

生产投入结构变动与企业创新: 基于生产网络内生化的分析^{*}

刘维刚

内容提要: 部门间生产关联变迁与企业创新对国民经济发展起着重要作用。本文将企业创新引入生产网络框架,分析了生产投入结构变动对企业创新的效应及作用机制,并使用中国投入产出数据和工业企业数据进行实证检验。研究发现:(1)在引入企业创新的生产网络内生情形下,生产投入结构变动能够提升创新的生产率转化,增加创新投入收益,降低企业生产投入成本,促进企业创新,理论分析和实证结论一致;(2)机制方面,创新的生产率转化和产品价格变动是生产投入结构变动影响企业创新的重要作用渠道。技术溢出有助于生产投入结构变动促进企业创新,而市场扭曲有抑制效应。就政策含义来讲,合理降低市场扭曲和制定有效创新政策有助于推动产业关联畅通,进而通过生产网络提升整个经济的创新水平。

关键词: 生产网络 企业创新 生产投入结构 市场扭曲 技术溢出

一、引言

随着技术进步,经济中部门间生产关联日益密切,生产投入部门结构也不断变动。生产网络模型以多部门经济关联为基本分析框架,着重考察微观部门经济冲击或资源错配等通过行业关联的生产网络对整个经济的影响(Acemoglu et al. 2012; Baqaee & Farhi 2020)。相关研究更多考察影响结构变动的因素,例如外生技术冲击(Acemoglu & Azar, 2020)、搜寻投入新产品(Carvalho & Voigtländer 2014)、干中学(Bilgin 2020)等,但都忽略了生产投入结构变动对企业行为的影响,特别是与技术冲击密切相关的创新行为。实践中,构建新发展格局需要坚持创新驱动,提升供给体系适配性,促进资源要素顺畅流动,这意味着国民经济发展要充分重视部门间的生产关联与企业创新。因此,在生产网络框架中研究生产投入结构变动与企业创新的关系并进一步考察中国现实问题有重要的理论和现实意义。

构建生产网络内生分析框架研究生产投入结构变动与企业创新的关系是理解中国微观企业分布特征的现实需要。以2012年中国工业企业数据为例,平均而言,行业内前5%的企业雇佣28%的就业人数,生产40%的工业总产值,拥有50%的固定资产总额,呈现显著的头部企业积聚特征。根据Gabaix(2011)的研究,关键微观企业的生产优化决策会影响到整个行业的生产投入结构,而生产投入结构变动又影响到企业优化决策行为。因此,考察中国生产投入结构变动与企业创新必须置于生产网络内生分析框架。本文综合Acemoglu & Azar(2020)的生产网络内生思想 and Bigio & La'O(2020)的生产网络中企业生产分析框架,构建生产网络内生模型回答了如下问题:生产投入结构变动如何以及通过何种机制影响企业创新?

^{*} 刘维刚,北京工业大学经济与管理学院,邮政编码:100124,电子邮箱:weigangliu@pku.edu.cn。本文受到国家自然科学基金青年项目(71903009,72003193)、国家自然科学基金面上项目(72173132,72073139)的资助。作者感谢胡子天的出色助研工作,感谢铁瑛、李苑菲、席鹏辉、王海成、王天宇、徐金海以及匿名审稿专家的宝贵建议。当然,文责自负。

首先,本文将企业创新纳入生产网络内生框架,丰富了生产网络相关研究。生产网络内生框架是本文研究的基础,这方面的研究主要有 Carvalho & Voigtländer(2014)、Atalay et al.(2011)、Oberfield(2018)、Boehm & Oberfield(2020)、Acemoglu & Azar(2020)等。这些文献或研究微观企业生产网络(Atalay et al.,2011; Boehm & Oberfield,2020),或研究投入产出结构变动与波动(Oberfield 2018; Taschereau-Dumouchel 2020),但都假设技术是外生给定的,而内生经济增长理论中的技术是内生的(Romer,1990)。Bilgin(2020)放松技术外生给定假设,从干中学视角内生技术创新解释生产结构内生变动。在 Acemoglu & Azar(2020)的框架下,当某一个部门生产出新产品,该部门产品价格下降,直接影响使用该产品的企业的生产成本,并通过生产网络间接影响其他企业,进一步影响到生产投入结构。从生产关联视角来看,Acemoglu & Azar(2020)的生产网络内生思想适用于分析企业创新行为,但他们没有考虑企业创新决策。Bigio & La'O(2020)区分了部门企业和部门内微观企业,这为构建生产网络外生和内生不同情形下的分析框架提供了借鉴。本文综合 Acemoglu & Azar(2020)的生产网络内生思想和 Bigio & La'O(2020)的分析框架,把企业生产率扩展为部门生产技术、生产投入结构和创新投入等变量的函数,在生产网络内生框架中研究生产投入结构变动和企业创新的关系,丰富了生产网络内生分析框架的研究。

其次,本文探讨了生产投入结构变动对企业创新的作用机制:直接生产率转化和间接产品价格变动,并分析了市场扭曲和技术溢出的比较静态效应。本文创新性地把 Acemoglu & Azar(2020)的生产网络内生路径拓展为“创新效率冲击或创新政策冲击→生产投入结构变动→企业创新→技术冲击”的迭代过程,并借鉴 Bigio & La'O(2020)区分了生产网络外生和内生情形。生产网络外生情形下,创新效率冲击仅仅对企业自身生产率有影响,不影响整个经济;而内生情形下,创新效率冲击通过生产网络影响整个经济中企业的创新。一方面,生产投入结构变动直接影响到企业创新水平向企业生产率转化的效率;另一方面,生产投入结构变动会影响到产品价格,生产网络经济中,价格传递到其他部门,进而影响到本部门的生产投入结构变动,再进一步影响到企业创新。这两个效应是生产网络内生框架下生产投入结构变动影响企业创新的作用机制。中间投入品内嵌了该部门的技术,对使用该产品的部门有直接的技术溢出效应(Acemoglu & Azar,2020; 谢谦等,2021)。生产网络经济中的市场扭曲对经济福利和增长有重要影响,部门的微观冲击会影响到整个经济(Acemoglu et al.,2012),因此微观部门的经济扭曲会通过生产网络传递到整个经济(Baqae & Farhi,2020; Bigio & La'O,2020; Liu,2019)。本文研究发现技术溢出和市场扭曲是影响生产投入结构变动对企业创新作用的重要经济因素:技术溢出有直接的激励效应,而市场扭曲有间接的抑制效应。

最后,本文使用中国投入产出数据和工业企业数据对理论分析进行了实证检验,首次使用中国数据研究了生产网络中生产投入结构变动对企业创新的影响,考察了企业创新的生产率转化和产品价格变动的作用机制,分析了市场扭曲和技术溢出的比较静态效应,为深入研究生产投入结构变动提供了理论和实证基础。基于理论分析和数据结构特征,本文使用企业专利申请数量作为企业创新的代理变量。专利申请是企业发明、实用新型和外观设计等方面获得一定成果后向国家相关部门履行相关程序以期获准的行为,是企业创新行为的重要表现,很好地契合了理论分析中的创新投入。本文改进了 Acemoglu & Azar(2020)测度生产投入结构变动的杰卡德(jaccard)指数,从集约和广延两个维度考察了生产投入结构变动,并通过部门头部企业集聚程度划分数据样本识别了生产网络外生和内生情形下生产投入结构变动对企业创新的效应。使用工具变量法等进行一系列稳健性实证检验,结果表明中国生产投入结构变动的确激励了企业创新。本文进一步构建了创新的生产率转化、价格变动、技术溢出、市场扭曲等指标进行了作用机制和比较静态检验,实证分析结果与理论分析一致,生产率转化和价格变动的确是作用机制,技术溢出和市场扭曲的确是影响

生产投入结构变动对企业创新效应的重要因素。

使用生产网络分析框架研究中国问题的文献相对较少,齐鹰飞 & Li Yuanfei(2020) 在生产网络框架下分析了财政支出的部门配置与中国产业结构升级问题,发现产业结构受财政支出部门配置的影响。齐鹰飞和李苑菲(2021) 还在生产网络框架下考察了政府消费支出的生产性效应。刘维刚等(2020) 在生产外包框架下讨论生产投入服务的质量如何影响企业创新,提出了技术溢出的作用机制。倪红福(2021) 讨论了生产网络结构与减费降税福利效应的关系。使用中国企业数据研究企业创新的文献较多,与本文密切相关的是 Hu et al.(2017),他们研究发现中国专利数量快速增长位居世界第一,但研发投入不能够完全解释这一快速发展的特征事实。本文基于生产网络框架从生产投入结构变动视角解释中国企业创新行为,有效地补充了 Hu et al.(2017) 的研究。本文以 Acemoglu & Azar(2020) 的生产网络内生化和 Bigio & La'O(2020) 的生产网络中企业分析框架为基础,结合 Liu(2019)、Hu et al.(2017)、刘维刚等(2020) 相关研究,对生产网络中的生产投入结构变动对企业创新的效应及机制进行了理论和实证的深入探讨。

本文的边际贡献主要有:(1) 将企业创新引入生产网络内生化的框架,从生产投入结构变动视角解释企业创新行为,拓展了 Acemoglu & Azar(2020)、Bigio & La'O(2020)、Hu et al.(2017) 的研究;(2) 首次构建生产网络内生化的框架,理论研究了生产投入结构变动与企业创新的关系,厘清了生产投入结构变动对企业创新的作用机制:创新的生产率转化和产品价格变动,以及比较静态分析了市场扭曲和技术溢出的效应;(3) 首次从实证视角研究了中国生产投入结构变动与企业创新的关系,把生产网络理论前沿研究与中国现实问题紧密结合,有效补充了生产网络和中国生产投入结构变动方面的研究;(4) 改进了测度生产投入结构变动的杰卡德指数,同时从广延和集约两个维度考察了生产投入结构变动,丰富了生产投入结构变动测度的相关研究。

