

供应链安全的定义、测算和国际比较^{*}

郎 昆 赵可金

【内容提要】 供应链安全是一个跨学科研究问题,不同学科对其的定义存在分歧,且缺乏从国家层面的定量研究。本文从国家安全的视角出发,讨论供应链安全的定义和测算框架,提出内向安全、外向安全和系统安全三个维度;使用经合组织贸易增加值数据库、联合国大会投票数据,对各国在1995年至2020年间制造业供应链安全水平进行测算比较。统计分析结果表明,若只考虑经济因素,中国、美国、德国是目前供应链安全水平最高的三个国家,21世纪以来,全球供应链安全体系呈现“东升西降”的格局变化;在加入国际关系因素后,美国超越中国成为全球供应链最安全的国家,表明改善同贸易伙伴的双边关系是提升一国供应链安全水平的有效路径;在模拟联盟因素影响后,本文发现中、美两国供应链的互补性极强,双方互为影响对方国家供应链安全水平的最重要贸易伙伴,维护好中美关系对两国各自供应链安全目标实现至关重要。

【关键词】 供应链安全 国家安全 定量测算 国际比较

【作者简介】 郎昆,清华大学马克思主义学院博士后、助理研究员。

电子邮箱:langkun@tsinghua.edu.cn

赵可金,清华大学社会科学学院教授、博士生导师。

电子邮箱:kejinzha@tsinghua.edu.cn

* 本文系国家社会科学基金重大项目“立足新发展阶段、贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展研究——基于超大经济体供需高水平动态平衡的视角”(项目批准号:22ZDA029)、中国博士后科学基金面上项目“国家安全视角下的供应链安全水平评估与对策研究”(项目批准号:2023M742025)的成果。感谢清华大学范正浩在数据处理上提供的帮助,同时感谢《国际政治科学》匿名审稿人和编辑部提出的宝贵修改建议。文中疏漏由笔者负责。

《国际政治科学》2024年第9卷第4期(总第36期),第108—134页。

Quarterly Journal of International Politics

供应链是指在商品的生产过程中,原材料、产品、资金、信息在生产、流通、消费等各个环节的运转过程。^①二战以后,伴随着运输成本的下降和通讯技术的发展,企业开始在全球范围内进行生产布局,产品内分工逐渐取代产品间贸易成为国际贸易的主要形式,全球供应链由此形成。在全球供应链体系中,一国的企业专注于特定环节的生产活动,为其他国家企业提供零部件等中间产品。^②自20世纪90年代以来,全球供应链贸易蓬勃发展,目前已占到全球贸易比重的50%左右。^③伴随着经济全球化的发展,所有国家都不同程度被卷入一个供应链、产业链和价值链的巨大漩涡之中,随着相互依赖度不断上升,国家安全的概念也拓展到了经济领域,供应链安全应运而生。特别是近年来受公共卫生危机、地缘政治冲突等因素影响,全球供应链体系的敏感性和脆弱性被充分暴露。供应链安全作为一个跨学科的问题,在经济学、政治学和管理学等领域都有对该问题的研究探讨,但对于供应链安全的定义、测算方式、各国供应链安全的现状等基础问题,已有的研究尚未进行有效回应。

本文尝试提出一个分析供应链安全问题的新框架:首先,讨论供应链安全的定义,提出了内向安全、外向安全和系统安全三个维度;其次,聚焦供应链安全面临的客观威胁,提出了供应链安全水平的测算框架;最后,使用经合组织贸易增加值数据库、联合国大会投票数据,对主要国家在1995年至2020年间制造业供应链安全水平及其变化趋势进行测算比较。

一、文献综述

(一) 供应链安全的概念提出及演变

供应链安全的概念从提出至今只有二十年左右的时间,其含义却发生

^① 对外经济贸易大学全球价值链研究院:《后疫情时代的全球供应链革命——迈向智能、韧性的转型之路》,2020年9月,来源:<http://rigvc.uibe.edu.cn/docs/2020-09/20200917103232957970.pdf>,访问时间:2022年9月1日。

^② Li Xin, Bo Meng and Zhi Wang, "Recent Patterns of Global Production and GVC Participation," in *Global Value Chain Development Report 2019*, Washington: World Bank Publications, 2019, p. 10.

^③ The World Bank, *World Development Report 2020: Trading for Development in the Age of Global Value Chains*, Washington: World Bank Publications, 2020, p. 2.

了较大变化。2001年“9·11”恐怖袭击发生后,美国政策界和学术界开始关注并讨论供应链安全问题,并发布了《加强国际供应链安全战略》报告,围绕保障供应链运输安全、防止恐怖主义渗入采取了一系列措施。^①这一时期,对供应链安全的讨论主要局限于物流领域,侧重物流中货物和人员的控制。奥巴马政府时期进一步重视供应链安全议题,并发布《全球供应链安全国家战略》报告,明确提出全球供应链是一项“重要的全球性资产”,美国政府要推动成立稳定、安全、高效、有弹性的供应链系统。^②尽管奥巴马政府将保障全球供应链安全提到了国家战略高度,但当时所讨论的范围仍是企业层面的供应链安全,影响供应链安全的因素也聚焦于自然灾害、犯罪和恐怖袭击等传统风险。

以2016年特朗普当选美国总统为转折点,供应链安全的含义发生了深刻变化。特朗普政府把经济问题政治化,无论是钢铁、汽车进口还是5G通讯技术,都被贴上“国家安全”的标签,导致供应链安全泛化,供应链断供和制裁也成为美国遏制和打击竞争对手的工具。^③拜登政府执政后,虽然尝试重建美国全球领导力,但在供应链安全议题上依然延续了特朗普时代的模式,将供应链与意识形态挂钩,把中国塑造成“对美供应链安全构成首要威胁的国家”,发起“供应链安全审查”,着手推动形成“民主供应链同盟”等新供应链安全策略,主张将中国排除在全球供应链体系之外。^④

近年来,受新冠疫情、俄乌冲突等因素影响,全球供应链体系的敏感性和脆弱性被充分暴露,供应链安全问题受到众多国家的高度关注。例如,韩

^① United States Department of Homeland Security, “Strategy to Enhance International Supply Chain Security,” July 2007, <https://www.dhs.gov/xlibrary/assets/plcy-internationalsupplychainsecuritystrategy.pdf>, 访问时间:2022年9月1日。

^② The White House, “National Strategy for Global Supply Chain Security,” January 23, 2012, https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/national_strategy_for_global_supply_chain_security.pdf, 访问时间:2022年9月1日。

^③ 陈若鸿:《从效率优先到安全优先:美国关键产品全球供应链政策的转变》,载《国际论坛》,2021年第5期,第125—139页。

^④ 李巍、王丽:《拜登政府“供应链韧性”战略探析》,载《当代美国评论》,2022年第2期,第1—24页。

国出台了“海外进军企业的国内回归支援法律”，以促进重点企业的回迁；^①德国颁布了《供应链法》，将环境和人权保护纳入供应链安全的框架；^②日本、印度和澳大利亚还启动了“供应链弹性计划倡议（SCRI）”，打造三国之间的供应链互补关系；^③与此同时，中国领导人也越来越密集地阐述保障供应链安全的战略意义。不难看出，保障供应链安全已经成为各国国家安全的重要组成部分，被摆在内政外交的突出位置。

（二）供应链安全的定义

“安全”作为国际政治学的基础概念之一，长期以来在学界存在广泛的争论，学者通常以“状态”和“能力”或两者结合的方式来定义“安全”。^④例如，阿诺德·沃尔弗斯（Arnold Wolfers）认为安全指对所获得价值客观上不存在威胁，主观上不存在恐惧的状态。^⑤戴维·鲍德温（David Baldwin）认为在讨论安全概念时，需要从安全主体、相关价值、安全程度、威胁种类、应对威胁的方式、应对威胁的代价以及相关时段等方面作出明确说明。^⑥哥本哈根学派的代表人物巴瑞·布赞（Barry Buzan）和奥利·维夫（Ole Wæver）提出了安全化理论，该理论认为安全是基于对威胁的认知与判定而产生的一种“自我指涉的活动”，安全问题的产生也不是客观既定的，很大程度上是在政治选择和社会建构中被认定的。^⑦安全化理论的提出使得对安全问题的研究

① 白政：《韩国产业链供应链政策变化及其影响研究》，载《价格理论与实践》，2022年第1期，第54—60页。

② 商务部：《德国联邦政府推进供应链法》，2021年3月21日，来源：<http://münich.mofcom.gov.cn/article/jmxw/202103/20210303046034.shtml>，访问时间：2022年9月1日。

③ Scott J. Australia, “Japan and India Form Supply Chain Initiative to Counter China,” April 28, 2021, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-04-27/supply-chain-initiative-from-japan-india-australia-under-way>，访问时间：2022年9月1日。

④ 张超、吴白乙：《“泛安全化陷阱”及其跨越》，载《国际展望》，2022年第2期，第19—35页。

⑤ Arnold Wolfers, *Discord and Collaboration: Essays on International Politics*, Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1962, p. 150.

