

# 离子型稀土信息简报

## Ionic Rare Earth Information Bulletin

2024年 第03期 总第125期

### 本期要闻

- ◎ 我国科研团队牵头建立首个矿物超族分类命名方案 “碳锶铈矿超族”获得批准
- ◎ 全球竞赛高科技 多国想方设法拓稀土资源 美四处寻合作 中国地位不可撼动!
- ◎ 中国稀土集团牵头起草的《钹铁硼焙烧再生原料》国家标准获批正式立项!
- ◎ 《关于加快推动制造业绿色化发展的指导意见》发布 提升稀土、稀有金属等战略性矿产资源保障能力

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](mailto:jxlzxt_2016@163.com)

◆邮编：341000

◆传真：0797-8160033

◆网址：<http://www.jxlzxt.com/>

# 目次

## ◇ 行业动态 1-15

- ◎ 我国科研团队牵头建立首个矿物超族分类命名方案 “碳锶铈矿超族” 获得批准
- ◎ 全球竞赛高科技 多国想方设法拓稀土资源 美四处寻合作 中国地位不可撼动!
- ◎ 中国稀土集团牵头起草的《钕铁硼焙烧再生原料》国家标准获批正式立项!
- ◎ 印度发布关键矿产投资指南 指南详细介绍锂、镍、铜、铝土矿和稀土等矿产储量和产量
- ◎ 澳越两国开始关键矿产合作谈判 越南丰富稀土资源引澳矿企关注
- ◎ 外媒：马来西亚向中国寻求稀土合作 以开发本国矿藏

## ◇ 科技前沿 16-24

- ◎ 哈尔滨工业大学：首次揭示尺寸依赖的稀土离子能量传递机制
- ◎ 中国计量大学：在基于稀土氟化物纳米晶的延时三维 X 射线成像应用方面取得重要进展
- ◎ 新研究可快速合成稀土荧光粉-玻璃复合材料
- ◎ 中科院广州地化所：联合 Ce-Nd 稳定同位素可作为定量表征地表环境氧化还原状态的新指标

## ◇ 政策法规 25-26

- ◎ 《关于加快推动制造业绿色化发展的指导意见》发布 提升稀土、稀有金属等战略性矿产资源保障能力

## ◇ 市场行情 27-31

- ◎ 2024 年 3 月稀土价格走势

## ◇ 稀土知识 32-34

- ◎ 稀土贮氢材料制备技术
- ◎ 稀土金属在贵金属及其合金中的作用

◇ **文章摘要** **35-37**

---

- ◎ 热处理对 Mg-9Gd-2Nd-1Ca-0.5Zr 合金显微组织及力学性能的影响
- ◎ 不同取代基对位苯甲酸镧的制备及其对 PVC 热稳定性能的影响
- ◎ 离子吸附型稀土矿浸矿剂溶液优化试验研究
- ◎ 镧铈氧化物及其复合纳米纤维材料的除磷性能研究

◇ **期刊目录** **38-39**

---

- ◎ 稀土 (2024 No.2)
- ◎ 中国稀土学报 (2024 年 3 月网络首发)

◇ **专利简介** **40-41**

---

- ◎ 一种通过溶液结构转型从稀土生物浸出液中回收稀土的方法
- ◎ 一种稀土强酸催化剂及其制备方法

◇ **专利目录** **42-42**

---

- ◎ 2024 年 3 月新增公开/公告专利 (部分)

## 我国科研团队牵头建立首个矿物超族分类命名方案 “碳锶铈矿超族”获得批准

日前，由侯增谦院士团队牵头国际研究小组建立的碳锶铈矿超族分类命名方案获得国际矿物学协会新矿物命名及分类委员会(IMA-CNMNC)的正式批准。“这是第一个由我国科研团队主导建立的矿物超族分类命名体系。”中国新矿物及矿物命名专业委员会副主任委员谷湘平介绍。

碳锶铈矿超族是含水稀土碳酸盐矿物。稀土因其独特的物理化学性质，广泛应用于新能源、新材料、节能环保、航空航天以及电子信息等领域，是现代工业中不可或缺的重要元素。

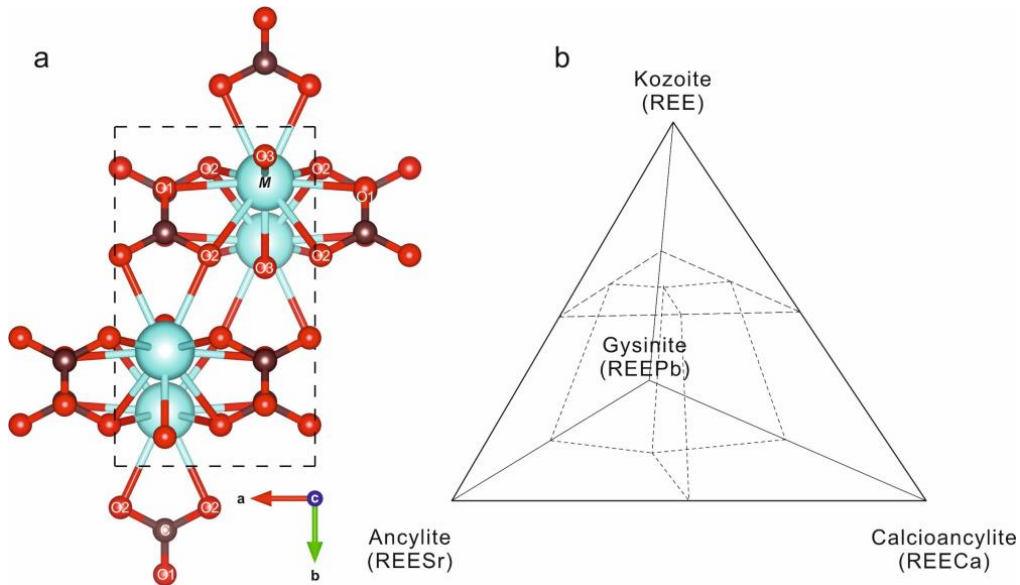


图1 碳锶铈矿超族矿物晶体结构模型图与分类边界三元图

国际同行认为，碳锶铈矿超族建立不仅明确了该矿物超族的化学通式、分类边界和命名原则，为晶体学家和矿物学家传达重要的矿物化学信息，同时可以为稀土元素在碱性岩和碳酸岩中的迁移、沉淀机制研究提供新的参考。

命名方案的第一作者、中国地质大学（北京）博士研究生王艳娟介绍，新矿物的发现与矿物分类命名是地学领域重要的基础研究，科学的分类命名方案可

以为人类认识复杂的矿物系统以及如何将矿物归类提供国际标准规范。截至目前，经由IMA-CNMNC正式批准和认可的矿物超族共34个，独立分级的矿物族31个。

“长时间以来，制定矿物超族分类命名方案的研究工作一直被西方国家垄断，碳锶铈矿超族的建立，提高了我国矿物学的基础研究水平和国际影响力。”王艳娟说。

(来源：新华社)

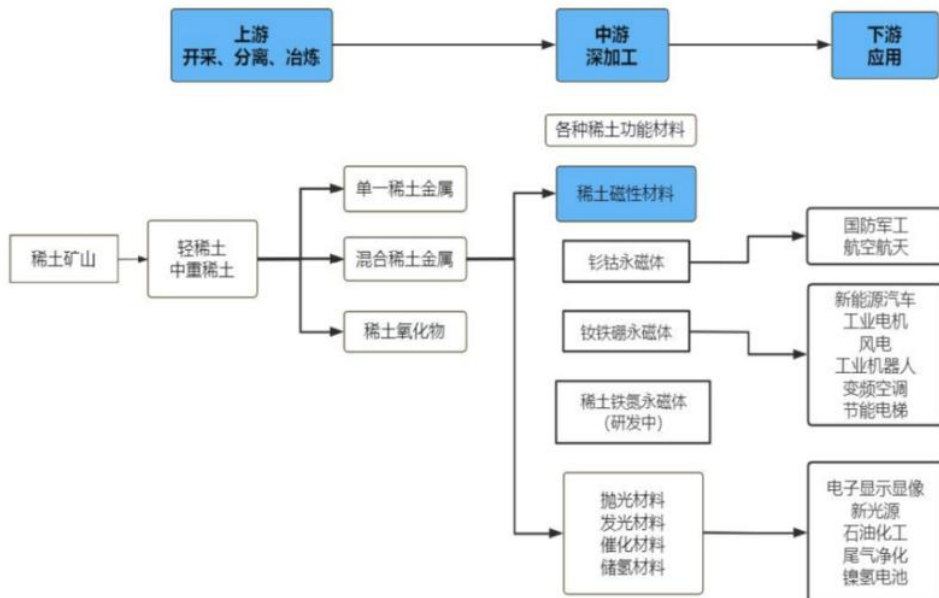


## 全球竞赛高科技 多国想方设法拓稀土资源 美四处寻合作 中国地位不可撼动!

### 稀土重要性凸显 多国想方设法拓展资源

稀土资源被称为现代工业的“维生素”，在军事、科技、新能源等领域有着广泛的应用，随着全球新能源产业兴起、人工智能等浪潮的到来，全球进入高科技竞赛时代，未来稀土元素的重要性和价值将会进一步凸显。

稀土产业链



据美国地质调查局 USGS 发布的数据显示，2022 年全球稀土资源总产量达到 30 万吨，其中，中国（占比最大，为 70.0%）、美国、澳大利亚、缅甸、泰国，为全球稀土产量排名前五的国家，合计产量占比为 96.7%。

稀土供应链已逐渐成为国际政治和经济的焦点，这也是近几年多个国家竞相发展稀土产业的重要原因。作为军工、高科技大国的美国，对稀土资源和技术的需求更为迫切。

### 马来西亚向中国寻求进口稀土加工技术

2024 年 3 月 18 日，据新加坡《海峡时报》报道，马来西亚正在向中国寻求进口稀土加工技术，以期开发本国价值近 1 万亿林吉特（1 马来西亚林吉特约合 1.5 元人民币）的矿藏。马来西亚内阁已责成科技与创新部长郑立慷于 4 月底访华，寻找一家公司在马来西亚投资稀土精炼厂。

