

引用格式: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.] DOI: 10.18402/resci.2017.07.16

西安市家庭碳排放特征及影响因素实证分析

李 治¹, 李国平², 胡 振¹

(1. 西安建筑科技大学管理学院, 西安 710055; 2. 西安交通大学经济与金融学院, 西安 710061)

摘 要:作为中国应对气候变化的关键领域,特大城市家庭碳排放研究具有重要意义。对于西安市家庭而言,其低碳消费行为特征及关键影响因素与其特定的资源禀赋、经济水平和社会发展特征息息相关。本文基于2015年西安市家庭能源消费问卷调查数据,通过描述统计、多元回归分析发现,家庭户均年碳排放量为12 111.87kg,居住与交通比例为4:1,其中生活用电占居住碳排放近41%,私人汽车则为交通出行碳排放最大贡献者。家庭属性、个人属性、消费行为、住房特征及周边公共服务设施等对碳排放有显著影响,但不同影响因素作用方向及效果存在差异,实证结果有利于为城市政府有效能源规划及节能减排管理提供理论参考。

关键词:家庭碳排放;特征;关键因素;多元线性回归;西安市

DOI: 10.18402/resci.2017.07.16

1 引言

城市碳排放占世界碳排放量的70%,因此越来越多特大城市开始采取行动应对气候变化。在20世纪90年代欧盟家庭能源需求就已超过工业能源需求,随着中国城市化进程的快速推进,生活领域的能源消耗量也在显著增加,与21世纪初相比已翻了一番^[1]。尽管2006年中国在“十一五”规划中首次提出年均5%的节能减排目标,但是2009年应对金融危机出台“四万亿”计划催生了大批高能耗的“铁、公、基”项目,这种节能减排政策上前后不一致的做法不仅没有产生技术外溢、促进能源效率提升的作用,而且提高低收入阶层收入水平来拉动内需的相关做法,使得更多以消费煤炭、生物质能源等高排放、高污染燃料为主的此类群体,会提高消费电力、天然气等清洁能源的倾向^[2,3]。特大城市是控制生活能耗及二氧化碳排放的重点区域,虽然在能耗方面具有共性,但不同城市间的资源禀赋、经济水平、社会发展特征及气候条件存在显著差异,各地居民消费习惯、节能减排意识也都存在迥异,从而使得城市家庭能耗碳排放构成及影响因素会表

现不同,对这种差异性的关注有利于为当地政府有效能源规划及管理提供依据。

IPCC第三次评估报告指出,改变消费方式将是未来减缓气候变化影响的有效方法之一,但通过改变生活方式降低碳排放问题将变得比生产领域更难以应对^[4],因为降低生活碳排放从根源上不仅是提高用能技术水平和能源使用效率,更是要改变用能行为方式、生活模式等^[5]。早在20世纪90年代就有学者关注城市家庭用能及碳排放问题,相关研究和实践最初关注的是英国、日本和美国等发达国家和地区,进入21世纪后逐步形成了较为规范的研究理论和实证分析基础^[6,7]。近年国外相关实证研究采用投入产出法、回归分析法等对澳大利亚、荷兰、美国等发达国家的城市家庭能源消费及其碳足迹进行了量化研究^[8,9],针对中国的相关研究聚焦于整体城市或东中部城市家庭碳排放特征以及影响因素^[10,11]。

多数研究认为家庭社会人口因素会影响城市家庭能源消费行为。能源消费碳排放一般会随家庭人员数量增加而上升,但人均碳排放则呈下降趋

收稿日期:2016-07-13;修订日期:2017-05-20

基金项目:国家自然科学基金面上项目(51578438);陕西省社会科学基金一般项目(2016D017);陕西省自然科学基金基础研究计划面上项目(2015JM7371)。

作者简介:李治,男,陕西兴平人,博士后,副教授,主要研究方向为低碳经济、公共管理。E-mail: lizhi509@126.com

2017年7月

势,主要是家庭空间与设施的共享带来能源利用的规模效应^[12];年轻人更倾向于高碳排放的生活方式,这与年轻人追求现代生活和炫耀心理息息相关^[13],年龄越长者具有包括节能在内的勤俭节约习惯,人口老龄化对长期碳排放具有抑制作用^[14];受教育程度高的户主具有更强的环保意识,更有耐心和意愿进行有益于环境的长期投资^[15];特大城市外来人口聚集能力强,随着城市人口的不断增加和规模的不断扩大,对城市能源的需求也会越来越大^[17]。

家庭收入被视为一个重要的影响因素。随着家庭收入的增长不仅会提高居住能耗,也会增强购买私家车意愿及提高能源使用强度^[16,17]。高收入家庭节能意图和实施显著低于中低收入家庭^[18],但人均月收入超过5000美元后,高收入群体则有耐心和意愿进行有益于环境的长期投资,主动在健康和室内空气品质上花钱,并相应减少了对煤和液化石油气等“劣质商品”的消费^[19,20]。尽管城市中基本消除“能源贫困”现象,但仍有部分家庭收入仅满足基本生存需求,在政府无法全面提供低价或免费清洁能源的情况下,可能选择价格相对低廉的煤块、柴草等高排放能源^[21]。

住房特征和城市空间结构也对家庭能耗碳排放有显著影响。住房面积越大、电器越多则需要提供的各种能源服务越多^[22];冬季家庭有采暖的需求且会选择多种取暖方式,采暖能耗大小取决于如何选择取暖方式和采暖设备^[23];购房者愿意持续在家庭能源需求上投资,而租房者只在除租金外需单独支付水电费账单时才有激励去节能^[24];如果城市蔓延式发展,居住在城郊的家庭更倾向于大户型住宅且更容易选择SUV等高能耗汽车^[25,26],而学校、医院等传统的优质资源集中于城内容易造成居民长距离出行。

