

# 人口老龄化的碳减排效应研究

李 刚\*

**摘要:**人口老龄化与全球气候变化愈来愈成为当今世界的两大难题,科学认识二者之间的关系有利于可持续发展的理论建设。本文基于世界银行公开数据库中关于198个国家或地区的面板数据,建立了面板门限模型,检验了人口老龄化对碳排放的门限效应。本文发现人口老龄化对碳排放的减排效应普遍存在;进一步,采用PSM-DID模型,检验了结论的稳健性;再进一步,应用中介效应分析,发现人口老龄化通过经济阻碍效应、技术进步效应、产业结构效应三大效应促进碳减排。最后,本文提出如下政策启示:人口老龄化为应对气候变化起到缓冲作用;处理环保与经济发展关系时要注重其前提条件应是发展;在低碳经济发展中尤其要鼓励、倡导技术创新及产业结构升级。

**关键词:**人口老龄化;碳减排;面板门限模型;PSM-DID;中介效应

## 一、引言

进入二十世纪以来,全球气候变暖导致的极端天气事件频发,高温、干旱、洪水、台风肆虐着我们赖以生存的地球家园。依据世界气象组织报告:2015-2018年是气温记录史上最热的四年,2018年全球平均地表温度约为14.68摄氏度,高出基线近1摄氏度,是有气温记录以来的第四热年;全球变暖的长期趋势“板上钉钉”<sup>①</sup>;地球已进入“发高烧状态”,且未来的趋势不容乐观。2018年,联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)发布报告:如果气候变暖以目前的速度持续下去,预计全球气温在2030年至2052年间就会比工业化之前水平升高1.5摄氏度;基于此,为了应对全球气候变暖问题,呼吁全人类共同行动,争取到2030年,人为的二氧化碳净排放量要比2010年的水平减少45%,到2050年实现“零净排放”(二氧化碳的排放量与

\*李刚,复旦大学人口研究所,邮政编码:200433,电子信箱:Gan\_Lee@outlook.com。

本文系上海哲学社会科学项目建国70周年系列研究“70年人口迁移与发展”(2017BHB017)的阶段性成果。感谢匿名审稿专家的宝贵修改意见,文责自负。

①资料来源:<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1618543193305361562&wfr=spider&for=pc>。

消除量对等)<sup>①</sup>。在应对全球气候变暖的同时,人口老龄化也成为世界性难题。根据联合国人口与社会署2015年人口数据,全球老龄化社会的国家已达91个,日本、意大利、德国、保加利亚、芬兰及葡萄牙等国65岁及以上人口比例达到20%以上,且这种状况到2050年会进一步恶化。

在全球气候变化与人口老龄化双重压力背景下,探讨人口老龄化与碳排放的关系关乎可持续发展理论建设,也是解决实际问题的迫切需要。基于此,本文构建面板门限模型及倾向得分匹配双重差分法(PSM-DID)实证分析了人口老龄化对碳排放的影响及其作用机制。本文的边际贡献在于:(1)检验了人口老龄化对碳减排存在门限效应;(2)利用倾向得分匹配双重差分法探讨了模型的内生性问题,对前述结论的稳健性进行了检验;(3)进一步,厘清了人口老龄化对碳排放存在减排效应的基础上,分析了人口老龄化存在碳减排效应的机制路径。

## 二、文献回顾与研究假设

关于碳排放影响因素的研究,相关学者对其展开了广泛讨论,且主要将碳排放归因于经济增长(Coondoo & Dinda, 2002; Dinda, 2005; 张友国, 2010; 刘芳芳等, 2018; 赵哲等, 2018), 人口规模(彭希哲、朱勤, 2010; 曲如晓、江铨, 2012; 王星、刘高理, 2014; 张毅瑜, 2015), 技术进步(Manne & Richels, 2004; 林伯强、杜克锐, 2014), 以及产业结构(Foxon, 2011; 张伟等, 2016; 赵哲等, 2018)等因素。

进一步地,人口老龄化也会对经济增长、人口规模、技术进步、产业结构等产生重要影响。具体包括以下几个方面:

(1)人口老龄化与经济增长。Bloom和Canning(2010)利用OECD国家数据,实证分析认为人口老龄化对经济增长产生不利影响;胡鞍钢等(2012)利用科布道格拉斯生产函数模型及1990-2008年中国省际面板数据,构建了面板模型,实证分析认为,人口老龄化不利于经济增长;刘穷志和何奇(2013)构建了拓展的交叠世代模型,实证分析了人口老龄化对经济增长的影响,认为当前人口老龄化对中国经济增长的影响正在从积极转向消极;汪伟(2017)通过双向代际转移的三期世代交替模型的构建,检验了人口老龄化对经济增长的关系,认为人口老龄化已经对经济增长产生了负面影响;代金辉和马树才(2019)则利用山东省1990-2015年数据,构建了VAR模型,同样分析认为人口老龄化对经济增长存在抑制作用。

(2)人口老龄化与人口规模。童玉芬(2014)利用联合国人口数据,采用预测分析方法,实证分析指出人口老龄化将使劳动年龄人口规模下降。李建伟和周灵灵(2018)在梳理1949年以来中国人口政策演变历程的基础上,分析了中国人口结构的变动,指出人口老龄化势必会

<sup>①</sup>参看相关报告:《IPCC在加强全球应对气候变化威胁、实现可持续发展和努力消除贫困的背景下,关于全球升温高于工业化前水平1.5℃的影响和相关全球温室气体排放路径的全球升温1.5℃特别报告》。

促进少子化现象的发生,从而使得人口规模下降。

(3)人口老龄化与技术进步。Feyrer(2007)发现人口年龄结构与全要素生产率之间存在倒U关系;Lee和Mason(2010)指出人口老龄化加大了人力资本投资,促进了生产率的提高,从而为提高技术进步夯实基础;Behaghel和Greenan(2010)采用DID模型,实证分析认为高龄员工更有利于企业技术进步;蔡兴(2016)则认为人口老龄化通过倒逼机制使得企业用资本、技术代替人力,从而使得技术得到发展与进步。

(4)人口老龄化与产业结构升级。Jeffery(2007)从需求分析着手,认为人口老龄化会导致经济发展过程中的消费需求及层次得到改变,进而影响产业结构作出效应的调整,这一观点也得到Chen和Ye(2013)及陈卫民和施美程(2014)等的支持;汪伟等(2015)基于供给与需求两方面因素,考察了人口老龄化与产业结构调整的关系,认为人口老龄化促进了产业结构升级;赵春艳(2018)基于1998-2015年中国30个省份的面板数据,构建了面板门槛回归模型,指出人口老龄化对产业结构升级存在显著门槛效应,当城镇化水平达到门槛值时,人口老龄化能够促进产业结构升级。

基于此,一方面,人口老龄化通过影响宏观经济中的供给与需求等因素,直接影响到能源的消费情况,从而对碳排放产生影响;另一方面,人口老龄化也会通过产业结构调整、生产率提高及技术进步等因素影响到能源的消费使用及环保技术的应用,从而对碳排放产生影响。也即,人口老龄化对碳排放的影响路径是复杂的。

关于人口老龄化和碳排放的关系,王钦池(2011)构建了人口与碳排放之间的非线性关系模型,分析认为人口老龄化对碳排放的影响存在不确定性,受到经济发展水平的影响;于洋和孔秋月(2017)将人口老龄化等因素引入KAYA恒等式,采用1995-2014年京津冀面板数据构建了静态、动态面板模型,认为老龄化与碳排放之间存在倒U型关系,人口老龄化对碳排放可能存在门限效应。在探讨人口老龄化与碳排放关系过程中,多存在异质性或遗漏变量造成的内生性问题,从而导致估计结果存在偏误。因此,Cole和Neumayer(2004)采用IPAT分析技术、Dalton等(2008)利用STIRPAT模型、Menz和Welsch(2012)利用面板数据进行回归,彭希哲和朱勤(2010)利用STIRPAT模型分析人口老龄化对碳排放的影响会受到内生性问题的干扰,得到的结论可能存在偏误。

理论上来看,人口老龄化能够促进碳减排,为此,本文提出第一个待检验的假说:

假说1:人口老龄化对碳排放不存在显著的减排效应。

为检验假说1的真伪性,本文首先构建了面板门限模型,考察了不同经济发展程度背景下,人口老龄化对碳排放的不同影响;进一步,通过倾向得分匹配双重差分模型探讨了分析结论的稳健性与可靠性。如果人口老龄化对碳减排存在显著影响关系,那么其中的影响机制是什么?人口老龄化对碳减排是否存在显著的经济阻碍效应、技术进步效应和产业结构效应?

