

# 产业链视角下中国稀土产品贸易依赖格局演变及影响因素分析

廖秋敏<sup>1,2</sup>, 韩嘉雯<sup>1\*</sup>

1. 江西理工大学经济管理学院, 江西 赣州 341000;  
2. 江西理工大学有色金属产业发展研究中心, 江西 赣州 341000



**摘要:**稀土是重要的战略性矿产资源,在大国博弈背景下全球稀土产业链稳定性已成为国际焦点问题。基于2013—2023年中国稀土进出口贸易数据,探讨了中国稀土产品贸易依赖关系演变、贸易依赖网络格局演化及主要影响因素。研究发现:中国稀土进出口贸易产品结构存在较大差异,呈现“低进高出”的贸易态势。从贸易依赖角度来看,中国在全球稀土贸易中的优势地位有所强化。在全球稀土贸易依赖网络中的度数中心度、节点联系强度和中介中心度中,中国排名逐渐靠前,且成为稀土产品贸易依赖网络中最核心的国家之一。此外,贸易伙伴关系、经济发展水平、贸易依存度、经济临近性和制度水平等对大多数稀土产品均具有显著影响。基于此,提出优化稀土产业链上游资源型产品的进口格局,巩固稀土产业链中游冶炼分离的技术优势,发挥稀土产业链下游磁性材料产品的规模优势等建议。

**关键词:**稀土产品;产业链;贸易依赖;网络分析

中图分类号:F742 文献标志码:A 文章编号:1005-2518(2025)06-1253-12 DOI:10.11872/j.issn.1005-2518.2025.06.172  
引用格式:廖秋敏,韩嘉雯.产业链视角下中国稀土产品贸易依赖格局演变及影响因素分析[J].黄金科学技术,2025,33(6):1253-1264.LIAO Qiumin, HAN Jiawen. Analysis of the Evolution of China's Rare Earth Products Trade Dependence Pattern and Its Influencing Factors from the Perspective of Industrial Chain[J]. Gold Science and Technology, 2025, 33(6): 1253-1264.

稀土在新能源、新材料、生物医药和航空航天等尖端领域及国防建设中至关重要。当前国际稀土产业链供应链正经历深刻变革,我国通过出台《国务院关于促进稀土行业持续健康发展的若干意见》和《稀土管理条例》等政策,强化稀土资源战略储备与全产业链安全保障。而西方国家正寻求新贸易伙伴并构建联盟,推动“去中国化”。海关总署数据显示,2023年我国稀土出口总量稳定,但对欧美出口占比同比下降5.3%,国际供应链重构趋势显现。这种“去中国化”对我国稀土产业安全影响深远。因此,从产业链视角研究中国不同稀土产品

的贸易依赖程度和网络格局演变,对在大国博弈中保障国家能源安全以及落实以优势矿产资源重构全球供应链具有重大意义。

现有文献中稀土产业链研究较丰富,全球稀土产业链研究已形成从资源禀赋到全产业链竞争的系统分析框架。初级资源端,中国稀土开采量占全球总量的60%以上,但高附加值产品占比不足30%,呈“大而不强”格局(周美静等,2020);中游环节,中国稀土企业冶炼分离成本较国际低25%,但环境成本未完全内化,导致“资源红利”与“生态赤字”倒挂(叶前林等,2024);下游环节,各国稀土下

收稿日期:2025-05-22;修订日期:2025-08-26

基金项目:国家社会科学基金项目“稀土产品全球贸易网络格局演化与中国战略地位提升研究”(编号:21BGL182)资助

作者简介:廖秋敏(1980—),女,黑龙江齐齐哈尔人,教授,从事国际贸易理论与政策、矿产品贸易等方面的研究工作。E-mail:309144504@qq.com

\*通信作者:韩嘉雯(2000—),男,内蒙古包头人,硕士研究生,从事国际贸易理论与政策方向的研究工作。E-mail:H1783936483@163.com

© Editorial Department of Gold Science and Technology (CC BY-NC-ND)

游产业出口技术复杂度提升、国别差距缩小(阙天舒等, 2024), 且我国产业链后端综合效率低于前端, 延伸政策与规模水平存在效率抑制(方文龙等, 2024)。基于此, 有学者提出“创新—产业—资本”三维协同体系(汤林彬等, 2024), 通过延伸下游高端应用并整合资源到战略新兴产业, 应对供应链重构, 实现全产业链自主可控。国际贸易依赖研究历经从双边静态到多边动态网络的范式跃迁。早期研究突破传统比较优势理论, 建立依赖关系量化体系(余振等, 2010); 复杂网络理论应用后, 研究纳入第三方间接效应(Xia, 2011), 推动供应链研究三大转向: 视角扩展到全球价值链网络(顾建平等, 2023), 评估框架升级为多维防御(洪流等, 2023), 引入复杂适应系统理论(田虎等, 2025)。需要注意的是, 大国博弈加速产业链本土化与区域化, 使韧性研究转向安全与效率平衡(陈尧等, 2025), 其中中间品贸易依赖有长尾传导特征, 半导体等产业呈“结构性脆弱”(杨丹辉, 2025)。刘林青等(2021, 2023)整合进出口依存度, 关注第三方市场传导效应。近年来, 鲜有学者从稀土产品贸易依赖视角, 研究全球稀土贸易依赖网络格局及演变特征。

综上所述, 现有稀土产业研究虽为竞争格局和贸易依赖机制提供基础, 但聚焦产品单一, 也未量化贸易依赖与产业风险的关联, 且政策启示针对性弱。据此, 本文在以下3个方面开展深入研究: 第一, 聚焦稀土全产业链产品, 以明晰不同稀土产业链环节贸易依赖演变特征和影响机制。第二, 引入贸易依赖度测量指标, 着重测量全球贸易网络的交互效应与路径依赖特性。第三, 增强政策建议的应用性。通过科学识别产业链安全风险点, 助力我国精准评估稀土全产业链各环节的贸易依赖状况, 为我国在大国产业博弈中制定差异化策略提供关键依据, 推动我国充分发挥稀土产业战略优势, 为保障稀土产业链供应链安全、实现产业高质量发展提供有力的决策参考。

## 1 研究数据与研究方法

### 1.1 研究数据

稀土产品贸易数据来源于联合国商品贸易数据库(UN Comtrade), 按照HS(《商品名称及编码协调

制度的国际公约》)分类目录中六位码的7个大类, 选取稀土原矿(HS253090)、稀土金属(HS280530)、稀土铈化合物(HS284610)、稀土化合物(HS284690)、稀土铈铁合金(HS360690)、稀土钕铁硼合金(HS720299)和稀土永磁体(HS850511)作为研究对象。