综上所述,现有研究已经取得了一些有价值的成果,但由于受到地域、文化、经济等条件的影响,对于社会经济特征是否能够完全解释家庭碳排放还未形成一致的结论^[27],同时目前研究还存在一定缺憾。首先,当前针对西安市居民碳排放调查及分析多是放在西部城市家庭的综合性调查中进行,一方面调查内容仅限于家庭经济社会特征、家庭个人特征等方面,另一方面由于调查城市众多且多用于

横向比较,从而使得对西安市家庭相关分析不够深入及全面^[28,29];再次,现有研究缺乏对西安市家庭住宅、城市形态、户籍政策等是以何种方式或路径来影响家庭碳排放变化的进一步的识别和讨论。对此,本文利用2015年在西安市开展的家庭能源消耗与居住环境调查数据,对西安市家庭碳排放特征、结构以及影响因素进行全面探讨,希望通过对降低家庭碳排放的不同路径进行深入分析,从而为减排政策的制定提供理论参考。

2 数据来源和测算方法

2.1 数据来源

本研究基于西安建筑科技大学管理学院于2015年9-10月所展开的“西安市家庭能源消耗与居住环境”的调查数据。该调查在西安市的碑林、雁塔、莲湖、新城、未央、灞桥、长安和阎良等8个城区展开,本调查关注的住房类型主要集中于商品房、单位家属院、经济适用房及其他政策性住房,棚户区在全市住房中仅占4%,故暂没有进入调查范围。如果是购房者则户主为调查对象,租房者则以签订租赁合同的租客为调查对象。社区选取原则是空间上均匀分布、类型上保证兼顾(以上4种类型),最终在8个城区共24个社区对1000户家庭进行了入户调查,收回有效问卷915份,问卷有效率为91.5%。在本研究暂不考虑的样本主要包括家庭能源消费、消费成本不明确或缺省;家庭交通出行频率、距离、交通工具选择不明确或缺省等。

调查问卷包括五个部分:家庭能源消费量及成本、家庭基本特征、交通出行行为、能源消费行为、住房及周边公共服务设施等。其中家庭能源消费量包括居住能耗量、结构及成本;家庭基本特征包括家庭常住人口数、家庭收入、户主年龄、受教育程度、户籍等;出行行为包括是否拥有小汽车、通勤距离、出行工具选择、每周休闲娱乐出行次数等;能源消费行为包括夏季空调温度调控及是否使用太阳能热水器等;住房及周边公共服务设施包括住房租买选择、住房建筑面积、周边是否有公共服务设施及距离等。

2.2 碳排放量计算

城市家庭碳排放可以分为家庭居住与交通两大部分:

$$DE_{year} = DE_{homeyear} + DE_{travelyear} \quad (1)$$

式中 DE_{year} 为年碳排放量(kg/年); $DE_{homeyear}$ 为年居住碳排放量(kg/年); $DE_{travelyear}$ 为年出行碳排放量(kg/年)。

(1)家庭居住碳排放。家庭居住能源需求主要包括生活用电、住宅取暖和日常炊事等,因此居住碳排放估算方程如下:

$$DE_{home} = \gamma_1 DE_1 + \gamma_2 DE_2 + \gamma_3 DE_3 \quad (2)$$

式中 DE_{home} 为月居住碳排放总量(kg/月); DE_1 、 DE_2 和 DE_3 分别为居住用电、住宅采暖和生活燃料消耗量,每一种耗能乘以相应的碳排放转换系数 γ ,最后得到每月居住碳排放量。家庭用电和生活燃料碳排放量乘以12个月在加上住宅采暖乘以4个月(西安市每年4个月集中供暖),最终得到每年居住碳排放量($DE_{homeyear}$)。

(2)家庭出行碳排放。交通出行主要为满足通勤、娱乐休闲等目的,而碳排放的大小则取决于交通工具选择、距离、频率等^[30]。首先每位出行者的通勤碳排放可以计算为:

$$TQ_{hi} = \gamma_{ik} \times M_{ik} \times F_i \quad (k = 1, \dots, 7) \quad (3)$$

式中 TQ_{hi} 为第 h 家庭的成员 i 的通勤碳排放量(kg/月); k 分别代表了每位出行者通勤出行经常使用的7种交通工具; γ_{ik} 为成员 i 使用 k 种通勤交通工具所消费能源(主要为汽油、柴油、天然气、电等)的碳排

放系数; M_{ik} 为家庭成员 i 采用 k 种交通工具下的单次通勤距离(km/次); F_i 为家庭成员 i 每月通勤频率(次/月),每月通勤天数按实际计算,每天通勤次数统一计算为1天来回2次。所有家庭成员的通勤碳排放之和为:

$$TQ = \sum TQ_{hi} \quad (4)$$

其次是每位出行者的娱乐休闲出行碳排放可以计算为:

$$YL_{hi} = \gamma_{ik} \times M_{ik} \times F_i \quad (k = 1, \dots, 6) \quad (5)$$

式中 YL_{hi} 为第 h 家庭的成员 i 的娱乐休闲出行碳排放量(kg/月); γ_{ik} 为各种娱乐休闲出行工具所消费能源的碳排放系数; M_{ik} 为家庭成员 i 采用各种交通工具下的单次娱乐休闲出行距离(km/次); F_i 为家庭成员 i 每月娱乐休闲出行频率(次/月); k 分别代表了每位出行者娱乐出行的6种交通工具(这里不包括单位班车)。所有家庭通勤成员的碳排放之和为:

$$YL = \sum YL_{hi} \quad (6)$$

最后所有家庭交通碳排放量是通勤碳排放与娱乐休闲出行碳排放之和,得到每月交通出行碳排放量,再乘以12个月得到每年出行碳排放量:

$$DE_{travelyear} = (TQ + YL) \times 12 \quad (7)$$

家庭居住和交通出行能耗碳排放系数具体见表1。

表1 碳排放类型及碳排放系数

Table 1 Type and coefficient of carbon emissions

类别	排放系数	数据来源
居住能耗		
电/(kWh/月)	0.877kgCO ₂ /kWh	西北区域电网基准线排放因子公告 ^[31]
天然气/(m ³ /月)	2.670kgCO ₂ /m ³	蔡博峰等 ^[32]
液化石油气/(kg/月)	3.164kgCO ₂ /kg	蔡博峰等 ^[32]
煤气/(m ³ /月)	2.184kgCO ₂ /m ³	蔡博峰等 ^[32]
煤炭/(kg/月)	1.978kgCO ₂ /kg	IPCC国家温室气体排放清单指南2006 ^[33]
集中供暖/(GJ/m ²)	42.630kgCO ₂ /m ²	中国民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分) ^[34]
交通出行		
公交车/(km/d)	0.037kgCO ₂ /km	杨选梅等 ^[35]
摩托车/(L/月)	2.240kgCO ₂ /L	杨选梅等 ^[35]
私人汽车/(L/月)	2.340kgCO ₂ /L	杨选梅等 ^[35]
出租车/(km/月)	0.500kgCO ₂ /km	杨选梅等 ^[35]
地铁/(次/d)	1.142kgCO ₂ /km	杨选梅等 ^[35]
电动车/(km/月)	0.008kgCO ₂ /(人·km)	柴彦威等 ^[36]
单位班车/(km/月)	0.050kgCO ₂ /(人·km)	柴彦威等 ^[36]

2017年7月

3 西安市家庭碳排放特征分析

3.1 样本家庭基本特征统计描述分析

根据调查问卷设计的内容,对于家庭规模、户主年龄、住房面积等连续性指标用定量数据测度,对于家庭收入、户主受教育程度、住房租买选择、是否拥有汽车等非连续性指标则引用定性的虚拟变量测度。从表2可以看出,西安市家庭的常住人口数为3人,户主年龄接近40岁,年收入在6~8万元家庭居多,大专文化程度者比例较大。调查对象中购房者居多,住房平均面积为91m²,每周家庭休闲娱乐约为2次,夏天空调设定温度为23℃,同时较少的家庭选择安装太阳能热水器,社区周边0.5km、1km和5km范围基本都有大型商场或公交站(地铁站)。

3.2 西安市样本家庭碳排放量分析

对西安市915个家庭碳排放调查结果如表3所示,家庭户均年碳排放量为12 111.87kg,家庭户均年碳排放量为4037.29kg。居住能源消耗所产生的碳排放占户均碳排放量的76.9%,其中生活用电和

表3 样本家庭碳排放量及结构

Table 3 carbon emissions and structure of household

家庭活动	家庭碳排放量 (kg/(户·年))	所占比重 /%
居住能耗		
生活用电	4 951.77	40.9
家庭采暖	3 187.62	26.3
家用煤气	162.96	1.3
家用天然气	982.37	8.1
家用液化气	23.68	0.2
小计	9 308.39	76.9
交通能耗		
公交汽车	711.04	5.9
电动车	75.36	0.6
私人汽车	1 319.88	10.9
摩托车	30.84	0.3
出租车	311.88	2.6
单位班车	296.52	2.4
地铁	57.96	0.5
小计	2 803.48	23.1
合计	12 111.87	100

表2 关键变量定义和描述性统计

Table 2 The definition and descriptive statistics of key variables

变量名称	变量含义	变量类型	变量分类	样本均值	标准差
家庭基本特征变量	<i>Hsize</i> 家庭规模/人	连续	家庭人数	2.99	1.27
	<i>Inc</i> 家庭年收入/万元	分类	1:≤1.2;2:1.2~3.6;3:3.6~6;4:6~12;5:12~24;6:24~48;7:≥48万	3.35	1.06
	<i>Age</i> 户主年龄/岁	连续	户主年龄	40.60	12.61
	<i>Edu</i> 户主受教育程度	分类	1:初中及以下;2:高中或中专;3:大专;4:本科;5:硕士;6:博士	3.07	1.15
	<i>Hukou</i> 户主户口	分类	1:城市户口;2:农村户口;3:非西安户口	1.59	0.76
能源消费	<i>Owncar</i> 是否拥有汽车	分类	1:有;0:没有	0.44	0.53
行为变量	<i>Ef</i> 每周休闲娱乐出行次数/次	连续	每周休闲娱乐出行次数	1.99	0.95
	<i>Airc</i> 夏天设置空调温度/℃	连续	夏天空调设置温度	23.78	3.23
	<i>Solarh</i> 安装太阳能热水器	虚拟	1:安装;0:没有	0.19	0.38
住房特征	<i>Brc</i> 住房租买选择	虚拟	1:购买;0:租住	0.71	0.51
变量	<i>Hspace</i> 住房面积/m ²	连续	住房建筑面积	89.61	30.45
	<i>Ean</i> 家用电器数量/台	连续	拥有的数量	6.68	2.41
周边公共服务设施	<i>R05km</i> 社区周围0.5km是否有大型商场或公交站(地铁站)	虚拟	1:有;0:没有	0.71	0.422
变量	<i>R1km</i> 社区周围1km是否有大型商场或公交站(地铁站)	虚拟	1:有;0:没有	0.66	0.489
	<i>R5km</i> 社区周围5km是否有大型商场或公交站(地铁站)	虚拟	1:有;0:没有	0.85	0.396

家庭采暖又分别占40.9%和26.3%。相比于春秋两季,冬夏两季生活用电量更高,这和夏季空调及冬季电器采暖有关。家庭采暖分为集中供暖和分散采暖两种方式,其中64.3%的家庭选择市政或小区集中供暖,其他家庭更多选择以间歇式的空调、电暖器、壁挂炉等分散采暖形式,后者舒适度较差。两种方式都会产生碳排放,而集中供暖碳排放强度高但容易降低损耗,提高使用效率^[37]。

交通出行占户均碳排放量的23.1%,私人汽车占到户均碳排放量的10.9%,因此它占到交通出行碳排放量的47.2%。在出行目的和出行工具选择中,以上班上学为目的的通勤出行是日常生活的刚性需求,占到了出行总量的40%。被调查的家庭以公共交通(公交车、单位班车、地铁共占40.8%)为主,私家车(22.3%)和电动车(14.3%)为辅的特点,仍然有不少家庭选择步行(13%)及自行车(5.7%)这种零排放出行方式,出行方式的差异导致交通出行的碳排放比例差异较大。

