

“物资储备管理技术研究” 特约专栏文章之三

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2025.02.003

周园园, 王瑾, 杨国蕾, 等. 中国稀土形势分析及储备建议[J]. 粮油食品科技, 2025, 33(2): 14-20.

ZHOU Y Y, WANG J, YANG G L, et al. Analysis of rare earth situation in China national suggestions for reserves[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2025, 33(2): 14-20.

中国稀土形势分析及储备建议

周园园, 王瑾✉, 杨国蕾, 赖伟玲, 张依诺, 王昕灵, 赵子明

(国家粮食和物资储备局科学研究院 战略物资储备管理技术研究所, 北京 100037)

摘要: 中国是全球最大的稀土资源和生产国, 以 38% 的稀土资源占比承担了全球 90% 以上的市场供应, 稀土资源被过度消耗, 现阶段中重稀土资源进口高度依赖缅甸, 资源供应存在风险。本文通过跟踪收集全球及中国稀土资源储量、矿产品生产、冶炼分离产品生产、消费结构和消费量等基础数据, 分析稀土资源供应和消费趋势, 尤其是稀土应用领域和产业变化情况, 研判我国稀土资源产业链存在的问题, 从国家安全和经济可持续发展角度, 建议从拓展稀土资源基地、开展风险排查、择机减少部分已被替代的轻稀土产品库存、提高回收利用技术研发等方面加强我国稀土资源的长远规划。

关键词: 稀土资源; 矿产品生产; 冶炼分离产品生产; 消费变化; 储备建议

中图分类号: F323.2; T-1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2025)02-0014-07

网络首发时间: 2025-02-21 12:27:59

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20250220.1838.004>

Analysis of Rare Earth Situation in China National Suggestions for Reserves

ZHOU Yuan-yuan, WANG Jin✉, YANG Guo-lei, LAI Wei-ling, ZHANG Yi-nuo,
WANG Xin-ling, ZHAO Zi-ming

(Strategic Material Reserve Technology Research Institute, Academy of National Food and
Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: China is the world's largest holder and producer of rare earth resource, with 38% of the resource share bearing, bearing more than 90% of the global market supply, however, rare earth resources are overconsumed. Currently, the import of medium and heavy rare earth resources is highly dependent on Myanmar, which poses risks in the supply of resources. By tracking and collecting basic data on global and China's rare earth resource reserves, mineral production, smelting and separation product production,

收稿日期: 2024-12-25; 修回日期: 2025-01-16; 录用日期: 2025-01-17

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项项目“复合半导体材料行业发展所需关键矿产品原材料国家储备研究”(ZX2458), 中央级公益性基本科研业务费专项项目“辐射制冷技术在成品油仓储应用研究”(ZX2450)

Supported by: Fundamental Research Funds of the Central Research Institutes “Analysis of Rare Earth Situation in China's Advantageous Mineral Resources and Research on National Reserve Suggestions” (No. ZX2458), Fundamental Research Funds of the Central Research Institutes “Application Research of Radiative Cooling Technology in Petroleum Product Storage” (No. ZX2450)

第一作者: 周园园, 女, 1984 年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为储备物资品种、品质及标准等, E-mail: zhouyy@ags.ac.cn

通信作者: 王瑾, 女, 1985 年出生, 硕士, 工程师, 研究方向为国家物资储备仓储条件, E-mail: wangjin@ags.ac.cn

本专栏背景及第一作者介绍详见 PC14-16。

consumption structure and consumption volumes, this paper carries out the analysis of rare earth resource supply and consumption trends, focusing on the analysis of rare earth application fields and industry changes. It also analyzes and judges the problems of China's rare earth resource industry chain, based on national security and sustainable economic development needs, suggests strengthening the long-term planning of China's rare earth resources in terms of expanding the rare earth resource base, carrying out risk investigation, taking the opportunity to reduce the stock of some light rare earth products that have been replaced, and improving the research and development of recycling technologies.

