

离子型稀土信息简报

Ionic Rare Earth Information Bulletin

2023 年 第 10 期 总第 120 期

本期要闻

- ◎ 稀土磁性材料研究进展
- ◎ 海关总署：前三季度稀土进口增 49.2% 铜材减 9.5% 钢材出口增 31.8% 铝材减 18%
- ◎ 白云鄂博又发现一种战略性关键金属新矿物——铈包头矿
- ◎ 国常会：统筹稀土资源勘探、开发利用与规范管理 着力推动稀土产业高端化、智能化、绿色化发展

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 1-19

- ◎ 稀土磁性材料研究进展
- ◎ 海关总署：前三季度稀土进口增 49.2% 铜材减 9.5% 钢材出口增 31.8% 铝材减 18%
- ◎ 白云鄂博又发现一种战略性关键金属新矿物——铈包头矿
- ◎ 越南拟明年重启大型稀土矿开发
- ◎ 日本将在南鸟岛试采稀土
- ◎ 美澳将宣布关键矿产合作计划

◇ 科技前沿 20-25

- ◎ 福建物构所在稀土纳米探针用于乳腺癌前哨淋巴结早期转移精准识别中取得新进展
- ◎ 长春光机所研制出激光照明用青绿荧光透明陶瓷填补国际空白
- ◎ 福建物构所稀土配位超分子主客体化学研究取得进展

◇ 政策法规 26-27

- ◎ 国常会：统筹稀土资源勘探、开发利用与规范管理 着力推动稀土产业高端化、智能化、绿色化发展

◇ 市场行情 28-32

- ◎ 2023 年 10 月稀土价格走势

◇ 稀土知识 33-35

- ◎ 稀土热电材料
- ◎ 我国稀土裂化催化剂的发展

◇ 文章摘要 36-38

- ◎ 微量铜对 Cu-Ni-Si 合金铸态组织及性能影响研究
- ◎ CeO₂ 含量对 CaO-Al₂O₃ 精炼渣熔化性能的影响
- ◎ Ce 对 Q235B 钢中夹杂物和力学性能的影响研究
- ◎ 混合稀土(La, Ce)对 7A04 铝合金组织与性能的影响

- ◎ 中国稀土学报 (2023 No.5)
- ◎ 稀土化合物与应用 (2023 No.5)

稀土磁性材料研究进展

随着全球能源危机和环境问题的日益严重，风电和新能源汽车等清洁高效的动能供应方式将会得到持续大规模应用。这一趋势也将推动磁性材料的快速发展，尤其是稀土磁材料，图 1 是稀土永磁材料近些年的产量及增速情况示意图。

在风电方面，根据国务院新能源发展规划，到 2025 年国内清洁能源占比达到国内能源供给的 20%左右，未来 5 年中国风电新增装机量平均在 50 GW/年，全球新增装机量有望达到 100 GW/年。直驱和半直驱型交流永磁同步电机对钕铁硼的消耗量在 0.67 吨/MW 左右，国内稀土磁体需求在 2021-2025 年有望维持在 13000 吨-16000 吨/年之间，全球风电对钕铁硼的需求量 2025 年有望达到 30150 吨。

在新能源汽车方面，一辆新能源汽车驱动电机一般就要用 2.4 kg 左右的稀土永磁体，除了驱动电机之外，汽车上还有几十个部位需要用到稀土永磁体。预计到 2025 年全球新能源汽车销量有望达到 1500 万辆以上，而国内新能源汽车在 2025 年超过 500 万辆，新能源汽车将成为烧结钕铁硼磁材最重要的下游需求增量。

此外，稀土磁性材料还用在航天航空、国防军工、电子通信、医疗保健和家用电器等众多领域。高性能稀土磁性材料使众多电子产品的尺寸进一步缩小，而稀土永磁电机的开发利用则使智能化产品在高效节能方面上得到极大改善，从而支持了绿色经济和环保事业的大力发展。

2017~2023年中国稀土永磁材料产量及增速情况

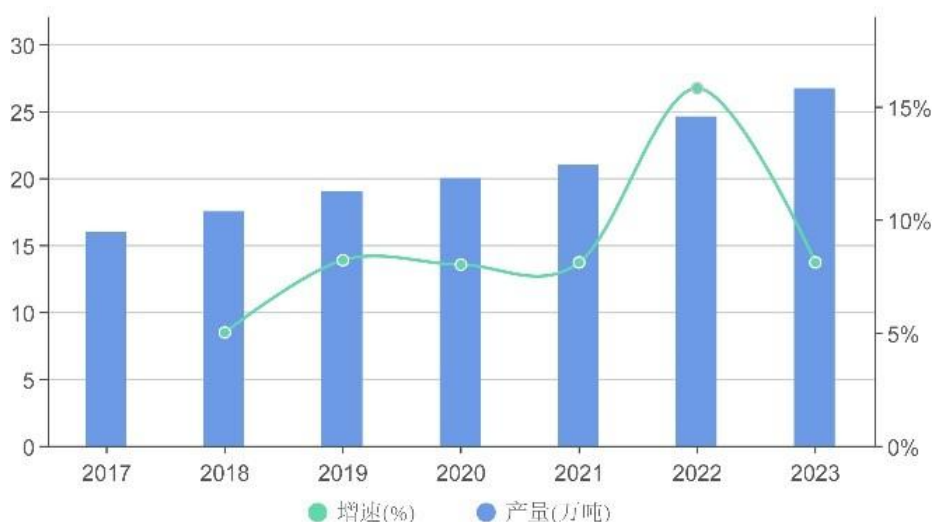


图 1 近 5 年稀土永磁体产量及增速情况示意图

稀土磁性材料自 20 世纪问世以来已经取得了显著的发展成效，但是，过去的稀土磁体一直过度依赖于 Pr、Nd、Dy、Tb 等贵重稀土，其大规模应用导致了我国稀土资源应用不平衡的现状。所以，以合理成本获得高性能磁体成为了研发热点。当需要高温稳定性时，SmCo 是首选材料，但 NdFeB 始终是稀土磁性材料的主流。

当然，某些应用中也逐渐开始使用 Sm-Fe-N 磁体。对这些基本材料的元素替代改进的范围已经进行了相当深入的探讨，同时制备技术对微观结构和磁滞现象的影响也已深入了解。随着越来越清晰地了解特定永磁体的局限性，人们开始围绕它进行具有独创性和想象力的设计，并最有效地利用了可用的稀土资源混合物。智能化技术正在吸引着巨大的新市场，提高磁体高温稳定性的新方法也正在开发中，并且具有其他有用特性的硬磁体的集成多功能性也正在设想中。

1. 稀土磁体研究

1.1 SmCo 磁体的研究

虽然当前稀土磁性材料的研究主要集中在钕铁硼型材料的研究中，但 2:17

型 SmCo 磁体的研究也一直是高温稳定性磁体的研究热点。

中国科学院宁波材料研究所特别研究了钕钴永磁体的磁性能难以进一步突破的问题。因为在晶体晶界处存在一种胞状结构的缺失，它会导致磁体在外加磁场下率先发生反磁化，从而使磁体的磁性能难以进一步提升。而这种胞状结构的演变主要与磁体中 Cu 原子的定向偏聚有关，通过优化时效过程可以使胞状结构具有更强的磁畴钉扎能力，从而具有大幅提升磁体矫顽力的效果。

西安交大前沿科学技术研究院借助原位同步辐射 XRD、原子级分辨 TEM 和洛伦兹 TEM 等表征手段分析了 2:17 型 SmCo 磁体的析出相 1:5H 胞壁相并研究了其形成机制，如图 2。研究人员发现调控固溶处理温度和优化时效工艺可以改善这种胞壁相从而提高磁体矫顽力，这有利于进一步调控 2:17 型钕钴相分解过程并获得高性能的钕钴高温永磁体。

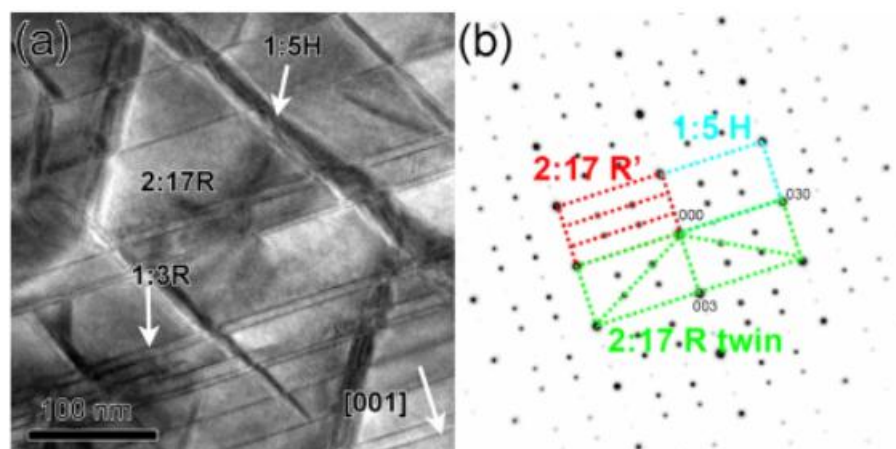


图 2 2:17 型钕钴烧结磁体微米晶粒内部的富 Fe/Co 的菱方结构、2:17R 相、富 Sm/Cu 的六方结构（简称 1:5 相）和贯穿纳米胞状组织的富 Zr 的 SmCo 片层相（简称 1:3R 相）

1.2 NdFeB 磁体的研究

热压热变形工艺是有别于传统烧结磁体工艺的成型方法，尤其是在当下新型辐射磁环的大量需求下成为了研究热点。虽然与传统的烧结方法相比，热压热变形不适合大规模产业化生产，但其在实现晶粒细化和获得强织构的性能上有着非常好的研究价值。

北京航空航天大学材料学院持续进行高 Co 的(Nd,Ce)-(Fe,Co)-B 型热压永磁体的微观结构、热稳定性和矫顽力机制研究。他们通过微磁学模拟和磁畴观察发现, Co 取代 Fe 是使热压磁体的矫顽力由去磁耦合机制变为交换耦合机制支配, 磁畴结构演化由单畴变为交互作用畴连续翻转, 使 $\text{Nd}_2(\text{Fe,Co})_{14}\text{B}$ 相居里温度从 312 °C 提高至 727 °C。

近几年采用双合金法制备高性能磁体已经有了显著成效, 但对于重稀土 Tb 和 Dy 的需求量依旧很高, 尤其是在新能源汽车电机上对拥有高矫顽力的磁体依赖度比较高。所以, 当下的研究热点继续集中在利用晶界扩散的方式, 在降低重稀土用量的情况下进一步提升磁体性能的研发, 如图 3 是典型的烧结 NdFeB 晶粒结构与晶界扩散示意图。