⑥ David A. Baldwin, “The Concept of Security,” *Review of International Studies*, Vol. 23, No. 1, 1997, pp. 5-26.

⑦ Barry Buzan, Ole Wæver and Jaap de Wilde, *Security: A New Framework for Analysis*, Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers, 1998, pp. 23-26.

突破了传统军事斗争范畴,拓展到经济、环境、社会等非传统安全领域。供应链安全就是一类非传统安全,因为供应链原本不是一个安全问题,本质上是基于劳动分工基础上的生产方式问题,之所以被视作安全问题,是安全化的产物。

供应链安全作为一个跨学科的问题,在经济学、管理学和政治学等领域都有对该问题的研究讨论,然而不同学科的学者对供应链安全的定义有明显差异,可以分为以下三类。

第一,经济学学者从生产角度出发,强调供应链中“供应的安全”,他们认为只要一个企业(行业)在生产过程中所需的各种原材料和中间品能够被充足稳定供应,不会出现被“卡脖子”的风险,那么就实现了供应链安全。根据该定义,生产环节供应链越自主可控、脆弱性越低,供应链安全水平越高。马修·艾略特(Matthew Elliott)等将供应链脆弱性定义为供应链负面冲击对企业总产出的影响,对冲击越敏感,供应链网络越脆弱。^①苏庆义把供应链安全定义为本国生产需要的中间品进口减少或销售的中间品减少,甚至存在被切断的可能,在此基础上将一国中间品生产和销售完全独立自主作为供应链安全的理想情形。^②

第二,管理学学者从企业管理的角度出发,强调供应链中“链的安全”,他们将供应链安全定义为供应链系统在受到内部运作和外部突发应急事件等不确定性干扰下,仍然能保持供应链收益和持续性运行功能的能力。^③根据该定义,供应链网络越能有效应对突发事件、韧性越强,供应链安全水平越高。国际标准化组织(ISO)将供应链安全定义为“对供应链遭受损害或破坏的抵抗力”。^④安德鲁·托马斯(Andrew R. Thomas)和塞巴斯蒂安·瓦杜

^① Matthew Elliott, Benjamin Golub and Matthew V. Leduc, “Supply Network Formation and Fragility,” *American Economic Review*, Vol. 112, No. 8, 2022, pp. 2701-47.

^② 苏庆义:《全球供应链安全与效率关系分析》,载《国际政治科学》,2021年第2期,第1—32页。

^③ 黄小原、晏妮娜:《供应链鲁棒性问题的研究进展》,载《管理学报》,2007年第4期,第521—528页。

^④ International Organization for Standardization, “Specification for Security Management Systems for the Supply Chain,” September 2020, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:28000:ed-1:v1:en>, 访问时间:2022年9月1日。

瓦(Sebastian Vaduva)认为供应链安全指供应链可以有效应对且抵御威胁，并能从中断中迅速恢复”。^①

第三,政治学学者从国家安全的角度出发,强调供应链中“关系的安全”,他们认为国家在参与经济全球化的过程中形成了复杂的相互依赖关系网络,供应链安全是一国能对其他国家产生非对称影响的能力。根据该定义,一国在供应链中相对于其他国家的权力越大,其供应链安全水平越高。小约瑟夫·奈(Joseph Nye Jr.)、苏珊·斯特兰奇(Susan Strange)、沃尔特·拉塞尔·米德(Walter Russell Mead)、安妮-玛丽·斯劳特(Anne-Marie Slaughter)、亨利·法雷尔(Henry Farrell)和亚伯拉罕·纽曼(Abraham L. Newman)等学者围绕各国在全球供应链中的权力关系,分别提出了“相互依赖”“结构性权力”“粘性权力”“网络性权力”“武器化相互依赖”等概念,阐述全球供应链中非对称性权力的来源及其对国家安全的影响,在国际关系和国际政治经济学界引发了广泛讨论。^②

由于对供应链安全的定义不一致,阻碍了不同学科间的对话交流,给相关的理论研究和政策讨论带来诸多困扰。^③因此,本文认为有必要讨论供应链安全的定义,厘清不同类型安全之间的关系。

(三) 供应链安全的测算

当前学术界对供应链安全的研究以定性分析为主,尽管也有少量的定量研究,但往往只关注供应链安全的某一或某几方面,缺乏从国家层面对供

^① Andrew R. Thomas and Sebastian Vaduva, *Global Supply Chain Security*, New York: Springer-Verlag, 2016, p. 1.

^② Susan Strange, *States and Markets*, London: Bloomsbury Publishing, 2015, p. 47; Walter Russell Mead, “America’s Sticky Power,” *Foreign Policy*, Vol. 141, 2004, pp. 46-53; Anne-Marie Slaughter, “America’s Edge: Power in the Networked Century,” *Foreign Affairs*, 2009, pp. 94-113; Henry Farrell and Abraham L. Newman, “Weaponized Interdependence: How Global Economic Networks Shape State Coercion,” *International Security*, Vol. 44, No. 1, 2019, pp. 42-79; 罗伯特·基欧汉、约瑟夫·奈著,门洪华译:《权力与相互依赖》,北京大学出版社2012年版,第11页。

^③ 赵可金、郎昆:《中美竞争下的供应链安全研究》,载《东北亚论坛》,2022年第2期,第19—39页。

应链安全水平的系统测算。相关的定量测算研究主要有以下三类。

第一类研究使用国际贸易数据,测算行业和产品层面的供应链脆弱性。代表性的研究包括:崔晓敏等使用2017—2020年UN Comtrade全球贸易产品数据、中国海关进出口数据和美国双边贸易数据,从全球—产品层面和国家—产品层面构建了供应链脆弱性度量指标;^①莫家伟等使用2012—2016年中国海关进出口数据,使用产品进口的复杂性(平均进口依赖度)和多样性(平均采购国家数),构造了投入品脆弱性的测算框架。^②

第二类研究使用全球投入产出数据,测算国家层面的供应链影响力和安全度。代表性的研究包括:庞珣和何晴倩使用1990—2015年UNCTAD-Eora跨国投入产出表数据,测量了各国在全球价值链网络中的结构性权力演变;^③姚枝仲和毛日昇使用1996—2016年经合组织贸易增加值数据库和UN Comtrade全球贸易产品数据,从贸易规模和贸易利益两个维度,构造了贸易强国指数,衡量各国的贸易竞争力及其演变;^④苏庆义使用2000—2014年WIOD世界投入产出数据和中国与大国关系数据库,综合考虑了经济和政治两个维度的影响,构造了供应链风险指标。^⑤

第三类研究使用网络建模分析方法,模拟测算供应链网络的韧性和风险传播机制。代表性的研究包括:张怡和赵志刚等基于复杂网络理论,构造了供应链网络演化模型,并仿真模拟了供应链受到随机攻击和选择攻击两

① 崔晓敏、熊婉婷、杨盼盼、徐奇渊:《全球供应链脆弱性测度——基于贸易网络方法的分析》,载《统计研究》,2022年第8期,第38—52页。

② Mo, Jiawei, Dongxiao Qiu and Songhong Zhang, "International Sourcing Fragility and Export Performance: Measurement and Evidence from COVID-19 Pandemic," International Conference on Us-China Trade Disputes and Rearchitecture in Globalization, Beijing, China, 2022.