Key words: rare earth resources; mineral production; production of smelted and separated products; changes in consumption; stockpile recommendations

稀土是具有独特性能的稀缺资源,在新能源、新材料、节能环保、航空航天、电子信息、国防军工等高精尖产业发挥重要作用,是支撑高端技术创新和新兴产业发展的关键原材料,也是国际争夺的重要战略性矿产资源^[1]。2023 年 12 月,我国政府罕见追加第三批稀土生产配额,引起日本、美国等国际社会高度重视。中国是全球最大的稀土资源和生产国,以 38% 的资源占比承担了全球 90% 以上市场供应,稀土资源被过度消耗^[2]。稀土元素配分差异巨大,相对资源丰富的部分轻稀土,我国镓、锗、钕、铽等稀土元素短缺,现阶段中重稀土资源进口高度依赖缅甸,资源供应存在风险。分析我国优势矿产资源稀土形势及产业最新变化趋势对国家制定相关矿产资源产业链供应链稳定政策具有现实意义。

本研究跟踪收集全球及中国稀土资源储量、矿产品生产、冶炼分离产品生产、消费结构和消费量等基础数据,开展稀土资源供应和消费趋势分析,侧重分析稀土应用领域和产业变化情况,分析研判我国稀土资源产业链存在的问题,基于国家安全和经济可持续发展的需求,建议从拓展稀土资源基地、开展风险排查、择机减少部分已被替代的轻稀土产品库存、提高回收利用技术研发等方面加强我国稀土资源的长远规划。

1 全球稀土资源形势分析

1.1 中国是全球最大的稀土资源国,储量占全球 38%

全球稀土资源丰富,但分布相对集中,以轻稀土资源为主,中重稀土资源稀缺。据美国地质调查局(United States Geological Survey)统计^[3],

2023 年全球稀土储量 1.1 亿 t (Rare earth oxides, REO), 其中中国储量 4 400 万 t, 占比 38%, 居第一位; 越南储量 2 200 万 t, 占比 19%, 巴西占 18%, 俄罗斯占 9%, 印度占 6%, 澳大利亚占 5%, 美国占 2% (图 1)。近年来,全球稀土资源储量和分布发生明显变化,格陵兰、巴西、加拿大、越南、缅甸、老挝、挪威以及非洲国家陆续发现大量稀土资源,其中缅甸、越南、格陵兰拥有丰富的中重稀土资源,越南储量跃居全球第二位,缅甸成为全球重要的中重稀土资源出口国^[4-5]。

1.2 中国是全球最大的稀土产品生产国,矿产品和冶炼分离产品产量分别占比 69% 和 95%

中国稀土矿产品产量居全球首位,但垄断地位有下降趋势。据全球稀土工业协会(Rare earth industry association, REIA)估算^[6],2023 年全球稀土矿产品产量约 35 万 t, 其中中国产量 24 万 t, 居第一位; 美国、澳大利亚和缅甸是中国以外稀土产量最大的三个国家,分别为 4.3 万 t、3.8 万 t 和 1.8 万 t, 三国产量合计占比 28%, 俄罗斯、印度、泰国、越南等国产量合计约占 3% (图 2)。缅甸产量自 2016 年的 0.35 万 t 增至 2023 年的 1.8 万 t, 年均增长 26%, 成为全球中重稀土矿产品重要生产国, 中国产量占比从 2015 年的 81% 降至 2023 年的 69%, 再加上近年来,为摆脱对中国稀土的依赖,美国、澳大利亚、加拿大和欧洲一直在努力重建国内稀土产业链,并取得一定进展,如澳大利亚莱纳斯公司扩大其位于西澳的威尔德稀土产能至 1.2 万 t 镨钕氧化物/年,并计划于 2024 年底投产。中国在全球稀土矿产品生产上的垄断地位在下降(图 1)。

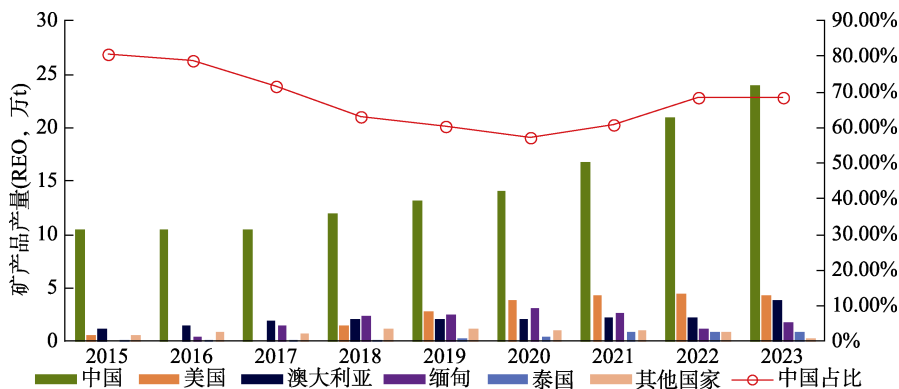


图 1 2015—2023 年全球主要国家稀土矿产品产量及中国占比^[3]

