

离子型稀土信息简报

Ionic Rare Earth Information Bulletin

2021年 第10期 总第96期

本期要闻

- ◎ 国资委大力推进稀土、物流等领域专业化整合
- ◎ 21-25年稀土下游需求最大为永磁材料
- ◎ 新能源对稀土需求上涨45%
- ◎ 公开征求对《重点新材料首批次应用示范指导目录（2021年版）》
（征求意见稿）的意见

国家离子型稀土资源高效开发利用工程技术研究中心
江西离子型稀土工程技术研究有限公司

◆地址：江西省赣州市经济技术开发区黄金大道36号

◆电话：0797-8160602

◆E-mail: jxlzxt_2016@163.com

◆邮编：341000

◆传真：0797-8160033

◆网址：<http://www.jxlzxt.com/>

目 次

◇ 行业动态	1-23
◎ 国资委大力推进稀土、物流等领域专业化整合	
◎ 21-25 年稀土下游需求最大为永磁材料	
◎ 向稀土强国进军需解决三大问题	
◎ 新能源对稀土需求上涨 45%	
◎ 江西理工大学冶金工程、矿业工程、应用经济学和材料科学与工程 4 个学科进入 2021 软科中国最好学科排名榜	
◎ 日本大金工业计划使所有空调设备摆脱使用稀土	
◎ 格陵兰政府将停止 Kvanefjeld 矿的开发	
◎ 欧盟未必能减少对中国稀土的依赖	
◇ 科技前沿	24-28
◎ 上海光机所在探究 Al ³⁺ 对 Eu ²⁺ 和 Tb ³⁺ 掺杂高硅氧玻璃的光谱性能和能量传递方面取得进展	
◎ 湖北大学徐海兵、曾明华团队在异稀土配合物溶液高效上转换发光研究取得重要进展	
◇ 政策法规	29-31
◎ 公开征求对《重点新材料首批次应用示范指导目录（2021 年版）》（征求意见稿）的意见	
◇ 市场行情	32-36
◎ 2021 年 10 月稀土价格走势	
◇ 稀土知识	37-52
◎ 稀土不稀 重在创新应用	

国资委大力推进稀土、物流等领域专业化整合

中国官方不久前披露的将大力推进稀土领域专业化整合的消息，引起海外广泛关注。

10月20日，在国新办召开的新闻发布会上，国务院国有资产监督管理委员会秘书长、新闻发言人彭华岗表示，将通过无偿划转、有偿收购、股份制合作等方式，大力推进稀土、物流等领域专业化整合，通过资源优化配置切实增强企业竞争力，打造具有全球竞争力的世界一流企业。

消息一出，《环球时报》等国内媒体迅速以“央企重组加速，物流和稀土领域有望诞生‘新航母’”为题进行报道。而日媒《日经亚洲评论》近日则披露称，中国将重组三家稀土生产商，成立一家国有企业，占据国内稀土生产配额的近70%。报道称，此举旨在加速稀土资源和加工技术的开发，加强对行业的管理，以应对中美之间旷日持久的贸易紧张关系。

日媒之所以关注中国稀土，是因为担忧此举可能会影响到日本和美国的稀土供应。美国近来对确保稀土供应愈发重视。五角大楼高官19日表示，将与盟国协调稀土开采和加工，以确保这一战略资源供应的稳定。

稀土元素在地壳中分布广泛，但却不均匀。中国据估计有4400万吨的稀土储量，是稀土储量大国，也是全球稀土出口量最大的国家。其中，日本和美国是进口中国稀土资源最多的国家，约占中国稀土出口总量6成以上。

但日媒忽略的是，中国虽拥有稀土资源与市场两大优势地位，但一直没有取得相应的稀土定价权，造成国有资产的浪费。

此前，五矿稀土9月28日在投资者互动平台表示，公司接到中国五矿集团有限公司通知，中国铝业集团有限公司、中国五矿集团有限公司、赣州市人民政府等正在筹划相关稀土资产的战略重组。有关方案尚未最终确定，亦需获得相

关主管部门批准。

有分析认为，中国国有稀土资产若重组成功，将成为打赢稀土保卫战、维护国家利益的关键一步。

(来源：百度新闻)

21-25 年稀土下游需求最大为永磁材料

1 科技不可或缺的战略金属，全球稀土格局出现变化

稀土作为新兴产业发展不可或缺的战略金属材料，其全球格局正出现变化。从资源储量角度来看，全球稀土资源储量 CR5 高达 90%，国内呈现“北轻南重”格局；从稀土矿开采角度来看，中国产量配额虽持续增长，但据 USGS，其全球占比从 80%（2017）下滑至 58%（2020），全球轻稀土开采已进入多元供给格局；从冶炼端来看，海外公司开始竭力弥补冶炼产能缺乏的弱势，但目前全球稀土冶炼分离仍主要依靠中国，中国主导着中重稀土产品和稀土永磁体的生产。轻重稀土供应情况又有所分化，包钢集团累积的规模较大的尾矿库可保证轻稀土未来供应，而国内大量南方矿山由于环评关停叠加缅甸进口稀土矿呈收紧趋势，中重稀土供应上面临明显天花板上限。

稀土作为“工业维生素”，科技行业必不可少

稀土是指元素周期表中的 17 种镧系和其他相似的元素氧化物的总称。十七种稀土元素通常分为轻稀土和中重稀土，其中轻稀土包含镧、铈、镨、钕等；重稀土包含钐、铽、镝、钇等。自然界中共有 250 余种稀土矿，其中中重稀土矿由于价值高储量少，比轻稀土更宝贵。

稀土的终端应用范围广泛，据 Roskill，全球稀土下游需求从用途角度看占比最大的是永磁材料（2020 年占比近 29%）。永磁材料，又称“硬磁材料”，

是磁性材料的一种，指的是一经磁化即能保持恒定磁性的材料。而稀土永磁（由稀土合金组成的永磁材料），作为永磁材料的一种，当前已经发展形成具有实用价值的三代产品，分别是第一、第二代钕钴永磁体和第三代钕铁硼永磁体。

钕铁硼是迄今为止综合素质最优的第三代稀土永磁体，其中，中低端钕铁硼多用于箱包扣、门扣、玩具、磁选等领域；高能钕铁硼由于性能优异，被广泛应用于汽车、风电、智能制造等众多新兴产业中。

从2018年数据来看，我国高性能钕铁硼需求主要集中在汽车领域，其中传统汽车占比38%，新能源车占比接近12%，风电、消费电子、变频空调、节能电器领域，占比均在8%-10%区间。未来，我们认为在碳中和的长期背景下，节能改造需求将带动稀土永磁电机在新能源汽车、风电、工业等领域渗透率逐步提升，从而拉动轻稀土中镨钕，中重稀土中镝铽的需求。

全球轻稀土开采进入多元供给格局，冶炼分离产能仍主要在中国

全球稀土资源储量集中，CR5高达90%；国内呈现“北轻南重”格局。全球方面，据20年USGS统计数据，全球稀土资源总量为1.2亿吨，其中中国4400万吨，占比达到37%；越南和巴西探明储量分别为2200、2100万吨，合计占比35.8%；俄罗斯探明储量1200万吨，占比10%；印度探明储量690万吨，占比约6%，资源储量分布较为集中，全球前五国家储量占比接近90%。但其中，中重稀土主要分布在中国和缅甸。国内方面，稀土储量分布亦高度集中，呈现“北轻南重”格局。其中北方轻稀土矿以包头白云鄂博、四川冕宁、山东微山的氟碳铈矿为主；南方重稀土矿以江西、广东等地区的离子型矿为主。

全球轻稀土进入多元供应格局。从USGS公布的历史数据看，18年前，全球主要依赖中国供应稀土矿，中国稀土矿供应总量占比常年维持高位。18年起，海外开始强化对自有矿山稀土资源的开采，稀土产量贡献占比逐渐提高。据USGS，2020年中国配额产量占全球总供应量的58%，较2017年80%的占比

显著下降。但因中重稀土资源主要集中在中国和缅甸，因此实际全球只有轻稀土进入多元供应格局，中重稀土仍主要由中国和缅甸产出。

海外公司竭力弥补冶炼产能缺乏的弱势，但目前全球稀土冶炼分离仍主要依靠中国。据 Lynas 公告，公司在马来西亚的冶炼厂获得继续经营的许可，避免了因环评不合格而关停的厄运，是目前海外唯一具有稀土冶炼产能的供应商；美国加州 Mountain Pass 矿由 MP Materials 持有，是中国以外最大的稀土矿山，目前主要通过盛和资源包销到国内，自身冶炼产能仍处关停中；美国能源燃料公司公告，公司已计划将独居石加工为混合碳酸稀土，运往欧洲高性能材料公司进行稀土冶炼分离，或实现 20 多年来首次将美国独居石矿用作原料，在中国境外分离产出氧化物，但其冶炼产能规划较小，短期影响或有限。整体来看，目前海外冶炼产能仍严重缺乏，据 USGS，中国在世界稀土冶炼分离市场中仍占据主导地位（19 年产量占比近 90%，冶炼分离技术和成本均处世界领先地位），拥有从稀土采选到功能产品制造的完整产业链，并主导着中重稀土产品和下游稀土永磁体的生产。

轻稀土未来供应有包钢集团（未上市）的尾矿库保障，中重稀土供应受限严重。包钢集团每年从其主东矿采选矿石约 1000 万吨左右，经过磁选浮选过程得到三类产品：铁精矿、稀土矿浆和稀土尾矿。尽管尾矿中稀土品位达 7% 左右，但由于工艺等原因，回收利用成为难题，集团于 1965 年建成尾坝矿，经多年累积，已成为规模较大的“尾矿库”。包钢股份 21 年 7 月在投资者互动平台表示，公司拥有的尾矿库稀土储量折合氧化物 1280 万吨，够全球使用近百年，可保证轻稀土未来供应；而中重稀土方面，国内大量矿山由于环评尚未复产（赣州稀土自 16 年以来处关停状态），缅甸进口稀土矿呈收紧趋势，我们预计未来 3-5 年内中重稀土矿供给天花板约 10000 吨左右（折氧化物），供应上面临明显天花板上限。

2 政策驱动行情时代结束，基本面驱动时代来临

我们依据历史库存、产品价格、市场供需将稀土行业发展划分为三个时代：

1) 政策驱动时代 (09-16)：无新增需求出现，供给端处于无序状态，稀土行情仅靠短期政策催化驱动，属于脉冲性行情，持续时间短暂；

2) 过渡时期 (16-18)：随着打黑、环保、收储等政策共同发力，黑稀土逐渐消失，白稀土开始实施配额制管理，供给开始由无序转为有序。我们认为在16-18年，伴随累库趋势变缓，稀土价格触底回升，政策驱动稀土行情的时代结束；

3) 基本面驱动时代 (18-至今)：18年后风电和新能源汽车的快速发展带动稀土新增需求出现，供需格局不断优化，库存持续去化，我们认为这标志着行业或已恢复健康，进入基本面驱动时代。

政策驱动时代：收储等政策创造了 09-16 年稀土价格的大幅上涨和漫长熊市

2009-16年期间稀土行情的核心驱动因素均在于稀土产业政策的短期收紧（收储、环保和打黑等）对供应端产生影响，市场在投机氛围下推升稀土价格，缺乏真正意义上下游需求拉动的景气上升周期。此类政策驱动对供应端产生影响的稀土行情呈现脉冲式价格上涨，且短期涨幅剧烈，但期间因为仍存在库存和黑稀土未被有效遏制，总是形成脉冲性行情，持续性较差，往往稀土价格在几个月内冲顶后便回落至稳态区间。

2009-12年收储催化稀土行情，稀土产品价格大幅上涨过后的庞大社会库存持续伤害稀土产业。2007-09年期间，世界金融危机导致稀土价格持续下跌，走私严重；为减小我国稀土资源流失的风险，国家推出了更严格的出口数量管理、开采和生产总量控制政策。在2009年酝酿的收储预期更是引起了全球市场对稀土紧缺的恐慌。氧化镨钕从2009.7.17到2011.7.12的历史高点共上涨了

1737%，氧化镝上涨 2299%，稀土价格的大幅上涨扰乱了出口秩序，引发了更严重的非法开采和走私，也抑制了下游企业需求；受限于大幅提高的原料成本，部分重要的稀土应用领域转而寻找替代产品，一定程度上阻碍了稀土功能材料及其应用产业的发展，市场囤积大量库存；稀土产品价格大幅上涨之后随即大幅下挫，随后稀土行业进入漫长的熊市。

2012-16 年供给端结构性改革，逐步解决历史遗留库存问题。1) 环保普查常态化，稀土产品建立追溯体系，打黑手段不断更新强化，黑稀土得到有效遏制；2) 稀土行业完成整合，矿山和冶炼收归六大集团，国家配额限产并逐步淘汰落后产能；3) 收储方式由商储转为国储，采取“少量多次”方略，加速库存去化；4) 开发新材料研发和产业化专项项目等，扩展下游需求，特别是新能源汽车的快速发展形成了显著新增需求。这些政策在淘汰落后产能、打击违法违规行为、优化产业结构、提升下游应用水平和绿色生产水平等方面取得了积极进展，历史遗留库存不断被消耗。

过渡时期：黑稀土淡出历史舞台，需求持续提升，累库趋势迎来拐点

16-18 年累库趋势放缓，稀土产品价格基本触底，行业拐点显现。16 年作为十三五开局之年，国家对环保要求更为严格（赣州稀土矿因此停采），且依然对稀土进行较为严格的开采和生产总量控制；而国内经济 2017 年转向高质量发展阶段，战略性新兴产业的发展对稀土产品提出更大需求，最终导致稀土供需出现错配，累库趋势变缓，稀土价格触底回升，标志着行业拐点显现，政策驱动稀土行情的时代或已结束。

基本面驱动时代：新增需求出现，供需格局进一步优化，行业或已恢复健康

18 年后新能源汽车和风电的快速发展带动稀土新增需求出现，供需格局持续优化。进入 2018 年，国家对新能源汽车补贴和充电设施等政策持续调整和推

进，新能源汽车市场快速发展并逐步走向成熟，18年中国新能源汽车年产量首次突破了100万辆大关。同年，我国风电发展也进入全面加速期，据新华网，海上风电当年新增装机容量161万千瓦，累计达到363万千瓦。在新能源汽车和风电快速发展下，据《“新中国70年”稀土产业回顾与展望》（2019），2018年稀土氧化物的市场需求达到18万吨，但国内开采配额只有12万吨，供需差距达6万吨，虽然同期海外部分矿山开始贡献轻稀土，但供需也刚刚平衡。同时19年受缅甸封关影响，稀土产品价格出现小幅上涨，中重稀土的供给开始显著收紧，库存持续去化，这标志着行业或已恢复健康，进入基本面驱动时代。