### 1.2 研究方法

#### (1) 中国稀土产品贸易依赖程度测量

贸易依赖体现在2个层面: 一是有直接关联的两国之间的贸易; 二是有间接关联的两国之间的各自可被替代的贸易关联关系。本文主要依据刘林青等(2023)对国际贸易依赖程度的测定, 计算出不同稀土产品的贸易依赖数值。具体的测算指标见式(1)~式(7)。

$$DT_{ab} = DTextd_{ab} + DTimtd_{ab} \quad (1)$$

式中:  $DT_{ab}$  为  $a$  国对  $b$  国稀土产品的贸易总依赖;  $DTextd_{ab}$  为  $a$  国对  $b$  国稀土产品的出口依赖;  $DTimtd_{ab}$  为  $a$  国对  $b$  国稀土产品的进口依赖。

$$DTextd_{ab} = S_{ab}^2 (C_{ca} / C_{cb}) \quad (2)$$

$$C_{ca} = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^n (S_{ka} / S_a)^2} - \sqrt{1/n}}{1 - \sqrt{1/n}} \quad (3)$$

$$C_{cb} = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^n (P_{bk} / P_b)^2} - \sqrt{1/n}}{1 - \sqrt{1/n}} \quad (4)$$

式中:  $S_{ab}$  为  $a$  国对  $b$  国出口的稀土产品贸易额占其稀土出口贸易总额的比重;  $C_{ca}$  为  $a$  国自身稀土产品的出口集中度;  $C_{cb}$  为  $b$  国的稀土产品进口集中度。

$$DTimtd_{ab} = P_{ba}^2 (C_{da} / C_{cb}) \quad (5)$$

$$C_{da} = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^n (P_{ka} / P_a)^2} - \sqrt{1/n}}{1 - \sqrt{1/n}} \quad (6)$$

$$C_{cb} = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^n (P_{bk} / P_b)^2} - \sqrt{1/n}}{1 - \sqrt{1/n}} \quad (7)$$

式中:  $P_{ba}$  为  $a$  国从  $b$  国进口的稀土产品贸易额占  $a$  国进口总额的比重;  $C_{da}$  为  $a$  国的稀土产品进口集中度;  $C_{cb}$  为  $b$  国的稀土产品出口集中度。由于两国贸易关系会受到其他国家贸易网络的系统性影响, 如:  $A$  国对  $B$  国的进口依赖与  $B$  国对  $A$  国的出口依赖具有不对称性, 而  $C$  国的贸易行为会进一步改变  $a$ 、 $b$  两国间的实际依赖程度。HHI的平方和构造本质上是将“贸易份额”转化为“风险权重”, 其非对称放大特性、对伤害不平衡的量化能力以及脆弱性评

估的效度,使其成为衡量贸易依赖关系中权力失衡与风险暴露的重要工具。为了将稀土产品贸易依赖关系中“第三方效应”的影响加入考虑,通过赫芬达—尔赫希曼指数(HHI)测量  $C_{ca}$ 、 $C_{db}$ 、 $C_{da}$  和  $C_{cb}$ 。

(2)中国稀土产品贸易依赖网络构建及测量指标

运用社会网络方法,将参与稀土贸易的国家或地区组成点集  $V$ ,各国间的贸易依赖关系作为边集  $E$ ,构建全球稀土产品贸易依赖网络  $G=(V,E)$ 。选用度数中心度、节点联系强度和中介中心度等指标考察我国在全球稀土产品贸易依赖网络中的地位。

度数中心度  $C_D(i)$ 能够反映该节点国家(地区)在网络中的活跃程度和直接影响力大小,计算公式如下:

$$C_D(i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} + \sum_{j=1}^N a_{ji} \quad (8)$$

式中:  $\sum_{j=1}^N a_{ij}$  和  $\sum_{j=1}^N a_{ji}$  分别为国家(地区)  $i$  的点出度和点入度。

节点联系强度  $S(i)$ 属于度数中心度在加权网络中的拓展延伸,能够反映节点国家(地区)连接关系的强弱程度,计算公式如下:

$$S(i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} w_{ij} + \sum_{j=1}^N a_{ji} w_{ji} \quad (9)$$

式中:  $\sum_{j=1}^N a_{ij} w_{ij}$  和  $\sum_{j=1}^N a_{ji} w_{ji}$  分别为国家(地区)  $i$  的出强度和入强度。

中介中心度  $C_B(i)$ 描述了一个节点国家(地区)在贸易网络中的间接影响力和对产品流动的控制能力,计算公式如下:

$$C_B(i) = \frac{2 \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N g_{jk}(i) / g_{jk}}{N^2 - 3N + 2} \quad (10)$$

式中:  $C_B(i)$ 为经济体  $i$  的相对中介中心度;  $g_{jk}$  为经济体  $j$  与经济体  $k$  之间的捷径条数;  $g_{jk}(i)$  为国家  $j$  与国家  $k$  之间存在的经过第3个国家  $i$  的捷径数目。

## 2 中国稀土产品贸易格局演化特征

### 2.1 中国稀土贸易整体结构演化

中国稀土对外贸易在2013—2023年呈现“W”型波动轨迹(图1),反映出政策调控、产业升级与国

际博弈的复合作用机制。结合海关总署及行业数据,可将其演变划分为3个阶段。

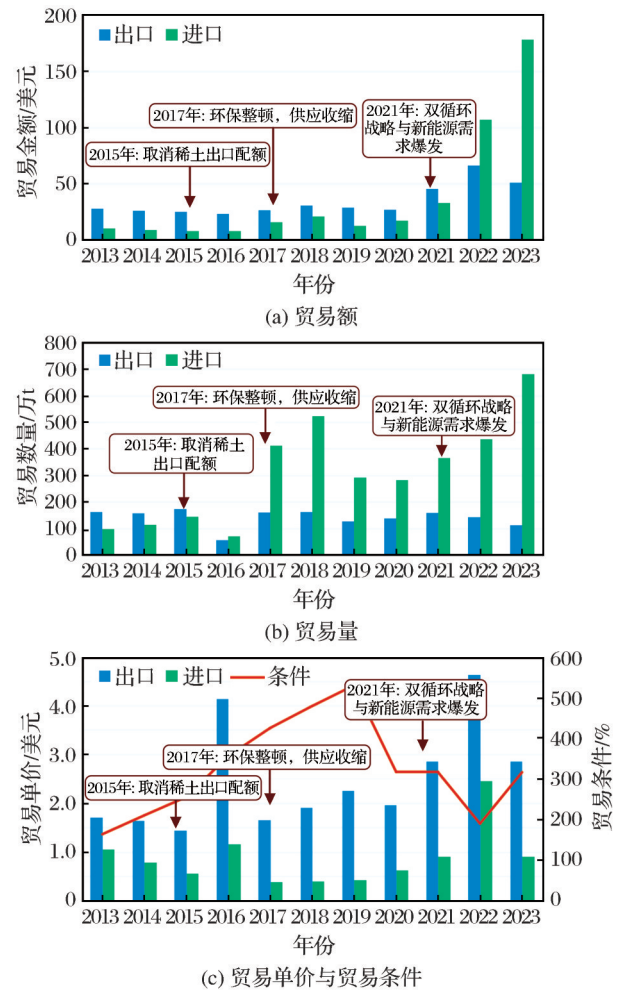


图1 2013—2023年中国稀土整体对外贸易变化  
Fig. 1 Changes in China's overall foreign trade of rare earths from 2013 to 2023

