

文章编号: 1004-4051(2024)S1-0005-05

DOI: 10.12075/j.issn.1004-4051.20240967

## 推动我国稀土产业可持续发展的策略探讨

魏翔<sup>1</sup>, 夏安全<sup>1</sup>, 赵迪<sup>1</sup>, 闫朝伟<sup>2</sup>, 钱建利<sup>3</sup>,  
马骋<sup>1</sup>, 王强<sup>3</sup>, 王胜强<sup>4</sup>

- 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037;
- 中国地质调查局烟台海岸带地质调查中心, 山东烟台 264000;
- 中国地质调查局西安矿产资源调查中心, 陕西西安 710003;
- 中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心, 湖南长沙 410600)

**摘要:** 稀土是高端制造行业的关键原材料, 广泛应用于国防军工、航空航天、电子信息、新能源、精密仪器等领域, 被誉为“工业黄金”“工业维生素”, 是“21 世纪新材料的宝库”, 也是重要的战略性矿产资源。我国是稀土资源大国, 稀土储量和产量均居世界首位。本文主要介绍了我国稀土资源和应用现状, 指出我国稀土在各细分领域的应用水平与美国、日本等发达国家存在一定差距, 并分析了行业监管体系、开发利用水平、绿色发展和产业链安全等方面存在的风险和挑战。基于此, 提出以下建议, 以期为推动我国稀土产业可持续发展提供参考: 一是完善政策法规, 从制度层面保障稀土产业的可持续发展; 二是坚持科技创新, 不断提升稀土资源开发利用能力; 三是促进稀土行业绿色发展, 有效应对环境问题; 四是加强稀土资源出口管理。

**关键词:** 稀土资源; 应用现状; 发展需求; 风险挑战; 可持续发展

**中图分类号:** TD-9; F416 **文献标识码:** A

## Exploring strategies for the sustainable development of China's rare earth industry

WEI Xiang<sup>1</sup>, XIA Anquan<sup>1</sup>, ZHAO Di<sup>1</sup>, YAN Chaowei<sup>2</sup>, QIAN Jianli<sup>3</sup>,  
MA Cheng<sup>1</sup>, WANG Qiang<sup>3</sup>, WANG Shengqiang<sup>4</sup>

- Development Research Center of China Geological Survey, Beijing 100037, China;
- Yantai Coastal Zone Geological Survey Center, China Geological Survey, Yantai 264000, China;
- Xi'an Center of Mineral Resources Survey, China Geological Survey, Xi'an 710003, China;
- Changsha Natural Resources Integrated Survey Centre of China Geological Survey, Changsha 410600, China)

**Abstract:** Rare earth elements are critical raw materials in high-end manufacturing, widely used in national defense, aerospace, electronics, new energy, precision instruments, and other fields. It is known as “industrial gold” and “industrial vitamins”, making them the “treasure trove of new materials in the 21st century” and essential strategic mineral resources. China is a major rare earth resource country, with the largest reserves and production in the world. This paper primarily introduces the current status of China's rare earth resources and their applications. It highlights the gap between China's application levels in various sub-fields compared to developed countries like the United States and Japan. Additionally, it analyzes the risks and challenges in industry regulation, development and utilization,

收稿日期: 2024-05-25 责任编辑: 刘硕

引用格式: 魏翔, 夏安全, 赵迪, 等. 推动我国稀土产业可持续发展的策略探讨[J]. 中国矿业, 2024, 33(S1): 5-9.

WEI Xiang, XIA Anquan, ZHAO Di, et al. Exploring strategies for the sustainable development of China's rare earth industry[J]. China Mining Magazine, 2024, 33(S1): 5-9.

green development, and supply chain security. Based on these insights, the following recommendations are proposed to promote the sustainable development of China's rare earth industry: firstly, improving policies and regulations to ensure sustainable development at the institutional level; secondly, persisting in technological innovation to continuously enhance the capability of rare earth resource development and utilization; thirdly, promoting green development in the rare earth industry to effectively address environmental issues; fourthly, strengthening the management of rare earth resource exports.

