

doi. 10. 3724/1005-0566. 20251105

经济政策不确定性对关键矿产贸易网络韧性的影响： 以镍产业链为例

曹建敏¹, 白文博¹, 张亿军^{1,2}, 宋 益^{1,2}, 成金华^{1,2}

(1. 中国地质大学(武汉)经济管理学院, 湖北 武汉 430078;

2. 中国地质大学(武汉)资源环境经济研究中心, 湖北 武汉 430078)

摘要: 关键矿产作为推动低碳技术发展和能源转型的关键要素, 其供应安全正频繁受到经济政策不确定性冲击。本文基于 2000—2022 年全球镍贸易数据, 实证检验经济政策不确定性对镍产业链各环节贸易网络韧性的影响。研究发现: 经济政策不确定性对镍产业链中下游环节的贸易网络韧性具有显著抑制效应, 而对上游环节的影响相对有限; 经济政策不确定性通过扰乱金融市场秩序、引发镍产品贸易价格剧烈波动对镍贸易网络韧性产生负面影响; 经济政策不确定性对镍贸易网络韧性的抑制作用在产业链中下游核心国家中更为显著。

关键词: 经济政策不确定性; 贸易网络韧性; 镍产业链; 金融市场稳定性; 贸易价格

中图分类号: F742

文献标识码: A

文章编号: 1005-0566(2025)11-0069-09

Impact of economic policy uncertainty on the resilience of critical mineral trade networks: A case study of the nickel industry chain

CAO Jianmin¹, BAI Wenbo¹, ZHANG Yijun^{1,2}, SONG Yi^{1,2}, CHENG Jinhua^{1,2}

(1. School of Economics and Management, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430078, China;

2. Center of Resource and Environmental Economics, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430078, China)

Abstract: Critical minerals are key elements in promoting low-carbon technology development and energy transition, and their supply security is frequently impacted by economic policy uncertainty. Based on global nickel trade data from 2000 to 2022, this study empirically investigates how economic policy uncertainty affects the resilience of trade network across different segments of the nickel industry chain. The findings are as follows: (1) Economic policy uncertainty has a significant suppressive effect on the resilience of the trade network in the midstream and downstream segments of the nickel industry chain, while its impact on the upstream segments is relatively limited. (2) Economic policy uncertainty disrupts the orderly functioning of financial markets and triggers sharp fluctuations in nickel product trade prices, thereby undermining the resilience of the nickel trade network. (3) The suppressive effect of economic policy uncertainty on the resilience of the nickel trade network is more pronounced in core countries located in the middle and lower reaches of the industrial chain.

Key words: economic policy uncertainty; trade network resilience; nickel industry chain; financial market stability; trade prices

收稿日期: 2025-04-23 修回日期: 2025-10-20

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(72304255; 72204236); 国家自然科学基金重大项目(71991482)。

作者简介: 曹建敏(2004—), 女, 江苏泰州人, 研究方向为资源与环境经济。通信作者: 张亿军。

关键矿产作为影响国家经济发展的紧缺或优势矿种,是清洁能源技术、电子工业、国防军工等产业不可或缺的核心资源^[1]。据国际能源署预测,若要实现 2050 年全球温室气体净零排放目标,关键矿物需求量应比当前增长约 6 倍,这使得关键矿产的可持续开发与利用成为各国战略博弈的焦点。然而,由于地理区位条件受限^[2]、上中游资源空间分布不均^[3]以及上下游产能协同不足^[4]等问题的存在,关键矿产的供应风险正不断上升,供应链也更容易受到大国经济博弈和地缘政治冲突等外部因素冲击,进而引发“断链”危机^[5]。以中美关系为例,自 2018 年美国对华加征关税以来,多轮贸易限制措施持续加码^[6],这对中国矿产品出口市场造成显著冲击。在此背景下,如何防控关键矿产供应风险已成为中国资源安全战略的重要命题。

镍作为一种战略性关键矿产资源,在不锈钢、电动汽车及电池产业等领域应用广泛^[7],其在全球能源转型中的战略地位日益凸显^[8]。但镍资源分布极不均衡,印度尼西亚、菲律宾和俄罗斯三国的镍矿产量占全球总量的 56%,而中国镍储量仅占全球的 3%,镍消费量却高达全球的 43%^[9]。这种供需错配加剧了镍资源的供应风险。随着不锈钢行业的蓬勃发展,镍铁逐渐取代电解镍成为中游环节的主要产品,但镍铁原材料红土镍矿的直接还原工艺仍有待突破^[10]。下游应用领域方面,新能源汽车行业的迅猛发展进一步推高了镍的需求量。因此,国际贸易成为各国平衡需求、缓解资源短缺的重要途径^[11]。

镍作为国际贸易的交易主体,经济政策不确定性进一步放大了其贸易网络韧性不足的问题。主要镍生产国贸易政策的频繁变动对镍消费国市场的稳定性造成严重冲击。例如,印度尼西亚在 2014 年对未加工矿砂实施出口禁令,并于 2020 年全面禁止镍矿出口。据估计,这影响了全球大约 10% 的镍供应^[12]。由于关键矿产产业链各环节之间高度关联^[13],任何贸易政策的变动都可能引发连锁反应^[14],在这一过程中关键矿产贸易网络韧性不足的问题也会更为突出。因此,从产业链视角深入探究经济政策不确定性对镍贸易网络韧性的影响,对于保障镍资源的可持续供应和相关产

