

王翔宇, 叶玉瑶, 巫细波, 张智颖, 程风雨, 邹小华, 赵蓓蕾, 张虹鸥. 2023. 新一轮贸易保护如何改变珠三角电子通信产业产学研合作创新网络进而影响创新绩效?. 热带地理, 43 (12): 2274-2287.

Wang Xiangyu, Ye Yuyao, Wu Xibo, Zhang Zhiying, Cheng Fengyu, Zou Xiaohua, Zhao Beilei, and Zhang Hong'ou. 2023. How does the New Round of Trade Protection Change the Innovation Network of Industry-College-Institute Cooperation in the Pearl River Delta Electronic Communication Industry and Affect Innovation Performance?. *Tropical Geography*, 43 (12): 2274-2287.

新一轮贸易保护如何改变珠三角电子通信产业 产学研合作创新网络进而影响创新绩效?

王翔宇¹, 叶玉瑶², 巫细波¹, 张智颖³, 程风雨¹, 邹小华¹, 赵蓓蕾^{4,5}, 张虹鸥²

(1. 广州市社会科学院 区域发展研究所, 广州 510410; 2. 广东省科学院广州地理研究所 广东省遥感与地理信息系统应用重点实验室/
广东省地理空间信息技术与应用公共实验室, 广州 510070; 3. 广东省科学院, 广州 510070; 4. 中国社会科学院大学
应用经济学院, 北京 102488; 5. 广州城市战略研究院, 广州 510410)

摘要: 主要基于2014—2021年美国出口管制条例(EAR)以及珠三角电子通信产业发明专利数据, 通过描述性统计以及建立QAP(Quadratic Assignment Procedure, 二次指派程序)和负二项回归模型, 探究新一轮贸易保护对产学研合作关系以及二者共同对合作创新绩效的影响效应和机制。研究发现, 珠三角电子通信产业产学研合作创新关系的结构逐渐去中心化, 其异质性增长趋于停滞, 新一轮贸易保护没有促进产学研合作关系异质性的增加; 新一轮贸易保护显著调节地理邻近性, 造成合作创新的地理尺度下降。计量回归结果显示, 在贸易保护的冲击下, 产学研合作关系的异质性对合作创新绩效的影响由正转负, 倒U型关系已达显著; 贸易保护使其他维度的邻近性与地理邻近性对合作创新绩效的影响效应此消彼长, 其调节效应突出体现在其强化地理邻近对产学研合作关系及创新绩效的正向效应。上述发现提醒产学研创新支持政策还需进一步细化优化。文章由此针对性地提出一些政策建议, 即针对不同类型企业的内部与外部化创新交易成本制定相适应的创新支持政策, 强化企业在创新中的主体地位, 促进跨地区合作, 在一定程度上能够为中国的区域战略性新兴产业摆脱国际技术贸易封锁、实现高质量自主创新与技术合作提供决策参考。

关键词: 贸易保护; 产学研合作; 创新网络; 创新绩效; 关系异质性; 电子通信; 多维邻近性; 珠三角

中图分类号: F273.1; F426.6

文献标志码: A

文章编号: 1001-5221(2023)12-2274-14

DOI: 10.13284/j.cnki.rddl.003788

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



近年来, 国际对华贸易保护已超越加征关税这一传统形式。知识产权调查、反倾销、技术壁垒(TBT)、出口管制条例(EAR)等多元的非关税贸易壁垒逐渐成为西方国家限制对华贸易的主要形式(夏昕鸣等, 2019; 贺灿飞等, 2020)。由于国际循环受阻, 2020年4月中央财经委员会第七次会议

和同年5月的“两会”提出并强调了“逐步形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局”的“双循环”战略。2018年以来, 主要由美国发起的新一轮贸易保护导致中国的技术贸易外循环受阻。

过去的30余年, 中国产业经济逐渐融入全球

收稿日期: 2023-06-14; **修回日期:** 2023-11-18

基金项目: 广州市社会科学院新进科研人员专项课题(XJZX23001); 广东省科学院2023年度打造综合产业技术创新中心行动专项资金项目“广东省高质量发展理论与方法与路径创新”(2023GDASZH-2023010101); 广东省基础与应用基础研究基金区域联合基金青年基金项目(2022A1515110530)

作者简介: 王翔宇(1992—), 男, 安徽宿州人, 助理研究员, 博士, 主要研究方向为城市与区域经济、产业地理, (E-mail) xiangyu.wang.15@alumni.ucl.ac.uk;

通信作者: 巫细波(1983—), 男, 广东五华人, 研究员, 主要研究方向为区域经济、空间计量与GIS应用、POI大数据挖掘, (E-mail) wuxibo@gz.gov.cn。

化,制造业在东南沿海逐渐形成区域集聚(贺灿飞等,2006;王缉慈,2010;Ding et al.,2022)。相较于劳动密集型产业,技术密集型产业的区域集聚程度更高。在东部地区,集聚程度最高的是电子通信产业(吴学花等,2004;路江涌等,2006;贺灿飞等,2011)。电子通信产业是战略性高技术产业之一,近年在技术贸易的国际循环中显著受阻,相较于其他高技术产业,其受限企业数量多、受限产品范围广、所适用的贸易保护条款更新频率快(陆天驰等,2019;周磊等,2020)。对区域产业而言,当其技术贸易的外循环受阻时,为保证技术的供给,企业可能寻求新的技术贸易外循环路径,或转向境内开展自主研发或产学研合作。在新一轮贸易保护的冲击下,中国本土电子通信产业的国际技术循环如何改变、国内技术循环如何拓展和重构,成为具有理论和现实意义的研究议题。然而,贸易地理文献对近年中国境内产业创新的演变关注不足,对产学研合作创新关系的异质性及其对区域产业创新绩效的影响缺乏连带考虑。由于地理学研究未能将贸易保护以制度的视角接入既有研究框架,因而贸易保护与创新地理文献尚缺少交集。本研究关注珠三角地区的电子通信产业,以技术创新的产学研合作网络为切入点,试图解答新一轮贸易保护对该区域这一产业在合作创新方面的影响。以期在一定程度上能为政府优化产业创新政策、实现高质量的自主创新与技术合作提供决策参考。

1 文献综述

1.1 贸易保护与创新地理文献缺少交集,对近年中国境内产业创新的演变关注不足

现有关贸易保护对产业影响效应的实证研究大多讨论了中国产业的外循环,如出口网络、世界产业联系网络、出口目的地扩张等,其研究时期在2018年新一轮中美贸易摩擦发生之前(Zhu et al.,2021;贺灿飞等,2022)。伴随着新一轮贸易保护对中国影响程度的增加,不少学者从中国出口市场扩张(贺灿飞等,2020;Zhu et al.,2021);出口产品演化、市场相关多样化(夏昕鸣等,2019;王文宇等,2021);中国对外产业联系(贺灿飞等,2022);光伏产业境内外出口格局(朱向东等,2018)进行研究。在该类关注贸易壁垒(或称贸易保护)效应的地理学文献中,针对中国产业的探讨实质上主要是对其在外循环中地理格局的描述,对在受到外部因素影响之下产业在中国境内发生何种

变化并未给予足够关注。2018年以来,新一轮贸易保护除了影响中国产品出口到境外的地理格局外,更重要的是限制中国通过技术贸易进口的方式实现先进技术输入(如美国限制对华出口尖端半导体产品)。现有的贸易经济地理与创新地理文献仍在各自的脉络上探索延伸、缺乏交集,因此对2018年以后新一轮贸易保护对中国境内产业创新活动造成的影响尚缺乏探索。

经济学和商学中已有一小部分文献关注贸易保护对创新活动的影响,该类文献主要探究某种贸易保护在发起国和受作用国的不同效应,如:本国与他国的反倾销对本土企业研发活动影响的正反差别(Avsar et al.,2019;Xie et al.,2020);发达国家的贸易保护和知识产权歧视政策对发展中国家和发达国家在研发活动影响效应上的差别(Geng et al.,2015;Dai,2019)。最近少数学者关注了实体清单对于中国企业创新绩效的影响(干越倩等,2023),但其研究对象仅限于受实体清单制度波及的上市企业,且不涉及创新合作网络。该类经济学或商学文献对于相关经济地理研究有一定的启发,但也有其局限性。一方面,绝大多数该类文献所探讨的与科技创新活动相关的贸易保护类型主要是技术性贸易壁垒,即许多国家已实施多年的环保、产品质量和认证等贸易保护措施(胡麦秀等,2007;毕克新等,2009;梁涛,2013),这在性质上不同于近年美国基于出口管制条例(Export Administration Regulations)对先进技术(产品)的贸易封锁;另一方面,尽管该类文献已探讨了贸易保护受作用国家的创新活动,但由于其与地理学研究对象和范式的不同,对创新合作关系以及区域尺度产业创新活动整体发生的变化缺乏讨论。

1.2 将贸易保护视作一种制度邻近性变量,则可接入现有的多维邻近性与创新网络研究范式

经济地理学的一个关键问题是确定地理邻近性对互动学习和创新的影响,大量的文献长期关注地理区位和关系网络哪个更能影响创新绩效(Castells et al.,1996;Boschma,2005;Searle et al.,2018)。自Boschma(2005)提出由认知、组织、社会、制度、地理5个维度构成的多维邻近性概念框架以来,多维邻近性开始作为影响因素大量进入创新合作网络研究(Broekel et al.,2012;党兴华等,2013;吕国庆等,2014)。

