

城乡结构转型推进气候变化适应研究^[*]

陈诗一, 孙沁竹

(复旦大学 经济学院, 上海 200433)

[摘要]不断加剧的气候变化深刻影响经济社会的运行。中国城乡结构优化转型成为地区应对气候变化的一种适应途径。以气温升高为重要特征的气候变化对中国农业经济活动造成了突出的负面影响,但同时也推动农业劳动力跨部门进入城市部门就业;城市部门企业吸纳了更多来自农业部门的劳动力,企业总产出提高。从农业劳动力转移的总体结果看,虽然气候变化显著降低了农业部门 GDP 总量,但是城市工业 GDP 总量的提升在地区整体层面对冲了气候影响。进一步地,优化劳动力市场供需两方面经济特征均提高了城乡转型在气候变化适应方面的成效。在工业基础较好的地区,气候变化对地区人均 GDP 的负面冲击被有效抵消。这些研究可为中国推进适应气候变化提供政策启示。

[关键词]城乡结构转型;气候变化适应;劳动力流动

DOI:10.3969/j.issn.1002-1698.2024.09.003

一、引言

气候变化在近年来越发成为影响全球各国经济活动的重要因素。温室气体含量上升、气温升高加速、冰川融化等气候变化事件持续引发国内外各界关注,应对气候变化成为全世界面临的共同挑战。在气候变化的多种表现形式中,气温变动是社会各界感知最直观的现象之一。中国气象局发布的《中国气候变化蓝皮书(2022)》显示,在 1951 至 2021 年这 70 年间,中国地表年平均气温平均每十年升高 0.26°C;在 2021 年,中国地表平均气温为 120 年以来最高。联合国政府间气候变化专门委员

作者简介:陈诗一,《学术界》本期封面人物,经济学博士,复旦大学经济学院特聘教授、博士生导师,教育部“长江学者”特聘教授,国家杰出青年科学基金获得者,国家自然科学基金创新研究群体主持人。主要研究方向为中国经济转型与金融发展、能源环境与气候变化经济学以及计量经济与数字经济。论著荣获孙冶方经济科学奖、张培刚发展经济学奖、教育部高校人文社会科学优秀成果一等奖、上海哲学社会科学优秀成果一等奖,并主持国家社会科学基金重大项目等课题。目前任复旦大学可持续发展研究中心与绿色金融研究中心主任、保险应用创新研究院院长。曾任复旦大学经济学院与国际金融学院党委书记、安徽大学党委副书记和常务副校长。目前还兼任中国工业经济学会副会长、中国数量经济学会副理事长、上海数量经济学会副理事长、*Journal of Asian Economics* 主编、《复旦金融评论》执行主编以及《能源与气候变化》副主编。孙沁竹,复旦大学经济学院博士研究生,主要研究方向为环境经济学、城市区域经济学。

[*]本文系国家自然科学基金委员会创新研究群体项目“中国经济发展规律与治理机制研究”(72121002)、教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“基于中国实践的绿色发展理论研究”(22JJD790058)的阶段性成果。

会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第六次评估报告指出,如果各国任由全球变暖趋势加剧将导致极端气象事件频发、自然生态系统与人类社会系统严重受损的恶果。积极应对气候变化已成为中国国家战略。2021年10月,中国国务院新闻办公室发表《中国应对气候变化的政策与行动》,提出应“将应对气候变化摆在国家治理更加突出的位置”。党的二十大报告强调,中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化,要站在人与自然和谐共生的高度谋划发展,推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。

农业是与气候变化联系最直接和最紧密的经济部门,大量文献集中于考察气候变化对农业经济的影响,从农业部门内部提供适应气候变化的方案。尽管德仕恩(Olivier Deschênes)和格林斯通(Michael Greenstone)^[1]较早提出气候变化将导致美国农业部门利润增长4%,似乎预示着气候变化并不会给人类社会经济活动酿成恶果;但“气候变化对农业部门形成损害”的论断仍然得到更多经济学文献的支持。如费希尔(Anthony Fisher)等^[2]指出了德仕恩和格林斯通的研究在数据与实证方法上的缺陷,在同一期刊上专门撰文提出批评,认为气候变化将对美国农业造成重大潜在危机。施兰克(Wolfram Schlenker)和罗伯茨(Michael Roberts)^[3]发现超过适宜农作物生长温度区间的高温将极大损害农作物生产,指出农业部门存在调整农业生产模式的适应可能。伯克(Marshall Burke)和埃穆里克(Kyle Emerick)^[4]也估算发现,美国农业部门在长期内应对气候变化的自适应程度很低。在有关中国气候变化影响农业生产的讨论方面,国内经济学者验证了气候变化对农作物生长与农业全要素生产率造成重要损害的特征事实,并估算探究了中国农业部门适应气候变化的潜力。^[5]

除了在农业部门内部探寻适应气候变化的途径,城乡结构转型视角下的农业劳动力跨部门流动也是应对气候变化、减轻农业劳动力收入损失的重要渠道。已有文献对此开展了详尽的微观实证分析,讨论场景集中于转型国家。如杰苏(Katrina Jessoe)等^[6]与布雷科斯里(David Blakeslee)等^[7]分别利用墨西哥与印度极端高温的证据发现,通过降低农业产出的收入效应,高温推动农业劳动力转移进入非农部门的现象。以上研究基于微观调查数据,丰富地刻画了农业劳动力跨部门流动的典型事实。但囿于讨论重点有别,上述文献未能从宏观视角探究城市非农部门受到该劳动力供给冲击后的生产表现,从而难以从地区整体视角考察气候变化适应的可能途径。亨德森(Vernon Henderson)等^[8]与科尔莫(Jonathan Colmer)^[9]对这一研究空白进行了有力的补充,这些研究均提出气候变化下将发生城乡转型的典型事实,其研究的场景为非洲或印度。本文基于中国气候变化与城乡转型的宏观背景,在理解并考察气候变化损害农业生产的前提下,进一步分析气候冲击下流动的农业劳动力是否能被城市部门有效吸纳,进而对城市部门乃至地区整体形成适应性的经济影响。而相较于已有研究,本文着重开展了贴近中国现实经济政策的异质性讨论,详实地展现了中国地区发展特征对于推动气候变化下农业劳动力有效进入城市部门的经济机制及其影响效果。

本文的理论和实证研究揭示,城乡经济结构转型是中国应对气候变化的重要适应途径,而地区经济特征对各地适应气候变化成效起到关键影响。具体而言,本文首先构建理论模型,阐述气候变化引发城乡结构转型这一经济适应性途径的逻辑机制。接下来综合利用宏微观数据开展实证识别。分析表明,以高温为重要特征的气候变化对中国农业部门的经济活动造成负面影响,推动农业劳动力跨部门进入城市部门就业;城市部门企业吸纳农业部门劳动力,提振总产出水平,推动一二产业间要素优化配置,地区整体受气候影响程度减轻,形成缓解气候变化冲击的适应途径。更进一步地,通过优化地区在劳动力市场供需两方面的经济特征,可以有效提高城乡结构转型的气候变化适应成效。本文从地区劳动力市场供需角度出发,分析了城市住房供给弹性、城乡迁移成本、地区贸易环境以及地区

工业基础等四种现有文献重点关注的异质性维度。研究表明,气候变化对地区人均 GDP 的负面影响在具有较好工业基础的地区可以得到有效抵消。图 1 展示了本文研究的主要脉络。

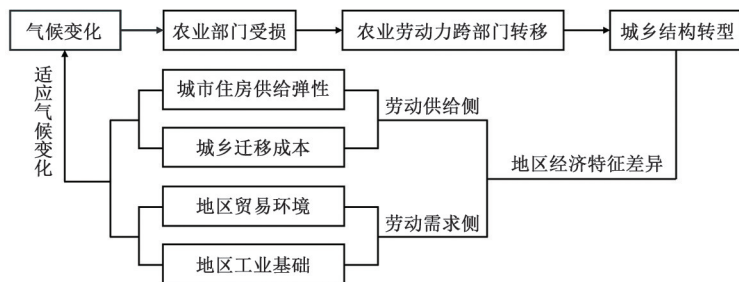


图 1 城乡结构转型推动气候变化适应机制示意图

图片来源:笔者自制。

基于现有相关研究,本文的边际贡献主要体现在三个方面:第一,气候变化近年来越发成为影响中国经济社会运行的重要因素,已有文献未能从经济转型的视角思考宏观层面适应气候变化的途径。本文从中国城乡结构转型的角度,拓宽了经济学文献有关中国区域在适应气候变化方面的讨论。第二,地区经济条件差异通过影响城乡结构转型,在应对气候变化冲击方面也起到了成效,这尚未被已有气候变化领域以及城市区域经济学领域相关研究所注意到。本文从劳动力供需两方面的现实政策视角,充分展现地区发展特征对于推动城市部门有效吸收农业劳动力、提高适应气候变化成效的结果,较好地补充了有关气候变化适应性的宏观区域研究,同时提供了贴合中国经济发展特征的政策参考价值。第三,相较于国内研究更常用的规模以上工业企业数据库、上市公司数据库等,本文采用了文献中较少使用但是样本更全的全国经济普查数据库重点考察。该数据库的样本集覆盖了大量的中小型企业,使得我们可以更为充分地刻画城乡劳动力流动与结构转型的全貌及其特征事实。

