

稀土开采总量控制政策的价格效应研究

葛建平^{1,2}, 段悦¹

(1. 中国地质大学(北京)经济管理学院, 北京, 100083;
2. 中国地质大学(北京)自然资源战略发展研究院, 北京, 100083)

摘要: 稀土开采总量控制政策作为解决我国稀土资源过量开采、过量出口、战略性资源消耗过快问题的基础之策, 对均衡稀土市场供求关系、维护稀土产品价格和价值的统一发挥了重要作用。研究梳理了政策的发展历程, 利用稀土资源价格的历史数据构建双重差分模型, 定量评估稀土开采总量政策的价格效应。研究发现: 稀土开采总量控制政策能够有效提升稀土国际价格, 体现其经济价值; 政策的价格抬升效果具有一定的持续性; 稀土原料刚性需求强劲叠加政策效果带来稀土价格上涨, 稀土矿产潜在供应地区将成为国际稀土资源博弈的重点地区; 价格效应在两类重稀土产品(氧化镨、氧化铽)上的表现最为显著, 轻稀土中镨钕类产品价格的政策敏感程度大于镧铈产品。

关键词: 稀土; 产业政策; 双重差分模型; 政策效果评估

中图分类号: F426

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2023)06-0104-12

一、引言

稀土资源是我国战略性矿产资源之一, 因其优异的光、磁、电等物理性能被誉为“现代工业维生素”, 在国民经济和社会发展中有着非常高的应用价值^[1-2]。稀土资源在玻璃、陶瓷、石化等传统领域和永磁材料、发光材料、催化材料等新材料领域均有广泛应用。为确保稀土资源行业的可持续发展和稀土资源的永续利用, 国家连续出台了《关于促进稀土行业持续健康发展的若干意见》《稀土行业发展规划(2016—2020年)》等稀土资源管理相关政策, 将稀土资源战略管理纳入国家中长期发展规划。目前, 稀土资源已成为我国重点管控和发展的战略资源。

我国虽然是稀土资源大国和主要生产国, 但

是资源优势向经济优势的转化仍然面临重重挑战。长时间的高强度开采, 使得我国稀土资源的保有储量和保障年限下降, 而由于稀土资源的不可再生性和不可替代性, 资源需求仍持续增长^[3-4]。中国稀土资源产量占全球的58.3%, 但储量已由2011年的5 500万吨降至目前的4 400万吨, 占全球的比例由50.0%降至36.7%; 同时, 2021年, 中国以外的稀土资源产量约12.27万吨, 与2020年相比增长17.15%, 多元供应格局加速形成^[5]。近年来, 受经济全球化逆流和贸易争端影响, 国际稀土市场不稳定性增加, 国际稀土价格震荡明显。为协调市场供需, 平稳稀土资源价格, 我国自2006年起实施稀土开采总量控制指标管理。通过约束性的开采指标管理设置资源开采的上限, 限制资源产业的过度扩张, 从而促进我国稀土产业链的发展, 平稳稀土价格。不过,

收稿日期: 2023-01-10; 修回日期: 2023-07-20

基金项目: 国家自然科学基金委管理学部面上基金项目“战略性稀土产业升级研究: 驱动机制、模型构建与政策模拟”(72274183); 北京市社会科学基金重点项目“资源型城市环境生态风险识别与防控管理研究”(21DTR059)

作者简介: 葛建平, 男, 浙江绍兴人, 管理学博士, 中国地质大学(北京)经济管理学院教授, 自然资源战略发展研究院常务副院长, 主要研究方向: 资源经济与政策, 联系邮箱: gejianping@cugb.edu.cn; 段悦, 女, 山东淄博人, 中国地质大学(北京)经济管理学院硕士研究生, 主要研究方向: 自然资源管理、矿产资源政策

开采总量控制指标与产能、下游需求的不适配同样可能引致私挖盗采和超指标生产等违法违规现象。因此, 稀土资源经济价值体现与我国开采总量控制指标实施的关联性还需要充分验证和客观评判。我国稀土开采总量控制政策是否影响了稀土国际价格水平, 影响程度和作用机制如何? 政策的价格效应在不同稀土产品之间是否存在异质性? 这一系列问题亟待客观的量化研究和科学评估。

已有稀土开采总量政策效果评估研究的视角多集中于控制指标与稀土产量及价格之间的关系, 以定性研究为主, 定量研究较少^[6-10]。部分定量研究证实了我国的资源数量控制及产业规制政策对遏制产能过剩和资源流失的积极影响, 但是稀土资源分类管理水平和生产指标制定的科学性还有待提高^[11-12]。稀土资源价格相关研究则主要围绕稀土定价权和价格影响因素展开。稀土定价权研究侧重行业规范和交易定价机制改革, 根据稀土行业现状提出相关建议^[13-17]。稀土资源价格波动的影响因素一般被归纳为体现稀土资源商品属性的供求因素和体现其金融属性的投资因素两部分。稀土资源的商品属性体现为其价格波动受到市场供需的影响, 当出现减少供应或增加消费的因素时, 价格就会上涨; 当出现增加供应或减少消费的因素时, 价格就会下跌。金融属性则体现为稀土资源产品容易受投机需求、市场流动性和美元汇率等金融因素影响而产生价格波动^[18-19]。基于上述理论, 相关研究提出稀土资源价格波动主要受到供给、需求、成本、汇率和政策等因素的影响, 并通过环境扩展 OLS 回归和投入产出模型(EEIO)验证了相关假设^[20-25]。

为深入探究稀土开采总量控制政策价格效应的影响程度、作用机制及其背后原因, 本研究综合稀土开采总量控制政策目标及实施情况, 考虑政策虚拟变量、国际市场需求、市场结构和经济政策风险开发价格效应模型, 结合机制检验及异质性检验分析稀土开采总量控制政策的实施效果。研究发现: 稀土开采总量控制政策通过合理调控资源开发利用的规模和结构, 调节市场供