3 21-25年轻稀土或维持紧平衡，中重稀土或面临持续紧缺

展望后市，虽然包钢集团的尾矿库可保证未来轻稀土的供应，但氧化镨钕的每年实际产出仍受限于国内冶炼配额指标，在海外增量有限情况下，考虑到国家在匹配稀土下游需求的同时力求保持稀土产业可持续发展的良性态势，我们给出国内配额复合增速保持在20%的假设，测算预计21-25年轻稀土镨钕或处供应偏紧格局，而中重稀土镱铽或持续供不应求：

1) 我们测算21-25年氧化镨钕需求增速CAGR约12.3%。预计2021-2023年轻稀土镨钕需求量为7.3/8.0/8.9万吨，供需缺口分别为-0.52/0.02/0.33万吨，供需维持偏紧格局；考虑到包钢积累的大量轻稀土尾矿库，未来镨钕供给潜力相对充足；

2) 我们测算21-25年氧化镱的需求增速CAGR为19.9%，预计2021-2023年需求量分别为0.15/0.17/0.21万吨，供需缺口分别为-2/-64/-241吨；21-25年氧化铽的需求增速CAGR平均为14.3%，预计2021-2023年需求量分别为556/624/710吨，供需缺口分别为-117/-114/-145吨，中重稀土镱铽趋于供不应求，且缺口不断扩大。考虑到镱铽的供应问题因环保等原因短期难以改善，且高端需求占比或增加，供不应求格局或长期存在，但技术进步可能导致高性能钕铁硼

里中重稀土用料单耗继续下降，供给不足问题届时或相对改善。

供给：国内配额限制，海外增量有限，供应偏紧格局持续

海外虽开始加速弥补稀土供给不足的弱势，但短期增量有限。目前海外轻稀土矿供给集中度非常高，澳洲 Lynas、美国 MP Materials 贡献主要产能，除此之外，海外其它新建稀土矿山项目则均尚处早期，短期供给增量非常有限：1) 据 MP Materials 公告，美国 Mountain Pass 在 2018 年复产且产量快速爬坡，现已基本达到满产，后续带来的增量有限，其在美国本土虽具有冶炼产能，但是处于停产状态，短期难以恢复；2) 据 Lynas 公告，Lynas 马来西亚工厂已于 2020 年 5 月 4 日重启，设计年产能为 2.5 万吨 REO，是海外唯一的稀土冶炼分离产能，当前产能利用率实际已居高位；

国内环保政策常态化，缅甸疫情下供给扰动加大，中重稀土供应增量有限。受环保法规的影响，江西省内中重稀土矿自 2016 年以来就一直处于关停状态。为了满足下游需求，我国开始从缅甸进口中重稀土矿。中国 2018 年从缅甸进口稀土氧化物约为 2.6 万吨，与中国中重稀土开采配额相当。此后，从缅甸进口稀土矿持续减少，2019 年缅甸多次封关导致进口量减半，2020 年疫情、传统雨季、滥开滥采导致高品质的优质资源锐减等因素导致缅甸混合碳酸稀土进口量再减，缅甸稀土供应增量有限。

因此整体来看，在海外增量有限、环保和打黑政策常态化格局下，稀土（尤其是中重稀土）供应弹性进一步被削弱，在国家政策严格控制国内稀土供给的背景下，六大集团掌控的稀土开采冶炼配额或将成为未来 3-5 年影响全球稀土供应的主要可变量。

需求：21-25 年全球磁材需求 CAGR 预计达 12.9%，或持续拉动稀土需求

在碳中和+电驱化+智能化的趋势下，新能源汽车、汽车 EPS、节能家电、风电等领域的快速发展将持续拉动磁材——钕铁硼的需求，我们预计到 2025

年，新能源汽车对高性能钕铁硼的需求占比将达到 39.8%；直驱永磁风机渗透率提升也有望撬动钕铁硼需求加速释放，2025 年需求占比达到 12.4%，而节能电梯、3C 消费电子产品、传统汽车对高端钕铁硼需求占比变化相对平稳。值得注意的是，我们认为在重卡和工程机械电驱化的背景下，工业永磁电机渗透提升或贡献较大潜在新增需求。

新能源汽车 2025 年高性能钕铁硼需求占比达 39.8%，或为最重要的增量

2025 年全球新能源汽车销量有望达到 2090 万辆，21-25 年 CAGR 高达 38.3%。2021 年以来，新能源行业进入快速发展期，根据国务院发布的《新能源汽车产业规划 2021-2035》，到 2025 年我国新能源车销量渗透率要达到 20%。而碳中和已逐渐成为海内外大国未来强有力约束，全球新能源汽车高景气周期将持续。据此，我们认为新能源汽车销量有望在 2021-2025 年维持快速增长，测算行业销量有望在 2025 年全球有望达到 2090 万辆。

21-25 年新能源汽车对高性能钕铁硼需求增速 CAGR 高达 44%。据 Adamas Intelligence 数据，2019 年全球销售的乘用车电动车中约 97% 搭载了永磁电机。鉴于永磁同步电机能量转换效率较高、且能耗较低，在同等功率下永磁同步电机的体积更小，预计未来或有更多电动车型使用永磁同步电机，叠加未来电动车的功率需求提升，新能源汽车的永磁驱动电机或为未来高能钕铁硼最重要的增量。据正海磁材公告和 StanfordMagnets，2020 年纯电动车（EV）单车钕铁硼毛坯消耗量约为 4.5kg，混合动力车（PHEV）单车用量约 2.3kg，我们预计 21-23 年新能源汽车领域氧化镨钕需求量分别 0.64/0.95/1.36 万吨，氧化铈需求量为 339/476/648 吨，氧化钕需求量为 150/200/257 吨。

“碳中和”驱动下，风机+节能电梯有望拉动需求加速释放

21-25 年全球风电领域对高性能钕铁硼需求增速 CAGR 达 11.1%。风力发电相对于太阳能，开发成本较低；相对于水电，储量较大、建设周期较短且对环

境影响较小；相对于核能，建设成本较低，因此风电是全球降低碳排放的重要途径。2020 年全球新增风电装机同比增长 53%，但现有的增长速度仍难以满足在 2050 年实现全球净零排放的需要，风电的快速发展仍将是全球达成降低碳排放目标的重要支撑之一。风力发电中的直驱式交流永磁同步电机具有体积小、重量轻、效率高等优点，其渗透率不断提高将带动钕铁硼永磁体需求加速释放，我们预计 25 年全球直驱永磁风机需要高性能钕铁硼 3.2 万吨。

21-25 年全球节能电梯领域对高性能钕铁硼需求增速 CAGR 达 10.8%。据中国电梯协会，驱动系统采用钕铁硼永磁同步曳引机的节能电梯比普通异步电机节能传动效率提高 20%，同时降低 40%的损耗。据国家统计局，2020 年我国电梯、自动扶梯及升降机产量为 128.2 万台，累计同比增长 7.8%。伴随 1) 房地产、轨道交通的建设将支撑我国电梯业持续高速发展；2) 存量市场更新替换需求将快速增长；3) 老房加装电梯带来的需求正呈现加速增长趋势；4) 中国节能减排政策推进，节能电梯优势愈加明显。因此我们预计节能电梯将保持高增长，从而带动高性能钕铁硼需求释放。按照单台电梯的曳引机需 6kg 高性能钕铁硼进行测算，我们预计 25 年全球节能电梯领域需要高性能钕铁硼 0.9 万吨。

全球工业化加速，机器人装机量提升带动磁材需求稳步增长

21-25 年全球机器人领域对高性能钕铁硼需求增速 CAGR 达 11.5%。2019 年全球工业机器人的销量保持在 较高水平，全球出货量为 37.3 万台。伴随 2020 年 COVID-19 加速全球工业体系升级和工业自动化和智能制造升级，国际机器人联合会预测，工业机器人的装机数量还将以 10%左右的增速稳定增长，我们预计 2025 年全球机器人领域消耗钕铁硼永磁体毛坯量约为 1.5 万吨，21-25 年 CAGR 达 11.5%

EPS+钕铁硼永磁微电机渗透率不断提升，给予磁材需求有效支撑

汽车领域 EPS+微电机当前仍为钕铁硼永磁最主要的需求领域之一，预计

21-25 年全球汽车 EPS+微电机对高性能钕铁硼需求增速 CAGR 达 10.1%。据华泰汽车中期策略《不惧扰动，行业复苏趋势未改》（2021.05），尽管短期由于全球芯片供应短缺，汽车产销量受到压制，但短期扰动不改复苏周期。自 3Q21 起芯片供应短缺问题有望环比得到改善，对汽车产销量的环比提升起到支撑作用。伴随：1) 钕铁硼永磁在晶界渗透等技术提升下与铁氧体产品的价差逐步收窄；2) 智能驾驶化程度提升对各控制电机的灵敏性、准确性等性能均提出较高要求，电子助力转向系统（EPS）渗透率提升+汽车微电机逐步向钕铁硼永磁体材料过渡，将进一步促进高性能钕铁硼永磁材料的需求。我们测算 2025 年全球在汽车 EPS 和 微电机领域的高性能钕铁硼用量将分别达到 1.60/1.76 万吨。

节能电器加速渗透，消费电子对磁材需求或重回增长

家电需求的改善及能耗标准的提升促进变频空调用量大幅增长，21-25 年全球变频空调领域对高性能钕铁硼需求增速 CAGR 达 13%。在新的能效标准体系下，变频+高能效家用电器已成趋势。据产业信息网，假设 21-25 年全球变频空调产量 CAGR 维持在 13%，我们预计到 2025 年，全球变频空调对磁材的消耗量将达到 1.9 万吨。

智能穿戴市场方兴未艾，带动全球消费电子领域高性能钕铁硼需求复苏（21-25CAGR = 4%）。根据 IDC 预测，全球 TWS 耳机出货量有望从 2020 年的 1.98 亿部增长至 2025 年的 3.9 亿部（CAGR: 14.6%）。另据 TrendForce 和 IDC 预测，Mackbook 和 iPhone 出货量增长带动的高性能振动马达和 Magsafe 无线充电线圈消费也有望带动钕铁硼需求。

重卡+工程机械电驱化，工业永磁电机渗透或为重要潜在新增需求

重卡+工程机械呈现电驱化趋势，预计 2025 年带动全球高性能钕铁硼的需求分别为 1.1/0.1 万吨。随着《推动公共领域车辆电动化行动计划》政策的逐步

推进，环保趋势愈发严格，工程机械和重卡车量往更加环保的电动化发展已是大势所趋。且据华泰汽车中期策略《不惧扰动，行业复苏趋势未改》（2021.05），得益于：1）物流运输行业的快速发展；2）重卡相关的法律法规严格执行，比如治超限载；3）国三及以下排放标准的重卡逐渐淘汰，2016年以来重卡行业进入上行周期。我们认为永磁电机在重卡和工程机械领域的渗透或成为重要潜在新增需求。

全球工业永磁电机的渗透应用有望带动钕铁硼 25 年需求占比达 10%。2019 年工业电机市场销售收入总计超过 257 亿美元。且据 IEA，70%以上的工业生产以及 53%以上的家庭生活都会使用某种类型的电机，电机市场每年的电力消耗量估计为 10,700TWh，耗电量占据所有应用 53%的份额，因此提高工业电机效率，促进工业绿色低碳发展势在必行。

综上，我们认为未来随着新能源汽车、风电、变频空调、机器人等产业的快速发展，预计 21-25 年全球钕铁硼磁体需求增速 CAGR 或达 12.9%，其中新能源汽车 25 年高性能钕铁硼需求占比达 39.8%，或为最重要的增量；重卡、工程机械电驱化与工业永磁电机的渗透应用或进一步扩大钕铁硼磁体的应用场景，对相关稀土元素的需求提供有力支撑。在海外增量有限，国内配额复合增速 20%的假设下，预计 21-25 年镨、钕或维持供应偏紧格局，中重稀土镝、铽或面临持续供不应求，相关稀土产品价格或趋于乐观。

（来源：百度新闻）



向稀土强国进军需解决三大问题

稀土作为我国新兴产业关键支撑材料之一，预计今后产业贡献率将以几何级

增长。尽管如此，稀土业还需在应用领域加强技术创新，突破国外专利壁垒，提升装备自动化水平，全方位推动我国由稀土大国迈向稀土强国。

目前，世界正面临人工智能、大数据、生物技术、新能源技术重大突破的深刻变革，这给我国稀土业带来的压力越来越大。我国现有的稀土科技创新研究力量呈现碎片化、多重复状态，且分散在各地，研发目标不够清晰、项目设置不够精准。况且，我国稀土企业正处于从量的增长到质的根本提高这一历史节点上。

我国由稀土大国转为稀土强国，前提是要把稀土产业上升到国家战略层面进行顶层设计、做精做强。这就需要有一个强有力的国家级系统性稀土研究机构，整合全国科研力量，组建一至两个稀土综合研究机构，并对稀土 17 种元素分别进行深度研究。笔者认为，我国向稀土强国进军，迫切需要解决以下三大问题：

一是加强顶层规划设计，推进重点、关键领域突破。我国稀土应用一定要走高端化，把稀土产业做精做强，高效率转化资源，不断提高附加值，让稀土“更稀”。在具体操作上，可将以广东、福建、江西、四川、山东等地为辐射基地，利用当地较先进的设备和较厚实的稀土产业基础，如在包头、赣州建立“国家稀土功能材料创新中心”，全方位构建我国稀土科技创新平台，解决科技与产业衔接不紧密问题。

二是提升制造业企业的地位和盈利水平。利润不足影响了稀土企业的科技投入和研发，不利于稀土企业向高端制造业的升级。而且，大量具有创新能力的稀土中小企业融资成本高，一个重要原因是贷款成本较高。所以，需要继续深化金融体系和资本市场改革，更深层次地脱虚向实，向稀土企业适当倾斜。

三是加快稀土战略资源储备立法，明确储备稀土的品种、数量、时间、方式、责任机构等。加强国家对战略性稀土资源的勘探、开发力度和政策性指导；增加稀土资源的调查和勘查费用，保证稀土资源勘查工作的顺利进行。同时，还要盘点资源，摸清家底。应对国内的稀土资源进行重新勘探，得出最新科学数据

和相关资料，高效综合利用。

自国务院办公厅 2010 年发布《关于促进稀土行业持续健康发展的若干意见》以来，关于稀土的政策红利频频出台，不断兑现产量/出口控制、行业准入条件、环保标准、企业/国家收储以及鼓励龙头企业兼并重组等五大预期。这个《意见》第一次确认了我国持续推进稀土产业整合的国家意志，符合稀土发展的中、远期规划，同时，也为我国由稀土大国迈向稀土强国指明了方向。