二、气候变化度量及实证识别策略

(一) 气候变化度量及相关数据处理说明

本研究的核心数据集是地区层面气象数据,来源于国家海洋和大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA),其提供了约 770 个中国地面气象观测站的地理坐标以及日度气象数据。利用观测站经纬度坐标信息,可以得知观测站所在区县的气象数据。由于气象观测站点的数目少于我国区县数目,对于缺乏气象观测的区县,将周边 100 公里以内气象观测站点的气象信息逆距离加权处理,作为本区县的气象信息观测值。

得到地区层面日度气象数据后,如何构建对应的气候变化指标成为本文研究的关键。气候变化的内涵极广,旱涝灾害、热带气旋事件、海平面上升、生态系统变化等等都是气候变化的特征。但总体而言,全球变暖是大多数极端气象事件的推动因素。^[10] 地表升温同时也是气候变化另外的重要议题之一——温室效应的表现形式,是“双碳”战略力图解决的问题根源。因此,从高温的角度考察气候变化的宏观经济效应具有概括性特征。讨论气候变化与农业发展问题时,最常用的构造指标是生长季积温(Growing Season Degree-days, GDDs)。该指标计算农作物在生长期累积接受到的热量总和。^[11] 当高于农作物生产适宜温度区间的气温累积得越多,对农作物造成的危害越大,这样的积温称作热害积温。参考施兰克等人从自然科学领域借鉴的计算方法,^[12] 本文利用各地每日最高最低气温数据,正弦拟合积分得到该地区农作物每日接受到的累积温度,在生长季加总得到当年农作物的累积温度

水平(见图2)。此外,也可以直接将温度指标线性地引入回归方程。该方法易于解释,估计结果直观;但温度变量的线性回归存在模型误设风险。本文在基准回归中使用积温指标,运用线性回归方法进行稳健性检验。以 $T^{\circ}\text{C}$ 以上积温为例演示计算过程:

$$d\text{dayTC} = \begin{cases} 0, & \text{Max} \leq T, \\ \frac{1}{\pi} \left[(\text{Avg} - T)E + \frac{\text{Max} - \text{Min}}{2} \sin(E) \right], & \text{Min} \leq T \leq \text{Max}, \\ \text{Avg} - T, & \text{Min} \geq T, \end{cases} \quad (1)$$

其中, Max 和 Min 分别为本日最高和最低温, $\text{Avg} = \frac{\text{Max} + \text{Min}}{2}$, $E = \arccos\left(\frac{2T - \text{Max} - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}}\right)$ 。图2对此进行了直观的展示:当本日最高温低于门槛值 $T^{\circ}\text{C}$ 时,当日积温为0;当本日最低温高于门槛值 $T^{\circ}\text{C}$ 时,本日积温为本日均温(最高温与最低温均值)与门槛值的差;当门槛值介于本日最高最低温之间,首先利用最高最低温对今日日内气温波动进行正弦拟合,门槛值以上阴影部分的面积即为本日积温。由于日度正弦函数与均温值围成的面积已标准化为1,积温变量的单位是 $1^{\circ}\text{C} \times \text{天}$,每增加1意味着“多一天全天保持在 $T^{\circ}\text{C}$ 以上”的反事实情形。

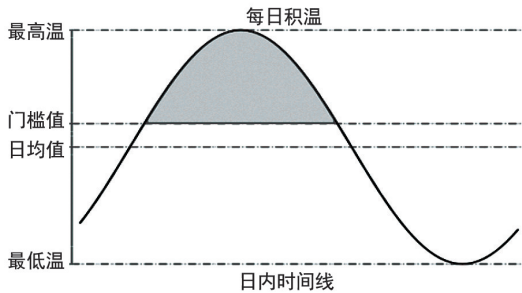


图2 每日积温构造方式示意图

图片来源:笔者自制。

由于不同农作物适宜生长的温度区间不完全相同,考虑气候变化对地区整体层面的农业发展的影响,可将 32°C 设置为高温门槛——从实际估计结果看,改变高温门槛的设定并不影响论文结论。那么,从中国气候变化的现实情况看,是否能够观测到各地区积温指标上升的典型事实?图3利用1980至2020年间各区县气温数据变动情况构建分布图。

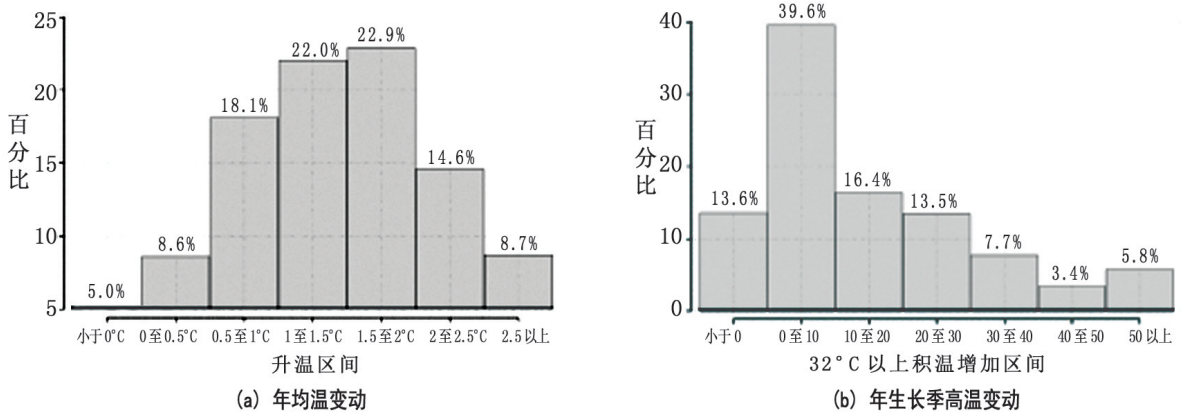


图3 1980—2020年中国各区县气温变动程度分布

图片来源:笔者自制。

其中,图3(a)计算了各区县在1980与2020年的年平均温度的差。可以发现,将近70%的区县在过去40年内的年平均气温上升程度超过1℃;约20%的区县年平均气温上升超过2℃;相反,仅有5%的区县在40年内的年均温出现下降。图3(b)依据各区县年生长季32℃以上积温指标,构建地区生长季高温累积量变动程度分布图。从分布上看,约有14%的区县在40年间的高温累积量降低;约40%的区县在32℃以上高温的年累积量增加在0到10之间;超过16%的区县在32℃以上高温的年累积量增长高于30。如表1描述性统计所示,样本期间对应32℃以上积温均值为18.4,标准差为21.2。由此比较来看,以高温累积量指标衡量的气候变化特征能够较好刻画中国各地区高温越发频繁的宏观趋势。

在其他主要经济变量的构造上,从《中国县域统计年鉴》获取2000至2012年农业经济活动数据,包括区县层面第一产业增加值、粮食总产量、农林牧渔业从业人数等。利用《中国农村统计年鉴》获得地区水灾与旱灾受灾面积指标。利用2005年全国1%人口抽样调查数据,从微观角度出发构建地区层面农业劳动力流出水平的变量。在对地区城市部门的分析中,利用《中国城市统计年鉴》获取地区分产业GDP等变量。利用第一次全国经济普查数据库,进一步从微观企业数据层面构建地级市—四位数行业层面劳动力就业相关变量与总产出水平变量。值得注意的是,该经济普查数据库中规模在500万元以下(简称“规模以下”)的企业比例占到全样本的78%,这类企业雇佣的劳动力数目占到总就业的28%。相较于国内其他微观企业数据库而言,本文使用全国经济普查数据库能够更为完整地捕捉农村劳动力进入城市非农部门就业的事实特征。这也是本文在数据使用方面的一大亮点。在本文第四部分考察城市部门企业吸纳气候变化冲击下的农业劳动力时,将更加详细地进行阐述。表1整理了本文所利用到的核心变量信息以及描述性统计结果。