4 西安市家庭碳排放影响因素分析

4.1 西安市家庭碳排放影响因素的描述性分析

根据前面理论研究和采集的调查数据,这里对家庭社会经济特征、消费行为偏好等主观因素以及住房面积、社区周边公共设施完善程度等客观因素与碳排放关系进行描述性分析。

从图1看到西安市家庭随着收入增加相应提高了生活需求,从而导致消费更多能源来满足需求。注意到年收入低于1.2万元的居民碳排放较高,说

明这部分群体使用了大量低效的煤块燃料和传统生物质燃料来满足需求,从而导致较高碳排放。年收入24~48万元的群体属于享受型和奢侈型消费,处于收入越高消费越多的顶峰。高于48万元的群体碳排放出现了较为明显下降,说明最高收入群体对绿色产品和环境改善表现出较强意愿,愿意主动在改善环境和绿色消费上花钱。

图2反映了家庭夏季空调温度设定与碳排放的关系。空调温度设定低于26℃的家庭碳排放普遍高于用电碳排放的平均值(1793kg),说明中国政府出台的空调使用控温标准的合理性。从表2可以看到大多家庭夏季空调平均设定温度仍然在23℃,近年西安也逐渐步入“火炉”城市,高温呈现增多的天气使得家庭选择较低的空调温度获得舒适体感。同时西安没有南方湿热及阴冷的气候、冬季大多不需要空调制热,所以整体而言没有出现南方持续频繁使用空调的现象。

图3显示住房面积越大则会增加家庭居住碳排放,但随着住房面积增大碳排放增幅却呈现先增大后减小的变化趋势,当居住面积从60m²跨越到80m²时,居住碳排放增加幅度超过了其他住房面积,而且从80m²开始碳排放超过平均值(7104kg)。

在样本家庭中分别考察住宅小区周边0.5km内,1km内和5km内是否存在大型购物中心或公交站对家庭小汽车碳排放的影响。从图4可以看到,随着距离的增加,选择小汽车等高碳出行的倾向越大,小区周围完善的公共服务设施有利于家庭选择

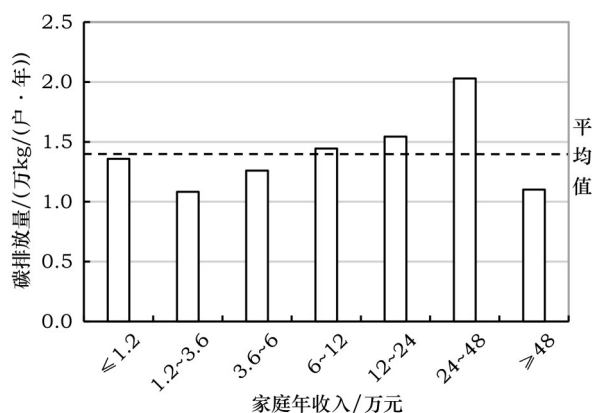


图1 家庭年收入和年户均碳排放关系

Figure 1 The relationship between household income and carbon emissions

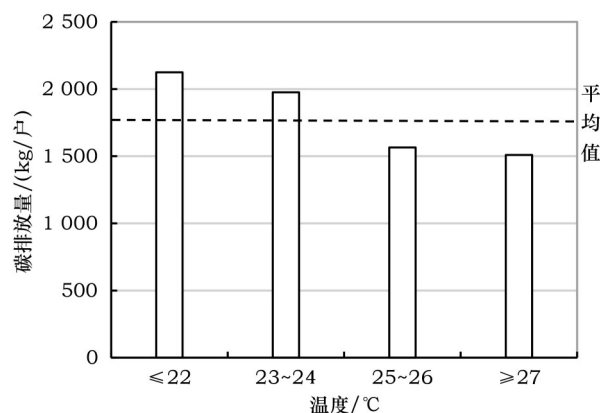


图2 夏季空调设定温度和户均用电碳排放关系

Figure 2 The relationship between air conditioning temperature in summer and electricity consumption

2017年7月

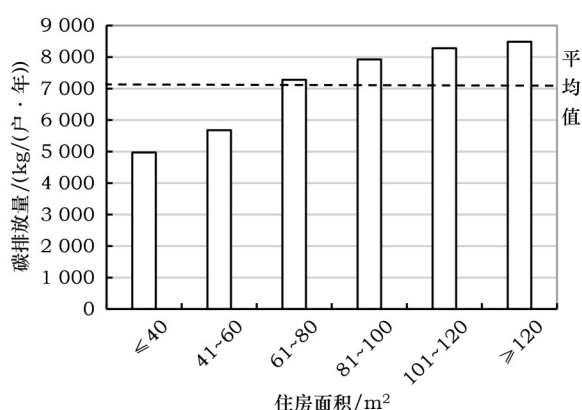


图3 家庭住房面积与年户均生活碳排放关系

Figure 3 The relationship between house area and carbon emissions

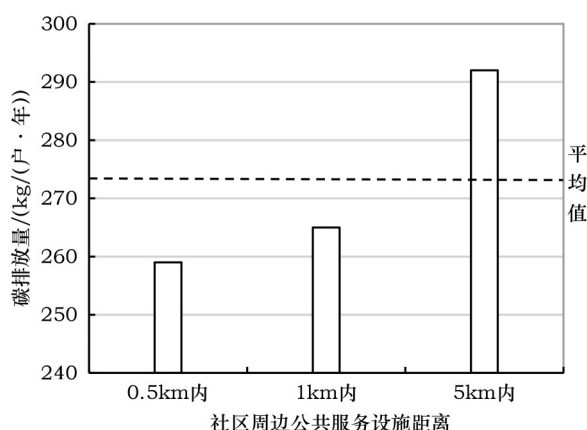


图4 社区公共服务设施距离与年户均小汽车碳排放关系

Figure 4 The relationship between community public facilities and auto emissions

低碳或零碳出行。

4.2 家庭居住碳排放影响因素的计量模型分析

这里将家庭社会经济特征、住房特征以及家庭能源消费行为作为自变量,家庭居住碳排放量作为因变量进行稳健性多元线性回归分析。方程(1)中加入家庭收入、家庭规模和户主年龄这三个基本特征变量来考察其对居住碳排放的影响。方程(2)-方程(5)在方程(1)基础上分别加入户主教育水平和家庭户籍状况、家用电器数量、住房面积和住房租买选择、夏季空调设定温度和是否安装太阳能热水器等变量,回归结果如表4所示。