中国科学技术大学与中科院赣江研究院在这方面的研究比较全面。他们研究了不同 Al、Cu 添加量的低熔点扩散源对晶界扩散磁体的研究, 最终发现共添加 Al、Cu 元素提升矫顽力 7 kOe, 并能抑制扩散深处的晶粒长大, 对有效提高磁体性能和扩散效率具有指导意义。

钢铁研究总院则是利用低熔点 TbAlGa 合金作为扩散源, 在 875 °C 时扩散 10 h, 矫顽力从 10.38 kOe 增加至 23.15 kOe, 增幅为 123%, 而剩磁和最大磁能积仅下降 3%。晶界扩散 10 h 的磁体在晶界面 453 微米处形成核壳结构, 具有清晰连续的晶界相, 晶粒尺寸均匀。他们也同样证明了 Al 元素以网状结构分布在主相晶粒周围, 起到隔离主相晶粒的作用, 且低熔点 Al 元素可以浸润晶界相, 促进 Tb 元素向磁体内部扩散更深。

杭州电子科技大学与华南理工大学稀土永磁团队则利用“多稀土协同作用”的思想突破了晶界扩散、相偏析和调幅分解等关键技术, 利用重稀土 Tb 与轻稀土 Pr、Ce 和 La 的多稀土协同作用, 进一步提升了晶界扩散中 Tb 的高效利用, 磁体具有更好高温应用特性的同时扩散剂的材料成本得到了大幅下降。

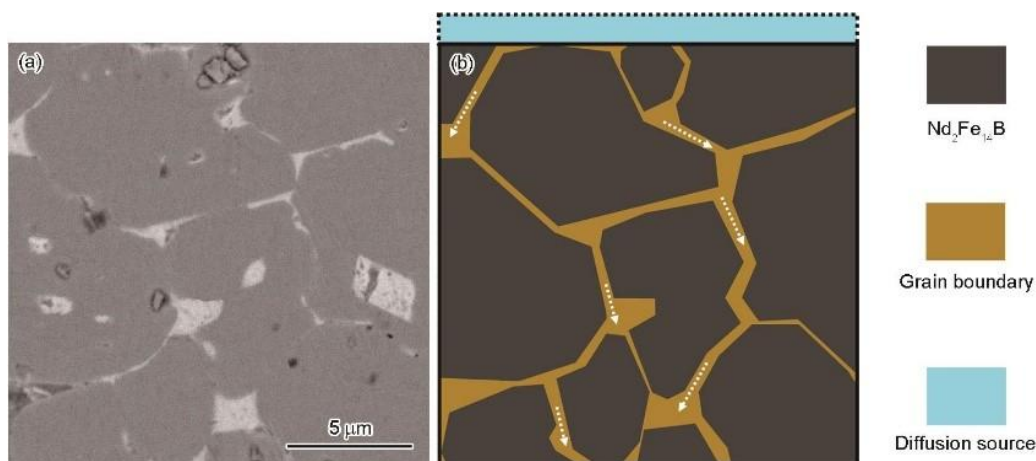


图 3 烧结钕铁硼晶粒结构与晶界扩散示意图

1.3 SmFeN 型磁体的研究

除了常规的 SmCo 和 NdFeB 型磁体的研究，SmFeN 型磁体也在持续。但这种氮化物被加热到 600 °C 左右时就会分解，使得 Sm-Fe-N 不可能进行高温烧结。研究人员也试图通过等离子放电或电流烧结来绕过这一限制的努力只取得了部分的成功，最终发现黏结法是形成 SmFeN 磁体的最佳方法。Sm₂Fe₁₇N₃ 型单晶永磁粉具有矫顽力高、稳定性好、易于取向粘结成型等优势，非常适合用于高性能精密电机。如图 4 所示，迄今为止所生产的取向粘结磁体中，没有一种磁体的磁能积超过 200 kJ · m⁻³，这个值大约只有粉末的一半。通过减小颗粒尺寸来限制成核中心的影响，并通过改善表面质量，粉末的磁性能得到了提高。

广东省科学院以铈替代钐形成的(Sm_{1-x}Ce)₂Fe₁₇N₃ (0 < x < 0.85) 化合物均保持单轴(c 轴)各向异性，且 Js 几乎不变，只是 HA 随着 x 增加逐步下降。(Sm,Ce)₂Fe₁₇N₃ 是目前一直唯一兼具高 HA 和高 Js 的富铈铁基永磁材料体系，铈含量相同时，(Sm,Ce)₂Fe₁₇N₃ 化合物是内禀性能最优越的铁基永磁材料。由于稀土钐元素的矿物储量和实际产量均较低，发展(Sm,Ce)₂Fe₁₇N₃ 材料可提高钐资源的利用率，降低未来钐资源供应对产业发展的不利影响。

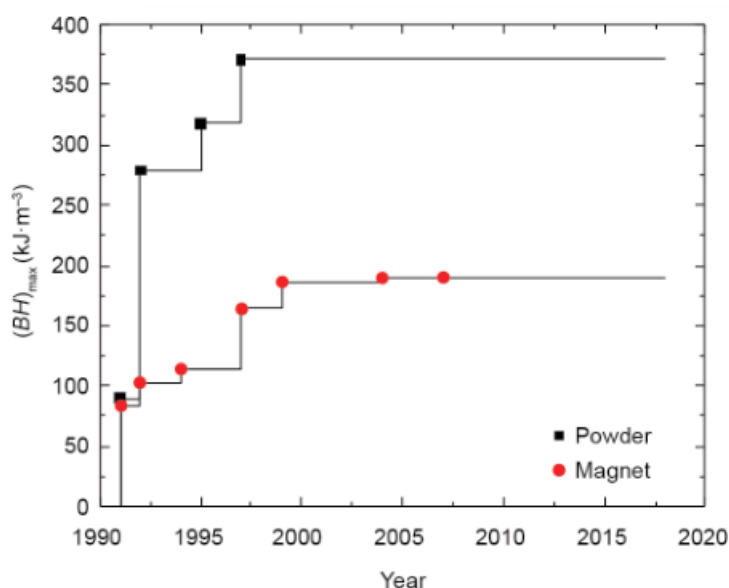


图 4 近 30 年粘结磁体及其粉末的磁能积发展进程图

2. 稀土磁性功能材料的研究

2.1 稀土磁制冷材料

磁制冷技术是一种基于固体材料热效应的新型制冷技术，具有绿色环保、作用温区广泛、工质无泄漏、运行压力低、换热流体无危害、潜在制冷效率高等特点。寻找大磁热响应的工质材料一直是稀土磁制冷应用技术的核心研究课题。稀土 Fe-Gd 合金是已经被证明的磁制冷技术的优质材料。深圳大学则开发了一种新的磁热响应工质材料 Gd_2SiO_5 ，其具有层状 A-型反铁磁基态的磁熵变十分可观，最高绝热温变 $T_{ad} = 23.2 \text{ K}$ ，优于绝大多数氧化物材料。并通过实验分析获得层状反铁磁构型的 Gd_3BWO_9 和 NaGaS_2 也具有类似的高磁热效应。所以，层状反铁磁构型是面向大体积单位表现的优异的低温磁制冷材料，极具潜在价值的研究方向。

包头稀土研究院的磁致冷课题组通过制备 $\text{La/Ce}(\text{FeMnSi})_{13}\text{H}_x$ 系列合金，在自行研制的磁制冷冷藏柜上进行试验，分别用不同种合金按照 T_c 点高低串接，在不同室温环境下获得高于 20°C 的制冷温差。

北京理工大学和中国科学院理化技术研究所基于他们新研制的

Eu(Ti,Nb,Al)O₃ 材料,液氮温区复合磁制冷机在频率为 0.4 Hz 时取得了目前最低的无负荷制冷温度 2.396 K,这是当前稀土磁制冷材料应用的新突破。

2.2 稀土磁性吸波材料

近年来,5G/6G 高频通信、无线互联、电磁防护、隐身伪装等领域快速发展,对高性能电磁波吸收材料的需求日益迫切。磁性材料因兼具介电损耗和磁损耗特征,是吸波材料研制领域的一个重要分支。

天津大学光电信息技术教育部重点实验室基于这一材料研制了 Fe-Co 合金的吸波材料,通过添加稀土 Nd 的掺杂,使材料最强吸收和最大有效吸收宽带分别从改性前的-16dB、1.84GHz 提升至-62dB、7.46GHz。这种高效吸波材料可以为我国的军事装备隐身、伪装性能提升提供材料支撑。

此外,中科院金属所用改进的电弧放电等离子技术制备的新型以单项 GdAl₂ 化合物为核、非晶 Al₂O₃ 为壳的 GdAl₂ 纳米胶囊具有非常好的吸波特性。他们系统地研究了这种纳米胶囊外壳厚度、外壳 N 掺杂、内核磁性成分对吸波性能的影响规律,分析了电磁波中交变磁场与纳米胶囊中磁性内核相互作用时产生的共振机制,为吸波材料的发展拓展了新的方向。

2.3 稀土磁致伸缩材料

随着超微细科学领域的发展,许多高精尖设备的微调结构都需要应用到磁致伸缩材料。磁致伸缩材料在其磁场作用下输出高精度弹性应变,可实现电磁能与机械能之间的能量转换,在换能、驱动、传感器等领域有重要应用需求。Fe-Gd 合金具有优良的磁致伸缩性能,尽管其与 TbDyFe 稀土巨磁致伸缩材料相比伸缩应变还偏小,但该合金磁致伸缩饱和磁场更低,机械性能、温度特性更有益并且成本低廉,成为当前磁致伸缩材料的研究热点。

西安交通大学前沿院马天宇教授和任晓兵教授课题组在高灵敏无稀土磁致伸缩材料研究方面取得重要进展。他们基于大磁致伸缩 Fe-Ga 合金亚稳态和平

平衡态相结构差异显著的特性，通过简单的“固溶+时效”处理，在立方相基体中析出四方结构的纳米第二相颗粒，利用两相之间的磁弹相互作用，将多晶材料的磁致伸缩性能提高 3 倍，与单晶材料相当，同时大幅降低驱动场，使磁致伸缩灵敏度提高5倍，如图5所示。这为研制高灵敏无稀土磁致伸缩材料提供了新途径。

北京航空航天大学材料学院通过强制固溶微量（0.2%）稀土元素与纳米相交互作用，引发 A2 基体晶格发生更大的四方畸变，获得了 1800 ppm 的磁致伸缩应变。包头稀土研究院磁性材料研究所相关人员通过实验分析，在 $\text{Fe}_{83}\text{Gd}_{17}$ 合金中 Co 元素取代 1.5 的 Gd，使磁致伸缩值由 141 ppm 增加至 195 ppm，增加 38%。