表1 核心变量来源与描述性统计

变量名称	来源	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
32℃以上积温(1℃×天)	NOAA	21748	18.4	21.2	0.0	329.7
降雨量(0.01英寸)		21748	29.2	15.1	0.1	122.2
风速(节)		21748	4.4	1.3	0.8	21.8
气压(百帕)		21748	911.0	193.0	69.2	1016.4
水灾受灾面积(千公顷)	中国农村统计年鉴	334	840.8	930.6	1.500	6500.0
旱灾受灾面积(千公顷)		334	348.6	438.2	0.500	3204.0
第一产业增加值(万元)	中国县域统计年鉴	21748	1.2×10 ⁵	1.1×10 ⁵	84.0	9.7×10 ⁵
粮食产量(吨)		21748	2.5×10 ⁵	2.6×10 ⁵	7.0	3.2×10 ⁶
农林牧渔业人数		21748	1.4×10 ⁵	9.9×10 ⁴	4.0	6.9×10 ⁵
农业机械总动力(万千瓦特)		21748	32.5	36.0	0.0	1512.0
农业劳动力流出总量	全国1%人口抽样调查	1917	5.1×10 ³	6.0×10 ³	8.0	4.6×10 ⁴
全市第一产业GDP总值(万元)	中国城市统计年鉴	3460	9.2×10 ⁵	7.9×10 ⁵	5.0×10 ³	9.4×10 ⁶
全市第二产业GDP总值(万元)		3460	4.4×10 ⁶	6.2×10 ⁶	6.7×10 ⁴	6.5×10 ⁷
劳动力就业总数	全国经济普查	65956	1.1×10 ³	5.3×10 ³	1.0	2.7×10 ⁵
低技能劳动力就业总数		63078	691.8	3.5×10 ³	1.0	1.9×10 ⁵
低技能劳动力占比		65956	0.5	0.2	0.0	1.0
企业总产出(千元)		65956	2.3×10 ⁵	1.1×10 ⁶	1.0	5.9×10 ⁷
农业耕地占比(%) (2000年)	中国土地利用现状遥感	348	37.5	23.6	0.0	91.6
城镇建设用地占比(%) (2000年)	监测数据	348	1.2	2.8	0.0	35.6

(二) 实证识别策略

在使用截面与面板数据分析时,已有气候变化经济学文献较少讨论气候变化作为解释变量的内生性。其合理性在于:以全球变暖为例,全球升温现象主要根源于世界范围内温室气体存量,当期温室气体排放增量或减排对全球升温的影响效果微乎其微。气候变化在短期内的主要表现之一是气候变化率增加,出现预测性困难。考虑到严谨性与研究结论的可靠性,本文仍然详细阐释气候变化引发城乡结构转型效应的识别策略。

首先,本文实证检验面临最主要的挑战在于不同地区间因长期气候差异而导致的自选择。尽管上文已论述气象信息的随机性特征,但不可否认气候变化仍然具有一定的长期性与连续性,各地区早已形成适宜当地气象条件的经济活动类型。具体到实证上,不同地区的气象条件是否具有可比性?为了回应这一问题,避免因当地长期气象条件造成的选择性偏误,本文在宏观层面回归中添加地区固定效应,利用同一地区内气象特征逐年扰动进行识别。

其次,其他引发城乡结构转型的因素是否造成混淆?在中国经济发展的进程中,显然存在其他多种因素影响到地区城乡结构转型的进程。由于本文关注点在于劳动力要素在城乡部门间的再配置,实证中有必要剔除气候冲击通过降低农业生产率引发的城乡两部门间土地要素的再配置效应。为此,本文在实证回归中控制了地区耕地面积、城市建设用地指标等土地要素变量,将土地要素再配置的混淆可能性予以排除。同时,也通过控制地区固定效应,使得不随时间变动的地区制度性因素等被吸收,排除因其他影响因素造成的潜在内生性。

最后,在对地区城市部门的分析中,气候变化经济学文献往往忽略了这样的问题:由于城市热岛效应的存在,经济活动密度与市辖区内气温具有一定相关性,市区的气温明显高于周边郊区、农业区县的气温。热岛效应也可能推动城市中心的居民远离城区居住。另外,气候变化可能通过其他渠道直接影响地区城市部门。为了甄别本文所关注的城乡结构转型效应,在数据处理上,特意剔除了市辖区的气象信息,利用本地区农业区县的气象数据平均处理,作为本地区(农业)气象信息的指标。在这个意义上,地区对应的气象数据与当地农业气象,而非与城市部门本身气象特征更加紧密相关。此外,后文稳健性检验中也将通过删除经济发达大城市、对照文献结果等方式将干扰因素一一排除。

基于以上分析,本文首先构建如下双向固定效应面板模型识别气候变化对中国农业部门生产活动的影响:

$$Y_{it} = \alpha + \beta GDD_{it} + OtherWeatherControl_{it} + X_{it}\gamma + \lambda_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中, i 表示地区, t 表示时间。被解释变量 Y_{it} 表示地区农业部门经济变量,包括第一产业增加值、粮食总产量以及从业人数等。 GDD_{it} 度量气候变化,是本文实证模型的核心解释变量,对应系数 β 衡量了高温天数每增加一天导致农业部门经济活动变化的百分比。特别地,如果 β 显著小于0,那么说明气候变化导致农业部门相应经济变量受到负向冲击。 $OtherWeatherControl_{it}$ 向量控制了除高温外其他相关气象变量,一方面包括当地生长季的总降雨水平、气压、风速等指标及其二次项,另一方面也纳入地区旱涝受灾面积指标,以更全面反映气候变化对农业经济活动的效应。除气象条件变量的控制外,本文也控制了农业生产相关的系列经济变量,用向量 X_{it} 表示,包括本地区农业耕地占比、农业机械投入量等,用以剥离出气候变化引发农业部门内部的要素配置效应, γ 为估计系数。 λ_i 与 η_t 为地区及年份固定效应,分别控制地区层面不随时间变化的因素与宏观经济整体形势变化的因素。 ε_{it} 为随机扰动项。 α 为模型常数项。为给出进一步证实气候变化影响农业劳动力跨部门转移的微观证据,本文还利用全国1%人口抽样调查微观数据,在县域层面加总计算农业劳动力流出的数目加以考察。

通过对农业部门的冲击,气候变化导致农业劳动力跨部门转移到非农部门就业,引发了城乡结构转型的跨部门要素配置调整。接下来,本文以城市部门为关注重点进行考察。为此,本文提取本地区下辖农业区县的气候变化数据,平均化处理得到地区层面的(农业)气象信息,从而让气候变化引发城乡结构调整的识别更加干净。在实证检验中,本文首先将地级市层面第一、二产业 GDP 分别作为被解释变量,仿照上式回归,用以验证本地区因劳动力跨部门流动引发的从第一产业到第二产业的经济结构转移。其次,为了增强微观基础,本文着重考察了第一次全国经济普查数据,将企业层面劳动力就业变量与企业产出变量在地区—行业层面加总,利用行业层面固定效应有效解决不同类型企业在地区间的自选择偏误。在控制变量的选择上,一方面仍然控制相关气象变量,另一方面纳入地区城市建设用地指标、耕地面积等变量以剥离出城乡转型问题中土地要素调整的效应。基于加总至地区—行业层面的经济普查数据的回归方程为:

$$Y_{cs} = \alpha + \beta GDD_c + OtherWeatherControl_c + X_c \gamma + \eta_s + \varepsilon_{cs} \quad (3)$$

其中, c 表示城市, s 表示四位数行业。 Y_{cs} 为地区—行业层面加总的产出或劳动力雇佣量,用以刻画气候变化下城市部门具体产业对农业劳动力的吸收程度。(3)式为截面回归,为尽可能减少实证偏误,一方面纳入城市层面控制变量以提高估计准确度,另一方面控制四位数行业层面固定效应 η_s 。(3)式回归估计表征了城市 c 的高温对于本地区产业产出或劳动力雇佣水平的影响效应。

通过以上城乡两部门的宏观与微观证据多重验证,本文识别并验证了气候变化引发地区城乡结构转型的适应性调整这一基本逻辑。在此基础上,我们进一步探讨地区经济条件差异如何成为促进应对气候变化的重要因素。为此,本文从地区劳动力市场供需两端出发,分别基于城市部门住房供给弹性、城乡迁移成本、贸易环境优劣、工业基础等经济维度,对气候变化引发城乡结构转型的地区异质性进行分析。具体方法是按照变量高低分别定义 0—1 变量,与气候变化变量交乘进行回归。在这里,关键的识别假设为:异质性组别的划分不会与其他影响到气候变化效应的机制混淆。本文着重发现,提升地区工业基础水平可以使得气候变化对人均 GDP 的负面冲击得到有效抵消。以上讨论为国家通过促进城乡经济融合发展,实现适应气候变化成效提供参考价值。

三、气候变化推动城乡结构适应性转型

(一) 气候变化对农业部门的影响

如文献综述所示,以气温升高为重要特征的气候变化会严重损害到农业部门的经济生产。在实证部分,本文首先对此进行验证。下页表 2 汇报了气候变化对本区县农业生产影响的估计结果。第(1)列表明,在控制农地与农机投入、其他气象条件、年份与地区固定效应的情况下,当本农业区县每多一天暴露在 32℃ 以上的气温中,平均而言粮食总产量下降 0.353%。考虑到估计系数解释的直观性,表 2 最后一行根据各农业区县历年积温分布,计算上四分位与下四分位积温的差值,与估计系数相乘。可以看到,当地积温从分布的下四分位变化到上四分位将导致粮食总产量减少 9.4%。然而值得注意的是,当面临气候变化的冲击,农业部门将转变农业经营模式进行内部调整。因此,农作物产量下降并不能完全反映当地农业受到损害的程度。为此,在允许农业部门自发调整经营模式的前提下,可以考察气候变化对当地第一产业增加值的总效应。其背后的经济学逻辑在于,如果本农业区县基于农业生产的比较优势改变,顺利开展气候适应型的农业经营活动,那么当地实际第一产业增加值不会受到气候变化显著影响,气候变化也就不会引发地区城乡结构转型的进程。但另一方面,如果观察到气候变化导致第一产业增加值出现显著下降,那么说明:农业部门内部的自发调整仍然无法抵消

