

中国“外循环”前向依赖网络结构特征 及上游断裂风险传导路径研究

于春晖，高录问，蔡均

摘要：文章利用亚洲开发银行多区域投入产出表和 Floyd 算法构建了中国“外循环”前向依赖网络。研究发现：第一，网络具有“小世界”结构特征；上游断裂风险主要以直接方式传导到中国；中国的基础金属制品业、农业、木材加工业、化学制品业、焦炭石油冶炼业和采矿业是连接“双循环”的核心中介部门，首先受到上游断裂风险冲击并将风险传导到中国其它部门。第二，网络具有“核心——外围”结构特征；澳大利亚、巴西、俄罗斯的采矿业，中国台湾、韩国、日本的电气电子设备制造业，韩国、中国台湾、日本、美国的化学制品业，巴西、美国的农业及德国的运输设备制造业、机械设备制造业是核心上游部门；核心上游部门供应断裂，冲击难以被其它市场抵消，中国的电气电子设备制造业、焦炭石油冶炼业、橡胶塑料制品业和化学制品业将受到严重冲击。

关键词：“外循环”前向依赖网络；小世界；上游断裂风险；“双循环”；核心——外围

中图分类号：F74 文献标识码：A 文章编号：1002-0594（2023）09-0049-16

一、引言

随着“十三五”规划的收官，中国实现了第一个百年奋斗目标，进入全面建设中国特色社会主义现代化国家的新时期。在新时期背景下，党的二十大报告提出“深度参与全球产业分工和合作，维护多元稳定的国际经济格局和经贸关系，着力提升产业链供应链韧性和安全水平”。随着以“产品内分工”为特征的全球化生产模式迅速崛起，中国“外循环”依赖网络结构日益复杂（刘林青等，2021）。中国作为拥有联合国产业分类中全部工业门类的国家，拥有全球最完整的产业链，但也存在被“卡脖子”的短板。2020年初新型冠状病毒肺炎疫情的全球爆发、中美关系的恶化、“逆全球化”思潮的加剧等在一定程度上冲击、撕裂了中国进口中间品的

收稿日期：2023-02-10

基金项目：国家社科基金重大项目（22&ZD067）

作者简介：于春晖（1968-），江苏常熟人，上海社会科学院应用经济研究所教授、博士生导师，研究方向为产业结构与产业政策；高录问（1991-），女，安徽宿州人，上海财经大学商学院博士研究生，研究方向为产业结构、生产网络与产业链；蔡均（1992-），湖北十堰人，上海社会科学院应用经济研究所博士研究生，研究方向为产业结构与价值链。

感谢匿名审稿专家提出的修改建议，文责自负。

链条，暴露了中国对外过度依赖的风险（王永贵、高佳，2020；张友国等，2021）。突发的自然事件和频繁的贸易冲突让各经济体意识到，在全球化生产过程中存在产业链上游断裂风险，这可能会导致产业链全球性崩溃的大危机（黄群慧，2020；汤铎铎等，2020；王俊、王聪，2022；肖鹏飞等，2022）。在中国“外循环”前向依赖网络中，上游断裂风险主要通过何种路径传导到中国经济部门？可能对中国哪些经济部门造成严重冲击？这已成为学者研究的热点问题。厘清中国“外循环”前向依赖网络结构特征是规避其上游断裂风险传导到“内循环”系统的首要任务，也是构建以国内大循环为主体、国内国际“双循环”新发展格局，加速实现下个百年目标的助力器。

目前，有关国际产业链风险的文献可以概括为产业链风险识别和产业链断裂的经济损失评估这两类。在识别国际产业链风险的研究中，主要是通过进出口规模、价格（Manova & Zhang, 2012），国际市场占有率、市场渗透率等（茅锐、张斌，2013），替代弹性（Kee & Tang, 2016），网络中心度、模块度（Korniyenko et al., 2017；李敬等，2023），中心度变异指数、进口集中度指数（Inomata S & Hanaka T, 2021；崔晓敏等，2022；吕越、邓利静，2023）等指标对产业链供应链脆弱性进行测度，并依此识别产业链风险。有关国际产业链上游断裂风险对中国经济冲击的文献主要以2003年SARS疫情（唐遥等，2020），2011年日本地震（唐遥等，2020；包群、张志强，2021），2018年中美贸易战（张国峰等，2021）和2020年全球新冠疫情（赵忠秀、杨军，2020；张志明等，2022）作为导致产业链断裂的突发事件，对中国经济造成的损失进行研究。

但上述文献都忽略了产业链上游断裂风险在向下游传导时具有路径特征（Sonis M & Hewings G J D, 1998；Acemoglu D, 2012）。各经济部门在生产过程中逐渐形成相对稳定的前后向依赖关系。目前，测算产业链前后向依赖度的角度有两个，一是里昂惕夫贸易依赖（Leontief, 1936；Richard B et al., 2022），二是增加值贸易依赖（Leontief, 1936）。里昂惕夫最早定义了任意两个生产部门之间的直接依赖、间接依赖和完全依赖，这些也被称为里昂惕夫贸易依赖，其中直接依赖和完全依赖分别用直接消耗矩阵和里昂惕夫逆矩阵表示（Acemoglu D, 2012；Atalay E, 2018）。增加值贸易依赖的测度方法也来源于里昂惕夫在1936年提出的经典方程，当生产给定的最终产品所需的总产出已知时，其增加值就可以简单地用增加值率乘以所需的总产出得到（王直等，2015）。所以对于产业链前向依赖路径问题的研究，不论是从里昂惕夫贸易依赖的角度，还是从增加值贸易依赖的角度得出的依赖路径完全一致（Richard B et al., 2022）。由于完全依赖不能清晰地展示前向依赖路径，基于既要找出前向依赖度较高的路径，又要展现路径中各个生产环节等两方面考虑，Xu & Liang (2019) 提出基于里昂惕夫贸易依赖的最强依赖路径这一概念。在最强依赖路径概念的基础上，刘世锦等（2020）将网络分析方法与投入产出方法结合，把我国各省（自治区、直辖市）间及部门间关系转化为宏观经济网络的“节点”和“弧”，分析了湖北疫情对全国经济的冲击。徐然等（2022）利用最强依赖路径思想，描绘

了中国与“一带一路”沿线国家间的跨国产业链图谱。全球各经济部门间错综复杂的前后向依赖关系, 构成了一个高度密集的生产网络。当生产网络中的某个环节断裂, 生产网络结构特性决定了风险传导是否由“点”到“线”再到“面”及风险能否被可替代市场抵消, “小世界”(small world)网络特征决定风险传导具有“部门联动性”, 扩大了受冲击的部门范围, 冲击由“点”到“线”再到“面”(Acemoglu D, 2012; Carvalho V M, 2010; Foerster A & Choi J, 2017), 并且在具有明显的“核心——外围”特征的生产网络中, 核心原材料部门供应短缺甚至断供的风险无法被可替代市场抵消(Acemoglu D, 2012; Carvalho V M, 2014)。