从国家近期的动作来看，我国已经意识到稀土供应终究会变得多元化，我国稀土即将不“稀”的事实。而我国发展前景广阔的国内市场，也在毫不动摇地贯彻中央关于制造业高水平、高质量发展这一重大方针，全力到稀土行业全球供应链中最关键的地方投资，使其成为我国向稀土强国进军的重要保障。

（来源：铁合金在线）



新能源对稀土需求上涨 45%

市场还是以新能源为主，不管在基本面上还是技术面上都指向了这个方向。在政策文件上，最近频频出现。

10月24日中共中央、国务院下发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，作为碳达峰碳中和“1+N”政策体系中的纲领性文件，“意见”为碳达峰碳中和重大工作进行了系统谋划与总体部署。

其中四次提到了储能，7次提到了光伏。我国清洁能源 25 年要达到占比 20%，30 年达到 25%，60 年达到 80%。这个行业未来的发展前途无限，现在也是最好的时候。

国务院：到 2025 年，新型储能装机容量达到 3000 万千瓦以上。到 2030 年

风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上。到 2030 年，当年新增新能源、清洁能源动力的交通工具比例达到 40% 左右。

01 中国电建基本面分析

中国电建 10 月 26 日在互动平台表示，电建集团下属山东电建与华为一起签署全球最大储能项目。

最近新闻联播上也播放了一些抽水储能的项目，可以说这是储能的大头。虽然电池储能的增长快，但是抽水储能的增长也是不错，只不过就是基数大了。这是储能最好的项目，特别环保节能好操作。

02 新能源依然是主线

随着新能源车的爆发，加上稀土供给配额和竞争格局的重塑。稀土产品的价格在今年持续的上行，有突破历史新高的趋势。稀土龙头北方稀土，在销售量、产品价格上占尽优势，而且市占率在不断提升。

新能源车，风电需求增长，导致需求不断的增长。2020 年的疫情，导致很多矿出现停产。同时《稀土管理条例》意见稿出台，进一步收缩了稀土的供给。出现了供需缺口，而且这个缺口越来越大！

现在我们来看看《稀土管理条例》到底说了些啥？第一就是切实维护国家利益和产业安全的需要，第二依法规范稀土生产经营秩序，第三是完善稀土管理体制，后期稀土的生产量受到严格控制。

第三条这样的限产限量不让私人或者企业交易，之前产量后期会大大缩减比例。未来的高科技新能源电子产品用量会爆发增长，在限量开采用量爆发，同时供给稳定情况下，稀土企业价值直接翻几倍甚至几十倍。最大谁最受益者是中国储量最大的世界最大的稀土企业。

本轮稀土涨价持续时长明显超过以往，同时涨幅基本也仅次于 2010-2011

年。本轮稀土涨价的性质与前几轮存在显著区别——核心驱动力主要在需求。某种意义上而言，当前存在着一个关于稀土的核心认知差：过往市场认为稀土行业周期波动性强、可预测性差，但如今稀土供需格局正在悄然重塑，行业景气度有望在中长期持续提升。

那么现在可以得出的结论是：现在的供需关系改变跟以前不一样，现在是需求端爆发，供给端配额。形成了一个比较稳定的供需缺口，而且是在扩大的。这样的供需关系改变，会导致估值的重塑，形成了股价的上涨。

比如《稀土管理条例》刚出来的时候，稀土迎来一大波的上涨，时间在今年的1-2月份。当《稀土管理条例》准备正式发布，上半年新能源车销量出来之后，稀土相关个股又再一次出现大涨。21年1月13日，中国汽车工业协会发布的数据显示：产销分别完成136.6万辆和136.7万辆，同比分别增长7.5%和10.9%，产销量创历史新高。

据统计，1000万辆新能源汽车将带动至少5万吨稀土矿开发需求，相当于当前北方稀土的年产量，而我国每年的稀土冶炼分离配额也就10万吨。去年的销量是137万辆，需要稀土矿0.69万吨，占北方稀土产能的14%，占稀土全部产能的7%。接下来我们来看看各年新能源车的销量和稀土销量，看他们之间的比例是不是有巨大的提升？

前两年在新能源车上稀土需求占整个销量的比例，一直稳定在6.7%。突然今年随着供给配额和需求增长，这个比例一下子跑到了9%左右。一年之间增长了45%，这是暴涨的趋势啊。在新能源车上这样的增量，势必会影响原来的需求。导致整体出现供不应求的现象出现，也导致了稀土价格在今年上半年就突破了长时间的底部横盘！

得出这样的结论：

1) 新能源车在 2021 年的预测数据已经很明显，并在 2020 年底发布了，预测销量大概在 200 万辆；

2) 今年一月份出台的《稀土管理条例》，明确了供给配额，导致供给端的产量缓慢增长（大致在 5%-10%）；

3) 可计算出，新能源车需要的稀土量是 1 万吨，占 2021 年总产能的 9% 以上。去年的占比只有 6.8%，相当于这一个行业给稀土带来了 40% 以上的增长。再加上其他行业，今年的增长可能会到 50%；

4) 这样高速增长，加上后期的基本面预期很不错，自然稀土行业受到资金的大量关注。

（来源：百度新闻）



江西理工大学冶金工程、矿业工程、应用经济学和材料科学与工程 4 个学科进入 2021 软科中国最好学科排名榜

10 月 25 日，高等教育评价专业机构软科正式发布“2021 软科中国最好学科排名”。我校冶金工程、应用经济学、矿业工程和材料科学与工程 4 个学科上榜。其中，冶金工程进入全国前 30%（位列全国第 7），矿业工程进入前 40%（位列全国第 11），应用经济学进入全国前 30%（位列全国第 61），材料科学与工程进入前 40%（位列全国第 90）。冶金工程、应用经济学和矿业工程在之前的软科排名中均曾位居全国前 30%；矿业工程在 2019 软科世界一流学科排名中，跻身全球前 100 名。



SHANGHAI RANKING 软科

首页 排名 ▾ 院校 关于我们

江西理工大学
Jiangxi University of Science and Technology

收藏 分享至: ☆ 微信 微博

地方公办 理工

软科中国最好学科排名

所有学科 选择学科门类 全部 ▾

学科代码	学科名称	排名层次	学科排名
0806	冶金工程	前30%	7
0819	矿业工程	前40%	11
0202	应用经济学	前30%	61
0805	材料科学与工程	前40%	90

据悉，我校材料科学与工程学科今年首次在软科全国学科排名上榜，“材料科学”在今年ESI学科排名中进入全球前1%，标志我校材料科学与工程学科水平取得快速发展。近年来，材料科学与工程学科以省“十三五”一流学科建设为发展契机，坚持服务国家战略需求和江西经济社会发展，聚焦稀土领域世界一流学科建设目标，立足稀土、钨、铜、锂等区域特色资源，在先进稀金功能材料、有色金属功能与结构材料、先进能源与动力电池材料、生物材料增材制造与装备等领域形成独特优势，牵头组建了稀土领域唯一的国家级制造业创新中心-稀土功能材料创新中心，组建了中乌新材料研究院等多个高水平平台，产生一批基础研究和应用基础研究的重大原创性成果，多项重大技术成果实现落地转化，产生重大经济社会效益，为江西万亿级有色金属产业发展作出了突出贡献。

(来源：江西理工大学)



日本大金工业计划使所有空调设备摆脱使用稀土

据悉，日本大金工业公司计划到2025年度前使所有空调设备的稀土使用量降到基本为零。除了预计电动汽车（EV）等的需求增加将导致稀土价格上涨之外，大金此举还意在避免出现对稳定采购的担忧。

大金在空调机的电机上采用钕等稀土。虽然有提高耐热性等优点，但通过调整施工方法改用其他材料，在维持性能的同时开发尽量不使用稀土的电机已有了眉目。今后将依次在新产品上采用。

为实现去碳化社会，预计电动汽车和风力发电的稀土需求将快速增长。大金希望抑制采购成本上升对收益造成的影响。

(来源：共同社)



格陵兰政府将停止 Kvanefjeld 矿的开发

格陵兰的矿产资源部长表示，该国新政府正准备立法，禁止铀矿开采，并停止 Kvanefjeld 矿的开发。Kvanefjeld 矿是世界上最大的稀土矿藏之一。Kvanefjeld 由澳大利亚矿业公司格陵兰矿业所有，位于南部城镇纳萨克附近，含有大量稀土金属和放射性铀，当地居民担心如果开采这些铀，可能会破坏岛上脆弱的环境。

在反对开发 Kvanefjeld 后，(现任的)格陵兰政府于今年 4 月上台执政。格陵兰政府表示，将禁止勘探铀浓度高于百万分之百的矿床。世界核能协会认为，百万分之百的铀浓度非常低。

矿产资源部长 Naaja Nathanielsen 在首都 Nuuk 接受路透采访时表示：“我们所知道的是，Narsaq 及其周边地区的背景辐射相当高，这意味着该项目将与即将出台的铀开采零容忍政策发生冲突。”

Kvanefjeld 去年获得了初步批准，在上届政府领导下有望获得最终批准。

矿业公司一直在争取格陵兰岛稀土矿藏的开采权。美国地质调查局(US Geological Survey)表示，格陵兰岛拥有全球最大的未开发稀土矿藏。从电动汽车电池到导弹，稀土的用途无所不有。

这个项目的公开听证会于本周结束。

中国合作伙伴盛和资源(Shenghe Resources)持有约 10%股份的格陵兰矿业(Greenland Minerals)参加了今年 2 月的社区会议,但没有参加 8 月和 9 月的会议,理由是会议的政治性质。

首席执行官约翰·梅尔(John Mair)的公司已经花费了超过 1 亿美元(1.37 亿美元)准备这个项目,他在周五告诉路透社,他相信他的公司仍然拥有“根据格陵兰法律寻求该项目开发许可的有效权利”。

当地居民担心,针对格陵兰岛的潜在诉讼将损害其在新兴矿业领域吸引投资的能力,他们认为矿业是发展本国经济的关键。

梅尔表示,现在考虑采取法律行动还为时过早,“但作为一家上市公司,如果找不到切实可行的解决方案,我们必须保护股东利益”。

Nathanielsen 表示政府在 2013 年与该公司签订的合同中加入了一项条款,该条款称政府“无权获得勘探许可证,可以出于政治原因拒绝”。她表示:“我们不能保证不被起诉,但我们相信,在可能的诉讼中,我们的处境相当不错。”Nathanielsen 还表示,新法案还将包括禁止勘探钍等其他放射性矿物的选项,该法案将在联合政府伙伴纳拉克党(Naleraq party)的支持下,于今年秋季在北半球获得通过

(来源:产业前沿)

欧盟未必能减少对稀土的依赖

10 月初,欧盟机构公布了一项总额达 17 亿欧元(约合人民币 126.8 亿元)的稀土产业投资计划,呼吁欧盟各成员国政府和制造商通过补贴及销售配额等方式支持稀土开采和加工,从而减少欧盟对中国稀土出口的依赖。

10 月初,欧盟机构公布了一项总额达 17 亿欧元(约合人民币 126.8 亿元)

的稀土产业投资计划,呼吁欧盟各成员国政府和制造商通过补贴及销售配额等方式支持稀土开采和加工,从而减少欧盟对中国稀土出口的依赖。

欧洲原材料联盟(ERMA)称,这项投资计划包含14个项目,涉及采矿到稀土永磁材料生产等多个领域。该机构建议欧盟每年投资2亿欧元(约合人民币14.9亿元)以提高欧盟的稀土永磁材料产量,希望到2030年欧盟的稀土永磁产量能达到区内需求的五分之一。

此外,为帮助欧盟企业提高稀土永磁产量,欧洲原材料联盟还提出设立“过桥基金”的建议,呼吁欧盟每年提供1.5亿-2亿欧元的资金帮助项目融资。此外,该机构拟计划向企业提供税收减免。

尽管这些计划现在都还没有落地,但欧洲原材料联盟已经对其前景作出非常乐观的预估,称确定的14项拟投资项目,将可能使欧盟稀土永磁产量在2030年从目前的500吨提高到7000吨。也就是说,欧盟希望在这种大规模的投资和扶持下,在9年后让自产稀土供应达到欧盟需求的25%。

欧洲原材料联盟是欧盟委员会去年出资设立的机构,于2020年11月正式开始运作。公开资料显示,欧洲原材料联盟的主要任务是确保欧盟的原材料供应,并增加欧盟关键供应链的弹性。该机构在设立之初就强调,将会设法加强欧盟的稀土供应链。

欧盟这一投资计划显然是为了减少对外国,尤其是中国稀土产品的依赖。欧盟内部市场专员蒂埃里·布雷顿(Thierry Breton)称,欧盟委员会对关键供应链和技术的审查结果表明,欧盟在稀土永磁材料方面高度依赖中国等国家的出口。因此欧洲原材料联盟认为,要想在稀土永磁材料这样的新兴领域与中国竞争,欧盟必须加大投资力度以获得优势。该机构的管理部门EIT原材料组织首席执行官伯恩德·谢弗(Bernd Schaefer)称,欧盟必须迅速采取行动,否则将会与中国的差距越来越大,并且全球需求也在不断增加。事实表明,供应链中断是一个重

大风险，这将对整个欧洲工业造成影响。他同时也声称，投资稀土永磁材料也是欧盟新能源方针的一部分，欧盟已经承诺到 2050 年实现碳中和，促进能源转型需要大量原材料，欧洲需要确保供应的稳定性。

3 月，欧盟主席冯德莱恩在纪念欧盟工业日的视频会议发言中表示，为推动技术发展，欧盟必须摆脱对进口稀有金属的过度依赖，并主要提到在稀土供应中占据主导地位的中国。她称，绿色和数字技术对一些稀缺原材料较为依赖。欧盟所需要的稀土有 98% 来自中国，这是不可持续的。她还提到，2020 年成立的欧洲原材料联盟就是为了减轻欧盟对进口稀土的依赖，并在成员国之间流通关键材料而成立的。4 月，为了减少对进口稀土的依赖，欧盟制定了一项提高其内部稀土产量的行动计划。行动计划将新采矿和加工方法的研发、新采矿项目的可持续融资以及回收利用机会列为减少对中国稀土依赖的措施之一。8 月，欧盟再度表示，考虑扶持稀土永磁行业以降低对中国的依赖，考虑的提议包括低成本融资和对原材料成本上升的补偿。

对于上述欧盟出台的稀土产业投资计划，需要从两方面来看。一方面，欧盟需求的稀土产品中，有 98% 都来自中国。短期内难以改变现状，只能依靠时间去重新恢复产业，欧盟想要实现到 2030 年其稀土永磁产量达到区内需求五分之一的目标未必能够如愿以偿。显然这一目标有些过于乐观，因为欧盟成员国不一定会步调一致，部分成员国间可能会存在分歧。此外，我国稀土开采和加工技术不会停滞不前，欧盟不太可能在若干年内缩短与我国的差距。9 月下旬，两大矿业央企和江西赣州市人民政府宣布筹划相关稀土资产的战略性重组。这意味着我国未来对稀土的制造和加工技术将得到更大国家层面的支持，持续改进升级可期。