基于该框架,学者们对于各维邻近性之间的互

动及其影响效应得出了一些共性的结论,可以概述为2个方面:1)认知、社会、制度等维度的邻近,与地理邻近之间相互影响且存在替代效应(周灿等,2019);2)不同维度的邻近性在其互动过程中效应会随着时间推移发生变化(李琳等,2011; Ter Wal, 2014; 吕国庆等,2014; Balland et al., 2015, 2016)。基于该框架开展的研究给本文以启发:贸易保护或可作为一个与各维邻近性平行的维度嵌入研究框架,以便探究相应的创新网络演化特征和机制。解构多维邻近性后不难发现,除了制度邻近性之外,其余维度的邻近性都是创新主体自身某种属性的体现。贸易保护可以被视为由一国制定、向他国施加的可超越国境(supra-national)的一种制度(王翔宇等,2021)。新的贸易保护措施出台,意味着贸易主体之间制度邻近性的急剧降低。因此,考虑将2018以后新一轮的技术贸易保护作为一种制度邻近性变量,嵌入多维邻近性框架,由此使得贸易和创新地理2类研究脉络能基于经济地理现有的研究范式相衔接,以便探究2018年以后新一轮贸易保护给原有产业贸易主体技术创新活动的新影响。

1.3 创新合作关系在产学研结构上的异质性及其对区域产业创新绩效的影响缺乏连带考虑

在探讨创新网络演化动力机制的文献中,异质性来源于多方面,主流文献最常探讨的异质性大体分为2类:1)由于创新主体不同技术势能带来的技术权力异质性。其研究对象主要是技术势能大小不同的企业及其相应的创新网络结构(梅丽霞等,2009;孙国强等,2019;林兰等,2019)。2)基于创新模式的二分法开展研究,通常将创新模式分为知识学习(STI)和经验学习(DUI)(陈钰芬等,2013;林兰等,2017;赵晓斌等,2018)。对这2类常见研究而言,源自企业自身属性或是企业知识学习模式的差异是其关注的核心。然而就本研究而言,新一轮贸易保护冲击之下,中国大陆电子通信企业整体都面临突如其来的国产替代压力,其技术水平相较于发达国家的巨头企业普遍偏低且短期内难以超越,不论是科学研究还是经验交流都需要推进累积。因此,本研究所关注的异质性并非企业自身属性的差异,而是当前国际贸易保护形势下,企业整体被迫转向自主创新过程中,其对外创新合作关系结构的异质性。企业除了自身研发之外,还可能对外寻求与其他企业、高等学校以及科

研院所的合作。然而新一轮贸易保护对于该类产学研合作关系的影响尚缺乏文献探讨。

针对产学研创新合作,学者们已进行大量实证研究,一般认为企业、高校和科研院所具有不同的创新资源优势,在网状协同创新体系中可以实现优势互补、强化创新(于天琪,2019;索琪等,2022)。地理学文献多描绘了产学研合作网络的空间特征及其影响机制(王秋玉,2016;胡杨等,2017);管理学文献则更关注网络的结构属性特别是合作关系的异质性(结构熵)(袁剑锋等,2017)。作为网络的结构属性之一,产学研合作关系的异质性一方面受到外部因素的影响,另一方面也影响网络创新主体的创新绩效(钱锡红等,2010;Wang et al., 2020)。然而关注异质性的文献大多只研究了某种异质性或是网络结构本身,异质性往往仅作为被解释变量,导致对关系异质性变化连带的创新绩效改变缺乏探究(赵炎等,2013;刘晓燕等,2014;高霞等,2016)。同时该类文献也缺乏对外部因素冲击的关注。鉴于此,本研究着重关注贸易保护这一外部因素对产学研合作关系结构的影响,并进一步探究产学研合作关系结构改变可能导致的区域产业整体创新绩效的变化。

综上,现有相关研究主要存在3方面不足:1)大多只探讨了贸易保护对一般进出口贸易的直接影响,对新一轮贸易保护如何影响中国产业的技术创新活动缺乏关注;2)尽管基于多维邻近性框架探究内外因素对创新网络的影响是常见的研究范式,但贸易保护尚未被以制度邻近的视角接入该框架,导致相关文献未就这一外部因素与创新网络进行深入关联;3)创新合作关系在产学研结构上的改变是近年新一轮贸易保护可能带来的最直接变化,其结构异质性如何受到贸易保护影响及其进而如何影响区域产业整体的创新绩效尚缺乏连续性的综合研究。因此,本研究试图探究在新一轮贸易保护冲击之下,创新网络在产学研合作结构方面如何演变,并进一步探究该合作关系异质性的改变对创新绩效的可能影响。研究目的在于探明2018年后在新一轮贸易保护冲击之下,珠三角电子通信产业由国际技术贸易转向自主创新过程中产学研合作创新网络的结构特征,并揭示该转变过程中贸易保护、多维邻近性、产学研合作关系的异质性等因素对合作创新的复杂影响机制。

2 研究方法

2.1 数据来源与处理

珠三角区域拥有数量众多的电子通信企业与机构，企业独立创新与产学研合作创新活动活跃。本文中产业所在的珠三角地区行政范围包含广州、深圳、佛山、东莞、珠海、中山、惠州（不含龙门）、江门、肇庆（不含封开、怀集、广宁、德庆）。由此建立珠三角地区电子通信产业申请专利的空间数据库。在新一轮贸易保护时间节点的划分上，以新一轮中美贸易争端起始年份2018年作为前后时间分界：以中兴通讯在2018-04-16遭受美国商务部禁令这一标志性事件划分，此日期之后（含）作为新一轮贸易保护时期。

参照《中国高技术产业统计年鉴》（国家统计局社会科技和文化产业统计司，2022）对高技术产业和电子通信产业的界定，将相关三位数代码行业纳入研究范围。由于国民经济行业分类与国际专利分类（IPC）属于2个独立的分类系统，故依据《战略性新兴产业分类与国际专利分类参照关系表（2021）（试行）》（国家知识产权局办公室，2021）等指引文件，将电子通信产业在国民经济行业分类中的三位数代码与IPC号进行关联，提取相应的发明专利数据。用于分析的专利数据主要来源于世界知识产权组织专利数据库（WIPO^①），并用国家重点产业专利信息服务平台^②的数据作为补充。剔除专利权人是个人数据，再根据地址信息进行地理编

码，通过坐标纠偏与异常值清洗，建立2014—2021年珠三角电子通信产业创新空间数据库，共获得专利约12万7千条，其中产学研合作的专利数量8千余条。

2.2 变量测度

用于分析的各指标变量及测度方法见表1所示。对中国进口方向遭遇的新一轮贸易保护强度，以美国出口管制条例内的商品管制目录（CCL）、实体清单（EL）、未经核实名单（UVL）3个细则文件为基础资料，依据商品分类编码提取电子通信产业相关数据，借鉴情报学中的“共词分析”法，使用Python软件语料库实现英文分词后，用具有因果逻辑的关键词共现频数测度。产学研合作关系的异质性采用结构熵测度，结构熵 H_i 的计算方法为：

$$H_i = -\sum_{\alpha} \frac{k_{i\alpha}}{S_i} \quad (1)$$

式中： $k_{i\alpha}$ 代表节点 i 与第 α 类节点的连边强度，在本研究中 α 取3，代表只考虑产、学、研三类节点； S_i 表示节点 i 的总连边强度。若节点 i 只与一类节点连接，则 H_i 达到最小值0；若节点 i 与每类节点的连接强度相同，则 H_i 达到最大值 $\ln 3$ 。只有在进入统计模型作为因变量时，会进一步做矩阵化处理。此外，为最大程度地消除不同维度邻近性之间的模糊与重叠、兼顾邻近性的可测度性（Knoben et al., 2006），除了将贸易保护作为核心解释变量以制度邻近的视角接入多维邻近性框架外，本研究还考虑地理、社会、认知3个维度的邻近性。

表1 指标变量与测度方法

Table 1 Indicator variables and measurement methods

影响因素变量	名称缩写及涵义	测度方法
新一轮贸易保护强度	出口向(EXTP):世界非关税贸易壁垒	技术性贸易壁垒和反倾销数量
	进口向(INTP):美国对技术贸易制定的法律规制	对美国出口管制条例的3个细则文件共词分析得到的关键词共现词频
创新关系的异质性	H_i :与不同类型节点间关系的多样性程度	将节点分为3类,以结构熵测度
创新绩效	合作创新绩效(IP)	离散型定比(ordinal)变量,值为正整数;发明专利数量
多维邻近性	地理邻近性(GP):地理空间上的邻近程度	地理距离经对数处理后的正向指标
	社会邻近性(SP):组织之间已经存在涉及信任的社会关系	网络中主体间最短路径长度的倒数
	认知邻近性(CP):主体在相互沟通时所表现的沟通方式和处事方式的相似性	以合作领域专利技术向量夹角计算
网络结构特征	度中心性(C):网络节点的资源集聚程度	与该专利权人相连的所有专利权人合作频次之和
	结构洞(S):网络中某些个体和有些个体发生直接联系,但与其他个体不发生直接联系的一种结构	用2减去网络约束指数的正向指标
控制因素	创新能级(IL):控制机构规模可能给创新带来影响的变量	研究时段最后一年创新主体实际拥有的专利总量