(1)政策调整期(2013—2016年):环保倒逼与结构初调

2012年《稀土行业准入条件》实施后,中国通过环境治理与产业重组推动转型。2013年《稀土工业污染物排放标准》迫使企业增加环保投入,冶炼成本上升导致出口单价提升。2015年世界贸易组织裁定后取消出口配额,短期内贸易量下降但产业链价值分配改善。至2016年六大稀土集团完成重组,行业集中度显著提高,但国际规则压力下出口限制被迫松绑(叶前林等,2025),贸易额呈现轻微下滑。

(2)高质量发展转型期(2017—2019年):供需错配与价值链爬升

十九大后新能源汽车与风电产业驱动高端稀土需求激增,而2017年赣州稀土矿停采(赵磊,2024)叠加2018年《稀土行业规范条件》实施,原矿开采量下降25%。供给收缩与需求扩张形成剪刀差,中国转向进口低端稀土原矿以满足中下游加工需求,进口量倍增但进口额增幅有限。此阶段中国稀土贸易条件优势持续扩大,但国际市场对高端产品的依赖加深。

(3)战略调整与博弈期(2020—2023年):供应链重构与秩序重塑

新冠疫情期间全球供应链震荡加速中国“双循环”战略落地。2021年起稀土进口额大幅增长,2023年进口额是出口额的6倍。出口结构转向中下游深加工产品,原矿出口量锐减,贸易模式转变为“进口原料—加工出口”。2023年出口量超进口量250%,反映出我国通过技术优势掌控产业链中高端环节的主动性。

此“W”型轨迹本质是我国从被动适应国际规则转向主导贸易秩序的缩影。环保政策倒逼技术升级、供需调整重塑价值链以及地缘博弈强化供应链韧性,三者共同构成中国稀土产业的战略转型逻辑。

## 2.2 中国稀土产品结构演化

2013—2023年,中国稀土贸易结构演变呈现“进口原料—加工出口”的战略转型特征。进口方面,矿物质稀土(HS253090)进口量从95万t激增至665万t(图2),占进口总额比重持续提升,反映我国通过扩大初级产品进口实施战略储备,同时减少本土开采的环境压力。高端材料进口同步增长,稀土钕铁硼合金(HS720299)和化合物(HS284690)进口分别体现永磁材料工艺依赖和尖端领域技术需求。

出口结构则实现向高附加值产品的跨越:稀土永磁体(HS850511)出口额从17亿增长至46亿美元,全球市场占比超过90%(图2),其竞争力源于三大支柱:宁波等产业集群带来的40%成本优势、新能源汽车需求增加(占2022年出口量58%)以及热压钕铁硼专利占比37%的技术突破。相比之下,矿物质稀土出口量始终维持在万吨级,印证“严控资源出口”政策成效。

这种结构性调整本质是全球稀土权力体系的重构。在中美技术博弈背景下,我国通过动态出口管制机制,既遵守世界贸易组织的规则(稀土金属HS280530出口年均增长3.2%),又保障产业链安全。稀土化合物(HS284690)出口单价较2013年提升76%(图2),显示我国在抛光材料等高新技术领域已建立差异化优势。进出口结构的战略转变,标志着我国从资源输出国向产业链主导者的转型。

总体来看,中国稀土进出口贸易产品结构存在较大差异。稀土原矿(HS253090)是进口金额最大和进口数量最多的产品,其贸易单价约为2500美元/t;稀土永磁体(HS850511)是出口金额最大和出口数量较多的产品,其贸易单价约为35000美元/t,二者存在近14倍之差。表明中国的稀土产业链与当前一般高科技企业生产链类似,即首先进口初级原材料,再在国内加工生产中级产品,最后以具有高附加值的终端产品对外出口,呈现“低进高出”的贸易态势,从而在全球稀土市场中占据着重要地位。

## 3 中国稀土产品贸易依赖格局演化特征

2016年发布的《全国矿产资源规划(2016—2020年)》(中国政府网,2016)首次将稀土列入战略性矿产目录,要求加强资源保护与产业链优化。此举标志着中国稀土行业从“粗放开采”向“战略管控”转型。2019年首次实施全年分两批稀土开采配额制,全年配额总量12万t,同比增长14.3%,奠定了集约化开采基础。根据2023年海关统计数据(海关总署官网,2023),中国稀土进口数量在2023年超过出口数倍,且成为全球最大稀土进口国。因此,2016年、2019年和2023年成为分别代表我国稀土产业政策驱动期与市场转型期的关键年份。

### 3.1 我国稀土产品贸易依赖关系演变

通过贸易依赖模型计算我国与所有稀土贸易对象之间的贸易依赖程度,对7种稀土产品取排名前十的贸易对象进行列示(图3)。图3的中间一列为我国7种稀土产品HS编码,左侧为中国稀土产品的进口依赖,右侧为中国稀土产品的出口依赖,呈现从左到右的进口、出口流动趋势,线条粗细表示依赖强度的大小。基于贸易依赖视角,从我国贸易依赖格局来看,各贸易国家或地区之间的贸易依

