

战略性新兴产业国际贸易网络的演化 及动力机制研究

罗超亮 符正平 刘冰 王曦

摘要：本文基于时态指数随机图模型（TERGM），对战略性新兴产业国际贸易网络演化及动力机制进行了动态分析。研究发现：经济体的GDP、贸易额比重同时存在发送效应和接收效应，研发支出、贸易自由度仅存在发送效应；趋同效应显示战略性新兴产业贸易关系更易在GDP和产权保护度接近的经济体间产生；接壤网络、殖民网络和自由贸易协定网络对进出口贸易关系的形成和维持有着正向作用；战略性新兴产业国际贸易网络在演化的进程中保持着整体相对稳定的演进趋势，出口产品的经济体呈现出一种分散的趋势，但存在日益明显的等级结构，互惠贸易关系的形成具有显著的动态延迟特性。本文克服了传统方法仅关注外生因素和静态分析的局限，刻画了战略性新兴产业国际贸易网络的演化及其动力机制，为我国深入推动战略性新兴产业的发展，消除潜在贸易摩擦，维持和提升战略性新兴产业国际贸易网络中的优势地位提供了启示。

关键词：战略性新兴产业；国际贸易网络；演化；动力机制；时态指数随机图模型
[中图分类号] F742 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4670 (2022) 3-0121-19

一、引言及文献综述

战略性新兴产业作为新兴科技和产业的深度结合，代表着新一轮科技革命和高端产业变革的方向，是培育发展培育新技术、新产品、新动能，获取未来全球竞争优势的关键领域（李东阳等，2018）^[1]。在当前国际贸易争端频发、新冠疫情重创全球经济、不确定性风险加剧的背景下，以创新驱动为核心的战略性新兴产业将成为全球经济复苏的主要动力，可能引发国际贸易格局、全球价值链分工及地位的重构。战略性新兴产业主要包含新一代信息技术、高端装备制造、新材料、生物产业、新能源等产业，未来将成为“十四五”时期推动经济高质量发展的支柱性产

[收稿日期] 2021-05-09

[基金项目] 国家自然科学基金青年项目“断层视角下的多边联盟失稳机理及治理对策研究”（71902049）；中国科学院委托项目“粤港澳大湾区现代产业体系构建与城市功能定位”研究（2018-SL02-B-008）

[作者信息] 罗超亮：贵州财经大学工商管理学院副教授；符正平（通讯作者）：中山大学管理学院教授，电子邮箱 mnsfzp@mail.sysu.edu.cn；刘冰：中山大学旅游学院副教授；王曦：南华大学经济管理与法学院副教授

业。随着中美贸易争端的演进、RCEP以及中欧投资协定的达成，全球贸易网络格局将发生重大变化，国家间日渐复杂的贸易关系亦呈现出合作与冲突共存的混合特征（何宇等，2020）^[2]。在国际贸易实践中，国与国之间贸易关系的形成和变化不仅与国家属性相关（马述忠等，2016）^[3]，还受到国家间嵌入的多重关系的影响（牛华等，2020）^[4]，也和网络自组织进程中形成的内生结构息息相关（许和连等，2015）^[5]。因此，剖析战略性新兴产业国际贸易网络的变迁，了解其动态变化及其演化机制，对于我国优化战略性新兴产业国际贸易网络布局，推动我国战略性新兴产业高质量发展具有非常重要的现实意义。

不同于一般性制造业，战略性新兴产业这类兼具资本密集型和技术密集型特征的行业中的产品，因其较高的附加值、技术复杂度以及激烈的竞争，在进出口贸易中更易受到诸如经济体的研发能力、知识产权保护、贸易自由度与贸易壁垒等技术创新和贸易管制因素的影响（戴魁早和方杰炜，2019）^[6]。而相关研究显示这些因素的驱动作用在不同类型经济体中存在差异，比如研发投入对于发达国家的促进作用更大（Lall et al., 2006）^[7]，而贸易自由化对发展中国家的驱动作用更强（Xuan, 2016）^[8]，转型经济体则受到知识产权保护的影响程度更深（代中强等，2015）^[9]。这些基于不同研究对象得出的差异化结论说明需要从更宏观的全球整体视角去进一步厘清战略性新兴产业国际贸易的影响因素及其作用。同时，在行业成长性方面，一般制造业因出口产品技术含量偏低，变动趋势较为平稳（张海波和李东，2015）^[10]，而战略性新兴产业呈现高成长性和高波动特性（张威和崔卫杰，2011）^[11]，但这种发展进程中的高成长性和高波动性是否重塑了战略性新兴产业的国际贸易格局尚不明晰。因此，相对于一般性制造业，战略性新兴产业更需要从动态的视角对其国际贸易网络进行探析。现有以战略性新兴产业为分析对象的研究大都关注我国战略性新兴产业的发展路径（熊勇清等，2015）^[12]及路径选择的影响因素（黄先海和张胜利，2019）^[13]、创新驱动发展路径（曹虹剑等，2016）^[14]和全球价值链地位升级的影响要素（黄蕙萍和尹慧，2016）^[15]等方面。针对战略性新兴产业国际贸易网络的研究较为有限，较具代表性的研究为李东阳等（2018）运用社会网络分析方法，从中心性、凝聚性、中间人和网络价值四个方面对2014年全球160个经济体之间的战略性新兴产业贸易网络进行的探索性分析。但这类研究仍停留在网络拓扑结构特征的描述上，忽略了既有贸易网络格局对未来贸易网络格局产生的影响（唐晓彬和崔茂生，2020）^[16]，未能揭示战略性新兴产业国际贸易网络结构变化的内在机理与影响机制。

源于社会网络分析的指数随机图模型（Exponential Random Graph Model, ERGM），为综合考察内部结构因素和外部动力因素的影响提供了一种科学的分析范式（Robins et al., 2007）^[17]，突破了传统引力模型只能考虑经济体个体和双边层面等外生因素的局限，将网络内生的结构效应纳入分析模型，有助于全面科学地分析国际贸易网络的形成和演化路径（刘林青等，2021）^[18]。这一方法的优越性使得其被逐渐引入国际贸易中的诸多研究之中：其中一类是静态视角下的不同产业、区域的贸易网络形成及影响因素研究，包括区域货物贸易网络（许和连等，

2015)、服务贸易网络(牛华等,2020)以及高科技产业国际贸易网络(Smith et al.,2019)^[19]等。另一类则是动态视角下应用时序指数随机图模型(TERGM)关于贸易网络的演化及动力机制研究,比如中国专利贸易网络的演进(He et al.,2019)^[20]、国家间的经济制裁关系网络的动态演变(Cranmer et al.,2014)^[21]、经济体间的自由贸易协定网络的形成及演化(Wu et al.,2020)^[22]以及驱动国际贸易依赖网络演化的内生机制检验(刘林青等,2021)。TERGM这一动态研究模型将多期网络整体化,克服了ERGM难以兼顾不同时点网络数据相关性的这一局限,能更充分地利用历史网络数据中的信息,提升模型的准确性和可解释性(Leifeld et al.,2018)^[23]。基于此,本文延续上述动态研究的思路,在呈现战略性新兴产业国际贸易网络的基础上,运用TERGM进行实证检验,旨在系统性地分析和探寻战略性新兴产业国际贸易网络的形成和动态演化机制。

本文的边际贡献在于:第一,在研究对象上,突破了现有战略性新兴产业国际贸易网络研究中仅关注结构特征的局限,而转向此类网络结构特征的形成、演变及动力机制研究,以期系统性地解构战略性新兴产业国际贸易中的内在规律。第二,在研究视角上,弥补了现有研究侧重单一经济体的个体贸易网络或局部地区经济体之间的区域贸易网络分析的不足,从全球整体的视角对相关因素的作用机制进行检验,以期得出更为稳健的结论。第三,在研究方法上,克服了既有技术密集型产品国际贸易网络研究大多集中在静态层面而难以刻画战略性新兴产业这类高成长性和高波动性产业的动态变化的局限,通过将TERGM应用于战略性新兴产业国际贸易网络的演化及动力机制分析,为进一步探索其动态变迁提供新的思路。