需, 影响稀土资源价格; 下游需求和市场结构是影响政策价格效应的主要因素; 与轻稀土相比, 政策对重稀土的价格抬升效果更加明显。本研究可能的贡献主要在于: 首先, 明确了稀土开采总量控制政策的基本作用机制, 丰富和拓展了稀土政策评估研究; 其次, 识别了政策作用的两条路径: 一是通过收紧上游供应强化下游竞争性需求进而抬升价格, 二是通过合理配置资源, 优化市场结构, 助益我国取得价格优势, 为未来稀土产业政策设计补充经验证据; 最后, 从异质性角度出发, 分元素具体评价政策的价格效应, 为分元素开发利用稀土资源提供参考。

二、稀土开采总量控制政策发展历程及现状

(一) 我国稀土政策发展历程

我国是世界稀土资源大国, 稀土产业起步较早。20 世纪 80 年代, 我国稀土火法冶金工业技术逐渐完善, 正式开始了稀土的稳定批量生产。1985 年, 为解决外汇短缺问题, 我国开始对稀土产品实施出口退税, 鼓励稀土产品出口。1986 年, 我国稀土矿产量首次超过美国, 并在之后的 30—40 年内成为全球稀土供应的主要来源国。随着稀土生产规模的扩张, 资源浪费、环境污染、违规非法生产等问题频发。为了合理开发利用和保护稀土资源, 限制稀土行业的无序生产行为, 1991 年, 我国将离子型稀土矿产列为国家实行保护性开采的矿种, 开始对稀土实行有计划的统一管理。多年来, 我国稀土开发利用技术研发取得了长足进步, 但非法开采、冶炼分离产能增长过快等问题仍然存在, 严重影响了产业的健康发展。2011 年, 《国务院关于促进稀土行业持续健康发展的若干意见》(国发〔2011〕12 号) 出台, 明确了稀土行业发展的指导思想和基本原则。新时期以来, 全球产业变革不断深化, 稀土材料的应用领域不断增加, 稀土资源的战略价值更加凸显^[26]。为增强我国稀土行业的适应性, 国家为科学指导稀土行业发展编制了《稀土行业发展规划(2016—2020 年)》。目前, 我国已成为全球唯

一具备稀土全产业链各类产品生产能力的国家，也围绕稀土资源保护和产业发展逐步构建起了稀土产业政策体系。

(二) 稀土开采总量控制政策的目的及内涵

稀土开采总量控制政策是国家为了合理调控稀土资源开发利用而实施的一项宏观调控政策。其直接目的是防止过度开采、盲目竞争，促进资源的有效保护、科学合理利用。从政策背景看，稀土开采总量控制政策区别于其他限制性政策，从数量控制角度缓解了稀土资源的过度开采和企业间的盲目竞争^[27]。2006年以前主要是在稀土开发利用程序上对采矿权审批、企业出口资质申报等进行限制，没有明确的稀土开发利用数量管理措施，加上执行力不强、国内外市场需求旺盛，政策效果并不明显^[28]。稀土开采总量控制政策实施以来，明确的数量控制指标增加了稀土企业超标和违规生产的难度和成本，提高了稀土资源开发利用水平^[29]。从经济社会发展看，稀土开采总量控制政策有利于维护矿产品市场供需平衡。作为“工业维生素”，稀土本身在资源分布和应用价值等方面具有特殊性，有计划的总量控制有利于维护该类矿产品全球市场稳定、均衡的供求关系，有利于促进该类矿产品全球可持续开发利用^[30]。

2006年至今，稀土开采总量控制政策已连续实施17年，政策内容也得到不断充实完善。自2006年起，原国土资源部对稀土矿实行开采总量控制，每年限定生产量。2011年，国务院在《关于促进稀土行业持续健康发展的若干意见》中指出，要完善稀土指令性生产计划管理。2012年，工信部研究制定《稀土指令性生产计划管理暂行办法》，明确了稀土指令性生产计划从稀土矿产品和稀土冶炼分离产品两方面进行管理。2014年，将“稀土生产指令性计划”改为“稀土生产总量控制计划”并沿用至今，逐步改善了稀土价格严重背离价值的状况。

总体来看，稀土开采总量控制政策是建立和维护良好的矿产资源开发秩序，实现矿产资源合理开发、永续利用，确保安全的基础之策，在稀土产业政策体系中具有独特的重要地位。结合上

文梳理，本文将其目的总结为两个方面：一是保障稀土资源的可持续供应，二是通过调节供需稳定稀土资源价格。

三、理论机制与研究假设

稀土开采总量控制政策通过合理调控资源开发利用的规模和结构，调节市场供需，影响稀土资源价格。一方面，政策直接设定了全国的资源开采总量，限制资源开采的上限，以改变资源开采无序、过度增长的态势，使其更接近于国内消费需求。开采量的减少或增速减缓无疑将对可持续供应产生正面影响，有利于稀土资源价值与价格的统一^[27]。另一方面，政策通过指标分配和下达科学优化稀土资源行业布局。控制指标参考矿山企业以往年度开采总量控制指标执行情况，结合各级自然资源主管部门意见，对开采总量控制指标实施分配。控制矿山开采总量、提高行业准入门槛能够有效整合行业生产秩序，淘汰部分落后产能使得稀土产业集中度得到提高^[31]。因此，稀土开采总量控制政策有利于优化稀土资源开发利用规模和布局，促进稀土行业持续健康发展，帮助稀土资源价格回归理性。据此，本文提出如下假设：

假设1：稀土开采总量控制政策有利于抬升稀土资源价格。

纵向来看，稀土开采总量控制政策在产业链上游收紧了我国对全球的稀土供应，而下游需求端分散，助益稀土国际价格的抬升。我国作为世界上稀土储量最大的国家，已拥有较完整的稀土产业链和工业体系，同时成为全球最大的稀土生产国、出口国和应用国^[4]。在产业链上游，我国立足本国资源禀赋优势，通过稀土开采总量控制政策设定稀土市场供应的上限，配合大型稀土集团资源整合等供给侧结构性改革政策重塑全球稀土的供应格局^[30]。在产业链下游，稀土资源的相关产品广泛应用于石油化工、新能源、轻工业等领域。其中，耐高温、耐腐蚀的永磁材料在战略性新兴产业中发挥了巨大作用。在碳中和背景下，能源转型带来全球战略性新兴产业的蓬勃发