根据表4的回归结果和受访者反馈的相关信息,可以得到以下结论:

从方程(1)可以看到,户均居住碳排放的收入

弹性为0.298,即家庭总收入每增加10%,将增加2.98%的居住碳排放,这说明随着收入增加居住碳排放增加仍然占主导地位;家庭人口数的回归结果为0.017,这意味着家庭规模的增大也会带来更多居住碳排放;户主年龄的回归结果是-0.003,说明年龄越长的户主更愿意实施节能行为,尤其我们注意到退休人员更加注重通过改变用能习惯来实现行为节能。

在方程(2)中显示户主受教育水平的回归结果为-0.033,说明受教育程度越高更具有环保意识,从而容易实施降低碳排放在内的环保行为;户籍的回归结果为0.026,可以看到农村或非西安户籍人口一旦转换为西安市民,这增强了他们长期居住于城市的意愿。无论是购房者还是租房者,都会进一步增强他们对于居住空间质量投资的意愿,从而会消耗更多的资源并增加居住碳排放。

方程(3)中拥有电器数量的回归结果为0.247,说明随着西安家庭生活水平的提高也增强了对电器的依赖性,从而增加更多耗电碳排放。在调查访谈中注意到很多家庭购买冰箱等传统电器时选择能效水平在三级(含)以下的比重仍然较大,通过补贴激励家庭更多使用节能产品仍具有较大空间。

方程(4)中发现住房面积的居住碳排放弹性为0.059,即住房面积增加10%,户均居住碳排放会增加0.59%,因此应严格控制单套住宅面积及大力发展绿色住宅;住房租住选择结果为0.005,即和租房者相比,购房家庭要考虑长期居住需求从而会添加更多电器设备。

最后在方程(5)中加入夏季空调设定温度和是否安装太阳能热水器,结果分别为-0.006和-0.013,二者家庭碳排放量呈负相关关系但并不显著。一方面夏季空调设定温度越低,越说明家庭对空调的依赖程度越高、使用偏好越强,这会带来更多的生活用电碳排放;另一方面,相对使用电、燃气获得家庭生活热水,太阳能热水器不仅经济实用而且节能环保效果显著,但在西安阴天或冬天,制热效果会即刻变差,也影响了太阳能热水器的普及使用。

4.3 家庭交通出行碳排放影响因素的计量模型分析

主要围绕家庭社会经济特征,休闲娱乐出行次数和周边公共设施等对家庭出行碳排放进行考

表4 城市家庭居住碳排放回归分析结果

	方程(1)	方程(2)	方程(3)	方程(4)	方程(5)
<i>Inc</i>	0.298*** (5.00)	0.335*** (5.56)	0.296*** (4.95)	0.175*** (3.18)	0.284*** (4.54)
<i>Hsize</i>	0.017*** (4.27)	0.019*** (4.35)	0.018*** (4.32)	0.005*** (3.38)	0.012*** (3.89)
<i>Age</i>	-0.003** (-2.03)	-0.003** (-1.97)	-0.003** (-2.07)	-0.004*** (-3.13)	-0.003** (-2.02)
<i>Edu</i>		-0.033** (-1.98)			
<i>Hukou</i>		0.026** (2.23)			
<i>Ean</i>			0.247*** (6.10)		
<i>Hspace</i>				0.059** (1.99)	
<i>Brc</i>				0.005*** (9.23)	
<i>Airc</i>					-0.006 (-1.01)
<i>Solarh</i>					-0.013 (-0.28)
常数	10.75*** (47.30)	10.67*** (45.86)	10.81*** (46.24)	10.91*** (53.39)	10.67*** (40.24)
样本量	915	915	915	915	915
R^2	0.041	0.046	0.041	0.123	0.039
调整 R^2	0.037	0.041	0.037	0.118	0.033
F	9.804	7.650	7.856	29.180	5.287

注:括号内为t值;***、**和*分别表示通过显著水平为1%、5%和10%的统计检验。

察。同样在方程(1)中加入了家庭收入、家庭规模和户主年龄三个基本特征变量,来考察其对交通出行碳排放的影响。方程(2)-方程(3)在方程(1)基础上分别加入了每周休闲娱乐出行次数和是否拥有小汽车。为了观察居住小区与公共服务设施的距离对交通出行碳排放的影响,方程(4)-方程(6)分别为居住小区周边0.5km、1km和5km范围内是否有公共服务设施。由于选择步行和骑自行车出行不会产生碳排放,因此仅有809个样本家庭进入回归方程,结果见表5。

方程(1)中可以看到交通出行碳排放的收入弹性为0.754,即家庭收入增长10%,将增加7.54%的出行碳排放量;而家庭规模的回归结果为0.052,即家庭规模扩大10%,出行碳排放增加0.52%,虽然结

果不显著但说明家庭人口数增多仍会提高出行碳排放;户主年龄回归结果为-0.01,说明老年人出行碳排放明显下降,调查中退休人员大多愿意选择公共汽车、自行车等低碳出行方式。

方程(2)中发现每周休闲娱乐出行频率每增加10%,出行碳排放量将增加2.24%。进入回归方程的家庭都会选择低碳或高碳出行,因此随着家庭休闲娱乐出行次数增多,必然带来更多出行碳排放。