Fig.1 Global Major Countries' Production of Rare Earth Mineral Products and China's Share 2015—2023^[3]

中国在稀土冶炼分离产品生产上有着绝对垄断地位。目前全球仅中国和澳大利亚莱纳公司马来西亚工厂能进行稀土冶炼分离，美国和缅甸所产稀土矿主要运到中国进行冶炼分离，2023 年全球稀土冶炼分离产品产量 35.76 万 t，其中中国产量 34.1 万 t (含稀土集团生产总量指标 24.38 万 t、利用进口美国矿和缅甸独居石矿生产的冶炼分离产量分别为 3.64 万 t 和 4 万 t)，合计占比 96%；澳大利亚莱纳公司马来西亚工厂产量约 1.6 万 t，占比 4% (图 2)。

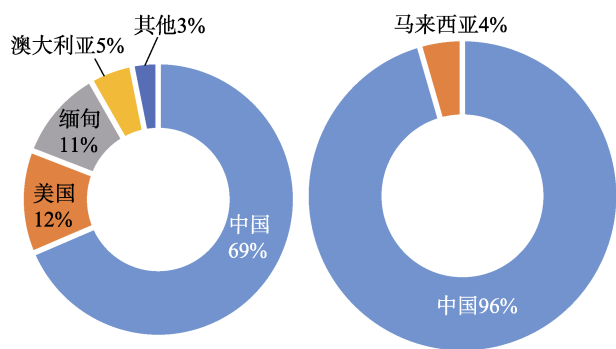


图 2 2023 年全球稀土矿产品和冶炼分离产品
主要生产国家产量占比情况^[3]

Fig.2 Global Production Share of Major Producing
Countries of Rare Earth Mineral Products and
Smelting and Separation Products in 2023^[3]

1.3 中国从缅甸进口中重稀土氧化物和化合物大量增加，美国进口矿基本稳定

全球稀土进口主要以稀土精矿和化合物等初级加工产品为主，主要进口国为中国，出口国为美国和缅甸^[7]，其中中国进口自缅甸的稀土氧化物和化合物总量从 2019 年的 2.87 万 t (实物量，下同) 增至 2023 年 4.51 万 t，几乎翻了一番 (图 3)；

2022 年中国进口稀土精矿 7.7 万 t，几乎全部来自美国；进口稀土氧化物主要来自缅甸和马来西亚，分别为 1.1 万 t (占 76.0%) 和 0.2 万 t (占 13.9%)，少量从越南、日本等国进口；进口稀土化合物主要来自缅甸 (1.2 万 t)、美国 (0.8 万 t)、马来西亚 (0.5 万 t) 和越南 (0.3 万 t)，分别占比 41.5%、26.4%、17.3% 和 9.6%。中国出口则以氧化物、金属、磁性材料等高附加值产品为主，稀土氧化物主要出口到美国 (0.8 万 t，36%)、日本 (0.6 万 t，26%) 和韩国 (0.2 万 t，6%)，其中出口美国以氧化镧产品为主，约占对美出口氧化物总量的 87.7%，出口日本以氧化镨和氧化铽为主，分别约占我国该品种出口总量的 66.4% 和 83.5%；稀土化合物主要出口到美国 (0.6 万 t，33.5%)、荷兰 (0.5 万 t，26.7%) 和日本 (0.2 万 t，12.2%) 等国家 (图 4)。

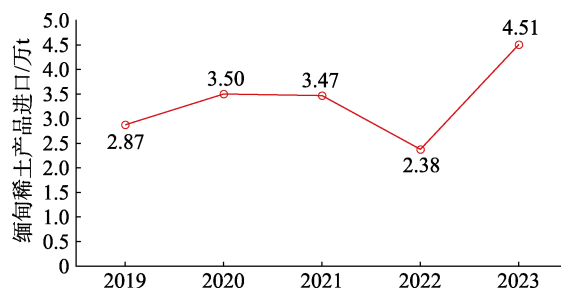


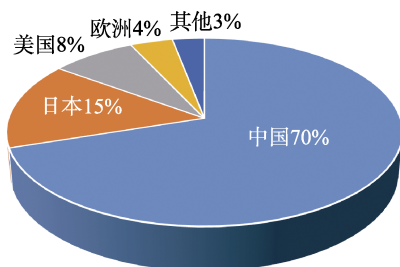
图 3 2019—2023 年中国从缅甸进口稀土产品情况^[7]