展, 更使稀土需求量大幅增加, 国际市场对稀土的需求较为刚性。我国通过稀土开采总量控制政策限制稀土资源的无序开采, 稀土资源供给难以满足下游的需求预期, 需求膨胀则会导致贸易竞争, 从而拉高了市场预期, 抬升了稀土国际价格^[32]。综合上述分析, 本文提出如下假设:

假设 2: 稀土开采总量控制政策可能通过收紧供应强化下游竞争性需求, 从而抬升稀土国际价格。

横向来看, 稀土开采总量控制政策通过宏观规划引导稀土行业资源配置, 形成竞争优势打破买方垄断的市场格局, 带来稀土国际价格上涨。早期稀土生产的无序状态导致国际稀土市场供过于求, 呈现出买方市场特性, 我国稀土定价权缺失, 稀土价格严重背离价值^[33]。政策实施以来, 国家通过开采指标规划分配引导行业整合, 组建起一批大型稀土集团。一方面, 实行指标分配使资源优先配置到具有高价值创造能力的大型稀土企业, 进一步集中了卖方市场结构, 也在一定程度上规避了企业间的不良竞争, 为提高稀土企业国际市场竞争力提供支撑。另一方面, 政策引导资源向先进生产力集聚, 利用大企业在基础技术、共性技术研发方面的优势, 加快实现稀土产品增值的技术突破, 从而在国际稀土市场取得竞争优势, 打破买方垄断的市场结构, 实现稀土价值与稀土产品价格的统一^[34]。据此, 本文提出如下假设:

假设 3: 稀土开采总量控制政策可能通过合理配置资源, 优化市场结构, 打破买方垄断定价格局, 抬升稀土国际价格。

稀土资源战略价值的增加和主要国家对稀土资源依赖性日益增强, 导致稀土资源市场面临着越来越大的政策不确定性。从国际层面看, 逆全球化背景下稀土贸易摩擦的可能性和复杂性增加, 稀土资源战略价值日益凸显, 这在一定程度上加剧了稀土矿产品贸易的难度和不确定性, 致使稀土企业市场预期下行, 带来稀土国际价格的较大波动^[23]。从国内层面看, 多年来我国政府出台了一系列规制政策以促进稀土行业的持续健康发展。频繁的政策更迭使得稀土企业和其他

市场参与者面临着不确定的政策环境, 包括稀土管制政策未来走向以及未来政策执行力度与实施效果的不确定性等, 这必然会引起我国稀土市场主体的政策预期变动, 其影响也将辐射到稀土国际价格。而稀土开采总量控制政策根据市场变动灵活调整控制指标, 在政策执行过程中始终保持稳定的政策取向和连贯的配套措施, 有利于国内外的稀土企业形成稳定的政策预期, 从而有效应对经济风险挑战, 有利于我国稀土国际价格的提升^[12]。据此, 本文提出如下假设:

假设 4: 稀土开采总量控制政策可能通过稳定政策预期, 有效应对国际市场的不确定性风险, 抬升稀土国际价格。

四、模型构建与实证分析

(一) 模型构建与变量定义

DID 采用的是准自然实验的方法, 有利于缓解因内生性问题而产生的估计偏误问题。稀土开采总量控制政策并非针对全部矿种, 这样在实际中就构成了一个“自然实验”, 目标矿种稀土为处理组。稀土属于工业基础原材料, 在国际贸易中表现出了价格波动大、供需量大等大宗商品的特点^[23, 25]。在定价机制上, 除传统的供求因素外, 稀土和钨、煤炭、铁、铜均存在资源垄断的情况。1999 年以来, 五类矿种的 *CR4* 始终大于 50%, 属于高寡占型市场, 垄断因素的存在使得资源供给国在产品定价上拥有较大的话语权。因此, 本研究选取价格形成机制和市场结构与之接近的钨、煤炭、铁、铜作为对照组, 两相结合进行双重差分。稀土开采总量控制政策正式施行时间是 2006 年, 因此, 本文将 2006 年设定为政策开始年份, 构建如下双重差分模型^[35]:

$$\ln y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DID_{it} + \theta x_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, i 代表个体, t 代表时间。被解释变量表示矿种 i 在 t 年的国际价格水平。 $treat_i$ 是分组虚拟变量, $period_t$ 为时间虚拟变量, DID_{it} 为分组虚拟变量与时间虚拟变量的交互项 ($period_t \times treat_i$), 其系数 α_1 为政策的净效应。 x_{it} 为一组

随时间变化的控制变量， μ_i 和 η_t 分别表示个体和年份固定效应。

本文主要研究稀土开采总量控制政策的价格效应，因此，以各矿种的国际价格(*LNPRI*)为被解释变量，双重差分项 *DID*($period_t \times treat_i$)为研究的核心解释变量。开采总量控制政策实施后， $period_t = 1$ ；开采总量控制政策实施前， $period_t = 0$ 。如果个体 *i* 属于实验组，则 $treat_i = 1$ ，否则 $treat_i = 0$ 。

稀土国际价格除了受到我国的稀土开采总量政策影响外，还受到一些其他因素的干扰。本文在以往文献的基础上，选取全球生产总值(*GDP*)、*CRn* 指数(*CR4*)和经济政策不确定性指数(*EPU*)作为控制变量，控制政策效果之外其他可能影响矿产品国际价格的因素，控制变量符号及含义见表 1。

全球生产总值(*GDP*)是国民经济核算的核心指标。近年来，稀土回收技术取得关键性突破，以我国为例，目前每年的稀土永磁的二次资源回收量就超过 7 万吨^[36]。初级产品的消费量难以充分表征全球稀土资源需求情况，而全球的稀土回收量受限于数据可得性，难以准确测算。因此，我们选择代表全球所有最终产品和服务消费总和的全球生产总值作为控制变量，以其变动趋势来衡量全球稀土需求的变化。

行业集中度指某行业的相关市场内前 *N* 家最大的企业所占市场份额。在国际稀土市场上，一般以主要供给国在稀土供给总量中所占据的结构比重来衡量行业集中度^[33]。2015 年之前，全球主要稀土供给国总数少于 8，因此，本文参考美国学者贝恩提出的 *CR4* 指标进行计算。

