.1492	0.1548	0.1866	0.0744
文教卫生、商务及其他服务	0.0000	0.1130	0.1427	0.0944	0.0837	0.1990

表2 1997-2010年上海市部门碳排放乘数因子

吨碳/万元

年份	1997	2000	2002	2005	2007	2010
农林渔牧业及其服务业	1.5192	1.1685	1.1770	1.3418	1.1326	0.7351
采掘业	5.7724	0.4329	0.5514	0.6052	1.4813	0.5204
食品制造及烟草加工业	1.4759	0.8852	0.7745	0.8917	0.6868	0.4097
纺织、服装与皮革制品	1.4776	0.9568	1.0269	1.0579	1.1529	0.7336
木材加工制品及文体用品	2.4520	0.9862	1.1376	1.3180	1.2925	0.8621
石油加工、炼焦及燃烧加工业	4.7404	1.6323	3.7962	2.0384	2.7268	1.6393
化工及医药制品	2.6754	1.2327	1.3400	1.4369	2.1597	1.2181
建材建筑及非金属矿物制品	0.5671	1.4308	2.1606	2.0126	1.5067	0.8402
金属加工制品	4.1480	2.7747	2.8328	4.4503	2.0113	1.6008
机械、电子设备及其他制品	2.0151	1.1629	1.2364	1.6021	1.3299	0.8957
电力、热力及水生产和供应	3.2388	1.3288	1.1461	0.9988	1.2905	0.8750
交通运输、仓储及信息服务	2.3939	1.8285	1.6978	1.5695	1.5469	0.9603
批发零售及住宿餐饮服务	0.7544	0.6108	0.6812	1.0080	1.2980	0.6027
文教卫生、商务及其他服务	0.9694	0.5358	0.6530	0.8153	0.9761	0.6035

## (二) 居民消费间接碳排放

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上升趋势(表3),分别从1997年的1696.75万吨、1411.57万吨增加到2010年的5134.2万吨、4903.3万吨,分别增加了2.026倍和2.47倍,年均增长率分别为8.89%和10.05%。农村居民间接能源消费产生的碳排放总体呈下降趋势,从1997年的285.17万吨碳下降到2007年的230.62万吨碳,年均下降1.61%。城乡居民间接碳排放差距显著,且差距有进一步加大的趋势。例如,1997年城镇居民间接能源消费产生的碳排放是农村居民产生间接碳排放的4.95倍,而2010年则增加到21.26倍。该

时期居民最终消费总量从1997年的1135.42亿元持续增长至2010年的2149.49亿元,增幅达1.89倍。其中,城镇居民最终消费从936.31亿元增长至2046.51亿元,增幅达2.18倍。农村居民最终消费先减后增,从1997年的199.12亿元减小到2005年的85.67亿元,后增加至2010年的102.98亿元。居民消费间接碳排放总量、城镇居民消费间接碳排放的增幅远小于最终消费的增幅。

上海市居民间接碳排放量的增加主要由城镇居民的间接碳排放引起,城乡居民间接碳排放存在显著的差距,主要原因在于:

(1) 上海市城镇居民生活水平高于农村,生活方式多样

化, 居民生活行为间接涉及的工业部门更广。例如, 城镇居民的居住涉及电力、蒸汽热水供应, 且在生产、运输过程中耗能巨大, 产生的碳排放量大; 城镇居民的教育文化娱乐发

