

DOI: 10.15918/j.jbitss1009-3370.2016.0104

基于投入产出中美居民生活消费间接碳排放研究

马晓微, 叶奕, 杜佳, 李晗箏

(北京理工大学 管理与经济学院 能源与环境政策研究中心, 北京 100081)

摘要: 基于投入产出模型, 对中美两国居民 2002 年、2005 年、2007 年、2010 年因居民生活消费引致的间接碳排放进行定量的核算, 在核算的基础上进行对比分析。结果表明: (1) 在居民生活消费引致的间接碳排放总量方面, 美国整体上一一直高于中国; 但近些年中国呈逐年快速上涨的趋势, 美国则呈现逐年略微下降的趋势; (2) 美国居民消费引致间接碳排放主要集中在居住、文教娱乐、交通通信方面; 中国居民消费间接碳排放主要集中在居住方面, 约占 50% 左右, 在文教娱乐、交通通信方面, 中国远低于美国; (3) 在家庭设备方面, 中国居民家庭设备使用量增长迅速, 但是家庭设备碳排放量却保持在相对稳定的水平; (4) 从居民居住导致的间接碳排放量绝对量来说, 美国居民居住部门的碳排放量维持在相对稳定的数值 4 亿吨; 而中国居民居住导致的间接碳排放量从 2002 年的 1.5 亿吨增加到 2010 年的 5 亿吨。

关键词: 居民生活消费; 间接碳排放; 碳排放核算; 投入产出模型; 中美对比研究

中图分类号: F207

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2016)01-0024-06

一、问题的提出

以化石燃料为主的能源消费在推动世界经济高速发展的同时, 全球碳排放总量也在逐年上升, 使得环境问题日益受到国际社会的广泛关注。许多学者曾指出, 全球气候变暖除了自然因素之外, 更大程度上是由于人类活动所造成的, 这个观点已经得到了越来越多科学研究结果的证实。其中, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 第三次研究报告中指出, 全球变暖可能有 66% 的因素是来自人类活动, 而在第四次评估报告中将这一可能性提高至 90% 左右。居民家庭消费所带来的能耗与碳排放所占比重越来越高, 并且有快速增长的趋势, Papathanasopoulou (2010)^[1]、Feng 等 (2011)^[2]、Liu 等 (2011)^[3]、冯玲等 (2011)^[4]、Liu 等 (2012)^[5]、Hamamoto (2013)^[6]、Jones 等 (2014)^[7] 大量学者在对居民碳排放进行探讨后均在各自的研究中指出, 居民碳排放已成为控制碳排放不可忽略的重要部分。

美国密歇根州立大学的研究人员于 2009 年发布报告时声称, 如果美国所有普通家庭能够采取切实有效的节能减排行动, 那么 10 年之后美国 CO₂ 排放总量有望在目前的基础上减少 7.4% 左右。据欧盟统计, 欧盟家庭能源需求在 20 世纪 90 年代就已超过了工业能源需求量。中国学者王妍也在研究中

发现, 1995—2004 年间由中国居民消费引起的碳排放量占总碳排放的比例已经由 19% 上升至 30% 左右 (Wang Yan, Shi Minjun, 2009)^[8]; 美国这一比例在 2008 年达到了 8% (Dietz T, 2009)^[9]。由此可见, 家庭部门节能减排的潜力是巨大的, 如何制定家庭节能减排相关政策是未来各国要研究的重点之一。

居民家庭生活引致的碳排放包括两个部分, 不仅有居民消费直接消耗能源导致的碳排放, 还包括“衣食住行”等生活消费导致的间接碳排放。目前, 国内外对居民消费间接碳排放常用的研究方式有投入产出法和生命周期法两种方法。其中, Weber 和 Perrels (2000)^[10] 应用投入产出模型估算了荷兰、德国及法国 3 个国家的居民消费碳排放量; Shonali Pachauri (2002)^[11] 等人利用投入产出模型对印度居民家庭消费的各类数据进行了对比分析; R.D.Kok 等 (2006)^[12] 利用投入产出法研究了计算居民碳排放的方法; Lenzen (1998)^[13] 利用投入—产出模型评估了澳大利亚消费行为对能源消费和温室气体排放量的影响; Munksgaard 等 (2000)^[14] 应用投入产出模型估算了丹麦 1966—1992 年的 CO₂ 排放量; Druclernan 等 (2009)^[15] 利用准多区域投入产出模型, 估算英国 CO₂ 排放情况。在生命周期方法的应用方面, Jukka 等 (2011)^[16] 使用混合生命周期模型核算了 11 个城市居民消费所引起的碳排放量; 魏一鸣等 (2010)^[17] 利用

