

自动化资本、企业空间布局与区域协同*

裴建锁 陈哲昂 彭凯旋 张 蒙

内容提要:以自动化资本促进产业在国内梯度有序转移,是围绕发展新质生产力布局产业链、建设国家战略腹地和实现区域协同的重要举措。通过构建多产业部门动态量化空间均衡模型,本文发现增加自动化资本补贴将提升当地居民的长期均衡福利、促进区域协同。其核心机理在于企业迁入增多、劳动需求提升导致工资上升,该作用超过“机器换人”的替代效应。同时,自动化资本补贴政策导致制造业企业在区域间梯度转移:中部地区主要吸引东部企业迁入,而西部地区则主要吸引中部企业迁入。通过模型机制的数理分解,本文发现本地产业链溢出效应和同产业竞争效应分别发挥主要的正向和负向作用。本文的政策启示在于,优化自动化资本布局,加强中部地区的自动化激励,统筹西部和东部地区的自动化政策,依托国内产业链优势,推动实现区域协同。

关键词:自动化资本 企业空间布局 空间梯度 区域协同 动态量化空间均衡

一、引言

当前,全球价值链加速重构,国内大循环作为应对外需冲击、吸收不利影响的重要载体,是加快构建新发展格局的战略基点。然而,“不平衡不充分的发展”仍是制约中国经济发展的战略纵深优势和区域协同的核心问题。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》指出“优化产业布局,促进重点产业在国内有序转移”“推进国家战略腹地建设和关键产业备份”。面对国内经济结构转型、要素成本上升,亟须以加快发展新质生产力为着力点,强化中西部地区承接产业转移能力建设,完善产业在国内梯度有序转移的协作机制,推动中西部地区产业链的扎根与优化,建设国家战略腹地。企业的进入退出和空间布局是应对外部冲击,维持与提升产业竞争力的重要支柱(Arkolakis, 2016; 李芳华和王丽媛, 2024),也是以市场机制优化资源配置、实现区域经济协调发展的关键驱动力(吕大国等, 2019),事关经济高质量发展。因此,本文聚焦企业的进入退出和空间

* 裴建锁、陈哲昂、彭凯旋(通讯作者),中国人民大学应用经济学院,邮政编码:100872,电子信箱:jspei@ruc.edu.cn, zheang_chen@ruc.edu.cn, karry_p@ruc.edu.cn; 张蒙,首都经济贸易大学经济学院,邮政编码:100070,电子信箱:mengzhang_z@cueb.edu.cn。本文研究得到研究阐释党的二十大精神国家社会科学基金重大项目(23ZDA033)的资助。作者感谢傅春杨、赵扶扬、刘松瑞、张博骁和匿名审稿专家的宝贵建议。当然,文责自负。

布局,探究以市场机制推动产业在国内梯度有序转移的理论机理并开展量化模拟。

微观企业的进入退出和空间布局决策,取决于对各地区未来的期望总利润与退出市场的残余价值之间的权衡(Caliendo & Parro, 2020)。其中,要素成本直接影响着企业的生产运营成本和利润。在劳动力价格持续上升的背景下,机器人等自动化资本能够减少对廉价劳动力的依赖(李磊和马欢, 2023),降低企业的要素成本并提升企业利润。与此同时,不同地区间、上下游产业间存在中间品关联,自动化资本的影响会沿产业链延伸(陈东和秦子洋, 2022;程文, 2021;段玉婉等, 2023;胡翠和王宁, 2024),进一步降低了劳动力成本差异对区域产业转移的影响。事实上,由于沿海地区的自动化投入明显高于内陆地区,发展水平更高的沿海地区开始出现工业回流的现象(孙早和侯玉琳, 2021)。但在区域协同视角下,自动化资本能够促进欠发达地区更高质量地参与国内大循环和全球价值链(黄亮雄等, 2023),降低地区间收入差异。那么,提升以机器人为代表的自动化资本的应用水平,如何影响企业的进入退出和空间布局决策?鼓励中西部地区使用自动化资本的政策能否促进产业在国内梯度有序转移、助力实现区域协同?对居民福利又有何种影响?

对上述问题,已有文献从新经济地理学产业梯度转移模式(孙早和侯玉琳, 2021)、价值链分工和竞争(黄亮雄等, 2023)、劳动力空间配置(陈媛媛等, 2022)、资本流动和创新经济地理格局(丁焕峰等, 2023)等视角,探讨了机器人、人工智能等自动化技术和资本如何影响产业、劳动、资本、创新等资源的宏观空间布局。微观企业方面,已有部分实证研究探讨了自动化资本影响企业进入退出和地理格局的模式和机理(李磊和马欢, 2023;李磊等, 2023)。这些文献的研究结论显示,自动化资本有助于吸引企业、资本等进入,并且减少企业退出。^①

在相关研究基础上,本文通过构建多地区、多产业部门的动态量化空间均衡模型,分析地区自动化资本鼓励政策对企业空间布局的影响机理,并量化总体福利效应。研究发现,增加自动化资本补贴后,虽然短期内受到“机器换人”的影响,居民福利相对下降,但由于新企业的迁入提升工资,当地长期福利收益为正,其中中部地区的自动化资本补贴可以产生更为明显的福利收益。自动化资本补贴政策驱动了制造业企业的区域间梯度转移:增加自动化资本补贴时,中部地区主要从东部地区吸引企业迁入,而西部地区则主要从中部地区吸引企业迁入。^②通过进一步分解模型中的驱动力,发现在上述区域间梯度转移中,产业链溢出效应(同产业竞争效应)起到了正向(负向)的主导作用。

① 本文发现,围绕劳动力市场的文献间佐证了企业的空间动态。虽然自动化资本降低了企业层面的劳动需求(王永钦和董雯, 2020),但在区域层面并未发现就业水平的明显下降(陈媛媛等, 2022;孔高文等, 2020),可能的解释在于自动化资本改变了企业的空间布局,在区域层面产生广延边际影响。本文从企业空间布局视角,在统一框架下解释了企业和区域层面所观察到的不一致。

② 本文所研究和量化的自动化资本政策属于“区位导向型”产业政策。因篇幅所限,关于其理论依据及文献梳理相关内容详见本刊网站登载的附录。

相较现有文献,本文的主要贡献包括:第一,在研究视角上,关注自动化资本这一新型生产要素,补充了企业空间布局决策的微观基础。已有研究关注了自动化资本和企业空间布局之间的关联,包括促进企业进入(黄亮雄等,2023)、减少企业退出(李磊和马欢,2023;李磊等,2023)、改变企业集聚和迁移方向(王林辉等,2022)等。这些研究暂未详细刻画自动化资本的内生动态积累、产业链的作用、居民福利的动态演化等动态均衡特征。本文创新性地空间一般均衡框架下揭示企业的进入退出及迁移规律,并通过竞争效应、产业链溢出效应和要素成本净效应等厘清机制链条。第二,在研究方法上,本文基于陈媛媛等(2022)、陈东和秦子洋(2022)、王永钦和董雯(2020)的因果识别研究,并在吴立元等(2023)、程文(2021)的宏观模型基础上增加空间视角。现有基于量化空间均衡方法的文献多着眼于劳动力迁移,本文则进一步允许企业内生地选择生产经营所在地或退出市场,为研究产业转移和区域协同等问题提供了可行的模型框架。此外,本文基于动态均衡的分析能够刻画自动化资本的内生积累,以及从短期“机器换人”到长期“吸引企业迁入、提升劳动需求”的过程中居民福利的动态变化。第三,在现实中,模型较好地解释了中国制造业企业近年来的空间布局,模拟了自动化资本鼓励政策的影响,揭示了企业在国内区域间的梯度转移特征。本文的量化研究探讨了“区位导向型”产业政策的长期均衡收益和区域异质性,为促进产业在国内梯度有序转移、围绕发展新质生产力布局产业链、推动建设国家战略腹地和实现区域协同等提供了可行的路径选择。

本文后续安排如下:第二部分梳理自动化资本与企业空间布局的相关文献并作评述;第三部分介绍动态量化空间均衡模型;第四部分介绍校准和估计模型参数的方法,并展示模型的量化结果;第五部分分解企业空间布局的驱动因素并加以解释;第六部分总结全文并提出政策建议和研究展望。

二、文献综述和特征事实

(一)自动化资本与企业空间布局

企业的进入退出和空间布局决策受区位导向性政策(郭峰等,2023)、税收和贸易政策(Suárez Serrato & Zidar, 2016; Fajgelbaum et al., 2019)、龙头企业(范剑勇等, 2021)等因素的影响,大量企业向某地区迁移时,形成了宏观层面的产业转移现象。经典雁阵理论揭示了产业在地区间转移的关键动力(Akamatsu et al., 1962):地区之间的发展阶段、收入水平及资源禀赋等差异引致要素成本和比较优势的动态变化,从而推动产业向要素成本更低的地区转移,形成发展阶段“雁阵式”相互继起的模式(蔡昉等,2009;陶新宇等,2017;孙晓华等,2018)。当前中国制造业存在由东部地区向中西部地区的转移(孙晓华等,2018),但随着劳动力成本的上升,中国企业更大范围地使用以人工智能、机器人为代表的自动化资本(Fan et al., 2021),劳动力成本对利润的影响被弱化,产生了有别于传统梯度转移或经典雁阵理论的产业转移现象(王林辉等,2022;李磊和马欢,2023;李磊等,2023)。有研究

表明,沿海地区的机器人投入明显高于内陆地区,导致资本向发达地区回流(丁焕峰等,2023)。

本文发现了若干特征事实。^①从总体趋势来看,新注册企业与新增机器人、存量企业与存量机器人都呈现相似的增长趋势;从经验事实来看,2013—2019年机器人的存量与企业进入数量占全国之比显著正相关,并且与企业的退出率显著负相关,排除潜在反向因果问题后结果仍稳健。已有研究也发现,自动化资本能够作用于企业的进入退出和空间布局决策,如通过缓解最低工资政策的负面影响作用于企业进入退出(李磊等,2023)、增加企业进入和提高行业竞争度(黄亮雄等,2023)、引致发达国家“生产回岸”效应(李磊和马欢,2023)等。从企业角度,已有研究探讨了大规模企业主导(王林辉等,2022)、人力资本匹配(孙早和侯玉琳,2021)、异质性要素流动(丁焕峰等,2023)等因素。在理论上,鼓励中西部地区使用自动化资本的政策将促进产业在国内梯度有序转移,从而实现缓解外部冲击风险、推动区域协调发展等优化目标。在方法上,上述文献可从两个方面拓展:一是在统一的动态一般均衡框架下,解释企业空间布局的内生变化,并考察居民福利所受影响。二是突破要素成本视角,在模型中分解和量化竞争效应、产业链溢出效应等机制。鉴于此,本文将对动态量化空间均衡模型加以拓展。