余下部分安排如下:第二部分是理论分析;第三部分实证检验;第四部分为结论和政策启示。

二、理论分析

(一) 模型构建

考虑一个静态的基准经济,有代表性消费者, N 个生产部门 $j \in J \equiv \{1, \dots, N\}$ 。假设部门 $j \in J$ 中有两类企业:(1) 微观企业 $k \in [0, 1]$, 每个企业只生产一种产品,产品是差异化的,市场结构是垄断竞争的;(2) 部门企业 $j \in J$ 把部门内的差异化产品加总生产为部门产品,市场结构是完全竞争的。每个部门的产品作为消费品或其他部门中间投入品,部门间的生产关联构成生产网络。

1. 生产。每个部门的生产是竞争性的(contestable),即企业自由进入该部门,可获取相同的部门生产技术。与 Acemoglu & Azar(2020) 的研究不同,假设部门技术是部门内微观企业创新水平加总 ξ_j 和生产投入结构 s_j 的函数 $\delta_j = \delta_j(\xi_j, s_j)$ 满足:

假设 1: $\frac{\partial \delta_j(\xi_j, s_j)}{\partial \xi_j} \geq 0$; 给定 ξ_j , 若 $s_j' \supseteq s_j$, 则 $\frac{d\delta_j(\xi_j, s_j')}{d\xi_j} \geq \frac{d\delta_j(\xi_j, s_j)}{d\xi_j}$ 。

假设 1 第一部分意味着部门 j 的生产技术 δ_j 是 ξ_j 的增函数,微观企业创新水平加总的值越大,部门生产技术越高。第二部分刻画了生产投入结构如何影响到 ξ_j 对 δ_j 的边际效应,若生产投入集合越大,边际效应越大,越有利于提升部门生产技术。

借鉴 Baqaee(2018) 的研究,假设 ξ_j 是通过常替代弹性(CES) 技术进行加总:

$$\xi_j = \left(\int_0^1 (z_{j,k})^{(\eta_j-1)/\eta_j} dk \right)^{\eta_j/(\eta_j-1)} \quad (1)$$

其中 $z_{j,k}$ 表示部门 j 中微观企业 k 的创新水平, $\eta_j > 1$ 表示替代弹性。

微观企业创新水平 $z_{j,k}$ 和部门生产技术 ξ_j 的关系取决于微观企业 k 的分布情况。如果微观企

业没有重尾分布情形,微观企业 k 的创新水平对 ξ_j 没有直接影响,即单个微观企业创新水平不能影响到部门创新水平加总。如果微观企业是重尾分布的,根据 Gabaix (2011) 的研究可知,微观企业的创新水平会影响到部门创新水平加总。重尾分布情形下,部门生产技术不再独立于微观企业创新水平,企业的创新影响到部门生产技术。根据假设 1,部门生产技术与生产投入结构密切相关,因此可以使用生产网络内生框架讨论生产投入结构变动与企业创新的关系。

部门 j 中微观企业 k 的生产函数给定为:

$$y_{jk} = a_{jk}(\delta_j, z_{jk}) F_j(l_{jk}, x_{jk}) \quad (2)$$

其中 $a_{jk}(\delta_j, z_{jk})$ 表示部门 j 中企业 k 的生产率,是部门生产技术 δ_j 和企业创新水平 z_{jk} 的函数 l_{jk} 和 x_{jk} 分别为部门 j 中企业 k 的劳动投入和中间投入 $x_{jk} = \{x_{j1k}, \dots, x_{jNk}\}$; 生产函数 F_j 外生给定,独立于投入要素和生产投入结构,规模报酬不变、连续、二阶可导。

Baqae (2018) 将劳动区分为生产性劳动和管理性劳动,把管理性劳动视为企业市场进入成本。借鉴 Baqae (2018) 的研究,假设微观企业投入创新性劳动,直接影响到企业的创新水平 $z_{jk} = z(l'_{jk}, \mu_{jk})$ 。其中 l'_{jk} 表示创新性劳动投入, μ_{jk} 为创新效率,是一个随机变量。

这一假设具有较强合理性。一方面,虽然 z_{jk} 没有直接投入部门生产的中间投入品,但创新性劳动投入会直接影响劳动要素在生产性劳动和创新性劳动之间的配置,进而影响到生产网络经济中劳动要素和中间投入品的相对价格;另一方面,这一假设可以把企业创新的分析聚焦于创新边际收益,从而简化问题。微观企业创新性劳动投入和创新水平的关系满足如下假设:

假设 2: z_{jk} 和 l'_{jk} 正相关; $z(0, \mu_{jk}) = \psi_{jk}$; 若 $l'_{jk} > 0$ 则 $z(l'_{jk}, \mu_{jk}) > \psi_{jk}$ 。

假设 2 意味着创新性劳动投入有助于微观企业提升创新水平。此外,假设 2 对创新性劳动投入进行了标准化处理,如果没有创新性劳动投入,企业创新水平退化为创新效率冲击这一随机变量。进一步,假设微观企业生产率是部门技术水平和企业创新水平的增函数:

$$\text{假设 3: } \frac{\partial a_{jk}(\delta_j, z_{jk})}{\partial \delta_j} \geq 0, \frac{\partial a_{jk}(\delta_j, z_{jk})}{\partial z_{jk}} \geq 0, \frac{\partial^2 a_{jk}(\delta_j, z_{jk})}{\partial z_{jk} \partial \delta_j} \geq 0。$$

接下来分析微观企业和部门生产者的优化问题。部门 j 中微观企业 k 只使用部门层面的产品作为中间投入品进行生产,并投入生产性劳动、创新性劳动,利润最大化问题:

$$\pi_{jk} = \max_{\{x_{jk}, l_{jk}, l'_{jk}\}} p_{jk} y_{jk} - w l_{jk} - \sum_{i \in J} (1 + \zeta_{ji}) p_i x_{ji} - (1 - \tau_j) w \frac{l'_{jk}}{\psi_{jk}} \quad (3)$$

其中 p_{jk} 是部门 j 中微观企业 k 的产品价格, w 是劳动工资, p_i 表示部门 i 产品的价格, x_{ji} 表示使用部门 i 产品的数量, ζ_{ji} 指部门 j 企业购买部门 i 中间投入品时面临的市场扭曲,比如金融摩擦或者契约摩擦等, τ_j 是部门层面的创新补贴。劳动在部门间以及部门内的生产性劳动和创新性劳动岗位上自由流动的,故劳动报酬都是 w 。对 $\frac{l'_{jk}}{\psi_{jk}}$ 的设定与 Baqae (2018) 一致,可以理解为企业创新投入是进入市场的一种“成本”,创新效率越高,进入成本越低。

部门生产者将微观企业产品复合成部门产品,不需要劳动要素投入,复合生产技术是弹性为 $\theta_j > 1$ 的 CES 生产函数:

$$y_j = \left(\int_0^1 (y_{jk})^{(\theta_j-1)/\theta_j} dk \right)^{\theta_j/(\theta_j-1)} \quad (4)$$

引入部门生产者是为了规避微观企业创新投入对部门生产率的反向因果效应,从而在最简单情形下分析生产投入结构变动对微观企业创新的影响。部门生产者面临的市场结构是完全竞争的,没有市场扭曲。部门产品生产者的优化决策是选择 $\{y_{jk}\}_k$ 使得利润最大化:

$$\hat{\pi}_j = \max_{\{y_{jk}\}_k} p_j y_j - \int_0^1 p_{jk} y_{jk} dk \quad (5)$$

2. 消费。一般地, 生产网络中消费者偏好并不直接影响生产投入结构, 比如 Liu(2019) 没有直接定义消费者偏好, 而是从支出最小化视角刻画消费品选择。为完整刻画分析框架, 并保障均衡的存在性和唯一性, 引入消费者对各部门产品的消费 $\{c_1, \dots, c_N\}$ 。假设经济中消费者是同质的, 拥有单位劳动禀赋, 供给无弹性。

代表性消费者消费各部门产品, 效用函数 $u = u(c_1, \dots, c_N)$ 连续、可导、递增、严格拟凹。代表性消费者拥有企业产权, 享有所有微观企业利润和部门企业利润, 但需要缴纳总量税 T , 以支付对企业创新投入的补贴, 预算约束为:

$$\sum_{j \in J} p_j c_j \leq wL + \sum_{j \in J} \left[\int_0^1 \pi_{j,k} dk + \hat{\pi}_j \right] - T \quad (6)$$

3. 市场出清。生产网络经济中的市场体现在产品、劳动力, 以及创新补贴三个方面。根据式 (3), 部门 j 中微观企业产生经济扭曲:

$$\Xi_j = \sum_{i=1}^N \int_0^1 \xi_{ij} p_j x_{ij,k} dk \quad (7)$$

因此, 生产网络经济中总体经济扭曲为 $\Xi = \sum_{j=1}^N \Xi_j$ 。与 Liu(2019) 的设定一致, 假设经济扭曲 Ξ 是无谓损失, 不进入消费者效用函数。

