

离子型稀土信息简报

Ionic Rare Earth Information Bulletin

2022年 第05期 总第103期

本期要闻

- ◎ 什么是推进稀土业智能制造的重要抓手
- ◎ 赣州高新区集中签约招商引资重大项目10个 涉及稀土相关领域
- ◎ 中国稀土集团赣南稀土矿山升级改造全速复产
- ◎ 鼓励外商投资产业目录(2022年版)(征求意见稿)发布 涉及稀土相关领域

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	1-16
◎ 什么是推进稀土业智能制造的重要抓手	
◎ 稀土高盈利可持续吗?	
◎ 赣州高新区集中签约招商引资重大项目 10 个 涉及稀土相关领域	
◎ 中国稀土集团赣南稀土矿山升级改造全速复产	
◎ 国家市场监管重点实验室(稀土产品检测与溯源)建设启动会暨揭牌仪式在江西理工大学举行	
◎ 新型磁体问世 稀土元素使用量减少 30%	
◎ 打造本土供应链 加拿大首家稀土生产商开始交付稀土矿	
◎ 智利矿产“国有化”进程受阻 制宪会议未批准扩大国家采矿权	
◇ 科技前沿	17-22
◎ 福建物构所 Te^{4+} 敏化稀土掺杂 Cs_2ZrCl_6 实现高效近红外发光	
◎ 西安交大科研人员在钽基单分子磁体领域取得新进展	
◇ 政策法规	23-23
◎ 鼓励外商投资产业目录(2022 年版)(征求意见稿)发布 涉及稀土相关领域	
◇ 市场行情	23-28
◎ 2022 年 5 月稀土价格走势	
◇ 稀土知识	29-30
◎ 稀土应用——稀土断热材料	

什么是推进稀土业智能制造的重要抓手

数字产业化是当前和今后一个时期制造业竞争和经济角逐的主战场。经过多年发展，我国稀土产业在应用电子软件、大数据与物联网等领域形成了一定的比较优势。目前，我国稀土业正处在历史性窗口期和战略性机遇期，加快推进数字产业化，拥抱智能制造“新蓝海”，将为稀土业构建现代化经济体系、推动高质量发展提供新支撑、增添新动能。

包头稀土高新区在推动智能制造方面就是一个典型的例子。去年以来，包头稀土高新区推动 31 家企业完成工业互联网建设，企业共接入数字化、智能化、绿色化设备 1000 多台，应用了 45 个工业软件及 APP，实现了基础数据、人员数据、设备数据、能效数据、经济数据、安全数据六大类企业数据的采集和汇聚。

可喜的是，在包头稀土高新区等先进企业的示范带动下，一些稀土企业也经过引进消化吸收再创新和自主创新，在基础自动化、过程自动化建设方面取得了很大进步，为发展智能制造奠定了较好的基础。

虽然部分稀土企业在智能制造上作出了贡献，但稀土业智能制造还处于起步阶段。那么，未来稀土业应如何推进智能制造？笔者认为，需要把握好以下三个重要抓手：

一是抓好 3 个层面的科技攻关，即国家层面的重大科技专项攻关、行业共性技术攻关、企业层面技术革新。重点稀土企业可以与相关科研院所合作，共同研究重大科技专项，利用最新科技成果，提高行业智能制造的水平；其他中小稀土企业可利用行业研究成果，逐渐推进稀土业的智能制造。

二是制订完善的稀土业智能制造标准体系，“智能制造、标准先行”。为解决稀土业智能制造标准缺失、滞后和交叉重复等问题，同时充分发挥标准在推进稀土业智能制造发展中的基础性和引导性作用，由政府相关部门主导制定可以与市场标准协同发展、协调配套的新型稀土业智能制造标准体系。

三是研发智能制造关键技术。稀土业智能制造的实施需要突破关键信息技术，提升数字化、智能化高端装备、智能控制技术的融合连接应用和对稀土业生产加工全过程的有机组织能力，同时进行有效管理、研发、设计和集成制造。

值得注意的是，结合稀土业的特点，智能制造可逐步实施，有序推进。例如，推进稀土制造过程智能化，需要加快人机智能交互、工业机器人、智能物流管理等技术和装备在生产过程中的应用，促进稀土生产工艺的仿真优化、数字化控制、状态信息实时监测和自适应控制等的发展。