展优于农村, 教育文化娱乐涉及的造纸业的碳排放量较大。

(2) 上海人口城市化水平不断提高, 城市居民人口规模不断增加促使城市居民间接碳排放总量的增加。

表3 1997-2010年上海市居民消费间接碳排放

万吨碳

部 门	农村消费			城镇消费			居民消费		
	1997年	2000年	2002年	1997年	2000年	2002年	1997年	2000年	2002年
农林渔牧业及其服务业	18.767	17.956	26.643	146.68	136.19	157.78	165.45	154.15	184.42
采掘业	0.545	0.24	0.04	0.9	1.32	0.3	1.45	1.57	0.34
食品制造及烟草加工业	51.797	31.868	27.104	277.76	211.1	234.05	329.56	242.97	261.16
纺织、服装与皮革制品	15.919	11.263	13.647	73.57	69.76	105.28	89.49	81.03	118.93
木材加工制品及文体用品	8.992	6.295	7.201	75.81	46.01	67.97	84.8	52.3	75.17
石油加工、炼焦及燃烧加工业	1.991	0.894	3.976	4.58	2.71	29.07	6.57	3.6	33.05
化工及医药制品	17.079	11.694	12.234	61.73	51.12	82.18	78.81	62.81	94.41
建材建筑及非金属矿物制品	1.021	4.851	4.619	4.35	13.8	22.87	5.37	18.65	27.49
金属加工制品	5.641	5.943	2.125	16.18	19.56	24.1	21.82	25.5	26.23
机械、电子设备及其他制品	29.42	24.853	35.072	147.75	127.89	217.32	177.17	152.74	252.39
电力、热力及水生产和供应	20.45	10.469	8.737	110.27	55.38	65.72	130.72	65.85	74.46
交通运输、仓储及信息服务	23.426	13.098	36.603	169.59	183.46	281.47	193.01	196.55	318.07
批发零售及住宿餐饮服务	11.891	12.191	19.101	82.62	79.08	121.39	94.52	91.27	140.49
文教卫生、商务及其他服务	78.233	38.428	42.995	239.78	208.1	258.67	318.01	246.52	301.66
合 计	285.172	190.043	240.097	1411.57	1205.48	1668.17	1696.75	1395.51	1908.27

  

部 门	农村消费			城镇消费			居民消费		
	2005年	2007年	2010年	2005年	2007年	2010年	2005年	2007年	2010年
农林渔牧业及其服务业	3.120	66.48	18.005	364.31	1051.2	312.5	367.42	1117.7	330.5
采掘业	0.020	0.005	1.154	0.15	0.1	13.7	0.16	0.1	14.9
食品制造及烟草加工业	14.270	9.46	23.248	365.07	338.4	326.2	379.34	347.8	349.4
纺织、服装与皮革制品	5.550	7.15	8.709	165.17	254.4	248.8	170.72	261.5	257.6
木材加工制品及文体用品	3.470	1.54	2.978	48.83	59.4	83.9	52.3	61	86.9
石油加工、炼焦及燃烧加工业	3.590	7.53	6.985	12.28	161.7	144.4	15.87	169.2	151.4
化工及医药制品	0.730	6.74	6.406	143.92	233.5	166.7	144.65	240.3	173.1
建材建筑及非金属矿物制品	2.880	1.45	4.407	8.92	28.9	30.1	11.8	30.4	34.5
金属加工制品	231.290	1.23	1.134	62.08	42.4	63.3	293.4	43.6	64.5
机械、电子设备及其他制品	26.450	11.56	31.334	699.98	602.1	673.7	726.43	613.7	705.1
电力、热力及水生产和供应	4.660	5.75	11.25	90.35	211.8	128.8	95.01	217.6	140.1
交通运输、仓储及信息服务	11.640	11.55	22.108	418.46	231.5	706.2	430.1	243.1	728.3
批发零售及住宿餐饮服务	20.930	24.22	23.691	547.97	453.6	510.6	568.9	477.9	534.3
文教卫生、商务及其他服务	33.930	106.71	69.212	513.19	1182.3	1494.4	547.11	1289	1563.6
合 计	362.530	261.375	230.621	3440.68	4851.3	4903.3	3803.21	5112.9	5134.2

### (三) 人均消费间接碳排放

人均消费间接碳排放反映了个人消费行为对间接碳排放总量的贡献, 是影响间接碳排放总量的决定因素之一。从表4可以看出, 1997-2010年上海市城镇居民人均间接碳排放呈上升态势, 从1.49吨增加到3.91吨, 而农村居民人均间接碳排放总体呈波动缓慢上升趋势。