气候变化的损害。表2第(2)列验证了这一点,可以看到:32℃以上气温每增加一天,当地第一产业增加值显著下降0.152%,32℃以上气温天数从分布的下四分位变化到上四分位将导致第一产业增加值下降4.0%。无论是考察区县粮食作物总产量还是第一产业增加值,均可以发现气候变化对我国农业部门经济活动的损害。当面对气候变化导致的农业经济冲击时,农业劳动力会流动到城市部门就业。因此,农业劳动力人数的下降应当缓解地区农业产出在人均意义上的受损程度。本文利用地区人均第一产业增加值进行考察。如表2第(3)列所示的结果可知,32℃以上气温每增加一天,地区人均第一产业增加值显著下降0.0835%。尽管气候变化对应的估计系数保持统计上显著,但是在经济意义上气候变化对人均第一产业增加值的效应远小于对一产增加值总量的效应(0.0835% < 0.152%)。通过农业劳动力的自发调整行为,气候变化对农业部门的冲击得到缓解的程度是接近一半的(1 - 0.0835%/0.152% = 45.1%)。

表2 气候变化对地区农业部门的影响效应

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	《县域统计年鉴》				普查微观数据农业
	粮食总产量	第一产业增加值	人均一产增加值	农林牧渔业从业人数	劳动力流出量
积温	-0.00353***	-0.00152***	-0.000835***	-0.000685***	0.00448***
	(0.000349)	(0.000183)	(0.000228)	(0.000159)	(0.00163)
农业经济变量	控制	控制	控制	控制	控制
气象变量	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	21748	21748	21748	21748	1917
调整R2	0.944	0.958	0.908	0.955	0.455
年份固定效应	是	是	是	是	否
区县固定效应	是	是	是	是	否
上下四分位效应	-0.0936	-0.0403	-0.0221	-0.0182	0.108

说明:(1)*, **与***分别表示在10%、5%和1%的统计显著性水平上显著。(2)小括号内为稳健标准误。(3)当被解释变量表示数量时均取对数。

农业劳动力的跨城乡流动是缓解气候变化对地区农业经济冲击的重要渠道。表2的第(4)(5)列对此进行了直接验证。第(4)列同样考察气候变化对本区县农林牧渔业人数的影响。在控制年份与区县固定效应的情况下,结果表明:暴露在32℃以上温度的天数增加导致当地农林牧渔业从业人数显著下降。然而,农林牧渔行业人数的统计指标无法很好地对应当地常住人口信息,存在度量误差。为此,第(5)列利用2005年全国1%人口抽样调查数据,从微观角度辅助验证。具体而言,根据微观个体的年龄、教育情况、户口类型、常住地与户籍地等信息,按照个体权重加权求和,得到户籍地层面常住地与户籍地所在区县不一致的适龄农业劳动力规模,定义为本区县农业劳动力流出量。如表2第(5)列所示,相较于其他地区而言,当地暴露在32℃以上温度的天数每多一天,本区县农业劳动力多流出0.45%。结果还显示,相较于处于气候变化下四分位的地区,上四分位地区的农业劳动力流出量多出10.8%。

(二)气候变化对地区整体与城市部门的影响

上文验证发现,气候变化显著损害到地区农业经济增长。然而,通过推动农业劳动力跨部门再配

置,气候变化引发了城乡结构转型的适应调整。这使得气候变化对地区整体经济的实际负面影响得到缓解。由于气候变化相关文献对城市部门的讨论尤为稀缺,本文接下来以城市部门作为关注重点。

首先从地区宏观层面考察气候变化对地区整体产业结构的影响。如表3第(1)(2)列所示,暴露在32℃以上气温天数每增加一天,本地区第一产业GDP总量将显著下降0.133%,第二产业GDP总量显著上升0.122%。可见,如果着眼于地区整体视角,气候变化对农业部门的冲击可以通过城市制造业部门吸纳农业劳动力、在客观上的更快发展得到有效弥补。

而在气候变化引发地区产业结构调整微观机制上,本文主要考察城市部门劳动力市场的重新配置。如前所述,已有考察我国城市部门劳动力市场的研究常常借助规模以上工业企业数据库(简称“工企数据”)或上市公司数据库。^[13]本文与之区别开来,使用独特的全国经济普查微观数据进行研究。相比于工企数据或上市公司数据,经济普查的巨大优势在于覆盖了更多小企业。已有文献提出,中国城市部门劳动力市场上存在基于户籍制度的劳动力歧视,农村户籍劳动力在就业岗位上集中在收入水平较低的低端部门。^[14]因波特(Clement Imbert)等人^[15]利用工企数据考察中国城乡移民对城市部门企业的影响,承认大多数城乡移民没有被其样本内的规模以上工业企业吸收,而是进入到规模以下企业、建筑业工地,或是待业、成为自雇者。因此,全国经济普查数据库能更好捕捉农村劳动力进入城市非农部门就业的特征全貌。从识别的角度看,利用经济普查企业数据进行分析面临的挑战是:如果劳动力就业水平较高的企业更加偏好在高温地区选址,那么企业自选择效应将对本文结果造成混淆。因此,我们通过将企业微观数据加总到地级市—行业层面,而非地级市层面,可以在给定同一行业内对不同地区劳动力数目的差异进行识别。在同一四位数行业内,企业的生产技术、要素投入密度相似度较高,可以有效排除因劳动力雇佣水平不同的企业自选择造成的内生性偏误。

表3 气候变化对地区整体以及城市部门的结构转型效应

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	地区生产总值		城市部门经济普查微观数据			
	第一产业	第二产业	劳动力就业变量			总产出
总量			低技能总量	低技能占比		
积温	-0.00133***	0.00122**	0.0123***	0.0123***	0.000376***	0.0210***
	(0.000486)	(0.000508)	(0.000531)	(0.000554)	(7.42e-05)	(0.000678)
观测值	3460	3460	65956	63078	65956	65956
调整R ²	0.967	0.975	0.324	0.315	0.226	0.322
气象变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
城市经济变量	未控制	未控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	是	是	否	否	否	否
城市固定效应	是	是	否	否	否	否
四位数行业固定效应	否	否	是	是	是	是
上下四分位效应	-0.0346	0.0316	0.308	0.309	0.00942	0.527

说明:(1)*、**与***分别表示在10%、5%和1%的统计显著性水平上显著。(2)小括号内为稳健标准误。(3)当被解释变量表示数量时均取对数。

将微观企业数据加总至城市行业层面还有一层含义。本质而言,微观层面与加总层面分析识别的是经济含义不同的参数。若直接在微观企业层面回归,估计结果仅是在位企业间比较的集约边际

效应;而本文关注的城市层面全局效应不仅包含了这一点,而且包含了企业进入退出等广延边界上的效应。因此,在微观企业层面直接回归分析结果不能外推对应气候变化对城市整体层面效应的估计。同时考虑到利用行业固定效应进行识别的需要,本文将微观企业层面数据加总至城市一四位数行业层面处理。需要注意的是,微观数据在城市层面加总的处理方式仍然不失微观基础。相较于直接获得的城市行业变量而言,微观企业层面加总的做法能获取更加细致分类的变量数据,比如地区—行业层面低技能劳动力就业水平与低技能劳动力占比的信息。

具体而言,本文利用全国经济普查微观数据库中在营业的企业样本,按照地级及以上城市一四位数行业的层级进行加总,得到城市—行业层面的企业总就业水平、低技能劳动力就业水平、低技能劳动力占比等劳动力相关变量,以及城市—行业层面企业总产出水平指标。表3第(3)列以城市部门劳动力就业总量为关注对象。结果表明,在控制城市层面建设用地指标、城乡收入差距等经济变量的情形下,本地区农业部门遭受的气候冲击显著提升了城市部门劳动力总就业水平,与前文农业经济受损、农业部门劳动力流出的证据构成了逻辑闭环。考虑到从农业部门转移出的劳动力往往在学历水平上较低,气候变化导致城市部门低技能劳动力数目提升的效应应该更强。为验证这一点,本文构建企业雇佣高中及以下学历劳动力总量指标。如表3第(4)列表明,在同一行业内,气候变化提高了城市部门的低技能劳动力就业水平。第(5)列将被解释变量替换为低技能劳动力占比,结果表明:气候变化对城市部门低技能劳动就业有着一定的提升效应。城市部门吸收更多劳动力进行生产,如果这导致城市部门产出水平的提升,那么在地区整体经济发展的维度上,气候变化对农业部门产出产生冲击的负面作用将得到有效缓解。第(6)列以城市部门企业总产出为被解释变量进行考察,结果表明:本地区气候变化显著提升了城市部门产出水平。以上分析从微观上揭示了气候变化引发城乡就业结构以及城市部门内部劳动力就业结构转型的适应成效。

