

DOI:10.19361/j.er.2025.03.03

要素投入结构失衡、 生产网络结构扭曲与韧性风险

景文治 吴学艳*

摘要：本文基于内生生产网络的模型构建思路，将复杂网络生成模型融入新结构一般均衡框架，构建了包含多层网络（要素网络和生产网络）的新结构一般均衡模型。在模型较好地拟合现实经济的基础上，遵循“要素禀赋结构—要素网络结构—部门节点生产结构—生产网络结构—生产网络韧性”的研究逻辑，对要素投入结构失衡是否构成中国生产网络韧性风险产生的根源性因素进行了探究。研究结果表明：要素投入结构失衡的确能够影响生产网络韧性，且其正向失衡能够在短期增加生产网络的韧性风险；要素投入结构失衡的异质性在造成生产网络韧性风险上亦存在差异，要素投入结构对应的生产技术阶段越接近关键核心技术前沿，其正向失衡对生产网络韧性水平的冲击效应越显著；在传导机制上，理论模型的推导及后续的冲击模拟皆证明，要素投入结构失衡能够通过扭曲生产网络结构，在短期增加生产网络韧性风险。本文的研究结论为“百年未有之大变局”背景下，从根源上着手提升生产网络韧性水平和保障产业安全提供了启示。

关键词：新结构经济学；复杂网络；要素投入结构；网络结构；生产网络韧性

中图分类号：F121；F124

一、引言

2023 年中央经济工作会议明确指出，完善新型举国体制，实施制造业重点产业链高质量发展行动，加强质量支撑和标准引领，提升产业链供应链韧性和安全水平。实现我国产业链供应链韧性水平的可持续性提升，其关键在于认清和探寻造成我国产业链供应链韧性风险的根源因素，也只有实现对根源因素的有效识别，才能够保证提升韧性水平的政策有的放矢。而对根源因素的探寻则需要对产业链供应链的研究范畴进行扩维，在生产网络层面进行更为全局性的分析。其原因在于，在中观层面，随着分工的不断深化，基于“外部因素不影

* 景文治，辽宁大学国际经济政治学院，邮政编码：110036，电子信箱：15998831709@163.com；吴学艳（通讯作者），辽宁大学国际经济政治学院，邮政编码：110036，电子信箱：634667431@qq.com。

本文获得教育部人文社会科学规划基金项目“技术标准影响我国制造企业出口‘增量提质’：理论、实证与政策设计研究”（23YJA630021）、辽宁大学青年科研基金项目“新发展格局下中国制造业生产网络韧性提升研究”（LDQN2022008）的资助。感谢匿名审稿专家提出的建设性意见，当然文责自负。

响网络本身”这一假设的产业链供应链研究多是在局部静态的分析框架中,而现实经济环境中,托生于“投入-产出”关系的链式结构往往是错综复杂而非线性单维的。多维的投入与产出使得部门之间的关系呈现出链式交叠的网络化特征,因而对造成生产网络韧性风险的根源因素的探究不应局限于静态的某一产业链或供应链,而是应当从生产网络结构本身入手,进行系统性分析。也正是基于此,本文将立足新结构经济学的研究框架,在实现生产网络结构内生化的基础上,对造成生产网络韧性风险的根源因素和影响路径进行探寻,并从多个维度提出切实有效的政策建议。

新结构经济学作为我国自主经济学理论体系的重要尝试,其以禀赋结构为切入点,将企业自生能力作为微观基础,强调不同时期经济结构的演进皆内生于禀赋结构,在传导机制上遵循禀赋结构内生决定生产结构,进而影响产业结构的演进,并最终影响制度结构、金融结构等其他经济结构的理论逻辑(林毅夫,2017)。当然其中也包含生产网络的结构,这也正是本文基于新结构经济学的研究框架,对造成我国生产网络韧性风险的诱因追根溯源的理论基础所在。

目前新结构经济学的理论框架和应用场景正处在蓬勃发展的阶段,主要涵盖产业经济学、金融学、环境经济学、区域经济学等诸多领域(王勇、汤学敏,2021)。其中,对生产结构内生演进规律的研究是新结构经济学的基础,形成了新结构一般均衡的研究范式(付才辉,2018),从而为本文的模型构建提供了方向。此外,产业层面的研究是新结构经济学研究框架的核心,主要包括产业结构的升级及变迁规律(Ju et al., 2015;唐晓华、景文治,2020;王勇等,2022)和产业政策(朱兰等,2020;林毅夫等,2023)两个方面。在此基础上,诸多学者更是将新结构经济学的研究范式进行了扩维,将其应用于最优金融结构(熊德斌、杨迪,2022)、绿色发展与环境规制(郑洁,2022;赵秋运等,2023)、技术创新与专利结构调整(张骞等,2022)、贸易结构与出口质量升级(郑洁,2024)等方面的研究。本文的研究亦是基于新结构经济学的研究视角,以上研究成果为本文后续的模型构建和路径甄别提供了坚实的理论基础。

除此之外,对复杂生产网络及其韧性水平的研究也与本文密切相关。这一领域的研究一直以来备受学界关注,特别是在全球经济发展格局调整背景下,产业链供应链的重塑更使生产网络的研究得到重视。对生产网络的研究最早可以追溯到 20 世纪 80 年代,通过将中间投入品引入生产函数的方式,探究了部门技术进步对整体生产效率的影响,这也形成了最早的包含生产网络概念的一般均衡模型。而随着网络科学理论不断发展,Acemoglu 等(2012)、Carvalho 和 Voigtländer(2014)、Baqaee 和 Farhi(2018)、Oberfield(2018)、Acemoglu 和 Azar(2020)先后对生产网络模型进行了完善。其中,Acemoglu 和 Azar(2020)开创性地将 Carvalho 和 Voigtländer(2014)模型中供应链节点选择的生产网络构建方法进行了深化,提出了内生生产网络的基本分析框架,其建模思想为本文实现新结构一般均衡框架与复杂网络生成模型的融合提供了切入点。

除了对理论模型的完善与拓展,生产网络的相关研究也极为关注对外生冲击的网络扩散效果的评估,但多聚焦于自然灾害(Hsu et al., 2017)和技术(Kopytov et al., 2024)等经济体外部因素沿生产网络蔓延所产生的结果,并强调打通生产网络节点、畅通生产网络传导路

径在缓解负向冲击扩散效果中的自动稳定器作用。此外,值得注意的是,随着现代产业体系建设的不断推进,中国学者基于本土生产网络的结构特征开展的相关研究亦成果卓著。Liu (2019)率先提出了扭曲中心度的概念,指出产业政策应当选择那些具有高扭曲中心度的部门,从而更好地发挥其外溢效应。李苑菲等(2024)则基于Liu(2019)的研究成果,构建包含投入-产出关系的一般均衡模型,认为随着投入-产出关系复杂水平的提升,税收政策扩散效果也将愈发明显。同样,倪红福(2022)在生产网络的研究框架下指出,复杂的生产网络关系能够在一定程度上强化减税降费的福利效果。刘维林(2022)、刘维林和程倩(2023)则将研究范畴扩展至全球生产网络,强调生产网络作为机制在扩大劳动力报酬变动和技术溢出上的重要作用。而随着网络科学思想与经济学的逐渐融合,刘维刚(2022)创新性地将视角转移至生产网络的自身特征上来,强调生产网络结构在企业创新过程中的重要地位。随后,王群勇等(2023)基于“双循环”的视角对中国生产网络的基本特征进行了估算,这也为本文后续的模型检验提供了重要依据。陈国进等(2024)亦关注生产网络的自身特征,认为生产网络结构会对宏观尾部风险和外部需求冲击的传导效应产生关键影响。

生产网络研究的不断深入也使得基于网络科学视角分析韧性水平的研究逐渐成为热点。Jiang等(2022)通过反应能力、运转能力、抵抗能力、恢复能力和演进能力五个维度构建了网络韧性水平的综合评价体系,并利用网络结构的拓扑特征验证了评价体系的有效性,这也为后续生产网络的相关研究提供了蓝本。König等(2022)通过构建动态随机微分方程系统的方法,对微观企业进入退出行为及韧性特征进行刻画,并指出产业链的回迁政策将会对生产网络的韧性水平造成较大的负面影响。Liu等(2023)则基于中国现实情况,对钴产业的生产网络韧性水平进行了测度和评价,并模拟了“回收技术”“库存”“原材料替代”三种手段在补链强链中的作用效果。袁瀚坤等(2024)探讨了产业链供应链韧性的核心要素及其作用机制,认为数字经济通过提升供需匹配精确度、优化供需关系维持以及提升供应质量,显著增强了产业链供应链的韧性。

综上所述,已有对生产网络及其韧性的研究方兴未艾,尽管如此,其在以下方面仍有待深化:(1)相关研究未能从自身特征着手剖析韧性风险产生的原因。目前对生产网络韧性的研究主要集中于两个层面,其一是对韧性水平的测度,其二是基于静态网络分析外部冲击对韧性的影响,两者皆未能立足于动态内生的生产网络自身特征,对造成其韧性风险的根源因素进行探究,外部冲击仅是诱因而非根源。(2)已有研究多从静态角度对生产网络韧性水平进行度量,在一定程度上忽略了微观部门行为对生产网络结构产生的动态反馈效应。生产网络是由微观个体通过动态决策构建的系统,传统基于投入-产出关系的韧性度量更多的是将生产网络当作一个静态的整体,而未能体现生产网络内部的微观个体行为。对于生产网络而言,微观个体的某一决策将会对与之关联的个体产生影响,这也将造成生产网络结构的异变,最终影响其韧性水平。换言之,生产网络的韧性水平对其自身的拓扑结构是动态反馈且高敏感的。因而,已有研究对生产网络结构动态反馈的忽视,也是造成其难以剖析生产网络韧性风险根源因素的主要原因。

鉴于此,本文的边际贡献体现在以下三个方面:(1)研究视角。为了对造成中国生产网络韧性风险的因素进行根源探析,本文创新性地从新结构经济学的研究视角出发,对异质性

要素投入结构失衡影响生产网络韧性的效果和机制进行了分析,在一定程度上丰富了新结构经济学的研究范畴。(2)研究对象。相较于已有文献,本文更为关注生产网络自身特征的演化是如何造成其韧性风险的。故此,研究遵循“要素禀赋结构—要素网络结构—部门节点生产结构—生产网络结构—生产网络韧性”的传导逻辑,聚焦生产网络结构对要素投入结构失衡的动态反馈,并进一步就生产网络结构扭曲催生生产网络韧性风险的过程进行探析。(3)研究方法。基于内生生产网络的模型构建思路,本文探索性地将复杂网络生成模型融入新结构一般均衡的研究框架,刻画网络结构对个体节点行为的动态反馈,从而使得在新结构经济学的研究视角下,对造成生产网络韧性风险的根源因素进行探究成为可能。

二、模型构建

新结构一般均衡模型对要素禀赋结构决定生产结构的内生机制进行了充分的辨析(付才辉,2018),这意味着当要素投入结构偏离既有的要素禀赋结构^①,将会对厂商部门决定生产结构的行为产生影响,这种个体节点的影响将会在网络中蔓延,其将直接体现在要素网络结构中,并间接造成生产网络结构的扭曲。鉴于此,本文将要素投入结构失衡定义为要素投入结构相较于既有要素禀赋结构的偏离,其也是对“最适宜”的要素投入结构的偏离。

