

引用格式:王悦,李锋,孙晓.城市家庭消费碳排放研究进展[J].资源科学,2019,41(7):1201-1212. [Wang Y, Li F, Sun X. Progress of research on carbon emissions of urban household consumption[J]. Resources Science, 2019, 41(7): 1201-1212.] DOI: 10.18402/resci.2019.07.02

# 城市家庭消费碳排放研究进展

王悦<sup>1,2</sup>,李锋<sup>3</sup>,孙晓<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室,北京 100085;

2. 中国科学院大学,北京 100049;3. 清华大学建筑学院,北京 100084)

**摘要:**家庭生活消费碳排放是全球碳排放的重要组成部分并已成为新的增长点,中国家庭直接和间接的能源消耗及碳排放量占有率逐渐扩大的趋势明显,为国家实现减排目标带来难题。本文运用文献计量及对比分析的方法在整理归纳家庭消费碳排放研究进展的基础上,明确碳排放系数法、投入产出法、生命周期评价法和消费者生活方式法的主要内容与适用对象,比较其优缺点与适用情景。指出了在实证分析中影响研究结果的4个主要因素:问卷数据有效性、家庭消费行为模式差异性、社区影响和回弹效应。发现2009年以来,家庭碳排放研究成果逐年递增,基于宏观统计数据的研究成果显著多于微观调查研究;碳排放系数法和投入产出法是最常用的2种碳排放核算方法,具体应用则取决于研究目的和数据的可获取性;充分考虑家庭碳排放的影响因素,适当优化核算方法有利于提高研究结果的准确度。本文可为今后城市家庭消费碳排放研究视角与方法提供参考,为城市家庭碳排放管理提供了科学依据。

**关键词:**消费模式;碳排放;城市家庭;能源消耗;生态管理;文献计量

DOI:10.18402/resci.2019.07.02

## 1 引言

21世纪以来,随着经济社会的快速发展,城市化以前所未有的速度和规模改变着全球环境并给能源强度和CO<sub>2</sub>减排带来了巨大挑战。2015年,全球CO<sub>2</sub>排放量已达321亿t,其中能源消耗产生的CO<sub>2</sub>有78%通过城市排放<sup>[1,2]</sup>。快速城市化的中国从2006年起就成为超过美国的世界第一碳排放大国,其碳排放量占世界总碳排放量的29%<sup>[3]</sup>。在城市化进程中,家庭消费带来的温室气体排放量日益增长,不容忽视:一方面,城市化的迅速推进伴随城镇人口的大幅增加,居民出行、炊事等行为均需能源供应的支撑;另一方面,城市化带动城镇经济发展的同时服务业比重增加,人均可支配收入增长促进家庭消费频率上升,各类产品与服务的消费行为亦

离不开能源消耗<sup>[4]</sup>。欧盟家庭的生活消费耗能量早在20世纪90年代就已赶超工业耗能量,成为最大能源消耗者<sup>[4]</sup>。研究表明,目前中国家庭直接和间接的能源消耗及碳排放量逐渐增长的趋势明显,城市化进程还将推动中国家庭生活消费碳排放量的上升<sup>[3,4]</sup>。近年来,家庭消费产生的能源消耗及其碳排放问题已引起国际社会和科学界广泛关注<sup>[5-8]</sup>。

本文利用文献计量学方法,将检索文献筛选分类后对比分析城市家庭消费碳排放研究现状,旨在从已有的不同研究尺度中整理目前城市家庭消费碳排放的研究对象与碳源,梳理家庭消费碳排放的主要量化方法,明确每种方法的来源、适用情形与对象,比较不同量化方法间的差异性。最后,总结了目前中国城市家庭消费碳排放研究中值得注意

收稿日期:2018-08-04 修订日期:2019-01-22

基金项目:国家自然科学基金重点项目(71533004;71734006);国家重点研发计划项目(2016YFC0502800)。

作者简介:王悦,女,安徽人,硕士生,研究方向为城市生态学。E-mail: yuewang\_st@rcees.ac.cn

通讯作者:李锋,男,内蒙古人,博士,教授,研究方向为城市生态、生态系统服务、复合生态规划、修复与管理。E-mail: feng\_li@tsinghua.edu.cn

的几个问题,据此提出未来研究展望。

2 城市家庭消费碳排放文献计量分析

为探究近10年的研究进展,分别选择中国知网(CNKI)及Web of Science核心数据库(WOS)进行文献检索。在中国知网中以“家庭消费碳排放”为主题检索出2009—2018年发表的67篇学术论文,其中与城市家庭消费碳排放主题相关并涉及到碳排放量化的期刊文献共有58篇,包括9篇综述。在Web of Science核心数据库中以“TS=(urban household consumption carbon emissions\* OR urban household consumption CO<sub>2</sub> emissions\* OR carbon emissions from urban household consumption\* OR CO<sub>2</sub> emissions from urban household consumption\*)”为检索式检索到203篇文献,通过文献标题、关键词、摘要及全文浏览,筛选出同时段内符合主题要求的期刊文献

117篇。2009—2018年城市家庭消费碳排放主题文献数量变化如图1所示。

2009年CNKI仅有1篇关于中国城乡居民食品消费碳排放的研究,被引频次高达138次;2010年和2011年论文发表数量仍少于5篇,而后3年文献数量缓慢增加,2016年发表的文献量最高为11篇。最近10年,WOS核心数据库相关文献发表数量呈波动上升,2016年起每年发表数量超过20篇。国内外文献总量总体呈现上升趋势,表明有更多学者关注城市温室气体排放。

家庭能源消耗产生碳排放的来源是研究热点之一,主要从来源的结构和类型的角度进行研究<sup>[9]</sup>。家庭因能源消耗产生的温室气体主要有2种来源(表1):一是家庭通过照明、烹饪、使用电器,驾车出行等行为直接消耗能源(电力、热量、燃料等)产生

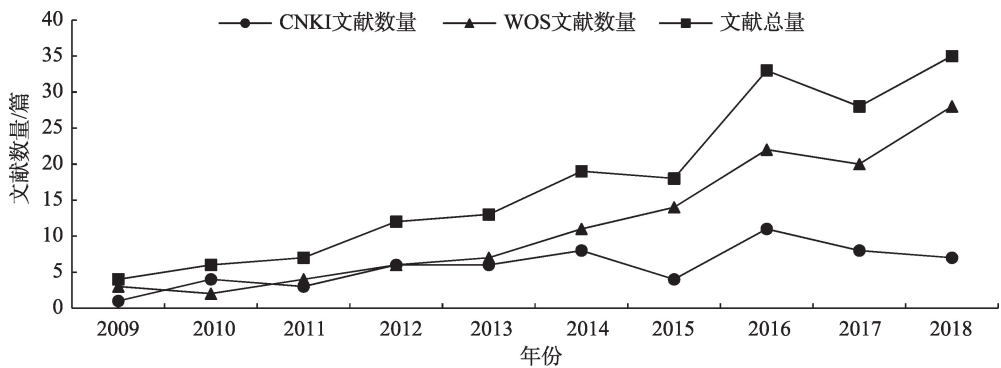


图1 2009—2018年城市家庭消费碳排放主题文献数量

Figure 1 Number of articles on carbon emissions from urban household consumption, 2009-2018

