

DOI: 10.13671/j.hjkxxb.2020.0574

王泳璇, 朱娜, 李锋, 等. 2021. 人口迁移视角下城镇化对典型领域碳排放驱动效应研究——以辽宁省为例[J]. 环境科学学报, 41(7): 2951–2958
Wang Y X, Zhu N, Li F, et al. 2021. Research on the driving effect of urbanization on carbon emission in typical fields from the perspective of population migration—Taking Liaoning Province as an example[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 41(7): 2951–2958

人口迁移视角下城镇化对典型领域碳排放驱动效应研究

——以辽宁省为例

王泳璇^{1,2}, 朱娜², 李锋^{3,*}, 曹小磊²

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. 沈阳环境科学研究院辽宁省城市生态重点实验室, 沈阳 110167
3. 清华大学建筑学院, 北京 100084

摘要: 城镇化的快速发展为我国带来了日新月异的变化, 但城镇化进程中伴随着能源消费快速增长, 使我国面临能源供应、节能减排等方面更加严峻的挑战。现有研究主要是从宏观角度研究城镇化对能源消费及碳排放的影响, 较少探究人口从农村向城镇迁移过程中对典型领域产生的驱动效应。基于此, 本研究以辽宁省为例, 应用弹性系数模型, 选取居民消费、住宅建筑、道路交通 3 个典型领域探讨城镇化对碳排放的驱动效应, 并提出针对性的碳减排政策。结果表明, 2006—2015 年, 城镇化对居民生活直接消费碳排放的驱动效应最为显著, 弹性系数为 9.91; 对居民生活间接消费碳排放和道路交通领域的驱动效应次之, 弹性系数分别为 6.94 和 5.38; 对住宅建筑等驱动效应最弱, 弹性系数为 2.71。研究表明, 城乡生活方式差异导致居民直接生活消费碳排放显著增加, 相较而言, 城乡产品市场差异较小; 辽宁省现阶段城镇住宅建筑存量与城镇新增人口的需求基本匹配, 但人口城镇化带来的城市边界外扩、人口密度提高, 导致道路交通碳排放增长。

关键词: 城镇化; 人口迁移; 道路交通; 住宅建筑; 居民消费; 碳排放; 辽宁省

文章编号: 0253-2468(2021)07-2951-08 中图分类号: X22 文献标识码: A

Research on the driving effect of urbanization on carbon emission in typical fields from the perspective of population migration—Taking Liaoning Province as an example

WANG Yongxuan^{1,2}, ZHU Na², LI Feng^{3,*}, CAO Xiaolei²

1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environment Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085
2. Liaoning Provincial Key Laboratory for Urban Ecology, Shenyang Academy of Environmental Science, Shenyang 110167
3. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084

Abstract: The fast development of urbanization has brought a lot changes in China, but the rapid growth of energy consumption in the process of urbanization has made China facing more difficult challenges in energy supply, energy conservation, emission reduction and other aspects. So far, researchers mainly focus on the macro perspective to study the effect of urbanization on energy consumption and carbon emissions, while the process of population from rural to urban migration of microcosmic influence on key areas of carbon emissions are less explored. Therefore, this study has taken Liaoning province as an example and applied the elastic coefficient model to study the influence of urbanization on carbon emissions based on the residents' consumption, residential buildings, and road traffic, and put forward the corresponding policies to reduce emissions. Results from 2006 to 2015 showed that urbanization had the most significant driving effect on carbon emissions from direct consumption of residents' lives, and the elasticity relationship was 9.91. The indirect carbon emissions driving effect of road transportation and household consumption were the following factors, and the elasticity relationship were 6.94 and 5.38, respectively. For residential buildings, the driving force was the weakest, with a elasticity relationship of 2.71.

Keywords: urbanization; population migration; road traffic; housing construction; consumer consumption; carbon emission; Liaoning Province

收稿日期: 2020-11-03 修回日期: 2020-12-24 录用日期: 2020-12-24

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (No. 71734006); 辽宁省自然科学基金 (No. 2017011360-301); 辽宁省社会科学规划基金 (No. L20BGL057); 沈阳市中青年科技创新人才支持计划项目 (No. RC180336); 沈阳市科学事业费科技项目 (No. sysy2018-050)

作者简介: 王泳璇 (1987—), 女, E-mail: xuanxuan1851@163.com; * 责任作者, E-mail: feng_li@tsinghua.edu.cn

1 引言(Introduction)

以全球变暖为主要特征的气候变化越来越成为世界各国普遍关注的全球化重大问题(沈永平等,2013;樊静丽,2014;郭建平,2015; Fan *et al.*, 2019).改革开放以来,中国经济、社会发展成就斐然,城镇化发展也进入了“加速阶段”(吴良镛等,2003),如何协调城市建设与生态环境保护二者之间的关系,控制能源消费与温室气体排放,推动城镇化健康发展,是我国城镇化发展模式面临的主要问题.如何平衡生态环境保护、能源消耗与城镇发展之间的关系,显得尤为重要(荣宏庆,2013; Mi *et al.*, 2018).