此外,本文在实现生产网络内生化的基础上,将复杂网络模型与新结构一般均衡模型融合,以期对造成中国生产网络韧性风险的根源因素进行探析。对于模型构建的描述将主要从中间品厂商部门、最终品厂商部门、典型化家庭部门、网络结构四个层面进行。其中,中间品厂商部门由数个异质性个体组成,个体之间的差异主要取决于在种类上对不同要素投入结构的选择,这一过程不仅内生决定了其面临的生产结构特征,而且决定了要素网络的结构。最终品厂商部门同样假设可以按照使用中间品的类别差异而拆分为数个异质性的个体,通过选择相应类别中间品的数量、关键核心技术水平以及生产结构特征以实现利润水平最大化。此外,数个异质性最终品厂商个体的选择行为也将决定生产网络的结构。对于典型化家庭部门而言,其能够通过预算约束下,平滑消费与储蓄从而实现终生效用水平最大化,这也使得典型化家庭部门行为与中间品厂商个体行为共同构成了要素网络的供给端与需求端。基于以上假设,本文在生产网络内生化的思路下,探索性地将复杂网络生成模型与新结构一般均衡模型相融合,并逐层展开研究。

(一)中间品厂商行为的刻画

在刻画中间品厂商个体 i 的行为上,本文假设其面临劳动力要素 L_{mi} 和 j 类其他生产要素 K_{ji} ,且存在 $j \in [1, \eta_{mi}]$ 。其中, η_{mi} 表示由最终品厂商个体 m 选择的关键核心技术水平,它决定了其关联的生产网络中中间品厂商个体面临的生产技术上限。此外,由于新关键核

①在新结构经济学中,对于厂商个体而言,要素禀赋结构是在既定的时间点上外生给定,但在长时间跨度上却是可随时间改变的变量。这意味着对于厂商个体而言,在既定的时间点上,其为实现利润最大化所决定的要素投入结构会受到即期要素禀赋结构约束,而市场失灵等因素的存在却会使得要素投入结构偏离即期要素禀赋结构,造成失衡。换言之,要素投入结构是对中间品厂商需求的反映,而要素禀赋结构则是对供给的反映。

心技术的出现往往意味着新生产要素的生成^①,故而,假设可供选择的生產要素种类与关键核心技术水平一一对应。生产要素种类的选择是中间品厂商个体间异质性的主要来源,在要素网络中, η_{mt} 种可供选择的生產要素意味着存在 $2^{\eta_{mt}}-1$ 个异质性的中间品厂商个体,其不仅构成了要素网络的需求端,也构成了生产网络的供给端。鉴于此,中间品厂商个体 i 的生产函数 X_{mit} 可以刻画为:

$$X_{mit} = \left\{ \sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t) + \tau_i \cdot \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t)}{\eta_{mt}} \right] \right\} \cdot \prod_{j=1}^{\eta_{mt}} [P_{ij}^{in}(t) \cdot K_{ijt}]^{\alpha_{ij}(t)} \cdot L_{mit}^{1-\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} \alpha_{ij}(t)} \quad (1)$$

假设任意中间品厂商个体完成其生产流程均需要使用1单位的劳动,如此单位化的处理一方面可以实现对要素投入结构的刻画,另一方面也使得家庭部门在劳动力数量上的供给决策能够侧面反映生产网络中中间品厂商个体的数量。故此可以得到:

$$x_{mit} = \left\{ \sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t) + \tau_i \cdot \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t)}{\eta_{mt}} \right] \right\} \cdot \prod_{j=1}^{\eta_{mt}} [P_{ij}^{in}(t) \cdot k_{ijt}]^{\alpha_{ij}(t)} \quad (2)$$

(2)式中: $x_{mit}=X_{mit}/L_{mit}$ 表示 t 期中间品厂商个体 i 生产并能够提供给最终品厂商个体 m 的人均产出水平。 $k_{ijt}=K_{ijt}/L_{mit}$ 表示 t 期中间品厂商个体 i 使用的 j 类要素与劳动力的比值,用以刻画受既定要素禀赋结构约束的要素投入结构,并参照付才辉(2018)的模型构建思路,假设 k_{ijt} 除受外生冲击外,在 t 期内保持不变且与要素禀赋结构 k_{ijt}^s 保持一致,即 $k_{ijt}=k_{ijt}^s \circ \alpha_{ij}(t)$ 则表示 t 期中间品厂商个体 i 为实现利润最大化而决定的生产结构,这也是在既定要素禀赋结构下其所能实现的“最适宜”的生产结构。此外,需要强调的是, η_{mt} 决定了可供选择的生產要素种类,在这一前提下,进一步将 k_{ijt} 按其折旧率进行排序, j 越大意味着其对应的要素投入结构的折旧率越高。 $P_{ij}^{in}(t)$ 为中间品厂商个体 i 在 t 期初(即 $t-1$ 期末)试图获得并使用要素投入结构 k_{ijt} 的概率,它同时体现为要素网络中中间品厂商个体 i 的入度水平,且存在 $P_{ij}^{in}(t) \in [0,1]$ 。在生产技术方面,参照唐晓华等(2021),采用Logistic函数对包含关键核心技术的生产技术演化过程进行刻画,由于假设最终品厂商个体 m 选择的关键核心技术水平 η_{mt} 决定了可供选择的生產要素种类,因此 $\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t)$ 代表了个体 i 的生产技术水平在全演进过程中所处的位置。当 $\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t) = \eta_{mt}$ 时,个体 i 在生产过程中选择并使用全部生产要

①在这一方面,数据要素是最为典型的代表。数据在成为生产要素投入生产活动之前,需要经历资源化、资产化和产品化三个环节,每一环节的实现都依赖关键核心技术的突破(陈刚等,2024)。从总体上看,数据成为要素的过程离不开现代网络技术和计算机技术的出现,这便是关键核心技术所扮演的角色。而从细分的角度看,在资源化的过程中,由计算机技术衍生的机器学习和数据挖掘技术为数据收集提供了帮助,数据库、云储存技术的突破则为数据仓库的建设奠定了基础。而在数据要素资产化的过程中,由于数据本身具有权属复杂的特征,因此区块链、数据水印和数据安全及加密技术的突破在这一环节中至关重要。而对于数据产品化的过程而言,数据可视化技术、数据隐私保护技术的突破以及计算机算法的发展将起到决定性的作用。综上可见,新生产要素的生成是以新关键核心技术的出现为前提的,除了数据要素外,页岩油、工业机器人使用、荒漠土地改造及其要素化同样可以说明这一问题。

素并形成其对应的要素投入结构,这也意味着其达到了行业关键核心技术水平所决定的技术上限。此外, τ_i 代表了个体 i 生产技术演化的速率。

中间品厂商个体 i 需要通过选择意向使用的要素投入结构的种类、数量以及生产结构,实现利润水平最大化,其一阶条件可以表述为:

$$\frac{1 - \tau_i \cdot \frac{1}{\eta_{mt}}}{\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t) + \tau_i \cdot \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t)}{\eta_{mt}} \right]} \cdot \frac{1}{\ln[P_{ij}^{in}(t) \cdot k_{ijt}]} = \frac{\alpha_{ij}(t)}{P_{ij}^{in}(t)} \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{\ln[P_{ij}^{in}(t) \cdot k_{ijt}]} \right\} \quad (3)$$

$$k_{ijt} = \alpha_{ij}(t) \cdot \frac{B_{mit} \cdot x_{mit}}{r_{jt} \cdot P_{ij}^{in}(t)} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \alpha_{i1}(t) = \dots = \alpha_{i\eta_{mt}}(t) = 0, \text{ if } P_{ij}^{in}(t) \cdot k_{ijt} < e \\ \alpha_{i1}(t) = \dots = \alpha_{i\eta_{mt}}(t) = 1 - \frac{1}{\ln[P_{ij}^{in}(t) \cdot k_{ijt}]}, \text{ if } P_{i1}^{in}(t) \cdot k_{i1t} = \dots = P_{i\eta_{mt}}^{in}(t) \cdot k_{i\eta_{mt}t} \geq e \\ \alpha_{ij}(t) = 1 - \frac{1}{\ln[P_{ij}^{in}(t) \cdot k_{ijt}]}, \alpha_{ih}(t) = 0, \text{ if } P_{ij}^{in}(t) \cdot k_{ijt} = \max\{P_{i1}^{in}(t) \cdot k_{i1t}, \dots, P_{i\eta_{mt}}^{in}(t) \cdot k_{i\eta_{mt}t}\} \geq e, j \neq h \end{cases} \quad (5)$$

$$B_{mit} x_{mit} = \frac{w_t}{1 - \alpha_{ij}(t)} \quad (6)$$

(3) — (6) 式中: r_{jt} 和 w_t 分别表示中间品厂商个体向使用的要素投入结构和劳动力要素支付的单位报酬,且假设在完全竞争的市场条件下满足一价定律。 B_{mit} 表示中间品厂商个体 i 向最终品厂商个体 m 出售产品的价格。需要强调的是, (5) 式表示一个经济体主导的生产方式将取决于其最丰裕的要素禀赋结构(付才辉, 2018), 这也构成了新结构一般均衡模型生产结构演化的主要逻辑。

(1) — (6) 式即是对中间品厂商个体行为的基本刻画。

(二) 最终品厂商行为的刻画

最终品厂商个体 m 是行业的统筹者, 需要通过选择关键核心技术水平、使用的中间品种类和数量以及生产结构特征, 实现利润最大化。对关键核心技术水平 η_{mt} 的选择不仅决定了供应商使用的生产技术范畴, 也决定了可供供应商选择的生产要素的种类。故此, 最终品厂商个体 m 面临的生产函数可以刻画为:

$$y_{mt} = \eta_{mt} \cdot \left\{ \int_1^{h_{mt}} [P_{mi}^{in}(t) \cdot x_{mit}]^{\rho_{mt}} di \right\}^{\frac{1}{\rho_{mt}}} \quad (7)$$

(7) 式中: y_{mt} 表示最终品厂商个体 m 的人均产出水平。 $h_{mt} = 2^{\eta_{mt}} - 1$ 表示可供最终品厂商个体 m 选择的中间产品的种类上限, 其主要取决于关键核心技术水平 η_{mt} , 这也意味着 t 期生产网络中最终品厂商个体的数量为 $\vartheta_t = 2^{h_{mt}} - 1$ 。 $P_{mi}^{in}(t)$ 则表示个体 m 选择中间产品 i 进入生产环节的概率, 它也体现为生产网络中最终品厂商个体 m 的入度。 $1/(1 - \rho_{mt})$ 代表最终品 m

的生产过程中异质性中间产品间的替代弹性,且存在 $\rho_{mt} \in (1, +\infty)$ 。

同样,假设最终品厂商个体 m 面临完全竞争的市场环境,故而其实现利润水平最大化的一阶条件可以描述为:

$$B_{mt} = B_{mit} \cdot \left[\frac{\eta_{mt}}{P_{mi}^{in}(t) \cdot \eta_{mt}^{\frac{\rho_{mt}}{\rho_{mt}-1}} \cdot x_{mit}} \right]^{\rho_{mt}-1} \quad (8)$$

$$\alpha_{mi}(t) = \frac{1}{2^{\eta_{mt}-\rho_{mt}-1}} \cdot P_{mi}^{in}(t) \quad (9)$$

$$P_{mi}^{in}(t) = \frac{\rho_{mt}}{(\rho_{mt}-1)^2} \cdot \frac{\ln\left(\frac{B_{mit}}{\eta_{mt} \cdot B_{mt}}\right)}{\ln[\alpha_{mi}(t) \cdot P_{mi}^{in}(t)]} \quad (10)$$

$$\alpha_{mi}(t) = \frac{\rho_{mt}-1}{\rho_{mt}} \cdot \frac{1}{P_{mi}^{in}(t)} \quad (11)$$

$$\eta_{mt} = \frac{[\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t) + 1] \cdot \sum_{i=1}^{h_{mt}} \alpha_{mi}(t)}{\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t) + \tau_i} \quad (12)$$