① <https://www.wipo.int/portal/en/index.html>

② <http://chinaip.cnipa.gov.cn/chinaip/index.html#>

2.3 模型设计

2.3.1 新一轮贸易保护对产学研合作关系异质性的影响 建立社会网络分析中常用的QAP (Quadratic Assignment Procedure, 二次指派程序) 多元回归模型, 探究新一轮贸易保护对珠三角电子通信业产学研合作关系异质性的影响机制。QAP是一种非参数检验, 通过对比2个及以上方阵中相对应的各个格值, 给出矩阵间的相关系数, 考察关系矩阵之间的回归关系。

$$H_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 \times \text{EXTP}_{i,t} + \beta_2 \times \text{INTP}_{i,t} + \beta_3 f_1(mP_i \times \text{EXTP}_{i,t}) + \beta_4 f_2(mP_i \times \text{INTP}_{i,t}) + \beta_5 D + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

式中: $H_{i,t}$ 表示 t 时间产学研合作网络节点 i 的关系异质性矩阵, 相比以某种关系数量或者比例计算得到的异质性数值, 以结构熵计算处理后生成的矩阵是标准化的数据, 作为因变量, 其取值是2014—2017和2018—2021年2个研究时段内各年份的三值矩阵; mP_i 代表节点 i 在所研究的3个维度的邻近性, 也是三值矩阵; EXTP和INTP是核心解释变量, 分别为出口和进口方向的贸易保护强度; D 代表网络结构特征和控制因素3个单变量, 核心解释变量与单变量皆为向量型数据。为探索贸易保护影响之下, 地理邻近性与其他邻近性的相对重要性如何变化, 将各维邻近性变量与进出口贸易保护分别相乘的交互项 $f_1(mP_i \times \text{EXTP})$ 和 $f_2(mP_i \times \text{INTP})$ 也纳入回归模型, 用于检验贸易保护对多维邻近性效应的调节效应。变量前的希腊字母为相应的回归系数; ε_i 表示随机误差项。分2014—2017和2018—2021年2个时段进行回归分析。

2.3.2 新一轮贸易保护影响下产学研合作关系异质性对合作创新绩效的影响 被解释变量为企业相应年份的专利申请数, 建立负二项回归模型:

$$\text{IP}_{i,t} = \alpha_0 + \gamma_1 \times \text{EXTP}_{i,t} + \gamma_2 \times \text{INTP}_{i,t} + \gamma_3 \times H_{i,t} + \gamma_4 \times H_{i,t}^2 + \gamma_5 f(mP_i \times \text{TP}) + \gamma_6 U(H_i \times mP_i) + \gamma_7 V_1(H_i \times \text{TP}) + \gamma_8 V_2(H_i^2 \times \text{TP}) + \gamma_9 D + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

式中: IP_i 为节点 i 的合作创新绩效; TP为进口或出口向的贸易保护强度; H_i 为相应的产学研合作关系异质性程度, 为结构熵的数值。同时引入二次项(H^2)的目的在于检验在贸易保护的影响下, 产学研合作关系的异质性是否与创新绩效间存在倒U型关系。设置交互项 $f(mP_i \times \text{TP})$ 以探索贸易保护对于多维邻近性的调节效应; 设置交互项 $U(H_i \times$

$mP_i)$ 和 $V_1(H_i \times \text{TP})$ 分别探索多维邻近性和贸易保护在产学研合作异质性影响创新绩效过程中的调节机制; 设置交互项 $V_2(H_i^2 \times \text{TP})$ 检验贸易保护对产学研合作异质性与创新绩效之间可能的倒U型关系是否具有调节效应。

3 新一轮贸易保护影响下珠三角电子通信产业产学研合作创新网络结构的演变

3.1 创新合作主体的数量变化

由图1可见, 从2012年起, 珠三角电子通信产业的创新合作关系总数量与合作主体总数量呈稳步攀升趋势。2018年后, 新建关系、新进主体的数量增速放缓, 而消失关系数的增速以及退出主体数的增速有所上升。经计算, 创新主体的年平均增速低于专利数量的增速。这一方面表明创新主体的平均合作专利数在逐年增加; 另一方面说明大部分创新主体之间已形成较为稳定的合作关系, 新的创新主体大多依托原有创新主体的关系牵引入网。就

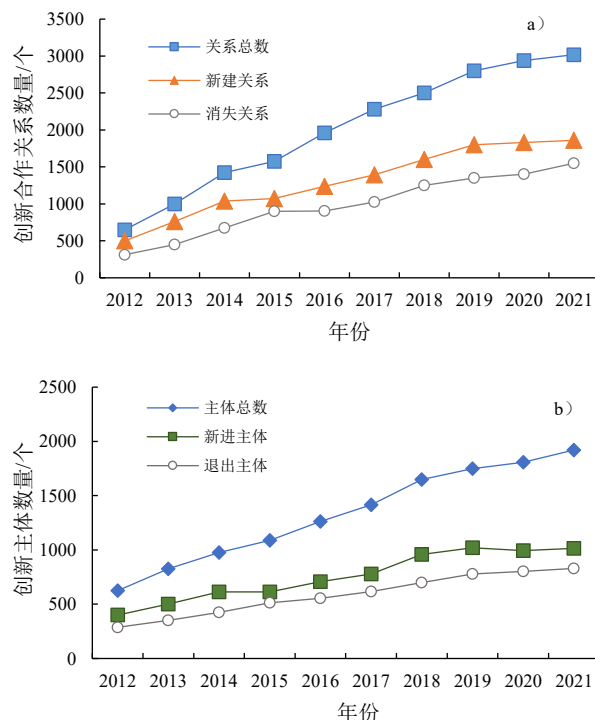


图1 2012—2021年珠三角电子通信产业合作关系(a)和合作主体(b)数量变化

Fig.1 The changes of the collaborative relationships(a) and the number of collaborative agents(b) in the electronic communication industry in the Pearl River Delta during 2012-2021

合作规模而言，由4~5个创新主体组成的合作关系是主要的合作形态。

3.2 新一轮贸易保护使创新网络结构从“核心-外围”转向“多核”

进一步地，基于网络创新主体的度中心性、创新能级（持有专利总量）的大小，分析网络节点的核心-边缘位置的演化。如表2所示，新一轮贸易保护以来，创新合作网络的一个明显变化是强中心的减少和一般中心数量的增多。2014—2017年，创新网络的“核心-外围”结构特征明显，这意味新嵌入主体对网络核心成员具有较高的依赖行为。2018

—2021年，网络最大度增幅放缓，网络子图数倍增，外围的“多核”明显增多。如广州华睿光电材料有限公司、深圳市国华光电科技有限公司在2021年的合作专利数量都比2017年大约翻了一番。但如华育昌（肇庆）智能科技有限公司在2018以后新进入且度中心性较高的企业并不多。这说明2018年以后新网络中心的出现更多是基于原有企业的位置升级而非新企业的进入。在网络密度下降与多中心结构出现的同时，2021年珠三角电子通信产业创新主体持有的专利总量已经增长为2017年的1.53倍，说明企业和机构近年更倾向于自主创新而非对外合作。

表2 贸易保护前后珠三角电子通信产业创新网络节点中心等级与数量占比

Table 2 The ratio of the level and number of node centers in the innovation network of electronic communication industry in the Pearl River Delta before and after trade protection

中心等级	2014—2017年		2018—2021年	
	领先企业或机构	占比/%	领先企业或机构	占比/%
强中心	华为技术有限公司、南方电网科学研究院有限责任公司、深圳海令科技有限公司、中兴通讯股份有限公司、鸿富锦精密工业(深圳)有限公司	1.45	广东电网有限责任公司、华为技术有限公司、深圳海令科技有限公司	0.89
次强中心	海洋王照明科技股份有限公司、深圳市蚂蚁雄兵物联技术有限公司、欧菲光集团股份有限公司、展晶科技(深圳)有限公司	8.35	美的集团股份有限公司、摩比天线技术(深圳)有限公司、深圳市国华光电科技有限公司、广东佛智芯微电子技术研究有限公司、鸿富锦精密工业(深圳)有限公司、珠海格力电器股份有限公司	9.41
一般中心	珠海万力达电气自动化有限公司、海精密工业(深圳)有限公司、浙江大学	7.64	广东芯华微电子有限公司、深圳市大疆创新科技有限公司、西安电子科技大学、华育昌(肇庆)智能科技有限公司	15.23
弱中心	宇龙计算机通信科技(深圳)有限公司、广州瓦良格机器人科技有限公司、西安电子科技大学、圣塔克拉拉大学	10.34	东莞南玻太阳能玻璃有限公司、广州华睿光电材料有限公司、香港科技大学、清华大学	13.56

注：仅列出珠三角电子通信产业产学研合作关系数量均>6，且持有总专利总数>60的节点。

用Gephi将合作创新机构与关系可视化，由图2可见，新一轮贸易保护之前华为和中兴的中心性显著，处于主导地位；2018年以后，尽管创新网络的节点数量、关系总体规模都在不断增加，但企业对外合作关系的平均数减少。