Fig.3 China's imports of rare earth products
from Myanmar, 2019—2023^[7]

1.4 中国是全球最大的稀土消费国，永磁材料钕铁硼是增长最快的消费领域

全球稀土消费主要集中于中国、日本、美国

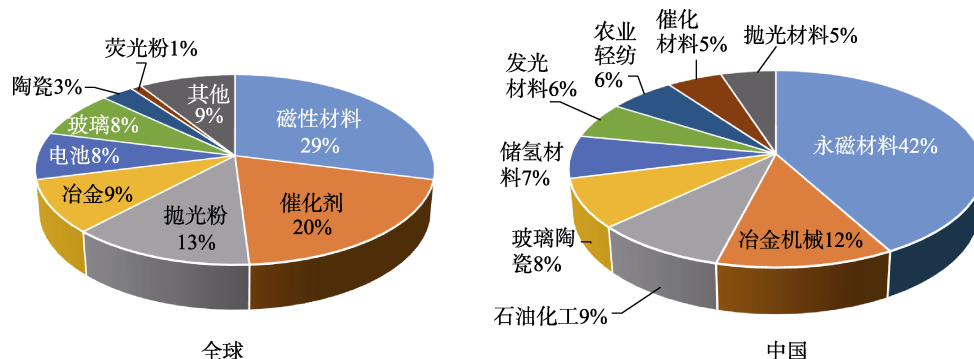
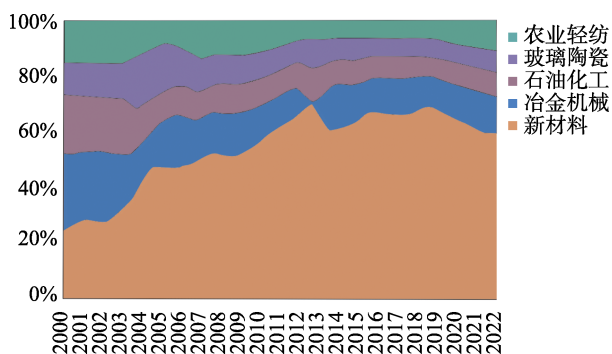
和欧洲等国家和地区^[3], 其中中国消费量约占全球 70%, 居全球首位, 日本约占 15%, 美国约占 8%, 欧洲等地区消费量约占 4%, 其它地区占 3% (图 4)。

图 4 全球稀土主要消费国家占比^[3,8]Fig.4 Percentage of major global rare earth consuming countries^[3,8]

从稀土消费领域来看, 全球稀土消费主要集中于稀土功能材料, 特别是稀土永磁材料约占消费总量 29%, 其次为催化剂约占 20%, 抛光粉约占 13%, 电池材料占 8%, 发光材料占 1%, 冶金、玻璃、陶瓷等传统应用领域需求占 29%; 中国稀

土消费结构与全球其他国家有所差异, 主要为永磁材料占比 42%, 居第一; 冶金机械占比 12%, 居第二; 石油化工占比 9%, 居第三; 玻璃陶瓷占比 8%, 居第四; 储氢材料、发光材料、农业轻纺、催化和抛光材料分别占比 7%、6%、6%、5%、5% (图 5~6)。稀土永磁材料所需轻稀土产品为镨钕氧化物, 重稀土产品为氧化铽和氧化镱。

日本是全球第二大稀土消费国, 所需稀土原料全部依赖进口, 主要消费领域为磁性材料、储氢合金和催化剂, 分别约占消费总量的 34%、17% 和 26%。据日本产业经济省金属资源情报统计数据^[8], 日本稀土消费量在 2006 年达到峰值后逐步回落, 自 2014 年以来, 一直维持在 2 万 t 以上。日本是中国以外最大的稀土永磁材料生产地, 且磁材全部为高性能钕铁硼, 因此中国对日本的钕铁硼磁材出口量仅占我国磁材出口总量的 3.5%, 但金属钕、镨、铽等磁材生产的关键原材料, 对日本的出口量分别占我国上述三种金属品种出口总量的 97.3%、99.8%和 98.4%。

