

【区域开放与合作】

# 基于投入产出数据的全球生产网络结构特征 与风险识别研究\*

沈洁 杨飞洋 史亚东

**摘要:**随着社会生产力的飞速发展,各国之间已经形成高度融合、相互依存的全球生产网络,但在外部环境复杂多变、充满挑战的新时期,全球生产网络的结构特征与我国面临的风险因素也在不断变化。运用复杂网络分析方法,以ICIO投入产出数据为基础,从全球、区域、国家三个维度考察中间品生产网络的结构特征和发展演化态势,研究结果显示,全球层面中间品交易规模稳步提升,但各国对外依存度相对削弱;区域层面经历了分散—整合—再分散的过程,欧洲、北美社群离心力凸显,原有生产网络结构正在洗牌重构;国家层面来看,中美两国在全球生产网络中处于核心位置,但优势领域和风险行业存在明显差异。文章最后基于当前逆全球化局势和中美战略竞争关系提出我国防范化解潜在风险的对策建议。

**关键词:**全球生产网络;投入产出;网络分析;最强路径

**中图分类号:**F061.5 **文献标识码:**A **文章编号:**2095—5766(2025)01-0130-14 **收稿日期:**2024-07-15

**\*基金项目:**国际关系学院创新团队建设项目“统筹发展和安全的经济学分析:约束条件、分析框架和实现路径”(3262024T05);国际关系学院中央高校基本科研业务费“我国双循环网络的风险识别评估与防范化解外部冲击对策研究”(3262024T16);国家社会科学基金一般项目“大国战略竞争对全球产业链影响的理论与量化研究”(23BGJ002)。

**作者简介:**沈洁,女,国际关系学院经济金融学院副教授,硕士生导师(北京 100091)。

杨飞洋,男,国际关系学院经济金融学院硕士生(北京 100091)。

史亚东,女,国际关系学院经济金融学院副教授,硕士生导师(北京 100091)。

马克思和恩格斯在《共产党宣言》中指出:“不断扩大产品销路的需要,驱使资产阶级奔走于全球各地,它必须到处落户,到处开发,到处建立联系。”20世纪80年代末90年代初到来的经济全球化热潮,无疑是对马恩预言的最好证明。为适应社会生产力高度发展的需要,各国之间不断降低乃至消除商品、劳务、资本、技术跨国流动的障碍,国际分工随之深化,产品的生产过程所包含的不同工序被无限地拆解、分散到不同国家或经济体中进行,生产过程的各个环节通过全球价值链“串点成线,连线

成面”,形成了高度融合、相互依存,“你中有我、我中有你”的全球生产网络。

改革开放后,中国加速融入世界经济体系,充分利用中间品进口和出口市场“两头在外”的出口导向型发展模式,推动了国际贸易规模的迅速增长,一跃成为“世界工厂”和世界第二大经济体。然而,2007年美国金融危机爆发以来,世界经济进入深刻变化与调整阶段,我国当前面临的外部环境本质上已不同于改革开放初期。在全球经济陷入“长期性停滞”的背景下,近年来西方国家内部保护主

义、孤立主义、民粹主义等“逆全球化”势力抬头,地缘政治风险攀升,全球价值链呈现出集团化趋势,外部需求缩减,不确定性增加。

正如习近平总书记在2023年中央经济工作会议上强调,当前外部环境的复杂性、严峻性、不确定性上升。也正是因此,在世界百年未有之大变局背景下,在外部环境复杂多变、充满挑战的新时期,重新审视全球生产网络的结构特征及其演化历程,准确定位我国在全球生产网络中所处的位置,发挥的作用以及可能受到的制约和风险因素,对于“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”显得至关重要。

## 一、文献回顾与评述

现代全球经济体系可以视作是一张错综复杂、高度互联的巨大网络,由不同部门通过投入产出关系在不同经济体之间以及同一经济体内部紧密交织而成(Giammetti et al., 2020)。已有研究指出,考察全球生产网络的结构特征和演化趋势具有重要意义,因为它们决定了微观层面的冲击是否以及如何传导至宏观层面,造成经济体系的整体波动(Carvalho, 2014)。具体而言,Gabaix(2011)的研究较早发现,在一个经济体中,行业的分布如果具有“肥尾”(fat-tailed)特点,也就是少数核心部门与其他诸多行业相关联,此时针对核心部门的冲击将传播扩散并产生宏观扰动。此后,Acemoglu et al.(2012)、Carvalho et al.(2021)的一系列文章重点考察了经济网络的拓扑结构对冲击传播的影响,并在实证研究中融入了网络分析框架,研究结论认为,投入产出网络中行业的不对称性和肥尾分布是宏观经济波动的微观起源,明确了全球生产网络微观结构特征对于宏观经济体系风险性的重要意义。

在上述研究基础上,近年来更多学者开始基于投入产出数据进行生产网络结构和关键部门分析。结构特征方面,Carvalho(2014)使用单一年份(2006年)的全球多区域投入产出表展开分析,但在其研究中并未考虑节点权重和连接方向;Cerina et al.(2015)的研究完善了这一缺陷,并考察了随着时间推移全球生产网络中行业联系强度、聚类性、中心性等结构属性的变化,为本文研究框架的构建

提供了有价值的参考。此外,Xu et al.(2019)的研究在方法上实现了一定突破,其文中构建的最强路径(Strongest Path)专门适用于投入产出框架,相比传统的网络分析指标而言能够更准确地识别两部门之间最重要的联系路径,该方法的优势在刘世锦等(2020)、王涛等(2022)的研究中已有体现。

关键部门方面,常用于投入产出分析的是中心度指标,包括基于Katz(1953)和Bonachic(1987)的研究而得名的Katz-Bonachic中心度、PageRank中心度(Brin et al., 1998)以及中间性中心度(Newman, 2001)等。上述这些测度指标虽各自有所侧重,但应用于全球生产网络时结果基本一致(Tsekeris, 2017a)。值得强调的是,相较于对关键部门识别的充分探讨,现有文献对风险部门的关注仍十分匮乏。而现实中全球生产网络中关键部门与风险部门可能并不一致,假设个别部门存在对称性差、传染性强等高风险因素,但与此同时其产值较小、权重较低,则无法通过中心度指标的计算被定义为关键部门。结合目前我国的实际情况来看,庞大稳健的关键部门更多发挥着“压舱石”的作用,反倒是小规模高风险部门可能成为影响宏观经济韧性的动荡源所在。因此,本文在度量中心性基础上进一步以中美两国为例,考察两国主要行业风险性,为我国对内防范风险、对外化解冲击提供决策参考。

这一领域的大多数文献关注点都集中在单一经济体,如中国(刘世锦等,2020;Wang et al., 2021)、美国(Carvalho, 2014)、希腊(Tsekeris, 2017b)、土耳其(Çirpici, 2022)等,或特定区域内部,如欧盟(Giammetti et al., 2020)、东亚(Escaith et al., 2013)、“一带一路”沿线(徐然等,2022)等,全球层面的研究也较为丰富(Tsekeris, 2017a; Barauskaite et al., 2021),但在空间尺度上囊括全球、区域、国家三个维度的成果比较少见。考虑到当前我国在世界和区域层面的重要地位,将我国自身生产网络(也就是内循环)与所处国际生产网络(也即外循环)置于同一框架下探讨分析是十分必要的。

经过对现有成果的总结归纳,本文的边际贡献预期体现在以下三个方面:第一,从全球、区域、国家三个维度考察中间品生产网络的结构特征,对于全面把握当前世界生产、贸易的整体形势,明确我国在全球生产网络中所处的位置和发挥的作用具有重要意义。第二,以ICIO投入产出数据为基础,

在一个较长的时间段内开展研究,研究结果能够充分展现自20世纪90年代全球化高潮期到当前经济全球化受阻、“逆全球化”势力抬头这一过程中,国际生产网络的发展演化态势。第三,运用复杂网络分析方法准确识别、定位我国在国内国际循环网络中的关键行业和潜藏风险点,并在此基础上评估风险程度及传染性,基于当前我国国际循环面临的“脱钩断链”风险和国内循环存在的“堵点难点”问题,提出防范化解的对策建议。

## 二、研究方法和数据

在基于ICIO世界投入产出数据构造世界投入产出网络的基础上,结合复杂网络思想,选取全球、区域和国家维度的相关指标,本文构建了全球生产网络结构特征评估和风险识别的复杂网络指标体系。

