

居民消费视角下人口城镇化对碳排放的影响

朱 勤¹ 魏涛远²

(1. 复旦大学公共管理与公共政策研究创新基地, 上海 200433;
2. 奥斯陆国际气候与环境研究中心 (CICERO), 挪威奥斯陆, 0318)

摘要 本文基于时间序列数据对人口城镇化驱动下居民消费等因素对碳排放的影响进行定量评估。通过对 Kaya 恒等式的向量形式的扩展, 将人口城乡结构及城乡居民消费等变量纳入考察范围; 采用 LMDI 方法将碳排放分解为人口规模、人口城镇化、居民消费、消费抑制、能源强度及排放因子六种效应。对 1980-2010 年我国碳排放影响因素的分解分析表明, **居民消费对该阶段碳排放的贡献率远高于其他五种效应**; 1990 年代中期以来, 人口城镇化对碳排放增长的驱动力已持续超过人口规模的影响; 居民消费率的降低由于投资与出口等相对高碳的经济成分比重的同步上升, 对碳排放的驱动大于抑制作用; 能源强度的持续下降对碳减排的作用明显, 但能源结构调整的减排效应尚未得到显著体现。研究认为, 以拉动内需为导向的经济结构调整, 伴之以能源强度与能源结构的持续改善, 为未来我国人口城镇化的低碳发展提供了可能。

关键词 人口城镇化; 居民消费; 碳排放; 因素分解

中图分类号 F062; X196

随着应对气候变化行动的不断深入, 化石能源燃烧引致的碳排放问题越来越受到人们的关注。1990 年代以来, 部分发达国家的统计数据表明, 居民生活消费引致的直接与间接能源消耗已超过产业部门, 成为碳排放的新的增长点。由此, 人口发展、居民消费等因素对碳排放的影响逐渐进入研究者的视野。

人口城镇化水平因其与居民消费模式的显著相关性, 是较早受到碳排放研究者关注的人口结构因素。人口城镇化是指农村人口转化为城镇人口的过程, 其作为人口地理分布结构的一种变动现象, 伴随着人们生产与生活方式的变动, 自然包括了能源利用方式的变化, 也相应地影响着碳排放。一般认为, 人口城镇化对碳排放的影响表现为正、负两种效应: 一方面,

收稿日期: 2013-1-31

作者简介: 朱 勤: 博士, 副教授, 主要研究方向为人口、资源与环境经济, 能源与环境政策。

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“中国人口城市化低碳发展战略研究”(编号: 10ZD&032); 教育部人文社科基金一般项目“我国人口发展对碳排放影响的系统仿真与情景分析”(编号: 11YJCZH260); 中央高校基本科研业务费专项资金“我国人口发展对碳排放影响的定量研究”(2011)。

能源的生产性消费以城镇为主,与人口城镇化进程相伴的居民消费水平的提高亦会驱动生活性能源消耗的增长。因此,在以化石能源为主的能源结构条件下,城镇化进程直接推高了碳排放。另一方面,人口城镇化对资源环境压力也有一定的缓解作用。城镇化本身是一种集约化的发展方式,其集聚效应和规模效应表现为能源利用效率的提高、清洁能源技术的推广、以及排放物集中治理的便利,从而有助于控制和减缓碳排放。

改革开放以来,我国人口城镇化步伐不断加快,平均每年提高近 1 个百分点,增加城镇人口约 1 500 多万人。与此同时,以不变价格计算,近 30 年来我国居民人均消费额增加了近 8 倍,居民消费模式亦发生了重要变化。考虑到目前我国人口城镇化程度仍低于世界平均水平,亦滞后于工业化发展阶段对人口城镇化同步发展的要求,可以预期,在未来相当长一段时期内,我国人口城镇化仍将以较快速度推进。同时,目前我国正积极探索由扩大内需拉动的经济结构转型之路,居民消费规模有望持续提高。因此,在人口城镇化和经济结构转型的双重拉动下,居民消费模式变迁对我国未来能源供应与碳排放的影响不容忽视。从居民消费视角定量评估人口城镇化对碳排放的影响,研究其变动特征与作用机制,并由此探寻我国人口城镇化低碳发展的有效路径,对于提高我国碳减排决策的科学性与可操作性、促进经济社会的低碳发展具有积极意义。

1 文献回顾

明确界定人口城镇化与碳排放之间的关系具有很大的挑战性,因为人口城镇化对碳排放的影响是多方面的,并且大多是通过生产、生活、技术、贸易等其他要素间接作用于碳排放。在国际层面,Satterthwaite^[1]研究了 1980-2005 年世界各国碳排放增长与人口增长及人口城镇化之间的关系,结果显示,不只是人口增长驱动了温室气体排放,更为重要的因素是消费规模与消费水平的增长。Pachauri 和 Jiang^[2]研究了 1980 年代以来中国与印度城乡居民生活用能的转换模式,并进行了对比分析。Poumanyong 和 Kaneko^[3]使用 STIRPAT 模型研究了 1975-2005 年 99 个国家在不同发展阶段的城镇化对能源消费和碳排放的影响。结果显示,对所有不同收入人群而言,城镇化对于能源消费及其碳排放均有明显的促进作用,并且这种影响在中等收入群体中表现更为显著。

在中国层面,林伯强和刘希颖^[4]将城镇化变量引入 Kaya 恒等式,通过协整分析认为,城镇化的人口转移对能源和碳排放的冲击非常明显,城镇化进程中的高耗能增长特征是影响中国能源需求及碳排放的重要因素。Liu^[5]的研究表明,中国城镇化水平与能源消费之间无论从短期和长期来看都存在单向的格兰杰因果关系,加速城镇化进程有助于减少对能源密集型产业的过度依赖。彭希哲和朱勤^[6]基于扩展的 IPAT 模型对我国 1980 至 2007 年碳排放的分析表明,居民消费水平、人口城镇化率、人口规模三个因素对碳排放变化的影响明显,现阶段我国居民消费水平与人口结构变化对碳排放的影响已高于人口规模变化的单一影响力。

目前,对能源消费及其碳排放影响因素的贡献率进行定量测度的主流方法是因素分解分析,常用的分解方法包括结构分解分析(SDA)与指数分解分析(IDA)。SDA 方法利用投入产出模型,以消耗系数矩阵为基础,较多地应用于产业部门、国际贸易等因素的分析;IDA 方法则基于产业部门的终端产出数据,更易于进行时间序列分析与比较。现有的与中国居民消费相关的碳排放分解分析研究大多采用 SDA 方法,如 Minx 等^[7]、朱勤等^[8]等。由于中国投入产出表的编制历史不长,且仅在逢 2、7 和逢 0、5 的年份分别编制基本表和延长表,此类研究考察的周期都较短,且时间跳跃性较大。包含人口因素的中国碳排放分解分析则较多地基于 Kaya 恒等式^[9]采用 IDA 方法进行研究,如 Zhang^[10]、Zha 等^[11]、朱勤等^[12]、Ma 和 Stern^[13]等。相比于 SDA 方法,此类研究的主要优点在于可以利用较长周期的时间序列数据,从而更为全面和细致地测度碳排放变动的影响因素。但由于经典的 Kaya 恒等式仅包含人口规模因素,迄今为止,基于时间序列数据定量测度中国人口城镇化对碳排放影响的贡献率的研究尚不多见。