经济政策不确定性反映经济的运行状态与经济参与者的评估与预期不一致的程度，选择学术界广泛采用的 Baker 等提出的经济政策不

确定性指数 *EPU* 来表征世界经济和政策的不确定性^[37]。

(二) 数据说明

本文评估的稀土开采总量控制政策于 2006 年提出，因此，选取政策节点附近年份数据作为样本。考虑数据可得性、准确性和有效性，本文选取数据年份范围为 1999—2022 年。

稀土矿国际价格(*LNPRI*，离岸价)来源于中国海关总署发布的进出口相关数据和《稀土信息》期刊；煤炭、铜、铁矿石国际价格(*LNPRI*)分别为国际货币基金组织(IMF)世界经济展望数据库公布的澳大利亚动力煤纽卡斯尔/肯布拉港离岸价，A 级阴极铜欧洲港口到岸和中国铁矿石(62%铁粉)现货离岸价；钼矿国际价格(*LNPRI*)来自《中国钼业》期刊；全球生产总值(*LNGDP*)数据来源于国际货币基金组织(IMF)世界经济展望数据库；市场集中度(*CR4*)指数根据美国地质调查局(USGS)发布的 1999—2023 年《矿产品摘要》数据计算；经济政策不确定性指数(*EPU*)数据来自政策不确定性数据库。

利用 Stata 软件对有关变量进行描述性统计分析，结果如表 2 所示。对于缺失指标采用平均值或近似值方法进行补充；同时，以 1999 年为基期，利用 *CPI* 平减剔除了通胀因素对价格的影响；另外，为了避免共线性和异方差对模型的影响，本文将所有绝对值数据取对数，以消除序列异方差，且可以使趋势线性化。

(三) 实证分析

1. 基准回归

基准回归主要检验我国稀土开采总量控制政策对稀土国际价格波动的政策效应，同时控制了矿种和年份的固定效应以避免矿种特征和年份特征的干扰，回归分析结果如表 3 所示。表中列(1)和(2 列)没有加入控制变量，列(3)到列(5) 则

表 1 控制变量表

变量符号	变量名称	变量含义
<i>GDP</i>	全球生产总值	最终产品和服务消费
<i>CR4</i>	行业集中度指数	全球市场前 4 位最大生产国所占市场份额的总和
<i>EPU</i>	经济政策不确定性指数	全球经济和政策不确定性

表 2 描述性统计

主要变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>id</i>	120	3	1.42	1	5
<i>year</i>	120	2 010.5	6.951	1 999	2 022
<i>DID</i>	120	0.142	0.350	0	1
<i>LNPRI</i>	114	5.429	1.877	2.479	9.140
<i>LNGDP</i>	120	11.401	0.359	10.761	12.005
<i>CR4</i>	114	0.776	0.144	0.544	0.999
<i>EPU</i>	120	139.765	68.596	62.677	318.38

表 3 稀土开采总量控制政策对稀土国际价格的双重差分估计

变量	<i>LNPRI</i>				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>DID</i>	0.808 (0.550)	0.648*** (0.182)	0.650*** (0.235)	0.909*** (0.212)	0.909*** (0.212)
<i>LNGDP</i>			1.128*** (0.245)	5.071** (2.055)	8.775** (3.959)
<i>CR4</i>				4.746*** (1.155)	4.746*** (1.155)
<i>EPU</i>					0.0037 (0.005)
<i>Constant</i>	4.499*** (0.447)	7.418*** (0.168)	-4.848* (2.670)	-49.63** (22.110)	-89.74** (42.940)
个体固定效应	否	是	是	是	是
时间固定效应	否	是	是	是	是
<i>Observations</i>	114	114	114	109	109
<i>R-squared</i>	0.113	0.958	0.937	0.962	0.962

注：*、**、***分别表示在 10%、5%和 1%的水平上显著，括号内为聚类稳健标准误，下同。

考虑了需求、市场结构和经济政策层面的特征变量。列(1)到列(5)的回归结果初步验证了本文提出的假设 1，即我国稀土开采总量控制政策的实施确实显著抬升了稀土国际价格水平，是否加入控制变量均不会改变该结论。

结果显示，在控制时间和个体效应之后，*DID* 与国际价格之间的相关系数在 0.648 和 0.909 之间，且始终在 1%的显著性水平上显著，表明政策的实施与稀土国际价格呈正相关关系。

稀土开采总量控制政策从供给端限制了稀土资源的过度开发，进而影响稀土国际价格。政策实质上设定了稀土市场供应的上限，与无政策情景相比，在需求不变的条件下，将使产量(供给)

下降，价格上升。其结果将使生产者剩余增加，消费者剩余减少，我国作为全球主要的稀土生产国和供应国，上述政策调整有利于本国利益增加。另外，全球 *GDP* 代表最终产品的消费情况，从需求侧拉动稀土国际价格增长；市场集中度也在一定程度上放大了稀土开采总量控制政策对国际价格的正向影响。

2. 平行趋势检验

为保证 *DID* 估计的合理性与估计结果成立的可靠性，要满足共同趋势假设。本文的研究对象为持续性的政策，因此，适当放大政策作用效果检验的时间段进行回归，结果如图 1 所示，具体回归系数见表 4。稀土开采总量控制政策实施

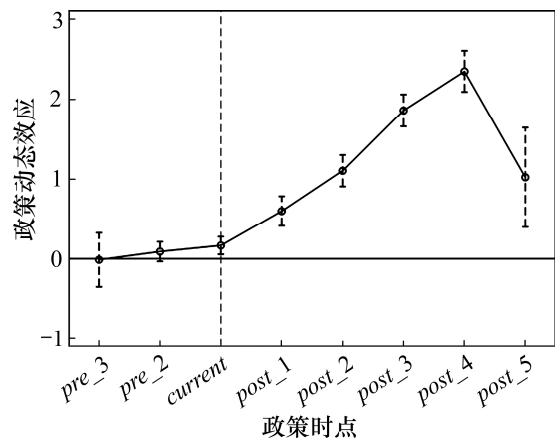


图1 置信区间图

表4 平行趋势检验回归系数

变量	LNPRI
pre_3	-0.012 9 (0.122)
pre_2	0.0896 (0.044 3)
current	0.166** (0.039 6)
post_1	0.597*** (0.066 5)
post_2	1.102*** (0.071 1)
post_3	1.858*** (0.071 7)
Constant	-20.24*** (3.629)
个体固定效应	是
时间固定效应	是
Observations	109
R-squared	0.757