马来西亚自然资源、环境与气候变化部部长聂纳兹米去年 6 月表示，该国拥有超过 1600 万吨非放射性稀土元素，政府估值约 8000 亿林吉特。一些专家认为，随着需求增加，这些矿产价值将很快突破 1 万亿林吉特。

为了从这些矿产中获取更多的经济价值，马来西亚政府从今年 1 月 1 日起暂停出口未经加工的稀土。马来西亚总理安瓦尔对此表示，政府将支持国内稀土产业的发展，并计划绘制稀土元素资源的详细测绘图，发展结合上中下游一体化的综合商业模式，以维持马来西亚的稀土价值链。这意味着马来西亚将致力于提升稀土产业的附加值，通过加工和精炼稀土原材料，再出口高附加值的稀土产品。

马来西亚的稀土储量虽然仅占世界稀土储量的一小部分，但政府显然看到了稀土产业的巨大潜力。根据政府的预期，稀土行业预计在 2025 年使国内生产总值增加 95 亿林吉特（增加 0.5%），并创造 7000 个就业机会的目标。因此，通过禁止稀土原材料出口，马来西亚政府旨在确保国内稀土产业的稳定发展，



并吸引更多的投资和技术支持。

### 澳大利亚加大开发稀土项目

2024年3月21日，澳大利亚初级勘探公司流星资源公司(Meteoric Resources)宣布，公司收到美国进出口银行投资意向书。公司称，已经准备签署非约束协议，为其在巴西的卡尔德拉(Caldeira)离子稀土项目融资2.5亿美元。卡尔德拉是巴西近年发现的最大离子型稀土矿之一。目前，该矿推测矿石资源量为4.09亿吨，总稀土氧化物(TREO)品位0.26%。

2024年3月14日，据澳大利亚广播公司报道，澳大利亚联邦政府将以贷款和补助形式，向矿业公司阿拉弗拉(Arafura)注资8.4亿澳元(约合人民币40亿元)，以推进该公司诺兰斯稀土矿项目(Nolans Project)的开发。澳资源部长玛德琳·金表示，政府投资该项目的目的是确保澳大利亚能够利用其丰富的稀有矿产资源，并在世界舞台上利用这些自然资源展开竞争。

2024年1月，澳大利亚资源部长玛德琳·金在政府官网发布公告称，澳大利亚将投入2200万澳元支持该国关键矿产行业的发展，加大对稀土资源的开发和研发投入。这项资金支持的3个项目，中澳大利亚核科学技术组织(ANSTO)获得资助大头，政府将提供1390万澳元用于加速从低品位矿床中发现、提取和加工稀土元素的研究项目。

澳大利亚资源已探明稀土资源约为320万吨，2019年澳大利亚斥资约2146万人民币启动15个稀土项目，竭力加大产能，抢占更多国际稀土供应市场份额。

### 2020年 美澳日印达成了协议

加强稀土合作 2020年底，美国与澳大利亚、日本、印度达成了协议，加强稀土合作，澳大利亚是稀土矿重要提供者。

### 全球第二大稀土储量国——蒙古被美、韩盯上

蒙古拥有3100万吨的稀土储量，占据全球已探明储量的20%以上，仅次于

中国，蒙古还有七个稀土元素的成矿带。

2023年6月，韩国外交部发表声明称，经过韩方的不懈努力，蒙古宣布与美国和韩国达成了关键的矿产协商机制，以讨论合作开发稀土等问题。

针对此三方合作协议，中国外交部表示，尊重蒙古国独立外交政策的选择。可以看到，中方完全不担心美蒙进行矿产合作，能绕开自己的重要金属出口管制。

中国对此态度平和也能从蒙古国总理的讲话中得到答案。蒙古国总理奥云额尔登在提到美蒙矿产合作协议时，承认该国存在基础设施缺乏和腐败等问题，使得蒙古国空有数千万吨矿产资源，却没有足够的吸引外国投资能力。

行业人士认为，蒙古国稀土资源储量丰富，但开发利用程度目前还很低。首先，蒙古国经济发展水平落后，资金匮乏，缺少资源开发所必须的资金。其次，蒙古国稀土冶炼技术落后，再加上缺水缺电，稀土加工工业几乎是一片空白，处于产业链的最下端。再次，蒙古国交通运输水平落后，公路覆盖率极低，铁路也是大多数苏联时期修建的宽轨铁路，道路老化严重，无法与周边国家实现互联互通，而且年久失修，运输能力十分低下。此外，蒙古国与美国和韩国并不接壤，想要顺利卖出去，就必须依靠中国的港口。

### 全球第三大稀土储量国——越南 拟扩产稀土产量

据美国地质调查局数据显示，越南是世界第三大稀土储量国，估计拥有稀土储量2200万吨。据统计，2022年越南稀土产量从2021年的400吨跃升至4300吨。一年的时间越南稀土产量增幅接近10倍。越南计划到2030年之后，再开发3至4个新矿，到2050年将稀土原料产量提高到211万吨。

2023年7月越南副总理陈红河就签署了一项政府计划，该计划称在北部省份莱州、老街和安沛的九个稀土矿的开采将有助于提高产量。

据2023年10月媒体报道，越南政府打算在2023年年底开始招标，准备在明年重启对东堡矿的开发计划。东堡矿是越南最大的稀土矿场，位于中部高原地



区，于 2014 年获得开采许可，但一直处于闲置状态。此前日本企业曾尝试过要对该矿山进行投资开采，但最终放弃。越南矿业公司的官员表示，如果该矿能有效开发的话，将推动越南跻身世界顶级稀土国家之列。

除采矿业外，越南还表示将寻求投资者投资稀土采矿设施，目标是到 2030 年，稀土氧化物的产量将有 2 万吨到 6 万吨。但行业人士认为，虽然越南稀土资源储量约为中国储量的一半，但越南稀土矿产技术和设备滞后、产能有限，稀土开采之后，还需要处理其中的放射性元素，以进行提纯。越南根本不具备这方面成熟的技术。越南的增产计划短期内对稀土的全球供应格局无太大影响。

### 拜登用芯片当“见面礼”找越南换稀土

2023 年 9 月 10 日到 11 日，美国总统拜登到越南进行了访问，美越双方宣称已建立全面战略伙伴关系，将展开一系列经济合作。其中，其中就包括稀土资源与技术合作。美国称要与越南在半导体供应链、劳动力发展、科研和矿产供应链等多个领域加强合作，吸引美国在半导体领域投资越南的其中一个大的因素，是越南稀土资源的诱惑力。

为表诚意，此次访越期间，拜登不仅达成了稀土资源的技术合作，还涉及到半导体、人工智能、云计算、航空市场、汽车等等一系列高科技产业的投资部署。可见拜登此行对稀土产业布局的重视。

### 印度也展现“野心”

据美国地质调查局 USGS 发布的数据显示，在 2022 年，印度的稀土资源储量达到了 690 万吨，占全球总储量的 5.3%，位居世界第五；但在同一年，印度的稀土产量仅为 2900 吨，占全球总产量的 1%，位居世界第七。印度稀土资源主要是独居石，分布在海滨砂矿和内陆砂矿中。

目前印度仍面临着稀土供应短缺的问题，因缺乏相关技术和资金支持。为了确保本国在物联网、人工智能、机器人等高新技术领域的稳定供应和竞争地位，

印度表示要加快对稀土采矿技术能力的提升。据印度唯一的稀土生产商--IREL表示,拟在 2023-2032 年间将每年含稀土矿石开采能力提高 400%,从 1000 万吨增长到 5000 万吨。除此之外,印度还积极参与由美国领导的国际矿产安全伙伴关系圈子,并且与越南加强合作,以促进贸易发展。

### **中国资源、工艺技术优势无法撼动!**

据美国地质调查局数据显示,2023 年,全球稀土产量约 35 万吨,同比增长 16.67%。其中,中国稀土产量最高,为 24 万吨,占全球总产量的 68.57%,同比增长 14.29%。2023 年,全球稀土储量预计 1.1 亿吨,同比减少 15.38%。其中,中国稀土储量最高,为 4400 万吨,占全球总储量的 40.00%。

此外,中国占全球稀土加工的 85%和稀土磁铁生产的 90%,这些都使得中国在稀土领域具有强大的优势,能够稳定地满足国内外市场的需求。

中国不仅在稀土资源方面拥有不可替代的优势,其在稀土矿提取和加工方面也拥有先进的技术和经验优势。多年来,中国在稀土提取技术方面进行了大量的研发和投资,形成了一套完整的产业链,从采矿、提取、分离到深加工,各个环节都具备了较高的技术水平。也使得中国在稀土产品质量、成本控制和生产效率等方面都具有明显的竞争优势。同时,中国的稀土加工企业也积累了丰富的经验,能够根据不同的需求和市场变化灵活调整生产策略,满足客户的多样化需求。

凭借这些优势,中国在全球稀土市场拥有不可撼动的重要地位,承担着为全球供应稀土的重要责任。随着人工智能、数字化、新能源、军工等领域地不断发展,中国有望在未来继续巩固和提升其价值和重要性。

**但目前稀土产业也存在一些问题有待完善,如:**

1、恶性竞争和竞相压价导致稀土并未卖出与其战略价值相匹配的价格,造成了资源的极大浪费。

2、稀土开采和生产过程中产生的废水、废气和固体废物对环境造成了严重污染。稀土矿山开采和冶炼过程中会产生大量的酸性废水和含重金属废料，这些废料对土壤和水源造成了严重的污染，对生态环境产生了巨大影响。

3、稀土矿资源综合利用程度不高，无序开采和资源浪费现象仍然存在。

4、目前我国大部分稀土产品仍然停留在初级加工阶段，低附加值产品占比较高。稀土产业链在技术创新方面相对滞后，核心技术受制于人。稀土材料的研发和生产需要掌握先进的加工技术和高端设备，而这方面在国内还存在明显的短板。这些问题不仅限制了稀土资源优势的充分发挥，也影响了中国在稀土市场上的定价能力。同时，由于生产主要集中在低附加值环节，稀土产业链的利润空间相对较低。

行业人士认为，中国稀土产业需要加快向高附加值产品转型，加强稀土新材料、新工艺的研发和应用，提高稀土产品的技术含量和附加值；同时，推动稀土产业链上下游的协同发展，形成完整的产业链和产业集群，提高整个产业的竞争力。此外，政府和企业也应加强合作，制定科学的稀土产业发展战略和政策措施，引导和推动稀土产业的健康发展。通过加强监管、优化资源配置、推动技术创新等方式，提高稀土产业的整体水平和竞争力。通过充分发挥稀土资源的优势，提高中国在全球稀土市场上的地位和影响力。