综上所述,在城镇化与碳排放关系的研究方面,现有研究偏重于对相关关系和因果关系的检验与分析;从居民消费角度探讨人口城镇化对碳排放影响的定量研究大多采用基于投入产出表的 SDA 方法,其考察周期受到数据可得性的限制。由于人口城镇化的过程同时也是农村居民消费模式转化为城镇居民消费模式的过程,基于时间序列数据从居民消费模式历史变迁的角度定量评估人口城镇化对碳排放影响的研究有待进一步拓展和深入。

为了有效克服现有研究中基于投入产出表的分解分析所受到的数据可得性与考察周期的限制,本文基于时间序列数据采用因素分解方法考察人口城镇化对碳排放的影响。通过对 Kaya 恒等式的向量形式的扩展,将人口城乡结构及城乡居民消费等变量纳入考察范围;在此基础上采用 LMDI 方法将碳排放分解为人口规模、人口城镇化、居民消费等六种效应,测度各因素的贡献值与贡献率。根据分解结果,分析人口城镇化对碳排放影响的变动特征与作用机理,阐释其政策含义并提出相应的政策建议。

2 模型与方法

经典的 Kaya 恒等式^[9]建立起人口、能源、经济等因素与碳排放之间的数量关系,表达为:

$$C = \frac{C}{PE} \times \frac{PE}{GDP} \times \frac{GDP}{P} \times P \quad (1)$$

其中, C 、 PE 、 GDP 和 P 分别代表碳排放总量、能源消费总量、国内生产总值以及人口总量。

以 E 表示居民消费总额,则式 (1) 可扩展为:

$$C = \frac{C}{PE} \times \frac{PE}{GDP} \times \frac{GDP}{E} \times \frac{E}{P} \times P \quad (2)$$

为了考察人口城镇化及居民消费对碳排放的影响,将人口城乡结构和城乡居民消费变量纳入考察范围。以 E_u 、 E_r 分别表示城镇和农村居民的消费总额, P_u 、 P_r 分别表示城镇和农村人口数,则居民消费总额 E 可表达为:

$$E = \begin{pmatrix} E_u \\ P_u \\ E_r \\ P_r \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_u & P_r \\ P & P \end{pmatrix} \times P \quad (3)$$

将式 (3) 代入式 (2),即可得到包含人口城乡结构和居民消费向量的 Kaya 恒等式扩展形式:

$$C = \frac{C}{PE} \times \frac{PE}{GDP} \times \frac{GDP}{E} \times \begin{pmatrix} E_u \\ P_u \\ E_r \\ P_r \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_u & P_r \\ P & P \end{pmatrix} \times P \quad (4)$$

令: $Cf = \frac{C}{PE}$, 表示单位能源消费的碳排放量,即碳排放因子;

$Ei = \frac{PE}{GDP}$, 表示单位 GDP 的能源消费量,即能源强度;

$Rc = \frac{GDP}{E}$, 表示 GDP 与居民消费的比值,是居民消费率的倒数,表征了经济体对居民消费

的抑制程度，本文将其定义为“消费抑制因子”；

$e_u = \frac{Eu}{Pu}$, $e_r = \frac{Er}{Pr}$, 分别表示城镇和农村居民的人均消费额；

$p_u = \frac{Pu}{P}$, $p_r = \frac{Pr}{P}$, 分别表示城镇和农村人口占总人口的比例。

则式（4）可表达为：

$$C = Cf \times Ei \times Rc \times \left(\frac{e_u}{e_r} \right) \times (p_u \ p_r) \times P \quad (5)$$

两边取自然对数，再取微分得：

$$d\ln C = d\ln Cf + d\ln Ei + d\ln Rc + \frac{d(p_u e_u + p_r e_r)}{p_u e_u + p_r e_r} + d\ln P$$

令 $s_u = \frac{p_u e_u}{p_u e_u + p_r e_r}$, 为城镇居民消费额占全国消费额的比例，有：

$$d\ln C = d\ln Cf + d\ln Ei + d\ln Rc + s_u \frac{dp_u}{p_u} + (1 - s_u) \frac{dp_r}{p_r} + s_u \frac{de_u}{e_u} + (1 - s_u) \frac{de_r}{e_r} + d\ln P$$

$$d\ln C = d\ln(Cf \times Ei \times Rc \times p_u^{s_u} \times p_r^{(1-s_u)} \times e_u^{s_u} \times e_r^{(1-s_u)} \times P)$$

由此得到可用于因素分解计算的碳排放量的连乘积形式：

$$C = Cf \times Ei \times Rc \times p_u^{s_u} \times p_r^{(1-s_u)} \times e_u^{s_u} \times e_r^{(1-s_u)} \times P \quad (6)$$

因素分解的基本思想是将系统中因变量的变动分解为相关自变量各种形式变动的和或积，以测度各自变量对因变量变动贡献的大小。分别以上标 0 和 T 表示基期和计算期，采用对数平均 Divisia 指数（LMDI）的加和分解方法^[14]对式（6）进行分解分析，得到各因素对碳排放的影响效应的表达式分别为：

$$\text{人口规模效应: } \Delta C_P = \frac{C^T - C^0}{\ln C^T - \ln C^0} \times \ln \frac{P^T}{P^0} \quad (7)$$

$$\text{人口城镇化效应: } \Delta C_u = \frac{C^T - C^0}{\ln C^T - \ln C^0} \times \left[s_u^0 \ln \frac{p_u^T}{p_u^0} + (1 - s_u^0) \ln \frac{p_r^T}{p_r^0} \right] \quad (8)$$

$$\text{居民消费效应: } \Delta C_e = \frac{C^T - C^0}{\ln C^T - \ln C^0} \times \left[s_u^0 \ln \frac{e_u^T}{e_u^0} + (1 - s_u^0) \ln \frac{e_r^T}{e_r^0} \right] \quad (9)$$

$$\text{消费抑制效应: } \Delta C_{Rc} = \frac{C^T - C^0}{\ln C^T - \ln C^0} \times \left(\ln \frac{Rc^T}{Rc^0} \right) \quad (10)$$

$$\text{能源强度效应: } \Delta C_{Ei} = \frac{C^T - C^0}{\ln C^T - \ln C^0} \times \ln \frac{Ei^T}{Ei^0} \quad (11)$$

$$\text{排放因子效应: } \Delta C_{cf} = \frac{c^T - c^0}{\ln c^T - \ln c^0} \times \ln \frac{cf^T}{cf^0} \quad (12)$$

$$\text{总效应为: } \Delta C = C^T - C^0 = \Delta C_p + \Delta C_u + \Delta C_e + \Delta C_{RC} + \Delta C_{Ei} + \Delta C_{cf} \quad (13)$$

上述分解计算中, 式(8)和式(9)只包含了 s_u^0 , 没有 s_u^T , 这是一种近似处理。对于取微分的变化量而言, s_u 实际上是基于 0 期的点弹性值, 其相邻年份的变化很小。相应地, 非相邻年份的变化效应可以由 0 期和 T 期之间各相邻年份的变化效应的合计来得到。对计算结果的比较亦表明了这种近似处理的合理性。

这样, 通过对 Kaya 恒等式的向量形式扩展, 将人口城乡结构及城乡居民消费等变量纳入了考察范围; 在此基础上, 通过对数及微分变换并使用 LMDI 方法, 将碳排放分解为人口规模、人口城镇化、居民消费、消费抑制、能源强度及排放因子六种效应。由此实现了基于时间序列数据、分城乡的碳排放因素分解。