业的稳定发展具有重要意义。

据此,本文利用 2000—2022 年各国镍贸易数据,探讨了经济政策不确定性对镍产业链各环节贸易网络韧性的影响及其作用机制。本文的边际贡献在于:首先,在分析框架上,区别于以往仅关注影响效应的研究,本文系统揭示了经济政策不确定性通过金融市场稳定性、镍产品贸易价格波动对镍贸易网络韧性的作用过程,为深入理解政策冲击与关键矿产贸易系统之间的内在关系提供了新视角;其次,本文从产业链视角出发,深入剖析了经济政策不确定性对镍产业链不同环节贸易网络韧性的差异化影响,并提出针对性的政策建议,这对于提升全球关键矿产贸易网络韧性具有重要的理论和现实意义。

一、文献综述与理论假设

(一)文献综述

1. 关键矿产供应安全的相关研究

在全球经济一体化与资源竞争日益激烈的背景下,受地缘政治冲突频发、经济政策频繁调整以及公共卫生事件突发等多重因素的影响,关键矿产供应链的脆弱性程度不断加剧。这些风险因素所引发的关键矿产供应危机,能够通过国家间错综复杂的贸易网络迅速传播^[15],进而对全球经济系统造成深远影响。因此,关键矿产供应安全已成为各国政府及学术界的重点。镍作为关键矿产的重要组成部分,其供应安全问题亦受到学者的广泛关注。现有研究主要采用情景分析法^[16]、物质流^[17]等方法来探究镍矿产的供应安全问题。此外,Sun 等^[18]从应用、现状、储量、提取、回收等角度综述了锂电池产业中的镍供应情况。Zhou 等^[19]构建了全球镍产业链贸易行为传导网络,识别了具有传导风险的镍产品贸易环节。尽管现有研究对关键矿产供应安全问题已展开广泛探讨,但对其影响因素的探究还有待进一步深化。

2. 经济政策不确定性的影响研究

经济政策不确定性是指经济政策中存在难以预知的成分,导致市场主体难以准确判断政府未来的政策取向。2008 年金融危机后,各国政府都加强了对本国经济的干预,导致经济政策不确定性指数显著增加^[20],并引起了学术界的广泛重视。有学者关

注到了经济政策不确定性对矿产资源贸易的影响。例如, Islam 等^[21]研究了经济政策不确定性对矿产资源进出口贸易的影响。Galbraith^[22]指出, 美国对钢铁和铝征收进口关税引发了全球贸易危机, 对矿产资源的国际贸易也造成了显著影响。现有研究虽已证实经济政策不确定性会对关键矿产的进出口贸易造成影响, 但关于这些影响如何进一步作用于关键矿产贸易网络韧性仍有待进一步探讨。

3. 韧性的相关研究

韧性是指系统在受到内外部冲击后能够维持或恢复其核心功能的一种能力。自 Holling 将韧性概念引入生态系统后, 该理念被广泛应用于经济、城市、能源及产业链等领域。随着研究的深入, 韧性的研究范围也逐渐延伸至关键矿产领域。当前, 关键矿产领域的韧性研究尚处于方法论体系构建的探索阶段, 既有文献主要结合指标体系^[23]、系统动力学^[24]和复杂网络^[25]等方法评估产业链供应链韧性。具体而言, 指标体系方法虽可识别对产业链供应链韧性起关键作用的环节, 但受主观因素^[26]和静态视角影响, 难以全面刻画产业链供应链在多重风险情境下的动态演化特性。系统动力学方法虽能模拟多种外部环境下的供应链动态响应和发展路径^[27], 但却存在模型过于复杂、参数不确定性等问题^[28]。相较于前述方法, 复杂网络方法具有结构建模能力强^[29]、指标评价客观等优势, 能够有效揭示系统韧性形成的内在机制。

对于镍矿产而言, 其韧性问题近年来也受到学者关注。Wang 等^[30]通过分析镍贸易相关数据, 揭示了镍产业链各层之间的相关性, 并探究了中国镍韧性特点。Yu 等^[31]则从吸收、缓冲、恢复 3 个维度分析了镍贸易网络韧性, 为理解镍矿产贸易网络韧性提供了新视角。沈曦等^[25]从产业链投入产出角度出发, 针对镍产品贸易网络在遭遇突发风险情景下的动态变化进行仿真分析, 并对网络内各节点的风险韧性进行评价。综上所述, 镍矿产韧性研究正朝着更深入、更多元的方向展开, 但当前研究大多聚焦于镍矿产韧性的测度层面, 较少关注经济政策不确定性对镍矿产贸易网络韧性的影响。

(二) 理论假设

1. 经济政策不确定性对镍贸易网络韧性的直接影响分析

随着国内外政治经济形势的持续演变, 经济政策不确定性指数不断上升。这种不确定性的加剧会增加生产成本, 削弱一国参与镍贸易的积极性, 导致整体贸易量下降, 从而冲击镍贸易网络的稳定性。此外, 经济政策不确定性增加还可能抑制市场总需求^[32], 促使各国倾向与政策环境更稳定的国家进行贸易, 以降低风险。这将削弱部分关键贸易国在网络中的参与程度, 降低网络连接强度, 从而对整个贸易网络的稳定性构成威胁。值得注意的是, 经济政策不确定性对镍产业链不同环节的贸易网络韧性影响有所差异。依据复杂网络理论, 上游资源主权国的矿产资源所有权或经营权大多被大型跨国矿业企业所掌控^[4], 贸易关系集中且网络结构相对简单, 有助于信息传递和决策执行, 从而增强了其应对经济政策不确定性的能力。相比之下, 中下游环节涉及多个工序, 参与国家众多, 贸易关系更为复杂^[28]。这些环节高度依赖跨国贸易, 经济政策不确定性加剧容易引发贸易关系重组和供应链调整, 进而削弱镍贸易网络韧性。因此, 镍产业链中下游环节的贸易网络韧性更容易受到经济政策不确定性的负面冲击。基于此, 本文提出如下假设。