二、战略性新兴产业国际贸易网络演化的外生机制和内生机制

复杂社会网络理论认为网络中关系的形成是多种社会过程(social process)共同作用的结果,不仅与行动者属性特征和外生情境因素相关,也往往源于网络关系系统内部的自组织过程(Robins et al.,2007)。其中在基于行动者属性和外生情境因素的社会进程中,行动者自身的属性选择偏好和外部情境因素主导着网络关系的形成和变化,是一种“外生”效应,被视为影响网络演化的外生机制。例如,在国际贸易网络中,经济体常愿意和自身地理、文化特征相近的伙伴之间进行贸易行为。另一方面,网络内部的自组织过程反映了网络关系通过自我组织形成一定的局部网络模式,表现为某种特定特征的“网络格局”,其中网络内部的关系结构主导着关系的形成或消失,是一种“内生”效应,被视为影响网络演化的内生机制。例如,在战略性新兴产业国际贸易网络中,随着时间的推移,经济体之间会逐渐形成贸易集群,集群内部的贸易关系会越来越多,使得原先呈开放的贸易关系结构逐步趋于闭合。

(一) 战略性新兴产业国际贸易网络演化的外生机制

行动者属性效应描述的是因行动者属性特征而形成网络关系的社会进程,主要包括发送效应、接收效应和趋同效应(Robins et al.,2007)。其中,发送效应描述的是具有某种属性的经济体更易成为战略性新兴产业产品出口方的可能性,接收效应则描述的是具有某种属性的经济体更易成为战略性新兴产业产品进口方的可能性(许和连

等, 2015)。趋同效应则反映了具有相同属性的经济体之间向对方进口或出口战略性新兴产业产品的可能性(唐晓彬和崔茂生, 2020)。由于战略性新兴产业为资本密集型和技术密集型的高端产业, 具有高投入, 高风险和长周期的特征, 其市场规模越大, 对资金、人力资源和技术等要素需求越多, 因而在国际贸易中, 经济体出口战略性新兴产业的能力需要坚实的经济基础和巨额研究投入的支撑。战略性新兴产业作为促进全球经济复苏的重要推动力量, 已成为全球贸易的重要组成部分, 经济体的贸易规模大小及其贸易环境自由与否会影响其贸易行为和能力。同时, 战略性新兴产业作为一种创新驱动的产业, 因高昂的创新成本和高回报率使得诸多经济体在贸易过程中更加重视知识产权的保护, 防止技术溢出而丧失优势地位(黄先海和张胜利, 2019)。因此, 经济体的经济和贸易规模、研发投入、贸易环境和知识产权的保护程度不仅影响着经济体的进出口贸易行为, 亦影响其和贸易伙伴的选择。

在外部情境效应上, 以外生网络为代表的其他的情境因素对网络关系的形成也有着重要影响(Robins et al., 2007)。在国际贸易网络中, 不同经济体之间在地理、文化、经济上都存在还存在不同形式的关联关系, 这些外生关系网络对经济体之间贸易关系网络演化的影响反映了贸易网络与外生网络间的共生程度, 反映了经济体所嵌入的地缘、文化、历史和经济环境对于战略性新兴产业国际贸易的影响(许和连等, 2015)。其中, 地理因素往往制约着经济体之间的贸易行为和贸易规模的重要因素, 由于产品运输的便捷性和经济性, 邻国之间构建或维持贸易关系的可能性相对更高。传统引力模型研究指出因语言相近以及殖民历史带来的文化或历史上的亲近性对经济体之间的贸易行为有着一定的促进作用(刘林青等, 2020)。值得重视的是, 尽管当前某些重要经济体的“逆全球化”行为对国际贸易产生了负面影响, 但依然有诸多经济体之间为打破贸易壁垒签订了自由贸易协定, 形成了具有一定规模和重要影响力的国际自由贸易协定关系网络(Wu et al., 2020)。这一旨在促进市场准入以及关税减让的关系网络是否对经济体之间在战略性新兴产业上的贸易行为产生了积极影响也有待进一步检验。因此本文将各经济体之间的接壤网络、语言网络、殖民关系网络以及自由贸易协定关系网络作为外生网络放入时序指数随机图模型, 以检验这些外生网络对战略性新兴产业国际贸易关系的影响。

(二) 战略性新兴产业国际贸易网络演化的内生机制

越来越多的社会网络研究强调网络内部关系之间的内生依赖性(Lomi et al., 2014^[24]; Rank et al., 2010^[25]), 即已存在的网络关系(prior ties)将促进其他关系的形成, 并通过积累逐步形成有序的网络, 这一自组织的过程即为网络的内生结构效应(Robins et al., 2007)。在国际贸易网络中, 这类效应源于国家或地区之间贸易关系的某种或某些自组织模式, 和经济文化或其他外生因素并不相关, 这些自组织进程形成的内生结构变量会影响贸易网络的演化和变迁(刘林青等, 2021)。具体而言, 在指数随机图模型中, 边数、扩张性、聚敛性、传递性闭合、循环性闭合等常被作为贸易网络中的重要内生结构变量(许和连等, 2015)。其中, 边数类似于传统线性回归中的常数项; 作为驱动网络演化的一种重要的内生机制, 以扩张性和聚敛性为代表的偏好依附效应描述的是网络中节点更倾向于选择和

网络中具有较多联系的节点，入度中心度较高的经济体意味着有着较高规模的战略性新兴产业市场，是需求市场上的“贸易明星”，会吸引更多的经济体向其出口相关产品。出度中心度较高的经济体常有着较为完备的战略性新兴产业生产体系，较高的产品吸引力和贸易影响力会促进更多的经济体向其进口相关产品。传递性闭合描述的是一个经济体和其贸易伙伴的其他贸易伙伴开展贸易的趋势，循环性闭合则反映了一些经济体形成一个贸易“闭环”的趋势，这两类内生结构实质上反映了国际贸易网络中经济体之间以“群体”模式进行贸易的倾向。另一方面，一些重要的时间依赖结构变量被纳入动态指数随机图模型，其中较为典型的是延迟互惠性、网络稳定性和变异性这三类变量（Leifeld et al., 2018）。延迟互惠性描述的是经济体间当期建立的单向贸易关系对下一期对方回馈以互惠的贸易关系的影响，稳定性描述了贸易关系网络整体格局的稳定程度，变异性则描述的是贸易关系和时间的交互效应，即随着时间的演进，贸易关系网络变化的倾向。

三、数据与方法

（一）战略性新兴产业贸易产品匹配

本文以2018年10月12日国家统计局发布的《战略性新兴产业分类（2018）》和联合国商品贸易统计数据库公布的《国际贸易标准分类（第四版）》（SITC4）为依据，借鉴李东阳等（2018）的匹配思路，基于完全匹配、部分匹配和模糊匹配等方法进行贸易产品匹配^①。《战略性新兴产业分类（2018）》中的数字创意产业和相关服务业中的大部分产品为服务类产品，新一代信息技术产业、高端装备制造产业、新材料产业、生物产业、新能源汽车产业、新能源产业以及节能环保产业这七大战略性新兴产业的主要产品为制造类产品。由于联合国商品贸易统计数据库公布的《EBOPS（扩大的国际收支服务分类）》略显宽泛，匹配的精度不高，且许多发展中经济体缺乏创意服务贸易的详细信息^②。同时鉴于服务类产品和制造类产品的区别较大，以及制造类产品在战略性新兴产业中的比重较高，为确保获取数据的准确性、权威性以及可操作性，本文主要关注新一代信息技术产业、高端装备制造产业、新材料产业、生物产业、新能源汽车产业、新能源产业以及节能环保产业这七大战略性新兴产业。

（二）战略性新兴产业国际贸易的数据来源及网络构建

由于一些经济体2019年的GDP数据存在缺失，本文根据世界银行公布的2018年全球各国（地区）的GDP总额，选取其中排名在前140的经济体^③作为网络节点。在UN COMTRADE数据库中，选取2010—2019年上述140个国家（地区）的战略性新兴产业产品的进出口贸易数据。以贸易产品的流向和流量为基础构建战略性新兴产业国际贸易网络模型，其中，出口经济体和进口经济体对应网络节点，出口的流向形成节点之间的边，即贸易关系，边的方向由出口经济体指向进口经济