四、稳健性讨论

本部分开展多方面的稳健性讨论,验证基准结果的可靠性。囿于篇幅所限,正文中呈现的稳健性检验主要基于全国经济普查微观企业数据库进行,同时展现了非线性气象指标对应的农业与城市部门回归结果。

(一) 气象指标与气象数据

在气象指标方面,本文在基准分析中采用最常用的生长季积温变量,对应估计系数表示暴露在一定门槛以上气温的天数每多一天带来的经济效应。更换气温门槛为 30°C 或 34°C 后,结果保持稳定。如下页表4的Panel A、Panel B所示,可以清楚地看到,对应的温度门槛越高,气候变化效应的表现越发强烈。参照韦尔之(Jarrold Welch)等^[16]的研究,将气候变化指标更改为生长季内平均气温或生长季内每日最高气温均值,重现本文内的回归,结果保持稳健(见Panel C、Panel D)。在气象数据方面,基准分析数据来源于NOAA。将数据源替换成中国国家气象信息中心提供的气象站数据,按照相同处理方式重新回归分析,如Panel E所示,结果保持一致。此外,城乡劳动力结构转型有潜在的时滞问题。为此,本文在表4的Panel F至Panel H部分对气象指标的时滞问题进行了考察。本文将核心高温变量与其他气象控制变量同时替换成过去5年、10年均值,以此考察该地区过去长期高温对于城乡劳动力流动、城市部门生产活动的影响。Panel F与Panel G展示了相应结果,大部分估计保持了稳定。最后,Panel H在基准回归的基础上,纳入前一年相应气象指标作为额外的控制变量,当年高温对引发城乡劳动力转型的效应仍然显著一致。

表 4 稳健性检验:气象指标与气象数据

	(1)	(2)	(3)	(4)
	劳动力总量	低技能劳动力总量	低技能劳动力占比	城市总产出
Panel A: 更换气温门槛: 30℃				
积温	0.00549*** (0.000243)	0.00543*** (0.000254)	0.000145*** (3.39e-05)	0.00933*** (0.000310)
Panel B: 更换气温门槛: 34℃				
积温	0.0333*** (0.00152)	0.0336*** (0.00158)	0.00113*** (0.000212)	0.0584*** (0.00193)
Panel C: 更换气象指标: 日均温年均值				
日均温年均值	0.0683*** (0.00392)	0.0691*** (0.00412)	0.00260*** (0.000550)	0.126*** (0.00512)
Panel D: 更换气象指标: 日最高温年均值				
日最高温年均值	0.0643*** (0.00435)	0.0650*** (0.00456)	0.00284*** (0.000610)	0.121*** (0.00570)
Panel E: 更换气象数据来源				
积温	0.00600*** (0.000417)	0.00641*** (0.000437)	0.000741*** (5.67e-05)	0.0119*** (0.000540)
Panel F: 过去5年高温均值				
积温	0.00598*** (0.000693)	0.00506*** (0.000725)	-0.000146 (9.78e-05)	0.0155*** (0.000903)
Panel G: 过去10年高温均值				
积温	0.00596*** (0.000734)	0.00582*** (0.000768)	0.000198** (0.000100)	0.0169*** (0.000960)
Panel H: 额外控制前一年气象变量				
积温(当年)	0.0197*** (0.00127)	0.0223*** (0.00133)	0.00126*** (0.000171)	0.0274*** (0.00162)
城市经济变量	控制	控制	控制	控制
气象变量	控制	控制	控制	控制
四位数行业固定效应	是	是	是	是

说明:(1) *, **与***分别表示在10%、5%和1%的统计显著性水平上显著。(2)小括号内为稳健标准误。(3)当被解释变量表示数量时均取对数。

(二)排除气候变化通过其他渠道影响城市部门的可能

以气温升高为重要特征的气候变化可能通过别的渠道影响城市部门。如果这些潜在混淆渠道的方向与气候变化的结构转型效应方向相同,那么我们无法对本文机制进行识别。混淆性渠道可能有三点。

第一,已有文献发现,气候变化可能导致企业劳动生产率与全要素生产率降低。^[17]但气候变化直接影响企业生产率的潜在渠道不会对本文结果形成混淆。首先,如果气候变化降低城市部门企业生

产率的机制确实发挥作用,那么在气候变化对农业部门生产率冲击更严重的较弱假设下,本文讨论仍然成立。^[18]换言之,本文就气候变化对城市部门就业与产出影响的总估计结果将是实际城乡结构转型效应的下限。其次,需要着重指出的是,本文所使用的地级及以上城市层面气候变化指标,利用下辖农业区县的气象信息构造,考察的是农业高温对对应城市部门生产决策的经济影响,识别渠道清晰,气候变化通过其他方式直接影响到本地城市部门生产决策的可能得以排除。这一点在前文识别策略部分已有详细论述。

第二,气候变化造成本地农业部门受损后,以农产品作为中间投入品的制造业行业将受到打击,这成为气候变化影响城市部门的另一可能渠道。然而,这一渠道对应的气候变化影响方向同样与本文关注的城乡结构调整的效应方向相反,更加强化了本文估计结果是实际效应下限的结论。因此,在本文的框架下可以识别出气候变化的城乡结构转型的自适应效应,且这一效应超过了气候变化直接冲击或通过农产品投入产出关系对城市部门企业的损害。

第三,正如前文指出,城市热岛效应提升城市经济核心区的温度水平,对个体健康与个体居住舒适度造成潜在负面影响。这可能引发城市居住模式的去中心化,使得原本住在市中心的人口转移到城市边缘或市郊区。如果这一点在城乡人口转移中占据主导地位,那么气候变化引发城乡劳动力转移的方向将不再是单向的。然而,正如上文所指出的,本文在构建气象指标时剔除了市辖区的气象信息,从而有效地避免这一识别挑战。

(三)排除农业劳动力跨区域流动的可能

本文基准分析隐含了这样的假设:因气候变化导致跨部门转移的农村劳动力主要进入本地城市部门,这样可以在劳动力供给不变的前提下着重考察地区内的城乡结构调整。但我国农业部门劳动力进行跨部门转移时,有一定比例进入到其他地区,未被本地城市部门吸收。为缓解模型误设的担忧,本文尝试三种解决方案。

第一,将基准回归中地级及以上城市—行业层面的样本单元进一步压缩至省份—四位数行业层面,用以捕捉省内城乡移民对城市发展的效应。相对应地,这里的解释变量利用本省内所有农业区县气象信息构建。回归结果保持高度显著。如下页表5的Panel A所示,在省份—四位数行业的维度上,气候变化仍然导致该省份对应行业劳动力就业总数上升,尤其是低技能劳动力就业总数的上升,本省内对应行业的总产出水平也提高4.2%。对比城市—四位数行业层面与省份—四位数行业层面的回归结果,可以发现有趣的结论:在省份—四位数行业层面的回归捕捉了更高比例的“本地区”城乡移民,也因此,对比表3第(5)列,气候变化对城市部门低技能劳动力占比的提升效应更强。这一点佐证了气候变化推动本地区城乡结构调整的论述。

第二,考虑到跨地区移民主要前往经济条件较好的城市,本文在样本内排除所有直辖市、省会城市后,重新进行回归。如表5的Panel B所示,在外来移民比例较低的非省会城市中,气候变化对地区结构转型仍然起到推动作用。值得注意的是,为了排除前文所述经济发达地区城市部门的热岛效应可能,通过将直辖市、省会城市排除同样起到了缓解这一内生性偏误的作用。

第三,本文依据地区间历史移民网络,根据各地区的气候变量构建外地农业劳动力进入本地的冲击指标。表5的Panel C将外地农业劳动力进入本地区的积温冲击指标与基准回归中的本地积温指标同时纳入回归,可以看到:本地区的积温变量仍然显著提高了城市部门劳动力就业数、低技能劳动力就业数与低技能劳动力占比,并使城市部门总产出提升。而外地农业劳动力进入的冲击并没有起到显著效果。Panel D仅将外地积温变量纳入回归,得到不显著的估计结果。这就说明,在本文的研究

表 5 稳健性检验:农业劳动力跨区域流动

	(1)	(2)	(3)	(4)
	劳动力总量	低技能劳动力总量	低技能劳动力占比	城市总产出
Panel A: 省份—四位数行业层面回归				
积温	0.0318***	0.0348***	0.00177***	0.0416***
	(0.00161)	(0.00167)	(0.000183)	(0.00197)
Panel B: 删去省会城市				
积温	0.0100***	0.00960***	0.000132	0.0176***
	(0.000617)	(0.000644)	(8.68e-05)	(0.000785)
Panel C: 同时考虑本地与外地农业人口流入				
积温(本地)	0.00871***	0.00844***	0.000217*	0.0159***
	(0.000955)	(0.000989)	(0.000127)	(0.00119)
积温(外地)	0.000133	-0.000950	4.63e-05	-0.00893***
	(0.00255)	(0.00264)	(0.000373)	(0.00318)
Panel D: 仅考虑外地农业人口流入				
积温(外地)	0.000208	-0.000787	0.000165	-0.00880***
	(0.00252)	(0.00261)	(0.000367)	(0.00315)
城市经济变量	控制	控制	控制	控制
气象变量	控制	控制	控制	控制
四位数行业固定效应	是	是	是	是