### 1.世界投入产出网络的构建

自Leontief(1936)提出以来,投入产出表在包括经济、金融、生态等诸多领域得到了广泛应用。通过跟踪产业间联系,投入产出表能够准确反映各区域、各部门在一定时期内的输入—输出关系,这是其他宏观统计数据所不具备的重要优势。随着经济一体化程度的加深,生产环节的碎片化程度提高,并布局于全球范围内的各个角落。考虑到中间品跨国交易的规模不断增长,局限于单个国家内部的投入产出数据已无法满足研究所需。也正是因此,目前已有多家组织机构基于不同国别、区域提供了较为权威可靠的世界投入产出数据<sup>①</sup>,但是由于投入产出调查、核算和编制工作都异常繁杂,因而数据更新的时间往往滞后于统计年鉴等一般数据集。考虑到本文核心关切对时效性和准确性的要求,选择OECD提供的ICIO数据作为研究基础,该数据集更新时间最新,连续性最强,时间跨度覆盖1995—2020年共计26年<sup>②</sup>,更加适配本文的研究目标,下文的研究结果均建立在该数据基础之上。

ICIO投入产出表涵盖77个国家和地区,包括38个OECD国家,38个非OECD国家,以及1个将其余所有国家和地区加总形成的“世界其余地区(Rest of the world, ROW)”。每个国家的所有中间品生产过程又基于联合国ISIC Revision 4的行业分类标准划分为45个行业<sup>③</sup>。每一年的投入产出表都

记录了当年由原材料至最终产品的全流程中每个环节的生产关系,按照当年价格计算,单位为百万美元。

### 2.复杂网络分析与主要指标

复杂网络分析可用于描述各种不同的网络系统特征,其中的节点通过彼此间的关系(边)相互作用。网络分析法的适用范围十分广泛,涉及商业公司网络(Kitsak et al., 2010)、流动人口网络(陈锐等,2014)、交通运输网络(王列辉等,2016),甚至是细胞生物网络(Buchanan et al., 2010)等诸多领域。投入产出表天然地构成一个有值有向网络结构,其中节点是不同经济体中的各个行业,也就是每个节点对应一组国家—部门;节点之间的连线,也就是“边”,体现行业之间的商品流动,通常以商品对应的货币金额计入统计数据。基于复杂网络分析方法的常用指标,可以实现对中间品投入产出的基本测度。下文简要介绍主要指标的计算方法。

#### (1)常用指标

本文采用内向活跃度、外向活跃度和内外活跃指数三个指标考察全球层面中间品投入产出网络的结构特征;采用社群检测的方法考察区域层面的生产网络特征;采用最强路径考察国家层面的关键点和风险源。首先,由于OECD世界投入产出表中投入矩阵元素为国别(地区)—行业尺度,为测度全球层面的相关特征,需要将中间投入矩阵进行合并:原先涉及77个国家(地区)45个行业共计3465×3465个元素的中间投入矩阵需降维至包含77×77个元素的国家(地区)级中间投入矩阵。

①内向活跃度。在合并中间投入矩阵的基础上,定义内向活跃度为:

$$innercloseness_s = \frac{\sum_s a_{ij}}{n_s(n_s-1)} \quad (1)$$

式(1)中, $\sum_s a_{ij}$ 为经济体s内部的中间投入之和,它们是位于国家(地区)分块矩阵主对角线位置上的子矩阵, $n_s$ 为经济体s的行业数量。

②外向活跃度。本文通过外向活跃度来测度各个经济体与其他国家(地区)之间的互动密切程度,具体计算方法为:

$$intercloseness_s = \frac{\sum_{st} a_{ij}}{n_s n_t} \quad (2)$$

式(2)中, $\sum_{st} a_{ij}$ 表示以经济体s为起点,经济体t为终点的中间投入之和,它们在国家(地区)分块矩

阵中对应非对角线位置的子矩阵,表示由经济体*s*提供给经济体*t*的中间投入之和。 $n_s$ 和 $n_t$ 分别对应经济体*s*和经济体*t*的行业数量。

③内外活跃指数。本文将内外活跃指数定义为:

$$GEI\ Index = \frac{\sum_{i \neq j} a_{ij}^{District} - \sum_{i=j} a_{ij}^{District}}{\sum_{i=j} a_{ij}^{District}} \quad (3)$$

式(3)中, $GEI\ Index$ 为内外活跃指数, $\sum_{i \neq j} a_{ij}^{District}$ 表示经济体*i*为经济体*j*提供的中间投入强度之和,体现了经济体的外向活跃度, $\sum_{i=j} a_{ij}^{District}$ 为经济体*i*内部不同部门间的中间投入强度之和,体现了经济体的内向活跃度。全球内外活跃指数越大,说明从总体来看,该年全球经济体相互之间的对外联系越密切,经济结构更倾向于“向外发展”,反之则各经济体侧重于“向内发展”。

④社群检测。参考王涛等(2022)的方法,本文运用ICIO世界投入产出数据,使用Python3.11中networkX包提供的louvain算法检验了2000—2020年区域层面的社群聚类分组情况。检测结果表明,处于同一社群中的国家之间关联较为紧密,构成基于中间品投入产出网络的“小世界”,也就是实质性的“区域一体化”;反之,处于不同社群的国家之间关联较为松散,即便这些国家之间通过人为签署协定的方式形成了区域一体化组织,其经济相互依赖程度仍然有限。

## (2)最强路径

本文参考Xu et al.(2019)、刘世锦等(2020)的研究,基于投入产出架构,尝试引入最强关系路径并以此为基础计算相关指标,进而重新刻画节点特征。区别于由直接消耗系数矩阵刻画的节点间“直接消耗”关系和由完全消耗系数矩阵刻画的节点间“间接消耗”关系,最强路径是指两个不同节点间拉动力度最强的关系路径。其背后的逻辑在于,即便两个节点之间存在直接联系,也并不代表该“最短路径”的拉动能力最强,恰当的做法是在遍历两节点间所有可能路径的基础上,结合每一段连接的权重(在投入产出数据中表现为节点间输入输出的货币商品金额),加权计算寻找拉动能力最强的一条路径。基于直接消耗系数矩阵A,式(4)给出了最强路径的计算方法:

$$g_{ij} = \max_{i \neq k_1 \neq k_2 \neq \dots \neq j} a_{ik_1} a_{k_1 k_2} \dots a_{k_n j} \quad (4)$$

式(4)中, $g_{ij}$ 表示部门*i*对部门*j*的最强关系路

径,即部门*i*对部门*j*拉动力度最强的路径; $a_{ij}$ 为部门*j*对部门*i*的直接消耗系数。

经过转换,求解式(4)等价于求解式(5):

$$g_{ij} = \min \left[ \log\left(\frac{1}{a_{ik_1}}\right) + \log\left(\frac{1}{a_{k_1 k_2}}\right) + \dots + \log\left(\frac{1}{a_{k_n j}}\right) \right] \quad (5)$$

式(5)能够获得任意部门*i*对任意部门*j*的最强关系路径,即 $a_{ik_1} \rightarrow a_{k_1 k_2} \rightarrow \dots \rightarrow a_{k_n j}$ ,进一步地,通过数学转换能够获得任意两个部门间的最强关系路径值 $g_{ij}$ ,最后汇总 $g_{ij}$ 即可得到最强路径矩阵G。

①中心度。中心度能够反映网络中各个节点的地位和作用,节点在网络中的地位越中心,它对其余节点的影响力越大,表现为中心度得分越高。中心度指标可以进一步分为节点中心度和路径中心度,计算公式分别为:

$$Betweenness_i^{industry} = \sum_{s=1, s \neq i} \sum_{t=1, t \neq j} x_t g_{st} \quad (6)$$

$$Betweenness_{ij}^{path} = \sum_{s=1} \sum_{t=1} x_t g_{st} \quad (7)$$

式(6)和式(7)中, $x_t$ 表示*t*行业的总产出。中心度的计算逻辑如下:假设节点*s*在最强路径矩阵中共计出现2次,分别出现在连接节点 $k_1$ 和 $k_2$ , $k_3$ 和 $k_4$ 的最强路径上,即 $k_1$ 到 $k_2$ 的最强路径为 $k_1 \rightarrow \dots \rightarrow s \rightarrow \dots \rightarrow k_2$ , $k_3$ 到 $k_4$ 的最强路径为 $k_3 \rightarrow \dots \rightarrow s \rightarrow \dots \rightarrow k_4$ ,则节点*s*的中心度为 $x_2 \times g_{12} + x_4 \times g_{34}$ 。同理,假设路径*s*→*t*在最强路径矩阵中共计出现2次,分别出现在连接节点 $k_5$ 和 $k_6$ , $k_7$ 和 $k_8$ 的最强路径上,即 $k_5$ 到 $k_6$ 的最强路径为 $k_5 \rightarrow \dots \rightarrow s \rightarrow t \rightarrow \dots \rightarrow k_6$ , $k_7$ 到 $k_8$ 的最强路径为 $k_7 \rightarrow \dots \rightarrow s \rightarrow t \rightarrow \dots \rightarrow k_8$ ,则路径*s*→*t*的路径中心度为 $x_6 \times g_{56} + x_8 \times g_{78}$ 。