表4 1997-2010年上海市人均间接消费碳排放

年份	城镇人均(吨)	农村人均(吨)	城镇人均/农村人均
1997	1.4968	0.7868	1.9024
2000	1.2224	0.5665	2.1578
2002	1.6374	0.7612	2.1510
2005	2.9947	1.7156	1.7456
2007	4.0531	1.4368	2.8210
2010	3.9072	1.4655	2.6662

由此可见, 人均间接碳排放的城乡差距在进一步扩大, 其原因与城乡居民间接碳排放存在显著差距的原因基本一致, 即城镇居民生活水平高于农村, 生活方式多样化, 居民生活行为间接涉及的工业部门更广, 人均产生的间接碳排放较大。

### 五、基于结构分解的居民消费间接碳排放的影响因素分析

#### (一) 结构分解结果

根据(8)-(12)式的两极分解表达式, 以1997年为基期分别对样本期内各年份城镇、农村居民消费间接碳排放进行结构分解, 分解结果见表5。结果显示, 1997-2010年人口规模、消费水平、消费结构对城镇居民消费间接碳排放的总体上呈正效应, 且贡献值都呈上升变化趋势。其中消费水平为主导因素, 2010年年贡献值高达4317.78万吨碳。人口规模

效应及消费结构效应的贡献值远小于消费水平效应，分别为752.675万吨碳和407.662万吨碳。部门碳排放强度呈负效应，且负效应显著，2010年其贡献值达到-3087.21万吨碳。中间需求效应在2000—2002年呈现负效应，随后呈正效应，

其中2007年为1349.52万吨碳，2010年则为144.232万吨碳。由于三种正效应的贡献值之和超过了两种负效应的贡献值的绝对值之和，该阶段城镇居民消费间接碳排放的整体变动表现为总量增长。

表5 各变动因素对居民消费间接碳排放的贡献值

万吨碳

变动因素	城镇					农村				
	2000年	2002年	2005年	2007年	2010年	2000年	2002年	2005年	2007年	2010年
碳排放强度效应	-452.436	-472.353	-602.856	-3438.430	-3087.210	-16.4452	-12.8115	14.6862	-24.7686	-21.8843
中间需求效应	-107.813	-132.177	86.823	1349.520	144.232	-4.5744	-5.5783	-12.5501	26.0967	3.7251
人口规模效应	49.759	101.597	416.904	647.134	752.675	-3.0501	-5.6582	-78.4131	-20.8863	-22.1611
消费水平效应	329.019	739.655	1987.490	3198.540	4317.780	8.2284	15.6573	139.0030	35.9532	85.1584
消费结构效应	39.303	63.259	274.496	388.269	407.662	-8.2144	-12.8164	35.4164	-35.4443	-34.2330
总效应	-142.168	299.981	2162.857	2145.033	2535.139	-24.0556	-21.2071	98.1424	-19.0493	10.6051

(二) 各变动因素对居民消费间接碳排放的贡献

各变动因素对农村居民消费间接碳排放的贡献与对城镇居民居民的略有不同。1997—2010年，消费水平对农村居民消费间接碳排放呈正效应，且为主导因素，如2010年贡献值为85.1584万吨碳。人口规模对农村居民消费间接碳排放呈负效应，2010年贡献值为-22.1611。2005年碳排放强度效应、消费结构效应均为正效应，其他年份为负效应，2005年的两个正效应值分别为14.6862万吨碳、35.4164万吨碳，2010年则分别为-21.8843万吨碳、-34.233万吨碳。而该阶段农村居民消费间接碳排放总效应变化差异较大，其中2005和2010年为正效应，分别为98.1424万吨碳、10.6051万吨碳；2000、2002、2007年则分别为-24.0556万吨碳、-21.2071万吨