表1 家庭消费碳排放来源

Table 1 Sources of household carbon emissions

类别	消费种类	消费行为
直接碳排放	家庭直接用能	消费各类化石燃料(煤炭、汽油、柴油、煤油、液化石油气、天然气、煤气)
	私人交通	私家车、摩托车等化石燃料用车
间接碳排放	食品	消费粮食、豆类及豆制品、油和脂肪、肉类、家禽及相关产品、蛋、牛奶和奶制品等食物
	衣着	消费服装及服装辅料、鞋、帽;服装裁剪费、清洗等相关加工服务
	居住	消费或自建房屋;房屋装修、日常维护与修理消费;用水、用电、集体供暖
	生活用品及服务	消耗家用电器设备、家具设备、家用纺织品、个人护理用品等
	交通通信	交通和通信工具及相关的各种服务费、维修费和车辆保险等消费
	教育、文化和娱乐	教育服务、文娱用品及服务消费
	医疗保健	医疗保健器具、药品保健品消费、医疗服务消费
	其他用品及服务	个人饰品、箱包、旅馆住宿、美容美发和洗浴、保险等社会保护消费

注:根据文献[10-13]相关内容绘制。

2019年7月

排放物;二是家庭在满足物质和服务需求中,间接消耗能源产生碳排放,如外出就餐、衣着、教育、娱乐等消费行为<sup>[10-13]</sup>。家庭消费过程中所需能源的来源结构<sup>[12,14]</sup>见图2。

日常生活中,绝大多数家庭消费行为都会导致CO<sub>2</sub>排放。Qu等<sup>[15]</sup>从人类生存角度将家庭CO<sub>2</sub>排放定义为个人或家庭为满足生存需求和在一定社会经济条件下的发展需求而产生的碳排放,包括直接碳排放和间接碳排放。2007年Wei等<sup>[10]</sup>基于Bin等<sup>[11]</sup>的消费者生活方式法原理和碳排放系数法,测算了中国城乡居民直接和间接能源消费产生的碳排放量之后,基于此原理涌现出许多相关研究案例<sup>[15-17]</sup>。

从图3中折线图部分可看出,每年有近一半研究是将直接碳排放和间接碳排放综合量化后,从多角度开展研究。近年来基于宏观统计数据的家庭消

费碳排放研究发展迅速,2016年起年均发表20余篇相关文献。对检索结果筛选分类发现,目前城市与区域尺度的家庭消费碳排放研究较多,一般基于统计年鉴数据、能源平衡表等宏观统计数据进行研究,建立数学模型分析家庭碳排在时间梯度上的变化、驱动因素与动态模拟。例如在国家层面上,刘晶茹等<sup>[12]</sup>对包括家装材料、食品、交通用具、信息技术产品、服装与家纺在内的9类81种消费产品进行家庭尺度的物质流分析,量化家庭消费的物质代谢结构与格局;在省际层面上,已有学者测度了中原经济区30个省辖市居民衣食住行消费的间接碳排放量,通过空间自相关和空间面板模型分析了这些地区居民消费间接碳排放空间关联特征及影响因素<sup>[18]</sup>。

上述研究虽能为政府制定节能环保政策进行宏观调控提供定量依据,但较难揭示不同家庭消费模式所造成的碳排放量差异及成因,难以从消费者自身角度找出生活方式差异性产生的驱动因素进而提出具体的管理建议。值得指出的是,家庭是人类社会最小组成单元,构成了产品服务 and 消费的主体,而社区作为众多家庭的承载体,其自身的空间属性、社区基础设施、管理模式也会对家庭消费模式及观念造成一定影响<sup>[5,19]</sup>。

鉴于此,城市碳管理越来越注重个人、家庭和社区层面,而基于家庭消费微观调研数据的研究有利于政府部门认清当前经济背景下不同生活消费模式产生的环境效应,从而制定出更为有效的节能减排政策<sup>[20,21]</sup>。例如,在家庭层面,李治等<sup>[22]</sup>以家庭消费问卷调查的形式获得西安市家庭消费数据,核算家庭消费碳排放量并分析了家庭属性、消费行为、住房特

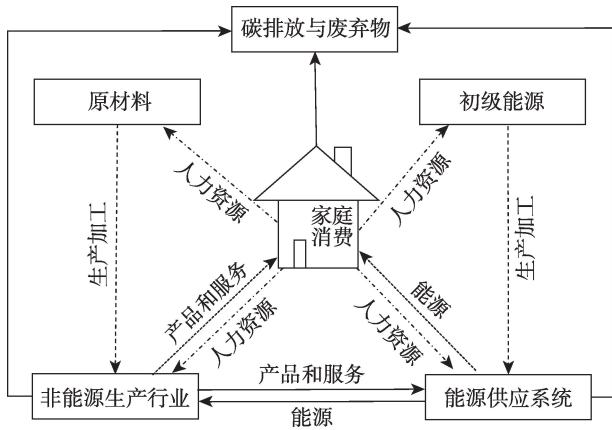


图2 家庭消费的能源需求

Figure 2 Energy demand of household consumption

注:根据文献[12,14]相关内容绘制。

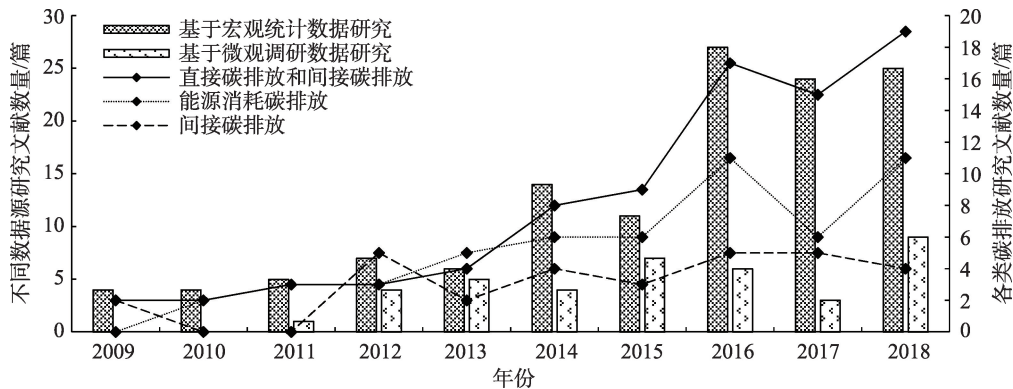


图3 2009—2018年不同碳排放研究数量变化

Figure 3 Changes in the number of studies on different carbon emissions, 2009—2018



征及周边公共服务设施等影响因素的作用方向和效果差异;Hirano等<sup>[23]</sup>通过家庭消费调查发现,日本家庭间接碳排放比直接碳排放更多,食品和交通碳减排空间很大,消费者有潜力通过改善其生活方式来帮助减少间接碳排放,他们认为低碳社会的实现需要更多这样的研究作积累;Qin等从<sup>[24]</sup>低碳城市规划角度对北京5种不同类型社区家庭消费碳排放进行的研究表明,人口密度较高,土地使用模式混合,公共交通更便利,以及就业平衡是减少北京家庭碳排放的重要规划参数。家庭消费微观研究需要进行大量社区调研,开展难度较大,因此研究数量较少,其中能进一步提出有针对性的管理措施的研究更为少见。