前，各年份平行趋势检验结果均不显著。说明政策实施前，实验组与控制组的国际价格趋势基本一致，处理组和控制组价格水平的时间变动趋势与检验结果相符。从政策实施当期开始，估计结果均显著为正，且系数增大。说明在政策影响下，处理组相对于控制组的国际价格表现出了更加明显的正向抬升趋势。综合上述分析，基准回归模型通过了平行趋势检验，满足使用双重

差分法的前提条件。另外，政策冲击的效果明显，处理组的国际价格水平持续升高，且政策实施时间越长，政策效果越稳定，即价格抬升效应越明显。

3. 稳健性检验

为保障回归结果的稳健性，本文通过替换变量指标的方式重新进行双重差分检验，若结果依然成立，则说明之前的结论具有稳健性。模型变动如下：以GDP增长率(GDPG)替代LNGDP，表示矿产品全球消费趋势；以世界不确定性指数WUI替换EPU，表示世界政治经济风险的影响；另外，纳入成本因素BDI指数。本文通过逐步回归的方式逐个纳入替换后的控制变量，回归结果如表5所示。

通过逐步回归添加替换的控制变量后，核心变量回归系数无论在符号还是显著性方面与前文基准回归结果基本一致，说明本文的研究结果较为稳健。

4. 安慰剂检验

对基准回归模型进行安慰剂检验，能有效控制考察期内可能存在的与稀土开采总量控制不相关的外生因素对稀土国际价格产生的影响。本文使用目前一种主流的安慰剂检验方法——独立重复实验对双重差分模型进行检验。本文共120个研究样本，其中处理组包括1999—2022年共24条数据，即24个样本，因此，我们随机从总样本中选取24个作为“伪处理组”，假设这24个样本受到稀土开采总量控制政策影响，其他样本为控制组，然后生成“伪政策虚拟变量”，按基准回归模型进行回归^[38]。重复进行500次，就会得到500次回归结果(包含“伪政策虚拟变量”估计系数、标准误和P值)，图2所示为独立重复500次实验的回归估计系数与P值分布。可以看出，估计系数的分布大部分都集中在零点附近，呈正态分布，并且抽样系数均位于表3第(2)列中的真实估计系数0.648左侧，真实估计系数0.648在图2处于明显的异常值附近。上述安慰剂检验表明，其他外生因素不太可能影响稀土开采总量控制政策对稀土资源国际价格的改善效应，安慰剂检验通过。

表 5 稳健性检验

变量	LNPRI			
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>DID</i>	0.645*** (0.238)	0.663** (0.254)	0.670*** (0.253)	0.998*** (0.282)
<i>GDPG</i>	3.901* (1.996)	6.239*** (2.351)	8.661*** (2.750)	8.011** (3.116)
<i>BDI</i>		-0.206** (0.095 7)	-0.173* (0.092 1)	-0.214** (0.090 7)
<i>WUI</i>			1.21×10^{-5} ** (5.69×10^{-6})	1.10×10^{-5} * (5.87×10^{-6})
<i>CR4</i>				5.776*** (1.278)
<i>Constant</i>	7.255*** (0.153)	8.672*** (0.660)	8.073*** (0.640)	5.351*** (0.841)
个体固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
<i>Observations</i>	114	114	114	109
<i>R-squared</i>	0.926	0.930	0.933	0.940

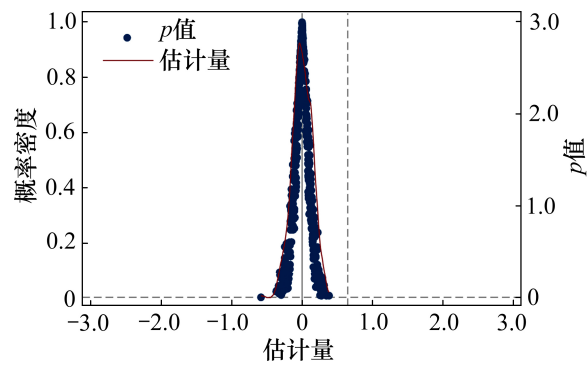


图 2 回归系数和 p 值分布

注：垂直虚线是表 3 第(2)列的真实估计值。

表 6 稀土开采总量控制政策影响路径回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>LNGDP</i>	<i>CR4</i>	<i>EPU</i>
<i>DID</i>	0.004*** (0.001)	0.248*** (0.030)	5.556 (14.620)
<i>Constant</i>	2.490*** (0.007)	1.045* (0.625)	-1 580*** (42.260)
控制变量	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
<i>Observations</i>	120	109	106
<i>R-squared</i>	0.997	0.964	0.774

五、进一步分析

(一) 机制检验

为进一步分析稀土开采总量控制政策拉动稀土国际价格增长的具体作用渠道和机制，本文参考宋弘等^[39]的做法，设定如下模型：

$$Z_{it} = \beta_0 + \beta_j DID + \theta x_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

其中， Z_{it} 表示前文的各控制变量， DID 是双重差分的交乘项，式(2)以 DID 为解释变量，依次对待检验的控制变量进行面板 OLS 回归，考察稀土开采总量控制政策驱动稀土国际价格增长的具体路径，回归结果见表 6。

上述结果验证了假设 2、3，即稀土开采总量控制政策可能通过收紧供应强化下游竞争性需求，同时集约利用资源，打破买方垄断定价格局，抬升稀土国际价格，而国际经济政策风险的影响暂不显著。开采总量控制政策通过限制供给强调了稀土资源的稀缺性，辐射带动全球稀土市场竞争性消费，加上稀土下游传统工业和以风电、新能源汽车、工业电机等为代表的新兴产业刚性需求旺盛，形成了稀土价格上涨趋势。开采总量控制确立了国家主导稀土资源供应的市场机制，稀土矿供给端变得更集中可控，我国也建立起全球最完整稀土产业链。这就使得我国稀土产业在全