稀土已经成为全球经济、科技、军事发展必不可少的重要资源，各大经济体均已意识到稀土产业的重要性，纷纷加大投入，四处寻找资源及合作。稀土作为全球宝贵的稀有资源，中国方面，应充分发挥自身优势，加强资源保护、技术创新、绿色发展，推动稀土产业向更高层次、更高质量发展，提升中国在全球稀土市场中的影响力和话语权。

（来源：SMM）

## 中国稀土集团牵头起草的 《钕铁硼焙烧再生原料》国家标准获批正式立项！

据中国稀土集团消息：日前，国家标准化管理委员会发布《国家标准化管理委员会关于下达 2024 年第一批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发〔2024〕16 号），由中国稀土集团牵头起草的《钕铁硼焙烧再生原料》获批正式立项（计划号：20240509-T-469）。这是第一项中国稀土集团作为牵头单位制定的国家标准。

钕铁硼焙烧再生原料作为一种优质的稀土二次资源，能有效反哺我国原生矿稀土资源的空缺，缓解行业供需矛盾，保障资源供应链安全。《钕铁硼焙烧再生原料》国家标准的制定，不仅有助于统一和规范钕铁硼焙烧再生原料产品的化学成分等指标项目和参数，提高资源循环利用水平，还能够促进钕铁硼焙烧再生原料的国内外流通贸易，为助力稀土行业健康发展提供重要的资源保障。

中国稀土集团作为承担稀土行业整合特色使命的中央企业，肩负着保障国家稀土战略资源安全、维护稀土产业链供应链稳定的重要使命。下一步，中国稀土集团将联合行业企业、技术单位，共同开展《钕铁硼焙烧再生原料》国家标准研制，加快标准报批发布和实施应用，畅通稀土再生资源国内国际双循环路径，以标准化推动我国稀土资源综合利用产业绿色高质量发展。

（来源：中国稀土集团）



## 印度发布关键矿产投资指南 指南详细介绍 锂、镍、铜、铝土矿和稀土等矿产储量和产量

近年来，随着清洁能源转型和高技术产业的发展，全球对于关键矿产的需

求日益增长。为此，各国政府对关键矿产愈加重视，纷纷出台政策和措施以确保供应。作为全球第五大经济体的印度，显然也意识到了这一点，并有所动作。2023年12月份，印度矿业部宣布，将启动首批关键矿产区块拍卖。2024年1月份，印度国有公司 KABIL 与阿根廷国有矿业公司 CAMYEN 签署了一项重要的锂勘探协议。种种迹象表明，印度正在通过各项政策和举措，确保关键矿产供应的安全和稳定。

### 政策及举措齐出

加大关键矿产开发力度 2023年2月份，印度矿业部宣布，印度地质调查局(GSI)在查谟和克什米尔地区 Reasi 发现该国首个大型锂矿藏，初步推断资源量为 590 万吨。首个大型锂矿藏的发现，为印度确保能源转型所需关键矿产的供应增添了底气，也为其在该国境内其他地区的勘探业务提振了信心。

2023年8月份，印度议会通过相关法律规定，允许政府拍卖和开采新发现的锂储量以及其他矿产，并将锂和其他矿物从此前的原子矿物清单上移除，从而解除了私人企业对其进行拍卖和开采的限制。该规定的实施，从法律层面解除了相关限制，将有利于加大锂等关键原材料的开采力度，预计这部分关键矿产的勘探和开采将有较大幅度增加。

2023年8月份，印度政府宣布，计划禁止出口锂、铍、铌、钽4种稀有金属，旨在保障该国在重要矿产资源方面自给自足。上述4种稀有金属对于矿产领域以及保障国家安全和取得技术成果起着重要作用，印度政府认识到了这些稀有金属的重要性，并希望通过禁止出口来保障本国的利益。稀有金属的禁止出口将确保印度在矿产资源领域的可持续发展，减少对进口的依赖，并促进本土产业的发展。

2023年9月份，印度政府宣布，将在未来4个月内启动约100个关键矿产区块的拍卖程序，这是作为确保该国供应绿色能源转型所需原材料计划的一部

分。印度矿业部长表示，这些区块用于开采镍、锂、钴、铂和稀土等矿物。法律框架制定及区块确定均已完成。此外，为了激励全球和当地矿商参与这一过程，印度政府计划报销一半的勘探成本，这从具体举措层面上鼓励了关键矿产的勘探开发，将极大地鼓励调动矿商的积极性。

2023年10月份，印度政府设定了3种关键矿产的权利金税率。矿企开采锂的权利金税率与伦敦金属交易所(LME)锂价挂钩，固定为LME锂价的3%。将铌的权利金设定为平均售价的3%，稀土元素权利金设定为稀土氧化物平均售价的1%。此举为未来印度政府首次拍卖3种矿产的区块铺平了道路。

2023年12月份，印度矿业部宣布，将启动首批关键矿产区块拍卖，估值约为4500亿卢比。拍卖将在8个地区进行，包括比哈尔邦、恰蒂斯加尔邦、奥里萨邦、泰米尔纳德邦、查谟一克什米尔中央直辖区，涉及矿种包括锂、钾、钒、石墨和稀有稀土等。第一批招标将于2024年2月下旬结束，计划拍卖20个区块，总共将拍卖100个区块。另外，印度还实施了125个项目来勘探该国的关键矿产。此举说明印度关键矿产的勘探进入了实质性运作阶段。

上述一系列事件表明，印度政府推出政策和举措的“组合拳”，促进国内关键矿产产业发展，以此展示其决心。

### 强化国际合作

拓宽关键矿产进口渠道 2022年7月份，印度矿业部长与澳大利亚资源部长就加强关键矿产项目和供应链方面的合作举行会议。会议包括3项议程：一是澳大利亚将向为期3年的印澳关键矿产投资伙伴关系提供580万澳元的资金支持。二是澳大利亚关键矿产促进办公室(CMFO)与印度国有企业 Khanij Bidesh India Ltd. (KABIL)签署谅解备忘录，确保为印度提供可靠的关键矿产和战略性矿产资源。谅解备忘录主要内容包括：联合对澳大利亚锂和钴矿产资源开展尽职调查；共同为尽职调查过程提供资金，初始总额为600万美元；尽职调查完



成并确定潜在项目后，双方将通过谅解备忘录中设想的不同方法探索投资机会。三是作为关键矿产供应国，澳大利亚将为印度供应太空和国防工业、太阳能电池板、电池和电动汽车制造等行业所需关键矿物，为印度实现低碳排放提供支持。通过上述合作，印度获得了一个可靠的进口来源，而澳大利亚则凭借自身丰富的关键矿产确定了一个稳定的出口渠道，可谓各取所需。

2024年1月份，印度矿业部宣布，印度国有公司 KABIL 与阿根廷国有矿业公司 CAMYEN 签署了一项价值 20 亿卢比的重要的锂勘探协议。双方将在阿根廷的 5 个区块展开锂勘探活动。同阿根廷国有企业签署的这笔交易给予了 KABIL 商业性生产所需的勘探开发权，印度以此进一步扩大了关键矿产的来源范围。

通过对外开展形式不同且各有侧重点的合作，印度关键矿产进口渠道将得以拓宽，将为印度在海外关键矿产领域的布局提供重要支持，进而对其关键矿产稳定供应形成有力保障。

### 印度提高自身关键矿产产量尚需时日

印度政府和企业的上述政策及举措，绝大多数是在 2023 年一年的时间内出台和实施的，体现了“节奏快”和“频次密集”两个特点，凸显其迫切性、必要性和重要性。

就目前情况来看，印度国内关键矿产的勘探开发是重点。考虑到关键矿产的开发具有开发周期长、产业链长的特点，虽然印度已经做了一定的初期工作，但未来仍需经过详细勘探才能掌握项目的完整信息，后续产出则需要更长时间。此外，印度政府还要顾及项目的经济效益、环境保护和社会影响等一系列问题。由此来看，现阶段，印度关键矿产开发还处于初始起步时期，短期内尚且难以快速提高国内关键矿产的产量，且未来仍存在一定不确定性。

（来源：中国有色金属报）

## 澳越两国开始关键矿产合作谈判 越南丰富稀土资源引澳矿企关注

据 Mining.com 网站援引路透社报道，澳大利亚总理安东尼·阿尔巴尼斯（Anthony Albanese）周四称，将与越南的关系提升为全面战略伙伴关系，以推动供应链多元化，降低对外依赖。

“今年，将我们的关系提升为全面战略伙伴，使澳大利亚和越南成为彼此的重要伙伴”，阿尔巴尼斯在堪培拉的新闻发布会上表示。两国关系的升级标志着越共政府“竹子外交”（Bamboo diplomacy）策略的成功。越南官方通讯社周四报道称：“两国之间的政治互信得到了提升，达到了有史以来的最高水平”。

两国在一份联合声明中表示，此种伙伴关系将支持扩大一系列合作，包括气候、环境和能源，国防和安全，以及经济参与和教育。

越南政府称，周四，阿尔巴尼斯和范明政还共同见证了 12 份合作文件的交换，包括能源、矿产、农业、银行和金融。澳大利亚是智能手机到汽车所需关键矿产的主要生产国，而越南也有一些未开发世界级矿床。声明称，“每年一次的能源和矿产部长级对话将推进双方在能源和资源领域的合作，包括关键矿产供应链”。

美国已经同意扩大同越南在稀土方面的合作，其资源可以作为该种矿产的替代来源。美国地质调查局（USGS）的数据显示，越南稀土（REO）储量大约 2200 万吨，居世界第二位。越南丰富的稀土资源引起了澳大利亚矿企的关注。

黑石矿产有限公司（Blackstone Minerals Ltd.）已经同越南稀土公司（VTRE, Vietnam Rare Earth JSC）达成合作协议，共同开发位于荔洲省的东宝（Dong Pao）稀土矿。如果获得矿权，将获得价值 1 亿美元的资产。