在归纳借鉴上述学者研究的基础上, 本文从最强依赖路径视角, 利用2007~2021年亚洲开发银行多区域投入产出表和Floyd算法, 把其余61个经济体共953^①个经济部门作为中国16个经济部门(剔除服务业)的上游部门, 构建了中国“外循环”前向依赖网络。本文结果分析部分分别从“外循环”前向依赖网络的路径构成、网络的中介节点分布、中国16个经济部门对外的前向依赖情况和网络的源点分布等4个方面对中国“外循环”前向依赖网络结构特征进行了分析, 基于网络结构特征, 对上游断裂风险传导到“内循环”的路径特征做进一步分析。本文的边际贡献在于:(1)利用亚洲开发银行多区域投入产出表和Floyd算法构建中国“外循环”前向依赖网络, 打开了中国对外前向依赖的黑箱;(2)结合网络结构特征分析上游断裂风险传导到中国的路径特征, 把产业链和生产网络结构特征结合起来研究, 丰富了产业链研究内容;(3)采用了2022版亚洲开发银行2007~2021年多区域投入产出表对本主题进行了研究, 相比常用的世界投入产出表, 时效性更强。

余下框架安排: 第二部分最强依赖路径模型构建、算法选择和数据说明。第三部分结果分析, 首先对中国“外循环”前向依赖网络结构特征进行分析, 然后依据网络结构特征, 对上游断裂风险传导到“内循环”的路径特征做进一步讨论。第四部分结论及建议。

二、最强依赖路径模型构建、算法选择和数据说明

(一) 最强依赖路径模型构建

亚洲开发银行多区域投入产出表的第I象限(即“中间投入——中间使用”矩阵)反映了全球经济体——经济部门间的消耗和分配关系。这种经济体——经济部门间关系的集合构成了生产网络, 其直接依赖关系可以用直接消耗系数矩阵来体现。令A为全球经济体——经济部门间的直接消耗系数矩阵, 具体表达为式(1)。

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1G} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2G} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{G1} & A_{G2} & \cdots & A_{GG} \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中 A_{ij} (i 和 j 是经济体)为局部直接消耗系数矩阵, G 为全球经济体数量。 a_{ij}^{mk}

定义为 j 经济体 k 部门对 i 经济体 m 部门的直接消耗系数。由于多区域投入产出表中每个经济体都有 N 个经济部门, 则 A_{ij} 这个局部直接消耗系数矩阵可表示为式 (2)。

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{ij}^{11} & a_{ij}^{12} & \dots & a_{ij}^{1N} \\ a_{ij}^{21} & a_{ij}^{22} & \dots & a_{ij}^{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{ij}^{N1} & a_{ij}^{N2} & \dots & a_{ij}^{NN} \end{bmatrix} \quad (2)$$

考虑到本文的主旨是研究某经济部门与其他经济部门间的依赖关系, 故不考虑经济部门的反身性, 即当 $i = j$ 时, A_{ij} 矩阵中主对角线上元素为 0。

根据 Xu & Liang (2019) 提出的最强依赖路径概念可知, 在评价经济部门间依赖关系时不能仅仅关注直接依赖关系, 还需将通过中介经济部门连接所形成的间接依赖关系考虑在内。在综合考虑直接依赖关系和间接依赖关系的基础上, 本文搜寻 j 经济体 n 经济部门对 i 经济体 m 经济部门依赖最大的路径, 用于重塑经济部门间关系, 即最强依赖路径可表示为 (3) 式。

$$\text{MAX } \prod_{j \neq i} a_{iv}^{mu} a_{vc}^{uw} \cdots a_{jf}^{rn} \quad (3)$$

其中 i, v, c, f, j 为经济体, m, u, w, r, n 为经济部门, v 经济体的 u 部门、 c 经济体的 w 部门和 f 经济体的 r 部门为这条最强依赖路径的中介节点, i 经济体的 m 部门为最强依赖路径的源点, j 经济体的 n 部门为最强依赖路径的终点, 式 (3) 的值为最强依赖路径前向依赖度。本文研究中国经济部门与其他经济体各部门间形成的最强依赖路径, 所以定义 $j \neq i$ 。通过对 (3) 式的倒数取对数后转换到 (4) 式, 把最强依赖路径问题转化成最短路径问题。

$$\text{MIN} \log \left(\frac{1}{a_{iv}^{mu}} \right) + \log \left(\frac{1}{a_{vc}^{uw}} \right) + \cdots + \log \left(\frac{1}{a_{jf}^{rn}} \right) (j \neq i) \quad (4)$$

(二) 算法选择

1. 算法概念。从某顶点出发, 在沿关系图的边到达另一顶点所经过的路径中, 各边上权值之和最小的一条路径叫做最短路径。解决最短路问题的算法有以下四种: Dijkstra 算法、Bellman-Ford 算法、Floyd 算法和 SPFA 算法等, 其中被广泛采用的是 Dijkstra 算法和 Floyd 算法。这两个方法具有各自独特的特点, Dijkstra 算法是一个经典的最短路径算法, 使用广度优先搜索解决加权有向网络图的单源点之间最短路径问题。Floyd 算法是一种基于动态规划思想的图算法, 用于寻找多源点之间的最短路径。从源点 m 到终点 n 的最短路径不外乎两种可能, 一是直接从 m 到 n , 二是 m 经过若干个节点 k 到 n 。Floyd 算法的第一步需构建初始距离矩阵, 再根据层层遍历原则进行计算。本文研究的问题属于多源点问题, 综合研究目标和 Floyd 算法优势, 最终选择 Floyd 算法作为本文研究的主要方法。

根据公式 (3) 转换到 (4) 的目的及 Floyd 算法计算原则, 首先令 $\log \frac{1}{a_{ij}^{mn}}$ 表示 i 经济体 m 经济部门到 j 经济体 n 经济部门的初始距离, 局部初始距离矩阵 D_{ij} 可表

示为公式(5)。

$$D_{ij} = \begin{bmatrix} \log \frac{1}{a_{ij}^{11}} \log \frac{1}{a_{ij}^{12}} & \log \frac{1}{a_{ij}^{1N}} \\ \log \frac{1}{a_{ij}^{21}} \log \frac{1}{a_{ij}^{22}} & \dots \log \frac{1}{a_{ij}^{2N}} \\ \vdots & \ddots \quad \vdots \\ \log \frac{1}{a_{ij}^{N1}} \log \frac{1}{a_{ij}^{N2}} & \log \frac{1}{a_{ij}^{NN}} \end{bmatrix} \quad (5)$$