国内外已有若干研究深入分析了城镇化与能源消费、碳排放之间的关系.例如,肖周燕(2011)的研究证实了城镇化水平与碳排放之间具有长期的稳定关系.Al-mulali等(2012; 2013)研究了世界七大区域国家城镇化、能源消费、碳排放之间的长期关系.Khan等(2020)采用格兰杰因果检验分析了7个新型工业国家的城镇化与碳排放关系,结果表明,7个国家中城镇化均为碳排放的显著影响因素.Zhang等(2012)研究了国家层面上城镇化对CO₂排放的影响,并且在此基础上划分了东、中、西区域.林卫斌等(2014)研究表明,城镇化率与人均生活能源需求具有显著的正相关关系,但存在一定的滞后期.潘明清等(2014)采用动态GMM估计方法,检验了劳动力流动、城镇化进程对居民消费的影响.樊静丽等(2015)探讨了城镇化进程对不同区域居民生活直接用能的影响规律.唐李伟等(2015)深入分析了城镇化与生活碳排放之间的非线性关系.Xu等(2018)应用库兹涅茨曲线分析了珠江三角洲地区人口、经济、土地的城镇化对碳排放的影响,结果表明,经济城镇化影响最为显著,其次是土地和人口城镇化.Zhou等(2019)基于库兹涅茨曲线评估了长江三角洲地区城镇化对碳排放的影响,研究结果与Xu等(2018)的结果相近.Yao等(2018)以国家省级区域为研究对象,采用门限模型及中介效应模型探究城镇化与碳排放的门限关系,结果表明,城镇化与碳排放的协调关系需要通过技术进步等中间变量发挥作用.Cao等(2020)采用结构分解方法分析认为,城镇、农村人口及占总人口的比重均是居民消费碳排放的重要驱动因素,其中,前者的作用更显著.陶良虎等(2020)以广东省为例,基于模型拟合结果分

析了能源消费结构、产业城镇化与碳排放的相关关系.已有城镇化与碳排放的影响研究主要是通过建立模型,从国家、地区层面根据模型结果分析影响效应,较少探究人口从农村向城镇迁移过程中城镇化对重点碳排放领域的驱动效应.中国目前近70%的能源消费集中在工业,参考发达国家的终端能源消费格局,与生活水平密切相关的建筑、交通运输能源消费将持续刚性增长(庄贵阳,2019).倪红福等(2020)对1981—2018年城镇居民消费研究表明,交通通讯、居住等方面支出占比持续增长,整体消费模式由生存型向享受型不断转变.

基于此,本研究以辽宁省为例,选取居民消费、住宅建筑、道路交通等受城镇化直接影响且排放量较高的3个典型领域,应用弹性系数模型,探讨2006—2015年辽宁省城镇化对碳排放的驱动效应,从而为有针对性地制定城镇化进程中的碳减排政策提供参考.

2 领域选择、研究方法与数据来源(Field, methods and data)

2.1 领域选择

2.1.1 居民生活消费 人口从乡村迁移到城镇,最大的变化便是生活消费习惯的改变,这种变化渗透到衣、食、住、行的方方面面.目前,中国居民生活消费能耗占总能耗的比重大约为11%(庄贵阳,2019).居民生活消费包含直接生活消费和间接生活消费,其中,直接生活能源消费反映了满足基本生活的能耗水平,间接生活能源消费反映了居民各类消费产品的能耗水平.

2.1.2 住宅建筑 已有研究表明居民在建筑领域的能源消费将持续增长,而人口迁移所导致的建筑领域城乡碳排放差异主要体现在城乡住宅建筑结构与住宅物料消耗之间的显著差异.