收稿日期: 2015-03-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71573015/71303019); 战略性先导科技专项课题资助(XDA05150600/XDA05140103); 北京理工大学基础研究基金资助项目(20122142018/20132142001)

作者简介: 马晓微(1975—), 女, 博士, 副教授, E-mail: maxiaowei@bit.edu.cn

生命周期方法对中国城市及农村居民的家庭能源碳排放量进行了初步核算。刘晶茹等(2007)^[18]应用生命周期方法核算了中国家庭1985年及1998年因居民生活用电产生的排放量;董会娟等(2013)^[19]基于投入产出方法对居民消费碳足迹进行研究。

居民生活消费引致的碳排放包括两个部分:一部分是居民消费直接消耗能源导致的碳排放;另一部分是“衣、食、住、行”等生活消费导致的间接碳排放。即居民间接碳排放指的是由于人们对衣、食、住、行等各方面的需求,消耗了很多的非能源类商品以及服务,在它们的生产、加工、运输、消费等过程中会消耗大量的能源,从而产生的碳排放。从国内外学者的研究归纳可以发现,虽然目前国内外学者对居民消费碳排放的研究很多,但是一方面大多数研究都是集中在其国内;另一方面,也鲜有学者对居民消费中由于衣食住行等生活消费导致的间接碳排放进行研究。因此,在此基础上,本文基于投入产出和家庭支出的方法,对中美两国居民生活消费中的由“衣、食、住、行”消费导致的间接碳排放进行了定量的核算和比较研究,以期为国内节能减排和国际气候变化谈判提供科学支撑和政策建议。

二、研究方法

为了能够准确计算消费品所引起的在生产过程中的碳排放量,就需要一个有效的分析工具,投入产出模型通过完全需求系数,恰好提供了一个把生产和消费直接碳排放量联系起来工具。投入产出分析方法是美国经济学家W.Leontief在1936年创立的,它是用来反应经济系统内部各部门之间投入和产出数量之间依存关系的一种数学方法。投入产出模型的基本形式为

$$X=AX+Y \quad (1)$$

其中, X 表示国民经济总产出,由生产总值的中间使用 AX 和最终使用 Y 构成; $A=a_{ij}X_j$, a_{ij} 为直接消耗系数,代表生产部门 j 每单位需要消耗的部门 i 的投入量; Y 表示最终使用量,包括了居民和政府消费、投资及进出口。整理式(1)后可得

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

其中, $(I-A)^{-1}$ 称为列昂惕夫逆矩阵,其元素 b_{ij} 表示每增加第 j 部门每单位的最终使用量对第 i 部门的完全需求量。设 E 为单位总产出的碳排放强度矩阵,则间接碳排放量可表示为

$$C=E(I-A)^{-1}Y \quad (3)$$

因此,居民生活消费间接碳排放量可以根据式(3)表示为

$$C_{\text{emb}}=E(I-A)^{-1}Y'_d \quad (4)$$

其中, C_{emb} 为居民消费隐含碳排放量; E 表示8个行业的碳排放强度,由于难以获得分行业各种能源的分别消耗量,因此采用分行业能源总消费量(标煤消耗量)来计算各行业的碳排放强度; A 为投入产出表合并后的 8×8 的直接消耗系数的矩阵; $(I-A)^{-1}$ 为列昂惕夫逆矩阵; Y'_d 为居民在8个行业居民消费支出量。

三、数据来源及处理

中国居民投入产出表来自《中国统计年鉴》相关数据,美国投入产出表来自美国能源署网站提供的数据。根据《中国统计年鉴》和《Consumer Expenditures》表中的行业分类为基准,对中美两国居民消费行为相关的行业部门进行调整和合并,最终将居民消费分为“食品”“衣着”“居住”“家庭设备”“交通通讯”“文教娱乐”“医疗保健”“杂项商品及服务”八大类,每一类都与相应的工业部门相对应。