球稀土市场的成本优势明显，且全球稀土市场供给仍然集中在我国、美国、澳大利亚和缅甸等国，卖方市场转化助益稀土价格的回归。两条路径效应协同带来全球稀土价格上涨。

(二) 异质性检验

上文分析了稀土开采总量控制政策对稀土国际价格的总体影响，然而这种基于样本总体的分析可能掩盖了潜在的稀土元素间存在的差异，即政策对稀土价格水平的影响在不同稀土元素的价格表现中可能存在差异。本文进一步检验该政策的价格效应是否存在分元素的异质性影响。

表 7 汇报了氧化钕、氧化铈、氧化镧、氧化镨钕、氧化镱和氧化铽等六种稀土氧化物国际价格的回归结果。从结果的显著性来看，稀土开采总量控制政策对氧化钕、氧化铽、氧化镱国际价格的影响在 1%的水平上显著；对氧化铈、氧化镨钕国际价格的影响在 10%的水平上显著为正；而对氧化镧国际价格的影响并不显著。从回归系数的绝对值来看，两类重稀土产品氧化镱、氧化铽国际价格的回归系数分别为 2.172 和 2.968，而四类轻稀土产品氧化钕、氧化铈、氧化镧和氧化镨钕国际价格的回归系数分别为 1.351、0.715、0.198 和 0.502，均小于重稀土产品。这表明稀土开采总量控制政策的价格效应在不同稀土产品

之间表现出了差异性，且对重稀土产品(氧化铽、氧化镱)的国际价格影响系数更大，作用效果更为显著。

可能的原因在于资源禀赋和下游需求差异两个方面。从资源禀赋看，稀土在全球的分布比较广泛，俄罗斯、美国、澳大利亚以及一些东部非洲国家都有稀土矿发现和开发，但是多以轻稀土为主；相对世界其他稀土资源国，我国稀土资源的元素种类则更为齐全，是唯一能够供应全部 17 种稀土元素的国家，在全球重稀土的供应上占据了主导地位。江西省等南方七个省份的风化壳淋积型稀土矿是全球重稀土产品的主要来源，占全球重稀土资源储量的 80%以上，产量的 90%以上^[40]。所以在重稀土数量控制方面，实施稀土开采总量控制政策的主动性更强，政策对于具有战略储备功能的重稀土的价格效应更加明显。

从下游需求看，各稀土元素下游需求差距大，按轻重稀土分类管控的指标仍然较为粗放，供需双侧影响下政策效果出现差异。在轻稀土中，该政策对两类镨钕产品(氧化钕、氧化镨钕)均产生了显著影响，而仅对镧铈产品(氧化镧、氧化铈)中的一种产品作用显著。一方面，新能源产业发展给氧化镨钕、铽镱产品带来了巨大的需求增量，但是原矿产出供应偏紧，加上国家储备预期等政策因素的进一步刺激，导致氧化钕、氧化

表 7 稀土开采总量控制对不同稀土产品的价格效应异质性检验

变量	轻稀土				重稀土	
	(1) 氧化钕	(2) 氧化铈	(3) 氧化镧	(4) 氧化镨钕	(5) 氧化镱	(6) 氧化铽
<i>DID</i>	1.351*** (0.197)	0.715** (0.284)	0.198 (0.294)	0.502** (0.227)	2.172*** (0.280)	2.968*** (0.314)
<i>period</i>	-5.784 (4.848)	-3.686 (6.564)	-4.057 (7.288)	-7.825 (5.345)	-6.215 (5.047)	-6.903 (5.278)
<i>treat</i>	-7.673*** (0.522)	-9.447*** (0.612)	-9.614*** (0.677)	-7.632*** (0.540)	-6.786*** (0.585)	-6.942*** (0.626)
<i>Constant</i>	-67.27 (40.90)	-46.04 (56.64)	-49.22 (62.90)	-85.21* (46.04)	-70.55 (42.59)	-72.80* (43.05)
<i>Observations</i>	102	102	105	105	102	102
<i>R-squared</i>	0.970	0.968	0.962	0.972	0.957	0.954
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
控制变量	是	是	是	是	是	是

钽价格震荡上行趋势明显。另一方面, 镧铈产品包括电池级混合稀土金属出口量合计约 1.75 万吨, 约占总出口量的 78%, 但出口额仅占总出口额的 29%^[41]。出口数量增长, 说明国际市场对我国稀土产品的依赖程度仍然很高, 但因为产能过剩, 而国内外市场对相关功能材料和应用产品消费量不足, 导致供大于求, 政策的价格效应并不显著。

六、结论

已有研究表明, 稀土开采总量控制政策对保障稀土资源可持续供给和调节市场供需有明显的正向影响。本文基于宏观经济视角, 构建稀土开采总量控制政策价格效应的双重差分模型, 对稀土开采总量控制政策的价格效应作用机制以及不同稀土产品受政策影响程度存在差异的原因进行了理论分析与实证检验, 得出如下结论:

第一, 稀土开采总量控制政策能够有效提升稀土国际价格, 体现其经济价值。长期以来稀土矿产品供过于求的局面导致矿产品价格一直在低位徘徊, 对其开采实施总量控制, 有利于维护矿产品全球市场稳定和均衡的供求关系, 把资源优势最大限度地转化成经济优势。目前, 基于战略新兴产业发展需要, 我国正在逐步放宽控制指标, 但该项政策仍然在保障资源安全、调整市场供需、维护国家经济利益方面取得了显著成效, 在一定程度上实现了政策的主要目标。

第二, 稀土开采总量控制政策的价格抬升效果具有一定的持续性, 政策实施的时间越长, 持续的价格抬升作用越明显。政策实施以来, 各相关方始终遵循《保护性开采的特定矿种勘查开采管理暂行办法》对稀土开采进行数量管理, 稳步、合理调整控制指标, 政策实施具有连续性、稳定性和可持续性。一方面, 让稀土生产企业形成了稳定的政策预期, 便于做出更加长期的经济决策, 增加经济效益; 另一方面, 政策持续时间越长, 可预测性越强, 可预测情景下相对稳定的经济环境更有利于提升稀土及相关产业的消费和投资水平, 从而实现稀土资源保护和高质量开发应用的兼顾。