(8)—(12)式中: B_{mt} 表示最终品 m 在产品市场上的价格。 $\alpha_{mi}(t)$ 表示最终品厂商个体为实现利润最大化目标而选择的生产结构,这也是其在既定的中间品供给条件下所能够选择的最适宜的生产结构,对最适宜生产结构的偏离便是后续衡量扭曲程度的重要依据。

(7) — (12)式即完成了对最终品厂商个体行为的刻画。

(三) 典型化家庭部门行为的刻画

典型化家庭部门是要素禀赋结构的供给者,在刻画其行为上,假设它是同质化居民个体的总和,并能够在预算约束条件下,通过决定最终品的消费数量 C_t 、劳动力要素的供给数量 L_t 以及 $t+1$ 期的要素禀赋结构水平 k_{ijt+1}^s ①,从而实现其终生效用水平的最大化,故此,其效用函数 U_t 可以刻画为:

$$U_t = \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - a \cdot \ln L_t \quad (13)$$

(13)式中: σ 表示典型化家庭部门消费的相对风险偏好系数, a 表示供给劳动力而牺牲闲暇的负效用参数。此外,典型化家庭部门面临的预算约束条件可以描述为:

$$B_{mt} \cdot C_t + I_t = w_t \cdot L_t + \sum_{i=1}^{h_{mt}} \sum_{j=1}^{\eta_{mt}} r_{jt}^{\eta_{mt}} \cdot P_{ij}^{in}(t) \cdot k_{ijt}^s \quad (14)$$

$$I_t = \sum_{i=1}^{h_{mt}} \sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t+1) \cdot k_{ijt+1}^s - (1 - \zeta_j) \cdot P_{ij}^{in}(t) \cdot k_{ijt}^s \quad (15)$$

①这里参照 Acemoglu 等(2012)的模型构建思路,隐含以下两个前提假设:其一,假设全部生产要素均由典型化家庭部门提供,不同生产要素之间的异质性仅体现在折旧率水平上,对应于现实经济则反映为市场将家庭部门的储蓄有针对性地转化为相应的生产要素,并将其提供给生产环节;其二,假设家庭部门对特定生产要素的供给是边界清晰的,加之在中间品厂商行为的刻画中假设单一个体在生产环节中仅使用 1 单位的劳动力,故而此处典型化家庭部门对生产要素的供给等同于对要素禀赋结构水平的供给。

需要强调的是, ζ_j 为要素禀赋结构 k_{ijt}^s 的折旧率水平(同样,这也是其对应的要素投入结构 k_{ijt} 的折旧率水平),由于假设异质性的要素禀赋结构间边界清晰,且能够按照折旧率水平排序,故而 ζ_j 仅与其在生产技术演进过程中所处的位置相关。对于现实经济而言,这一假设意味着在关键核心技术水平的约束下,越先进的技术所衍生要素禀赋结构的折旧率水平越低,故此,将其设定为:

$$\zeta_j = \left(1 - \frac{1}{\beta}\right) + \frac{M}{j} \quad (16)$$

(16) 式中: β 表示典型化家庭部门的主观贴现因子, M 表示要素禀赋结构的折旧率参数。

因此,典型化家庭部门在预算约束条件下,实现自身终生效用水平最大化的一阶条件可以描述为:

$$C_t^{-\sigma} = \lambda_t \cdot B_{mt} \quad (17)$$

$$\lambda_t \cdot w_t = a \cdot \frac{1}{L_t} \quad (18)$$

$$r_{jt+1} = \frac{\lambda_t}{\beta \cdot \lambda_{t+1}} - (1 - \zeta_j) \quad (19)$$

$$\begin{aligned} B_{mt} \cdot C_t + \sum_{i=1}^{h_{mt}} \sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t+1) \cdot k_{ijt+1}^s - (1 - \zeta_j) \cdot P_{ij}^{in}(t) \cdot k_{ijt}^s \\ = w_t \cdot L_t + \sum_{i=1}^{h_{mt}} \sum_{j=1}^{\eta_{mt}} r_{jt} \cdot P_{ij}^{in}(t) \cdot k_{ijt}^s \end{aligned} \quad (20)$$

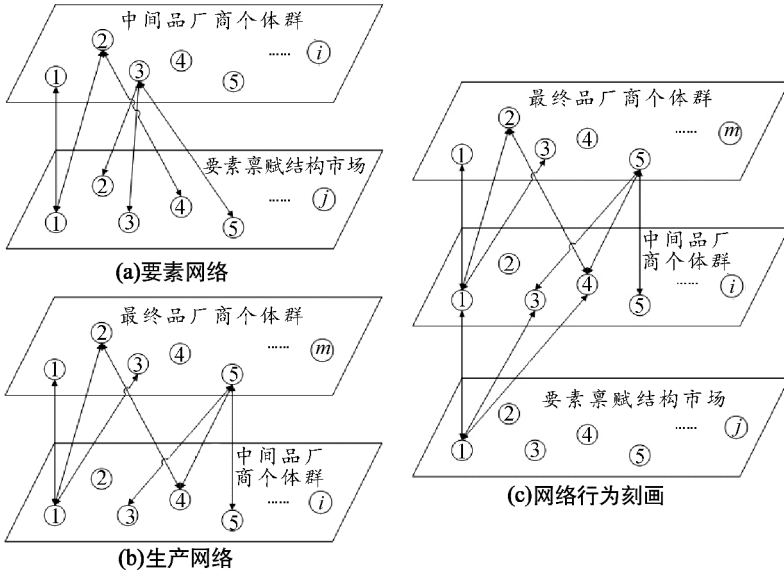
(17) — (20) 式中: λ_t 表示典型化家庭部门面临的预算约束的拉格朗日系数。

(13) — (20) 式即是对典型化家庭部门行为的刻画。

(四) 网络行为的刻画

对于网络行为的刻画主要从要素网络和生产网络两个方面进行。对于要素网络而言,中间品厂商个体的选择行为确定了试图获得并使用特定要素禀赋结构,使之进入生产环节,进而形成要素投入结构的概率,即 $P_{ij}^{in}(t)$ 。而对于要素禀赋结构的供给者(即典型化家庭部门)而言,它同样需要斟酌将特定的要素禀赋结构提供给哪一个中间品厂商个体,故而将要素禀赋结构反向选择特定中间品厂商个体的概率定义为 $P_{ij}^{out}(t)$ 。以上关系反映在图 1(a)上,即为形成一条由中间品厂商个体群指向要素禀赋结构市场的“边”的概率为 $P_{ij}^{out}(t)$,而一条由要素禀赋结构市场指向中间品厂商个体群的“边”的形成概率则为 $P_{ij}^{in}(t)$ 。此外,由图 1(a)可见,对不同要素投入结构簇的选择也决定了中间品厂商个体间的异质性。与之类似,对于生产网络而言,同样定义形成一条由最终品厂商个体群指向中间品厂商个体群的“边”的概率为 $P_{mi}^{out}(t)$,而将一条由中间品厂商个体群指向最终品厂商个体群的“边”的形成概率定义为 $P_{mi}^{in}(t)$,具体关系见图 1(b)。需要强调的是,生产网络中,异质性的最终品厂商个体间并非相互独立存在,他们之间通过共同使用某一种中间品而间接互联,这种互联的概率则由两者选择同一中间品概率的乘积表示。

将要素网络和生产网络交叠在一起便形成了对网络行为的刻画,图 1(c)即是对这一过程的展现,也体现了“要素禀赋结构—要素网络—部门节点生产结构—生产网络结构—生产网络韧性”的网络传导逻辑。



注:(1)在图1(a)中,由中间品厂商个体群指向要素禀赋结构市场的“边”的形成概率为 $P_{ij}^{out}(t)$,反向的“边”形成的概率则为 $P_{ij}^{in}(t)$; (2)在图1(b)中,由最终品厂商个体群指向中间品厂商个体群的“边”的形成概率为 $P_{mi}^{out}(t)$,反向的“边”形成的概率则为 $P_{mi}^{in}(t)$ 。

图1 网络传导逻辑图

在此基础上,仍需进一步对 $P_{ij}^{out}(t)$ 和 $P_{mi}^{out}(t)$ 的选择行为进行说明。假设在反向选择的过程中,个体行为遵循从众的原则,即个体都倾向于选择大众选择的目标。这便意味着在要素网络中,典型化家庭部门更愿意将特定的要素禀赋结构提供给更稳定或使用更多种要素禀赋结构的中间品厂商个体,即 $P_{ij}^{out}(t)$ 与 $\sum_{j=1}^{\eta_{mi}} P_{ij}^{in}(t-1)$ 成正相关,而 $\sum_{j=1}^{\eta_{mi}} P_{ij}^{in}(t-1)$ 也反映了 $t-1$ 期中间品厂商个体 i 在全生产技术演进过程中所处的位置,这也意味着典型化家庭部门更愿意将要素禀赋结构提供给技术前沿的个体。与之类似,对于生产网络而言,这样的选择原则意味着中间品厂商个体更愿意将其产品提供给更稳定或使用更多种中间品的最终品厂商个体,即 $P_{mi}^{out}(t)$ 与 $\sum_{m=1}^{h_{mi}} P_{mi}^{in}(t-1)$ 成正相关。

为构建以 $P_{ij}^{out}(t)$ 和 $P_{mi}^{out}(t)$ 为代表的网络反向选择的动态演化方程,首先需在一般性的条件下定义其主方程:

$$(n+1) \cdot P_q(n+1) = n \cdot P_q(n) + \underbrace{\frac{g \cdot (q-1+v)}{g+v} \cdot P_{q-1}(n)}_A - \underbrace{\frac{g \cdot (q+v)}{g+v} \cdot P_q(n)}_B \quad (21)$$

主方程是对网络生成过程的描述,假设其所处的网络包含 n 个节点, $P_q(n)$ 表示此时网络中入度为 q 的节点所占的比重,如此一来, $n \cdot P_q(n)$ 即表示在包含 n 个节点的网络中入度为 q 的节点的个数。故此,当网络中出现一个新的节点,此时对于拥有 $n+1$ 个节点的网络而言,入度为 q 的节点数量即为 $(n+1) \cdot P_q(n+1)$,它是由 $n \cdot P_q(n)$ 、 A 与 B 三个部分共同构成。其中, A 部分表示原本入度为 $q-1$,且在获得一条“边”后变为入度为 q 的节点个数; B 部分则表示原本入度为 q ,在获得一条“边”后入度变为 $q+1$ 的节点的个数。此外, g 表示政府部门对网络平均入度水平的要求,用以衡量政府部门通过网络安全政策的规制力度。它通过对新引入节点指向既有节点的概率进行归一化处理以引入方程,即定义这一概率 P_{norm} 为:

$$P_{norm} = \frac{q+v}{n \cdot (g+v)} \quad (22)$$

(22) 式中: v 表示任何一个新引入的节点在进入网络之初所固有的入度水平^①。

在网络规模相对较大的前提下,可以对(21)式进行化简,可得:

$$\begin{cases} P_q = \frac{g}{g+v} \cdot [(q-1+v) \cdot P_{q-1} - (q+v) \cdot P_q], & \text{if } q > 0 \\ P_0 = 1 + \frac{g \cdot v}{g+v} \cdot P_0, & \text{if } q = 0 \end{cases} \quad (23)$$