说明:(1)*, **与***分别表示在10%、5%和1%的统计显著性水平上显著。(2)小括号内为稳健标准误。

(3)当被解释变量表示数量时均取对数。

框架与数据范围内,并未发现中国农业部门劳动力因高温而大规模跨区域流动的现象。

(四)农业经济活动差异性

我国幅员辽阔,地区间气象条件差异极大。不仅各类农作物适宜温度区间不尽相同,不同地域间(如南方与北方)相近品种农作物的适宜温度区间同样存在差异。在稳健性检验中,本文通过展示温度箱回归与分不同农业生产区划的子样本回归,验证温度波动对各地区经济活动的影响。

本文拓展构建指标,将农作物生长季日度温度波动划分为以下六类温度箱:“0℃以下”(基准组);“0~8℃”;“8~16℃”;“16~24℃”;“24~32℃”;“32℃以上”。然后再进行非线性方程回归估计。下页图4展示了农业部门与非农部门生产的分温度段影响效应,其纵轴表示每一温度段相较于0℃以下基准组别的指标变动率。如图4(a)和(b)所示,可以看到,相较于0℃以下的基准情形而言,16~24℃的年度积温提高了地区农业部门中的粮食总产量以及油料作物总产量水平,该区间累积的热量使得绝大多数中国农作物生产得到有利的气候效应。相反,随着温度从24℃开始持续提升,温度对农作物生产的负向效应逐渐显露。而随着温度进一步提高至32℃以上,高温平均而言对农业生产的损害作用更加明显地体现出来。图4(c)和(d)展示了城市部门对应的回归结果。可以清晰地看到,32℃以上的高温将显著提高城市部门企业劳动力就业数与总产出。图4的估计结果有效佐证了基准回归的可信度。

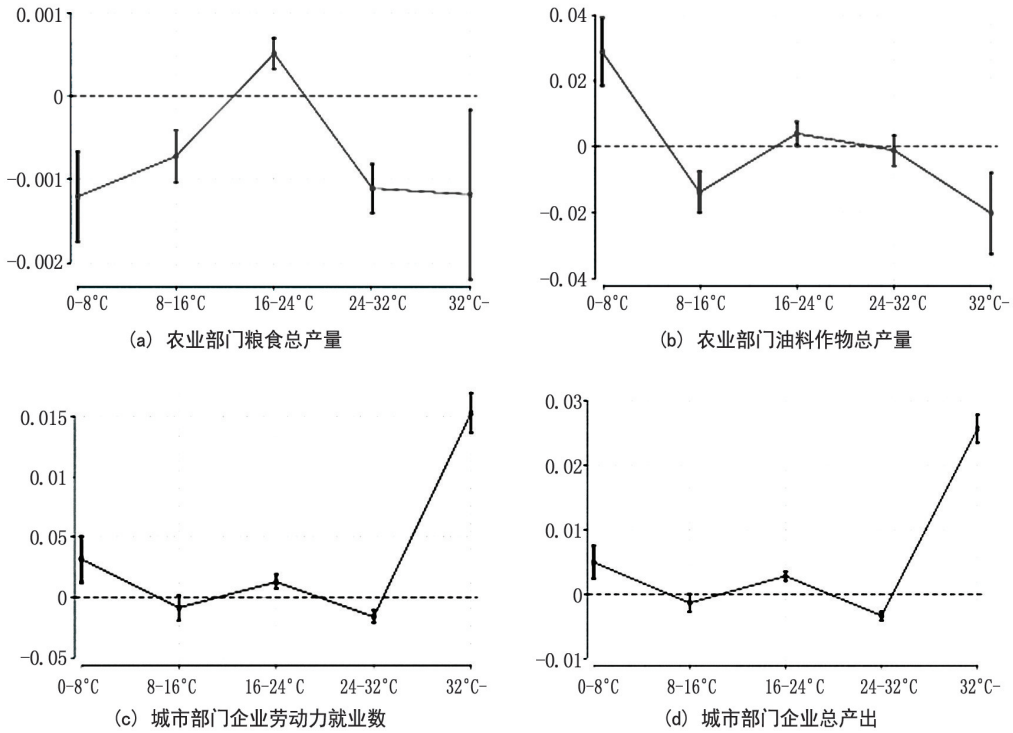


图4 气候变化影响农业部门与城市部门的非线性温度效应

说明:图中竖线为95%置信区间。

(五) 基于1985年工业普查的安慰剂检验

通过外生的气候变量对农业部门、城市部门经济变量分别开展简约式回归,本文初步说明了气候变化下农业劳动力进入城市部门、企业就业数与生产经营活动扩大的基准结论。其中,“农村劳动力向城市部门的转移”是本文的核心机制。为验证这一机制,在“理想”状态下应当开展如下的反事实实验:假如城乡流动的渠道被阻断,那么应当能够观察到,随着气候条件的恶化,本地区城市部门的就业、产出等经济变量并不会因为农业劳动力的涌入而提高。基于以上的思想实验,本文利用改革开放初期城乡流动制度性障碍较严格的历史场景,借助整理1985年工业普查数据,配合相应年份完整的气象信息,重现基准回归。表6的实证结果表明,以高温为重要特征的气候变化对地区企业劳动力雇佣

表6 安慰剂检验:1985年工业普查

	(1)	(2)
	劳动力总量	总产出
积温	-0.00103	0.00313
	(0.00227)	(0.00290)
观测值	2676	2734
调整R ²	0.517	0.457
气象变量	控制	控制
行业固定效应	是	是

说明:(1)*, **与***分别表示在10%、5%和1%的统计显著性水平上显著。(2)小括号内为稳健标准误。

(3)当被解释变量表示数量时均取对数。

总量、企业总产出等经济变量的影响效应不显著。与基准回归对照推断,利用1985年工业普查估计结果的不显著性源于城乡流动环节不畅,从而进一步证实了农业劳动力跨部门流动的核心机制。

五、影响气候变化适应成效的经济机制

前文发现,气候变化冲击农业部门后,城乡结构转型成了推动农业部门劳动力被城市部门就业岗位有效吸收的适应渠道,这在客观上促进了城市部门制造业扩张,让气候变化对地区整体经济活动的负面影响得到缓解。更进一步地,中国地区间自然条件与经济禀赋各异,地区经济政策与特征会显著影响到城乡结构转型的适应性成效;从长期看,积极改善地区经济条件,推动气候变化下的城乡结构转型进程,将起到优化劳动力要素配置、提高整体经济效率的适应气候变化效果。在这一部分,本文从影响劳动力跨部门流动的供需两端出发,分别从城市部门住房供给弹性、城乡迁移成本、贸易环境、地区工业基础等多个经济维度着手,探讨气候变化引发城乡结构适应性调整的异质性特征。这些异质性特征的探讨也有助于强化论证本文劳动力跨部门转移的核心机制。其中,城市住房供给弹性与城乡迁移成本反映劳动力供给侧的经济条件,贸易环境与地区工业基础反映需求侧的经济条件。

(一)城市部门住房供给弹性

在空间一般均衡的框架中,消费者的实际工资取决于在当地就业所获得的名义工资与生活成本之间的差额,消费者根据各地实际工资水平选定居住地。房价是消费者生活成本中的重要组成部分,地区住房供给弹性提高可以抑制本地房价上涨,在面临本地生产率正向冲击时有能力吸收更多外来人口进入本地定居。本文认为,如果当地城市部门住房供给弹性较大,城乡移民更有可能进入城市部门定居,提高城市部门劳动力供给水平,气候变化引发地区城乡结构适应性转型的程度更强。刘修岩等^[19]将自然地理约束、耕地保护约束、容积率规制等纳入到识别中国住房供给弹性的方法中,发现自然地理约束及容积率规制是导致中国住房供给缺乏弹性的重要原因。本文参考刘修岩等人的研究思路,将自然地理约束、耕地保护约束、容积率规制强度等指标纳入到住房供给弹性的测算中,提出:城市部门住房供给弹性越大,城乡移民越有可能进入城市部门。表7展示了依照城市部门住房供给弹性考察气候变化对城市部门异质性影响的估计结果。构造城市住房供给弹性程度与积温指标的交乘项回归后,可以发现:在住房供给弹性更大的地区,当面临气候变化的冲击,农业劳动力会更多地通过跨部门转移进入城市,更多地被企业吸收并促进生产的扩大,气候变化的城乡结构转型效应相较于基准回归而言得到增强。

表7 地区经济条件差异1:城市住房供给弹性

	(1)	(2)	(3)	(4)
	劳动力总量	低技能劳动力总量	低技能劳动力占比	总产出
积温×城市住房供给弹性高	0.0174***	0.0173***	0.000114	0.0258***
	(0.00120)	(0.00125)	(0.000166)	(0.00153)
控制变量	是	是	是	是
观测值	50266	48038	50266	50257
调整R ²	0.347	0.336	0.243	0.348
四位数行业固定效应	是	是	是	是