(二)自动化与产业间溢出效应

对于以机器人为代表的自动化资本的影响,现有文献从成本结构、生产率、贸易结构、包容性增长等视角进行了分析。自动化“机器换人”将降低生产环节的要素成本(Acemoglu & Restrepo, 2018)、稳定企业的边际成本(吴立元等,2023)、影响生产分割程度和生产率(Acemoglu & Restrepo, 2022),并且促进产业内包容性增长(陈东和秦子洋,2022),推动宏观经济增长和生产率提升(程文,2021)。在开放经济中,优化自动化供给还有助于强化中国与世界其他地区的供给和需求网络(胡翠和王宁,2024),推动更高质量地参与全球价值链(黄亮雄等,2023)。然而,关于劳动力市场,现有研究对自动化与就业的关系并未得出一致结论(陈媛媛等,2022;孔高文等,2020),也未发现自动化对企业工资水平的明显影响(王永钦和董雯,2020)。

在各产业的生产关联日趋紧密的背景下,人工智能应用(陈东和秦子洋,2022)、上下游产业集聚(胡翠和谢世清,2014)、产业政策(王贤彬和陈春秀,2023)、贸易政策和成本(段玉婉等,2023)以及税收激励(蔡宏波等,2023)等都会通过产业间关联产生溢出效应。已有研究发现,地理上靠近上下游头部企业所在城市的企业更易受益于产业外部性,且产业链集聚水平越高,企业对该距离的变化越敏感(范剑勇等,2021)。因此,在研究自动化资本的影响及产业链溢出效应时,企业的进入退出和空间布局动态对产业链结构及空间竞争格局的重塑作用不容忽视。企业的进入退出动态一方面会通过其供应商和客户关联传导至整个生

^① 因篇幅所限,相关内容详见本刊网站登载的附录。

产网络,并通过规模经济的渠道扩大产业链的初始冲击(Baqaee, 2018);另一方面也会放大外商投资、开发区政策等冲击作用,影响上下游企业的生产率(杨红丽和陈钊, 2015)、信贷约束(卞泽阳等, 2021)、定价能力(毛其淋和许家云, 2016)。因此,研究某一区域性因素时,不仅需要评估本地产业链的作用,也需要考量全国生产网络的影响。

三、理论模型

本文构建了一个包含企业动态的多地区、多产业部门的动态量化空间均衡模型,并进行模拟评估,从而充分追踪空间因素的作用(赵扶扬等, 2022)。假设经济体有 J 个产业部门,包含一个自动化资本生产部门,每个产业部门的企业可选择生产经营或退出市场。用上标 j 和 k 表示相应产业部门。经济体内共有 N 个地区,分别用上标 i 和 n 表示相应地区。离散的时间用 $t = 0, 1, 2, \dots$ 来表示。

(一)居民

居民每一时期提供一单位劳动,在完全竞争的劳动力市场获得工资。每一期,居民最大化当期的效用函数为:

$$C_t^n = \prod_{k=1}^J (C_t^{n,k})^{\alpha^k} \quad (1)$$

其中, $C_t^{n,k}$ 是 n 地区的居民在 t 时期对产业部门 k 最终品的消费。消费份额满足 $\alpha^k \geq 0, \sum_{k=1}^J \alpha^k = 1$ 。记 t 时期 n 地区 k 产业部门的产品价格为 P_t^{nk} 。

本文假设劳动力在同地区的不同产业部门间可自由流动。参考 Caliendo et al. (2019) 的研究,在每期消费结束后,居民选择最大化未来效用的居住地 i 。若选择搬离现地区 n ,则面临搬迁成本 $Moving^{n,i} > 0$,否则 $Moving^{n,n} = 0$ 。此外,居民存在个体偏好 ε_t^i ,服从均值为 0、分布参数为 v 的第一类极值分布。记贴现率为 $\beta \geq 0$, t 时刻 n 地区的居民总效用为 u_t^n ,则:

$$u_t^n = \log(C_t^n) + \max_{i=1,2,\dots,N} \{ \beta E_i(u_{t+1}^i) - Moving^{n,i} + \varepsilon_{t+1}^i \} \quad (2)$$

记 $U_t^i = E_i(u_t^i)$ 为 i 地区的总期望效用,则根据第一类极值分布的性质,从地区 n 迁往地区 i 的居民占地区 n 总居民数之比为 $\mu_t^{n,i}$:^①

$$\mu_t^{n,i} = \frac{\exp\left(\frac{\beta U_{t+1}^i - Moving^{n,i}}{v}\right)}{\sum_{i'=1}^N \exp\left(\frac{\beta U_{t+1}^{i'} - Moving^{n,i'}}{v}\right)} \quad (3)$$

当 $t = 0$ 时, n 地区有 L_0^n 单位劳动。劳动力在地区间的分布动态满足:

$$L_{t+1}^n = \sum_{i=1}^N \mu_t^{i,n} L_t^i \quad (4)$$

① 因篇幅所限,相关证明详见本刊网站登载的附录。

(二)复合中间品生产

参考 Caliendo & Parro (2015), 企业和消费者均从垄断竞争的复合中间品市场购买产品。地区 n 产业部门 j 的复合中间品生产商的生产函数为:

$$Q_t^{nj} = \left(\sum_{i=1}^N M_t^{ij} (q_t^{ij, nj})^{\frac{\sigma^j - 1}{\sigma^j}} \right)^{\frac{\sigma^j}{\sigma^j - 1}} \quad (5)$$

其中, M_t^{ij} 表示 i 地区 j 产业部门的企业数; σ^j 表示产业部门 j 中不同企业之间的替代弹性, 且 $\sigma^j > 1$; $q_t^{ij, nj}$ 为位于地区 n 产业部门 j 的企业从地区 i 购买的中间品。从中可知, 最小化成本的中间品理想价格指数与各地区和产业部门的企业数有关。由于替代弹性 $\sigma^j > 1$, 随着上游企业数量增多, 同产业部门的竞争效应将降低复合中间品的成本。

(三)中间品生产和自动化资本

地区 n 产业部门 j 的企业投入基础要素生产增加值记为 va_t^{nj} , 由此形成的增加值占企业总产值之比为 γ^j 。设生产率为 a^{nj} , 从产业部门 k 购买上游中间品 $z_t^{k, nj}$, 则其生产函数为:

$$q_t^{nj} = a^{nj} (va_t^{nj})^{\gamma^j} \prod_{k=1}^J (z_t^{k, nj})^{\gamma^{k,j}} \quad (6)$$

本文参考 Acemoglu & Restrepo (2018), 将增加值的生产过程划分为若干生产任务, 其范围用区间 $[0, 1]$ 表示, 不同生产任务间的替代弹性为 $\zeta > 1$ 。^① 定义非自动化生产任务的区间长度为 θ_A^{nj} , 即得企业要素成本为:

$$p_t^{va, nj} = \left[\theta_A^{nj} \left(\frac{W_t^n}{A_L^{nj}} \right)^{1-\zeta} + (1 - \theta_A^{nj}) \left((1 - s^{m,n}) P_t^{m,n} \right)^{1-\zeta} \right]^{\frac{1}{1-\zeta}} \quad (7)$$

其中, W_t^n 和 $P_t^{m,n}$ 分别为 n 地区的居民工资和自动化资本使用成本; $s^{m,n}$ 为对自动化资本的补贴强度, 是后文开展量化模拟的主要参数。由式(7)知, 由于 $\zeta > 1$, 自动化资本补贴政策会降低企业要素成本, 从而压缩生产总成本。根据式(7)可得要素成本随时间变化的动态路径。^②

式(6)中, $z_t^{k, nj}$ 是企业从本地 k 产业部门购买的中间品, 由于上游企业的生产成本和技术可影响下游企业, 这使得政策效果能够在不同产业部门间传导。由式(6)可推出成本最小化下的企业要素成本函数 x_t^{nj} 。企业利润最大化条件下, 由垄断竞争的中间品市场结构可知, 企业的总利润为:

$$\pi_t^{nj} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma^j - 1} \frac{x_t^{nj}}{a^{nj}} (q_t^{nj, ij}) \quad (8)$$

(四)企业动态选址决策

本文采用离散选择模型来刻画企业的选址决策。记 v_t^{nj} 为企业 t 时刻在 n 地区 j

① 因篇幅所限, 关于自动化作用于企业增加值生产的具体设定相关内容详见本刊网站登载的附录。

② 因篇幅所限, 相关动态及“精确变化量算法”的设计过程不在正文中展开叙述, 留存备索。

产业部门从事生产的利润贴现和; v_t^{Oj} 为停止生产的残余价值, 主要源于企业停止生产后迁入其他地区从事生产并获取更高价值的可能性。记期望价值分别为 $V_{t+1}^{nj} \equiv E_t(v_{t+1}^{nj})$ 和 $V_{t+1}^{Oj} \equiv E_t(v_{t+1}^{Oj})$, 跨期贴现率为 β 。企业每一期的收入都受异质性冲击的影响(分别记为 ϵ_t^{nj} 和 ϵ_t^{Oj})。

在 t 时刻, 在 n 地区 j 产业部门生产的企业赚取垄断竞争利润 π_t^{nj} 。每家企业在留存生产(nj)和停止生产(Oj)间选择未来价值最大的, 即:

$$v_t^{nj} = \pi_t^{nj} + \max_{n, O} \{ \beta V_{t+1}^{nj} + \epsilon_t^{nj}; \beta V_{t+1}^{Oj} + \epsilon_t^{Oj} \} \quad (9)$$