故全球部门间初始距离矩阵 D 可表示为 (6)。

$$D = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & \dots & D_{1G} \\ D_{21} & D_{22} & \dots & D_{2G} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{G1} & D_{G2} & \dots & D_{GG} \end{bmatrix} \quad (6)$$

2. 举例说明。为了直观地把公式(4)的含义表达出来, 假定全球有 i 和 j 等 2 个经济体, 每个经济体有 3 个经济部门, 分别为 m 、 k 、 n 经济部门, a_{ij}^{mk} 定义同上, 反映全球经济体 i 和 j 之间生产关系的直接消耗系数矩阵 A 如式(7)。

$$A = \begin{bmatrix} a_{ii}^{mm} & a_{ii}^{mk} & a_{ii}^{mn} & a_{ij}^{mm} & a_{ij}^{mk} & a_{ij}^{mn} \\ a_{ii}^{km} & a_{ii}^{kk} & a_{ii}^{kn} & a_{ij}^{km} & a_{ij}^{kk} & a_{ij}^{kn} \\ a_{ii}^{nm} & a_{ii}^{nk} & a_{ii}^{nn} & a_{ij}^{nm} & a_{ij}^{nk} & a_{ij}^{nn} \\ a_{ji}^{mm} & a_{ji}^{mk} & a_{ji}^{mn} & a_{jj}^{mm} & a_{jj}^{mk} & a_{jj}^{mn} \\ a_{ji}^{km} & a_{ji}^{kk} & a_{ji}^{kn} & a_{jj}^{km} & a_{jj}^{kk} & a_{jj}^{kn} \\ a_{ji}^{nm} & a_{ji}^{nk} & a_{ji}^{nn} & a_{jj}^{nm} & a_{jj}^{nk} & a_{jj}^{nn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

即 Floyd 算法所需的初始距离矩阵 D 如 (8)。

$$D = \begin{bmatrix} 0 & \log \frac{1}{a_{ii}^{mk}} & \log \frac{1}{a_{ii}^{mn}} & \log \frac{1}{a_{ij}^{mm}} & \log \frac{1}{a_{ij}^{mk}} & \log \frac{1}{a_{ij}^{mn}} \\ \log \frac{1}{a_{ii}^{km}} & 0 & \log \frac{1}{a_{ii}^{kn}} & \log \frac{1}{a_{ij}^{km}} & \log \frac{1}{a_{ij}^{kk}} & \log \frac{1}{a_{ij}^{kn}} \\ \log \frac{1}{a_{ii}^{nm}} & \log \frac{1}{a_{ii}^{nk}} & 0 & \log \frac{1}{a_{ij}^{nm}} & \log \frac{1}{a_{ij}^{nk}} & \log \frac{1}{a_{ij}^{nn}} \\ \log \frac{1}{a_{ji}^{mm}} & \log \frac{1}{a_{ji}^{mk}} & \log \frac{1}{a_{ji}^{mn}} & 0 & \log \frac{1}{a_{jj}^{mk}} & \log \frac{1}{a_{jj}^{mn}} \\ \log \frac{1}{a_{ji}^{km}} & \log \frac{1}{a_{ji}^{kk}} & \log \frac{1}{a_{ji}^{kn}} & \log \frac{1}{a_{jj}^{km}} & 0 & \log \frac{1}{a_{jj}^{kn}} \\ \log \frac{1}{a_{ji}^{nm}} & \log \frac{1}{a_{ji}^{nk}} & \log \frac{1}{a_{ji}^{nn}} & \log \frac{1}{a_{jj}^{nm}} & \log \frac{1}{a_{jj}^{nk}} & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

为了计算出最短路径, 根据直接消耗系数的取值范围, 对经济部门间直接距离

进行合理赋值, 即得符合 Floyd 算法需求的初始距离矩阵 (9)。

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 4 & 4 & 3 & 2 & 8 \\ 5 & 0 & 3 & 2 & 3 & 4 \\ 6 & 5 & 0 & 5 & 4 & 3 \\ 2 & 2 & 3 & 0 & 5 & 4 \\ 3 & 2 & 4 & 6 & 0 & 3 \\ 2 & 4 & 3 & 7 & 4 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

通过 Matlab 中 Floyd 算法将式 (9) 初始距离矩阵进行有向网络构建。图 1 中深色部分是基于最强依赖路径视角构建的 j 经济体“外循环”前向依赖网络图。为了节省篇幅, 仅以 i 经济体 m 经济部门到 j 经济体 n 经济部门的最短路径为例 (j 经济体 n 经济部门对 i 经济体 m 经济部门依赖的最强路径)。最短路径 (最强依赖路径) 为 $m_i \rightarrow k_j \rightarrow n_j$, 路径长度为 5 (最强路径前向依赖度为 $\frac{1}{e^5}$)。这条最短路径 (最强依赖路径) 的源点为 m_i , 中介节点为 k_j , 终点为 n_j (图 1)。

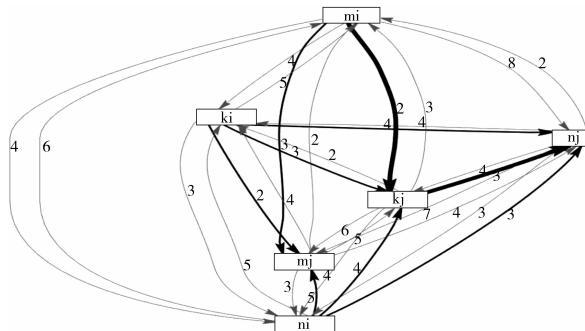


图1: j 经济体“外循环”前向依赖网络图

图片来源: 作者自绘。

(三) 数据说明

考虑到服务业可贸易性差这一问题, 剔除服务业, 所以本文利用 2007~2021 年亚洲开发银行多区域投入产出表中中国 16 个经济部门和全球其他 61 个经济体共 953 个经济部门之间投入产出数据, 研究中国“外循环”前向依赖网络的结构特征及产业链上游断裂风险传导路径。此外, 为了确保研究结论具有稳健性, 文章还进一步利用都剔除了服务业的 2000~2014 年世界投入产出表和 2017~2021 年亚洲开发银行多区域投入产出表 5 年平均等两份数据进行了稳健性检验^②。

三、结果分析

(一) 中国“外循环”前向依赖网络结构特征

1. “外循环”前向依赖网络的路径构成。每年中国 16 个经济部门通过对全球 61 个经济体共 953 个经济部门的前向依赖形成了 15248 条最强依赖路径, 其包含 0