方程(3)仅加入是否拥有私家车的哑元变量,拥有私家车的家庭增加10%,则出行碳排放增加0.7%。有研究发现对私家车的使用往往具有“锚定效应”,即一旦开始使用私人交通工具,就可能永久性地减少对公共交通工具的使用^[38],该结果进一步印证拥有私家车的家庭高碳出行事实。

2017年7月

表5 城市家庭交通出行碳排放回归分析结果

Table 5 Regression results of urban families transport emissions

	方程(1)	方程(2)	方程(3)	方程(4)	方程(5)	方程(6)
<i>Inc</i>	0.754*** (5.41)	0.700*** (3.92)	0.698*** (4.71)	0.785*** (5.40)	1.733*** (5.23)	0.705*** (5.03)
<i>Hsize</i>	0.052 (1.21)	0.018 (0.46)	0.051 (1.20)	0.052** (2.23)	0.052** (2.23)	0.052 (1.22)
<i>Age</i>	-0.010* (-1.79)	-0.005 (-1.03)	-0.010* (-1.81)	-0.009* (-1.80)	-0.012* (-1.82)	-0.011* (-1.83)
<i>Ef</i>		0.224*** (9.61)				
<i>Owncar</i>			0.070*** (5.62)			
<i>R05km</i>				0.043 (0.32)		
<i>R1km</i>					0.036* (1.81)	
<i>R5km</i>						0.093** (2.65)
常数	4.904*** (6.96)	5.075*** (7.56)	4.898*** (6.96)	4.870*** (6.77)	4.877*** (6.78)	4.993*** (6.80)
样本数	809	809	809	809	809	809
R^2	0.044	0.162	0.045	0.044	0.041	0.045
调整 R^2	0.041	0.157	0.040	0.040	0.039	0.042
F	12.050	33.010	9.057	9.031	9.055	9.333

注:括号内为t值;***、**和*分别表示通过显著水平为1%、5%和10%的统计检验。

方程(4)、方程(5)和方程(6)分别是小区周边0.5km、1km、5km是否有大型购物中心或公交车站(地铁站),发现无论在哪个范围增加距离都会加大出行碳排放,在1km和5km范围内的结果分别在10%和5%的水平上显著,他进一步说明距离越远高碳出行倾向越大。

5 结论及讨论

5.1 结论

全球特大城市在应对气候变化中的角色越来越重要,为了探究西安市家庭碳排放特征及影响因素,本文基于915户家庭调查数据进行实证分析,结论如下:

(1)西安市家庭户均年碳排放量为12 111.87kg,家庭人均年碳排放量4037.29kg。从家庭碳排放结构特征来看,家庭居住、交通碳排放之比约为4:1,其中用电和采暖碳排放总共占居住碳排放近70%。当前西安市私人汽车出行方式仅占到家庭交

通出行七种方式的22.3%,但其碳排放量占到交通出行碳排放量的47.2%,接近一半,成为出行碳排放中最大贡献者。

(2)年收入24~48万元的家庭属于高碳排放群体,最高收入群体对绿色产品和环境改善表现出较强意愿。当住房面积从60m²跨越到80m²时,居住碳排放增加幅度超过了其他住房面积。夏季持续高温天气使得多数家庭空调平均温度设定在23℃,这些家庭碳排放普遍高于用电碳排放的平均值。随着居住小区到大型购物中心或公交站距离变长,家庭更倾向于小汽车高碳出行。

(3)在居住碳排放回归结果中,发现随着家庭收入的提高和家庭规模扩大都会增加居住碳排放。随着户籍制度的放松,外来家庭一旦转换为西安市民,容易增强他们对于居住空间质量投资的意愿,从而会消耗更多的资源并增加居住碳排放。对于购房者而言,提高电器使用的能效水平、严格限

制住房面积和推广绿色建筑都能有效降低居住碳排放。

(4)在出行碳排放回归结果中,交通出行碳排放的收入弹性为0.754,即家庭收入增长10%,将增加7.54%的出行碳排放量。出行碳排放对公共服务设施距离的弹性随着距离的增加而增大,在距离社区5km时弹性为0.093且在5%水平上显著,说明在5km范围内社区距离公共服务设施如果缩短10%,则会降低0.93%的交通碳排放。与预期一致的是,家庭人口数增加会提高出行碳排放,而户主年龄越大则越倾向于低碳出行。

5.2 讨论

本研究结论与以往东部特大城市相关实证研究相比,既有一些共性,也存在显著的差异^[39,40]。总的来说,家庭收入、家庭规模、户主年龄、住房特征和周边公共设施布局等因素的影响机制都较为一致,而结果相反的是消费习惯、消费心理意识、户籍制度等方面。本研究结果体现出在西安市情境下,家庭特征、个人行为 and 周围环境对家庭碳排放起着特殊作用,对民用能源管理也具有如下重要启示:

(1)从某种程度上来说,高收入家庭的“高碳”行为折射出当前西安社会上的“过度消费”、“奢侈消费”等不良现象,通过激发对气候变化问题的情感,唤起对气候变化问题的关注,才可能建立长效、低碳的能源消费模式,而这应有配套的政策机制和良好的社会规范才具有可持续性。随着西安市住宅面积绝对数量不断增加,让更多增量建筑“绿”起来是最佳选择之一,地方政府如果选择与开发商合作宣传推广,使得绿色住宅市场信息更为完善,则有利于提高居民的支付意愿。找到适合于西安市的公共服务设施空间分布模式,既能满足城市居民公共服务需求,又有利于降低过量的出行碳排放。随着更多的流入人口的身份转变,愿意对居住空间质量进行投资,政府应该采用多渠道供应的原则,打造立体的流动人口住房保障体系,为以市场化为主的住房节能模式提供必要的政策性支持。

(2)相对东部城市更加重视人的发展,强调人类自身素质的提高、生存空间和环境的改善以及全社会的进步,西安市整个社会仍然处于重视经济、社会的发展质量,强调“满足人民基本需求”,因此