碳、-19.0493万吨碳。

各变动因素对居民消费间接碳排放的贡献率的变动情况见表6(表6中，基期为1997年)。对城镇居民而言，碳排放强度效应在2000年达到318.24%，其他年份均为显著负效应，2010年为-121.78%。中间需求效应在2002年为负效应，其他年份正效应，2000、2007年的正效应显著，2005、2010年则在5%左右。人口规模、消费水平、消费结构对城镇居民消费间接碳排放从2002年开始呈现正效应，2000年则均为负效应。消费水平的正效应显著，除2005年为91.89%外，其他三个年份都基本大于150.0%，2010年达到170.32%。人口规模、消费结构的正效应呈下降趋势，2010年分别为29.69%、16.08%。

表6 各变动因素对居民消费间接碳排放的贡献率

%

变动因素	城镇					农村				
	2000年	2002年	2005年	2007年	2010年	2000年	2002年	2005年	2007年	2010年
总效应	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
碳排放强度效应	318.24	-157.46	-27.87	-160.30	-121.78	68.36	60.41	14.96	130.02	-206.36
中间需求效应	75.84	-44.06	4.01	62.91	5.69	19.02	26.30	-12.79	-137.00	35.13
人口规模效应	-35.00	33.87	19.28	30.17	29.69	12.68	26.68	-79.90	109.64	-208.97
消费水平效应	-231.43	246.57	91.89	149.11	170.32	-34.21	-73.83	141.63	-188.74	803.00
消费结构效应	-27.65	21.09	12.69	18.10	16.08	34.15	60.43	36.09	186.07	-322.80

对农村居民而言，各变动因素的贡献率均呈现较大的波动态势，没有一个因素是呈现完全的正效应或负效应。消费水平在2005年、2010年分别呈现贡献率141.63%、803.0%的正效应，与其他年份的负效应形成鲜明对比。碳排放强度的贡献率与消费结构的贡献率有同样的变动趋势，即2010年呈现贡献率负效应，其他年份均呈现正效应，前者为-206.36%，后者为-322.80%的负效应。人口规模在2005年呈现贡献率-79.9%的负效应，与其他年份的正效应形成鲜明对比。中间需求呈现贡献率正、负效应的转变，贡献率从2000年的19.02%扩大至2002年的26.30%，2005年转为贡献率-12.79%的负效应，且负效应继续增强，至2007年贡献率为-137.0%，2010年为35.13%的正效应。

六、结论

本文基于投入产出模型和结构分解方法对上海市居民消费间接碳排放进行测算和分析。根据测算结果考查了1997—2010年上海各产业部门的碳排放强度和碳排放乘数因

子的差异，分析了1997—2010年上海市居民消费间接碳排放规模和变动趋势，并进行城乡比较。根据结构分解结果，分析了部门排放强度、中间需求、人口规模、消费水平和消费结构等因素变动对居民消费间接碳排放的影响，得到以下几点结论：

(1) 1997—2010年，上海市石油加工炼焦及燃烧加工业、金属加工制品、交通运输仓储及信息服务三个部门是能源消耗高度密集型部门。化工及医药制品的碳排放强度除了1997年的0.7926，其他年份都在0.3左右变化，但其碳排放乘数因子均大于1.2，其中1997年和2005年均超过2.0，说明其能耗也较大。

(2) 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上升趋势，农村居民间接能源消费产生的碳排放总体呈下降趋势。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引起的，城乡居民间接碳排放存在显著的差距。原因主要在

于:一是上海市城镇居民生活水平高于农村,生活方式多样化,居民生活行为间接涉及的工业部门更广;二是上海市人口城市化水平的不断提高致使城市居民人口规模不断增加,从而促使城市居民间接碳排放总量的增加。

(3)对城镇居民而言,1997-2010年,人口规模、消费水平、消费结构对城镇居民消费间接碳排在总体上呈正效应,且贡献值都呈上升趋势,其中消费水平为主导因素,2010年贡献值高达4317.78万吨碳。人口规模效应及消费结构效应的贡献值远小于消费水平效应,分别为752.675万吨碳和407.662万吨碳。部门碳排放强度呈负效应,且负效应显著,2010年其贡献值达到-3087.21万吨碳。中间需求效应在2000—2002年呈现负效应,随后呈正效应,其中2007年为1349.52万吨碳,2010年则为144.232万吨碳。由于三种正效应的贡献值之和超过了两种负效应的贡献值的绝对值之和,该阶段城镇居民消费间接碳排放的整体变动表现为总量增长。