2.1.3 公路建设 已有研究表明居民在交通领域的能源消费持续增长,其中,交通包含道路交通、公路交通等.狭义的道路交通主要指城市内部交通,该部分涉及直接能源消费和运输产品生产能源消费已在居民直接消费和间接消费中进行了分析.公路交通主要指城市与城市、乡村与乡村的交通,选择公路建设能够更好地反映人口从乡村向城镇迁移过程中,城镇增长而乡村降低的交通需求.本文中2006年与2015年不同类型公路里程的变化也充分进行了验证.

2.2 弹性系数模型

弹性系数模型最初主要用于经济学相关内容的研究,如税收弹性系数、供给价格弹性等,随后该模型应用逐渐推广至社会领域、能源领域。本研究将弹性系数模型应用于城镇化与碳排放的影响研究当中,测算城镇化率每变化 1% 所影响碳排放变化程度,变化程度越大对应影响效应越显著,反之亦然。

$$e_t = \frac{C}{U} = \frac{(C_t - C_0) / C_0}{(U_t - U_0) / U_0} = \frac{C_t / C_0 - 1}{U_t / U_0 - 1} \quad (1)$$

式中 e_t 为第 t 年某一地区的城镇化对碳排放的弹性系数; C 和 U 分别为以基期折算的第 t 年这一地区的碳排放增速和城镇化率增速; C_0 和 C_t 分别为基期年和第 t 年的碳排放量(万 t); U_0 和 U_t 分别为基期年和第 t 年的城镇化率。

2.3 居民生活消费碳排放核算方法

2.3.1 居民生活直接消费碳排放核算方法

采用 IPCC 国家温室气体核算方法(政府间气候变化专门委员会 2006)核算居民生活直接消费碳排放,计算公式为:

$$C_{dir} = C_{F_t} + C_{E_t} + C_{H_t} \quad (2)$$

式中 C_{dir} 为 t 年居民生活直接消费碳排放(万 t); C_{F_t} 为 t 年生活终端化石能源消费碳排放(万 t),参考 IPCC 化石能源消费碳排放; C_{E_t} 、 C_{H_t} 分别为 t 年生活终端电力、热力消费碳排放(万 t),通过单位电力、热力消费碳排放系数与电力、热力消耗量的乘积求得。

2.3.2 居民生活间接消费碳排放核算方法

采用投入产出模型(Xu *et al.*, 2016)核算居民生活间接消费碳排放。该方法由美国经济学家 Leontief 于 20 世纪 30 年代提出,是用来反映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:

$$X = AX + Y \quad (3)$$

式中 X 为国民经济总产出(亿元); A 为直接消耗系数矩阵; Y 为最终使用量(亿元)。式(3)可整理为 $X = (I - A)^{-1}Y$, I 为单位矩阵,对角线上的元素为 1,非对角线上的元素为 0。设 E 为单位总产出的碳排放强度矩阵,碳排放量可表示为:

$$C = E(I - A)^{-1}Y \quad (4)$$

将其作为居民生活间接消费碳排放量可根据式(4)表示为:

$$C_{ind} = E(I - A)^{-1}Y'_d \quad (5)$$

式中 C_{ind} 为居民生活间接消费碳排放量(万 t); E 为居民生活间接消费相关行业的碳排放强度($t \cdot$ 万元 $^{-1}$),根据分行业能源消费量与其对应 GDP 数据计算; A 为投入产业表直接消耗系数矩阵; Y'_d 为行业居民消费支出量(亿元)。

2.4 住宅建筑碳排放核算方法

测算建筑领域碳排放城乡差异,是指在研究时限内,城镇单位人口与农村单位人口住宅建筑碳排放的差距。此处仅分析住宅建筑建设过程的碳排放差异,其中,以城乡建筑材料消耗差异对碳排放的影响最为显著,参考白静(2019)对建筑领域的碳排放测算方法。

$$CU_t = CA_t \times [(\sum_j (CU_{ij} \times CE_{ij})) \times CU_t] \quad (6)$$

$$CR_t = CA_t \times [(\sum_j (CR_{ij} \times CE_{ij})) \times CR_t] \quad (7)$$

式中 CU_t 为 t 年城镇建筑单位人口碳排放(t); CA_t 为 t 年城镇人均建筑面积(km^2); CU_{ij} 为城镇建筑第 i 类结构第 j 种材料的消耗量(t); CE_{ij} 为城镇建筑第 i 类结构第 j 种材料的碳排放系数; CU_i 为城镇建筑中第 i 类结构的占比; CR 为农村建筑,其他公式符号含义相同。