**Keywords:** rare earth resource; application status; development demand; risk and challenge; sustainable development

## 0 引言

稀土元素包括 15 种镧系元素及钪(Sc)和钇(Y), 因其在地壳中分布分散且含量稀少, 其氧化物形态类似于土, 故称稀土<sup>[1]</sup>。根据稀土元素硫酸盐的溶解度, 稀土可分为轻稀土(如镧、铈、镨、钕、钐)、中稀土(如铈、钐、铽、镱)和重稀土(如铥、镱、铕、镱、镱、铕、钆)<sup>[2]</sup>。稀土被誉为“工业黄金”和“工业维生素”, 广泛应用于电子信息、新能源、新材料等领域, 是国防和高新技术领域的战略资源。

自然界中稀土元素主要以稀土矿(Rare Earth Ore)的形式存在, 但分离难度较高。目前发现的含稀土矿物约有 250 种, 但大部分稀土含量低、分布不均且利用难度大<sup>[3]</sup>。具有工业价值的稀土矿物仅 50~60 种, 主要包括氟碳铈矿、独居石、磷钇矿和风化壳淋积型矿(离子吸附型稀土), 占矿物型稀土总量的 95%<sup>[3]</sup>。独居石和氟碳铈矿中轻稀土含量高; 磷钇矿中重稀土含量高, 但矿源少。高岭土等黏土矿物中吸附的离子态稀土元素也是稀土资源的重要来源。随着优质矿床减少, 对低品质、难利用稀土矿床的综合利用需求增加<sup>[4]</sup>。

在全球稀土市场中, 中国不仅在资源储备和生产方面占主导地位, 在稀土产品应用和贸易中也发挥重要作用。然而, 中国在各细分领域的应用水平与美、日等发达国家相比仍有差距, 尤其在行业监管、开发利用水平、绿色发展和产业链安全方面面临诸多挑战。了解我国稀土产业发展中的问题, 实现高质量发展对保障我国资源能源安全和社会经济发展至关重要。因此, 本文旨在全面介绍我国稀土资源

和应用现状, 分析当前存在的主要问题和挑战, 并提出针对性的建议, 以期为推动我国稀土产业的可持续发展提供参考。

## 1 我国稀土资源现状

稀土广泛分布于地壳, 但不均匀。中国储量最大, 其他国家如巴西、越南、俄罗斯、印度和美国次之<sup>[5]</sup>。截至 2022 年, 全球已探明的稀土氧化物总资源约 1.2 亿 t, 其中, 中国约 4 400 万 t, 占 36.7%<sup>[5]</sup>。随着能源战略的发起, 全球对稀土资源需求增长, 各国不断加强稀土资源的勘查开发力度。

作为最重要的稀土载体, 稀土矿床根据成因类型可分为内生矿床和外生矿床。内生稀土矿床与岩浆熔融结晶和岩浆热液活动密切相关, 外生稀土矿床则由含稀土元素的基岩通过强烈风化作用和其他表生过程富集形成。内生稀土矿床的矿物以氟碳铈矿和独居石为主, 而外生稀土矿床中的稀土元素多以离子态吸附在各种黏土矿物中, 主要以风化壳淋积型稀土矿为代表。我国的稀土资源主要分布在内蒙古白云鄂博、川西和南方七省(区)三大基地, 稀土元素类型总体呈现出“南重北轻”的分布格局<sup>[6]</sup>。其中, 白云鄂博和川西主要分布内生稀土矿床, 多产出轻稀土资源, 南方七省(区)为外生稀土矿床, 主要产出中重稀土资源<sup>[6]</sup>(表 1)。

## 2 稀土资源应用现状

近年来, 我国稀土资源的应用领域不断拓展, 主要集中在永磁材料、冶金机械、石油化工、抛光材料和玻璃陶瓷等行业, 助力产业升级。其中, 永磁材料的消费占比达到约 42%, 其终端消费价值更是超过 90%(图 1)。

表 1 中国稀土矿床主要类型及典型矿床

Table 1 Main types and typical deposits of rare earth ore deposits in China

矿产类型	矿产亚类	主要特征	矿床规模	典型矿床
内生矿床	碳酸岩型	与富碱碳酸岩关系密切, 位于碱性岩带附近	几万 t 至几亿 t	白云鄂博
	碱性火成岩型	与碱性火成岩关系密切	一般小于亿 t	湖北庙姬
	热液脉型	与石英、萤石多金属脉或伟晶岩脉有关	一般几百万 t 至几亿 t	山东微山、攀西牦牛坪
外生矿床	砂矿型	沿海岸线、河道分布	规模变化大	东南沿海海岸
	风化壳型(离子吸附型)	富稀土火成岩地表风化残留	大多小于百万 t	江西、福建、广西等地分布较多