3.3 新一轮贸易保护以来产学研创新合作关系总量增加、异质性降低

对于异质性，本文关注企业（F）、高校（U）、科研院所（R）3类，分别基于企-企（F-F）、企-校（F-U）、企-研（F-R）3类创新模式测取局域网络结构度（表3）。在新一轮贸易保护之前，企-校、企-研的网络结构平均度分别为2.01、2.16，远高于企-企网络的平均度。这说明在外部贸易环境宽松、技术贸易较为容易时，高校与科研院所的专业知识优势使它们成为合作创新的枢纽。从创新合作强度（合作专利的数量占比）看，新一轮贸易保护以后，企业与企业之间合作强度增加显著，上升至

74.38%，接近企-校、企-研合作强度总和的3倍。

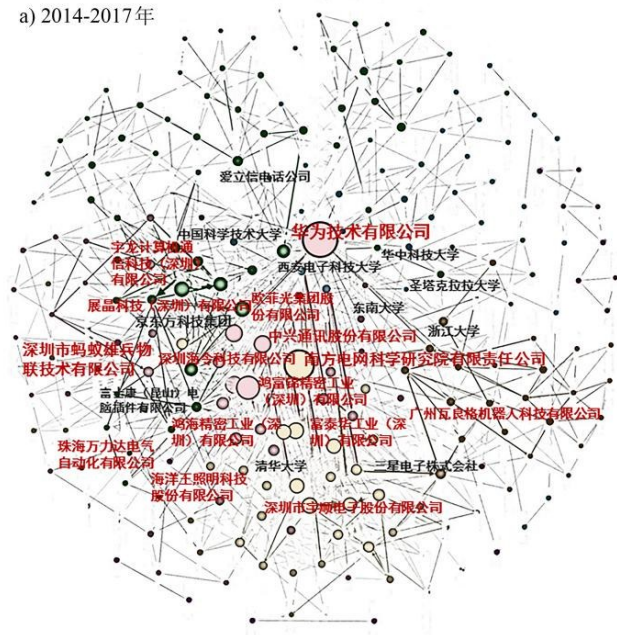
4 回归模型分析

4.1 产学研合作关系异质性的影响机制

表4显示了2018年前后，贸易保护等因素对产学研合作关系异质性的回归结果。其中，模型（2）和（4）令贸易保护强度与各维邻近性相乘的交互项进入，以检验贸易保护对多维邻近性的调节效应。模型（1）和（2）显示，2018年以前贸易保护对产学研合作的影响并不显著，主要的影响因素是各维邻近性和网络的结构属性（中心度、结构洞）。模型（3）和（4）中EXTP、INTP的系数皆为负，且分别在10%和1%的置信水平显著，表明2018年后新一轮贸易保护对产学研合作关系的异质性产生负向影响，且在进口方向的影响更为显著。

对比数据可知，新一轮贸易保护前后社会邻近性（SP）及其交互项的系数分别在5%和1%的水平

a) 2014-2017年



b) 2018-2021年



图注：红色字体为位于珠三角的企业或机构。

图2 新一轮贸易保护前后珠三角电子通信产业创新合作网络 (a. 2014—2017年; b. 2018—2021年)

Fig.2 The evolution of patent cooperation network of electronic communication industry in the Pearl River Delta before and after the new round of trade protection (a. 2014-2017; b. 2018-2021)

表3 新一轮贸易保护前后不同合作创新模式的网络结构测度结果

Table 3 Network structure measurement results of different cooperative innovation models before and after the new round of trade protection

产学研合作关系	时间阶段	孤立节点数/个	平均度	密度	合作关系总数/个	合作关系占比/%	平均强度	合作强度占比/%
F-F	前	123	0.78	0.007 8	6 569	59.96	4.15	65.08
	后	254	2.02	0.001 9	10 345	68.71	11.74	74.38
F-U	前	64	2.01	0.001 0	2 334	21.30	8.24	21.46
	后	114	2.47	0.001 4	2 433	16.16	12.62	14.91
F-R	前	108	2.16	0.001 1	2 052	18.73	8.18	13.46
	后	170	2.37	0.001 5	2 277	15.13	12.54	10.71

下显著为正,表明新一轮贸易保护显著正向影响社会邻近性;从地理邻近性(GP)及其交互项的系数看,其对产学研合作异质性的负向效应在贸易保护的影响下变得不显著;认知邻近性(CP)亦有相似变化。换言之,新一轮贸易保护使得产学研合作关系变得更单一化,其在增强社会邻近性的影响方面显示出正调节效应,即企业更倾向于通过原有的社会关系开拓多样的产学研合作关系,而地理邻近或认知邻近不再显著影响产学研合作(图3)。

4.2 新一轮贸易保护影响下产学研合作关系异质性对合作创新绩效的影响

在多次检验之后,发现创新能级(IL)造成自相关的问题,为继续开展研究,将该变量剔除后,重新建模。表5显示了探索合作创新绩效影响机制

的回归分析结果。从模型(1)至(5)的结果可见,无论是否引入交互项,新一轮贸易保护之前产学研合作关系异质性(H)对于合作创新绩效的回归系数为正,且在5%的水平达到显著,这说明2018年以前多样的产学研合作能显著增强创新绩效;产学研合作关系异质性的平方项(H²)的系数为负,意味着关系异质性与合作创新绩效之间可能存在倒U型关系,但未达显著水平。

2018年之后,合作创新绩效的影响机制发生较大变化。就单变量而言,其中一个显著的变化是地理邻近性(GP)对创新绩效的影响由负转正且变得显著($P < 0.05$),而其他维度的邻近性则不再有显著影响,说明新一轮贸易保护显著强化地理邻近性对合作创新的正面效应。将模型(6)和(7)的结

表4 探索产学研合作关系异质性影响机制的回归结果

Table 4 Results of industry-college-institute cooperation under the new round of trade protection

变量	新一轮贸易保护前 (2014—2017年)		新一轮贸易保护后 (2018—2021年)	
	(1)	(2)	(3)	(4)
EXTP	0.002	0.001	-0.003 [*]	-0.002 [*]
INTP	0.012	0.011	-0.007 ^{**}	-0.008 ^{**}
GP	-0.28 ^{**}	-0.32 ^{**}	-0.13 [*]	-0.12 [*]
SP	0.014 ^{**}	0.015 ^{**}	0.024 ^{***}	0.025 ^{***}
CP	0.021 ^{***}	0.018 ^{**}	0.009 [*]	0.008 [*]
C	0.83 ^{***}	0.85 ^{***}	0.31 ^{**}	0.21 ^{***}
S	0.15 ^{***}	0.16 ^{***}	0.09 ^{**}	0.11 ^{***}
IL	-0.001 2 ^{**}	0.001 0 ^{**}	-0.001 9 ^{***}	-0.002 0 ^{***}
GP·EXTP		-0.012 ^{**}		-0.017
GP·INTP		-0.011 [*]		-0.008 [*]
SP·EXTP		0.008 ^{**}		0.014 ^{***}
SP·INTP		0.014 ^{**}		0.021 ^{***}
CP·EXTP		0.007 ^{**}		0.005
CP·INTP		0.009 ^{**}		0.005 [*]

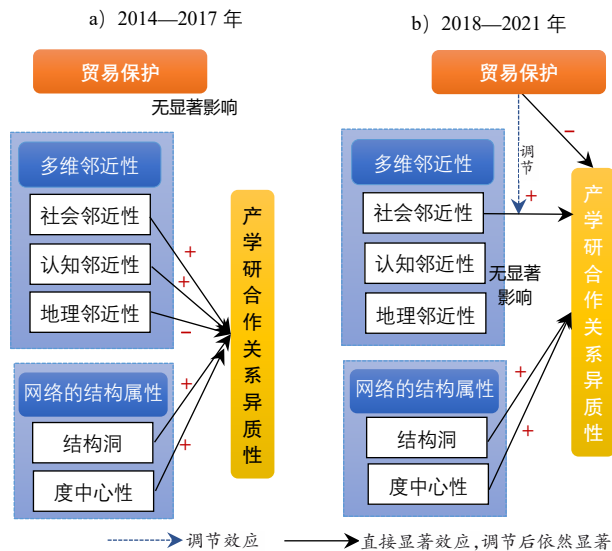
注：^{*} $P<0.1$ ；^{**} $P<0.05$ ；^{***} $P<0.01$ 。

图3 新一轮贸易保护前后产学研合作关系异质性的影响机制

Fig.3 Influence mechanism of heterogeneity of Industry-College-Institute cooperation before and after the new round of trade protection

果与模型(1)和(2)相对比,可知产学研合作关系异质性(H)的正向影响变得不再显著,但其平方项的负向影响则转为显著,说明在新一轮贸易保护的影响下,合作关系的异质性与合作创新绩效之间的倒U型关系已变得显著。此外,度中心性(C)和结构洞(S)的影响变得不显著,即新一轮贸易保护使得创新网络核心节点对合作创新的作用

