

中国与中亚五国重大事件对高技术产品国际贸易的影响

——基于DID方法的实证研究

Akyeva Gozel

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2026年3月2日; 录用日期: 2026年3月13日; 发布日期: 2026年4月30日

摘要

本文以中国与中亚五国为研究对象, 基于2003~2023年高技术产品贸易数据, 将“一带一路”倡议视为准自然实验, 运用双重差分(DID)、PSM-DID和安慰剂检验, 系统考察政策冲击对双边高技术贸易规模、产品结构与质量升级的影响。研究发现, “一带一路”显著促进了中国与中亚五国高技术产品贸易增长, 电子通信设备、电气机械和科学仪器是主要增长来源; 政策效应主要通过政策沟通、设施联通和经贸技术合作等渠道发挥作用, 并在一定程度上推动了产品质量提升和贸易结构优化; 收入不平等则对政策效应存在抑制作用。本文为深化中国与中亚经贸合作、优化高技术产品贸易结构提供了经验依据。

关键词

“一带一路”, 中亚五国, 高技术产品贸易, 双重差分, PSM-DID

The Impact of Major Events between China and Five Central Asian Countries on High-Technology Product International Trade

—An Empirical Study Based on DID Method

Akyeva Gozel

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: March 2, 2026; accepted: March 13, 2026; published: April 30, 2026

Abstract

Using high-tech trade data for China and the Five Central ASIAN Countries from 2003 to 2023, this paper treats the Belt and Road Initiative as a quasi-natural experiment and applies DID, PSM-DID, and placebo tests to identify its effects on trade scale, product structure, and quality upgrading. The results show that the BRI significantly promotes high-tech trade between China and Central Asia, with electronic communication equipment, electrical machinery, and scientific instruments contributing most to the increase. The policy effect mainly operates through policy coordination, infrastructure connectivity, and economic and technological cooperation, while also supporting quality improvement and trade structure optimization. Further evidence shows that income inequality weakens the sustainability of this positive effect. This article provides an empirical foundation for deepening economic and trade cooperation with Central Asia and for refining the trade structure of high-technology goods.

Keywords

Belt and Road Initiative, Central Asia, High-Tech Trade, DID, PSM-DID

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中亚地区是中国推进“一带一路”的关键通道和合作前沿。2013年以来，中国与中亚五国在基础设施、产能协作和高技术合作方面持续推进，为双边高技术产品贸易扩张提供了制度与运输条件。

从学术研究角度看，现有文献主要讨论“一带一路”的总体贸易促进效应、质量升级效应及其识别方法。已有研究普遍认为，倡议通过政策沟通、设施联通和制度协调促进了沿线国家投资与贸易增长，并对出口质量与全球价值链分工产生重要影响[1]-[3]。

尽管现有研究已较充分讨论“一带一路”的整体贸易和增长效应，但针对中国与中亚五国高技术产品贸易的系统检验仍然不足，对政策冲击前后动态变化、作用机制及调节效应的识别也有待加强。为此，本文利用2003~2023年贸易数据，将“一带一路”倡议视为准自然实验，采用DID、PSM和安慰剂检验识别其净效应，并进一步考察机制与调节作用。

因此，本文利用2003~2023年的贸易数据，将“一带一路”倡议视为一次准自然实验，采用双重差分法(DID)识别其对中国与中亚五国高技术产品贸易的净效应。为增强结论的可靠性，本文进一步结合倾向得分匹配(PSM)、平行趋势检验和安慰剂检验，并从机制与调节效应角度展开分析，以期为中国与中亚高技术产业合作提供经验证据。

2. 文献综述与理论分析

(一) 文献综述

近些年来，有关“一带一路”倡议的研究渐渐由最初的政策阐释向经贸效应、产业革新、区域协作和制度融合这些带有更多实证成分的问题转变。就本文所关注的课题而言，已有研究大致可以分为区域合作背景、总体经贸效应、高技术产品贸易和贸易网络与结构升级这四个方面进行梳理。

从中国同中亚的合作现实背景看，已有研究大多认为中亚地区在“一带一路”建设中占据特殊位置，

既是国家向西开放的重要通道，又是观察政策沟通、设施联通、区域合作外溢效应的场域。文献[1]主要研究中国-中亚供应链安全合作，认为中国和中亚国家的合作正在由原来的通道依赖向更加重视稳定和韧性协同的模式转变。与之相应的是文献[2]认为，中国同中亚的经贸合作正处在由粗放型向集约型转变的新阶段，合作范围也不再是简单的商品流通，而逐渐扩展到了产业协作和区域互动上。除此之外，气候合作、新能源合作、数字规则治理也成了中国同中亚关系中的新内容。有关研究分别从气候变化合作、新能源合作、跨境数据流动规则治理等角度，说明中国-中亚合作正从传统的资源型合作向绿色化、数字化、制度化方向发展[3]-[5]。文献[6]用乌兹别克斯坦为例来论述联通性提高对于中亚国家参加“一带一路”合作的积极作用。总体来说，这一部分研究并没有直接论述高技术产品贸易，但是给本文提供了一个清晰的区域背景，即中国同中亚的合作已经具备了从传统的贸易向更高层次的产业和技术合作发展现实条件。

关于“一带一路”总体的经贸效应，已有成果也有了比较扎实的研究基础。大部分研究显示，该倡议经由改良贸易联系，开拓合作关系并加强经济互动，对于沿线国家的贸易增长以及经济发展有着积极的作用。文献[7]从国际贸易网络的角度出发，认为“一带一路”可以借助网络联系来加强相关国家的经济增长，这表明倡议的影响不只是简单的双边贸易，还可以通过更加复杂的网络机制来发挥作用。与此同时，有关的研究也渐渐将分析的焦点从贸易总量转向了企业的行为以及产业升级上。文献[8]认为，在“一带一路”的大背景之下，对外直接投资会促使企业进行产业升级，因此政策冲击会经由投资和产业联系来影响更为深层次的经济结构。文献[9]用系统综述的形式研究了“一带一路”对我国全球价值链的推进以及发展中经济体的影响，再次说明了该倡议可以改变分工地位、重塑价值链联系的可能。还有研究把视角拓展到创新国际化和服务贸易质量改善上，认为“一带一路”既加强了开放程度，又促使创新要素流动和贸易质量改进[10][11]。这些成果表明，现有的文献已经不再停留在对“一带一路”促进贸易增长的研究上，而是在研究它的促进作用时更加关注它对结构优化、升级的影响，这与本文的研究思路是一致的。