停止生产的企业当期不赚取任何利润, 但下一期可以迁入价值最高的地区, 并在新迁入地区 h 的产业部门 j 支付进入成本 ϖ_{t+1}^{hj} , 即:

$$v_t^{Oj} = \max_{h \in \{1, 2, \dots, N, O\}} \{ \beta (V_{t+1}^{hj} - \varpi_{t+1}^{hj}) + \epsilon_t^{hj} \} \quad (10)$$

同时, 假设企业价值存在异质性冲击 ϵ_t^{nj} 和 ϵ_t^{Oj} , 冲击独立同分布于第一类极值分布, 其均值为 0、分布参数为 V 。由第一类极值分布的性质可得, 企业的期望价值是当期利润和未来各选择下期望价值的求和形式。^①

记 $\varphi_t^{nj, nj}$ 为企业留在当地继续从事生产的比例, 由第一类极值分布得:

$$\varphi_t^{nj, nj} = \frac{\exp\left(\frac{\beta}{V} V_{t+1}^{nj}\right)}{\sum_{h=O, n} \exp\left(\frac{\beta}{V} V_{t+1}^{hj}\right)} \quad (11)$$

停止生产的企业比例为 $\varphi_t^{nj, Oj} = 1 - \varphi_t^{nj, nj}$ 。记 $\varphi_t^{Oj, nj}$ 为上一期停止生产的企业迁入地区 n 从事生产的比例, 若下一期仍不进入市场则 $n = O$, 即:

$$\varphi_t^{Oj, nj} = \frac{\exp\left(\frac{\beta}{V} (V_{t+1}^{nj} - \varpi_{t+1}^{nj})\right)}{\sum_{h \in \{1, 2, \dots, N, O\}} \exp\left(\frac{\beta}{V} (V_{t+1}^{hj} - \varpi_{t+1}^{hj})\right)} \quad (12)$$

地区 n 产业部门 j 从事生产的企业数 M_t^{nj} 为上一期留存企业数和新迁入企业数之和; 停止生产企业数 M_t^{Oj} 为上一期从各地退出的企业数之和, 即:

$$M_{t+1}^{nj} = M_t^{nj} \varphi_t^{nj, nj} + M_t^{Oj} \varphi_t^{Oj, nj} \quad \forall n, j \quad (13)$$

$$M_{t+1}^{Oj} = \sum_{h \in \{1, 2, \dots, N, O\}} M_t^{hj} \varphi_t^{hj, Oj} \quad \forall j \quad (14)$$

(五) 自动化资本开发

自动化资本开发决定了自动化资本的供给规模, 从而影响成本 $P_t^{m, n}$ 。本文将自动化资本视为自动化相关设备制造业的特殊产品, 并使用上标 au 来表示专职生产自动化资本的厂商。存量自动化资本每期以 δ 的速率折旧, 因此这些厂商在每一期结束时, 需要投入劳动 $L_t^{n, au}$ 来维护和供应新一期的自动化资本。假设这些厂商在进入时支付进入成本 $\varpi_t^{n, au}$, 且满足长期均衡的零利润条件。专职自动化资本厂商

① 因篇幅所限, 相关证明详见本刊网站登载的附录。

的生产函数为:

$$Me_t^n = [(1 - \delta) Me_{t-1}^n]^\kappa (L_t^{n,au})^{1-\kappa} \quad (15)$$

其中, Me_{t-1}^n 表示第 $t-1$ 期自动化资本存量, Me_t^n 则为新产出的自动化资本存量; κ 表示自动化资本生产过程中的前期资本投入占总产出之比。

(六) 均衡

地区 i 产业部门 j 在生产时, 使用的中间品中来自地区 n 的比例为 $\lambda_t^{nj,i}$, 即:

$$\lambda_t^{nj,i} = \frac{M_t^{nj} [(1 + \tau^{nj,i}) x_t^{nj}]^{1-\sigma^j} (a^{nj})^{\sigma^j-1}}{\sum_{h=1}^N M_t^{hj} [(1 + \tau^{hj,i}) x_t^{hj}]^{1-\sigma^j} (a^{hj})^{\sigma^j-1}} \quad (16)$$

式(16)中, $\tau^{nj,i} \geq 0$ 表示地区间中间品流动的贸易成本。自动化资本补贴政策会作用于要素成本和总生产成本, 提高本地市场份额。设地区总收入为 I_t^n , 包含总利润 $\chi_t = \sum_{i=1}^N (\sum_{k=1}^J M_t^{ik} \pi_t^{ik})$ (假设每个地区的企业分配到总利润的固定比例 ℓ^n)、劳动收入和进入成本, 并减去政策支出, 即:

$$I_t^n = W_t^n \left(L_t^{n,au} + \sum_{j=1}^J L_t^{nj} \right) - s^{m,n} P_t^{m,n} Me_t^n + \varpi_t^{n,au} + \ell^n \chi_t \quad (17)$$

用 X_t^{nj} 表示 n 地区 j 产业部门的总支出为:

$$X_t^{nj} = \sum_{k=1}^J \gamma^{j,k} \sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{1}{\sigma^k} \right) \lambda_t^{nk,i} X_t^{ik} + \alpha^j I_t^n \quad (18)$$

劳动力市场出清条件为:

$$W_t^n L_t^n = W_t^n \sum_{j=1}^J L_t^{nj} = \sum_{j=1}^J \theta_A^{nj} \left(\frac{W_t^n}{A_L^{nj} p_t^{va,nj}} \right)^{1-\zeta} \gamma^j \sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{1}{\sigma^j} \right) \lambda_t^{nj,i} X_t^{ij} \quad (19)$$

自动化资本的市场出清条件为:^①

$$(1 - s^{m,n}) P_t^{m,n} Me_t^n = \sum_{j=1}^J (1 - \theta_A^{nj}) \left(\frac{(1 - s^{m,n}) P_t^{m,n}}{p_t^{va,nj}} \right)^{1-\zeta} \gamma^j \sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{1}{\sigma^j} \right) \lambda_t^{nj,i} X_t^{ij} \quad (20)$$

四、自动化资本的影响分析

(一) 模型校准与参数估计

以2017年为初始时期, 模型中的一期对应一年, 初期的数据来源及处理过程简述如下。

劳动力数据方面, 采用第七次全国人口普查数据中15—65岁人口比例, 结合《中国统计年鉴》2017年各省年末人口确定各地区总劳动力。其他国家劳动力数据源于Penn World Table。使用百度迁徙数据库中地区间的迁入迁出数据, 汇总整理

① 此处本文并未假设自动化资本在全国范围内可跨地区交易, 主要原因是该假设下国内不同地区的自动化资本价格应较为接近, 即便有差异也主要是由贸易壁垒所致。但数据显示各地区自动化资本的价格差异较大, 并未支持该假设。例如, 2017年各地自动化资本采购价格的均值为1.8400万元, 标准差则高达33.6573万元。

成初期人口迁移矩阵。^①初期的工资水平依据《中国统计年鉴》2017年校准。

贸易数据方面,采用Chen et al.(2023)多区域投入产出表校准初始的国内区域贸易结构;使用OECD的投入产出表,校准初始的国内外贸易结构。合并后的投入产出表包含全国31个地区以及1个合并的世界其他地区(RoW)。特别地,本文将表中的部门加总为9个,其中自动化相关设备制造业部门包括机械设备、计算机、仪器等产业。^②

企业空间布局数据方面,使用2017年的企业空间布局数据,校准初始时刻的企业空间布局情况,数据源于中国工商注册全信息数据中各年度、各产业部门(行业)、各地区的注册、注销企业数量。国外各产业部门的企业进入和退出概率数据源于OECD数据库中的企业统计数据库,初期企业存量数据则依据Caliendo & Parro(2020)汇总处理。

在进入成本数据方面,本文汇总了各省2017年的土地交易数据,计算了平均工业用地价格,数据来源于中国土地市场网。由于土地价格无法完全涵盖进入成本,本文依据商服用地成本、黄文彬(2024)的固定比例法做了两项稳健性检验。^③

自动化数据方面,参考李磊等(2023)的拆分思路,将国际机器人联合会公布的行业层面机器人存量分解到地区层面。价格方面,使用2015—2017年的海关机器人进口数据,计算初期的机器人平均价格。^④

模型参数方面,各部门的最终消费份额 $\{\alpha^k\}_{k=1}^J$ 校准为投入产出表中居民对不同行业的最终支出占比。主观贴现因子 β 采用常用取值0.99。产品的跨地区替代弹性取 $\sigma^j = 4$ 。增加值系数 γ^j 校准为投入产出表各部门的增加值占总投入之比。企业生产增加值时,生产任务间的替代弹性 ζ 取值为2。^⑤对中间品生产部门的上游中间品投入 $\gamma^{k,j}$,校准为投入产出表中各部门各上游中间品的投入价值占总投入价值之比。自动化生产部门的劳动报酬份额 $(1 - \kappa)$ 视为自动化相关设备制造业的劳动报酬占总产出之比,为0.48。每个地区在全球利润组合中的份额依据初期投入产出表的数据校准。在迁移参数中,居民个体偏好的分布参数 v 参考陈斌开和赵扶扬(2023)的估计结果,取值为5.7985。企业价值冲击的分布参数 V 参考Caliendo & Parro(2020)构造回归模型,同时借鉴陈斌开和赵扶扬(2023)引入Bartik工具变量,最终得 $V = 23.4518$ 。^⑥

① 受限于数据可得性,这里使用了2020年的数据计算各省之间的迁移矩阵。

②③ 因篇幅所限,相关内容详见本刊网站登载的附录。

④ 据国际机器人联盟以及国家统计局发布的数据,模拟初期我国机器人70%以上依赖进口,因此进口价格具有较好的代表性。

⑤ 对该替代弹性,Galle & Lorentzen(2024)取1.29,Berg et al.(2018)则取2.5为最小替代弹性。本文主体部分取了2,同时代入Galle & Lorentzen(2024)和Berg et al.(2018)的做法发现,对制造业中各地区的企业数占比的预测误差在0.0123%以内。因篇幅所限,相关内容详见本刊网站登载的附录。