另一方面，我国需要密切关注欧盟是否会有后续行动，是否会和除中国以外的其他稀土资源丰富的国家开展相关合作。这方面已有先例，其一，今年 6 月，欧盟与加拿大签署原材料协议，以确保关键矿物的供应链，减少对中国的依赖。

双方称，必须确保关键矿物和金属的供应链安全，这些矿物和金属对电动汽车电池等产品至关重要。其二，7月，欧盟委员会和乌克兰签署了关键原材料和电池材料供应谅解备忘录。

中国是稀土储量大国，也是全球稀土出口量最大的国家，据估计有4400万吨的稀土储量。根据美国地质调查局的数据，2020年全球稀土储量约为1.2亿吨，这意味着中国的稀土储量占到了全球稀土储量的三成以上。我国作为全球最大的稀土出口地区，在全球高科技产品的产业链中均离不开我国的稀土供应。近年来，我国正在逐步收紧稀土管理政策，西方国家对稀土供应的担忧日益加剧。

（来源：中国有色网）

上海光机所在探究 Al^{3+} 对 Eu^{2+} 和 Tb^{3+} 掺杂高硅氧玻璃的光谱性能和能量传递方面取得进展

近日,中国科学院上海光学精密机械研究所高功率激光单元技术实验室探究了 Al^{3+} 对 Eu^{2+} 和 Tb^{3+} 掺杂高硅氧玻璃的光谱性能和能量传递的影响,相关研究成果正式发表于《国际陶瓷》(Ceramic International)。

Al^{3+} 一直被认为是稀土离子的分散剂,然而 Al^{3+} 对稀土离子的影响可能不仅是有分散效应,由于稀土离子的发光大都是 f-f 跃迁,而内层的 f 电子对近邻环境的变化不敏感,其它一些效应体现不出来,而 d-f 跃迁的 d 电子容易受到基质材料的影响。研究 Al^{3+} 对 d-f 跃迁的荧光的影响,一方面可以放大大了解 Al^{3+} 的作用,包括它对稀土离子周围场强以及能量传递的影响;另一方面,高硅氧玻璃中可以实现 $\text{Eu}^{2+} \rightarrow \text{Tb}^{3+}$ 的能量传递,使得 Tb^{3+} 的激发峰红移由远紫外至近紫外附近,有潜力成为绿色发光荧光粉。

研究团队用纳米多孔玻璃和烧结法制备了 $\text{Eu}^{2+}/\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Eu}^{2+}/\text{Tb}^{3+}$ 共掺以及 $\text{Eu}^{2+}/\text{Tb}^{3+}/\text{Al}^{3+}$ 三掺的高硅氧玻璃,光谱结果表明 Al^{3+} 的加入使得 Eu^{2+} 掺杂玻璃的发光强度增强接近 400 倍; Eu^{2+} 和 Tb^{3+} 共掺的高硅氧玻璃中存在着明显的 $\text{Eu}^{2+} \rightarrow \text{Tb}^{3+}$ 的能量传递,能量传递效率可达 66.9%,但 Al^{3+} 的加入使传递效率不断下降,最终可下降到 7.2%。这些现象的出现被解释为 Al^{3+} 不仅能分散 Eu^{2+} ,还改变了其周围的场强和对称性,提高其荧光强度;同时,该分散作用破坏了 $\text{Eu}^{2+} \rightarrow \text{Tb}^{3+}$ 能量传递现象所依赖的高硅氧玻璃中的强偶极-偶极相互作用,抑制了 Eu^{2+}

→ Tb^{3+} 的能量传递。这反映了微量的 Al^{3+} 可极大地修饰 d-f 跃迁发光的 Eu^{2+} 离子近邻环境，改变其发光特性，从而可以得到高效的近紫外激发 wLED 的蓝色荧光粉和绿色荧光粉。

相关研究得到了国家自然科学基金的支持。

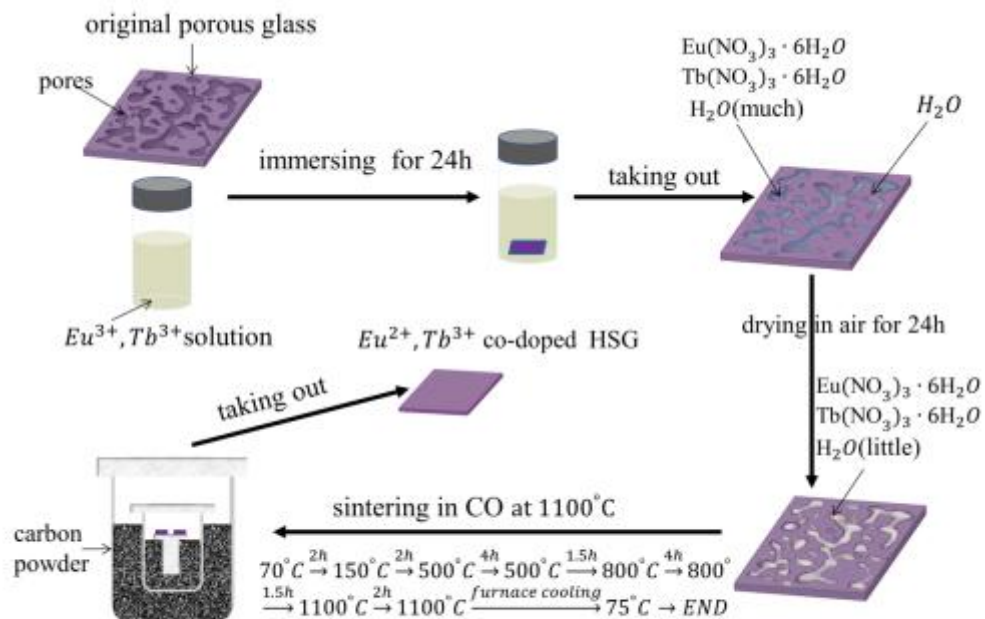
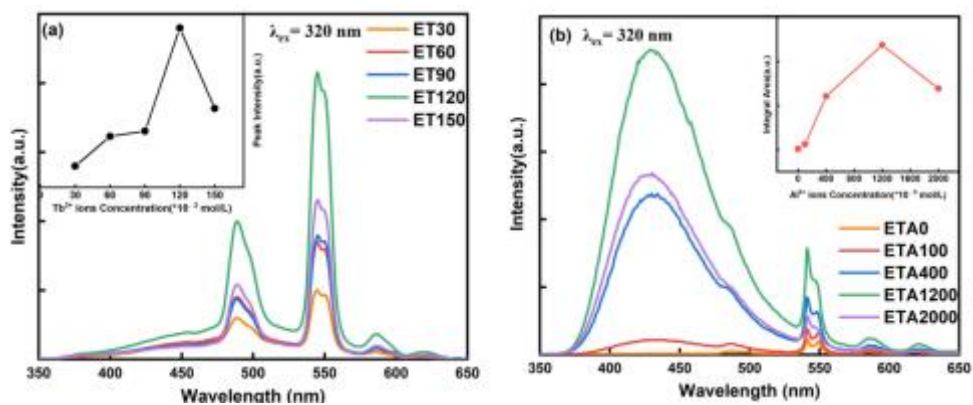


图 1 制备流程图



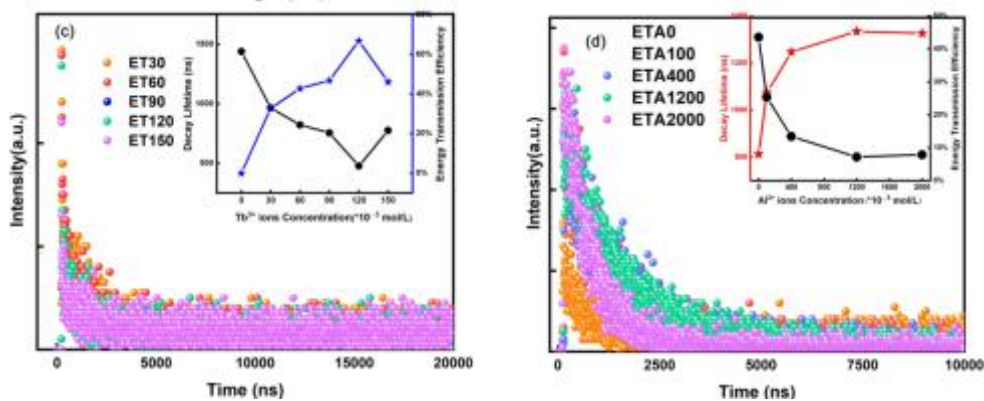


图 2 (a)Eu²⁺/Tb³⁺共掺高硅氧玻璃在 320nm 下的发射光谱；(b) Eu²⁺/Tb³⁺/Al³⁺三掺高硅氧玻璃在 320nm 下的发射光谱；(c)Eu²⁺/Tb³⁺共掺高硅氧玻璃在 452nm 下的荧光衰减寿命；(d) Eu²⁺/Tb³⁺/Al³⁺三掺高硅氧玻璃在 452nm 下的荧光衰减寿命

(来源：中科院上海光学精密机械研究所)

湖北大学徐海兵、曾明华团队在异稀土配合物溶液高效上转换发光研究取得重要进展

定向设计上转换发光(UCL)稀土配合物分子基材料，将可能克服稀土纳米粒子表面淬灭效应，并有助于在应用环节实现可控制备，进而有助于应用在未来深度生物成像乃至精准诊疗方面。而其中，如何获得溶解性良好并兼有高发光量子产率(Φ_{UC})的离散型异稀土低核簇合物，是该类研究的前沿阵地之一。

高效稀土 UCL 体系的实现关键取决于敏化剂(S)与激活剂(A)之间的能量传递效率(η)。因此不仅要匹配 S 和 A 的能级，还需控制二者的距离、配比以及饱和稀土离子的配位数，同时还要精细调谐激发光子跃迁途径以及激发光子在 UC 与 DL 之间的竞争，显然是基于构效与能量传递精准关联的一种综合性挑战。由于直接与 LnIII 配位的有机配体以及与之接触的溶剂分子的高能 XH (X = C, N, O)

振动极易淬灭 LnIII 激发态能量，同时稀土的吸收截面(σ_{abs})低，导致获得实用于溶液体系的 UCL 稀土配合物研究进展尤为缓慢。自 2011 年首次报道以来，即使在氘化溶剂、低温、高 P（定义）等严苛条件下，已知的十几例稀土配合物 Φ UC 仍不超过 0.1%。

日前，湖北大学化学化工学院徐海兵教授和曾明华教授通过能级匹配的不同稀土光敏剂(S)和激活剂(A)砌块，利用桥联配体的多重配位模式拉近二者距离、调节二者配比，进而通过氟离子降低非辐射跃迁并调控激发光子在上转换(UC)与下转换(DL)过程的竞争，在低功率密度($P = 2 \text{ W/cm}^2$)下，将离散型稀土配合物在室温非氘化溶液中的 Φ UC 较文献纪录值提高了 20 倍。相关研究成果以“Discrete Heteropolynuclear Yb/Er Assemblies: Switching on Molecular Upconversion under Mild Conditions”为题，于北京时间 2021 年 8 月 12 日发表在国际化学顶级期刊之一 Angew. Chem. Int. Ed.上

在本研究中，团队设计并利用三齿 H₂mq 配体的(μ -2,3-phenoxo)多重配位模式组装能级匹配的异稀土砌块，控制二者距离在 3.7 Å 内，进而调节二者比例，提升 S→A 的 η ，进而通过多个能级匹配的 S 增强 A 在近红外区的 σ_{abs} 。进一步引入氟离子限制 LnIII 周围的低能非辐射能量消耗，首次在 $P = 0.288 \text{ W/cm}^2$ 低激发下，于室温有机溶剂中观察到 1 ([Yb₂Er]⁺)在有机溶剂中的 UCL 信号。在 $P = 2 \text{ W/cm}^2$ ，氟离子协助下，其室温甲苯中的 Φ UC 达到了最高创纪录的 2.29% (Red-PM) / 2.78% (NIR-PMT)。

综上所述，通过能级匹配的不同稀土砌块利用桥联配体的多重配位模式组装，可获得结构明确、S和A距离及摩尔比可调的异稀土配合物。综合优化条件调节线性衰减与上转换之间的竞争，为设计条件温和、常规溶液、低功率激发的高效 Φ UC 稀土配合物分子 UCL 材料提供了新思路。

湖北大学化学化工学院硕士生王杰和蒋悦为本文并列第一作者。

(来源：湖北大学)

公开征求对《重点新材料首批次应用示范指导目录（2021年版）》（征求意见稿）的意见

10月29日，工信部原材料工业司发布“公开征求对《重点新材料首批次应用示范指导目录（2021年版）》（征求意见稿）的意见”的通知，具体如下：

按照首批次应用保险补偿机制试点工作安排，我们组织修订形成了《重点新材料首批次应用示范指导目录（2021年版）》（征求意见稿），现公开征求社会各界意见。如有意见或建议，请填写《重点新材料首批次应用示范指导目录（2021年版）》征求意见表，于11月9日前反馈工业和信息化部原材料工业司。

其中，在稀土相关领域，稀土功能材料系列12项位列其中。

序号	材料名称	性能要求	应用领域
1	AB型稀土储氢合金	<p>(1) AB₅型稀土储氢合金：用于固态储氢装置，常温下可逆容量>1.5 wt%，循环1400周次，容量保持率大于80%；</p> <p>(2) A₂B₇型储氢合金：用于镍氢电池，储氢初始容量>390mAh/g（室温0.2C充/放1~5周），循环300次容量保持率为92%以上（室温1C充/放，120%过充，100%DOD），温区宽度-40~80℃（极限温度容量保持率大于50%）；用于固态储氢装置，最大储氢容量>1.8wt%，循环100周后储氢容量保持率为99%。</p>	节能与新能源汽车、节能环保
2	高性能钕铁硼永磁体	<p>(1) 48EH档产品：Br≥13.6kGs，H_{cj}≥30kOe；</p> <p>(2) 50UH档产品：Br≥13.9kGs，H_{cj}≥25kOe；</p> <p>(3) 54SH档产品：Br≥14.3kGs，H_{cj}≥20kOe。</p>	节能与新能源汽车、高档数控机床及机器、节能环保
3	钕铁硼热压磁体	<p>(1) 高性能热压磁体：1.Br≥14kGs，H_{cj}≥14kOe，(BH)_{max}≥50MGOe；2.耐蚀性能：130℃，2.6atm，240h（HAST条件）磁体失重<1mg/cm²；</p>	节能与新能源汽车、高档数控机床