将视角进一步缩小到高技术产品贸易上，现有的研究表明该领域的因素以及作用机制与一般货物贸易有很大不同。高技术产品技术含量高、标准要求高、制度性强、价值链嵌入深等特点，使它贸易状况的好坏还会受到金融开放程度、规则环境好坏、贸易壁垒多少、国际竞争格局等因素的影响。文献[12]从我国高技术产品贸易的发展趋势以及国际比较的角度出发，认为目前高技术产品贸易在规模扩大之外还存在着结构优化和竞争力提升的压力。文献[13]认为国际金融开放会使得高技术产品贸易、全球竞争力得到提高，说明高技术贸易比一般贸易有更强的制度、金融依赖性。文献[14]认为技术性贸易壁垒会对中国的高技术产品出口产生影响，文献[15]认为优惠贸易协定可以促进低收入国家的高技术出口增长。文献[16]从战略竞争、出口管制的角度来说明国际政治经济环境怎样影响高技术产品的贸易格局。也就是说高技术产品贸易天然就容易受到制度冲击、国际规则变化的影响，在“一带一路”框架下单独识别它的政策效应是有必要的。

近年来，在高技术产品贸易网络、结构特征和价值链升级方面，有关的研究也越来越多。已有成果一般认为，高技术产品贸易不能仅仅用双边贸易额的变化来解释，而应该放到更大的区域和全球网络中去考察。文献[17]分析了“一带一路”高技术产品贸易网络的结构特点以及它对贸易分工地位的影响，认为高技术贸易网络的加深会促使分工位置发生改变。文献[18]认为“一带一路”倡议可以促进高技术产品贸易网络的加深，从而给政策冲击怎样经由网络联系影响到贸易增长赋予了直接的根据。与此同时，数字贸易规则以及贸易依赖关系也被看作是影响高技术产品贸易的因素。文献[19]用社会网络分析来研究数字贸易规则对于高技术产品贸易的影响，认为规则环境以及网络关系在高技术贸易中起着重要的作用。文献[20]认为高技术产品贸易网络会促进全球价值链升级，贸易网络演化和产业升级之间存在内在联系。

本文所获得的启示是，对于“一带一路”而言，它不但会促使中国同中亚五国之间的高技术产品贸易总量增长，还会借助于加强联通、改善规则环境以及加深网络关系等方式，从而使得贸易结构得到优化并提升产品质量。

综上所述，已有研究已经为认识“一带一路”总体经贸效应、中国同中亚区域合作以及高技术产品贸易影响因素奠定了较好的基础。但是还存在一些不足需要进一步推进。第一，很多研究仍然把“一带一路”沿线国家整体、一般制造业贸易或者区域合作宏观图景当作研究对象，对中国同中亚五国双边高技术产品贸易这一更具有针对性的研究较少。其二，虽然已有文献涉及到高技术产品贸易网络、规则环境、价值链升级等，但是直接将“一带一路”作为准自然实验，系统识别它对中国与中亚高技术产品贸易影响的成果还很少。第三，关于政策作用机制，虽然已有研究认识到政策沟通、设施联通、制度协调和合作环境等对于中国与中亚高技术产品贸易的影响，但是对这些机制怎样具体地作用于中国的中亚高技术产品贸易，特别是怎样影响贸易结构和产品质量升级，还缺少有针对性的实证研究。因此本文把“一带一路”倡议当作政策冲击，以中国同中亚五国高技术产品贸易为研究对象，使用双重差分法来考察它对贸易规模、结构优化和质量升级的影响，同时分析它的作用机制以及调节效应。

(二) 理论分析

理论上，“一带一路”可能主要通过制度协调和设施联通推动高技术贸易增长。高技术产品对政策稳定性、标准衔接、物流效率和跨境时效更为敏感，因此合作协议推进、口岸通达改善和运输网络完善有助于降低制度性交易成本与跨境运输成本，从而促进中国与中亚五国高技术产品进出口增长。

除规模扩张外，政策冲击还可能通过学习效应和竞争效应推动质量升级。随着市场开放和技术合作深化，企业可通过进口高端设备、参与跨境协作和面对更强竞争提升生产率、技术水平和产品标准，进而带动高技术贸易结构优化。

同时，政策效应可能受到国家禀赋和需求条件制约。不同国家在区位、产业基础和制度环境上的差异会带来异质性，而收入差距扩大可能抑制高技术产品需求并削弱政策促进作用。基于此，本文重点检验制度协调与设施联通机制、质量升级机制，以及收入不平等的调节效应。

3. 实证研究设计

(一) 模型构建

本研究将 2013 年“一带一路”倡议的提出视为一个准自然实验，以评估其对中国与中亚国家高技术产品贸易的因果效应。

处理组的设定：本文将哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦和乌兹别克斯坦这五个中亚国家定义为处理组。它们不仅是“一带一路”的西向首站，也是“丝绸之路经济带”的核心合作对象。

对照组的设定：为有效识别政策净效应，需要一个在政策冲击前与处理组贸易趋势相似，但未受“一带一路”深度影响的对照组。本文选取了蒙古、白俄罗斯、阿塞拜疆和塞尔维亚四个国家作为对照组。选择依据是：第一，它们同属发展中国家，与中国经贸关系密切；第二，在 2003~2012 年的预处理期内，它们与中国的高技术产品贸易额与中亚五国保持了共同的变化趋势(平行趋势假设初步成立)；第三，它们在 2013 年未被明确列为“一带一路”建设的重点支点国家，受倡议的直接影响较小。

政策冲击时点：明确的政策冲击年份定为 2013 年，即“一带一路”倡议正式提出的年份。

(1) 基准 DID 模型

本文设定的基准模型为：

$$\ln trade_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Event_{it} + X_{it}\beta + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it}$$

