

刘晔, 刘丹, 张林秀. 中国省域城镇居民碳排放驱动因素分析[J]. 地理科学, 2016, 36(5): 691-696. [Liu Ye, Liu Dan, Zhang Linxiu. Driving Factors Analysis of Carbon Emissions in Chinese Provincial Urban Households. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(5): 691-696.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2016.05.006

# 中国省域城镇居民碳排放驱动因素分析

刘晔<sup>1,2</sup>, 刘丹<sup>3</sup>, 张林秀<sup>1</sup>

(1. 中国科学院农业政策研究中心/中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016; 3. 中国刑事警察学院, 辽宁 沈阳 110854)

**摘要:**从消费角度出发, 分别对2003和2012年中国城镇(不含港、澳、台地区)居民碳排放的特征及影响因素进行分析。结果显示, 不同地区城镇居民碳排放存在明显差异, 人口因素对区域分异有弱化作用。从城镇居民人均碳排放来看, 不同地区消费构成、能源结构、产业结构3因素对城镇居民碳排放影响的差异总体表现为: 消费结构/能源结构>产业结构。与其他部门相比, 大多数地区工业部门的生产能耗、投入产出周转量和产品购买量是影响当地城镇居民碳排放的主要因素, 各地区城镇居民碳排放的影响因素具有明显的区域特点。政府应在当前研究的基础上, 根据当地能耗模式、产业模式和消费模式因地制宜管理城镇居民碳排放。

**关键词:**城镇居民碳排放; 居民消费; 投入产出分析

**中图分类号:** F205

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0690(2016)05-0691-06

人类活动造成的碳排放已经成为全球变暖的主导因素, 消费引发的排放量不断增加正成为温室气体主要来源和新的增长点<sup>[1,2]</sup>。在以往对城市居民碳足迹的研究中, 已经包含了大量国家和区域间的居民碳排放研究成果<sup>[3-5]</sup>。特别是21世纪以来, 研究已经从单纯的排放特征研究逐步深入到能源结构、消费结构、产业结构的影响等方面, 这为因地制宜开展碳减排工作提供了前期理论基础。随着对居民碳排放重要性认识的不断提高, 中国相关研究成果也渐渐增多, 研究区包括全国、省区到城市(不含港、澳、台地区)等多个尺度<sup>[6-10]</sup>, 研究方法从简单的描述性统计分析延展到LMDI、SDA、STRIPAT等系统性分析方法<sup>[11-14]</sup>。然而, 由于中国城镇家庭消费入户调查难度大等原因, 省级以下区域的空间分异和驱动因素研究相对较少。本文利用国家统计局数据以中国省域城市居民消费活动为研究对象, 比较2003和2012年10 a间不同省级区域城市居民消费碳排放及驱动因素区域分异特点, 研究结果将为政府部门有

效指导公众参与的碳排放管理提供因地制宜的理论指导。

## 1 数据来源

研究区为中国的30个省级区域, 未涵盖西藏和港澳台地区。各省区研究时间节点为2003年和2012年; 数据来自2004和2013年《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》, 以及2002年和2007年各地区投入产出表。

## 2 研究方法

### 2.1 城镇居民碳排放

城镇居民碳排放为居民生活消费直接碳排放和居民生活消费间接碳排放的总和。直接碳排放是指家庭直接使用的能源产生的碳排放, 计算采用IPCC公布的国家层面CO<sub>2</sub>计算方法及其排放因子<sup>[2]</sup>; 间接碳排放是指居民生活消费的非能源商品和服务产生的碳排放, 计算采用环境投入产出法<sup>[14]</sup>, 居住项不含电和燃料消费部分。

**收稿日期:** 2015-03-20; **修订日期:** 2015-05-10

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(41201584)、国家自然科学基金[国际(地区)合作与交流项目(31361140360)]资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41201584), National Natural Science Foundation of China (International Cooperation and Exchange Project) (31361140360).]