为此,本文提出如下三个待检验的假说:

假说2:人口老龄化对碳减排存在显著的经济阻碍效应。

假说3:人口老龄化对碳减排存在显著的技术进步效应。

假说4:人口老龄化对碳减排存在显著的产业结构效应。

为检验假说2、假说3及假说4的真伪性,本文构建中介效应模型进行实证分析,相关内容参看第五部分。

### 三、实验设计

#### (一)模型构建

由理论分析可知,人口老龄化对碳排放可能存在门限效应:经济发展程度高的国家与经济发展程度低的国家,在人口老龄化对碳排放的影响上存在显著差异。为了检验人口老龄化对碳排放影响的门限效应,本文进一步建立面板门限回归模型:

$$\ln pcarbon_{it} = \begin{cases} \mu_i + \alpha X_{it} + \beta Aging_{it} + \varepsilon_{it}, & Q_{it} < \eta_1 \\ \mu_i + \alpha X_{it} + \beta Aging_{it} + \varepsilon_{it}, & Q_{it} \geq \eta_1 \end{cases} \quad (1)$$

其中  $i$  代表个体国家或地区、 $t$  代表时间,  $\ln pcarbon_{it}$  为被解释变量,表示人均碳排放量的对数;  $X_{it}$  为一组控制变量,包括经济规模、森林覆盖率、城镇化率、产业结构、技术进步及人口密度;  $Aging_{it}$  为解释变量,表示人口老龄化水平;  $Q_{it}$  为门限变量,在本文中用反映一国经济发展程度的人均国内生产总值来衡量,为待确定的门限值;  $\mu_i$  为个体固定效应,  $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项。且该模型为单门限模型,与多重门限模型设定类似,在此不再赘述,但后文需对实际模型中的门限个数进行检验。

#### (二)变量说明及数据来源

根据研究需要,本文主要选择了四类变量,即被解释变量、解释变量、门限变量与控制变量。依据前述理论分析选择了经济规模、森林覆盖率、城镇化率、产业结构、技术进步及人口密度等变量作为控制变量。相关变量说明如下:

第一,被解释变量为人均碳排放量。由于碳排放的估算方法较多,估算值存在较大差异,且考虑到数据的科学性与权威性,本文选取2000–2014年世界银行公开数据库中涉及碳排放的数据<sup>①</sup>中有关各国家或地区的碳排放量数据作为研究对象,其官方只公布了2014年之前的各国碳排放数据,这制约了我们的样本选择,但对研究结论不会有实质性影响。

第二,解释变量。考虑到本文的研究目的,本文选取人口老龄化作为核心解释变量,具体而言,将一国人口总量中65岁及以上人口占比作为衡量人口老龄化的指标。

<sup>①</sup>数据来源: <https://data.worldbank.org.cn/>。

第三,门限变量。依据理论分析,在经济发展程度不同的国家,人口老龄化对碳排放的影响可能不同,即人口老龄化对碳排放的影响存在门限效应。为了衡量经济发展程度的不同,本文选取人均国内生产总值作为门限变量。

第四,控制变量。影响碳排放的因素很多,如果不考虑除人口老龄化之外的其他因素,可能会导致变量遗漏,从而导致模型设定偏误,甚至是内生性问题。依据前述理论分析,本文选择如下控制变量:(1)经济规模,采用国内生产总值来衡量经济规模,数据来源于世界银行公开数据库;(2)森林覆盖率,直接采用森林覆盖率指标,数据来源于世界银行公开数据库;(3)城镇化率,采用城镇人口与总人口的比值来衡量城镇化率,数据来源于世界银行公开数据库;(4)产业结构,衡量产业结构高级化的指标较多,考虑到各产业碳排放的特点,本文采用服务业增加值与工业增加值的比重来衡量产业结构高级化,其基础数据来源于世界银行公开数据库;(5)技术进步率,技术进步率的测算是一个复杂工程,为不失一般性,本文采用索洛余值<sup>①</sup>的方法测算技术进步率,其基础数据来源于世界银行公开数据库;(6)人口密度,其数据来源于世界银行公开数据库。