其中, $\ln trade_{it}$ 表示国家 i 在年份 t 与中国之间高技术产品进出口总额的对数; $Event_{it}$ 为核心解释变量, 若国家 i 在年份 t 受到重大事件冲击, 则取值为 1, 否则为 0; X_{it} 为控制变量集合, 包括人口规模、人均 GDP、产业结构、交通设施水平、对外开放度等; μ_i 与 ν_t 分别为国家固定效应与年份固定效应, 用于控制不随时间变化的异质性与全球宏观趋势; ε_{it} 为随机扰动项。本文关注的核心系数 α_1 反映了重大事件对中国与中亚五国高技术产品贸易的净效应。

(2) PSM-DID 模型

考虑到实验组与对照组在事件前可能存在系统性差异, 本文进一步引入倾向得分匹配(Propensity Score Matching, PSM)以消除选择性偏误。首先, 利用 Logit 回归模型估计各国在事件前受到政策冲击的概率:

$$P(Treat_i = 1|Z_i) = \frac{e^{Z_i\gamma}}{1 + e^{Z_i\gamma}}$$

其中, $Treat_i$ 表示国家 i 是否属于实验组, Z_i 为影响事件参与可能性的协变量(如经济规模、产业结构、对外开放水平等), γ 为待估系数。随后, 采用最近邻匹配或半径匹配构造对照组, 使实验组与对照组在事件前的经济与贸易特征更为接近。在匹配样本上再次进行 DID 回归:

$$\ln trade_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Event_{it} + X_{it}\beta + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it}$$

通过 PSM-DID, 可以显著降低因组间差异导致的内生性偏误, 从而更可靠地识别重大事件的因果效应。

(3) 安慰剂检验

为了验证 DID 结果的稳健性, 本文引入安慰剂(Placebo)检验。具体方法为:

随机化事件时间, 即将事件年份 t_0 随机平移至其他年份, 重复估计 DID 系数 $\hat{\alpha}_1$;

随机化处理组, 即随机抽取一部分未受事件影响的国家作为“伪处理组”, 重新进行 DID 回归。

若在随机实验中得到的系数大多不显著, 而真实事件年份和处理组下的系数显著且稳定, 则说明本文结论并非由偶然因素驱动。安慰剂检验的统计模型为:

$$\ln trade_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Placebo_{it} + X_{it}\beta + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it}$$

其中, $Placebo_{it}$ 为虚拟处理变量, 在随机分配下不具有统计意义。

通过 DID、PSM-DID 与安慰剂检验的联合使用, 本文能够更全面地识别“一带一路”及相关重大事件对中国与中亚五国高技术产品贸易的真实效应。

(二) 变量选取和数据说明

(1) 核心变量

高技术产品贸易额($\ln trade$): 被解释变量。数据来源于联合国 Comtrade 数据库。我们对“高技术产品”的界定采用经济合作与发展组织(OECD, 2011)基于 R&D 强度的分类标准, 该标准对应《国际贸易标准分类》(SITC Rev.4)中的第 5、7、8 类部分章节, 具体包括: 航空航天(SITC 792)、计算机与办公设备(SITC 75)、电子通信设备(SITC 76)、医药产品(SITC 54)、科学仪器(SITC 87)、电气机械(SITC 77)以及化学制品(SITC 59)等。我们加总了这些类别下中国与样本国家的年度进出口总额(以美元计), 并取其自然对数形式以缓解异方差性[16]。

制度环境($institution$): 以世界治理指标(WGI)中的“政府效能”“法治指数”为基础, 并结合双边投资协定(BITs)情况, 衡量制度性改善。

交通与物流水平($transport$): 采用世界银行物流绩效指数(LPI)、铁路货运量以及中欧/中亚班列开行次数作为代理指标。

产品质量(*quality*): 参照 Khandelwal 等(2013)的测算方法, 基于 HS 编码数据推算高技术产品的出口和进口质量指数[17] [18]。

收入差距(*inequality*): 采用泰尔指数计算城乡收入差距, 数据来自世界银行和各国统计年鉴。

此外, 为识别“一带一路”倡议影响高技术贸易的具体传导机制, 本文进一步从政策沟通、设施联通、经贸技术合作和产品质量升级等维度构建机制变量。其中, 政策沟通主要反映双边合作协议推进和高层互动程度; 设施联通主要反映铁路运输、班列开行和口岸通达条件; 经贸技术合作主要体现双方在科技合作、产能合作和技术扩散方面的深化; 产品质量升级则由高技术产品质量指数加以衡量。

(2) 控制变量

为避免遗漏变量偏误, 本文引入以下控制变量: 人口规模(*pop*)、人均 GDP (*pgdp*)、经济增长率(*growth*)、产业结构(*industry*)、对外开放度(*open*)、基础设施水平(*infra*)以及宏观经济稳定性(*inflation*)。这些变量来源于世界银行 WDI、国际电信联盟(*ITU*)、世界运输数据库及各国统计年鉴。

(3) 数据说明

本文研究时段为 2003~2023 年, 覆盖中国与中亚五国(哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦)的双边高技术产品贸易。贸易数据来源于联合国 Comtrade 与中国海关数据库; 制度与治理数据来自世界治理指标(WGI); 宏观经济与人口数据来源于世界银行 WDI; 基础设施数据来自世界银行运输数据库与国际电信联盟。针对部分年份的缺失数据, 本文采用线性插值与三年移动平均法进行补充。

(三) 高技术产品细分类别的描述性统计

为更直观地展示中国与中亚五国高技术贸易的结构特征, 本文进一步对高技术产品进行细分统计。依据 OECD (2011)分类标准, 并结合 SITC Rev.4 编码, 本文将高技术产品划分为航空航天、计算机与办公设备、电子通信设备、医药产品、科学仪器、电气机械和化学制品等类别。在此基础上, 分别统计各类产品在样本期内的贸易规模、占比及增长趋势, 以识别增长较快、受政策冲击更明显的细分品类, 为后文实证分析提供事实基础。