说明:(1)*、**与***分别表示在10%、5%和1%的统计显著性水平上显著。(2)小括号内为稳健标准误。(3)当被解释变量表示数量时均取对数。(4)所有控制变量均与刻画异质性的经济变量交乘进入回归。

(二) 城乡迁移成本

城乡迁移成本是决定农业劳动力跨部门转移的关键因素,从而影响到城市部门劳动力供给水平。如果城乡交通更加便利,那么农业劳动力跨部门进入城市将更加容易,有利于地区的城乡结构转型与城市部门的发展。

城乡迁移成本的实际内涵是丰富的。一方面,城乡迁移成本较高会提高人口流动在物理上的困难性,增加交通支出;另一方面,通勤不便提升了城乡间信息交换成本,导致城乡文化与社交环境等均有较大差异,流动行为受到阻碍。本文利用中国地理数字高程模拟数据,构建各地级以上城市地形起伏度数据,作为刻画地区城乡迁移成本的代理变量,提出命题:地形起伏越低的城市,城乡间交通往来、信息交换、文化交流等难度越小,城乡迁移成本越低。按照地形起伏度高低对样本进行分组,仿照前文进行交乘项回归。如表 8 所示,降低迁移成本将显著提高气候变化引发城乡结构转型的效应,受到气候变化冲击的农业部门劳动力更为顺利地转移进入城市部门就业;相应地,城市部门企业的劳动力雇佣总量以及低技能劳动力雇佣量均显著提升,反映了城市部门非农就业岗位的扩大起到了有效吸纳农业劳动力转移的效果。

表 8 地区经济条件差异 2: 城乡迁移成本

	(1)	(2)	(3)	(4)
	劳动力总量	低技能劳动力总量	低技能劳动力占比	总产出
积温×城乡迁移成本低	0.00329***	0.00390***	0.000821***	-6.82e-05
	(0.00103)	(0.00107)	(0.000135)	(0.00132)
控制变量	是	是	是	是
观测值	65956	63078	65956	65956
调整R ²	0.290	0.281	0.210	0.274
四位数行业固定效应	是	是	是	是

说明:(1)*、**与***分别表示在10%、5%和1%的统计显著性水平上显著。(2)小括号内为稳健标准误。(3)当被解释变量表示数量时均取对数。(4)所有控制变量均与刻画异质性的经济变量交乘进入回归。

(三) 地区贸易环境

以上从地区劳动力市场供给侧的经济维度出发,讨论了城市住房供给弹性与城乡迁移成本对气候变化适应成效的影响。而在劳动力需求侧,贸易环境是影响城市部门生产投入的重要因素之一。如果本地贸易环境转好,对本地产品的国外市场需求提高,本地城市部门将扩大劳动要素投入,从而更多地吸纳农业部门劳动力。为考察地区贸易环境如何介入气候变化的经济效应中,本文借助国际经济学领域常见的贸易政策不确定性指标进行讨论。随着在 2001 年末加入 WTO 后,中国永久性获得最惠国待遇,中美贸易里我国的“正常贸易关系”地位不再受到美国国会的年度审议,中国在中美贸易中面临的贸易政策不确定性大幅下降。一方面,中国企业对美国市场的产品出口得以扩张;另一方面,来自美国企业的外商直接投资大幅提高,贸易环境明显改善。文献中关于贸易政策不确定性的主题已有丰富的讨论。^[20] 据此,本文提出:气候变化下的城乡结构适应性调整将受到地区贸易环境的影响。在贸易政策不确定性下降程度较高的地区,贸易环境更好,气候变化下城乡结构转型的适应性调整越发明显。

本文利用中国加入 WTO 前行业层面最惠国关税与非最惠国关税之间差额(Normal Trade Relations gap, NTR gap),结合各地级市在行业层面出口份额占比,得到中国各地区在“入世”后的贸易不

确定性下降程度,用来衡量地区贸易环境改善程度。表9展示了从贸易环境的角度考察地区差异性的回归结果。可以发现:在贸易政策不确定性程度下降较高的地区,制造业部门越发扩张,气候变化对城市部门劳动力就业水平、低技能劳动力就业水平、低技能劳动力占比的促进效应都显著更大,对企业产出的提升效果更明显。贸易环境的改善导致气候变化推动城乡结构转型效应更强。

表9 地区经济条件差异3:地区贸易环境

	(1)	(2)	(3)	(4)
	劳动力总量	低技能劳动力总量	低技能劳动力占比	总产出
积温×贸易政策不	0.0207***	0.0235***	0.00171**	0.0319***
确定性程度下降较高	(0.00702)	(0.00677)	(0.000680)	(0.00952)
控制变量	是	是	是	是
观测值	63311	60532	63311	63311
调整R ²	0.288	0.293	0.223	0.282
四位数行业固定效应	是	是	是	是

说明:(1)*, **与***分别表示在10%、5%和1%的统计显著性水平上显著。(2)小括号内为稳健标准误。(3)当被解释变量表示数量时均取对数。(4)所有控制变量均与刻画异质性的经济变量交乘进入回归。

(四)地区工业基础

上文关于地区贸易环境的讨论是从外部需求的角度进行考察的,还可考察内部需求的重要性。在已有研究关于地区工业基础与城市化转型相关讨论的基础上,^[21]本文进而提出,地区工业基础越好,当地城市部门对农业部门劳动力的吸收效果越好,更有利于地区扩大生产,气候变化引发地区城乡结构转型的适应性作用越强。利用地区初始年份第二产业GDP占比作为刻画地区工业基础的代理变量,进行交乘项回归。表10验证发现,在工业基础越好的地区,气候变化对当地城市部门劳动力就业的提升效应更加显著,对企业总产出的提升效果同样增强。

表10 地区经济条件差异4:地区工业基础

	(1)	(2)	(3)	(4)
	劳动力总量	低技能劳动力总量	低技能劳动力占比	总产出
积温×工业基础较好	0.0131***	0.0118***	-2.11e-06	0.0206***
	(0.00107)	(0.00111)	(0.000146)	(0.00137)
控制变量	是	是	是	是
观测值	65956	63078	65956	65956
调整R ²	0.281	0.286	0.218	0.275
四位数行业固定效应	是	是	是	是

说明:(1)*, **与***分别表示在10%、5%和1%的统计显著性水平上显著。(2)小括号内为稳健标准误。(3)当被解释变量表示数量时均取对数。(4)所有控制变量均与刻画异质性的经济变量交乘进入回归。

(五)初步讨论:气候变化与地区人均GDP

上述分析显示,适应气候变化的城乡结构转型机制因地区经济条件差异而成效不同。以上两组、四项异质性指标,由地区劳动力市场供需角度切入,考察城乡结构转型机制的异质性效应,一方面贴合了中国长期以来区域发展的经济特征与政策手段,另一方面也辅助验证了本文关于农业劳动力跨部门流动的核心逻辑,成为本文机制检验的重要环节。

最后,本文试图对气候变化如何影响地区人均 GDP 的问题进行初步讨论。为获得相同分析时段内地区常住人口的精确数据,将变量年份限制在 2000、2005 与 2010 年这三年。具体而言,利用 2000 与 2010 年两次全国人口普查数据与 2005 年全国 1% 人口抽样调查微观数据,计算了各地级市全市常住人口与全市适龄劳动力人口数。以这两个变量为基础分别构建人均 GDP 指标。表 11 首先对气候变化影响地区经济发展的平均效应进行了验证。如第(1)列与第(3)列所示,无论用本地适龄劳动力人数还是本地常住人口总数作为计算人均 GDP 的分母,平均效应均显示,气候变化显著降低了地区人均 GDP 水平。

从现阶段经济特征来看,“十四五”规划已提出加快构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局。地区制造业的扎实发展,是促进国内大循环实现的重要经济推动力。基于此,本文最后从地区工业基础的异质性维度出发,对气候变化影响人均 GDP 的问题开展异质性检验。表 11 第(2)列与第(4)列发现,在缺乏工业基础的地区,农业部门劳动力难以融入城市部门就业,气候变化对缺乏工业基础地区的冲击无法得到有效缓解,地区人均 GDP 显著受损。相反,对于工业基础较强的地区,气候变化导致从农业部门流出的劳动力能够被城市部门有效吸纳就业,气候变化对地区人均 GDP 的负向冲击得到有效抵消。这意味着,虽然气候变化对地区整体经济发展有着负面影响,但是通过改善以地区工业基础为代表的经济条件,可以起到有效适应气候变化的积极作用。

表 11 气候变化与地区人均 GDP

	(1)	(2)	(3)	(4)
	分母: 适龄劳动力		分母: 常住人口	
积温	-0.00331**	-0.00735***	-0.00307*	-0.00729***
	(0.00165)	(0.00196)	(0.00162)	(0.00195)
积温×工业基础较好		0.00885***		0.00889***
		(0.00270)		(0.00268)
控制变量	是	是	是	是
观测值	796	748	797	749
调整R ²	0.858	0.875	0.997	0.998
城市固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是

