

气候变化与国际贸易研究综述

余森杰, 林雨晨

(北京大学 国家发展研究院/中国经济研究中心, 北京 100871)

摘要:为研究气候变化与国际贸易的关系,回顾了气候变化与国际贸易领域的重要文献,特别是近年来的最新研究成果,着重分析了国际贸易在应对气候变化带来的经济冲击中所发挥的调整性作用,气候变化对国际贸易的直接影响以及通过劳动力市场产生的间接影响。研究认为,在应对气候变化对农业市场的冲击等问题上,自由贸易将会起到积极的调整作用,能够有效地抑制气候冲击所带来的福利损失,缓解可能出现的全球粮食危机,这一作用的有效实现也有赖于各国政府实行的贸易政策;气候变化将直接改变现有的贸易格局,并通过冲击劳动力市场而对国际贸易产生更为复杂的影响。

关键词:国际贸易;气候变化;农业;劳动力市场

中图分类号:F742

文献标志码:A

文章编号:1671-6248(2019)01-0000-00

Literature review of international trade and climate change

YU Miaojie, LIN Yuchen

(China Center for Economic Research/National School of Development,
Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: This paper reviews the literature, especially the most advanced research results on the role of international trade in climate change. We focus on the adaptive role of international trade in attenuating the impacts of climate change, the direct impacts on trades and indirect impacts on labor market. The results indicate that in response to the shock of climate change on agriculture, free trade plays an overall positive role, which will effectively alleviate the welfare losses and potential food crisis, yet this effects

收稿日期:2018-11-26

基金项目:国家杰出青年基金项目(71625007);国家自然科学基金管理科学部面上项目(71573006);教育部人文社会科学重点研究基地项目(15JJD780001)

作者简介:余森杰(1976-),男,广东饶平人,教授,经济学博士,博士研究生导师;北大博雅特聘教授、长江学者、国家杰青获得者。

still depend on trade policies of different countries. Meanwhile, climate change will alter the current structure of international trade and will impose a sophisticated impact on international trade through shock to the labor market.

Key words: international trade; climate change; agriculture; labor market

20世纪中叶以来,伴随着各国经济社会的快速发展,全球气候变化日益受到人类活动的影响。联合国大会于1992年通过的《联合国气候变化框架公约》提出,人类活动已大幅度增加大气中温室气体的浓度,并由此导致全球气候变暖^[1]。同时,根据2007年发布的政府间气候变化专门委员会第四次评估报告,在综合考虑了各类气候变化模型的预测结果和可能的未来温室气体排放情况后,21世纪全球平均气温将上升1.8℃至3.1℃左右^[2]。

全球气候变暖带来的气温升高、海平面上升、全球降水量重新分配、冰川与冻土消融等变化,将进一步对生态系统、人类的生产生活乃至经济社会的发展产生复杂的影响。在此背景下,许多研究者针对气候变化对经济活动产生的影响展开了深入的讨论。本文试图从国际贸易研究的角度出发,对近期研究气候变化与国际贸易的相关文献进行综述。

一、国际贸易在应对气候变化中的作用

气候变化对经济活动最直接的影响体现在农业生产上,通过改变农业生产所依赖的天气条件、水土土壤等自然环境,对世界各地的农作物产量产生直接的影响。这种影响不仅会在短期内改变农作物产量与农产品价格,长期来看农业生产率的变化还将在一定程度上改变各国农业的比较优势,并带来福利变化。近年来,有相当一部分国际贸易领域对气候变化的研究,即着眼于分析、预测国际贸易在应对并适应气候变化对农业生产的影响过程中所发挥的作用。Gouel et al. 研究提出,一般而言,在调整、适应气候变化的过程中,国际贸易可能发挥的作用将综合取决于国内市场其他调整方式的规模,例如供给侧的生产决策与农产品需求侧两方

面的调整。例如,国家内部将农作物生产重新分配至产量增加的地区将在很大程度上减少初始产量损失,类似地,当农作物对劳动力和肥料的需求能够较为灵活地在不同农作物间流动时,种植更适应气候变化的农作物将较大幅度缓解气候变化对农业生产的不利影响。然而,倘若上述的调整难以有效实行,农作物种植再分配与农作物之间的需求替代弹性较小时,气候变化导致的国内供求失衡将很大程度上依赖国际贸易进行调节^[3]。