①限于篇幅，匹配结果可登陆对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。

②引自《UNCTAD ANNUAL REPORT 2019: Beyond Uncertainty》。

③限于篇幅，具体经济体可登陆对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。

体,出口的流量即贸易额形成了边的权重。即战略性新兴产业国际贸易网络可用一个有序四元组表示: $N = (V, E, G)$, 其中, $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$ 为节点集, 元素 v_i 表示参与战略性新兴产业国际贸易网络的国家(地区)。 $E = \{e_{ij}\}$ 为边集, e_{ij} 表示节点 i 和节点 j 之间的贸易流动关系, 即节点 i 和节点 j 之间的边的权重, $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_n\}$ 为贸易产品集合, 其元素是指贸易网络中流动的产品。例如当 G 为新一代信息技术产业产品时, N 则为新一代信息技术产业国际贸易网络。

(三) 变量测量及模型构建

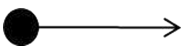

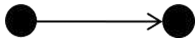
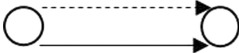


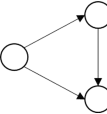
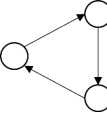
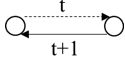
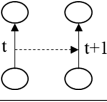
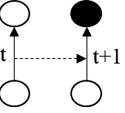
本文的因变量为战略性新兴产业国际贸易网络中节点之间的贸易关系。一般而言, 双边贸易关系常为加权的边, 基于边的权重构建网络模型需结合有效的高维矩阵方法, 且当前仍停留在理论探讨阶段, 尚无具体的方法来支持。现有社会网络分析方法主要借助设定阈值将权重网络转换为二值网络 (Desmarais and Cranmer, 2012)^[26]。因此, 本文采取设置贸易阈值的方式来识别网络中存在的显著贸易关系, 具体参考了李敬等 (2017)^[27] 的做法, 选择 1 亿美元作为阈值来构建战略性新兴产业国际贸易的有向二值网络, 若 i 国对 j 国的战略性新兴产业产品的年出口贸易额等于或超过 1 亿美元, 则 $e_{ij} = 1$, 否则 $e_{ij} = 0$ 。

解释变量主要包括个体属性变量和外生关系变量等影响战略性新兴产业国际贸易关系的外生机制变量以及网络结构等内生机制变量。在个体属性变量上, 将经济体的 GDP、研发支出总额、贸易额与 GDP 的比值、贸易自由度和产权保护度等重要的外生机制驱动因素纳入模型。其中, 对 GDP、研发支出总额进行了对数化处理, 贸易额与 GDP 的比值、贸易自由度和产权保护度均为连续变量。其次, 在外生双边关系上, 考虑到一些经济体在地理、文化和历史上的联系, 这些外生的关系因素可能会影响经济体之间的经贸关系 (刘林青等, 2021), 且经济体之间的自由贸易协定的签订也对它们之间的贸易往来产生了重要作用 (Wu et al., 2020)。基于此, 本文将接壤网络、语言网络、殖民网络和自由贸易协定关系网络等四类网络纳入了分析模型。其中, 前三类网络为静态网络, 分别反映了经济体之间在地理联系、语言联系和历史殖民联系, 数据来源于 CEPII 数据库; 自由贸易网络为动态网络, 描述了 2010—2019 年经济体之间不断生效的自由贸易协定关系, 数据来源于 WTO 数据库。最后, 在网络结构变量方面, 本文基于战略性新兴产业的行业特性、国际贸易关系网络动态演化的内生机制理论和已有相关研究 (许和连等, 2015; 唐晓彬和崔茂生, 2020; 刘林青等, 2021), 将边数、扩张性、聚敛性、传递闭合性、循环闭合性等结构依赖变量以及延迟互惠性、稳定性和变异性等时间依赖变量纳入了分析模型。

在模型构建上, 运用 TERGM 这一复杂网络分析方法, 将网络内生效应、节点属性效应和外生关系效应整合进一个系统的分析模型, 对战略性新兴产业国际贸易网络的形成和演进的假设进行实证检验。TERGM 基于离散时间马尔科夫链原理构建一个 k 阶网络的时间概率模型, 并假定第 t 期网络只与之前的 k 期网络相关, 运用最大伪似然估计对模型进行拟合、仿真、诊断、比较和修正, 其独特优势在于将网络的时间依赖特征纳入分析, 可同时探究动态网络演化的内生和外生机制 (Leifeld et al., 2018)。为探索战略性新兴产业国际贸易网络动态的演化机制, 本

文构建了2010—2019年全球140个经济体之间的战略性新兴行业的国际贸易网络,探索了经济体个体属性、外生情境因素等外生机制和网络结构等内生机制对战略性新兴产业国际贸易网络中关系形成和演化的作用(见表1)。

表1 TERGM 变量描述及解释

变量名	构型	描述
发送效应 (lnGDP) 发送效应 (lnResearch) 发送效应 (Trade/GDP) 发送效应 (Trade freedom) 发送效应 (Property)		具有一定经济、贸易、科技和产权保护优势的经济体向其他经济体出口战略性新兴产业产品的倾向
接收效应 (lnGDP) 接收效应 (lnResearch) 接收效应 (Trade/GDP) 接收效应 (Trade freedom) 接收效应 (Property)		具有一定经济、贸易、科技和产权保护优势的经济体向其他经济体进口战略性新兴产业产品的倾向
趋同效应 (lnGDP) 趋同效应 (lnResearch) 趋同效应 (Trade/GDP) 趋同效应 (Trade freedom) 趋同效应 (Property)		网络中属性接近的经济体是否倾向于发生贸易关系
接壤关系 (Border) 语言关系 (Language) 殖民关系 (Colony) 自由贸易关系 (FTA)		拥有外部网络关系的成员之间是否更容易产生贸易关系
聚敛性 (gwidegree)		经济体 <i>i</i> 和其他经济体间进口贸易关系数量的分布趋势
扩张性 (gwodegree)		经济体 <i>i</i> 和其他经济体间出口贸易关系数量的分布趋势
传递闭合性 (transitivities)		三个经济体(<i>i, j, k</i>)之间形成如下贸易关系的倾向: <i>i</i> 出口到 <i>j</i> , <i>j</i> 出口到 <i>k</i> , <i>i</i> 再出口到 <i>k</i> 之间的贸易关系
循环闭合性 (cyclicalities)		三个经济体(<i>i, j, k</i>)之间形成如下贸易关系的倾向: <i>i</i> 出口到 <i>j</i> , <i>j</i> 出口到 <i>k</i> , <i>k</i> 再出口到 <i>i</i> 之间的贸易关系
延迟互惠性 (delrecip)		网络中一对经济体之间在 <i>t</i> 期单向贸易关系的形成是否会使对方在 <i>t+1</i> 期回馈以互惠的贸易关系
稳定性 (stability)		<i>t</i> 期整体网络格局在 <i>t+1</i> 期保持稳定的趋势
变异性 (variability)		<i>t</i> 期的整体网络格局在 <i>t+1</i> 期发生变异的趋势

本文构建的具体模型如下：

$$P(Y^{t+1} | \theta^t, Y^t) = (1/c) \exp(\theta_0 \text{edges} + \theta_1 \text{gwidegree} + \theta_2 \text{gwodegree} + \theta_3 \text{transitivities} + \theta_4 \text{cyclicalities} + \theta_5 \text{delrecip} + \theta_6 \text{stability} + \theta_7 \text{variability} + \theta_{s1} \ln \text{GDP} + \theta_{s2} \ln \text{Research} + \theta_{s3} \text{Trade/GDP} + \theta_{s4} \text{Tradefreedom} + \theta_{s5} \text{Property} + \theta_{r1} \ln \text{GDP} + \theta_{r2} \ln \text{Research} + \theta_{r3} \text{Trade/GDP} + \theta_{h4} \text{Tradefreedom} + \theta_{h5} \text{Property} + \theta_{n1} \ln \text{GDP} + \theta_{n2} \ln \text{Research} + \theta_{n3} \text{Trade/GDP} + \theta_{h4} \text{Tradefreedom} + \theta_{h5} \text{Property} + \theta_{n1} \text{Border} + \theta_{n2} \text{Lauguage} + \theta_{n3} \text{Colony} + \theta_{n4} \text{FTA})$$

其中， Y^{t+1} 、 Y^t 分别表示 $t+1$ 和 t 期的战略性新兴产业国际贸易网络， θ 对应模型未知参数， $1/c$ 为介于 0 和 1 之间的归一化常数， edges 为上述网络的边变量，类似于传统回归模型中的常数项， gwidegree 、 gwodegree 、 transitivities 、 cyclicalities 、 delrecip 、 stability 、 variability 为内生机理变量。 θ 的下标 s 代表出口方， θ 的下标 r 代表进口方，下标 h 表示进出口经济体间属性之差的绝对值，下标 n 表示进出口经济体间之间的外生关系。