第三, 稀土原料刚性需求强劲叠加政策效果带来稀土价格上涨, 稀土矿产潜在供应地区将成为国际稀土资源博弈的重点地区。机制分析表明, 能源转型背景下膨胀的全球稀土消费需求助益稀土国际价格上涨。市场结构层面, 尽管国际稀土市场份额仍然集中(2021 年 $CR4=92.76\%$), 但除我国之外, 缅甸、越南、格陵兰岛等也拥有相当储量的稀土矿产资源, 多元供应格局正在加速形成。政策虽然对稀土国际价格起到了一定的抬升作用, 但是我国始终没有完全掌握市场定价权。为有效保护我国稀土资源, 保持我国在全球资源竞争格局中的反制能力, 我国在连续实施稀土开采总量控制政策的同时, 也在加大稀土资源的进口力度, 这些潜在稀土供应国或将成为未来大国稀土争夺和博弈的热点区域。

第四, 价格效应在两类重稀土产品(氧化镨、氧化铽)上的表现最为显著, 轻稀土中镨钕类产品价格的政策敏感程度大于镧铈产品。世界其他国家对于国际稀土市场的产品供给以轻稀土为主, 而我国的稀土资源元素种类更为齐全、产业链更加完善, 在全球重稀土的供应上占据了主导地位。因此, 稀土开采总量控制政策对全球重稀土供给的约束效果更加显著。另外, 下游镨、钕、铽、镱产品需求旺盛, 而镧铈产品长期产能过剩, 需求差异导致镨钕产品价格对稀土开采总量控制政策的变动更加敏感, 而价格效应在镧铈产品上的表现相对较弱。

基于上述结论, 本文的政策建议如下:

第一, 结合市场需求调整总量控制指标, 提高政策的稳定性、系统性和针对性。在政策研究及制定阶段, 注重发挥市场配置资源的作用, 通过更加系统的需求预测研究提高政策目标与市场需求的一致性以及管理的科学性, 指标的确定和分配要考虑市场因素和战略布局, 保证政策的稳定性。同时, 要采取更加系统的、精准有效的措施, 加强稀土行业规范管理。管理中不仅要区分轻重稀土, 还应根据稀土元素价值、重要程度的不同, 实施分元素管理。另外, 尽快出台《稀土管理条例》, 以稀土产业链上节点企业作为稳定生产的枢纽, 加强稀土产业一体化管理。

第二, 改变“挖土卖土”发展方式, 把资源

型企业的发展重点放在资源转化增值上。加快稀土冶炼分离、加工技术突破,配套生产相关行业高附加值的产品,提高稀土资源的利用率和使用价值。继续向减量化、无害化、资源化的低成本、实用的绿色稀土提取分离方向发展,围绕稀土采、选、冶等每一个环节,不断加大稀土减量、替代和回收技术研发力度,减少稀土全产业链过程中的资源浪费,保障稀土矿产品可持续供应。

第三,区分轻重稀土,进行全球资源战略布局,提高国际竞争力,扩大主动权。目前,我国稀土总量控制指标已经区分轻重稀土资源进行管控,并逐步放开我国轻稀土资源管控。因此,我国稀土的全球资源战略布局也应当区分轻重稀土进行规划。一方面,立足国内轻稀土优势,从开采指标优化、加大找矿勘查力度等方面继续完善保障轻稀土资源国内供给。另一方面,拓展重稀土资源进口渠道,在不断深化与缅甸、越南等国稀土资源贸易合作的同时,尽快与其他稀土资源丰富的国家建立直接且长期的贸易联系,降低稀土矿产品进口路径相对单一的风险,完成重稀土资源的全球布局。

参考文献:

- [1] 范宏瑞,牛贺才,李晓春,等. 中国内生稀土矿床类型、成矿规律与资源展望[J]. 科学通报, 2020, 65(33): 3778-3793.
- [2] 朱明刚,孙旭,刘荣辉,等. 稀土功能材料2035发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2020, 22(5): 37-43.
- [3] 王晓铁,苗睿瑛. 强化稀土二次资源循环利用保护不可再生自然资源[J]. 稀土信息, 2021(12): 10-13.
- [4] 郑国栋,王琨,陈其慎,等. 世界稀土产业格局变化与中国稀土产业面临的问题[J]. 地球学报, 2021, 42(2): 265-272.
- [5] USGS. Mineral commodity summaries 2023[R/OL]. (2023-01-31) [2023-09-01]. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf>.
- [6] 裴文琳,孔锐. 我国稀土进出口量与价格关联度状况分析[J]. 资源开发与市场, 2011, 27(7): 613-616.
- [7] 李庆,何文章. 我国稀土出口价格影响因素的实证分析——基于资源要素价格、出口配额、汇率变动的影响[J]. 价格理论与实践, 2013(5): 93-94.
- [8] 金通. 稀土出口管制和最优出口配额设计[J]. 浙江社会科学, 2011(12): 62-67, 155.
- [9] ZHANG L, GUO Q, ZHANG J B, et al. Did China's rare earth export policies work?—Empirical evidence from USA and Japan[J]. Resources Policy, 2015, 43: 82-90.
- [10] VOLKER SEILER. China-to-FOB price transmission in the rare earth elements market and the end of Chinese export restrictions[J]. Energy Economics, 2021, 102: 105485.
- [11] 王玉珍. 我国稀土产业政策效果实证研究[J]. 宏观经济研究, 2015(2): 39-49.
- [12] 易璐,郑明贵. 中国稀土开采总量控制政策效应评估[J]. 有色金属科学与工程, 2021, 12(2): 120-126.
- [13] 宋文飞,李国平,韩先锋. 稀土定价权缺失、理论机理及制度解释[J]. 中国工业经济, 2011(10): 46-55.
- [14] 吴一丁,毛克贞. “稀土问题”及稀土产业的政策取向[J]. 经济体制改革, 2011(5): 170-173.
- [15] 杨大威,郑江淮. 基于出口卡特尔的稀土国际定价权研究[J]. 现代经济探讨, 2014(11): 53-57.
- [16] 王正明,张许静. 稀土资源税对“寡头”国出口市场势力的影响研究[J]. 经济经纬, 2012(2): 52-55.
- [17] 董虹蔚,孔庆峰. 不完全信息下稀土出口定价的博弈分析[J]. 经济与管理评论, 2017, 33(5): 127-135.
- [18] ZHOU L, GE J P. Estimating the environmental cost of mixed rare earth production with willingness to pay: A case study in Baotou, China[J]. The Extractive Industries and Society—An International Journal, 2021(1): 340-354.
- [19] 罗婷,张永庆,郑明贵. 全成本视角下离子型稀土国际贸易合理价格研究[J]. 稀土, 2022, 43(3): 145-158.
- [20] ZHANG T T, ZHANG P F, PENG K, et al. Allocating environmental costs of China's rare earth production to global consumption[J]. Science of the Total Environment, 2022, 831: 154934.
- [21] MULLER M A, SCHWEIZER D, SEILER V. Wealth effects of rare earth prices and China's rare earth elements policy[J]. Journal of Business Ethics, 2016, 138(4): 627-648.
- [22] 万千,方建春. 政策不确定性、投资者情绪与稀土价格波动[J]. 社会科学家, 2021(4): 76-81.
- [23] 罗翔,李政,赖丹. 中国稀土矿产品价格波动的经济后果及影响因素研究[J]. 价格月刊, 2023(8): 8-17.
- [24] 何晓伟,郭红,陈鹏. 稀土价格趋势分析及政策建议[J]. 宏观经济管理, 2015(9): 65-68.
- [25] 余敏丽,章和杰. 国际金属价格指数与稀土出口价格的研究——基于 TVP-VAR 模型[J]. 稀土, 2019, 40(3): 149-158.
- [26] 易璐,郑明贵. 中国稀土产业政策演进研究(1991—2021)——基于共词和社会语义网络分析[J]. 稀土, 2022, 43(4): 147-158.
- [27] 李建武,李颖,周艳晶,等. 我国优势矿产资源开采总量控制政策评估[J]. 中国矿业, 2014, 23(7): 1-5.