部门产出分为最终消费、其他部门中间使用和无谓损失三部分, 产品市场出清条件:

$$y_j = c_j + \Xi_j + \sum_{i \in J} x_{ij} \quad (8)$$

其中, $x_{ij} = \int_0^1 x_{ij,k} dk$ 为部门 i 企业采购部门 j 产品的数量。

劳动要素在生产性劳动和创新性劳动之间配置, 假设劳动禀赋数量为 L , 劳动市场出清条件:

$$L = \sum_{j=1}^N \int_0^1 (l_{j,k} + l'_{j,k}) dk \quad (9)$$

微观企业创新补贴的收入来源为对代表性消费者征收的总量税, 创新补贴市场出清条件:

$$T = \sum_{j=1}^N \tau_j w \int_0^1 l'_{j,k} dk \quad (10)$$

(二) 几个重要概念

1. 市场均衡。生产网络经济价格系统包括部门产品价格、微观企业产品价格, 以及劳动工资:

$$\gamma = \{((p_{j,k})_k, p_j)_{j \in J}, w\}$$

由于生产网络经济中价格是相对价格, 不失一般性, 标准化劳动工资 $w = 1$ 。

给定市场扭曲、创新补贴、创新效率, 以及价格系统, 生产网络经济中微观企业产出、部门企业产出、生产性劳动、创新性劳动、中间投入品, 以及最终消费品的资源配置:

$$\chi = \{((y_{j,k}, l_{j,k}, l'_{j,k}, x_{j,k})_k, y_j, c_j)_{j \in J}, L\}$$

基于对生产者 and 消费者优化问题、市场出清以及价格系统和资源配置系统的刻画, 定义生产网络经济均衡: 存在价格和资源配置 (γ, χ) 使得: (1) 微观企业和部门企业利润最大化; (2) 代表性消费者效用最大化; (3) 产品市场和劳动力市场出清, 创新补贴等式成立。

2. 生产投入结构。微观企业根据利润最大化决策投入中间品, 部门 j 内微观企业 k 生产过程中, $x_{ji,k} > 0$ 表示采购了部门 i 产品, $x_{ji,k} = 0$ 意味着没有采购。也存在这样的情形: 虽然 $x_{ji,k} > 0$, 但 $x_{ji,k}$ 的数值非常小, 即来自部门 i 的中间投入品占比较低。为了更准确刻画生产投入结构, 需要按照实际投入中间品占比的相对程度进行调整。用 $\beta_{ji,k} = p_i x_{ji,k} / \sum_{h=1}^N p_h x_{jh,k}$ 表示微观企业 k 对部门 i 产品支出占总投入的比重, 定义中间投入品比重的阈值 $\omega > 0$ 刻画中间品实际投入程度。当 $\beta_{ji,k} > \omega$ 称部门 j 中微观企业 k 实际使用了部门 i 产品, 否则为未使用。因此, 微观企业 k 的实际投入部门集合表示为 $s_{j,k} = \{i \in J | \beta_{ji,k} > \omega\}$ 。进一步, 定义部门 j 所投入中间品部门的集合 s_j :

$$s_j = \{i \in J \mid \beta_{ji} > \omega\} \quad (11)$$

其中, $\beta_{ji} = \int_0^1 p_i x_{ji} dk / \sum_{h=1}^N \int_0^1 p_h x_{jh} dk$ 。

式(11)意味着只有部门 j 企业使用部门 i 产品的占比达到一定程度时, 部门 j 的生产投入集合中才会包含部门 i 。如果单个企业规模相对整体部门规模较小甚至可忽略不计, 微观企业生产投入选择不影响部门生产投入集合, 部门 j 使用哪些部门产品作为中间投入品是经济均衡的结果。如果微观企业规模足够大, 生产投入选择影响到部门的生产投入集合, 此时生产投入结构是内生的。

3. 经济冲击来源。生产网络经济中的冲击主要有微观企业创新效率冲击 $\{\psi_{jk}\}_{j \in J}$ 和部门层面创新补贴冲击 $\{\tau_j\}_{j \in J}$ 。在不同模型设定下 $\{\psi_{jk}\}_{j \in J}$ 和 $\{\tau_j\}_{j \in J}$ 有不同的影响路径。

首先, 在上文模型设定中, 微观企业创新效率冲击 ψ_{jk} 只能局部影响自身生产率, 不能对整个经济产生影响。当 $\psi_{jk} \rightarrow \psi'_{jk}$, 部门 j 中微观企业 k 直接影响到生产率以及该企业产品价格, 但其他部门企业直接采购由部门中微观企业 $k \in [0, 1]$ 的产品复合而成的部门产品 y_j , 而不是微观企业 k 产品。根据上文对式(11)的分析, ψ_{jk} 不能影响整个部门的生产投入结构, 也不能影响整个网络经济中产品价格。微观企业的创新技术效率冲击被平均掉了, 这与 Gabaix(2011) 的研究一致。

其次, 创新补贴冲击 τ_j 影响部门 j 内所有微观企业生产投入结构选择和部门产品价格, 进一步通过生产网络影响经济中所有微观企业的创新行为。当定义在部门层面的政策冲击 $\tau_j \rightarrow \tau'_j > \tau_j$, 微观企业的创新投入成本下降, 激励企业增加创新投入, 产生直接效应。部门 j 内所有微观企业产品定价都受 τ_j 影响, 使用部门 j 产品的微观企业调整中间投入品数量, 使得生产投入结构发生变动 $s_{-j} \rightarrow s'_{-j}$ 。其中, $-j$ 表示除部门 j 之外的其他部门。根据假设 1, 部门 $-j$ 内微观企业创新投入的边际收益会发生变动, 从而影响到部门 $-j$ 内微观企业创新行为。进一步地, 创新投入使得部门 $-j$ 产品价格变动, 部门 j 的生产投入结构发生变动, 部门 j 微观企业的创新行为也会发生变动。这一过程中, 创新补贴冲击诱致生产投入结构变动对企业创新产生直接生产率转换效应和间接生产网络效应。

(三) 均衡分析

1. 消费者问题。消费者最优化问题是在预算约束(6)下选择部门消费品 $\{c_j\}_{j \in J}$ 最大化效用水平。求解可得一阶优化条件:

$$\frac{\partial u / \partial c_i}{\partial u / \partial c_j} = \frac{p_i}{p_j}, \forall i, j \in J \quad (12)$$

式(12)刻画了给定部门产品价格和收入下, 消费者如何优化选择部门产品。效用最大化视角下收入影响消费者选择, 但消费者收入由劳动收入和企业利润决定。而劳动收入和企业利润是由劳动工资和产品价格决定, 因此生产网络经济中企业的行为只需要聚焦于企业生产即可。特别地, 当部门企业和微观企业一致, 柯布道格拉斯生产技术下, 生产网络经济中不需要消费者偏好的信息即可确定均衡情形下的部门产品价格(Acemoglu & Azar, 2020)。

2. 生产者问题。生产者优化问题的求解分两步: 先求解完全竞争市场下的部门生产者的利润最大化问题, 得到关于微观企业产品的最优需求, 然后求解垄断竞争下微观企业的生产性劳动投入、中间投入品和创新性劳动投入的优化决策。

求解生产者的优化问题(3)和(5), ①整理可得微观企业 k 的创新性劳动投入:

$$l'_{jk} = \frac{\theta_j - 1}{\theta_j} \times \frac{1}{(1 - \tau_j)w} \times p_j y_j \times \psi_{jk} \times e_{ajk} \times e_{zjk} \quad (13)$$

其中 e_{ajk} 是生产率关于创新水平的弹性, e_{zjk} 是创新水平关于创新投入的弹性。

① 由于篇幅限制, 本文未列出详细模型推导, 也未汇报实证中的部分回归结果, 以下不再注明。作者留存备案。

式(13)刻画了局部均衡状态下企业创新投入的最优性条件。 θ_j 描述了生产部门 j 产品对微观企业产品的替代弹性,值越大意味着部门内微观企业市场竞争越激烈。特别地, $\theta_j \rightarrow \infty$ 市场趋近于完全竞争。 $(\theta_j - 1)/\theta_j$ 反映了市场结构与企业创新投入的关系, θ_j 越大意味着市场竞争会激励企业增加创新投入。此外, $(\theta_j - 1)/\theta_j$ 是价格加成的倒数,这意味着企业的垄断定价能力越高,微观企业越没有动力进行创新。 $1/(1 - \tau_j)w$ 刻画了创新投入的成本,劳动工资水平越高,收到创新补贴越少,企业的创新投入越低。需要注意的是,均衡状态下 $y_j = y_{jk}$ 和 $p_j = p_{jk}$, $p_j y_j$ 刻画了微观企业的收入水平,这意味着企业收入对企业创新投入有正向促进效应。 ψ_{jk} 是企业创新效率,创新效率越高,创新边际收益越大。 $e_{ajk} = e_{ajk} \times e_{zjk}$ 刻画了创新投入对微观企业生产率的弹性,反映了创新投入向生产率转换的效应,效应越大企业越有动力增加创新投入。总结为如下命题:

命题1: 局部均衡状态下,市场竞争越激烈、收入水平越高、创新效率越高、创新投入的转换效应越高,企业越有动力增加创新投入。

(四) 生产投入结构变动效应

式(13)刻画了局部均衡状态下影响微观企业创新投入的经济变量,其中 $p_j y_j$ 受生产网络经济中所有部门经济变量的影响, e_{ajk} 受到部门 j 生产投入结构 s_j 的影响。因此,需要在一般均衡状态下分析创新补贴冲击和创新效率冲击对企业创新行为的影响。接下来先分析生产网络外生情形下投入结构变动对企业创新行为的影响,然后扩展到生产网络内生情形。

1. 生产网络外生情形。生产投入结构外生给定情形下,微观企业的中间投入部门选择不影响部门生产投入结构。基于式(13),创新补贴冲击对微观企业创新投入的一般均衡效应为:

$$\frac{\Delta \ln l'_{jk}}{\Delta \ln \tau_j} = \underbrace{\frac{\tau_j}{1 - \tau_j}}_{\text{直接效应}} + \underbrace{\frac{\Delta \ln p_j y_j}{\Delta \ln \tau_j}}_{\text{生产网络效应}} + \underbrace{\frac{\Delta \ln e_{ajk}}{\Delta \ln \tau_j}}_{\text{生产投入结构变动效应}} \quad (14)$$