3 数据与计算结果

本文测算 1980-2010 年我国能源消费碳排放的数据资料来自历年《中国能源统计年鉴》中的《中国能源平衡表》。1980 年代的部分年份能源平衡表只有实物量而无标准量, 本文根据《中国能源统计年鉴 2011》所附的“各种能源折标准煤参考系数”进行了标准量折算; 少数年份未给出用作原料与材料的能源数据, 本文根据其他年份该类数据的变动趋势, 采用线性插值进行补齐。各类化石能源碳排放系数采用国家发展和改革委员会能源研究所^[16]采纳的数据。根据 IPCC 推荐的“参考方法”^[15], 由历年各类化石能源的消费量(扣除其中用作原料或材料的“固碳”能源)及各类能源的碳排放系数计算得到相应碳排放量; 由计算得到的当年碳排放量与能源消费量(发电煤耗算法)的比值得到历年排放因子; 由当年能源消费量与 GDP 的比值得到历年能源强度。

人口、经济相关数据来自历年《中国统计年鉴》。人口城镇化率指标以城镇常住人口^①占总人口的比例表征, 相应地, 城镇、农村居民消费数据亦对应于常住人口统计口径。经济数据统一按 2000 年不变价格折算。对于不同年份统计资料中的部分不一致之处, 均以最新版本的数据为准进行修订。计算、整理得到的时间序列数据如表 1 所示。

表 1 中国人口城镇化、居民消费及碳排放 (1980-2010)

Table 1 Urbanization, residential consumption and carbon emissions in China (1980-2010)

年份	碳排放总量(亿吨碳)	总人口(亿人)	人口城镇化率(%)	城镇人均消费(元)	农村人均消费(元)	消费抑制因子	能源强度(t标煤/万元)	排放因子(吨碳/t标煤)
Year	Carbon emissions (10 ⁸ tC)	Population (10 ⁸ person)	Population urbanization n (%)	Per capita consumption in urban area (RMB)	Per capita consumption in rural area (RMB)	Consumption suppressing factor	Energy intensity (tSc/10 ⁴ RMB)	Emission factor (tC/tSc)
1980	3.73	9.87	19.39	1 930	578	1.826	3.980	0.619
1981	3.66	10.01	20.16	2 007	635	1.747	3.730	0.615
1982	3.82	10.17	21.13	2 021	693	1.757	3.571	0.616
1983	4.07	10.30	21.62	2 065	767	1.786	3.427	0.617

① 建国以来我国城镇建制标准和城镇人口定义均作过多次调整, 不同年代城镇人口的统计口径存在一定差异。本文对此不作深入探讨, 直接引用《中国统计年鉴 2011》提供的历年城镇人口数据, 其统计指标解释为:“城镇人口是指居住在城镇范围内的全部常住人口”。其中“常住人口”解释为:“全年经常在家或在家居住 6 个月以上, 而且经济和生活与本户连成一体的人口”。

1984	4.42	10.44	23.01	2 228	866	1.804	3.195	0.623
1985	4.81	10.59	23.71	2 475	980	1.783	3.045	0.627
1986	5.09	10.75	24.52	2 641	1 003	1.815	2.950	0.630
1987	5.48	10.93	25.32	2 790	1 052	1.875	2.832	0.633
1988	5.90	11.10	25.81	3 060	1 107	1.903	2.732	0.635
1989	6.16	11.27	26.21	3 083	1 088	1.951	2.737	0.636
1990	6.25	11.43	26.41	3 344	1 079	1.918	2.684	0.633
1991	6.60	11.58	26.94	3 703	1 138	1.896	2.585	0.636
1992	6.92	11.72	27.46	4 296	1 235	1.886	2.380	0.634
1993	7.42	11.85	27.99	4 743	1 288	1.956	2.219	0.640
1994	7.79	11.99	28.51	4 953	1 327	2.089	2.076	0.635
1995	8.38	12.11	29.04	5 310	1 417	2.125	2.000	0.639
1996	8.58	12.24	30.48	5 493	1 622	2.104	1.874	0.635
1997	8.53	12.36	31.91	5 612	1 673	2.177	1.724	0.628
1998	8.51	12.48	33.35	5 941	1 694	2.191	1.602	0.625
1999	8.96	12.58	34.78	6 358	1 780	2.157	1.536	0.637
2000	9.21	12.67	36.22	6 850	1 860	2.134	1.467	0.633
2001	9.40	12.76	37.66	7 116	1 944	2.163	1.400	0.625
2002	9.97	12.85	39.09	7 465	2 044	2.192	1.360	0.625
2003	11.63	12.92	40.53	7 988	2 051	2.239	1.425	0.633
2004	13.45	13.00	41.76	8 542	2 138	2.270	1.504	0.630
2005	14.95	13.08	42.99	9 008	2 298	2.332	1.493	0.633
2006	16.42	13.14	44.34	9 733	2 490	2.376	1.453	0.635
2007	17.79	13.21	45.89	10 682	2 695	2.419	1.380	0.634
2008	18.22	13.28	46.99	11 502	2 884	2.420	1.308	0.625
2009	19.15	13.35	48.34	12 474	3 090	2.392	1.260	0.624
2010	20.03	13.41	49.95	12 796	3 305	2.491	1.209	0.616

注：根据历年《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》计算、整理。经济数据统一按 2000 年不变价格折算。

基于上述数据，应用式 (7) - (13) 进行 LMDI 因素分解计算，得到分解结果如图 1 所示。

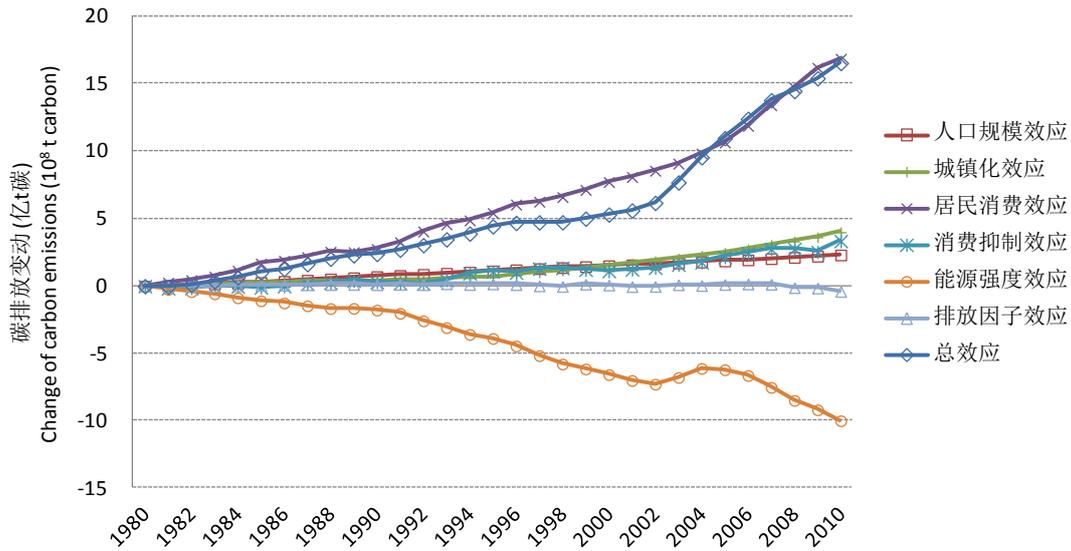


图1 碳排放的LMDI分解结果

Figure 1 LMDI Decomposition results for carbon emissions

由计算结果可知，1980-2010年我国碳排放从3.73亿吨碳增长至20.02亿吨碳，增幅达4.36倍。模型所考察的人口与消费相关因素对该阶段我国碳排放的变动均表现为正效应，其中，居民消费因素的贡献值最大，为16.86亿吨碳；其次是人口城镇化因素，为4.01亿吨碳；消费抑制和人口规模因素分别为3.34和2.32亿吨碳。两个技术性因素——能源强度与排放因子——整体上表现为负效应，其中，能源强度因素的贡献值为-9.98亿吨碳，是最大的减排因素；排放因子的贡献值为-0.39亿吨碳，表现为微弱负效应。