2021年，工信部出台相关政策，提出推动传统产业高端化、智能化、绿色化，前提要从数字化开始做起，完成所有稀土业中占80%的传统产业改造。再加上5G、5G+工业互联网的应用等，为传统产业的改造谋划新的发展机遇。随着产业数字化和智能制造的不断渗透，我国稀土业的发展模式和格局将被改写，稀土业态也有望由“量变”引起“质变”。

（来源：中国有色金属报）



稀土高盈利可持续吗？

3月中旬以来，受政策管控、需求转弱、中游去库三重因素扰动，稀土价格

走弱，氧化镨钕市场价由 111→82 万元/吨，最大跌幅达到 26.13%；氧化铽市场价由 1530→1270 万元/吨，最大跌幅达到 16.99%。市场投资者对稀土板块高盈利的持续性较为担忧，我们认为基于目前的供需结构的判断，稀土价格有望维持高位运行，稀土龙头成长性仍未被充分定价。

与其他周期品不同的是，高价并不会导致稀土资本开支变大，进而供需失衡价格回落。

1)国内矿：国内约占稀土供给的 60%-70%，国内实行稀土生产性指令计划，任何企业不能无指标、超指标生产，2022 年第一批稀土开采分离总量控制指标为 10.08 万吨，同比增加 1.68 万吨 REO，其中增量全部为轻稀土指标，中重稀土指标无增长。

2)美国矿：在产矿山主要为 Mt Pass，目前已经处于满负荷运行状态，21 年产量约 42413 吨 REO，22Q1 产量为 10828 吨 REO，目前主要战略重心放在下游分离厂及磁材厂建设上面，矿端无大的资本开支计划。

3)澳大利亚：主要为 Lynas 项目，设计产能约 25000 吨 REO，22Q1 稀土矿产量约 4945 吨 REO，氧化镨钕产量约 1687 吨，处于满负荷状态，中短期矿山端也无大扩产规划。

4)缅甸矿：正常时间每年进口量约 2.0-2.5 万吨 REO，21 年 7 月以来受疫情影响，缅甸矿进口窗口关闭，目前仍无进口。更重要的是，根据数据，我们认为由于过去五年的大规模开采，缅甸矿大概率将进入产出量周期性见顶的阶段。

受疫情扰动需求端短期承压，不改中长期成长性。由于国内疫情的爆发，企业停工停产，市场担心需求下滑对价格的冲击。我们基于不同情景假设对稀土需

求增长情况进行测算：

1)在中性情景下，假设随着下游复工复产的进行，需求预期有所修复，全年来看传统需求(汽车、空调、低端钕铁硼等)无增长，稀土需求增速约 14%左右；

2)在悲观情景下，需求修复不及预期，传统需求(汽车、空调、低端钕铁硼等)全年实现-5%的增长，稀土整体需求增速降至 10%左右。中长期维度来看，碳中和大的趋势未改，新能源汽车、节能电机、风电等需求有望维持高速增长，稀土行业中长期成长性未改。

继续重申，稀土产业链供需格局重塑，将迎来有别于过去的新时期。供给端海外短期无大的资本开支计划，2-3年内很难看到大的矿山投产，国内实行稀土总量指标控制，供给有序释放；受疫情扰动需求短期承压，在悲观情景下，稀土需求增速仍维持 10%左右，供应短缺局面未改，稀土价格将有别于过往，有望维持高位(基于对供需结构的判断，预计 22-23 年氧化镨钕均价分别为 85、90 万元/吨)，稀土龙头成长性更未被充分认知。

(来源：中泰证券)

赣州高新区集中签约招商引资重大项目 10 个 涉及稀土相关领域

5月11日，赣州高新区举行招商引资重大项目集中签约仪式。赣县区委书记、高新区党工委书记廖永平出席仪式并讲话，赣县区委副书记、区长、高新区党工委书记、管委会主任刘文彦主持仪式，赣县区和高新区相关领导出席。



廖永平强调，全区上下要坚决贯彻落实有关“优化营商环境”的部署要求，创新落实一系列降低企业成本、改革创新审批制度等惠企政策和服务措施，努力用最大的诚意和最贴心的服务支持鼓励企业走进赣县区，推动落户企业做大做强，促进地方经济高质量发展。衷心希望各企业加快推进项目落地建设，让项目早开工、早投产、早见效，有关部门要兑现好政策，帮助企业解决难题尽快落地。希望更多企业来我区投资兴业，为助力我区打造“科创高地、千亿园区、魅力新城、客家摇篮”，实现“稀金梦”添砖加瓦。