四、实证检验与分析

(一) 战略性新兴产业国际贸易网络的描述性分析

在网络整体特征方面，本文为更好地说明战略性新兴产业国际贸易网络的动态变化特征，对 2010—2019 年战略性新兴产业国际贸易网络的统计特征参数以年为单位进行了计算，如表 4 所示。数据显示，网络密度即关系的稠密程度，由 2010 年的 0.088 增长至 2019 年的 0.131，这一趋势意味着战略性新兴产业国际贸易网络节点之间的贸易关系逐步增加。网络直径介于 4.000~5.000 之间，平均路径长度从 2010 年的 2.085 逐步下降至 2019 年的 2.007，说明网络中任何一个经济体实现对其他任一经济体的贸易关系传递平均只需约两步的距离，且最长路径距离不超过 5.000，这表明战略性新兴产业国际贸易网络中经济体之间的贸易联系日益紧密。同时，聚类系数也从 2010 年的 0.678 增长至 2019 年的 0.925，说明传递性闭合网络结构逐渐增多，网络内部呈现日益明显的集聚现象。互惠性指标在 2011—2014 年以及 2017—2018 年间呈下降趋势，可能是在这期间国际贸易保护主义抬头导致的影响（谢杰等，2021）^[28]。但整体而言，互惠性指标仍呈增长趋势，互惠性的贸易关系逐渐增多。

表 2 2010—2019 战略性新兴产业国际贸易网络描述性统计特征

统计指标	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
网络密度	0.088	0.095	0.099	0.101	0.105	0.101	0.100	0.104	0.107	0.131
网络直径	5.000	5.000	5.000	5.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	5.000
平均路径距离	2.085	2.025	2.045	2.052	2.042	2.083	2.070	2.043	2.019	2.007
聚类系数	0.678	0.727	0.723	0.701	0.719	0.725	0.743	0.758	0.759	0.925
互惠性	0.436	0.446	0.442	0.433	0.429	0.439	0.469	0.476	0.468	0.515

本文根据2010年、2015年和2019年战略性新兴产业国际贸易网络中各经济体的中心度分布分别绘制了出度中心度和入度中心度分布的直方图（见图1）。结果显示，2010年和2015年的入度中心度分布峰值在0~5之间，2019年的入度中心度分布峰值在0~10之间。2010年、2015年和2019年的出度中心度分布峰值均出现在0~10之间，这些分布均呈右偏特性，说明在战略性新兴产业国际贸易网络中大部分经济体的贸易伙伴数量相对较少，少部分经济体的贸易伙伴数量较多，“富人俱乐部”现象较为明显。同时，值得注意的是，入度中心度的偏度呈下降趋势，说明进口战略性新兴产业产品的经济体逐渐增多，出度中心度的异质性程度也逐渐增强，说明出口战略性新兴产业产品的经济体也开始分化。

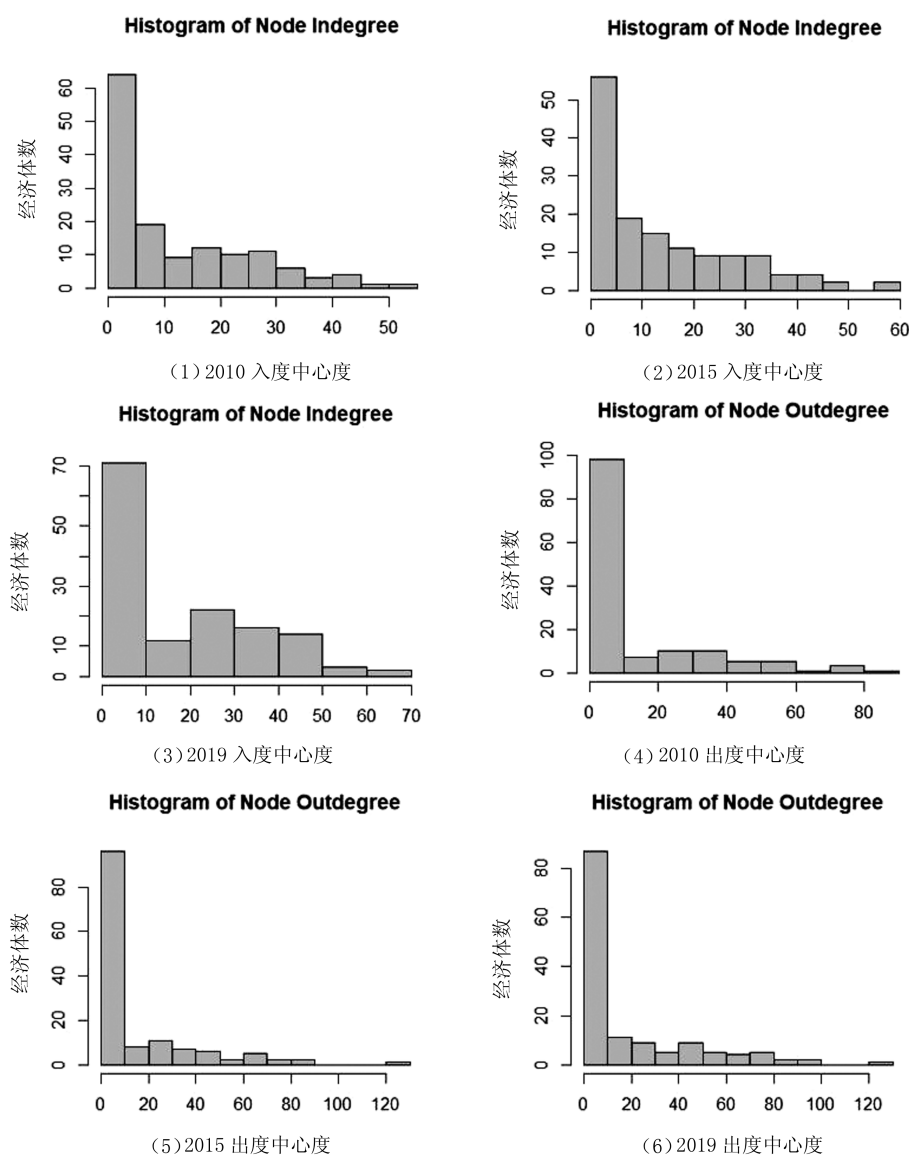


图1 战略性新兴产业国际贸易网络入度中心度和出度中心度分布

(二) TERGM 分析

本文对 2010—2019 年的纵向战略性新兴产业国际贸易关系网络进行 TERGM 的估计与拟合结果如表 2 所示。其中,模型 1 为仅包含节点属性效应的基准模型,模型 2 为仅包含外生变量(节点属性和外生关系)的外生机制检验模型,模型 3 为既包含外生变量也包含内生变量(结构依赖和时间依赖)的外生机制与内生机制的综合检验模型。

在外生机制的检验方面,发送效应衡量的是具有特定属性的经济体比其他经济体出口更多战略性新兴产业产品的倾向;接收效应测量的是具有特定属性的经济体比其他经济体进口更多战略性新兴产业产品的倾向;趋同效应反映的是具有相同属性的经济体之间形成进出口贸易关系的倾向;外生关系效应则测量了经济体之间存在的其他关系对它们之间贸易关系形成的影响。

首先,在发送效应上,模型 1—3 的结果显示,GDP、研发支出(*Research*)、贸易额比重(*Trade*)和贸易自由度(*Trade freedom*)的系数均为正且显著,说明一个经济体的 GDP 水平、研发支出、贸易额比重以及贸易的自由度越高,该经济体成为战略性新兴产业产品出口方的概率越高,即存在明显的发送效应。其次,在接收效应上,模型 1—3 的结果中均显著的仅包括 GDP 和贸易额比重,且系数均为正,说明一个经济体的 GDP 水平和贸易额比重越高,该经济体越倾向于向其他经济体进口战略性新兴产业产品。再次,在趋同效应上,模型 1—3 结果中均显著的变量则为 GDP 和产权保护度(*Property*),系数均为负且显著,*absdiff* 作为函数包中的重要命令之一,计算的是经济体属性变量之差的绝对值,系数为负说明两个经济体在 GDP 和产品保护度越接近,两个经济体之间形成贸易关系的可能性越高,即在 GDP 和产权保护上,不同经济体之间存在趋同效应。最后,在外生关系效应方面,模型 2 和模型 3 的结果显示,地理临近关系(*Border*)、历史殖民关系(*Colony*)和自由贸易协定(*FTA*)的系数均为正且显著,说明接壤、历史上存在殖民与被殖民关系以及签署过自由贸易协定的经济体之间更易产生战略性新兴产业的进出口贸易关系。