2.5 道路交通碳排放核算方法

测算道路交通建设领域碳排放城乡差异,是指在研究时限内,城镇单位人口与农村单位人口交通碳排放的差距。由于铁路是区域间的主要交通工具,受区域内城镇化影响较小,此处道路交通特指公路建设,参考白静(2019)对公路交通领域的碳排放测算方法。

$$TU_t = TL_t \times (\sum_j (TU_{ij} \times TE_{ij})) \quad (8)$$

$$TR_t = TL_t \times (\sum_j (TR_{ij} \times TE_{ij})) \quad (9)$$

式中 TU_t 为 t 年城镇碳排放(t); TL_t 为 t 年城镇交通长度(km); TU_{ij} 为城镇交通第 i 级公路第 j 种材料的消耗量(t); TE_{ij} 为城镇交通第 i 级公路第 j 种材料的碳排放系数; TR 为农村交通,其他公式符号含义相同。

2.6 数据来源

本文居民生活直接消费能源、城镇化率、公路类型、居民消费支出等相关数据取自辽宁省统计年鉴。2007 年、2012 年辽宁省投入产出表取自辽宁省统计局网站。辽宁省城乡居民人均建筑面积取自辽宁省居民住房情况统计结果。建筑结构、建筑材料物质消耗强度及排放因子、不同等级公路材料消耗强度参考白静(2019)相关研究结果。公路材料消耗强度参考公路水泥混凝土路面设计规范 JTG-D40-2015。

3 研究结果(Results)

3.1 居民生活消费领域

3.1.1 居民生活直接消费领域 辽宁省城镇居民生活直接能源消费量从 2006 年的 867.12 万 t 增长至 2015 年的 1634.13 万 t, 涨幅达 88.45%, 以 2006 年为基数, 平均每年增加 85.22 万 t, 年均涨幅为 9.83%。乡村居民生活直接能源消费量从 2006 年的 203.42 万 t 增长至 2015 年的 323.2 万 t, 涨幅达 58.88%, 以 2006 年为基数, 平均每年增加 13.31 万 t, 年均涨幅为 6.54%。无论是净增长量还是涨幅比例, 城镇居民生活直接能源消费量远高于乡村, 在人均对比中, 差异更加明显, 城镇居民人均生活直接能源消费量从 2006 年的 0.34 t 增长至 2015 年的 0.55 t, 平均值为 0.44 t; 乡村居民人均生活直接能源消费量从 2006 年的 0.12 t 增长至 2015 年的 0.23 t, 平均值为 0.17 t。城镇居民人均生活直接能源消费量约为乡村的 2.72 倍。

2006—2015 年辽宁省总人口增长 111 万人, 其中, 城镇人口增加 431 万人, 农村人口减少 320 万人。假设新增人口均为城镇人口, 对比可知, 2006—2015 从农村迁移至城镇的人口为 320 万人(后文研究均按此人口变化)。居民生活直接消费能源多消耗 87.7 万 t 标准煤, 多排放 219.2 万 t 二氧化碳。根据弹性关系公式计算可知(表 1), 2006—2015 年, 城镇化对居民生活直接消费碳排放的驱动效果显著,

城镇化率每提高 1% 引起居民生活直接消费碳排放增长 9.91%。

表 1 城镇化率与居民直接消费碳排放弹性关系

Table 1 The elasticity relationship between urbanization and the carbon emissions of direct household consumption

年份	居民直接消费碳排放/ 10^4 t	碳排放变化率	城镇化变化率	弹性系数 ^a
2006	2676.35	-	-	-
2007	2833.20	5.86%	0.21%	27.91
2008	3026.25	6.81%	0.85%	8.02
2009	3089.10	2.08%	0.30%	6.92
2010	3570.75	15.59%	1.75%	8.91
2011	3905.05	9.36%	1.95%	4.80
2012	4282.50	9.67%	1.60%	6.04
2013	4259.10	-0.55%	0.80%	-0.68
2014	4547.80	6.78%	0.60%	11.30
2015	4893.33	7.60%	0.30%	25.33
2006—2015	-	82.84%	8.36%	9.91

注: a. 城镇化率与居民直接消费碳排放的弹性关系。

3.1.2 居民生活间接消费领域 总结并归纳已有研究成果(黄颖, 2011; 秦翊, 2013), 选定商品与服务引发的一次能源间接消费作为居民生活间接能源消费, 确定居民生活的间接消费分为 8 类: 食品、衣着、家庭设备用品及服务、教育文化娱乐用品及服务、医疗卫生、交通和通信、居住、杂项商品及服务, 以及各分类中涉及的相关行业部门(表 2)。