此外，基于 Fe-Gd 合金单晶<100>取向的磁致伸缩系数明显高于其他方向，沈阳工业大学材料各向异性与织构教育部重点实验室利用二次结晶方法强化<100>取向，实现择优织构与纳米异质相对磁致伸缩性能的协同强化。结合淬火工艺调控纳米异质相数量，显著提高 Fe-Gd 合金薄带的磁致伸缩系数，有望推动高能量转换效率 Fe-Gd 合金器件的开发。

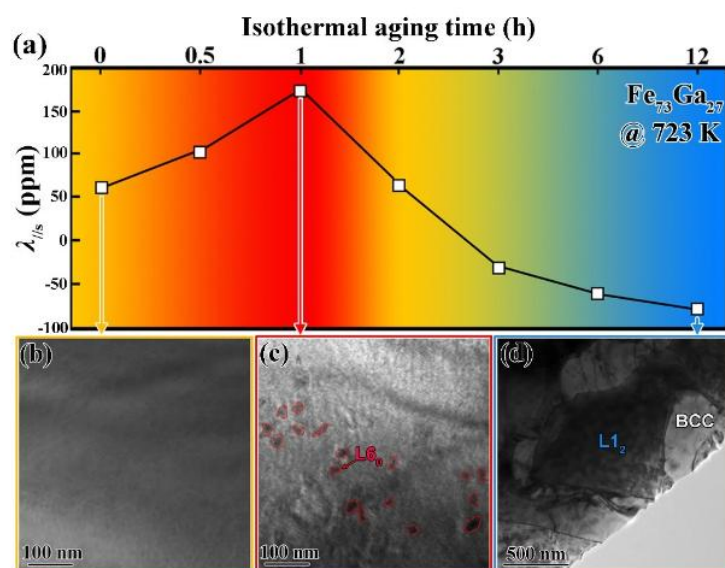


图5 高灵敏性 Fe-Ga 合金磁致伸缩材料温度响应及其材料形貌分析图

3.稀土磁性材料表面防护及回收利用的研究

近年来，我国研发的稀土磁体在磁性能上已经可以与日本的产品相媲美，但在磁体耐候性上还有一定差距。图6为NdFeB磁体腐蚀前后的磁场分布对比图。可以看出，磁体腐蚀导致磁场分布发生明显变化，磁体腐蚀不仅削弱了磁场，还打破了其固有的磁场均匀分布规律。所以，磁体表面防护具有十分重要的意义。

此外，航天和交通运输方面对磁体表面防护提出了更高要求。传统磁体表面防护技术已经不能用于高端制造领域在磁体耐蚀性能、力学性能和环保要求等方面的应用。

当前国内多所科研院所也都在开展相关的研究，钢铁研究总院和合肥工业大学采用阴极电泳、真空蒸镀等环境友好型涂镀方式在磁体表面制备新型防护层上都取得了较好的成果，通过系统研究涂层制备工艺、结构与性能之间的关系，为发展高性能稀土磁铁机器表面防护技术提供了实验支撑。回收废钕铁硼是化解关键稀土元素供给危机和保持我国稀土资源全球优势的有效办法。

钕铁硼废旧料主要来源于材料制备过程中产生的废料（废品量约为30%），以及因更新而被淘汰的废旧产品。钕铁硼中 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 为主相，稀土与过渡金属原子间形成较强的键能。钕铁硼中还含有改善其综合性能的镧、镨、铽、钴、铝、铜等其它元素，此外，在钕铁硼产品表面还有电镀金属层。因此，提取钕铁硼废旧料中的稀土具有难度，尤其如何实现稀土与其它金属的绿色高效分离以及高质化再利用是关键。

近年来，中国科学院金属研究所材料特种制备与加工研究部领衔开展了钕铁硼废旧料回收新技术研究。基于金属原子间的相互作用，研制了一系列用于选择性自发溶出钕铁硼中稀土元素的捕集剂，揭示了稀土元素在钕铁硼/捕集剂界面间的扩散行为及其控制方法，提出了钕铁硼“稀土无酸自组装溶出”新方

法，建立了钕铁硼循环再利用技术路线，回收获得了各种稀土氧化物产品和铁硼合金，总提取率大于 97%。钕铁硼中稀土被提取后，残余物为铁硼合金（由铁、硼、钴、铜和铝等元素组成，其中铁含量约 95%、氧含量低于 20 ppm。图 7 是稀土元素被提取前和后 NdFeB 的 SEM 显微组织结和它们对应的 XRD 物相分析对比图。

中国科学院在这方面投入了较多精力，如赣江创新研究院探究了不同扩散介质对 CaH_2 还原扩散法回收钕铁硼由泥废料的影响。通过热力学计算、相结构和微结构分析，发现以 KCl 为扩散介质制备的钕铁硼粉末粒度更细、杂质含量低且粒度分布均匀。最后，再通过添加 40 wt% 的 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 合金粉末，成功制备出了性能为 $H_{cj} = 16.5 \text{ kOe}$ 、 $Br = 11.7 \text{ kG}$ 和 $(BH)_{\max} = 31.8 \text{ MGOe}$ 的再生钕铁硼烧结磁体。内蒙古大学化学学院试验了直接回用法、火法冶金、湿法冶金等多种不同 NdFeB 废料回收技术的工作原理和研究进展，分析了各自的优劣势，并提出了未来 NdFeB 废料绿色、高效、可持续回收技术的重点研究方向，为稀土二次资源的高效开发利用研究提供有益参考价值。

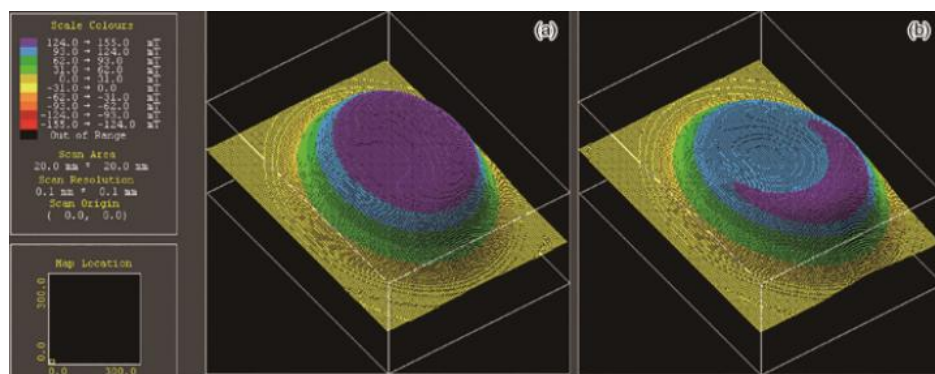


图 6 NdFeB 磁体腐蚀前(a)和后(b)的磁场分布

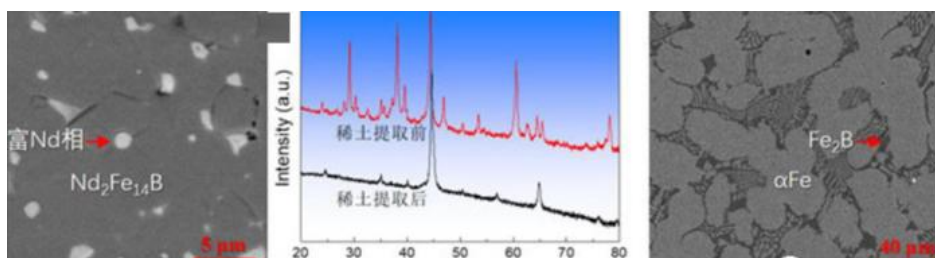


图 7 是稀土元素被提取前后 NdFeB 的 SEM 显微组织结和它们对应的 XRD 物相分析

4.稀土磁性材料发展展望

未来，随着智能化和新技术的发展，对永磁材料提出了更高磁性能和更多功能性的要求。相关科研单位会结合知识更新与技术变革的历史规律，以及当前对发展高性能稀土永磁材料晶粒细化和晶界优化等关键技术的认识，制定其研究方向。

此外，随着我国航空航天、交通运输、新能源应用等国家重大、高新工程和“中国制造 2025”强国战略的实施，不仅迫切需要稀土磁体在性能上实现创新发展，还需要其在实践生产应用上实现经济高效性和高质量适用性。这就要求科研和实践生产的高度结合，尤其是稀土磁体的中试研究应用。例如，华为公司也在布局新能源汽车，根据他们对磁体的要求可以看出，磁体比较重要的要求就是产品性能的均一性与适用性。这就要求科研人员做好中试产品，而不仅仅是实验探究。毫无疑问，随着电动汽车和机器人技术的发展，稀土磁体市场将继续扩大。

未来高温磁体物理性质将成为焦点，镧、铈等轻稀土的应用依旧会是稀土磁体研发的重要方向，在稀土磁体的防护与再利用方面的研究也会成为稀土磁体研究的主流。

(来源: 稀土信息)

海关总署：前三季度稀土进口增 49.2% 铜材减 9.5%
钢材出口增 31.8% 铝材减 18%

据海关统计，前三季度我国进出口总值 30.8 万亿元人民币，同比微降 0.2%。其中，出口 17.6 万亿元，同比增长 0.6%；进口 13.2 万亿元，同比下降

1.2%。今年 9 月份，进出口 3.74 万亿元，环比连续 2 个月增长，规模创年内单月新高。具体来看 9 月份，以人民币计价，中国 9 月进口同比下降 0.8%，出口同比下降 0.6%，贸易顺差 5587.4 亿元。今年前三季度，我国进出口总值 30.8 万亿元，同比微降 0.2%。其中，出口 17.6 万亿元，同比增长 0.6%，进口 13.2 万亿元，同比下降 1.2%。

海关总署新闻发言人、统计分析司司长吕大良表示，具体来看前三季度，主要有以下五个方面的特点：

一是外贸规模稳中有增，9 月创年内单月新高。从季度看，进出口逐季抬升，一、二、三季度进出口分别为 9.72 万亿、10.29 万亿、10.79 万亿元；从月度看，9 月当月进出口 3.74 万亿元，环比连续 2 个月增长，9 月当月进出口规模创年内单月新高。

二是民营企业进出口较快增长。前三季度，我国民营企业进出口 16.34 万亿元，同比增长 6.1%，占我国进出口总值的 53.1%。同期，外商投资企业进出口 9.42 万亿元，国有企业进出口 4.95 万亿元，分别占 30.6%和 16.1%。

三是对共建“一带一路”国家进出口好于整体。前三季度，我国对共建“一带一路”国家进出口 14.32 万亿元，同比增长 3.1%，占进出口总值的 46.5%。今年是共建“一带一路”倡议提出十周年，为全面展示十年来中国与共建国家外贸发展取得的辉煌成就，近期，我们编制完成了中国与共建“一带一路”国家贸易指数，该指数由 2013 年基期的 100 点升到 2022 年的 165.4 点，共建“一带一路”倡议对贸易的促进作用持续增强。