假设 H1: 经济政策不确定性对镍产业链中下游环节的贸易网络韧性具有显著负向影响。

2. 经济政策不确定性对镍贸易网络韧性的影响机制分析

金融市场稳定性是指金融市场在外部冲击下能够维持其基本功能、结构和运行秩序的能力。稳定的金融市场可以提高投资者信心、活跃交易活动, 吸引大量资本涌入^[33], 从而推动经济蓬勃发展。然而, 经济政策不确定性反映出政策变动的不可预测性, 会加剧市场主体对未来经济环境的担忧并促使其投资行为收缩与避险偏好上升^[6], 从而导致资本流入显著减少。这种资本流动的减缓不仅可能引发生产能力下滑, 还可能造成供应链中断^[34]。产能受限会减少镍产品的市场供应, 供应链中断则可能推高生产成本, 导致出口产品

价格上涨、竞争力降低,从而削弱镍贸易网络韧性。此外,在金融市场动荡的背景下,贷方为弥补潜在损失,往往会要求更高的贷款利率,从而推高借贷成本,造成融资困难。这将进一步抑制国际贸易活动,加剧对镍贸易网络韧性的负向影响。基于此,本文提出如下假设。

假设 H2:经济政策不确定性通过破坏金融市场稳定性来降低镍贸易网络韧性水平。

镍产品贸易价格的波动会削弱镍贸易网络韧性。具体而言,经济政策不确定性会加剧自然资源商品价格的波动^[35],而剧烈的贸易价格波动通常预示着市场供需失衡^[36]。从供给侧视角来看,经济政策的频繁调整可能会造成国家环境动荡不安,而不稳定的国家环境会扰乱国内正常的生产活动^[37],导致镍产品供应量缩减并加剧其价格波动,从而降低镍产品出口贸易量,增加镍产品供应中断风险。从需求侧角度而言,当镍产品供应国的经济政策不确定性增加时,进口国可能会转向寻求其他更稳定的镍产品供应国。这种需求转移不仅加剧镍产品的贸易价格波动,还将减少镍贸易网络中的节点数量,破坏镍贸易网络的连通性,进而降低镍贸易网络韧性。基于此,本文提出如下假设。

假设 H3:经济政策不确定性通过加剧镍产品贸易价格的波动来降低镍贸易网络韧性水平。

3. 经济政策不确定性对镍贸易网络韧性的异质性影响分析

在镍贸易网络中,处于核心地位的国家与众多国家建立了广泛且紧密的贸易联系,具有较高的贸易强度,即其与贸易网络中其他国家的贸易流量较大^[38]。因此,核心国家的经济活动和镍产业发展更依赖国际贸易。当该类国家或其重要贸易伙伴的经济政策不确定性上升时,原本稳定的贸易关系便会被打破,镍产品进出口将遭受直接冲击,进而对镍贸易网络韧性产生显著的负面影响。而非核心国家与外界贸易联系相对有限,贸易强度较低,因此该类国家更偏向于国内镍产品贸易,经济政策不确定性对其镍贸易网络韧性造成的负面影响也相对较小。基于此,本文提出如下假设。

假设 H4:经济政策不确定性对镍贸易网络韧性的影响因国家的网络地位而异。

二、模型设定与数据说明

(一)数据来源

本文选取 2000—2022 年各国镍贸易数据进行研究,数据源自联合国 UN Comtrade 数据库。本文依据 HS 编码并参考 Zheng 等^[39]的研究,选择镍矿(2604)、镍铁(720260)和不锈钢(7218,7219,7220,7221,7222,7223)作为上、中、下游的代表产品。在样本覆盖范围方面,上、中游各选取了 14 个国家,下游则涵盖了 20 个国家。由于各国统计口径存在差异,本文对同一产品贸易进出口双方统计数据存在差异的情况采用均值法处理,缺失值则以 0 填充。此外,经济政策不确定性指数由 Baker 等^[40]共同测度;控制变量数据来自世界银行数据库和美国传统基金会;工具变量法中自然灾害相关数据来自 EM-DAT 国际灾害数据库;机制分析中货币自由度数据来自美国传统基金会,镍产品贸易价格数据源自联合国 UN Comtrade 数据库。

(二)模型设定

为探究经济政策不确定性对镍贸易网络韧性的影响,本文选取双向固定效应模型来进行回归估计,具体公式为:

$$NLE_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 EPU_{it} + \beta_2 Controls_{it} + \phi_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式(1)中, NLE_{ijt} 表示国家*i*在第*t*年的产业链*j*环节的镍贸易网络韧性; β_0 为常数项; EPU_{it} 表示*i*国家第*t*年的经济政策不确定性指数; β_1 反映了经济政策不确定性对镍贸易网络韧性的影响大小; $Controls_{it}$ 表示一系列控制变量; ϕ_i 表示国家固定效应; φ_t 表示年份固定效应; ε_{it} 表示随机扰动项。