**作者简介:** 刘晔(1980-), 女, 辽宁盘锦人, 博士后, 助理研究员, 主要从事区域可持续发展研究。E-mail: liuye@iae.ac.cn

## 2.2 结构分解分析法

结构分解分析(SDA)是一种比较常用的碳排放影响因素分析方法。与其他方法相比,SDA方法最大的优势在于可以对包括输入端的能源结构、中间过程的产业结构和输出端的消费结构对碳排放的影响进行定量分析,这种全过程的因素分析是其他方法难以实现的。通过贡献度评价,可以计算不同驱动因素对城镇居民消费碳排放的影响程度和影响方向。贡献度的大小代表影响程度的相对值;它们的符号代表影响的方向,同号为同效应,异号为逆效应<sup>[15]</sup>。

## 3 结果和分析

政府出于环境管理的实际需要,一般采用生产部门碳排放作为国家碳排放管理的主要监测指标,而实际上在产业转型的关键时期,与居民消费相关的服务部门和居民部门的能耗比重正在逐步提高。单纯的生产部门碳排放研究难以满足环境管理的发展需求,因而涵盖生产和消费全过程的碳排放研究是下一阶段环境管理研究的必然趋势。本文下面将从消费端出发对城市居民生活消费引发的碳排放展开分析。

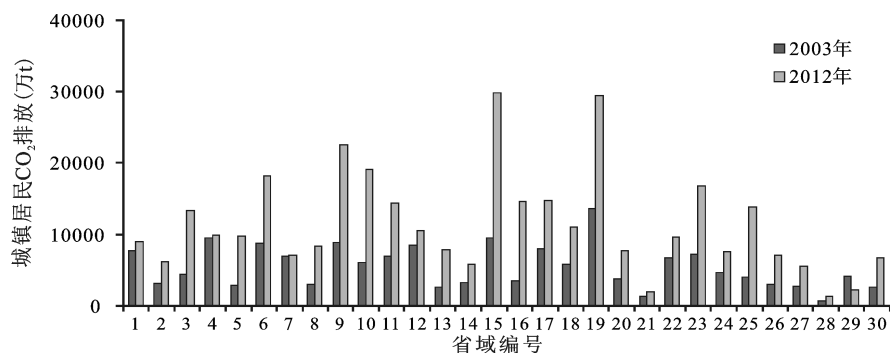
### 3.1 城镇居民碳排放及其空间差异

根据图1显示的各省份城镇居民碳排放变化情况可见,2003和2012年中国城镇居民碳排放总量在各省区间分异明显且呈现区域集聚的特点。城镇居民碳排放总量较大的省份大多数是经济规模较大的省份,只有内蒙古和云南的经济规模相对偏小。城镇居民碳排放总量较小的省份里,一

类地区经济总量较小、工业化程度较低,如青海、宁夏和甘肃;另一类地区能源消费量较小,如海南和天津。2003和2012年城镇居民碳排放总量的分布格局基本相似。从地理上看,城镇居民碳排放总量较大的省份主要分布在北方和沿海地区。考虑到中国煤炭资源主要分布于昆仑-秦岭-大别山以北地区(占全国煤炭资源总量的93.08%),北方地区居民碳排放总量偏大可能与煤炭资源富集于这一地区有关。同时,中国港口、冶金、炼化、造船等重化工业在海岸线上集中布局,产业结构偏重于重化工业可能是导致沿海地区碳排放总量偏大的主要原因。此外,2003~2012年10 a间城镇居民碳排放的总量和人均量的区域分异程度有所不同(图2),人均量的变异系数(3.11)大于总量(0.87),人口差异具有减弱区域间城镇居民碳排放分异的作用。以宁夏为例,2003~2012年城镇居民碳排放总量并不大,人均量却为全国最高水平,而由于人口增量的原因,2003~2012年碳排放总量的较小下降,也会使人均碳排放水平急剧降低,这种比较变化导致后者变异系数更大。同时,区域间居民直接碳排放的标准差(529万t)仅为间接碳排放(2 976万t)的10%左右,间接碳排放放在城镇居民碳排放的区域分异中起重要作用。下面将从居民个体消费特征出发,探讨以间接碳排放为代表的城镇居民碳排放的影响因素及其区域特征。