四是机电产品出口占比提升。前三季度，我国机电产品出口 10.26 万亿元，同比增长 3.3%，占出口总值的 58.3%，较去年同期提升 1.5 个百分点。其中，汽

车及其零配件、船舶、电工器材分别增长 48.2%、26.8%、16.2%。同期，劳动密集型产品出口 3.07 万亿元，占 17.5%。

五是大宗商品、消费品进口扩大。前三季度，我国能源、金属矿砂、粮食等大宗商品进口量同比增加 16.5%。其中，原油、天然气和煤炭等能源产品 8.6 亿吨，增加 31.8%；铁、铝等金属矿砂 10.86 亿吨，增加 7.8%。同期，进口消费品 1.46 万亿元，增长 3.1%。其中，干鲜瓜果及坚果、医疗保健品分别增长 22.8%、18.5%。

总的看，在世界经济复苏势头不稳的大环境下，我国外贸顶住压力，稳规模、优结构持续推进，积极因素不断积蓄。相信随着我国经济运行持续好转、内生动力持续增强，稳外贸各项务实举措效用持续发挥，进出口运行态势将更加稳健、质量效益将进一步提升，促稳提质目标一定能够实现。

	品目	9月	2022年9月	同比	2023年1~9月	2022年1~9月	累计同比	单位
进口	铁矿砂及其精矿	10,118.40	9,971.00	1.5%	87,665.10	82,186.10	6.7%	万吨
	铜矿砂及其精矿	224.1	227.3	-1.4%	2,034.20	1,886.40	7.8%	万吨
	煤及褐煤	4,214.00	3,304.80	27.5%	34,765.20	20,084.30	73.1%	万吨
	稀土	15,897.80	13,373.00	18.9%	134,333.80	90,049.30	49.2%	吨
	钢材	64	89.1	-28.2%	569.80	834.10	-31.7%	万吨
出口	未锻轧铜及铜材	480,426.40	509,954.10	-5.8%	3,992,441.60	4,412,650.70	-9.5%	吨
	稀土	3,935.20	4,327.70	-9.1%	40,371.80	37,867.10	6.6%	吨
	钢材	806.3	498.4	61.8%	6,681.80	5,070.60	31.8%	万吨
	未锻轧铝及铝材	471,298.80	495,981.00	-5.0%	4,256,878.10	5,193,206.80	-18.0%	吨

图 8 金属行业部分产品进出口情况

出口：

2023 年 9 月末锻轧铝及铝材出口 471298.8 吨，同比去年 9 月减少 5%。1-9 月累计出口 4256878.1 吨，同比去年 1-9 月份减少 18%。

2023 年 9 月钢材出口 806.3 万吨，同比去年 9 月增加 61.8%。1-9 月累计出口 6681.8 万吨，同比去年 1-9 月增 31.8%。

2023 年 9 月稀土出口 3935.2 吨，同比去年 9 月减少 9.1%。1-9 月累计出口 40371.8 吨，同比去年 1-9 月增加 6.6%。

进口：

2023 年 9 月铜矿砂及其精矿进口 224.1 万吨，相比去年同期减少 1.4%。1-9 月累计进口 2034.2 万吨，同比去年 1-9 月份增加 7.8%。

2023 年 9 月未锻轧铜及铜材进口 480426.4 吨，相比去年同期减少 5.8%。1-9 月累计进口 3992441.6 吨，同比去年 1-9 月减少 9.5%。

2023 年 9 月铁矿砂及其精矿进口 10118.4 万吨，相比去年同期增加 1.5%。1-9 月累计进口 87665.1 万吨，同比去年 1-9 月增加 6.7%。

2023 年 9 月煤及褐煤进口 4214 万吨，相比去年同期上涨 27.5%。1-9 月累计进口 34765.2 万吨，同比去年 1-9 月增加 73.1%。

2023 年 9 月钢材进口量达到 64.0 万吨，相比去年同期减少 28.2%。1-9 月份累计进口 569.8 万吨，同比去年 1-9 月份减少 31.7%。

2023 年 9 月稀土进口量达到 15897.8 吨，相比去年同期增加 18.9%。1-9 月份累计进口 134333.8 吨，同比去年 1-9 月份增加 49.2%。

(来源：SMM)



白云鄂博又发现一种战略性关键金属新矿物 ——铌包头矿

由中核地质科技有限公司(核工业北京地质研究院)葛祥坤、范光和李婷研究员等研究发现的**新矿物铌包头矿(niobobaotite)**，10月3日，获得国际矿物协会新矿物、命名及分类委员会(IMA CNMNC)的正式批准，批准号为 IMA 2022-127a。这是我国核地质系统成立近 70 年来发现的第 13 个新矿物，是中核

集团深入实施创新驱动发展战略、大力支持基础创新的又一原创性新发现。

“铌包头矿”发现于世界著名的内蒙古包头市的白云鄂博矿床，产出于铌-稀土-铁矿石中，呈棕色至黑色，柱状或板状，半自形至他形，“铌包头矿”是一种富含 Ba、Nb、Ti、Fe、Cl 的硅酸盐矿物，其理想式为 $\text{Ba}_4(\text{Ti}_{2.5}\text{Fe}^{2+}_{1.5})\text{Nb}_4\text{Si}_4\text{O}_{28}\text{Cl}$ ，属四方晶系，空间群 $I4_1a$ (# 88)。

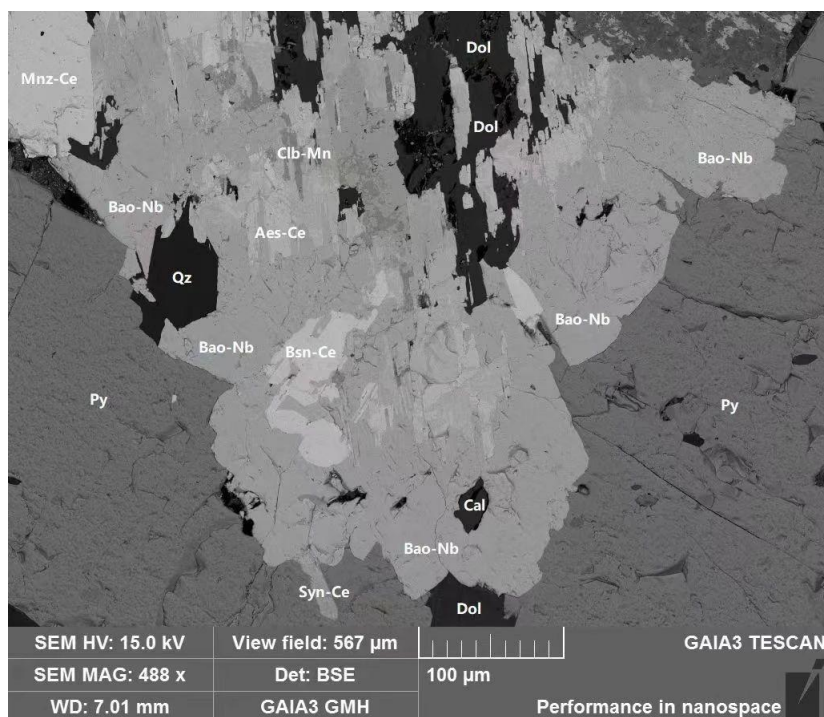


图 9 铌包头矿背散射电子图像

图中，Bao-Nb—铌包头矿，Py—黄铁矿，Mnz-Ce—铈独居石，Dol—白云石，Qz—石英，Clb-Mn—锰铌铁矿，Aes-Ce—铈易解石，Bsn-Ce—氟碳铈矿，Syn-Ce—氟碳钙铈矿。

白云鄂博矿床矿物种类相当丰富，迄今已发现 150 余种矿物，其中新矿物已达 16 种，“铌包头矿”是在该矿床发现的第 17 个新矿物，是发现于上世纪 60 年代包头矿的富 Nb 类似物。通过本次研究，解决了国际矿物学界争论已久的包头矿电价平衡问题，也为“铌包头矿”的研究奠定了理论基础。具有富 Nb 特

征的“铌包头矿”增加了该矿床铌矿石矿物的种类，同时也为铌的富集成矿机理提供了新的研究视角，为铌等战略性关键金属的开发提供了新的方向。

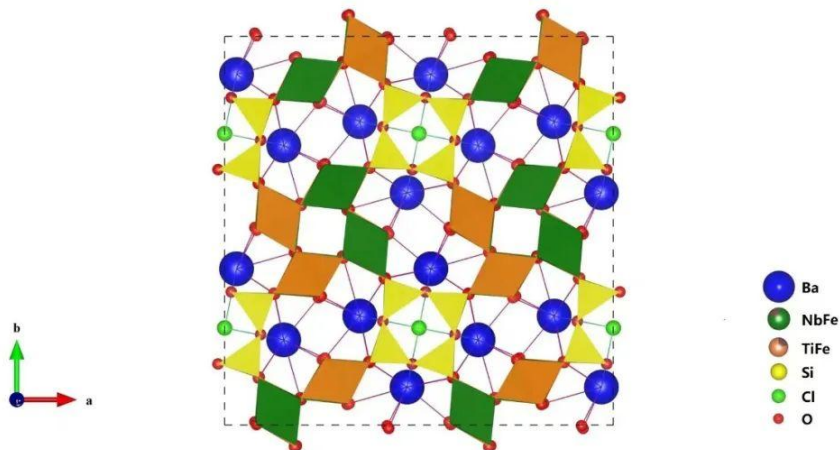


图 10 铌包头矿的晶体结构图

(来源：包头日报)

越南拟明年重启大型稀土矿开发

据两家相关公司称，越南计划明年重启其最大的稀土矿，该项目由西方支持，可与世界上最大的稀土矿项目相媲美。

此举将是这个东南亚国家朝着建立稀土供应链目标迈出的重要一步，包括发展精炼矿石以制造用于电动汽车、智能手机和风力涡轮机的磁铁的能力。

澳大利亚黑石矿业公司高管特莎·库切尔表示，作为第一步，越南政府打算在年底前对该国东堡矿的多个区块进行招标，该公司计划竞标至少一项特许开采权。

越南稀土公司董事长刘英俊表示，拍卖时间可能会改变，但政府计划明年重启该矿。该公司是越南主要精炼商，也是黑石集团在这一项目中的合作伙

伴。

东堡矿的拟议重启——其时间表、规模和外国金融支持的程度此前未见报道。

根据美国地质调查局的数据，越南拥有第二大稀土矿藏。但这些稀土矿藏在很大程度上仍未得到开发。为提升双边关系，美国总统拜登本月对河内进行了访问，并签署了一项协议，以提高越南就稀土储备吸引投资者的能力。