3 家庭消费碳排放的主要研究方法

3.1 碳排放系数法

家庭消费内容复杂多样,目前家庭消费直接碳排放的计算大多是利用能源碳排放系数乘以对应

能源的消耗量,国内外网站上出现的简易家庭(或个人)碳足迹计算器也是根据这一原理,如美国的American Forest和Be Green,中国科技部的“全民节能减排计算器”等。碳排放系数法利用宏观统计数据或微观家庭调查数据直接计算得到碳排放量,但由于各国能源生产水平不同,同一种能源的碳排放系数存在差异,因此计算结果缺少准确性和可比性。在实际使用中应根据研究区域差异对碳排放系数进行修正再使用,比如城市间电力供应结构存异,同一城市不同区域集中供暖的能耗效率也不同。碳排放系数法适用范围广泛,许多国内已发表的文章中运用此方法核算了能源消耗碳排放<sup>[9,20,21,25]</sup>。表2汇总了中国常见消费品的碳排放系数,这些系数来源于中国发展和改革委员会应对气候变化司、中国科技部等机构和部分学者的研究成果<sup>[26-29]</sup>。

3.2 投入产出法

美国经济学家瓦西里·列昂惕夫创立的投入产

表2 家庭消费CO<sub>2</sub>排放系数

Table 2 CO<sub>2</sub> emission coefficient of household consumption

类型	种类	单位	碳排放系数	类型	种类	单位	碳排放系数
能源与资源	电力	kgCO <sub>2</sub> /kW·h	0.98 <sup>a</sup>	交通	电瓶车	kgCO <sub>2</sub> /km	0.08 <sup>b</sup>
	液化石油气	kgCO <sub>2</sub> /罐	43.21 <sup>b</sup>		摩托车	kgCO <sub>2</sub> /L	2.24 <sup>c</sup>
	管道天然气	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	2.15 <sup>b</sup>		私家车(汽油)	kgCO <sub>2</sub> /L	2.34 <sup>d</sup>
	集中供暖	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	42.63 <sup>e</sup>		私家车(柴油)	kgCO <sub>2</sub> /L	2.78 <sup>e</sup>
	水	kgCO <sub>2</sub> /t	0.30 <sup>d</sup>		公交车	kgCO <sub>2</sub> /km	0.04 <sup>b</sup>
	垃圾	kgCO <sub>2</sub> /kg	2.06 <sup>e</sup>		出租车	kgCO <sub>2</sub> /km	0.50 <sup>d</sup>
食品、服装	大米	kgCO <sub>2</sub> /kg	0.3268 <sup>f</sup>		地铁	kgCO <sub>2</sub> /km	0.06 <sup>e</sup>
	畜禽肉类	kgCO <sub>2</sub> /kg	0.2546 <sup>f</sup>		单位班车	kgCO <sub>2</sub> /km	0.04 <sup>e</sup>
	水产品类	kgCO <sub>2</sub> /kg	0.1433 <sup>f</sup>	按照行业和消费支出划分计算	食品	kgCO <sub>2</sub> /元	0.068 <sup>i</sup>
	蛋类	kgCO <sub>2</sub> /kg	0.1510 <sup>f</sup>		衣着	kgCO <sub>2</sub> /元	0.065 <sup>i</sup>
	蔬菜	kgCO <sub>2</sub> /kg	0.0274 <sup>f</sup>		居住	kgCO <sub>2</sub> /元	1.001 <sup>i</sup>
	水果	kgCO <sub>2</sub> /kg	0.0498 <sup>f</sup>		生活用品和服务	kgCO <sub>2</sub> /元	0.032 <sup>i</sup>
	牛奶	kgCO <sub>2</sub> /kg	0.0629 <sup>f</sup>		交通通信	kgCO <sub>2</sub> /元	0.134 <sup>i</sup>
	酒饮类	kgCO <sub>2</sub> /kg	0.0411 <sup>f</sup>		教育文化和文娱	kgCO <sub>2</sub> /元	0.166 <sup>i</sup>
	植物油	kgCO <sub>2</sub> /kg	0.7666 <sup>f</sup>		医疗保健	kgCO <sub>2</sub> /元	0.050 <sup>i</sup>
	衣服	kgCO <sub>2</sub> /件	6.4000 <sup>d</sup>		其他用品和服务	kgCO <sub>2</sub> /元	0.058 <sup>i</sup>
	鞋	kgCO <sub>2</sub> /双	5.7600 <sup>g</sup>				

注:a参考中国发展和改革委员会应对气候变化司,2010年中国区域电网基准线排放因子;b参考2006年《IPCC温室气体排放清单指南》<sup>[30]</sup>;c参考《中国民用建筑节能设计标准》(采暖居住建筑部分)<sup>[31]</sup>;d参考中国科技部《公民节能减排手册》<sup>[32]</sup>;e参考台湾能源局;f参考文献[29];g按衣服的90%计,参考欧美国家碳排放系数比例;h参考中国科技部数据;i参考文献[27]。

2019年7月

出法<sup>[33]</sup>能综合分析国民经济各部门间、产品生产与消耗之间的数量依存关系,计算家庭消费间接碳排放。根据研究途径的不同,投入产出法<sup>[34]</sup>主要分为表3中的3种类型,3种方法的数据处理流程<sup>[34,35]</sup>如图4所示。

投入产出法能为不同经济领域提供标准的评估框架,应用领域广,可量化特定地区的家庭直接和间接的能源消耗<sup>[4]</sup>。印度学者Aparna<sup>[36]</sup>在投入产出模型基础上,根据广泛的家庭消费种类,对印度1993—2006年间CO<sub>2</sub>排放变化进行完全分解分析,查明了造成污染的原因。投入产出消费支出法可根据各地区家庭实际消费金额,反映不同家庭消费模式产生的碳排放结构差异,既能计算家庭不同类型的消费类目产生的碳排放量差异<sup>[15]</sup>,又能计算同一消费类目下不同消费商品的碳排放量<sup>[37]</sup>。投入产出模型是进行混合系统分析的有效工具,同时也存在一定的局限性,系统边界的正确选择与划分可减少误差的产生。此外,静态的投入产出表无法反映实际生产和消费系统结构随时间的动态变化,不能可靠地预测出消费变化的长期影响<sup>[38,39]</sup>。

### 3.3 生命周期评价法

生命周期评价法通常用于计算产品整个生产和服务过程中产生的温室气体,主要有以下3种方法:投入产出生命周期评价法(IOA-LCA)、过程生命周期评价法(Process LCA)和综合生命周期评价法(Hybrid LCA)。过程生命周期是最常用的方法,它根据主要生产与供应链中的能量和质量流,对碳排放进行评估<sup>[40]</sup>。投入产出生命周期评价法是一种基于货币交易计算排放量的方法,该方法使用货币的交易表来描述一个经济体中各行业之间的相互