中国在20世纪50年代末才引进投入产出表,1987年才第一次编制了全国性的投入产出表,并规定以后每5年编制一次,每逢位数为2或7的年份时编制投入产出基本表,尾数为0或5的年份编制投入产出延长表,因此,鉴于受中国投入产出表编制年限的限制,本文只对中美两国居民在2002年、2005年、2007年、2010年居民消费产生的间接碳排放进行核算,如表1、表2所示。

表1 中国居民消费相关行业及合并原则

消费项	居民消费的相关行业	行业编号
食品	农林牧渔业、食品制造及烟草加工业、餐饮业	1
衣着	纺织业、纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	2
居住	非金属矿物制品业、石油和天然气开采业、煤炭开采和洗选业、水的生产和供应业、电力的生产和供应业、水的生产和供应业	3
家庭设备	木材加工及家具制造业、金属制品业、电气机械及器材制造业	4
文教娱乐	造纸印刷及文教体育用品制造业、仪器仪表及文化办公用机械制造业、教育、文化、体育和娱乐业、住宿和餐饮业	5
医疗保健	通用、专用设备制造业、卫生、社会保障和社会福利业	6
交通通讯	石油加工、炼焦及核燃料加工业、交通运输设备制造业、通信设备、计算机及其他电子设备制造业、邮政业、信息传输、计算机服务和软件业	7
杂项商品与服务	居民服务和其他服务业、公共管理和社会组织、批发和零售业、综合技术服务业、水利、环境和公共设施管理业	8

表2 美国居民消费相关行业及合并原则

消费项	居民消费的相关行业	行业编号
食品	农林牧渔业、食品制造及烟草加工业、餐饮业	1
衣着	纺织业、服装及皮革及制造业	2
居住	石油和天然气开采、煤炭开采和洗选业、非金属矿物制品业、煤制品业	3
家庭设备	木制品业、金属制品业、电气设备制造业、家具制造业	4
文教娱乐	造纸印刷及文教体育用品制造业、出版业、电影和音像业、教育业、演艺业、娱乐及赌博业	5
医疗保健	门诊医疗服务、医院和护理服务业	6
交通通讯	交通运输设备制造业、通信设备、计算机及其他电子设备制造业、邮政业、信息传输、计算机服务和软件业	7
杂项商品与服务	批发和零售业、综合技术服务业、公用事业、社会救助	8

四、结果分析和讨论

(一) 中美居民生活消费间接碳排放总量及变化

根据研究上述研究方法,核算出2002年、2005年、2007年、2010年间中美两国居民生活消费间接碳排放量,如表3所示。

表3 2002—2010年中美两国居民生活消费间接碳排放量 万吨

年份	中国居民间接碳排放量	美国居民间接碳排放量
2002	35 841.11	124 215.35
2005	58 656.69	128 150.73
2007	61 098.99	120 825.11
2010	91 953.99	105 922.86

从表3可以发现:2002—2010年间,美国居民生活消费间接碳排放量整体一直要高于中国居民生活消费的间接碳排放总量。具体来说,2002年中国居民生活消费间接碳排放量为35 841.11万吨,美国居民生活消费间接碳排放量为124 215.35万吨,约为中国碳排放量的3.5倍。2010年,中国居民间接碳排放总量上涨至91 953.99万吨,涨幅156.56%,美国居民间接碳排放量为105 922.86万吨,为中国居民的1.15倍。这是由于中国居民当前整体消费水平相比美国居民相对较低所致。

由图1可以看出,虽然美国居民生活消费引致的间接碳排放量一直高于中国,但近些年中国居民生活消费间接碳排放量呈逐年快速上涨趋势,而美国居民则呈现逐年略微下降的趋势。2002—2010年间,中国居民生活消费间接碳排放量快速上涨,涨幅约156.56%。究其原因,这是由于随着生活水平提

