



# 气候冲击对 中国县级经济的 影响研究

李承政 顾海英◎著



格致出版社  上海人民出版社

# 气候冲击对中国县级经济的 影响研究

李承政 顾海英 著

格致出版社 上海人民出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

气候冲击对中国县级经济的影响研究/李承政,顾海英著.—上海:格致出版社;上海人民出版社,2019.12

ISBN 978-7-5432-3073-6

I. ①气… II. ①李… ②顾… III. ①气候异常-影响-县级经济-区域经济发展-研究-中国 IV. ①F127

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 252498 号

责任编辑 张宇溪

装帧设计 零创意文化

## 气候冲击对中国县级经济的影响研究

李承政 顾海英 著

出版 格致出版社

上海人民出版社

(200001 上海福建中路 193 号)

发行 上海人民出版社发行中心

印刷 常熟市新骅印刷有限公司

开本 710×1000 1/16

印张 13.5

插页 3

字数 256,000

版次 2019 年 12 月第 1 版

印次 2019 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5432-3073-6/F·1264

定价 58.00 元

# 前 言

过去几十年中,全球气候发生了一系列显著变化,地球表面增温的趋势非常明显,局部地区的极端天气(气候)事件不断增多增强。最近十多年来,关于气候的经济和社会效应的研究逐渐成为经济学及其他学科关注的一个热点。一系列实证研究发现,气候因素与经济总产出、农业和工业部门产出、国际贸易、劳动生产率、人口迁移、冲突与政治稳定、暴力行为与犯罪、人类健康以及能源需求等存在密切关系。

20世纪80年代以来,中国的气候发生了显著变化。由此催生出的问题是气候变化与中国经济的关系如何?研究利用1996—2012年中国大陆地区县级层面的经济统计数据和历史气象数据,试图回答关于气候因素与县域经济的几个关键问题:(1)极端天气对县域经济总产出和各经济部门产出的影响如何,气温、降水与经济产出之间是否存在明显的非线性关系?(2)气温和降水变化是否还

会进一步影响县域经济增长,而非经济产出本身? (3)现阶段中国经济在适应气候变化方面的整体表现如何,未来中国在适应气候变化方面存在哪些机遇和挑战? 为了回答上述几个问题,研究将从以下几个方面展开:

首先,研究界定了气候、天气、极端天气(气候)事件和气候变化等几个基本概念,并阐述了气候与天气二者之间的区别与联系。然后介绍了气象数据的常见分类与来源。接下来提供了一个基本的理论分析框架,并利用数学语言证明了“天气变化的效应能够被用于精确识别气候变化的影响”这一命题,介绍了气候经济实证领域常用的计量经济方法及其具体应用。

其次,研究构建了一个简单的经济模型来刻画天气因素作用于农业部门和非农部门(日度)产出的方式,然后在时间维度上对日度生产函数进行了加总处理,从而将年度经济总产出和日值天气因子联系起来。通过设置一系列气温和降水区间,利用中国县(市)面板数据考察了天气因子与县域经济产出之间的非线性关系。研究结果显示,与平均气温为  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  的适温天气相比,平均气温为  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  的高温天气以及  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上的极端高温天气会使经济总产出显著降低;干旱天气的增加或低强度降水天气的减少也会对县域经济造成不利影响。对比农业和非农部门,可发现农业部门对极端天气特别敏感,极端高温和极端降水天气事件会显著降低粮食、棉花和油料作物产量以及农业总产值。进一步扩展分析可以发现,中国经济对极端高温天气的敏感度比美国更高;频繁经历极端天气事件地区的适应能力更强,农业县的农业生产活动在抵御极端天气