图 5 2022 年全球及中国稀土主要消费领域^[9]Fig.5 Main Consumption Sectors of Rare Earths in the World and China to 2022^[9]图 6 中国分行业稀土消费历史变化^[10]Fig.6 Historical changes in rare earth consumption by industry in China^[10]

美国稀土消费居全球第三位, 但其稀土原料来源高度对外依赖, 据联合国商品贸易统计数据^[10], 2023 年美国进口的稀土化合物和金属中, 进口自中国占 72%, 马来西亚占 11%, 日本占 6%, 爱沙尼亚占 5%, 其他占 6%。2023 年美国稀土消费结构为催化剂占 74%, 陶瓷和玻璃占 10%, 抛光粉占 4%, 冶金应用和合金占 6%, 其他占 6%, 与中国和日本消费结构差异巨大^[3]。

1.5 稀土未来需求变化情况

稀土永磁材料广泛应用于电动汽车、风电、

工业节能电机、工业机器人、电动自行车、变频节能空调等新能源或符合绿色低碳发展理念的领域^[11]，是我国稀土第一大应用领域，钕铁硼永磁材料是目前应用最广泛的稀土永磁材料，生产该类材料所需轻稀土原材料主要为镨钕氧化物，重稀土原材料主要为氧化铽和氧化镱。供给方面，近年来，中国赣州等一些主要离子型稀土矿产地受到严格环保要求难以开采，国内近半数的氧化铽、氧化镱的原料依赖缅甸为主的东南亚国家提供的稀土矿，由于缅甸政局等因素影响，供应时有不稳甚至存在暂时中断的情况，造成阶段性的供应紧张和价格快速上涨的局面，综合来看，氧化铽和氧化镱的供应紧张程度较镨钕氧化物较高，个别时段会受到缅甸矿供给紧张的影响。

2 中国稀土资源产业链存在的问题

2.1 稀土资源消耗量逐年增加，我国资源优势已逐渐减弱

一是随着我国稀土资源的开采和其它国家新稀土资源的发现，全球稀土资源储量格局已经发生改变。经过多年高强度开发，我国稀土资源储量已由 2013 年的 5 500 万 t 降至目前的 4 400 万 t，全球占比由 48.3% 降至 38.0%，其中轻稀土储量超过 4 100 万 t，中重稀土储量不足 300 万 t，我国稀土资源优势在全球市场上的竞争力下滑^[12]。

二是我国生产的稀土矿产品长期供应全球 70% 以上的需求，资源消耗量逐年增加。在中重稀土方面，除近两年缅甸的中重稀土运到中国进行冶炼、分离以外，全球中重稀土资源几乎全部由中国供应。我国离子吸附型稀土（以中重稀土为主）开采总量控制指标由 2006 年的 8 420 t 增长至 2023 年的 19 150 t，轻稀土指标由 2006 年的 7.82 万吨增至 2023 年的 23.585 万 t。

三是国内中重稀土不足，近半数的氧化铽、氧化镱等中重稀土原料依赖缅甸等东南亚国家。据中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心报告显示^[13]，2000—2020 年国内镧、铈、镨、钕等轻稀土元素产量增长 75.5%~118.9%，钐、铕、钆等重稀土产量较 2005 年峰值分别下降了 34.8%~43.9%。近年来，我国赣州等一些主要离

子型稀土矿产地受到严格环保要求难以开采，国内近半数的氧化铽、氧化镱等中重稀土原料依赖缅甸为主的东南亚国家提供的稀土矿。由于缅甸政局等因素影响，供应时有不稳甚至存在暂时中断的情况，造成阶段性的供应紧张和价格快速上涨的局面，国内重稀土供应能力大幅减少。

2.2 稀土单元素产量差异大，我国镱、铽、镨、钕资源短缺

受限于矿床伴生因素影响，稀土元素含量差异巨大^[14]，我国镧、铈、镨、钕等轻稀土元素的年产量约为重稀土的 10 余倍。钕、镱、镨、铽元素配分相对较低，且消费比例高于对应的生产比例；镧、铈元素配分含量高，消费增速相对平稳，产量比例远高于消费比例。生产与消费比例不匹配引发镧、铈等元素过剩，镱、镨、钕资源短缺，镱短缺程度最高。2000—2022 年，中国累计稀土消费量约为 195 万 t，2022 年轻稀土元素占消费总量的 95%，重稀土元素仅占 5%，轻稀土元素中钕元素消费量最大，占比 37%，其次为铈，重稀土元素中镱的消费量最大，随着照明产业萎缩，2010 年以后镨、钕消费量快速下降。