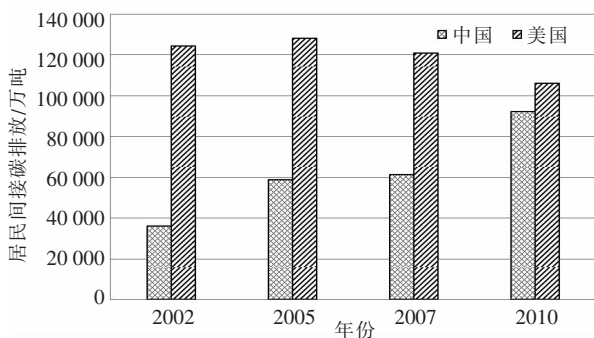


图1 2002—2010年中美居民生活消费间接碳排放量

高,中国居民对各类消费项支出快速增长所致。2002年,中国居民人均消费支出为4 144元,到2010年人均居民消费支出达到10 522元,涨幅为151.91%。

相比之下,美国居民间接碳排放量在稳定的基础上则呈现逐年略微下降趋势。由于受2008年经济危机影响,美国居民经济受到重创,美国居民消费日益疲软,密歇根大学的居民消费信心指数调查显示,2008年8月美国的居民消费信心指数仅为63%,已经接近1980年的历史最低点,因此造成美国2007年以来居民间接碳排放量逐年下降。

(二) 中美两国居民生活消费间接碳排放部门结构比较

根据中美两国居民生活消费八大类别的居民消费间接碳排放核算结果,分析中美两国2002—2010年间的居民生活消费间接碳排在八大类别部门间的变化(图2、图3),发现中美两国居民间接碳排放的重点排放部门结构不同。

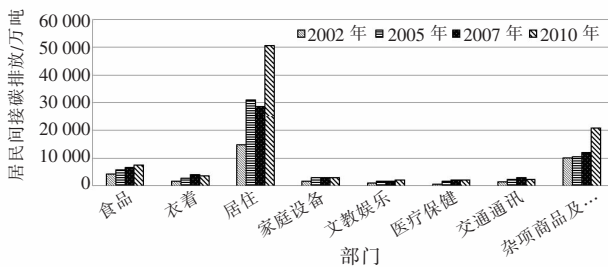


图2 2002—2010年中国居民八大类别部门间接碳排放

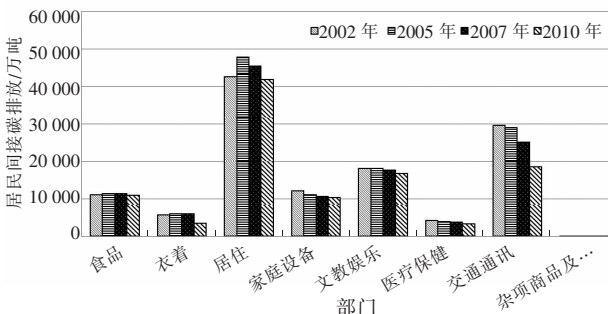


图3 2002—2010年美国居民八大类别部门间接碳排放

由图2可以看出,在2002—2010年间,中国居民生活消费间接碳排放部门主要集中在居住方面,约占到50%左右;且居住部门的碳排放量呈现增加的趋势。

由图3可以看出,在2002—2010年间,美国居民生活消费支出碳排放量在部门间的分配相对比中国均衡;且美国居民在家庭设备、文教娱乐、交通通讯、医疗保健等支出项所产生的碳排放量都要高

于中国居民。

中美两国居民生活消费间接碳排放部门结构方面的差别可能是由于:(1)在此期间美国居民收入水平高于中国居民,而中国居民消费水平相对较低;(2)中国居民生活消费主要集中在满足基本消费需求的支出项上,比如住房改善;(3)美国居民由于基础消费需求已经得到满足,而将更多的收入用于家庭设备、文教娱乐、交通通讯、医疗保健等享乐型支出方面。

表4 2002—2010年中国居民生活消费八大类别部门间接碳排放量

万吨

消费类别	2002年		2005年		2007年		2010年	
	排放量	比重/%	排放量	比重/%	排放量	比重/%	排放量	比重/%
食品	4 236.53	11.82	5 730.50	9.77	6 707.30	10.98	7 491.37	8.15
衣着	1 703.68	4.75	2 843.16	4.85	3 975.40	6.51	3 557.13	3.87
居住	14 898.95	41.57	30 996.34	52.84	28 675.60	46.93	50 593.83	55.02
家庭设备	1 744.01	4.87	2 983.54	5.09	2 902.13	4.75	2 980.91	3.24
文教娱乐	1 122.24	3.13	1 625.85	2.77	1 666.82	2.73	2 096.43	2.28
医疗保健	608.37	1.70	1 654.65	2.82	2 154.46	3.53	2 043.22	2.22
交通通讯	1 438.67	4.01	2 290.94	3.91	2 984.65	4.88	2 278.20	2.48
杂项商品及服务	10 088.65	28.15	10 531.71	17.95	12 032.61	19.69	20 912.91	22.74
合计	35 841.11	100	58 656.69	100	61 098.99	100	91 953.99	100