表 2 居民生活间接能源消费相关行业

Table 2 The related industries of indirect household energy consumption

间接能源消费分类	相关行业	行业编号
食品	农副食品加工业, 食品制造业, 酒、饮料和精制茶制造业	1
衣着	纺织业, 纺织服装、服饰业, 皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品和制鞋业	2
家庭设备用品及服务	木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业, 家具制造业, 电气机械及器材制造业	3
教育文化娱乐用品及服务	造纸及纸制品业, 印刷业和记录媒介的复制, 文教、工美、体育和娱乐用品制造业	4
医疗卫生	医药制造业	5
交通和通信	汽车制造业, 铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造, 计算机、通信及其他电子设备制造业	6
居住	建筑业, 电力、煤气及水生产和供应业	7
杂项商品及服务	住宿、餐饮业, 烟草制品业	8

经计算可知(表 3), 2007 年、2012 年辽宁省居民生活间接消费碳排放分别为 100.84×10^6 t 和 137.16×10^6 t。基于 2007 年和 2012 年的计算结果结合历年居民生活间接消费支出、分行业能源消费量等数据推导, 2006—2015 年辽宁省居民生活间接消

费碳排放量由 96.42×10^6 t 增长至 152.35×10^6 t, 增加了 58.01%。在此期间, 辽宁省城镇化率由 59.0% 提高到 67.4%, 提高了 8.36%。根据弹性关系模型测算可知, 2006—2015 年, 城镇化对居民生活间接消费碳排放的驱动效果显著, 城镇化率每提高 1% 引

起居民生活间接消费碳排放变化 6.94%。

表 3 城镇化率与居民间接消费碳排放的弹性关系

Table 3 The elasticity relationship between urbanization and the carbon emissions of indirect household consumption

年份	居民间接消费碳排放/ 10^6 t	碳排放变化率	城镇化变化率	弹性系数 ^a
2006	96.42	-	-	-
2007	100.84	4.58%	0.21%	21.83
2008	98.04	-2.78%	0.85%	-3.27
2009	107.47	9.62%	0.30%	32.06
2010	140.20	30.46%	1.75%	17.40
2011	158.09	12.76%	1.95%	6.54
2012	137.16	-13.24%	1.60%	-8.27
2013	160.07	16.70%	0.80%	20.88
2014	155.22	-3.03%	0.60%	-5.05
2015	152.35	-1.85%	0.30%	-6.16
2006—2015	-	58.01%	8.36%	6.94

注: a. 城镇化率与居民消费碳排放的弹性系数。

表 4 建筑材料物质消耗强度及其碳排放系数

Table 4 Material intensity and its carbon emissions coefficient of construction materials

地区	结构类型	消耗强度/($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)							
		钢材	木材	水泥	砖	砂砾	沥青	石灰	玻璃
城镇建筑	砖混结构	21	24	172	705	567	2	32	2
	钢混结构	75	26	238	16	881	2	33	2
农村建筑	砖木结构	10	107	112	855	245	-	18	0.25
	钢混结构	75	26	238	16	881	2	33	2
碳排放因子/($\text{t}\cdot\text{t}^{-1}$)		1.870	0.200	0.815	0.200	0.002	0.190	0.750	1.400

注: 碳排放因子单位以 CO_2 计。

测算结果表明, 2006 年城镇住宅建筑人均碳排放量(以 CO_2 计,下同)为 8.54 t,农村住宅建筑人均碳排放量为 8.30 t,2015 年城镇住宅建筑人均碳排放量为 10.45 t,农村住宅建筑人均碳排放量为 9.37 t(表 5),该阶段从农村迁移至城镇的人口为 320 万

3.2 住宅建筑领域

按照辽宁省居民住房情况统计结果,2015 年辽宁省城乡居民人均建筑面积达到 $27.96 \text{ m}^2\cdot\text{人}^{-1}$,其中,城镇居民人均建筑面积达到 $28.53 \text{ m}^2\cdot\text{人}^{-1}$,比 2006 年增加 $4.23 \text{ m}^2\cdot\text{人}^{-1}$,年均增加 $0.42 \text{ m}^2\cdot\text{人}^{-1}$;乡村居民人均建筑面积达到 $26.92 \text{ m}^2\cdot\text{人}^{-1}$,比 2006 年增加 $2.74 \text{ m}^2\cdot\text{人}^{-1}$,年均增加 $0.27 \text{ m}^2\cdot\text{人}^{-1}$.参考白静(2019)已有研究成果,我国城市建筑以钢混结构和砖混结构为主,其中,钢混结构建筑的比重从 1997 年的 37.8% 逐渐上升到 2015 年的 65.1%;农村建筑以钢混结构和砖木结构为主,其中,钢混结构逐年增加,砖木结构逐年减少,不同结构建筑所消耗的建筑材料物质强度及其碳排放系数均存在一定差异(表 4).本研究参考我国建筑结构数据,测算辽宁省城乡住宅建筑人均碳排放量变化趋势。