4 分析

由分解分析结果可以得到1980-2010年各影响因素对我国碳排放增长的贡献率，如图2所示。按贡献率绝对值大小排序，模型所考察的六种因素对该阶段我国碳排放的贡献率依次是：居民消费效应101.9%，能源强度效应-60.3%，人口城镇化效应24.2%，消费抑制效应20.2%，人口规模效应14.0%，排放因子效应-2.4%。以下分别从人口、城镇化、居民消费及技术进步等角度对分解结果进行分析。

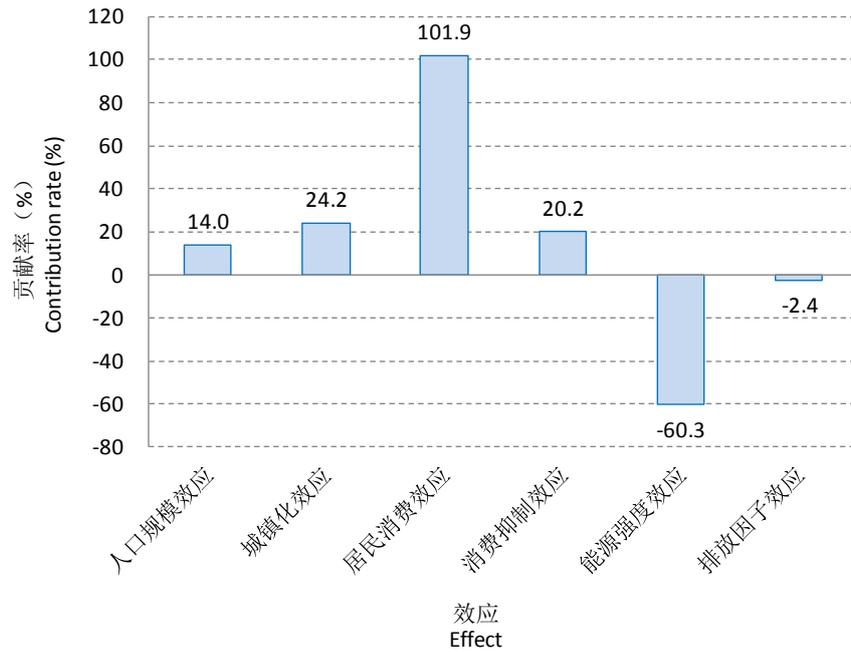


图2 各影响因素对碳排放增长的贡献率

Figure 2 Contribution rates of factors to carbon emissions

4.1 人口、城镇化与碳排放

图3所示为1980-2010年我国人口规模与人口城镇化对碳排放贡献值的变动情况。该阶段，人口规模对碳排放的年贡献值始终在0.05-0.1亿吨碳之间小幅波动；人口城镇化的贡献值在1996年之前低于人口规模效应，但此后一路上扬，2010年达到0.38亿吨碳，为人口规模效应的4倍。由此可知，1990年代中期以来我国人口城镇化对碳排放的驱动力已大大超过人口规模的影响。

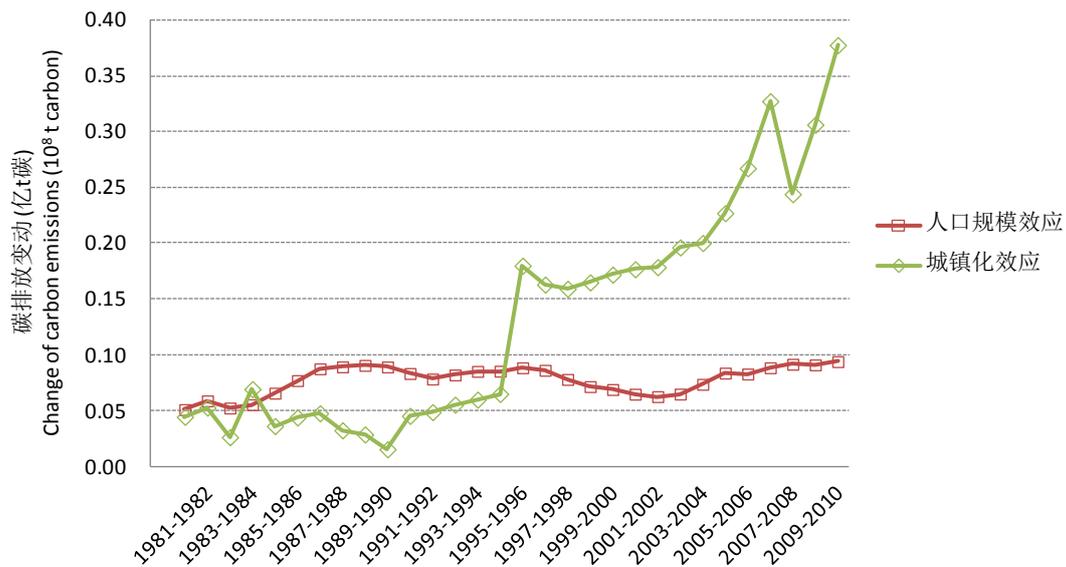


图3 人口规模与人口城镇化对碳排放贡献值的变动

Figure 3 Contributions from population size and urbanization to carbon emissions

该阶段，我国人口总数从 9.87 亿增长至 13.41 亿，增幅为 35.85%；人口年增长率波动下降，从 1980 年代的 1.5% 左右降至近年的 0.5% 左右。与此同时，我国城镇化进程不断加快，人口城镇化率从 1980 年的 19.39% 升至 2010 年的 49.95%；城镇人口从 1.91 亿增长至 6.70 亿，增幅达 2.5 倍（见图 4）。纵观人口城镇化的过程，1995 年是个重要的转折点。该年，农村人口达到历史最大值 8.59 亿，其后持续下降；城镇人口则从该年开始以每年超过 2000 万人的增量持续提高，城镇化进程由此进入快车道。这一变动特征与人口城镇化对碳排放的贡献值在 1996 年之后有大幅提高的分解结果基本吻合。