政策法规

		(2) 热压辐向磁环: $Br \geq 13kGs$, $H_{cj} \geq 15kOe$, $(BH)_{max} \geq 45MGOe$ 。	及机器人
4	高性能各向异性粘结磁体	(1) 粘结磁粉: $Br \geq 12.5kGs$, $(BH)_{max} (MGOe) + H_{cj} (kOe) \geq 52$; (2) 粘结磁体: $Br \geq 8.8kGs$, $(BH)_{max} (MGOe) + H_{cj} (kOe) > 30$ 。	高档数控机床及机器人
5	高性能钕钴永磁体	$Br > 11.5kGs$, $H_{cj} > 25kOe$, $(BH)_{max} > 31MGOe$ 。	航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶
6	新型铈磁体	铈含量占稀土总量 $> 20\%$, $(BH)_{max} (MGOe) + H_{cj} (kOe) > 57$; 铈含量占稀土总量 $> 30\%$ 时, $(BH)_{max} (MGOe) + H_{cj} (kOe) > 52$; 铈含量占稀土总量 $> 50\%$ 时, $(BH)_{max} (MGOe) + H_{cj} (kOe) > 37$	节能与新能源汽车、农机装备、节能环保
7	汽车尾气催化剂及相关材料	(1) 稀土储氧材料: 经 $1050^{\circ}C$, $10\%H_2O$ 水热老化 6 小时后, 比表面积不低于 $30m^2/g$, 储氧量 $> 300\mu molO_2/g$; (2) SCR 催化剂: 新鲜状态, $200^{\circ}C$ 下 NOx 转化率大于 90% , $650^{\circ}C/10\%H_2O/$ 空气中 100 小时老化后, $220 \sim 520^{\circ}C$ 范围内 NOx 平均转化率大于 90% ; (3) DOC 催化剂: 新鲜状态, $400^{\circ}C$ 以下 NO 最大转化率大于 50% , $650^{\circ}C/10\%H_2O/$ 空气中 100 小时老化后, $400^{\circ}C$ 以下 NO 平均转化率大于 40% ; (4) 堇青石蜂窝载体: TWC 载体壁厚 $2.5 \sim 4.0mil$, 热膨胀系数 $\leq 0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$; DOC、SCR 载体壁厚 $3.0 \sim 5.5mil$, 热膨胀系数 $\leq 0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$; DPF、GPF 壁厚 $7 \sim 12mil$, 孔隙率 $45 \sim 65\%$, 热膨胀系数 $\leq 0.8 \times 10^{-6}/^{\circ}C$; 汽油车、柴油机及天然气发动机排气净化催化剂: 涂覆偏差不大于 $\pm 5\%$, 性能指标达到国 VI 标准。	节能环保
8	稀土化合物	(1) 高纯稀土化合物: 绝对纯度 $> 99.995\%$, 相对纯度 $> 99.999\%$; (2) 超高纯稀土氧化物: 稀土绝对纯度 $> 99.9995\%$, $CaO < 2ppm$, $Fe_2O_3 < 1ppm$, $SiO_2 < 2ppm$; (3) 超高纯稀土卤化物: 绝对纯度 $\geq 99.99\%$, 水、氧含量 $< 50ppm$; (4) 超细粉体稀土氧化物: 相对纯度 $> 99.99\%$, 粒径 $D_{50} = 30 \sim 100nm$, 分散度 $(D_{90} - D_{10}) / (2D_{50}) = 0.5 \sim$	新一代信息技术产业、节能与新能源汽车、节能环保

政策法规

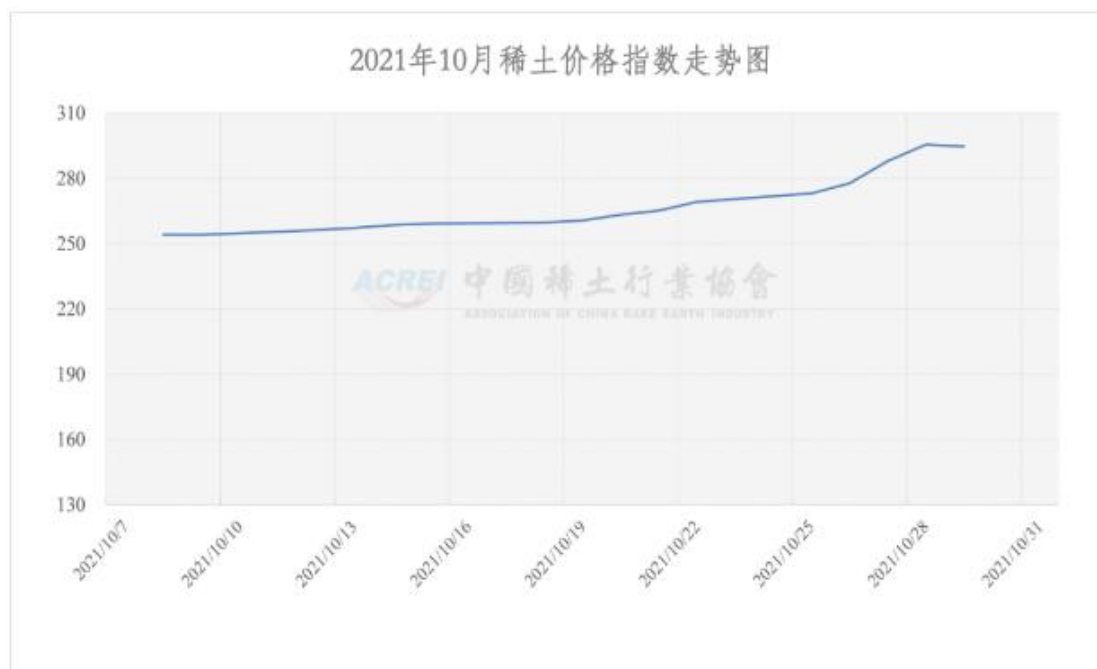
		1。	
9	高性能稀土发光材料	(1) 高端显示新型发光材料: 显示色域 $\geq 95\%$ NTSC; (2) 高显色、超高光效照明用发光材料: LED 器件的显色指数 (Ra) > 90 , 光效 $> 180\text{lm/W}$	新一代信息技术产业
10	超高纯稀土金属材料及制品	(1) 超高纯稀土金属材料: 以 60 种以上主要杂质计算, 绝对纯度 $> 99.99\%$, 气体杂质总量 $< 100\text{ppm}$; (2) 超高纯稀土金属靶材: 最大方向尺寸 $\geq 300\text{mm}$; 绝对纯度 $> 99.95\%$, 晶粒平均尺寸 $< 200\mu\text{m}$ 。	新一代信息技术产业
11	稀土抛光材料	高档稀土抛光液, 粉体 CeO_2 含量 $\geq 99.9\%$, 晶粒尺寸 $\leq 30\text{nm}$, 形貌接近球形, 抛光液粒度 $D_{50}=50\sim 300\text{nm}$, $D_{\text{max}}< 500\text{nm}$, 有害杂质离子浓度 $< 40\text{ppm}$, 硅晶片抛光速度 $\geq 100\text{nm/min}$, 表面粗糙度 $Ra\leq 1\text{nm}$, 高性能玻璃基片抛光速度 $\geq 25\text{nm/min}$, 表面粗糙度 $Ra\leq 0.5\text{nm}$ 。	新一代信息技术产业
12	铝钪合金靶材	Sc 原子含量 $5\sim 15\text{at}\%$, 纯度 $\geq 99.95\%$, O 杂质含量 $\leq 500\text{ppm}$, Sc 原子质量波动 $\leq \pm 10\%$, 合金相平均尺寸 $\leq 100\mu\text{m}$, 靶材与背板焊合率 $\geq 95\%$; Sc 原子含量 $15\sim 43\text{at}\%$, 纯度 $\geq 99.9\%$, O 杂质含量 $\leq 800\text{ppm}$, Sc 原子质量波动 $\leq \pm 5\%$, 合金相平均尺寸 $\leq 100\mu\text{m}$, 靶材与背板焊合率 $\geq 95\%$ 。	新一代信息技术产业

(来源: 我的钢铁网)

2021年10月稀土价格走势

一、稀土价格指数

10月份，稀土价格指数整体呈现缓慢上升趋势，月末指数略有下降。本月平均价格指数为267.2点。价格指数最低为10月8日的254.1点，最高为10月28日的295.5点。高低点相差41.4点，波动幅度为15.5%。



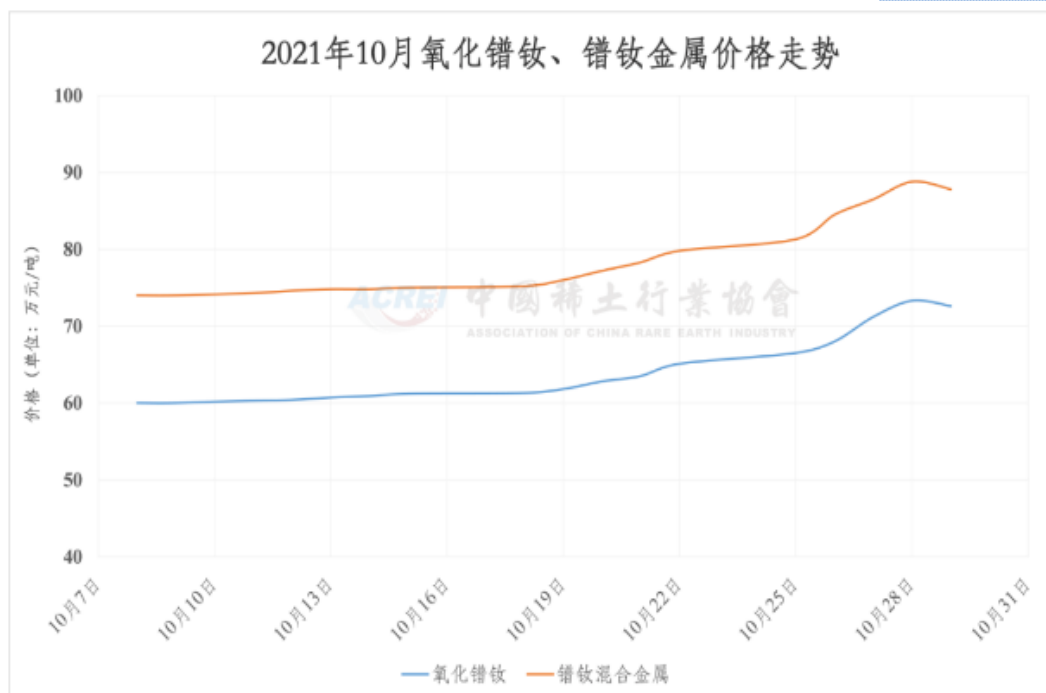
二、中钇富铈矿

中钇富铈矿10月份均价为27.71万元/吨，环比上涨3.77%。

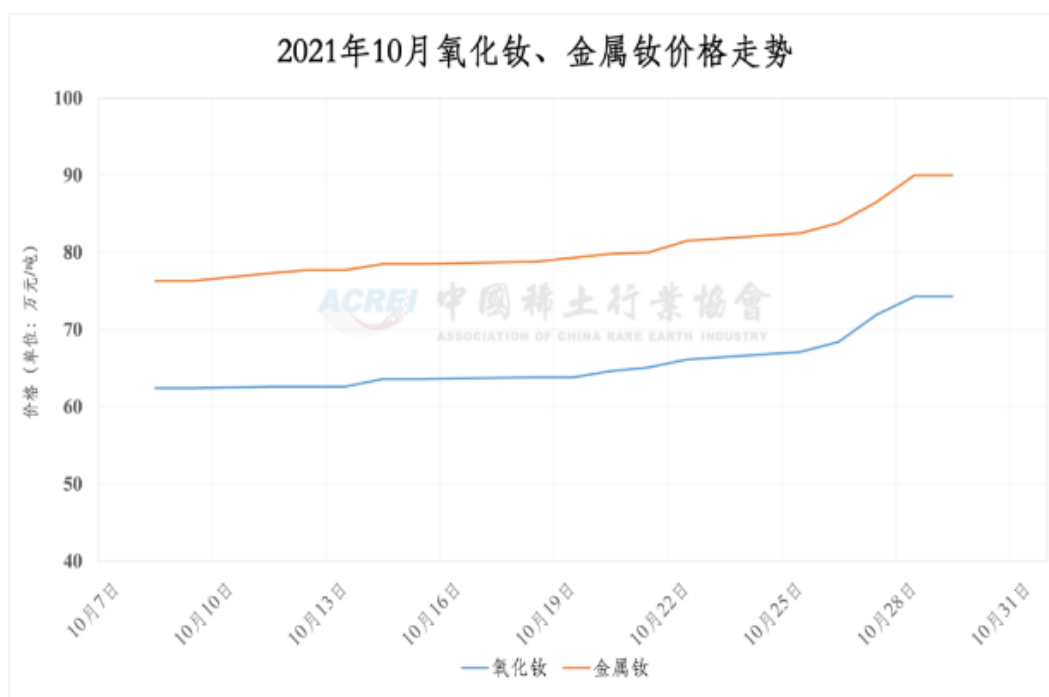
三、主要稀土产品

(一) 轻稀土

10月份，氧化镨钕均价为64.09万元/吨，环比上涨7.04%；金属镨钕均价为78.64万元/吨，环比，上涨6.04%。



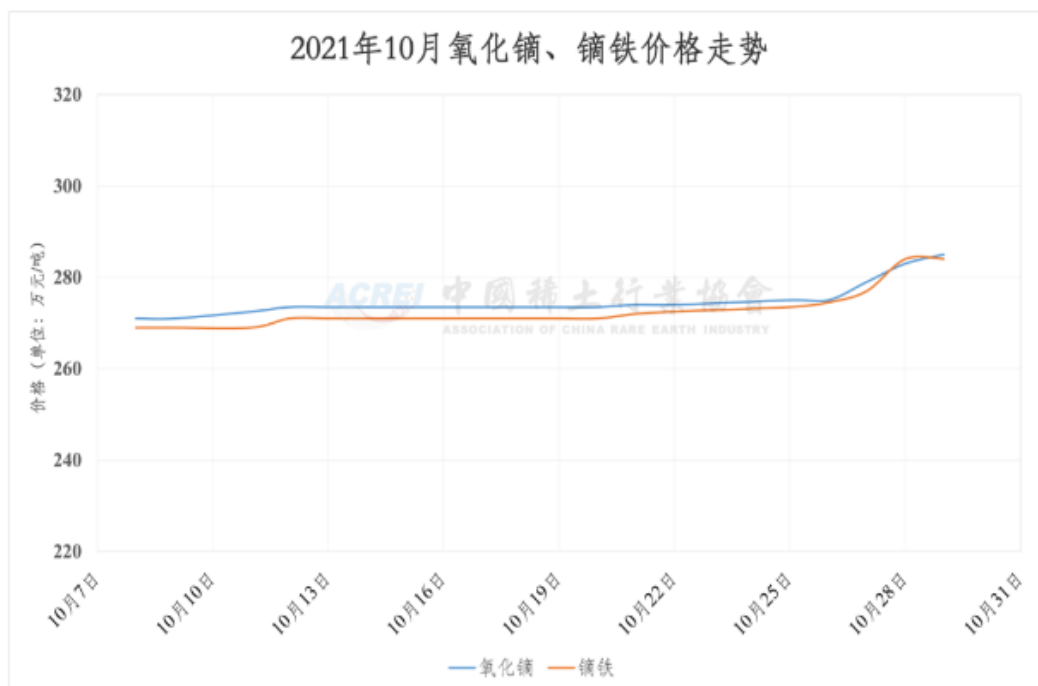
10月份，氧化钕均价为 65.84 万元/吨，环比上涨 6.03%；金属钕均价为 80.85 万元/吨，环比上涨 5.97%。