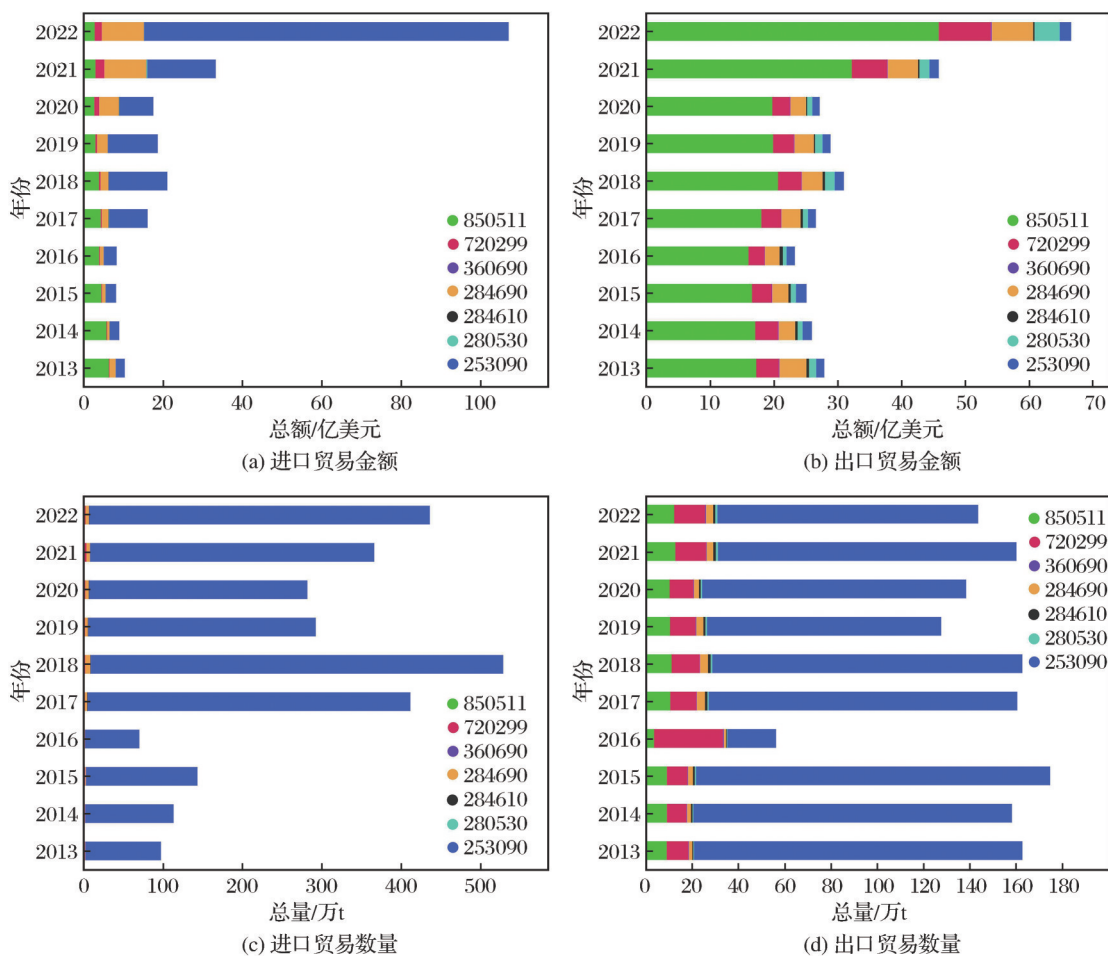


图2 2013—2023年中国稀土产品贸易变化情况

Fig. 2 Changes in China's rare earth product trade from 2013 to 2023

赖程度及其发展演变呈现出“进口集中化、出口多元化”的显著特征,这种结构性变动对国家战略安全的影响具有多维度的复杂性。

(1)进口依赖集中化:关键资源的战略脆弱性  
近年来,我国进口贸易依赖的国家(地区)发生了较大变动,呈现明显的“多而散”向“少而集中”的

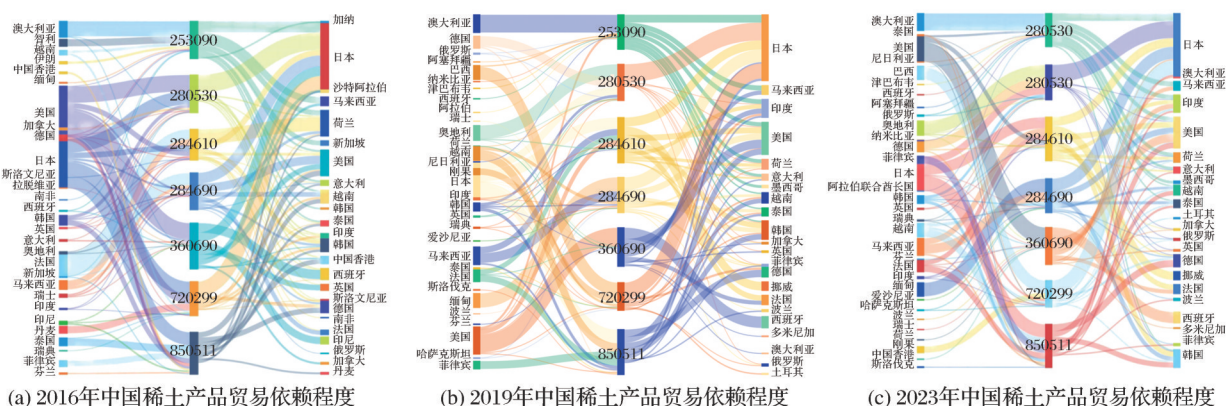


图3 2016年、2019年和2023年中国稀土产品贸易依赖程度

Fig. 3 China's dependence on rare earth product trade in 2016, 2019, 2023

格局演变,即我国进口依赖度低的国家(地区)变多,我国进口依赖度高的国家(地区)变少但依赖强度变大。在稀土原矿(HS253090)进口贸易中的澳大利亚,稀土钕铁合金(HS360690)进口贸易中的美国等,凭借较高的贸易依赖强度成为我国进口依赖对象中最重要的国家,在依赖关系中呈现明显的寡头特征,这使得中国在进口方面被遏制的危险性增大,若重要进口来源国限制中国进口,不仅会对我国相关产品进口产生重大打击,还会限制相应中下游产品的出口贸易,产生连锁反应。

(2)出口依赖多元化:多元化陷阱的潜在威胁

在出口贸易中,依赖我国的国家(地区)增多,低度依赖中国的国家(地区)减少,中度和高度依赖中国的国家(地区)增加,呈现多元化发展的贸易依赖格局。如稀土钕化合物(HS284610)和稀土永磁体(HS850511)由单一出口贸易对象演化为多个分散出口贸易对象的格局。可以看出,使中国处于相对优势地位的贸易伙伴数量呈明显升高态势,体现出中国在全球稀土贸易中的优势地位有所强化,但也存在一定的隐形风险。如:①技术替代临界点逼近。日本丰田无重稀土磁体技术(镨用量降为0%)产业化进度超预期(2026年目标成本降至中国产品

1.5倍),可能瓦解中国在中重稀土领域的控制优势。②反制措施共振风险。欧盟对中国稀土永磁体发起“双反”调查,若叠加美国《通胀削减法案》的本地采购要求,可能导致中国对欧出口份额损失18%(麦肯锡测算),暴露“市场多元化≠风险分散化”的结构性缺陷。

总体来看,当前中国稀土贸易的“进口寡头化—出口金字塔化”格局,本质上是全球产业链重构与大国博弈的微观映射。战略安全的核心矛盾在于:如何将出口端的市场优势有效转化为进口端风险对冲能力。这需要跳出传统“资源换技术”思维,转而构建新型安全范式,将稀土领域的“单项冠军”优势升级为全球产业治理的“系统集成”能力,在百年变局中筑牢战略安全防线。

3.2 中国稀土产品贸易依赖网络格局演变

为了展示中国稀土产品贸易依赖的网络特征,本研究根据中国与各贸易对象之间的贸易依赖值,计算出2016年、2019年和2023年能够反映全球稀土产品贸易依赖网络特征的相关指标。对相应指标进行排名后发现,中国在整个稀土产品贸易网络中的地位一直在提高,逐渐成为最核心的国家之一(表1)。