对(23)式进行迭代可得:

$$P_0 = \frac{1+v/g}{v+1+v/g} \quad (24)$$

$$P_q = \frac{(q+v-1) \cdot (q+v-2) \cdots v}{(q+v+1+v/g) \cdots (v+2+v/g)} \cdot P_0 \quad (25)$$

为求得有效解,引入 Γ 函数和欧拉 B 函数进行化简,可得:

$$P_q = (1+v/g) \cdot \frac{\Gamma(q+v) \cdot \Gamma(q+1+v/g)}{\Gamma(v) \cdot \Gamma(q+v+2+v/g)} = \frac{B(q+v, 2+v/g)}{B(v, 1+v/g)} \quad (26)$$

进一步通过 Stirling 近似可得:

$$P_q = \frac{(q+v)^{-(2+v/g)} \cdot (2+v/g)^{v/g+3/2}}{e \cdot v^{-(1+v/g)} \cdot (1+v/g)^{v/g+1/2}} \quad (27)$$

如此便得到一般化条件下网络的动态演化方程。需要强调的是,此时的网络演化符合幂律函数的尾部特征,这与 Acemoglu 等(2012)、王群勇等(2023)的实证检验结果相类似,能够有效反映网络的生成过程和演化逻辑。

基于此,假设典型化家庭部门与中间品厂商个体在选择供给对象上具有相同的行为逻辑,且这一逻辑符合网络的动态演化方程。故而,在要素网络和生产网络层面进行个性化,可得:

$$\begin{cases} P_{ij}^{out}(t) = \theta_{it} \cdot \left[\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t-1) + v_{ele} \right]^{-(2+v_{ele}/\chi_t)} \\ \theta_{it} = \frac{(2+v_{ele}/\chi_t)^{v_{ele}/\chi_t+3/2}}{e \cdot v_{ele}^{-(1+v_{ele}/\chi_t)} \cdot (1+v_{ele}/\chi_t)^{(v_{ele}/\chi_t+1/2)}} \end{cases} \quad (28)$$

$$\begin{cases} P_{mi}^{out}(t) = \mu_{mt} \cdot \left[\sum_{i=1}^{h_{mt}} P_{mi}^{in}(t-1) + v_{pro} \right]^{-(2+v_{pro}/\Xi_t)} \\ \mu_{mt} = \frac{(2+v_{pro}/\Xi_t)^{v_{pro}/\Xi_t+3/2}}{e \cdot v_{pro}^{-(1+v_{pro}/\Xi_t)} \cdot (1+v_{pro}/\Xi_t)^{(v_{pro}/\Xi_t+1/2)}} \end{cases} \quad (29)$$

(28)、(29)式中: v_{ele} 和 v_{pro} 分别表示要素网络和生产网络中节点的固有入度水平, χ_t 和 Ξ_t 则分别表示政府部门施加于要素网络和生产网络以保障其安全水平的政策规制力度。

由于假设要素网络和生产网络均处于完全竞争的市场条件下,故而,典型化家庭部门、

^① v 的引入一方面是为了避免在网络生成过程中出现孤点,另一方面也为了与现实经济相契合,任何一家企业在进入某一网络前都不可能是完全独立于其他企业的,故在此处赋予任何一个新进入的节点一个固有的入度水平。

中间品厂商个体以及最终品厂商个体之间的选择行为皆基于完全信息。又因为 $P_{ij}^{in}(t)$ 和 $P_{ij}^{out}(t)$ 分别表示中间品厂商个体 i 选择使用要素投入结构 j (由典型化家庭部门供给) 的意向以及典型化家庭部门选择将要素禀赋结构 j 供给给中间品厂商个体 i 的意向,故此两者之间“边”的形成意味着意向的统一。这也同样适用于生产网络中的个体行为,其分别表现为,在均衡状态下存在:

$$P_{ij}^{in}(t) = P_{ij}^{out}(t) \tag{30}$$

$$P_{mi}^{in}(t) = P_{mi}^{out}(t) \tag{31}$$

(21) — (31) 式即是对网络行为的刻画。

(五) 一般均衡与市场出清

整个经济系统的一般均衡主要取决于以下三个方面: (1) 典型化家庭部门、中间品厂商个体和最终品厂商个体在各自预算约束下实现其目标函数的最大化。 (2) 要素网络和生产网络中参与的个体间的选择意向 (反映为概率) 达成一致。 (3) 产品市场和要素市场完全出清, 典型化家庭部门的最终品消费等于全部最终品厂商个体的产出之和; 典型化家庭部门的劳动力供给等于全部中间品厂商个体的劳动力需求, 由于中间品厂商个体使用单位化的劳动, 故其也等于中间品厂商个体的总数; 典型化家庭部门供给的要素禀赋结构等于全部中间品厂商个体需求的要素投入结构。 (1) — (31) 式即是在内生生产网络的模型构建思路下, 通过将复杂网络生成模型融入新结构一般均衡研究框架, 从而构建的动态随机一般均衡模型全貌。

三、参数校准、贝叶斯估计与模型适用性分析

由于模型构建的目的在于探寻造成中国生产网络韧性风险的根源因素, 因此, 一方面为规避中美贸易摩擦以及由此衍生的“逆全球化”趋势所产生的影响^①, 另一方面为保障模型内生参数的自由度, 选择 2000—2018 年《中国统计年鉴》中人均经济总量的数据进行贝叶斯估计。模型中涉及的待估参数为 $\{\beta, M, a, \sigma, \tau, v_{ele}, v_{pro}, \varepsilon_i^{kij}\}$, 其余均为内生变量, 其中 ε_i^{kij} 表示在后续反事实检验中, 于要素投入结构端给予的外生冲击。在数据处理方面, 采用对数化样本数据, 并进行 HP 滤波 (平滑指数为 100) 的方式获取其波动项。

(一) 参数校准与贝叶斯估计

对于宏观实证研究中经典的长期参数 $\{\beta, a, \sigma, \tau\}$, 采用参数校准的方式获得其数值。在对典型化家庭部门主观贴现率水平 β 的校准上, 许志伟和吴化斌 (2012) 通过平均名义利率将其校准为 0.98, 故而本文参照其研究, 将主观贴现率水平同样校准为 0.98。在校准劳动力的负效用参数 a 上, 黄贇琳和朱保华 (2015) 认为其应在 $[0, 1]$ 的范围内, 故此, 参照朱军和许志伟 (2018)、唐晓华和景文治 (2020) 的思路, 将其校准为 0.6。对于相对风险偏好系数 σ , 参照刘相锋 (2018) 将其校准为 0.8。而在对生产技术演化速率 τ 的校准上, 参照唐晓华等 (2021) 将其校准为 0.25。

①之所以选择规避中美贸易摩擦以及由此衍生的“逆全球化”趋势所产生的影响, 是因为生产网络韧性风险应是长期且普遍存在的, 中美贸易摩擦等外部冲击的出现使得生产网络的韧性风险转化为生产网络的安全问题。鉴于本文的研究重点在于探究生产网络韧性风险产生的根源因素, 这需要在一般性的条件下进行讨论, 故而在此处选择规避中美贸易摩擦以及由此衍生的“逆全球化”趋势所产生的影响。

在对其他静态及动态参数 $\{M, v_{ele}, v_{pro}, \varepsilon_t^{kij}\}$ 的校准上,则主要通过贝叶斯估计的方法进行。在对要素禀赋结构的折旧率参数 M 的校准上,由于在单位化劳动的基础上,多数研究(黄贇林、朱保华,2015;朱军、许志伟,2018;刘相峰,2018;唐晓华等,2021)将基础物质资本的折旧率水平校准为 0.1,越先进的技术所衍生的要素禀赋结构的折旧率水平越低,故而依据(16)式,在 $\beta=0.98$ 且 $j=1$ 的条件下,将 M 的先验分布均值设定为 0.12。 v_{ele} 和 v_{pro} 分别表示要素网络和生产网络中节点的固有入度水平,故而参照王群勇等(2023)对内循环网络的估计结果,并在结合模型前提假设的基础上做 1/5 处理,将两者的先验分布均值分别设定为 0.13 和 0.16。此外,参照唐晓华和景文治(2020),将于要素投入结构一侧给予的外生冲击 ε_t^{kij} 的先验分布均值设定为 0.1。具体估计结果如表 1 所示,后验分布拟合情况见图 2。

表 1 先验分布及贝叶斯估计结果

参数	参数说明	先验分布		后验分布		
		分布类型	先验均值	后验均值	10%分位数	90%分位数
M	要素禀赋结构的折旧率参数	Beta	0.12	0.1211	0.1181	0.1245
v_{ele}	要素网络中节点的固有入度水平	Gamma	0.13	0.1321	0.1221	0.1385
v_{pro}	生产网络中节点的固有入度水平	Gamma	0.16	0.1676	0.1615	0.1693
ε_t^{kij}	源于要素投入结构的外生冲击随机干扰项	InvGamma	0.1	0.9771	0.6713	1.2799

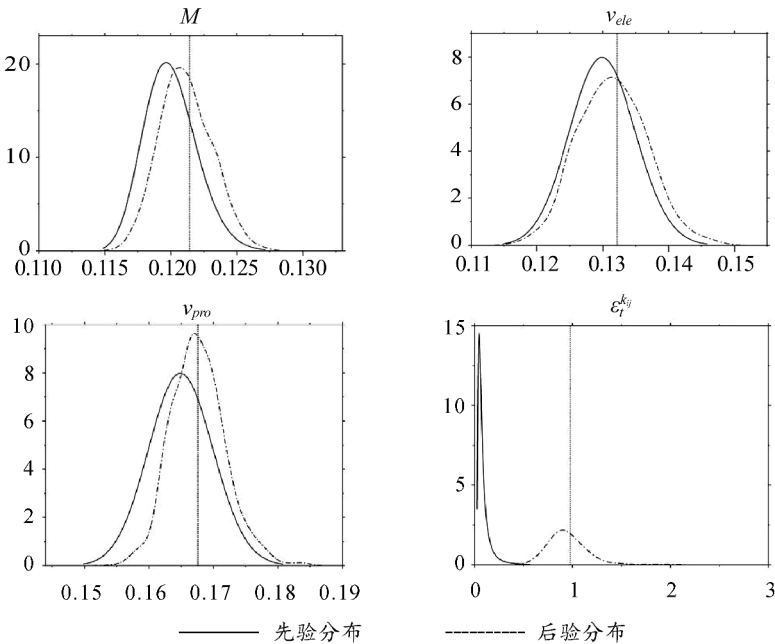


图 2 参数贝叶斯估计先验分布及后验分布拟合情况

从估计结果中可以看出,通过 Metropolis–Hasting 算法所得到的参数后验分布的均值与先验分布均值较为接近,且均在 10%和 90%的分位数之间,故选择贝叶斯估计的后验分布均值作为对应参数的点估计值。