(一) 经典文献

该选题的早期研究分别使用局部均衡模型^[4]和一般均衡模型^[5-6],对国际贸易在气候变化中的调整性作用进行了开创性的讨论。Reilly et al. 假定全球同时遭受气候变化冲击的情况下使用3种大气环流模式(General Circulation Model,简称GCM)估计了气候变化对农业生产的影响,并发现生产与消费在区域间的调整能够缓解气候变化对全球农业影响的严重程度,并降低其对国内经济的影响。研究还指出,评估气候变化中的赢家与输家需要考虑全球市场变化与国内产量效应,而这会进一步影响到各国降低温室气体排放的激励。此外,Reilly et al. 发现发展中国家将会处于更加不利的地位^[4]。类似地,Rosenzweig et al. 发现,发达国家和发展中国家的农业受气候变化的不利影响程度存在着巨大差异^[5]。

与上述两篇研究不同,Randhir et al. 的文章主要考察了气候变化与农业贸易政策之间的相互作用关系,并发现农业贸易政策带来的调整将会降低福利。具体而言,作者检验了两种农业贸易政策:市场隔离与农业补助。实证研究发现,在当时农业补贴水平下,气候变化引致的农产品价格变化会降低全球总体福利。在不存在市场隔离的情况下,受补贴的产出增加将会加剧全球农业生产的低效率,而取消农业补贴则有助于发挥价格变化在适应气

候变化过程中的积极作用^[6]。这一结论表明,在应对气候变化的过程中,贸易保护主义政策可能会加剧当前的扭曲,妨碍自由贸易所能够发挥的积极调整作用。

(二)最新研究

随着理论的发展与可获得的气象、农业生产数据的增多,近期的研究开始将气候变化对世界各个地区的差异化影响、国内土地的异质性及其与气候变化的相互作用纳入到分析框架之中,并与农业生产特别是土地利用方面的文献相结合,更为深入地研究了国际贸易在农业生产适应气候变化中所扮演的角色。这些研究的一个重要前提是,气候变化在不同地区的影响也是有差异化的,由此为农业生产决策和各国贸易提供了调整的空间。

Gouel et al. 的研究即建立在这一前提条件之上。他们估算发现,气候变化将导致目前平均气温较低、农作物生长周期较短的少数高纬度国家农业增产,但与此同时,全球气候变暖带来的极端高温天气增加,将导致大多数中低纬度国家农业减产且热带国家的减产将尤为严重。这种不均衡的影响将会改变各国的比较优势,从而影响目前的国际贸易形态。由此,Gouel et al. 建立了一个侧重农业部门的一般均衡贸易模型,模型中包括农作物、牲畜和非农产品3种产品,对于每一类产品,不同国家的产品之间是非完全替代关系,且各国之间的贸易受到冰山成本的影响^[3]。基于这些假设,作者在Eaton et al. 提出的一般均衡模型基本框架的基础上建立了种植面积选择的模型,同时构建了包含空间土地利用选择的阿明顿贸易模型,并根据农业文献中关于气候变化前后潜在产量的空间信息进行模型校准。Eaton et al. 文章首先确认了气候变化带来的农业产量变化,将通过大幅价格变动激励农业种植面积和国际贸易作出调整,表明国际贸易将在适应气候变化方面发挥重要影响。其次,对模型的校准发现,气候变化将导致全球整体福利下降1.72%,但对各国福利的影响存在着显著的异质性。其中,净进口粮食的热带国家将会从生产率下降和世界粮食价格上升中受损,而农产品出口国将从贸易条件改善中受益。同时,气候变化导致了各国之间与

各国内部各类农作物生产的调整,尽管农业种植决策的改变是应对气候变化影响的重要供给侧手段,但是这些调整方式会造成国内农产品供给与需求之间出现更严重的不均衡,而国际贸易将会对平衡调整后的国内供求关系起到重要的作用。最后,文章估算,倘若通过固定双边贸易中农作物进口份额不变的方式来阻止贸易调整,将导致福利损失增加76%^[7]。

与Gouel et al. 研究结论有所不同,Costinot et al. 研究认为,国际贸易在缓解气候变化所带来的负面冲击时,其本身能够发挥的效果较为有限。Costinot et al. 文章通过覆盖地球表面的联合国粮农组织全球农业生态区数据库(Global Agro-Ecological Zones,简称GAEZ),对其建立的一般均衡模型进行反事实实验。实证分析发现,当允许农业生产决策和贸易进行调整时,气候变化对农业市场的影响将导致全球GDP整体下降0.26%。Costinot et al. 进一步比较了两种调整方式的重要性,如果限制农业生产调整,特别是种植面积不变时,气候变化带来的福利损失将增加2倍,然而如果限制农作物出口份额不变,就会对福利产生微小的影响,这表明在应对气候变化对农业市场的影响时,相较于种植面积的调整,贸易的调整所发挥的作用较为有限^[8]。对于这两篇文章结论上的巨大差异,Gouel et al. 认为,主要问题来自于Costinot et al. 研究中所做的反事实实验的实验设定。一方面,该文对反事实下贸易调整受限的方式有着非常特殊而具体的规定,另一方面,模型假设和参数估计的结合使得实证部分采用的粮食需求和供给弹性远高于以往文献中的估算。