2.3 稀土氧化物产品应用领域发生变化，现存稀土产品储备存在与产业变化不适应风险

自 2012 年以来我国稀土储备实力大大增强，品种、规模及结构趋于合理。随着应用领域的发展变化，2015 年以来，我国逐步更新镨钕氧化物、氧化钐、氧化铈、氧化镧、氧化镨、氧化钕、氧化镱及氧化钐等稀土氧化物产品国家工业标准，进一步细化产品结构，调整部分产品牌号和元素及杂质考核指标，与稀土产业结构发展更加匹配。但因稀土产品存储周期长，储备产品调整滞后，存在与工业调整和产业变化不相适应的现象，“储而不能用”风险提升。

3 提高稀土资源安全的几点建议

虽然我国稀土资源在全球仍有优势，但前几十年大量消耗，全球其他国家加大资源开发，稀土资源优势和市场垄断地位在下降。随着科学技术的进步，稀土在国防军工、战略性新兴产业中

的作用越来越大，未来地位更加突出，全球争夺将更加激烈。为保持优势，服务国家安全和经济高质量发展，支撑科技创新，建议从资源保护、风险排查、储备研究等方面采取措施。

(1) 加强对国内中重稀土资源的保护, 拓展新的稀土资源基地。一是加强对国内中重稀土资源的保护。建议继续控制开采总量, 建立矿产地储备, 合理利用中重稀土资源。二是加大找矿力度。依托国家新一轮找矿突破战略行动开展现有稀土资源的深部找矿增储, 拓展新的稀土资源基地和增加中重稀土资源储量。三是拓宽进口渠道。坚持适度分散原则, 在巩固美国和缅甸等当前主要来源渠道的基础上, 积极推动在越南、格陵兰、巴西等国家建立若干稀土资源供应基地。

(2) 开展风险排查, 做好铽、镝等重稀土元素产业链供应链安全风险应对预案。一是加强稀土资源供需走势研判^[15]。中重稀土是我国优势品种, 资源储量相对其他国家较为丰富, 近几年为保护我国中重稀土资源, 保持国家优势需要, 我国镝、铽等部分中重稀土原料依赖缅甸等东南亚国家, 针对目前国内重稀土产品资源缺口现状, 密切跟踪全球及我国战略性新兴产业发展动态, 合理预测稀土单元素产量和消费等变化趋势, 提早规划产能。二是加强供应链关键点及政策风险研判。缅甸目前是我国唯一的重稀土资源供应国, 针对缅甸政局不稳定、稀土资源开发管理混乱、无法形成稳定供应等现象, 加强资源供应端、冶炼产品生产端及下游产业应用端关键节点安全风险隐患分析, 特别是政治和政策风险, 做好相关应对预案, 降低突发情况下引发供给大幅下降乃至中断的风险。

(3) 开展稀土产品储备研究, 择机增加紧缺稀土产品储备, 减少相关被替代稀土元素储备规模^[16]。追踪前沿技术, 适时提出产品规模增减及结构调整计划。密切关注全球发达国家和地区, 如美国、日本、西欧、加拿大和澳大利亚等国在稀土下游应用方面的新技术, 及时捕捉相关应用新品种, 根据潜在需求变化, 适时提出产品增减及调整计划。

（4）加强稀土资源综合利用，提高回收利用

技术研发。目前我国稀土综合利用水平仍有很大提升空间，需进一步加大稀土资源综合利用以及稀土元素二次回收技术研发攻关和产业化投入，加快开发铽、镝等稀缺重稀土的减量与替代技术，推进其他伴生金属在选矿和冶炼过程中的综合回收利用，鼓励研发稀土废旧物收集、处理、分离、提纯等方面的专用工艺、技术和设备，促进稀土二次资源的高效循环利用，避免稀土资源浪费，做好“开源节流”工作。

参考文献:

- [1] 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 H P, YANG W B. Current status and evaluation of rare earth resources in China[J]. Geotectonics and Mineralogy, 2022, 46(5): 829-841.
- [2] 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.
ZHENG G D, WANG K, CHEN Q S, et al. Changes in the pattern of the world rare earth industry and problems faced by China's rare earth industry[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2021, 42(2): 265-272.
- [3] U.S. Geological Survey. Mineral commodity summaries 2023 [R]. Reston, VA: U.S. Geological Survey, 2023.
- [4] 张鑫刚, 曾国平, 周晓亚. 缅甸稀土资源潜力及产业发展现状分析[J]. 中国矿业, 2023, 32(11): 12-19.
ZHANG X G, ZENG G P, ZHOU X Y. Study on rare earth resources potential and industrial development in Myanmar[J]. China Mining Magazine, 2023, 32(11): 12-19.
- [5] 王登红, 孙艳, 代鸿章, 等. 我国“三稀矿产”的资源特征及开发利用研究[J]. 中国工程科学, 2019, 21(1): 119-127.
WANG D H, SUN Y, DAI H Z, et al. Research on resource characteristics and development and utilization of “three rare minerals” in China[J]. Strategic Study of CAE, 2019, 21(1): 119-127.
- [6] 陈淑芳. 有色金属市场发展报告[R]. 北京: 北京安泰科信息开发有限公司, 2023.
CHEN S F. Nonferrous metals market development report[R]. Beijing: Beijing Antaike Information Development Co., Ltd, 2023.
- [7] 中华人民共和国海关总署. 海关统计数据查询平台[EB/OL]. (2023-08-10). <http://stats.customs.gov.cn/>
General Administration of Customs of the People's Republic of China. Customs statistics query platform[EB/OL]. (2023-08-10). <http://stats.customs.gov.cn/>
- [8] Mineral Resources Information[EB/OL]. (2023-08-10). <https://mric.iogmec.go.jp/search/?keyword=%E3%83%AC%E3%82%B4>

- A2%E3%82%A2%E3%83%BC%E3%82%B9&since=&until=&categories%5B%5D=material_flow
- [9] 中国稀土行业协会[EB/OL]. (2023-08-10). <https://www.ac-rei.org.cn/>
Association of China Rare Earth Industry[EB/OL]. (2023-08-10). <https://www.ac-rei.org.cn/>
- [10] 联合国商品贸易统计数据库[EB/OL]. (2023-08-10). <https://comtradeplus.un.org/>
UN Commodity Trade Statistics Database [EB/OL]. (2023-08-10). <https://comtradeplus.un.org/>
- [11] 唐政刚, 张达, 解志鹏, 等. 稀土材料的制备与高端应用[J]. 有色金属科学与工程, 2021, 12(4): 112-125.
TANG Z G, ZHANG D, XIE Z P, et al. Preparation and high-end applications of rare earth materials[J]. Nonferrous Metal Science and Engineering, 2021, 12(4): 112-125.
- [12] 周园园, 赵子明. 全球钴矿供应格局变化及未来需求分析[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(5): 222-228.
ZHOU Y Y, ZHAO Z M. Research on supply pattern changes and future demand of global cobalt ore[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(5): 222-228.
- [13] 柳群义. 稀土资源中长期供需格局报告[R]. 北京: 中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心, 2023.
LIU Q Y. Medium and long-term supply and demand patterns of rare earth resources[R]. Beijing: Global Mineral Resources Strategy Research Center, Chinese Academy of Geological Sciences, 2023.
- [14] 杨华. 稀土元素的配位化合物及应用概述[J]. 稀土, 2010, 31(3): 87-92.
YANG H. Overview of coordination compounds and applications of rare earth elements[J]. Rare Earths, 2010, 31(3): 87-92.
- [15] 王昕灵, 徐高鹏, 赵子明. 物资储备参与市场调节机制探析[J]. 粮油食品科技, 2025, 33(2): 6-13.
WANG X L, XU G P, ZHAO Z M. Research on the mechanism of material reserves' participation in market regulation[J]. Science and Technology of cereals, Oils and Foods, 2025, 33(2): 6-13.
- [16] 夏启繁, 杜德斌, 段德忠, 等. 中国稀土对外贸易格局演化及影响因素[J]. 地理学报, 2022, 77(4): 977-994.
XIA Q F, DU D B, DUAN D Z, et al. Evolution of China's rare earth foreign trade pattern and influencing factors[J]. Journal of Geography, 2022, 77(4): 977-994. 

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。