下降。

模型(8)至(10)检验了调节效应。新一轮贸易保护对产学研合作异质性(H)的调节效应并不显著;只有进口方向的贸易保护对 H 有显著的调节效应($P<0.05$)。由模型(7)至(9)可知,新一轮贸易保护对各维邻近性的调节效应各不相同:其对认知邻近没有调节效应,而在进口方向则对地理邻近、社会邻近的调节效应都达到显著($P<0.05$)。从模型(10)中 H 与各维邻近性相乘的交互项看,只有地理邻近性延续其对产学研合作关系异质性的显著调节效应($P<0.05$),而其他邻近性在2018年以后已无显著调节效应。综上,在新一轮贸易保护的影响下,产学研合作关系的异质程度不再显著提升合作创新绩效;在进口方向的贸易保护影响下,当产学研合作的异质性达到一定程度后,创新绩效不再随着产学研合作异质性的增加而上升,而是降低(图4)。

5 结论与讨论

通过构建2014—2021年珠三角地区电子通信产业产学研合作创新空间数据库,比较了新一轮贸易保护前后产学研合作创新网络的结构特征,并采用QAP模型与负二项回归模型,探究了新一轮贸易保护对产学研合作关系异质性的影响、以及二者共同对合作创新绩效的影响。主要有4个方面的研究发现:

1) 新一轮贸易保护使得珠三角电子通信产业创新合作网络从明显的“核心-边缘”转向多中心的网络结构,网络中高校与科研院所的枢纽或桥梁作用降低,产学研合作关系的异质性不再增加。这些发现不同于基于2017年前的数据对中国电子通信合作创新网络研究所得结论,彼时的网络整体呈“核心-边缘”结构,高校和大型企业占据较高的地位,且直到2017年末产学研合作的异质性是持续增加的(周灿等,2017;索琪等,2022)。新变化可能是由于贸易保护在近年导致高校与科研院所的创新成果转化率低。

2) 就企业持有专利总数而言,相较于合作创新,企业内部化的自主创新是主要的创新形式,并且在新一轮贸易保护之后企业内自主创新占比上升;在合作创新中,企业与企业间的合作占比也在上升。这种变化的微观机制多见于管理学科中基于交易成本理论开展的研究(苏敬勤,1999;黄贤凤等,2020),新一轮贸易保护可能导致企业与不同

表5 探索合作创新绩效影响机制的回归结果

Table 5 Empirical results of the degree of trade protection and innovation performance under the influence of new round of trade protection

变量	新一轮贸易保护前(2014—2017年)					新一轮贸易保护后(2018—2021年)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
EXTP	0.12	0.11	0.13*	0.11	0.08	0.06*	0.08**	0.11*	0.09*	0.07*
INTP	0.19*	0.18*	0.21*	0.22*	0.18*	0.08**	0.15**	0.17*	0.13**	0.14**
GP	-0.13*	-0.16*	-0.19*	-0.18*	-0.11*	0.12**	0.13**	0.14**	0.15**	0.14**
SP	0.34**	0.25**	0.26**	0.29*	0.31**	0.16*	0.19*	0.21*	0.22*	0.18*
CP	0.36*	0.34**	0.32**	0.38**	0.28**	0.24*	0.18*	0.26*	0.23*	0.22*
C	0.76**	0.78**	0.75**	0.74*	0.72*	0.57*	0.49*	0.51*	0.53*	0.42*
S	0.15**	0.16**	0.13**	0.14**	0.15**	0.09*	0.14*	0.12*	0.11*	0.13*
H	0.11**	0.09**	0.07**		0.12**	0.12*	0.07*	0.09*		0.11*
H ²	-0.04*	-0.03*		-0.05*		-0.05**	-0.02**		-0.03*	
GP·EXTP		-0.25	-0.23	-0.21			0.17*	0.09**	0.12**	
GP·INTP		-0.33*	-0.32*	-0.31*			0.19**	0.25**	0.22**	
SP·EXTP		0.22*	0.23*	0.21*			0.23*	0.18*	0.21*	
SP·INTP		0.32**	0.35**	0.33**			0.16**	0.23**	0.19**	
CP·EXTP		0.15*	0.19*	0.16*			0.12*	0.11*	0.14*	
CP·INTP		0.21*	0.22*	0.19**			0.08*	0.15*	0.13*	
H·GP					0.07**					0.09**
H·SP					0.04***					0.05*
H·CP					0.06***					0.06*
H·EXTP			0.11**		0.05**			0.08*		0.09
H·INTP			0.06***		0.08***			0.07*		0.12*
H ² ·EXTP				-0.03					-0.02*	
H ² ·INTP				-0.06*					-0.05**	
Pseudo R ²	0.078	0.075	0.082	0.073	0.085	0.071	0.069	0.075	0.081	0.079

注：①模型(1)和(6)是未考虑调节效应的模型，模型(2)和(7)仅检验贸易保护对多维邻近性的调节效应，模型(3)和(8)主要检验贸易保护对产学研合作关系异质性的调节效应，模型(4)和(9)主要检验贸易保护对关系异质性和创新绩效间倒U型关系的调节效应，模型(5)和(10)主要检验多维邻近性对产学研合作关系异质性的调节效应；②* $P<0.1$ ；** $P<0.05$ ；*** $P<0.01$ 。

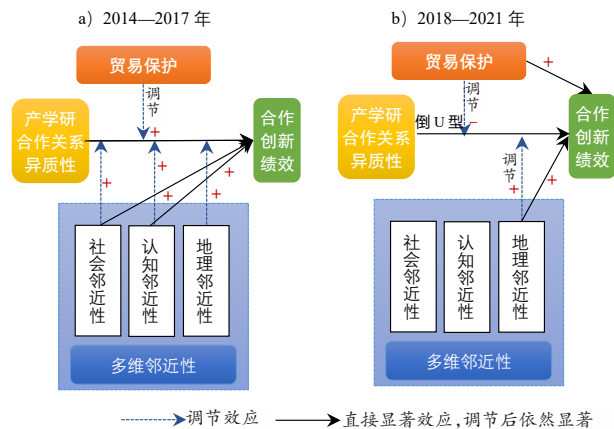


图4 新一轮贸易保护前后合作创新绩效的影响机制

Fig.4 Influence mechanism of cooperative innovation performance before and after the new round of trade protection

类型机构合作成本的上升。在地理学研究中，常见的还是针对合作创新网络（王秋玉等，2016；周灿等，2019）或技术转移网络（段德忠等，2018；钱超峰等，2019）这2类企业外部化创新的网络研究，对于企业创新如何在内部和外部做出选择及

其相应的空间效应并未涉及。本研究的这一发现，提示未来地理学相关研究或可在这一方面深化。

3) 新一轮贸易保护未增加珠三角电子通信产业产学研合作关系的异质性，并且在贸易保护的影响下，产学研合作异质程度对创新绩效的影响由促进转为抑制。这说明产学研合作对合作创新成果转化的作用已经不大。这与多数研究（陈钰芬等，2019；王靖宇等，2023）揭示的产学研合作能提升创新绩效的结果有所不同。这说明外部某些因素干预可能导致产学研合作与创新绩效之间原本的正相关关系转变为非线性的复杂关系。这也提醒未来研究需留意与产学研合作之间存在交互影响的其他因素，因为这些因素可能是决定产学研合作影响效应的条件（吴俊等，2016）。

4) 在新一轮贸易保护的冲击下，各维邻近性的影响效应此消彼长，贸易保护的调节效应突出体现在其强化地理邻近对产学研合作关系及创新绩效的正向效应。产业网络演化不同阶段的动力是经济地理学长期探究的议题之一（Balland et al., 2013; Ter Wal, 2014）。但现有文献更多是基于生命周期

(life cycle) 理论进行常规的分阶段剖析 (Desmarchelier et al., 2018; Bittencourt et al., 2020), 或是关注企业主体的作用 (Turkina et al., 2019; Ye et al., 2020), 对演化过程中市场、政策和监管制度等外部环境 (Martin et al., 2011) 的急剧变化、及其如何影响地方产业形成新的演化路径 (Zhong et al., 2018; Chaminade et al., 2021) 则相对缺乏探讨。本文探究了新一轮贸易保护给区域产业创新带来的变化, 对基于生命周期理论的实证研究形成一定补充。

珠三角作为重要的全球城市区域 (仝德等, 2014; 唐承辉等, 2022), 其战略性新兴产业的技术贸易与合作创新网络在全球知识流动 (桂钦昌等, 2021) 中扮演重要角色。在新一轮贸易保护导致技术贸易受阻背景下, 本研究能为该全球城市区域实现高水平科技自立自强、创新驱动高质量发展提供决策参考。由此, 提出几点针对性的建议:

1) 对企业内部与外部化的不同创新方式要因势利导, 产业创新支持政策仍需细化优化。研究发现, 企业内部化的创新比重不断增加, 产学研合作关系的异质性与企业创新绩效间已呈倒U型关系。这提示在贸易保护影响下, 盲目追求产学研合作可能并不符合当前企业的创新发展需要。创新支持政策的制定更多需要因势利导, 针对不同类型企业的内部与外部化创新交易成本制定相适应的政策措施, 助力企业实现创新产出最大化。

2) 强化和突出企业在技术创新中的主体地位, 强化创新网络内中小企业间的弱关系治理。新一轮贸易保护影响之下, 珠三角电子通信产业创新网络中原先的核心主体对资源和关系的垄断性掌控有所减弱。未来相关政策应顺应该发展趋势, 避免网络中大型集团公司或机构的技术垄断, 支持中小企业或机构间建立广泛且灵活的合作, 以降低围绕核心节点可能的嵌入性风险。

3) 优化珠三角在地的创新空间载体, 优化制度软环境以促进跨地区合作。本研究发现其他邻近性与地理邻近性此消彼长。这提示, 一方面珠三角区域内诸如高新技术产业园、大学园等以地理邻近为基础的科创空间载体仍需加强建设; 另一方面, 还需优化创新创业环境、企业文化等非地理空间要素, 以促成更多的跨地区创新合作。

参考文献 (References):

Avsar V, and Sevinc N. 2019. Does Antidumping Cause Investment

and R&D?: Evidence from Turkey. *Applied Economics*, 51(52): 5674-5682.