### 3.2 城镇居民碳排放变化驱动因素分析

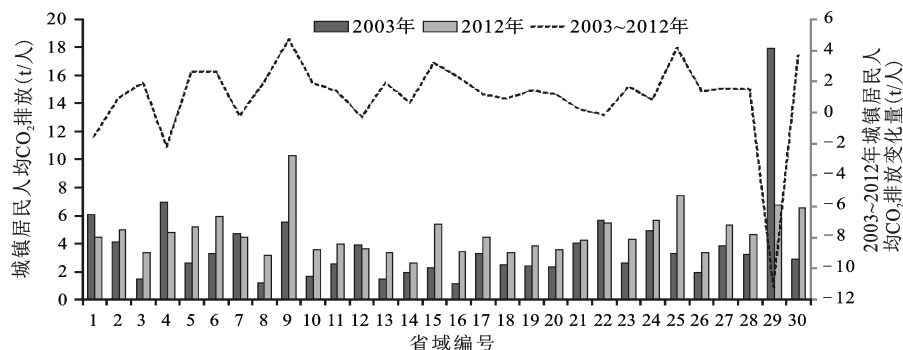
按照6个行业分类,采用SDA方法分析驱动因素的影响显示,城镇居民碳排在能源结构、产业结构和消费结构3类因素影响下的呈现不同的变化



1. 北京;2. 天津;3. 河北;4. 山西;5. 内蒙古;6. 辽宁;7. 吉林;8. 黑龙江;9. 上海;10. 江苏;11. 浙江;12. 安徽;13. 福建;  
14. 江西;15. 山东;16. 河南;17. 湖北;18. 湖南;19. 广东;20. 广西;21. 海南;22. 重庆;23. 四川;24. 贵州;25. 云南;  
26. 陕西;27. 甘肃;28. 青海;29. 宁夏;30. 新疆

图1 中国各地区城镇居民碳排放(不含港、澳、台地区)

Fig. 1 CO<sub>2</sub> emissions of urban households in Chinese provincial areas



30个省级以上区域进行编号同图1

图2 中国各地区城镇居民人均消费碳排放(不含港、澳、台地区)

Fig. 2 Per capita CO<sub>2</sub> emissions of urban households in Chinese provincial areas

结果:消费结构/能源结构>产业结构。可见,2003~2012年10 a间城镇居民碳排放主要受消费结构或能源结构等社会经济和技术因素的影响,而产业结构等生产因素影响下的碳减排效果并不明显。

从地理分布来看,大部分地区消费结构和产业结构对城镇居民碳排放呈正向影响;而能源结构对城镇居民消费碳排放呈负向影响。消费结构、能源结构和产业结构均对城镇居民碳排放影响较大的地区为北京、天津、山西、吉林、安徽、江西、湖北、海南、重庆、贵州、青海。此外,消费结构的影响相对较大的地区还有湖南、广西、陕西、甘肃;能源结构的影响相对较大的地区还有湖南、广西、甘肃、宁夏;产业结构的影响相对较大的地区还有内蒙、上海、山东、陕西、青海。总体而言,内陆比沿海的城镇居民碳排放更容易受3种结构性因素的影响,各地区城镇居民碳排放的影响因素区域差异明显,这体现出政府宏观调控影响下当地的社会经济条件和技术等综合区域特征(图3a)。