式(14)右边第一项是创新补贴冲击的直接效应,对部门 j 内所有企业创新补贴会直接激励企业增加创新投入。根据假设1,生产投入结构变动影响到部门生产率关于创新水平的边际收益,但生产投入结构变动不是连续的,政策冲击使得投入结构 $s_j \rightarrow s'_j$ 时,创新投入的边际收益的变动表示为 $\Delta \ln e_{ajk} = \ln e_{ajk}(s'_j) - \ln e_{ajk}(s_j)$ 。 $\frac{\Delta \ln p_j y_j}{\Delta \ln \tau_j}$ 描述了政策冲击对部门规模的效应,部门 j 受到创新补贴,降低创新投入成本而激励企业增加创新投入,直接影响到部门规模。创新补贴降低边际成本从而降低部门 j 产品价格,通过生产网络影响到其他部门中间投入品的成本。一般均衡情形下,其他部门产品价格又会影响到部门 j 中间品投入的优化选择,间接影响到部门规模。生产投入结构变动是部门内微观企业优化选择中间投入品、生产性劳动、创新性劳动的均衡结果,决策过程中微观企业并没有根据所投入部门是否影响到创新水平的边际收益选择该投入哪些部门。一般均衡状态下,微观企业的创新水平 z_j 加总成为部门的整体创新水平 ξ_j 。

进一步考察部门 i 的创新补贴如何影响部门 j 中微观企业创新,可得:

$$\frac{\Delta \ln l'_{jk}}{\Delta \ln \tau_i} = \underbrace{\frac{\Delta \ln p_j y_j}{\Delta \ln \tau_i}}_{\text{生产网络效应}} + \underbrace{\frac{\Delta \ln e_{ajk}}{\Delta \ln \tau_i}}_{\text{生产投入结构变动效应}} \quad (15)$$

虽然部门 j 没有直接享有创新补贴,但生产网络经济中,对部门 i 给予创新补贴会降低产品价格 p_i ,通过生产网络影响到部门 j 企业的创新投入。一方面,部门 j 直接使用部门 i 产品会降低生产成本,有直接成本效应;另一方面,部门 h 使用部门 i 产品作为中间品,而部门 j 使用部门 h 产品,部门 i 产品价格通过部门 h 对部门 j 产生间接生产网络效应。

式(14)和(15)表明,对部门 j 直接创新补贴,或者对其他部门创新补贴,一般均衡情形下都会通过生产网络影响到部门 j 的生产投入结构,进而影响到微观企业的创新投入优化决策。由于生

产网络外生,微观企业是生产投入结构的“接受者”。因此,生产投入结构变动效应并不确定。如果能够提升部门生产率关于创新水平的边际效应,则能够促进企业增加创新投入。反之,会有抑制效应。概括为如下命题:

命题 2: 生产网络外生情形下,创新政策冲击通过生产投入结构变动对微观企业创新投入的效应并不确定。

在生产网络外生情形下,根据式(13)可得创新效率冲击对企业创新投入的效应:

$$\frac{\Delta \ln l_{jk}^r}{\Delta \ln \psi_{jk}} = 1 \quad (16)$$

式(16)描述了生产投入结构外生情形下,部门 j 中微观企业 k 的创新效率冲击对创新投入的效应为 1,但单个微观企业不能影响部门生产技术以及部门产品价格,创新效率冲击的效应仅局限于微观企业自身,不能通过生产网络影响其他微观企业。

2. 生产网络内生情形。根据 Gabaix(2011) 的研究,如果微观企业规模呈现厚尾分布,微观企业的生产投入选择会影响到整个部门的生产投入结构。在这种情形下,微观企业优化决策时既要考虑投入成本最小化问题,也要考虑生产投入结构对创新投入边际收益的影响。也就是说,企业生产投入选择会影响到生产投入结构,而生产投入结构又会影响到企业的生产投入选择,生产投入结构呈现内生性特征。借鉴 Acemoglu & Azar(2020) 的研究,在生产网络内生情形下使用代表性企业刻画部门,分析生产投入结构变动对代表性企业创新投入的影响。

代表性企业的优化决策过程分为两步:(1) 给定部门生产投入结构 s_j ,企业选择生产性劳动 l_j 、中间投入品 x_{ji} 、创新性劳动 l_j^r ;(2) 选择生产投入结构 s_j ,使得代表性企业生产成本最低。

第一步,给定生产投入结构 s_j ,考察代表性企业的单位成本函数:

$$\begin{aligned} K_j(s_j, a_j, p) = \min_{x_j, l_j, l_j^r} & w l_j + w(1 - \tau_j) \frac{l_j^r}{\psi_j} + \sum_{i \in s_j} (1 + \zeta_{ji}) p_i x_{ji} \\ \text{s. t.} & a_j(\delta_j, z_j) F_j(l_j, x_j) = 1 \end{aligned} \quad (17)$$

其中 $p = \{p_1, \dots, p_N\}$ 表示所有部门产品价格向量。

由于企业是代表性的,式(1)退化为 $\xi_j = z_j$ 。根据假设 1,可知 s_j, l_j^r 以及 ψ_j 共同确定了企业的技术水平 a_j 。如上优化问题是取 $y_j = 1$ 时的特殊情形,是对生产网络外生情形的扩展。

第二步,给定投入要素,代表性企业选取生产投入结构 s_j 使得成本最小化。由于生产网络经济中生产部门数量 N 是有限的,生产投入可选集合的势为 $2^N - 1$ 。因此,代表性企业在有限集合里选取 s_j 使得成本最小化: $s_j^* = \arg \min_{s_j} K_j(s_j, a_j, p)$ 。

虽然优化问题使用代表性企业刻画部门生产,生产网络经济中其他部门采购部门 j 产品时,代表性企业仍有市场势力的价格加成,基于生产优化决策,部门 j 的均衡产品价格:

$$p_j^* = \frac{\theta_j}{\theta_j - 1} K_j(s_j^*, a_j, p^*) \quad (18)$$

式(18)描述了生产投入结构内生情形下部门产品的最优定价,受部门生产投入结构 s_j^* 、部门生产率 a_j 、以及投入中间品价格 p^* 的影响。生产投入结构直接影响到代表性企业的边际成本,且代表性企业可以选择生产投入集合。生产成本最小化问题求解的两步是对生产网络外生情形下问题(3)的分解,生产网络内生意味着优化问题(18)中的企业转换为部门代表性企业,即没有下标 k 。可以得到优化生产下代表性企业的创新投入条件:

$$l_j^r = \frac{\theta_j - 1}{\theta_j} \times \frac{1}{(1 - \tau_j)w} \times p_j y_j \times \psi_j \times e_{aj} \times e_{zj} \quad (19)$$

根据式(19),创新效率冲击对代表性企业创新投入的效应为:

$$\frac{\Delta \ln l'_j}{\Delta \ln \psi_j} = 1 + \underbrace{\frac{\Delta \ln e_{sj}}{\Delta \ln \psi_j}}_{\text{直接效应}} + \underbrace{\frac{\Delta \ln p_j y_j}{\Delta \ln \psi_j}}_{\text{生产网络效应}} + \underbrace{\frac{\Delta \ln e_{asj}}{\Delta \ln \psi_j}}_{\text{生产投入结构变动效应}} \quad (20)$$

创新效率冲击对企业创新投入产生直接效应、生产网络效应,以及生产投入结构变动效应。式(20)右边第一项是创新冲击的直接效应。一方面,创新效率提高对创新投入有直接提升效应;另一方面,创新效率冲击影响到创新投入向创新水平转化的边际效率,创新效率越高,越有助于创新投入转化为企业的创新水平。右边第二项为一般均衡情形下创新冲击对部门 j 收入规模 $p_j y_j$ 的效应,反映了生产网络效应。也就是说,部门 j 经效率冲击 ψ_j 通过使用本部门产品作为中间投入品的其他部门传递,影响到整个生产网络经济中的价格和资源再配置,影响到新的均衡状态下部门 j 在经济中的规模。第三项表示生产投入结构变动效应。创新效率冲击使得代表性企业重新优化选择中间投入、生产性劳动、创新性劳动以及生产投入结构。当 $s_j \rightarrow s'_j$,创新投入的边际收益变动表示为 $\Delta \ln e_{asj} = \ln e_{asj}(s'_j) - \ln e_{asj}(s_j)$ 。

同样地,可以刻画部门 i 创新效率冲击对部门 j 创新投入的影响:

$$\frac{\Delta \ln l'_j}{\Delta \ln \psi_i} = \underbrace{\frac{\Delta \ln p_j y_j}{\Delta \ln \psi_i}}_{\text{生产网络效应}} + \underbrace{\frac{\Delta \ln e_{asj}}{\Delta \ln \psi_i}}_{\text{生产投入结构变动效应}} \quad (21)$$

式(21)表明即使部门 j 代表性企业没有创新效率冲击,但部门 i 的冲击仍然会通过生产网络影响到部门 j 代表性企业创新投入的边际收益和部门收入规模,从而影响到其创新投入。

创新政策补贴的冲击效应和生产投入结构外生给定情形下相似:

$$\frac{\Delta \ln l'_j}{\Delta \ln \tau_j} = \underbrace{\frac{\tau_j}{1 - \tau_j}}_{\text{直接效应}} + \underbrace{\frac{\Delta \ln p_j y_j}{\Delta \ln \tau_j}}_{\text{生产网络效应}} + \underbrace{\frac{\Delta \ln e_{asj}}{\Delta \ln \tau_j}}_{\text{生产投入结构变动效应}} \quad (22)$$

在生产投入结构内生效应情形下,创新效率冲击和创新补贴冲击是同构的,本文以创新效率冲击展开分析。生产网络外生情形下,创新政策冲击或创新效率冲击诱致的生产投入结构变动对企业创新投入的效应并不确定,可能会促进,也可能会抑制。在生产网络内生情形下,生产投入结构变动对代表性企业创新的效应是正向还是负向?为回答这一问题,做如下假设:

正向创新冲击:创新冲击由 ψ_j 变为 ψ'_j 是广义正向创新冲击,如果满足(1) $\psi'_j \geq \psi_j$,以及(2)对所有的 $j \in J$ 和价格 p , $K_j(s_j, a_j(s_j, l'_j, \mu_j), p)$ 是关于 s_j 和 ψ_j 的拟次模(quasi-submodular)函数。

创新冲击-价格单交条件:对所有的满足 $s \subseteq s'$ 的投入结构 s 和 s' ,和满足 $p'_{-j} \leq p_{-j}$ 的价格 p 和 p' ,如下不等式成立:

$$\begin{aligned} K_j(s'_j, a_j(s'_j, l'_j, \mu_j), p) - K_j(s_j, a_j(s_j, l'_j, \mu_j), p) &\leq 0 \Rightarrow \\ K_j(s'_j, a_j(s'_j, l'_j, \mu_j), p') - K_j(s_j, a_j(s_j, l'_j, \mu_j), p') &\leq 0 \end{aligned}$$

其中, $-j$ 表示除 j 外的其他部门。

Acemoglu & Azar(2020)使用 a_j 刻画技术冲击,并把拟次模定义在 s_j 和 a_j 上。由于 ψ_j 和 a_j 正相关且同构,定义 ψ_j 或 a_j 为正向技术冲击是等价的。根据 Acemoglu & Azar(2020)定理5可知,如果创新冲击 $\psi_j \rightarrow \psi'_j$,则均衡状态下生产投入结构 $s_j \rightarrow s'_j \supseteq s_j$ 。根据假设1,新均衡状态下生产投入集合更大,使得创新投入的边际收益更高,企业创新投入至少不会降低。因此,可知生产网络经济中正向创新效率冲击对代表性企业创新投入的总效应为正,概括为如下命题:

命题3:在生产网络内生情形,正向创新效率冲击下,生产投入结构变动对代表性企业创新投入的效应为正,直接效应、生产网络效应和生产投入结构变动效应共同促进代表性企业创新。

命题3和命题2的重要区别是,在生产网络内生情形下生产投入结构变动对企业创新的效应是确定的,正向创新效率冲击和创新补贴政策都会通过生产投入结构变动促进企业创新,生产投入结构变动是企业创新的一个重要推动力。

综上可知,生产网络内生情形下,不论经济受到创新政策还是创新效率冲击,部门代表性企业优化决策下会调整生产投入结构,直接影响到创新的生产率转化效应,从而影响企业创新;企业创新降低产品生产成本,进而降低产品价格,并通过生产网络传递到其他部门,反过来又会影响本部门的生产投入选择集合,进一步影响企业创新,产生间接效应。生产投入结构变动对企业创新的作用机制可概括为如下命题:

命题 4: 在生产网络内生情形,生产投入结构变动对企业创新的作用机制: 创新的生产率转化效率产生直接效应,产品价格变动通过生产网络产生间接效应。

(五) 比较静态分析

1. 市场扭曲。Acemoglu & Azar(2020) 分析的产品价格是采购者实际支付价格,与 Liu(2019) 相同,本文中所定义的 p_j 是生产者出厂价格。实际支付价格等于出厂价格乘以市场扭曲:

$$p_{ij}^c = (1 + \zeta_{ij}) p_j = \frac{\theta_j}{\theta_j - 1} (1 + \zeta_{ij}) K_j(s_j^*, \mu_j, p^*) \quad (23)$$

其中 p_{ij}^c 表示部门 i 代表性企业采购部门 j 产品实际支付的价格。

支付价格是从消费端刻画市场扭曲,而出厂价格是从生产端描述,两种价格表达实质上是一样的。根据式(23),市场扭曲 $(1 + \zeta_{ij})$ 和价格加成 $m_i = \theta_i / (\theta_i - 1)$ 是同构的,很难与实际数据匹配且不易测度,为保持与下文实证分析一致,本节讨论由价格加成刻画的市场扭曲效应。根据式(20),部门 i 的价格加成通过生产网络影响创新效率冲击对部门 j 代表性企业创新投入的效应:

$$\frac{\Delta}{\Delta m_i} \left(\frac{d \ln l_j^*}{d \ln \psi_j} \right) = \underbrace{\frac{\Delta}{\Delta m_i} \left(\frac{\Delta \ln p_j y_j}{\Delta \ln \psi_j} \right)}_{\text{直接生产网络效应}} + \underbrace{\frac{\Delta}{\Delta m_i} \left(\frac{\Delta \ln e_{azj}}{\Delta \ln \psi_j} \right)}_{\text{生产投入结构变动效应}} \quad (24)$$

部门 i 的价格加成 m_i 下降直接影响到产品价格 p_i ,使得部门 j 采购部门 i 的实际支付价格 p_{ji}^c 下降。如果部门 j 已经采购了部门 i 产品,价格加成 m_i 下降使得部门 j 代表性企业的单位成本下降。如果部门 j 未直接采购部门 i 产品,而采购了使用部门 i 产品的部门 h 产品, p_i 的下降通过部门 h 产品价格传递到部门 j ,降低生产成本。这两种情形下,部门 j 代表性企业利润 π_j 至少不会降低。垄断竞争市场中,代表性企业的收入 $p_j y_j = \theta_j \pi_j$ 。因此,均衡情形下,价格加成 m_i 下降通过生产网络影响创新效率冲击对创新投入的效应,且直接生产网络效应为正, $\frac{\Delta}{\Delta m_i} \left(\frac{\Delta \ln p_j y_j}{\Delta \ln \psi_j} \right) \geq 0$ 。

根据 Acemoglu & Azar(2020) 的命题 5,生产网络经济中市场扭曲下降会使得生产投入集合 $s^* \rightarrow s^{**} \supset s^*$,意味着 m_i 下降会诱致生产投入结构发生变动,且变动后投入选择集合至少不会更小。市场扭曲影响生产投入结构变动的机制可分为两种情形:(1) 部门 j 代表性企业没有直接投入部门 i 产品情形。当 m_i 下降,代表性企业投入部门 i 产品更有利于降低生产成本。此时,生产投入集合增加了部门 i 。(2) 部门 j 代表性企业已经投入部门 i 产品情形。部门 h 代表性企业采购部门 i 产品,但部门 j 代表性企业没有采购部门 h 产品, m_i 下降使得投入部门 h 产品的价格下降。当下降到一定程度时,部门 j 代表性企业选择采购部门 h 产品。这两种情形分别描述了 m_i 变动对部门 j 代表性企业生产投入集合直接和间接的影响。根据假设 1,给定创新效率冲击,生产投入集合更大意味着创新投入的边际收益更高,部门 j 代表性企业会更有动力增加创新投入,即 $\frac{\Delta}{\Delta m_i} \left(\frac{\Delta \ln e_{azj}}{\Delta \ln \psi_j} \right) \geq 0$ 。

2. 技术溢出。生产网络经济中部门存在异质性,比如根据产业链位置可分为上游和下游部门。Liu(2019) 研究发现中国生产投入结构呈现“阶级排序”特征,对上游行业补贴将会促进经济效率提升。如果没有生产投入结构变动,Liu(2019) 的结论意味着上游部门的创新补贴或者创新效率提升对整个经济创新的效应更大。本文分析框架下,这一结论并不成立,主要原因是:并不确定是增加了上游还是下游部门使得生产投入结构变动,且部门是异质的,投入不同部门

带来不同效应。

如果投入部门是同质的, 投入集合变动部门数量相同意味着式(20)右边第3项的数值相同。生产网络经济中, 部门 j 代表性企业投入部门 i 产品时, 部门 i 产品的内嵌技术会影响到部门 j 代表性企业, 而投入部门的内嵌技术并不同。分两种情形讨论投入部门内嵌技术产生的技术溢出: (1) 新投入部门带来技术溢出效应。部门 $g \in s_{jt}$ 且 $g \notin s_{jt-1}$ 意味着部门 j 新投入了部门 g 产品, 定义 $\varphi_{jg} \triangleq a_j(s_{jt}) - a_j(s_{jt-1})$ 为新投入部门 g 所带来的技术溢出。 φ_{jg} 越大意味着 $\Delta \ln e_{aj} = \ln e_{aj}(s_{jt}) - \ln e_{aj}(s_{jt-1})$ 至少不会变小。(2) 既有投入部门技术变动带来技术溢出效应。部门 $g \in s_{jt}$ 且 $g \in s_{jt-1}$ 意味着部门 j 一直投入部门 g 产品, 当 t 期部门 g 新投入了部门 g' 产品使得部门 g 内嵌技术水平提升, 进一步影响到部门 j 的创新效应 φ_{jg} 至少也不会变小, 这意味着 $\Delta \ln e_{aj}$ 至少不会变小。这两种情形下, 当有技术溢出时, 式(20)中生产投入结构变动效应至少不会减弱。

市场扭曲和技术溢出的比较静态效应可概括为如下命题:

命题5: 市场扭曲降低或者较高的技术溢出会提高生产投入结构变动对创新投入的激励效应。

综上, 本文构建了生产网络内生情形下生产投入结构变动与企业创新的分析框架, 命题3是本文的核心结论, 生产投入结构变动会激励企业创新。命题4—5则论述了影响生产投入结构变动效应的作用机制, 以及市场扭曲和技术溢出对生产投入结构变动作用发挥的影响。在实证部分, 本文使用中国投入产出数据和工业企业数据验证命题2—5。

三、实证检验

(一) 数据和估计策略

1. 数据和变量。本文使用了1997—2012年工业数据库中有专利申请信息的全部企业样本, 以及1997年、2002年、2007年、2012年共4年中国投入产出表数据。使用企业专利申请数量作为企业创新的代理变量, 使用调整的杰卡德距离指数刻画生产投入结构变动, 计算公式如下:

$$J_{jt} = \frac{|s_{jt} \cup s_{jt-1}| - |s_{jt} \cap s_{jt-1}|}{|s_{jt} \cup s_{jt-1}|} \quad (25)$$