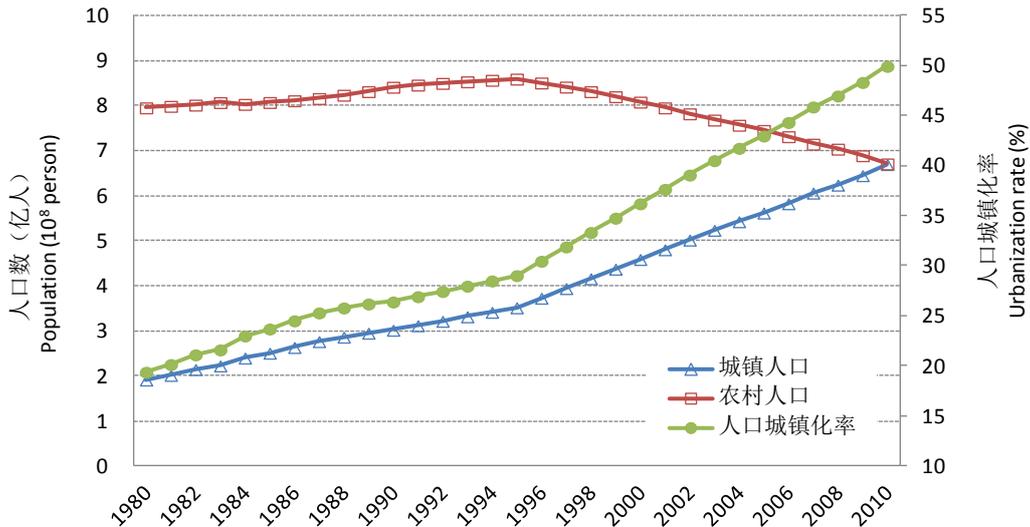


图 4 我国城乡人口变动
Figure 4 Urban and rural populations in China

由分解结果可知，作为人口因素，人口规模与人口城镇化率的变动对碳排放增长均表现为正效应，但其贡献值远远小于居民消费效应。在本文所考察的人口、消费与技术框架下，居民消费因素对碳排放变动的贡献占据绝对主导地位。在人口城镇化驱动背景下，居民消费的变动伴随着农村居民消费模式转化为城镇居民消费模式的过程，其对碳排放影响的特征与途径正是下文要探讨的内容。

4.2 城乡居民消费与碳排放

图 5 所示为 1980-2010 年我国居民消费对碳排放贡献值、以及根据式 (9) 进一步分解得到的城镇和农村居民消费分别对碳排放贡献值的变动情况。近 30 年来，我国居民消费对碳排放的贡献值在总体上远高于人口规模与城镇化效应，其变动表现出明显的阶段性特征。2000 年之前，大部分年份的贡献值在 0.2-0.6 亿吨碳吨碳之间波动，最大值是 1996 年的 0.80 亿吨碳；2001-2007 年进入快速增长期，从 0.37 亿吨碳猛增至 1.53 亿吨碳；高位运行 2 年后，2010 年大幅回落至 0.67 亿吨碳，降幅超过一半。城镇和农村居民消费对碳排放的影响表现出明显的差异。农村居民消费对该阶段碳排放的年贡献值始终在 0.2 亿吨上下波动，最大值发生在 1996 年，达到 0.45 亿吨碳，2010 年为 0.28 亿吨碳。城镇居民消费对碳排放的影响则与不区分城乡的全国走势基本一致，对全国水平的落差在 0.2 亿吨碳左右。对比城、乡两种效应可知，除 1980 年代中期之前及此后的个别年份（1996 年）外，城镇居民消费对碳排放的影响均大于农村居民，2000 年代后期的贡献值高达后者的 4 倍左右，2010 年又有大幅回落。

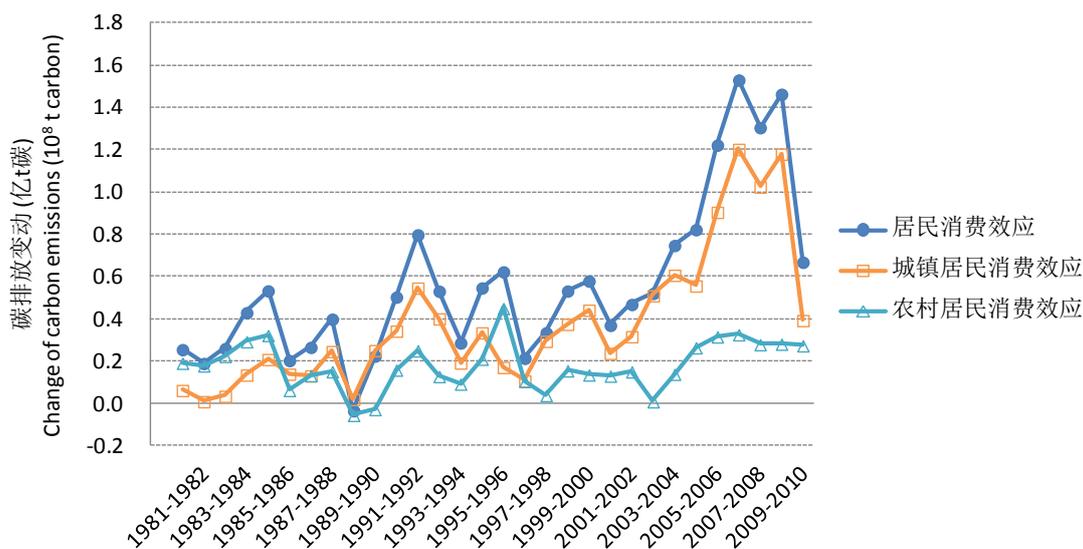


图 5 城乡居民消费对碳排放贡献值的变动

Figure 5 Contributions from urban and rural residential consumption to carbon emissions

从城乡居民消费的变动来看,该阶段我国居民消费总额从 0.83 万亿元增长至 10.79 万亿元 (均按 2000 年不变价格折算,下同),增幅达 12 倍。其间,城镇居民消费总额在 1989 年首次超过农村;城镇居民人均消费额则始终高于农村,且差距自 1980 年代中期以来有不断扩大的趋势,2010 年居民人均消费城乡比为 3.87 (见图 6)。居民消费引致的碳排放一般分为两个方面:一是居民家庭在炊事、热水、采暖等生活用能方面产生的直接碳排放;二是居民消费品在其原料、生产、运输及销售等环节中所承载的能源消耗导致的间接碳排放,即消费品载能碳排放^[8]。由于后者反映的是消费品生命周期在各个产业部门的能源消耗所产生的碳排放的总和,因此,从居民消费的视角测度的碳排放变动其实包含了生产活动的影响。先期研究表明,1980-2007 年,我国居民生活用能碳排放占全国能源消费碳排放总量的比重为 9.9%-18.0%^[17];1992-2005 年,居民消费品载能碳排放占排放总量的 58.7%-64.3%^[18]。粗略合计,居民消费引致的碳排放(包括直接排放与间接排放)占全国排放总量的 70%-80%。由此可见,居民消费对碳排放的影响远高于居民消费额所占 GDP 的份额(即居民消费率)。

从居民消费排放的城乡对比来看,1980 年代以来,城镇居民生活用能的人均碳排放量总体上呈波动下降趋势,人均生活用能碳排放的城乡比亦从 5.9 缩小至 1.8 左右^[17],城镇人口在生活用能及其碳排放方面的集聚效应和规模效应有所显现。另一方面,居民消费品载能碳排放的城乡差距则呈不断增大的趋势,近年来的人均城乡比在 4.0 左右^[18]。由此可以认为,该阶段我国居民消费对碳排放的影响主要来自城镇居民消费品载能碳排放的不断增长。