依赖关系<sup>[41]</sup>。综合生命周期评价法综合前2种方法的优点,分为3个类别:分层综合生命周期评价、基于投入产出的综合生命周期评价和将过程级信息合并到投入产出模型的综合集成生命周期评价<sup>[41]</sup>。

Pairotti等<sup>[42]</sup>以地中海地区为例,使用IOA-LCA评估不同饮食模式的环境负担、能耗和碳足迹,发现素食者消费对环境最友好,其能源消费量比全国平均水平低3.14%,碳足迹比全国平均水平低12.7%。Miche等<sup>[43]</sup>使用多区域的IOA-LCA方法,考虑了16个国家行政区域,15种不同的家庭规模以及8种不同的收入和年龄类别,开发出一款德国家庭碳足迹计算器。该计算模型揭示了家庭碳足迹的大小和构成在区域上的显著差异,家庭收入和规模是差异产生的主导因素,最高收入家庭的CO<sub>2</sub>排放量是最低收入家庭的4.25倍。

### 3.4 消费者生活方式法

大多数学者基于宏观统计数据运用各类模型来量化家庭消费碳排放量,探索碳排放量的影响因素。事实上,居民消费模式对生态环境的影响不仅与个人特征,如环境知识、能源意识、低碳消费价值观等有关<sup>[44,45]</sup>,还与家庭规模<sup>[8,28,46]</sup>、收入能力<sup>[26,28,46,47]</sup>、消费水平<sup>[19,47]</sup>等家庭特征以及家庭所在地的地理气候条件<sup>[8,47]</sup>、物价水平<sup>[47]</sup>、能源技术<sup>[26,47]</sup>、环境政策<sup>[47]</sup>、城市形态<sup>[8,26]</sup>和功能布局<sup>[8]</sup>等家庭外部环境相关。

消费者生活方式法(Consumer Lifestyle Approach, CLA)为这类研究提供了一个综合评估框架,它结合碳排放系数法和投入产出模型计算居民消费碳排放情况,用居民生活消费支出乘以消费项目的单位产值碳排放强度计算出各项消费支出的碳排放量<sup>[16]</sup>。CLA将外部环境变量、个体决定因

表3 投入产出法的3种类型

Table 3 Three types of input-output methods

种类	适用对象	计算方法
基本投入产出法 (IO-EA-basic)	计算经济部门或一般家庭的平均商品需求,能比较不同国家的环境负荷以及经济结构变化产生的影响	部门累计能源强度乘以家庭最终需求的消费货币数据
投入产出消费支出法 (IO-EA-expenditure)	衡量不同家庭消费模式产生的碳排放量差异,可反映出每个消费项目和消费类别的能源需求	家庭消费支出调查数据乘以部门累计碳排放强度
投入产出过程分析法 (IO-EA-process)	能够分析输入输出的各个阶段,计算出各部门累计能源强度、家庭直接和间接的能源需求、每个消费项目的能源需求、累计能源强度和产 品与服务的需求	将物理数据、能源数据和经济数据(消费者价格、剩余价值等)相结合,运用混合能流分析法计算

注:根据文献<sup>[34]</sup>相关内容绘制。

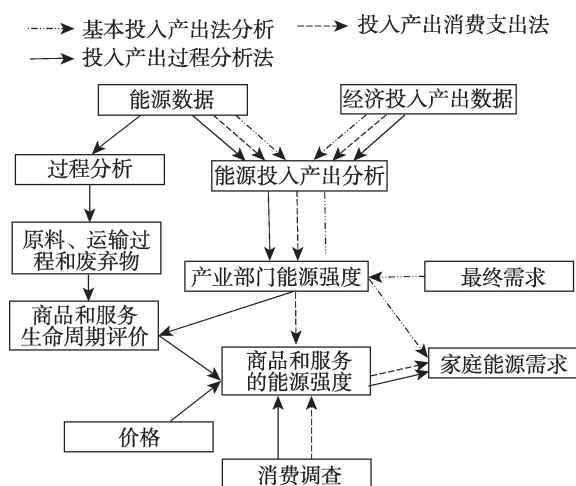


图4 3种不同投入产出能源分析法的数据处理流程

Figure 4 Data analysis procedure of the three different input-output energy analysis methods

注:根据文献[34,35]相关内容绘制。

素、家庭特征和消费者选择及其结果视为相互作用因素。该方法最早由Bin等<sup>[11]</sup>用于衡量美国家庭消费碳排放结构,发现美国80%的能源消耗和CO<sub>2</sub>排放是由消费者需求及其经济活动导致的,家庭能源使用和个人旅行消费的碳排放量分别占美国能源使用和CO<sub>2</sub>排放总量的28%和41%,但GDP贡献量仅占4%。近些年CLA得到广泛运用,学者们基于CLA模型理论,将家庭消费碳排放数据建模分析。例如Xu等<sup>[17]</sup>将Gini系数分解和Shapley分解等方法运用到CLA计算结果中,Shapley分解结果显示家庭人口特征、就业与收入、家庭负担、家庭资产和金融计划是造成中国城市家庭碳排放差别的决定因素。

### 3.5 主要研究方法比较

统计WOS核心数据库和CNKI中检索出的涉及家庭碳排放量化过程的166篇文献使用的量化方法次数如图5所示,碳排放系数法作为将能耗转化为碳排放的根本方法,在其余3种方法的有关步骤均有所体现,故认为每篇都涉及碳排放系数法。近3年投入产出法的使用频率占总量的24%以上,该方法适用范围广泛,应用较多。历年文献中,生命周期评价法和消费者生活方式法的使用次数不多,这可能和研究者的研究对象有关。

上述4种方法均适用于宏观与微观不同层次自

上而下或自下而上的研究体系,但不同消费行为产生的碳排放量的最佳量化方法不尽相同,需研究者结合研究目的与实际情况后选择。4种方法的优点和缺点<sup>[12,27,35]</sup>如表4所示。简单易算的碳排放系数法对数据量要求较少,只需明确各项消费的碳排放系数及消耗量的数据便可据此求出碳排放量。该方法也因碳排放系数不能代表特定研究地点与研究时间的生产技术水平,使计算结果缺少真实性和可比性。

投入产出法、生命周期评价法与消费者生活方式法的数据主要来源于不同层次的统计数据、微观消费数据或其他调研数据,对数据量要求大,数据较难获得且各方法利弊不同:投入产出法与消费者生活方式法计算中都忽略了进口产品服务与国内同类产品服务碳排放强度的差异,静态的投入产出表无法反映实际生产和消费系统结构随时间的动态变化,不能可靠地预测出消费变化的长期影响;消费者生活方式法运用的居民消费支出数据与宏观投入产出数据难以高度契合,家庭消费数据真实性对计算结果的有效性具有直接影响;生命周期评价法不仅能对家庭消费对象的整个生命周期各阶段能耗产生的碳排放量进行分析,而且还可计算微观产品的碳排放量,这是该方法的优点,但在计算时需要十分详细的与产品生命周期相关的各种信息数据,各环节数据复杂度高,应用时困难较多,其