人.2006—2015 年城乡住宅建筑碳排放总量变化 22.7% 城镇化增加 8.4%,根据弹性关系模型测算可知,城镇化率每提高 1% 引起城乡住宅建筑碳排放变化 2.71%。

表 5 城镇化与城乡住宅建筑碳排放弹性关系

Table 5 The elasticity relationship between urbanization and the carbon emissions of urban and rural residential building

年份	城镇住宅建筑			农村住宅建筑			碳排放变化率	城镇化变化率	弹性系数 ^a
	单位面积碳排放量/kg	人均碳排放量/t	碳排放总量/ 10^4 t	单位面积碳排放量/kg	人均碳排放量/t	碳排放总量/ 10^4 t			
2006	364.39	8.54	21516	347.92	8.30	14538	22.7%	8.4%	2.71
2015	366.32	10.45	30841	343.37	9.37	13406			

注: a. 城镇化率与住宅建筑碳排放弹性系数;碳排放量均以 CO_2 计。

3.3 道路交通领域——公路建设

我国公路包括高速公路、一级公路、二级公路、

三级公路和四级公路,根据各类公路特征及用途,本研究将高速公路、一级公路、二级公路划定为城

镇交通,三级和四级公路划定为农村交通.如表6所示,2006年与2015年辽宁省高速公路与一级公路增长最为显著,其次为二级和三级公路,四级公路显著减少.中国公路常用的建材有砂砾、沥青、水泥和钢材,不同等级公路材料消耗强度不同,如表7所示.根据各类公路面积及材料消耗强度,结合材料碳排放系数,测算城乡公路建设的碳排放量.

结果表明(表8),2015年辽宁省城镇道路交通碳排放(以CO₂计)为3046.03×10⁴t,人均碳排放量为1.07t,农村道路交通碳排放为2387.87×10⁴t,人均碳排放量为1.73t.2006年城镇道路交通碳排放为1740.6×10⁴t,农村道路交通碳排放为2001.4×10⁴t.2006—2015年,由于人口迁移使交通运输建设碳排放增加45.21%,推导可知城镇化率每增加1%,人口迁移使道路交通建设碳排放增加5.38%.

表6 2006与2015年辽宁省不同类别公路分布

Table 6 Distribution of different road types in 2006 and 2015, Liaoning Province

年份	各级公路里程/km				
	高速	一级	二级	三级	四级
2006	1848	1526	13699	26070	41374
2015	4195	2995	17566	27876	6991
变化情况	2347	1469	3867	1806	-34383
最宽幅路面*/m	42.0	33.5	12.0	8.5	6.5

注: a. I类地形区.

表7 不同等级公路材料消耗强度

Table 7 Material intensity of different road types

公路等级	消耗强度/(kg·m ⁻²)			
	砂砾	沥青	钢材	水泥
高速	440	13	0.08	115
一级	450	9	0.07	110
二级	390	8	0.07	68
三级	350	4	-	65
四级	330	3	-	59

表8 城镇化与公路建设碳排放弹性关系

Table 8 The elasticity relationship between urbanization and the carbon emissions of road construction

年份	交通碳排放/10 ⁴ t		碳排放变化率	城镇化变化率	城镇化率每增加1% 道路交通碳排放变化
	城镇道路	农村道路			
2006	1740.6	2001.4	-	-	5.38
2015	3046.03	2387.87	45.21%	8.4%	

4 结论(Conclusions)

1) 2006—2015年,辽宁省城镇化对居民生活消费碳排放、住宅建筑、公路交通建设碳排放均呈正向驱动作用,其中,对居民生活直接消费碳排放的驱动效应最为显著,弹性系数为9.91;对居民生活间接消费碳排放和道路交通建设碳排放的驱动效应次之,弹性系数分别为6.94和5.38;对住宅建筑碳排放的驱动效应最弱,弹性系数为2.71.