(二) 模型适用性分析

在模型适用性方面,贝叶斯估计的结果保证了模型能够完全拟合 2000—2018 年人均

总产出水平的变动情况。除此之外,由于文章研究的重点在于探究要素投入结构相较于要素禀赋结构的失衡是如何通过造成网络结构扭曲形成生产网络韧性风险的,因此,模型对生产网络结构的拟合精度亦至关重要。在完全拟合 2000—2018 年人均总产出水平变动情况的基础上,模型通过模拟得到的生产网络中个体的平均入度水平为 0.6821^①,这与王群勇等(2023)基于区域投入产出表进行估计的结果 0.61 较为接近。并且在反映生产网络结构的入度分布的估计上,本文模型估计的幂律分布结果亦与 Acemoglu 等(2012)、王群勇等(2023)具有相似的尾部特征。由于如上结果皆由模型内生决定,故此可见,本文构建的模型能够较好地拟合现实经济,并能够用于解释中国生产网络韧性风险产生的根源因素。

四、扭曲测度及动态效应分析

在包含复杂网络生成过程的新结构一般均衡模型下,中间品厂商个体群是实现要素网络和生产网络联结的关键环节,也是实现冲击传导的重要纽带。由于假设中间品厂商个体能够基于面临的比较优势,选择要素投入结构的种类、数量从而决定最适宜的生产结构,进而实现其利润水平最大化的目标。因此,在以 2000—2018 年人均总产出水平为样本数据进行贝叶斯估计,并在实现模型有效拟合现实经济的基础上,由模型内生决定的要素投入结构 k_{ij} 、生产结构 $\alpha_{ij}(t)$ 以及生产网络中参与个体出度水平的期望值 $E[P_{mi}^{out}(t)]$ ^②,便是当前经济环境下所能达到的最适宜的水平,将之在时间跨度上进行整合,便形成了最适宜的动态演进路径。在此基础上,依托现实经济数据能够得到对应参数的真实演进路径,两者之间的差距便是其在既有比较优势下的扭曲程度。这将有助于从典型化事实的角度理解要素投入结构失衡通过影响中间品厂商生产结构,进而造成生产网络结构扭曲,并最终形成生产网络韧性风险的研究逻辑,也为后续的动态效应分析和反事实检验提供依据。

(一) 扭曲水平测度

对扭曲水平的测度是建立在对最适宜的参数演进路径进行模拟和对现实经济测度的基础上的,对最适宜的参数演进路径的模拟主要通过贝叶斯估计的结果进行度量^③。在对现实经济的测度方面,参照唐晓华和景文治(2020),通过对应年份人均固定资本存量对现实要素投入结构进行度量。此外,参照全冰(2017),通过收入法 GDP 核算中资本份额占比测度

①具体的模拟稳态结果如有需要,可向作者索取。

②需要强调的是,由于在模型设定中,均衡状态的存在使得对于生产网络中的个体而言,其入度水平等于其出度水平,故而,模型在内生决定生产网络中参与个体最适宜的出度期望水平的同时,也实现了对其最适宜的入度期望水平的度量,这也是后续扭曲水平测度中将两者合二为一进行展现的主要原因。同样,由于在均衡状态下存在要素禀赋结构等于要素投入结构,故而在后续对要素投入结构失衡程度的分析上,对于最适宜的要素投入结构的衡量也同时反映了既定比较优势下的要素禀赋结构。

③由于模型中假设可供选择的要素投入结构的种类与行业的关键核心技术水平一一对应,这就使得要素投入结构(要素禀赋结构)获得了清晰的边界,但现实经济中对多数要素投入结构边界的界定存在困难,但人均固定资本存量却存在清晰的边界。因此,在对要素投入结构失衡水平的测度上,令 $j=1$,即选择基础物质资本所衍生的要素投入结构(要素禀赋结构)对现实经济水平(即人均资本存量),这也与校准要素投入结构(要素禀赋结构)折旧率参数时的考量相一致。在此基础上,为同时侧面反映其他种类要素投入结构的最适宜水平,对模拟值进行对数化 HP 滤波处理,仅考虑其波动项,平滑指数为 100。

现实生产结构^①。在估计现实生产网络中个体出度和入度的期望水平方面,本文主要通过上市公司前五大供销客户数据进行测度,数据来源为 CSMAR 数据库。在数据处理方面,本文剔除 ST 及 *ST 上市公司数据,将特定供应商或销售客户的往来金额占当年总金额的比例作为对此条“边”权重的衡量,并将其取平均值,即可得到现实生产网络中个体入度及出度水平的期望值。^②

从对要素投入结构的失衡程度测度(图 3(a))中可以看出,“最适宜”的要素投入结构与现实经济的要素投入结构在演进过程上均呈现出较大的波动,两者在波动频率上的差异造成了失衡。相较于模拟经济而言,现实经济中要素投入结构的波动频率较为平缓,这意味着现实经济中源于微观或中观层面的某些因素导致了刚性的存在,这些因素可能来自政策倾向,抑或是对不符合部门比较优势的生产结构的过度追求。但无论如何,这种刚性使得现实经济中部门对要素投入结构的需求难以随要素禀赋结构的演进而灵活调整,最终造成了其相较于最适宜的要素投入结构水平的偏离,致使失衡出现,而这种要素投入结构的失衡将会反馈在厂商部门对生产结构的选择上。从生产结构的扭曲程度(图 3(b))中可以看出,相较于要素投入结构的失衡而言,最适宜的生产结构与现实生产结构之间的总体波动趋势较为相近,现实生产结构的高位扭曲主要体现在 2000—2004 年、2007—2008 年、2012—2015 年、2017—2018 年四个阶段,这意味着在这些阶段内,经济呈现出过度资本密集型的发展特征,而低位扭曲则表现在 2004—2007 年、2008—2012 年、2015—2017 年三个阶段,相应地,在这些阶段内经济处于过度劳动密集型的发展模式中。将之对标于要素投入结构的失衡可见,虽在部分阶段上存在时间上的滞后性^③,但总体而言两者呈现出相互契合的态势,这便在典型化事实的角度上佐证了要素投入结构失衡能够造成部门生产结构的扭曲。

部门生产结构的扭曲不仅将通过要素网络反馈回要素投入结构自身,还将沿生产网络蔓延,最终造成其结构的扭曲。从生产网络中参与个体出度和入度期望值的扭曲程度(图 3(c))可以看出,现实生产网络的平均出度和平均入度水平之间存在固有的失衡,此外,两者相较于模型模拟的最适宜的平均出度(入度)水平而言,尽管扭曲幅度存在差异,但在方向上具有同质性。对于生产网络而言,高位扭曲的存在意味着现实经济中部门间存在过度依赖关系,这种过度依赖的背后可能伴随着生产结构扭曲带来的短暂“利好”,但中长期自生能力的损害将加剧网络中“边”断裂的风险。加之节点间在“边”的多元性

①在 2000—2018 年《中国统计年鉴》中,收入法 GDP 核算主要涵盖劳动者报酬、固定资产折旧、企业盈余和生产税净额四个部分,其中将劳动者报酬划入劳动份额,将固定资产折旧和企业盈余划入资本份额,而对于生产税净额而言,参照全冰(2017)的做法,将其按照两种要素的报酬比例进行拆分,以此度量现实的生产结构。此外,同样为避免同期趋势项对扭曲测度结果产生的影响,对估计结果进行对数化 HP 滤波处理,平滑指数为 100。

②需要强调的是,与通过模型得到的模拟经济不同,现实经济中企业的经营范畴具有多样性,其作为中间品厂商抑或是最终品厂商的边界并不清晰,故而此处依据 CSMAR 数据库同时对现实生产网络中个体入度及出度水平的期望值进行估计,这也说明现实生产网络中个体出度和入度之间的扭曲是普遍存在的。此外,为避免同期趋势项对扭曲测度结果产生的影响,对估计结果进行对数化 HP 滤波处理,平滑指数为 100。

③这种时间上的滞后性可能是由于生产结构扭曲对要素禀赋结构的反馈而产生的,林毅夫(2017)通过新结构经济学自生能力原理指出,生产结构对最适宜水平的偏离将会增加企业使用要素禀赋结构的相对成本,这将有损于企业的自生能力,最终导致生产结构与要素禀赋结构的双向恶化。

上表现弱势,这便使得由“边”断裂所产生的网络韧性风险进一步增加。反观生产网络的低位扭曲(见图 3(c)),此时现实生产网络中度的期望水平低于最适宜的状态,这意味着节点间“边”的强度相对疲软,这便使得生产网络在应对外部冲击上能力较差,从而产生韧性风险。其原因则主要在于生产结构扭曲对部门自生能力的损害,从中长期的角度看,违背比较优势的生产结构将使得部门面临的相对成本居高不下,这也将催生部门生产质量的下降和维系供销关系成本的上升,最终反映在网络中“边”的连接强度上,这也正是低位扭曲与高位扭曲交替出现的主要原因。

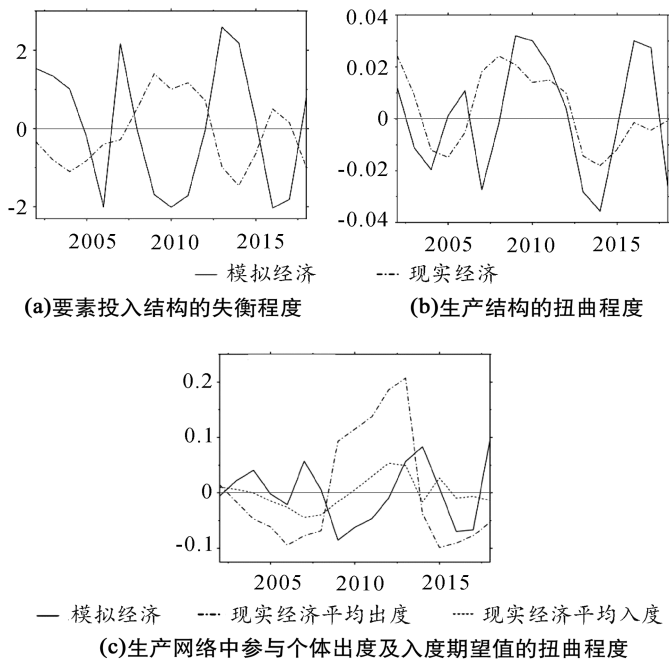


图 3 扭曲水平测度图

(二) 非结构内生变量的影响分析

由于现实要素投入结构与最适宜水平之间的失衡是长期且普遍存在的,故而本部分将集中讨论要素投入结构失衡对非结构性内生变量产生的影响及其作用机制,这也将为后文讨论要素投入结构失衡如何通过造成生产网络结构扭曲,进而引致生产网络韧性风险提供前期路径研究基础。在要素投入结构的冲击设定上,假设给予其一个方差(后文简述为一个单位)的外生正向扭曲^①,所产生的影响如图 4 所示。

图 4 显示了要素投入结构失衡所产生的动态效应,并依据失衡的要素投入结构的种类进行了异质性的分析^②。从图中可以看出,源自要素投入结构的一个单位正向失衡,首先将

① 给予要素投入结构正向外生冲击意味着中间品厂商个体在时间跨度内存在对特定要素禀赋结构的过度需求,而这一行为也是本文试图论证的,生产网络韧性风险产生的根本原因。对特定要素禀赋结构的过度需求往往是由于特定时期的政策倾向抑或是部门生产的盲目跟从而产生,例如生产部门忽视自身比较优势对智能化转型政策的盲目跟从(程文,2021)。