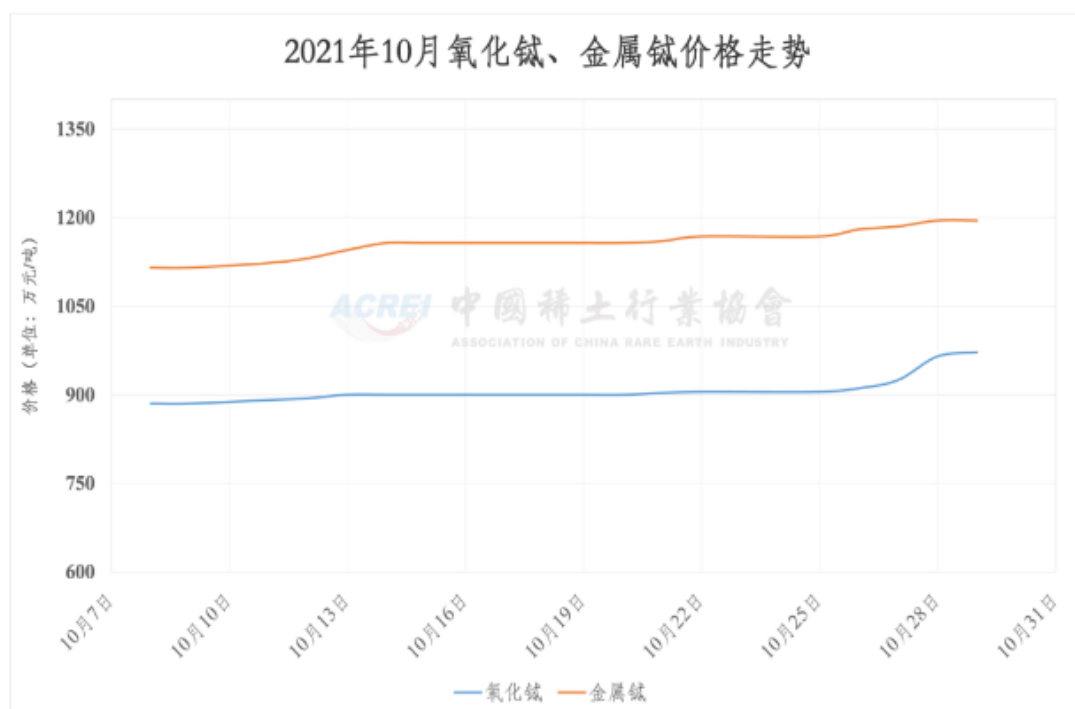
10月份，氧化镨均价为 67.87 万元/吨，环比上涨 6.04%。99.9%氧化镧均价为在 1.00 万元/吨，环比与上月持平。99.99%氧化铈均价为 19.80 万元/吨，环比与上月持平。

(二) 重稀土

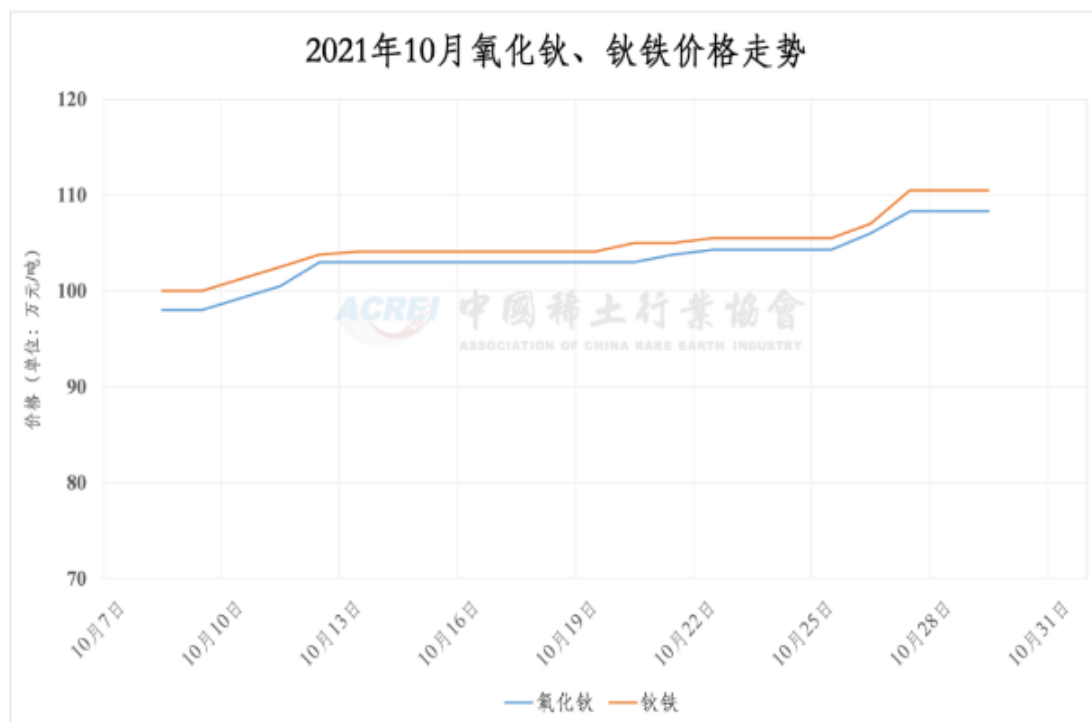
10月份,氧化镝均价为274.94万元/吨,环比上涨4.71%;镝铁均价为273.03万元/吨,环比上涨4.74%。



10月份,99.99%氧化铽均价为908.29万元/吨,环比上涨10.37%。金属铽均价为1156.77万元/吨,环比上涨11.57%。



10月份,氧化钽均价为103.58万元/吨,环比上涨11.56%;钽铁均价为105.08万元/吨,环比上涨10.39%。



10月份,99.99%氧化钪均价为4.68万元/吨,环比上涨11.48%。氧化铪均价为27.14万元/吨,环比上涨33.04%。

表1: 2021年10月我国主要稀土氧化物平均价格对比 (单位: 公斤)

产品名	纯度	9月平均价	10月平均价	环比
氧化镧	≥99%	10.00	10.00	0.00%
氧化铈	≥99%	10.00	10.00	0.00%
氧化镨	≥99%	640.00	678.65	6.04%
氧化钆	≥99%	620.89	658.35	6.03%
金属钆	≥99%	763.00	808.53	5.97%
氧化钇	≥99.9%	13.00	13.00	0.00%
氧化铈	≥99.99%	198.00	198.00	0.00%
氧化钐	≥99%	253.37	285.88	12.83%
钐铁	≥99%Gd 75% ±2%	254.47	282.12	10.87%
氧化铽	≥99.9%	8229.21	9082.94	10.37%
氧化铈	≥99%	2625.79	11567.65	340.54%
铈铁	≥99%Dy80%	2606.84	2730.29	4.74%
氧化钽	≥99.5%	928.42	1035.76	11.56%

市场行情

钬铁	$\geq 99\% \text{Ho}80\%$	951.84	1050.76	10.39%
氧化铟	$\geq 99\%$	204.00	271.41	33.04%
氧化镱	$\geq 99.99\%$	102.00	102.00	0.00%
氧化镱	$\geq 99.9\%$	5050.00	5050.00	0.00%
氧化钇	$\geq 99.999\%$	42.00	46.82	11.48%
氧化镨钕	$\geq 99\% \text{Nd}_2\text{O}_3 75\%$	598.79	640.94	7.04%
镨钕金属	$\geq 99\% \text{Nd}75\%$	741.63	786.41	6.04%

(来源: 中国稀土行业协会)

稀土不稀 重在创新应用

一、稀土不稀——全球稀土资源储量丰富，可供开采数百年

1 稀土不稀

镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、钕(Nd)、钷(Pm)、钐(Sm)、铕(Eu)、钆(Gd)、铽(Tb)、镝(Dy)、钬(Ho)、铒(Er)、铥(Tm)、镱(Yb)、镱(Lu) 及与镧系同族的钇(Y)和钪(Sc)共 17 种稀土元素已经成为最新前沿高科技应用领域不可或缺的核心元素。根据稀土硫酸盐溶解度的差异，稀土元素被分为轻稀土、中稀土和重稀土。稀土元素因其自身独特的电子结构而赋予其优异的光、磁、热性能，可以与其他材料形成性能各异、品种繁多的新型功能材料，并大幅度的提高其他产品的性能和质量。

由于发现之初稀土提纯技术和分析技术的水平较低，误认为稀土元素在地壳中含量很稀少，被称为“稀土”，后经科学勘探证实，稀土元素的地壳丰度总和为 0.016%，其中 Ce、La、Nd 的丰度比钨(W)、锡(Sn)、钼(Mo)、铅(Pb)、钴(Co)等常用金属还高。其中 Ce 元素的储存量在所有元素中占第 25 位，几乎接近铜；而铥和镱的储存量甚至高于银。由此可见，就稀土在地球的储存量来说，实际上稀土并不“稀”，只是赋存状态不同。

进入 21 世纪，稀土应用领域不断拓展，应用产业规模不断扩大，稀土产业迎来了快速发展期。以钕铁硼材料和稀土永磁电机为代表的稀土新材料和器件的快速发展引领了整个稀土行业的迅猛发展。未来新能源汽车行业的发展对稀土永磁材料和电机的需求将持续增大。随着稀土永磁电机、国产汽车尾气催化剂和器件、稀土脱硝催化剂、高端稀土激光晶体、闪烁晶体、超高纯稀土金属和化合物

及高性能稀土合金等关键制备技术取得突破,也为稀土新材料应用注入了强劲动力。因此,虽然稀土产业规模不大,国内市场每年仅有十几万吨交易量,但却涉及国民经济生产的方方面面及国防工业的关键部件,所以说稀土元素的功能作用无法替代或替代后严重影响材料性价比,稀土材料“能量”巨大。

在世界范围内已经发现了众多的稀土矿产资源,但分布极不均匀,具有经济开采价值的稀土矿相对较少。目前大部分具有经济开采价值的稀土资源主要源自中国、澳大利亚、美国、俄罗斯及东南亚部分地区,矿种有氟碳铈矿、独居石矿、离子型矿及磷钇矿等。随着开采和选矿技术的进步,世界范围内的各种稀土资源将逐步得到开发和利用。

2 中国稀土资源雄踞世界第一,全球稀土多元供应格局形成

我国是全球稀土资源储量最大的国家,矿种和稀土元素齐全、品位高、矿点分布合理。目前,在全国 22 个省市区发现了上千处的矿床及矿化点,主要稀土矿有内蒙古包头白云鄂博混合型稀土矿、江西赣南离子型中重稀土矿、四川凉山及山东微山氟碳铈稀土矿、湖南褐钇铋矿、广东粤北中重稀土矿以及近年来在陕西探测到的轻稀土矿、新疆铈钽钪大型中重稀土矿和云南特大型稀土金属风化壳矿床等,形成了北、南、东、西的分布格局,具有“北轻南重”的分布特点。其中,内蒙古包头白云鄂博矿区的稀土储量占全国总储量的 83% 以上,居世界第一;山东稀土矿储量占比约 8%;四川稀土矿储量占比约 3%;云南、广西、广东、福建、浙江、江西、湖南等南方七省储量约占比 3% 左右;还有如广西桂东北、桂东南等中重稀土也很可观。

以世界最大的稀土矿白云鄂博矿为例,自 1957 年开采以来,一直按照铁矿开采,被开采的铁矿体选矿顺序是先选铁矿物再选稀土矿物。由于稀土的用量有

限，稀土选矿只选出很小部分稀土精矿，大部分稀土矿物被排到尾矿库。白云鄂博铁矿石中稀土平均含量为 6%，围岩中白云岩稀土平均含量为 4%，按年生产铁矿石 1000 万吨计算，每年铁矿石和围岩中产出的稀土氧化物总量约 100 万吨。

白云鄂博是一个以氟碳铈矿和独居石矿为主的轻稀土矿床，但由于其总体稀土含量高，储量大，中重稀土绝对储量也不可小觑。白云鄂博铁矿石中仅钇、铈、镧、铽四种元素含量(质量分数)就超过 500×10^{-6} ，部分中重稀土元素含量还超过了我国南方离子型矿。所以，白云鄂博稀土矿是以轻稀土为主、轻重兼顾的大型矿山，随着日后勘探技术的进步提升，白云鄂博的稀土资源储量也将会被重新认识。

全球稀土资源并不稀缺，但世界各国稀土储量的数据说法不一，很多国家没有完全公布所拥有的稀土储量，有些地质地调工作还未开展，国外储量的真实数据并没有体现出来。

根据美国地质调查局（USGS）《矿产品概要 2020》报告数据，截至 2019 年末，世界稀土资源储量约 1.2 亿吨，其中，中国稀土资源储量 4400 万吨（REO），为世界最大稀土资源国；巴西和越南稀土储量并列第二，各 2200 万吨（REO）；其次是俄罗斯、印度、澳大利亚、格陵兰岛、美国等国也有众多稀土储量。这些稀土资源基本上构成了世界稀土资源的主体，全球稀土资源供应呈现出“一超多强”的多元化格局。美国地质调查局（USGS）公布的 2019 年世界稀土资源储量及分布见表 2 和图 3。

表 2 2019 年世界稀土储量

单位：万吨，REO

国家	中国	巴西	越南	俄罗斯	印度	澳大利亚	格陵兰
稀土储量	4400	2200	2200	1200	690	330	150
国家	美国	南非	加拿大	坦桑尼亚	其他国家	合计	
稀土储量	140	79	83	89	31	11561	