(三)变量设定与说明

1. 被解释变量

被解释变量选取网络效率指标进行衡量。网络效率能够全面反映国际贸易中各个节点之间的复杂性和可变性,直观评估贸易网络在面对外部冲击时的韧性水平^[41]。在镍贸易网络中,网络效率越高,表明信息与资源传递越高效。当部分节点发生故障或贸易联系中断时,高效率的贸易网络能够迅速调整贸易路径,重新配置资源,从而有效抵御风险,维持贸易活动的连续性与稳定性。有学者采用网络效率对贸易网络韧性进行测度。

例如,于娉等^[42]和 Yu 等^[43]运用网络效率衡量铁和钴矿石贸易网络的韧性。

基于此,参考张亿军等^[44]的方法,本文利用以各个关键节点为核心的局部贸易网络效率来衡量镍贸易网络韧性(NLE)。它揭示了即便在关键节点面临风险挑战、功能受损的情况下,其邻近节点间依然能够维持相互连接、协同运作的功能。其公式为:

$$NLE = \frac{1}{n_t} \sum_{i,j \in C_{x(t)}^2} \frac{1}{d_{ij}^k} \quad (2)$$

式(2)中,NLE代表镍产品贸易网络的韧性值; n_t 指的是节点 t 的邻居对数量; $C_{x(t)}^2$ 则是节点 t 的邻居集合中所有的两个节点的组合; d_{ij}^k 为邻居节点 i 和 j 之间的最短加权路径长度,且 i 不等于 j 。

2. 核心解释变量

核心解释变量为经济政策不确定性指数(EPU)。该指数是由 Baker 等^[40]构建,通过抓取权威媒体报纸中与经济、政策及不确定性相关的关键词来量化各国在特定时期内经济政策不确定性的波动状况。该方法具有统一性和可比性,便于跨国研究和时间序列分析,因此在学术界受到广泛认可^[45]。本文选取该指数作为代理变量,并将月度数据汇总为年度数据。鉴于数据波动较大,本文参考既有研究将该指标缩小百倍^[46]。

3. 控制变量

在控制变量的选择上,本文主要选取了5个控制变量:消费者价格指数(CPI,以2010年为基准年)、汇率(Rate,以美元为基础的兑换比率)、人口(POP,各国的总人口数)、经济发展水平(GDP,GDP总值)和经济自由度(EF)。

三、实证结果与分析

为确保研究结论的可靠性,本文在实证分析前进行单位根检验,结果表明各变量均呈现出良好的平稳性特征。

(一)基准回归结果

表1汇报了双向固定效应模型的基准回归结果。参考徐妍等^[47]的研究,本文的统计推断均基于国家年份交乘的聚类调整标准误。结果显示,中、下游的EPU系数均显著为负。这表明,无论是

否加入控制变量,中、下游的镍贸易网络韧性都会受到经济政策不确定性的负面影响。相比之下,虽然经济政策不确定性同样对上游的镍贸易网络韧性产生了负向影响,但这一影响并未达到统计显著性水平。这主要是由于上游贸易多以长期合同和资源出口为主,贸易关系相对更为稳定,受经济政策不确定性的直接影响较小。因此,假设H1得到验证。

表1 基准回归结果

变量	上游		中游		下游	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
EPU	-0.087 (-0.734)	-0.026 (-0.205)	-0.131 ** (-2.536)	-0.108 * (-1.905)	-0.072 *** (-4.547)	-0.050 *** (-3.395)
CPI	—	-0.022 (-0.326)	—	-0.017 (-0.859)	—	-0.006 (-0.645)
Rate	—	-0.008 (-1.389)	—	-0.003 (-1.011)	—	0.001 (0.595)
POP	—	0.081 (0.624)	—	0.077 (1.113)	—	-0.024 (-1.581)
GDP	—	-0.012 * (-1.829)	—	-0.003 (-1.514)	—	-0.004 *** (-6.059)
EF	—	0.032 (0.240)	—	0.001 (0.019)	—	0.006 (0.437)
Constant	4.450 (1.339)	12.033 (0.586)	0.196 (0.159)	4.454 (0.659)	8.123 *** (10.425)	29.812 *** (16.128)
国家固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	322	322	322	322	460	460
R ²	0.320	0.318	0.336	0.329	0.954	0.956

注:***、**、*分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.10$ 时有统计学意义;括号内为 t 值。下同。

(二)稳健性检验

1. 改变样本时间范围

世界性金融危机与新冠疫情暴发极大地提高了经济政策不确定性指数,对镍矿产贸易造成负面影响。因此,本文剔除了2008年与2020年的样本数据,并重新进行回归分析,结果如表2的第(1)~(3)列所示。可以发现,经济政策不确定性仍然对中下游环节的镍贸易网络韧性具有显著的负向影响。

2. 样本数据缩尾处理

由于镍贸易网络韧性数据分布较不均匀,为避免受到极端值影响,本文对镍贸易网络韧性数据进行了上下1%的缩尾处理,结果如表2的第(4)~(6)列所示。经济政策不确定性对中、下游镍贸易网络韧性的影响均显著为负,而对上游的影响仍然不显著,证实了基准回归结果的可靠性。