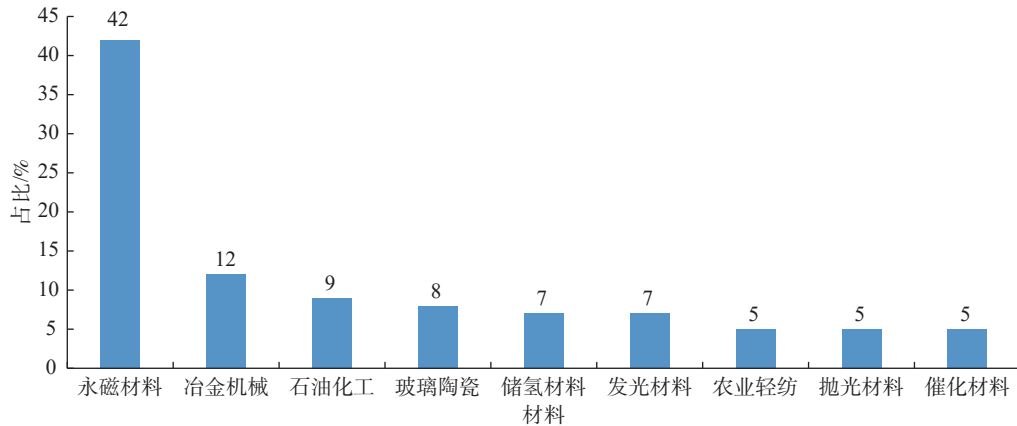


图 1 2022 年中国稀土下游材料应用领域占比

Fig. 1 Proportion of downstream applications of rare earth materials in China in 2022

### 2.1 稀土磁性材料

稀土磁性材料由钐、钕等混合稀土金属与钴、铁等合金,通过粉末冶金法制成,经磁场充磁后获得。这类材料应用广泛,是稀土行业的核心,推动整个稀土产业链的发展,主要包括稀土永磁、磁致伸缩和磁制冷材料等。按应用领域,稀土永磁材料又可分为钐钴永磁体和钕铁硼永磁体。我国是全球最大钕铁硼生产国,市场占比超 80%。随着电子信息和新能源汽车的发展,稀土永磁材料需求将持续增加,尤其是中高档钕铁硼材料。然而,我国的高端永磁材料市场占比低,对外依存度高。稀土磁致伸缩材料是稀土与铁系金属化合物,具有高磁致伸缩系数和快速磁响应速度,多被应用于国防军工、智能机器人、地质探测等领域。其主要产业集中在美国、德国和日本。我国近年来也大力发展该材料的制作工艺,已具备一定的产业化能力,但仍存在生产规模小、技术手段相对落后的问题。稀土磁制冷材料主要是 Gd 系和 La 系合金,这些材料利用磁热效应达到制冷的效果,具有可靠性强、制冷效率高的特点,是一种绿色、安全的制冷材料。

### 2.2 稀土储氢材料

稀土储氢材料的优势在于其高效的氢吸放能力和优异的循环性能,这使其成为理想的能源存储介质,常被用于混合动力汽车领域,特别是在制造可充电镍氢电池方面发挥着重要作用。尽管稀土储氢材料具有诸多优势,但其发展仍面临一些挑战。首先,稀土储氢材料的整体成本偏高,尤其是稀土元素的提取和加工。其次,稀土储氢合金的制备工艺复杂,要求高精度的控制和高纯度的原材料。

### 2.3 稀土催化材料

稀土催化材料能够显著提升化学反应效率,降低能源消耗,并减少污染物排放,因此被用作石油裂

化催化剂、工业废弃和汽车尾气净化催化剂。这一性能对改善环境和推动能源技术发展具有重要意义。目前,在工业中广泛应用的稀土催化材料主要有三类:分子筛稀土催化材料、稀土钙钛矿催化材料和铈锆固溶体催化材料。这些材料通过引入稀土元素提高分子筛的热稳定性和抗积碳能力,从而显著提高催化剂的性能和寿命。

作为世界上最大的汽车生产国,我国在汽车尾气净化催化剂方面有着巨大的市场需求。随着国六汽车尾气排放标准的实施,汽车尾气净化催化产业迎来了重要的发展机遇。然而,由于国内起步较晚,目前,四分之三以上的市场仍被日本、德国和比利时等国外公司占据。