2023 年 4 月，澳洲战略材料公司（Australian Strategic Materials）与 VTRE

签署了一项约束协议，每年从 VTRE 那里购买 100 吨加工后的稀土矿，并承诺谈判一项长期供货协议。然而，在去年 10 月，VTRE 总裁因涉嫌伪造增值税收据和稀土走私被越南警方逮捕，此后一些稀土合作协议便陷入了困境。

澳大利亚一直是越南的重要煤炭供应国，后者严重依赖燃煤发电。去年，越南从澳大利亚进口煤炭达到 2000 万吨，增长 17%，占该国煤炭总进口量的 39%。

(来源：自然资源部全球地质矿产信息系统)

## 外媒：马来西亚向中国寻求稀土合作 以开发本国矿藏

据新加坡《海峡时报》3 月 18 日报道，马来西亚正在向中国寻求进口稀土加工技术，以期开发本国价值近 1 万亿林吉特（1 马来西亚林吉特约合 1.5 元人民币）的矿藏。报道提到中国政府已从去年 12 月起禁止稀土提取和分离技术出口的这一背景，但认为马方此举出于深远的地缘战略考虑。

《海峡时报》获悉，马来西亚内阁已责成科技与创新部长郑立慷于 4 月底访华，寻找一家公司在马来西亚投资稀土精炼厂。郑立慷表示，马来西亚将探索在稀土供应链中发挥更大作用的机会。报道说，马来西亚自然资源、环境与气候变化部部长聂纳兹米去年 6 月表示，该国拥有超过 1600 万吨非放射性稀土元素，政府估值约 8000 亿林吉特。一些专家认为，随着需求增加，这些矿产价值将很快突破 1 万亿林吉特。

报道称，尽管许多其他国家都拥有稀土加工技术，但中国是唯一拥有所有 17 种稀土产能的生产国，且已开始精炼马来西亚矿藏。马来西亚地下蕴藏着全部 17 种稀土元素，与任何其他国家合作无法让所有稀土元素得到提炼，且产生

的价值会较低。但报道称，尽管中国可能为马来西亚当地工厂提供最有效的解决方案，但北京是否会为马来西亚“破例”仍有待观察。

商务部研究院研究员周密 18 日告诉《环球时报》记者，出于规范技术出口管理，维护国家经济技术权益等方面的考虑，中国去年年底例行调整《中国禁止出口限制出口技术目录》，对稀土提炼、加工技术的出口政策进行修订，一些稀土技术被禁止或者限制出口。周密认为，上述报道反映了在稀土加工提炼技术上，中国确实拥有比较领先的产业优势，同时从某种程度也体现了马来西亚希望与中国加强在关键矿产上合作的意愿。周密认为，马来西亚打算提高本土矿产资源开采价值，在有限时间内最有效提升本国供应链水平，符合其国家利益需要。但合作涉及双方具体规章制度，马方应事先进行详细了解，再寻求下一步的行动。

（来源：环球时报）

## 哈尔滨工业大学：首次揭示尺寸依赖的稀土离子 能量传递机制

近日，哈尔滨工业大学化工与化学学院陈冠英教授团队在稀土掺杂上转换发光领域研究取得突破性进展，研究成果以《尺寸依赖的镧系离子能量传递增强上转换发光量子产率》(Size-dependent lanthanide energy transfer amplifies upconversion luminescence quantum yields)为题，发表在《自然·光子学》上，改变了科学界对稀土上转换发光尺寸效应的传统认知，为稀土掺杂发光材料设计提供全新思路。

稀土上转换纳米晶是一类新兴的反斯托克斯发光材料，在信息安全、生物医学、微纳激光器、超分辨光学显微成像、三维立体显示和能源等领域中具有重要应用。然而，由于纳米结构存在严重的发光猝灭效应（包括体缺陷猝灭、尺寸诱导的表面猝灭等），激发态能量迁移过程存在严重的能量耗散。因此，纳米尺寸上转换材料的量子产率通常比块体对应物材料低几个数量级（约 10-1000 倍），极大制约其相关应用研究。实现高量子产率的上转换发光对稀土发光研究具有重要意义。

基于此，陈冠英教授团队构建了六方相镱铥掺杂、三明治夹心结构（核-壳-壳结构）的氟化物上转换纳米晶，运用内核和外壳层惰性材料的有效限域隔离保护，通过精准调控中间层厚度（1.2-13 nm），展示了该材料上转换量子效率的尺寸依赖效应。光谱研究和理论微观模型证实该效应与传统认知的表面猝灭效应无关，主要由镧系元素间的长程（10 纳米量级）能量传递过程诱发。最终，团队在亚 50 纳米尺寸的氟化物纳米晶中获得上转换量子产率高达 13%（激光波长：980 nm，功率密度：100 W/cm<sup>2</sup>），比相同激发条件下微米级的六方相镱铥掺杂块体对应材料高约 4 倍。该上转换量子产率为纳米结构上转换材料迄今为止历史最高纪录。

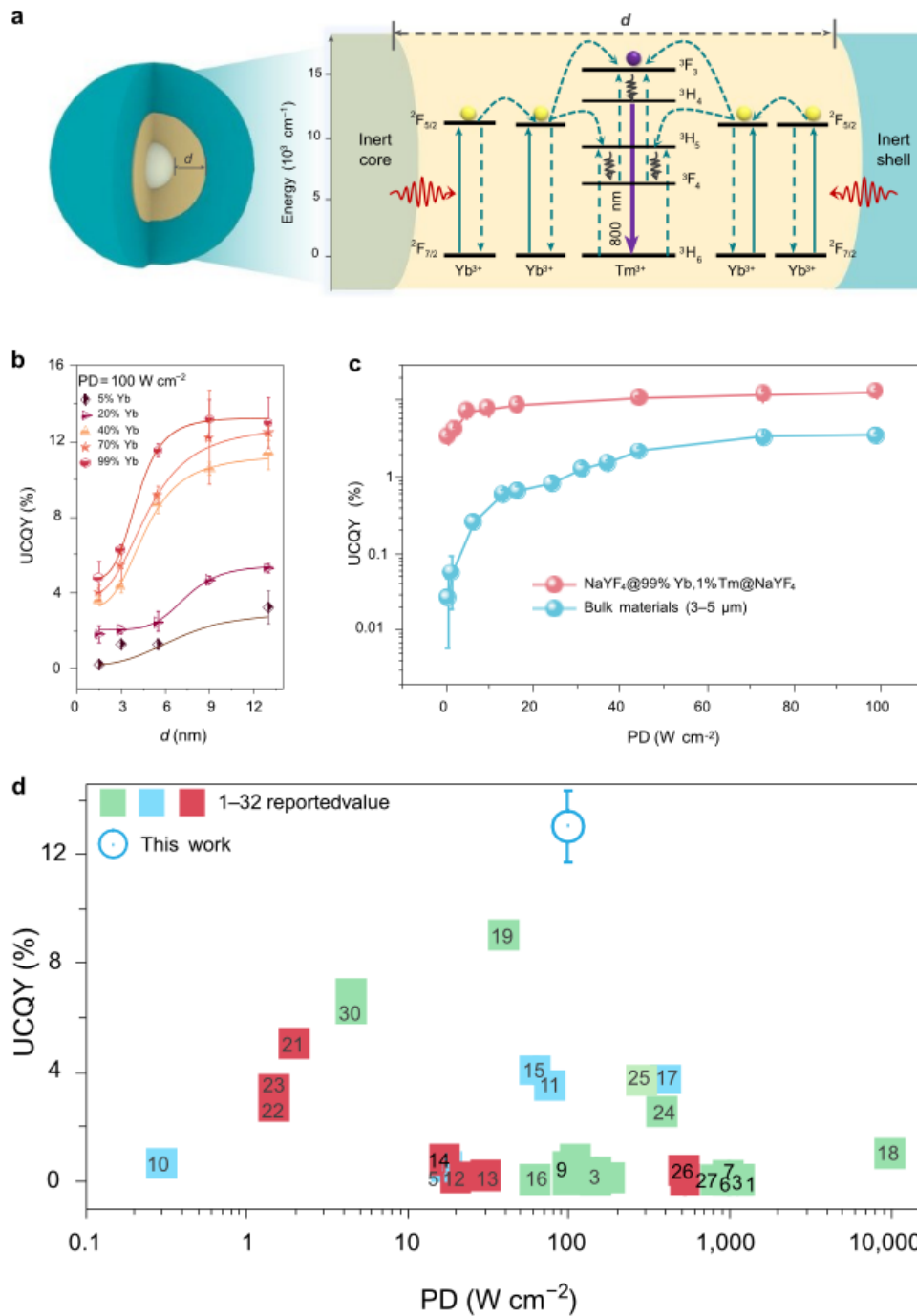


图 2 a.简化的镧系元素能级示意图； b.不同镱浓度掺杂氟化物纳米晶的上转换量子产率； c.镱铥掺杂块体材料与镱铥掺杂纳米晶的量子产率值在不同功率密度激发下的比较； d.在功率密度范围为 0.3 至 10000 W/cm<sup>2</sup> 获得的最上转换量子产率与文献值的比较

该研究首次揭示了稀土离子在纳米晶中存在尺寸依赖的离子间长程能量传递的物理机制，不仅改变了人们长期以来对稀土离子间能量转移物理图像（不应具有尺寸依赖性）的概念理解，相关材料还将在相关纳米光子学和生物光子学应



用中发挥重要价值。与此同时，研究成果通过调控实现了高达 13% 的上转换量子产率，超越了体相材料的上转换量子产率，这一突破打破了自 19 世纪 60 年代发现上转换现象以来人们普遍认为的纳米材料上转换发光效率低于体相材料的观念。

该研究获国家自然科学基金、哈工大青年科学家工作室等项目支持。

(来源：哈尔滨工业大学)

## 中国计量大学：在基于稀土氟化物纳米晶的 延时三维 X 射线成像应用方面取得重要进展

近日，中国计量大学光电学院徐时清教授团队在低剂量柔性 X 射线成像技术领域取得重要进展，研究成果以“Dual heterogeneous interfaces enhance X-ray excited persistent luminescence for low-dose 3D imaging”为题发表在国际著名期刊 Nature Communications (2024, 15: 1140)上，并被 Nature Communications 编辑选为 Research Highlight 重点推荐。中国计量大学为该论文第一单位，雷磊研究员为第一作者，徐时清教授为通讯作者。