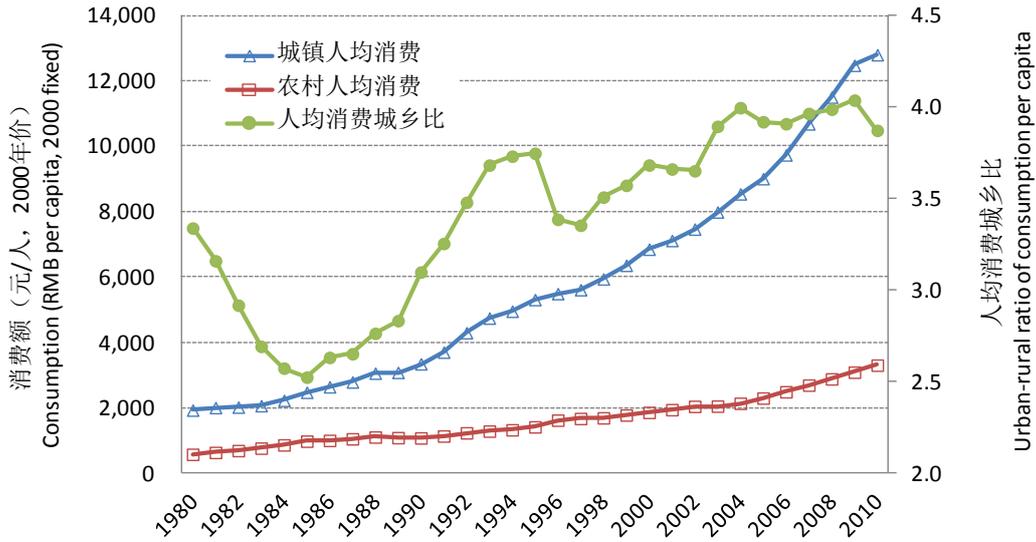


图6 城乡居民人均消费

Figure 6 Consumption per capita of urban and rural residents

4.3 消费抑制因素与碳排放

尽管居民消费对该阶段我国碳排放的变动始终表现为正效应，但以 GDP 与居民消费比值表征的消费抑制因子变动对碳排放并未始终表现出抑制作用。在大部分年份里，其贡献值均为正数，2010 年达到最大值 0.80 亿吨碳（见图 7）。

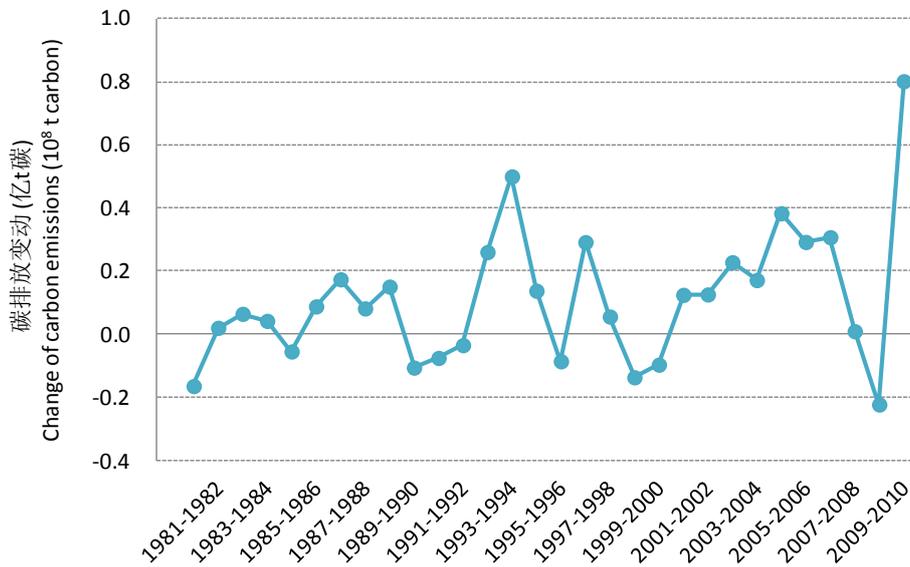


图7 消费抑制因素对碳排放贡献值的变动

Figure 7 Contribution from consumption suppression to carbon emissions

根据 GDP 的支出法计量定义，GDP 是居民消费、政府消费、固定资产投资及净出口之和。因此，在 GDP 既定的条件下，GDP 与居民消费的比值随居民消费反向变动，随政府消费、投资及净出口之和同向变动，实际上表征了经济体对居民消费的抑制程度。如图 8 所示，由于近 30 年来我国居民消费率从 55%左右波动下降至近年的 40%左右，消费抑制因子（居

民消费率的倒数)总体上持续走高,凸显我国经济增长的内需拉动乏力。而消费抑制因素对碳排放的影响总体上表现为正效应,表明经济成分中的政府消费、投资及净出口比重的同步升高对碳排放增长的驱动作用。由于不同经济成分对碳排放贡献值的区别主要来源于碳排放强度的不同,上述实证结果实际上反映了居民消费品产业部门的碳排放强度总体上低于其他经济成分。在经济产出规模既定的条件下,抑制居民消费意味着鼓励政府消费、投资及出口,其结果是鼓励了排放强度高的经济成分的发展,从而进一步刺激了我国碳排放的增长。由此可知,该阶段我国居民消费率与碳排放之间具有反向变动的内在逻辑,这也解释了包括 2010 年在内的居民消费率有较大幅度下降的年份同时伴随着碳排放较大幅度上升的现象。