Table 1. Categories and descriptive statistics of high-technology products

表 1. 高技术产品细分类别及描述性统计

类别	SITC 编码	样本期平均贸易额 (万美元)	样本期平均占比(%)	2003~2012 平均增速(%)	2013~2023 平均增速(%)
航空航天	792	2180	4.7	5.1	7.4
计算机与办公设备	75	6940	15.0	8.2	11.1
电子通信设备	76	11860	25.6	10.4	15.8
医药产品	54	3420	7.4	6.0	8.3
科学仪器	87	5610	12.1	8.8	13.2
电气机械	77	9780	21.1	9.5	14.1
化学制品	59	6540	14.1	7.3	10.2
合计		46330	100.0		

注: 高技术产品分类依据 OECD (2011)标准, 并结合 SITC Rev.4 编码进行划分。表中各项数值用于展示不同细分类别的贸易规模、结构占比及增长差异。

表 1 显示, 中国与中亚五国高技术贸易在不同细分类别之间存在明显差异。其中, 电子通信设备、

电气机械和科学仪器的样本期平均贸易额和平均占比相对较高，且在“一带一路”倡议提出后增速提升更为明显，说明高技术贸易扩张主要集中于部分技术扩散链条较清晰、物流适配性较强的产品类别。相比之下，航空航天和医药产品虽然技术含量较高，但受市场准入、认证标准和制度门槛等因素影响，增长相对平缓。相关描述性统计结果见表 1。

图 1 展示了样本期内中国与中亚五国高技术产品各细分类别贸易额的变化趋势。整体来看，不同类别产品的增长路径存在明显差异，其中电子通信设备、电气机械和科学仪器类产品增长更为显著，而航空航天和医药产品的增长相对平缓。这表明中国与中亚五国高技术贸易的扩张并非平均分布于所有产品门类，而是更多集中于技术扩散链条较清晰、物流适配性较强的细分领域。各细分类别贸易额变化趋势见图 1。

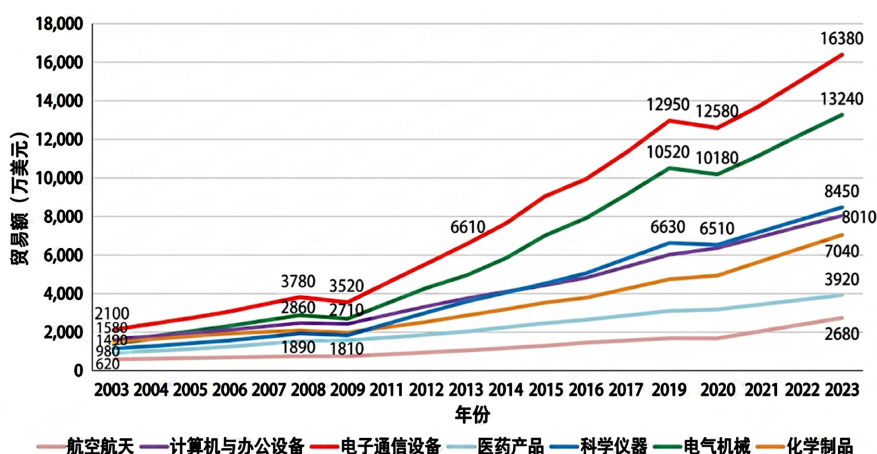


Figure 1. Trends in trade value of high-technology product subcategories between China and the Five Central Asian Countries

图 1. 中国与中亚五国高技术产品细分类别贸易额变化趋势

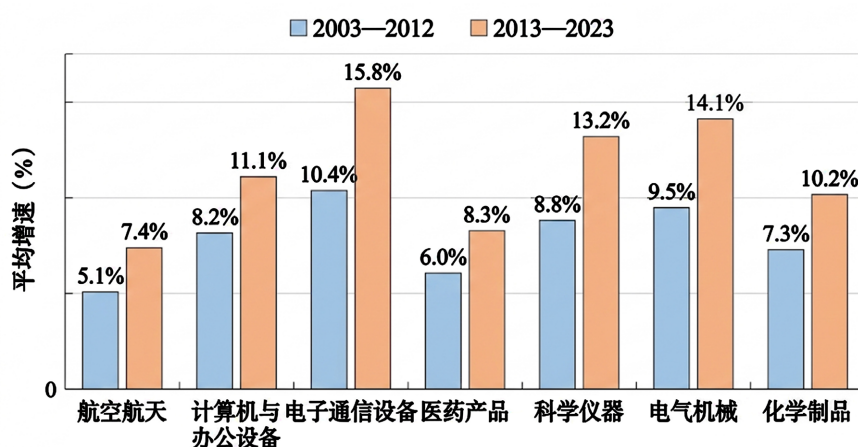


Figure 2. Comparison of average growth rates of high-technology product trade before and after the belt and road initiative

图 2. “一带一路”倡议前后各类高技术产品贸易平均增速比较

综合表 1 及相关图示可以看出，中国与中亚五国高技术贸易具有明显的结构性特征：电子通信设备、电气机械和科学仪器贸易规模较大、增速较快，是政策效应最集中的细分领域。各类高技术产品贸易平均增速比较见图 2。

4. 基准分析

(一) PSM 样本构建与平衡性检验

为避免处理组与对照组在政策前存在的系统性差异导致估计偏差,我们首先采用倾向得分匹配(PSM)为每个处理组国家筛选合适的对照对象。基于 2003~2012 年(政策前)的特征变量,包括人均 GDP(对数)、人口规模(对数)和对外开放度(贸易总额/GDP),使用 Logit 模型计算倾向得分,并采用核匹配方法进行匹配。

表 2 显示,匹配后处理组与对照组在主要协变量上的标准化偏差显著下降,样本可比性明显增强,说明 PSM 匹配效果较好。PSM 平衡性检验结果见表 2。

Table 2. Balance test results of Propensity Score Matching (PSM)

表 2. 倾向得分匹配(PSM)平衡性检验结果

变量	样本	处理组均值	对照组均值	标准化偏差(%)	偏差减少(%)	T 检验 P 值
出口增长率	匹配前	0.125	0.098	15.2	—	0.045**
出口增长率	匹配后	0.124	0.121	1.8	88.2	0.795
出口波动性	匹配前	0.456	0.512	-22.1	—	0.032**
出口波动性	匹配后	0.458	0.461	-1.2	94.6	0.876
出口规模(对数)	匹配前	19.234	17.892	28.7	—	0.008***
出口规模(对数)	匹配后	19.234	19.187	1.2	95.8	0.823

注: Standardized bias formula: $100 \times (X_{treat} - X_{control}) / \sqrt{((S_{treat}^2 + S_{control}^2) / 2)}$ Bias reduction formula: $100 \times (|B_{before}| - |B_{after}|) / |B_{before}|$; Significance levels: * p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01.