一些人承认建立稀土中心困难重重，但他们表示，越南可以通过这种方式成为有竞争力的参与者，同时缓解战略忧虑。

投资公司泰拉资本管理公司的迪伦·凯利表示，尽管重点是降低风险，但尚不清楚客户是否准备好为越南支付溢价，并指出市场总体上不透明。

拥有特许开采权的国有的 Lavreco 矿业公司的一位官员表示，对东堡矿的有效开采将推动越南跻身顶级稀土生产国之列。

稀土提炼过程非常复杂。黑石表示，东堡矿的估计矿藏也需要用现代方法重新评估。

越南还计划开发更多的矿山。今年 7 月，河内制定了到 2030 年每年产出多达 6 万吨稀土氧化物当量的目标。

（来源：参考消息网）



日本将在南鸟岛试采稀土

据日本《产经新闻》10 月 22 日报道，日本政府计划于 2024 年度在最东端的南鸟岛海域海底尝试开采已确认存在的稀土，相关协调工作已经展开。在

2023 年度补充预算案中，也已列入了相关经费。稀土是生产高科技产品不可或缺的原材料。多名政府相关人士 21 日证实了上述消息。

已经获得确认的情况是，在南鸟岛海域水深约 6000 米的海底蕴藏着大量稀土泥。东京大学等机构开展的调查显示，其蕴藏量可满足全球数百年的需求。

日本政府计划先进行试验性开采，前期勘探预计将历时一个月。2022 年，研究人员从茨城县海域水深 2470 米的海底泥土中成功提取了稀土，预计未来的试开采活动就将利用这一技术。按照计划，“地球”号探测船将下潜至水深 6000 米的海底，通过软管抽取稀土泥，每天大约可抽取 70 吨。为制造用于水下作业的无人潜航设备，2023 年度补充预算案将划拨 20 亿日元(约合 1300 万美元)经费。采到的稀土泥将交由日本海洋研究开发机构位于横须贺的总部进行分析。也有方案计划在这里建立集中处理设施，对南鸟岛稀土泥进行脱水和分离处理。

日本国内目前使用的稀土有六成来自中国。

(来源：产经新闻)



美澳将宣布关键矿产合作计划

据 MiningWeekly 网站援引路透社报道，美国政府一名高官透露，澳大利亚总理阿尔巴尼斯本周访美期间将宣布关键矿产合作计划。

阿尔巴尼斯访美期间的一项重要日程是推动关键矿产工作组，其目的是促进澳大利亚稀土行业的私人投资，减少进口依赖。阿尔巴尼斯表示，澳大利亚希望

与美国公司合作。“作为世界最大锂供应国，澳大利亚有优势，在钴、钒、铜、镍方面也是如此。21 世纪能源所需要的矿产在澳大利亚都很丰富”，周一他在华盛顿向记者表示。

澳大利亚分析师认为，美国汽车和国防工业是稀土的大用户，签署长期销售合同能够降低投资风险。

（来源：全球地质矿产信息系统）

福建物构所稀土纳米探针用于乳腺癌前哨淋巴结 早期转移精准识别中取得新进展

乳腺癌目前已成为全球女性发病率第一、死亡率第二的恶性肿瘤，其死亡的主要原因是转移或远处转移。前哨淋巴结(SLN)是肿瘤淋巴引流的第一站淋巴结，乳腺癌前哨淋巴结活检(SLNB)是临床淋巴结阴性(cN0)早期乳腺癌的标准术式。

目前临床常用的示踪剂包括亚甲蓝、放射性核素及吲哚菁绿均只能示踪 SLN 而不能评估 SLN 的转移状态，仍需依靠术中快速冰冻病理来诊断 SLN 是否有转移，但这是有创操作，且有赖于病理医生的经验，尤其是对于微转移。更为严峻的是，研究表明 70%的 cN0 乳腺癌患者 SLNB 病理结果也为阴性，这部分患者完全可以避免 SLNB，从而降低并发症的发生，提高患者的生存质量，减少医疗资源的浪费，故而亟需寻求一种无创精准评估 SLN 转移状态的新检测方法。

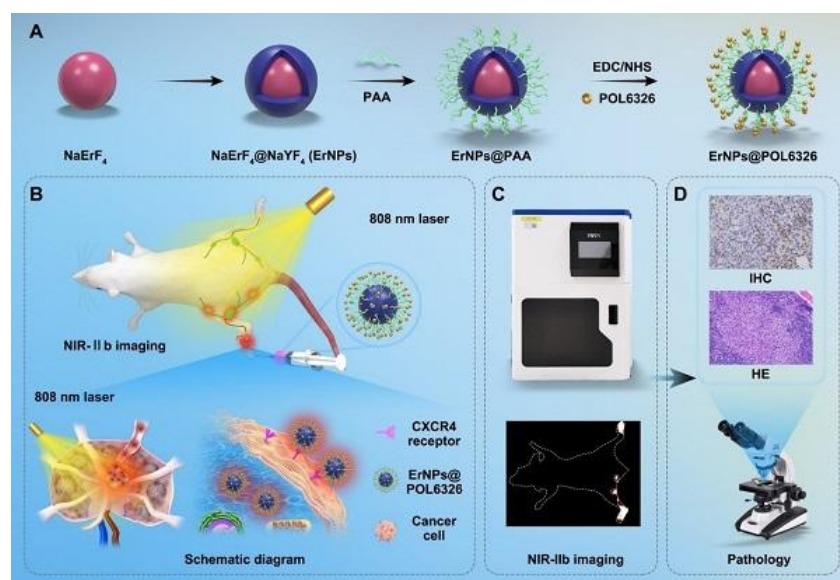


图 11 近红外二区稀土纳米探针实现乳腺癌前哨淋巴结转移精准无创评估示意图

鉴于此，福建物构所张云团队与厦门大学医学院及汕头大学医学院附属肿瘤医院通过多学科交叉合作，合成了一种新型近红外 IIb 区纳米探针

ErNPs@POL6326, 并基于该探针实现了在体实时识别乳腺癌前哨淋巴结转移状态, 避免了不必要的前哨淋巴结活检术, 预期可进一步降低淋巴水肿发生率(图 11)。

研究团队利用近红外 IIb 区发光的稀土下转换纳米颗粒作为发光元件, 肿瘤特异性靶点 CXCR4 的拮抗肽 Balixafortide(POL6326)作为靶向元件, 成功合成了一种新型近红外 IIb 区纳米探针 ErNPs@POL6326。与临床常用的 ICG 进行对比, ErNPs@POL6326 具有良好的光稳定性及耐光漂白性, 且分辨率更高, 穿透深度更深。研究显示 ErNPs@POL6326 在细胞及动物水平的实验提示该探针的生物相容性好、无明显毒副作用。而且针对高表达 CXCR4 的乳腺癌细胞系及荷瘤小鼠具有高度特异的肿瘤靶向性;在鼠源性及人源性乳腺癌 SLN 转移模型中可以实时精准识别转移淋巴结, 其灵敏度分别为 92.86%和 93.33%, 特异度分别为 96.15%和 96.08%(图 12)。

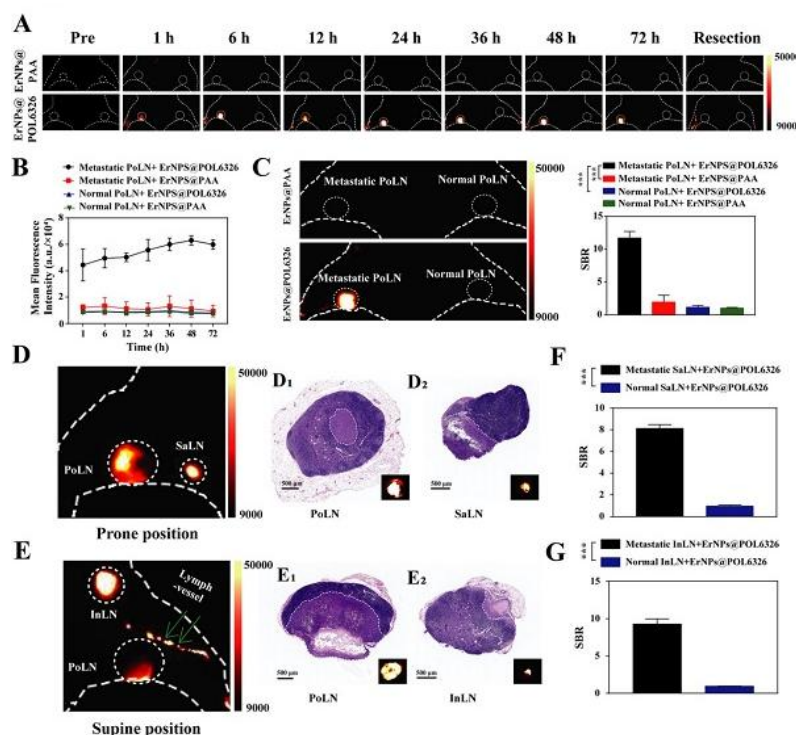


图 12 ErNPs@POL6326 在乳腺癌 SLN 转移小鼠模型的近红外 IIb 区荧光成像结果

综上所述, 该技术方法克服了可视光、近红外一区及近红外 IIa 区荧光成像穿透深度和分辨率低的局限性, 实质性地提高肿瘤成像信噪比和分辨率, 不但可以识别 SLN 宏转移, 还可检测早期微转移。相关研究工作以封面文章的形式发表于国际医学顶级期刊 Cancer Research(Cancer Res., 2023, 83, 3428-3441)。厦门大学医学院博士研究生朱媛媛、福建物构所宋良副研究员和汕头大学医学院附属肿瘤医院张永渠教授为论文的共同第一作者, 福建物构所张云研究员和厦门大学医学院张国君教授为论文的通讯作者。目前团队正加速该技术的临床实践, 期待日后能够为乳腺癌的早期精准诊疗决策的选择提供稀土方案。

(来源: 中科院福建物构所)



长春光机所研制出激光照明用青绿荧光透明陶瓷 填补国际空白

长春光机所发光学及应用国家重点实验室张家骅研究员主持的国家自然科学基金联合基金(吉林省)项目“面向激光照明的硅酸盐石榴石多色荧光透明陶瓷”(U22A20139)取得突破性进展, 研制出青绿荧光透明陶瓷, 填补国际空白, 为全色激光照明奠定了关键荧光材料基础, 研究结果发表在国际陶瓷领域顶级刊物《Journal of Advanced Ceramics》(2023, 12(9): 1731-1741)。