② 在本部分中,对要素网络和生产网络的分析均是以特定要素投入结构为出发点的,网络生成的方式亦如图 1(c)所示。

直接对中间品厂商个体的生产结构产生影响(见图 4(c))。其在期初将会对中间品厂商个体的生产结构产生负向效应,造成低位扭曲,而随着时间的推进,这种影响效应将逐渐转正,造成生产结构的高位扭曲,并随着继续迭代而回归稳态水平。产生上述影响的原因不仅在于要素投入结构失衡自身,更在于这一冲击在要素网络中产生的影响(见图 4(e))。要素投入结构的高位扭曲在期初将对要素网络的平均入度产生负向影响,造成低位扭曲,这是由于当中间品厂商个体普遍处于对特定要素禀赋结构的过量需求中时,在既定的比较优势下(要素禀赋结构的供给在时间 t 内是既定的),扩大“边”的多元化是供给者的理性决定,但这将损害每条“边”的强度,进而造成平均入度水平的低位扭曲。随着时间的演进,典型化家庭部门会把重心逐渐转移到供给这一特定的要素禀赋结构上来(见图 4(a)),这时,对要素禀赋结构的过量需求会将中间品厂商个体锚定在此,从而造成中长期内,要素网络平均入度水平的高位扭曲。因此,综合来看,在期初,要素投入结构失衡对中间品厂商个体生产结构产生的负向影响主要源于要素网络的平均入度的低位扭曲;而在中长期内表现出的高位扭曲更是要素投入结构失衡与要素网络的平均入度高位扭曲共同作用的结果。

基于此,进一步观察要素投入结构失衡对最终品厂商个体生产结构和生产网络平均入度水平所产生的影响。从图 4(d)中可以看出,对要素禀赋结构的过量需求将在期初对最终品厂商个体的生产结构产生负向影响,造成低位扭曲,这种负向影响将逐渐降低并最终反转为正向的高位扭曲。而在生产网络的平均入度水平上(见图 4(f)),期初一单位要素投入结构的失衡将会造成其高位扭曲,随后这一影响将逐渐消弭,直至跨越零线转而产生负向影响,形成低位扭曲。造成这一结果的原因在于两个方面:其一,要素投入结构失衡使得中间品厂商个体在生产结构上呈现扭曲(见图 4(c)),使得其不得不承担相较于最适宜状态更高的生产成本,而利润最大化的目标又将催生中间品价格水平的提高,由于其包含生产率改善的信号,故而将在短期强化生产网络中“边”的强度,但高成本的生产状态难以为继,部门在自生能力上暴露出的问题将在中长期损害其生产效率,致使最终品厂商个体考虑放弃与之建立供应关系,从而造成中长期内生产网络的平均入度水平低位扭曲的态势(见图 4(f))。其二,对于最终品厂商个体而言,中间品价格水平的上升迫使其在短期不得不通过扭曲关键核心技术的演进路径保障其盈利能力(见图 4(b)),这种短期的高位扭曲将会催生新的要素禀赋结构和中间品厂商个体,而此时新出现中间品厂商个体由于包含新的技术及其衍生的要素禀赋结构,故而具有较高的生产效率,这将在平均意义上提升“边”的强度,但同样,高位扭曲的关键核心技术研发路径在中长期难以为继,远高于最适宜状态的生产和研发成本,最终将损害生产网络结构,致使平均入度水平呈现低位扭曲。此外,以上的两方面原因加之衍生的生产网络平均入度的演进轨迹,共同造成了最终品厂商个体生产结构的扭曲。

在依据失衡要素投入结构的种类进行的异质性分析中可以进一步看出,随着失衡的要素投入结构逐渐接近关键核心技术前沿(见图 4(a)),其对中间品和最终品厂商个体的生产结构(见图 4(c)、图 4(d))、生产网络的平均入度水平(见图 4(f))产生的冲击影响逐渐减弱,但在对要素网络的平均入度水平的影响上却是例外(见图 4(e))。这意味着,从整体的角度着眼,不断提升关键核心技术水平,不断实现要素禀赋结构的转型升级将有助于稀释要素投入结构失衡对生产网络产生的不利扭曲。

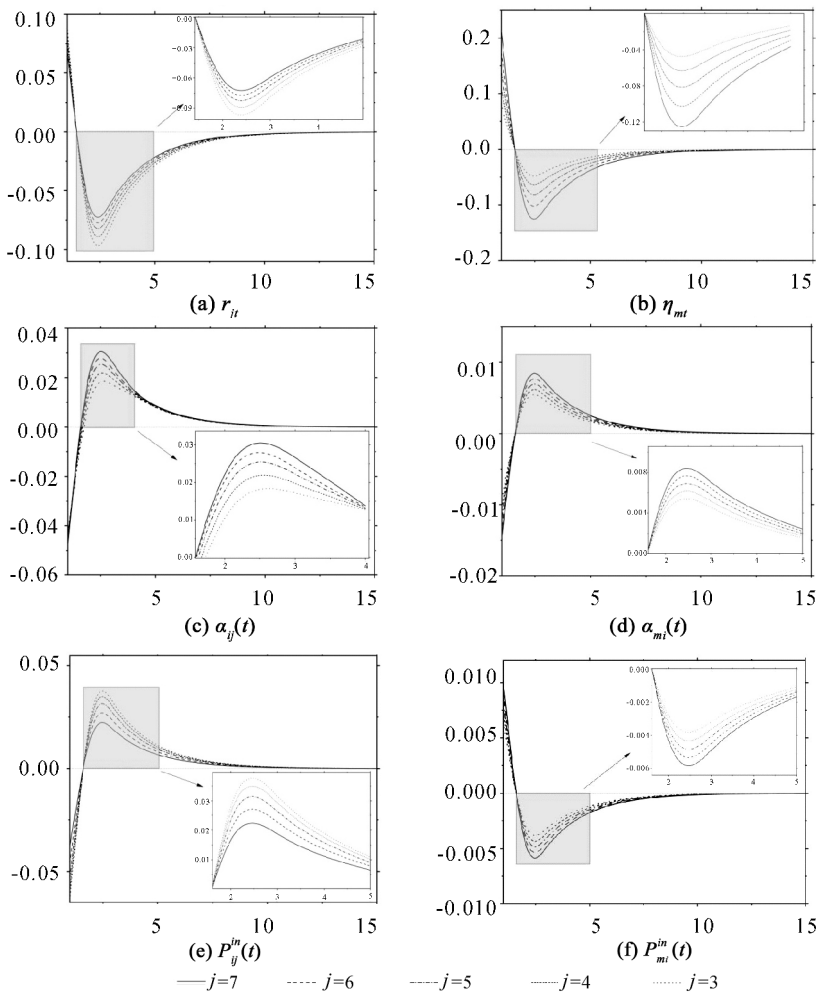


图4 要素投入结构失衡的动态效应

由图5可见,要素投入结构的失衡还会内生地影响政府在网络安全上的政策规制力度,而政策倾向势必将会对网络结构产生作用,并最终辐射至生产网络韧性风险,故而有必要对其展开分析。从图5(a)可以看出,对于要素网络而言,正向要素投入结构扭曲在影响政策规制力度上表现出多元化的特征。当失衡发生在逼近关键核心技术前沿的要素投入结构中时(即 j 取值较高时),政府在保障网络安全上的政策规制力度将会因外生冲击而产生低位扭曲,这种影响将会随时间的推进而逐渐增加,至第3期低位扭曲达到峰值,随后逐渐回归稳态,并且这种效应同样发生在基础性要素投入结构的失衡中(即 j 取值较低时)。而对于处在生产技术演进路径中游的要素投入结构而言,其一单位的正向失衡将会在期初使政府部门出于保障网络安全的政策规制力度呈现高位扭曲的态势,这一影响将随着时间的推移而逐渐降低发生反转,形成低位扭曲,并最终回归稳态,且越靠近中游的要素投入结构发生失衡,其产生的期初影响愈显著。总体而言,相较于要素投入结构失衡在要素网络平均入度上的影响,内生的政策规制力度能够在一定程度上履行对冲扭曲的职责。

而在生产网络方面,正向的要素投入结构扭曲对政府政策规制力度的影响则表现的较

为一致,整体呈现出“驼峰式”的收敛路径(见图 5(b))。整体看来,无论发生失衡的要素投入结构对应于生产技术演进的何种阶段,期初的扭曲都将对政府为保障网络安全而施加的政策规制力度以负向的影响,造成低位扭曲,随后这种影响逐渐减弱并最终转为正向的高位扭曲。值得强调的是,随着失衡的要素投入结构逐渐逼近关键核心技术前沿(即随着 j 取值的增加),在峰值上,其产生的影响呈现出倒“U”型的分布。其原因在于,生产技术演进路径中游对应的要素投入结构普遍具有通用性,其衍生的中间品同样延展了这一特性,这就使得此类中间品普遍具有较高的替代性,亦使得生产网络更易受到负向冲击的影响,故而政府内生性地选择施加更强的政策规制力度以对冲扭曲。总体而言,相较于要素投入结构失衡在生产网络平均入度上的影响,政府在生产网络层面内生的政策规制力度亦能够在一定程度上对冲扭曲。

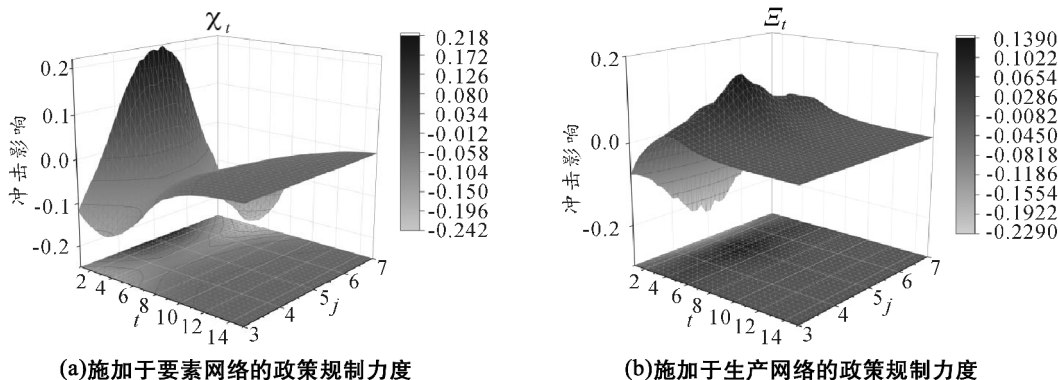


图 5 要素投入结构失衡与内生的政策规制力度

(三) 要素投入结构失衡与网络结构扭曲

以上的分析中,仅借由要素网络和生产网络的平均入度水平,在宏观层面对要素投入结构失衡产生的网络影响进行分析,未能在微观层面涉及结构本身。而生产网络韧性托生于网络结构,要素网络和生产网络在结构上的扭曲是要素投入结构失衡影响韧性的主要渠道。因此,本部分将进一步在微观层面探析要素投入结构失衡对网络结构产生的影响。需要强调的是,本部分主要通过度分布对网络结构进行测度^①。具体而言,度分布是由对应网络中具有相同度水平的节点的频率组成的曲线,借鉴 Acemoglu 等(2012)、王群勇等(2023),重点探究其尾部分布。