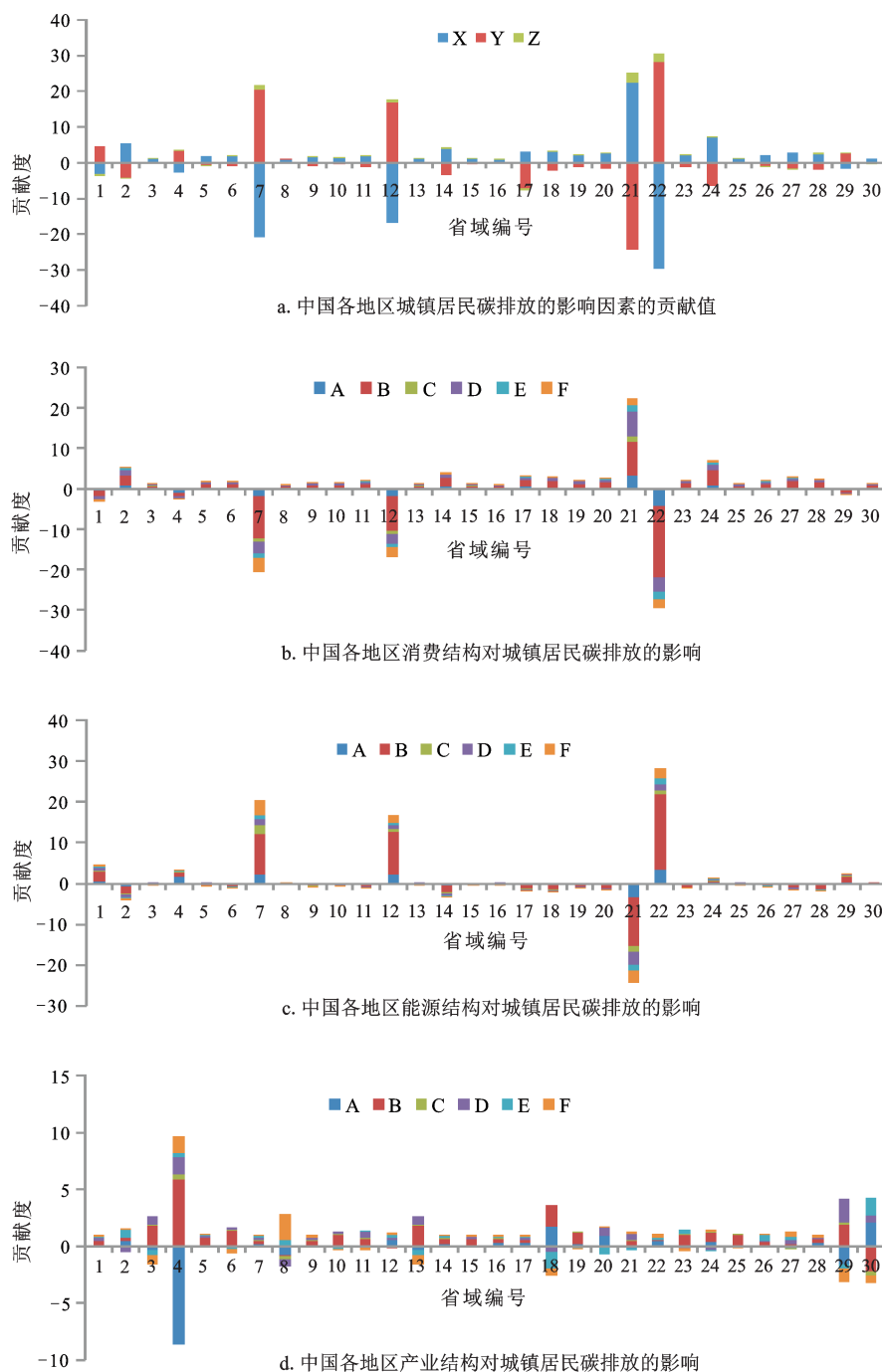
### 3.3 分行业对城镇居民碳排放影响分析

消费结构是中国各地区城镇居民碳排放影响的社会因素。不同地区居民消费对城镇居民碳排放的影响存在差异,所有地区消费结构的变化均不利于碳减排的实现(图3b)。通过比较不同地区居民消费对城镇居民碳排放的影响显示,在发生城镇居民碳减排的地区中,北京、吉林、安徽、重庆、宁夏的城镇居民消费支出中工业产品购买量和山西农产品购买量的增多是不利于城镇居民碳减排的主要方式;在未发生城镇居民碳减排的地区中,上海和广东的交通运输仓储及邮电通讯业购买量的增加和其他地区工业产品购买量的增加