③ 庞珣、何晴倩:《全球价值链中的结构性权力与国际格局演变》,载《中国社会学》,2021年第9期,第26—46页。

④ 姚枝仲:《贸易强国的测度:理论与方法》,载《世界经济》,2019年第10期,第3—22页;毛日昇:《贸易强国指数的跨国经验分析》,载《世界经济》,2019年第10期,第23—48页。

⑤ 苏庆义:《全球供应链安全与效率关系分析》,载《国际政治科学》,2021年第2期,第1—32页。

种情形下供应链性能损失程度,测量供应链网络鲁棒性;^①王灿和朱建军基于贝叶斯网络模型,构建了考虑风险因素内在联动的供应链风险网络,探讨复杂产品研制供应链风险缓解策略的最优选择;^②吕波等参考病毒在社会网络中传播的研究,构建了 SIR-SCR 模型,对风险在供应链网络中的传导机制进行仿真模拟,考察防范供应链风险的路径。^③

由于缺乏对国家层面供应链安全水平的系统测算,导致当前对相关问题的讨论缺乏客观标准,催生了泛化供应链安全的倾向。具体表现为部分国家为了达成特定的目标,主观制造并人为夸大威胁,将凡是涉及国际分工合作的领域都纳入供应链安全的范畴,进行政治动员,导致供应链安全问题无处不在。^④

二、供应链安全的定义

供应链安全并没有单一的定义,在不同的情境下往往呈现不同形式。例如,倘若一个国家在经济上完全独立自主,不参与全球供应链分工,那么他将不受任何全球供应链风险和波动的影响,这是供应链安全的一种形式(参见图 1(a));再者,如果一个国家虽然参与了全球生产分工,但处于供应链网络的中心节点位置,在供应链系统中拥有远超其他参与者的影响力和风险分散度,那么也可以认为这个国家供应链安全水平较高(参见图 1(b));同样,如果在一个供应链系统中所有国家都与其他任意国家之间有直接的贸易合作往来,形成一个深度融合、高度分散的供应链网络,那么任何一个局部的风险都会被相邻的网络替代吸收,整个供应链系统高度稳定,这也是

^① 张怡、熊杰、冯春:《基于复杂网络的供应链网络鲁棒性分析》,载《计算机仿真》,2012 年第 11 期,第 370—373 页;赵志刚、周根贵、李虎雄:《复杂加权供应链网络攻击策略和鲁棒性研究》,载《计算机科学》,2019 年第 8 期,第 138—144 页。

^② 王灿、朱建军:《基于贝叶斯网络的复杂产品研制供应链风险缓解策略优选》,载《工业工程与管理》,2020 年第 1 期,第 1—8 页。

^③ 吕波、韩健、凡新凯:《新技术革命背景下基于 SIR-SCR 模型的供应链风险传导新机理研究》,载《科技管理研究》,2020 年第 5 期,第 199—206 页。

^④ 余潇枫、谢贵平:《“选择性”再建构:安全化理论的新拓展》,载《世界经济与政治》,2015 年第 9 期,第 104—121 页。

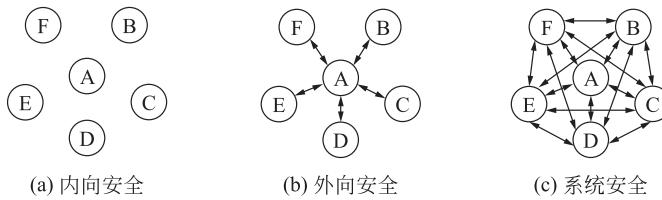


图1 不同形式的供应链安全示意图

资料来源：作者自制。

一类供应链安全(参见图1(c))。上述三种情况虽然都实现了供应链安全，但由于对于安全概念的定义差异，相应地，供应链网络的呈现形态、各国的参与方式、安全的实现路径也截然不同，而已有研究很少关注这种差异，因此有必要对供应链安全的定义进行系统讨论。

本文认为供应链安全本质上是一个国家安全问题，其产生的背景是各国在参与全球供应链分工过程中，国家的主权边界和权力基础被重构，从而导致了国家安全范畴的拓展。^①基于图1中供应链安全的三种形式，结合经济学、政治学、管理学的相关研究，本文将供应链安全定义为涉及一国在参与全球供应链体系中所面临的内向安全、外向安全和系统安全三个维度。具体来讲，供应链安全既意味着一国能有效抵御外界的风险冲击(内向安全)，也意味着在供应链系统中具有较强的影响力(外向安全)，此外，作为一个整体的全球供应链具有自我维持和有序运行的韧性与适应性，不会发生系统性的溃败(系统安全)。

第一，内向安全，指一国供应链抵御外部冲击的能力。只要一国参与全球供应链分工，无论参与程度和参与方式为何，不管进口还是出口，都不可避免地受到供应链外部冲击的影响。衡量供应链内向安全主要有两个维度，即敏感性(sensitivity)和脆弱性(vulnerability)。敏感性指供应链受外部冲击影响的敏感程度，可以用进口或出口的依赖度来衡量。脆弱性指外部冲击造成本国供应链的损失程度，可以用进口或出口的多元化程度来衡量。总的来说，对外依赖度越低、多元化程度越高的国家其内向安全水平越高，

^① 刘雪莲：《关于经济全球化背景下国家主权实质的认识》，载《政治学研究》，2004年第2期，第53—60页。

越不容易受到全球供应链风险的影响。因此,提升供应链内向安全水平的路径主要有两条:其一,提高国内供应链的自主程度,减少对进口和出口的依赖;其二,拓展多元化、分散化的供应链网络,减少对特定国家的依赖,保证在面临外部供应链中断时有可替代性的解决方案。

第二,外向安全,指一国通过供应链对他国施加影响的能力。在全球供应链的过程中,国与国之间形成了复杂的相互依赖关系,而非对称的相互依赖又成为一种国家权力的来源。外向安全就是在这种互动和比较中产生的,衡量一国在全球供应链中的相对影响力。从这个意义上讲,结构性权力与外向安全是两个紧密联系的概念,前者是后者的基础,后者是前者的表现。在现实中,处于供应链网络中心节点位置的国家往往拥有更大的结构性权力,能通过供应链对其贸易伙伴产生重要影响。在极端情况下,中心国家甚至能以断供来威胁边缘国家,以实现其政治目标,从而获得一种非对称权力,拥有更高的外向安全水平。因此,提升供应链外向安全水平的路径主要有两条:其一,提升本国在供应链网络中的中心性,从而获得更大的影响力;其二,降低其他国家在供应链网络中的中心性,从而提高本国的相对影响力。

第三,系统安全,指整个供应链系统应对外部冲击和维持内部稳定的能力。系统安全衡量了全球供应链的整体安全水平,而并非针对个体国家。系统安全包含两个方面:其一,应对外部冲击能力,指面对新冠疫情等突发情况,全球供应链体系能否有效应对、迅速恢复;其二,维持内部稳定的能力,指全球供应链体系能否有效化解成员之间的冲突,维持系统长期稳定运转。影响系统安全的因素有很多,包括但不限于冲击发生的概率及强度、供应链的网络结构韧性等。

内向安全、外向安全和系统安全,三者既各自独立又相互作用影响,反映了供应链安全的不同维度(图2)。在政策实践中,不同语境下对供应链安全概念的侧重点有所不同;同样的政策,对不同维度供应链安全的影响也可能很复杂的。例如,一国减少对全球供应链体系的依赖程度,可以提升本国的内向安全水平,但同时也可能损失本国在全球供应链体系中的影响力,导致外向安全水平的降低;再如,一国在提升自身供应链的全球影响力时,往往会影响其他国家的外向安全水平,这种外部性影响很可能导致国家间的