在内生机制的检验方面,主要测量了扩张性、聚敛性、传递闭合性、循环闭合性等结构依赖变量以及延迟互惠性、稳定性和变异性等时间依赖变量的影响。其中,扩张性(*Active spread*)的系数显著为负,说明战略性新兴产业的出口并未呈现出被主要经济体垄断的趋势,反而呈现出一种分散的趋势,聚敛性(*Popularity spread*)的系数并不显著,即未出现以进口战略性新兴产业产品为主的经济体。传递性闭合(*Transitivity*)的系数显著为正,而循环性闭合(*Cyclicalities*)的系数显著为负,表明战略性新兴产业国际贸易网络中存在明显的等级结构,经济体间的贸易关系呈向某一固定方向传递的趋势。这说明战略性新兴产业国际贸易网络中可能存在一定的等级效应。延迟互惠性(*Delrecip*)的系数为正且显著,说明经济体之间前期建立的单向贸易关系有助于后期互惠贸易关系的回馈。稳定性(*Stability*)系数显著为正,变异性的系数并不显著,说明战略性新兴产业国际贸易网络在演化的进程中相对稳定。

表3 2010—2019年战略性新兴产业国际贸易关系网络的TERGM分析结果

	模型统计量	模型 1	模型 2	模型 3
节点属性效应	发送效应			
	<i>Sender (GDP)</i>	0.351*** (0.018)	0.592*** (0.020)	0.406*** (0.081)
	<i>Sender (Research)</i>	0.424*** (0.013)	0.414*** (0.015)	0.189** (0.070)
	<i>Sender (Trade/GDP)</i>	0.659*** (0.020)	0.881*** (0.022)	0.414** (0.126)
	<i>Sender (Trade freedom)</i>	0.014*** (0.001)	0.017*** (0.001)	0.014** (0.005)
	<i>Sender (Property)</i>	0.000 (0.001)	0.002** (0.001)	0.003 (0.003)
	接收效应			
	<i>Receiver (GDP)</i>	0.504*** (0.017)	0.676*** (0.019)	0.493*** (0.066)
	<i>Receiver (Research)</i>	0.075*** (0.012)	0.065*** (0.014)	0.027 (0.055)
	<i>Receiver (Trade/GDP)</i>	0.419*** (0.020)	0.604*** (0.022)	0.318** (0.107)
	<i>Receiver (Trade freedom)</i>	-0.007*** (0.001)	-0.009*** (0.001)	0.002 (0.005)
	<i>Receiver (Property)</i>	0.001† (0.001)	0.001 (0.001)	0.003 (0.003)
	趋同效应			
	<i>Absdiff (GDP)</i>	-0.076*** (0.013)	-0.063*** (0.015)	-0.123* (0.063)
	<i>Absdiff (Research)</i>	-0.106*** (0.010)	-0.114*** (0.011)	-0.031 (0.044)
	<i>Absdiff (Trade/GDP)</i>	-0.281*** (0.021)	-0.468*** (0.023)	-0.223† (0.124)
<i>Absdiff (Trade freedom)</i>	-0.017*** (0.001)	-0.019*** (0.001)	-0.007 (0.005)	
<i>Absdiff (Property)</i>	-0.011*** (0.001)	-0.013*** (0.001)	-0.010*** (0.003)	
外生关系效应	协网络			
	<i>Edgecov (Border)</i>		2.171*** (0.049)	1.963*** (0.375)
	<i>Edgecov (Language)</i>		0.197*** (0.041)	0.044 (0.188)
	<i>Edgecov (Colony)</i>		0.489*** (0.028)	0.436* (0.174)
	<i>Edgecov (FTA)</i>		0.440*** (0.024)	0.359** (0.136)
网络内生效应	结构依赖			
	<i>Active spread</i>			-1.886*** (0.347)
	<i>Popularity spread</i>			0.101 (0.388)
	<i>Transitivities</i>			0.468*** (0.117)
	<i>Cyclicalities</i>			-0.161** (0.051)
	时间依赖			
	<i>Delayed Reciprocity</i>			0.426** (0.159)
	<i>Stability</i>			2.398** (0.072)
	<i>Variability</i>			0.019 (0.019)
	<i>Edges</i>	-35.460*** (0.367)	-46.717*** (0.428)	-31.212*** (0.283)

注：†、*、**和***分别表示双尾检验中10%、5%、1%和0.1%的显著性水平；括号内为标准误差。

(三) 拟合优度检验

在对动态网络数据进行拟合优度检验时，主要基于TERGM分析获得的参数来模拟生成大量的网络图，并将模拟网络和真实网络特征的差异进行比较。本文分别基于表2回归结果的模型2和模型3的估计参数进行了100次模拟，对模拟网络和真实网络的关键特征进行了比较和可视化分析（见图2和图3）。其中，前五个子图是网络的一些特征指标值的对比，主要包括共享边伙伴数（*Edge-wise shared partners*）、二元共享伙伴数（*Dyad-wise shared partners*）、测地线距离（*Geodesic dis-*

tances)、入度中心度 (*Indegree*) 和三元组普查 (*Triad census*)。根据模拟网络特征指标值绘制的箱式图, 中点越接近实际观察到的特征指标值点, 表明模型拟合效果越好 (Leifeld et al., 2018)。最后一个子图中的左侧是 Roc (Receiver operating characteristic) 曲线, 即真阳性预测率和假阳性预测率的比率, 其中, 前者描述的是既存在于模拟网络也存在于现实网络的经济体贸易关系的比重, 后者描述的是存在于模拟网络但不存在于现实网络中的经济体贸易关系的比重。Roc 曲线越接近左上角, 说明模型的预测的越接近真实网络, 模型的拟合效果越好。