②对称性。行业节点间的对称性是指:在两个不同的部门*i*和部门*j*间,若部门*i*是部门*j*的供应商的同时,部门*j*也是部门*i*的供应商,则称部门*i*和部门*j*之间存在一定的对称性。需要特别强调的是,宏观经济网络系统中,对称性对于系统整体的稳定性有着重要意义,已有多项研究发现行业结构的不对称是经济波动的根源(Acemoglu et al., 2012; Carvalho et al., 2021)。因此,本文参考既有研究,以对称性指标的计算结果衡量国别—行业节点的潜在风险程度,具体测算方法如下:

$$symmetry_{ij} = \frac{\sum_i [(\min(v_{ij}, v_{ji}) / \max(v_{ij}, v_{ji}))]}{k_i} \quad (8)$$

式(8)中, $\max(v_{ij}, v_{ji})$ 表示*i*部门和*j*部门双向关系中较强的产品流,相应地, $\min(v_{ij}, v_{ji})$ 表示两部门投入产出关系中较弱的产品流,其中, $v_{ij}$ 是*j*部门消

耗*i*部门的中间投入,*k<sub>i</sub>*表示与*i*部门存在邻接关系的部门数量(即*v<sub>ij</sub>*≠0或*v<sub>ji</sub>*≠0的*j*部门的数量)。行业对称性的取值范围为0—1,值越大代表部门*i*和部门*j*之间的对称程度越高,说明两个行业间的输入输出关系较为均衡,风险性越低;值越小,则表明两个行业间存在明显的单向输入/输出关系,意味着造成经济系统波动的可能性相对较高。

③传染性。在投入产出网络中,由于各个节点之间的复杂关系,某些节点可能更易引领除它自身以外的其他节点产生同向行动,也就是说,这些节点表现出较强的“煽动性”,易于将自身内部的风险“传染”给其他节点。本文借鉴 Fagiolo(2007)的研究方法,将网络系统拆分为4类有值有向三元图结构(见图1),用以刻画投入产出网络中节点的传染性。

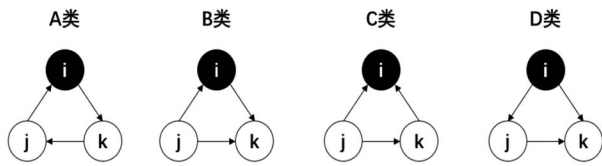


图1 有值有向三元图的四种结构

资料来源:作者根据 Fagiolo(2007)中阐述的三元图内涵绘制。

在此基础上,将中间品生产矩阵*Z*归一化处理为矩阵*Z'*:

$$z'_{ij} = \frac{z_{ij}}{\max_{i,j=1,\dots,n}(z_{ij})} \quad (9)$$

针对每一种三元图结构计算行业*i*的四种结构集聚强度,分别为:

$$c_i^A = \sum_{j \neq i} \sum_{k \neq i,j} \frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{3} z_{ik} z_{kj} z_{ji} \quad (10)$$

$$c_i^B = \sum_{j \neq i} \sum_{k \neq i,j} \frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{3} z_{ik} z_{jk} z_{ji} \quad (11)$$

$$c_i^C = \sum_{j \neq i} \sum_{k \neq i,j} \frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{3} z_{ji} z_{jk} z_{ki} \quad (12)$$

$$c_i^D = \sum_{j \neq i} \sum_{k \neq i,j} \frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{3} z_{ij} z_{jk} z_{ik} \quad (13)$$

其中,*c<sub>i</sub><sup>A</sup>*、*c<sub>i</sub><sup>B</sup>*、*c<sub>i</sub><sup>C</sup>*、*c<sub>i</sub><sup>D</sup>*分别表示行业*i*对应ABCD四种结构的实际强度,*z'<sub>ij</sub>*是归一化矩阵*Z*中的元素。进一步计算行业*i*对应四种结构的潜在最强强度:

$$C_i^A = d_i^{in} d_i^{out} - d_i^{**} \quad (14)$$

$$C_i^B = d_i^{in} d_i^{out} - d_i^{**} \quad (15)$$

$$C_i^C = d_i^{in} (d_i^{in} - 1) \quad (16)$$

$$C_i^D = d_i^{out} (d_i^{out} - 1) \quad (17)$$

其中,*C<sub>i</sub><sup>A</sup>*、*C<sub>i</sub><sup>B</sup>*、*C<sub>i</sub><sup>C</sup>*、*C<sub>i</sub><sup>D</sup>*分别表示行业*i*对应ABCD四类结构可能达到的最强强度,*d<sub>i</sub><sup>in</sup>*为行业*i*的入度,

*d<sub>i</sub><sup>out</sup>*为行业*i*的出度,*d<sub>i</sub><sup>\*\*</sup>*为与行业*i*存在双向关系的邻接行业数量。最后,基于下式综合衡量行业*i*对其他行业的带动程度,即风险的传播扩散能力:

$$infect_{ji} = \frac{c_i^A + c_i^B + c_i^C + c_i^D}{C_i^A + C_i^B + C_i^C + C_i^D} \quad (18)$$

式(18)中的分子代表四类三元结构的实际强度之和,分母为四类三元图结构的潜在强度之和。

### 三、研究结果

本部分从全球层面、区域层面、国家层面分析全球生产网络结构特征并进行风险识别。

#### 1.全球层面

将每个年度全球投入产出表中所有中间品交易数据加总,即可得出中间投入总量。如图2中折线所示,1995—2020年,全球范围内中间品交易规模呈现稳步增长态势,中间投入总规模由1995年的25.79万亿美元扩张至2020年的84.77万亿美元。其中1995—2002年增长速度相对较慢,平均增长率约为2.05%,2002—2008年中间品交易规模实现快速增长,但2008年由美国蔓延至全球主要发达国家的金融危机显然也对全球生产网络造成了重挫,2008—2009年中间品投入规模下跌10.09%,其后世界经济实现较快复苏(表现为2010年数据重新赶超2008年),但增长率难以复制金融危机之前的水平,且2014—2016年、2019—2020年两次出现下降趋势。

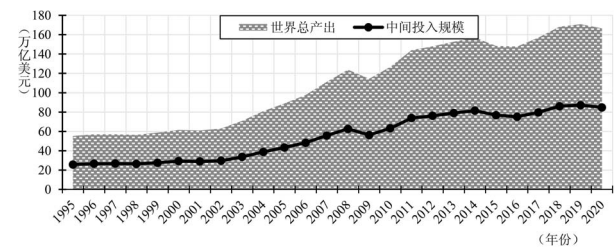


图2 1995—2020年全球中间投入规模与世界总产出变化  
资料来源:作者根据ICIO数据测算所得。

进一步对比世界总产出可以发现,一方面,除1998年存在出入外,中间品交易规模的变化趋势与世界总产出几乎完全一致,且中间品投入数据的波动幅度相对较大;另一方面,中间品交易规模在世界总产出中的占比表现出缓慢增长趋势,1995年该数值为46.47%,到2015年一度增长至51.7%,但近年来有所回缩,2020年的数据停留在50.89%。中

间品交易规模的提升说明当前世界生产网络中生产过程的复杂性和产品的碎片化程度仍然维持在一个较高水平,不论是同一经济体内部还是不同经济体之间的中间品交易仍然十分活跃,并日益占据主导地位,从而维持全球产业链供应链的稳定和通畅,成为推动世界经济发展的重要保障,符合世界人民共同利益。