据了解，本次集中签约的招商引资重大项目共 10 个，总投资 123.5 亿元，分别是年产 2000 吨异形钕铁硼磁材生产项目；衬衫老罗直播电商产业园项目；高端智能装备及应用项目；年产 200 吨高强度高韧性稀土硬质合金棒材中试示范项目；年产 4000 吨碳化钨粉/整体技改搬迁产业项目；年处理 3000 吨废钨合金综合回收利用项目；各类电机定子铁芯、新能源电池、充电桩电感及零配件生产项目；年产 50 万平方米稀土纳米陶瓷涂膜隔热防晒玻璃建设项目；年产 4800 吨稀土氧化物钕铁硼废料综合回收利用技术改造项目；智能终端研发生产项目。

（来源：赣州高新区）

中国稀土集团赣南稀土矿山升级改造全速复产

5 月 24 日，中国稀土集团在赣州市定南县岭北镇三丘田稀土矿山现场举行贯彻落实习近平总书记视察赣州稀土产业重要指示精神暨赣南稀土矿山升级改造复产仪式，以实际行动践行习近平总书记关于做好稀土产业重要指示精神。江西省委副书记、赣州市委书记吴忠琼出席并宣布启动复产。江西省委常委、副省长任珠峰讲话。江西省政府副秘书长熊科平，省科技厅厅长犹王莹，省生态环境厅厅长徐延彬，省国资委副主任马健，省地质局党组书记宋斌出席仪式，赣州市委常委、常务副市长胡剑飞出席仪式并致辞。集团公司党委书记、董事长敖宏致辞，集团公司党委副书记、总经理刘雷云主持仪式。



任珠峰代表省委、省政府向赣南稀土矿山升级改造复产表示祝贺，向中国稀土集团给予江西经济社会发展的关心支持表示衷心感谢。他说，三年来，省委、省政府深入贯彻落实习近平总书记视察江西重要讲话精神，聚焦“作示范、勇争先”的目标要求，加快推动稀土产业高质量发展，全省稀土产业保障更加有力、创新更加强劲、结构更加优化、产业更加集聚，呈现出强劲的发展势头。

任珠峰说，希望中国稀土集团以赣南稀土矿山升级改造复产为契机，发挥自身人才、技术、管理、资金和市场等方面优势，在资源保障、产业升级、创新引领、绿色转型等方面当好“排头兵”，积极服务地方经济社会发展。希望赣州市深入贯彻落实党的十九届六中全会和省第十五次党代会精神，加快推进革命老区高质量发展示范区建设，以“大湾区能做的，我们也要能做到”的气魄，打响“干就赣好”品牌，推动赣州稀土产业绿色可持续发展。希望省直有关部门一如既往全力支持赣州市打造工业强市，支持中国稀土集团在江西发展壮大，大力实施发

展和改革双“一号工程”，精准破解我省稀土企业在政策落地、项目推进、融资成本、用工用能等方面的难题，保障中国稀土集团等企业投资放心、生产安心、发展舒心。

敖宏在致辞中指出，在党中央、国务院坚强领导下，赣南稀土矿山复工复产能顺利实现，得益于国务院有关部委的帮助指导；得益于江西省委、省政府和省直有关部门的关心支持，赣州市委、市政府和市直有关部门，龙南市委市政府、定南县委县政府和两县（市）机关部门及乡镇的倾力支持和集团广大干部职工特别是矿山生产一线员工为实现矿山复产所付出的艰辛努力。他要求，要树牢“趟出一条路子来”的必胜之心，在实现绿色发展上取得更大突破；要昂扬“撸起袖子加油干”的奋斗之志，在实现创新发展上展现更大作为；要强化“成功路上必有我”的担当之责，在实现融合发展上汇聚更大合力。

其间，中国稀土集团分别与江西省工信厅、江西省生态环境厅签订战略合作备忘录。



江西省工信厅、省生态环境厅、省地质局、省自然资源厅领导，中国稀土集团领导班子成员，赣州市委市政府有关部门负责人，龙南市委市政府、定南县委县政府主要领导，中国稀土集团总部部门负责人和中国南方稀土有关领导同志参加仪式。