⑥ 因篇幅所限,相关内容详见本刊网站登载的附录。

(二)情境设定

为量化自动化资本有关政策的经济效益,本文首先反事实模拟了2017—2018年部分地区降低自动化资本补贴的情境,通过与基准情境的对比评估政策的效果。为此,本文收集了2017—2018年中国省级(直辖市)层面的、与自动化资本补贴有关的鼓励政策。^①受限于政策是否可量化,本文选取安徽补贴政策作为中部地区的代表性政策,将取消该补贴的模拟情境记为反事实情境1;选取天津、浙江和广东补贴政策作为东部地区的代表性政策,^②将取消这些补贴的模拟情境记为反事实情境2。上述反事实设定具有较好代表性。基于此,本文模拟新增自动化资本补贴的政策效益:政策模拟情境1为所有中部地区增加15%的自动化资本补贴的情形;政策模拟情境2为在西部地区增加15%的自动化资本补贴的情形;政策模拟情境3为在东部地区增加15%的自动化资本补贴的情形。现实中补贴竞赛可能会削弱政策效果,因此,本文假设各地区新增自动化资本补贴政策是地方政府评估其经济效益后,由中央允许和调控。^③

(三)福利分析

本文参考Caliendo et al.(2019)评估了居民总体福利变动,并通过稳态均衡下各地区的居民效用量化长期均衡福利变动。全国和地区层面的福利通过初期的各地劳动力份额加权。结果如表1所示。

表1展示了各情境下的居民福利变化。安徽降低自动化资本补贴后(反事实情境1),全国的总体福利有所下降(1.1991%)。在安徽所在的中部地区,总体福利损失(0.2670%)小于长期均衡下的福利损失(0.6310%),原因在于降低自动化资本补贴时“人换机器”导致劳动需求上升、工资提升,但长期来看企业迁出、劳动需求下降,福利损失扩大。其他地区的总体福利受损,这是由于安徽各产业部门的生产成本和产品价格上升、市场需求下降;东部地区是安徽最大的中间品供应商和市场需求方,因此该地区的总体福利损失最明显。其他地区长期均衡福利损失均小于总体福利损失,源于企业迁入导致工资上升;同时,本地同产业竞争加剧、压低最终品价格,减缓长期均衡下福利损失。

东部地区降低自动化资本补贴(反事实情境2)的影响较小。全国层面的总体福利略微上升0.0060%,其中东部地区“人换机器”导致总体福利上升0.3861%,但长期稳态均衡下企业流出、福利受损(下降0.0419%)。其他地区短期内受到福利损失,原因与反事实情境1类似;由于中部地区对东部地区的中间品和下游需求的依赖最高,其所受影响高于其他区域。其他地区长期稳态的福利损失低于总体福利损失,源于这些地区接收了多数东部地区流出的企业。对比两个反事实情境可知,

① 因篇幅所限,相关内容详见本刊网站登载的附录。

② 这三个东部省份的经济体量之和较大,具有较好代表性。

③ 中央层面调控地方的产业政策,手段包括转移支付、政策规制等,后者的依据包括国务院办公厅印发的《关于规范招商引资行为促进招商引资高质量发展若干措施》,以及国家发展改革委印发的《全国统一大市场建设指引(试行)》,等等。

中部地区(安徽)的自动化资本补贴在全国层面具有更大的福利净改善效果。这是因为东部地区产业规模庞大,同产业竞争对产品价格的高低作用更明显,产业链配套更完善,要素成本上升的影响较小。

中部地区增加15%的自动化资本补贴(政策模拟情境1)后,全国总体福利提升3.1182%、长期均衡福利提升1.9086%。中部地区短期内受到“机器换人”的影响,实际工资下降、总体福利受损(3.0496%),但长期稳态均衡下的福利收益为2.8222%,即鼓励使用自动化资本吸引企业迁入、提升劳动需求和收入水平,长期均衡下的福利收益为正。其他地区的总体福利和长期均衡福利均为正,这源于中部地区要素成本下降后,该地区的生产成本和产品价格下降,从而降低了其他地区面临的中间品和最终品成本,市场需求提升,利润增加;同时,中部地区本地的生产成本下降、市场需求扩张,导致本地企业对其他地区的中间品需求提升。与反事实情境1类似,东部地区是中部地区的最大中间品和下游需求来源,总体福利增长最为明显。长期均衡下,其他地区的福利收益小于总体福利收益,原因在于中部地区增加自动化资本补贴导致企业部分流向中部地区,导致劳动需求减少、工资率下降。

西部地区增加15%的自动化资本补贴(政策模拟情境2)与政策模拟情境1类似,区别仅在政策发生地和总体福利损失地变为西部地区。对其他地区而言,全国总体福利和长期均衡福利的变动均为正,机理与反事实模拟情境1类似。东部地区同样是西部地区最大的中间品供应商和下游市场,因此东部地区受到的总体福利改善最为明显。这些地区总体福利改善大于长期福利改善,同样源于部分企业从其他地区迁入西部地区,从而造成本地的劳动需求和工资提升、最终品成本下降。从中可归纳,在中西部地区鼓励自动化将有助于提升当地的长期福利和区域协同水平;相比西部地区,中部地区的自动化资本利用程度更高,中部地区的自动化资本补贴能产生更明显的福利改善效果。

东部地区增加15%的自动化资本补贴(政策模拟情境3)与政策模拟情境1类似,本地福利由于短期内“机器换人”而下降2.8987%;但在长期稳态均衡下,新企业的迁入会使得本地福利实现0.7462%的正收益。此外,全国总福利受到0.3233%的损失,原因在于东部地区自动化资本应用范围较广,大范围的“机器换人”会导致短期的全国层面福利下降。其他地区的总体福利和长期福利均获得正的收益,背后机理同上述政策模拟情境,其中中部地区邻近东部地区,上下游关联更密切,总体福利增益最大。这些地区长期福利收益大于总体福利收益,也源于部分企业迁入东部地区,劳动需求增加,并通过同产业竞争压低最终品成本。相比中西部的政策情境,东部地区实施自动化资本补贴政策后,本地和全国的长期均衡福利收益较小,全国层面总体福利的损失更大,主要原因在于东部地区同产业竞争效应更大,一定程度上减弱了各时期内企业迁入的动力,中间品成本、下游需求的溢出效应增长不明显。当然,东部地区的补贴政策对中部地区的产业链正向溢出略高于西部地区的补贴政策,源于该地区的产业链上下游影响

力更大。

概括来说,本文发现,自动化作用下居民福利形成了从短期“机器换人”的替代效应主导向长期“吸引企业迁入、提升劳动需求”的规模效应主导的转变。^①换言之,在劳动力市场上,企业空间布局变化产生的“新工作”超过了短期“机器换人”的负面影响。^②福利变动所反映的企业空间布局变化将在下文作具体展示。

表 1 福利分析 单位: %

地区	变动量	反事实 1	反事实 2	政策模拟 1	政策模拟 2	政策模拟 3
东部地区	总体福利	-2.2168	0.3861	7.0001	2.8942	-2.8987
	长期均衡福利	-0.4328	-0.0419	1.5071	0.4376	0.7462
中部地区	总体福利	-0.2670	-0.3367	-3.0496	1.7466	1.7798
	长期均衡福利	-0.6310	0.0152	2.8222	0.3408	0.0606
西部地区	总体福利	-0.6655	-0.1954	3.0767	-0.1975	1.0838
	长期均衡福利	-0.5050	-0.0027	1.6846	0.9534	0.2671
东北地区	总体福利	-0.7756	-0.1623	3.1123	0.8781	1.3802
	长期均衡福利	-0.5355	-0.0227	1.8013	0.8752	0.4023
全国	总体福利	-1.1991	0.0060	3.1182	1.6219	-0.3233
	长期均衡福利	-0.5100	-0.0155	1.9086	0.5851	0.4187

(四)地区自动化补贴与企业退出率

根据前文的五种情境设定,各地区制造业产业的企业退出率 $\varphi_i^{nj,0j}$ 如图 1 所示。在安徽降低自动化资本补贴后(图 1(a)),各制造业企业退出率下降的趋势减缓,到 2030 年时,制造业企业退出率相比于基准情况上升 0.18 个百分点(相比基准上升 2.72%);当安徽地区降低自动化资本补贴时,对于原动态路径上准备在当地市场存续经营的企业而言,在安徽存续生产的经营利润和期望价值下降,企业退出动机因政策变动而增强。在东部代表性省份降低自动化资本补贴后(图 1(b)),制造业企业的退出率整体上升,但总体影响较小,主要原因是本地区竞争效应的缓解,在一定程度上抵消了要素成本的影响和其他地区的贸易竞争冲击,也与表 1 的数值结果相对应。

政策模拟方面,中、东、西部地区分别提高 15% 的自动化资本补贴后(图 1(c)、图 1(d)、图 1(e)),2030 年中部制造业企业退出率相比于基准情况分别下降 0.05 个、0.04 个和 0.01 个百分点(相较基准分别下降 1.84%、0.97% 和 0.32%)。上述模拟结果进一步印证了表 1 关于企业动态的判断。