激光驱动荧光透明陶瓷是获得高亮度激光照明光源的优选方案, 在汽车、影视、搜救照明中具有迫切需求。目前, 激光照明可用的荧光透明陶瓷仅限于黄色 YAG:Ce 和绿色 LuAG:Ce 两种铝酸盐石榴石, 造成光源颜色不全, 色彩还原差的问题, 缺少青色是导致上述问题的根源, 被称为“青色空洞”(cyan cavity)。

为解决上述问题，项目组选择高效青绿荧光 $\text{Ca}_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ (CSS:Ce) 硅酸盐石榴石，开展陶瓷化研究，针对硅离子扩散系数小导致的陶瓷致密化难的瓶颈，提出基于烧结动力学原理的两步烧结策略，成功获得了高品质青绿荧光透明陶瓷。陶瓷适合蓝光激发，在发光波长处的透过率达 71%、内量子效率为 91%、荧光猝灭温度高达 838 K、抗辐照密度达到 45.6 W/mm^2 ，此激发密度下正向流明效率为 162 lm/W 。上述优良性能可与目前商用 YAG:Ce、LuAG:Ce 荧光透明陶瓷相媲美，充分表明，CSS:Ce 硅酸盐石榴石荧光透明陶瓷是激光照明用理想的青绿荧光转换体，将在填充“青色空洞”实现全色激光照明中发挥不可替代作用，具有广阔的应用前景。

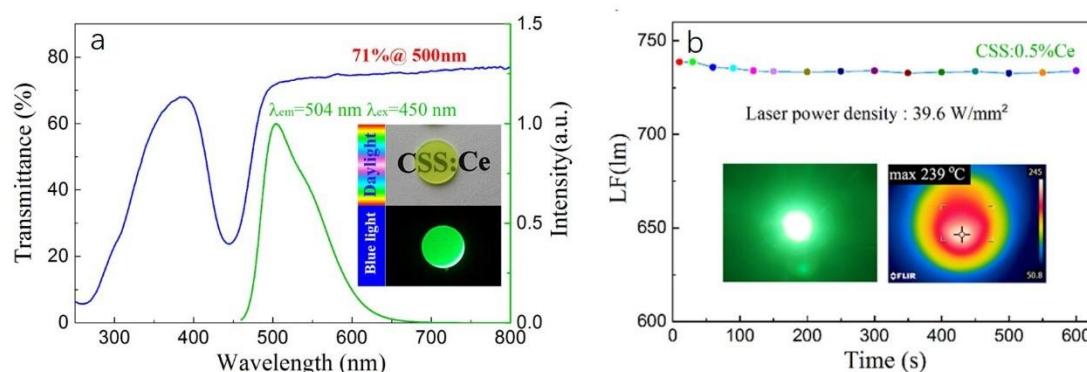


图 13 (a)CSS:Ce 青绿荧光透明陶瓷的发射光谱，透过光谱和在日光和蓝光下的图片；(b)高密度蓝色激光激发下，流明通量随时间的稳定输出，高亮度青绿荧光图片，陶瓷片温度分布图，最高为 239°C ，耐热性能优良

(来源：中科院长春光机所)

福建物构所稀土配位超分子主客体化学研究 取得进展

上转换发光是一种反斯托克斯光学过程，通常指吸收两个或多个近红外光子然后以辐射跃迁的方式发射出一个高能级光子的过程。由于近红外光在生物

组织中的低光损伤和深穿透性，使得上转换发光在众多领域都有很好的应用前景。然而，已知的上转换发光机制主要集中在金属离子之间的直接能量转移过程，而有机配体的作用往往被忽视。此外，受限于敏化剂和活化剂之间的长距离能量转移的限制，在稀土配位超分子组装体系中实现上转换发光是非常具有挑战性的。

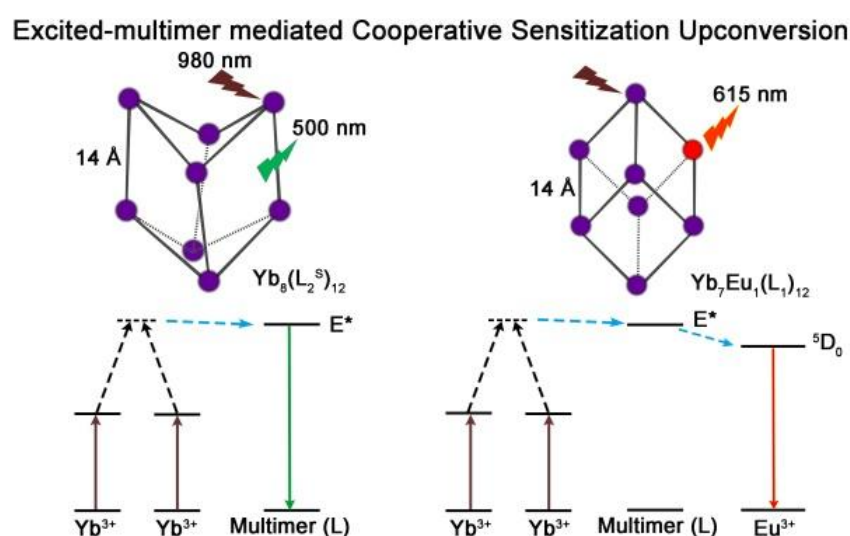


图 14 激发多聚态介导的协同敏化上转换发光示意图

基于此，中国科学院福建物质结构研究所结构化学国家重点实验室孙庆福研究员团队在前期稀土功能化超分子配合物的研究基础上，报道了两类配体激发多聚态介导的新型超分子上转换发光现象。作者通过配体外围取代基的细微变化诱导金属中心立体构型的控制，设计出了两种不同拓扑结构的 Ln_8L_{12} 型配位超分子结构。此类准立方体构型的镧系有机组装体通过抑制分子内配体之间的取向和振动表现出特有的组装诱导激发多聚态特征。因此，尽管该类配合物中的镧系离子之间的距离大于 1.4 nm， $\text{Yb}_8(\text{L}_2)_{12}$ 在 980 nm 激发下显示出前所未有的上转换多聚体的绿色荧光。此外，激发多聚态的能量还可以转移到部分掺杂的 Eu^{3+} 上，进而在 $(\text{Yb}/\text{Eu})_8\text{L}_{12}$ 配合物中通过激发多聚态介导的协同敏化上转换机制实现了上转换红光发射。

激发多聚态介导的超分子上转换策略克服了长程能量转移的限制，有望使镧系配位超分子体系成为生物应用中的新型上转换发光材料。相关研究成果发表在《美国化学会志》(J. Am. Chem. Soc., 2023, DOI: 10.1021/jacs.3c06775)，文章第一作者是国科大博士研究生段小芳。通讯作者是郭小青博士后和孙庆福研究员。该研究得到国家自然科学基金及国家重点研发计划等项目的支持。

(来源：福建物构所)

国常会：统筹稀土资源勘探、开发利用与规范管理 着力推动稀土产业高端化、智能化、绿色化发展

国务院总理李强近日主持召开国务院常务会议，研究推动稀土产业高质量发展有关工作，讨论《中华人民共和国国境卫生检疫法（修订草案）》，审议通过《中华人民共和国专利法实施细则（修正草案）》。

会议指出，稀土是战略性矿产资源。要统筹稀土资源勘探、开发利用与规范管理，统筹产学研用等各方面力量，积极推动新一代绿色高效采选冶技术研发应用，加大高端稀土新材料攻关和产业化进程，严厉打击非法开采、破坏生态等行为，着力推动稀土产业高端化、智能化、绿色化发展。

会议讨论并原则通过《中华人民共和国国境卫生检疫法（修订草案）》，决定将修订草案提请全国人大常委会审议。会议指出，我国口岸数量多、对外人员和货物来往频繁，修订完善国境卫生检疫相关法律有利于筑牢口岸检疫防线，更好保障人民健康和国家公共安全。要完善国境卫生检疫联防联控机制，压实各方责任，强化协同联动，加强口岸公共卫生能力建设，优化国境卫生检疫工作机制，建立健全常态和应急相结合的口岸传染病防控体系。要统筹做好国境卫生检疫和人员经贸往来，依法科学精准落实防控措施，优化查验检疫、医学巡查和卫生处理流程，提升工作效率，更好适应我国对外人员经贸往来加快恢复的需要。

会议强调，要深入贯彻落实党中央关于强化知识产权保护的决策部署，严格落实专利法实施细则，进一步完善专利申请和审查制度，提升我国专利创造、运用、保护、管理和服务水平，加强与有关国际条约的衔接，着力发挥专利法在促

进科技创新和新产业新赛道发展中的重要作用。要开展形式多样的知识产权普法宣传活动，大力营造保障和支持创新的法治环境。

会议还研究了其他事项。

（来源：央视新闻）

2023 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出缓慢下行的态势。本月平均价格指数为 227.3 点。价格指数最高为 10 月 9 日的 231.8 点，最低为 10 月 31 日的 222.4 点。高低点相差 9.4 点，波动幅度为 4.1%。