其中 s_{jt} 表示部门 j 在 t 期生产投入部门的集合。式(25)的分母 $|s_{jt} \cup s_{jt-1}|$ 表示 t 和 $t-1$ 两期部门 j 投入的所有部门, 分子 $|s_{jt} \cup s_{jt-1}| - |s_{jt} \cap s_{jt-1}|$ 刻画了这两期内部部门 j 投入部门的变化情况, 包括新进入部门和退出部门。

$J_{jt} \in (0, 1)$ 值越大表明两个时期生产投入的结构变动越大, 但这一指标不能刻画部门投入的集约变动, 可能存在 $t-1$ 期部门 j 投入部门 i 产品的量非常小但在 t 期投入变得非常大的情形。如果存在这一情形, 式(25)不能准确识别出部门生产投入结构的变动。对式(25)进行调整: 将每个年份中非零直接消耗系数排序, 把后200名直接消耗系数替换为0, 然后再计算 J_{jt} 。借鉴Acemoglu & Azar(2020)的研究, 把 J_{jt} 前80%取值为1, 其余取值为0, 刻画20%分位的调整投入结构变动, 记为 $Struc_20\%$ 。当 $J_{jt} > 20\%$, 可认定部门 j 的生产投入结构发生了实质性变动。类似地, 本文还定义了 $Struc_30\%$ 。

2. 估计策略。首先, 识别生产投入结构变动对企业创新的效应。根据生产投入结构变动与企业创新的理论分析结论, 结合中国工业企业数据和专利样本数据特征, 本文使用固定效应模型识别生产投入结构变动与企业创新的关系:

$$innov_{it} = \beta_0 + \beta_1 struc_{it}^j + X\alpha + \mu_t + v_i + \varepsilon_{it} \quad (26)$$

其中 $innov_{it}$ 表示 t 期企业 i 的创新表现; $struc_{it}^j$ 为 t 期企业 i 所在 j 部门的生产投入结构变动; X 为控制变量向量; α 为待估计参数向量; v_i 表示企业固定效应; μ_t 表示时间效应; β_0 为常数项; ε_{it} 为扰动项。

固定效应 v_i 包含了创新效率或创新政策冲击的直接效应,而 $struc_{it}^j$ 同时包含了直接的生产投入结构变动效应和间接的生产网络效应。也就是说,估计方程(26)识别生产投入结构变动影响企业创新的整体效应。理论模型中使用创新性劳动投入刻画企业创新行为,实证分析中缺乏科研人员投入数据,故使用专利申请数量作为代理变量。根据命题3,以及结合中国工业企业的规模特征,生产投入结构变动对企业创新有正向效应,即预期模型 $\beta_1 > 0$ 。

其次,分析生产投入结构变动对企业创新效应的作用渠道。命题4中,生产投入结构变动主要通过影响创新的边际收益(创新的生产率转换)和生产成本(产品价格变动)影响代表性企业创新投入。作用机制估计方程如下:

$$mech_{it} = \beta_0 + \beta_1 struc_{it}^j + X\alpha + \mu_i + v_i + \varepsilon_{it} \quad (27)$$

其中, $mech_{it}$ 表示创新的生产率转换或价格变动。

(二) 检验结果

1. 基准估计。表1汇报了生产投入结构变动对企业专利申请数量的回归结果,核心解释变量是 $Struc_20\%$ 和 $Struc_30\%$,控制了从业人数等10个可能影响企业专利申请的变量,各列还均控制了时间和个体固定效应,并在企业层面进行了聚类处理。第(1)–(2)列中 $Struc_20\%$ 和 $Struc_30\%$ 分别在5%和1%的显著性水平上提升了企业专利申请数量。该结果初步检验了生产投入结构变动和企业创新的关系,表明中国生产投入结构变动的确促进了企业创新。

表1 生产投入结构变动与企业创新

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	基准情形		生产网络外生情形		生产网络内生情形	
$Struc_20\%$	0.0288 ** (0.0124)		-0.00777 (0.0310)		0.0623 *** (0.0206)	
$Struc_30\%$		0.0468 *** (0.0109)		0.0620 ** (0.0252)		0.0495 *** (0.0186)
控制变量	是	是	是	是	是	是
年份效应	是	是	是	是	是	是
个体效应	是	是	是	是	是	是
观测值	158909	158909	69169	69169	89740	89740
R^2	0.137	0.137	0.121	0.122	0.153	0.152
截面数	132368	132368	63574	63574	81107	81107

注:***、**、* 分别表示1%、5%和10%的显著性水平;括号内数值为标准误;回归时进行了企业聚类;为节约篇幅汇报结果省略了企业年龄、人均固定资产、人均产值、是否贷款、是否出口、是否位于高新区、是否盈利、是否外资、HHI、从业人数等控制变量。下表同。

理论分析部分区分了生产网络外生和内生情形,在外生情形下,生产投入结构变动对企业创新的效应不确定,在内生情形下有确定的促进效应。以2002、2007和2012三年数据为例,从从业人数、工业总产值、固定资产总额三个维度来看,前5%的企业分别占行业总额的30%、40%和50%,中国工业企业呈现明显的头部积聚效应。为识别生产网络外生化和内生化的差异,本文认为前5%企业从业人数占行业总数比重超过30%时,该行业呈现生产网络内生生化特征。^①据此,可以把整体样本划分为头部积聚效应较强和较弱两个子样本。对于头部积聚较弱的行业,第(3)

^① 该阈值是根据2002年、2007年和2012年前5%企业的从业人数占比确定。作者也基于其他阈值进行了多重稳健性检验,结果与表1基本一致。

列结果表明 *Struc_20%* 对企业创新的效应不显著; 第(4)列结果显示 *Struc_30%* 的系数在 5% 的水平上显著为正。对于头部积聚较强的行业, 第(5) — (6) 列的回归系数都在 1% 的水平上显著为正。不同子样本下回归系数的显著差异性在一定程度上验证了命题 2 和命题 3。

2. 工具变量再讨论。基准回归表 1 中解释变量是行业层面数据, 被解释变量是企业层面数据, 在一定程度上避免了内生性问题。但仍需注意到生产投入结构变动与企业创新是在同一时间段内发生的, 可能存在较高创新能力企业更有动机采购其他部门产品的情形, 即意味着因变量和自变量存在互为因果的可能性。如果存在互为因果, 表 1 汇报的结果是有偏的。为解决潜在内生性问题, 本文使用调整的部门投入部门数量作为工具变量, 称为调整入度(*in-degree*)。计算方法如下: 首先计算每个部门投入部门的个数, 然后按照每年排序, 取后 5% 的数值为 1, 其他为 0。

首先, 调整入度作为工具变量满足严格外生性条件。一方面, 调整入度是指一个部门生产投入部门的数量, 是行业层面数据。虽然行业层面数据是由微观层面数据加总所得, 但行业中微观层面样本越多, 微观个体样本对行业整体层面数据的影响越小。另一方面, 对入度的序数调整, 进一步弱化了企业创新与调整入度的相关性。本文设定的工具变量对入度做了序数调整, 所有调整入度数据只是 0—1 变量。因此, 即使个别企业的创新可能对行业层面的入度有所影响, 对入度的序数调整对这个潜在影响做了最大程度的弱化。其次, 生产投入结构变动与调整入度有高度相关性。根据理论分析, 生产投入结构变动是基于两个年份的入度计算所得, 这意味着调整入度与生产投入结构变动高度相关。调整入度的 0—1 值处理并不是刻画部门生产投入结构是否变动, 而旨在描述变动的可能性, 即投入部门数量较少的行业有更大的可投入部门选择集合, 生产投入变动的可能性更高。综上, 可认为该工具变量是合理且有效的。

表 2 汇报了回归结果, 第(2)列和第(4)列的结果表明, 在使用调整入度作为工具变量时, *Struc_20%* 和 *Struc_30%* 的回归系数皆在 10% 的显著性水平上为正。虽然回归系数没有达到理想的 1% 显著性水平, 但本文的实证回归是基于理论分析进行, 一些指标是基于多步骤计算而得, 在这个意义上已经比较好地解释了理论。第(1)列和第(3)列汇报了一阶段回归结果, 表明调整入度与生产投入结构变动有高度相关性, 且与理论分析一致。为检验工具变量的有效性, 本文分别进行了弱工具变量检验, Cragg-Donald Wald F 的统计值皆远大于 Stock-Yogo 10% 显著性水平临界值, 同时也汇报了 KP 值, 分别为 62.261 和 171.844, LM 不可识别检验的 P 值都为 0。

表 2 工具变量内生性检验: 调整入度

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	<i>Struc_20%</i>	专利数量	<i>Struc_30%</i>	专利数量	<i>Struc_20%</i>	专利数量	<i>Struc_30%</i>	专利数量
<i>Struc_20%</i>		0.496* (0.292)				0.0279** (0.0124)		
<i>Struc_30%</i>				0.269* (0.156)				0.0457*** (0.0109)
调整入度	0.0904*** (0.0115)		0.167*** (0.0127)		0.0904*** (0.0115)	0.0423 (0.0258)	0.167*** (0.0127)	0.0372 (0.0259)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
年份效应	是	是	是	是	是	是	是	是
个体效应	是	是	是	是	是	是	是	是
P 值	0.000		0.000					

续表 2

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Struc_20%	专利数量	Struc_30%	专利数量	Struc_20%	专利数量	Struc_30%	专利数量
弱识别 KP 值		62.261		171.844				
观测值	49990	49990	49990	49990	158909	158909	158909	158909
R ²	0.0815	0.0914	0.0543	0.124	0.0815	0.137	0.0543	0.137
截面数	23449	23449	23449	23449	132368	132368	132368	132368