还尚未形成“富裕社会”下所带来的规范行为、文明行为,从而无法完全达到节约型社会。因此,尽管分析结果较好地说明了一些问题,但一次性问卷调查的数据带有一定的不确定性。作为一项探索性研究,未来可以继续扩大样本范围,进一步完善问卷量表,从而更为深入探讨变量间关系,厘清其中的机理并为政策制定提供有效信息。

参考文献(References):

- [1] Zhou N, Mcneil M A, Levine M. Energy for 500 Million Homes: Drivers and Outlook for Residential Energy Consumption in China[R]. San Francisco: Lawrence Berkeley National Laboratory Technical Report, 2009.
- [2] 师博,沈坤荣. 政府干预、经济集聚与能源效率[J]. 管理世界, 2013, (10): 6-18. [Shi B, Shen K R. Government intervention, economic agglomeration and energy efficiency[J]. *Management World*, 2013, (10): 6-18.]
- [3] 韩海燕,何炼成. 经济危机下的低收入阶层与扩大内需的关系[J]. 江汉论坛, 2009, (10): 18-22. [Han H Y, He L C. The relation between low-income groups and expanding domestic demand Under the economic crisis[J]. *Jiangnan Tribune*, 2009, (10): 18-22.]
- [4] 刘晶茹,王如松,杨建新. 可持续发展研究新方向:家庭可持续消费研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2003, 13(1): 6-8. [Liu J R, Wang R S, Yang J X. Importance of sustainable household consumption research in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2003, 13(1): 6-8.]
- [5] 中国城市能耗状况与节能政策研究课题组. 城市消费领域的用能特征与节能途径[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010. [China's Urban Energy Consumption Status and Energy Saving Policy Research Group. Urban Consumption Characteristics and Energy Saving Way[M]. Beijing: China Building Industry Press, 2010.]
- [6] Bin S, Dowlatabadi H. Consumer lifestyle approach to US energy use and the related CO₂ emissions[J]. *Energy Policy*, 2005, 33(2): 197-208.
- [7] Glaeser E L, Kahn M E. The greenness of cities: carbon dioxide emissions and urban development[J]. *Journal of Urban Economics*, 2008, 67(3): 404-418.
- [8] Lenzen M, Wier M, Cohen C, et al. A comparative multivariate analysis of household energy requirements in Australia, Brazil, Denmark, India and Japan[J]. *Energy*, 2006, 31(2-3): 181-207.
- [9] Kerkhof A C, Benders R M J, Moll H C. Determinants of variation in household CO₂ emissions between and within

2017年7月

- countries[J]. *Energy Policy*, 2009, 37(4): 1509-1517.
- [10] Golley J, Meng X. Income inequality and carbon dioxide emissions: The case of Chinese urban households[J]. *Energy Economics*, 2012, 34(6): 1864-1872.
- [11] Zheng S, Wang R, Glaeser E L, et al. The greenness of China: Household carbon dioxide emissions and urban development[J]. *Journal of Economic Geography*, 2009, 11(5): 761-792.
- [12] 陈佳瑛, 彭希哲, 朱勤. 家庭模式对碳排放影响的宏观实证分析[J]. 中国人口科学, 2009, (5): 68-78. [Chen J Y, Peng X Z, Zhu Q. Impacts of household pattern on carbon emission[J]. *Chinese Journal of Population Science*, 2009, (5): 68-78.]
- [13] Sun Y, Feng L. Influence of psychological, family and contextual factors on residential energy use behaviour: an empirical study of China[J]. *Energy Procedia*, 2011, 5: 910-915.
- [14] Dalton M, O'Neill B, Prskawetz A, et al. Population aging and future carbon emissions in the United States[J]. *Energy Economics*, 2008, 30(2): 642-675.
- [15] 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*, 2009, 106(44): 18452-18456.
- [16] Kahn M E. The environmental impact of suburbanization[J]. *Journal of Policy Analysis and Management*, 2000, 19(4): 569-586.
- [17] 郑思齐, 霍隼. 低碳城市空间结构: 从私家车出行角度的研究[J]. 世界经济文汇, 2010, (6): 50-65. [Zheng S Q, Huo Y. Low carbon urban spatial structure: research from private cars[J]. *World Economic Papers*, 2010, (6): 50-65.]
- [18] Druckman A, Jackson T. Household energy consumption in the UK: a highly geographically and socio-economically disaggregated model[J]. *Energy Policy*, 2008, 36(8): 3177-3192.
- [19] Pfaff A S P, Chaudhuri S, Nye H L M. Household production and environmental Kuznets Curves- examining the desirability and feasibility of substitution[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2004, 27(2): 187-200.
- [20] 李治, 李培, 郭菊娥, 等. 城市家庭碳排放影响因素与跨城市差异分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(10): 87-94. [Li Z, Li P, Guo J E, et al. Impact factors estimation and research on the differences across cities of residential CO₂ emissions in Chinese major cities[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(10): 87-94.]
- [21] 李慷, 刘春锋, 魏一鸣. 中国能源贫困问题现状分析[J]. 中国能源, 2011, 33(8): 31-35. [Li K, Liu C F, Wei Y M. The status of China's energy poverty [J]. *China Energy*, 2011, 33(8): 31-35.]
- [22] Yun G Y, Steemers K. Behavioural, physical and socio-economic factors in household cooling energy consumption[J]. *Applied Energy*, 2011, 88(6): 2191-2200.
- [23] 邱童, 刘明明, 范宏武, 等. 居住建筑用能状况案例实测分析[J]. 住宅科技, 2009, 29(7): 10-15. [Qiu T, Liu M M, Fan H W, et al. Analysis of residential building condition case testing[J]. *Residential Science and Technology*, 2009, 29(7): 10-15.]
- [24] Levinson A, Niemann S. Energy use by apartment tenants when landlords pay for utilities[J]. *Resource and Energy Economics*, 2004, 26(1): 51-75.]
- [25] Ewing R, Rong F. The impact of urban form on U. S. residential energy use[J]. *Housing Policy Debate*, 2008, 19(1): 1-30.
- [26] 黄经南, 陈舒怡, 王国恩. 城市空间结构与家庭出行碳排放分析-以武汉市为例[J]. 城市问题, 2014, (12): 93-100. [Huang J N, Chen S Y, Wang G E. Urban spatial structure and travel carbon emissions-case on Wuhan city[J]. *Urban Problem*, 2014, (12): 93-100.]
- [27] 孙岩. 家庭异质性因素对城市居民能源使用行为的影响[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2013, 15(5): 23-28. [Sun Y. Study on the influence of household heterogeneity factors on the energy use behavior of urban residents[J]. *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition)*, 2013, 15(5): 23-28.]
- [28] 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 J S, Zhang Z Q, Zeng J J, et al. Household carbon emission differences and their driving factors in Northwestern China[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2013, 58(3): 260-266.]
- [29] 杨瑞华, 葛幼松, 曾红鹰. 基于 CLA 模型的城市微观家庭碳排放特征研究-以全国9个城市家庭碳排放问卷调查为例[J]. 山西大学学报(自然科学版), 2011, 34(4): 655-661. [Yang R H, Ge Y S, Zeng H Y. Study on urban household carbon emission characteristics based on CLA model[J]. *Journal of Shanxi University (Nat. Sci. Ed.)*, 2011, 34(4): 655-661.]
- [30] Wang Y, Li L, Wang Z, et al. Mode shift behavior impacts from the introduction of metro service: case study of Xi'an, China[J]. *Journal of Urban Planning and Development*, 2013, 139(3): 216-225.
- [31] 中国清洁发展机制网. 2015年中国区域电网基准线排放因子[EB/OL]. (2016-06-06) [2016-07-13]. <http://cdm.ccchina.gov.cn/Detail.aspx?newsId=61599&TId=19>. [Clean Development Mechanism in China. China Regional Power Grid Baseline Emission Factor in 2015[EB/OL]. (2016-06-06) [2016-07-13]. <http://cdm.ccchina.gov.cn/Detail.aspx?newsId=61599&TId=19>.]
- [32] 蔡博峰, 刘春兰, 陈操操. 城市温室气体清单研究[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009. [Cai B F, Liu C L, Chen C C. Research on Greenhouse Gas Emissions Inventory[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2009.]
- [33] Penman Y, Gytarsky M, Hiraishi T, et al. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [M]. Hayama: Institute