为了消除量纲及波动性对回归结果估计的影响,本文对人均碳排放量、人均国内生产总值及人口密度作了对数处理,相关变量描述性统计分析见表1。

表1 变量的描述性统计分析

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
人均碳排放量(Kt)	2970	4.269	5.2	0.017	36.093
人口老龄化	2970	0.074	0.051	0.008	0.254
人均国内生产总值(美元)	2970	10044.58	15869.47	111.429	118637
森林覆盖率	2970	0.313	0.209	0	0.987
城镇化率	2970	0.534	0.216	0.082	1
人口密度(人/km <sup>2</sup> )	2970	140.897	495.713	1.543	7714.7
技术进步率	2970	16.382	1.806	12.188	20.567
产业结构高级化指数	2970	2.173	1.217	0.208	13.543

注:有效观察数量为198个。

## 四、结果估计及稳健性讨论

### (一)估计结果

门限模型依赖于面板数据固定效应模型,在使用面板门限模型进行参数估计之前需要对

<sup>①</sup>根据索洛余值方法,令 $A$ 为技术进步率、 $Y$ 为产出(GDP)、 $K$ 为资本投入(但世界银行公开数据库只有外商直接投资数据,考虑到数据的可得性及外商直接投资与国内总投资的相关性,依次算出的技术进步率虽然不是实际数据,但也反映了一国技术进步变动情况)、 $L$ 为劳动力投入(就业人员),且假设有科布道格拉斯生产函数( $Y=AK^\alpha L^\beta$ ),则有: $\ln A = \ln Y - \alpha \ln K - \beta \ln L$ 。



线性面板模型进行设定检验:如果检验显示面板随机效应模型更合理,则使用面板门限模型的有效性将大大降低;如果检验显示面板固定效应模型更合理,则使用面板门限模型有了可靠依据。根据线性面板模型的估计结果(表3中模型1),其Hausman检验显示卡方统计量 $\chi^2(7)=426.45$ ,且对应的P值为0.0000,表明选择面板固定效应是合理的。基于此,下文对面板数据进行门限模型分析是合理的。

本文进行单一门限与双重门限存在性检验,检验结果如表2,由检验结果可知单一门限和双重门限的F值分别为50.16与18.37,双重门限检验结果在5%显著性水平下不显著,单一门限检验结果在5%显著性水平下显著。因此,人口老龄化对碳排放存在单一门限效应。

表2 门限效应自抽样检验结果

	F 统计量	P-Value	10%	5%	1%
单个门限	50.16	0.040	42.063	47.599	67.596
两个门限	18.37	0.544	38.493	45.120	60.163

注:临界值和P值均为采用Bootstrap方法重复抽样500次得到的结果。

表3 模型估计结果

	人均碳排放量(模型1)	人均碳排放量(模型2)	人均碳排放量(模型3)
人口老龄化 (人均国内生产总值<33333.32美元)		-3.902*** (0.631)	-3.995*** (0.629)
人口老龄化 (人均国内生产总值≥33333.32美元)		-4.777*** (0.594)	-4.881*** (0.592)
人口老龄化	-2.439*** (0.788)		
国内生产总值	0.492*** (0.059)	0.299*** (0.055)	0.186*** (0.010)
森林覆盖率	-1.691*** (0.299)	-1.483*** (0.301)	-1.482*** (0.301)
城镇化率	2.257*** (0.196)	2.126*** (0.196)	2.135*** (0.196)
人口密度	-0.222*** (0.074)	-0.301*** (0.065)	-0.230*** (0.056)
技术进步率	-0.218*** (0.061)	-0.123** (0.059)	
产业结构高级化指数	-0.055*** (0.008)	-0.065*** (0.008)	-0.067*** (0.008)
常数项	-7.556*** (0.593)	-3.912*** (0.332)	-3.375*** (0.212)
样本量	2970	2970	2970
调整后R <sup>2</sup>	0.355	0.347	0.346