X 射线成像技术具有高穿透特点，已被广泛应用于医学诊断、无损检测和安检等领域。与商用平板探测器相比，柔性 X 射线探测器能够用于高度弯曲目标物的三维成像，成为当前研究热点。稀土掺杂氟化物纳米材料具有 X 射线激发多色余辉发光特征，适用于柔性 X 射线探测与延时三维(3D)成像应用，且能够避免实时 X 射线辐照产生的荧光信号干扰，但面临高辐射剂量安全问题与成像技术复杂问题的挑战，因此，开成为当前亟需解决的关键技术瓶颈。

团队创新性地设计了双异质核壳界面，不仅能够抑制激活离子到表面缺陷的能量传递过程，降低稀土激活离子无辐射弛豫几率，还能够有效降低界面 Frenkel

缺陷形成能，促进陷阱能级的形成并大幅增强余辉发光。与  $\text{NaLuF}_4: \text{Gd/Dy}$  核纳米晶相比， $\text{NaYF}_4@ \text{NaLuF}_4: \text{Gd/Dy}@ \text{NaYF}_4$  异质核壳纳米晶的 XEPL 增强了约 40.9 倍。这种双异质核壳结构同样能够增强 Pr, Er, Tm, Gd, Tb 等激活离子的 XEPL 性能。

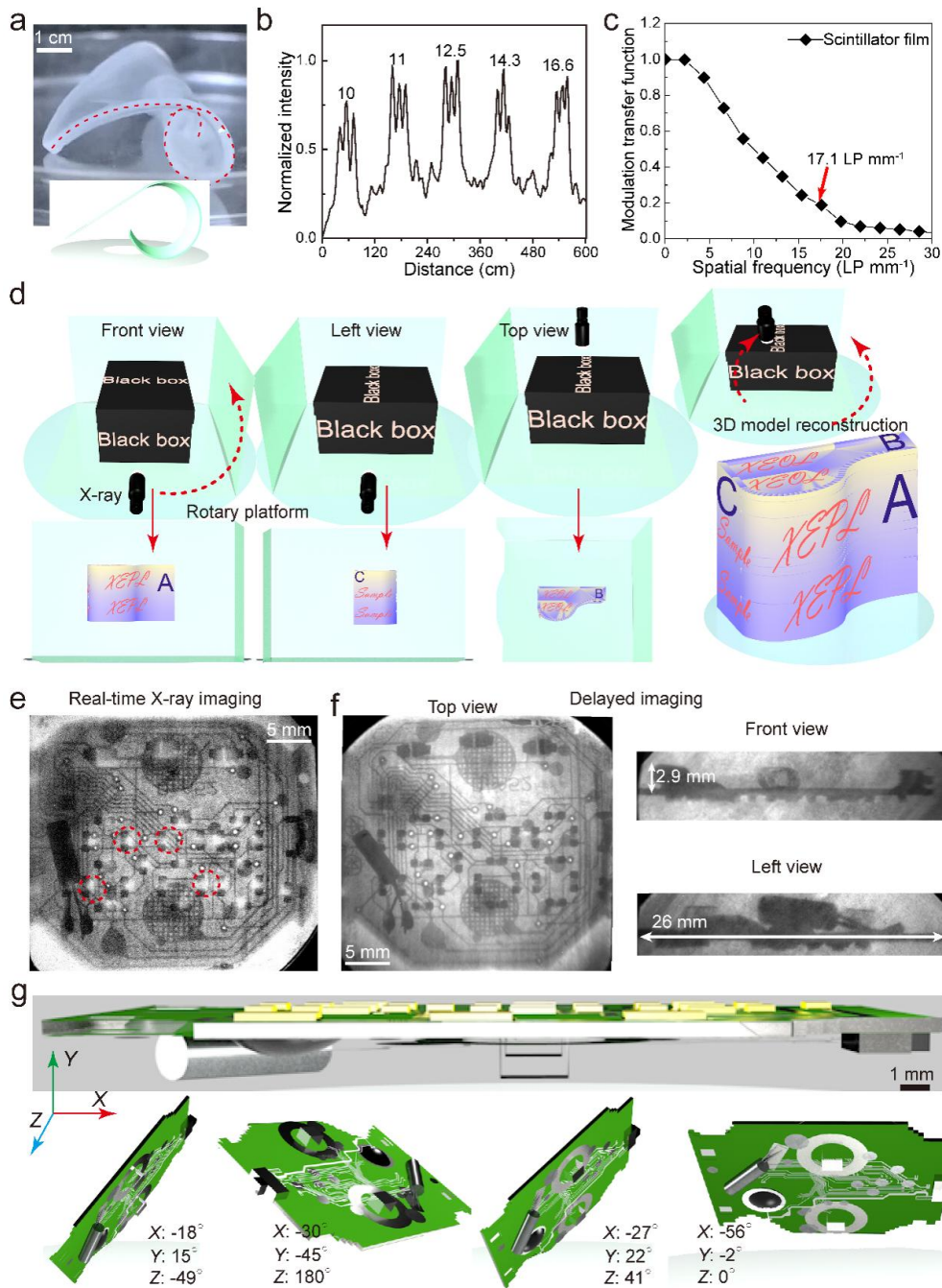


图3 基于稀土氟化物纳米晶的延时三维 X 射线成像应用

团队还研制出基于  $\text{Y@Lu/Gd/Tb@Y}$  纳米晶的柔性薄膜 X 射线探测器件，弯

曲幅度接近 180 度，拉伸幅度大于 200%，在 300-800 nm 范围内的光透过率大于 90%。采用自主搭建的 X 射线成像系统，在调制传递函数(MTF)值为 0.2 时的空间分辨率约为  $17.1 \text{ LP mm}^{-1}$ ，优于多数报道的卤化物钙钛矿（通常低于  $10 \text{ LP mm}^{-1}$ ），与商用 CsI (Tl)闪烁体 ( $\approx 10 \text{ LP mm}^{-1}$ )。在无热激励且辐射剂量率为  $4.5 \mu \text{ Gy s}^{-1}$  的条件下，双异质核壳纳米晶的延时 X 射线成像质量明显优于核纳米晶体系。进一步结合图像重构技术，实现了电子器件的三维成像（图 3）。

（来源：中国计量大学）

## 新研究可快速合成稀土荧光粉-玻璃复合材料

近期，华南理工大学发光材料与器件国家重点实验室教授夏志国团队开发了一种基于玻璃熔体中粒子自稳定模型的快速合成技术，并研制出面向激光照明应用的新型高稳定性稀土荧光粉-玻璃复合材料。相关研究成果日前发表于《自然-通讯》。

据了解，稀土发光材料是我国稀土战略资源高效利用的核心材料之一。其中，无机稀土荧光粉在照明、显示等光源器件领域具有重要的应用背景和实际需求。

夏志国谈到，一方面由于 LED 本身在大功率下存在效率骤降的瓶颈，另一方面，在有机封装高温、潮湿等条件下，传统荧光粉转换型 LED 光源器件存在稳定性问题和强蓝光/紫外光辐射下老化问题。因此，亟需发展高稳定性荧光玻璃/陶瓷材料，以满足诸如航空照明、水下照明及内窥镜等大功率 LED 及激光荧光光源应用。

研究显示，稀土荧光粉-玻璃复合材料(PGC)具有丰富的玻璃基体材料选择性和优异的稳定性。但在已报道的 PGC 材料中，存在合成时间长的问题，进而

导致荧光粉不可避免存在热侵蚀和性能下降。因此，发展 PGC 的快速合成策略可以确保稀土荧光粉颗粒的完整性以维持甚至提升发光效率，并降低成本以及显著提高 PGC 材料的制造效率。

夏志国团队提出了一种基于玻璃熔体中粒子自稳定模型的荧光粉-玻璃复合材料的快速合成策略，研究建立了熔融玻璃与荧光粉颗粒之间的润湿性模型关系，使得多种石榴石基商用稀土荧光粉颗粒在 10 秒内就能够致密均匀地分散在硝酸盐玻璃中。

该项研究制备的黄色发射 PGC 材料具有 98.4% 的量子效率、86.8% 的吸收系数。在 450 纳米蓝色激光激发下，可以产生光通量为 1227 流明的理想白光。研究团队还合成出一系列具有高量子效率的橙色、黄色和绿色颜色可调的玻璃基复合发光材料，并为新型多功能玻璃复合材料提供了一种可推广的合成策略。

(来源：中国科技报)



## 中科院广州地化所：联合 Ce-Nd 稳定同位素 可作为定量表征地表环境氧化还原状态的新指标

稀土元素稳定同位素是新的非传统稳定同位素体系，有望为探索天体形成、岩浆演化、稀土成矿、大陆风化和海洋循环等过程稀土循环提供新的证据。特别是 Ce 具有+3 和+4 两种价态，在氧化过程中表现出与其他稀土元素如 Nd 明显的差异，但在非氧化过程中 Ce 与 Nd 元素具有相似的地球化学行为。因此，理论上 Ce 和 Nd 稳定同位素的联合应用能够量化地表的氧化还原状态特别是为氧化过程提供新的证据。然而，这一假定是否实际可行有待证实，而通过对同一地质过程中 Ce-Nd 稳定同位素分馏行为进行同步监测可准确回答这一问题，不过到目前为止尚没有相关的研究报道。

针对这一科学问题，中国科学院广州地球化学研究所稳定同位素地球化学学科组白江昊博士后在韦刚健研究员、马金龙正高级工程师、王志兵副研究员和张乐高级工程师等老师的指导下，并与广东省科学院生态环境与土壤研究所钟松雄博士后合作，依托其前期建立的高精度 Ce 稳定同位素分析技术，对经历氧化风化作用并具有很好的稳定 Nd 同位素研究基础的海南新生代玄武岩风化剖面 HK06 开展了系统的研究。