是不利于城镇居民碳减排的主要方式。在消费结构对城镇居民碳排放的影响方面,不同地区城镇居民消费习惯的差异和生活水平的不同导致个人对某类消费品的购买存在偏好,当前工业产品购买量的增加是大部分地区消费支出影响城镇居民碳减排效果的主导方式,农业产品和服务类产品的购买量增加是局部地区消费支出影响城镇居民碳排放的主导方式,消费模式对城镇居民碳排放的影响具有明显的地域特征。

能源结构是中国各地区城镇居民碳排放影响的技术性因素。不同地区各行业的能源利用对城镇居民碳排放影响存在差异,大部分地区能源结构的变化有利于碳减排的实现(图3c)。比较不同地区能源结构对城镇居民碳排放的影响显示,在发生城镇居民人均碳减排的地区中,北京、吉林、安徽、重庆、宁夏的城镇工业部门和山西的农业部门碳排放强度的降低是促进城镇居民碳减排的主要方式;在未发生城镇居民碳减排的地区中,除黑龙江农业碳排放强度的降低未降低城镇居民碳排放表现异常外,新疆的农业及其他地区工业的碳排放强度的降低均是降低城镇居民碳排放的主要方式。在能源利用的碳排放影响方面,不同地区资源禀赋的差异和技术水平的不同导致当地产业部门能源使用更具有区域特点,当前工业碳排放强度降低是大部分地区通过能源结构影响城镇居民碳减排的主导方式,农业碳排放强度降低是局部地区通过能源结构影响城镇居民碳减排的主导方式,能源利用模式对城镇居民碳排放的影响具有明显的地域特征。

产业结构是中国各地区城镇居民碳排放影响的经济因素。这里假定区域的产业结构5 a内具



30个省级以上区域编号同图1;X.消费结构;Y.能源结构;Z.产业结构;A.农业;B.工业;  
C.建筑业;D.交通运输仓储及邮电通讯业;E.批发零售贸易餐饮业;F.其他行业

图3 中国各地区城镇居民碳排放的影响因素(不含港、澳、台地区)

Fig. 3 Driving factors of CO<sub>2</sub> emissions of urban households in Chinese provincial areas

有相对稳定性。不同地区各行业产业结构的差别对居民碳排放影响存在差异,大部分地区产业结构的变化不利于碳减排的实现(图3d)。通过比较不同地区产业结构对城镇居民碳排放的影响显示,与消费结构和产业结构不同,发挥主要作用行

业的投入产出周转量对碳排放的影响比较复杂,同行业投入产出周转量对城镇居民碳排放的影响方向并不一致。在产业调整的碳排放影响方面,不同地区原有经济结构的差异和产业发展思路的不同导致当地产业结构更具区域特点,当前工业



投入产出周转量的变化是大部分地区通过产业结构影响城镇居民碳减排的主导方式,农业、批发零售贸易餐饮业、交通运输仓储及邮电通讯业、其他行业是局部地区通过产业结构影响城镇居民碳排放的主导方式,产业组织模式对城镇居民碳排放的影响相对较弱,具有明显的地域特征。

## 4 结论和建议

本文主要以投入产出法为基础,对中国2003~2012年10a间城镇居民生活消费碳排放进行了深入的研究。结合SDA方法识别2003~2012年10a间不同地区城镇居民碳排放的结构性影响因素,提出相应的政策建议。