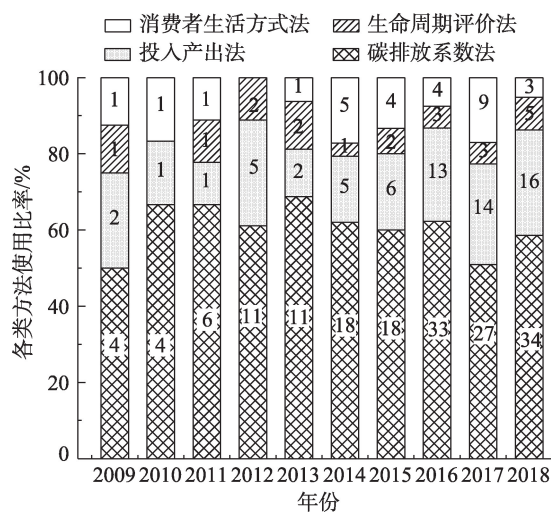


图5 2009—2018年不同碳排放研究方法使用比率

Figure 5 Changes in the number of studies on different carbon emissions, 2009-2018



表4 家庭消费碳排放研究方法的优缺点比较

Table 4 Comparison of advantages and disadvantages of research methods for household consumption carbon emissions

方法	数据需求	优点	缺点
碳排放系数法	各项消费的碳排放系数; 统计数据或家庭调查数据	计算过程简便容易普及	不同地区的碳排放系数难以准确估计计算结果,真实度一般
投入产出法	全国家庭支出调查; 投入产出表; 燃料和能源的价格指数	提供一种可以以统一的方式更新或应用于不同的人群的标准分析方法	预测长期影响时缺乏可靠性,假设的固定技术系数不能反映技术的进步和弹性
生命周期评价法	家庭调查数据; 文献调研数据; 公共数据库; 产品生产各环节的详细数据; 企业年度财务报告等	能对家庭消费对象的整个生命周期各阶段能耗产生的碳排放量进行分析,可计算微观产品的碳排放量	对数据要求较高、获取不易,获取的数据量大,不易处理;难以进行经济、技术、社会效益分析
消费者生活方式法	家庭调研数据; 投入产出表; 区域统计数据	考虑了影响消费的相互作用因素,重在分析个体特征对碳排放的影响;将投入产出法和碳排放系数法结合,能很好地反应宏观和微观层面的家庭碳排放量	调研工作量大且对调研数据准确性要求高;模型应用程序复杂;进出口产品消费产生的碳排放难以计算;居民消费支出数据与宏观投入产出数据难以高度契合

注:根据文献[12,27,35]相关内容绘制。

准确度也难以保证。

## 4 家庭消费碳排放研究的影响因素

家庭消费内容涉及诸多方面,已开展的家庭消费碳排放研究中,大部分是先运用上述几种方法计算研究对象的碳排放量,再测算不同时间梯度的碳排放量差异、分析碳排放影响因素和增长趋势<sup>[48-50]</sup>等。这类研究通常侧重碳排放量数据分析,忽视了消费数据真实性及碳排放核算的准确性,未对量化方法进行优化。这一现象在家庭消费碳排放微观调查研究中更为普遍,因此本文结合目前已有研究内容,总结出4个值得注意的影响因素。

### 4.1 问卷数据有效性

在自下而上的研究中,问卷调查过程是承接前期理论准备工作与后期实证研究的重要环节,是获得实证分析数据的重要渠道。此类问卷中一般包括家庭人口统计学特征调查、直接和间接的能源消耗量调查及生活消费偏好调查等,问卷数据经过整理后大多通过建立模型来分析不同家庭消费模式产生的碳排放量差异与影响因素、包括自身因素和环境因素等<sup>[20,45,51,52]</sup>。西安千户家庭问卷调查结果就表明高收入家庭呈现出高碳排放的特征,但最高收入群体有较强意愿购买绿色产品改善环境质量;此外,距离公共服务设施越远、夏季空调使用温度更低、每周休闲娱乐出行次数更多的家庭产生的碳排放量更多<sup>[22]</sup>。调查问卷内容设置灵活、题型多样且获得的数据比

面板统计数据更有针对性和代表性,但也存在一定局限:如样本的代表性受限、访问对象回答遮掩、反馈信息失真等。由于移动科技的进步促进了居民生活便捷度的提高,居民不会刻意关注每月直接能源费量和消费金额,间接消费金额更难以给出,这对进行调查带来了挑战,问卷数据需加以修正,但缺少明确的修正规范。问卷调查法运用的效果取决于问卷的编制水平,样本的选择和结果分析的准确度等,对调查对象答案的真实性要求较高,需要足够的样本量支撑。

### 4.2 家庭消费行为模式差异性

计划行为理论表明,行为态度、主观规范和知觉行为控制是决定行为意向的3个主要变量<sup>[53]</sup>。人类行为被认为是影响能源消费的主要因素之一。在家庭规模、收入和建筑能耗等特征相似的情况下,居民行为变化会产生显著的能耗差异<sup>[54,55]</sup>。具有积极环境价值观和丰富环境知识的居民更有可能产生家庭节能行为,具有节能态度与习惯<sup>[44,46]</sup>,如购买节能产品以减少家庭直接能源消耗。但节能产品往往价格较高,增加了生活服务消费支出,影响CLA计算结果的准确度。生活品质的提高并不意味着家庭消费碳排放量的增多,家庭生活服务消费的支出高未必意味着购买数量多,产品生产更为复杂,实际调研时还应根据家庭消费行为模式调整研究参数、方法等,这些方面在以往研究中常被忽

略。调节家庭消费行为,减少能源密集型生活方式是实施减排的重要举措,分析居民的个人特征、消费行为、偏好与需求、能源意识和知识水平等因素更有利于政府制定环境政策<sup>[56-58]</sup>。

#### 4.3 社区影响

社区是城市的基本组成单元、人与环境共生的综合体,是践行城市生态文明建设与生态管理的基本可操作单元和重要载体<sup>[19]</sup>。社区不是一个孤立的系统,而是整个人居环境的组成部分,社区的空间属性和建筑属性等因素间接决定了居民消费行为对环境的影响。如就业密度、人口密度、公共交通设施水平、土地混合度被证明与居民工作出行时私家车的使用程度呈负相关,与公共交通、步行方式的选择呈正相关<sup>[59]</sup>。Yang等<sup>[60]</sup>通过对北京家庭能耗和生活条件的调查表明,一个公共设施便捷度高且拥有节能建筑特性的社区能显著地降低家庭碳排放量,远离公共设施的社区居民有更大的购车可能性。对城市社区而言,在不考虑房屋结构和家庭经济因素的情况下,绿地和水体能减少家庭能耗碳排放,小区容积率、建筑能效、电梯能耗、供暖效率等因素也对居民生活碳排放量有影响<sup>[61,62]</sup>,但总体来看,研究社区与家庭碳排放间作用关系的文献较少,影响机理有待挖掘。