- for Global Environmental Strategies Press, 2006.
- [34] 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. Design Standards for Energy Efficiency of Civil Buildings: Heating, Residential and Building Parts[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1999.]
- [35] 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.]
- [36] 柴彦威, 肖作鹏, 刘志林. 居民家庭日常出行碳排放的发生机制与调控策略[J]. 地理研究, 2012, 31(2): 334-344. [Chai Y W, Xiao Z P, Liu Z L. Low carbon optimization strategies based on CO₂ emission mechanism of household daily travel: a case study of Beijing[J]. *Geographical Research*, 2012, 31(2): 334-344.]
- [37] 张艳. 生活方式对开封城市家庭采暖碳排放的影响[J]. 地理科学进展, 2013, 32(7): 1072-1081. [Zhang Y. Lifestyle's impact on carbon emissions from urban households' space heating: a case study of Kaifeng City[J]. *Progress in Geography*, 2013, 32(7): 1072-1081.]
- [38] Cullinane S, Cullinane K. Car dependence in a public transport dominated city: evidence from Hong Kong[J]. *Transportation Research Part D Transport & Environment*, 2003, 8(2): 129-138.
- [39] 霍焱, 郑思齐, 杨赞. 低碳生活的特征探索-基于2009年北京市“家庭能源消耗与居住环境”调查数据的分析[J]. 城市与区域规划研究, 2010, 3(2): 55-72. [Huo Y, Zheng S Q, Yang Z. Low-carbon lifestyle and its determinants: an empirical analysis based on survey of “ household energy consumption and community environment in Beijing” [J]. *Urban and Regional Planning Research*, 2010, 3(2): 55-72.]
- [40] 江海燕, 肖荣波, 吴婕. 城市家庭碳排放的影响模式及对低碳居住社区规划设计的启示-以广州为例[J]. 现代城市研究, 2013, (2): 100-106. [Jiang H Y, Xiao R B, Wu J. The impact pattern of urban household carbon emission and implications for the low-carbon resident community planning: a case study of Guangzhou[J]. *Modern Urban Research*, 2013, (2): 100-106.]

Xi'an household carbon emission characteristics

LI Zhi¹, LI Guoping², HU Zhen¹

(1. School of Management, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;

2. School of Economics and Finance, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China)

Abstract: As critical areas in the response to global climate change, there is a great need to research household carbon emissions in megalopolises, such as those in China. Across Xi'an households there is a deep relationship between key impact factors and low levels of economic development. Here we estimated characteristic and impact factors of residential carbon emissions for 915 households in Xi'an using survey data from micro-family activities in 2015. We found that households produce 12 111.87kg CO₂ every year. The ratio of family living to transportation is 4:1. Electricity accounts for 41% of residential energy consumption. The car is the driving factor of carbon emissions in family transportation. The highest income group showed a strong willingness to buy green products and improve environmental quality. In summer, the temperature setting of air-conditioners is 23°C, lower than the national recommended standard. After housing spaces increase from 60m² to 80m², carbon emissions rise considerably. As the distance between community and shopping malls becomes longer, more households choose car travel. It is not only the pursuit of modern life, but also once a car has been acquired, people become dependent on it for virtually all journey purposes. Migrant families choose to improve their living environment and at the same time consume more resources and increase their carbon emissions. Our society is still emphasizing 'meet people's basic needs' in Xi'an, so the city cannot achieve abstemious society completely. These results will guide the effective pathway to reducing residential carbon emissions and help design policies to develop low-carbon lifestyles in China's megacities.

Key words: family carbon emissions; characteristic; impact factors; multiple linear regression; Xi'an City