表5 2002—2010年美国居民生活消费八大类别部门间接碳排放量

万吨

消费类别	2002年		2005年		2007年		2010年	
	排放量	比重/%	排放量	比重/%	排放量	比重/%	排放量	比重/%
食品	11 175.86	9.00	11 448.52	8.93	11 430.83	9.46	10 956.59	10.34
衣着	5 715.29	4.60	6 100.25	4.76	6 126.41	5.07	3 473.16	3.28
居住	42 641.67	34.33	47 835.76	37.33	45 478.12	37.64	41 938.23	39.59
家庭设备	12 164.54	9.79	11 152.22	8.70	10 695.92	8.85	10 408.56	9.83
文教娱乐	18 175.91	14.63	18 202.16	14.20	17 757.73	14.70	16 785.72	15.85
医疗保健	4 249.58	3.42	3 988.61	3.11	3 766.84	3.12	3 398.53	3.21
交通通讯	29 664.04	23.88	29 029.77	22.65	25 214.00	20.87	18 696.12	17.65
杂项商品及服务	428.47	0.34	393.45	0.31	355.27	0.29	265.95	0.25
合计	124 215.35	100	128 150.73	100	120 825.11	100	10 5922.86	100

从中美两国居民生活消费八大类别部门间接碳排放量(表4、表5)可以看出:

美国居民间接碳排放主要集中在居住、文教娱乐、交通通信方面,2010年分别占比为39.59%、15.85%、17.65%。中国居民间接碳排放主要集中在居住方面,约占50%左右,在文教娱乐、交通通讯方面,2010年分别占比仅为2.28%、2.48%,远低于美国的15.85%和17.75%。

在居民食物支出碳排放方面,从居民各类消费支出碳排放变化趋势来看,美国在2002—2010年期间维持在9%~10%范围内;而中国居民食物支出碳排放量逐年下降,2002年占比为11.82%,2010年这一比例下降至8.15%,这与中国居民消费支出水平上涨导致恩格系数下降是一致的。

在家庭设备方面,2002—2010年间,中国居民

使用量增长迅速,但是家庭设备碳排放量却保持在相对稳定水平。由《中国统计年鉴》提供的数据来看,2002年中国城镇居民每百户拥有的洗衣机、电冰箱、空调、电视机量分别为92.9台、87.4台、51.1台、126.4台,农村居民为31.8台、14.8台、2.3台、108.6台;2010年中国城镇居民每百户拥有的洗衣机、电冰箱、电视机量分别为96.9台、96.6台、112.1台、137.4台,农村居民为57.3台、37.1台、12.2台、118.2台,城镇居民增幅分别为4.31%、10.53%、119.37%、8.70%,农村居民增幅分别为80.19%、205.41%、595.65%、8.84%。

这主要是由于中国在“十一五”期间实施了节能减排政策,例如,节能产品惠民工程,通过财政补贴推广高效照明产品、高效空调、节能电机等节能产品,通过中央财政补贴支持推广了3.6亿只高效

照明产品、3 000万台高效节能空调、100万辆节能汽车,实现年节能能力200亿千瓦时。

(三)中美两国居民居住部门碳排放比较分析

从中美两国居民居住部门的碳排放量比较发现:从居民居住导致的间接碳排放量绝对量来说,在2002—2010年间,美国居民居住部门的碳排放量维持在相对稳定的数值4亿吨;而中国从2002年的1.5亿吨增加到2010年的5亿吨。即在2002年,美国远高于中国,是中国居民居住导致碳排放量的2.8倍;而到了2010年,中国居民居住导致的碳排放量超过了美国。

这个差异的出现,可能与以下两方面的原因有关:

第一,2002—2010年间,中国居民(包括城乡居民)居住需求持续增加,导致居民住宅投资、居住面积不断增加。如图4所示,2002年,中国农村居民人均住房面积为26.5平方米/人,到2010年涨至34.1平方米/人,涨幅为28.68%。2002年城镇居民住房投资为7 248.91亿元,2012年上涨至39 763.10亿元,涨幅为448.54%,涨幅十分巨大。从住宅施工面积来看(图4),2002年中国住宅施工面积为193 730.96万平方米(其中商品住宅房屋施工面积73 208.65万平方米),2010年中国住宅施工面积为480 772.89万平方米(其中商品住宅房屋施工面积314 760.12万平方米),涨幅为148.17%。

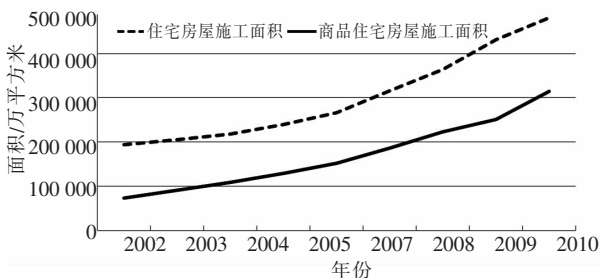


图4 2002—2010年中国居民住宅房屋施工面积变化图

第二,由于中国居住支出项目对能源的需求量非常大所导致的。2002年,中国该行业的能源需求量为26 289.17万吨标准煤,占全部行业能源消费总量的16.50%,2010年该行业的能源需求量为46 788.69万吨标准煤,占全部行业能源消费总量的14.40%,在所有行业中位居首位。此外,目前中国居住支出项目所对应的电力、热力、煤气的生产和供应业对煤炭的需求量很大,以及同时该行业所对应的电力、热力、煤气的生产和供应业的碳排放乘数较高有关。

五、结论及政策建议

通过对中美两国居民2002年、2005年、2007年、2010年的居民生活消费引致的直接碳排放量进

行核算可以得出如下结论:(1)在中美居民生活消费间接碳排放总量方面,美国居民生活消费间接碳排放量整体一直要高于中国居民生活消费的间接碳排放总量;但近些年中国居民生活消费间接碳排放量呈逐年快速上涨趋势,美国居民则呈现逐年略微下降的趋势。(2)美国居民间接碳排放主要集中在居住、文教娱乐、交通通信方面,2010年占比分别为39.59%、15.85%、17.65%。中国居民间接碳排放主要集中在居住方面,约占50%左右,我们在文教娱乐、交通通讯方面,2010年分别占比仅为2.28%、2.48%,远低于美国的15.85%和17.75%。(3)在家庭设备方面,2002—2010年间,中国居民家庭设备使用量增长迅速,但是家庭设备碳排放量却保持在相对稳定水平。(4)从居民居住导致的间接碳排放量绝对量来说,在2002—2010年间,美国居民居住部门的碳排放量维持在相对稳定的数值4亿吨;而中国从2002年的1.5亿吨增加到2010年的5亿吨。即在2002年,美国远高于中国,是中国居民居住导致碳排放量的2.8倍;而到了2010年,中国居民居住导致的碳排放量超过了美国。

虽然,目前中国居民生活消费间接碳排放总量尤其是人均量还远低于美国等发达国家;当前中国还处在城市化、工业化快速发展的阶段,城乡居民在衣、食、住、行、文教、娱乐、医疗保健方面的需求需要得到满足,城乡居民的整体生活消费水平和消费需求需要继续提高。在未来相当长的一段时间内,中国居民生活消费间接碳排放量具有一定的刚性需求。针对如何降低居民生活消费间接碳排放量,提出以下几点政策建议:

(1)政府引导居民理性选择居住面积。由于中国间接碳排放量快速增长主要是由于居住碳排放量所致,居住碳排放量占间接碳排放量近50%且涨幅很快,2002年中国居住碳排放占比为41.57%,到2010年该比例提升至55.02%。当前,中国居民人均居住面积上,有一味地求大的趋势。因此,政府应引导居民理性选择居住面积,不要一味选择大面积、尤其是超大面积的住宅。(2)延长住宅使用寿命,提高新建居住住宅节能设计标准和节能技术。我们目前“建筑短命”这一客观事实无法回避,当前造成建筑物短命的原因主要包括外因(大拆大建)和内因(性能差)两方面。因此,政府在引导居民理性选择居住面积的基础上,延长住宅使用寿命,减少居住方面的间接用能支出,改造现有住房和农村住房的节能标准。(3)继续推行节能产品惠民工程,推动重点领域节能行业的节能减排工作。通过财政补贴推