### 2.4 稀土发光材料

稀土发光材料在照明、信息显示和光通信等领域有广泛应用,而我国连续多年稳居世界稀土发光材料生产和消费的第一大国。稀土元素是荧光粉中的关键成分,不同稀土元素赋予荧光粉不同的光学特性,其产品如节能灯、发光二极管、液晶显示器等。除在传统照明和显示领域发挥着重要作用,稀土发光材料在新兴领域如医疗装备、深海深空探测等前沿科技工程中也有着广泛应用。特别是稀土闪烁晶体,在高能物理、核医学、宇宙射线探测等领域具有重要应用。尽管我国掌握了荧光灯的生产技术,产品质量处于国际领先地位,但在高技术稀土发光材料领域,中国的市场占有率较低,拥有的核心知识产权较少。

### 2.5 稀土抛光材料

稀土抛光材料是一种以氧化铈( $\text{CeO}_2$ )为主体成分的混合稀土氧化物粉末,常被用于提高制品或零件表面光洁度,其抛光效果显著优于其他金属氧化物,被誉为“抛光粉之王”。我国是稀土抛光粉的生

产和消费大国,2021年产量达到4.4万t。尽管产量庞大,但产品性能较为一般,主要应用于珠宝首饰、电脑面板、手机盖板等中低端领域。相比之下,美国和日本在高端制造所用的超精密抛光材料领域处于全球领先地位,其产品主要用于高科技产业和精密制造领域,如半导体、光学仪器和航空航天等。

### 3 我国稀土开发利用存在的问题和风险

#### 3.1 资源浪费和环境污染严重,监管体系有待完善

我国稀土资源开采和利用过程中存在诸多问题,导致资源浪费和环境破坏现象严重。首先,稀土资源开采过程中普遍存在无证开采、无序开发和监管不力等问题。许多地方政府和企业为了短期经济利益,盲目扩大稀土开采规模,导致无计划、无节制的资源开采。这种无序开采不仅降低了资源利用效率,还造成了大量的资源浪费和环境污染。同时,由于开采和加工技术水平相对较低,国内稀土资源利用率普遍不高。目前国内稀土矿山的资源利用率一般为60%,而民营稀土矿山的利用率甚至不足40%。低效的资源利用导致了大量的稀土资源浪费,未能实现其应有的价值。此外,无序的开采和资源利用不当还导致了稀土产能过剩问题。我国每年的稀土产量是世界总需求量的1.25倍,长期处于供大于求的状态。这种供需失衡导致了战略性矿产资源被低价出售,资源大量流失。除此之外,稀土开采和加工过程中产生的废水、废气和固体废物一旦处理不当,会对土壤、水体和空气造成严重污染,危害生态环境和人体健康。

#### 3.2 稀土资源开发应用技术较为落后

尽管我国稀土资源丰富,但在开采技术研究方面投入不足,导致稀土资源开采和选冶技术发展缓慢,普遍存在生产成本低、精矿质量一般等问题。稀土资源综合开发利用水平低,使得这一战略性矿产资源不能得到充分利用。总体表现为稀土下游初级产品竞争力较强,而高端技术和高附加值产品较为缺乏,产品结构失衡。在“原矿-精矿-初级产品-功能性材料-原器件-商品”的稀土全产业链中,我国在原矿到初级产品环节处于世界领先水平。然而,在产业链下游环节,技术水平明显不足,缺乏自主知识产权的新技术、新产品和新成果,导致行业竞争力不足,难以满足高质量发展的需求。

#### 3.3 国际竞争激烈,产业链安全风险加剧

随着全球对稀土资源重要性的认识不断加深,美国、日本等发达国家加大了对稀土资源的重视和投入,纷纷制定政策和战略,保障本国稀土供应安全。

这些国家通过在全球范围内寻找新的稀土资源供应渠道,减少对中国稀土资源的依赖,试图在稀土市场上占据更为有利的位置。自中美贸易摩擦以来,全球稀土产业格局发生了深刻变化。美国不仅加强了对国内稀土资源的开发,还通过投资和合作在其他国家建立稀土供应链,努力削弱中国在全球稀土市场的主导地位。这一系列举措使得我国稀土产业在国际市场上的竞争压力骤增。同时,全球范围内的稀土资源争夺战也愈演愈烈,各国在技术研发、资源获取和市场份额方面展开了激烈的竞争。而国际市场的不确定性和稀土价格的反复波动,进一步加剧了我国稀土产业链的安全风险。此外,稀土行业的技术壁垒和知识产权保护也构成了重要的竞争因素。缺乏自主知识产权的新技术和新产品,使我国稀土产业难以在国际市场上获得更多话语权和市场份额。