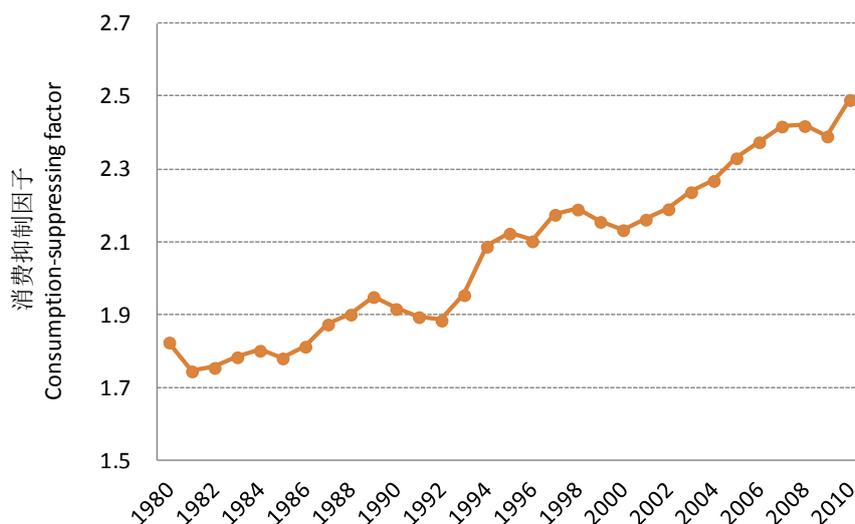


图 8 消费抑制因子
Figure 8 Consumption-suppressing factor

4.4 技术进步与碳排放

作为表征能源技术进步的两个重要指标——能源强度与排放因子——对该阶段我国碳排放的变动在总体上表现为负效应(见图 9),凸显技术进步对控制碳排放的重要作用。由于研究中对不同种类的化石能源的排放系数以常量计算,因此排放因子对碳排放的影响主要取决于能源结构的变动。《中国能源统计年鉴》数据显示,1980-2010 年我国一次能源消费中煤炭和石油比重分别下降了 4.20 和 1.73 个百分点,天然气和非化石能源(以水电为主)比重分别上升了 1.25 和 4.61 个百分点,能源结构虽有所优化,但变动幅度较小。相应地,排放因子对碳排放的贡献值呈现小幅下降趋势,2010 年为-0.26 亿吨碳。能源强度对碳排放变动则表现出显著的负效应,除了 2003 和 2004 年有短暂反弹外,其他年份的贡献值均为显著负值且绝对值不断增大,2010 年达到-0.81 亿吨碳。这一趋势与该阶段我国能源强度的持续降低基本吻合。1980-2010 年,我国能源强度从 3.98 t 标准煤/万元波动下降至 1.21 t 标准煤/万元,一次比较明显的反弹正发生在 2003-2004 年。近几年来,随着政策层面节能减排力度的不断加大,能源效率改善明显,其对碳排放的负效应亦呈不断增强的趋势。

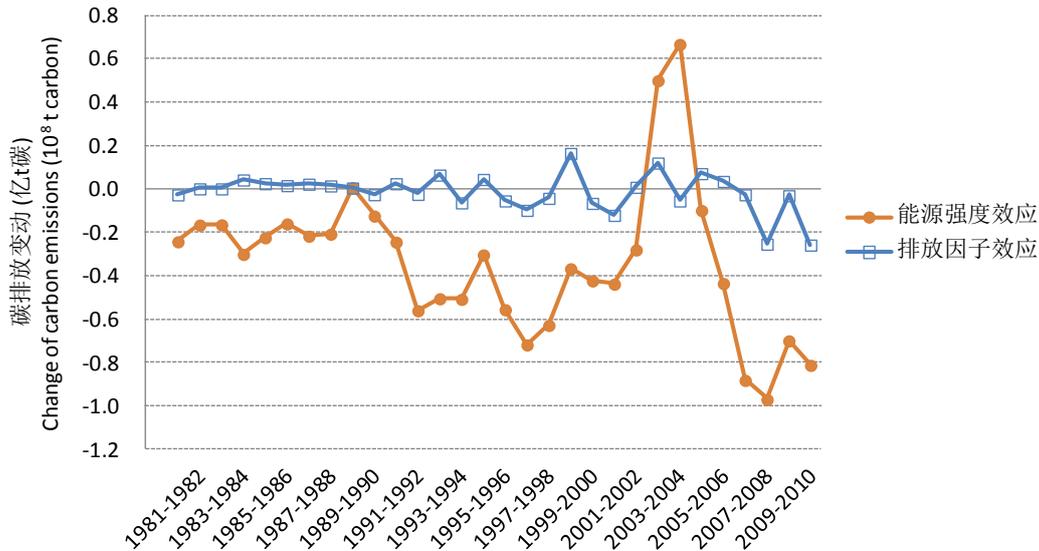


图 9 能源强度与排放因子对碳排放贡献值的变动

Figure 9 Contributions from energy intensity and emission factor to carbon emissions

由于碳排放强度在数量关系上等于能源强度与排放因子的乘积，因此，碳排放强度变动对碳排放的贡献值等于能源强度效应与排放因子效应的叠加。由此可推知，近 30 年来我国碳排放强度的改善主要来源于能源强度的下降，能源结构调整的减排效应十分有限。而近 30 年来居民消费对碳排放贡献值的增幅之所以远低于消费额的增幅，主要得益于碳排放强度尤其是能源强度的持续下降。

5 结论与政策含义

本文通过对 Kaya 恒等式的向量形式的扩展，将人口城乡结构及城乡居民消费等变量纳入考察范围；采用 LMDI 方法对近 30 年来我国人口城镇化驱动下居民消费等因素对碳排放的影响进行定量评估，测度各影响因素的贡献率及其变动特征。此项研究有效克服了现有研究中基于投入产出表的分解分析所受到的数据可得性与考察周期的限制。研究得到的主要结论如下：

(1) 1980-2010 年，我国居民消费对碳排放的贡献率远高于人口规模及人口城镇化效应。从消费视角而言，城镇居民消费水平提高和消费规模扩张是 1980 年中期以来我国碳排放增长的主要驱动力。

(2) 以 1990 年代中期为转折点，此前，我国人口规模扩张对碳排放的贡献率高于人口城镇化效应；此后，人口城镇化对碳排放增长的驱动力持续超过人口规模的影响，且近年来增幅不断加大。

(3) 以居民消费率倒数表征的消费抑制因素对近 30 年来我国碳排放的增长总体上表现为正效应，表明该阶段政府消费、固定资产投资及出口等经济成分的碳排放强度高于居民消费领域，居民消费率的降低对碳排放的驱动大于抑制作用。

(4) 近 30 年来居民消费对碳排放贡献值的增幅远低于消费额的增幅，主要得益于碳排放强度尤其是能源强度的持续下降，能源结构调整的减排效应尚未得到显著体现。

需要说明的是，本文将碳排放的变动分解为六种因素效应，这并不意味着碳排放仅与这 6 种因素相关，或者这 6 种因素的影响一定高于其他因素。事实上，对 Kaya 恒等式的变形与分解可以有多种形式，这与观察问题的角度相关。从居民消费的视角来考察碳排放的变动，并不意味着排放只与消费相关而否认生产活动的影响。在生产与消费相对均衡的条件下，消费的变动其实同时反映了生产的变动，因此，通过消费的视角同样可以间接反映生产的变动

对碳排放的影响。同样的道理，这种影响也在本文所分解的消费抑制、能源强度、排放因子等多种效应中得到反映。只不过，由于不同的研究视角对应于 Kaya 恒等式不同的变形与分解方式，也就决定了所考察的因素的范畴，对其他因素的测度及比较已超出了本文的研究范畴。

本文基于居民消费视角的研究结果表明，在对近 30 年来我国碳排放增长表现为正效应的四种因素中，人口规模因素的贡献率是最低的。考虑到我国的低生育水平现状，未来人口规模变动对碳排放的影响力将进一步下降，相比之下，人口城镇化驱动背景下居民消费模式变迁对碳排放的影响将日益显著。

人口城镇化作为一种经济社会现象，是人类文明进步、国家现代化转型的必由之路。一般认为，人口城镇化可以有效地缓解农村人地紧张的矛盾，缩小城乡区域差别；同时吸引生产要素向城镇聚集，促进资源优化配置。近 30 年来，我国城镇发展理念经历了由“控制大城市规模，合理发展中等城市，积极发展小城市”到“大中小城市和小城镇协调发展，形成辐射作用大的城市群”的转变，这体现出决策层对大中城市及城市群在资源集约利用与污染集中治理等方面的集聚效应与规模效应的认识与重视。从居民消费角度而言，在提升消费水平的同时，提倡绿色消费、低碳发展理念并从制度层面加以规范，无疑具有积极的现实意义。同时，城、乡居民消费对碳排放贡献值的显著差距亦提示我们，城镇化进程中不应忽视城乡均衡发展，有效提升农村居民消费水平的政策着力点还有待进一步加强。