全球中间品交易规模稳步增长之余,其内部结构特征也在发生变化,本文重点关注全球生产网络中内外活跃度的变化情况。由图3可见,第一,不论是全球内向活跃度还是外向活跃度,考察期内数值上均表现为显著增加,内向活跃度由1995年的 $2.16\text{E}+07$ 上升至2020年的 $6.52\text{E}+07$ ,外向活跃度由1995年的 $2.74\text{E}+06$ 上升至2020年的 $1.19\text{E}+07$ 。该结果与全球中间品交易规模的变化趋势相似,意味着不论对内对外,节点之间的联系密度都在不断提升。

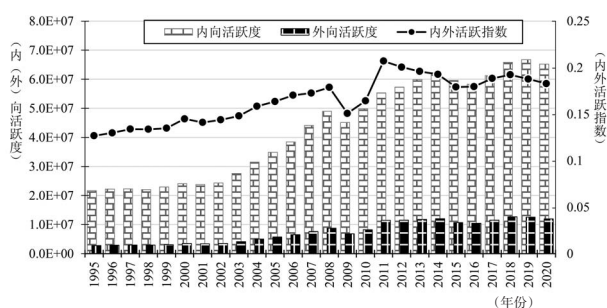


图3 1995—2020年全球生产网络内外活跃度变化  
资料来源:作者根据ICIO数据测算所得。

第一,全球层面内向活跃度始终远高于外向活跃度,换句话说,对绝大多数经济体而言,中间品的输入输出活动仍局限在其行政区界内部。由此可见,尽管学界普遍将20世纪末21世纪初视作是全球化的高潮期,但即便是在这个阶段,跨国界(境)的经济联系仍然远远少于经济体内部各行业之间的经济往来。如果用内外循环来界定,这一结果证明,强大、韧性、可靠的国内循环是一国经济发展的命脉和根基,而良性互动、相互促进的国际循环则对于优化资源配置、提升发展质量具有锦上添花的作用。

第二,内外活跃指数经历了先期稳步增长、中期遇冷暴跌、后期缓慢回落的过程。考察期之初,该指数值为0.127,到2008年升至0.179,意味着这一阶段中间产品的交易中跨国界(境)的份额比重在逐渐增加,侧面反映了全球化水平的提升和不同

经济体之间相互依赖程度的加深。不过这样的良好势头同样在遭遇次贷危机后被迫中断,2009年全球生产网络明显向内收缩,此后两年虽然出现反弹,但在2011—2020年内外活跃度指数不断走低,经济全球化遭遇逆流。对比来看,内向活跃度指标的最高值落在2019年( $6.67\text{E}+07$ ),外向活跃度指标的最高值落在2018年( $1.27\text{E}+07$ ),而内外活跃指数的最高点则出现在2011年,足以见得近十年内在全球中间品交易规模不断攀升、经济体内外联系都在增强的同时,各国尤其是世界主要经济体内部各行业间互动密切度相对更高,对外依存度相对削弱,“逆全球化”势力的抬头已对全球生产网络结构造成显著影响。

## 2. 区域层面

本文通过社群检测来考察全球中间品生产网络的区域特性。通常,任何一个网络中的节点和连接都不会是完全均匀分布的,相互紧密连接的节点构成同一社群,不同社群之间的连接相对疏离。表1中汇报了2000年、2010年和2020年三个代表性年份的结果。大体来看,全球范围内已经形成了欧洲、北美、东亚三大稳定的中间品生产社群,但随着时间推移,以上三大社群也有可能分离或吞并其他小社群。比如,2000年除大部分欧洲国家进入到同一社群外,白俄罗斯、哈萨克斯坦、乌克兰、立陶宛和俄罗斯5个国家单独形成东欧小社群,该结果体现了20世纪后期两极格局的形成对世界生产网络的重塑作用。尽管在东欧剧变和苏联解体后,原先的社会主义阵营国家先后选择并确立了市场经济体制,但融入全球化浪潮无疑需要一定时间,以2000年的检测结果而言,这一时期东欧小社群国家之间的相互依赖程度仍然远超它们与全球其他区域之间构建的投入产出联系。

上述情况到2010年发生了明显变化,首先,社群数量由原来的5个下降到了4个,全球中间品生产网络实现大范围整合。其次,东欧社群融入欧洲、南美社群归并至北美,同一社群中经济体数量的增加一方面意味着每个国家(地区)能够接触、构建联系的合作对象范围有所扩大;另一方面也可能导致单个国家(地区)在其所处社群中的影响力被削弱,比如俄罗斯在东欧小社群中处于核心地位,但融入欧洲大社群后则逊色于德国。

最后,2020年的分析结果显示,当前世界生产

表1 2000年、2010年和2020年全球生产网络社群检测结果

2000年	
社群一:欧洲	奥地利、比利时、保加利亚、瑞士、科特迪瓦、喀麦隆、塞浦路斯、捷克、德国、丹麦、埃及、西班牙、爱沙尼亚、芬兰、法国、英国、希腊、克罗地亚、匈牙利、爱尔兰、冰岛、以色列、意大利、卢森堡、拉脱维亚、摩洛哥、马耳他、荷兰、挪威、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、塞内加尔、斯洛伐克、斯洛文尼亚、瑞典、突尼斯、土耳其(38)
社群二:北美	美国、加拿大、哥伦比亚、哥斯达黎加、墨西哥、尼日利亚、秘鲁(7)
社群三:东亚	澳大利亚、孟加拉国、文莱、中国、中国香港、印度尼西亚、印度、约旦、日本、柬埔寨、韩国、老挝、缅甸、马来西亚、新西兰、巴基斯坦、菲律宾、沙特阿拉伯、新加坡、泰国、中国台湾、越南、南非、其他地区(24)
社群四:南美	阿根廷、智利、巴西(3)
社群五:东欧	白俄罗斯、哈萨克斯坦、乌克兰、立陶宛、俄罗斯(5)
2010年	
社群一:欧洲	奥地利、比利时、保加利亚、白俄罗斯、瑞士、喀麦隆、塞浦路斯、捷克、德国、丹麦、西班牙、爱沙尼亚、芬兰、法国、英国、希腊、克罗地亚、匈牙利、爱尔兰、冰岛、意大利、哈萨克斯坦、立陶宛、卢森堡、拉脱维亚、摩洛哥、马耳他、荷兰、挪威、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、俄罗斯、斯洛伐克、斯洛文尼亚、瑞典、突尼斯、土耳其、乌克兰(39)
社群二:北美	阿根廷、巴西、美国、加拿大、哥伦比亚、哥斯达黎加、墨西哥、尼日利亚、秘鲁(9)
社群三:东亚	澳大利亚、孟加拉国、文莱、智利、中国、中国香港、印度尼西亚、日本、柬埔寨、韩国、老挝、缅甸、马来西亚、新西兰、菲律宾、沙特阿拉伯、新加坡、泰国、中国台湾、越南(20)
社群六:南亚—非洲	印度、以色列、约旦、南非、其他地区、科特迪瓦、埃及、巴基斯坦、塞内加尔(9)
2020年	
社群一:欧洲	奥地利、比利时、瑞士、捷克、德国、西班牙、法国、英国、克罗地亚、匈牙利、爱尔兰、意大利、卢森堡、摩洛哥、马耳他、荷兰、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、突尼斯(22)
社群二:北美	美国、加拿大、哥伦比亚、哥斯达黎加、墨西哥(5)
社群三:东亚	阿根廷、澳大利亚、巴西、文莱、智利、中国、中国香港、印度尼西亚、日本、柬埔寨、韩国、老挝、缅甸、马来西亚、新西兰、秘鲁、菲律宾、新加坡、泰国、中国台湾、越南(21)
社群五:东欧	保加利亚、白俄罗斯、哈萨克斯坦、乌克兰、立陶宛、拉脱维亚、塞浦路斯、希腊、俄罗斯(9)
社群六:南亚—非洲	印度、以色列、孟加拉国、约旦、土耳其、南非、其他地区、科特迪瓦、喀麦隆、尼日利亚、埃及、巴基斯坦、沙特阿拉伯、塞内加尔(14)
社群七:北欧	冰岛、瑞典、丹麦、挪威、爱沙尼亚、芬兰(6)