无独有偶,Dingel et al. 在2018年的最新研究也发现,国际贸易的调整会加剧气候变化带来的不平等与部分国家的福利损失^[9]。该文章认为,生产率的空间结构塑造了各国从国际贸易中的获益,因为在其他因素相同的情况下,相较于距离较远的国家,每个国家都会和邻国产生更多的双边贸易。由此,文章通过建立一个一般均衡模型,预测生产率的空间相关性越高,就越会通过改变国际贸易从而加剧各国之间的福利不平等,并将全球气候变化作

为自然实验来验证模型的预测。实证结果表明,在过去的半个世纪中,当谷物生产率的空间相关性更强时,生产率较高的国家从谷物贸易中获益更多,而生产率较低的国家获益更少,将这一结果与未来的气候变化相结合,文章预测气候变化将加剧国际不平等,并给非洲的大部分国家带来更大的福利损失^[9]。

(三) 贸易与全球粮食安全

除了从农业市场这一整体上讨论贸易对缓解气候变化冲击的作用之外,考虑到气候变化对农业特别是谷物生产的冲击可能对粮食安全带来影响,Baldos et al. 专门讨论了贸易在缓解气候变化所带来的粮食危机中能够发挥的作用。这一研究按照时间跨度不同将贸易的作用分成了两类,即短期的年际间调整(inter-annual)和长期的年代际(inter-decadal)调整。在短期,贸易在年际间的调整可以将粮食过剩地区的超额供应,转移至受到极端天气影响而出现粮食短缺的地区。而在长期,全球气候变化的不断演进将改变各国乃至各个地区的比较优势,国际贸易也将不断发展变化以回应比较优势的改变。文章根据农作物模型和大气环流模式等模型估算发现,到21世纪中叶,气候变化将导致全球营养不良人口的数量出现相当大的不确定性,且撒哈拉以南非洲和南亚的居民更易受到气候变化对粮食安全的长期影响,与此同时,文章发现在世界粮食市场完全整合时,营养不良人口的数量将会显著下降,这再次印证了自由贸易对于缓解气候变化所带来的粮食安全问题的作用^[10]。

与Baldos et al. 的研究类似,Burgess et al. 选取发生于19与20世纪之交由暴雨导致的印度饥荒,借助殖民地时代印度的统计数据,讨论了开放经济对于缓解饥荒带来的农业生产率冲击的作用,为理解贸易在适应全球气候变化带来的极端天气上的作用提供了借鉴。文章根据铁路的通达度来反映各个地区开放经济的程度,发现铁路的修建极大地遏制了殖民地时期印度受暴雨影响出现饥荒的现象^[11]。

二、气候变化对国际贸易的影响

在讨论贸易缓解全球气候变化负面冲击的作用之外,近年也逐渐出现了一些研究气候变化对国际贸易本身产生影响的文献,虽然这部分文献的数量较为有限,但是仍然有效地补充了学界对于气候变化影响的认识。

(一) 直接影响

从第一部分的讨论可以看出,气候变化会通过影响农业生产而直接影响农业贸易模式。Leclère et al. 的研究通过建立一个全球影响评估的模型框架,将农业生产中各类所需资源的变化决策纳入到该框架中,从而对气候变化引致的农业生产变化对国际贸易的影响进行了估计。这篇文章将各个市场间的贸易视作气候冲击在农业供给侧所带来的重要调整,根据HadGEM2-EX气候变化模型的估算发现,气候变化对各地区的农业贸易产生了巨大的差异化影响,拉丁美洲的农产品净出口将会增加,这一效果主要是源于气候变化增强了拉丁美洲相对于北美在农产品市场上的相对竞争力,中东和北非地区也会在农业贸易中更具有竞争力,净出口增加。同时,大洋洲、撒哈拉以南非洲、独联体国家竞争优势下降,而亚洲地区由于内部农业生产重新分配的能力较强,整体保持了贸易平衡^[12]。