1) 从消费端出发计算碳排放是解释城镇居民碳排放水平的方法之一,与政府环境管理常用的生产部门碳排放计算方法互相补充。与2003年相比,2012年城镇居民碳排放区域间分异均有所减小而人均碳排放的分异有所增加,人口差异是减弱城镇居民碳排放区域分异的重要因素。间接碳排放是城镇居民碳排放的主要构成,是2003年和2012年城镇居民碳排放分异的主要来源。

2) 分地区城镇居民碳排放的规模表现出与经济规模和资源禀赋的相对一致性。城镇居民碳排放规模大的省份多数是经济规模较大的省份;内蒙古和云南的经济规模相对偏小,但由于其出色的资源禀赋也拥有较大的城镇居民碳排放规模。从地理上看,城镇居民碳排放总量较大的省份主要分布在北方和沿海地区,这是由于中国北方地区煤炭资源富集,而沿海地区产业结构偏重于重化工业且经济规模普遍较大所致。

3) 从消费构成、能源结构、产业结构等3个城镇居民碳排放的结构性影响因素来看,不同地区3种因素对城镇居民碳排放的影响存在差异,总体表现为消费结构/能源结构>产业结构。从消费端考虑,与其他部门相比大多数地区工业部门的生产能耗、投入产出周转量和产品购买量是影响当地城镇居民碳排放的关键,然而不同地区居民消费引发的结构性影响在程度和方向表现出与社会经济和技术对应的特点。消费模式、能耗模式和产业组织模式具有地域特征,政府应根据当地社会、技术和经济特点,结合区域特征因地制宜开展城镇居民碳排放管理工作,进而制定出能够适应全社会共同参与的碳减排政策措施。

## 参考文献(References):

- [1] 常跟应,黄夫朋,李曼,等.中国公众对全球气候变化认知与支持减缓气候变化政策研究——基于全球调查数据和与美国比较视角[J].地理科学,2012,32(12):1481-1487.[Chang Genying, Huang Fupeng, Li Man et al. Public perception of climate change and their support of climate policy in China: Based on global surveys and in comparison with USA. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(12): 1481-1487.]
- [2] IPCC.2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories[R/OL].http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm
- [3] Ang B W,Lin N.A cross-country analysis of aggregate energy and carbon intensities[J].Energy Policy,2006,34(15):2398-2404.
- [4] Duarte R,Mainar A,Sanchez-Choliz J.Social groups and CO<sub>2</sub> emissions in Spanish households[J].Energy Policy,2012,44(5): 441-450.
- [5] Hamamoto M.Energy-saving behavior and marginal abatement cost for household CO<sub>2</sub> emissions[J].Energy Policy,2013,63(12): 809-813.
- [6] Yuan B,Ren S,Chen X.The effects of urbanization, consumption ratio and consumption structure on residential indirect CO<sub>2</sub> emissions in China[J]. Applied Energy,2015,140(4):94-106.
- [7] 曲建升,张志强,曾静静,等.西北地区居民生活碳排放结构及其影响因素[J].科学通报,2013,58(3):260-266.[Qu Jiansheng, Zhang Zhiqiang, Zeng Jingjing et al. Household carbon emission differences and their driving factors in Northwestern China. Chinese Science Bulletin, 2013, 58(3):260-266.]
- [8] 王强,伍世代,李婷婷,等.闽台能源消费变化与驱动力对比研究[J].地理科学,2012,32(6):702-710.[Wang Qiang,Wu Shidai, Li Tingting et al. A comparative analysis of change in energy consumption of Fujian and Taiwan and their driving factors. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(6):702-710.]
- [9] 张约翰,张平宇.长吉都市区能源碳足迹测度及影响因素研究[J].地理科学,2012,32(9):1099-1105.[Zhang Yuehan, Zhang Pingyu. Energy consumption carbon footprint of metropolitan district of Changchun and Jilin, China. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(9): 1099-1105.]
- [10] 赵先贵,马彩虹,肖玲,等.陕西省碳足迹时空变化研究[J].地理科学,2013,32(12):1537-1542.[Zhao Xiangui, Ma Caihong, Xiao Ling et al. Spatio-temporal change of carbon footprint in Shaanxi Province. Scientia Geographica Sinica, 2013, 32(12): 1537-1542.]
- [11] Chitnis M,Hunt L C.What drives the change in UK household energy expenditure and associated CO<sub>2</sub> emissions? Implication and forecast to 2020[J].Applied Energy,2012,94(6):202-214.
- [12] Dai H,Masui T,Matsuoka Y et al.The impacts of China's household consumption expenditure patterns on energy demand and carbon emissions towards 2050[J].Energy Policy,2012,50(11): 736-750.
- [13] Sardianou E,Genoudi P.Which factors affect the willingness of