① 对本地产业链配套、跨地区产业链溢出等的影响详见下一部分的量化结果。

② 因篇幅所限,关于劳动力空间布局的具体结果相关内容详见本刊网站登载的附录。

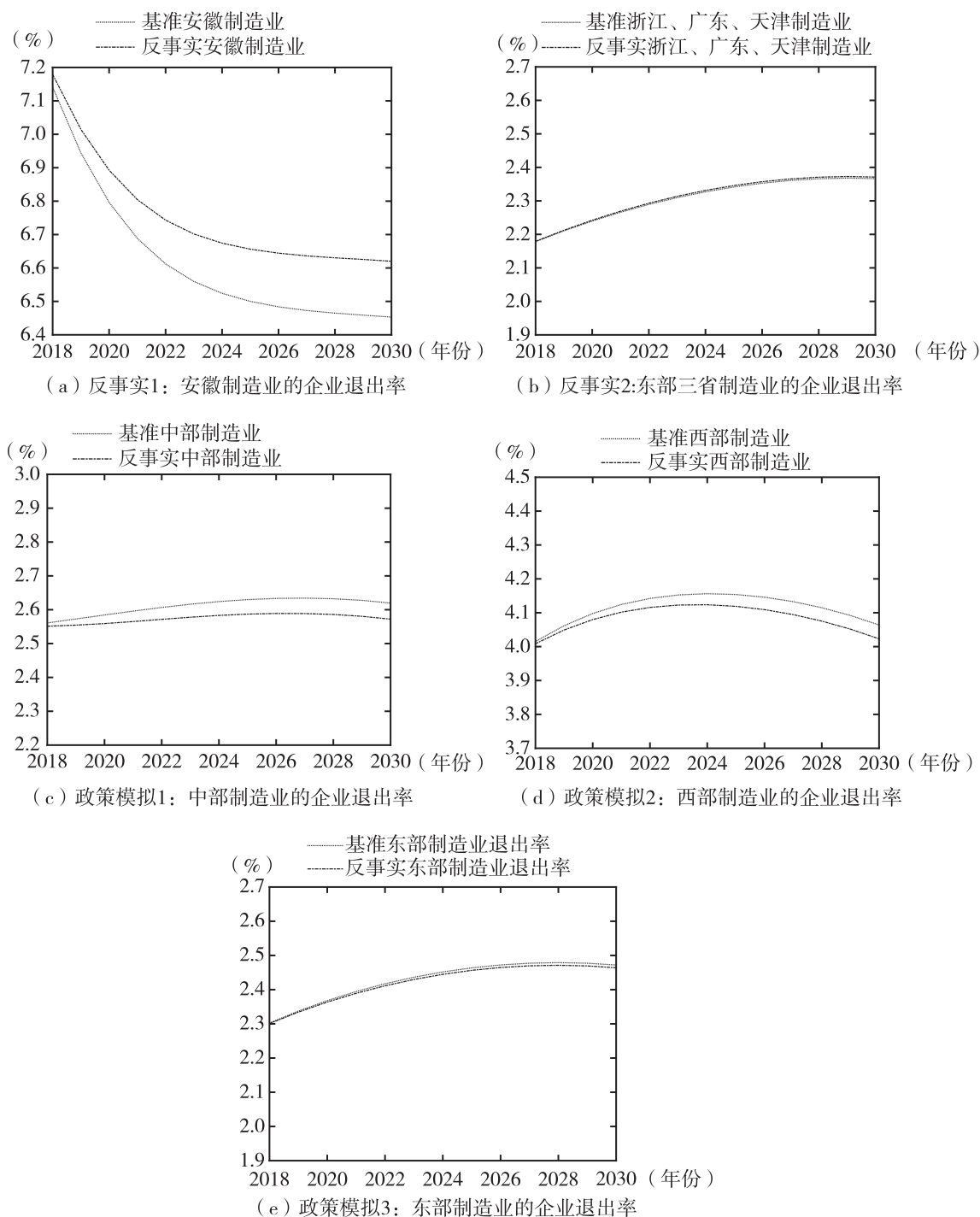


图1 各情境下的制造业企业退出率

(五)地区自动化资本补贴与企业迁入占比

本部分将以机器人制造业、其他设备制造业为例,展示各产业部门中各地区的企业迁入占全国之比 $\varphi_t^{oj,nj}$,如图2所示。

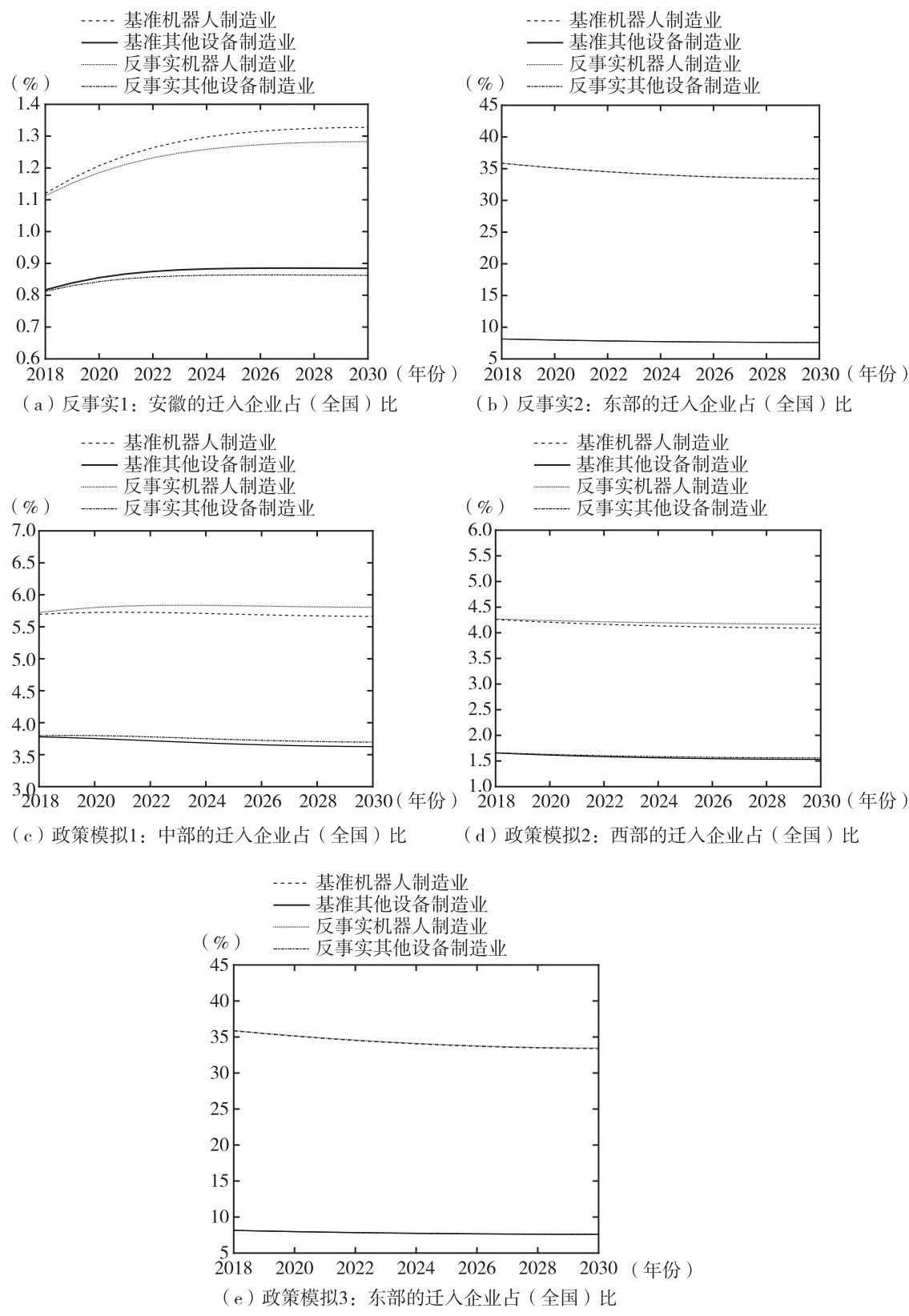


图2 各情境下的迁入企业占(全国)比

安徽降低自动化资本补贴后(图2(a)),2030年机器人制造业的企业迁入占比均下降0.04个百分点,其他设备制造业下降0.02个百分点。对等待进入市场的企业而言,由于补贴降低导致进入安徽地区的未来期望价值下降,其选择进入安徽的概率下降。东部地区降低自动化资本补贴对东部制造业的企业迁入占比影响较小(图2(b))。

在中、西、东部地区提高15%的自动化资本补贴时(图2(c)、图2(d)、图2(e)),补贴所在地的机器人制造业企业迁入占比分别上升0.14个、0.08个、0.04个百分点;其他设备制造业分别提升0.07个、0.03个、0.02个百分点。模拟结果均与表1对企业空间流动方向的判断相吻合。

(六)制造业企业存量的变动

图1和图2分别展示了企业退出率和迁入占(全国)比的变动,本部分进一步聚焦制造业企业总量的空间布局变动。图3(c)显示,若中部地区提高15%的自动化补贴,中部地区的制造业企业数占比将上升0.27个百分点(约27559家企业),主要来源于东部地区(下降0.19个百分点,约28087家企业)。图3(d)显示,若西部地区提高15%的自动化补贴,西部地区的制造业企业数占比上升0.12个百分点(约14404家企业),主要来源于中部地区(下降0.07个百分点,约5596家企业)。此外,图3(e)显示,若东部地区将自动化补贴提高15%,当地制造业企业占比将上升0.13个百分点,约10115家企业,主要来自中部地区(下降0.06个百分点,约7455家企业)和西部地区(下降0.05个百分点,约6765家企业)。

由此可归纳,在自动化资本补贴政策下,中国企业的空间布局动态将呈现区域间的梯度转移特征:中部地区主要从东部地区吸引企业迁入,而西部地区则主要从中部地区吸引企业迁入。一方面,东部地区的制造业产业规模较大,本地企业面临严峻的同产业竞争,邻近地区受到正向冲击会推动大量企业向该地区转移,该推力在西部地区补贴自动化资本时同样存在;另一方面,中部地区更依赖于本地产业链,但由于产业规模相比东部地区更小、产业链配套相对较弱,对产业迁移形成推力,^①这一推力超过了东部地区的同产业竞争推力。与此同时,中部地区的制造业企业退出时,主要向东部地区回流;对东部地区而言,减弱已有政策的影响较小,新增政策对企业空间布局的影响弱于中部政策、略高于西部政策。原因在于,东部地区具有较大的产业规模,政策减弱时本地区的同产业竞争得以缓解,政策增强时本地区同产业竞争导致企业经营预期下降;此外,产业规模构筑的产业链优势,使得在负面冲击下东部地区企业表现出较强的经济韧性。^②

① 本文下一部分用量化结果支撑了这一部分中的机理解释。

② 从下一部分可知,产业链溢出效应并非相对利润下降的主要驱动力,这解释了产业链成本优势对东部企业经济韧性的支撑作用。对于东部地区同产业竞争等机制的具体讨论也见下一部分。