2023年10月稀土价格指数走势图



二、中钇富铈矿

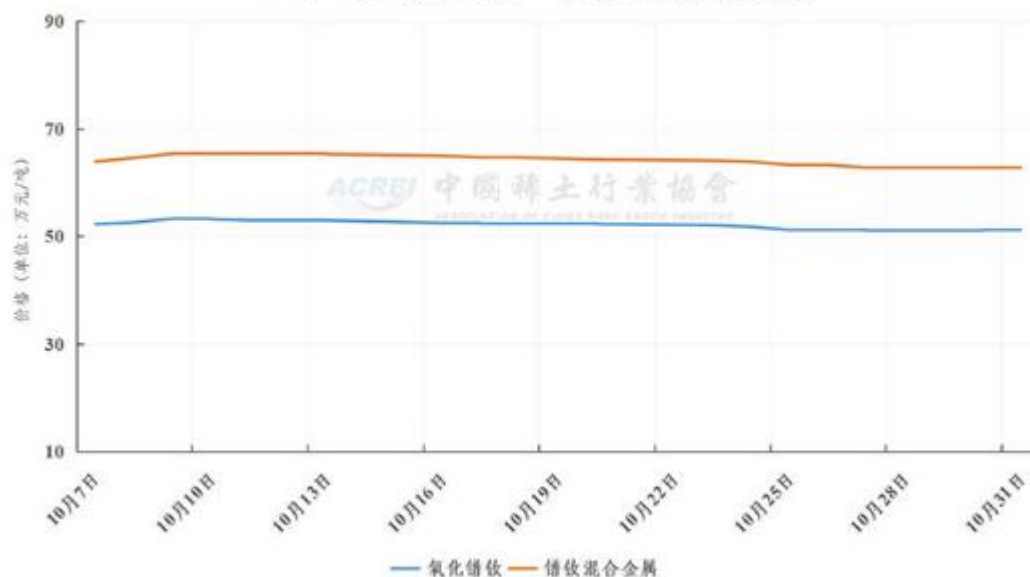
中钇富铈矿 10 月份均价为 24.53 万元/吨，环比上涨 0.4%。

三、主要稀土产品

（一）轻稀土

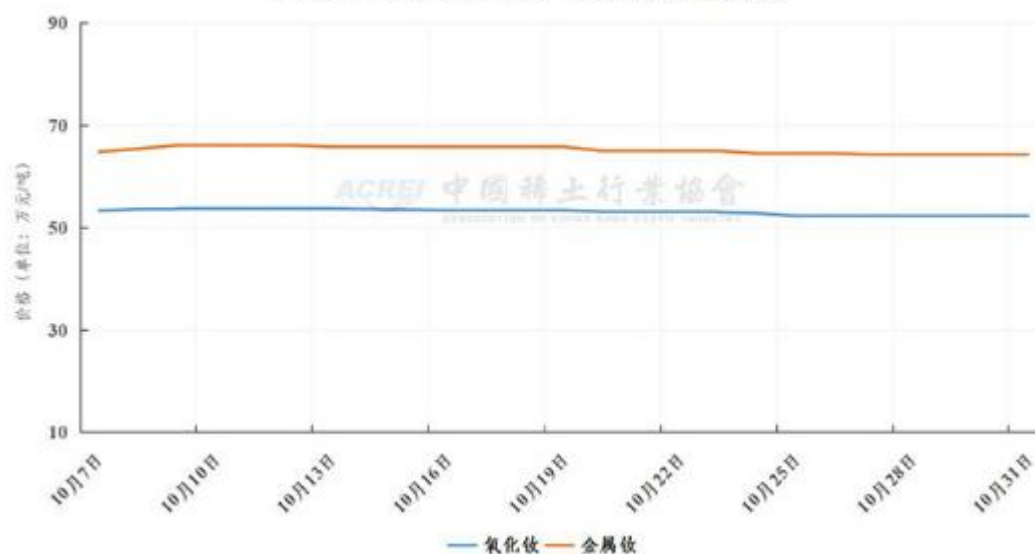
10 月份，氧化镨钕均价为 52.22 万元/吨，环比下跌 0.1%；金属镨钕均价为 64.30 万元/吨，环比上涨 0.7%。

2023年10月氧化镨钕、镨钕金属价格走势



10 月份，氧化钕均价为 53.13 万元/吨，环比下跌 0.1%；金属钕均价为 65.26 万元/吨，环比上涨 1.1%。

2023年10月氧化钕、金属钕价格走势

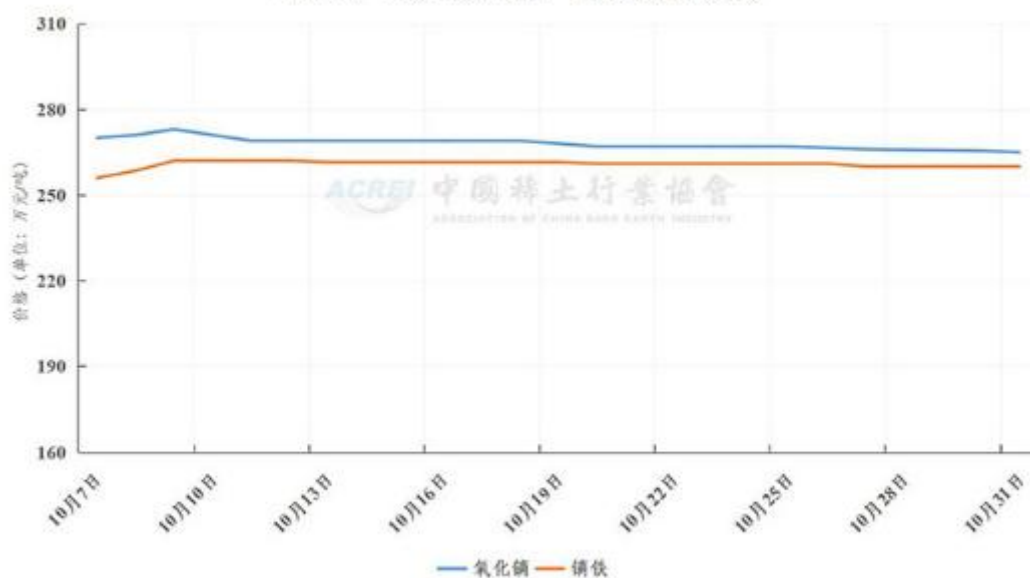


10 月份，氧化镨均价为 52.97 万元/吨，环比上涨 1.2%。99.9%氧化镧均价为 0.47 万元/吨，环比下跌 5.3%。99.99%氧化铈均价为 19.80 万元/吨，环比与上月持平。

(二) 重稀土

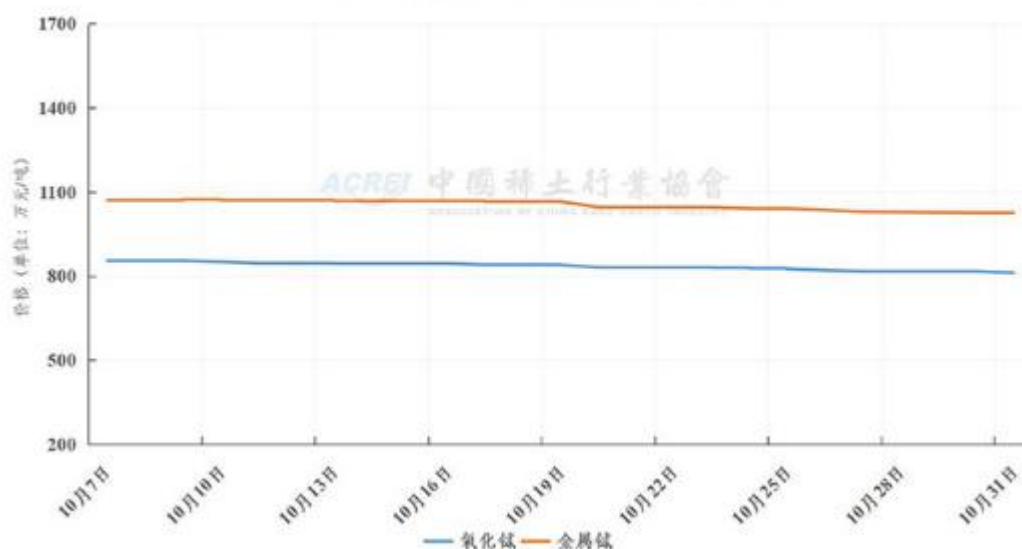
10 月份，氧化镨均价为 268.32 万元/吨，环比上涨 2.7%；镨铁均价为 260.79 万元/吨，环比上涨 3.5%。

2023年10月氧化镨、镨铁价格走势



10 月份，99.99%氧化铽均价为 835.95 万元/吨，环比下跌 1.9%；金属铽均价为 1054.50 万元/吨，环比下跌 0.4%。

2023年10月氧化铽、金属铽价格走势



10 月份，氧化钬均价为 61.44 万元/吨，环比下跌 5.2%；钬铁均价为 62.96

万元/吨，环比下跌 4.2%。



10 月份，99.999%氧化钕均价为 4.50 万元/吨，环比与上月持平。氧化铈均价为 30.38 万元/吨，环比上涨 0.3%。

表 1 2023 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	2023 年 9 月平均价	2023 年 10 月平均价	环比
氧化镧	≥ 99%	5.00	4.74	-5.20%
氧化铈	≥ 99%	5.00	4.74	-5.20%
氧化镨	≥ 99%	523.30	529.68	1.22%
氧化钕	≥ 99%	531.75	531.26	-0.09%
金属钕	≥ 99%	645.60	652.63	1.09%
氧化钐	≥ 99.9%	15.00	15.00	0.00%
氧化铕	≥ 99.99%	198.00	198.00	0.00%
氧化钇	≥ 99%	307.05	287.21	-6.46%
钇铁	≥ 99%Gd75%±2%	290.05	277.21	-4.43%
氧化铽	≥ 99.9%	8518.00	8359.47	-1.86%
金属铽	≥ 99%	10592.00	10545.00	-0.44%
氧化镱	≥ 99%	2613.75	2683.16	2.66%
镱铁	≥ 99%Dy80%	2518.50	2607.89	3.55%
氧化铊	≥ 99.5%	648.00	614.37	-5.19%
铊铁	≥ 99%Ho80%	657.10	629.58	-4.19%
氧化镱	≥ 99%	302.90	303.84	0.31%
氧化镱	≥ 99.99%	101.00	101.00	0.00%

市场行情

氧化镧	≥99.9%	5550.00	5550.00	0.00%
氧化钇	≥99.999%	45.00	45.00	0.00%
氧化镨钕	≥99%Nd ₂ O ₃ 75%	522.75	522.21	-0.10%
镨钕金属	≥99%Nd75%	638.50	642.95	0.70%

(来源：中国稀土行业协会)

稀土热电材料

材料的热电效应(thermoelectricity 简称 IE), 是电流引起的可逆热效应和温差引起的电效应的总称, 即是材料热能与电能之间相互耦合相互转化的效应, 包括塞贝克 (Seebeck)效应、帕尔帖(Peltier)效应和汤姆逊 (Thomson)效应。这三个效应不是独立的, 可通过 Kelvin 关系式联系在一起。电流引起的热效应即焦耳热效应是不可逆的, 因此不是热电效应。

热电材料是一种将热能和电能相互直接转换的功能材料。这种采用热电材料的能量转换技术具有结构简单体积小、可靠性高、制造及运行成本低、使用寿命长、应用范围宽和对环境友好的特点。

1823 年发现的 Seebeck 效应和 1834 年发现的 Peltier 效应分别为热电能量转换器和热电制冷的应用提供了理论基础。在此发现的基础上, 1911 年德国的阿特克希提出一个令人满意的温差制冷和发电的理论: 较好的温差电材料必须具有较高的 Seebeck 系数, 以保证有明显的温差电效应, 同时应有较小的热导率, 使热量能保持在接头附近, 另外还要求电阻较小, 使产生的焦耳热最小。温差电现象发现之后, 并未引起人们浓郁的兴趣, 直到 20 世纪 30 年代, 随着固体物理学的发展, 尤其是半导体物理的发展, 发现半导体材料的 Seebeck 系数可高于 $100\mu\text{V/K}$, 这才引起人们对温差电现象的再度重视。1949 年初, 前苏联科学家约飞提出了关于半导体的温差电的理论, 同时在实际应用方面做了许多有意义的工作。20 世纪 50 年代末期, 约飞与他的同事们从理论和实验上通过利用两种以上的半导体形成固溶体, 发现并制备了温差电性能优值较高的制冷