广高效照明产品、高效空调、节能电机等节能产品,通过中央财政补贴支持推广了3.6亿只高效照明产品、3 000万台高效节能空调、100万辆节能汽车,实现年节能能力200亿千瓦时。推动重点领域节能行

业的节能减排工作,尤其对高能耗的电力、热力、煤气的生产和供应业实施工业锅炉改造、电机系统节能、余热余压利用等重点节能工程,加强重点耗能企业节能管理,加强高能耗企业的能源利用效率。

参考文献:

- [1] Papathanasopoulou E. Household consumption associated fossil fuel demand and carbon dioxide emissions:the case of Greece between 1990 and 2006[J]. *Energy Policy*, 2010,38(8):4152-4162.
- [2] Feng Z H, Zou L L, Wei Y M. The impact of household consumption on energy use and CO₂ emissions in China[J]. *Energy*, 2011, 36(1):656-670.
- [3] Liu L C, Wu G, Wang J N, et al. China's carbon emissions from urban and rural households during 1992-2007[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2011, 19(15):1754-1762.
- [4] 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.
- [5] Liu X, Sweeney J. Modeling the impact of urban form on household energy demand and related CO₂ emissions in the greater dublin region [J]. *Energy Policy*, 2012, 46:359-369.
- [6] Hamamoto M. Energy-saving behavior and marginal abatement cost for household CO₂ emissions[J]. *Energy Policy*, 2013, 63:809-813.
- [7] Jones C, Kammen D M. Spatial distribution of US household carbon footprints reveals suburbanization undermines greenhouse gas benefits of urban population density[J]. *Environmental Science & Technology*, 2014, 48(2):895-902.
- [8] Wang Y, Shi M J. Emission induced by urban household consumption in China[J]. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 2009, 7(3):11-19.
- [9] Dietz T, Gardner G T, Gilligan J, et al. Household actions can provide a behavioral wedge to rapidly reduce US carbon emissions [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, 106(44):18452-18456.
- [10] Weber C, Perrels A. Modelling lifestyle effects on energy demand and related emissions[J]. *Energy Policy*, 2000, 28(8):549-566.
- [11] S Pachauri, D Spreng. Direct and indirect energy requirements of household in India[J]. *Energy Policy*, 2002, 30:511-523.
- [12] 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.
- [13] Lenzen M. Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption:an input-output analysis[J]. *Energy Policy*, 1998, 26(6):495-511.
- [14] Munksgaard J, Pedersen K A, Wien M. Impact of household consumption on CO₂ emissions[J]. *Energy Economics*, 2000, 22:423-430.
- [15] Angela Druckman, Tim Jackson. The carbon footprint of UK households 1990-2004:a social-economically disaggregated quasi-multi-regional input-output model[J]. *Ecological Economics*, 2009(68):2066-2077.
- [16] Heinonen J, Junnila S. Implications of urban structure on carbon consumption in metropolitan areas[J]. *Environmental Research Letters*, 2011, 6(1):14-18.
- [17] 刘晶茹, 王如松, 杨建新等. 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):5332-5336.
- [18] 风振华, 邹乐乐, 魏一鸣, 等. 中国居民生活与 CO₂ 排放关系研究[J]. *中国能源*, 2010, 32(3):37-40.
- [19] 董会娟, 耿涌. 基于投入产出分析的北京市居民消费碳足迹研究[J]. *资源科学*, 2012, 3(34):494-501.

Calculation and Analysis on Indirect Carbon Emissions from Household Consumption between China and the United States based on Input-Output Model

MA Xiaowei, YE Yi, DU Jia, LI Hanzheng

(Center for Energy and Environment Policy Research, School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: This paper focuses on the input-output model to calculate the carbon emissions from household energy consumption in recent years in China and United States. On this basis, we calculate the two countries' residents of different income levels of carbon emissions in 2010. The results show that in recent years the carbon emissions from U.S. residents have always been higher than the emissions from Chinese. However, the growth in carbon emissions increases rapidly, the gap between two countries is also shrinking each year. Therefore, the government must advocate residents to establish a rational consumption patterns, effectively reducing consumer carbon emissions.

Key words: household; indirect carbon emission; carbon emission account; input and output model; comparison of China and the United States of America