- consumers to adopt renewable energies?[J].Renewable Energy, 2013,57(9):1-4.
- [14] Thomas B A,Azevedo I L.Estimating direct and indirect rebound effects for U.S. households with input-output analysis. Part 2:Simulation[J].Ecological Economic,2013,86(2):188-198.
- [15] Cellura M,Longo S,Mistretta M.Application of the structural decomposition analysis to assess the indirect energy consumption and air emission changes related to Italian households consumption[J].Renewable and Sustainable Energy Reviews,2012,16(2): 1135-1145.

## Driving Factors Analysis of Carbon Emissions in Chinese Provincial Urban Households

Liu Ye<sup>1,2</sup>, Liu Dan<sup>3</sup>, Zhang Linxiu<sup>1</sup>

(1.*Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*

2.*Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, Liaoning, China;*

3.*National Police University of China, Shenyang 110854, Liaoning, China*)

**Abstract:** Generally the living standards of households in China have improved significantly as a result of rapid socio-economic growth. The rapid growth, especially in the urban areas has been one of the sources of carbon emissions. Therefore, the carbon emissions from the urban households should be taken into account. From the consumption point of view, the study analyzed the total, direct and indirect carbon emissions of Chinese urban households. Further, the coefficient variations of the total and per capita carbon emissions were also calculated and subsequently, adopted the structural decomposition analysis to explore the effects of energy structures, industrial structures, and consumption structures between 2003 and 2012. The results indicated that there were significant differences of carbon emissions from urban households between provinces. As compared to that of 2003, the total carbon emission of the urban households has increased while the per capita carbon emission has decreased in 2012. The study revealed population as one of the main source for decreasing regional differences of carbon emission in the urban households. Most provinces with high carbon emissions of urban households could be attributed to large scale of economy. However, some provinces with small scale of economy still have relatively high carbon emissions. Overall, the provinces with high carbon emission from urban household consumption could either be attributed to its rich natural resource base or to the size of its economy. From the geographical perspective, the areas with high carbon emission from the urban households are mainly distributed in the northern provinces and coastal areas. This can be substantiated by the presence of rich coal resources in the northern areas and the presence of either heavy industries or large economy of scale in the coastal areas. Therefore, it is quite evident that the trend of carbon emission from the urban households will keep increasing given the pace of current socio-economic growth. While analyzing carbon emission from the urban households, data were categorized into six different sectors, including agriculture, industry, construction, transport, storage and post, wholesale and retail trades, hotels and catering services, and other industries. The factors including consumption structure, energy structure, and industrial structure have impacts on carbon emission from the urban households in 30 provinces in a descending order (consumption structure>energy structure>industry structure). Among these three structures, although the energy consumption in productive sectors, input-output turnovers and product purchases of the secondary industry were the key effects on local per capita carbon emissions of urban households, different provinces presented their own complex characteristics of driving factors. The government should formulate a policy in dealing with carbon emission from the urban households by engaging all relevant stakeholders, following the above analysis results.

**Key words:** carbon emissions; Chinese urban household consumption; input-output analysis