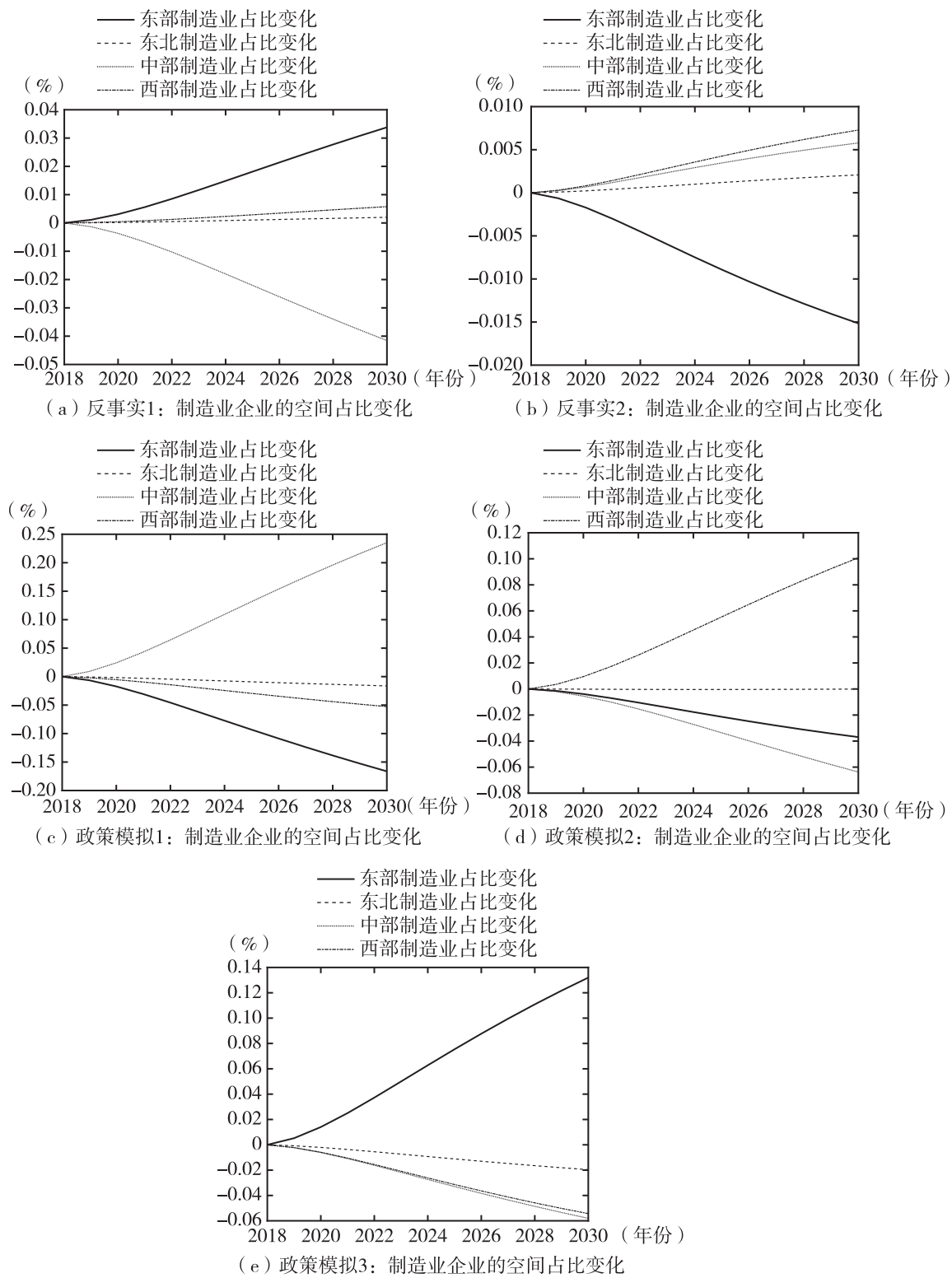


图3 各情境下制造业企业的空间占比变化

五、企业空间布局与利润

(一) 竞争效应、产业链溢出效应与要素成本净效应

各地区和产业部门之间存在产业链关联,企业的进入退出和空间布局决策将不断传导和扩大冲击的影响(Baqee, 2018)。本文借鉴其机制分解思路并应用于动态量化空间均衡模型,从而尝试拓展经典雁阵理论,丰富对产业迁移动能的构建和阐述。具体而言,自动化资本补贴直接影响企业要素成本,从而影响企业利润,企业由此调整进入退出和空间布局决策。大量企业的相似决策会影响各地区各产业部门的规模,后者通过竞争效应降低企业的利润、产生生产成本的产业链溢出效应,进一步影响企业决策。两种效应继续作用于企业空间布局和产业部门规模,以此循环往复,影响不断延展,逻辑示意如图4所示。

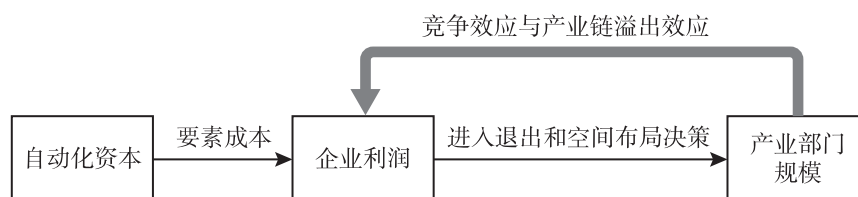


图4 企业空间布局驱动因素的逻辑链条

为深入探讨图4所示的逻辑,假设地区 n 在第0期出台对自动化资本的补贴政策(该情况用上标“ $'$ ”表示),则企业面临的自动化资本成本将低于基准情形,因此 $\theta_A'^{nj} < \theta_A^{nj}$,产生自动化资本调整 $d\log(1 - \theta_A'^{nj})/d\log s^{m,n}$ 。本文主要关注利润这个影响企业空间布局决策的关键变量。^①

(二) 数值分解结果

本部分聚焦于长期均衡下本地企业相对于国外企业的利润变动。因篇幅所限,以中部地区(反事实情境1和政策模拟情境1)为例展开分析。

反事实情境1的动态效应分解结果如图5所示。由图5可知,安徽本地区本产业部门的竞争效应和本地区其他产业部门的产业链溢出效应起主导作用。要素成本变动对安徽四个制造业部门的相对利润影响较小且主要影响轻工业(-0.43%)。自动化资本补贴降低后,由于企业外迁,安徽四个制造业部门的企业所面临的竞争压力下降,利润分别提升了2.52%、5.88%、1.75%和2.13%;产业链则进一步放大了政策的负面影响:本地区其他产业部门企业减少、中间品价格上涨,由此产生负的产业链溢出,分别为-2.18%、-2.20%、-3.09%和-3.27%。从其他地区的溢出效应角度看,其他地区本产业部门对安徽的产业链溢出效应超过贸易竞争效应,但影响弱于本地区同产业的竞争缓解效应。其他地区、其他产业部门的产业链溢出效应较小。