3. 改变核心解释变量的测算方法

在基准回归中,经济政策不确定性指数是由月度数据加总得到年度值。在稳健性检验中,本文运用第12个月的数据作为年度指标,并对缺失值采用线性插值法进行填补。结果如表2的第(7)~(9)列所示。可以发现,回归结果与基准回

归结果保持一致。

4. D-K 校正估计

基准回归模型易出现异方差、序列相关和截面相关等问题,而 D-K 固定效应模型构建了异方差与特定阶数自回归特性的误差结构,从而在时间维度

逐步增大的情况下,能够确保标准误对于一般形式的截面及时间相关性具有稳健性。本文采用该方法进行稳健性检验,结果如表 2 的第(10)~(12)列所示。可以发现,在更换固定效应模型后,核心解释变量的系数保持较小变动,说明回归结果具有稳健性。

表 2 稳健性检验

变量	改变样本时间范围			样本数据缩写处理			改变核心解释变量的测算方法			D-K 校正估计		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
	上游	中游	下游	上游	中游	下游	上游	中游	下游	上游	中游	下游
<i>EPU</i>	0.027 (0.209)	-0.136** (-2.337)	-0.056*** (-3.533)	-0.037 (-0.313)	-0.108* (-1.929)	-0.044*** (-3.393)	—	—	—	-0.026 (-0.288)	-0.108* (-1.755)	-0.050*** (-3.117)
<i>EPUD</i>	—	—	—	—	—	—	-0.005 (-0.438)	-0.011* (-1.851)	-0.006*** (-3.343)	—	—	—
<i>Constant</i>	12.862 (0.604)	6.691 (1.013)	29.935*** (15.395)	18.300 (1.057)	3.912 (0.593)	29.821*** (16.583)	12.749 (0.622)	3.994 (0.589)	29.717*** (16.249)	-1.874 (-0.118)	-0.997 (-0.199)	10.555*** (9.375)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
国家固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
观测值	294	294	420	322	322	460	322	322	460	322	322	460
R^2	0.296	0.311	0.957	0.372	0.343	0.960	0.318	0.329	0.956	0.390	0.400	0.959

(三) 内生性处理

1. 工具变量法

工具变量法是处理内生性问题的有效方法。本文选取滞后一期的核心解释变量 (*L.EPU*) 和滞后三期的自然灾害发生频数 (*L3.Disasterfrequency*) 作为 *EPU* 指数的工具变量进行内生性检验。具体而言,自然灾害通过干扰宏观经济正常运行、增加财政支出压力以及扰动市场预期,间接加剧经济政策不确定性。经济政策不确定性主要作用于灾后重建与政策调整等后续阶段,较少直接影响自然灾害发生的频率。此外,自然灾害具有突发性和不可控性,特别是在引入滞后三期设定后,可有效避免其与当前贸易网络韧性的同步扰动,符合工具变量的外生性要求。两阶段最小二乘法回归结果如表 3 所示。工具变量有效性检验结果显示,不存在弱工具变量、工具变量识别不足及过度识别问题。第二阶段回归结果表明,在考虑内生性问题过后,经济政策不确定性对中、下游镍贸易网络韧性依然具有显著的负向影响,而对上游镍贸易网络韧性的影响仍然不显著,验证了基准回归结果的可靠性。

2. GMM 检验

本文进一步采用系统 GMM 方法来检验前文结论的稳健性,结果如表 4 所示。在模型诊断方面,AR(1)的 *p* 值均小于 0.1,而 AR(2)的 *p* 值则均大于 0.1,证实模型不存在显著的二阶序列相关问题。同时,中游和下游的 *EPU* 系数分别在 5% 和 1% 显著性水平下为负,上游的 *EPU* 系数则不

表 3 两阶段最小二乘法回归结果

变量	一阶段		一阶段		一阶段	
	<i>EPU</i>	<i>NLE</i>	<i>EPU</i>	<i>NLE</i>	<i>EPU</i>	<i>NLE</i>
<i>EPU</i>	—	0.024 (0.150)	—	-0.118* (-1.857)	—	-0.082*** (-4.261)
<i>L3.Disasterfrequency</i>	0.192 (1.541)	—	0.205* (1.800)	—	0.184* (1.857)	—
<i>L.EPU</i>	0.841*** (12.137)	—	0.927*** (9.655)	—	0.852*** (12.906)	—
控制变量	是	是	是	是	是	是
国家固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	280	280	280	280	400	400
R^2	—	-0.001	—	0.031	—	0.038
Underidentification test (Kleibergen-Paap rk LM statistic)	37.164***		27.984***		43.831***	
Weak identification test (Cragg-Donald Wald F statistic)	141.270		173.423		228.848	
Weak identification test (Kleibergen-Paap rk Wald F statistic)	77.019		47.515		85.457	
Hansen J statistic (overidentification test of all instruments)	0.170		0.639		0.199	
Hansen J P-val	0.680		0.424		0.656	

表 4 系统 GMM 估计

变量	上游	中游	下游
	(1)	(2)	(3)
<i>EPU</i>	-0.091 (-0.553)	-0.185** (-2.567)	-0.062*** (-2.641)
<i>L.NLE</i>	0.978* (1.772)	0.555** (2.400)	0.704*** (13.131)
控制变量	是	是	是
国家固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
观测值	308	308	440
AR(1) <i>p</i> 值	0.021	0.066	0.025
AR(2) <i>p</i> 值	0.449	0.128	0.175