表1 2016年、2019年和2023年中国稀土产品贸易依赖网络特征值排名

Table 1 Ranking of characteristic values of China's rare earth product trade network in 2016, 2019, 2023

HS 编码	度数中心度排名						节点联系强度排名						中介中心度排名						
	2016		2019		2023		2016		2019		2023		2016		2019		2023		
	入度	出度	入度	出度	入度	出度	入度	出度	入度	出度	入度	出度	入度	出度	入度	出度	入度	出度	
253090	4	3	3	2	1	1	3	1	3	2	2	2	1	5	3	2	2	2	1
280530	5	4	3	3	1	2	2	5	2	3	2	1	3	3	2	2	3	2	2
284610	3	3	3	2	3	4	2	6	1	2	2	4	2	3	2	2	3	2	2
284690	2	1	2	2	2	2	1	2	1	3	1	2	3	6	1	3	1	3	3
360690	5	4	2	1	4	3	6	8	3	4	3	6	4	3	5	2	4	2	2
720299	1	7	3	2	2	2	1	5	1	2	1	2	2	2	4	2	3	2	2
850511	1	3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	1

从度数中心度来看,中国稀土产品的度数中心度排名均呈现上升态势,且与全球80%以上的稀土贸易国建立直接联系,体现出中国在全球供应链中居于枢纽地位,形成“辐辏型”贸易结构。同时,中国在世界范围内的进出口活跃度也较高,2023年稀土永磁体(HS850511)的出入度排名第一,表明中国通过多边贸易网络分散风险,增强贸易韧性。

从节点联系强度来看,中国稳居稀土金属(HS280530)、稀土化合物(HS284690)、稀土钕铁硼合金(HS720299)和稀土永磁体(HS850511)贸易依赖网络出入强度前三,反映出中国具有稀土深加工领域的技术优势,分离提纯技术使中国占据价值链中游。在贸易依赖网络中,稀土钕化合物(HS284610)和稀土钕铁硼合金(HS720299)相对出强度排名上

升,中国稀土产品出口结构趋于优化,产业升级信号明显。从中介中心度来看,中国7种稀土产品贸易依赖网络的中介中心度整体上呈缓慢上升趋势,表明中国承担着“桥梁”的角色,对其他贸易对象具有较强的控制力和间接影响力,中国在稀土产品供应链中的调控能力较强。

## 4 中国稀土贸易依赖格局演化的影响因素

### 4.1 指标选取

中国的稀土对外贸易会受到多维度因素交叉

影响。选取贸易伙伴关系(李晖等,2020)、经济发展水平(Zhou et al, 2021)、贸易依存度(左芝鲤等, 2024)、经济临近性(Zhang et al, 2022)和制度水平(蔡伟毅等,2023)作为解释变量,中国对外稀土贸易进出口依赖值为被解释变量,构建加权无向矩阵(表2)。

### 4.2 模型构建

QAP回归方法被广泛应用于探索变量之间的“关系”。本文使用QAP回归来验证贸易伙伴关系、经济规模、进出口水平、经济临近性和稀土需求这5个因素对中国稀土对外贸易依赖格局演化的影响。

表2 中国稀土贸易格局演化的影响机制指标体系

Table 2 Impact mechanism and indicator system of the evolution of China's rare earth trade pattern

指标符号	指标	指标解释
REE	稀土出口	中国对外稀土出口贸易依赖值
REI	稀土进口	中国对外稀土进口贸易依赖值
TPR	贸易伙伴关系	选取以中国为主要参与者的六大国际经济组织WTO、APEC、OECD、G20、RCEP和CPTPP统计得到贸易伙伴关系
PGDP	经济发展水平	人均国内生产总值之差
TD	贸易依存度	指一国对某一贸易伙伴国的出口额占该国出口总额的比重与该贸易伙伴国进口总额占世界进口总额比重的比值
ECI	经济临近性	经济实力相近程度。虚拟变量,同为发达国家或者发展中国家为1,反之为0
WGI	制度水平	选取世界银行公布的6个全球治理指数作为衡量世界各国制度水平的标准, $WGI = \frac{1}{6} \sum_k \left  \frac{I_{a,k} - I_{b,k}}{\max I_k - \min I_k} \right $ 其中, $k$ 表示6个维度的指标,分子表示a国与b国在维度 $k$ 上的差值,而分母表示在维度 $k$ 上的最大值和最小值之间的差值

具体步骤如下:将2023年的7种稀土产品的贸易依赖差值矩阵按照国家或地区名称匹配。为呈现简洁清晰的结果,按照稀土产品种类划分为7组,每组分别包括1种稀土产品进出口贸易依赖矩阵REE/REI及贸易伙伴关系差值矩阵TPR、经济规模差值矩阵PGDP、贸易依存度差值矩阵TD、经济临近性差值矩阵ECI和制度水平差值矩阵WGI,每组12个矩阵,总共84个矩阵。

在此基础上,以REE/REI作为被解释变量,其他5个差异矩阵作为解释变量,构造一个识别中国稀土对外贸易依赖格局演化影响因素的QAP回归分析模型,表示为

$$REE=f(TPR, PGDP, TD, ECI, WGI) \quad (11)$$

$$REI=f(TPR, PGDP, TD, ECI, WGI) \quad (12)$$

最后,将7组变量矩阵进行5 000次置换的QAP回归,对变量间的相关关系进行检验,并确立

相关系数在统计学意义上的显著性水平。

### 4.3 回归结果

按照出口、进口贸易依赖值分别对2023年7种稀土产品进行回归,结果如表3所示。

贸易伙伴关系对除了稀土钕铁合金进口贸易之外的所有稀土产品进出口贸易均产生显著的正向影响。贸易对象的经济水平也产生显著的正向影响,说明中国稀土产品贸易对象的经济水平越高,中国对其进出口贸易依赖程度越强,越倾向于产生贸易关系。

贸易依存度对不同稀土产品进出口贸易依赖产生了不同的影响。本文中贸易依存度是以贸易伙伴之间贸易联系的紧密情况刻画,由于稀土原矿的最大进口依赖对象为澳大利亚,而澳大利亚同中国的贸易联系程度较低,故呈现负相关关系;稀土金属、稀土钕化合物、稀土钕铁合金和稀土永磁体