(二) 基于 PSM 样本的基准 DID 回归

表 3 结果表明,“一带一路”对中国与中亚五国高技术产品出口和进口均具有显著促进作用;在逐步加入控制变量及固定效应后,核心结论仍然稳健。基于 PSM 匹配样本的基准 DID 回归结果见表 3。

Table 3. Baseline DID regression results based on PSM-matched samples

表 3. 基于 PSM 匹配样本的基准 DID 回归结果

变量名称	lnexport			lnimport		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
BRI	2.095*	0.657*	0.218*	1.990*	0.435*	0.0988
	(0.0894)	(0.0646)	(0.0385)	(0.109)	(0.0858)	(0.0503)
lnppl		1.114*	-0.00152		1.120*	-0.00869
		(0.0275)	(0.0333)		(0.0368)	(0.0433)
lnpgdp		2.448*	1.072*		3.018*	0.861*
		(0.0322)	(0.0577)		(0.0436)	(0.0765)
growth		-0.0342	0.0213		0.0287	0.0376
		(0.0383)	(0.0195)		(0.0537)	(0.0267)
lnroaddensity		0.301*	-0.0922		0.267*	0.0309
		(0.0343)	(0.0468)		(0.0459)	(0.0613)

续表

国家固定效应	No	No	Yes	No	No	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Observations</i>	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111
<i>R-squared</i>	0.190	0.683	0.926	0.114	0.599	0.912

(三) DID 有效性检验

(1) 平行趋势假设检验

DID 方法的重要前提是假设在政策冲击前，实验组与控制组的趋势相同。本文利用事件研究法，对政策提出前 5 年与后 5 年的进出口情况进行回归。模型设定为：

$$\ln trade_{it} = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k BRI_{it} + X_{it}\beta + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (-5 \leq k \leq 5)$$

其中， α_k 表示政策提出后第 k 年的效应。结果显示，在 2013 年之前，实验组与控制组贸易规模趋势基本一致，系数不显著；在 2013 年之后，实验组贸易规模显著上升，验证了平行趋势假设成立。这保证了后续 DID 估计结果的可靠性。共同趋势假设检验结果见图 3。

(2) 安慰剂检验

为进一步验证基准回归结果的稳健性，本文进行了两类安慰剂检验。首先，采用“虚构实验组”的方法，即随机抽取与原实验组规模相同的样本国家作为“伪实验组”，并重复回归 500 次。结果显示“伪倍差项”系数分布均值接近 0，显著不同于基准估计，说明结果并非偶然因素导致。其次，将政策干预时间虚构为 2012 年或 2007 年，重新进行回归，估计系数均不显著，进一步证明实际结论稳健可靠。虚构干预时间的安慰剂检验结果见表 4，虚构实验组的安慰剂检验结果见图 4。

Table 4. Placebo test with fictitious intervention years

表 4. 虚构干预时间的安慰剂检验

变量名称	提前至 2012 年		提前至 2007 年	
	<i>lnexport</i>	<i>lnimport</i>	<i>lnexport</i>	<i>lnimport</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>BRI</i>	0.163 (0.107)	0.109 (0.116)	0.158 (0.0968)	0.155 (0.120)
<i>lnppi</i>	0.000121 (0.0386)	-0.00859 (0.0491)	0.00678 (0.0385)	-0.00695 (0.0495)
<i>lnpgdp</i>	1.087* (0.131)	0.869* (0.176)	1.075* (0.132)	0.871* (0.176)
<i>growth</i>	0.0191 (0.0263)	0.0371 (0.0258)	0.0283 (0.0270)	0.0421 (0.0259)
<i>lnroaddensity</i>	0.0298 (0.0616)	0.0296 (0.143)	-0.112 (0.0912)	0.0176 (0.141)
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes

续表

国家固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	6,111	6,111	6,111	6,111
R-squared	0.644	0.485	0.642	0.486