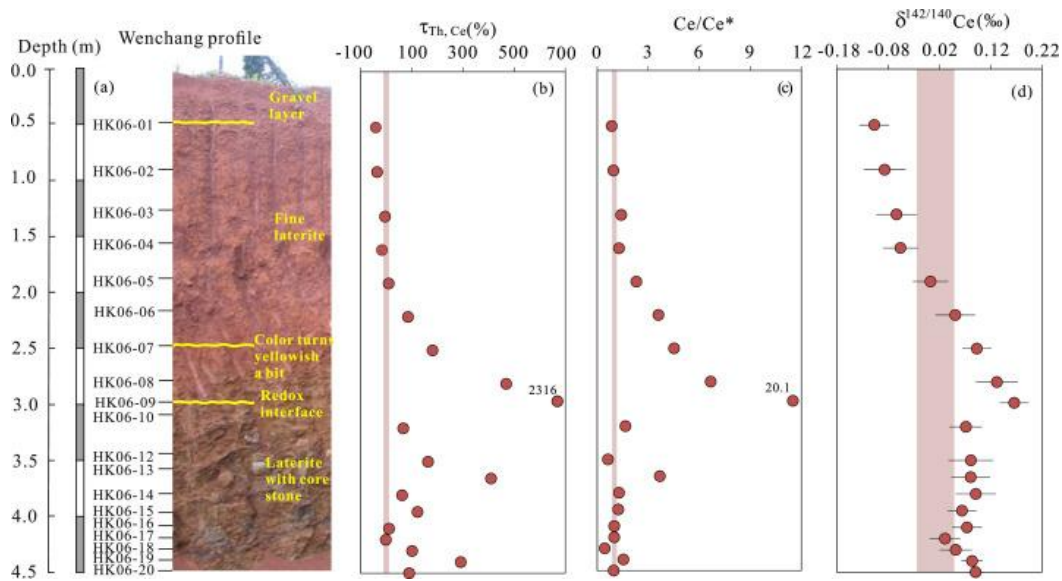


图 4 HK06 风化壳  $\tau_{Th, Ce}$ 、Ce、Ce/Ce\* 和  $\delta^{142/140}Ce$  值的变化特征

研究结果表明，在该风化剖面中，Ce 富集程度越高，其 Ce 异常值越正，相应的  $\delta^{142/140}Ce$  值也越高；反之，Ce 越亏损，其  $\delta^{142/140}Ce$  值则越低。这一观察结果表明，强氧化风化过程中 Ce 元素会发生明显的迁移并伴随着 Ce 稳定同位素的显著分馏。为了更好地地区分氧化与非氧化过程对稳定 Ce 同位素的影响，作者对风化产物进行了化学分相提取，并分别测定了各个相态的稳定 Ce 同位素组成。结果显示，在氧化过程中，Mn（氢）氧化物相具有最高的  $\delta^{142/140}Ce$  值（ $+0.184 \pm 0.040\%$ ），这可能归因于 Ce(IV) 倾向于富集较重的同位素  $^{142}Ce$ （基于质量相关分馏）和/或继承自流体相中的重同位素  $^{142}Ce$ （基于核体积效应）。为了区分这两种分馏效应，未来研究应当同时精确测量样品中的  $^{136}Ce/^{140}Ce$  和



$^{142}\text{Ce}/^{140}\text{Ce}$  比值。此外, 研究发现 Mn 氧化物相中的 Mn 浓度与  $\tau_{\text{Th}}$ , Ce 和  $\delta^{142/140}\text{Ce}$  值均呈现正相关, 而与 Ce 异常无关, 表明 Mn 氧化物中的  $\delta^{142/140}\text{Ce}$  值相比  $\text{Ce}/\text{Ce}^*$  更可靠地量化表征地表的氧化状态。在非氧化过程中, 作者讨论了外部输入、pH 值、有机物络合、Fe 氧化物吸附/共沉淀以及粘土矿物形成等作用方式对稳定 Ce 同位素分馏行为的影响。在  $0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ HCl}$  交换相和残余相中,  $\delta^{142/140}\text{Ce}$  值与  $\delta^{146/144}\text{Nd}$  都呈正相关, 表明在非氧化过程中稳定 Ce 和 Nd 同位素表现相似。基于此, 作者提出联合 Ce-Nd 稳定同位素 ( $\delta^{142}\text{Ce}-\delta^{146}\text{Nd}$ ) 可以作为量化地表亚氧到强氧化状态的新工具。这一指标未来在准确解读地球氧化历史的研究中, 可望发挥非常重要的贡献。

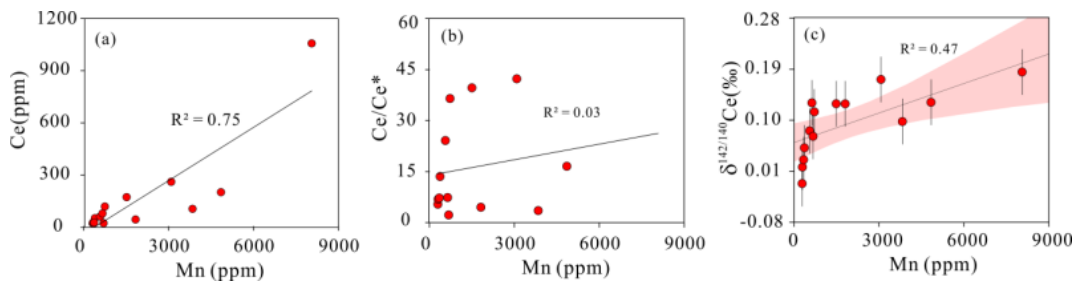


图 5 Mn 氧化物相中 Ce 元素含量、Ce 异常和  $\delta^{142/140}\text{Ce}$  的变化特征

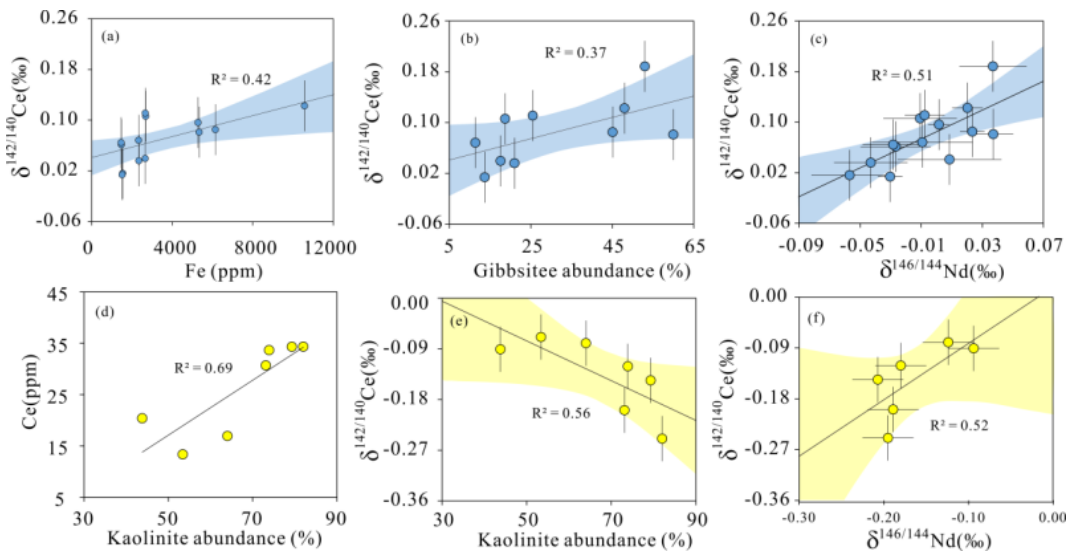


图 6 非氧化过程中 Ce-Nd 稳定同位素分馏行为类似

相关成果发表在国际地球科学领域著名期刊《Earth and Planetary Science Letters》, 该研究得到国家重点研发计划项目(2022YFF0800501)、国家自然科学基金



基金项目(41991325; 42021002; 92358301; 42303062)、博士后面项目(2023M743501)和中国科学院广州地化所所长基金(2023SZJJ-1)等联合资助。

(来源: 中科院广州地化所)

## 《关于加快推动制造业绿色化发展的指导意见》发布 提升稀土、稀有金属等战略性矿产资源保障能力

近日，工业和信息化部、国家发展改革委、财政部、生态环境部、中国人民银行、国务院国资委、市场监管总局等七部门发布《关于加快推动制造业绿色化发展的指导意见》（以下简称《意见》），重点从加快传统产业绿色低碳转型升级、推动新兴产业绿色低碳高起点发展、培育制造业绿色融合新业态、提升制造业绿色发展基础能力等方面，推动制造业绿色化发展，加快建设现代化产业体系，推进新型工业化，着力推动高质量发展。《意见》提出，到2030年，制造业绿色低碳转型成效显著，传统产业绿色发展层级整体跃升，碳排放总量实现达峰，新兴产业绿色增长引擎作用更加突出；到2035年，制造业绿色发展内生动力显著增强，碳排放达峰后稳中有降，碳中和能力稳步提升，在全球产业链供应链绿色低碳竞争优势凸显，绿色发展成为新型工业化的普遍形态。

《意见》提出，加快传统产业产品结构、用能结构、原料结构优化调整和工艺流程再造，提升在全球分工中的地位和竞争力。推广钢铁、石化化工、有色金属、纺织、机械等行业短流程工艺技术。健全市场化法治化化解过剩产能长效机制，依法依规推动落后产能退出。到2030年，主要再生资源循环利用量达到5.1亿吨，大宗工业固废综合利用率达到62%，电解铝使用可再生能源比例达到30%以上。加快传统产业绿色低碳技术改造。支持行业协会制订重点行业改造升级计划，鼓励地方开展环保绩效创A行动，提升行业环保治理水平。引导区域绿色低碳优化布局。严格项目准入，坚决遏制高耗能、高排放、低水平项目盲目上马。推动区域产业绿色协同提升，重点发展钢化联产、炼化一体化、林浆纸一体化、以化固碳等产业耦合模式，以及冶金和建材等行业协同处置生活垃圾、向城镇居民供热等产城融合模式，鼓励有条件的地区加强资源耦合和

循环利用，加快建设“无废企业”“无废园区”“无废城市”。

《意见》提出，推动新兴产业绿色低碳高起点发展。在新能源领域，加快废旧光伏组件、风力发电机组叶片等新型固废综合利用技术研发及产业化应用。在新能源汽车领域，完善废旧动力电池综合利用体系，推动规范化回收、分级资源化利用。在新材料领域，开展共伴生矿与尾矿集约化利用、工业固废规模化利用、再生资源高值化利用等技术研发和应用，**提升稀土、稀有金属等战略性矿产资源保障能力。**