不满,阻碍了供应链系统的内部稳定,降低了系统安全水平。因此,在进行学术研究和政策讨论时,应当关注到供应链安全定义的不同维度。

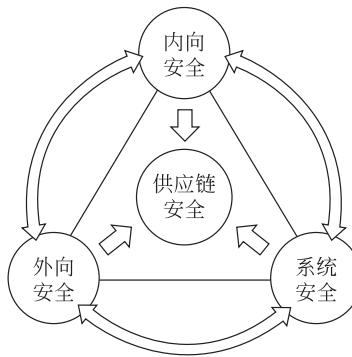


图2 供应链安全的定义示意图

资料来源:作者自制。

三、供应链安全的测算框架

基于供应链安全定义的三个维度,本文尝试提出一个对内向安全水平、外向安全水平和系统安全水平的测算框架。测算供应链安全是一个学术难题,因为安全同时受到客观和主观两方面因素影响,即使一国供应链面临的客观威胁水平可以用定量手段测算,但该国对威胁的主观感知是难以量化的。然而,本文认为有必要对供应链安全的客观威胁水平进行定量测算,否则如果一味强调对威胁主观感知的重要性,便会使相关问题研究和讨论缺乏客观的评判标准。本文的测算框架仅聚焦于供应链安全面临的客观威胁,具体而言,使用经合组织贸易增加值数据库、联合国大会投票数据,样本涵盖了76个主要国家和经济体1995—2020年间17个制造业行业。

(一) 影响因素与数据来源

基于供应链安全的定义,本文认为供应链安全本质上是全球化生产分工所带来的权力问题,而这个权力的基础就是国家间的相互依赖。具体来说,各国在参与全球供应链的过程中,形成了一张无形的相互依赖关系网

络,在网络中处于不同节点位置的国家其内向安全、外向安全水平各异,相互依赖的网络结构同时也影响着其系统安全水平。因此,讨论供应链安全的影响因素本质上就是在讨论什么因素影响国家间的相互依赖关系。本文认为影响一国供应链安全水平的因素主要有以下三个,即经济因素、政治因素、行业因素。

第一,经济因素是影响供应链安全的基础性因素。供应链的本质就是全球化生产分工,表现为国家间的中间品贸易往来,而这种贸易往来导致了国家间的相互依赖关系,构成了供应链安全的基础。需要强调的是,这种相互依赖关系往往是双向的,例如,当 A 国从 B 国进口某种中间品时,A 国就面临对 B 国生产采购的依赖,与此同时,B 国也产生了对 A 国消费市场的依赖。为了刻画这种经济相互依赖关系,学术界主流的做法是构造各国中间品贸易的有向加权网络模型(directed-weighted network)。^①其中,每个节点代表一个国家,节点间的连线代表国家间的中间品贸易往来。经合组织贸易增加值数据库提供了 1995—2020 年间 76 个主要国家和经济体、45 个行业之间的中间品贸易数据,是目前研究全球供应链所广泛使用的数据库。^②本文使用经合组织贸易增加值数据库中国家 i 出口到国家 j 中间品增加值 x_{ij} 作为两国相互依赖程度的代理变量,构造了纯经济因素影响下的相互依赖网络,据此测算各国基准情形下的供应链安全水平。两国中间品贸易往来量越大,节点间边的权重越大,相互依赖程度就越高。

第二,政治因素是影响供应链安全的决定性因素。如果只考虑经济因素,本质上就假设了不论同对方国家的政治关系如何,一国只要从国外进口或出口中间品都会面临同样概率和强度的供应链风险。纯经济因素下的供应链安全在解释新冠疫情、宏观经济波动等外生冲击对本国影响时具有较

^① 庞珣、何晴倩:《全球价值链中的结构性权力与国际格局演变》,载《中国社会科学》,2021 年第 9 期,第 26—46 页;黄祖南、郑正喜:《复杂产业网络度中心性研究》,载《统计研究》,2021 年第 5 期,第 147—160 页。

^② OECD, “OECD Statistics on Trade in Value Added,” OECD Statistics on Trade in Value Added (database), September 1, 2022, <https://doi.org/10.1787/data-00648-en>, 访问时间:2022 年 9 月 1 日。

强的解释力,但不易于解释全球政治格局演变对供应链安全的影响。因为安全本质上来源于对威胁发生概率的感知,以美国为例,从其盟国进口中间品显然比依赖竞争对手要承担更低的供应链风险。因此,本文在测算供应链安全水平时同样强调政治因素的影响。具体来说,本文基于全球中间品贸易网络模型,在投入产出表中国家 i 出口到国家 j 中间品增加值 x_{ij} 的基础上,增加了两国的国际政治关系 politics_{ij} 权重,即将国家 i 出口到国家 j 政治加权中间品增加值定义为 $x_{ij}^* = x_{ij} \times \text{politics}_{ij}$,从而构造了纳入政治因素后的相互依赖网络,据此测算同时考虑经济和政治因素的各国供应链安全水平。其中,国际政治关系指标 politics_{ij} 构造参考了迈克尔·贝利 (Michael A. Bailey)等人的研究,使用联合国大会投票数据测算出各国投票理想点 (ideal point),将国家之间理想点距离作为国际政治关系的代理变量。^①两国的投票理想点距离越小,代表两国政治偏好更接近,影响两国供应链安全的政治风险越小。

第三,行业因素同样影响着供应链安全。由于各国要素禀赋、技术水平和产业结构的差异,不同行业的供应链安全水平也有明显差异。因此,除了考察一国总体供应链安全水平,也要关注其行业的异质性。具体来说,本文在上述同时考虑经济和政治因素测算方式的基础上,分别计算比较了各国在 17 个制造业行业内的供应链安全水平。

总之,经济、政治、行业这三个因素共同作用影响一国的供应链安全水平。为了分别观察比较不同因素的影响,本文首先提出纯经济因素下的供应链安全水平测算框架,进而以此为基础,先后引入政治因素和行业因素,分析不同因素对供应链安全水平的影响。为了避免离群值对结果的影响,本文对主要变量进行了前后 0.5% 的缩尾处理,主要变量的描述性统计分析见表 1。

^① Michael A. Bailey, Anton Strezhnev and Erik Voeten, “Estimating Dynamic State Preferences From United Nations Voting Data,” *Journal of Conflict Resolution*, Vol. 61, No. 2, 2017, pp. 430-456; 庞珣、王帅:《中美对外援助的国际政治意义——以联合国大会投票为例》,载《中国社会科学》,2017 年第 3 期,第 181—203 页。

表 1 变量的描述性统计分析

变量	变量定义	观测值	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
中间品贸易量 x_{ij}	i 国出口到 j 国 中间品增加值	44550506	0.789	4.669	0	0.007	52.574
国际政治关系 $politics_{ij}$	i 国和 j 国联合 国大会投票理 想点距离 +1	40790616	2.052	0.815	1	1.970	4.574

(二) 测算方法

基于对供应链安全的定义和影响因素分析,参考经济学的国际贸易理论、政治学的结构性权力理论、管理学的供应链管理理论等相关研究,本文尝试提出对内向安全度、外向安全度和系统安全度的测算方法。

1. 内向安全度的测算

内向安全度衡量一国在全球供应链体系中的敏感性和脆弱性。本文参考了苏庆义、崔晓敏等的研究,使用中间品进口(出口)的依赖度作为敏感性的测度指标,使用中间品进口(出口)的集中度作为脆弱性的测度指标,进而构造内向安全度的测算方法。^①

纯经济因素下的内向安全度测算方式,其具体测算过程如下。假设国家 c 使用的中间品来自国家 i 进口的部分为 x_{ic} ,且假设供应链中一共有 N 个国家。那么,国家 c 的供应链进口依赖度 $DI^{im}(c)$ 可以表示为该国使用的

中间品中从国外进口的份额,即 $DI^{im}(c) = \frac{\sum_{i=1, i \neq c}^N x_{ic}}{\sum_{i=1}^N x_{ic}}$, 该指数介于 0 到 1 之间,数值越大代表供应链进口依赖度越高、风险越大。赫芬达尔—赫希曼指数(HHI)是国际经济学中计算产业集中度的常用指标,本文将国家 c 的供

^① 苏庆义:《全球供应链安全与效率关系分析》,载《国际政治科学》,2021 年第 2 期,第 1—32 页;崔晓敏、熊婉婷、杨盼盼、徐奇渊:《全球供应链脆弱性测度——基于贸易网络方法的分析》,载《统计研究》,2022 年第 8 期,第 38—52 页。