类似地,Bekkers et al. 的研究对比分析了气候变化导致农业生产率变化以及贸易政策变化两个因素对国际贸易产生的影响。作者建立了一个一般均衡模型对气候变化及政策变化的影响进行模拟,发现在没有这两种变化时,2040年全球农作物价格将小幅下降,气候变化及其所带来的农业生产率变化会提高农作物价格,而使得贸易成本上升的贸易政策会通过减少需求而降低农作物价格。基于这一结果,模型进一步预测在没有两种冲击时,美国的农产品贸易市场份额会有所上升,如果受到气候变化及随后的农业生产率变化的影响,美国在全球农产品出口市场的份额将会进一步上升,这主要得益于美国较为温和的气候,而贸易保护主义政策如加征关税则会导致相反的结果^[13]。

而 Jones et al. 主要讨论了气候变化中气温升高对国际贸易的影响。利用国家层面的气候与出口数据,作者分析了气候变化对不同产品出口增长率的影响,发现气温升高会给贫穷国家的出口增长带来巨大的负面冲击,平均而言,气温每上升 1°C 会导致当年的出口增长率下降 $2\% \sim 5.7\%$,对于富裕国家则没有类似的影响;就行业而言,气温升高会给农产品和轻工业品的出口带来显著的负面影响,而对重工业或原材料生产没有显著的影响^[14]。这一结论也与 Dell et al. 而后的一篇文章所发现的气温升高对工业产出的负面影响的结论相一致^[15]。

(二) 间接影响

尽管有关气候变化对国际贸易直接影响的讨论尚不充分,但是针对气候变化所带来的经济影响,目前已经有较为丰富的文献讨论了气候变化对经济增长、农业生产、工业与服务业产出水平、工人劳动生产率、人力资本、犯罪以及地区冲突与政治稳定等方面的影响^[16],而这些变化也会进一步对国际贸易产生间接的影响。就与国际贸易密切相关的劳动力市场而言,现有研究发现,全球气候变暖所导致的气温升高,以及气候变化所带来的极端天气与气象灾害的增加,将会对劳动生产率、劳动供给产生显著的负面冲击,并使劳动力在不同地区之间产生更为频繁流动。

第一,从劳动生产率的角度而言,Niemelä et al. 研究了不同气温下室内工作人员劳动生产率的变化,采用对照实验的方法,作者分别比较了不同温度以及是否安装室内冷却装置产生的影响,发现在 $21.9^{\circ}\text{C} \sim 28.5^{\circ}\text{C}$ 的范围内,平均而言室内温度每升高 1°C 会导致劳动生产率下降 1.8% ,而在气温超过 25°C 时,劳动生产率会下降 5% 至 7% ^[17]。此外,另一些讨论办公室员工劳动生产率与气温变化的研究发现,气温对劳动生产率的影响会同时受到湿度、二氧化碳浓度、室外空气量等其他因素的影响^[18-19]。

同时,气温变化会通过改变劳动者的工作与休闲决策而影响整体的劳动供给水平。Graff et al. 结合了2003至2006年个人层面的美国时间使用调查(American Time Use Survey, ATUS)和同时期的天

气数据,发现高温下工人的整体工作时间有所下降,但这一影响存在较强的异质性,当每日最高气温超过 85°F 时,更多暴露在室外高温下的行业,例如农业、林业、建筑业和采矿业的工人平均会减少1h的工作时间,而在以室内工作为主的非制造业行业,文章则没有发现气候变化会显著改变人们的工作时间,这一结果也表明,空调等室内制冷技术在缓解气温对生产率的负面冲击中将扮演重要的角色^[20]。而 Connolly 通过研究降水对人们工作与休闲决策的影响发现,在下雨天,男性劳动者平均会从休闲时间中转移30min到工作中^[21]。

第二,另一部分研究从更为宏观的层面讨论了气温升高对于工业和服务业部门整体产出的影响。Hsiang 分析了1970至2006年间,气温升高对加勒比海地区28个国家非农业部门产出的影响,将该地区常见的热带气旋影响剥离后;还分析了温度升高对产出带来的直接影响,发现气温每升高 1°C 会导致非农业部门产出下降 2.4% ,而农业部门产出则会下降 0.1% ,产出下降主要是在最为炎热的季节里由高温导致的。这一结论补充了以往有关气候变化的影响研究中被忽略的一种机制,除了对农业的直接冲击外,全球气候变暖会通过降低工人的劳动生产率而影响工业和服务业的产出,忽略这一机制可能导致低估气候变化的经济成本^[22]。与 Hsiang 的研究类似,Dell et al. 通过对1950至2003年间全球125个国家内部的气候变化与工业产出变化的分析,发现气候变化对贫穷国家经济发展存在负面的影响,具体而言,气温每升高 1°C 会导致这些国家的经济增长率下降 1.3% ,工业产出下降 2% ,同时气温升高还会给当地的政治稳定带来负面冲击。