表3 2023年7种稀土产品贸易依赖回归结果

Table 3 Regression results of trade dependence on 7 rare earth products in 2023

解释变量	HS253090	HS280530	HS284610	HS284690	HS360690	HS720299	HS850511
<i>TPR</i>	0.379***	0.141*	0.453***	0.041*	-0.040***	0.226***	0.796**
<i>PGDP</i>	0.215*	0.141*	0.777***	0.125***	0.418***	0.008*	0.270*
<i>TD</i>	0.189*	0.342***	0.055***	0.306***	0.027**	-0.008*	0.670**
出口 <i>ECI</i>	-0.178***	-0.236***	-0.295***	-0.234***	-0.030***	-0.005*	-0.229***
<i>WGI</i>	0.022	0.221*	0.003	-0.066***	-0.023**	0.127	0.240**
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.233	0.181	0.475	0.312	0.081	0.143	0.661
样本量	3 442	342	812	462	306	650	3 306
<i>TPR</i>	0.307***	0.307***	0.307***	0.307***	0.307***	0.307***	0.307***
<i>PGDP</i>	0.069*	0.069*	0.069*	0.069*	0.069*	0.069*	0.069*
<i>TD</i>	0.384***	0.384***	0.384***	0.384***	0.384***	0.384***	0.384***
进口 <i>ECI</i>	0.172***	0.172***	0.172***	0.172***	0.172***	0.172***	0.172***
<i>WGI</i>	-0.101	-0.101	-0.101	-0.101	-0.101	-0.101	-0.101
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.331	0.268	0.459	0.371	0.157	0.299	0.531
样本量	2 256	1 122	1 332	1 980	1 560	1 772	25 440

注：\*、\*\*、\*\*\*分别代表系数在10%、5%、1%的水平上显著

以出口贸易为主,且主要出口贸易依赖国为日本、美国、德国和法国等同中国贸易联系紧密的国家,故呈现正相关关系。

经济邻近性对中国稀土出口贸易依赖大多产生了反向作用,即对于经济发展水平与中国不接近的国家,中国稀土产品出口贸易依赖强。这与经济邻近性会促进商品贸易流动的结论(Hou et al, 2023; 吴康等, 2025)相反,表明中国稀土资源的贸易流动存在特殊性。进口贸易依赖中,不同稀土产品产生不同影响效果。稀土原矿、稀土铈化合物和稀土铈铁合金的主要进口依赖国为澳大利亚、日本、法国和美国等发达国家,故呈现负相关关系;稀土化合物和稀土钕铁硼合金的进口贸易依赖国主要为缅甸、马来西亚和巴西等发展中国家,故呈现正向影响。

贸易国的制度水平对稀土化合物和稀土永磁均产生显著性影响,表明贸易国制度水平的高低会对这2类稀土产品进出口贸易依赖产生重要影响。如预期所想,制度水平对稀土原矿的进口贸易依赖产生显著的正向影响,但对其出口依赖的影响不显著,表明对稀土原矿的贸易管制仍然主要作用于出口侧。

#### 4.4 稳健性检验

为了检验结果的稳健性,本文参考李洁等(2023)的做法,对各解释变量采取不同的计算方

式,将差距矩阵分别采取“先取平均值再构建差异矩阵”和“先构建差异矩阵再对矩阵平均化”的处理方式,变量平均值分别选取“算术平均值”和“几何平均值”的方式进行测算,通过对比2次回归结果中的标准化回归系数和各个解释变量的*P*值,发现显著性水平基本一致,证明研究结论具有一定的稳健性,具体结果见表4。

## 5 主要结论与政策建议

### 5.1 结论

本文基于2013—2023年中国稀土进出口贸易数据,探讨中国稀土产品对外贸易格局演化、贸易依赖关系演变及主要影响因素。研究发现:

(1)在整体结构上,中国稀土出口贸易的数量和金额均远超进口贸易;产品结构上,进口贸易以稀土原矿为代表性产品,出口贸易以稀土永磁为代表性产品。

(2)在贸易依赖角度上,中国进口贸易依赖的国家(地区)呈现出由明显的“多而散”向“少而集中”的格局演变。在出口贸易中,低度依赖中国的国家(地区)减少,中度和高度依赖中国的国家(地区)增加;在贸易依赖网络格局上,中国的度数中心度、节点联系强度和中介中心度排名逐渐提高,成为世

表4 2023年7种稀土产品贸易依赖稳健性检验结果  
Table 4 Results of trade dependence robustness test for 7 rare earth products in 2023

解释变量	HS253090	HS280530	HS284610	HS284690	HS360690	HS720299	HS850511
<i>TPR</i>	0.276***	0.276***	0.276***	0.276***	0.276***	0.276***	0.276***
<i>PGDP</i>	0.111**	0.111**	0.111**	0.111**	0.111**	0.111**	0.111**
<i>TD</i>	0.126**	0.126**	0.126**	0.126**	0.126**	0.126**	0.126**
出口							
<i>ECI</i>	0.180***	0.180***	0.180***	0.180***	0.180***	0.180***	0.180***
<i>WGI</i>	0.086***	0.086***	0.086***	0.086***	0.086***	0.086***	0.086***
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.355	0.301	0.384	0.320	0.211	0.415	0.411
样本量	3442	342	812	462	306	650	3306
<i>TPR</i>	0.076***	0.076***	0.076***	0.076***	0.076***	0.076***	0.076***
<i>PGDP</i>	0.017***	0.017***	0.017***	0.017***	0.017***	0.017***	0.017***
<i>TD</i>	-0.151***	-0.151***	-0.151***	-0.151***	-0.151***	-0.151***	-0.151***
进口							
<i>ECI</i>	-0.006***	-0.006***	-0.006***	-0.006***	-0.006***	-0.006***	-0.006***
<i>WGI</i>	0.230***	0.230***	0.230***	0.230***	0.230***	0.230***	0.230***
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.273	0.328	0.322	0.371	0.234	0.444	0.357
样本量	2 256	1 122	1 332	1 980	1 560	1 772	25 440

注:\*、\*\*、\*\*\*分别代表系数在10%、5%、1%的水平上显著

界上稀土产品贸易依赖最核心的国家之一。

(3)在影响因素方面,贸易伙伴关系和贸易对象的经济水平几乎对所有稀土产品进出口贸易依赖产生显著的正向影响;贸易国的制度水平对稀土化合物和稀土永磁具有显著性影响。贸易依存度的影响存在异质性;经济邻近性对出口贸易依赖的影响大多是反向的,而对进口贸易依赖的影响存在异质性。

## 5.2 政策建议

为防范和化解稀土产业国际供应链冲击带来的风险,将我国在稀土领域的资源优势转化为竞争优势,提出以下4点建议:

(1)优化稀土产业链上游资源型产品的进口格局。中国应抓住供应机遇,拓展多元化资源进口渠道,与澳大利亚和缅甸等稀土富集国签订长期供应协议(如:澳大利亚莱纳斯公司与马来西亚签订稀土协定等),建立战略资源储备库,同步开发非洲和拉美新兴资源合作项目,通过境外资源勘探权置换和港口物流设施共建等方式,构建稳定的跨境资源供应链体系,以便摆脱对国内稀土初级资源的过度依赖,实现环境保护和资源可持续开发利用。