应链进口集中度 $HHI^{im}(c)$ 表示为各国占本国所有进口中间品的份额的平方

和, 即 $HHI^{im}(c) = \sum_{j=1, j \neq c}^N \left(\frac{x_{jc}}{\sum_{i=1, i \neq c}^N x_{ic}} \right)^2$, 该指数介于 $1/N$ 和 1 之间, 数值越大

代表供应链进口集中度越高、风险越大。相同方法, 可以构造一国供应链出

口依赖度 $DI^{ex}(c)$ 、出口集中度 $HHI^{ex}(c)$ 表达式: $DI^{ex}(c) = \frac{\sum_{i=1, i \neq c}^N x_{ci}}{\sum_{i=1}^N x_{ci}}$,

$HHI^{ex}(c) = \sum_{j=1, j \neq c}^N \left(\frac{x_{cj}}{\sum_{i=1, i \neq c}^N x_{ci}} \right)^2$ 。综上, 国家 c 的供应链进口内向安全度

$IS^{im}(c)$ 可以表示为供应链进口依赖度 $DI^{im}(c)$ 和进口集中度 $HHI^{im}(c)$ 几何平均数的倒数并取自然对数, 即 $IS^{im}(c) = \ln \left(\frac{1}{\sqrt{DI^{im}(c) \cdot HHI^{im}(c)}} \right)$, 该指

标衡量了一国应对全球供应链中间品供给冲击的能力。同理, 可以得到该国

出口内向安全度 $IS^{ex}(c)$ 的表达式, $IS^{ex}(c) = \ln \left(\frac{1}{\sqrt{DI^{ex}(c) \cdot HHI^{ex}(c)}} \right)$ 。最后,

综合进口侧和出口侧的结果, 得到国家 c 内向安全度 $IS(c)$ 的表达式为:

$$IS(c) = \sqrt{IS^{im}(c) \cdot IS^{ex}(c)} \quad (1)$$

上述测算方式只考虑了经济因素对供应链内向安全度的影响, 以此为基准情形, 本文进一步给出考虑政治和行业因素的测算方式。当纳入政治因素时, 需要将基准测算方式中所使用的国家 i 出口到国家 j 中间品增加值数据 x_{ij} , 乘上两国的国际政治关系 $politics_{ij}$ 权重, 把新构造的政治加权中间品增加值数据 $x_{ij}^* = x_{ij} \times politics_{ij}$ 代入式(1)求解, 即可得到同时包含经济、政治因素的内向安全度。最后, 在考虑行业因素时, 只需将上述测算中使用的 x_{ic}^* 替换为国家 c 在 b 行业使用的中间品来自国家 i 进口的部分 x_{ic}^b , 重新代入式(1), 即可得到国家 c 在 b 行业的供应链内向安全度 $IS(c)^b$ 。

2. 外向安全度的测算

外向安全度衡量一国在全球供应链体系中的相对影响力。本文参考了

庞珣、黄祖南、姚枝仲等的研究,将各国中间品贸易的有向加权网络中的节点度中心性(degree centrality)作为不同国家在全球供应链体系中影响力的测度指标,进而构造外向安全度的测算方法。^①

纯经济因素下的外向安全度测算方式,其具体测算过程如下。首先,对某一个产业或者国家整体的中间品贸易情况构造有向加权网络模型,其中每个节点代表一个国家,节点间的连线代表国家间的中间品贸易往来,相邻节点间边的权重 w_{ic} 定义为从国家 i 出口到国家 c 的中间品 x_{ic} 占全球中间

品贸易总量的比重,即 $w_{ic} = \frac{x_{ic}}{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1, i \neq j}^N x_{ij}}$ 。接着,参考托尔·奥普萨尔

(Tore Opsahl)等的方法,本文将节点在网络中的度中心性 $DC(c)$ 定义为其相邻节点个数 k_c 和连边的权重之和 $\sum w_{ic}$ 的几何平均数,其中,相邻节点个数越多意味着该节点越可能被包含在更多的局部网络结构中,对整体网络的影响更大,边的权重之和越大意味着该节点越容易影响到周围的节

点。^②由此,国家 c 的进口度中心性可以表示为 $DC^{im}(c) = \sqrt{k_c^{im} \cdot \sum_{j=1, j \neq c}^N w_{jc}}$,

出口度中心性可以表示为 $DC^{ex}(c) = \sqrt{k_c^{ex} \cdot \sum_{j=1, j \neq c}^N w_{cj}}$ 。进一步,考虑到外向安全度衡量了一国在全球供应链体系中的相对影响力,因此将国家 c 的进口外向安全度 $OS^{im}(c)$ 表示为该国进口度中心性 $DC^{im}(c)$ 和所有国家进口度

中心性均值的比例,即 $OS^{im}(c) = \frac{N \cdot DC^{im}(c)}{\sum_{j=1}^N DC^{im}(j)}$ 。同理,该国的出口外向安

^① 庞珣、何晴倩:《全球价值链中的结构性权力与国际格局演变》,载《中国社会科学》,2021年第9期,第26—46页;黄祖南、郑正喜:《复杂产业网络度中心性研究》,载《统计研究》,2021年第5期,第147—160页;姚枝仲:《贸易强国的测度:理论与方法》,载《世界经济》,2019年第10期,第3—22页;毛日昇:《贸易强国指数的跨国经验分析》,载《世界经济》,2019年第10期,第23—48页。

^② Tore Opsahl, Filip Agneessens and John Skvoretz, “Node Centrality in Weighted Networks: Generalizing Degree and Shortest Paths,” *Social Networks*, Vol. 32, No. 3, 2010, pp. 245-251.

全度可以表示为 $OS^{ex}(c) = \frac{N \cdot DC^{ex}(c)}{\sum_{j=1}^N DC^{ex}(j)}$ 。最后,参考有向加权网络的处理方式^①,综合进口侧和出口侧的结果,得到国家 c 外向安全度 $OS(c)$ 的表达式为:

$$OS(c) = \sqrt[3]{OS^{im}(c) \cdot OS^{ex}(c) \cdot \frac{OS^{im}(c) + OS^{ex}(c)}{2}} \quad (2)$$

式(2)给出了纯经济因素下的供应链外向安全度的测算方式,以此为基准情形,本文进一步引入政治和行业因素。与测算内向安全度时的处理方式类似,在基准测算方式中所使用的国家 i 出口到国家 j 中间品增加值数据 x_{ij} 加入国际政治关系 $politics_{ij}$ 权重,重新代入式(2),此时得到的外向安全度就同时考虑了经济、政治因素。最后,将国家整体的中间品贸易数据替换为特定行业的数据,便可得到行业层面的供应链外向安全度。

3. 系统安全度的测算

系统安全度衡量整个供应链系统应对外部冲击和维持内部稳定的能力,是对整个供应链系统的测度,并非针对特定国家。本文参考了张怡、柳虹、赵志刚、米歇尔·贝林格里(Michele Bellingeri)等的研究,使用复杂网络分析方法,模拟供应链受到的不同强度冲击,并测算该冲击给整个供应链网络带来的性能损失程度,进而构造系统安全度的测算方法。^②

纯经济因素下的系统安全度测算方式,其具体测算过程如下。首先,根据全球中间品贸易数据,构造相互依赖加权网络模型,其中每个节点代表一个国家,节点间的连线代表国家间的相互依赖,相邻节点间边的权重 w_{ij} 定义为从国家 i 与国家 j 的中间品贸易额占全球中间品贸易总量的比重:

① 赵构恒、贾鹏、周安民:《有向加权网络中的改进度中心性》,载《计算机应用》,2020年第S1期,第141—145页。

② 张怡、熊杰、冯春:《基于复杂网络的供应链网络鲁棒性分析》,载《计算机仿真》,2012年第11期,第370—373页;柳虹、周根贵、傅培华、毛国红:《基于供应链网络的传递攻击策略研究》,载《计算机科学》,2013年第7期,第98—101页;赵志刚、周根贵、李虎雄:《复杂加权供应链网络攻击策略和鲁棒性研究》,载《计算机科学》,2019年第8期,第138—144页;Michele Bellingeri and Davide Cassi, "Robustness of Weighted Networks," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 489, 2018, pp. 47-55.