图 6(a) 显示了要素投入结构失衡对要素网络结构产生的影响,黑色实线表示峰脊。从结果中可以看出,无论失衡的要素投入结构对应于生产技术演进的何种阶段,亦无论要素投入结构失衡的幅度是何大小,反映要素网络结构的度分布均呈现出幂律分布的特征,这也从侧面印证了模型能够较好地拟合现实经济。总体上,正向的要素投入结构失衡将会在一定程度上使要素网络结构呈现正向的高位扭曲态势,但这种影响在度分布的头部和尾部却表现出差异化的演进特征。对于头部,即对于度水平相对较低的节点而言,正向要素投入结构失衡所产生的影响呈现出倒“U”型的演进态势,即当政府为保障网络安全而施加的政策规

^①由于模型中假设,在均衡状态下,同一网络中互选的两个个体间入度水平等于出度水平,故而此处入度分布与出度分布相同。

制力度逐渐增加并跨过某一阈值时,正向要素投入结构的失衡将会降低度水平相对较低的节点所占的比重。反观尾部,即对于度水平相对较高的节点而言,无论政府规制处于何种强度,正向要素投入结构的失衡都将提升其所占的比例。但值得注意的是,当政策规制力度低于峰脊时,尾部的提升速度将远低于头部,这也是峰脊左侧要素网络结构扭曲逐渐增加而右侧逐渐降低的主要原因。

图 6(b) 显示了要素投入结构失衡经过要素网络传递,最终对生产网络结构产生的影响,黑色实线同样表示峰脊。从图中可以看出,与要素网络结构类似,正向的要素投入结构失衡对生产网络结构的影响同样在头部和尾部表现出异质性。对于头部而言,于峰脊左侧,即当生产网络层面的政策规制强度较低时,正向要素投入结构的失衡将会显著增加度水平相对较低节点所占的比例,而随着政策规制强度的进一步增加,要素投入结构的失衡将会转而降低其所占的比例,使整体呈现倒“U”型的分布。而对于尾部而言,要素投入结构的正向失衡产生的影响并不显著,其仅能较低幅度地提升度水平相对较高节点所占的比例,这对于任何政策规制强度皆是如此。因此,整体而言,要素投入结构的正向失衡于峰脊左侧将会显著增加生产网络的扭曲程度,而于峰脊右侧将降低其扭曲程度,但降低的效果并不显著。

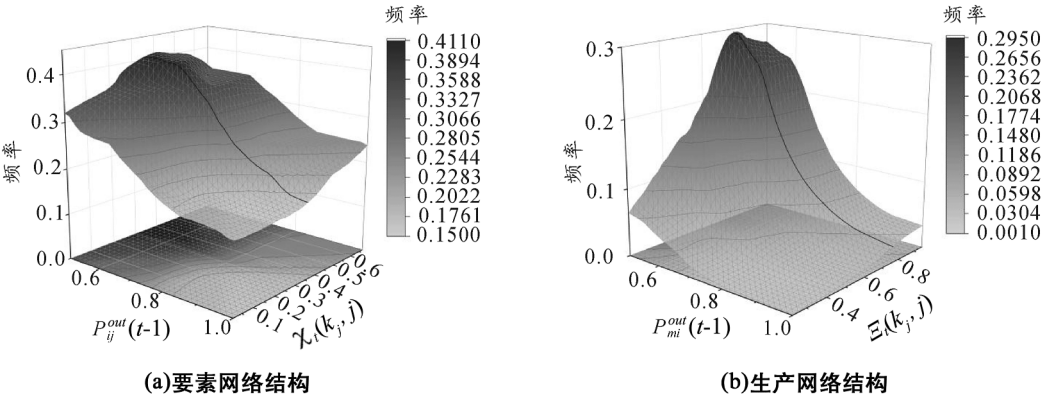


图 6 要素投入结构失衡对网络结构的影响

(四) 网络韧性的影响分析

本文将通过渗流阈值度量网络韧性,渗流阈值是发生渗流转变的临界点,而渗流转变则意味着网络中巨簇的解体。一般而言,渗流的过程可以由概率 φ 表示,其代表网络中顶点存在或起作用的比率, $\varphi=1$ 意味着网络中所有的节点均存在, $\varphi=0$ 则意味着全部的网络节点均被删除。而随着 φ 逐渐降低,当达到某一阈值时,巨簇就会分裂,此时网络中仅存在多个极为细小的分支。而对于本文分析的要素网络和生产网络而言,巨簇的消弭则意味着生产活动难以为继,而这一阈值水平便是渗流阈值。渗流阈值越小,则意味着只有当对应网络中绝大多数“边”断裂才会有碍生产活动,故而网络韧性风险也就越小。

以往研究多是以具有单调性的指标对网络的韧性水平进行度量,即强调要提升网络中节点间联系的紧密性,以此保障产业安全。但现实经济中,强化节点间联系的同时也将产生锚定效应,此时节点间“边”的断裂将可能造成更大的韧性风险,这点在中国芯片产业和工业机器人产业中皆有体现。因此,本文选择更为系统性的指标,即渗流阈值,以期全面反映中国要素网络和生产网络的韧性变动情况。基于此,参照 Cohen 等(2020)并结合本文模型,将

要素网络和生产网络的渗流阈值 $\varphi_{ele}(t)$ 和 $\varphi_{pro}(t)$ 设定为^①:

$$\varphi_{ele}(t) = \frac{1}{\frac{v_{ele}}{\chi_t - v_{ele}} \cdot \left\{ \frac{[\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t-1)]^{1-v_{ele}/\chi_t} - \eta_{mt}^{1-v_{ele}/\chi_t}}{\eta_{mt}^{-v_{ele}/\chi_t} - [\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t-1)]^{-v_{ele}/\chi_t}} \right\} + 1}} \quad (32)$$

$$\varphi_{pro}(t) = \frac{1}{\frac{v_{pro}}{\Xi_t - v_{pro}} \cdot \left\{ \frac{[\sum_{i=1}^{h_{mt}} P_{mi}^{in}(t-1)]^{1-v_{pro}/\Xi_t} - h_{mt}^{1-v_{pro}/\Xi_t}}{h_{mt}^{-v_{pro}/\Xi_t} - [\sum_{i=1}^{h_{mt}} P_{mi}^{in}(t-1)]^{-v_{pro}/\Xi_t}} \right\} + 1}} \quad (33)$$

(32) — (33) 式中: $\sum_{j=1}^{\eta_{mt}} P_{ij}^{in}(t-1)$ 和 $\sum_{i=1}^{h_{mt}} P_{mi}^{in}(t-1)$ 是网络结构的反映, χ_t 和 Ξ_t 是政府政策规制力度的反映, η_{mt} 和 h_{mt} 则是关键核心技术的反映, 三者皆通过中间品和最终品厂商个体的生产结构与要素投入结构相连, 并受其失衡影响, 这也正是前文研究层级递进的逻辑所在。

要素投入结构失衡对要素网络和生产网络渗流阈值产生的影响如图 7(a)、7(b) 所示。

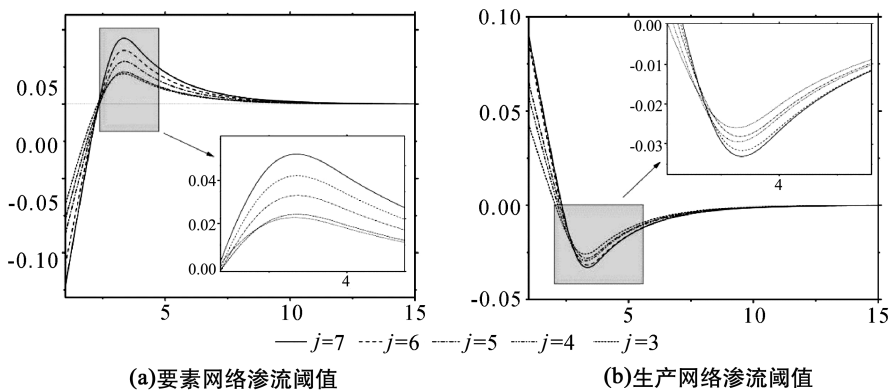


图 7 要素投入结构失衡对渗流阈值的影响

图 7(a) 显示了异质性要素投入结构失衡对要素网络渗流阈值的影响。从图中可以看出, 要素投入结构的正向失衡在初期会对要素网络的渗流阈值产生显著的负向影响, 渗流阈值的降低意味着只有更多的“边”出现断裂才会使巨簇解体, 故而此时要素网络韧性得到优化。而随着中间品厂商个体生产结构扭曲的出现, 在特定要素禀赋结构上的过度需求将对企业自生能力产生损害, 加之是为应对期初要素网络结构扭曲而施加的对冲性的政策规制, 致使这种韧性优化的结果逐渐削减, 直至跨越零线, 在中长期转为渗流阈值的提升, 从而加剧要素网络韧性风险。从异质性的角度看, 当要素投入结构对应的生产技术阶段越接近关键核心技术前沿, 期初的失衡对要素网络韧性产生的优化效应越显著, 同样在中长期恶化要素网络韧性的结果亦更为明显。这意味着对于技术前沿衍生的要素投入结构而言, 失衡带来的相对成本异常高昂, 将会大幅透支部门中长期的发展前景, 并最终反馈在要素网络上, 造成要素网络韧性的风险。这也同时说明, 不应短视地关注短期要素网络韧性的改善, 而忽视长期的风险, 应更为关注技术前沿衍生的要素禀赋结构, 杜绝企业忽视自身比较优势而对过度前沿的要素禀赋结构产生盲目需求, 造成扭曲。

^①Cohen 等 (2020) 最早定义了渗流阈值, 并对其一般形式进行了推导, 从而基于复杂网络的框架, 对互联网在应对随机故障时的恢复能力进行了分析。

图 7(b) 显示了异质性要素投入结构失衡对生产网络渗流阈值的影响。从图中可以看出,在期初,要素投入结构的正向失衡会显著恶化生产网络韧性,而这种结果在时间推移的过程中,将随着要素网络结构、中间品和最终品厂商个体生产行为的调整而逐渐被矫正。当且仅当如模型中所设定的,要素禀赋结构的供给者能够灵敏地根据中间品厂商个体的需求而进行供给调整、中间品厂商个体亦能够根据面临的比较优势灵活地选择生产结构,这意味着同时实现了要素禀赋结构与中间品厂商个体生产结构的转型升级。这一结果在生产网络中的反馈便体现为生产网络结构扭曲的降低,并最终促使生产网络渗流阈值的波动水平跨越零线,在中长期产生对生产网络韧性的优化效应。从异质性的角度看,当要素投入结构对应的生产技术阶段越接近关键核心技术前沿,其正向失衡在期初产生的恶化效应以及在中长期产生的优化效应均更为显著。以上结果也为强化生产网络韧性水平,规避由要素投入结构失衡带来的网络安全风险提供了思路,即在无法矫正中间品厂商部门由于过度需求而产生的扭曲时,设法引导要素禀赋结构升级亦是降低生产网络韧性风险的有效手段。