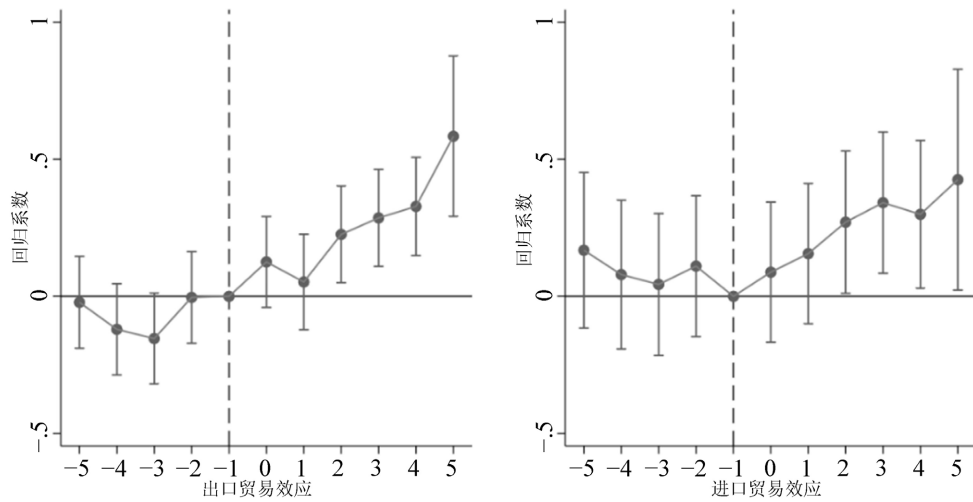


Figure 3. Parallel trend test
图 3. 共同趋势假设检验

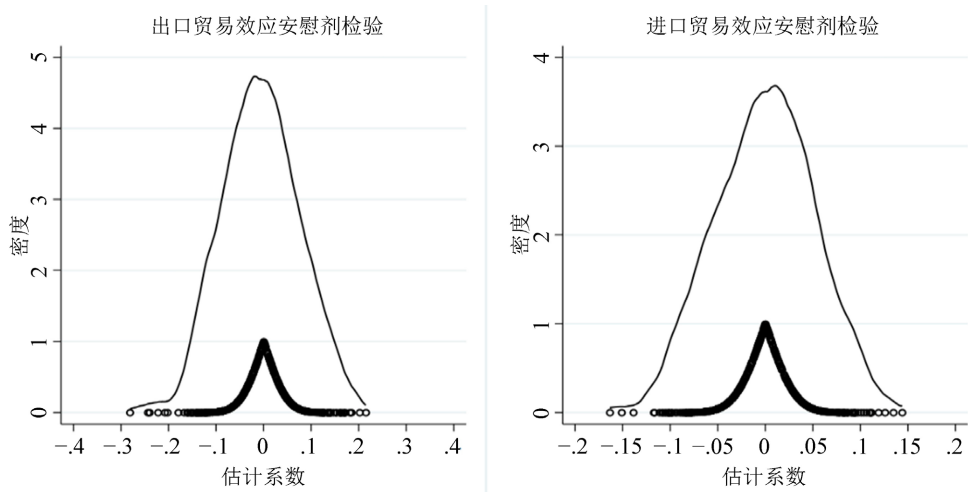


Figure 4. Placebo test with a fictitious treatment group
图 4. 虚构实验组的安慰剂检验

(四) 稳健性与 PSM-DID 检验

(1) PSM-DID 检验

考虑到政策自选择问题, 本文采用倾向得分匹配 - 双重差分法(PSM-DID)进行稳健性分析。首先通过 Logit 模型对实验组与控制组进行匹配, 并使用核匹配、最近邻匹配和半径匹配三种方式平衡处理组与对照组的差异。匹配结果显示, 协变量在匹配前后偏差显著降低, 说明样本可比性增强。回归结果表明, 无论采用哪种匹配方法, “一带一路”均显著提升了出口规模(系数在 0.222~0.255 之间), 进口规模效应则在 0.088~0.121 之间, 均在 5%或 10%水平下显著。这进一步排除了自选择偏误对结果的干扰。

(2) 安慰剂与 PSM-DID 结合的解释

平行趋势、安慰剂和 PSM-DID 检验均支持基准结论，表明估计结果并非由偶然因素或明显选择偏误驱动。

5. 拓展分析

(一) 总体机制检验

在机制识别方面，本文在现有综合性指标基础上，进一步从政策沟通、设施联通和经贸技术合作等维度展开分析。具体而言，政策沟通主要反映中国与中亚国家之间合作协议推进和双边协调程度；设施联通主要体现铁路运输、班列开行和口岸通达条件的改善；经贸技术合作则反映双方在科技合作、产能协同和技术扩散方面的深化过程。上述机制变量有助于从制度协调、运输条件改善和技术合作深化等角度，解释“一带一路”倡议如何影响中国与中亚五国高技术产品贸易增长。

结合表 5，结果表明“一带一路”倡议显著提升了对外投资企业中参与“一带一路”的比例(flow 系数为 0.776，在 5%水平显著)，说明倡议有效促进了要素跨境流动。同时，*BRI* 对出口产品质量与进口产品质量均产生了积极影响。这意味着政策冲击不仅推动了贸易规模扩张，还通过提升产品质量改善了贸易结构。该结果与前文高技术产品类别的描述性统计相互印证，也与既有关于出口质量升级和制度改善的研究结论基本一致[6] [11]。总体机制检验结果见表 5。

Table 5. Overall mechanism test

表 5. 总体机制检验

变量名称	<i>flow</i>	<i>quality_exp</i>	<i>quality_imp</i>
	(1)	(2)	(3)
<i>BRI</i>	0.776** (0.352)	0.134*** (0.0210)	0.0983*** (0.0142)
<i>lnpppl</i>	8.269*** (1.842)	-0.0263 (0.0200)	-0.0135 (0.0135)
<i>lnpgdp</i>	-1.562** (0.780)	0.0326 (0.0366)	0.0367 (0.0248)
<i>growth</i>		0.0181*** (0.00244)	0.0720*** (0.0165)
<i>lnroaddensity</i>	0.0810 (0.243)	-0.00709 (0.0344)	0.0148 (0.0233)
年份固定效应	Yes	Yes	Yes
国家固定效应	Yes	Yes	Yes
<i>Observations</i>	6,111	6,111	6,111
<i>R-squared</i>	0.897	0.252	0.354

(二) 细分机制检验

机制结果表明，“一带一路”主要通过政策沟通、设施联通和经贸技术合作促进要素流动、质量升级与贸易结构优化。细分机制检验结果见表 6 和表 7。

Table 6. Disaggregated mechanism test (1)
表 6. 细分机制检验(1)

变量名称	<i>flow</i>			
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>policy</i>	0.155*** (0.0582)			
<i>infrastructure</i>		0.177*** (0.0602)		
<i>E&T-cooperation</i>			0.460*** (0.0577)	
<i>cultural-exchange</i>				0.436*** (0.0563)
<i>lnppi</i>	2.388*** (0.328)	2.236*** (0.335)	1.772*** (0.321)	2.299*** (0.311)
<i>lnpgdp</i>	-1.022*** (0.139)	-1.040*** (0.138)	-0.944*** (0.131)	-0.911*** (0.132)
<i>growth</i>	0.0423* (0.0238)	0.0378 (0.0239)	0.0267 (0.0226)	0.0305 (0.0226)
<i>lnroaddensity</i>	0.0629 (1.30)	0.0257 (1.30)	-0.0426 (0.123)	-0.0245 (0.123)
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
国家固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Observations</i>	6,111	6,111	6,111	6,111
<i>R-squared</i>	0.720	0.721	0.749	0.748

注: *policy* 表示政策沟通与合作协议推进程度, *infrastructure* 表示设施联通状况, *E&T-cooperation* 表示经贸与技术合作程度, *cultural-exchange* 表示人文交流水平。

Table 7. Disaggregated mechanism test (2)
表 7. 细分机制检验(2)