$w_{ij} = \frac{x_{ij} + x_{ji}}{\sum_{k=1}^N \sum_{i=1, i \neq k}^N x_{ik}}$ 。接着,参考复杂网络分析文献中的常用做法,使用网络

效率、最大连通子图作为供应链网络性能的测度指标。进一步,使用 MATLAB 软件模拟供应链受到随机攻击的情形,并测算不同类型和强度的攻击对供应链网络性能的影响,进而构造供应链系统安全度指标。具体而言,通过随机删除网络模型中的 x 比例的节点或边, $0 \leq x \leq 1$, 并将此时的网络性能指标(网络效率 $E(x)$ 、最大连通子图 $C(x)$)同未受攻击的初始值 (E_0, C_0) 相比较,得到供应链相对表现指数 $RPI(x)$ 。供应链相对表现指数 $RPI(x)$ 介于 0 到 1 之间,该指数越大,反映供应链网络受到随机攻击后初始性能的保持能力越强。为解决单次模拟的随机误差问题,在计算相对表现指标 $RPI(x)$ 时采用 50 次模拟结果求平均的方法。最后,假设供应链所面临的不同强度攻击会等概率发生,据此可以得到随机攻击情形下的期望相对表现指数 $E(RPI)$,作为系统安全度的代理变量,表达式为: $E(RPI) = \int_{x=0}^1 RPI(x) dx$ 。

该指数介于 0 到 1 之间,指数越大代表供应链的系统安全度越高。

以此为基准情形,本文进一步引入政治和行业因素。与测算内向安全度和外向安全度的处理方式类似,在基准测算方式中所使用的国家 i 出口到国家 j 中间品增加值数据 x_{ij} 加入国际政治关系 $politics_{ij}$ 权重,重新构造相互依赖加权网络模型,此时计算得到的系统安全度就同时考虑了经济和政治因素。最后,将国家整体的中间品贸易数据替换为特定行业的数据,便可得到行业层面的供应链系统安全度。

四、供应链安全的国际比较

基于对供应链安全的测算框架,本文进一步使用经合组织贸易增加值数据库、联合国大会投票数据,对 1995—2020 年间 76 个主要国家和经济体制造业的供应链安全水平及其演变进行测算比较。本部分先以纯经济因素下的制造业供应链安全水平作为基准测算结果;进而加入国际政治因素,改进供应链安全水平的测算方式;最后对不同行业内的供应链安全水平进行测算比较。

(一) 纯经济因素的供应链安全

首先,本文计算了2020年全球人口超过1000万人的48个主要国家制造业的内向安全、外向安全水平。图3展示了主要国家供应链安全水平分布,有以下几个主要发现。第一,只考虑经济因素,中国是当前全球供应链安全水平最高的国家,无论是内向安全水平还是外向安全水平都高于同时期的其他国家,表明中国制造业自给自足能力较强,不但自身能有效应对全球供应链的外部冲击,而且能够通过供应链对其他国家产生重要影响。第二,从国际比较来看,各国供应链安全水平的分化较为明显,通常只有少数几个中心国家对全球供应链安全产生重要影响,大部分国家则位于边缘位置。本文的测算结果表明,中国、美国、德国依次是当前全球供应链安全水平最高的三个国家,这三国不仅分别是亚洲、美洲和欧洲最大的经济体,也是区域内跨国供应链合作的中心国家,三国的货物贸易进出口额占全球的30%左右,能够对全球供应链体系产生关键影响。^①第三,尽管内向安全和外向安全衡量一国供应链安全水平的两个不同维度,但从各国的测算结果来看,两者数值高度正相关,几乎找不到一个内向安全度低且外向安全度高的国家,表明了那些能对全球供应链产生重要影响的国家往往其自身的自给自足能力也较强。

其次,本文对中国、美国、德国三个主要国家在1995年至2020年间供应链安全水平的演变趋势进行测算比较,结果如图4所示。可以发现,在过去20多年间全球供应链安全格局发生了深刻变化,中国在供应链系统中的重要性大幅上升,美国的相对优势却在不断下降,德国则长期保持相对稳定水平。20世纪末,美国是全球供应链的中心,长期以来维持着以“美国—德国—东亚四小龙”为核心的全球供应链体系,这一时期尽管中国的供应链对外依赖度较低、内向安全水平较高,但外向安全水平较低、对全球供应链体系影响力有限。伴随着中国入世并逐步参与全球供应链分工,初期中国经济的对外依赖度有小幅上升,表现为1995年至2005年内向安全度的下降。

^① 商务部国际贸易经济合作研究院:《2018年世界主要经济体货物贸易统计摘要》,2019年9月,来源:<https://www.caitec.org.cn/upfiles/file/2020/0/20200119101614285.pdf>,访问时间:2022年9月1日。

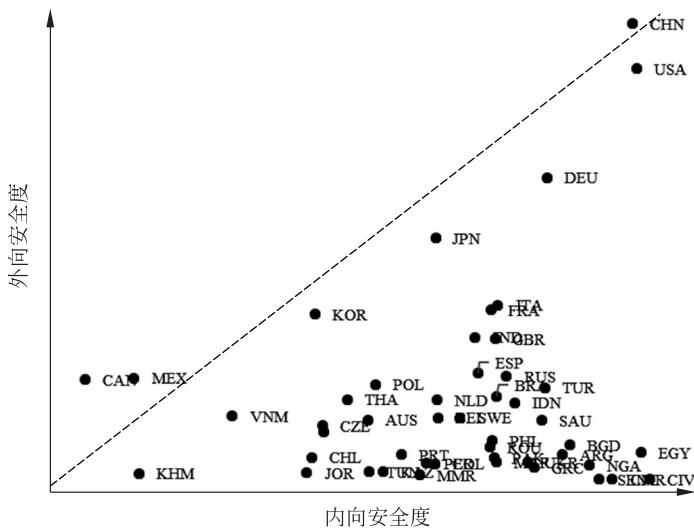


图 3 主要国家供应链安全水平分布(2020 年)

资料来源:经合组织贸易增加值数据库,作者测算。

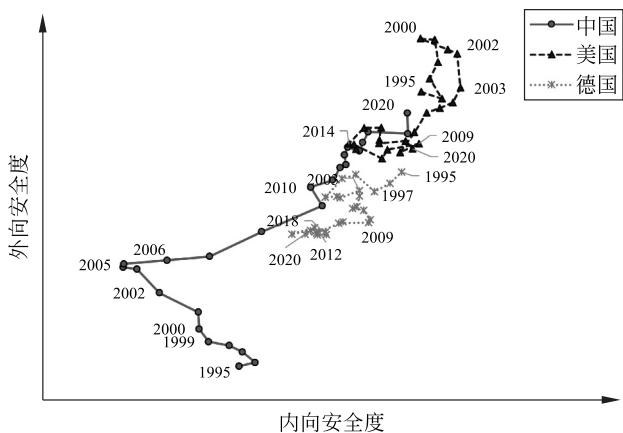


图 4 中、美、德三国供应链安全水平演变(1995—2020 年)

资料来源:经合组织贸易增加值数据库,作者测算。

然而,随着时间的推移,中国国内产业体系不断升级完善,国际竞争力日益提高,相关产业的对外依赖程度也随之开始下降,自 2005 年起中国的内向安全度和外向安全度就长期保持同步上升趋势,到 2018 年中国的供应链安全水平开始超越美国,稳定成为全球供应链安全水平最高的国家。美国方面,

自2000年开始,美国供应链的外向安全度水平呈持续下降趋势,对全球供应链体系的影响力不断下滑,这和美国金融市场的持续繁荣和长期“去工业化”趋势是一致的。直到2008年全球金融危机后,美国政府和企业才开始反思过度金融化的后果,并采取一系列措施推动“再工业化”,着手重塑美国制造业的竞争优势,这一时期美国供应链的外向安全度才开始维持在相对稳定水平,甚至有小幅上升。与中、美两国形成鲜明对照,德国的供应链安全水平整体上处于较为稳定水平,这和德国长期以来坚持“工业立国”的原则以及政府重视培养本国制造业竞争优势等做法密不可分。