资料来源:作者根据ICIO数据测算所得。

网络格局正在经历新一轮“洗牌”，在2010年整合形成的四大社群重新分裂为六个，变化最大的莫过于欧洲社群：除东欧社群再次“脱队”外，北欧社群也首次独立了出来。应该看到，自2016年启动的英国“脱欧”事件绝非个案，逆全球化势力已从暗流涌动转向浊浪滔天，引致的世界经济格局变化足以引起各国政府和专家学者高度关注。除却欧洲似乎正走向支离破碎外，北美的现状也并不乐观，2010年的社群成员诸如阿根廷、巴西、智利、秘鲁等纷纷“出走”东亚社群，至少从中间品交易数据来看，拜登的“小院高墙”政策尚未发挥其预期效果，反倒是将“老朋友们”越推越远。此外，值得一提的是，2020年以印度为核心的南亚—非洲社群首次亮相，这也代表着印度作为崛起的新兴大国正在撼动和重构原有生产网络结构，其特殊地位和重要意义不容小觑。

### 3.国家层面

复杂网络分析方法有助于区别一个庞大网络中不同节点和连接所处的位置以及发挥的作用，某个节点或节点之间的连接(或称路径)越靠近整个网络的中心，其地位越是关键。常见的中心度衡量指标包括中间性(betweenness)和接近性(closeness)，两者都建立在最短路径的概念基础上，也就是以连接两个特定节点的所有可能路径中步数最少的路径作为判断二者相关关系的标准。然而，不同于社交网络、交通网络等大多数现实网络，投入产出网络的特殊性在于各节点之间建立联系的最终目的并非实现商品和服务的流动，而在于创造价值的最大化，因此节点之间的最短路径无法直接体现增加值或总产出。因此，为了更准确地辨识国别—行业层面的关键路径和风险来源，本文在这一部分选择基于最强路径构建指标考察国家层面的核心行业

节点与潜在风险部门。

(1)关键点的识别

首先,基于最强路径构建的中心度指标计算结果证明了当前中美两国在全球生产网络中居于核心地位。表2给出了2014年、2017年、2020年位列全球前20位的国别—行业节点中心度及排名,显而易见,美国在服务业领域独占鳌头,诸如房地产、批发零售、金融保险、公共管理等部门在全球生产网络中发挥至关重要的作用;相较之下,中国的优势仍然主要体现在第二产业,包括基本金属、建筑业、食品饮料和烟草、计算机及其他电子产品、纺织品等的生产制造方面在全球生产网络中扮演重要角色。

从进入全球前20的节点数量来看,2014年、2017年中,美国占据10个席位,世界其他地区占据1位,中国将其余9个收入囊中;到2020年,中美之

间的微小差距发生了反转,美国行政和辅助功能部门退出了第一梯队,中国专业、科学和技术行业则首次入围。2024年1月31日,习近平总书记在中央政治局第十一次集体学习时强调,“要加快发展新质生产力,扎实推进高质量发展”。新质生产力是创新起主导作用,摆脱传统经济增长方式、生产力发展路径,具有高科技、高效能、高质量特征,符合新发展理念先进生产力质态,而发展新质生产力的核心要素在于科技创新。由表2的排名变化可以看到,中国专业、科学和技术部门在全球中间品生产网络中的中心度排名由2014年的25名已逐步提升至2020年的20名,意味着近年来我国科技创新水平正快速发展并在全球范围内作出重要贡献。进一步增强科研创新能力,加快实现高水平科技自立自强,将是我国培育发展新质生产力的关键动能和核心抓手。

表2 2014年、2017年和2020年全球关键节点的中心度排名

国家—部门	2014年		2017年		2020年	
	中心度	排名	中心度	排名	中心度	排名
美国—批发零售业;机动车修理	7.70E+10	1	8.36E+10	1	8.98E+10	1
美国—房地产	6.81E+10	2	7.72E+10	2	8.75E+10	2
世界其他地区—煤炭、石油和天然气开采	6.81E+10	3	4.94E+10	10	4.98E+10	13
中国—基本金属	6.66E+10	4	6.83E+10	3	8.32E+10	3
中国—建筑业	6.26E+10	5	6.78E+10	4	8.17E+10	4
美国—金融和保险	5.88E+10	6	6.70E+10	5	7.55E+10	5
美国—公共管理与国防;强制性社会保障	5.75E+10	7	6.14E+10	7	7.17E+10	7
美国—专业、科学和技术	5.26E+10	8	6.26E+10	6	7.22E+10	6
美国—健康和社工活动	4.54E+10	9	5.25E+10	8	5.64E+10	8
美国—建筑业	4.34E+10	10	5.06E+10	9	5.53E+10	9
中国—食品、饮料、烟草	4.16E+10	11	4.72E+10	11	5.05E+10	11
中国—农业、狩猎和林业	4.08E+10	12	4.30E+10	12	5.18E+10	10
中国—批发零售业;机动车修理	3.98E+10	13	4.24E+10	13	5.04E+10	12
中国—焦炭和精炼石油产品	3.51E+10	14	3.63E+10	15	4.10E+10	16
美国—食宿服务	3.49E+10	15	3.92E+10	14	3.50E+10	18
中国—化学品	3.40E+10	16	3.37E+10	18	3.63E+10	17
美国—焦炭和精炼石油产品	3.38E+10	17	2.92E+10	21	2.73E+10	29
中国—纺织品、服装和皮草	3.20E+10	18	3.44E+10	16	4.27E+10	14
美国—食品、饮料、烟草	3.09E+10	19	2.88E+10	22	2.87E+10	26
中国—计算机、电子产品和光学产品	3.04E+10	20	3.43E+10	17	4.22E+10	15
美国—教育	2.88E+10	23	3.14E+10	19	3.36E+10	19
中国—专业、科学和技术	2.71E+10	25	2.71E+10	24	3.34E+10	20
美国—行政和辅助功能	2.60E+10	27	3.01E+10	20	3.30E+10	21

资料来源:作者根据ICIO数据测算所得。

与此同时也要看到,美国在服务业方面的突出优势难以掩盖。从表2展现的中心度数值结果来

看,排名首位的行业节点中心度是排名第20位行业节点的接近3倍。在第三产业领域中美之间的差距



仍较为明显。以同时进入表2的两国相同行业为例,2020年,美国批发零售业的中心度为 $8.98E+10$ ,中国批发零售业中心度为 $5.04E+10$ 。由此可见,一方面,中国在全球生产网络中的战略重要性已经充分显现,且目前来看经受住了包括2018年初美国挑起的中美贸易摩擦及2020年突发的疫情冲击等国内外不利因素的考验,行业优势不断巩固。但另一方面,中美两国的角力无疑将持续较长时间,中国需要进一步挖掘第三产业发展潜力,不断提升服务业在全球范围内的影响力。

进一步地,采用与节点中心度相似的方法将行业间关系作为分析对象,计算每条路径的中心度,

以反映该路径在全球经济网络中所承担的资源传输功能,辨别处于核心地位的行业间投入产出关系。以2020年数据为例,经计算,在超过1200万条( $3465 \times 3465$ )路径中,中心度排名前列的路径几乎都与中美两国节点有关(见表3)。美国的核心路径同样主要集中在服务业,其中“美国—建筑业→美国—房地产”这一路径的中心度达到 $1.40E+10$ ,远超其他路径;此外,“美国—专业、科学和技术→美国—金融和保险”“美国—食宿服务→美国—房地产”“美国—电、煤、气供应→美国—房地产”三条路径也进入前20位,反映出美国房地产和金融行业作为需求端对全球生产网络的巨大拉动作用。

表3 2020年中心度前20位的路径分布

排名	行业间路径	路径中心度	排名	行业间路径	路径中心度
1	美国—建筑业→美国—房地产	$1.40E+10$	11	世界其他地区—建筑业→世界其他地区—房地产	$4.92E+09$
2	中国—基本金属→中国—建筑业	$1.07E+10$	12	科特迪瓦—金属矿、其他采矿和采石业→中国—基本金属	$4.78E+09$
3	世界其他地区—煤炭、石油和天然气开采→中国—焦炭和精炼石油产品	$9.12E+09$	13	美国—专业、科学和技术→美国—金融和保险	$4.64E+09$
4	中国—基本金属→中国—电力设备	$7.65E+09$	14	土耳其—开采辅助服务→土耳其—煤炭、石油和天然气开采	$4.55E+09$
5	中国—农业、狩猎和林业→中国—食品、饮料、烟草	$5.71E+09$	15	美国—食宿服务→美国—房地产	$4.39E+09$
6	澳大利亚—金属矿、其他采矿和采石业→中国—基本金属	$5.44E+09$	16	中国—基本金属→中国—未另分类的机械设备	$4.38E+09$
7	德国—建筑业→德国—房地产	$5.18E+09$	17	美国—电、煤、气供应→美国—房地产	$4.38E+09$
8	中国—基本金属→中国—金属制品	$5.13E+09$	18	中国—焦炭和精炼石油产品→中国—化学品	$4.32E+09$
9	中国—焦炭和精炼石油产品→中国—基本金属	$5.08E+09$	19	中国—煤炭、石油和天然气开采→中国—焦炭和精炼石油产品	$4.26E+09$
10	秘鲁—金属矿、其他采矿和采石业→中国—基本金属	$5.05E+09$	20	老挝—金属矿、其他采矿和采石业→中国—基本金属	$4.15E+09$