（来源：中国稀土集团）

国家市场监管重点实验室（稀土产品检测与溯源）建设启动会暨揭牌仪式在江西理工大学举行

近日，国家市场监管重点实验室（稀土产品检测与溯源）建设启动会暨揭牌仪式在我校黄金校区工程院举行。我校党委常委、副校长罗仙平、廖春发，国家杰出青年基金获得者、南京大学博士生导师朱俊杰，赣州市市场监管局党组成员、副局长刘光宪，江西省钨与稀土产品质量监督检验中心主任蒋小岗，赣州市综合检验检测院院长刘汉泉等出席活动。分析测试中心主任叶信宇主持建设启动会。



国家市场监管重点实验室（稀土产品检测与溯源）是由江西理工大学牵头联合江西省钨与稀土产品质量监督检验中心、赣州市综合检验检测院共同申报，于2021年9月由国家市场监管总局下文获批组建。该实验室是国家市场监管科技创新体系的重要组成部分，是推进重大科研创新、聚集和培养优秀科技人才、开展高层次学术交流、产出高水平科研成果的创新平台，是落实国家各项科技发展政策的高地。实验室主要任务是围绕稀土产品检测与溯源，从产品现代分析测试方法、产品综合性能测试评价、稀土产品全产业链计量溯源、稀土产品遗传基因与产地溯源四大方向展开平台建设和稀土产品全生命周期监管技术研究。

罗仙平指出，稀土产品检测与溯源实验室的获批，不仅标志着学校在参与国家创新体系的征程中迈出了重要的一步，也是学校学科建设水平的重大跨越，为学校在新的发展时期创造了良好机遇。他重点介绍了学校在铜、钨、稀土、新能源等方面的研究成果，并表示学校将全力支持实验室的各项工作，相信在理事会成员单位的支持和团队成员的共同努力下，一定能顺利完成重点实验建设的各项工作和任务。

廖春发指出，稀土产品检测与溯源实验室的创建为我校乃至赣南地区又增加了一个国家级科技创新平台，希望在两年建设期内，围绕稀土产品检测与溯源研究，打造一支多学科交叉融合、创新能力强、具有重要影响的科技创新团队，在稀土产品检测与溯源领域形成竞争优势，提升实验室在国内外同行中的影响力和知名度。同时，他就实验室的组织建构、课题申报、人员合作、论文发表等与专家交换了意见。



刘光宪认为，稀土产品检测与溯源实验室的成立是深入贯彻习近平总书记有关稀土产业绿色发展要求的具体实践，对我国稀土领域的科技创新具有重要意义，并表示赣州市市场监管局将与学校在项目申报、人才培养等方面加强合作，共同助力赣州市经济高质量发展。刘汉泉表示，将充分发挥赣州市综合检测院的优势为实验室建设和运行提供保障。

我校分析测试中心柯于球副教授介绍了重点实验室申报过程与获批情况、研究方向、建设内容、考核指标，并就实验室的建设进度作了详细汇报。



需材料。为了制备钕还原永磁体，需要提高元素铈（Ce）的含量，因其价格相对低廉，但是却无法降低钕的使用量。然而，随着铈含量的增加，磁性能会不可避免地劣化。研究小组重点阐明了铈含量增加引起磁性能劣化的原因和机理，通过控制原子尺度的微观结构，成功地解决了稀土还原永磁体中存在的顽症。

研究人员发现，制造过程中形成的“非必要磁性粒子”是磁体的磁性和微观结构性能恶化的根本原因——它们通过阻止原子的扩散改变了微观结构，提高了磁性能，从而抑制了非磁性颗粒的形成。

研究小组分别采用熔融纺丝法和热变形法制备低含量稀土的前驱体和最终块状磁体，这两种方法的冷却速度比传统方法快。因此，他们成功地通过抑制非必要磁性颗粒的形成，优化了磁体的微观结构。此外，它们还能同时改善永磁体的主要性能——剩余磁化强度和矫顽力。

2021年，用于高效发动机的稀土永磁体的国内市场价值为每年1860亿美元，而韩国的稀土永磁体则依赖于进口。考虑到当下国际环境，韩国拥有自己的稀土永磁体材料对韩国来说迫在眉睫。此外，当这项技术商业化时，它还可以用于高附加值的行业，如电动车、无人机、飞行汽车和需要高效率发动机的电动航船。

领导这个研究小组的高级研究员 Tae-Hoon Kim 博士说：“当这项技术商业化时，它将同时解决国内稀土永磁体市场的资源问题和材料、零部件和设备问题。这只是个开始。在未来的进一步研究中，我们将不遗余力地引导国内稀土永磁体的发展。”