^① 因篇幅所限,相关内容详见本刊网站登载的附录。

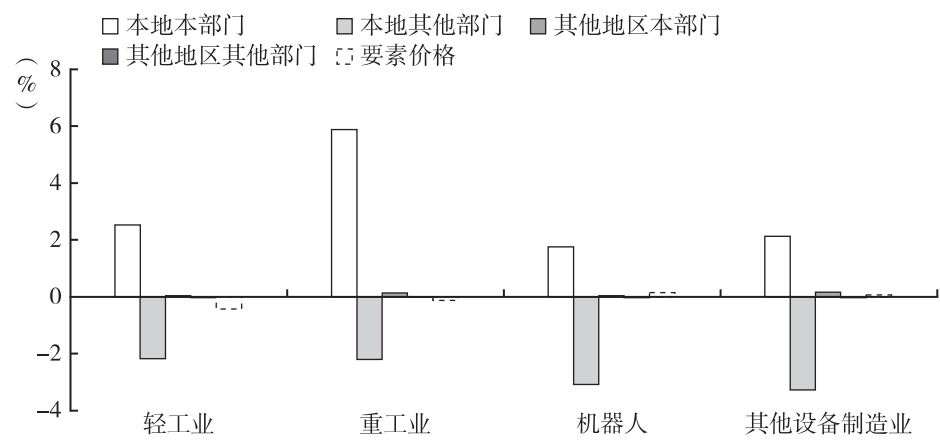


图5 反事实情境1:安徽各制造业部门的效应分解

中部地区增加15%的自动化资本补贴时(如图6),本地区本产业部门的竞争效应(负向)和本地区其他产业部门的产业链溢出效应(正向)起主导作用,要素成本

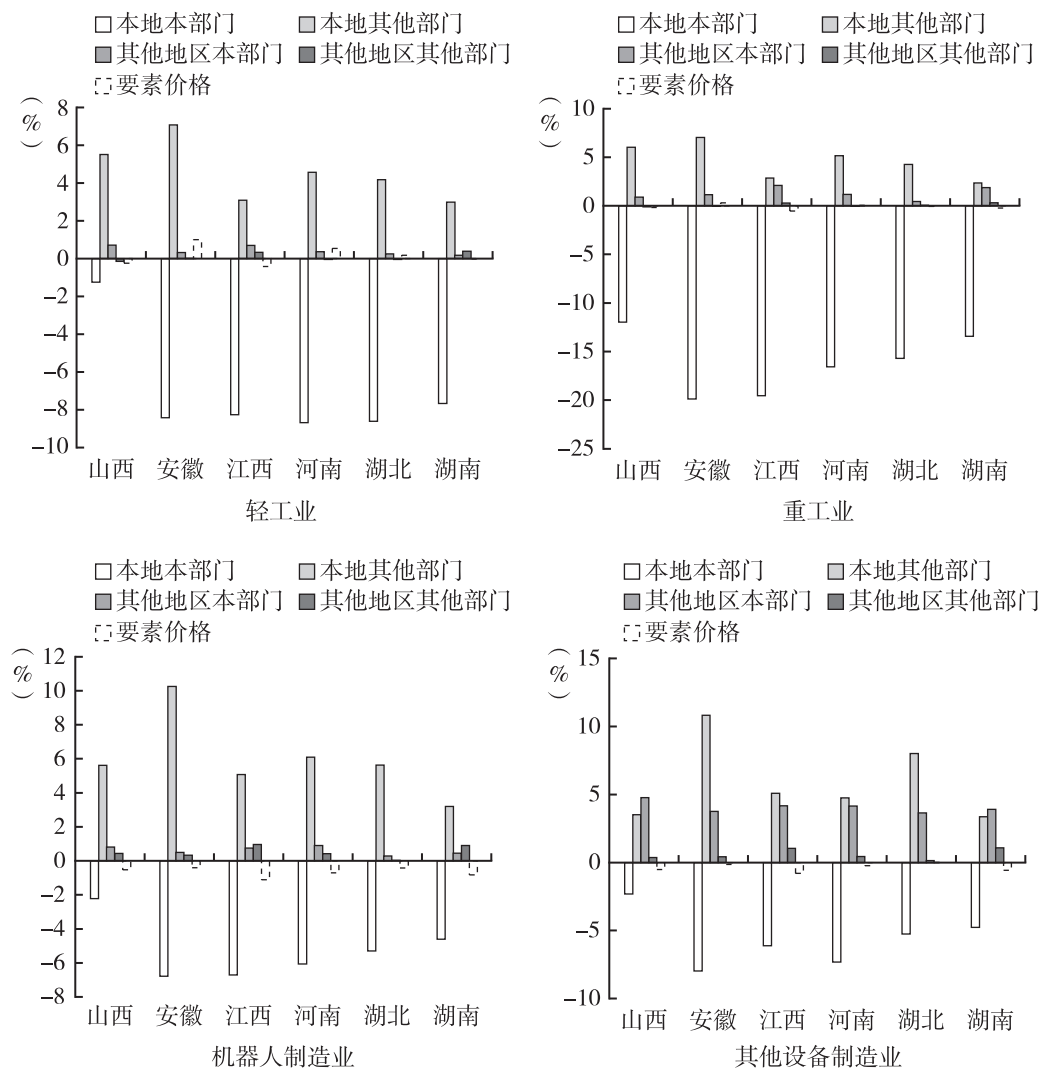


图6 政策模拟情境1:中部地区各制造业部门的效应分解

的净影响较小。从同产业竞争效应角度看,该政策导致中部各制造业部门的竞争加剧、利润下降,其中下降幅度最大的为重工业(平均达到16.18%)。可能的解释是中部地区新吸引的重工业企业数较多,因此同产业竞争压力增大和利润“摊薄”明显。从产业链溢出效应角度看,自动化资本补贴促进了本地区各产业部门的企业迁入,压低中间品价格,提升中部地区其他产业部门的企业利润。其中,安徽省的本地区产业链溢出效应最明显,四个制造业部门的利润增幅分别达7.07%、7.06%、10.25%和10.83%。同图5,这说明自动化资本补贴政策下,中部地区本地产业链的溢出效应进一步放大了政策效果,能够通过扩大和完善产业链持续促进企业迁入。其他地区本产业部门的溢出效应均为正,说明中部地区企业受到的其他地区本产业部门的产业链溢出效应超过了贸易竞争效应,利润实现净增长。其他地区其他产业部门的产业链溢出效应主要为正,表明中部企业受益于全国中间品生产网络的正向溢出效应,企业利润受到全国产业链的正向支撑。

六、结论、政策建议与研究展望

数据显示,自动化资本与企业迁入正相关,与退出率负相关。为刻画自动化资本如何改变企业的空间布局,本文构建了包含自动化资本和企业空间布局决策的动态量化空间均衡模型,在统一的理论框架下解释了自动化资本补贴所引起的企业变动和产业布局调整。

本文的量化模拟发现:第一,东部、中部和西部地区分别实施自动化资本补贴政策时,在长期均衡下,本地居民福利将分别提升0.7462%、2.8222%和0.9534%。该效果主要源于企业流入下的劳动需求扩张。其中,中部地区的自动化补贴政策所带来的福利收益最为明显。相比之下,东部地区实施补贴政策后,本地和全国层面的长期均衡福利收益较为有限,并且全国层面的总体福利损失更大。第二,自动化资本补贴将降低企业退出率,促进企业迁入,但是新增或取消已有的自动化政策对东部地区的影响较小,源于东部地区产业规模较大,政策退坡缓解同产业竞争,利润下降较少。第三,自动化资本的“区位导向型”补贴政策引发了制造业企业的区域间梯度转移。具体来看,中部地区在提高15%的自动化补贴后,其制造业企业占比相对上升0.27个百分点(约27559家企业),迁入企业主要来自东部地区(企业占比下降0.19个百分点,约28087家企业)。类似地,西部地区提高15%的自动化补贴后,制造业企业占比上升0.12个百分点(约14404家企业),主要来源于中部地区(企业占比下降0.07个百分点,约5596家企业)。东部地区减弱已有政策的影响较小,而新增的自动化资本补贴政策对企业空间布局的影响弱于中部地区,略高于西部地区。本文从同产业竞争、产业链等角度解释背后的机理,丰富和发展了经典雁阵理论对于产业转移驱动力的解释。

产业间关联的存在,传导并放大了企业进入退出和空间布局动态的影响,具体包括竞争效应和产业链溢出效应。本文的研究发现,要素成本的净效应普遍较小,中部地区企业的产业链溢出效应(同产业竞争效应)起到了正(负)向的主导作用。

政策模拟显示,中部地区的本地产业链溢出效应进一步放大了政策效果,能够通过扩展和完善产业链,从而促进新企业的迁入。中西部地区在吸引企业迁入过程中,整体上受益于全国产业链的支持,包括构建起总公司一分公司关联、承接全国产业链的中间品溢出效应。与此同时,尽管部分企业向中西部迁移,东部地区仍保留了各产业部门的核心技术和高端制造环节,具备较强的技术积累和创新能力。东部地区依托保留的各产业部门的核心技术和高端制造环节等产业链优势,具备较强辐射带动能力和产业升级的外溢效应,可持续增强对中西部地区的产业链支撑能力,推动形成更加有序的区域分工与协同发展格局。在东部地区新增自动化资本补贴政策的情境下,企业利润受到的影响有限。本产业部门的跨地区产业链溢出效应与本地区同业竞争效应分别构成主要的政策传导机制,而本地区产业链则进一步强化了政策效果。

近年来,全球产业链供应链面临重构,叠加国内劳动力成本上升,中国的产业链存在外迁迹象,价值链面临“脱钩断链”等严峻挑战。与此同时,中国的战略纵深优势并未得到充分发挥。这为中西部地区牢牢抓住自动化资本等新型生产要素,立足国内产业链加快承接产业转移创造了机会,也将有助于提升产业链供应链韧性和安全水平。

据此,本文提出以下政策建议。第一,发挥人工智能技术和自动化新基建的引领和赋能作用,推动中西部承接产业转移能力建设,优化重大生产力布局。本文发现,发展自动化资本有助于提升居民的长期福利,中部地区的福利收益更明显,而东部地区的企业经济韧性较强;产业链溢出效应是传导和扩大自动化政策影响的重要机制。因此,应着重加强中部地区的人工智能和自动化新基建建设,鼓励企业使用自动化资本;加强西部地区的自动化政策统筹,有序实现东部地区相关政策的梯次退坡;统筹土地、人才等政策协同,构建自动化资本政策发挥作用的长效机制,推动产业链在中西部地区扎根与落地,支撑国家战略腹地建设。

第二,围绕发展新质生产力布局产业链,推动完善产业在国内梯度有序转移的协作机制,充分发挥国内产业链和超大规模市场优势。本文研究发现,制造业企业存在区域间的梯度转移特征。因此,应精准施策,在中心城市、省域副中心城市、三线建设城市等创新要素和人力资本丰富、产业基础雄厚地区,承接自动化设备生产等技术密集型产业;在矿产资源丰富的地区,承接新材料产业转移并延伸产业链、提升附加值;在劳动力丰富、区位交通便利地区,承接高附加值劳动密集型产业;充分发挥现有国家级承接产业转移示范区的载体功能,通过自动化资本鼓励政策提升企业向中西部地区转移的内在动能。

第三,立足全国统一大市场价值链收益最大化,强化东部地区技术创新和产业升级对中西部地区的产业链外溢作用。本文研究发现,中部地区在吸引企业迁入的过程中,总体上受益于全国产业链的支持。因此,在部分东部企业迁出后,应引导东部地区更好利用其在电子元器件、电子设备、仪器仪表、通信设备等核心技术和高端环节方面的优势,更好地发挥其在发展新质生产力中的引领示范和辐射带

动作用,更加聚焦人工智能、大数据、生物技术等颠覆性技术与前沿技术,着力突破“卡脖子”环节,因地制宜建设具有国际竞争力的先进制造业集群。同时,推动东部与中西部地区之间形成更加有效的产业协作形态,依托通用大模型、新型储能等技术优势,在中西部培育开发新应用场景,推动区域产业协作方式向数实融合转变。

第四,完善与发展新质生产力相适应的新型生产关系。本文发现,鼓励使用自动化资本短期内会降低居民福利,但长期均衡下会吸引企业迁入,提升居民福利。因此,应有节奏、有重点地推进自动化资本使用,围绕劳动者权益保护、企业迁移和退出机制等先行试点改革举措,加强政策监督和效果评估;建立促进高质量发展的转移支付激励约束机制,在引导自动化资本的全国统筹方面适当加强中央事权,鼓励重点地区的自动化资本投入,拓展吸引企业梯度转移的发力空间。

未来可从以下方面拓展本文的研究内容:第一,对广延边际做更完整的讨论,如纳入自动化和人工智能技术的“新工作创造效应”。第二,刻画企业间已有的上下游关联黏性,避免低估区域间梯度转移强度。第三,进一步量化研究实际产业政策中的规模偏好、财政收支平衡等问题,为精准施策提供科学支撑。