方便表现更好;家庭空调能够在一定程度上减弱极端高温天气的不利影响。

最后,影响检验了天气变化对中国县域经济增长的影响。通过构建一个灵活的理论分析框架,使得天气因素既能够通过“水平效应”影响经济总产出,又能够通过“增长效应”影响经济增长。在实证部分,研究采用面板分布滞后模型检验了天气变化的即期效应和累积效应。估计结果显示,天气变化对经济的影响是持久而非暂时的,平均气温每上升 $1^{\circ}\text{C}$ 将导致未来10年县域经济增长率累积下降 $3.82\%—6.04\%$ ,平均降水量每上升0.1毫米(相当于年降水量增加36.5毫米)将导致县域经济增长率累积下降 $0.55\%—0.65\%$ 。因此,天气变化存在显著的增长效应。除了农业部门外,天气变化还能通过作用于非农部门产出、劳动生产率以及固定资产投资等其他渠道来影响经济增长。研究利用长期差分方法进一步估计了天气的跨期变化与经济跨期增长的关系。估计结果显示,天气的跨期变化对经济增长的影响远大于天气年际波动的影响。因此,研究得出了现阶段中国县域经济在适应气候变化方面整体上表现不佳的基本结论。

本研究的主要贡献表现在以下三个方面:(1)在理论建模方面表现出极高的灵活度,既允许天气因素通过直接渠道作用于经济生产,又允许其通过间接渠道作用于经济生产;既允许天气因素通过“水平效应”影响经济产出本身,又允许其通过“增长效应”影响经济增长。(2)在数据方面使用了地面水平日值气象数据和县级层面经济统计数据。高频率的地面水平日值气温和降水量数据能够用于

构造一系列既定宽度的气温和降水量区间,从而能够估计天气因素的非线性效应,进而比较极端天气与正常天气经济效应的差异。县级层面经济统计数据样本观测值多,统计指标丰富,模型误设和遗漏变量的概率较低,有助于准确识别天气因素的经济效应以及具体作用渠道。(3)在实证研究方法方面巧妙地运用了区间构造、虚拟变量、交互项和长期差分等方法,估计了气温和降水量对县域经济的非线性影响,考察了气候响应上存在的地区异质性和经济生产活动在适应气候变化方面的整体表现。

# 目 录

<b>第 1 章 导 论</b>	<b>001</b>
1.1 研究背景及意义	001
1.2 基本概念的界定	008
1.3 数据概述	012
1.4 研究框架和主要内容	019
1.5 研究方法	023
1.6 研究贡献与未来的努力方向	024
<b>第 2 章 文献综述</b>	<b>027</b>
2.1 气候变化综合评估模型	027
2.2 气候—经济实证文献回顾	032
2.3 国内外文献评述	057
<b>第 3 章 理论基础:识别与实证方法</b>	<b>059</b>
3.1 经验识别	059
	001

3.2	气候计量经济学方法及应用	064
<b>第 4 章</b>	<b>极端天气对县域经济产出的影响</b>	<b>076</b>
4.1	引言	076
4.2	理论框架和模型设定	080
4.3	数据来源和描述性统计	088
4.4	估计结果	094
4.5	本章小结	125
<b>第 5 章</b>	<b>天气变化对县域经济增长的影响</b>	<b>128</b>
5.1	引言	128
5.2	数据来源和描述性统计	133
5.3	理论框架和模型设定	137
5.4	估计结果	140
5.5	影响渠道	153
5.6	天气跨期变化与经济跨期增长	161
5.7	本章小结	167
<b>第 6 章</b>	<b>研究结论与展望</b>	<b>169</b>
6.1	研究结论	169
6.2	研究展望	173
<b>参考文献</b>		<b>177</b>
<b>附录</b>		<b>194</b>
	证明推导	194
	附表	196

# 第 1 章 导 论

## 1.1 研究背景及意义

### 1.1.1 研究背景

全球气候变化所引发的一系列生态、环境、社会和经济问题正威胁着人类的生存和发展,气候变暖使人类社会经历了冰川消融、海平面上升和极端天气事件(如热浪、强热带风暴和强降水事件等)增多所造成了不良后果。实证领域的诸多证据表明,气候变化的影响是多维度的,天气(气候)变化已经对国民收入、经济增长、农业生产、工业和旅游业、人类健康、劳动生产率、能源需求、冲突/政局稳定、人口迁移和生物多样性等多个领域造成显著的影响。

最近 20 多年以来,减缓和适应气候变化已经成为人类社会共同关注的热点议题。联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change,简称 IPCC)自 1990 年以来先后发布