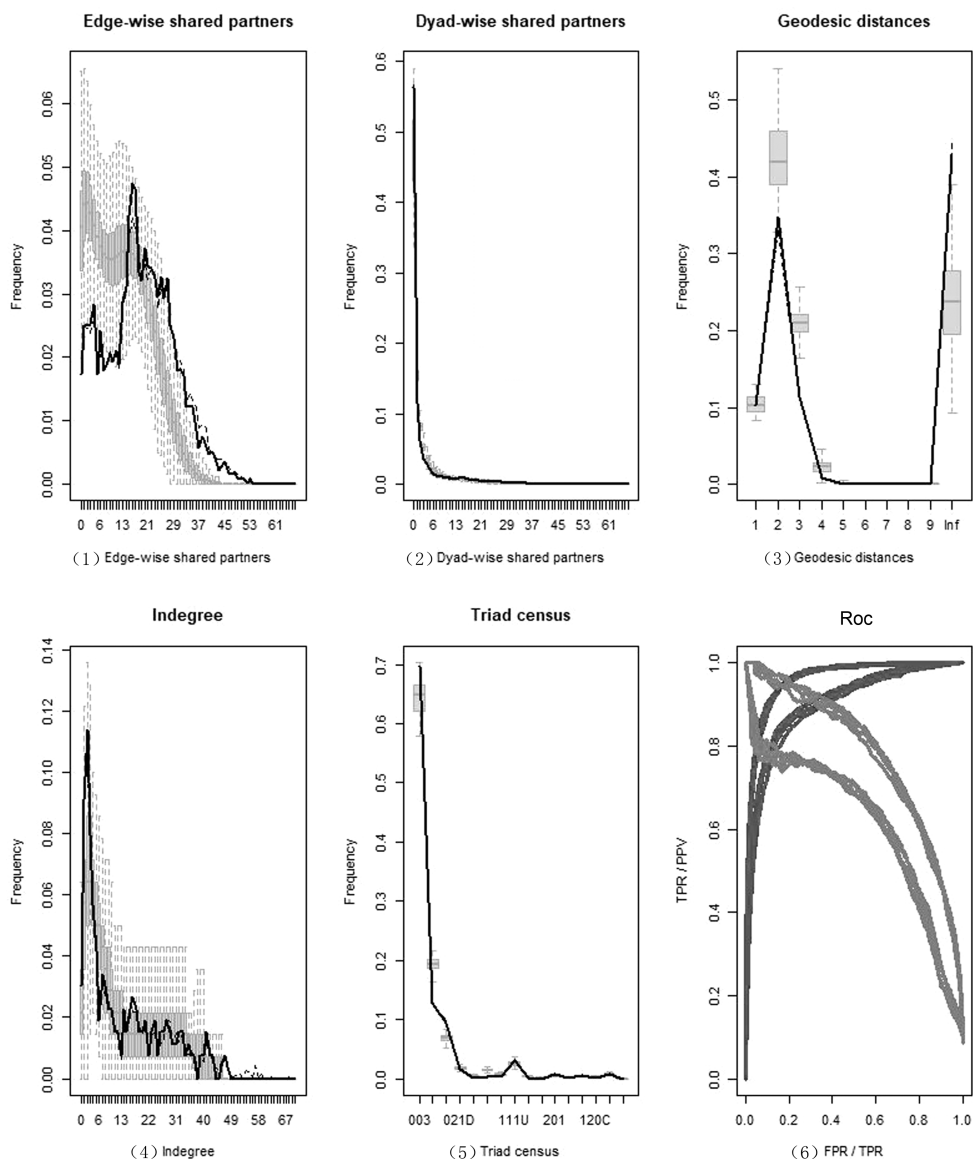


图2 模型2的拟合优度检验

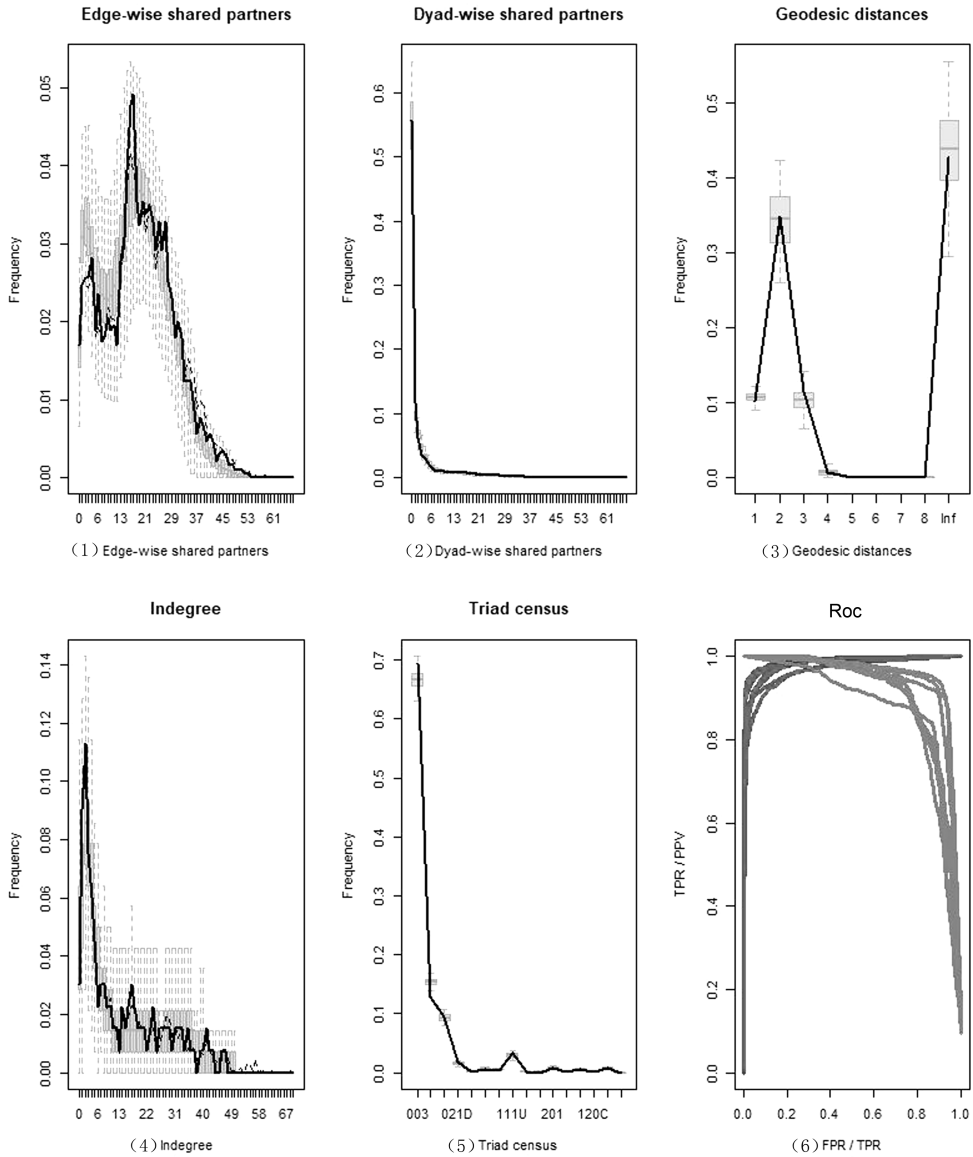


图3 模型3的拟合优度检验

通过对比可知，无论是前五个子图中实线穿过箱线图中位数位置的状况，还是最后一个子图左侧的Roc曲线偏向左上角的程度，图3均优于图2，即相对于模型2，模型3的拟合程度更优。同时，在模型2中一些较为显著的外生变量在模型3中并不显著，这说明在分析战略性新兴产业国际贸易关系网络的演化机制时，仅考虑节点属性效应和外生关系效应等外生机制是不够的，其结果也有可能是在存在偏差的，必须综合考虑以不同构型的网络结构为代表的内生机制的影响，才能更准确地认识战略性新兴产业国际贸易网络的演化路径和相关因素的作用机理。

(四) 稳健性检验

第一, 本文借鉴了唐晓彬和崔茂生(2020)的思路, 将模型1—3中采用的MCMC MLE估计方法替换为自助MPLE方法, 结果显示, 系数符号没有发生变化, 且两种方法的估计结果十分接近。因此TERGM的结果是稳健的。

第二, 考虑到研究设计中将被解释变量基于“贸易额是否大于1亿美元”处理为虚拟变量可能带来的影响, 本文参照施炳展和张瑞恩(2021)^[29]的方法, 基于传统的贸易引力模型对各国间的战略性新兴产业贸易额的影响因素进行了检验, 对经济体之间的双边贸易额以及经济体GDP均进行了对数化处理。由于传统的引力模型主要关注经济体之间的属性特征及外部关系对于经济体之间贸易的影响, 不能对网络内生的各类结构的影响进行分析, 故在检验时仅能考虑各经济体的属性特征及关系特征(地理是否相邻、语言是否相同、是否存在殖民关系、是否签订自贸协定)等外生机制的影响。具体结果如表4所示。结果显示, 在TERGM中显著的

表4 基于传统的国际贸易引力模型的检验

模型统计量	模型4	模型5	模型6
<i>Sender (GDP)</i>	1.280 *** (0.030)	1.404 *** (0.029)	1.464 *** (0.027)
<i>Sender (Research)</i>	-0.011 (0.015)	-0.044 ** (0.014)	-0.021 (0.013)
<i>Sender (Trade/GDP)</i>	0.792 *** (0.044)	1.039 *** (0.043)	1.006 ** (0.040)
<i>Sender (Trade freedom)</i>	0.009 *** (0.001)	0.009 *** (0.001)	0.009 *** (0.001)
<i>Sender (Property)</i>	0.006 *** (0.001)	0.005 *** (0.001)	0.005 *** (0.001)
<i>Receiver (GDP)</i>	0.830 *** (0.013)	0.934 *** (0.014)	0.922 *** (0.013)
<i>Receiver (Research)</i>	0.002 (0.009)	-0.045 *** (0.010)	0.015 † (0.009)
<i>Receiver (Trade/GDP)</i>	0.362 *** (0.015)	0.663 *** (0.018)	0.668 *** (0.017)
<i>Receiver (Trade freedom)</i>	0.008 *** (0.001)	-0.003 *** (0.001)	-0.003 *** (0.001)
<i>Receiver (Property)</i>	0.002 *** (0.001)	-0.001 ** (0.001)	-0.002 *** (0.001)
<i>Absdiff (GDP)</i>		-0.070 ** (0.011)	-0.071 *** (0.011)
<i>Absdiff (Research)</i>		-0.170 *** (0.008)	-0.120 *** (0.007)
<i>Absdiff (Trade/GDP)</i>		-0.451 *** (0.020)	-0.432 *** (0.018)
<i>Absdiff (Trade freedom)</i>		-0.016 *** (0.001)	-0.016 *** (0.001)
<i>Absdiff (Property)</i>		-0.016 *** (0.001)	-0.013 *** (0.001)
<i>Border</i>			2.338 *** (0.042)
<i>Language</i>			0.708 *** (0.030)
<i>Colony</i>			1.358 *** (0.021)
<i>FTA</i>			0.883 *** (0.018)
<i>Constant</i>	-42.534 *** (0.658)	-44.735 *** (0.639)	-48.310 *** (0.596)
年份固定效应	yes	yes	yes
N	116152	116152	116152
R ²	0.496	0.523	0.568