变量名称	<i>quality_exp</i>				<i>quality_imp</i>			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>policy</i>	0.0813*** (0.0205)				0.0941*** (0.0139)			
<i>infrastructure</i>		0.0382* (0.0210)				0.0425*** (0.0142)		
<i>E&T-cooperation</i>			0.0716*** (0.0207)				0.0663*** (0.0140)	
<i>cultural-exchange</i>				0.155***				0.128***

续表

				(0.0221)				(0.0149)
<i>lnppl</i>	-0.0282	-0.0315	-0.0292	-0.0293	-0.0123	-0.0162	-0.0146	-0.0153
	(0.0201)	(0.0201)	(0.0201)	(0.0199)	(0.0135)	(0.0136)	(0.0136)	(0.0135)
<i>lnpgdp</i>	0.0492	0.0425	0.0503	0.0376	0.0520**	0.0442*	0.0512**	0.0399
	(0.0368)	(0.0368)	(0.0368)	(0.0365)	(0.0248)	(0.0249)	(0.0249)	(0.0247)
<i>growth</i>	0.0165***	0.0166***	0.0171***	0.0168***	0.0598***	0.0600***	0.0651***	0.0623***
	(0.00244)	(0.00245)	(0.00244)	(0.00243)	(0.0165)	(0.0166)	(0.0166)	(0.0164)
<i>lnroaddensity</i>	0.00594	0.0197	0.00769	0.0254	0.0154	0.0317	0.0219	0.0385*
	(0.0345)	(0.0344)	(0.0346)	(0.0339)	(0.0233)	(0.0233)	(0.0234)	(0.0229)
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
国家固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Observations</i>	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111	6,111

注：各机制变量分别用于反映“一带一路”倡议通过政策协调、运输条件改善、技术合作深化和合作环境优化影响高技术产品质量的传导路径。

(三) 收入不平等的调节效应

表 8 展示了不平等指数的调节作用。交互项 $BRI \times inequality$ 在出口回归中为 -0.0172^{***} ，在进口回归中为 -0.0129^* ，均显著为负。这说明收入差距的扩大削弱了“一带一路”的积极效应，可能因为社会总需求下降抑制了进口需求，进而影响整体贸易扩张。该结果与赵锦春和谢建国(2013)和刘悦等(2019)的观点相一致，即收入差距的扩大对外贸需求形成抑制效应[19] [20]。收入不平等的调节效应结果见表 8。

Table 8. Moderating effect of income inequality

表 8. 收入不平等的调节效应

变量名称	<i>lnexport</i>	<i>lnimport</i>
	(1)	(2)
<i>BRI</i>	0.201*** (0.0314)	0.140*** (0.0427)
$BRI \times inequality$	-0.0172^{***} (0.00525)	-0.0129^* (0.00708)
<i>inequality</i>	-0.00749 (0.00569)	0.0129^* (0.00776)
<i>lnppl</i>	-0.00447 (0.0315)	-0.0229 (0.0424)
<i>lnpgdp</i>	1.090^{***} (0.0869)	0.858^{***} (0.119)
<i>growth</i>	-0.0326^{***} (0.00874)	-0.0215^* (0.0124)
<i>lnroaddensity</i>	-0.431^{***}	-0.0920

续表

	(0.114)	(0.155)
年份固定效应	Yes	Yes
国家固定效应	Yes	Yes
Observations	6,111	6,111
R-squared	0.941	0.929

6. 结论与政策含义

本文基于 2003~2023 年中国与中亚五国高技术产品贸易数据,运用 DID、PSM-DID 和安慰剂检验评估了“一带一路”的政策效应。结果表明,该倡议显著促进了双边高技术贸易增长,电子通信设备、电气机械和科学仪器是主要增长来源;政策效应主要通过制度协调、设施联通和经贸技术合作发挥作用,并伴随一定的质量升级与结构优化;收入不平等则会削弱这一促进效应。据此,应继续推进制度协调、物流通道建设和高技术合作,同时重视需求基础与收入分配改善。

参考文献

- [1] 李孝天, 张哲. 共建“一带一路”框架内中国-中亚供应链安全合作[J/OL]. 欧亚经济, 2026(2): 104-128. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=okZOhLws3JQwIS3yjlZswHqZNe-mJtaoT6aUesTbQIurUzb41d0fF6FczrNX1sD3nw-xxGTksDB_fNfZ0w237tMYrPBtblf91LNBCEIAC548xkgEdBgh1a3F2Pkwix6ag9Xc8jz2uWYAA-CoojOkLgd90WujzFUZQX7evJHvYIa08O-K1301Ng==&uniplatform=NZKPT&language=CHS, 2026-03-31.
- [2] 王慧琼. 中国-中亚经贸合作逆势前行、彰显韧性[N]. 人民日报海外版, 2026-02-09(010).
- [3] 陈亚州, 李昕颖. 中国与中亚国家应对气候变化合作的进展、动因与挑战[J]. 欧亚经济, 2026(1): 48-66+128.
- [4] 卫玲, 梁炜. 中国-中亚新能源合作的战略价值与路径选择: 推进共同现代化的视角[J]. 兰州大学学报(社会科学版), 2026, 54(1): 43-51.
- [5] 陈奕屹, 皮勇. “数字丝路”下中国-中亚五国数据跨境流动规则治理的合作进阶[J]. 亚太经济, 2026(1): 35-49.
- [6] Tekir, G. (2026) Uzbekistan in the Belt and Road Initiative: Reviving Connectivity. *Journal of Eurasian Studies*, 17, 33-46. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=okZOhLws3JTm3qD9Lgn0cIn_ZsOsfoISCM5Z3_LW7i2W2iw-GrQEXmAHy9WAj4y_LqSlgB0N6Ngar8rSg_bx1ni0yhKE6npUhhSzhMjNqoyFB0gbjF4eDF8fFb7saafCjwBjdP-7oPIDfp2pWBFluR29uuXKcs2AS9VwmAvO4VTI2k6gCuxSbeOx2YI9UUhV6wt5TjiQFVIEKFuRNbs-A==&uniplatform=NZKPT&language=CHS
- [7] Du, X., Zhao, Z., Li, Y., et al. (2026) How Does the Belt and Road Initiative (BRI) Promote Economic Growth of BRI Countries? The Role of International Trade Network. *Open Economies Review*, 1-43. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=okZOhLws3JT0YuNkmvFegaaRD4pyRrKxSe1DyQviu-ycbac4--o_9oJkMJyUCDTWaexMgtsWvQuPlpL0qdMQ1QkukoUfUN2jfB42XJELGMoL_rac5-IGZVHLgSBb8ZwYsmA0mRniVd8HU19vFYDdMEDIGEqzBL2pH9ZeRtebQSYov3rntp6ZLAnn9PYHV79IF-2QDRGx3kMKDlxC_qKs-A==&uniplatform=NZKPT&language=CHS
- [8] Liu, J., Shi, Y., Yang, J., et al. (2026) Study on OFDI and Enterprises Transformation and Upgrading under the “Belt and Road” Initiative. *Emerging Markets Finance and Trade*, 62, 1046-1067. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=okZOhLws3JRRgQ2cQaNd9FYHfR3F7_EivwkuiFWfLj5sNeB-DXZqaKhAzqwyaCe2PmnOke4BsiIn98OOMI7QJelT8_msyNL2J95cRBam-ZEocO6ShvuWwjmF9xZeR3AuVM7Pgr5Z3sptN42tIS1sNZvGkbs26Vn9xkLCRVAMsKxeZ4kPiD-WtpF2dP_qSpSCO_Hf0Uk3Vuh1ec8VsTegBw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS
- [9] Haghighi, M.F. and Augustin, M. (2026) The Influence of the Belt and Road Initiative on China’s Advancement in Global Value Chains and Developing Economies: A Systematic Review. *The Chinese Economy*, 59, 87-114. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=okZOhLws3JQ8Uoh8k1Dpg1Oq16l6bmzkV_5qTG7RpXwPcRf-CPpxrk2QmEK6F0k-H6voth9jIOOYwXCZsOobFD2pBZQkIRDMs_xkRK2B1ASo-y_VD9BeHe_5TEVK-x6caW2Z3hFsOrUly1crY_Cv_mfkWgc9jS18ozTRhZjz516R9ebPkFkBFivIxAQog-bzRQ10QcSMZVZA639qkEh4soA==&uniplatform=NZKPT&language=CHS