注：JORC（联合矿石储量委员会）公布的澳大利亚标准储量大约为 190 万吨

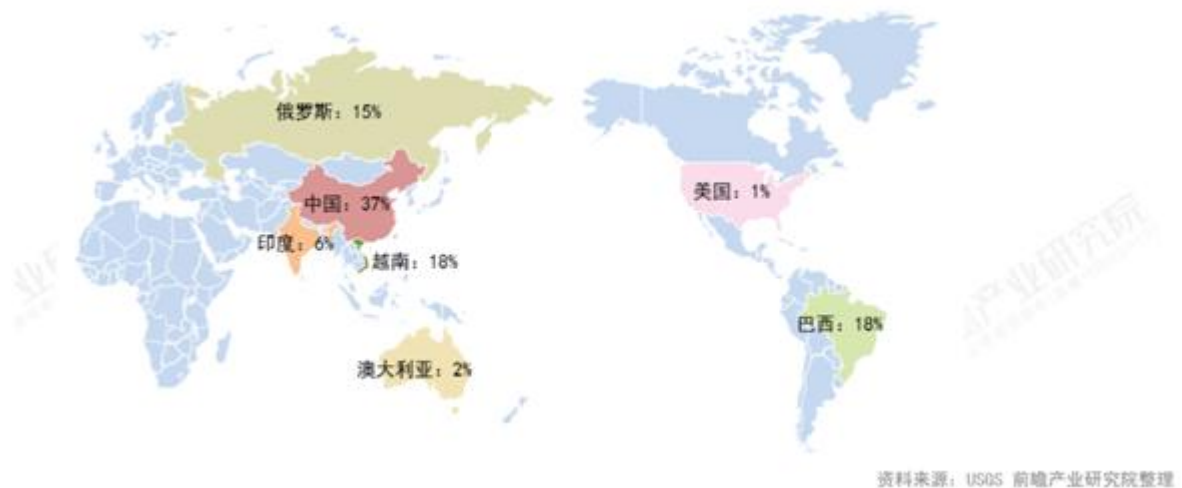


图3 全球稀土储量分布结构

2.1 美国稀土资源

美国是世界上稀土资源较为丰富的国家之一，主要有氟碳铈矿、独居石及在选别其他矿物时作为副产品可回收的黑稀金矿、硅铍钇矿和磷钇矿等矿物。世界上最大的单一氟碳铈矿是位于加州的芒廷帕斯矿，探明储量 1358.8 万吨 (REO)，品位 8.24% TREO。美国的独居石开采较早且储量较为丰富，开采的砂矿为佛罗里达州的格林科夫斯普林斯矿。2019 年 5 月，美国化学品公司 BlueLine 与澳大利亚企业签署了在美国境内建设稀土冶炼工厂的备忘录。

2.2 澳大利亚稀土资源

近年来，澳大利亚逐渐成为中国以外全球主要的稀土供应国。澳大利亚存在大量具有高价值的稀有金属矿藏，2016 年公布的稀土资源量 (EDR) 为 344 万吨 (REO+Y₂O₃)。澳大利亚大量的稀土资源赋存在含有独居石成分的重矿砂矿床中，据估算独居石资源储量大约为 780 万吨 (REO)，假设独居石中稀土氧化物含量约为 60%，澳大利亚重矿砂矿床的稀土氧化物资源量大约为 468 万吨 (REO)。目前澳大利亚尚无经济开采价值的资源量为 2957 万吨 (REO)，大部分源自 (主要为镧和铈) 奥林匹克坝矿体 (氧化铁-铜-金矿，位于南澳大利亚)，该矿的总资源量超过 20 亿吨，稀土品位 0.5% (REO)，总稀土氧化物含量 1000

万吨以上，大约含 0.17%（质量分数）镧和 0.25%（质量分数）铈。该矿的稀土氧化物目前没有回收，储存在矿山的尾矿库。

澳大利亚地球科学局网站公布了包括莱纳斯公司拥有的韦尔德稀土矿在内的 15 家公司旗下的 15 个稀土项目。2018 年 8 月 6 日，莱纳斯公司发布公告，韦尔德山稀土资源量比 2015 年公布数据增长 60%，为 5540 万吨，平均品位 5.4% TREO，折合 300 万吨 TREO。韦尔德山稀土储量目前为 1970 万吨，品位 8.6% TREO，折合 169 万吨 TREO。

莱纳斯公司在马来西亚关丹市进行冶炼分离，目前该工厂价值最高的产品为镨钕氧化物。公司 2018 年年报表明：氧化镨钕产量为 5444 吨（2017 年为 5223 吨）；稀土氧化物(REO)的总产量为 17753 吨（2017 年为 16003 吨）。氧化镨钕产量突破设计产量。2019 年氧化镨钕生产能力增至 600 吨/月。莱纳斯已经与欧洲、美国和日本的四家机构签署了协议，保证其稀土产品的销售。

2.3 巴西稀土资源

巴西主要稀土资源是独居石重矿砂，分布于其东海岸。据美国地质调查局公布的数据，巴西稀土储量很大。2020 年，美国稀土工业年评报告中公布巴西稀土储量为 2200 万吨（REO）。美国地质调查局列出的国外主要稀土矿中（不包括重砂矿及磷酸盐矿），巴西占有 6 个，均属于未分类资源，品位 0.15%-10.5%，资源量在 9-4350 万吨 TREO 左右。

2.4 俄罗斯稀土资源

美国地质调查局 2020 年公布俄罗斯储量为 1800 万吨（REO）。据报道，俄罗斯稀土矿超过 35 个，但是大部分稀土矿稀土含量较低。俄罗斯多数稀土资源富集在磷灰岩中，如磷灰石和独居石。俄罗斯的铈铟钙钛矿还含有大量的钛、铈和钽，俄罗斯 Lovozero 矿生产铈铟钙钛矿和异性石，2014 年生产了不足 5000 吨铈铟钙钛矿精矿。除了铈铟钙钛矿资源外，独联体还有大量的磷灰石，主要用于生产化肥，磷酸盐精矿中稀土含量大约 0.9%~1.1%，但是目前生产化肥时还

未回收稀土，还处于试验研究阶段。此外，独联体留存有上世纪 40 年代的独居石，约 8.2 万吨（4.4 万吨 TREO）。

2.5 印度稀土资源

印度拥有大量的重矿砂矿床，其中独居石和少量的磷钇矿含有稀土资源。独居石是印度主要稀土来源，含大约 58% 稀土氧化物。印度国家海洋学院确认，沿着印度 7000 公里长的海岸线也有重矿砂矿床。2012 年 10 月，印度原子矿物勘探与研究理事会报告，印度独居石储量约为 1193 万吨。按照独居石约含 58%（REO）计算，印度独居石约有 692 万吨（REO）。印度稀土公司（印度政府企业）是印度唯一经过许可处理稀土矿的企业，产品包括混合氯化稀土，产能为 1.1 万吨；此外，还有磷酸三钠产能为 1.35 万吨；硝酸钪产能为 150 吨。

2.6 加拿大稀土资源

加拿大拥有许多稀土矿，稀土精矿为采铀作业后的副产品。2020 年可能投产的项目包括阿瓦隆稀有金属的 Nechalacho 重稀土项目、Matamec 勘探公司的 Kipawa 重稀土—铈项目、Quest 稀有矿物的 StrangeLake（怪湖）以及 MiseryLake（苦难湖）稀土项目。

2.7 越南稀土资源

越南稀土储量丰富。2020 年，美国地质调查局报告越南稀土储量为 2200 万吨（REO）。多数越南稀土矿集中在越南西北部，沿东海岸线靠近中国边境的地带，包括都巴奥矿、YenPhu 矿以及从清化到 BaRia-VungTau 沿海岸的省份（钛矿砂），未形成产业规模，目前只有莱州稀土合资公司（越南与日本丰田）进行一些小规模、非系统性、季节性、非专业性的作业，计划每年向日本出口 4000 吨稀土。

2.8 格陵兰稀土资源

格陵兰发现的许多稀土矿正处于勘探中。位于格陵兰岛西南部可凡湾（K Kvanefjeld）的伊犁马萨克杂岩体（Ilimaussaqcomplex）稀土矿探明资源量为 215

吨 (REO)，且重稀土所占比例较大。据 GMEL 的最新研究结果，可凡湾稀土矿的总资源远景达 619 吨 (REO)，该杂岩体已探明的另外 2 个矿床的储量和品位均相当可观。

2.9 南非稀土资源

南非稀土资源主要赋存在富集磷钙土（独居石和磷灰石）的重矿砂矿床以及碳酸岩侵入岩中。南非是非洲地区最重要的独居石生产国，Steenkampskraal 的磷灰石矿，伴生有独居石，是世界上唯一单一脉状型独居石稀土矿。目前，Steenkampskraal 矿已经获得了采矿所需的所有许可证，南非的稀土提取公司计划在获得融资后，使矿山年产量达到 2700 吨，并计划进一步扩大产量。

全球稀土资源的不断开发导致全球稀土产量逐年递增。2018 年增幅为 28.8%。2019 年增幅为 11%，增量因素主要为中国增产、美国矿开采重启、独居石矿增加。按照每年大约 20 万吨 (REO) 的消耗，全球稀土储量可供开采数百年。全球稀土供应格局多元化、稀土冶炼分离技术的先进优势使得我国短期内仍然保持全球稀土供应大国的地位。

3 2019 年我国稀土初级产品产量增加，2020 年预计持续增长

2018 年和 2019 年，我国稀土冶炼分离总量控制计划基本为 12 万吨 (REO)。而 2019 年，中国稀土分离产品的市场供应大约为 21.9 万吨 (REO)，除控制计划的 12 万吨 (REO) 外，2019 年中国进口的美国稀土矿大约 2.3 万吨 (REO)，进口缅甸离子矿大约 1.8 万吨 (REO)；此外，由于我国锆资源基本依赖进口，2019 年进口的锆中矿及钛中矿副产的独居石矿和单独进口钽矿砂（主要是独居石）合计大约 2 万吨 (REO)，上述三种国外稀土矿在国内加工后供应的稀土产品量合计大约为 6.1 万吨 (REO)。钹铁硼废料回收的镨钹氧化物和氧化钽、氧化镱也成为原料市场非计划的交易部分，通过对市场交易的中重稀土氧化物推断，国内部分地区的离子矿还在开采和生产。2019 年我国稀土产量测算情况及 2020 年我国稀土产量预测详见表 3。

表3 我国部分稀土产品产量 2019 年测算和 2020 年预测情况

稀土原料	处理量 (REO 吨)		氧化镨钕产量 (吨)		氧化镱产量 (吨)		氧化铽产量 (吨)	
	2019 年 测算	2020 年 预测	2019 年 测算	2020 年 预测	2019 年 测算	2020 年 预测	2019 年 测算	2020 年 预测
包头矿	70000	75000	13671	14648	33	35	13	14
四川氟碳铈矿	35000	50000	4394	6278	16	24	7	9
山东氟碳铈矿	6000	8000	725	967	3	4	1	2
国产离子型稀土矿	20000	15000	4836	3627	752	564	150	113
进口缅甸矿	18000	15000	4352	3627	677	564	135	113
进口美国矿	23000	33000	2888	4143	11	16	4	6
进口独居石矿	20000	25000	3906	4883	132	165	38	47
废料	22000	25000	17424	19800	297	338	20	23
其他资源	5000	5000	628	628	2	2	1	1
合计	219000	251000	52824	58600	1923	1710	369	327

(引自百川盈孚网)

莱纳斯公司是中国之外全球第二大稀土原料生产企业。2018 年，莱纳斯公司稀土氧化物总产量为 17753 吨 (REO)。截止到 2019 年 9 月 30 日，该公司报告，2019 年 1 季度产量 5220 吨 (REO)、2 季度 4422 吨 (REO)、3 季度 5444 吨 (REO)、4 季度 4651 吨 (REO, 预估)，2019 年稀土氧化物总产量为 19737 吨 (REO)。

2019 年中国和澳大利亚合计稀土初级产品的总产量超过 23 万吨，此外，越南、俄罗斯和印度生产的稀土初级产品数量仅有几千吨左右，主导市场供应还是中国和澳大利亚，中国生产的稀土初级产品占据全球市场份额的 90% 左右，澳大

利亚占据 8%左右。

中国生产的稀土初级产品中，总量控制计划占据的比例只有 55%左右，但是进口的缅甸离子矿、美国矿原料基本由六大集团加工生产，因此，由六大集团生产的稀土初级产品产量大约达到 15.2 万吨，占据我国稀土初级产品市场比例大约 70%，其余部分主要由独居石、国内未受控离子矿及钹铁硼废料等加工生产。2015 年后我国政府取消了多项稀土产品的出口管理措施后，国家加强了稀土生产和流通环节的管理和监管，国内初级产品市场基本保持平稳态势。

二、重在创新应用——稀土资源优势通过创新应用变经济优势

作为重要的战略资源，稀土在石油、化工、金、纺织、陶瓷、玻璃、永磁新材料等领域都得到了广泛的应用。全球稀土下游应用中，稀土永磁材料占比最高达到 25%，其次为催化材料占比达到 22%，冶金材料（含储氢合金）和抛光材料占比分别为 18%和 14%。世界稀土消费结构如图 4 所示。但是 17 个稀土元素应用不平衡问题也是制约稀土产业下游发展的重要问题，国家和企业在大力发展稀土永磁功能材料等稀土功能材料产业的同时，必须更重力投入镧铈钇高丰度稀土元素的拓展应用。

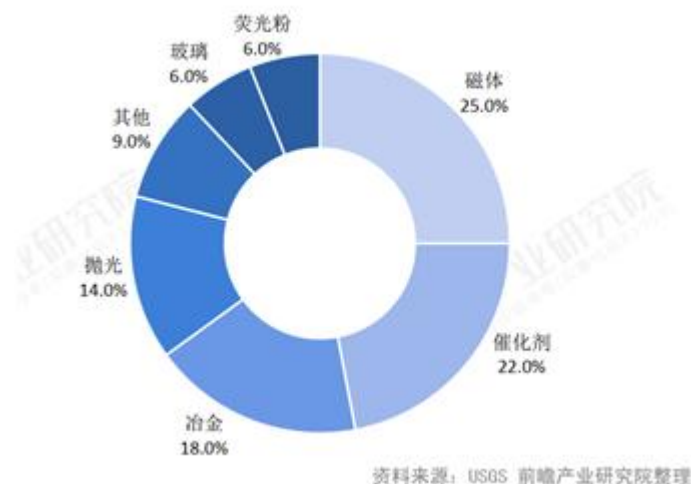


图 4 世界稀土消费结构

1 稀土产业发展的“风向标”——稀土永磁材料及稀土永磁电机

稀土永磁材料经过三十多年研究、开发和应用，已广泛应用于风力发电、消费电子、汽车工业、医疗设备、能源交通等众多领域，已经成为最具中国特色的战略产业之一。稀土永磁材料性能的提高极大地促进了永磁设备及器件向小型化、集成化发展，稀土磁性材料成为大数据工程、高速铁路工程、新能源汽车工程等一系列“中国制造 2025”、“一带一路发展战略”的实施无法替代的关键基础材料，稀土永磁材料已成为稀土产业发展的“风向标”。