了五次气候变化综合评估报告和一系列特别报告,20多年来积累了大量的经验证据,逐步得出了一个高信度的结论:气候变化很可能是由人类活动排放过量的二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)等温室气体(greenhouse gas,简称 GHG)引发的“全球温室效应”所致。2014年 IPCC 发布的第五次评估报告(AR5)指出:“当前温室气体浓度已经增加到了至少是过去 80 万年以来前所未有的水平,极有可能的是,观测到的 1951—2010 年全球平均表面温度升高的一半以上是由温室气体浓度的人为增加和其他人为强迫共同导致的……”

斯特恩的报告指出,气候变化是对全球的严重威胁,急需做出全球反应,而尽早采取有力行动的收益远远大于其成本(Stern, 2007)。为了应对全球气候变化的严峻形势,并在减缓气候变化的共同行动中做出大国应有的贡献,中国政府在 2009 年的联合国气候变化峰会上已经做出重要承诺,即:到 2020 年中国单位 GDP 的 CO<sub>2</sub> 排放量比 2005 年下降 40%—45%,并将其作为约束性指标纳入了国民经济和社会发展中长期规划。然而,据全球气候变化研究领域最具权威的学术机构——英国丁铎尔气候变化研究中心发布的一项报告指出:从 2011 年开始,中国已经成为全球碳排放最多的经济体,温室气体排放占全球排放总量的 28%,与美国和欧盟排放份额分别下降 1.8%和 2.8%相比,中国温室气体排放份额增长了 9.9% (丁铎尔气候变化研究中心,2012)。因此,现阶段碳排放空间已经成为中国经济持续发展的重要约束,减排温室气体的形势变得非常严峻。《联合国气候变化框架公约》(UFCCC)的近 200 个缔约方在 2015 年巴黎气候变化大会中一致通过了全球气候变化的一项新协

议,即《巴黎协议》。该协议明确指出:各方将加强对气候变化威胁的全球应对,把全球平均气温较工业化前水平升高控制在 $2^{\circ}\text{C}$ 之内,并为把升温控制在 $1.5^{\circ}\text{C}$ 之内而努力。全球将尽快实现温室气体排放达峰,本世纪下半叶实现温室气体净零排放。《巴黎协议》中并没有规定量化减排目标,而是要求各方以“自主贡献”的方式参与全球应对气候变化的行动。中国作为国际社会中的大国和全球碳排放最多的经济体,理应继续带头自主减排来履行大国责任。因此,中国未来减排温室气体的压力实际上有增无减。

通过实施温室气体减排方案来减缓气候变化是全球应对的一个方案,而利用适应措施降低或避免气候变化所造成的损害则是全球应对的另一个方案<sup>①</sup>。尽管当气候变化幅度较大并且速度较快时适应的作用将会变得相当有限,IPCC第五次评估报告(AR5)中仍对适应寄予厚望:“适应可降低气候变化影响的风险,可在目前和未来促进民众的福祉、财产安全和维持生态系统产品、功能和服务”。《报告》还进一步指出了适应的一系列特点:(1)适应具有特定的地域和背景。(2)本土、当地和传统知识体系及惯例是适应气候变化的主要资源。(3)地方政府和私营部门在促进社区和家庭以及民间团体适应方面以及在管理风险信息 and 融资方面可以扮演重要作用,因此它们正日益被视为对促进适应至关重要。(4)国家政府可以协调地方政府和省州级政府的适应行动,例如,通过保护脆弱群体;支持经济多样化以及提供信息、政策和法律框架以及财政支持。鉴于

---

<sup>①</sup> IPCC第五次评估报告(AR5)指出,“许多适应和减缓方案可有助于应对气候变化,但只靠单一方案却不足以应对……”。因此,“适应和减缓是减轻和管理气候变化风险相辅相成的战略”。