显著,再次验证前文结果的稳健性。

(四) 机制检验

1. 路径一:金融市场稳定性的机制检验

金融市场不稳定可能加剧贸易融资难度并增

加汇率风险,从而阻碍镍产品的跨境流通,削弱镍贸易网络韧性。因此,本文依据司颖华等^[48]的研究,选取货币自由度作为金融市场稳定性(FMS)的代理变量,探究经济政策不确定性对金融市场稳定性的影响。需要说明的是,由于韩国的货币自由度数据未公布,因此该回归中存在一定缺失值。结果如表5第(1)~(3)列所示,核心解释变量系数显著为负,即经济政策不确定性会通过破坏金融市场稳定性来影响镍贸易网络韧性,实证结果验证了假设H2。

2. 路径二:镍产品贸易价格波动的机制检验

经济政策不确定性对各国镍贸易的影响可能会因市场供需关系的变化产生差异,继而影响镍贸易网络韧性。而当镍产品的贸易价格变动较大时往往意味着市场供需失衡。基于此,本文参照Zheng等^[39]的做法,计算镍产品贸易价格,并以其标准差的对数形式来度量镍产品贸易价格波动(PF),从而探讨经济政策不确定性对镍产品贸易价格波动的影响。为确保数据的完整性和准确性,本文采用线性插值法填补缺失值,并将插值结果中小于0的值替换为0。结果如表5的第(4)~(6)列所示。可以看到,经济政策不确定性会加剧中下游镍产品贸易价格波动。因此,经济政策不确定性通过加剧中下游镍产品贸易价格的波动来降低其贸易网络韧性水平,假设H3得到验证。

表5 机制检验结果

变量	上游		中游		下游	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	FMS	FMS	FMS	PF	PF	PF
EPU	-0.074 *** (-3.023)	-0.076 *** (-3.046)	-0.082 *** (-3.565)	-0.026 ** (-2.071)	0.019 * (1.791)	0.020 *** (2.755)
Constant	80.768 *** (12.305)	92.790 *** (18.695)	81.935 *** (17.915)	5.749 *** (2.706)	4.580 *** (2.799)	3.333 *** (3.933)
控制变量	是	是	是	是	是	是
国家固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	299	299	437	322	322	460
R ²	0.819	0.837	0.794	0.293	0.366	0.432

(五)异质性分析

为检验经济政策不确定性对不同网络地位国家的影响差异,本文参考Zhao等^[29]的研究,依据加权重度排名将样本细分为两个子群组进行分组回归。加权重度是指一国与其所有贸易伙伴双边贸易额的总和,能够直观反映该国的整体对外贸易规模,并体现其在贸易网络中的地位。表6结果表明,在产业链的中下游,经济政策不确定性显著削弱

了核心国家的镍贸易网络韧性,并未对非核心国家产生显著影响。这主要是由于高加权度的国家通常在贸易网络中占据核心位置,贸易流量较大。当这些国家的经济政策不确定性加剧时,其负面影响将会被进一步放大,进而削弱镍贸易网络韧性。相较而言,贸易规模较小且在网络中联系有限的国家处于网络的边缘位置。即便这些国家受到经济政策不确定性的冲击,由于其在网络中的传导路径极为有限,对整体贸易网络所产生的影响也相对较小。

表6 国家网络地位异质性分析

变量	上游		中游		下游	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	核心国家	非核心国家	核心国家	非核心国家	核心国家	非核心国家
EPU	0.243 (1.187)	-0.056 (-0.287)	-0.109 * (-1.661)	-0.154 (-1.160)	-0.066 *** (-4.147)	-0.036 (-1.313)
Constant	29.008 (0.976)	-2.736 (-0.102)	-0.400 (-0.033)	18.411 (0.556)	33.028 *** (18.171)	22.972 *** (7.265)
控制变量	是	是	是	是	是	是
国家固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	161	161	161	161	230	230
R ²	0.372	0.295	0.346	0.334	0.984	0.935

四、结论与建议

本文从产业链视角探究了经济政策不确定性对镍贸易网络韧性的影响,主要结论如下。①经济政策不确定性对上游镍贸易网络韧性影响不显著,但对中、下游镍贸易网络韧性产生了显著负向影响。这一差异主要由于上游资源分布集中且参与国较少,受经济政策不确定性的影响相对有限。而中下游贸易网络结构复杂,覆盖国家广泛,更容易受到经济政策不确定性的冲击。②经济政策不确定性通过破坏金融市场稳定性与加剧镍产品的贸易价格波动来影响镍矿产贸易活动,继而对镍贸易网络韧性产生负面冲击。③经济政策不确定性对镍贸易网络韧性的影响因国家的网络地位而异,产业链中下游的核心国家相对非核心国家受到经济政策不确定性的负面影响更大。需要指出的是,本文的研究结论是基于镍产业链的贸易网络特征所得出的,其揭示的规律在其他矿产资源中可能存在差异,后续研究可结合具体产业背景做进一步验证。尽管如此,本文所构建的经济政策不确定性影响镍贸易网络韧性的分析框架,为其他关键矿产类似问题的研究提供了重要分析范式。