《意见》提出，培育制造业绿色融合新业态。面向重点行业领域在生产制造全流程拓展“新一代信息技术+绿色低碳”典型应用场景，提高全要素生产率。发挥区块链、大数据、云计算等技术优势，建立回收利用环节溯源系统，推广“工业互联网+再生资源回收利用”新模式。加快建立数字化碳管理体系，鼓励企业、园区协同推进能源数据与碳排放数据的采集监控、智能分析和精细管理。推进绿色低碳技术软件化封装，支持开发绿色低碳领域的专用软件、大数据模型、工业APP等。

（来源：工信部）

## 2024年3月稀土价格走势

### 一、稀土价格指数

3月份，稀土价格指数基本保持平稳。本月平均价格指数为155.3点。价格指数最高为3月1日的157.5点，最低为3月19日的153.3点。高低点相差4.2点，波动幅度约为2.7%。

2024年3月稀土价格指数走势图



### 二、中钇富铈矿

中钇富铈矿3月份均价为16.44万元/吨，环比下跌7.5%。

### 三、主要稀土产品

#### (一) 轻稀土

3月份，氧化镨钕均价为35.20万元/吨，环比下跌9.6%；金属镨钕均价为43.17万元/吨，环比下跌11.0%。

2024年3月氧化镨钕、镨钕金属价格走势



3月份，氧化钕均价为 35.88 万元/吨，环比下跌 10.3%；金属钕均价为 44.27 万元/吨，环比下跌 10.1%。

2024年3月氧化钕、金属钕价格走势



3月份，氧化镨均价为 36.15 万元/吨，环比下跌 9.8%。99.9%氧化镧均价为 0.40 万元/吨，环比与上月持平。99.99%氧化铈均价为 19.67 万元/吨，环比与上月下跌 0.6%。

## (二) 重稀土

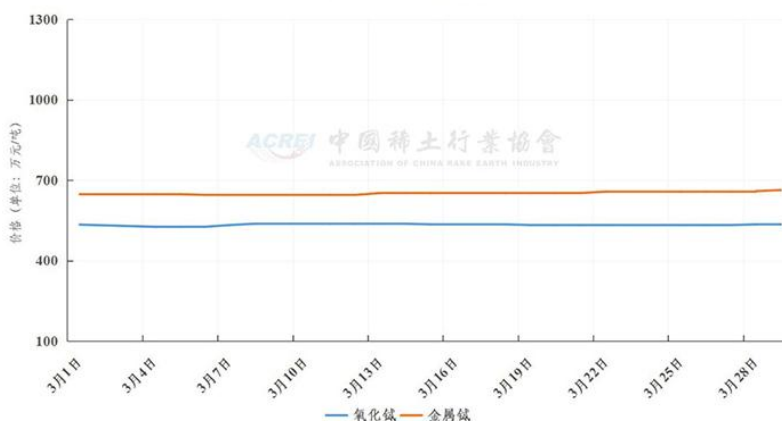
3月份，氧化镝均价为 181.62 万元/吨，环比下跌 4.2%；镝铁均价为 177.43 万元/吨，环比下跌 5.6%。

2024年3月氧化镨、镨铁价格走势



3月份，99.99%氧化镨均价为 533.41 万元/吨，环比下跌 3.9%；金属镨均价为 651.50 万元/吨，环比下跌 5.9%。

2024年3月氧化铽、金属铽价格走势



3月份，氧化铽均价为 41.04 万元/吨，环比上涨 1.8%；铽铁均价为 41.78 万元/吨，环比下跌 1.0%。

2024年3月氧化铽、铽铁价格走势





3月份，99.999%氧化钇均价为4.30万元/吨，环比与上月持平。氧化铒均价为29.57万元/吨，环比上涨2.5%。

表1 2024年3月我国主要稀土氧化物平均价格对比（单位：元/公斤）

产品名	纯度	2024年2月平均价	2024年3月平均价	环比
氧化镧	≥99%	4.00	4.00	0.00%
氧化铈	≥99%	6.28	7.00	11.46%
氧化镨	≥99%	400.94	361.48	-9.84%
氧化钕	≥99%	399.94	358.76	-10.30%
金属钕	≥99%	492.50	442.71	-10.11%
氧化钐	≥99.9%	15.00	15.00	0.00%
氧化铈	≥99.99%	198.00	196.71	-0.65%
氧化钐	≥99%	173.67	163.10	-6.09%
钐铁	≥99%Gd75% ±2%	170.78	157.00	-8.07%
氧化铽	≥99.9%	5550.83	5334.05	-3.91%
金属铽	≥99%	6922.22	6515.00	-5.88%
氧化镱	≥99%	1895.00	1816.19	-4.16%
镱铁	≥99%Dy80%	1878.61	1774.29	-5.55%
氧化铥	≥99.5%	403.06	410.38	1.82%
铥铁	≥99%Ho80%	421.89	417.76	-0.98%
氧化铒	≥99%	288.56	295.71	2.48%
氧化镱	≥99.99%	101.00	101.00	0.00%
氧化镱	≥99.9%	5527.78	5500.00	-0.50%
氧化钇	≥99.999%	43.00	43.00	0.00%
氧化镨钕	≥99%Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 75%	389.28	352.00	-9.58%
镨钕金属	≥99%Nd75%	485.22	431.71	-11.03%

（来源：中国稀土行业协会）

## 稀土贮氢材料制备技术

### 1、真空感应熔炼技术

感应熔铸的基本原理是电磁感应，交变电流通过水冷线圈在坩埚内部发生交变磁场，交变磁场在金属炉料中产生涡旋电流，从而使金属炉料被加热直至熔化。真空感应熔炼是在感应熔炼炉上外连真空系统，使整个金属炉料在加热、熔化、保温及浇铸过程都是在真空条件下进行的。熔铸室内包括了感应熔炼炉和铸模，合金熔炼后，直接浇注在铸模中。

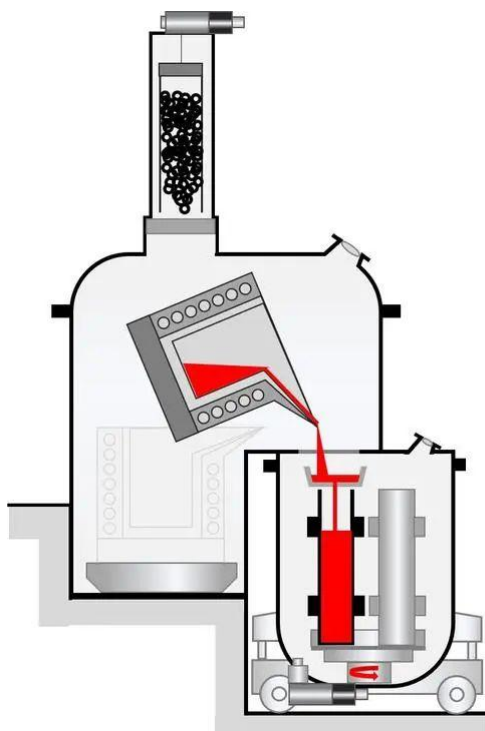


图8 真空感应熔炼炉

### 2、真空热处理技术

对于贮氢合金来讲，热处理目的可分为：成分均匀化、消除应力及其他组织缺陷、相变等。成分均匀化一般要求较高的处理温度及处理时间，消除应力的处理温度往往较低，相变则必须考虑相变热处理制度与合金平衡相变温度的关系。

真空热处理是真空技术与热处理技术相结合的新型热处理技术，真空热处理所处的真空环境指的是低于一个大气压的气氛环境，包括低真空、中等真空、高真空和超高真空，真空热处理实际也属于气氛控制热处理。

### 3、真空制粉技术

稀土系贮氢合金作为镍氢电池负极材料使用时都是粉末状，一般要求贮氢合金粉碎至-0.074 mm（-200目）以下。就感应熔炼法而言，贮氢合金形状呈锭状、厚板状、薄片状等，这些产物都不能直接应用，必须粉碎至一定粒度。工业上一般采用球磨制粉、气流磨制粉及氢化制粉等方法。实验室一般采用行星式球磨机制粉。工业上制粉常采用保护气氛下的滚筒式球磨机和气流磨机等。

（来源：中国稀金谷大数据）

## 稀土金属在贵金属及其合金中的作用

贵金属通常指金、银、铂、钯、铑、铱、钌诸元素的总称。由于贵金属具有良好的导电、导热、抗氧化、耐腐蚀等性能，在电子、电气工业、民生装饰中获得了广泛应用。然而贵金属本身又存在着强度硬度低、耐高温性能差等弱点，限制了更高层次的应用。提高贵金属综合性能最实用的方法是采用多元合金化方法，其中稀土金属又是最有效而最具潜力的合金化元素。所以说，稀土金属在贵金属中应用的首要意义是提高贵金属的性能；其次，由于稀土的作用，可以减少材料中贵金属的含量、延长其使用寿命，从而节约贵金属的消耗量。对于缺乏贵金属资源的我国，又具有重要的经济实用意义。

化学活性特殊的稀土金属，加入贵金属及其合金中，与所有有色金属和合金一样，具有净化、细化、合金化三重作用，合金化中的弥散强化作用尤为凸显。

### 净化作用

在熔炼和铸造贵金属及其合金过程中，稀土金属与熔体的杂质容易结合形成化合物，部分造渣排出，一部分留在熔体中，稀土使合金中的杂质减少，净化了熔体、提升了熔体的冶金质量。

### 细化作用

稀土与合金中杂质形成高熔点金属间化合物，部分弥散分布在合金熔体中，成为形核核心阻止晶粒长大；稀土是表面活性元素，凝固过程中在固液界面前沿富集，形成过冷，使晶粒细化。有报道，往钯中分别加入 9 种不同稀土元素，加入量为 0.5%RE，加稀土后的 Pt-RE 晶粒都比纯铂小很多。文献指出：向钯中加入 3 种稀土金属 Nd、Tb 和 Yb 含量(0.1% -0.37% RE)也能使 Pd 合金的晶粒显著细化。

### 微合金化作用

加入的少量稀土金属，一部分固溶在基体金属合金当中，增大了合金的晶格畸变，增大了位错密度，产生固溶强化的效果，大部分与其他合金元素生成高熔点化合物，或偏聚在晶界上强化晶界，或形成细小弥散质点，起弥散强化作用。