注: †、** 和 *** 分别表示双尾检验中10%、1%和0.1%的显著性水平; 括号内为标准误差。

外生机制主要变量在引力模型的检验中依然显著，系数符号也保持一致，这说明 TERGM 得出的结论是稳健的。同时，一些在引力模型中显著的变量，在加入网络内生效应的 TERGM 中不再显著（例如经济体研发投入的趋同效应、语言关系变量等），这也从侧面说明了网络内生效应在战略性新兴产业国际贸易中的重要性，以及 TERGM 这一分析方法的优越性。

五、结论与政策建议

（一）结论

第一，在战略性新兴产业国际贸易网络的演化中，经济体的 GDP 和贸易额比重属性同时存在发送效应和接收效应，这说明一方面，随着经济体 GDP 水平的提升，其对战略性新兴产业产品的需求及出口能力均在增强，另一方面，以贸易为主要支撑的经济体在战略性新兴产业国际贸易中扮演着重要的“桥梁与枢纽”的作用，从侧面反映出战略性新兴产业贸易在当前国际贸易中日渐重要的地位。但是研发支出和贸易自由度这两个属性仅存在发送效应，两者说明在经济体战略性新兴产业产品的出口能力上，研发支出投入有着重要的支撑作用，贸易环境自由与否制约着这一能力。

第二，趋同效应的检验结果显示，战略性新兴产业贸易关系的形成更易在 GDP 相对接近的两个经济体之间产生，通过这一结论和 GDP 的发送效应及接收效应可知，当前战略性新兴产业贸易关系更多分布在 GDP 相对较高的经济体之间，可能的原因在于战略性新兴产业相对较高的科技含量和产品附加值对经济体的经济实力提出了更高的要求。同时，在产权保护度这一属性上也存在趋同效应，这说明当经济体之间对知识产权的保护环境上存在显著差异时，双方在构建战略性新兴产业贸易关系上会更加审慎，防止因知识产权争端而损害自身的经济利益。外生关系效应的检验结果显示，在地理关联上，接壤的邻国之间更易产生战略性新兴产业的进出口贸易关系，说明产品的运输成本仍然是影响战略性新兴产业国际贸易关系形成的重要因素；在历史关联上，存在殖民与被殖民关系的经济体之间更易产生战略性新兴产业的进出口贸易关系，说明经济之间在历史上形成的文化和经济关联在当前的贸易格局中也有着重要影响；签订自由贸易协定的经济体之间更易产生战略性新兴产业的进出口贸易关系，说明通过贸易开放打破贸易壁垒在构建战略性新兴产业国际贸易伙伴关系中发挥着日益重要的作用。

第三，内生机制的检验结果显示，扩张性检验结果显示战略性新兴产业的出口呈现出一种分散的趋势，反映出随着一些新兴国家的崛起，逐步打破了传统发达经济体在战略性新兴产业贸易中的垄断地位。传递性和循环性闭合的检验结果证实了战略性新兴产业国际贸易网络中存在明显的等级结构，经济体之间分布不均的出口贸易关系可能会进一步加剧它们之间的进出口贸易差距。延迟互惠性的检验结果说明互惠贸易关系的形成具有显著的时间动态特性，稳定性和变异性系数显著为正，

变异性的系数并不显著，说明战略性新兴产业国际贸易网络在演化的进程中保持着相对稳定的演进趋势。

第四，实证结果也显示战略性新兴产业国际贸易网络的形成和演化不仅受到外生机制的影响，也表现出显著的路径依赖特征，忽略内生机制的影响极易导致结果的偏差。因此，在探索和分析战略性新兴产业国际贸易关系的形成和演化机制时，构建既包含外生机制，也包括内生机制的系统性分析模型是十分必要的。

（二）战略性新兴产业和一般性制造类产业国际贸易关系网络的比较

为进一步了解战略性新兴产业国际贸易网络形成与演化的特征，本文对上述结论和相关针对传统制造业、中低技术制造业或劳动密集型产业为研究对象的一般性制造业国际贸易研究结论进行了对比。

首先，在全球贸易网络的演变上，结果显示高成长性和高波动性的战略性新兴产业国际贸易网络格局较为稳定，而有研究显示低成长性的一般性制造业产业的国际贸易网络反而变动较大，例如全球服装贸易网络（姚秋蕙等，2018）^[30]。这可能与占据全球价值链高端位置的发达经济体的“技术垄断”导致发展中国家难以突破全球价值链“低端锁定”有关。其次，在网络结构变迁上，战略性新兴产业国际贸易网络呈“出口分散”趋势，而一些位于产业链低端的产业国际贸易网络结构却呈现出“出口集聚、进口分散”的特征（高波阳和李俊玮，2017）^[31]。再次，在双边贸易关系形成上，经济体之间地理邻近性、自贸协定、历史殖民关系无论在战略性新兴产业还是在一般性制造业中，均通过物流成本、关税成本的降低促进了双边贸易关系的形成和持续（张亚斌等，2014）^[32]。经济体之间的经济距离阻碍着它们之间的战略性新兴产业贸易，而对劳动密集型制造业贸易关系的影响相对较弱（王博等，2019）^[33]。这说明，对于经济水平落后的国家或经济体而言，它们对战略性新兴产业的需求可能要低于一般性制造类产业。同时，因为不同行业中知识产权及其价值的差异，使得这一趋同效应主要产生于技术复杂度更高、产权价值更大的技术密集型产业之中（黄蕙萍和万平，2018）^[34]。最后，在经济体属性上，经济水平、贸易水平以及贸易自由度均有利于增强经济体在战略性新兴产业和一般性制造业国际贸易网络中的出口优势地位。但研发投入水平的作用却存在差异，相对于劳动密集型产业而言，研发投入对于技术密集型产业出口能力提升的作用更强（王振国等，2021）^[35]。

（三）政策建议

第一，应持续增加研发投入，提升产品技术等级，增强产品优势，促进战略性新兴产业发展，强化我国在战略性新兴产业国际贸易网络中的优势地位，形成以研发推动战略性新兴产业发展和升级，后者支撑产品和技术研发的良性循环，更好地发挥战略性新兴产业在推动经济增长中的“新动能”作用。同时，要进一步完善严格的知识产权保护制度，为激发社会创新活力，提升创新效率，推动战略性新兴产业的发展创造良好的市场环境，还可缓解潜在贸易伙伴因知识产权保护问题而产生的顾虑，有助于深度参与战略性新兴产业全球产业链的变革和发展。

第二,在国内通过继续坚持开放打造更好的贸易环境,在国外以“自由贸易协定”为抓手进一步扩大高质量贸易伙伴的数量,以巩固和加强自身在战略性新兴产业国际贸易关系网络中的中心地位。同时,在和曾被西方传统强国殖民过的国家或地区贸易时,应重视西方传统强国对这些地区的政治和经济影响力。

第三,战略性新兴产业国际贸易进程中由等级效应引致的贸易差距进一步扩大,也给日趋复杂的全球贸易关系也带来了更大的困难与挑战。我国在推进战略性新兴产业发展时,除重视产业结构的调整外,还应和贸易伙伴构建优势互补、互惠的双边贸易关系。同时,要协调好战略性新兴产业中各经济体间的竞争关系,关注需求过大而出口能力不足的国家或地区,积极推进跨区域多层次贸易伙伴关系的形成和维系,缓解等级效应对贸易带来的负面影响。

