

揭开稀有战略金属的神秘面纱——稀土

在稀有战略金属家族中，稀土作为高科技、新能源产业和尖端国防工业不可或缺的战略金属。近年来，格陵兰岛控制权之争、美乌矿产协议的背后，都有稀土的影子。可以看到，稀土已经成为市场关注的焦点。

稀土资源“稀缺性”缘何而来

稀土是镧系和钪、钇共17种金属元素的总称，通常主要指的是除去钪和钇的其它15种稀土元素。根据原子电子层结构和物理化学性质的不同，该15种稀有元素又可划分为轻稀土（镧、铈、镨、钕）、中稀土（钐、铕、钆）和重稀土（铽、镱、铥、钬、铒、镱、镱、钆）。从资源丰度看，稀土并不稀少，轻稀土储量接近于铜、锌等；重稀土较为稀缺，但仍比黄金、铂金等贵金属丰富。只是由于诸多因素交互作用，导致稀土供应短缺。

资源端，全球稀土地域分布极不均衡，高度集中于中国、巴西、印度、澳大利亚、俄罗斯、美国等国家；同时，品种结构不均衡现象也十分突出，重稀土（如镨、铽）主要分布于中国南方和少数东南亚国家，其储量仅占稀土总量约5%。重稀土在电动汽车、风力涡轮机、机器人及其他先进技术上的无可替代性，使其战略价值尤为凸显。

表1: 全球稀土矿山产量及储量 (单位: 吨)

国别	产量		储量
	2023	2024	

美国	41600	45000	1900000
澳大利亚	16000	13000	5700000
巴西	140	20	21000000
缅甸	43000	31000	不明（NA）
加拿大	—	—	830000
中国	255000	270000	44000000
格陵兰岛	—	—	1500000
印度	2900	2900	6900000
马达加斯加	2100	2000	不明（NA）
马来西亚	310	130	不明（NA）
尼日利亚	7200	13000	不明（NA）
俄罗斯	2500	2500	3800000
南非	—	—	860000
坦桑尼亚	—	—	890000
泰国	3600	13000	4500
越南	300	300	3500000
其他	1440	1100	不明（NA）
总量（四舍五入）	376000	390000	90000000

来源：USGS，中国金属矿业经济研究院

产业端，由于提取难度大、分离工艺复杂，稀土成品的“稀缺性”凸显。稀土元素常与其他矿物共生，化学性质又相似，分离提纯需复杂工艺，技术门槛高且成本昂贵。稀土矿生产需大规模开采并分离，伴随大量尾矿和放射性物质处理难题，能耗和污染问题突出。美欧等发达国家出于环境压

力，对稀土开采严格限制，导致产品高度依赖进口。

应用端，随着新能源及高科技产业快速发展，稀土供需矛盾逐渐凸显。在新能源领域，稀土是电动汽车驱动电机、海上风电涡轮机高性能永磁体以及太阳能电池电极的核心材料；在高科技领域，稀土在智能手机等消费电子、5G通信基站、人形机器人上用量呈现激增态势；在航空航天领域，稀土用于制造航空发动机的高温合金部件、传感器等；在国防军工领域，稀土是导弹、雷达、卫星等尖端武器装备的关键材料。

中国稀土的“三位一体”优势

中国稀土在全球的主导地位，来自于“资源、技术、产业”的三位一体优势。

资源端，中国不仅储量丰富，而且具有矿种和元素齐全、品位高及矿点分布合理等优势。根据美国地质调查局(USGS)年数据，截至2024年底，中国稀土资源储量4400万吨，以48%全球占比居世界首位，其后依次为巴西、印度、澳大利亚、俄罗斯和越南。全球中重稀土（镝、铽、钕等）总储量约108万吨，中国储量约100万吨。全球90%以上的中重稀土储量集中在中国南方（江西、广东、云南等地），尤其是镝、铽等关键元素，中国的占比超95%。2025年初，中国地质调查局宣布在云南省红河地区发现一个超大规模离子吸附型稀土矿，潜在资源量达115万吨，其中镨、钆、镝、铽等核心稀土元素总量超过47万吨。

技术端，徐光宪院士创立的稀土串级萃取理论，彻底改

变了稀土分离工艺从研制到应用的试验放大模式，使高纯度稀土产品生产成本下降四分之三。中国串级萃取技术优势主要体现在：超高纯度分离可达99.9999%以上，可满足芯片制造等对稀土纯度要求极高的高端领域需求；高效资源利用，新型萃取沉淀剂使回收率可比国外高20%；环保性能优越，中国开发的绿色萃取分离技术突破了传统酸溶工艺带来的环境污染难题，使稀土冶炼废水回用率达到90%以上，废渣排放量减少70%；完整技术链条，中国拥有全球60%以上的稀土冶炼专利。

产业端，中国拥有全球最完备的从采矿、冶炼到永磁材料制造稀土产业链。通过规模化生产与流程优化，中国稀土分离成本仅为西方国家的1/3 - 1/2，控制着全球90%以上的稀土磁体加工产能。尤其是在重稀土分离领域，形成全球供应链优势。串级萃取法、离子交换等核心技术可从低品位矿石中高效提取17种稀土元素，使中国成为世界上唯一能够提供全部种类稀土元素的国家。美国USGS数据显示，中国2024年产量为27万吨，是美国产量的6倍，以69.2%全球占比居世界首位，美国70%的稀土化合物和金属进口量来自中国。