稀土永磁材料无论是在内禀磁性理论方面、磁化反应机理方面、还是在稀土永磁体工艺技术和产能产量方面，都取得了长足的进步。据中国稀土行业协会统计，2019年稀土磁性材料产量保持平稳增长，其中烧结钕铁硼毛坯产量17万吨，同比增长9.7%；粘接钕铁硼产量7900吨，同比增长5%；钕钴磁体产量2400吨，同比增长4%。但是，长期以来稀土永磁材料性能未得到重大突破，严重制约了一些国家重大工程项目的技术指标的提高。我国大部分企业已经掌握了先进的烧结钕铁硼磁铁速凝薄带和氢淬制粉等生产技术，具备了生产中高档烧结钕铁硼和钕钴磁铁产品的能力，并且高中档产品的总体产量也在逐年提高。但是，与日本等发达国家相比，我国稀土永磁材料的产品质量与产品一致性都还存在较大差距，装备自动化程度有待提升，高端稀土永磁材料国际竞争力不强。因此，作为支撑我国整个绿色能源等战略性新兴产业的核心材料，高性能稀土永磁材料仍是我国高技术产业的发展重点，同时大力开发稀土永磁材料的永磁电机下游应用也体现了我国战略新兴产业领域的重大发展需求方向，对建立完整低碳减排绿色产业链具有长远的战略意义。

由于稀土永磁电机具有高效节能、轻便节材、体积小、调速性好、可靠性强等特点，极大地满足了高端加工设备、机器人、航空航天、航海和军工、高效风机与泵、压缩机、电动汽车、风力发电、数控机床等领域传统电机无法达到的高性能需求。

同时稀土永磁电机也是国家提升电机效率、减少能源消耗重点建设方向之

一。虽然我国永磁电机行业发展较快，但全球范围内来看，日本、德国、美国、英国、瑞士、瑞典等国家仍占据主导地位，掌控着大部分高档、精密、新型永磁电机的技术和产品。我国主要掌握中低端永磁电机市场，成为了全球主要永磁电机的生产国以及出口国。据统计，2017年，我国永磁电机产量首次突破1000万千瓦，达到1107.1万千瓦，成为全球永磁电机的主要生产国。2018年我国永磁电机产量达到1168万千瓦。

随着钕铁硼永磁材料的装备和制备工艺技术的不断进步，高性能钕铁硼磁体将稀土永磁电机的研究开发推向一个新的时期，在理论和应用领域都将产生质的飞跃。我国稀土永磁材料在伺服电机、直线电机、无刷电机等微小型电机领域的应用已经相对成熟。由于中大型永磁电机在新能源汽车及风电领域应用起步较早，技术水平已步入世界前列，稀土永磁大功率工业电机的开发应用也日趋成熟。

近年来，新能源汽车的快速发展给永磁驱动电机带来了巨大的发展机遇。稀土永磁电机的设计理论、计算方法、检测技术和制造工艺的不断完善和发展，永磁材料的性能和可靠性的不断提高，电力电子技术、大规模集成电路和计算机技术的快速发展都对永磁驱动电机的发展奠定了扎实的理论基础，积极促进了新能源永磁驱动电机的产业发展。

凭借稀土资源优势，我国已经在稀土永磁电机方面建立起了完整的产业链及完善的产业生态系统。相比欧美国家，我国自主研发的稀土永磁电机在原材料和生产成本都具有明显优势，但是在电机设计和高端特种电机研发生产方面存在差距。因此，稀土永磁电机的研究开发和应用普及推广必须得到国家的大力支持。未来随着各国对新能源和节能环保项目的大力推动，稀土永磁电机在风力发电和新能源汽车以及高铁、地铁、有轨电车等轨道交通领域的用量还将持续不断增加；随着工业自动化、办公自动化、家庭现代化、农业现代化及军事武器装备现代化的普及，作为这些技术和系统中重要基础元件的永磁电机的需求量也将不断增加，因此，稀土永磁电机未来广阔的应用前景也会带来巨大的市场前景。

2 蓝天保卫战、镧铈高丰度稀土元素应用重地——稀土催化材料

由于稀土元素具有独特的电子层结构，在化学反应中具有良好的助催化性能，在石化、环境、能源、化工等催化应用领域已成为不可或缺的重要催化剂组分，含有镧铈等稀土元素的稀土化合物已成为石油裂化催化剂、机动车、船舶、农用机械等移动源尾气净化催化剂以及工业废气脱硝、天然气燃烧、有机废气处理等固定源尾气净化催化剂等产品的重要原料。资源丰富的 La、Ce 稀土元素在技术含量较高的稀土催化材料的大量应用，提升了能源与环境技术发展，有效缓解我国稀土元素应用不平衡问题，为改善人类生存环境的蓝天保卫战做出了重要贡献。

近几年，由于汽车产业的高增速发展，我国稀土催化材料产业也不断突破巴斯夫、优美科、庄信万丰等国外公司的技术和市场垄断，自主知识产权的绿色、环保、高性价比的稀土催化材料制备技术不断创新提升，稀土催化材料产业持续发展壮大。石油裂化催化剂和机动车尾气净化催化剂是稀土催化材料两个最大的应用市场。在石油催化裂化方面，研发了石油催化裂化过程的硫转移剂技术，采用 SO_x 转移剂可减少催化裂化(FCC)装置中 SO_x 排放，既经济又有效；研发了具有自主知识产权的催化裂化催化剂生产节能降耗成套技术。在机动车尾气净化方面，研发满足国VI尾气排放标准的汽车尾气净化催化剂产业化技术和产业化装备，如高度自动化催化剂制备生产线的涂覆量和涂层的准确控制技术；利用资源丰富的稀土 Ce 元素的特殊性能，研发稀土改性无钒或少钒的工业废气脱硝催化材料及制备技术等。为了应对严格的机动车尾气排放国VI标准，满足汽车尾气净化器的耐久性考验和瞬态工况应变能力，提高催化剂热稳定性和氧传输能力的钕锆储氧材料新技术仍然是该领域的研发重点。

国外主要的汽油车尾气催化剂生产企业巴斯夫、优美科和庄信万丰垄断了全球近 90% 的市场份额，拥有尾气净化催化剂的核心专有技术，技术实力雄厚，在我国上海和江苏建立了工厂，垄断了我国汽车尾气净化催化剂的市场，利用我国

低价的轻稀土产品作为催化剂重要原料，获取高额利润。无锡威孚力达催化净化器有限责任公司、昆明贵研铂业股份有限公司和四川中自尾气净化有限公司等十多家国内主要企业在产业化关键技术和装备集成方面也达到了国际先进水平，国产催化转化器在进入新车市场、出口国外、迫使进口产品降价等方面也取得了一定成绩。

稀土催化材料的研究和产业的发展为高质、高效利用好镧铈等轻稀土元素提供广阔的应用市场。提高稀土的主催化性能，进一步降低贵金属的用量、合理稳定的稀土产品价格支撑以及拓展稀土元素应用领域都是未来催化材料产业的重要发展方向。

3 交通装备轻量化 节能减排“大明星”——稀土镁/铝合金

随着我国新能源汽车、轨道交通和航天航空工业的飞速发展，对轻合金的需求量快速增长。用高性能轻合金取代部分钢铁和重金属结构材料、实现材料轻量化以及材料结构比例科学化，是实现资源节约型社会的必由之路。目前工业化应用的轻量化材料主要有铝合金、镁合金、钛合金等轻合金材料，稀土镁合金、稀土铝合金是实现轻量化合金大规模替代应用的突破关键材料。

铝合金是目前汽车上应用较多的轻量化材料，如发动机缸体、缸盖、底盘、散热器等部件。镁合金作为轻量化材料主要应用在汽车方向盘、汽车仪表、中控支架等器件。未来镁合金可以在不暴露表面如车内门板、座椅支架等方面进行推广。镁合金在轨道交通领域的应用也开始逐步扩大。镁合金锻造汽车轮毂是轻量化效益最高的部件，是新一代汽车特别是新能源汽车、自动驾驶汽车的必然选择。

在轻量化材料中添加稀土元素可以有效提升铝合金、镁合金及钛合金等多种服役性能，拓宽其使用范围。稀土元素与镁具有着相似的晶体结构，对镁合金可以起到良好的固溶强化和时效强化作用，提高了镁合金的强度、抗蠕变性能及耐腐蚀性能，稀土镁合金产品能在更高外加应力及工作温度下使用，目前国内外发展的高性能镁合金（尤其是铸造镁合金）主要是稀土镁合金，高强及超高

强稀土镁合金是未来镁合金最有前景的应用材料。通过向铝合金中添加稀土元素，可以同时起到净化熔体和细化合金晶粒的作用，从而提高铝合金的综合力学性能。稀土元素能显著细化钛及钛合金的铸态组织，延缓钛合金的再结晶速率，阻碍晶粒长大，改善高温抗蠕变性能，并提高钛合金热稳定性。此外，稀土还可以净化钢水，显著提高钢的韧塑性及耐磨、耐热和耐蚀性，提升钢铁材料的品质。

目前稀土镁合金技术已经成为助推镁合金应用的关键技术之一。在高性能镁合金材料方面，无论是已经得到商业应用的镁合金，还是正处于研发阶段的镁合金，甚至是在极端条件下获得的超高强镁合金（如快速凝固）几乎都与稀土元素密不可分。传统的稀土镁合金中稀土元素的含量约在 0.1%-4%，其中大多数是在 2%-4% 之间，新型的高强度稀土镁合金中稀土元素的含量最高会达到 10% 以上，导致合金的成本较高，限制了其在民口方面的应用。我国镁资源和稀土资源丰富，这两大资源优势为高性能稀土镁合金的开发与应用提供了契机。开展稀土镁合金材料及相关技术的深入研究符合我国的基本国情，加快稀土在轻量化材料中的推广应用也是解决大量积压的稀土镧铈钇应用不平衡问题的重要方向。

三、自主知识产权的科研开发和应用推广是稀土产业做大做强的核心原动力

2011 年，国务院下发《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）》至今，我国稀土行业历经 9 年多的共同努力，整个产业展现出规模化、集中化、有序化发展局面，应用创新和绿色发展也取得了长足进步，以稀土功能材料为代表的稀土新材料在新能源汽车、风力发电、新型显示与照明、机器人、电子信息、航空航天、国防军工、节能环保及高端装备制造等战略性新兴产业中均发挥着不可或缺的核心基础材料的作用。为了促进我国稀土产业向高端化发展，不仅有国家科学技术部、工业和信息化部等有关部门出台的相关政策对稀土新材料在科技研发、技术改造的大力支持，还有财政部、税务总局将稀土永磁产品列入出口退税范围，鼓励稀土新材料产品参与国际竞争，以及广

大稀土企业、高校、科研院在稀土新工艺、新产品、新功能的研发应用方面的不懈攻关。

但是从长远发展观察,我国稀土冶炼分离产业新工艺的创新突破和下游应用科技创新能力仍然偏弱,稀土下游高价值应用与国际先进差距明显,资源优势还未充分有效转化为价值优势,发展质量与效益还需要进一步提高。特别是2018年开始的中美贸易摩擦和2020年初全球疫情的严重蔓延,全球经济发展的不确定性增加,我国稀土行业将面临更多的外部挑战。

冶炼分离产业提质增效、绿色环保新工艺创新突破,成为稀土产品质优价廉最具竞争力的稀土资源大国。

2018年,美国最终出台对中国商品征税清单未包含稀土冶炼分离产品和稀土永磁材料,但电动机、发电机、磁盘驱动、磁控元件等稀土终端产品均加征10%关税。短期看,美国对我国稀土原料还有较高的依存度。但中远期看,中美贸易摩擦将成为常态化甚至摩擦会日益加剧,美国和日本等发达国家势必会高度重视并解决稀土原料的来源问题,在以军事为代表的顶尖应用领域稀土元素的减量化和替代将是必然趋势。因此,在目前全球稀土多元化供应格局已然形成、世界各地的稀土项目层出不穷的大背景下,我国稀土冶炼分离产业面临的最大的挑战就是提质增效、绿色环保,保持稀土资源的优势竞争力。

尽管有众多海外稀土矿山项目已经开发,但由于投资成本和财务费用巨大,以及个别国家严格的环保要求,短期内无法与我国稀土冶炼产品的成本抗衡,在全球原料市场不具成本竞争优势,我国稀土原料产品供应大国地位相对稳定,但是长远来看,我国稀土行业应该站在全球一体化的高度来审视整个稀土产业链的发展,国外某些新开发项目已经采取了与我国不同的萃取分离技术路线;未来美国和日本在布局稀土原料来源的基础上开发稀土的减量化和替代化技术,因此,上游冶炼分离产业必须开展绿色环保的自主知识产权的新技术、新装备、新产品及新工艺的创新突破,通过不断提升稀土原料产品的质量,大幅降低成本,保证

产品合理的性价比,为全球提供安全可靠的稀土原料资源才能保证我国整个稀土产业链持续稳定发展,成为稀土产品质优价廉最具竞争力的稀土资源大国。

稀土新材料及终端应用坚持创新开发,不断扩大稀土应用领域,成为自主知识产权世界领先的技术强国。

稀土材料作为核心关键新材料的一种添加剂或是助剂,在高端材料应用领域消费量还是有限的,稀土资源的价值主要通过添加稀土的材料或应用稀土材料的器件的应用端来体现。我国“战略新兴产业重点产品和服务指导目录”中指出了高效照明、绿色建筑、防治污染、网络设备、医学影像、航空材料、新能源汽车等26个领域都是稀土及稀土功能材料和元器件的用武之地。国家几部委联合下发的《新材料产业发展指南》中也明确指出加快实现稀土磁性材料及应用器件产业化,因此,做大做强稀土产业的出路在于促进稀土应用领域的扩大和产业链的延伸,即稀土高值创新应用。

事实上,稀土终端化和产业高端化往往密不可分。例如高效能稀土永磁材料几乎带动所有领域发生了以绿色、智能为特征的技术革命,探月工程、载人航天、移动通信、载人深潜、航空母舰、新能源汽车、风力发电、工业机器人、高端医疗诊断装备及高速铁路等工程技术领域都离不开稀土及稀土功能材料。

通过提高科技创新能力和高端应用产品研发能力,生产高质量、高附加值的产品,为我国稀土产业的发展提供有力的科技支持,将科研成果转化为现实生产力并实现工业化生产,体现稀土资源的战略价值。稀土原料产业应与下游应用行业共同推进,树立开放、共享和协同发展的理念。在重点应用领域加强技术创新,突破国外专利壁垒,提升装备自动化水平,让自主知识产权的科研开发和应用推广成为稀土产业做大做强的核心原动力,我国才能成为自主知识产权世界领先的技术强国。

(来源:中国稀土行业协会)