第三,气候变化会导致劳动力在地区间的流动。Deschenes et al. 估计了天气变化对美国人口死亡率的影响,以及由此导致的地区间人口流动。他们匹配了1971年至1988年间美国人口死亡记录和死亡当日的天气状况,利用该高频数据分别讨论了极寒与极热天气对死亡率的动态影响。文章发现,极热天气会在短期内造成死亡率的大幅上升,但在长期则对死亡率没有持续的影响,与此相反,极寒

天气会对死亡率有显著而持久的影响。具体而言,在 30 天的窗口期内极寒天气的累积效应将导致每日的死亡率平均上升 10%。文章由此推论,美国在过去 30 年间人均寿命上升的很大一部分原因来自于人口在地理上的流动,即从寒冷的东北部各州向温暖的西南部各州转移,反事实估计表明,美国人均寿命增长中的 3% 至 7% 是由于人口的地理流动造成的^[23]。这一结果表明,面对负面的气候冲击,地区间的流动将是重要的调整方式,这也将对劳动力的地理分布带来显著的改变。在这篇文章之后,Cattaneo et al. 的研究更有针对性地讨论了气候变化,特别是近年来的全球气候变暖对人口流动的影响。作者提出,气候变化对农业生产率的冲击将导致农村人口的收入发生变化,进而改变人们留在农村的愿望,导致人口在城乡地区的流动。作者使用 1960 至 2000 年 115 个国家的气候与人口流动数据,检验了差异化的全球变暖趋势对农村人口迁移至本国城市或迁移至国外的可能性的影响。实证分析发现,在中等收入国家,气温升高同时提高了向城市和其他国家的人口迁移率,而在贫穷国家,气温升高则降低了两类流动方向的迁移率,且这些国家中存在着严重的人口流动性限制。作者由此总结,在中等收入国家,移民是应对全球气候变暖的重要调整方式,人口向城市地区的流动将会增加人均 GDP 与人均收入。然而在贫穷国家,气候变暖带来的农村人均收入下降,将使得原本贫穷的民众更加难以承担地理迁移的成本,这些地区的贫困状况将会进一步恶化,并加剧全球的不平等^[24]。

三、结语

对文献的回顾可以看出,气候变化将直接改变当前的国际贸易格局,使得部分国家、群体受益,而另一部分国家及群体受损。除了直接的影响,全球范围内差异化的气候冲击,特别是地理上不均衡的全球变暖趋势,将会对不同地区、不同行业的劳动生产率、劳动供给、劳动力地理分布乃至整体经济产出水平都产生异质性的影响。整体而言,全球气候变暖以及极端天气的频发,将降低劳动生产率与

劳动供给,降低农业、工业乃至服务业的整体经济产出,并导致劳动力在不同地区之间的重新分配。通过影响劳动力市场,气候变化将间接地对国际贸易产生影响,并带来不同国家、不同群体在福利上的变化。

由于农业生产直接受到自然环境的影响,气候变化对农业市场的影响尤为明显和广泛。同时,农产品贸易也是国际贸易中的重要组成部分之一,气候冲击改变了农业生产,因而在长期改变了各国农业的比较优势以及相应的贸易模式,故而现有研究多集中于讨论贸易对缓解气候变化带来的农业生产冲击中的作用。部分研究认为,气候变化将给不同的农业生产区域带来异质性的影响,从而为区域间贸易带来了调整和转变的空间,自由贸易作为一种重要的调整手段,能够有效缓解气候变化给农业市场带来的负面冲击,特别是有助于缓解国内农业生产供需失衡的问题,由此显著地抑制了气候变化所带来的福利损失。与之相对应的另一些文献则认为,贸易的调整作用较为有限,甚至可能加剧全球的不平等。

值得注意的是,尽管多数文献确认了国际贸易在抑制气候变化所带来的负面冲击过程中发挥了积极的作用,文献中谈及的贸易调整作用是建立在贸易能够自由调节、国际市场充分整合的基础之上的,而农产品补贴、进口限制等贸易壁垒的存在,则会削弱贸易在适应气候变化中的积极作用,甚至可能造成适得其反的效果。以此观之,相较于各类贸易保护主义政策,推动自由贸易发展,加深全球经贸合作、互利共赢方才是各国政府应对气候变化的合理策略。