为保证工具变量的有效性,本文还通过共同控制生产投入结构变动和工具变量、添加控制变量方式进行排他性检验。首先,把生产投入结构变动和调整入度同时放入回归方程,如果调整入度对企业创新没有显著性影响,则意味着调整入度这一工具变量有较好的排他性。在 IV-2SLS 回归中,把工具变量和内生变量一起放入第二阶段的估计方程。如果所选取工具变量是严格外生排他的,则意味着工具变量的回归系数不显著。表 2 第(6)列和第(8)列的回归结果表明选取的调整入度这一工具变量是存在排他性的。其次,添加控制变量。基于数据的可获得性,本文添加了中心扭曲度和调整价格指数等与生产投入结构变动或企业创新相关的经济变量。(1)中心扭曲度是基于 Liu(2019)测算,使用投入产出数据测度了 2002 年、2007 年、2012 年行业层面的中心扭曲度,中国经济生产投入结构呈现一定程度的排序特征,中心扭曲度指数和产业上下游的排序基本一致(Liu, 2019),这一变量可能与生产投入结构变动相关,因此作为排他性检验的控制变量。(2)产品价格和企业创新密切相关,本文基于杨汝岱(2015)的方法整理了 2 位数部门层面的价格指数,每年按数值大小排序,取前 80% 为 1,表示价格变动,其余取 0。添加控制变量后的排他性检验结果表明,虽然相关控制变量在一定程度上影响了生产投入结构变动对企业创新的回归系数大小,但影响程度较小。综上可认为本文选取的工具变量通过了排他性检验。

3. 稳健性检验。使用工具变量回归分析基本上保证了生产投入结构变动对企业创新行为的效应是可信的,但仍需要排除指标测度、模型回归方法选择、政策激励等可能影响企业创新的相关因素。

第一,调整创新代理变量。(1)调整专利申请区间。基准回归中生产投入结构变动指标是基于 1997 年、2002 年、2007 年、2012 年共 4 年投入产出数据计算,共 3 个时间区间变量,分别对应“1998—2002 年、2003—2007 年、2008—2012 年”这 3 个区间内企业专利申请数量。投入产出数据的时间跨度为 5 年,故存在生产投入结构变动可能发生在时间区间内靠后年份。为消除生产投入结构变动不平衡情形,选取后 3 年“2000—2002 年、2005—2007 年、2010—2012 年”内的专利申请数量进行稳健性检验。(2)使用研发投入刻画企业创新行为。企业实际生产过程中可能存在即使企业有创新活动但并没有申请专利,或者即使有创新活动但并没有创新产出的情形,那么基准回归结果可能有偏。选取研发投入费用作为企业创新代理变量进行稳健性检验。(3)标准化企业创新指标。本文选用的创新指标是企业直接申请专利数据,借鉴吕铁和王海成(2019)的研究对专利数据进行了标准化: $patent_{it} = \ln(Y_{it} + (Y_{it}^2 + 1)^{1/2})$, 其中 Y_{it} 表示 t 年企业 i 的专利申请数。

第二,变换估计方法。(1)泊松估计模型。由于企业创新是离散的非负变量,符合计数回归的特征,使用泊松面板固定效应模型重估。为充分利用样本数据信息,本文还使用泊松随机效应模型。(2)负二项估计模型。使用泊松回归的潜在假设是数据满足等离散现象(平均值与方差相等),若数据具有一定的聚焦性,很可能就会产生过离散现象,此时使用负二项估计模型更合适。由于本文选取的样本时间跨度较大,分布行业范围较广,很可能出现过离散现象,因此使用负二项估计模型进行重估。

第三,政策激励效应检验。(1) 设定不同程度激励虚拟变量。中国企业专利申请数量增加可能是相关激励政策造成的现象,即创新政策的直接效应,而非通过生产投入结构变动诱致企业创新。借鉴 Hu et al. (2017) 的方法,本文按照省份加总专利申请数量,分别选取数量居前的 20% 和 30% 省份设置虚拟变量,控制激励政策。(2) 城市层面聚类。不同城市对企业创新的政策可能存在显著差异,为消除这一潜在政策差异对创新行为的激励,在城市层面聚类重新回归。

综上,通过更换被解释变量、调整估计方法和创新政策激励检验等进行了多重稳健性检验,回归结果与表 1 基本一致,即有效地验证了理论分析提出的命题 3。

4. 作用机制。理论分析结论认为生产投入结构变动直接影响到部门代表性企业创新的生产率转换,降低产品生产成本,影响到产品价格,并通过生产网络产生间接效应。因此,创新的生产率转换是生产投入结构变动影响企业创新的直接作用渠道,价格变动是间接作用渠道。

(1) 直接作用渠道。需要估计企业创新的生产率转换效应,估计模型设定为:

$$\log(\widehat{tfp}_{it}) = e_0 + e_1 \log(\widehat{innov}_{it}) + \mu_t + \nu_i + \varepsilon_{it} \quad (28)$$

其中 \widehat{tfp}_{it} 为企业的生产率。

使用 LP 方法估计企业生产率,根据式(28)得到参数估计值预测拟合值 $\log(\widehat{tfp}_{it})$,其经济含义是指控制了时间和个体固定效应时,企业的创新水平 $\log(\widehat{innov}_{it})$ 会对应生产率值 $\log(\widehat{tfp}_{it})$ 。因此,可以把 $\log(\widehat{tfp}_{it})$ 作为企业创新的生产率转换效应的代理变量。根据命题 2 和命题 3,在生产网络外生情形,生产投入结构变动对创新投入的生产率效应并不确定;而在内生情形,这一效应确定为正。基于此,选取前 5% 企业雇佣劳动人数超过 30% 的行业中的企业作为子样本,根据式(28)估计 $\log(\widehat{tfp}_{it})$ 作为因变量,生产投入结构变动作为解释变量,按照模型(27)回归分析。表 3 第(1) — (2) 列汇报了回归结果,表明 *Struc_20%* 和 *Struc_30%* 的系数都在 1% 的水平上显著为正。

表 3 作用机制检验: 生产率转换和价格变动

	(1)	(2)	(3)	(4)
	创新的生产率转换		价格指数	
<i>Struc_20%</i>	0.00176 *** (0.000583)		-0.0291 *** (0.00446)	
<i>Struc_30%</i>		0.00140 *** (0.000529)		-0.0418 *** (0.00385)
控制变量	是	是	是	是
个体效应	是	是	是	是
年份效应	是	是	是	是
观测值	89740	89740	156926	156926
R ²	0.701	0.701	0.0635	0.0660
截面数	81107	81107	131082	131082

注: 创新的生产率转化效应使用 2001—2007 年数据,生产率是使用 LP 方法估计; 1998 年价格指数为 100,故回归分析中未包含 1998 年数据。

(2) 间接作用渠道。考察价格这一作用机制时,应该更加注重价格是否变动。借鉴生产投入结构变动指数的调整方法,把每年行业层面的产品投入价格指数排序,取前 90% 为数值为 1,其他为 0。这一调整方法把价格指数处理为 0—1 变量,作为被解释变量。第(3) — (4) 列的回归结果表明生产投入结构变动对价格指数有显著负向效应,即生产投入结构变动的确降低了产品价格。

综上,表3汇报的回归结果充分表明生产投入结构变动通过提升企业创新投入的直接生产率转换效应和降低生产成本从而降低产品价格的间接效应共同影响企业创新行为,即检验了命题4。

5. 比较静态分析。命题5描述了市场扭曲和技术溢出的比较静态效应,对模型(28)加入相关影响变量和生产投入结构变动的交乘项进行识别:

$$innov_{it} = \beta_0 + \beta_1 struc_{it}^j + \beta_2 \Delta comp_{it}^j + \beta_3 struc_{it}^j \times \Delta comp_{it}^j + X\alpha + \mu_t + v_i + \varepsilon_{it} \quad (29)$$

其中, $\Delta comp_{it}^j$ 为 t 期企业 i 所在 j 部门面临的技术溢出或市场扭曲。

(1) 技术溢出效应。分3步计算技术溢出指标: 识别部门 j 中投入部门 i 的变动。若部门 i 在 $t-1$ 期没有投入 m 部门产品,但 t 期有投入,称部门 i 关于投入部门 m 的内涵技术发生了变动 $\Delta Patent_{imt}$; 识别在 t 期部门 j 所投入部门中内涵技术发生变动的所有部门 ΔS_j ; 以变动部门的投入占比为权重 ϕ_{ji} 加权计算技术溢出 $\Delta spill_{jt}$ 。计算公式为 $\Delta spill_{jt} = \sum_{i \in \Delta S_j} \phi_{ji} \Delta Patent_{imt}$, 其中, $\sum_i \phi_{ji} = 1$ 。基于回归模型(29), 识别技术溢出如何影响生产投入结构变动对企业创新行为的效应。回归结果表明 $Struc_20\%$ 、 $Struc_30\%$ 和技术溢出的交乘项对企业创新在1%的显著性水平上有正向效应,即企业投入中间品内嵌技术溢出有助于生产投入结构变动促进企业创新。(2) 市场扭曲效应。根据 De Loecker & Warzynski(2012) 方法计算市场扭曲指标。生产网络经济中, 价格加成不仅反映了本部门代表性企业的定价能力, 更反映了相对于整个市场的价格加成水平。当本部门价格加成相对较低时, 意味着本部门代表性企业受到较高的市场扭曲。鉴于此, 应该考察本企业的价格加成水平在行业加成水平中的地位。囿于数据, 本文计算微观企业层面价格加成率时, 只使用了1998—2007年的数据。对每年的价格加成排序取后40%为1, 其他为0, 即生产网络经济中有40%的企业受到较高等度的市场扭曲。回归结果显示市场扭曲与 $Struc_20\%$ 和 $Struc_30\%$ 交乘项的系数在1%的显著性水平上为负, 即市场扭曲抑制了生产投入结构变动对企业创新的效应。