(来源：中国稀金谷大数据)

## 热处理对 Mg-9Gd-2Nd-1Ca-0.5Zr 合金显微组织及力学性能的影响

采用光学显微镜、扫描电镜、透射电镜、X 射线衍射仪和拉伸实验机等研究了 Mg-9Gd-2Nd-1Ca-0.5Zr 合金最佳的热处理工艺，以及在不同热处理状态下合金的显微组织和力学性能。结果表明：添加 Ca 元素能够生成熔点较低的  $Mg_2Ca$  共晶相，合金的最佳热处理工艺为 470℃ 固溶 16h+225℃ 时效 12h。铸态组织主要由  $\alpha$ -Mg、 $Mg_5Gd$ 、 $Mg_{41}Nd_5$  和  $Mg_2Ca$  相组成，经固溶时效处理后，合金组织形成新相  $GdH_2$ ，晶内的第二相主要呈现出颗粒状或短棒状形貌。峰时效合金主要的强化相为在组织内部弥散分布的  $\beta'$  析出相，且在晶界处形成了无析出带；时效态合金的极限抗拉强度、屈服强度和伸长率分别由铸态的 156 MPa、132 MPa 和 2.9% 增加到 257 MPa、211 MPa 和 4.9%。

（来源：中国稀土学报）

## 不同取代基对位苯甲酸镧的制备及其对 PVC 热稳定性能的影响

分别以对氨基苯甲酸、对甲基苯甲酸和对硝基苯甲酸为有机配体，以氯化镧为稀土源合成了三种不同取代基的对位苯甲酸镧化合物，通过红外、元素分析、热失重对三种稀土化合物的结构进行了表征，确定了三种稀土化合物的分子组成。采用刚果红法、热老化烘箱法、电导率法研究了三种稀土化合物以及三种稀土化合物与硬脂酸锌、季戊四醇、硬脂酸钙复配后对 PVC 热稳定性能的影响，并通过吸收 HCl 试验对其热稳定作用机理进行了分析。结果表明：三种稀土化合物均能吸收 PVC 降解后产生的 HCl 气体，发生亲核取代反应，进而增强 PVC

的长期热稳定性能。其长期热稳定性能由强到弱的递变规律随取代基中给电子能力的增强而提高,表现为:对氨基苯甲酸镧>对甲基苯甲酸镧>对硝基苯甲酸镧。

(来源:中国稀土学报)

## 离子吸附型稀土矿浸矿剂溶液优化试验研究

硫酸铵浸矿剂在浸矿过程中会产生大量的氨氮废水,对矿体周边环境造成氨氮污染。以江西某离子吸附型稀土矿为试样进行室内柱浸试验,采用先硫酸铵后硫酸镁浸出工艺,分析不同体积比的硫酸铵和硫酸镁对稀土浸出率、氨氮残留率及最后浸出液中铵根离子浓度的影响。基于稀土浸出率高,氨氮污染小,硫酸铵和硫酸镁的最佳体积比为0.6:0.4。结果表明:相同条件下,与硫酸镁相比,硫酸铵的稀土浸出率更高,浸出速率更快,浸取周期更短;体积比小于0.6:0.4时,开始影响稀土浸出率;体积比为0.6:0.4时,氨氮残留率最低;第二阶段加入硫酸镁溶液可以使最后浸出液中铵根离子浓度降低,降低幅值最大可达27.2 mg/L,减小了氨氮污染。

(来源:中国稀土学报)

## 镧铈氧化物及其复合纳米纤维材料的除磷性能研究

稀土镧铈氧化物及其复合纳米纤维材料对较低浓度磷酸盐的高效快速去除有较好应用前景。采用静电纺丝技术与热处理结合制备了氧化镧、氧化铈和镧铈氧化物复合纳米纤维材料,将其作为水处理剂,研究了投加量、磷酸盐初始浓度、吸附时间等对除磷性能的影响并探讨了其除磷机制。采用TG、FTIR、SEM、BET、XRD、TEM和EDS等对样品的热分解性质、官能团、微观形貌、物相和成分等



进行分析。结果表明,当样品投加量为  $0.2 \text{ g L}^{-1}$ 、磷酸盐初始浓度为  $1 \text{ mg L}^{-1}$ ,镧铈氧化物复合材料前 5 min 的除磷率为 83%且分别是氧化镧和氧化铈的 2 倍和 8 倍,10 min 后吸附率达 93%;达到吸附平衡稳定后,氧化铈除磷率为 73%,氧化镧与镧铈氧化物的除磷率均保持在 99%,可将劣 V 类水( $\geq 0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )的磷酸盐浓度降至  $0.002 \text{ mg L}^{-1}$ ,符合 I 类( $\leq 0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )水质标准。氧化镧除磷效果优于氧化铈,将镧铈复合后促进对磷酸盐的吸附,制备出快速高效稳定的稀土氧化物水处理材料,通过准二级动力学( $R^2=0.996$ )很好地描述了其吸附除磷的过程,其吸附机理为静电吸引及配体交换。

(来源:中国稀土学报)

## 稀土 (2024 No.2)

### 综合评述

SmFe<sub>12</sub> 基永磁体的研究新进展

废旧稀土金属钕铁硼回收技术研究现状与展望

重稀土掺杂烧结钕铁硼磁体的晶界调控研究进展

### 研究论文

Ce 离子改性对 Cu-SSZ-13 催化剂 NH<sub>3</sub>-SCR 反应性能的影响研究

稀土对高强车轮钢夹杂物赋存特征的影响研究

ZrO<sub>2</sub>/LaAl<sub>11-3x</sub>Ni<sub>3x</sub>O<sub>18</sub> 复相陶瓷材料的制备及性能研究

Nd-Fe-B 磁体掺杂 Tb-Fe-B 制备高性能大块永磁体

蒙脱石颗粒的制备及其对 La 的吸附特性

Ce 改善含铜砷钢高温氧化与热裂行为研究

熔盐电解法制备 Y-Ni 合金工艺研究

脉冲-红外吸收法测定稀土铁合金中的氧含量

越城岭岩体稀土元素分带特征及其对岩体成因的指示意义

辅热式 15 kA 稀土电解槽电场和热场的仿真分析

### 研究简报

四探针方法测量钕铁硼永磁体电阻率

### 产业与市场

中国稀土全产业链中的环境和健康风险

(来源: 稀土)

## 中国稀土学报（2024年3月网络首发）

2:17 型钕钴永磁体的粉料粒度及固溶处理对  $H_K$  影响的研究

羧甲基壳聚糖对风化壳淋积型稀土矿的抑膨性能及机理

混合稀土精矿硫酸浆化循环分解过程研究

镧铈氧化物及其复合纳米纤维材料的除磷性能研究

热处理对 Mg-9Gd-2Nd-1Ca-0.5Zr 合金显微组织及力学性能的影响

稀土尾矿资源综合利用研究现状及展望

Gd 掺杂 Ni-Se 体系制备高效析氢催化剂的研究

氢气焙烧对钕掺杂二氧化铈光催化性能影响研究

离子吸附型稀土矿浸矿剂溶液优化试验研究

晶粒尺寸对铈氢化速率的影响

不同取代基对位苯甲酸镧的制备及其对 PVC 热稳定性能的影响

（来源：中国稀土学报）

## 一种通过溶液结构转型从稀土生物浸出液中回收稀土的方法

**发明名称：**一种通过溶液结构转型从稀土生物浸出液中回收稀土的方法

**公开（公告）日期：**2024-03-01

**公开（公告）号：**CN115679131B

**发明人：**赵红波，申丽，孟晓宇，邱冠周

**摘要：**本发明公开了一种通过溶液结构转型从稀土生物浸出液中回收稀土的方法。该方法包括如下步骤：1)获取富含稀土的生物浸出液；2)配位化学键活化；3)配位化学键断裂与重构；4)稀土沉淀与回收。本发明利用配位键的活化、断裂与重构原理，通过溶液结构转型-稀土沉淀的方式可将生物浸出液中的稀土配合物高效沉淀回收，解决了生物浸出液中稀土无法直接沉淀回收这一技术难题，在转型阶段还能去除部分杂质离子，有利于提高稀土沉淀效率和产品质量。本发明具有沉淀效率高、成本低、绿色环保、易操作、资源综合利用率高等优点，有良好的工业应用前景。

（来源：知嘟嘟）



## 一种稀土强酸催化剂及其制备方法

**发明名称：**一种稀土强酸催化剂及其制备方法

**公开（公告）日期：**2024-03-22

**公开（公告）号：**CN115805086B

**发明人：**杨建斌，张学旺，雷曼云，顾得亮

**摘要：**本申请涉及生物柴油固体酸催化剂技术领域，具体公开了一种稀土强

酸催化剂及其制备方法,所述稀土强酸催化剂,包括以下原料:硫酸锆、氧化镧、稀硫酸、复合载体、过硫酸铵、水;所述复合载体由第一载体与第二载体组成;上述配方简单,所得稀土强酸催化剂的催化活性高、选择性好和稳定性高;所述稀土强酸催化剂的制备方法,包括以下步骤:先将硫酸锆和氧化镧溶于稀硫酸中,溶解后调节 pH 至碱性,陈化,过滤,洗涤,得混合物;再将混合物和复合载体混合,老化,抽滤,干燥,得初产品;最后将初产品、过硫酸铵加入水中,反应结束后,抽滤,烘干,焙烧,得稀土强酸催化剂;上述制备方法,操作简单,成本低,适合工业化生产。

(来源:知嘟嘟)

## 2024年3月新增公开/公告专利（部分）

稀土类碳酸盐微粒的制造方法及稀土类碳酸盐微粒

一种从深海富稀土沉积物中提取稀土、磷、锰元素的方法

有机抗氧化组合物及稀土金属或稀土合金表面抗氧化方法

一种通过溶液结构转型从稀土生物浸出液中回收稀土的方法

一种稀土加工用水浸槽

稀土氧化物的提取装置

一种稀土金属电解系统

一种底部阴极稀土电解槽

稀土储氢合金及其制备方法

一种稀土钨棒及其制备方法

一种稀土用压铸成方砖装置

一种稀土复合材料的制备方法

（来源：知嘟嘟）