个中介节点的最强依赖路径（直接最强依赖路径）和至少含有1个中介节点的最强依赖路径（间接最强依赖路径），这构成了中国“外循环”前向依赖网络。在2007~2021年间，中国“外循环”前向依赖网络的直接最强依赖路径占总路径的比重都在50%以上，2019年，直接最强依赖路径占总路径比重高达61.40%。不难发现，中国“外循环”前向依赖网络主要由直接最强依赖路径构成。从间接最强依赖路径的中介节点数量看，在2007~2021年间，单条路径最多含有4个中介节点，其中包含1个中介节点的最强依赖路径条数基本在5000条以上，远高于含有2个中介节点、3个中介节点、4个中介节点的路径条数，中国“外循环”前向依赖网络中的间接最强依赖路径以含有1个中介节点的路径为主（表1）。整体上看，中国经济部门对外的最强依赖最多经过4个中介经济部门，这反映了中国“外循环”前向依赖网络具有明显的“小世界”^③结构特征。

表1：中国“外循环”前向依赖网络的路径构成

年份	直接最强依赖路径(条)	间接最强依赖路径(条)					总路径	直接最强路径占总路径比(%)
		0个节点	1个中介节点	2个中介节点	3个中介节点	4个中介节点		
2007	8519	5630	1031	68	0	15248	55.87%	
2008	8505	5694	985	64	0	15248	55.78%	
2009	8560	5563	1019	106	0	15248	56.14%	
2010	8545	5529	1055	118	1	15248	56.04%	
2011	8236	5757	1116	137	2	15248	54.01%	
2012	8233	5784	1067	146	18	15248	53.99%	
2013	8330	5757	1079	82	0	15248	54.63%	
2014	8515	5707	960	66	0	15248	55.84%	
2015	8499	5723	968	58	0	15248	55.74%	
2016	8515	5655	1012	66	0	15248	55.84%	
2017	8483	5671	1021	73	0	15248	55.63%	
2018	8838	5772	603	35	0	15248	57.96%	
2019	9363	5356	516	13	0	15248	61.40%	
2020	9001	5694	539	14	0	15248	59.03%	
2021	8997	5689	552	10	0	15248	59.00%	

注：作者利用2007~2021年亚洲开发银行多区域投入产出表（ADB-MRIO），依据Floyd算法得出，下同。

2.“外循环”前向依赖网络的中介节点分布。图2展示了2007~2021年中国“外循环”前向依赖网络的中介节点在全球经济体间和全球经济部门间的分布情况，可以看出中国“外循环”前向依赖网络存在核心中介经济体和核心中介经济部门，且核心中介经济体的数量少于核心中介经济部门的数量，中介节点在经济体间分布比在经济部门间分布更集中。考虑到2021年全球经济受疫情影响严重，单独根据2021年中国对外依赖的数据进行分析可能会出现有失偏颇的结论，所以本文综合

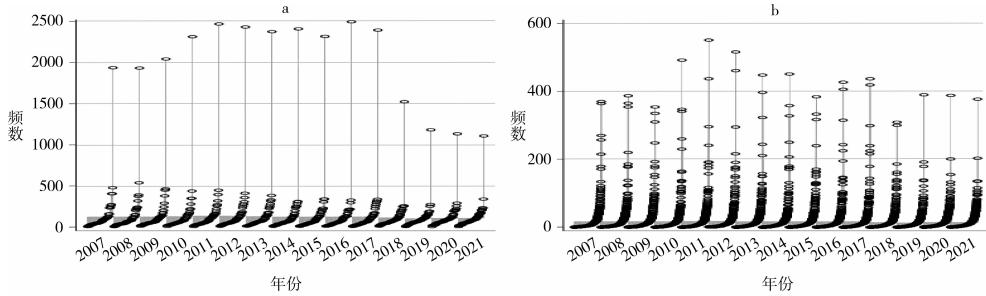


图2: 中国“外循环”前向依赖网络的中介节点在全球经济体间(a)和全球经济部门间(b)分布

2007、2014和2021年这三年数据进行结果分析。表2和表3分别梳理了2007、2014和2021年中国“外循环”前向依赖网络的中介节点在全球经济体间和全球经济部门间分布频数排名前10和前20的情况^④。中介节点为中国和中国经济部门的频数都相对较多，并且中介节点为中国的频次都在1000以上，甚至在2014年高达2409次，远多于其他经济体。从这三年时间看，承担核心中介节点角色的经济体和经济部门在不断变化，但中国的基础金属制品业、农业、木材加工业、化学制品业和焦炭石油冶炼业等经济部门一直是连接“外循环”系统和“内循环”系统的重要枢纽部门。可能受到2021年全球疫情影响，中国的采矿业出现频次不在前20之列，但根据2007和2014年数据可知，中国的采矿业也承担着连接“双循环”系统的重要枢纽角色。

3. 中国对外的前向依赖情况。2007~2021年，在中国“外循环”前向依赖网络中，15248条最强依赖路径的依赖度分布具有少数几条路径的依赖度远高于其他路径的特征，即中国对外的前向依赖具有显著的异质性（图3）。2007和2021年，在中国每个经济部门的“外循环”前向依赖网络中，都存在少数几个依赖度较高的路径。其中，中国的焦炭石油冶炼业、化学制品业、橡胶塑料制品业和电气电子设备

表2: 中国“外循环”前向依赖网络的核心中介节点(全球经济体)分布

2007		2014		2021	
经济体	频数	经济体	频数	经济体	频数
中国	1937	中国	2409	中国	1108
印度	479	俄罗斯	312	印度	341
马来西亚	407	新加坡	308	德国	236
泰国	406	印度	284	俄罗斯	227
俄罗斯	274	马来西亚	254	巴西	214
新加坡	266	泰国	253	澳大利亚	208
德国	246	哈萨克斯坦	248	意大利	201
哈萨克斯坦	235	德国	236	孟加拉国	173
蒙古国	234	蒙古国	200	斐济群岛	171
越南	162	韩国	167	马来西亚	165