#### 4.4 回弹效应

技术进步和消费方式的改变使消费者能够以更低廉的价格购买到更多更好的产品从而激发了居民的购买欲望,由此产生“回弹效应”<sup>[63]</sup>。能源消费的回弹效应是指能源效率因技术进步得到提高后节约了能源消费量,但能源效率提高使价格降低促生了更多对能源服务的需求,从而抵消了节约的能源消费量<sup>[8]</sup>,通常体现在空调、汽车这类能耗设备上<sup>[64]</sup>。计算家庭间接碳排放量时,常以居民各项消费金额乘以相应的碳排放系数,这种方法忽略了消费中真实存在的回弹效应,难以表明居民实际消费量。杜运伟等<sup>[65]</sup>在研究南京家庭消费碳排放时调查了家庭购置衣物的频率和数量而不是消费金额,发现家庭每月多买2件衣服,年碳排放量就会增加4.011 kg。回弹效应在不同消费群体中表现程度有差异,Girod等<sup>[66]</sup>在进行碳排放影响分析前将调查家庭分成相同家庭类型和相同支出群体2类,减少人

口统计学因素的干扰,再分别找出碳排放量最高最低的前10%的家庭消费模式定义成最差消费模式和最佳消费模式,通过分析真实的消费模式,自动计算出家庭层面的各种反弹效应。

### 5 结论与展望

#### 5.1 结论

中国政府为应对全球气候变暖对碳排放给予了高度重视,制定了一系列节能减排政策与规范。家庭消费作为经济增长的重要推动力,具有巨大的减排潜力。近年来,城市家庭消费碳排放研究已在各国开展,国内外期刊相关文献数量总体呈现上升趋势,城市家庭消费产生的高碳排放量问题得到广泛关注。由于家庭消费内容复杂多样,碳排放量化范围已从电力、天然气等直接能源消耗扩大到家庭衣、食、住、行等诸多方面。量化方法主要有碳排放系数法、投入产出法、生命周期评价法和消费者生活方式法,方法的选择取决于研究目的和数据的可获取性。充分考虑碳排放的各项影响因素有助于提高调查结果的准确性和真实性,本文总结了在实证分析中影响研究结果的4个主要因素:问卷数据有效性、家庭消费行为模式差异性、社区影响和回弹效应,认为在家庭碳排放研究中,不仅要合理设置问卷并在调研中保证数据的真实性,还要权衡家庭消费行为模式差异、社区的直接影响和回弹效应影响,据此进行适当修正以提高研究结果的实际应用价值。

#### 5.2 展望

总体来看,城市家庭消费碳排放的研究已由国家、区域和城市尺度研究逐渐转向社区、家庭层面。研究方法从宏观统计分析演变成社会问卷调查数据与实地调研数据相结合。并且研究方法与模型更复杂综合,涉及到的学科更多元化,今后的研究还应注重以下几个方面:

(1)考虑到家庭消费的复杂性,碳排放研究指标仍待细化与完善,能源消耗的碳排放系数和不同消费活动的碳排放系数均需因地制宜地加以修正,碳排放计算模型应符合本国生产技术和家庭消费特征。

(2)伴随信息技术的发展,居民消费变得多元化、多样化,消费行为的时空特征明显,以往数据难以满足研究需求,需要多维度的、高精度的数据支



2019年7月

持。伴随大数据时代的来临,利用多源异构数据深度挖掘家庭消费行为模式特征更有利于对比不同消费模式产生的碳排放量的差异。

(3)家庭碳排放影响因素探究中,学者们从研究城市化规模、消费结构这类社会因素影响作用逐渐转向研究家庭消费行为、消费意识、环保态度这类消费模式因素,从人本尺度探寻碳排放量差异的源泉。社区作为家庭与环境共生的综合体,直接和间接地影响家庭生活碳排放量,目前仍缺乏揭示社区管理与家庭消费模式间相互渗透影响的研究。

(4)在家庭碳排放的管理方面,除根据研究结果提出宣传教育建议外,还可利用模型进行预测和情景设置,基于当前碳排放现状进行城市减排模拟预测,提出更为切实有效的管理对策,已有管理对策的实施效果也有待学者们继续评估与研究。

## 参考文献(References):

- [1] Ding Y, Li F. Examining the effects of urbanization and industrialization on carbon dioxide emission: Evidence from China's provincial regions[J]. *Energy*, 2017, 125: 533-542.
- [2] Grimm N B, Faeth S H, Golubiewski N E, et al. Global change and the ecology of cities[J]. *Science*, 2008, 319(5864): 756-560.
- [3] 杜威. 基于LMDI分解模型的中国居民生活间接碳排放特征分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2016, 26(11): 5-9. [Du W. Analysis of characteristics of Chinese residents' indirect carbon emissions in daily life based on LMDI decomposition model[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2016, 26(11): 5-9.]
- [4] Li Y M, Zhao R, Liu T S, et al. Does urbanization lead to more direct and indirect household carbon dioxide emissions? Evidence from China during 1996-2012[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 102: 103-114.
- [5] Jones C M, Kammen D M. Quantifying carbon footprint reduction opportunities for U.S. households and communities[J]. *Environmental Science & Technology*, 2011, 45(9): 4088-4095.
- [6] Wang Z H, Liu W. Determinants of CO<sub>2</sub> emissions from household daily travel in Beijing, China: Individual travel characteristic perspectives[J]. *Applied Energy*, 2015, 158: 292-299.
- [7] 曲建升, 刘莉娜, 曾静静, 等. 中国居民生活碳排放增长路径研究[J]. *资源科学*, 2017, 39(12): 2389-2398. [Qu J S, Liu L N, Zeng J J, et al. A study on growth path for China's household CO<sub>2</sub> emissions[J]. *Resources Science*, 2017, 39(12): 2389-2398.]
- [8] 崔一澜, 刘毅, 诸葛承祥. 城市居民生活能源消费研究进展综述[J]. *中国人口·资源与环境*, 2016, 26(12): 117-124. [Cui Y L, Liu Y, Zhuge C X. Review of studies on energy consumption of urban households[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2016, 26(12): 117-124.]
- [9] 冯玲, 齐涛, 赵千钧. 城镇居民生活能耗与碳排放动态特征分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(5): 93-100. [Feng L, Lin T, Zhao Q J. Analysis of the dynamic characteristics of urban household energy use and carbon emissions in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(5): 93-100.]
- [10] Wei Y M, Liu L C, Fan Y, et al. The impact of lifestyle on energy use and CO<sub>2</sub> emission: An empirical analysis of China's residents [J]. *Energy Policy*, 2007, 35(1): 247-257.
- [11] Bin S, Dowlatabadi H. Consumer lifestyle approach to US energy use and the related CO emissions[J]. *Energy Policy*, 2005, 33(2): 197-208.
- [12] Zhang X L, Wang Y. How to reduce household carbon emissions: A review of experience and policy design considerations[J]. *Energy Policy*, 2017, 102: 116-124.
- [13] 刘晶茹, 严丽, 丁宁, 等. 中国城镇家庭物质流核算[J]. *中国人口·资源与环境*, 2017, 27(S1): 155-158. [Liu J R, Yan L, Ding N, et al. Material flow analysis of Chinese urban household[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2017, 27(S1): 155-158.]
- [14] Di Donato M, Lomas P L, Carpintero Ó. Metabolism and environmental impacts of household consumption: A review on the assessment, methodology, and drivers[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2015, 19(5): 904-916.
- [15] Qu J S, Zeng J J, Li Y, et al. Household carbon dioxide emissions from peasants and herdsmen in northwestern arid-alpine regions, China[J]. *Energy Policy*, 2013, 57: 133-140.
- [16] Ding Q, Cai W J, Wang C. Impact of household consumption activities on energy consumption in China: Evidence from the lifestyle perspective and input-output analysis[J]. *Energy Procedia*, 2017, 105: 3384-3390.
- [17] Xu X K, Han L Y, Lv X F. Household carbon inequality in urban China, its sources and determinants[J]. *Ecological Economics*, 2016, 128: 77-86.
- [18] 史琴琴, 鲁丰先, 陈海, 等. 中原经济区城镇居民消费间接碳排放时空格局及其影响因素[J]. *资源科学*, 2018, 40(6): 1297-1306. [Shi Q Q, Lu F X, Chen H, et al. Temporal-spatial patterns and factors affecting indirect carbon emissions from urban consumption in the Central Plains Economic Region[J]. *Resources Science*, 2018, 40(6): 1297-1306.]
- [19] 张倩, 邓祥征, 周青, 等. 城市居民行为与生态社区建设研究[J]. *生态学报*, 2016, 36(10): 3013-3020. [Zhang Q, Deng X Z, Zhou Q, et al. Research review of urban dwellers' behaviors and progress in building ecological communities[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(10): 3013-3020.]
- [20] 叶红, 潘玲阳, 陈峰, 等. 城市家庭能耗直接碳排放影响因素: 以厦门岛区为例[J]. *生态学报*, 2010, 30(14): 3802-3811. [Ye H, Pan L Y, Chen F, et al. Research review of urban dwellers' behaviors and progress in building ecological communities[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(14): 3802-3811.]