（来源：CBC 金属网）

打造本土供应链 加拿大首家稀土生产商开始交付稀土矿

据当地媒体报道，加拿大第一家稀土生产商 Vital Metals 的 Nechalacho 稀土矿已经开始交付。

Nechalacho 位于加拿大西北部地区，去年 6 月开始生产，使其成为加拿大第一家稀土生产商，也是北美第二大稀土生产商，仅次于加州的 Mountain Pass 矿。

据 Vital Metals 介绍，Nechalacho 拥有 94.7Mt 的世界级资源，REO（稀土氧化物）含量为 1.46%，该矿北部 T 区拥有 10.1 万吨高级别资源，LREO（轻稀土氧化物）含量为 9.01%（2.2%NdPr）。

Vital Metals 表示，其目标是到 2025 年，通过 Nechalacho 项目生产至少 5000 吨 REO，并且已经与挪威稀土分离公司 REEtec 签署了第一阶段的协议，在最初的五年期间，每年向后者供应 1000 吨 REO（不含铈）。

加拿大自然资源部去年发表报告，呼吁该国政府减少对国外稀土市场的依赖，并将自身定位于全球市场。

报告指出，加拿大拥有实现这一目标所需的一切条件，该国能生产 60 种矿产，包括一些关键矿物，它是西半球唯一同时拥有铜、钴、稀土元素、石墨、锂、锰和镍等矿产的国家，而这些都是生产电动汽车电池所必需的原材料。

报告援引数据称，中国目前拥有高达 80% 的全球稀土处理能力。至 2030 年，中国很可能拥有全世界约 67% 的锂离子电池产能。

目前，除加拿大之外，美国和欧洲都提出了要建立本地稀土供应链。德国第

五大零部件供应商舍弗勒（Schaeffler）上月宣布，与 REEtec 签订了一份为期五年的稀土供应协议，这是欧洲汽车供应商首次从欧洲本土采购稀土。作为轴承领域的龙头企业，Schaeffler 为大众、通用、丰田等车企供应组件。

（来源：财联社）

智利矿产“国有化”进程受阻 制宪会议未批准扩大国家采矿权

智利制宪会议周六（5月7日）未批准一项对全球采矿业影响深远的提案，该提案旨在赋予国家对锂、碳氢化合物和稀土金属的专有采矿权，以及对铜矿的多数所有权，即所谓的矿业“国有化”。

智利是世界上最大的产铜国，供应量占全球的近 1/4，该国同时也是全球最大的锂储量国家。智利正在重新起草宪法，草案中包含了一些和采矿业密切相关的议题，例如提高采矿权使用费，为扩大社会项目提供资金。对全球各大矿业公司而言，最具杀伤力的莫过于将智利国内矿产国有化的提议。

根据规定，相关提议需要获得绝对多数的投票（103 票）才能被纳入宪法草案，而“矿业国有化”提案仅获得了 66 票。这意味着该提议将被打回到环境委员会，在第二次投票之前，相关内容将重新谈判。那些获得不到 2/3 绝对多数、但获得超过 1/4 投票的条款，将返回委员会，等待在制宪会议上进行第二轮投票。不过，周六当天，制宪会议批准了另一项和采矿业息息相关的条款，该条款要求考虑环境保护和采矿资源的有限性和不可再生性，目前已确定将被纳入宪法草

案，智利选民将于今年9月4日对宪法草案进行表决。

根据流程，制宪会议仍需继续召开多次会议，审议和表决新宪法的内容。制宪会议预计在今年年中提交新宪法草案，随后由智利全民公投表决，若表决未通过，智利将继续沿用现行的宪法。

需要说明的是，智利现总统博里奇(Gabriel Boric)持左翼立场，在竞选总统期间，博里奇主张建立福利国家，并改变始于皮诺切特军政府时期的经济模式，其中包括提高针对矿业公司的税收和矿业特权使用费。

(来源：上海有色)

福建物构所 Te^{4+} 敏化稀土掺杂 Cs_2ZrCl_6 实现高效近红外发光

全无机无铅金属卤化物因其独特的光学性能和可溶液加工的特点,有望替代铅卤钙钛矿在 LED、光电探测、太阳能电池等领域发挥重要作用。该类材料可通过掺杂过渡金属或 ns^2 电子组态离子实现在可见波段的高效发光,但其近红外 (NIR) 发光却受限于掺杂稀土离子的 $f \rightarrow f$ 禁戒跃迁吸收强度弱、发光效率低的瓶颈。实现无铅金属卤化物的高效 NIR 发光,对于新型 NIR-LED 器件及其应用开发具有重要意义。