注:\*\*\*表示p<0.01,\*\*表示p<0.05,\*表示p<0.1;括号内的值为标准误。下表同。

进一步,单一门限值为人均国内生产总值 33333.32 美元,且其 95%置信区间为 30232.56 美元至 35593.22 美元。由此,可依据人均国内生产总值将各国经济发展水平分为经济发展程度高与经济发展程度低两种类型。由门限自抽样检验结果可知,经济发展程度高低对人口老龄化的减排效应存在显著的单一门槛效应,模型的估计结果见表 3。

由估计结果可知(见表 3 模型 2),当人均国内生产总值小于门限值时,在 1%显著性水平下,人口老龄化对碳排放存在显著的负效应,即人口老龄化越严重,人均碳排放量就越少,其回归系数为-3.902。而当人均国内生产总值不小于门限值时,在 1%显著性水平下,人口老龄化对碳排放存在显著的负向效应,即人口老龄化越严重,人均碳排放量就越低,存在碳减排效应,且其回归系数为-4.777。人口老龄化的碳减排效应在经济发展程度高与经济发展程度低的国家均显著存在,且经济发展程度高的国家人口老龄化的碳减排效应更大。

进一步,观察控制变量的估计结果发现经济规模、城镇化对碳排放存在显著的正向作用,森林覆盖率、人口密度和产业结构高级化则存在显著的碳减排效应。这些结论均与线性面板模型保持一致,也与理论分析吻合。

考虑到技术进步率的测算存在一定误差,遂在模型 3 中不加入此变量,进行门限估计,得到如下结果(见表 3 模型 3):人口老龄化对碳排放的门限效应依旧存在,基本结论与模型 2 保持一致。这再次证实了人口老龄化对碳排放存在显著的门限效应。

## (二)稳健性检验

由上述面板门限模型估计结果可知,当一国人均国内生产总值不低于 33333.32 美元时,人口老龄化对碳排放存在显著的减排效应,且影响系数为-4.777;当一国人均国内生产总值低于 33333.32 美元时,也存在显著的减排效应,但影响系数为-3.902。人口老龄化对碳排放的减排效应普遍存在,这也恰好说明线性面板模型中人口老龄化对碳排放的影响系数显著为-2.439。为了减轻内生性问题,本文进一步建立 PSM-DID 模型,以对人口老龄化的碳减排效应作出稳健性检验。

首先,本文对样本 198 个国家和地区进行分类,按照联合国标准将 65 岁及以上人口比例达到 7%定义为老龄化社会,如果一国达到此水准,则将其归为处理组;反之,则为对照组。

$$Treat_i = \begin{cases} 1 & \text{如果某国 } i \text{ 为老龄化社会} \\ 0 & \text{如果某国 } i \text{ 为非老龄化社会} \end{cases}$$

其次,设定一国开始进入老龄化社会的初始年份为  $Y_i$ ,则有如下相应变量:

$$Dummy_i = \begin{cases} 1 & \text{当 } t > Y_i \text{ 时, 进入老龄化社会} \\ 0 & \text{否则, 未进入老龄化社会} \end{cases}$$

其中,当  $Dummy_i = 1$  时,即表示进入老龄化社会;当  $Dummy_i = 0$  时,即表示未进入老龄化社会。

基于此,对样本进行倾向得分匹配,得到倾向得分后,需要对各变量进行平衡性检验,由检验结果可知(见表4),倾向得分匹配前,各控制变量存在显著差异,但经过倾向得分匹配后,各控制变量在10%显著性水平下,均不存在系统差异,符合后续检验要求。

表4 控制变量的平衡性检验

变量	样本	均值		偏差(%)	T检验	
		处理	控制		T-value	P-value
人口密度	未匹配	4.3567	4.005	29	2.84	0.005
	匹配	4.1458	4.4171	-22.4	-1.63	0.105
技术进步率	未匹配	17.923	16.095	123.4	12.09	0.000
	匹配	17.421	17.239	12.3	0.98	0.328
人均国内生产总值	未匹配	10.792	9.488	154.2	14.54	0.000
	匹配	10.502	10.54	-4.5	-0.43	0.671
产业结构高级化指数	未匹配	2.6455	2.0235	53.1	5.24	0.000
	匹配	2.1642	2.1755	-1.0	98.2	0.950