- Pan L Y, Chen F, et al. Direct carbon emission from urban residential energy consumption: A case study of Xiamen[J]. *China[J]. Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(14): 3802–3811.]
- [21] Lin T, Yu Y J, Bai X M, et al. Greenhouse gas emissions accounting of urban residential consumption: A household survey based approach[J]. *Plos One*, 2013, 8(2): e55642.
- [22] 李治, 李国平, 胡振. 西安市家庭碳排放特征及影响因素实证分析[J]. *资源科学*, 2017, 39(7): 1394–1405. [Li Z, Li G P, Hu Z. Xi'an household carbon emission characteristics[J]. *Resources Science*, 2017, 39(7): 1394–1405.]
- [23] Hirano Y, Ihara T, Yoshida Y. Estimating residential CO<sub>2</sub> emissions based on daily activities and consideration of methods to reduce emissions[J]. *Building and Environment*, 2016, 103: 1–8.
- [24] Qin B, Han S S. Planning parameters and household carbon emission: Evidence from high- and low-carbon neighborhoods in Beijing[J]. *Habitat International*, 2013, 37: 52–60.
- [25] Liu W L, Spaargaren G, Heerink N, et al. Energy consumption practices of rural households in north China: Basic characteristics and potential for low carbon development[J]. *Energy Policy*, 2013, 55: 128–138.
- [26] 朱雪梅, 江海燕, 肖荣波, 等. 广州居住区碳排放特征及对低碳社区的启示[J]. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(3): 19–23. [Zhu X M, Jiang H Y, Xiao R B, et al. The pattern of residential area carbon emission and implications for the low-carbon community based on Guangzhou[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(3): 19–23.]
- [27] 王钦池. 家庭规模对中国能源消费和碳排放的影响研究[J]. *资源科学*, 2015, 37(2): 299–307. [Wang Q C. Effects of household size on energy consumption and carbon emissions[J]. *Resources Science*, 2015, 37(2): 299–307.]
- [28] 杨选梅, 葛幼松, 曾红鹰. 基于个体消费行为的家庭碳排放研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(5): 35–40. [Yang X M, Ge Y S, Zeng H Y. The household carbon emission analysis under individual consumer behavior[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2010, 20(5): 35–40.]
- [29] 罗婷文, 欧阳志云, 王效科, 等. 北京城市化进程中家庭食物碳排放动态[J]. *生态学报*, 2005, 25(12): 3252–3258. [Luo T W, Ouyang Z Y, Wang X K, et al. Dynamics of urban food-carbon consumption in Beijing households[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(12): 3252–3258.]
- [30] IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[M]. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006.
- [31] 中国建筑科学研究院. 民用建筑节能设计标准: 采暖居住建筑部分[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999. [China Academy of Building Research. Energy Conservation Design Standard for Heating Residential Buildings[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1999.]
- [32] 科学技术部社会发展科技司. 全民节能减排实用手册[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2007. [Ministry of Science and Technology of PRC. Practical Manual for National Energy Conservation and Emission Reduction[M]. Beijing: Social Science Academic Press (CHINA), 2007.]
- [33] Leontief W, Strout A. Multiregional Input-Output Analysis, in Structural Interdependence and Economic Development[M]. London: Palgrave Macmillan, 1963.
- [34] Kok R, 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.
- [35] 曾静静, 张志强, 曲建升, 等. 家庭碳排放计算方法分析评价[J]. *地理科学进展*, 2012, 31(10): 1341–1352. [Zeng J J, Zhang Z Q, Qu J S, et al. Analysis and evaluation of methods for household carbon emissions calculation[J]. *Progress in Geography*, 2012, 31(10): 1341–1352.]
- [36] Das A, Paul S K. CO<sub>2</sub> emissions from household consumption in India between 1993–94 and 2006–07: A decomposition analysis[J]. *Energy Economics*, 2014, 41: 90–105.
- [37] Reynolds C J, Piantadosi J, Buckley J D, et al. Evaluation of the environmental impact of weekly food consumption in different socio-economic households in Australia using environmentally extended input-output analysis[J]. *Ecological Economics*, 2015, 111: 58–64.
- [38] Suh S, Lenzen M, Treloar G J, et al. System boundary selection in life-cycle inventories using hybrid approaches[J]. *Environmental Science & Technology*, 2004, 38(3): 657–664.
- [39] Liu H T, Guo J E, Qian D, et al. Comprehensive evaluation of household indirect energy consumption and impacts of alternative energy policies in China by input-output analysis[J]. *Energy Policy*, 2009, 37(8): 3194–3204.
- [40] Junnila S, Horvath A, Guggemos A A. Life-cycle assessment of office buildings in Europe and the United States[J]. *Journal of Infrastructure Systems*, 2006, 12(1): 10–17.
- [41] Heinonen J, Junnila S. Implications of urban structure on carbon consumption in metropolitan areas[J]. *Environmental Research Letters*, 2011, DOI: 10.1088/1748-9326/6/1/014018.
- [42] Pairotti M B, Cerutti A K, Martini F, et al. Energy consumption and GHG emission of the Mediterranean diet: A systemic assessment using a hybrid LCA-IO method[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 103: 507–516.
- [43] Miehe R, Scheumann R, Jones C M, et al. Regional carbon footprints of households: A German case study[J]. *Environment Development & Sustainability*, 2016, 18(2): 577–591.
- [44] Pothitou M, Hanna R F, Chalvatzis K J. Environmental knowledge, pro-environmental behaviour and energy savings in households: An empirical study[J]. *Applied Energy*, 2016, 184: 1217–1229.