2) 2006—2015年,辽宁省城镇化率与居民生活直接消费、间接消费碳排放的弹性系数分别为9.91和6.94,存在一定差异,说明人口从农村迁移至城市后,生活方式发生较大变化,进而导致居民生活直接消费碳排放显著增加.由于消费水平的差距,城乡消费产品结构不同,但由于电商、乡村补贴等原因,使城乡产品市场的城乡差异逐步缩小,因此,居民生活间接消费碳排放变化程度相对较小.由此可知,倡导低碳的生活方式和消费模式,能够有效控制人口向城镇迁移导致的碳排放增加.

3) 2006—2015年,辽宁省住宅建筑领域碳排放

与人口城镇化有一定的相关性,弹性系数为2.71.考虑住宅建筑碳排放增长受到建筑结构优化的影响,说明现阶段辽宁省城镇住宅建筑存量与城镇新增人口的需求基本匹配.因此,建议合理控制住宅建筑增速及单位面积能耗,制定财政政策鼓励绿色建筑,有助于控制人口向城镇迁移导致的碳排放.

4) 2006—2015年,辽宁省道路交通领域碳排放与人口城镇化均有较强的相关性,弹性系数为5.38,仅次于居民生活直接消费碳排放驱动效果.讨论认为,这主要由于大量城市道路交通的新、改(扩)建是人口城镇化带来的城市边界外扩导致的,人口密度提高,导致道路交通碳排放增长.因此,建议鼓励公共交通低碳出行,合理规划道路交通体系,有助于控制人口向城镇迁移导致的碳排放.

5 建议(Suggestion)

5.1 完善财税政策,提升引领作用

低碳生活方式和消费模式将直接影响居民生活的能源消费与碳排放,且在我国内循环的大背景下,对控制城镇化进程中碳排放的增长具有显著效

应。近些年,国家已出台实施若干低碳、经济税收政策给予激励,例如,可再生能源发电保障性收购制度、设置节能减排补助专项资金等,辽宁省也先后出台公共机构节约能源资源工作要点、“电化辽宁”工作方案等政策,但较少关注居民消费领域的碳排放问题,始终未建立起全民低碳消费模式。究其原因:一是现有财政补贴、税收补贴等经济手段对产品市场的影响仍较缺乏,尚未形成有效作用;二是政府自身未能树立良好的低碳环保标杆。基于此,建议加大对各产业低碳产品的财政补贴,且财政补贴落实需要细化,确定补贴产品清单,同时加大财政补贴政策的宣传,引导低碳消费;制定相关政策要求政府、国企和事业单位加大对绿色环保产品的采购力度,加强相关单位的节能管理,如合理设置空调温度、一律使用节能灯具、杜绝高油耗公车等,对全民低碳消费产生信息性社会影响,进而逐步形成全民低碳消费氛围。

5.2 推广绿色建筑,合理控制增量

国家住建部早在 2006 年就出台了国家标准绿色建筑评价的标准,2012 年出台推进绿色建筑发展的实施意见,通过建立财政激励机制、健全标准规范及评价标识体系、推进相关科技进步和产业发展等多种手段推广绿色建筑。辽宁省在 2019 年参照国家出台推广绿色建筑实施意见。但上述意见中主要是针对新建建筑提出较高的节能减排要求,对存量建筑的节能改造未提出针对性措施。并且根据研究结果可知,现阶段住宅面积已基本满足人口城镇化的需求。基于此,建议新增建筑应提高绿色建筑比例,且严格执行国家绿色建筑能效设计标准;对已有存量建筑应推广普及高效节能电器,通过提高维护结构性能技术、推广太阳能热水器和节能电器普及率,来降低单位建筑面积能耗。

5.3 强化公共交通,推广油电混动

国家于 2013 年印发了《加快推进绿色循环低碳交通运输发展指导意见》,强调了交通设施、运输组织体系、运输管理能力的绿色循环建设,并且落实实施了多年新能源汽车免征车辆购置税及价格补贴政策。辽宁省自 2015 年创建“绿色交通省”,但仍存在公共交通体系无法满足居民出行需求、新能源汽车推广受地域限制等问题。基于此,建议强化公共交通体系,提高公共交通运输效率,切实满足居民出行需求,引导公众低碳出行;参照国家新能源补贴政策,对油电混动车型实施财政补贴政策,补

充由于地域原因无法大力发展新能源汽车不足。

参考文献(References):