说明:(1)*, **与***分别表示在 10%、5% 和 1% 的统计显著性水平上显著。(2)小括号内为稳健标准误。(3)当被解释变量表示数量时均取对数。(4)所有控制变量均与刻画异质性的经济变量交乘进入回归。

六、结论与启示

气候变化是当代人类社会面临的重要挑战。中国积极推动全球气候治理体系的构建,在应对全球变暖中贡献了中国智慧。本文研究发现,在中国经济高速发展的进程中,气候变化对农业部门造成了负面冲击;而以城乡结构转型为重要特征的经济适应调整,从地区整体层面缓解了气候变化的负面效应。进一步地,地区经济条件特征也紧密嵌入到适应气候变化的城乡结构转型进程中。分析表明,通过提升城市住房供给弹性、降低城乡迁移成本、营造良好贸易环境、提振工业基础等方式改善经济条件,可以有效促进适应气候变化的城乡转型进程。其中,在工业发展较好的地区,气候变化对地区整体人均 GDP 的负向影响可以得到有效抵消。

生态环境部发布的《中国应对气候变化的政策与行动 2022 年度报告》指出,我国要强化经济社会系统适应气候变化能力。本文为中国实施积极应对气候变化战略提供了一定思路。受气候变化冲击影响最直接突出的部门是农业部门,但这并不意味着缓解气候变化冲击只需要从农业部门本身着手应对。在城乡融合发展的大背景下,城市部门的发展可以为纾解农业部门所遭到的冲击起到重要作用。我们需要运用系统观念,将气候变化治理融到城乡经济社会一体化发展的全局上来,让城乡融合与地区高质量发展成为我国积极应对气候变化的重要组成部分。通过提升地区制造业经济基础水平,城市部门有效吸纳受气候变化冲击影响的农业部门劳动力,让后者顺利在城市就业,可以有效抵消气候变化对地区整体经济效率的负面影响,有助于实现积极应对气候变化挑战与推动地区发展的“双赢”局面。

从更加广义的视角上来看,气候变化与城乡融合发展问题的交叉讨论仍然值得多角度深入挖掘。尤其是在现阶段,城乡融合与转型的路径显然不是单向的,城市部门的发展是否会为农业部门提供有效人才与技术溢出,从而促进农业抗气候风险能力的提升?同时,尽管本文突出了城市部门吸收农业转移劳动力的气候经济效应,但是农业部门持续性萎缩显然不应是本文的外推政策启示之一。《国家适应气候变化战略 2035》提出,应当从资源高效利用、应变减灾、生态气候韧性提升、粮食安全保障体系建设等多维度出发,积极减缓农业这一敏感部门的适应气候风险。如何更全面地刻画气候变化对中国经济系统的影响效果、在保障粮食安全的大背景下提升城乡两部门协调适应气候变化的韧性,是学界与全社会共同进一步思考的议题。

注释:

[1] Olivier Deschênes and Michael Greenstone, “The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather”, *American Economic Review*, Vol. 97, No. 1, 2007.

[2] Anthony Fisher, Michael Hanemann, Michael Roberts and Wolfram Schlenker, “The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather: Comment”, *American Economic Review*, Vol. 102, No. 7, 2012.

[3] Wolfram Schlenker and Michael Roberts, “Nonlinear Temperature Effects Indicate Severe Damages to U. S. Crop Yields under Climate Change”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 106, No. 37, 2009.

[4] Marshall Burke and Kyle Emerick, “Adaptation to Climate Change: Evidence from US Agriculture”, *American Economic Journal: Economic Policy*, Vol. 8, No. 3, 2016.

[5] 如 Shuai Chen, Xiaoguang Chen and Jintao Xu, “Impacts of Climate Change on Agriculture: Evidence from China”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 76, 2016; Shuai Chen and Binlei Gong, “Response and Adaptation of Agriculture to Climate Change: Evidence from China”, *Journal of Development Economics*, Vol. 148, 2021; 丁宇刚、孙祁祥:《气候风险对中国农业经济发展的影响——异质性及机制分析》,《金融研究》2022 年第 9 期。

[6] Katrina Jessoe, Dale Manning and Edward Taylor, “Climate Change and Labour Allocation in Rural Mexico: Evidence from Annual Fluctuations in Weather”, *Economic Journal*, Vol. 128, No. 608, 2018.

[7] David Blakeslee, Ram Fishman and Veena Srinivasan, “Way Down in the Hole: Adaptation to Long - Term Water Loss in Rural India”, *American Economic Review*, Vol. 110, No. 1, 2020.

[8] Vernon Henderson, Adam Storeygard and Uwe Deichmann, “Has Climate Change Driven Urbanization in Africa?”, *Journal of Development Economics*, Vol. 124, 2017.

[9] Jonathan Colmer, “Temperature, Labor Reallocation, and Industrial Production: Evidence from India”, *American Economic Journal: Applied Economics*, Vol. 13, No. 4, 2021.

[10] 金刚、沈坤荣:《气候变化与线下服务业消费:以电影行业为例》,《世界经济》2022 年第 9 期。

[11] 如 Marshall Burke and Kyle Emerick, “Adaptation to Climate Change: Evidence from US Agriculture”, *American Economic Journal: Economic Policy*, Vol. 8, No. 3, 2016; Shuai Chen, Xiaoguang Chen and Jintao Xu, “Impacts of Climate Change on Agriculture: Evidence from Chi-

na”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 76, 2016。

[12] 文献最早可追溯到 Herbert Conrad Thom, “Normal Degree Days above any Base by the Universal Truncation Coefficient”, *Monthly Weather Review*, Vol. 94, No. 7, 1966。

[13] 如施新政、高文静、陆瑶、李蒙蒙:《资本市场配置效率与劳动收入份额——来自股权分置改革的证据》,《经济研究》2019年第12期; Clement Imbert, Marlon Seror, Yifan Zhang and Yanos Zylberberg, “Migrants and Firms: Evidence from China”, *American Economic Review*, Vol. 112, No. 6, 2022。

[14] 如余向华、陈雪娟:《中国劳动力市场的户籍分割效应及其变迁——工资差异与机会差异双重视角下的实证研究》,《经济研究》2012年第12期; 章莉、李实、William A. Darity Jr.、Rhonda Vonshay Sharpe:《中国劳动力市场上工资收入的户籍歧视》,《管理世界》2014年第11期; 吴珊珊、孟凡强:《农民工歧视与反歧视问题研究进展》,《经济学动态》2019年第4期。

[15] Clement Imbert, Marlon Seror, Yifan Zhang and Yanos Zylberberg, “Migrants and Firms: Evidence from China”, *American Economic Review*, Vol. 112, No. 6, 2022。

[16] Jarrod Welch, Jeffrey Vincent, Maximilian Auffhammer, Piedad Moya, Achim Dobermann and David Dawe, “Rice Yields in Tropical/Subtropical Asia Exhibit Large but Opposing Sensitivities to Minimum and Maximum Temperatures”, *Proceedings of the National Academy of Sciences* Vol. 107, No. 33, 2010。

[17] 如 Benjamin Jones and Benjamin Olken, “Climate Shocks and Exports”, *American Economic Review*, Vol. 100, No. 2, 2010; Xiaoguang Chen and Lu Yang, “Temperature and Industrial Output: Firm – level Evidence from China”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 95, 2019; Achyuta Adhvaryu, Namrata Kala and Anant Nyshadham, “The Light and the Heat: Productivity Co – Benefits of Energy – Saving Technology”, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 102, No. 4, 2020; 杨璐、史京晔、陈晓光:《温度变化对中国工业生产的影响及其机制分析》,《经济学(季刊)》2020年第5期。

[18] Colin Carter, Xiaomeng Cui, Dalia Ghanem and Pierre Mérel, “Identifying the Economic Impacts of Climate Change on Agriculture”, *Annual Review of Resource Economics* Vol. 10, No. 1, 2018。

[19] 刘修岩、杜聪、李松林:《自然地理约束、土地利用规制与中国住房供给弹性》,《经济研究》2019年第4期。

[20] 如李胜旗、毛其淋:《关税政策不确定性如何影响就业与工资》,《世界经济》2018年第6期; Giovanni Facchini, Maggie Liu, Anna Maria Mayda and Minghai Zhou, “China’s ‘Great Migration’: The Impact of the Reduction in Trade Policy Uncertainty”, *Journal of International Economics*, Vol. 120, 2019; Bilge Erten and Jessica Leight, “Exporting out of Agriculture: The Impact of WTO Accession on Structural Transformation in China”, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 103, No. 2, 2021。

[21] Vernon Henderson, Adam Storeygard and Uwe Deichmann, “Has Climate Change Driven Urbanization in Africa?”, *Journal of Development Economics* Vol. 124, 2017; David Blakeslee, Ram Fishman and Veena Srinivasan, “Way Down in the Hole: Adaptation to Long – Term Water Loss in Rural India”, *American Economic Review*, Vol. 110, No. 1, 2020; Jingting Fan and Ben Zou, “Industrialization from Scratch: The ‘Construction of Third Front’ and Local Economic Development in China’s Hinterland”, *Journal of Development Economics*, Vol. 152, 2021。

[责任编辑:刘毅]