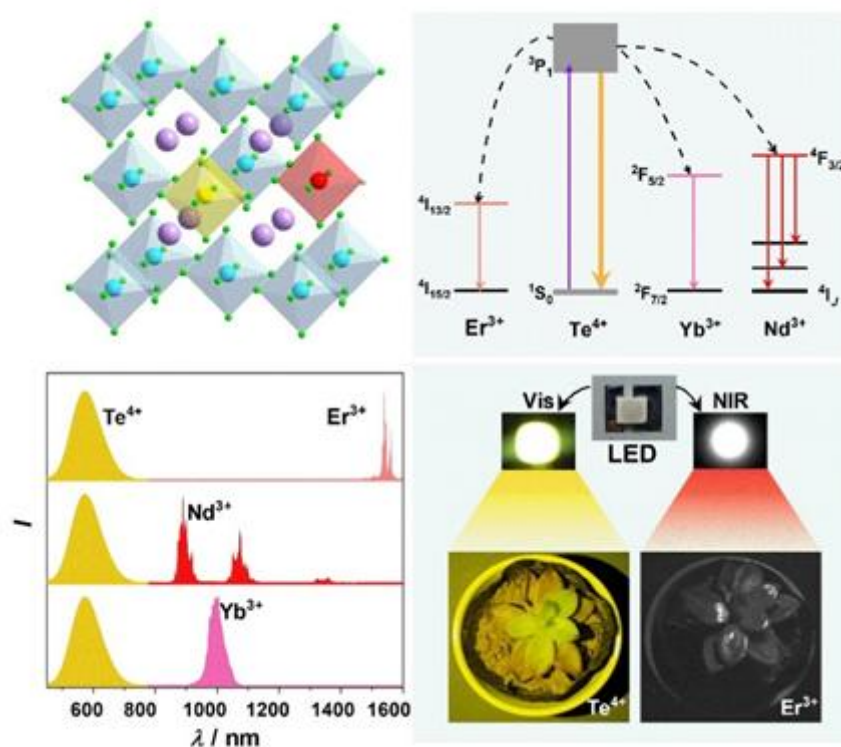


图 1 基于 $\text{Te}^{4+}/\text{Ln}^{3+}$ 共掺杂 Cs_2ZrCl_6 实现高效近红外发光: 晶体结构示意图、电致发光光谱、 $\text{Te}^{4+} \rightarrow \text{Ln}^{3+}$ 能量传递示意图、vis/NIR-LED 及照明成像

近日, 中科院福建物质结构研究所陈学元团队郑伟研究员等提出一种 $\text{Te}^{4+}/\text{Ln}^{3+}$ 共掺杂策略, 利用 $\text{Te}^{4+} \rightarrow \text{Ln}^{3+}$ ($\text{Ln} = \text{Er}, \text{Nd}, \text{Yb}$) 的高效能量传递过程, 实现 Cs_2ZrCl_6 空位有序型双钙钛矿的高效 NIR 发光 (图 1)。首先, 团队通

过 Te^{4+} 单掺 Cs_2ZrCl_6 获得宽带黄光发射, 发光量子产率达 59.3%, 并利用变温高分辨光谱、拉曼光谱等手段对 Te^{4+} 的激发态动力学、电-声子耦合相互作用进行了深入研究, 揭示其发光来源于 Te^{4+} 的 $^3\text{P}_1 \rightarrow ^1\text{S}_0$ 电子跃迁。