通过倾向得分匹配后,可以在最大程度上消除样本选择性偏倚与混杂偏倚,基于此,再做双重差分模型,能够得到可靠结果。

表5 PSM-DID估计结果

结果	人均碳排放量	标准误	T统计量	P值
匹配前				
控制组	-0.230			
处理组	0.900			
差分	1.131	0.074	15.31	0.000***
匹配后				
控制组	2.429			
处理组	1.794			
差分	-0.635	0.061	10.94	0.000***
双重差分	-1.766	0.094	18.87	0.000***

由PSM-DID的估计结果可知,人口老龄化对碳排放的影响为-1.766,且其在1%显著性水平下显著,即人口老龄化对碳排放存在显著的减排作用。

综合面板门限模型及PSM-DID模型,可知:人口老龄化对碳排放的估计结果是可靠的、稳健的,人口老龄化对碳排放存在显著的减排作用。

## 五、中介效应分析

上文通过实证分析及稳健性检验发现,人口老龄化对碳排放的减排效应显著,但是,人口老龄化的碳减排路径有待研究。接下来本文进一步考察人口老龄化的碳减排效应的路径,对其影响机制给出适当解释。由理论分析可知,人口老龄化通过经济阻碍效应、技术进步效应



及产业结构效应影响碳排放,下文对各效应的存在性进行检验。为了检验各效应的显著性,本文建立如下中介效应模型:

$$\ln pcarbon_{it} = \mu_i + \alpha Aging_{it} + \theta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$\ln Y_{it} = \mu_i + \beta Aging_{it} + \theta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$\ln pcarbon_{it} = \mu_i + \gamma Aging_{it} + \lambda Y_{it} + \theta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中  $i$  代表不同的国家或地区,  $t$  为不同的时间;  $\mu_i$  为个体固定效应,  $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项;  $X_{it}$  为一组控制变量,  $Y_{it}$  为被解释变量,被解释变量包括经济增长(人均国内生产总值)、技术进步(技术进步率)、产业结构(产业结构高级化指数),分别用以检验经济阻碍效应、技术进步效应及产业结构效应。具体而言,经济阻碍效应方程中的控制变量包括技术进步率、就业人数、投资规模、城镇化率及产业高级化指标;技术进步效应方程中的控制变量包括城镇化率、产业高级化指标及人均国内生产总值;产业结构效应方程中的控制变量包括城镇化率、技术进步率及人均国内生产总值。相关估计结果见表6。

表6 中介效应估计结果

	第一步	第二步			第三步
	人均碳排放	经济增长	技术进步	产业结构	人均碳排放
人口老龄化	-5.892*** (0.802)	-0.884*** (0.275)	7.255*** (0.810)	6.914*** (1.304)	-2.439*** (0.788)
人均国内生产总值					0.608*** (0.028)
技术进步率					-0.218*** (0.061)
产业结构高级化指数					-0.055*** (0.008)
控制变量	是	是	是	是	是
模型选择	固定效应	固定效应	固定效应	固定效应	固定效应
样本量	2970	2970	2970	2970	2970
调整后 R <sup>2</sup>	0.355	0.769	0.733	0.052	0.397

第一步,通过检验  $\alpha$  的显著性,可以判断是按照中介效应立论还是按照遮掩效应立论。由其估计结果(表6)可知,人口老龄化对人均碳排放的影响系数为-5.892,且其在1%显著性水平下显著,即应按照中介效应立论。第二步,检验  $\beta$  与  $\lambda$  的显著性,由其估计结果可知,人口老龄化对人均国内生产总值的影响系数为-0.884,人均国内生产总值对人均碳排放的影响系数为0.608;人口老龄化对技术进步率的影响系数为7.255,技术进步率对人均碳排放的影响系数为-0.218;人口老龄化对产业结构高级化指数的影响系数为6.914,产业结构高级化指数对人均碳排放的影响系数为-0.055。以上系数都在1%显著性水平下显著。总体而言,  $\beta$  与  $\lambda$  间的乘积效应为负。第三步,检验间接效应  $\gamma$  的显著性,由其估计结果可知,人口老龄化

对人均碳排放的间接影响系数在1%显著性水平下显著为-2.439,且其与第二步的乘积效应均为负,表明模型存在显著的部分中介效应,人口老龄化的经济阻碍效应、技术进步效应和产业结构效应得以检验。