表3：中国“外循环”前向依赖网络的核心中介节点（全球经济部门）分布

2007		2014		2021	
经济体 - 经济部门	频数	经济体 - 经济部门	频数	经济体 - 经济部门	频数
中国 - 基础金属制品业	370	中国 - 基础金属制品业	451	中国 - 基础金属制品业	377
中国 - 采矿业	364	中国 - 焦炭石油冶炼业	358	中国 - 农业	203
印度 - 采矿业	270	中国 - 采矿业	328	中国 - 木材加工业	136
中国 - 焦炭石油冶炼业	257	中国 - 农业	250	澳大利亚 - 采矿业	135
蒙古国 - 采矿业	215	哈萨克斯坦 - 采矿业	207	蒙古国 - 采矿业	116
中国 - 农业	179	中国 - 化学制品业	180	哈萨克斯坦 - 采矿业	108
中国 - 食品业	171	蒙古国 - 采矿业	176	中国 - 化学制品业	104
俄罗斯 - 农业	134	俄罗斯 - 采矿业	175	印度 - 基础金属制品业	97
哈萨克斯坦 - 采矿业	122	中国 - 食品业	170	斐济群岛 - 木材加工业	97
马来西亚 - 食品业	116	中国 - 纺织业	131	中国 - 焦炭石油冶炼业	96
泰国 - 农业	112	中国 - 木材加工业	121	俄罗斯 - 采矿业	94
中国 - 化学制品业	109	老挝 - 采矿业	113	巴西 - 农业	94
巴基斯坦 - 纺织业	108	新加坡 - 化学制品业	103	巴西 - 采矿业	94
马来西亚 - 橡胶塑料制品业	105	巴基斯坦 - 纺织业	100	德国 - 运输设备制造业	83
中国 - 橡胶塑料制品业	100	澳大利亚 - 采矿业	100	巴基斯坦 - 纺织业	80
新加坡 - 化学制品业	99	新加坡 - 电气电子设备制造业	98	意大利 - 化学制品业	80
文莱 - 采矿业	93	泰国 - 农业	97	爱尔兰 - 化学制品业	78
中国台湾 - 化学制品业	90	德国 - 运输设备制造业	89	挪威 - 采矿业	76
中国 - 木材加工业	84	孟加拉国 - 纺织业	84	印度 - 化学制品业	74
越南 - 采矿业	81	中国 - 皮革制鞋业	82	瑞士 - 化学制品业	72

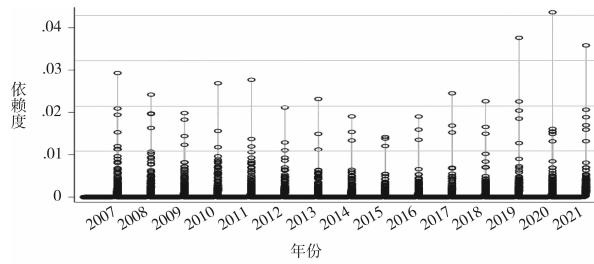
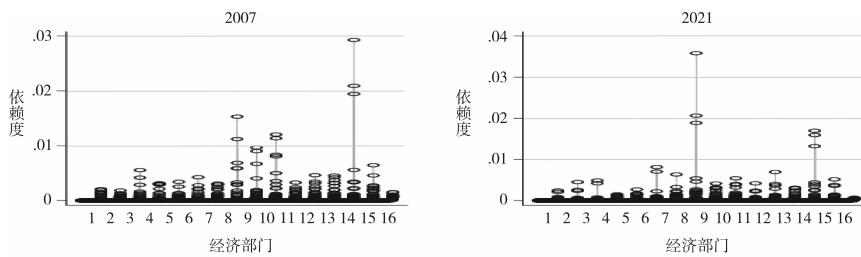


图3：中国对外的前向依赖度分布

制造业等经济部门对外的前向依赖具有较高的集中性，更集中在少数几个经济部门（图4）。总体而言，中国16个经济部门的“外循环”前向依赖网络都具有“核心——外围”结构特征。在2007、2014和2021年这三年，中国的焦炭石油冶炼业、电气电子设备制造业、橡胶塑料制品业、基础金属制品业、造纸印刷业、化学制品业、机械设备制造业和运输设备制造业等对外的前向依赖度一直都很高，中国的农业对外的前向依赖度较低（表4）。

图4：中国16个经济部门对外的前向依赖度分布^⑤表4：中国16个经济部门对外的前向依赖度均值^⑥

2007		2014		2021	
经济部门	依赖度	经济部门	依赖度	经济部门	依赖度
电气电子设备制造业	1.26E-04	电气电子设备制造业	6.44E-05	焦炭石油冶炼业	1.29E-04
橡胶塑料制品业	9.37E-05	焦炭石油冶炼业	5.52E-05	电气电子设备制造业	9.89E-05
焦炭石油冶炼业	8.11E-05	橡胶塑料制品业	4.30E-05	橡胶塑料制品业	5.42E-05
化学制品业	6.46E-05	机械设备制造业	3.47E-05	基础金属制品业	4.85E-05
机械设备制造业	5.99E-05	化学制品业	3.45E-05	造纸印刷业	4.80E-05
运输设备制造业	5.91E-05	造纸印刷业	3.13E-05	机械设备制造业	4.65E-05
造纸印刷业	4.63E-05	运输设备制造业	3.03E-05	化学制品业	4.54E-05
基础金属制品业	4.61E-05	基础金属制品业	2.92E-05	运输设备制造业	4.25E-05
纺织业	3.82E-05	其他制造业	2.47E-05	木材加工业	4.21E-05
其他非金属制造业	3.76E-05	其他非金属制造业	2.23E-05	皮革制鞋业	3.09E-05
其他制造业	3.43E-05	食品业	2.10E-05	其他非金属制造业	2.88E-05
皮革制鞋业	3.37E-05	纺织业	2.06E-05	采矿业	2.62E-05
木材加工业	3.26E-05	皮革制鞋业	2.03E-05	食品业	2.28E-05
食品业	3.17E-05	木材加工业	2.02E-05	纺织业	2.26E-05
采矿业	2.64E-05	采矿业	1.69E-05	其他制造业	1.94E-05
农业	2.05E-05	农业	1.16E-05	农业	1.77E-05

注：由于小数点后面位数较多，采用科学计数法对依赖度进行统计，例如，0.000126表示为1.26E-04，表6和表7遵循一样的原则。

4.“外循环”前向依赖网络的源点分布。表5梳理了中国的焦炭石油冶炼业、电气电子设备制造业、橡胶塑料制品业和化学制品业等4个经济部门对外前向依赖度较高的3条最强依赖路径。不难发现，澳大利亚的采矿业一直是中国焦炭石油冶炼业重要的依赖部门，并且近年来俄罗斯和巴西的采矿业对中国的焦炭石油冶炼发展也至关重要；中国台湾、韩国和日本的电气电子设备制造业为中国的电气电子设备制造业发展提供了重要中间品；中国台湾、韩国、日本的化学制品业也是中国橡胶塑料制品业和化学制品业重要的上游部门。另外，这些最强依赖路径基本都是直接最强依赖路径。

在 2007、2014 和 2021 年这三年，从依赖的经济体看核心源点分布，中国“外循环”前向依赖网络的核心源点主要分布在美国、澳大利亚、韩国、日本、德国、俄罗斯、巴西和中国台湾等经济体；从依赖的经济部门看核心源点分布，中国“外循环”前向依赖网络的核心源点主要分布在澳大利亚、巴西、俄罗斯的采矿业，中国台湾、韩国、日本的电气设备制造业，韩国、中国台湾、日本、美国的化学制品业，巴西、美国的农业及德国的运输设备制造业、机械设备制造业等经济部门（表 6 和表 7）。结合表 5 知，这些部门对中国的焦炭石油冶炼业、电气电子设备制造业、橡胶塑料制品业和化学制品业等 4 个经济部门的发展也至关重要。