(4)上海市居民消费水平的提高是居民消费间接碳排放增加的主要驱动力,城镇人口规模的增加也是导致上海市城镇居民消费间接碳排放总量增加的重要因素。从减缓碳排放角度考虑,要正确处理未来低碳经济发展与居民消费水平提高和人口城镇化水平提高之间的矛盾。此外,调整居民消费结构和产业部门能源消费结构,引导居民进行低碳生活,提高能源利用效率,降低碳排放强度,也是减少碳排放的有效措施。

#### 参考文献:

[1] Park H C, Heo E. The direct and indirect household energy requirements in the Republic of Korea from 1980 to 2000 - An input - output analysis [J]. Energy Policy, 2007 35 (5) : 2839-2851.

[2] Biesiot W, Noorman K J. Energy Requirements of Household Consumption: A Case Study of the Netherlands [J]. Ecological Economics, 1999, 28(3) : 367-383.

[3] 魏一鸣,范英,刘兰翠,等.中国能源报告(2008):碳排放研究[M].北京:科学出版社,2008:125-151.

[4] Weber C, Perrels A. Modelling lifestyle effects on energy demand and related emissions [J]. Energy Policy, 2000, 28(8) : 549-566.

[5] Pachauri S. An analysis of cross-sectional variations in total household energy requirements for India using micro survey

data[J]. Energy Policy, 2004(32) : 1723-1735.

[6] Claude Cohen, Manfred Lenzen, Roberto Schaeffer. Energy requirements of households in Brazil [J]. Energy Policy, 2005, 33(4) : 555-562.

[7] Bin S, Dowlatabadi H. Consumer lifestyle approach to US energy use and the related CO<sub>2</sub> emission [J]. Energy Policy, 2005, 33(2) : 197-208.

[8] Reinders A H M E, Vringer K, Blok K. The direct and indirect energy requirement of households in the European Union [J]. Energy Policy, 2003, 31(2) : 139-153.

[9] 谢士晨,陈长虹,李莉,等.上海市能源消费 CO<sub>2</sub> 排放清单与碳流通图[J].中国环境科学,2009,29(11) : 1215-1220.

[10] 李荣富.安徽省最终需求对产业演进影响的实证分析——基于投入产出模型的视角[J].科技情报开发与经济,2009,19(31) : 83-85.

[11] 郭义钧,邱钧.产业经济学[M].北京:中国统计出版社,1997:75-82.

[12] 徐慧.中国进出口贸易的环境成本转移——基于投入产出模型的分析[J].世界经济研究,2010(1) : 52-57.

[13] 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.

[14] 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.

[15] Miller R E, Blair P D. Input-output Analysis: Foundations and Extensions [M]. Englewood Cliffs, N J: Prentice-Hall, 1985:200-227.

[16] Hoekstra R, Vander Bergh J C J M. Comparing structural and index decomposition analysis [J]. Energy Economics, 2003, 25(1) : 39-64.

[17] Diakoulaki D, Mavrotas G, Orkopoulos D, et al. A bottom-up decomposition analysis of energy-related CO<sub>2</sub> emissions in Greece [J]. Energy, 2006, 31(14) : 2638-2651.

[18] 李景华. SDA模型的加权平均分解法及在中国第三产业发展分析中的应用[J].系统工程,2004, 22(9) : 69-73.

[19] 梁进社,郑蔚,蔡建明.中国能源消费增长的分解——基于投入产出方法[J].自然资源学报,2007, 22(6) : 853-864.

[20] 李艳梅,张雷.中国能源消费增长原因分析与节能途径探讨[J].中国人口资源与环境,2008, 18(3) : 83-87.

[责任编辑:余志虎]