## 六、结论及讨论

本文基于2000-2014年世界银行公开数据库198个国家或地区级面板数据,采用面板门限模型方法,检验了人口老龄化对碳排放的门限效应。具体而言,以经济发展程度作为门限变量,检验了人口老龄化对碳排放的影响。研究发现,以人均国内生产总值衡量一国经济发展程度时,人口老龄化对碳排放存在显著的单门限效应:当一国人均国内生产总值不低于33333.32美元时,人口老龄化对碳排放存在显著的减排效应,且影响系数为-4.777;反之,也存在显著的减排效应,但影响系数为-3.902。人口老龄化对碳排放的减排效应普遍存在。为了检验上述结论的稳健性,本文构建了PSM-DID模型,稳健性检验的分析结果表明:人口老龄化对碳排放存在显著的减排效应。

进一步,为了分析人口老龄化对碳减排的影响机制,本文进行了机制检验,发现人口老龄化的减排效应存在三大影响机制:(1)经济阻碍效应,即人口老龄化显著阻碍了经济的发展,从而减少了碳排放;(2)技术进步效应,人口老龄化的趋势体现出了技术进步的过程,生态技术创新、环保技术加强为碳减排技术提供支撑;(3)产业结构效应,人口老龄化显著促进了产业结构高级化进程,为碳减排夯实基础。

研究结论认为,人口老龄化虽然引发不利于经济增长等诸多问题,但其通过经济阻碍效应、技术进步效应及产业结构效应减少碳排放,促进低碳经济的发展,从而有助于缓解气候变化问题。基于此,本文得到的政策启示是:第一,科学全面认识人口老龄化的利与弊,人口老龄化也能促进碳减排,为应对全球气候变化起到缓冲作用,表明社会、经济、环境等系统中存在自我调节的自动稳定器功能。第二,人口老龄化对碳排放的减排作用存在门限效应,且在经济发展程度较高地区,这种作用更加大。这启示发展中国家应以发展为第一要务,在处理环保与发展关系时有所侧重。第三,人口老龄化通过技术进步效应及产业结构效应减少碳排放,因此,在低碳经济发展中尤其要鼓励、倡导技术创新及产业结构升级。

### 参考文献:

- [1] 蔡兴. 人口老龄化倒逼了中国出口结构的优化升级吗[J]. 当代经济研究, 2016, (8): 81-91.
- [2] 陈卫民, 施美程. 人口老龄化促进服务业发展的需求效应[J]. 人口研究, 2014, (5): 3-16.
- [3] 代金辉, 马树才. 人口老龄化对经济增长影响路径的统计检验[J]. 统计与决策, 2019, (3): 110-113.
- [4] 胡鞍钢, 刘生龙, 马振国. 人口老龄化、人口增长与经济增长[J]. 人口研究, 2012, (5): 14-26.