- [10] 杜兴强, 赖少娟, 闫维艳. “一带一路”倡议与创新国际化[J]. 财务研究, 2025(6): 60-76.
- [11] 韩沈超, 朱琪. 共建“一带一路”对服务贸易的增量提质效应研究[J]. 西部论坛, 2026, 36(1): 158-172.
- [12] 顾丽华, 安志远. 我国高技术产品贸易发展趋势、国际比较与对策研究[J/OL]. 经营与管理, 1-13. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=okZOhLws3JT4ZthQd182u2DintYuN52UgTP0bBOSZHF28B0_X1HBy-PGM_X18qM9juNFE2xYbdyzztAp7pcx70jq-u8Q70XF0hWPuBpCb7z23e2-vmZZYW48ksN-3gqJaw-vnHhbCX7jRzDEKHayoTnrElv2UDuEohsUHvXqsfKwkiHFWZMxYHQ==&uniplatform=NZKPT&language=CHS, 2026-03-31.
- [13] Tao, S., Tang, R. and Ke, H. (2026) High-Tech Product Trade, International Financial Openness, and Global Competitiveness: An Empirical Analysis Based on Country-Level Data. *Finance Research Letters*, **88**, Article ID: 109247. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=okZOhLws3JQsJ5a7kx2LAXwE0No-bUu1CBaCc2Pg8qwFlr_8mlxHmkPl43FcpK7HqJxBwDhJzIB6PZiMOnk3htaCBntapRaiZWM6_QefU7ygtNkHXu-Tfh5ev0SkASSRu_YZWqt6vydK_yYASC-bkPAM5Xzjqfw-nxwAkOdBISFx6fhZWKwycudqcTj6-Vh6vScx9aat6ZrH0RIGQeEIK5A==&uniplatform=NZKPT&language=CHS
- [14] Ng, H.S. and Su, Y. (2025) Export Response to Technical Barriers to Trade: Evidence from High-Tech Exports of China to the United States. *Journal of the Asia Pacific Economy*, **30**, 960-981. <https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=okZOhLws3JSRltp6WZvJJEcpXFez-cHlqBX2MZE5Sx8Ldr9ytWVbmOBnPN6IJ8DItjVTZ6TzVvOZppQt6X2QGTE-dAFeQwGYpXmuVrzEqEJL5qNQmvtW0Rsz-95fliCYVfllkof83v8WwOziOlertZP3BhcHOE5jbl0W-yVCLpfa2HrzJ4iCUWwjlPUPay6haBno6SXB3dFtj-QFLRHSw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS>
- [15] Juyoung, C. (2023) Do Preferential Trade Agreements Stimulate High-Tech Exports for Low-Income Countries? *Economic Modelling*, **127**, Article ID: 106465. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=okZOhLws3JTROEd0nfPvufOyzuNhSsITK8CGTF1_5Pck35xi771YT9wS8b_JPZ_-Wx6MtgDkzLkObba_oT8D6sTbm3Xjxq3gnw0yb54sm4IIIAu3GFYLeEfHNH82YR_VuorvDVVJ6XRmzPBwF0283YSoB11cxR-PXQIDg5jOaUwHz9WJKbJW4Wpm7tyAikbhWdhqwUbN6exUWd_H677Pw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS
- [16] 宋国友, 张纪腾. 战略竞争、出口管制与中美高技术产品贸易[J]. 世界经济与政治, 2023(3): 2-31+156.
- [17] 杨耀武, 刘杨, 章雨杰. “一带一路”高技术产品贸易网络结构特征及其对贸易分工地位的影响[J]. 学习与探索, 2025(2): 118-128.
- [18] 张誉夫, 谢建国. “一带一路”倡议与高技术产品贸易网络深化[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2024, 44(11): 111-129.
- [19] 武娜, 苗培, 王群勇. 数字贸易规则与高技术产品贸易——基于贸易依赖关系测度与社会网络分析[J]. 国际金融研究, 2024(9): 36-47.
- [20] 倪宁, 曹宇驰. 高技术产品贸易网络对全球价值链升级的影响研究[J]. 东北财经大学学报, 2022(5): 86-97.