表 5：中国“外循环”前向依赖网络的核心依赖路径

源点			终点
2007	2014	2021	
澳大利亚 - 采矿业	澳大利亚 - 采矿业	澳大利亚 - 采矿业	焦炭石油冶炼业
印度 - 采矿业	俄罗斯 - 采矿业	俄罗斯 - 采矿业	
哈萨克斯坦 - 采矿业	巴西 - 采矿业	巴西 - 采矿业	
中国台湾 - 电气电子设备制造业	中国台湾 - 电气电子设备制造业	中国台湾 - 电气电子设备制造业	电气电子设备制造业
韩国 - 电气电子设备制造业	韩国 - 电气电子设备制造业	韩国 - 电气电子设备制造业	
日本 - 电气电子设备制造业	日本 - 电气电子设备制造业	日本 - 电气电子设备制造业	
中国台湾 - 化学制品业	中国台湾 - 化学制品业	美国 - 化学制品业	橡胶塑料制品业
韩国 - 化学制品业	韩国 - 化学制品业	韩国 - 化学制品业	
日本 - 化学制品业	马来西亚 - 橡胶塑料制品业	日本 - 化学制品业	
中国台湾 - 化学制品业	中国台湾 - 化学制品业	澳大利亚 - 采矿业	化学制品业
韩国 - 化学制品业	韩国 - 化学制品业	韩国 - 化学制品业	
日本 - 化学制品业	日本 - 化学制品业	美国 - 化学制品业	

表 6：中国“外循环”前向依赖网络的核心源点（全球经济体）分布

2007		2014		2021	
经济体	依赖度	经济体	依赖度	经济体	依赖度
日本	4.57E-04	韩国	2.39E-04	美国	2.78E-04
中国台湾	4.36E-04	中国台湾	1.89E-04	巴西	2.74E-04
韩国	4.13E-04	澳大利亚	1.79E-04	澳大利亚	2.73E-04
美国	2.37E-04	日本	1.77E-04	韩国	2.35E-04
澳大利亚	1.70E-04	美国	1.26E-04	日本	2.28E-04
德国	1.66E-04	巴西	1.15E-04	俄罗斯	1.93E-04
马来西亚	1.64E-04	德国	9.87E-05	中国台湾	1.89E-04
印度	1.21E-04	马来西亚	7.19E-05	德国	1.22E-04
俄罗斯	1.14E-04	俄罗斯	6.90E-05	印尼	1.04E-04
巴西	1.11E-04	新加坡	5.71E-05	越南	8.16E-05

表 7：中国“外循环”前向依赖网络的核心源点（全球经济部门）分布

2007		2014		2021	
经济体 - 经济部门	依赖度	经济体 - 经济部门	依赖度	经济体 - 经济部门	依赖度
中国台湾 - 化学制品业	2.62E-03	澳大利亚 - 采矿业	2.29E-03	澳大利亚 - 采矿业	3.78E-03
中国台湾 - 电气电子设备制造业	2.54E-03	中国台湾 - 电气电子设备制造业	1.30E-03	巴西 - 采矿业	2.18E-03
韩国 - 化学制品业	2.47E-03	韩国 - 化学制品业	1.26E-03	俄罗斯 - 采矿业	1.99E-03
日本 - 电气电子设备制造业	2.00E-03	韩国 - 电气电子设备制造业	1.19E-03	巴西 - 农业	1.47E-03
韩国 - 电气电子设备制造业	1.87E-03	中国台湾 - 化学制品业	9.58E-04	中国台湾 - 电气电子设备制造业	1.46E-03
日本 - 化学制品业	1.82E-03	巴西 - 农业	7.41E-04	韩国 - 电气电子设备制造业	1.37E-03
澳大利亚 - 采矿业	1.81E-03	俄罗斯 - 采矿业	7.25E-04	美国 - 农业	1.27E-03
印度 - 采矿业	1.32E-03	日本 - 化学制品业	6.79E-04	韩国 - 化学制品业	1.14E-03
美国 - 化学制品业	1.09E-03	日本 - 电气电子设备制造业	6.27E-04	日本 - 电气电子设备制造业	1.14E-03
日本 - 基础金属制品业	9.83E-04	巴西 - 采矿业	5.38E-04	美国 - 化学制品业	8.43E-04
巴西 - 采矿业	6.95E-04	美国 - 农业	4.87E-04	日本 - 化学制品业	8.05E-04
俄罗斯 - 采矿业	6.91E-04	美国 - 化学制品业	4.60E-04	中国台湾 - 化学制品业	6.68E-04
马来西亚 - 橡胶塑料制造业	6.88E-04	日本 - 基础金属制品业	4.06E-04	印度尼西亚 - 采矿业	5.69E-04
德国 - 机械设备制造业	6.40E-04	新加坡 - 化学制品业	3.98E-04	日本 - 基础金属制品业	5.37E-04
美国 - 农业	6.35E-04	德国 - 运输设备制造业	3.65E-04	美国 - 造纸印刷业	5.07E-04
中国台湾 - 基础金属制造业	5.63E-04	德国 - 机械设备制造业	3.61E-04	印度 - 采矿业	4.84E-04
哈萨克斯坦 - 采矿业	5.48E-04	哈萨克斯坦 - 采矿业	2.98E-04	德国 - 运输设备制造业	4.27E-04
马来西亚 - 食品业	5.44E-04	越南 - 电气电子设备制造业	2.82E-04	德国 - 化学制品业	4.06E-04
日本 - 运输设备制造业	5.33E-04	新加坡 - 电气电子设备制造业	2.76E-04	德国 - 电气电子设备制造业	3.79E-04
日本 - 橡胶塑料制品业	5.28E-04	马来西亚 - 机械设备制造业	2.65E-04	德国 - 机械设备制造业	3.49E-04

（二）上游断裂风险传导路径

前文对中国“外循环”前向依赖网络结构特征做了详尽的分析，得出两个主要结论。中国“外循环”前向依赖网络具有“小世界”和“核心——外围”这两大结构特征。这两大结构特征对上游断裂风险传导路径会产生重要影响，具体影响如下。

1. “小世界”网络结构特征。中国经济部门对外的前向依赖以直接依赖为主，在间接依赖情况下，最多经过 4 个中介经济部门对外形成前向依赖。网络的核心中介节点少部分分布在印度、德国、俄罗斯、马来西亚等经济体，主要分布在中国。

上游断裂风险主要以直接方式传导到“内循环”系统，在间接传导方式下，风险主要通过核心中介节点传导扩散到“内循环”系统，最多通过4个中介节点，并且中国的基础金属制品业、农业、木材加工业、化学制品业、焦炭石油冶炼业和采矿业等经济部门首先受到影响并将风险进一步传导到“内循环”系统。