本文研究所揭示的我国碳排放的几种抑制因素为兼得居民消费水平提升与经济社会低碳发展的可能性提供了理论与实证依据。一方面，能源强度的持续降低对碳排放的显著负效应已为近 30 年的实践所证明，而排放因子改善所依赖的能源结构调整对于碳减排的重要作用尚未有效显现，表明未来我国通过优化能源结构实现减排尚有较强的操作空间。另一方面，尽管近 30 年来居民消费率的下降并未对碳排放产生持续的抑制效应，与之相对应的政府消费、固定资产投资及出口比重的上升对碳排放增长的驱动作用明显。这提示我们，居民消费水平的提升并不必然导致碳排放的增长，除了技术进步可以有效促进减排外，经济成分中居民消费部门产出比重的提高，也可以因其在碳排放强度方面的比较优势，实现既定经济规模下的相对减排。就这一意义而言，本文的研究证明了以拉动内需为导向的经济结构调整对于未来我国人口城镇化的低碳发展具有积极作用。经济结构的有效调整，伴之以能源强度与能源结构的持续改善，将为我国改善民生与节能减排两大任务的并行不悖、人口城镇化的可持续发展提供现实的可能性。

参考文献 (References)

- [1] Satterthwaite D. The Implications of Population Growth and Urbanization for Climate Change [J]. *Environment and Urbanization*, 2009, 21(2): 545-567.
- [2] Pachauri S, Jiang L. The Household Energy Transition in India and China [J]. *Energy Policy*, 2008, 36(11): 4022-4035.
- [3] Poumanyvong P, Kaneko S. Does Urbanization Lead to Less Energy Use and Lower CO₂ Emissions? A Cross-Country Analysis [J]. *Ecological Economics*, 2010, 70: 434-444.
- [4] 林伯强, 刘希颖. 中国城市化阶段的碳排放: 影响因素和减排策略[J]. *经济研究*, 2010, (8): 66-78. [Lin Boqiang and Liu Xiyang. China's Carbon Dioxide Emissions under the Urbanization Process: Influence Factors and Abatement Policies. *Economic Research Journal*, 2010, (8): 66-78.]
- [5] Liu Y. Exploring the Relationship between Urbanization and Energy Consumption in China Using ARDL and FDM [J]. *Energy*, 2009, 34(11): 1846-1854.
- [6] 彭希哲, 朱勤. 我国人口态势与消费模式对碳排放的影响分析[J]. *人口研究*, 2010, 34(1): 48-58. [Peng Xizhe and Zhu Qin. The Impacts of Population Dynamics and Consumption Pattern on Carbon Emission in

- China [J]. Population Research, 2010, 34(1): 48-58.]
- [7] Minx J C, Baiocchi G, Peters G, Et Al. A "Carbonizing Dragon": China's Fast Growing CO₂ Emissions Revisited [J]. Environmental Science and Technology, 45(21): 9144–9153.
- [8] 朱勤, 彭希哲, 吴开亚. 基于结构分解的居民消费品载能碳排放变动分析 [J]. 数量经济技术经济研究, 2012, 29(1): 65-77. [Zhu Qin, Peng Xizhe, Wu Kaiya. Analysis on Indirect Carbon Emissions from Residential Consumption in China Based on the Structural Decomposition [J]. Journal of Quantitative & Technical Economics, 2012, 29(1): 65-77.]
- [9] Kaya Y. Impact of Carbon Dioxide Emission on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios [R]. Presentation to the Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, IPCC, Paris, 1989.
- [10] Zhang Z. Decoupling China's Carbon Emissions Increase from Economic Growth: An Economic Analysis and Policy Implications [J]. World Development, 2000, 28(4): 739-752.
- [11] Zha D, Zhou D D, Zhou P. Driving Forces of Residential CO₂ Emissions in Urban and Rural China: An Index Decomposition Analysis [J]. Energy Policy, 2010, 38(7): 3377–3383.
- [12] 朱勤, 彭希哲, 陆志明, 等. 中国能源消费碳排放变化的因素分解及实证分析[J]. 资源科学, 2009, 31(12): 2072-2079. [Zhu Qin, Peng Xizhe, Lu Zhiming, et al. Factors Decomposition and Empirical Analysis of Variations in Energy Carbon Emission in China [J]. Resources Science, 2009, 31(12): 2072-2079.]
- [13] Ma C, Stern D I. Biomass and China's Carbon Emissions: A Missing Piece of Carbon Decomposition [J]. Energy Policy, 2008, 36(7): 2517–2526.]
- [14] Ang B W. Decomposition Analysis for Policymaking in Energy: Which Is the Preferred Method? [J]. Energy Policy, 2004, (32): 1131-1139.
- [15] IPCC. 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南[M]. 日本全球环境战略研究所(IGES), 2006. [IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory [M], IGES, Japan, 2006.]
- [16] 国家发展和改革委员会能源研究所. 中国可持续发展能源暨碳排放情景分析[R]. 2003. [Energy Research Institute NDRC, P. R. China. Study on the Sustainable Energy Development and Carbon Emission Scenarios Analysis in China [R]. 2003.]
- [17] 朱勤, 彭希哲, 陆志明, 等. 1980-2007 年中国居民生活用能碳排放测算与分析[J]. 安全与环境学报, 2010, 10(2): 72-76. [Zhu Qin, Peng Xizhe, Lu Zhiming, et al. Calculation and Analysis on Carbon Emissions from Household Energy Consumption in China during 1980-2007 [J]. Journal of Safety and Environment, 2010, 8(2): 72-76.]
- [18] 朱勤, 彭希哲, 吴开亚. 基于投入产出模型的居民消费品载能碳排放测算与分析. 自然资源学报, 2012, 27(12): 2018-2029. [Zhu Qin, Peng Xizhe, Wu Kaiya. Calculation and Analysis on Indirect Carbon Emissions from Residential Consumption Based on Input-Output Model. Journal of Natural Resources, 2012, 27(12): 2018-2029.]

Impact of Urbanization on Carbon Emissions from Perspective of Residential Consumption

*ZHU Qin*¹ *WEI Tao-yuan*²

(1. The State Innovative Institute for Public Management and Public Policy Studies,
Fudan University, Shanghai 200433, China;

2. Center for International Climate and Environmental Research - Oslo (CICERO), Oslo 0318,
Norway)

Abstract In this paper, the impacts of household consumption driven by urbanization on carbon emissions were estimated based on time series data. By extending the Kaya Identity with vector expression, both the demographic composition and household consumption of urban-rural residents were incorporated into one model. With the Logarithmic Mean Divisia Index method, carbon emissions were decomposed into 6 factors including population size, urbanization, household consumption, consumption restraint, energy intensity, and emission coefficient. Empirical results of decomposing carbon emissions in China during 1980 – 2010 demonstrated that household consumption contributed far more to carbon emissions than the other 5 effects. The impact of urbanization on carbon emission had been greater than that of population since the middle 1980s. The decline of household consumption rate imposed stimulation rather than restraint on carbon emissions due to the synchronous growth of shares of higher-carbon investment and export in the economy. The decrease of energy intensity effectively reduced carbon emissions, while the adjustment of energy mix had rather weak effect on emissions over this period. The study implies that it is possible for developing low-carbon urbanization in China by promoting economic restructuring to expand domestic demand, as well as improving energy intensity and energy mix continuously.

Keywords urbanization; household consumption; carbon emission; factor decomposition