适应所表现出的这一系列特征,实证研究中利用区域的、地方层面的数据来考察人类对气候变化的适应将比利用国家层面数据进行的研究更为可靠。

20世纪80年代以来,中国的气候已经发生了显著的变化,总体来说气候变暖的趋势非常明显,极端天气(气候)事件的具体分布也出现了变化。极端天气事件与县域经济总产出的关系如何?哪些地区、产业部门对极端天气的反应更为敏感?天气变化是否还制约了中国县域经济增长,拉大了区域间经济发展水平的差距?中国县域经济生产活动在适应气候变化方面的表现如何?现阶段可供利用的适应措施以及未来潜在的适应机会有哪些?本书将对这一系列问题展开深入研究。

### 1.1.2 研究意义

本书主要研究气候因素的变化对中国县域经济的影响,既存在重要的理论意义,又具备很强的现实意义,具体表现如下:

#### 1. 理论意义

本研究的理论意义主要体现在以下几个方面:

首先,本书的研究成果能够为气候综合评估模型相关参数的校准提供参考依据。综合评估模型(Integrated Assessment Models, 简称 IAMs)是现阶段应用最为广泛的模拟气候变化的宏观经济效应、评估和预测温室气体减排政策的经济、福利效应的政策工具。它主要包含四个子模块:(1)预测温室气体排放路径;(2)估计温室气体排放量对未来气候变化的影响;(3)估算气候变化造成的经济

损失,即损害函数(damage function);(4)将损害加总起来的社会福利函数(social welfare function)。现阶段综合评估模型存在的一个重要缺陷在于:“气候损害函数本身很大程度上是人为构造的,损害函数相关参数的校准也是通过猜测得出的,缺乏理论和实证基础”(Pindyck, 2013)。本研究通过“理论分析+实证检验”的方式估计了天气(气候)变化造成的经济损失和增长率损失,从而提升了综合评估模型损害函数的信度,为其提供严格的理论和实证基础,为损害函数相关参数校准提供了参考依据。

其次,本书的理论模型设定天气因素既能通过直接渠道又能通过间接渠道作用于经济产出(增长),这一新的模型设定方法极大地拓宽了天气因素影响经济产出(增长)的渠道,并且与我们观测到的经济事实相符。传统的气候—经济模型主要集中于农业或总产出方面,因此设定天气因素能够直接作用于产出(因为天气因素是农业生产过程中直接要素投入)。然而,新近的一些证据表明,天气因素同样会影响非农部门产出(增长)(Dell, Olken and Jones, 2012; Zhang, et al., 2016)。显然,天气因素并不是非农业部门生产过程中的直接要素投入。因此,它可能是通过一些间接渠道如劳动供给(Zvin and Neidell, 2014)、劳动生产率(Niemela, et al., 2002; Sepanen, et al., 2006)、资本投入、资本生产率甚至是全要素生产率(TFP)(Zhang, et al., 2016)来影响经济产出。本书在模型设定中考虑到了所有这些潜在的渠道,使得理论模型更接近于经济现实。

最后,本书的研究发现为经济增长理论研究提供了一个新的关注点。经典的经济增长模型缺乏对环境因素尤其是对气候因素的

考虑,因为以往大多数建模者均假定经济体面临的气候条件是不变的。本书通过实证研究发现天气因素的变化不仅会影响经济产出本身,而且还会对经济增长造成深远的影响。因此,在经典的经济增长模型中引入气候因素不仅丰富了增长理论的内容,而且有助于人类更好地理解现代经济增长。

## 2. 现实意义

本书的现实意义主要体现在以下几个方面:

首先,定量地估计气候变化对经济总体以及各经济部门的影响有助于未来中国温室气体减排政策、产业政策以及区域发展政策的制定。减排温室气体会涉及一系列的成本,减排的收益则减缓了未来的气候变化,从而降低了未来气候变化带来的经济损失。成本—收益分析要求我们对温室气体减排的潜在收益有一个清晰的认识,由于潜在收益未来才会发生(目前无法观测),因此研究估计的现阶段天气变化的经济损失就成为减排潜在收益的一个可供选择的近似<sup>①</sup>。本书除了估计天气因素对整体经济的影响外,还估计了天气因素对经济各产业部门的影响。由于天气(气候)变化对各产业部门的影响存在显著差异,理解这一异质性有助于国家相关产业政策的制定,能够在产业规划上实现趋利避害。研究发现不同初始气候条件的县(市)对于天气变化的反应存在显著差异,同时这些县(市)气候的变化程度和方向也显著不同。因此,未来气候变化极有可能加剧中国各地区经济发展的不平衡。本研究成果有助于国家适时