2.“核心——外围”网络结构特征。澳大利亚、巴西、俄罗斯的采矿业，中国台湾、韩国、日本的电气电子设备制造业，韩国、中国台湾、日本、美国的化学制品业，巴西、美国的农业及德国的运输设备制造业、机械设备制造业等经济部门将是中国“外循环”前向依赖网络的核心上游部门。如果这些核心上游部门对下游断供后，对中国经济部门的冲击是无法被替代市场削弱或者抵消，并且中国的焦炭石油冶炼业、电气电子设备制造业、橡胶塑料制品业和化学制品业等经济部门生产受影响最为严重。

（三）稳健性检验

前文研究使用了2007~2021年亚洲开发银行多区域投入产出表（ADB-MRIO）进行测算分析。为了确保本文研究结论不因采用不同数据而发生根本改变，本文首先利用剔除服务业的2000~2014年世界投入产出表进行测算验证。考虑到世界投入产出表中经济体和经济部门范围与亚洲开发银行多区域投入产出表中经济体和经济部门范围不一致这一问题，本文借鉴（张志明等，2022）中稳健性检验方法，利用2017~2021年亚洲开发银行多区域投入产出表5年平均数据进行二次稳健性检验。

本文根据三份数据测算结果对比发现^⑦，有关“外循环”前向依赖网络结构特征方面的宏观结论完全一致，例如，中国“外循环”前向依赖网络具有“小世界”和“核心——外围”结构特征，并且中国经济部门对外的前向依赖以直接依赖为主，在间接依赖情况下，最多通过4个中介节点形成对外的最强依赖等。在对中国“外循环”前向依赖网络的核心中介节点、中国哪些经济部门对外前向依赖度高和核心源点的识别等结论上都具有基本一致性。总体而言，本文通过这两份数据验证了研究结论具有稳健性。

四、结论及建议

基于最强依赖路径视角，本文利用2007~2021年亚洲开发银行多区域投入产出表，以投入产出表中61个经济体共953个经济部门作为中国16个经济部门生产所需中间品的供应部门，构建出由15248条最强依赖路径组成的中国“外循环”前向依赖网络，主要结论如下。中国“外循环”前向依赖网络主要有“小世界”和“核心——外围”两大结构特征。在“小世界”网络结构特征下，上游断裂风险主要以直接方式传导到“内循环”系统，即使是在以间接方式传导到“内循环”系统的情况下，上游断裂风险最多通过4个中介经济部门传导到“内循环”系统，其中，中国的基础金属制品业、农业、木材加工业、化学制品业和焦炭石油冶炼业和采矿业等经济部门最先受到影响并将风险进一步传导到“内循环”系统；在“核心——外

围”结构特征下，当上游断裂风险来自于澳大利亚、巴西、俄罗斯的采矿业，中国台湾、韩国、日本的电气电子设备制造业，韩国、中国台湾、日本、美国的化学制品业，巴西、美国的农业及德国的运输设备制造业、机械设备制造业等经济部门时，中国的焦炭石油冶炼业、电气电子设备制造业、橡胶塑料制品业和化学制品业等经济部门受到的影响将最为严重。

基于研究结论，本部分尝试提出一些利于中国构建“双循环”发展格局和提升产业链安全水平的相关建议。第一，增强产业链上游产品供应，以满足基础产业的生产，打通国内国际“双循环”中供应链堵点，打造具有韧性的全产业链、供应链。中国的基础金属制品业、农业、木材加工业、化学制品业和焦炭石油冶炼业等经济部门作为连接内外“双循环”的核心部门，这些产业的上游部门供应充足是维持“内循环”系统稳定运行的基础。尤其在面对美国频频打压华为等中国高科技企业并对我国实施“科技脱钩”战略情况下，亟需加强化工、计算机电子产品和电气设备等领域的自主创新，提高自主供给能力。第二，深化中国已签署的区域自由贸易协定，培育多方可替代市场，增强中国国际产业链、供应链韧性，保障中国产业链安全。截至2023年5月，中国已签署19个自由贸易协定(FTA)，这19个FTA涵盖26个国家(地区)，11个FTA正在谈判，8个FTA正在研究。中国所签署的FTA覆盖范围仍较为狭窄，中日韩自由贸易协定仍处于初步磋商阶段。亚洲的日本和韩国在中国“外循环”前向依赖网络中承担着核心供应部门角色，尤其韩国和日本的电气电子设备制造业和化学制品业等更是中国生产的重要原材料。维持稳定的中日韩贸易关系对中国经济发展至关重要，中国、日本和韩国等三国贸易政策亟需深入落实到贸易竞争政策、资本流动、区域经济合作等WTO-X条款。

(通讯作者 高录问电子邮箱：gaoluwen1234567@163.com)

注释：

- ① 考虑到在2007~2021年间，塞浦路斯的焦炭石油冶炼业，卢森堡的皮革制鞋业和焦炭石油冶炼业，挪威的皮革制鞋业，瑞典的皮革制鞋业，蒙古国的运输设备制造业，巴基斯坦的焦炭石油冶炼业，斐济群岛的焦炭石油冶炼业和电气电子设备制造业，文莱的皮革制鞋业，不丹的焦炭石油冶炼业和运输设备制造业，柬埔寨的皮革制鞋业和焦炭石油冶炼业，马尔代夫的采矿业、皮革制鞋业、焦炭石油冶炼业、化学制品业、橡胶塑料制品业、机械设备制造业和电气电子设备制造业，新加坡的采矿业，中国香港的采矿业这23个经济部门的产值基本都为0，所以在构建中国“外循环”前向依赖网络时，不考虑这23个经济部门，即中国“外循环”前向依赖网络的依赖路径源点为953个经济部门($61 * 16 - 23 = 953$)。
- ② 对于2000~2014年世界投入产出表数据处理，考虑到在2000~2014年间，塞浦路斯的焦炭石油冶炼业，卢森堡的林业和焦炭石油冶炼业，马耳他的基础医药，俄罗斯的林业、渔业、印刷业、基础医药，金属制品、电气设备和其他运输设备，土耳其的基础医药等12个部门中间品出口到中国的贸易额有零的情况，所以在构建中国“外循环”依赖网络时不考虑这12个经济部门。对于利用2017~2021年亚洲开发银行多区域投入产出表5年平均数据构建中国“外循环”前向依赖网络的处理原则与正文一致。
- ③ 在社会网络理论中，小世界是一类特殊的复杂网络结构，绝大部分节点之间经过少数中介节点就可连接，一般在6个中介节点以内。
- ④ 考虑到中介节点分别在全球62个经济体间和953个全球经济部门间分布，它们的数量具有较大差距，为了尽可能展示中国“外循环”前向依赖网络的结构特征，所以在梳理核心中介节点在全球经济体间和全球经济部门