Balland P, Boschma R, and Frenken K. 2015. Proximity and Innovation: From Statics to Dynamics. *Regional Studies*, 49(6): 907-920.

Balland P, Belso-Martínez J A, and Morrison A. 2016. The Dynamics of Technical and Business Knowledge Networks in Industrial Clusters: Embeddedness, Status, or Proximity? *Economic Geography*, 92(1): 35-60.

Balland P, De Vaan M, and Boschma R. 2013. The Dynamics of Interfirm Networks along the Industry Life Cycle: The Case of the Global Video Game Industry, 1987-2007. *Journal of Economic Geography*, 13: 741-765.

Bittencourt B A, Zen A C, Schmidt V, and Wegner D. 2020. The Orchestration Process for Emergence of Clusters of Innovation. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 11(3): 277-290.

毕克新, 尹秀英. 2009. 绿色壁垒信息对中小企业技术创新的影响及激励机制研究. *情报科学*, (7): 1100-1105. [Bi Kexin, and Yin Xiuying. 2009. Research on the Influence and Incentive Mechanism of Green Barriers Information to Technological Innovation in Medium and Small-Sized Enterprises. *Information Science*, (7): 1100-1105.]

Boschma R. 2005. Proximity and Innovation: A Critical Assessment. *Regional Studies*, 39(1): 61-74.

Broekel T, and Boschma R. 2012. Knowledge Networks in the Dutch Aviation Industry: The Proximity Paradox. *Journal of Economic Geography*, 12(2): 409-433.

Castells M, and Cardoso G. 1996. *The Network Society*. Oxford: Blackwell.

Chaminade C, Martin R, and McKeever J. 2021. When Regional Meets Global: Exploring the Nature of Global Innovation Networks in the Video Game Industry in Southern Sweden. *Entrepreneurship & Regional Development*, 33(1/2): 131-146.

Desmarchelier B, and Zhang L. 2018. Innovation Networks and Cluster Dynamics. *The Annals of Regional Science*, 61: 553-578.

陈钰芬, 姚天娇, 胡思慧. 2019. 浙江省 ICT 产业产学研合作创新网络动态演化分析. *技术经济*, 38 (10): 65-73. [Chen Yufen, Yao Tianjiao, and Hu Sihui. 2019. Research on Collaborative Innovation Network of ICT Industry in Zhejiang Province Based on SIPO Patent. *Journal of Technology Economics*, 38(10): 65-73.]

陈钰芬, 叶伟巍. 2013. 企业内部 R&D 和外部知识搜寻的交互关系——STI 和 DUI 产业的创新战略分析. *科学学研究*, 31 (2): 266-275. [Chen Yufen, and Ye Weiwei. 2013. The Interaction Between Internal R&D and External Knowledge Sourcing: The Study on Innovation Strategy of STI and DUI Industries. *Studies in Science of Science*, 31(2): 266-275.]

Dai D. 2019. Patent Protection in the South: Is there a Case for Nondiscrimination?. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 28(5): 580-602.

Ding J, Liu B, and Shao X. 2022. Spatial Effects of Industrial Synergistic Agglomeration and Regional Green Development

- Efficiency: Evidence from China. *Energy Economics*, 112: 106-156.
- 党兴华, 弓志刚. 2013. 多维邻近性对跨区域技术创新合作的影响——基于中国共同专利数据的实证分析. *科学学研究*, (10): 1590-1600. [Dang Xinghua, and Gong Zhigang. 2013. Impact of Multidimensional Proximities on Cross Region Technology Innovation Cooperation: Experical Analysis Based on Chinese Co-invent Patent Data. 2013. *Studies in Science of Science*, (10): 1590-1600.]
- 段德忠, 杜德斌, 湛颖, 管明明. 2018. 中国城市创新技术转移格局与影响因素. *地理学报*, 73 (4): 738-754. [Duan Dezhong, Du Debin, Chen Ying, and Guan Mingming. 2018. Technology Transfer in China's City System: Process, Pattern and Influencing Factors. *Acta Geographica Sinica*, 73(4): 738-754.]
- 干越倩, 王佳希. 2023. 美国对华出口管制对中国企业创新的影响与应对——基于全球创新网络的视角. *南方经济*, (9): 140-160. [Gan Yueqian, and Wang Jiaxi. 2023. Export Control and Enterprise Innovation: From the Perspective of Global Innovation Network. *South China Journal of Economics*, (9): 140-160.]
- 高霞, 陈凯华. 2016. 基于 SIPO 专利的产学研合作模式及其合作网络结构演化研究——以 ICT 产业为例. *科学学与科学技术管理*, 37 (11): 34-43. [Gao Xia, and Chen Kaihua. 2016. Analysis on the Evolution of Patterns and Network Structure for Industry-University-Research Institute Cooperation in the Chinese ICT Industry Based on SIPO Patents. *Science and Management of Science and Technology*, 37(11): 34-43.]
- Geng D, and Saggi K. 2015. Is There a Case for Non-Discrimination in the International Protection of Intellectual Property?. *Journal of International Economics*, 97(1): 14-28.
- 国家统计局社会科技和文化产业统计司. 2022. 2022 年中国高新技术产业统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 附录 1. [Statistics Department of Social, Technological and Cultural Industries, National Bureau of Statistics. 2022. *China High-Tech Industry Statistical Yearbook 2022*. Beijing: China Statistics Press, Appendix 1.]
- 国家知识产权局. 2021. 战略性新兴产业分类与国际专利分类参照关系表 (2021) 试行. (2021-02-10) [请补下载日期]. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/qtwj/202204/t20220413_2675153.html. [State Intellectual Property Office. 2021. Strategic Emerging Industry Classification and International Patent Classification Reference Relationship Table (2021) Trial. (2021-02-10) [请补下载日期]. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/qtwj/202204/t20220413_2675153.html.]
- 桂钦昌, 杜德斌, 刘承良, 徐伟, 侯纯光, 焦美琪, 翟晨阳, 卢函. 2021. 全球城市知识流动网络的结构特征与影响因素. *地理研究*, 40 (5): 1320-1337. [Gui Qinchang, Du Debin, Liu Chengliang, Xu Wei, Hou Chunguang, Jiao Meiqi, Zhai Chenyang, and Lu Han. 2021. Structural Characteristics and Influencing Factors of the Global Inter-City Knowledge Flows Network. *Geographical Research*, 40(5): 1320-1337.]
- 贺灿飞, 谢秀珍. 2006. 中国制造业地理集中与省区专业化. *地理学报*, 61 (2): 212-222. [He Canfei, and Xie Xiuzhen. 2006. Geographical Concentration and Provincial Specialization of Manufacturing Industry in China. *Acta Geographica Sinica*, 61 (2): 212-222.]
- 贺灿飞, 潘峰华. 2011. 中国制造业地理集聚的成因与趋势. *南方经济*, (6): 38-52. [He Canfei, and Pan Fenghua. 2011. Causes and Trends of Geographical Agglomeration of Manufacturing Industry in China. *Southern Economy*, (6): 38-52.]
- 贺灿飞, 余昌达, 金璐璐. 2020. 贸易保护、出口溢出效应与中国出口市场拓展. *地理学报*, 75 (4): 665-680. [He Canfei, Yu Changda, and Jin Lulu. 2020. Trade Protection, Export Spillover Effect and China's Export Market Expansion. *Acta Geographica Sinica*, 75(4): 665-680.]
- 贺灿飞, 余昌达. 2022. 多维邻近性、贸易壁垒与中国——世界市场的产业联系动态演化. *地理学报*, 77 (2): 275-294. [He Canfei, and Yu Changda. 2022. Multidimensional Proximity, Trade Barriers and the Dynamic Evolution of Industrial Linkages in the China-World Market. *Acta Geographica Sinica*, 77(2): 275-294.]
- 胡麦秀, 薛求知. 2007. 外生性的技术—环境壁垒对企业技术创新的激励机制. *上海经济研究*, (11): 15-21. [Hu Maixiu, and Xue Qiuzhi. 2007. The Incentive Mechanism of Exogenous Technology-Environmental Barriers to Enterprise Technological Innovation. *Shanghai Journal of Economics*, (11): 15-21.]
- 胡杨, 李郇. 2017. 多维邻近性对产学研合作创新的影响——广州市高新技术企业的案例分析. *地理研究*, 36 (4): 695-706. [Hu Yang, and Li Xun. 2017. The Influence of Multi-Dimensional Proximity on Industry-University-Research Cooperation Innovation: A Case Study of High-Tech Enterprises in Guangzhou. *Geographical Research*, 36(4): 695-706.]
- 黄贤凤, 李雷. 2020. 合作创新、内部创新与企业创新绩效关系研究. *科技与经济*, 33 (5): 41-45. [Huang Xiangfeng, and Li Lei. 2020. Research on the Relation between Cooperative Innovation, Internal Innovation and Enterprise Innovation Performance. *Science & Technology and Economy*, 33(5): 41-45.]
- Knoben J, and Oerlemans L A. 2006. Proximity and Inter-Organizational Collaboration: A Literature Review. *International Journal of Management Reviews*, 8(2): 71-89.
- 李琳, 韩宝龙. 2011. 地理与认知邻近对高技术产业集群创新影响——以我国软件产业集群为典型案例. *地理研究*, 30 (9): 1592-1605. [Li Lin, and Han Baolong. 2011. The Impact of Geographic and Cognitive Proximity on Innovation of High-Tech Industrial Clusters: A Case Study of Software Industrial Clusters in China. *Geographical Research*, 30(9): 1592-1605.]
- 梁涛. 2013. 技术性贸易壁垒对中小企业技术创新影响的研究综述与展望. *科技管理研究*, (19): 13-16. [Liang Tao. 2013. Review and Prospect of Research on the Impact of Technical Barriers to Trade on Technological Innovation of Small and Medium-Sized Enterprises. *Science and Technology Management Research*, (19): 13-16.]
- 林兰, 曾刚, 吕国庆. 2017. 基于创新“二分法”的中国装备制造企业创新网络研究. *地理科学*, 37 (10): 1469-1477. [Lin Lan, Zeng Gang, and Lyu Guoqing. 2017. Innovation Network of the Chinese Equipment Manufacturing Industry: Based on the