---

<sup>①</sup> 当然,实践中并非直接将二者视为等同。对温室气体减排的潜在收益的估计还必须考虑到贴现率、适应和不确定性等一系列因素。

地进行转移支付和制定相关扶持政策,促进各区域经济协调发展。

其次,本书通过计量经济方法测度了中国适应气候变化的能力,并评估了相关适应措施的实际效果,这一方面的研究具有显著的现实意义。除了通过减排温室气体来减缓气候变化外,适应(adaptation)也是中国应对全球气候变化的重要内容。如果中国能够较好地适应未来的气候变化,那么气候变暖、冰川融化、海平面上升、极端天气(气候)事件增多等情况带来的负面效应将非常小,甚至可以忽略不计。然而,本研究发现中国在适应天气变化和极端天气事件方面表现得差强人意。天气的长期变化给中国县域经济带来的负面影响远大于天气短期波动的影响,表明现阶段中国的经济生产活动并没有能够很好地适应天气变化。与美国相比较,中国县(市)人均总收入和人均农业收入对极端高温天气事件的反应更为敏感。因此,如何寻找适应措施以便更好地适应气候变化成为摆在中国政府面前的一个难题。本研究发现,家用空调这一适应设备能够在缓解极端高温负面效应方面发挥一定的作用。

最后,本研究的发现有助于中国政府及相关部门做出相应的调整来应对极端天气事件的不利冲击。本书实证分析表明,极端高温天气事件会对中国县域经济总产出造成负面影响,极端高温和极端降水天气事件会给县(市)农业生产带来不利影响。因此,政府及相关部门应当建立极端天气预警系统,根据天气预报情况提前对不同类型的生产活动进行相应的部署,以减少极端天气事件造成的经济损失。本章实证分析发现中国的粮食作物、油料作物和棉花的产量均对极端高温天气和极端降水天气的反应特别敏感,这一发现具有

显著的现实意义。未来中国农业部门在作物育种、品种引进方面应当有所侧重,逐步增加耐高温、耐旱耐涝作物品种的比例,从而保障国家农业(粮食)安全。

## 1.2 基本概念的界定

### 1.2.1 气候

气候(climate)<sup>①</sup>表征的是大气物理特征的长期一般状态,它是一个地区多年时段(通常是30年或以上)各种天气过程的综合表现,其实质是一个描述包括气温、降水量、气压、湿度、风力和大气粒子等气象要素的分布。由于地球不同纬度地区接收到的太阳辐射存在差异,以及不同的下垫面(如海洋、大陆,山川、森林和沙漠等)在太阳辐射下产生的物理过程不同,使得不同地区的气候呈现出截然不同的特征。<sup>②</sup>与天气系统不同,气候具有(相对)稳定性。

### 1.2.2 天气

天气(weather)是指近地表(主要发生在对流层)大气在较短时间内的具体状态,它是“气候”分布的一个具体实现(particular reali-

---

<sup>①</sup> “气候”一词源自古希腊文 Klima,表示倾斜、倾向和趋势,意指各地气候的冷暖与阳光的倾斜程度密切相关。对于气候一词,目前不存在统一的定义。政府间气候变化专门委员会(IPCC)将其解释为“普遍的天气状况”,世界气象组织(WMO)则界定为“周期为30年的平均天气状况”。本书对气候的定义综合了维基百科、政府间气候变化专门委员会、世界气象组织和美国气象协会对气候的界定。

<sup>②</sup> 根据气候的不同特征,全球的气候类型大致包括:热带雨林气候、热带草原气候、热带沙漠气候、热带季风气候、亚热带季风气候、地中海气候、亚热带草原气候、亚热带沙漠气候、温带海洋气候、温带大陆性气候、温带季风气候、温带阔叶林气候、温带草原气候、温带沙漠气候、亚寒带大陆性气候、极地苔原气候、极地冰原气候和高山高原气候等(柯本气候分类法)。