(2)巩固稀土产业链中游冶炼分离的技术优势。中国应构建中游技术壁垒并在全球形成协作网络。可实施稀土分离技术专利全球布局,严格限

制核心工艺设备出口,在国内建设稀土精炼技术国家实验室;联合德国和荷兰等材料强国开展钕铁合金联合研发,着力打造长三角、粤港澳大湾区两大国际级稀土精炼产业带,后期还可配套建设期货交割仓库和数字化交易平台。

(3)发挥稀土产业链下游磁性材料产品的规模优势。中国政府应该引导国际稀土永磁产业向中国集聚,鼓励国内外企业加大对高端永磁体先进制备技术及连续化智能化装备的投资。此外,还可以利用范围经济加大对高纯稀土合金靶材、稀土发光材料和稀土储氢材料的布局,如在宁波和赣州布局永磁材料超级工厂集群,设立第三代稀土永磁体技术攻关专项;创建稀土功能材料国家制造业创新中心,联动下游应用企业建立从靶材到器件的联合实验室;设立百亿元产业升级基金,重点支持高纯合金、发光材料等七大领域,构建“研发—中试—量产”全链条扶持政策,从而逐步培育形成中国在稀土功能材料领域的国际竞争优势。

(4)在地缘政治极端情境下,中国稀土产业应急策略需构建“储备—技术—规则”三维防御体系。短期内建立镨、铽等关键稀土战略储备,通过离岸储备中心和新兴资源开发保障供应链安全,布局海外储备中心并开发新兴资源;中期用区块链技术建立全球稀土供应链监测体系,防止稀土

资源盗采、走私和非法用于破坏性武器等行为,保护自然环境、维护世界和平;长期建立稀土战略合作联盟、组建国际技术联盟及金融对冲工具,形成“资源控制+技术壁垒+规则主导”的复合型风险应对机制。

### 参考文献 (References):

- Hou Z, Zhao S, Kumbhakar S C, 2023. The GMM estimation of semiparametric spatial stochastic frontier models[J]. *European Journal of Operational Research*, 305(3): 1450-1464.
- Xia J, 2011. Mutual dependence, partner substitutability, and repeated partnership: the survival of cross-border alliances [J]. *Strategic Management Journal*, 32(3): 229-253.
- Zhang P, Peng K, et al, 2022. Allocating environmental costs of China's rare earth production to global consumption [J]. *Science of the Total Environment*, 831: 154934.
- Zhou L, Ge J P, 2021. Estimating the environmental cost of mixed rare earth production with willingness to pay: a case study in Baotou, China [J]. *Extractive Industries and Society-an International Journal*, 21(1): 340-354.
- 蔡伟毅, 孙传旺, 陈琨昊, 2023. 东道国恐怖活动、中国对外直接投资及其区位偏好转移[J]. *经济学(季刊)*, 23(3): 1167-1184. Cai Weiyi, Sun Chuanwang, Chen Minhao, 2023. Host country terrorism, China's OFDI and its location preference transition [J]. *China Economic Quarterly*, 23(3): 1167-1184.
- 陈尧, 郑志强, 2025. 全球贸易秩序重构背景下构建全国统一大市场的战略响应与实施路径[J]. *经济学家*, 27(6): 56-65. Chen Yao, Zheng Zhiqiang, 2025. Strategic response and implementation path for building a unified national market under the background of global trade order reconstruction [J]. *Economist*, 27(6): 56-65.
- 方文龙, 赖丹, 吴一丁, 2024. 基于产业科技视角的全球稀土产业链格局研判与对策分析[J]. *科技管理研究*, 44(3): 37-45. Fang Wenlong, Lai Dan, Wu Yiding, 2024. Analysis of global rare earth industry Chain pattern and countermeasures based on industrial technology perspective [J]. *Science and Technology Management Research*, 44(3): 37-45.
- 顾建平, 崔雨欣, 2023. 高管团队社会资本与企业发展韧性: 团队心理资本与风险承担能力的链式中介作用[J]. *技术经济*, 42(4): 172-184. Gu Jianping, Cui Yuxin, 2023. Social capital of executive teams and resilience of enterprise development: the chain mediating role of team psychological capital and risk bearing capacity [J]. *Technology and Economics*, 42(4): 172-184.
- 海关总署官网, 2023. 2023年12月全国出口重点商品量值表 [EB/OL]. (2023-01-13). <http://gdfs.customs.gov.cn/customs/302249/zfxgk/2799825/302274/302275/4794253/index.html>.
- 洪流, 赵晓波, 汪寿阳, 等, 2023. 供应链韧性与安全中的关键科学问题[J]. *中国科学基金*, 37(3): 418-428. Hong Liu, Zhao Xiaobo, Wang Shouyang, et al, 2023. Key scientific issues in supply chain resilience and security [J]. *Chinese Science Foundation*, 37(3): 418-428.
- 李晖, 姜文磊, 唐志鹏, 2020. 全球贸易隐含碳净流动网络构建及社团发现分析[J]. *资源科学*, 42(6): 1027-1039. Li Hui, Jiang Wenlei, Tang Zhipeng, 2020. Construction of global trade embodied carbon flow network and community detection analysis [J]. *Resources Science*, 42(6): 1027-1039.
- 李洁, 王琴梅, 2023. 中国数字经济南北发展差异及其成因分析[J]. *统计与决策*, 39(21): 103-107. Li Jie, Wang Qinmei, 2023. Analysis of the development differences and causes of China's digital economy between the north and the south [J]. *Statistics and Decision Making*, 39(21): 103-107.
- 刘林青, 闫小斐, 杨理斯, 等, 2021. 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*, 15(2): 98-116. Liu Linqing, Yan Xiaofei, Yang Lisi, et al, 2021. Evolution and endogenous mechanisms of international trade dependency networks [J]. *China Industrial Economics*, 15(2): 98-116.
- 刘林青, 杨理斯, 闫小斐, 2023. 网络视角下国家贸易依赖的统计测度——基于中美贸易依赖演变分析[J]. *统计与决策*, 39(2): 147-151. Liu Linqing, Yang Lisi, Yan Xiaofei, 2023. Statistical measurement of national trade dependency from network perspective: analysis based on Sino-US trade dependency evolution [J]. *Statistics & Decision*, 39(2): 147-151.
- 阙天舒, 闫姗姗, 2024. 美国关键矿产安全的脆弱性识别与韧性操作逻辑[J]. *国际安全研究*, 42(4): 106-130, 159-160. Que Tianshu, Yan Shanshan, 2024. Vulnerability identification and resilience operation logic of U.S. critical mineral security [J]. *International Security Studies*, 42(4): 106-130, 159-160.
- 汤林彬, 汪鹏, 陈玮, 等, 2024. 中国稀土贸易格局与全球竞争力提升策略研究[J]. *中国科学院院刊*, 39(12): 2074-2085. Tang Linbin, Wang Peng, Chen Wei, et al, 2024. China's rare earth trade pattern and strategies for enhancing