- Dichotomy of Innovation. *Scientia Geographica Sinica*, 37(10): 1469-1477.]
- 林兰, 曹贤忠, 曾刚. 2019. 技术权力影响下重工业集群创新路径研究——以上海临港装备制造集群为例. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 51(2): 152-162. [Lin Lan, Cao Xiangzhong, and Zeng Gang. 2019. Innovation Paths of Heavy Industry Cluster under the Influence of Technology Authority: A Case of Shanghai Lin'gang Equipment Manufacturing Cluster. *Journal of East China Normal University (Humanities and Social Sciences)*, 51(2): 152-162.]
- 刘晓燕, 阮平南, 李非凡. 2014. 基于专利的技术创新网络演化动力挖掘. 中国科技论坛, (3): 136-141. [Liu Xiaoyan, Ruan Pingnan, and Li Feifan. 2014. Driving Forces of the Technological Innovation Network Evolution Based on Patent. *Forum on Science and Technology in China*, (3): 136-141.]
- 路江涌, 陶志刚. 2006. 中国制造业区域聚集及国际比较. 经济研究, (3): 103-114. [Lu Jiangyong, and Tao Zhigang. 2006. Regional Aggregation and International Comparison of China's Manufacturing Industry. *Journal of Economic Research*, (3): 103-114.]
- 陆天驰, 闵超, 高伊林, 李阳. 2019. 竞争情报视角下的中美人工智能技术领域差距分析——以美国商品管制清单为例. 情报杂志, 38(11): 25-33. [Lu Tianchi, Min Chao, Gao Yilin, and Li Yang. 2019. Analysis of the Gap between China and the United States in Artificial Intelligence Technology from the Perspective of Competitive Intelligence: A Case Study of the US Commodity Control List. *Journal of Information*, 38(11): 25-33.]
- 吕国庆, 曾刚, 顾娜娜. 2014. 基于地理邻近与社会邻近的创新网络动态演化分析——以我国装备制造业为例. 中国软科学, (5): 97-106. [Lyu Guoqing, Zeng Gang, and Gu Nana. 2014. Dynamic Evolution Analysis of Innovation Network Based on Geographical Proximity and Social Proximity: A Case Study of China's Equipment Manufacturing Industry. *China Soft Science*, (5): 97-106.]
- 梅丽霞, 王缉慈. 2009. 权力集中化、生产片段化与全球价值链下本土产业的升级. 人文地理, 24(4): 32-37. [Mei Lixia, and Wang Jici. 2009. Centralization of Power, Fragmentation of Production and Upgrading of Local Industries in Global Value Chains. *Human Geography*, 24(4): 32-37.]
- Martin R, and Sunley P. 2011. Conceptualizing Cluster Evolution: Beyond the Life Cycle Model?. *Regional Studies*, 45(10): 1299-1318.
- 钱超峰, 杜德斌, 胡璇, 段德忠. 2019. 地区间基因差异会影响技术转移吗?——基于中国2001—2005年省际专利转让数据. 地理科学进展, 38(5): 745-755. [Qian Chaofeng, Du Debin, Hu Xuan, and Duan Dezhong. 2019. Does Genetic Difference Influence Inter-Region Technology Transfer? Evidence from China's Provincial-Level Patent Transfer Data of 2001-2005. *Progress in Geography*, 38(5): 745-755.]
- 钱锡红, 徐万里, 杨永福. 2010. 企业网络位置、间接联系与创新绩效. 中国工业经济, (2): 78-88. [Qian Xihong, Xu Wanli, and Yang Yongfu. 2010. Firm Network Position, Indirect Ties, and Innovative Performance. *China Industrial Economics*, (2): 78-88.]
- 苏敬勤. 1999. 产学研合作创新的交易成本及内外外部化条件. 科研管理, (5): 68-72. [Su Jingqin. 1999. Transaction Costs and Internal and External Conditions of Industry-University-Research Cooperation Innovation. *Science Research Management*, (5): 68-72.]
- 索琪, 王梓豪, 王文哲. 2022. 电子信息产业协同创新网络时空演化分析. 复杂系统与复杂性科学, 19(4): 40-46. [Suo Qi, Wang Zihao, and Wang Wenzhe. 2022. Space-Time Evolution Analysis of Collaborative Innovation Network in Electronic Information Industry. *Complex Systems and Complexity Science*, 19(4): 40-46.]
- 唐承辉, 张衍春. 2022. 全球城市区域合作网络结构演变——以粤港澳大湾区为例. 经济地理, 42(2): 25-34. [Tang Chenghui, and Zhang Xianchun. 2022. The Structure Evolution of Cooperation Network on Global City Region: A Case Study of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Economic Geography*, 42(2): 25-34.]
- Searle G, Sigler T, and Martinus K. 2018. Firm Evolution and Cluster Specialization: A Social Network Analysis of Resource Industry Change in Two Australian Cities. *Regional Studies, Regional Science*, 5(1): 369-387.
- 孙国强, 石文萍, 于燕琴, 张红兵. 2019. 技术权力、组织间信任与合作行为: 基于沁水煤层气网络的领导—追随行为研究. 南开管理评论, 22(1): 87-97. [Sun Guoqiang, Shi Wenping, Yu Yanqin, and Zhang Hongbing. 2019. Technical Power, Inter-Organizational Trust and Cooperation Behavior: A Study Based on the Leader-Follow Behavior of Qinsui Gas Network. *Nankai Business Review*, 22(1): 87-97.]
- Ter Wal A L. 2014. The Dynamics of the Inventor Network in German Biotechnology: Geographic Proximity Versus Triadic Closure. *Journal of Economic Geography*, 14(3): 589-620.
- Turkina E, Oreshkin B, and Kali R. 2019. Regional Innovation Clusters and Firm Innovation performance: An Interactionist Approach. *Regional Studies*, 53(8): 1193-1206.
- 全德, 戴筱岷, 李贵才. 2014. 打造全球城市—区域的国际经验与借鉴. 国际城市规划, 29(2): 83-88. [Tong De, Dai Xiaodi, and Li Guicai. 2014. The International Experience and Inspiration of Developing Global City-Region. *Urban Planning International*, 29(2): 83-88.]
- Wang C, and Hu Q. 2020. Knowledge Sharing in Supply Chain Networks: Effects of Collaborative Innovation Activities and Capability on Innovation Performance. *Technovation*, 94: 102010.
- 王缉慈. 2010. 超越集群: 中国产业集群的理论探索. 北京: 科学出版社. [Wang Jici. 2010. *Beyond Clusters: Theoretical Exploration of Industrial Clusters in China*. Beijing: Science Press.]
- 王靖宇, 刘长翠, 张宏亮. 2023. 产学研合作与企业创新质量——内部吸收能力与外部行业特征的调节作用. 管理评论, 35(2): 147-155. [Wang Jingyu, Liu Changcui, and Zhang Hongliang. 2023. An Empirical Research on Industry-University-Research Cooperation and Corporate Innovation Quality. *Management Review*, 35(2): 147-155.]
- 王秋玉, 曾刚, 吕国庆. 2016. 中国装备制造业产学研合作创新网络初探. 地理学报, 71(2): 251-264. [Wang Qiuyu, Zeng