- [5] 林伯强,杜克锐. 理解中国能源强的的变化:一个综合的分析框架[J]. 世界经济,2014,(4):68-87.
- [6] 李建伟,周灵灵. 中国人口政策与人口结构及其未来发展趋势[J]. 经济学动态,2018,(12):17-36.
- [7] 刘芳芳,黄巧萍,刘伟平. 地区经济增长与区域碳排放的关系—基于环境库兹涅茨模型的研究[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版),2018,(4):20-26.
- [8] 刘穷志,何奇. 人口老龄化、经济增长与财政政策[J]. 经济学(季刊),2013,(1):119-134.
- [9] 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,(1):48-58.
- [10] 曲如晓,江铨. 人口规模、结构对区域碳排放的影响[J]. 人口与经济,2012,(12):10-17.
- [11] 童玉芬. 人口老龄化过程中我国劳动力供给变化特点及面临的挑战[J]. 人口研究,2014,38(02):52-60.
- [12] 王星,刘高理. 甘肃省人口规模、结构对碳排放影响的实证分析[J]. 兰州大学学报,2014,(1):127-132.
- [13] 汪伟. 人口老龄化、生育政策调整与中国经济增长[J]. 经济学(季刊),2017,(1):67-96.
- [14] 汪伟,刘玉飞,彭冬冬. 人口老龄化的产业结构升级效应研究[J]. 中国工业经济,2015,(11):47-60.
- [15] 王钦池. 基于非线性假设的人口和碳排放关系研究[J]. 人口研究,2011,(1):3-13.
- [16] 于洋,孔秋月. 京津冀城镇化、人口老龄化与碳排放关系的实证研究[J]. 生态经济,2017,(8):56-59+80.
- [17] 张友国. 经济发展方式对中国碳排放强度的影响[J]. 经济研究,2010,(4):120-132.
- [18] 张毅瑜. 人口规模、能源强度和经济增长对碳排放的影响分析[J]. 华北电力大学学报(社会科学版),2015,(3):16-20.
- [19] 张伟,朱启贵,高辉. 产业结构升级、能源结构优化与产业体系低碳化发展[J]. 经济研究,2016,(12):62-75.
- [20] 赵哲,陈建成,白羽萍. 二氧化碳排放与经济增长关系的实证分析[J]. 中国环境科学,2018,38(7):2785-2793.
- [21] 赵春艳. 人口老龄化对区域产业结构升级的影响[J]. 人口研究,2018,(5):78-89.
- [22] Behaghel, L. and N. Greenan. Training and Age-Biased Technical Change[J]. Annals of Economics and Statistics, 2010, 99(100): 317-342.
- [23] Bloom, D. and D. Canning. Implications of Population Ageing for Economic Growth[J]. Oxford Review of Economic Policy, 2010, (4): 583-612.
- [24] Chen, Y. and W. Ye. Dynamic Relationship Between Aging and Evolution of Industrial Structure in Taiwan [J]. Population Journal, 2013, (3): 63-72.
- [25] Cole, M. A. and E. Neumayer. Examining the Impact of Demographic Factors on Air Pollution[J]. Population and Environment, 2004, 26(1): 5-21.
- [26] Coondoo, D. and S. Dinda. Causality between Income and Emission: A Country Group-Specific Econometric Analysis[J]. Ecological Economics, 2002, 40(3): 351-367.
- [27] Dalton, M., B. O'Neill, A. Prskawetz, et al. Population Aging and Future Carbon Emissions in the United States[J]. Energy Economics, 2008, 30(2): 642-675.
- [28] Dinda, S. Does Environment Link to Economic Growth[R]. 2005.
- [29] Feyrer, J. Demographics and Productivity[J]. The Review of Economics and Statistics, 2007, 89(1): 100-109.
- [30] Foxon, T. J. A Coevolutionary Framework for Analyzing a Transition to a Sustainable Low Carbon Economy [J]. Ecological Economics, 2011, 70(12): 2258-2267.
- [31] Jeffery, B. The Effect of Population Aging on Economics Structure[R]. 2007.
- [32] Lee, R. and A. Mason. Fertility, Human Capital, and Economic Growth over the Demographic Transition[J].

European Journal of Population, 2010, 26(2): 159–182.

[33] Manne, A. and R. Richels. The Impact of Learning by Doing on the Timing and Costs of CO<sub>2</sub> Abatement[J]. Energy Economics, 2004, 26(4): 603–619.

[34] Menz, T. and H. Welsch. Population Aging and Carbon Emissions in OECD Countries: Accounting for Life-cycle and Cohort Effects[J]. Energy Economics, 2012, 34(3): 842–849.

## The Effect of Aging on Carbon Emission Reduction

Li Gang

(Institute of Population Research, Fudan University)

**Abstract:** Aging and global climate changing are becoming two major problems in today's world. To understand the relationship between them scientifically is the basic work of sustainable development. Based on the panel data of 198 countries and regions in the world bank open database, to test the threshold effect of aging on carbon emission, this paper establishes the panel threshold model and finds that the effect of aging on carbon emission reduction is universal. Then, PSM-DID model is used to test the robustness of the conclusion. Moreover, applying intermediate effect analysis, it is found that aging promotes carbon emission reduction through three major effects: economic hindrance effect, technological progress effect and industrial structure effect. Finally, this paper puts forward the following policy implications, such as aging would act as a buffer against climate change. When dealing with the relationship between environmental protection and economic development, we should pay attention to their precondition of development. In the development of low-carbon economy, we should especially encourage and advocate technological innovation and industrial structure upgrading.

**Keywords:** Aging; Carbon Emission Reduction; Panel Threshold Model; PSM-DID; Intermediate Effect

**JEL Classification:** J14, Q56

(责任编辑:朱静静)