参考文献

- 卞泽阳、李志远、徐铭遥,2021:《开发区政策、供应链参与和企业融资约束》,《经济研究》第10期。
- 蔡昉、王德文、曲玥,2009:《中国产业升级的大国雁阵模型分析》,《经济研究》第9期。
- 蔡宏波、汤城建、韩金谔,2023:《减税激励、供应链溢出与数字化转型》,《经济研究》第7期。
- 陈斌开、赵扶扬,2023:《外需冲击、经济再平衡与全国统一大市场构建——基于动态量化空间均衡的研究》,《经济研究》第6期。
- 陈东、秦子洋,2022:《人工智能与包容性增长——来自全球工业机器人使用的证据》,《经济研究》第4期。
- 陈媛媛、张亮、周亚虹,2022:《工业机器人与劳动力的空间配置》,《经济研究》第1期。
- 程文,2021:《人工智能、索洛悖论与高质量发展:通用目的技术扩散的视角》,《经济研究》第10期。
- 丁焕峰、张蕊、周锐波,2023:《工业智能化、要素流动与创新经济地理格局》,《统计研究》第8期。
- 段玉婉、方萱、陈斌开、吴利学,2023:《中间品市场、国内贸易成本与区域协调发展》,《世界经济》第11期。
- 范剑勇、刘念、刘莹莹,2021:《地理距离、投入产出关系与产业集聚》,《经济研究》第10期。
- 郭峰、曹友斌、熊云军、吕斌,2023:《国家级新区设立与企业空间布局:基于镇级面板数据的分析》,《经济研究》第8期。
- 胡翠、王宁,2024:《工业机器人与全球生产网络演化——基于量化结构模型方法的研究》,《中国工业经济》第1期。
- 胡翠、谢世清,2014:《中国制造业企业集聚的行业间垂直溢出效应研究》,《世界经济》第9期。
- 黄亮雄、林子月、王贤彬,2023:《工业机器人应用与全球价值链重构——基于出口产品议价能力的视角》,《中国工业经济》第2期。
- 黄文彬,2024:《人口流动、企业迁移与中央转移支付的空间配置效应》,《财贸经济》第11期。
- 孔高文、刘莎莎、孔东民,2020:《机器人与就业——基于行业与地区异质性的探索性分析》,《中国工业经济》第8期。
- 李芳华、王丽媛,2024:《“南下”还是“西进”——外部冲击下的企业区位选择》,《中国社会科学》第11期。
- 李磊、马欢,2023:《从“生产回岸”谈“稳外资”——基于发达国家机器人使用驱动的分析》,《管理世界》第

10期。

李磊、马欢、徐刚,2023:《最低工资、机器人使用与企业退出》,《世界经济》第1期。

吕大国、耿强、简泽、卢任,2019:《市场规模、劳动力成本与异质性企业区位选择——中国地区经济差距与生产率差距之谜的一个解释》,《经济研究》第2期。

毛其淋、许家云,2016:《跨国公司进入与中国本土企业成本加成——基于水平溢出与产业关联的实证研究》,《管理世界》第9期。

孙晓华、郭旭、王昀,2018:《产业转移、要素集聚与地区经济发展》,《管理世界》第5期。

孙早、侯玉琳,2021:《工业智能化与产业梯度转移:对“雁阵理论”的再检验》,《世界经济》第7期。

陶新宇、靳涛、杨伊婧,2017:《“东亚模式”的启迪与中国经济增长“结构之谜”的揭示》,《经济研究》第11期。

王林辉、姜昊、董直庆,2022:《工业智能化会重塑企业地理格局吗》,《中国工业经济》第2期。

王贤彬、陈春秀,2023:《重点产业政策与制造业就业》,《经济研究》第10期。

王永钦、董雯,2020:《机器人的兴起如何影响中国劳动力市场?——来自制造业上市公司的证据》,《经济研究》第10期。

吴立元、王仟、傅春杨、龚六堂,2023:《人工智能、就业与货币政策目标》,《经济研究》第1期。

杨红丽、陈钊,2015:《外商直接投资水平溢出的间接机制:基于上游供应商的研究》,《世界经济》第3期。

赵扶扶、陈斌开、傅春杨,2022:《动态量化空间均衡模型的理论进展与中国应用》,《中国工业经济》第9期。

Acemoglu, D., and P. Restrepo, 2018, “The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment”, *American Economic Review*, 108(6), 1488—1542.

Acemoglu, D., and P. Restrepo, 2022, “Demographics and Automation”, *Review of Economic Studies*, 89(1), 1—44.

Akamatsu, K., 1962, “A Historical Pattern of Economic Growth in Developing Countries”, *Developing Economies*, 1(S1), 3—25.

Arkolakis, C., 2016, “A Unified Theory of Firm Selection and Growth”, *Quarterly Journal of Economics*, 131(1), 89—155.

Baqae, D. R., 2018, “Cascading Failures in Production Networks”, *Econometrica*, 86(5), 1819—1838.

Berg, A., E. F. Buffie, and L. F. Zanna, 2018, “Should We Fear the Robot Revolution? (The Correct Answer is Yes)”, *Journal of Monetary Economics*, 97(5), 117—148.

Caliendo, L., and F. Parro, 2015, “Estimates of the Trade and Welfare Effects of NAFTA”, *Review of Economic Studies*, 82(1), 1—44.

Caliendo, L., and F. Parro, 2020, “The Quantitative Effects of Trade Policy on Industrial and Labor Location”, Yale University and Pennsylvania State University, mimeo.

Caliendo, L., M. Dvorkin, and F. Parro, 2019, “Trade and Labor Market Dynamics: General Equilibrium Analysis of the China Trade Shock”, *Econometrica*, 87(3), 741—835.

Chen, Q., Y. Gao, C. Pan, D. Xu, K. Cai, D. Guan, Q. He, S. Li, W. Liu, B. Meng, Z. Wang, Y. Wang, X. Xu, P. Yang, M. Zhang, and Y. Zhou, 2023, “An Interprovincial Input-output Database Distinguishing Firm Ownership in China from 1997 to 2017”, *Scientific Data*, 10(1), 293.

Fajgelbaum, P. D., E. Morales, J. C. Suárez Serrato, and O. Zidar, 2019, “State Taxes and Spatial Misallocation”, *Review of Economic Studies*, 86(1), 333—376.

Fan, H., Y. Hu, and L. Tang, 2021, “Labor Costs and the Adoption of Robots in China”, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 186(6), 608—631.

Galle, S., and L. Lorentzen, 2024, “The Unequal Effects of Trade and Automation across Local Labor Markets”, *Journal of International Economics*, 150(4), 103912.

Suárez Serrato, J. C., and O. Zidar, 2016, “Who Benefits from State Corporate Tax Cuts? A Local Labor Markets Approach with Heterogeneous Firms”, *American Economic Review*, 106(9), 2582—2624.

Automation Capital, Firms' Spatial Distribution and Regional Coordination

PEI Jiansuo^a, CHEN Zheang^a, PENG Kaixuan^a and ZHANG Meng^b

(a: School of Applied Economics, Renmin University of China;

b: School of Economics, Capital University of Economics and Business)

Summary: In the context of the restructuring of global supply chains, China's domestic market serves as a crucial mechanism for mitigating external shocks and absorbing adverse impacts. However, the advantages of China's broad inland market remain to be fully tapped, and greater efforts should be made to enhance regional coordination. Leveraging automation capital to drive the gradient and orderly transfer of industries within China is an essential strategy for strategically redeploying supply chains, developing China's national strategic hinterlands, and achieving regional coordination in the context of accelerating the development of new quality productive forces. In the face of rising labor costs, automation capital, exemplified by robots, helps reduce firms' reliance on cheap labor and encourages the relocation of firms to regions with higher levels of automation. Simultaneously, supply chains will amplify the impact of automation capital. This paper focuses on the transmission mechanism of firms' entry-exit dynamics and spatial distribution driven by automation capital.

This paper argues that automation capital is an essential driving force for attracting firm inflows and mitigating firm outflows, through which the supply chain will transmit and amplify the effect. Automation capital effectively mitigates the impact of rising labor costs in China, reduces factor costs, and boosts firm profits. Therefore, regions that subsidize automation capital will attract and retain more firms. The expansion of the industrial scale will also increase the residents' long-term welfare. Meanwhile, upstream and downstream industries are linked through the flow of intermediate goods, enabling the impact of automation capital to diffuse along the industrial chain.

In order to simultaneously investigate firms' inflow and outflow dynamics and the industrial chain transmission mechanism, this paper constructs a multi-region, multi-sector dynamic quantitative spatial equilibrium model. It is verified that augmenting subsidies for automation capital attracts and retains more firms. The inter-regional mobility of manufacturing firms exhibits a spatial gradient: when subsidizing automation capital, central provincial-level regions (hereinafter referred to as provinces) mainly attract firms from eastern provinces of China, while western provinces mainly draw firms from central provinces. The spatial gradient of inter-regional mobility of manufacturing firms is explained by the intense intra-industry competition in eastern provinces of China, as well as the inadequate supporting capability of local supply chains in central provinces of China. It is also revealed that augmenting subsidies for automation capital can improve the residents' long-term welfare and foster regional coordination. The core mechanism operates through automation capital reducing factor prices and attracting firms' entry, which in turn stimulates an increase in labor demand and consequent wage growth. This income growth effect surpasses the substitution effect of "machines replacing humans." Decomposing the reallocation dynamics identifies local intra-industry competitive pressure and local industrial chain spillovers as the two main drivers.

As an innovative unified theoretical framework in explaining firms' entry, exit, and spatial distribution in the context of automation, this paper shows the following economic implications: subsidizing automation capital in central and western provinces enhances residents' long-term welfare, with automation policies in central provinces yielding significantly larger welfare gains; cancelling existing automation policies has little impact on eastern provinces; profit increases in central and western provinces are primarily driven by spillover effects of local industrial chains. The policy implications of this paper are threefold. First, automation capital should be effectively leveraged, and the role of market mechanisms in facilitating the gradient and orderly transfer of industries within China should be harnessed. Second, efforts should focus on strengthening the automation incentive policies in central provinces and enhancing the coordination of automation policies in western and eastern provinces. Third, the advantages of domestic industrial chains and economies of scale should be utilized to promote regional coordination.

Keywords: Automation Capital; Firms' Spatial Distribution; Spatial Gradient; Regional Coordination; Dynamic Quantitative Spatial Equilibrium

JEL Classification: C62, R12, O25

(责任编辑: 未 钧)(校对: 曹 帅)

237