- 间分布时，列出排名前 10 的经济体和排名前 20 的经济部门，表 6 和表 7 遵循一样的原则。
- ⑤图 4 中 1~16 分别代表农业、采矿业、食品业、纺织业、皮革制鞋业、木材加工业、造纸印刷业、焦炭石油冶炼业、化学制品业、橡胶塑料制品业、其他非金属制造业、基础金属制品业、机械设备制造业、电气电子设备制造业、运输设备制造业和其他制造业。
- ⑥为了具有可比性，表 4 中的依赖度是每个经济部门所有最强路径依赖度的均值。表 6 和表 7 中的依赖度也都是相应所有依赖度的均值，所以会出现对经济体的依赖度小于对某经济部门依赖度，但是对于表 6 和表 7 内部的排序不会产生影响。
- ⑦限于篇幅，具体测算结果并未给出，如读者需要可向作者索要。

参考文献：

- 包群,张志强,2021. 地震的余波：价值链断裂、进口停滞与贸易危机传染[J]. 经济学(季刊)(2):577~596.
- 崔晓敏,熊婉婷,杨盼盼,等,2022. 全球供应链脆弱性测度——基于贸易网络方法的分析[J]. 统计研究(8):38~52.
- 黄群慧,2020. 新冠肺炎疫情对供给侧的影响与应对：短期和长期视角[J]. 经济纵横(5):46~57 + 2.
- 李敬,覃乔亦,刘洋,2023. 入世以来中国经济外循环格局变迁及其应对策略——基于供需结构、全球价值链、国际网络关系的三维视角[J]. 中国软科学(3):16~31.
- 刘林青,闫小斐,杨理斯,等,2021. 国际贸易依赖网络的演化及内生机制研究[J]. 中国工业经济(2):98~116.
- 刘世锦,韩阳,王大伟,2020. 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(5):1~12 + 51 + 263.
- 吕越,邓利静,2023. 着力提升产业链供应链韧性与安全水平——以中国汽车产业链为例的测度及分析[J]. 国际贸易问题(2):1~19.
- 茅锐,张斌,2013. 中国的出口竞争力：事实、原因与变化趋势[J]. 世界经济(12):3~28.
- 汤铎铎,刘学良,倪红福,等,2020. 全球经济大变局、中国潜在增长率与后疫情时期高质量发展[J]. 经济研究(8):4~23.
- 唐遥,陈贞竹,刘柯含,2020. 需求和供给冲击对企业投资以及价值链的影响——基于突发事件的研究[J]. 金融研究(6):40~59.
- 王俊,王聰,2022. 全球化自由贸易区网络关键风险点识别、预警与防范机制[J]. 经济学家(12):57~66.
- 王永贵,高佳,2020. 新冠疫情冲击、经济韧性与中国高质量发展[J]. 经济管理(5):5~17.
- 王直,魏尚进,祝坤福,2015. 总贸易核算法：官方贸易统计与全球价值链的度量[J]. 中国社会科学(9):108~127 + 205~206.
- 徐然,高翔,夏炎,等,2022. “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(8):1993~2001.
- 肖鹏飞,戴艳娟,李洁,2022. 中国经济“双循环”发展格局的产业特征研究：基于对投入产出表的分析[J]. 国际经贸探索(12):19~35.
- 张国峰,陆毅,蒋灵多,2021. 关税冲击与中国进口行为[J]. 金融研究(10):40~58.
- 张友国,孙博文,谢锐,2021. 新冠肺炎疫情的经济影响分解与对策研究[J]. 统计研究(8):68~82.
- 张志明,耿景珠,杨攻研,等,2022. 国际疫情蔓延、全球产业链传导与中国产业链稳定[J]. 国际经贸探索(2):51~65.
- 赵忠秀,杨军,2020. 全球“新冠肺炎”疫情对山东经济与产业链的影响及对策[J]. 经济与管理评论(3):5~10.
- Acemoglu D,2012. The network origins of aggregate fluctuations[J]. Econometrica,80(5):1977~2016.
- Atalay E,2018. Accounting for the sources of macroeconomic tail risks[J]. Economics letter,165(4):65~69.
- Carvalho V M,2010. Aggregate fluctuations and the network structure of intersectoral trade[R]. Universitat pompeu fabra economics working paper.
- Carvalho V M,2014. From micro to macro via production networks[J]. Journal of economic perspectives,28(4):23~48.
- Foerster A,Choi J,Foerster A,2017. The changing input-output network structure of the U. S. economy[J]. Economic review,(07):23~49.
- Inomata S,Hanaka T,2021. A risk analysis on geographical concentration of global supply chain[R]. IDE Discussion paper.

- Kee H L,Tang H W,2016. Domestic value added in exports:theory and firm evidence from China[J]. American economic review,106(6):1402–1436.
- Korniyenko M Y,Pinat M,Dew B,2017. Assessing the fragility of global trade:The impact of localized supply shocks using network analysis[R]. International monetary fund working paper,2017.
- Leontief W,1936. Quantitative input and output relations in the economic system of the united states[J]. Review of economics and statistics,(18):105–125.
- Manova K,Zhang Z,2012. Export prices across firms and destinations[J]. Quarterly journal of economics,127(1):379–436.
- Richard B,Rebecca F,Angelos T,2022. Horses for courses:measuring foreign supply chain exposure[R]. NBER working paper no. 30525.
- Sonis M,Hewings G J D,1998. Economic complexity as network complication:multiprovincial input –output structural path analysis[J]. The annals of regional science,32(8):407–436.
- Xu M,Liang S,2019. Input –Output networks offer new insights of economic structure[J]. Physica A,527(C):121178.

A Study on Structural Characteristics of China’s “External Circulation” Forward Dependence Network and Transmission Path of the Upstream Fracture Risk

GAN Chunhui, GAO Luwen, CAI Jun

Abstract: This paper uses the multi – regional input – output table of Asian Development Bank and Floyd algorithm to construct China’s “external circulation” forward dependence network. The research shows that: firstly, the network has the structural characteristic of “small world”; the upstream fracture risk is mainly transmitted directly to China; China’s basic metal products industry, agriculture, wood processing industry, chemical products industry, coke oil refining industry and mining industry are the core intermediary sectors connecting “dual circulation” which are first affected by the upstream fracture risk and transmit the risk to other sectors in China; secondly, the network has the structural characteristic of “core – periphery”; mining industry of Australia, Brazil and Russia, electrical and electronic equipment manufacturing industry of Chinese Taiwan, South Korea and Japan, chemical products industry of South Korea, Chinese Taiwan, Japan and the United States, agriculture of Brazil and the United States, and transportation and mechanical equipment industry of Germany are the core upstream sectors; the supply of the core upstream sectors is broken and the impact is difficult to be offset by other markets. China’s electrical and electronic equipment manufacturing industry, coke oil refining industry, rubber and plastic products industry and chemical products industry will be severely affected.

Key words: “external circulation” forward dependence network; small world; upstream fracture risk; “dual circulation”; core – periphery

(责任编辑 周 霏)