资料来源:作者根据ICIO数据测算所得。

相较之下,全球中间品交易网络中涉及中国的核心路径明显集中在制造业,而且尤以金属和能源行业最为突出。其中,“中国—基本金属→中国—建筑业”这条路径的贡献度排名第2,进一步查阅具体最强路径矩阵可得,该路径共计出现了524次,也就是说二者间的投入产出过程支撑了其余523个中间品交易关系。对具体路径进行筛选后发现,“中国—基本金属→中国—建筑业”在最终环节出现了421次,在中间环节出现了103次,因此更多的是在产业链下游扮演重要角色。

除此之外,节点“中国—基本金属”的地位无疑在其他核心路径中也有体现。一方面,作为供给端

的路径包括“中国—基本金属→中国—电力设备”“中国—基本金属→中国—金属制品”“中国—基本金属→中国—未另分类的机械设备”,可见我国基本金属行业在产业链上游具有决定性作用,且主要供应国内其他节点,不易受到外部冲击的影响。但另一方面,作为需求端的基本金属行业很大程度上需要依赖国际循环,体现在“澳大利亚—金属矿、其他采矿和采石业→中国—基本金属”“秘鲁—金属矿、其他采矿和采石业→中国—基本金属”“老挝—金属矿、其他采矿和采石业→中国—基本金属”三条路径的中心度排名靠前;此外,考虑到“中国—焦炭和精炼石油产品→中国—基本金属”路径排名第

9,意味着焦炭和精炼石油产品也是基本金属行业的重要供应源,而“世界其他地区—煤炭、石油和天然气开采→中国—焦炭和精炼石油产品”的路径中心度达到 $9.12E+09$ ,证明焦炭和精炼石油产品行业作为金属行业的关键投入同样严重依赖其他经济体供应。基于核心路径的分析可知,我国目前虽占据全球生产网络中的核心位置,尤其在制造领域“一家独大”,但并不意味着各行业节点全无风险,下文将就此问题围绕中美两国展开进一步分析。

### (2) 风险点的识别

对称性(衡量风险发生性)。对称性反映了一个行业对世界投入产出网络中其他行业的依赖与被依赖关系,该值越低,说明该行业更倾向于在投入产出网络中扮演“支配者”或“被支配者”,这种倾向于单向输出或单向输入的行业关系相较于更加均衡的双向供给关系更加脆弱。因此,从投入产出网络整体性的角度来看,对称性较低的行业往往更有可能成为潜在的“风险发生节点”。图4中的曲线给出了2020年全球中间品生产网络中所有节点的对称性分布情况,其中约75%的节点对称性集中在 $[0.1, 0.25]$ 这一区间,代表全球整体而言对称性水平不高,也就是投入产出网络仍存在较大风险隐患。中国44个行业节点的对称性分布情况与全球基本一致(见图5),但明显区别在于对称性很低(取值在 $0-0.05$ 之间)的行业共有12个,占比(27.3%)相对较高。

具体而言,我国对称性较低的行业主要集中在第一和第三产业,尤其是较为基础的生活服务业,包括对称性取值低于0.005的开采辅助服务、建筑业、公共管理与国防、健康和社工活动、教育、食宿服务、污水处理等,以及对称性取值在 $0.005-0.05$ 的邮政快递、煤炭石油和天然气开采、电煤气供应、渔业水产业等。在投入产出网络中,以单边输送维持,具有非均衡特征的双边行业关系是一种“不健康”的行业关系,具有这类特征的行业更有可能成为网络中潜在的“风险发生节点”。由此可见,尽管我国的部分行业(尤其是制造业)在全球中间品生产网络中具备显著优势,但并不代表我国投入产出网络中各节点都已经足够稳健。基于对称性的研究发现,我国服务业中的生活服务业和渔业、能源开采等上游产业仍然存在较强的脆弱性,是需要重点关注的风险点所在。

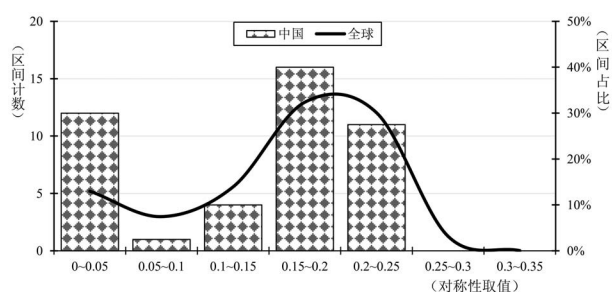


图4 2020年中国(全球)节点的对称性分布情况  
资料来源:作者根据ICIO数据测算所得。

传染性(衡量风险扩散性)。本文以传染性指标考察一旦某个节点发生风险后,迅速传播至其他节点的可能性,也就是风险扩散性。根据Leonidov和Serebryannikova(2019)的研究,在网络系统中节点之间存在复杂的直接或间接关系,行动较为一致的节点之间存在较强的集聚性,有相互聚集融合的趋势。刘世锦等(2020)认为,在经济结构分析中,对行业的集聚倾向进行测算有助于了解该行业对系统内其他行业的同向引领作用。若某行业节点的集聚倾向较高,意味着在该行业出现波动时更容易传导至经济网络中的其他行业节点,容易造成系统整体的不稳定;反之,则影响范围有限。本文将上述文献中所采用的集聚倾向指标定义为传染性。

为便于理解,本文以衡量“风险发生性”的对称性为横轴、衡量“风险扩散性”的传染性为纵轴构成四个象限来识别经济体中的风险点所在,其中应重点关注的行业节点落在第二象限,也就是对称性差且传染性强的行业,这类行业节点由于自身不对称地充当经济系统的单一生产者或消费者,出现风险的可能性较高,同时由于具有较强的“煽动性”,易于将行业冲击扩散至周边行业,受损后会严重影响整体结构,因此整体风险系数较高。相应地,最为安全的节点落在第四象限,对称性高且传染性低。

中美对比。图5和图6给出了基于相同横纵坐标轴形成的中美两国行业节点分布情况。之所以选择中美两国作为重点考察对象,是因为在当前大国战略竞争格局下,一方面,美国已经将中国定义为“唯一既有重塑国际秩序意图,又有实力实现该目标”的最重要对手,因此不惜采取“脱钩断链”等手段阻挠中国发展。在美国不断强调“中国威胁”的背景下,明确当前我国生产网络中哪些环节存在风险隐患,拓宽相关行业供应链渠道,降低产业链敏感性和脆弱性,是弱化来自美国及其盟友的不利

冲击,“防患于未然”的必要之举。对比中美两国的优劣势所在,也能一定程度上为我国在必要之时采取有效应对措施做足准备。另一方面,最近一段时间中美关系有所缓和松动,自2023年11月两国元首达成“旧金山共识”以来,中美经济工作组已经开展三轮对话。基于本文的研究也可以看到,两国在全球生产网络中始终存在合作互补的空间。