基于上述研究结论,本文提出以下几点建议。

第一,健全镍中下游环节的政策动态监测与响应体系,减少政策波动的负面冲击。鉴于中下游镍贸易网络更容易受到经济政策不确定性的冲

击,应构建分层级、差异化的政策动态监测与响应体系。政府可依托国家大数据平台,整合海关、金融、工信与港口等部门数据,实时关注主要贸易伙伴的政策变动、价格波动与物流瓶颈等异常事件。在监测机制上,下游环节应强化价格预警监测;中游加工环节则应重点关注多国政策变动在该环节的交叉影响与累积风险,提前发布联动风险提示。在响应机制上,下游环节可推动建立价格动态调整机制与订单转移预案;中游环节则应制定关键产能分散配置、区域间物流资源统筹调配等多元应急措施,形成监测—评估—响应一体化的联动系统。

第二,完善镍价格波动的市场监管与预警机制,确保金融市场稳定。经济政策不确定性通过破坏金融市场稳定性和加剧镍产品贸易价格波动影响全球镍贸易活动。鉴于此,政府应深化与金融市场的协作,建立有效的价格监控系统,及时识别价格泡沫、金融风险等潜在威胁,并采取差异化的干预手段促进市场平稳运行,增强金融工具对矿产资源交易的支撑作用。此外,还应推动金融创新,鼓励矿产资源行业开发多元化的对冲工具,提升镍产业链市场参与者对期货、期权等金融衍生品工具的应用能力,以提高其对镍产品贸易价格波动的风险对冲能力。

第三,重构镍贸易网络的国际布局与战略伙伴体系,增强镍产业链的抗风险能力。由于经济政策不确定性对产业链中下游核心国家的镍贸易网络冲击更为显著。因此,应降低对单一市场的依赖程度,推动镍产业链中下游布局向政策环境稳定、经济结构多元的新兴经济体延伸。可依托“一带一路”倡议、RCEP 协定等区域合作平台,推动构建跨区域的“原料—加工—消费”联动机制,增强资源国与消费国之间的互补性与协同性。一方面,应加强与资源输出国在冶炼环节的共建合作,提升本地化加工能力;另一方面,在主要消费国推动建立战略储备机制和应急供需协调平台。通过构建“区域多元+功能互补”的贸易伙伴体系,分散外部政策波动带来的结构性冲击,提升全球镍产业链的贸易网络韧性。

参考文献:

- [1] 葛建平,刘佳琦. 关键矿产战略国际比较:历史演进与工具选择[J]. 资源科学,2020,42(8):1464-1476.
[2] 成金华,帅竞,赵雨佳,等. 关键矿产供应风险评估与

预测:以铜资源为例[J]. 资源科学,2023,45(9):1778-1788.

[3] 邵留国,王露,蓝婷婷. 战略性矿产资源影响力评价体系构建与测度[J]. 中国软科学,2025(2):1-11.

[4] 杨丹辉. 战略性关键矿产全球供求格局演变与中国应对[J]. 经济纵横,2025(3):14-30.

[5] 张宇祺,李华姣,安海忠,等. 产业链视角下关键矿产资源可供性研究进展[J]. 资源科学,2024,46(4):671-686.

[6] 葛顺奇,李三川,罗伟. 贸易脱钩、关税冲击与外商撤资[J]. 国际贸易问题,2024(3):50-68.

[7] 马玉芳,沙景华,闫晶晶,等. 中国镍资源供应安全评价与对策研究[J]. 资源科学,2019,41(7):1317-1328.

[8] 汪鹏,王翹楚,韩茹茹,等. 全球关键金属-低碳能源关联研究综述及其启示[J]. 资源科学,2021,43(4):669-681.

[9] HUANG C L, VAUSE J, MA H W, et al. Substance flow analysis for nickel in mainland China in 2009[J]. Journal of cleaner production,2014,84:450-458.

[10] ZHU D, PAN L, GUO Z, et al. Utilization of limonitic nickel laterite to produce ferronickel concentrate by the selective reduction-magnetic separation process[J]. Advanced powder technology,2019,30(2):451-460.

[11] GUAN Q, AN H. The exploration on the trade preferences of cooperation partners in four energy commodities' international trade:crude oil, coal, natural gas and photovoltaic[J]. Applied energy,2017,203:154-163.

[12] PANDYASWARGO A H, WIBOWO A D, MAGHFIROH M F N, et al. The emerging electric vehicle and battery industry in Indonesia:actions around the nickel ore export ban and a SWOT analysis[J]. Batteries,2021,7(4):80.

[13] 张宏伟,黄希宇,张杨,等. 全球钨产业链贸易多层网络需求短缺风险传播机制[J]. 资源科学,2024,46(5):948-959.

[14] 左芝鲤,成金华,詹成,等. 全球锂产业链贸易格局演化及脆弱性分析[J]. 资源科学,2024,46(1):114-129.

[15] SUN X. Supply chain risks of critical metals: sources, propagation, and responses[J]. Frontiers in energy research, 2022,10:957884.

[16] ZENG X, XU M, LI J. Examining the sustainability of China's nickel supply:1950 - 2050[J]. Resources, conservation and recycling,2018,139:188-193.

[17] WANG X, WANG A, ZHONG W, et al. Analysis of international nickel flow based on the industrial chain[J]. Resources policy,2022,77:102729.