最后,本文对1995年至2020年间全球制造业供应链系统安全水平进行测算,结果如图5所示。可以划分为以下三个阶段:第一阶段是1995年至2000年,这一时期受墨西哥金融危机、亚洲金融危机的冲击,国际经济合作的不确定性上升,导致全球制造业供应链系统安全水平的显著降低。第二阶段是从2000年至2012年,这一时期伴随着全球化的不断深入,特别是中国入世并逐步融入全球生产分工体系,国家之间形成了一张日益紧密的相互依赖关系网络,风险分散度和网络韧性不断提高,表现为这一时期全球供应链的系统安全水平不断上升。第三阶段是从2012年至今,受金融危机、地缘冲突、中美竞争等因素影响,全球化进入停滞甚至倒退期,主要国家为规避国际经济合作的风险,推动供应链本地化布局,这种个体理性决策导致全球供应链网络韧性的下降,表现为这一时期全球供应链的系统安全水平的下降。

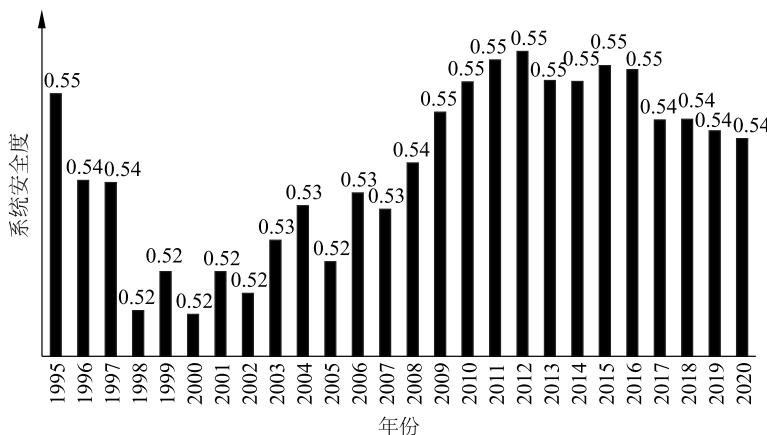


图5 全球制造业供应链系统安全水平(1995—2020年)

资料来源:经合组织贸易增加值数据库,作者测算。

（二）纳入政治因素的供应链安全

上述纯经济因素框架下的测算方式假设所有贸易伙伴都是同质的,事实上政治因素也是影响供应链安全水平的重要变量。本文先后采用两种方式将政治因素纳入供应链安全的分析框架。其一,考察国际关系对供应链安全的影响。具体来说,本文使用联合国大会投票数据,测算出各国投票理想点,将国家之间理想点距离作为双边政治关系的代理变量,据此重新测算并比较各国的供应链安全水平。其二,模拟联盟因素对供应链安全的影响。今天制度化的区域经济合作日益成为影响一国供应链安全水平的重要变量,特别是在新冠疫情冲击后,主要国家纷纷开始筹备建立双边或区域联盟,以保障本国供应链的安全稳定。需要强调的是,由于当前的供应链联盟均处于理念和倡议阶段,并未真正落地实施,因此本文对联盟的测算均为模拟情形。

1. 考察国际关系因素的影响

图 6 展示了在同时考虑经济和国际关系因素情况下,对主要国家 2020 年制造业供应链安全水平的测算结果,通过与纯经济因素框架下的测算结

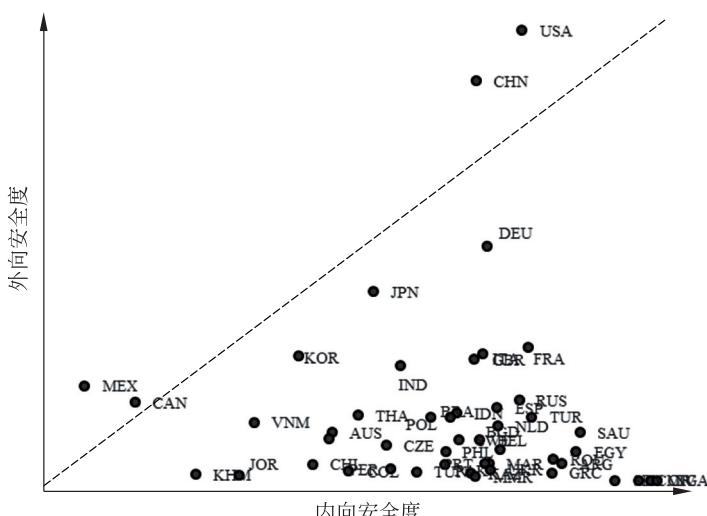


图 6 纳入政治因素后的主要国家供应链安全水平分布(2020 年)

资料来源：综合组织贸易增加值数据库，作者测算。

果(图3)比较,有以下三点发现。第一,在加入政治因素后,美国的供应链安全水平有了较大提升,并取代中国成为全球供应链安全水平最高的国家,同时具有较强的自给自足能力和全球影响力。第二,与之前的测算结果相比,德国的供应链内向安全度有明显提升。这主要是由于德国的中间品贸易中很大一部分都是同欧盟成员国的贸易,这部分贸易承担的政治风险较小,因此在纯经济因素的测算框架下其供应链安全水平被低估了。第三,尽管在考虑政治因素的影响后,各国供应链安全的绝对水平和相对位置有所调整,但美国、中国、德国仍然是目前全球供应链安全体系中仅有的三个同时拥有高内向安全度和高外向安全度的国家,也是能对全球供应链安全产生重要影响的关键国家。

2. 模拟联盟因素的影响

本文认为,联盟因素对供应链安全的影响主要体现在以下两个方面:一方面,一国通过和他国建立供应链联盟关系,减少同对方国家经贸往来过程中的不确定性,从而改善本国供应链的内向安全水平;另一方面,建立联盟关系的国家形成了一个供应链安全共同体,能够通过一致行动,合作对供应链体系中的第三国施加影响,从而提升联盟国家供应链的外向安全水平。为了定量分析联盟因素对一国供应链安全的影响,本文在前文基础上进一步改进了对供应链安全水平的测算方式。具体来说,假设A国同B国建立了联盟关系,给定联盟的可靠性,认为A、B两国间的中间品贸易往来不存在供应链安全风险,因此在计算A国的内向安全水平时就将这部分双边贸易都视同在A国国内生产并消费的部分。同时,由于联盟的存在使得A、B两国形成一个供应链共同体,因此在计算A国的外向安全水平时应将A、B两国视为一个整体,来评估其对于全球供应链体系的影响力。

使用上述测算方式,本文分别模拟测算了中国、美国加入不同联盟的情形,分析联盟因素对两国供应链安全水平的影响,结果如图7所示。以美国为例,本文先后模拟了美国加入“美英澳联盟”“四方安全对话联盟”“五眼联盟”“印太经济框架(IPEF)国家联盟”等情形,并假设参与联盟的国家都能在供应链安全议题上形成有效的合作。可以发现,美国在加入上述联盟后都不同程度地显著提高其供应链的全球影响力(外向安全水平),但对于提升美国供应链抗风险能力(内向安全水平)并无明显效果。这主要由于这些国

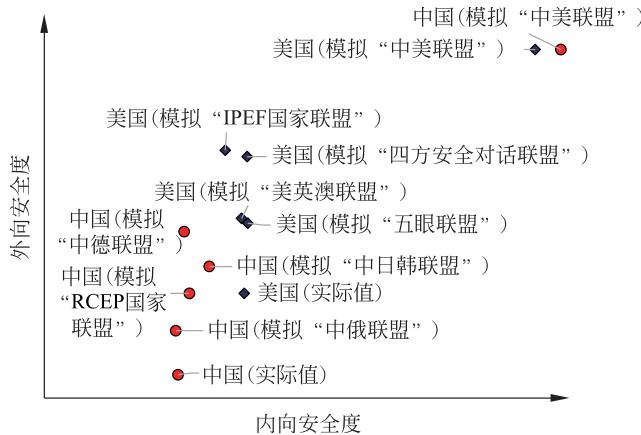


图 7 模拟联盟因素对中、美供应链安全水平的影响(2020 年)