稀土供应主导权的斗转星移

稀土元素在二战期间首次展现出重要战略价值，美国在橡树岭国家实验室利用氟化铈作为“助熔剂”，通过电磁分离法大规模提纯用于原子弹，标志着稀土在尖端科技领域的首次关键应用，推动了早期稀土分离和提纯技术研究。1940-1980年代，在彩色电视革命、阿波罗计划需求推动下，

在埃姆斯实验室创建的溶剂萃取法技术支撑下，在Molycorp公司的商业应用和创新引领下，在加州芒廷帕斯（Mountain Pass）稀土矿的资源保障下，美国稀土产业迎来“高光时刻”。美国既是最大的生产者、技术领导者，也是核心消费市场，在全球稀土产业链中占据主导地位。但由于随后市场竞争日趋激烈，美国芒廷帕斯矿被关闭封存，其他生产企业也纷纷破产。美国唯一稀土开采及生产商Molycorp开始将稀土精矿运往海外加工分离，稀土供应链由此几乎完全依赖海外。

20世纪90年代，中国稀土产业凭借更低的开采成本、更先进的分离技术和规模化生产能力，逐步占据全球主导地位。2002年中国稀土出口量占全球90%以上。但这一时期的中国稀土产业陷入“卖资源、毁环境、丢技术”的困局，同时也酝酿出产业格局的重大变化。在资源、产业链和环保成本优势的加持下，吸引美、日、欧稀土企业纷纷加大在中国资本和技术投资，也强化了中国从开采到冶炼分离到合金生产的全产业链布局。中国企业在激烈的市场竞争中快速成长壮大并开启并购征程。比如，1995年中科三环和有色金属总公司收购加拿大上市公司Neo的子公司麦格昆磁（Magnequench）；2005年西部矿业收购美国稀土贮氢合金生产厂。2006年以后，中国开始加强稀土生产和出口管理，加大对滥挖滥采的监管力度，全球稀土市场发生了一系列重大变化。2011年开始，中国对稀土的管理日益完善。

可以看出，中国作为稀土原料主产国，为全球科技革命和产业变革起到巨大支撑作用。中国稀土产业经历了一场从

无序到有序的深彻变革。

全球稀土供应格局酝酿新变化

近年来的国际形势放大了稀土原料的紧缺状况，扭曲了全球供应格局。在“去风险化”鼓动下，全球稀土供应格局发生微妙变化。日本于2012年启动深海采矿和“都市矿山”计划无疾而终，最近开始尝试从废钢中提取稀土，回收率不足1%。欧盟启动“地平线2030”稀土回收计划，但技术依赖中国专利。印度提出包括废旧产品回收、技术自主研发、多元进口渠道建设等方案，但面临稀土含量极低、高污染高耗能、缺乏技术积淀等问题。美国稀土战略经历了奥巴马、拜登和特朗普三任总统，探索出的路径无非以下几种。

推动本土供应链建设。2017年美国招标运营商重启因环保及经营问题两度关停的芒廷帕斯矿，中国盛和资源子公司新加坡国贸与美国JHL资本集团、QVT财务集团联合创建的MP Materials以2050万美元中标，获取芒廷帕斯矿30年经营权。盛和资源拥有MP9.9%优先股以及稀土矿开采运营及独家分销权。2019年《国防授权法案》将稀土列为“关键矿产”，通过直接拨款（向MP提供1.05亿美元资助）和税收优惠，支持本土稀土项目。在美国加征125%出口关税后，MP从2025年4月起停止向中国销售稀土精矿。此外，美国还批准科罗苏姆金稀土矿复产，成为继芒廷帕斯后的第二座在产稀土矿。

国际合作与供应链多元化。2019年与澳大利亚签署协议共同开发稀土资源，澳大利亚Lynas公司在德克萨斯州建设轻稀土分离厂。资助Lynas在Seadrift建设重稀土工厂，计

划2026年运营。联合澳、日、爱沙尼亚等国构建“去中国化”稀土产业链，2024年从这些国家进口的稀土化合物占比达30%，部分替代了中国供应。建立独立稀土认证体系，扶持蒙古、越南等国建立中转枢纽构建“稀土走私生态系统”。特朗普政府第二任期，启动太平洋多金属结核开采计划；与沙特达成从勘探和开采到分离、精炼和永磁体全产业链合作计划；推动与格陵兰的合作，获取其重稀土资源。通过《关键矿产战略》扩大海外勘探，在非洲、加拿大、巴西布局稀土项目。

技术突破与产业链升级。在稀土分离技术创新上，迪萨技术公司开发的HPSA技术利用高压浆料冲蚀技术实现矿物高效分离，稀土回收率从29%提升至95%，成本降低42%；宾州大学开发的Lanmodulin蛋白分离可在常温下分离纯度达99.9999%。在永磁体生产方面，2025年美国稀土公司建成“创新实验室”成功试产稀土永磁体，目标2026年实现年产4800吨的设计产能。在全产业链布局方面，2025年1月MP宣布在德克萨斯州沃斯堡建立全美第一个集成稀土金属、合金和磁体制造的工厂，预计年产约1000吨钕铁硼磁体。公司控制的朗德托普矿（含重稀土镨、铽），计划2026年投产。

芒廷帕斯矿的重启、国防法案的推动、分离技术的突破以及供应链多元化，美国正试图通过技术创新和盟友协作逐步重塑稀土格局，其2024年精炼产量的激增（420%）和出口量翻倍（107%）已彰显这一趋势。

当然，对于中国来说，竞争加剧将进一步激发产业动能，

在稳固定价权、突破高性能钕铁硼等高端技术瓶颈待及绿色开采技术升级上不断取得新突破。

（郑宏军）