和发电材料。

(来源：中国稀金谷大数据)

我国稀土裂化催化剂的发展

我国从 1964 年开始了沸石裂化催化剂的研制工作，1970 年建成了稀 X 型沸石试验性生产装置，随之生产了稀土 Y 型沸石小球和微球裂化催化剂，后者表现出活性高、选择性好等优点。1976 年建成了我国第一套 REY 型沸石的生产装置，我国从此进入了稀土 Y 型石催化剂阶段。随后，催化剂的制备流程逐渐多样化，生产出不同品种的催化剂产品，满足了国内催化裂化加工的要求，催化剂的质量达到国外同类产品的水平。这时期发展的均为全合成硅铝基质添加 REY 型沸石制成的裂化催化剂。20 世纪 80 年代开发的催化剂其活性组分仍为 REY 型沸石，但基质有较大改进，90 年代又开发成功超稳 Y 型(USY)沸石，使生焦率降低，汽油辛烷值提高。不少催化剂产品的性能甚至超过了进口产品。

稀土 Y(REY) 型沸石催化剂裂化活性高，已普遍应用，但焦炭和干气产率也高，掺炼重油比较困难。超稳 Y(USY) 型催化剂虽然汽油辛烷值高、生焦率也低，但裂化活性相对偏低，要求重油比较大，且对 FCCU 及操作条件要求苛刻，操作成本高，在国内原有 FCCU 上推广应用受到限制。

为此中国石油化工科学研究院与不同厂家合作于 20 世纪 90 年代研究开发了一系列稀土 Y (REHY)型化催化剂，其性能介于 REY 和 USY 催化剂之间，

既具有良好的焦炭选择性，又有较高的活性稳定性，适于多数 FCCU 炼重油，并可得到较好的产品分布。近年来我国又开发了采用稀土氢 Y (REHY) 和稀土超稳 Y (REUSY) 沸石为催化剂的活性组分，制成含 REHY 和 REUSY 的催化催化剂，比含纯 REY 或含纯 USY 的沸石裂化催化剂的性能均有所提高，如比采用 REY 型催化剂的汽油和轻质油的回收率高，比原来采用 USY 型催化剂的裂化活性有提高，产品质量也有改进。

（来源：中国稀金谷大数据）

微量镧对 Cu-Ni-Si 合金铸态组织及性能影响研究

通过光学金相、能谱分析、电子背散射衍射以及拉伸试验、电化学实验等手段研究了微量 La 对某 Cu-Ni-Si 系合金 (C7025) 铸态宏微观组织、力学性能及抗腐蚀性能的影响。结果表明: 适量的 La 可显著细化铸态组织, 随着 La 含量的增加, 基体中第二相由颗粒状变为长条状, 且沿晶界分布; 在铸锭中加入适量 La 可提高合金的屈服强度和抗拉强度, 添加 0.044% (质量分数) La 时屈服强度和抗拉强度可达最大值分别为 322.2 和 444.8 MPa, 同时发现, Cu-Ni-Si 系合金的屈服和抗拉强度随 La 含量继续提高呈现独特的“M”形变化趋势; 当 La 添加量为 0.17% 时, 晶粒平均尺寸最小为 95.3 μm ; 此外适量 La 的添加可提高合金耐蚀性, La 含量为 0.17% 时耐蚀性最好。

(来源: 中国稀土学报)

CeO₂ 含量对 CaO-Al₂O₃ 精炼渣熔化性能的影响

精炼渣中加入稀土氧化物, 具有吸附 Al₂O₃ 夹杂物、提高精炼工艺的脱氧率和减小夹杂物尺寸的作用, 但是 CeO₂ 含量对炉渣熔化性能的影响机制仍不明确。采用 XRD 和扫描电镜等分析测试手段对 CaO-Al₂O₃-CeO₂ 炉渣微观结构进行了表征, 随着炉渣中 CeO₂ 含量增高, 12CaO·7Al₂O₃, CaO·Al₂O₃ 以及 3CaO·Al₂O₃ 含量减少, 2CaO·Ce₂O₃·Al₂O₃ 含量增加。采用热分析仪对炉渣熔化温度进行了测量, 发现随着 CeO₂ 含量的增加, 炉渣熔化温度先下降后增加, 吸热峰面积呈现整体减小趋势, 由 200.65 J g⁻¹ 下降到 57.36 J g⁻¹, 表明炉渣的低熔点矿相结构比例生成趋势降低, 生成量减少。采用质量作用浓度模型, 研究炉渣中加入 CeO₂

后组元活度的变化规律；结果表明：随着 CeO_2 加入量的增加， CaO 活度先增加后减少， Al_2O_3 和铝酸钙类化合物($x\text{CaO } y\text{Al}_2\text{O}_3$)的活度逐渐减少， Ce_yO_x 和稀土复合化合物($x\text{CaO } y\text{Ce}_2\text{O}_3\text{ } z\text{Al}_2\text{O}_3$)活度逐渐增加。采用 BP 神经网络建立炉渣成分活度与熔化温度之间的回归模型，采用组元活度预测炉渣的熔化温度，模型拟合精度较高，并以 MIV 算法为基础，评价了各组元对熔化温度的累计贡献率，为炉渣的优化提供了理论基础。

（来源：中国稀土学报）



Ce 对 Q235B 钢中夹杂物和力学性能的影响研究

为研究 Ce 加入量对 Q235B 钢中 Ce 含量、钢中气体含量、力学性能以及夹杂物的影响，进行了低合金钢 Q235B 在 25 kg 真空感应加热炉添加 Ce 的研究，对试验样品分别进行了 Ce 含量、Ce 固溶比、氧氮含量、力学性能及夹杂物评级等分析。结果表明，在低合金钢 Q235B 中添加 Ce 的收得率最高为 23.33%，最低为 19.11%。在 Ce 含量小于 670×10^{-6} 时，固溶比均为 50% 左右，当 Ce 加入量为 670×10^{-6} 及 860×10^{-6} 时，Ce 固溶比波动极大；Ce 含量与氧氮含量的关系呈降低→增加→降低→增加关系；Ce 含量对 Q235B 力学性能无明显改变；钢中 Ce 含量在 0 至 60×10^{-6} 之间，钢中 B 类夹杂物评级为 0，当 Ce 含量在 200×10^{-6} 至 330×10^{-6} 之间时，钢中 B 类夹杂物评级增加，当 Ce 含量在 400×10^{-6} 至 560×10^{-6} 之间时，B 类夹杂物评级降低，当 Ce 含量为 670×10^{-6} 及 860×10^{-6} 时，B 类夹杂物评级再次上升，当 Ce 加入到钢中，D 类夹杂物评级增加。

（来源：稀土）

混合稀土(La, Ce)对 7A04 铝合金组织与性能的影响

采用铸造的方法制备了 La/Ce 配比不同及含量不同的 7A04 铝合金, 通过光学显微镜、扫描电镜、X 射线衍射分析、显微硬度和耐腐蚀性能测试等手段, 研究了混合稀土(La, Ce)配比不同及含量不同对 7A04 铝合金组织和性能的影响。结果表明, 添加一定量的混合稀土后, 7A04 铝合金主要由 α -Al 基体、 MgZn_2 和 Al_2Cu 第二相、 $\text{Al}_8\text{Cu}_4(\text{LaCe})$ 和 $\text{Al}_3(\text{LaCe})$ 稀土相所组成, 其中稀土相主要呈块状和骨骼状分布于晶界处, 有效抑制了晶粒的生长, 铝合金晶粒得到明显细化; 铝合金的显微硬度和耐腐蚀性能均随稀土含量的增加呈先增大后减小的变化趋势, 在 La/Ce 配比为 7 : 3、含量为 0.8% 时铝合金的硬度值最大为 225 HV0.3, 相对未添加稀土的铝合金硬度提高了 31%; 在 La/Ce 配比为 5 : 5、含量为 0.5% 时铝合金的腐蚀速率和腐蚀电流密度值最低, 容抗弧半径最大, 其耐腐性能最好。

(来源: 稀土)

中国稀土学报 (2023 No.5)

综合评述

热障涂层陶瓷层材料研究进展

稀土发光

荧光粉 $\text{Ca}_3\text{NbGa}_3\text{Si}_2\text{O}_{14}:\text{Dy}^{3+}/\text{Tm}^{3+}$ 的制备及其发光性能的研究

稀土催化

WO_x/CeO_2 蜂窝脱硝催化剂的性能及反应机制研究

球磨酸浸对稀土精矿催化剂 $\text{NH}_3\text{-SCR}$ 脱硝催化性能的影响

磁学和磁性材料

$\text{Dy}_{13.60}\text{Ni}_{3.34}\text{In}_{3.06}$ 合金磁相变与磁热性能研究

Ni^{2+} 掺杂钙钛矿锰氧化物 $\text{La}_{0.65}\text{Ca}_{0.35}\text{MnO}_3$ 的磁性和临界行为研究

稀土新材料

固体电解质 $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.16}\text{Pr}_x\text{Gd}_{0.04-x}\text{O}_{1.9}$ 制备与性能研究

微乳液法合成 $\text{La}_2\text{Ce}_2\text{O}_7$ 纳米粉体及其烧结性能的研究

稀土化学与湿法冶金

镧、钕改性沸石吸附水中磷的研究

稀土金属学与火法冶金

微量镧对 Cu-Ni-Si 合金铸态组织及性能影响研究

$\text{LiF-YbF}_3\text{-Yb}_2\text{O}_3$ 熔盐及 Ni-Yb 合金粘度性质研究

稀土应用

基于多掺杂的 CeO_2 和 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Fe}_{0.7}\text{Ni}_{0.3}\text{O}_{3-\delta}$ 极限电流型氧传感器的制备及性能研

究

$\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ 对铜电沉积层晶粒细化的作用研究

痕量稀土对 Super304 不锈钢冲击性能的影响

CeO_2 含量对 $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$ 精炼渣熔化性能的影响

纳米氧化镧对植物暗形态建成的影响

不同刈割强度下稀土超富集植物芒萁的超补偿生长及净化稀土效应

稀土地矿

中印度洋盆岩心沉积物中稀土元素赋存特征

复合捕收剂对白云鄂博稀土矿浮选分离效果的影响研究

(来源: 中国稀土学报)



稀土化合物与应用 (2023 No.5)

进展与述评

稀土改性锂基氧化物固态电解质研究现状与展望

稀土发光配合物及其在有机发光二极管中的应用

微生物技术在稀土资源利用中的研究进展

研究与开发

稀土倍半氧化物晶体材料研究进展

镧离子印迹聚合物 La- IP/P-SBA-15 的制备及其吸附性能

稀土功能材料的创新合作演进研究

(来源: 稀土化合物与应用)