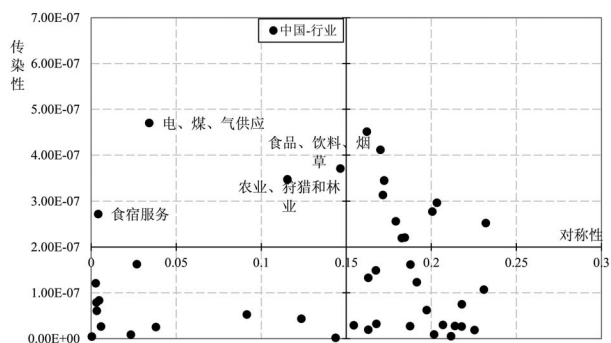


图5 2020年中国各行业对称性与传染性分布<sup>④</sup>

资料来源:作者根据ICIO数据测算所得。

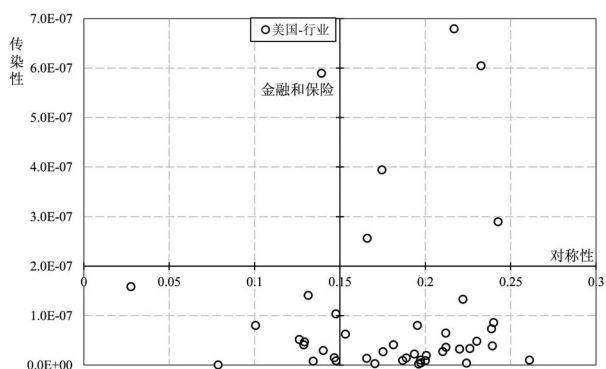


图6 2020年美国各行业对称性与传染性分布

资料来源:作者根据ICIO数据测算所得。

由图5、图6可见,美国节点更多的集中于第三、第四象限,大部分行业传染性较低,风险扩散传播能力有限,投入产出网络整体安全系数高;中国节点分布于第一、三象限的数量较多,也就是在对称性或传染性其中一方面不太理想,应该适当关注。比较相似的是,中美两国的节点中分布在第二象限的数量都较少,意味着两国各行业风险整体都处于可控状态。

中国的潜在风险点包括电煤气供应、食品饮料烟草、农林业和食宿服务,均为事关民生的第一产业或生活服务业。其中电煤气供应这一节点位置靠外(即对称性较差且传染性较高),容易发生结构性问题且事关多个相关行业;食宿服务则是典型的不对称节点,分布于供应链尾端,在投入产

出网络中充当单方面的“消费者”,出现风险的可能性相对较高。而美国落在第二象限的节点只有一个:金融和保险,但其威力“不可小觑”,美国作为全球第一大经济体,消费能力强劲,第三产业发达,但相应地这些优势行业与全球其他经济体中的各个行业节点之间联系密切,一旦发生波动很容易迅速传导至整个生产网络,造成全球范围内宏观经济体系的动荡,可谓是“牵一发而动全身”。2007年美国房地产行业首先“暴雷”,随后危机快速经由金融领域蔓延至全球,导致世界经济发展陷入长期停滞,次贷危机的发生也侧面证明了研究结果的可靠性。

对称性方面,中国行业节点对称性整体偏低,也就是存在较大的风险隐患,以指标计算结果来看,中国节点对称性均值为0.132,美国则达到0.177,由此可见,尽管我国行业节点在中心度方面已经可以与美国相抗衡,但仍然存在较高的脆弱性,美国经济结构整体来看内在稳定性仍远远强于我国。因此,未来我国要在“稳增长”的基础上更加注重“调结构”,提升生产网络中各行业之间的平衡性,降低行业节点单方面作为“支配者”或“被支配者”的比例,强化上下游间的双向均衡关联,促进形成全行业良性互动的完整闭环。

传染性方面,美国的大部分行业传染性较低,但存在个别“煽动性”极强的高集聚倾向行业,除上述金融和保险业外,还包括批发零售业以及专业、科学和技术两个部门。相对于美国来说,中国各行业的传染性相对比较均衡,不存在“煽动性”极强(传染性水平高于 $5E-07$ )的高集聚倾向节点,但传染性相对较高的节点也不在少数,表现为落在第一、二象限的行业节点明显多于美国。

上述研究结果表明,一方面,现阶段中美两国在投入产出结构上仍存在较大差异,服务业是美国的优势所在,但也是其动荡之源;制造业是我国固本安邦的重要基石,但不能因此忽视关系国计民生的第一产业和基本生活服务保障行业的潜在风险。中美之间优势互补、互为依托,本应通力合作、共谋发展。但另一方面,也应该清醒地认识到,美国出于对自身霸权的维护和对我国崛起的忌惮并没有选择合作共赢的道路,我国需时刻警惕外部冲击对关键行业造成的不利影响,提早布局应对之策。

## 四、结论与建议

本文将复杂网络分析方法与世界投入产出数据相结合,以不同维度考察了全球生产网络的结构特征和发展演化态势,并以中美两国为例进一步对关键行业和风险因素进行分析。研究结论认为:第一,全球层面中间品交易规模保持增长态势,中间品交易占世界总产出比重自1995年以来逐步提升,但内外活跃指数近年来出现缓慢下降趋势,反映了世界各国内部互动密切度相对更高,对外依存度相对削弱。第二,世界政治经济格局的变动显著影响国家间投入产出关系,区域层面经历了分散—整合—再分散的过程,当前世界生产格局正在重新“洗牌”,欧洲、北美社群离心力凸显,以印度为代表的区域新兴大国强势崛起。第三,中美在全球生产网络中居于核心地位,但两国优势明显不同,中国在生产制造领域扮演关键角色,而美国在服务业领域一家独大。核心路径的计算结果也表明,美国房地产和金融行业作为需求端对全球生产力具有巨大的拉动作用,涉及中国的核心路径则明显集中在制造业,尤以金属和能源行业最为突出,这既彰显了我国对于全球制造业中间环节的支配力,一定程度上也暴露出基本金属、焦炭和精炼石油产品等行业对其他经济体供应的依赖。第四,我国行业中对称性较差的节点占比很高,传染性较强的节点也不在少数,综合两方面因素考虑潜在风险最大的行业包括电煤气供应、食品饮料烟草、农林业和食宿服务。美国经济结构整体稳定性高于中国,但金融和保险业对称性差、“煽动性”极强,是其动荡之源。基于以上研究结论,本文在如下几个方面提出几点建议,以供决策参考。

1. 畅通国内循环,巩固国际循环,加快构建新发展格局

近年来,内外活跃指数呈下降趋势,反映出世界主要经济体内部互动密切度提升而对外依存度相对削弱。在畅通国内循环方面,从产业关联视角看,中国应加强国内各部门间的协调互动,优化产业结构,畅通国内循环,不断提升国内经济的整体竞争力和可持续发展能力;从空间关联视角看,应推动城乡区域协调发展,优化区域经济布局,促进区域融合发展,培育新增长极,带动全国经济效率

整体提升。

在巩固国际循环方面,要继续坚定不移地推进高水平开放,推动国际区域一体化进程,通过巩固对外经济合作,反向刺激国内市场活力、提升国内循环效率。在开放中合作,在合作中共赢,是中国应对全球生产网络结构变化的重要策略。具体而言,在全球生产网络重构与分化的背景下,中国应积极参与全球治理与规则制定;要加强与其他国家的沟通与协作,共同推动全球生产网络的健康、稳定发展。同时,要推动构建更加公正、合理的国际贸易体系,为中国和其他发展中国家在全球生产网络中赢得更多的话语权和影响力。

2. 不争霸权大国,不当受气小国,正确对待百年未有之大变局

当前世界正处于百年未有之大变局,全球生产网络受到政治经济格局震荡的深刻影响。面对欧洲、北美社群离心力凸显和周边环境的重塑,中国应加紧步伐增强与新兴市场的经贸合作,拓展多元化贸易伙伴,降低对单一市场的依赖程度;深化与新兴市场的战略伙伴关系,通过签署自由贸易协定、建立经济合作机制等方式,深化经济融合,共享发展机遇;通过“一带一路”倡议等国际合作平台,加大对新兴市场国家交通、能源、通信等基础设施领域的投资,提升与中国经济的连通性,从而巩固和扩大经贸合作基础。

在区域层面,加强区域一体化建设,推动形成更多互利互惠、务实合作的区域伙伴关系,推动区域全面经济伙伴关系协定(RCEP)落地实施,利用这一平台深化与东盟及其他成员国在贸易、投资、服务、知识产权等领域的合作,打造新的经济增长点。同时,密切关注国际形势变化,灵活调整贸易策略,加强风险预警和应对机制建设,及时识别和应对潜在的经济风险和挑战;加强对周边区域政治、经济、法律等风险的研究和评估,建立健全风险预警和应对机制,保障中国企业在海外投资合作的安全和利益。

3. 提升核心竞争力,强化风险抵抗力,合力支撑新安全格局

针对我国在生产制造领域的优势以及服务业领域的短板,需要加大科研创新投入,进一步提升我国在全球生产网络中的核心竞争力。一方面,推动制造业向高端化、智能化、绿色化方向发展,优化