资料来源：经合组织贸易增加值数据库，作者测算。

家同美国的产业结构相似度较高，供应链互补优势并不明显。然而，本文发现，倘若中、美两国能够在供应链安全领域结成同盟关系，便可同时显著提高美国的内向安全和外向安全水平，其对美国供应链安全水平的改善效果要远超过美国政府尝试推动成立的“四方安全对话”“五眼联盟”“印太经济框架”等国际机制，从而大幅提升美国供应链应对外部风险的能力。对中国的测算结果表明，中国加强同日本、韩国的供应链合作对内向安全和外向安全水平的提升效果较为明显，表明中、日、韩三国产业互补程度较高，在供应链安全议题上具有广阔的合作空间。与美国的测算结果类似，本文发现倘若中、美两国能就供应链安全议题结成同盟关系，对中国供应链安全的改善效果要远超过中俄、中德、中日韩等双边多边合作机制。

综上所述，政治因素是影响供应链安全的关键变量。一方面，本文发现，在纳入国际关系因素的影响后，各国供应链安全的绝对水平和相对位置有显著改变。因此，一国可以通过优化同贸易伙伴的政治关系，从而在保持原有的供应链分工格局不变的前提下，提升供应链安全水平。另一方面，模拟联盟因素影响的结果表明，中、美两国供应链的互补性极强，双方互为影响对方国家供应链安全水平的最重要贸易伙伴。因此，维护好中美双边关系对于两国供应链安全目标实现至关重要：倘若双边关系处理得当，将成为保障两国供应链安全目标实现的“压舱石”；倘若双边关系持续紧张，将成为

影响两国供应链安全的最大风险来源。

(三) 不同行业的供应链安全

本文对中、美两国 2020 年在 17 个制造业行业内的供应链安全水平进行测算比较,结果如图 8 所示。可以发现尽管美国制造业的总体供应链安全水平高于中国,但考虑到行业因素,两国各自的优势行业有显著差异。美国在医药制造业、其他运输设备制造业、化学工业、石油加工和炼焦业等行业的供应链安全水平显著高于中国,表现出较高的自给自足水平和对全球供应链体系的影响力。中国则在纺织品和服装制造业、电气机械制造业、其他机械制造业等行业具有较高的供应链安全水平。这与两国的社会经济发展阶段以及各自在全球供应链中的不同分工是一致的。

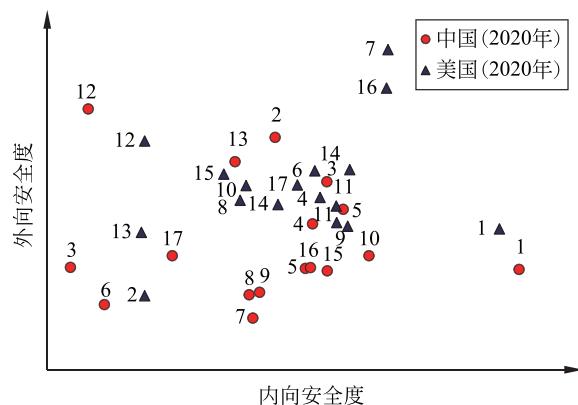


图 8 中、美两国不同行业的供应链安全水平分布(2020 年)

注:标签中的数字分别代表不同的行业,对应规则如下:1 代表食品制造业;2 代表纺织品和服装制造业;3 代表木材加工业;4 代表纸制品和印刷业;5 代表石油加工和炼焦业;6 代表化学工业;7 代表医药制造业;8 代表橡胶和塑料制品业;9 代表非金属矿物制品业;10 代表基本金属业;11 代表金属制品业;12 代表 ICT 和电子设备制造业;13 代表电气机械制造业;14 代表其他机械制造业;15 代表汽车制造业;16 代表其他运输设备制造业;17 代表其他制造业。

资料来源:经合组织贸易增加值数据库,作者测算。

本文测算了不同行业 2020 年全球供应链系统安全水平,结果如图 9 所示。结果表明,系统安全度水平最高的行业依次为其他机械制造业、金属制品业、食品制造业,这些行业的供应链网络的韧性较强,当面临外部风险冲

击时,整个供应链体系能比较有效地化解冲击并维持相对稳定运行。与之相对,测算结果表明当前在医药制造业、纺织品和服装制造业、ICT 和电子设备制造业等行业,全球供应链系统安全度处于较低水平,这类行业的供应链网络较为脆弱,当不确定性冲击发生时,整个供应链体系的功能将受到较严重影响。近年来,受新冠疫情、俄乌冲突等突发事件影响,各国都不同程度经历了防疫物资、芯片、能源的短缺或断供,也暴露了在这些领域全球供应链系统安全度较低的现实。

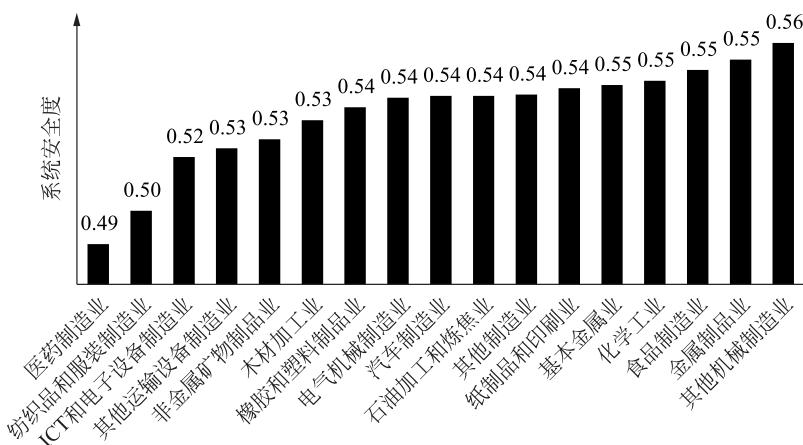


图 9 不同行业的供应链系统安全水平(2020 年)

资料来源:经合组织贸易增加值数据库,作者测算。

五、总结

近年来受公共卫生危机、地缘政治冲突、中美竞争等因素影响,供应链安全成为社会各界共同关心的重大课题。尽管在经济学、政治学和管理学等领域都有对供应链安全问题的探讨,然而不同学科学者对供应链安全的概念界定不一致,缺乏从国家层面对供应链安全水平的系统测算。有鉴于此,本文从国家安全的视角出发,尝试构建一个分析供应链安全的新框架。首先,讨论供应链安全的定义,将一国参与全球供应链体系过程中的安全形态界定为内向安全、外向安全和系统安全三个维度。接着,聚焦供应链面临

的客观威胁,参考经济学、政治学、管理学的相关研究,本文提出了对供应链安全水平的测算框架。最后,本文使用经合组织贸易增加值数据库、联合国大会投票数据,对主要国家在1995年至2020年间的制造业供应链安全水平进行测算比较。

本文结果发现,若只考虑经济因素,中国、美国、德国是当今世界上供应链安全水平最高的三个国家,能对全球供应链体系产生关键影响。过去20多年间,全球供应链安全体系呈现“东升西降”的格局变化,作为传统供应链安全中心国家的美国的安全水平下降,而逐步融入全球供应链分工体系的中国安全水平上升,德国的供应链安全度则长期维持在稳定水平。在加入了国际关系因素后,美国超越中国成为全球供应链最安全的国家,表明改善同贸易伙伴的双边关系是提高一国供应链安全水平的有效路径。在模拟联盟因素影响后,本文发现若中、美两国在供应链安全议题上能够展开有效合作,对两国供应链安全的改善效果要远超过中俄合作、RCEP以及“五眼联盟”、印太经济框架等双边多边合作机制。这表明中、美两国供应链的互补性极强,双方互为影响对方国家供应链安全水平的最重要贸易伙伴,维护好中美双边关系对于两国各自供应链安全目标实现至关重要。