[18] SUN J, ZHOU H, HUANG Z. The future nickel metal supply for lithium-ion batteries[J]. Green chemistry,2024,26

- (12):18.
- [19] ZHOU X, ZHANG H, ZHENG S, et al. A study on the transmission of trade behavior of global nickel products from the perspective of the industrial chain[J]. Resources policy, 2023, 81:103376.
- [20] 许锐翔, 许祥云, 施宇. 经济政策不确定性与全球贸易低速增长: 基于引力模型的分析[J]. 财经研究, 2018, 44(7):60-72.
- [21] ISLAM M M, SOHAG K, REHMAN F. Do geopolitical tensions and economic policy uncertainties reorient mineral imports in the USA? a fat-tailed data analysis using novel quantile approaches[J]. Mathematics, 2022, 11(1):180.
- [22] GALBRAITH J. US tariffs on steel and aluminum imports go into effect, leading to trade disputes[J]. The American journal of international law, 2018, 112(3):499-504.
- [23] 周美静, 王甫园, 邵留国. 中国境外国家(地区)稀土供应链韧性评估: 以铁钼永磁体为例[J]. 资源科学, 2023, 45(9):1746-1760.
- [24] VAN DEN BRINK S, KLEIJN R, SPRECHER B, et al. Resilience in the antimony supply chain[J]. Resources, conservation and recycling, 2022, 186:106586.
- [25] 沈曦, 郭海湘, 成金华. 突发风险下关键矿产供应链网络节点韧性评估: 以镍矿产品为例[J]. 资源科学, 2022, 44(1):85-96.
- [26] GLÖSER S, ESPINOZA L T, GANDENBERGER C, et al. Raw material criticality in the context of classical risk assessment[J]. Resources policy, 2015, 44:35-46.
- [27] 王玉昆, 王兆华, 丁月婷. 基于系统动态响应的天然气发展路径演化及供需系统韧性测度[J]. 系统工程理论与实践, 1-18.
- [28] 郭尧琦, 郑茹. 钴产业链全球贸易的国家地位与风险传播[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2025, 31(1):123-135.
- [29] ZHAO Y, GAO X, AN H, et al. The effect of the mined cobalt trade dependence network's structure on trade price[J]. Resources policy, 2020, 65:101589.
- [30] WANG X, WANG A, ZHU D. Simulation analysis of supply crisis propagation based on global nickel industry chain[J]. Frontiers in energy research, 2022, 10:919510.
- [31] YU Y, MA D, QIAN Y. A resilience measure for the international nickel trade network[J]. Resources policy, 2023, 86:104296.
- [32] XIAO L, ZHAO L, ZHU Q. Host country economic policy uncertainty, trade openness and Chinese enterprise overseas investment[J]. International review of economics & finance, 2024, 96:103566.
- [33] HAN W, HAN L, YANG Q. Capital market liberalization and firms' OFDI performance: evidence from China[J]. Finance research letters, 2024, 59:104761.
- [34] CUI L, YUE S, NGHIEM X H, et al. Exploring the risk and economic vulnerability of global energy supply chain interruption in the context of Russo-Ukrainian war[J]. Resources policy, 2023, 81:103373.
- [35] DU H, ZHANG C. Economic policy uncertainty and natural resources commodity prices: a comparative analysis of pre-and post-pandemic quantile trends in China[J]. Resources policy, 2024, 88:104458.
- [36] CHEN J, ZHU X, LI H. The pass-through effects of oil price shocks on China's inflation: a time-varying analysis[J]. Energy economics, 2020, 86:104695.
- [37] ZHANG H, WANG Y, YANG C, et al. The impact of country risk on energy trade patterns based on complex network and panel regression analyses[J]. Energy, 2021, 222:119979.
- [38] 刘亦文, 刘惠. 国际石油贸易网络动态演化及其驱动因素[J]. 资源科学, 2024, 46(9):1852-1866.
- [39] ZHENG S, ZHOU X, ZHAO P, et al. Impact of countries' role on trade prices from a nickel chain perspective: based on complex network and panel regression analysis[J]. Resources policy, 2022, 78:102930.
- [40] BAKER S R, BLOOM N, DAVIS S J. Measuring economic policy uncertainty[J]. The quarterly journal of economics, 2016, 131(4):1593-1636.
- [41] RUBINOV M, SPORNS O. Complex network measures of brain connectivity: uses and interpretations[J]. Neuroimage, 2010, 52(3):1059-1069.
- [42] 于娱, 马代鹏, 王贤梅. 国际铁矿资源全产业链产品的贸易网络韧性[J]. 资源科学, 2022, 44(10):2006-2021.
- [43] YU Y, MA D, ZHU W. Resilience assessment of international cobalt trade network[J]. Resources policy, 2023, 83:103636.
- [44] 张亿军, 白文博, 宋益, 等. 地缘政治风险对锂资源贸易网络韧性的影响: 基于复杂网络和面板回归分析[J]. 资源科学, 2025, 47(7):1517-1532.
- [45] 杨旭, 刘祎. 经济政策不确定性对亚太地区进口贸易的影响[J]. 亚太经济, 2020(1):62-70, 151.
- [46] 李增福, 陈俊杰, 连玉君, 等. 经济政策不确定性与企业短债长用[J]. 管理世界, 2022, 38(1):77-89, 143, 90-101.
- [47] 徐妍, 宋怡瑾, 沈悦. 地缘政治风险对世界各国低碳转型的影响[J]. 资源科学, 2023, 45(7):1297-1309.
- [48] 司颖华, 肖强. 中国金融市场对宏观经济的非对称性影响分析: 基于经济政策稳定性视角[J]. 宏观经济研究, 2019(9):5-13, 46.

(本文责编: 默 黎)