产业结构,培育新质生产力,鼓励制造业企业向价值链高端延伸,通过技术创新和模式创新,提升产品的附加值。另一方面,加快推进服务业发展,提升服务业在国民经济中的比重和水平,缩小与发达国家的差距。与此同时,应进一步推动制造业和服务业融合发展,加快制造业与服务业在产业链、价值链上的协同创新,形成优势互补、协同发展的产业生态;支持制造业企业向服务化转型,提供全生命周期管理、总集成总承包等增值服务,增强企业的综合竞争力。

针对我国行业中存在的潜在风险点和传染性较高的行业,建议建立健全行业风险监测和预警机制,重点关注本文已经识别到的高风险性、高传染性行业所处供应链是否通畅,上下游供需是否稳定。对于严重依赖国际供给或需求的部门,在拓宽贸易渠道、增强国际合作的同时,也要加快构建不可再生资源的自主保障体系和重大核心技术的自主创新体系。此外,有必要未雨绸缪,模拟美国及其盟友可能采取的“脱钩断链”“科技封锁”“拉帮结派”等外部冲击,制定针对性的风险防范和应对措施,提升国家经济安全水平。具体而言,建议建立跨部门、跨领域的数据共享平台,整合海关、统计、金融、科技等部门的数据资源,形成全面的风险监测数据库;运用大数据、人工智能等先进技术,对收集到的数据进行实时监测和分析,及时发现异常情况和潜在风险点。最后,始终坚持人类命运共同体主张,加强国际风险防控合作,共同应对全球性经济风险和挑战。

### 注释

①最为常用的包括联合国开发的全球投入产出数据库(EORA),OECD提供的全球区域间投入产出数据库(ICIO),日本编制的亚洲国家投入产出数据库,欧盟编制的世界投入产出表(WIOD)和美国普渡大学的GTAP数据库。②公开数据可至 <https://www.oecd.org/sti/ind/inter-country-input-output-tables.htm> 获取。③详细内容可参考:<https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ/insic>。④由于大部分国家中的行业T,也就是家务劳动的产值和增加值都不予以统计,因此对称性的计算结果中存在一小部分低于0.001的极值(占比为 $92/3465 \approx 2.66\%$ ),图5中给出的分布统计是剔除这部分极值后的结果。

### 参考文献

[1] ACEMOGLU D, CARVALHO V M, OZDAGLAR A, et al.

- The network origins of aggregate fluctuations [J]. *Econometrica*, 2012, 80(5):1977—2016.
- [2] BARAUSKAITE K, NGUYEN A D M. Global intersectoral production network and aggregate fluctuations [J]. *Economic modelling*, 2021, 102:105577.
- [3] BONACICH P. Power and centrality: A family of measures [J]. *American journal of sociology*, 1987, 92(5): 1170—1182.
- [4] BRIN S, PAGE L. The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine [J]. *Computer networks and ISDN systems*, 1998, 30(1-7):107—117.
- [5] BUCHANAN M, CALDARELLI G, DE LOS RIOS P, MICHELE V. *Networks in cell biology* [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2010.
- [6] CARVALHO V M, NIREI M, SAITO Y U, et al. Supply chain disruptions: Evidence from the great east japan earthquake [J]. *The quarterly journal of economics*, 2021, 136(2):1255—1321.
- [7] CARVALHO V M. From micro to macro via production networks [J]. *Journal of economic perspectives*, 2014, 28(4):23—48.
- [8] CERINA F, ZHU Z, CHESSA A, et al. World input-output network [J]. *PLoS ONE*, 2015, 10(7):e0134025.
- [9] Çırpıcı Y A. Key Sector Analysis by IO Networks: Evidence From Turkey [J]. *Panaeconomicus*, 2022:1—46.
- [10] ESCAITH H, INOMATA S. Geometry of global value chains in East Asia: The role of industrial networks and trade policies [J]. *Global Value Chains in a Changing World*" Edited by Deborah K. Elms and Patrick Low, Fung Global Institute (FGI), Nanyang Technological University (NTU) and World Trade Organization (WTO), 2013.
- [11] FAGIOLO G. Clustering in complex directed networks [J]. *Physical review e*, 2007, 76(2):1—8.
- [12] GABAIX X. The granular origins of aggregate fluctuations [J]. *Econometrica*, 2011, 79(3): 733—772.
- [13] GIAMMETTI R, Russo A, Gallegati M. Key sectors in input-output production networks: An application to Brexit [J]. *The world economy*, 2020, 43(4):840—870.
- [14] KATZ L. A new status index derived from sociometric analysis [J]. *Psychometrika*, 1953, 18(1):39—43.
- [15] KITSACK M, RICCABONIA, HAVLIN S, et al. Scale-free models for the structure of business firm networks [J]. *Physical review e*, 2010, 81(3):036117.
- [16] LEONIDOV A, SEREBRYANNIKOVA E. Dynamical topology of highly aggregated input-output networks [J]. *Physica a: statistical mechanics and its applications*,

- 2019, 518: 234—252.
- [17] LEONTIEF W. Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States[J]. *The Review of economic statistics*, 1936, 18(3): 105—125.
- [18] LUCAS R E. Understanding business cycles [C]. In *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1977, 5(1): 7—29.
- [19] MUNIZ A S G, RAYA A M, CARVAJAL C R. Key sectors: A new proposal from network theory[J]. *Regional studies*, 2008, 42(7): 1013—1030.
- [20] NEWMAN M. *Networks: An introduction* [M]. Oxford, UK: Oxford University Press, 2010.
- [21] TSEKERIS T. Global value chains: Building blocks and network dynamics [J]. *Physica a: statistical mechanics and its applications*, 2017, 488(12): 187—204.
- [22] TSEKERIS T. Network analysis of inter-sectoral relationships and key sectors in the Greek economy [J]. *Journal of economic interaction and coordination*, 2017, 12(2): 1—23.
- [23] WANG T, XIAO S, YAN J, et al. Regional and sectoral structures of the Chinese economy: A network perspective from multi-regional input-output tables [J]. *Physica a: statistical mechanics and its applications*, 2021, 581: 126196.
- [24] XU M, LIANG S. Input-output networks offer new insights of economic structure[J]. *Physica a: statistical mechanics and its applications*, 2019, 527: 121178.
- [25] 陈锐, 王宁宁, 赵宇, 等. 基于改进重力模型的省际流动人口的复杂网络分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(10).
- [26] 刘世锦, 韩阳, 王大伟. 基于投入产出架构的新冠肺炎疫情冲击路径分析与应对政策[J]. *管理世界*, 2020(5).
- [27] 王列辉, 洪彦. 直航背景下海峡两岸集装箱港口体系空间结构: 基于复杂网络的视角[J]. *地理学报*, 2016, 71(4).
- [28] 王涛, 肖世莺. 投入产出网络视角下中美产业内循环比较研究[J]. *统计研究*, 2022(11).
- [29] 徐然, 高翔, 夏炎, 等. “一带一路”沿线国家生产网络图谱分析: 基于跨国长产业链的视角[J]. *系统工程理论与实践*, 2022, 42(8).

## Research on the Structural Characteristics and Risk Identification of the Global Production Network Based on Input-Output Data

Shen Jie Yang Feiyang Shi Yadong

**Abstract:** With the rapid development of social productivity, countries have formed a highly integrated and interdependent global production network. However, in a new era characterized by complex and variable external environments and full of challenges, the structural features of the global production network and the risk factors faced by China are also constantly changing. By employing complex network analysis methods and using ICIO input-output data as a basis, this study examines the structural characteristics and developmental trends of intermediate goods production networks from three dimensions: global, regional, and national. The research findings indicate that the scale of intermediate goods transactions has steadily increased at the global level, but the dependency of countries on each other has relatively weakened. At the regional level, a process of dispersion-integration-re-dispersion has occurred, with centrifugal forces in European and North American communities becoming prominent, and the original production network structure is undergoing reshuffling and reconstruction. At the national level, China and the United States are in core positions within the global production network, but there are significant differences in their areas of advantage and risk industries. The article concludes with policy recommendations for China to prevent and mitigate potential risks and fluctuations based on the current trend of deglobalization and the strategic competition between China and the United States.

**Key Words:** Global Production Network; Input-Output; Network Analysis; Strongest Path

(责任编辑:文 锐)