### 4 结论与建议

#### 4.1 完善政策法规,从制度层面保障稀土产业可持续发展

推动完善稀土产业监管相关立法工作,为稀土产业监管提供法律依据,使工作开展有法可依、有据可循。精准实施稀土资源开采、冶炼、流通全过程管理,规范行业秩序,避免无序开发和资源浪费。同时,继续加大对乱采盗采、无序开发等违法违规活动的惩治力度,确保稀土资源的合理利用。政府应加强对稀土行业的政策引领,进一步掌控资源现状,保障战略性新兴产业发展的原料供应,维护我国稀土的资源优势,巩固我国在国际稀土行业中的主导地位。通过制度的完善,营造一个高质量、可持续发展的行业环境,为我国稀土产业的长远发展提供坚实保障。

#### 4.2 坚持科技创新,不断提升稀土资源开发利用能力

通过科技创新,加强基础和高端应用研究显得尤为重要。在“开采-冶炼-材料-器件-核心产品”全产业链创新发展方面,应全面提升科技创新能力,逐步摆脱对产业下游生存的依赖,开发研制高性能、高质量的高端稀土材料。通过与高新技术发展的结合,切实解决“卡脖子”问题和技术壁垒。面对激烈的市场竞争,应通过生产高附加值产品,迅速将资源优势转化为战略优势。同时,积极推动产学研合作,集中力量突破一批关键核心技术,推动稀土在高端制造和前沿领域的广泛应用,提升我国稀土产业的全球竞争力。

### 4.3 促进稀土行业绿色发展,有效应对环境问题

在稀土行业可持续发展中,处理好经济发展需求和生态环境保护的关系,实现经济社会发展与环境保护“共赢”局面至关重要。要大力推动稀土绿色开发和高效利用,优化工艺技术,解决稀土在采选冶过程中资源利用率不高的问题。鼓励发展稀土资源高效提取技术,提高稀土及其伴生资源的综合利用率,注重行业绿色发展,从源头减少污染。同时,要加快构建绿色产业体系,培育和扶持一批具有核心竞争力的规模产业,推动传统产业绿色升级,确保稀土产业的发展不以牺牲环境为代价。

### 4.4 加强稀土资源出口管理

稀土是我国宝贵的战略资源,但长期以来,我国大量稀土以极低的价格出口,美国、日本等国从我国大量进口稀土资源用于战略储备。我国稀土市场尚未形成标准化市场体系,还需进一步完善产业全过程管理。相关管理单位和部门应出台相关政策,优化我国稀土行业结构,加强稀土出口管理,制定相应配额,在满足外贸交易的同时规划行业长期发展路径。同时,推进稀土议价机制,改善出口状况,确保我国在国际稀土市场的主动权。通过合理的出口管理政策,不仅可以保护我国稀土资源,还能提升稀土产品的国际竞争力,巩固我国在全球稀土市场中的主导地位。

### 参考文献(References):

- [1] 池汝安,王淀佐. 稀土矿物加工[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [2] 刘琦,周芳,冯健,等. 我国稀土资源现状及选矿技术进展[J]. 矿产保护与利用, 2019, 39(5): 76-83.  
LIU Qi, ZHOU Fang, FENG Jian, et al. Review on rare earth resources and its mineral processing technology in China[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2019, 39(5): 76-83.
- [3] 张勇,蓝圣华,王尚祯. 国内轻稀土矿选矿生产工艺现状[J]. 中国矿山工程, 2014, 43(3): 60-64.  
ZHANG Yong, LAN Shenghua, WANG Shangzhen. Present situation of mineral processing of light rare earth ores in China[J]. China Mine Engineering, 2014, 43(3): 60-64.
- [4] 车丽萍,余永富. 我国稀土矿选矿生产现状及选矿技术发展[J]. 稀土, 2006, 27(1): 95-102.  
CHE Liping, YU Yongfu. The current situation and development of mineral processing technology for rare earth mines in China[J]. Chinese Rare Earths, 2006, 27(1): 95-102.
- [5] 何宏平,杨武斌. 我国稀土资源现状和评价[J]. 大地构造与成矿学, 2022, 46(5): 829-841.  
HE Hongping, YANG Wubin. REE mineral resources in China: review and perspective[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2022, 46(5): 829-841.
- [6] 黄静丽. 世界稀土资源储量分布及供需现状分析[J]. 中国集体经济, 2015, 18(6): 109-110.  
HUANG Jingli. Analysis of the distribution and supply-demand status of global rare earth resource reserves[J]. China Collective Economy, 2015, 18(6): 109-110.