五、结论与启示

本文基于内生生产网络的模型构建思路,将复杂网络生成模型与新结构一般均衡框架相融合,在考虑个体行为动态反馈的基础上,遵循“要素禀赋结构—要素网络结构—部门节点生产结构—生产网络结构—生产网络韧性”的研究逻辑,对要素投入结构失衡是否构成中国生产网络韧性风险的根源性因素进行了探究。主要的研究结论如下:(1)要素投入结构的失衡能够通过扭曲生产网络结构,从而对生产网络韧性水平产生影响,但影响的结果是多元的。从短期看,要素投入结构的失衡会显著地增加生产网络的韧性风险,但若要素禀赋结构通过演进能够与中间品厂商个体生产结构实现双向契合,将扭曲转化为结构升级,那么短期的生产网络韧性风险将会被逐渐稀释;(2)要素投入结构失衡在造成生产网络韧性风险上存在异质性,当要素投入结构蕴含的生产技术越逼近关键核心技术前沿时,其正向失衡在期初对生产网络韧性的恶化效应将更为显著,且若要素禀赋结构通过演进能够与中间品厂商个体生产结构实现双向契合,在中长期所产生的优化效应则更为明显;(3)在传导机制上,理论模型的推导及后续的冲击模拟皆证明,要素投入结构失衡能够通过扭曲要素网络结构,影响中间品厂商个体的生产结构,而中间品厂商个体在扭曲状态下的生产行为又将通过扭曲生产网络结构和最终品厂商个体的生产结构,最终实现对生产网络韧性的影响。

综上所述,本文得到以下启示:

首先,从研究的核心结论中可以看出,在模型较好地契合现实经济的基础上,要素投入结构失衡能够很好地从根源出发解释中国生产网络韧性风险出现的原因。而从对现实经济扭曲水平的测度中可以看出,要素投入结构的失衡是普遍性的,并且在中长期表现出低位扭曲和高位扭曲交替出现的特征,这便解释了生产网络韧性风险发生的频繁性和多元性。正如研究结论所述,要素投入结构的正向失衡将会在短期造成生产网络韧性风险,而与之相反,要素投入结构的负向失衡则会在中长期降低生产网络的韧性水平,故而现实经济中要素投入结构失衡的频繁交替,是造成当前生产网络韧性风险难以矫正的根本原因。

其次,知晓症结,也将为提升生产网络韧性水平提供有效渠道。其一,政府部门需有序引导要素禀赋结构和厂商部门生产结构的协调升级。从研究结论中可以看出,在中长期内,生产网络韧性风险的矫正是有前提的,其要求要素禀赋结构的供给者能够对已有的扭曲进

行消化,并且要求中间品厂商部门个体能够依据比较优势灵活调整其生产结构,故此可知,在要素投入结构失衡频繁且交替出现的同时,政府部门对要素禀赋结构和厂商部门生产结构协调升级的引导将能够有效矫正生产网络韧性风险。其二,应更为关注关键技术前沿衍生的要素禀赋结构,着力规避厂商部门对其需求的过量或不足,以及由此产生的要素投入结构的失衡。研究指出,失衡的要素投入结构对应的生产技术阶段越接近关键核心技术前沿,其产生的影响越显著,加之现实经济中要素投入结构和生产结构的失衡具有普遍性和经常性,故而降低其大幅扭曲实有必要。其三,政府应审慎地使用提升生产网络中供应链强度的规制手段。其原因在于,依据研究结果,现实经济中过高的供应链强度在保障稳定性的同时也意味着生产关系的锚定,若政策规制倾向于此,将使得生产网络中这类情况频现,此时当外生冲击造成“边”的断裂,将会使大部分的节点脱出巨簇,加剧生产网络的韧性风险,故此在提升生产网络中供应链强度上,需实施更为审慎的规制和手段。

参考文献:

- 1.陈刚、颜斌斌、汤珂,2024:《数据的要素化与资产化:理论辨析与实践探索》,《国际经济评论》第5期。
- 2.陈国进、刘元月、丁赛杰、赵向琴,2024:《宏观尾部风险、生产网络与行业产出》,《管理世界》第2期。
- 3.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。
- 4.付才辉,2018:《最优生产函数理论——从新古典经济学向新结构经济学的范式转换》,《经济评论》第1期。
- 5.黄贇琳、朱保华,2015:《中国的实际经济周期与税收政策效应》,《经济研究》第3期。
- 6.李苑菲、齐鹰飞、崔金睿,2024:《降低税收扭曲与畅通国内大循环》,《财贸经济》第5期。
- 7.林毅夫,2017:《新结构经济学的理论基础和发展方向》,《经济评论》第3期。
- 8.林毅夫、蔡嘉瑶、夏俊杰,2023:《比较优势产业政策与企业减排:基于新结构经济学视角》,《改革》第5期。
- 9.刘维刚,2022:《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》,《经济研究》第4期。
- 10.刘维林,2022:《新发展格局下全球生产网络与劳动报酬份额变动》,《经济研究》第10期。
- 11.刘维林、程倩,2023:《数字产业渗透、全球生产网络与非对称技术溢出》,《中国工业经济》第3期。
- 12.刘相锋,2018:《供给端补贴、需求端补贴与补贴退坡政策——基于三部门DSGE模型分析》,《财贸经济》第2期。
- 13.倪红福,2022:《中国间接税的效率损失——基于中国生产网络结构一般均衡模型方法》,《管理世界》第5期。
- 14.唐晓华、景文治,2020:《多级政府框架下政策倾向扩散机制与地区生产结构升级——基于政府行为内生化的新结构一般均衡仿真分析》,《经济与管理研究》第11期。
- 15.唐晓华、景文治、张英慧,2021:《人工智能赋能下关键技术突破、产业链技术共生与经济“脱虚向实”》,《当代经济科学》第5期。
- 16.全冰,2017:《混频数据、投资冲击与中国宏观经济波动》,《经济研究》第6期。
- 17.王群勇、李月、薛彦,2023:《国内国际双循环生产网络的冲击传播:特征与模拟》,《中国工业经济》第7期。
- 18.王勇、樊仲琛、李欣泽,2022:《禀赋结构、研发创新和产业升级》,《中国工业经济》第9期。
- 19.王勇、汤学敏,2021:《结构转型与产业升级的新结构经济学研究:定量事实与理论进展》,《经济评论》第1期。
- 20.熊德斌、杨迪,2022:《发展战略、银行业结构与收入分配——基于新结构经济学视角》,《南京财经大学学报》第4期。
- 21.许志伟、吴化斌,2012:《企业组织资本对中国宏观经济波动的影响》,《管理世界》第3期。
- 22.袁瀚坤、彭刚东、韩民春,2024:《数字经济发展对产业链供应链韧性的影响研究》,《江南大学学报(人文社会科学版)》第3期。
- 23.张骞、罗昌瀚、周鸿勇,2022:《专利结构与经济增长——基于产业结构的门槛效应分析》,《河海大学学报(哲学社会科学版)》第2期。
- 24.赵秋运、万岑、张骞,2023:《比较优势对包容性可持续发展的影响:新结构经济学视角》,《南方经济》第9期。
- 25.郑洁,2022:《人力资本结构与环境污染:新结构经济学视角的理论初探》,《经济评论》第6期。
- 26.郑洁,2024:《贸易结构与环境污染——新结构经济学的视角》,《上海经济研究》第3期。
- 27.朱军、许志伟,2018:《财政分权、地区间竞争与中国经济波动》,《经济研究》第1期。
- 28.朱兰、王勇、李泉剑,2020:《新结构经济学视角下的区域经济一体化研究——以宁波如何融入长三角一体化为例》,《经济科学》第5期。
- 29.Acemoglu, D., and P. D. Azar, 2020. “Endogenous Production Networks.” *Econometrica* 88(1): 33–82.

- 30.Acemoglu, D., V. M. Carvalho, and O. A. Tahbaz - Salehi. 2012. "The Network Origins of Aggregate Fluctuations." *Social Science Electronic Publishing* 80(5):1977-2016.
- 31.Baqaei, D., and E. Farhi. 2018. "Macroeconomics with Heterogeneous Agents and Input-Output Networks." NBER Working Papers 24684.
- 32.Carvalho, V., and N. Voigtländer. 2014. "Input Diffusion and the Evolution of Production Networks." NBER Working Papers 20025.
- 33.Cohen, R., K. Erez, D. Ben - Avraham, and S. Havlin. 2000. "Resilience of the Internet to Random Breakdowns." *Physical Review Letters* 85(21), 4626.
- 34.Hsu, P. H., H. H. Lee, S. C. Peng, and L. Yi. 2017. "Natural Disasters, Technology Diversity, and Operating Performance." *Review of Economics and Statistics* 100(4): 619-630.
- 35.Jiang, S., L. Yang, G. Cheng, X. Gao, T. Feng, and Y. Zhou. 2022. "A Quantitative Framework for Network Resilience Evaluation Using Dynamic Bayesian Network." *Computer Communications* 194: 387-398.
- 36.Ju, J., J. Y. Lin, and Y. Wang. 2015. "Endowment Structures, Industrial Dynamics, and Economic Growth." *Journal of Monetary Economics* 76: 244-263.
- 37.Kopytov, A., B. Mishra, K. Nimark, and M. Taschereau-Dumouchel. 2024. "Endogenous Production Networks under Supply Chain Uncertainty." *Econometrica* 92(5): 1621-1659.
- 38.König, M. D., A. Levchenko, T. Rogers, and F. Zilibotti. 2022. "Aggregate Fluctuations in Adaptive Production Networks." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119(38): e2203730119.
- 39.Liu, E. 2019. "Industrial Policies in Production Networks." *Quarterly Journal of Economics* 134(4):1883-1948.
- 40.Liu, W., X. Li, C. Liu, M. Wang, and L. Liu. 2023. "Resilience Assessment of the Cobalt Supply Chain in China under the Impact of Electric Vehicles and Geopolitical Supply Risks." *Resources Policy* 80, 103183.
- 41.Oberfield, E. 2018. "A Theory of Input-Output Architecture." *Econometrica* 86(2):559-589.

Imbalanced Factor Input Structure, Distorted Production Network Structure and Resilience Risks

Jing Wenzhi and Wu Xueyan

(School of International Economics and International Relations, Liaoning University)

Abstract: In this paper, based on the model construction idea of the endogenous production network, the complex network generation model is integrated into the new structure general equilibrium framework, and a new structure general equilibrium model including a multi-layer network(factor network and production network) is constructed. Based on better fitting the model to the real economy, following the research logic of "factor endowment structure-factor network structure-department node production structure-production network structure-production network toughness", the paper explores whether the imbalance of factor endowment structure constitutes the root cause of the resilience risk of China's production network. The results show that: (1) Factor endowment structure can indeed affect the resilience of the production network, and its positive imbalance can increase the resilience risk of the production network in the short term; (2) The imbalance of heterogeneous factor endowment structure has different impacts on the resilience of production networks. The closer the production technology stage corresponding to factor endowment structure is to the frontier of key core technologies, the more significant the impact of positive imbalance on the resilience of production networks; (3) In terms of transmission mechanism, the derivation of the theoretical model and the subsequent shock simulation both prove that the imbalance of factor endowment structure can increase the production network resilience risk in the short term by distorting the production network structure. The research conclusion of this paper provides an important theoretical basis and policy guidance for improving the resilience level of production networks from the root to ensure industrial safety under the background of "great changes not seen in a century".

Keywords: New Structural Economics, Complex Network, Factor Input Structure, Network Structure, Production Network Resilience

JEL Classification: L16, O11

(责任编辑:陈永清)