参考文献:

- [1] 联合国. 联合国气候变化框架公约[EB/OL]. (1992-06-04) [2018-10-09]. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convchin.pdf>.
- [2] Solomon S, Qin D, Manning M, et al. Climate change 2007: the physical science basis: working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [3] Gouel C, Laborde D. The crucial role of international trade

- in adaptation to climate change [EB/OL]. (2018-11-05) [2018-11-05]. <https://www.nber.org/papers/w25221>.
- [4] Reilly J, Hohmann N. Climate change and agriculture: the role of international trade[J]. *American Economic Review*, 1993, 83(2): 306-312.
- [5] Rosenzweig C, Parry M L. Potential impact of climate change on world food supply[J]. *Nature*, 1994, 367(6459): 133-138.
- [6] Randhir T O, Hertel T W. Trade liberalization as a vehicle for adapting to global warming [J]. *Agricultural and Resource Economics Review*, 2000, 29(2): 159-172.
- [7] Eaton B, Kortum S. Technology, geography, and trade [J]. *Econometrica*, 2002, 70(5): 1741-1779.
- [8] Costinot A, Donaldson D, Smith C. Evolving comparative advantage and the impact of climate change in agricultural markets: evidence from 1.7 million fields around the world[J]. *Journal of Political Economy*, 2016, 124(1): 205-248.
- [9] Dingel J I, Meng K C, Hsiang S M. Spatial correlation, trade, and inequality: evidence from the global climate [EB/OL]. (2018-12) [2019-01-04]. <http://faculty.chicagobooth.edu/jonathan.dingel/research/DingelMengHsiang.pdf>.
- [10] Baldos U L C, Hertel T W. The role of international trade in managing food security risks from climate change[J]. *Food Security*, 2015, 7(2): 275-290.
- [11] Burgess R, Donaldson D. Can openness mitigate the effects of weather shocks? evidence from India's famine era[J]. *American Economic Review*, 2010, 100(2): 449-453.
- [12] Leclère, D, Havlík, P, Fuss S, et al. Climate change induced transformations of agricultural systems: insights from a global model[EB/OL]. (2014-09-21) [2018-10-25]. <http://iopscience.iop.org/1748-9326/9/12/124018/media/er1506405suppdata.pdf>.
- [13] Bekkers E, Jackson L A. Exploring the economic impact of changing climate conditions and trade policies on agricultural trade: a CGE analysis[J]. *Economic Review-Federal Reserve Bank of Kansas City*, 2018, 103: 5-26.
- [14] Jones B F, Olken B A. Climate shocks and exports[J]. *American Economic Review*, 2010, 100(2): 454-459.
- [15] Dell M, Jones B F, Olken B A. Temperature shocks and economic growth: evidence from the last half century [J]. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2012, 4(3): 66-95.
- [16] Dell M, Jones B F, Olken B A. What do we learn from the weather? the new climate-economy literature[J]. *Journal of Economic Literature*, 2014, 52(3): 740-798.
- [17] Niemelä R, Hannula M, Rautio S, et al. The effect of air temperature on labour productivity in call centres a case study[J]. *Energy and Buildings*, 2002, 34(8): 759-764.
- [18] Federspiel C C, Fisk W J, Price P N, et al. Worker performance and ventilation in a call center: analyses of work performance data for registered nurses[J]. *Indoor Air*, 2004, 14(s8): 41-50.
- [19] Tham K W. Effects of temperature and outdoor air supply rate on the performance of call center operators in the tropics[J]. *Indoor Air*, 2004, 14(s7): 119-125.
- [20] Graff Z J, Neidell M. Temperature and the allocation of time: implications for climate change[J]. *Journal of Labor Economics*, 2014, 32(1): 1-26.
- [21] Connolly M. Here comes the rain again: weather and the intertemporal substitution of leisure[J]. *Journal of Labor Economics*, 2008, 26(1): 73-100.
- [22] Hsiang S M. Temperatures and cyclones strongly associated with economic production in the Caribbean and Central America[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010, 107(35): 15367-15372.
- [23] Deschenes O, Moretti E. Extreme weather events, mortality, and migration[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2009, 91(4): 659-681.
- [24] Cattaneo C, Peri G. The migration response to increasing temperatures[J]. *Journal of Development Economics*, 2016, 122: 127-146.