第四,战略性新兴产业和一般性制造业的国际贸易网络在演化和动力机制上的共性和差异,也提示未来在制定相关产业发展政策时,不仅要因业施策,更要注意这类产业之间的联系,以实现它们之间的良性耦合。

[参考文献]

- [1] 李东阳,鲍洋,李文钰.中国战略性新兴产业国际贸易网络布局及其优化策略——基于社会网络分析视角[J].产业组织评论,2018,12(2):211-223.
- [2] 何宇,张建华,陈珍珍.贸易冲突与合作:基于全球价值链的解释[J].中国工业经济,2020(3):24-43.
- [3] 马述忠,任婉婉,吴国杰.一国农产品贸易网络特征及其对全球价值链分工的影响——基于社会网络分析视角[J].管理世界,2016(3):60-72.
- [4] 牛华,兰森,马艳昕.“一带一路”沿线国家服务贸易网络结构动态演化及影响机制[J].国际商务——对外经济贸易大学学报,2020(5):78-93.
- [5] 许和连,孙天阳,成丽红.“一带一路”高端制造业贸易格局及影响因素研究——基于复杂网络的指数随机图分析[J].财贸经济,2015(12):74-88.
- [6] 戴魁早,方杰.贸易壁垒对出口技术复杂度的影响——机制与中国制造业的证据[J].国际贸易问题,2019(12):136-154.
- [7] LALL S, WEISS J, ZHANG J. The “Sophistication” of Exports: A New Trade Measure [J]. World Development, 2006, 34 (2): 222-237.
- [8] XUAN N D. Trade Liberalization and Export Sophistication in Vietnam [J]. Journal of International Trade and Economic Development, 2016, 25 (8): 1071-1089.
- [9] 代中强,梁俊伟,孙琪.知识产权保护、经济发展与服务贸易出口技术复杂度[J].财贸经济,2015(7):109-122.
- [10] 张海波,李东.中国制造业出口贸易品技术含量测度与影响因素研究[J].国际经贸探索,2015,31(2):43-51.
- [11] 张威,崔卫杰.中国高新技术产品贸易发展现状、形势与展望[J].国际贸易,2011(9):18-26.
- [12] 熊勇清,李鑫,黄健柏,等.战略性新兴产业市场需求的培育方向:国际市场抑或国内市场——基于“现实环境”与“实际贡献”双视角分析[J].中国软科学,2015(5):129-138.
- [13] 黄先海,张胜利.中国战略性新兴产业的发展路径选择:大市场诱致[J].中国工业经济,2019(11):60-78.
- [14] 曹虹剑,贺正楚,熊勇清.模块化、产业标准与创新驱动发展——基于战略性新兴产业的研究[J].管理科学学报,2016,19(10):16-33.

- [15] 黄蕙萍, 尹慧. 我国战略性新兴产业全球价值链升级影响因素分析 [J]. 科技管理研究, 2016, 36 (10): 19-24.
- [16] 唐晓彬, 崔茂生. “一带一路”货物贸易网络结构动态变化及其影响机制 [J]. 财经研究, 2020, 46 (7): 138-153.
- [17] ROBINS G, PATTISON P, KALISH Y, et al. An Introduction to Exponential Random Graph (p^*) Models for Social Networks [J]. Social Networks, 2007, 29 (2): 173-191.
- [18] 刘林青, 闫小斐, 杨理斯, 等. 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, 2021 (2): 98-116.
- [19] SMITH M, GORGONI S, CRONIN B. International Production and Trade in a High-tech Industry: A Multilevel Network Analysis [J]. Social Networks, 2019 (59): 50-60.
- [20] HE X J, DONG Y B, WU Y Y, JIANG G R, et al. Factors Affecting Evolution of the Interprovincial Technology Patent Trade Networks in China based on Exponential Random Graph Models [J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2019, 514 (2): 443-457.
- [21] CRANMER S J, HEINRICH T, DESMARAIS B A. Reciprocity and the Structural Determinants of the International Sanctions Network [J]. Social Networks, 2014 (36): 5-22.
- [22] WU G, FENG L, PERES M, et al. Do Self-organization and Relational Embeddedness Influence Free Trade Agreements Network Formation? Evidence from an Exponential Random Graph Model [J]. The Journal of International Trade & Economic Development, 2020, 29 (8): 995-1017.
- [23] LEIFELD P, CRANMER S J, DESMARAIS B A. Temporal Exponential Random Graph Models with Btergm: Estimation and Bootstrap Confidence Intervals [J]. Journal of Statistical Software, 2018, 83 (6): 1-32.
- [24] LOMI A, LUSHER D, PATTISON P E, et al. The Focused Organization of Advice Relations: A Study in Boundary Crossing [J]. Organization Science, 2014, 25 (2): 438-457.
- [25] RANK O N, ROBINS G L, PATTISON P E. Structural Logic of Intraorganizational Networks [J]. Organization Science, 2010, 21 (3): 745-764.
- [26] DESMARAIS B A, CRANMER S J. Statistical Mechanics of Networks: Estimation and Uncertainty [J]. Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2012, 391 (4): 1865-1876.
- [27] 李敬, 陈旒, 万广华, 等. “一带一路”沿线国家货物贸易的竞争互补关系及动态变化——基于网络分析方法 [J]. 管理世界, 2017 (4): 10-19.
- [28] 谢杰, 陈锋, 陈科杰, 等. 贸易政策不确定性与出口企业加成率: 理论机制与中国经验 [J]. 中国工业经济, 2021 (1): 56-75.
- [29] 施炳展, 张瑞恩. 中国省际贸易潜力估算——基于国内贸易与国际贸易对比的视角 [J]. 国际贸易问题, 2021 (12): 49-65.
- [30] 姚秋蕙, 韩梦瑶, 刘卫东. 全球服装贸易网络演化研究 [J]. 经济地理, 2018, 38 (4): 26-36.
- [31] 高波阳, 李俊玮. 全球电子信息产业贸易网络演化特征研究 [J]. 世界地理研究, 2017, 26 (1): 1-11.
- [32] 张亚斌, 黎溢, 李静文. 制造业出口贸易生存分析与跨国比较研究 [J]. 国际贸易问题, 2014 (11): 3-13.
- [33] 王博, 陈诺, 林桂军. “一带一路”沿线国家制造业增加值贸易网络及其影响因素 [J]. 国际贸易问题, 2019 (3): 85-100.
- [34] 黄蕙萍, 万平. 知识产权保护对制造业贸易利益影响研究——基于附加值贸易核算方法的分析 [J]. 价格理论与实践, 2018 (2): 127-130.
- [35] 王振国, 牛猛, 张亚斌. 中国出口实现功能升级了吗——纳入功能分工的新视角 [J]. 国际贸易问题, 2021 (6): 1-16.

(责任编辑 王 瀛)

Research on the Evolution of Strategic Emerging Industries' International Trade Network and Its Dynamic Mechanism

LUO Chaoliang FU Zhengping LIU Bing WANG Xi

Abstract: Based on the temporal exponential random graph model (TERGM), this paper analyzed the evolution of strategic emerging industries' international trade network and the dynamic mechanism that affects them. The analysis yields the following results. Both sending and receiving effects exist in economies' GDP and trade ratio, while only sending effects exist in economies' R&D expenditure and trade freedom. Convergence effect shows that trade relations in strategic emerging industries is more likely to occur between economies with similar GDP and degree of property rights protection. The border network, colony network and free trade agreement network have positive effect on the formation and maintenance of the import and export trade relationship between economies. The evolution of strategic emerging industries' international trade network keeps relatively stable trend, while the export economies are decentralized, and exhibit an increasingly obvious hierarchical structure, moreover, the formation of reciprocal trade relations has a significantly dynamic delay characteristic. This study overcomes the limitations of traditional methods, which only focus on exogenous factors and static analysis, and deeply describes the evolution and dynamic mechanism of the strategic emerging industries international trade network. This study can provide guidance for developing strategic emerging industries in China and eliminate potential trade frictions, maintaining as well as enhancing the nation's dominant position in the strategic emerging industries international trade network.

Keywords: Strategic Emerging Industry; International Trade Network; Evolution; Dynamic Mechanism; Temporal Exponential Random Graph Model