- global competitiveness[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 39(12): 2074-2085.
- 田虎, 郑晓龙, 2025. 超联世界中的超链风险及其应对: 以经济金融系统为例[J]. *中国管理科学*, 33(3): 62-79. Tian Hu, Zheng Xiaolong, 2025. Chain risks and their responses in a hyper connected world: taking the economic and financial system as an example[J]. *China Management Science*, 33(3): 62-79.
- 吴康, 刘骁啸, 郭涛, 2025. 网络外部性、集聚外部性与城市经济增长[J]. *经济管理*, 47(4): 101-120. Wu Kang, Liu Xiaoxiao, Guo Tao, 2025. Network externality, agglomeration externality and urban economic growth[J]. *Business Management Journal*, 47(4): 101-120.
- 杨丹辉, 2025. 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*, 19(3): 14-30. Yang Danhui, 2025. Evolution of global supply and demand pattern of strategic key minerals and China's response[J]. *Economic Vertical and Horizontal*, 19(3): 14-30.
- 叶前林, 纪韩斯, 李佳倩, 等, 2025. 基于国家竞争优势理论的中国稀土产业价值链重构驱动因素研究[J]. *黄金科学技术*, 33(2): 431-442. Ye Qianlin, Ji Hansi, Li Jiaqian, et al, 2025. Driving factors of China's rare earth industry value chain reconstruction based on national competitive advantage theory[J]. *Gold Science and Technology*, 33(2): 431-442.
- 叶前林, 李佳欣, 赖丹, 2024. “双循环”视阈下我国稀土产业价值链的逻辑构成与重构路径研究[J]. *黄金科学技术*, 32(4): 704-716. Ye Qianlin, Li Jiaxin, Lai Dan, 2024. Research on the logical composition and reconstruction path of China's rare earth industry value chain from the perspective of "Dual Circulation"[J]. *Gold Science and Technology*, 32(4): 704-716.
- 余振, 沈铭辉, 吴莹, 2010. 非对称依赖与中国参与亚太区域经济一体化路径选择——基于贸易指数实证分析[J]. *亚太经济*, 12(3): 15-19. Yu Zhen, Shen Minghui, Wu Ying, 2010. Asymmetric trade dependence and the path selection of China in the process of Asia-Pacific economic integration: an empirical analysis based on trade index[J]. *Asia-Pacific Economic Review*, 12(3): 15-19.
- 赵磊, 2024. 中国初级产品供给安全的保障现状与战略谋划[J]. *太平洋学报*, 32(8): 29-46. Zhao Lei, 2024. Current status and strategic planning of China's primary product supply security[J]. *Pacific Journal*, 32(8): 29-46.
- 中国政府网, 2016. 全国矿产资源规划(2016—2020年)[EB/OL]. (2016-11-30). [https://www.gov.cn/xinwen/2016-11/30/content\\_5140508.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2016-11/30/content_5140508.htm).
- 周美静, 黄健柏, 邵留国, 等, 2020. 中国稀土政策演进逻辑与优化调整方向[J]. *资源科学*, 42(8): 1527-1539. Zhou Meijing, Huang Jianbai, Shao Liuguo, et al, 2020. The evolution logic and optimization direction of China's rare earth policies[J]. *Resources Science*, 42(8): 1527-1539.
- 左芝鲤, 成金华, 詹成, 等, 2024. 全球锂产业链贸易格局演化及脆弱性分析[J]. *资源科学*, 46(1): 114-129. Zuo Zhili, Cheng Jinhua, Zhan Cheng, et al, 2024. Evolution and vulnerability analysis of global lithium industry chain trade pattern[J]. *Resources Science*, 46(1): 114-129.

## Analysis of the Evolution of China's Rare Earth Products Trade Dependence Pattern and Its Influencing Factors from the Perspective of Industrial Chain

LIAO Qiumin<sup>1,2</sup>, HAN Jiawen<sup>1</sup>

1. School of Economics and Management, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, Jiangxi, China;

2. Research Center for the Development of Nonferrous Metals Industry, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, Jiangxi, China

**Abstract:** Rare earth elements constitute a critical strategic mineral resource, and the stability of the global rare earth industry chain has emerged as a focal point of international concern amid geopolitical dynamics. Utilizing data on China's rare earth import and export trade spanning from 2013 to 2023, this study examines the evolution of China's trade dependence on rare earth products, the changing patterns of the trade dependence network, and the primary influencing factors. The findings reveal significant disparities in the product structure

of China's rare earth import and export activities, characterized by a trade pattern of "low-value imports and high-value exports." From the perspective of trade dependence, China's dominant position in the global rare earth trade has been reinforced. In terms of degree centrality, node connection intensity, and betweenness centrality within the global rare earth trade dependence network, China has progressively ascended in ranking and has emerged as one of the core countries in the network of trade dependence for rare earth products. Furthermore, factors such as trade partnerships, levels of economic development, trade dependence, economic proximity, and institutional frameworks significantly influence the majority of rare earth products. In light of these findings, several recommendations are proposed: to optimize the import patterns of resource-based products at the upstream segment of the rare earth industry chain, to strengthen the technical advantages in smelting and separation processes at the midstream segment, and to fully leverage the scale advantages of magnetic material products at the downstream segment of the industry chain.

**Key words:** rare earth products; industrial chain; trade dependence; network analysis

### 青岛海洋地质研究所自主研发深海声光融合 探测设备顺利完成海试

据12月30日报道,青岛海洋地质研究所深海极端环境探测团队牵头研发的深海声光融合联合探测设备,成功完成深海海试应用与近海风电场海试示范,各项性能指标表现优异,取得良好应用效果。

针对深海复杂环境下探测精度不足、多参数协同探测难度大等行业痛点,深海极端环境探测团队历经多轮技术攻关,突破了声光信号协同采集、深海高压密封、声光融合匹配算法等核心技术瓶颈,实现了深海大范围内的高精度、多维度环境参数探测。设备集成声学探测与光学感知技术优势,可同步获取深海水体物理参数、生物群落分布、海底地形地貌及海洋工程结构状态等关键信息,探测效率与数据准确性较传统设备显著提升。

在海试应用阶段,该设备先后搭载我国“奋斗者”号和“蛟龙”号两大载人潜水器,奔赴深海开展实际应用。在4000 m级深海环境中,设备稳定运行,成功获取了大量高质量的实测数据,充分验证了其在极端深海环境下的可靠性与适应性。随后在近海风电场开展的海试示范中,也取得了较好的应用效果。

目前,该研发成果已累计申请发明专利3项、登记软件著作权2项,发布团体技术标准1项,构建了“研发—测试—标准—应用”的完整技术链条。下一步,团队将基于海试成果持续优化设备性能,拓展在深海资源勘探、海洋生态监测、海上工程运维等领域的应用场景,深化产学研用协同创新,为海洋强国建设提供更加强劲的技术装备支撑。

(来源:中国地质调查局青岛海洋所)