- Gang, and Lyu Guoqing. 2016. A Preliminary Study on Industry-University-Research Cooperation Innovation Network in China's Equipment Manufacturing Industry. *Acta Geographica Sinica*, 71 (2): 251-264.]
- 王文宇, 任卓然, 李伟, 贺灿飞. 2021. 贸易壁垒、市场相关多样化与城市出口韧性. *地理研究*, 40 (12): 3287-3301. [Wang Wenyi, Ren Zhuoran, Li Wei, and He Canfei. 2021. Trade Barriers, Market-Related Diversification and Urban Export Resilience. *Geographical Research*, 40(12): 3287-3301.]
- 王翔宇, 叶玉瑶, Phelps Nicholas A, 吴康敏, 黄耿志, 王洋, 张虹鸥. 2021. 贸易保护与知识产权影响下中国电子通信产业参与全球分工的时空演化. *地理研究*, 40 (12): 3399-3419. [Wang Xiangyu, Ye Yuyao, Nicholas A Phelps, Wu Kangmin, Huang Gengzhi, Wang Yang, and Zhang Hong'ou. 2021. The Spatiotemporal Evolution of the Division of Labour of Chinese Electronics and Communication Industry in global Production Networks under the Impact of Global Trade Protection and Local Intellectual Property Institution. *Geographical Research*, 40(12): 3399-3419.]
- 吴俊, 张家峰, 黄东梅. 2016. 产学研合作对战略性新兴产业创新绩效影响研究——来自江苏省企业层面的证据. *当代财经*, (9): 99-109. [Wu Jun, Zhang Jiafeng, and Huang Dongmei. 2016. A Study of the Impact of Industry-University-Research Cooperation on the Innovation Performance of the Strategic Emerging Industry: Evidences from the Enterprises in Jiangsu Province. *Contemporary Finance and Economics*, (9): 99-109.]
- 吴学花, 杨惠馨. 2004. 中国制造业产业集聚的实证研究. *中国工业经济*, (10): 36-43. [Wu Xuehua, and Yang Huixin. 2004. An Empirical Study of Industrial Agglomeration in China's Manufacturing Industry. *Chinese Industrial Economy*, (10): 36-43.]
- 夏昕鸣, 贺灿飞. 2019. 贸易保护视角下中国出口导向型外资企业产品演化. *经济地理*, 39 (4): 109-117. [Xia Xinming, and He Canfei. 2019. Product Evolution of Export-Oriented Foreign Enterprises in China from the Perspective of Trade Protection. *Economic Geography*, 39(4): 109-117.]
- Xie S, Zhang M, and Liu S. 2020. The Impact of Antidumping on the R&D of Export Firms: Evidence from China. *Emerging Markets Finance and Trade*, 56(9): 1897-1924.
- Ye D, Wu Y J, and Goh M. 2020. Hub Firm Transformation and Industry Cluster Upgrading: Innovation Network Perspective. *Management Decision*, 58(7): 1425-1448.
- 于天琪. 2019. 产学研协同创新模式研究——文献综述. *工业技术经济*, 38 (7): 88-92. [Yu Tianqi. 2019. Research on Collaborative Innovation Model of Industry-University-Research: Literature Review. *Industrial Technology and Economics*, 38(7): 88-92.]
- 袁剑锋, 许治. 2017. 中国产学研合作网络结构特性及演化研究. *管理学报*, 14 (7): 1024-1032. [Yuan Jianfeng, and Xu Zhi. 2017. Structural Characteristics and Evolution of Industry-University-Research Cooperation Network in China. *Journal of Management*, 14(7): 1024-1032.]
- 赵晓斌, 强卫, 黄伟豪, 线实. 2018. 粤港澳大湾区发展的理论框架与发展战略探究. *地理科学进展*, 37 (12): 1597-1608. [Zhao Simon Xiaobin, Qiang Wei, Wong David Waiho, and Xian Shi. 2018. Theoretical Framework and Development Strategy of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Progress in Geography*, 37(12): 1597-1608.]
- 赵炎, 郑向杰. 2013. 网络嵌入性与地域根植性对联盟企业创新绩效的影响——对中国高科技上市公司的实证分析. *科研管理*, 34 (11): 9-17. [Zhao Yan, and Zheng Xiangjie. 2013. Impact of Network Embeddedness and Geographic Embeddedness on the Innovation performance of the alliance Enterprises: An Empirical Research on the High-Tech Listed Companies in China. *Science Research Management*, 34(11): 9-17.]
- Zhong Q, and Tang T. 2018. Impact of Government Intervention on Industrial Cluster Innovation Network in Developing Countries. *Emerging Markets Finance and Trade*, 54(14): 3351-3365.
- 周灿, 曾刚, 王丰龙, 司月芳, 宓泽锋. 2017. 中国电子信息产业创新网络与创新绩效研究. *地理科学*, 37 (5): 661-671. [Zhou Can, Zeng Gang, Wang Fenglong, Si Yuefang, and Mi Zefeng. 2017. Innovation Network Structure and Innovative Performance: A Study of China's Electronic Information Industry. *Scientia Geographica Sinica*, 37(5): 661-671.]
- 周灿, 曾刚, 尚勇敏. 2019. 演化经济地理学视角下创新网络研究进展与展望. *经济地理*, 39 (5): 27-36. [Zhou Can, Zeng Gang, and Shang Yongmin. 2019. Progress and Prospect of Research on Innovation Networks: A Perspective from Evolutionary Economic Geography. *Economic Geography*, 39(5): 27-36.]
- 周磊, 杨威, 余玲珑, 兰姗. 2020. 美国对华技术出口管制的实体清单分析及其启示. *情报杂志*, 39 (7): 23-28. [Zhou Lei, Yang Wei, Yu Linglong, and Lan Shan. 2020. Analysis of Entity List of US Technology Export Control To China and Its Implications. *Journal of Information*, 39(7): 23-28.]
- Zhu X, He C, and Gu Z. 2021. Benefit from Local or Destination? The Export Expansion of Chinese Photovoltaic Industry under Trade Protection. *Energy Economics*, 104: 105690.
- 朱向东, 贺灿飞, 毛熙彦, 李伟. 2018. 贸易保护背景下中国光伏产业空间格局及其影响因素. *经济地理*, 38 (3): 98-105. [Zhu Xiangdong, He Canfei, Mao Xiyan, and Li Wei. 2018. The Spatial Pattern of China's Photovoltaic industry and Its Influencing Factors under the Background of Trade Protection. *Economic Geography*, 38(3): 98-105.]

作者贡献声明:

- 王翔宇**: 研究设计、实证分析、论文撰写;
叶玉瑶: 提出研究思路、拟定研究方案;
巫细波: 数据收集、图件绘制;
张智颖: 修改论文框架、格式校对;
程风雨: 数据收集、政策建议;
邹小华: 修订论文写作;
赵蓓蕾: 数据收集与整理;
张虹鸥: 修订研究方案、拟定论文框架。

How does the New Round of Trade Protection Change the Innovation Network of Industry-College-Institute Cooperation in the Pearl River Delta Electronic Communication Industry and Affect Innovation Performance?

Wang Xiangyu¹, Ye Yuyao², Wu Xibo¹, Zhang Zhiying³, Cheng Fengyu¹, Zou Xiaohua¹,
Zhao Beilei^{4,5}, and Zhang Hong'ou²

(1. Regional Development Institute, Guangzhou Academy of Social Sciences, Guangzhou 510410, China; 2. Key Lab of Guangdong for Utilization of Remote Sensing and Geographical Information System, Guangdong Open Laboratory of Geospatial Information Technology and Application, Guangzhou Institute of Geography, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510070, China; 3. Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510070, China; 4. Faculty of Applied Economics, University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China; 5. Guangzhou Urban Strategy Institute, Guangzhou 510410, China)

Abstract: The international non-tariff trade protection against China has gradually increased since 2018, hindering technology trade. Under the impact of the new trade protection, we still know little about how the electronic communication industry (as one of the strategic high-tech industries) changes the innovation cooperation relationship and the innovation performance. Owing to the failure of geographical research to integrate trade protection into the existing research framework from an institutional perspective, the trade protection literature and the innovation geography literature do not intersect. However, the trade geography literature has not paid enough attention to the evolution of industrial innovation in China in recent years and has not taken into account the heterogeneity of the industry-college-institute cooperation and innovation relationship and its impact on regional industrial innovation performance. Based on the 2014-2021 US Export Control Regulations and the invention patent data of the electronic communication industry in the Pearl River Delta, this study uses descriptive statistics, a Quadratic Assignment Procedure, and a negative binomial regression model. It explores both the mechanism and effect of a new round of trade protection on industry-college-institute cooperation and their joint impact on cooperative innovation performance. The study finds that the structure of the industry-college-institute cooperative innovation relationship in the electronic communication industry of the Pearl River Delta has gradually decentralized, and its heterogeneity growth tends to stall. The new round of trade protection significantly regulates geographical proximity, deteriorating the geographical scale of cooperative innovation. The regression results show that under the impact of trade protection, the heterogeneity of industry-college-institute cooperation changes from positive to negative, and the inverted U-shaped relationship has reached a significant level. Trade protection changes the influence of social and cognitive proximities and of geographical proximity on cooperative innovation performance, and the moderating effect of trade protection is highlighted by the positive effect of strengthening geographical proximity on industry-college-institute cooperation and innovation performance. The above findings remind us of the need to further refine and optimize innovation support policies. Therefore, the study puts forward some targeted policy suggestions, namely, to formulate innovation support policies suitable for the internal and externalized innovation transaction costs of different types of enterprises, strengthen the dominant role of enterprises in innovation, and promote cross-regional cooperation. To a certain extent, it can inform the decision-making by China's regional strategic industries around ending the international technology trade blockade and achieving high-quality independent innovation and technical cooperation.

Keywords: trade protection; industry-college-institute cooperation; innovation network; innovation performance; relationship heterogeneity; electronic communication; multidimensional proximity; Pearl River Delta