2019年7月

- [45] Han L Y, Xu X K, Han L. Applying quantile regression and Shapley decomposition to analyzing the determinants of household embedded carbon emissions: Evidence from urban China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 103: 219–230.
- [46] Ye H, Ren Q, Hu X Y, et al. Low-carbon behavior approaches for reducing direct carbon emissions: Household energy use in a coastal city[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 141: 128–136.
- [47] 王勤花, 张志强, 曲建升. 家庭生活碳排放研究进展分析[J]. *地球科学进展*, 2013, 28(12): 1305–1312. [Wang Q H, Zhang Z Q, Qu J S. A review of the research on household carbon emission[J]. *Advances in Earth Science*, 2013, 28(12): 1305–1312.]
- [48] Liobikienė G, Dagiliūtė R. The relationship between economic and carbon footprint changes in EU: The achievements of the EU sustainable consumption and production policy implementation[J]. *Environmental Science & Policy*, 2016, 61: 204–211.
- [49] 姚亮, 刘晶茹, 王如松, 等. 基于多区域投入产出(MRIO)的中国区域居民消费碳足迹分析[J]. *环境科学学报*, 2013, 33(7): 2050–2058. [Yao L, Liu J R, Wang R S, et al. Carbon footprint accounting of regional household consumption in China through multi-regional input-output model[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2013, 33(7): 2050–2058.]
- [50] 姚亮, 刘晶茹, 袁野. 中国居民家庭消费碳足迹近20年增长情况及未来趋势研究[J]. *环境科学学报*, 2017, 37(6): 2403–2408. [Yao L, Liu J R, Yuan Y. Growth of carbon footprint of Chinese household consumption during the recent two decades and its future trends[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2017, 37(6): 2403–2408.]
- [51] Jones R V, Lomas K J. Determinants of high electrical energy demand in UK homes: Socio-economic and dwelling characteristics[J]. *Energy and Buildings*, 2015, 101: 24–34.
- [52] Allinson D, Irvine K N, Edmondson J L, et al. Measurement and analysis of household carbon: The case of a UK city[J]. *Applied Energy*, 2016, 164: 871–881.
- [53] 吕荣胜, 李梦楠, 洪帅. 基于计划行为理论城市居民节能行为影响机制研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2016, 30(12): 53–58. [Lv R S, Li M N, Hong S. The effect mechanism of energy saving behavior of urban residents[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016, 30(12): 53–58.]
- [54] Vassileva I, Dahlquist E, Wallin F, et al. Energy consumption feedback devices' impact evaluation on domestic energy use[J]. *Applied Energy*, 2013, 106: 314–320.
- [55] Yohanis Y G. Domestic energy use and householders' energy behaviour[J]. *Energy Policy*, 2012, 41: 654–665.
- [56] Buerke A, Straatmann T, Lin-Hi N, et al. Consumer awareness and sustainability-focused value orientation as motivating factors of responsible consumer behavior[J]. *Review of Managerial Science*, 2017, 11(4): 959–991.
- [57] Streimikiene D, Volochovic A. The impact of household behavioral changes on GHG emission reduction in Lithuania[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, 15(8): 4118–4124.
- [58] Alberini A, Bigano A, Ščasný M, et al. Preferences for energy efficiency vs. renewables: What is the willingness to pay to reduce CO<sub>2</sub> emissions?[J]. *Ecological Economics*, 2018, 144: 171–185.
- [59] Maat K, Timmermans H J P. Influence of the residential and work environment on car use in dual-earner households[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2009, 43(7): 654–664.
- [60] Yang Z, Fan Y, Zheng S Q. Determinants of household carbon emissions: Pathway toward eco-community in Beijing[J]. *Habitat International*, 2016, 57: 175–186.
- [61] Ye H, Qiu Q Y, Zhang G Q, et al. Effects of natural environment on urban household energy usage carbon emissions[J]. *Energy and Buildings*, 2013, 65: 113–118.
- [62] Mcneil M A, Feng W, Stephane D L R D C, et al. Energy efficiency outlook in China's urban buildings sector through 2030[J]. *Energy Policy*, 2016, 97: 532–539.
- [63] Grabs J. The rebound effects of switching to vegetarianism. A microeconomic analysis of Swedish consumption behavior[J]. *Ecological Economics*, 2015, 116: 270–279.
- [64] Yu B Y, Zhang J Y, Fujiwara A. Evaluating the direct and indirect rebound effects in household energy consumption behavior: A case study of Beijing[J]. *Energy Policy*, 2013, 57: 441–453.
- [65] 杜运伟, 黄涛珍, 康国定. 基于微观视角的城市家庭碳排放特征及影响因素研究: 来自江苏城市家庭活动的调查数据[J]. *人口与经济*, 2015, (2): 30–39. [Du Y W, Huang T Z, Kang G D. A study of urban household carbon emission characteristic and its impact factors from the micro perspective: From the survey data of the urban household activities in Jiangsu Province[J]. *Population & Economics*, 2015, (2): 30–39.]
- [66] Girod B, De Haan P. GHG reduction potential of changes in consumption patterns and higher quality levels: Evidence from Swiss household consumption survey[J]. *Energy Policy*, 2009, 37(12): 5650–5661.



## Progress of research on carbon emissions of urban household consumption

WANG Yue<sup>1,2</sup>, LI Feng<sup>3</sup>, SUN Xiao<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, CAS, Beijing 100085, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Carbon emissions from household daily consumption are an important part of global carbon emissions and have become a new growth point. The direct and indirect energy consumption and carbon emissions of Chinese households are gradually expanding, which poses a problem for the country to achieve emission reduction targets. This study used bibliometrics and comparative analysis to clarify the progress of research on carbon emissions of household consumption in order to determine the main contents and applicability of carbon emission coefficient method, input-output model, life cycle assessment, and consumer lifestyle approach. The advantages, disadvantages, and applicable situations of different carbon emission quantitative analysis methods were compared. The four main factors influencing the results of research in empirical analysis are validity of questionnaire data, difference of behavior patterns of household consumption, community impact, and rebound effect. Since 2009, the total amount of research on household carbon emissions has increased year by year, and the number of research based on macro- statistical data is significantly higher than that based on household surveys. Carbon emission coefficient method and input-output method are the two most common carbon emission accounting approaches, the choice of which depends on the purpose of the research and the availability of data. Full consideration of the factors affecting household carbon emissions and proper optimization of accounting methods are useful in improving the accuracy of the research results. Our research provides a reference for future research perspectives and accounting methods of carbon emissions of urban household consumption. It also provides a scientific basis for carbon emissions management of urban household.

**Key words:** consumption patterns; carbon emissions; urban household; energy consumption; ecological management; bibliometrics