- Al-Mulali U, Binti Che Sab C N, Fereidouni H G. 2012. Exploring the bi-directional long run relationship between urbanization, energy consumption, and carbon dioxide emission [J]. *Energy*, 46(1): 156-167
- Al-Mulali U, Fereidouni H G, Lee J Y M, et al. 2013. Exploring the relationship between urbanization, energy consumption, and carbon emission in mena countries [J]. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 23: 107-112
- 白静. 2019. 中国基础设施隐含碳时空变化特征及驱动因素研究[D]. 兰州: 兰州大学
- Cao M, Kang W, Cao Q R, et al. 2020. Estimating chinese rural and urban residents' carbon consumption and its drivers: Considering capital formation as a productive input [J]. *Environment Development and Sustainability* 22: 5443-5464
- 樊静丽. 2014. 城镇化及气候变化背景下我国能源经济系统建模研究[D]. 北京: 北京理工大学
- 樊静丽, 刘健, 张贤. 2015. 中国城镇化与区域居民生活直接用能研究[J]. *中国人口·资源与环境* 25(1): 55-60
- Fan Z T, Lei Y, Wu S M. 2019. Research on the changing trend of the carbon footprint of residents' consumption in Beijing [J]. *Environmental Science and Pollution Research* 26: 4078-4090
- 郭建平. 2015. 气候变化对中国农业生产的影响研究进展[J]. *应用气象学报* 26(1): 1-11
- 黄颖. 2011. 城镇化进程中居民消费碳排放的核算及影响因素分析[D]. 长沙: 湖南大学
- Khan K, Su C W, Tao R, et al. 2020. Urbanization and carbon emissions: Causality evidence from the new industrialized economies [J]. *Environment Development and Sustainability* 22: 7193-7213
- 林卫斌, 谢丽娜, 苏剑. 2014. 城镇化进程中的生活能源需求分析[J]. *北京师范大学学报(社会科学版)* (5): 122-129
- Mi L Y, Yu X Y, Yang J, et al. 2018. Influence of conspicuous consumption motivation on high-carbon consumption behavior of residents—an empirical case study of Jiangsu Province, China [J]. *Journal of Cleaner Production*, 191: 167-178
- 倪红福, 冀承. 2020. 中国居民消费结构变迁及其趋势[J]. *消费经济*, 36(1): 3-12
- 潘明清, 高文亮. 2014. 我国城镇化对居民消费影响效应的检验与分析[J]. *宏观经济研究* (1): 118-125
- 秦翊. 2013. 中国居民生活能源消费研究[D]. 太原: 山西财经大学
- 荣宏庆. 2013. 论我国新型城镇化建设与生态环境保护[J]. *现代经济探讨* (8): 5-9
- 沈永平, 王国亚. 2013. IPCC 第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J]. *冰川冻土* 35(5): 1068-1076

- 唐李伟,胡宗义,苏静,等.2015.城镇化对生活碳排放影响的门槛特征与地区差异[J].管理学报,12(2):291-298
- 陶良虎,李星,张群也.2020.城镇化对碳排放的影响研究—以广东省为例[J].生态经济,(2):84-89
- 吴良镛,吴唯佳,武廷海.2003.论世界与中国城镇化的大趋势和江苏省城镇化道路[J].科技导报,(2):3-6
- Xu Q ,Dong Y X ,Yang R.2018.Urbanization impact on carbon emissions in the Pearl River DelataRegion: Kuznets curve relationships [J]. Journal of Cleaner Production ,180: 514-523
- Xu T ,YongG ,HuijuanD ,et al.2016.Regional household carbon footprint in China: A case of Liaoning Province [J]. Journal of Cleaner Production ,114: 401-411
- 肖周燕.2011.中国城市化发展阶段与 CO₂ 排放的关系研究[J].中国人口·资源与环境 ,21(12):139-145
- Yao X L ,KouD ,ShaoS ,et al.2018.Can urbanization process and carbon emission abatement be harmonious? New evidence from China [J]. Environmental Impact Assessment Review ,71: 70-83
- Zhang C , Lin Y. 2012. Panel estimation for urbanization , energy consumption and CO₂ emissions: A regional analysis in China [J]. Energy Policy ,(49): 488-498
- Zhou C S ,Wang S J ,Wang J Y. 2019. Examining the influences of urbanization on carbon dioxide emissions in the Yangtze River Delta , China: Kuznets Curve Relationship [J]. Science of the Total Environment ,675: 472-482
- 庄贵阳.2019.低碳消费的概念辨识及政策框架[J].学术前沿 ,(1): 47-53
- 政府间气候变化专门委员会.2006.《2006年IPCC国家温室气体清单指南》[M].东京:日本全球环境战略研究所