四、结论及政策启示

本文基于生产网络框架, 引入企业创新行为, 分别在生产网络外生和内生情形深入研究了生产投入结构变动对企业创新的效应、作用渠道和相关影响因素, 并使用中国投入产出表数据、工业企业数据进行了实证检验。主要结论如下:

首先, 生产网络内生框架下生产投入结构变动激励企业创新, 而外生情形下这一效应并不确定。其次, 生产投入结构变动会影响企业创新向生产率转化的效率, 对企业创新产生直接效应, 以及影响产品的生产成本, 进而影响产品价格, 产生间接生产网络效应。再次, 技术溢出反映了生产网络中部门间技术关联程度, 技术溢出越高越有助于生产投入结构变动促进企业创新。市场扭曲程度越大, 越抑制生产投入结构变动对企业创新的激励效应。最后, 使用中国行业和微观企业数据构造了生产投入结构变动、技术溢出、市场扭曲等重要指标, 实证检验结果表明中国数据支持理论分析结论。

本文研究结论对政策制定有如下启示:

一是, 推进市场一体化, 降低市场分割, 扩大企业生产投入可选择集合。本文结论表明仅仅扩大企业生产过程中的投入可选择集合便会激励企业创新, 这意味着推进市场一体化, 减少产业循环障碍, 就可以有效激励企业创新, 进而推动整个经济的创新水平提升。进一步通畅生产、分配、流通、消费的供应和需求体系, 有助于构建新发展格局。要充分认识到推进市场一体化, 降低市场分割并非单方面受益, 而是互惠互利的重要举措。充分利用现代信息技术和各类平台引入新产品, 建立有效供给体系, 为企业创新发展提供基础保障。

二是, 合理限制行业垄断水平, 优化营商环境, 提高市场竞争程度。生产网络中, 微观部门的垄

断不仅直接影响到本部门产品价格,而且会通过生产网络价格传递到使用该产品的部门,然后再次不断传递。本文研究结论意味着市场扭曲会放大生产网络结构的累积效应。相关部门应该严格落实反垄断规章制度,提高市场化水平,这是降低企业运营成本、激励企业创新的一个重要路径。特别是对经济生产关联畅通比较重要的平台经济领域,切实降低垄断水平,激发企业创新活力,提升市场竞争程度。

三是,制定促进产业关联畅通与企业创新的针对性政策,引导支持对整个经济发展至关重要的产业。本文理论分析结论的重要逻辑前提是创新效率冲击或创新政策冲击,这些冲击影响生产投入结构变动,进而激励整个生产网络经济中企业创新。税收优惠、研发费用加计扣除等都是生产网络中企业创新的重要推动力,要持续采取税收优惠、便捷专利申报、合理制定市场准入规范等措施激励企业创新。对于生产网络中至关重要的“卡脖子”行业给予重点支持,重点带动,全面发展,推进整个生产关联的活力,激励市场中企业创新,提升整个经济的创新水平,进一步促进产业升级和经济高质量发展。

参考文献

- 刘维刚、周凌云、李静 2020 《生产投入的服务质量与企业创新——基于生产外包模型的分析》,《中国工业经济》第8期。
- 吕铁、王海成 2019 《放松银行准入管制与企业创新——来自股份制商业银行在县域设立分支机构的准自然试验》,《经济学(季刊)》第4期。
- 倪红福 2021 《生产网络结构、减税降费与福利效应》,《世界经济》第1期。
- 齐鹏飞、LI Yuanfei 2020 《财政支出的部门配置与中国产业结构升级——基于生产网络模型的分析》,《经济研究》第4期。
- 齐鹏飞、李苑菲 2021 《政府消费的生产性——基于生产网络模型的刻画、分解和检验》,《管理世界》第11期。
- 谢谦、刘维刚、张鹏杨 2021 《进口中间品内嵌技术与企业生产率》,《管理世界》第2期。
- 杨汝岱 2015 《中国制造业企业全要素生产率研究》,《经济研究》第2期。
- Acemoglu, D., and P. D. Azar, 2020, “Endogenous Production Networks”, *Econometrica*, 88(1), 33—82.
- Acemoglu, D., V. M. Carvalho, A. Ozdaglar, and A. Tahbaz-Salehi, 2012, “The Network Origins of Aggregate Fluctuations”, *Econometrica*, 80(5), 1977—2016.
- Atalay, E., A. Hortacsu, J. Roberts, and C. Syverson, 2011, “Network Structure of Production”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(13), 5199—5202.
- Baqae, D. R., 2018, “Cascading Failures in Production Networks”, *Econometrica*, 86(5), 1819—1838.
- Baqae, D. R., and E. Farhi, 2020, “Productivity and Misallocation in General Equilibrium”, *Quarterly Journal of Economics*, 135(1), 105—163.
- Bigio, S., and J. La’o, 2020, “Distortions in Production Networks”, *Quarterly Journal of Economics*, 135(4), 2187—2253.
- Bilgin, N. M., 2020, “Endogenous Production Networks and Learning-by-Networking”, SSRN Working Paper, 3542371.
- Boehm, J., and E. Oberfield, 2020, “Misallocation in the Market for Inputs: Enforcement and the Organization of Production”, *Quarterly Journal of Economics*, 135(4), 2007—2058.
- Carvalho, V. M., and N. Voigtländer, 2014, “Input Diffusion and the Evolution of Production Networks”, NBER Working Paper, 20025.
- De Loecker, J., and F. Warzynski, 2012, “Markups and Firm-level Export Status”, *American Economic Review*, 102(6), 2437—71.
- Gabaix, X., 2011, “The Granular Origins of Aggregate Fluctuations”, *Econometrica*, 79(3), 733—772.
- Hu, A. G., P. Zhang, and L. Zhao, 2017, “China as Number One? Evidence from China’s Most Recent Patenting Surge”, *Journal of Development Economics*, 124, 107—119.
- Hulten, C. R., 1978, “Growth Accounting with Intermediate Inputs”, *Review of Economic Studies*, 45(3), 511—518.
- Liu, E., 2019, “Industrial Policies in Production Networks”, *Quarterly Journal of Economics*, 134(4), 1883—1948.
- Oberfield, E., 2018, “A Theory of Input-output Architecture”, *Econometrica*, 86(2), 559—589.
- Romer, P. M., 1990, “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S71—S102.
- Taschereau-Dumouchel, M., 2020, “Cascades and Fluctuations in an Economy with an Endogenous Production Network”, SSRN Working Paper, 3115854.

Changes of Production Input Structure and Enterprise Innovation: An Analysis Based on the Endogenous Production Network

LIU Weigang

(College of Economics and Management , Beijing University of Technology)

Summary: With the progress of technology , the production relationship between sectors is becoming closer and closer , and the structure of production input has been changing. The production network model , with multi-sector economic relationships as the analysis framework , focuses on the impact of micro sector economic impact or resource allocation on the whole economy through production networks , but ignores the impact of the change of production input structure on enterprise behavior , especially the innovation behavior. In China , to build a new development pattern , we need to adhere to innovation-driven development , improve the adaptability of the supply system , and promote the smooth flow of resource factors , which means that the development of the national economy should pay full attention to production relationships and enterprise innovation. Therefore , it is of great theoretical and practical significance to study the change of production input structure and enterprise innovation in the framework of production network. Based on the endogenous production network and the analytical framework of Acemoglu & Azar (2020) and Bigio & La'o (2020) , we construct the endogenous model of production network , and answer the following questions: how does the change of production input structure affect enterprise innovation?

Firstly , we bring enterprise innovation into the framework , which provides a theoretical explanation for the conclusion that the change of production input structure promotes economic growth in Acemoglu & Azar (2020) , and enriches the research on this field. On the one hand , we assume that the enterprise productivity is the function of sector technology , production input structure and innovation input. On the other hand , we analyze the change of production input structure and enterprise innovation under a more concise and clearer framework , and clarify the mechanism of the change of production input structure affecting enterprise innovation , which provide a reasonable explanation for technological innovation in the production network.

Secondly , we discuss the direct productivity effect and indirect price change effect as the mechanism of the change of production input structure on enterprise innovation , and analyze the comparative static effect of market distortion and technology spillover. It is found that technology spillover and market distortion are important economic factors affecting the effect of changes in production input structure on innovation: technology spillover has a direct incentive effect , while market distortion has an indirect inhibitory effect.

Finally , we empirically test the theoretical conclusions using Chinese input-output data and enterprise data. To our knowledge , this paper is the first to use Chinese data to study the impact of the change of production input structure on enterprise innovation in the production network. We investigate the mechanism of productivity effect and price change effect , as well as the comparative static effect of market distortion and technology spillover. We modify Jaccard index proposed by Acemoglu & Azar (2020) to measure the change of production input structure , examine the change of production input set from the intensive and extensive perspectives. Through a series of robust empirical tests such as instrumental variable method , the results show that the change of China's production input structure does stimulate enterprises' innovation behavior. We further construct the indexes of productivity effect of innovation , price change , technology spillover , and market distortion to carry out the mechanism analysis and comparative static analysis. The empirical results are consistent with the theoretical conclusions.

The main contributions of this paper are as follows. Firstly , we extend the theoretical research of production network by combining enterprise innovation with endogenous production network to explain enterprise innovation behavior from the perspective of the change of production network structure. Secondly , this paper is the first to study the change of production network structure and enterprise innovation and to clarify the mechanism of the effect of change of production input structure on enterprise innovation from the perspective of endogenous production network. Thirdly , this paper is the first to empirically study the relationship between the change of China's production network structure and enterprise innovation , to closely connect frontier research with China's practical problems , which effectively supplements the research on the production network and the change of China's production input structure.

Keywords: Production Network; Enterprise Innovation; Production Input Structure; Market Distortion; Technology Spillover

JEL Classification: C67 , D21 , E32

(责任编辑: 冀 木) (校对: 刘 阳)