- [28] 左更, 崔楠楠, 李晓杰, 等. 我国优势金属矿产行业问题分析与保供建议——以钨、锑、稀土为例[J]. 中国国土资源经济, 2022, 35(10): 11–17, 38.
- [29] 李晓宇, 方一平, 张福良, 等. 稀土开采总量控制政策执行效果跟踪与分析[J]. 中国矿业, 2015, 24(10): 22–26.
- [30] 李晓宇, 方一平, 张福良. 基于我国资源优势视角保护性开采特定矿种战略定位及相关思考[J]. 中国矿业, 2018, 27(S1): 1–3.
- [31] 王昶, 刘雅琳, 耿红军, 等. 基于 P-TRM 的中国稀土产业技术创新的政策演化路径研究[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2023, 29(3): 89–101.
- [32] SU C W, WANG D, MAIRZA N, et al. The impact of consumer confidence on oil prices[J]. *Energy Economics*, 2023, 124: 106820.
- [33] 张帆, 尚宇红, 雷平. 基于市场结构理论的大宗商品定价权分析及中国对策[J]. 上海对外经贸大学学报, 2018, 25(5): 17–26.
- [34] 杜凤莲, 任艳, 董竞泽, 等. 不同市场结构组合下稀土最优开采路径研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(2): 109–116.
- [35] 肖士盛, 董启琛, 张明昂, 等. 竞争政策与企业劳动收入份额——基于《反垄断法》实施的准自然实验[J]. 中国工业经济, 2023(4): 117–135.
- [36] 于立超, 丛利颖, 路清梅, 等. 烧结钕铁硼永磁二次资源再利用技术进展[J]. 稀土, 2023, 44(4): 71–90.
- [37] BAKER S R, BLOOM N, DAVIS S J. Measuring economic policy uncertainty[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2016, 131(4): 1593–1636.
- [38] 石大千, 丁海, 卫平, 等. 智慧城市建设能否降低环境污染[J]. 中国工业经济, 2018(6): 117–135.
- [39] 宋弘, 孙雅洁, 陈登科. 政府空气污染治理效应评估——来自中国“低碳城市”建设的经验研究[J]. 管理世界, 2019, 35(6): 95–108, 195.
- [40] 周美夫, 李欣禧, 王振朝, 等. 风化壳型稀土和钨矿床成矿过程的研究进展和展望[J]. 科学通报, 2020, 65(33): 3809–3824.
- [41] 陈占恒. 我国稀土行业 2017 年回顾及未来展望[J]. 新材料产业, 2018(6): 31–34.

Study on the price effect of the total rare earth mining control policy

GE Jianping^{1,2}, DUAN Yue¹

(1.School of Economics and Management, China University of Geosciences, Beijing, 100083;

2. Institute of Natural Resources Strategic Development, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: As a basic policy to solve the problems of over-exploitation, over-export and over-consumption of strategic resources in China, the policy of controlling the total amount of rare earth mining has played an important role in balancing the supply and demand of the rare earth market, and maintaining the unity of the price and value of rare earth products. In this study, the development history of the policy is reviewed, and a difference-in-difference model is constructed by using historical data on rare earth resource prices to quantitatively assess the price effect of the total rare earth mining policy. The study finds that the policy of controlling the total amount of rare earth mining can effectively improve the international price of rare earth, reflecting its economic value, that the price-lifting effect of the policy is somewhat persistent, and that the strong rigid demand for raw materials of rare earth superimposed on the effect of the policy has brought about an increase in the price of rare earths, and the potential supplier areas of rare earth minerals will become the focus of the international rare earth resource game. The study also finds that the price effect is most manifested in the two types of heavy rare earth products (dysprosium oxide, terbium oxide) on the most significant performance, light rare earths in praseodymium products prices of policy-sensitive degree than lanthanum cerium products.

Key Words: rare earth; industrial policy; difference-in-difference model; policy effect evaluation

[编辑: 何彩章]