进一步地, 团队通过 $\text{Te}^{4+}/\text{Ln}^{3+}$ 共掺杂 Cs_2ZrCl_6 , 利用 Te^{4+} 在近紫外 (NUV) 波段的 $^3\text{P}_1 \rightarrow ^1\text{S}_0$ 吸收允许跃迁来提高材料的吸收效率, 并通过 $\text{Te}^{4+} \rightarrow \text{Ln}^{3+}$ 的高效能量传递过程, 实现了 Er^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Yb^{3+} 的高效多色 NIR 发光。在 392 nm 单一波长激发下, $\text{Cs}_2\text{ZrCl}_6: \text{Te}^{4+}/\text{Ln}^{3+}$ 不仅呈现 Te^{4+} 的宽带黄光发射, 还观测到来自 Er^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Yb^{3+} 在 1539 nm、1073 nm 和 1002 nm 处的特征窄带 NIR 发射(图 2), 分别归属于 Er^{3+} 的 $^4\text{I}_{13/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}$ 、 Nd^{3+} 的 $^4\text{F}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_j$ 和 Yb^{3+} 的 $^2\text{F}_{5/2} \rightarrow ^2\text{F}_{7/2}$ 电子跃迁, 其中 Er^{3+} 的 NIR 发光量子产率达到 6.1%。团队还通过变温激发、发射光谱和变温荧光寿命测试, 揭示了 $\text{Te}^{4+} \rightarrow \text{Er}^{3+}$ 的声子辅助能量传递过程以及 $\text{Te}^{4+} - \text{Yb}^{3+}$ 的荷移跃迁介导能量传递过程。

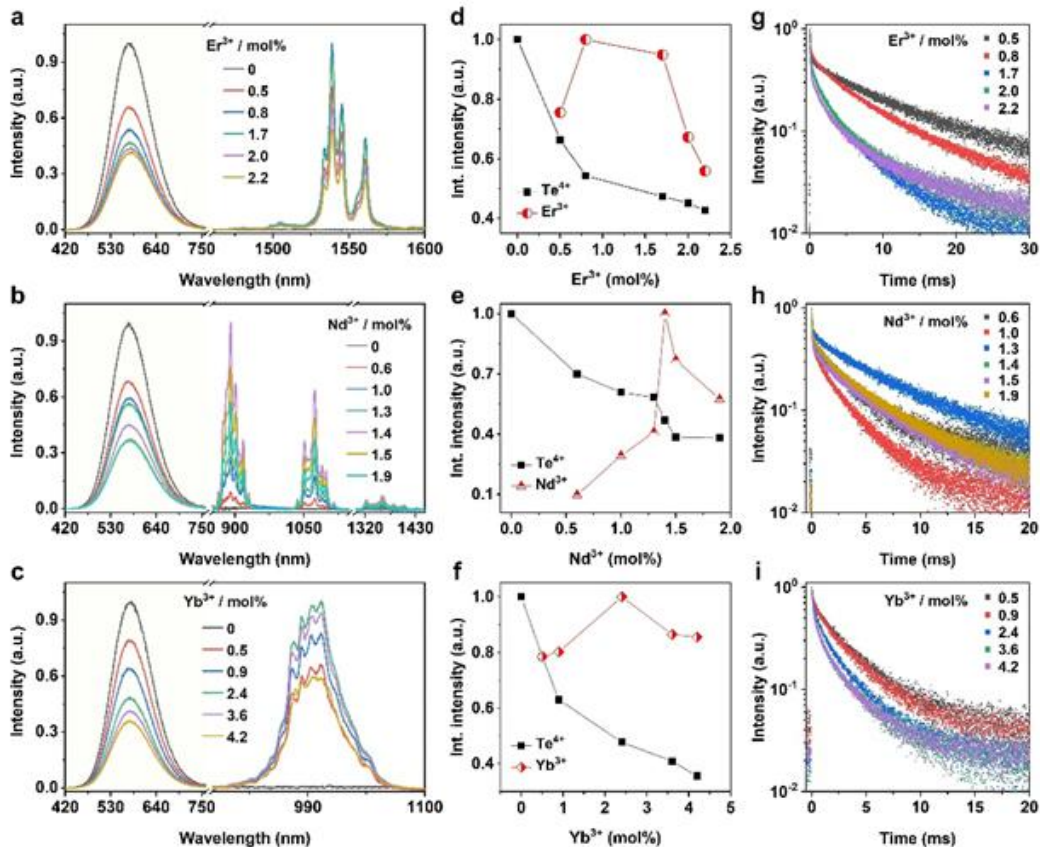


图 2: (a) $\text{Cs}_2\text{ZrCl}_6:0.5\text{Te}^{4+}/x\% \text{Er}^{3+}$ 、(b) $\text{Cs}_2\text{ZrCl}_6:0.5\text{Te}^{4+}/x\% \text{Nd}^{3+}$ 和 (c) $\text{Cs}_2\text{ZrCl}_6:$

0.5%Te⁴⁺/x%Yb³⁺的发射光谱($\lambda_{ex} = 392$ nm); (d-e)Te⁴⁺的黄色发光以及 Er³⁺、Nd³⁺、Yb³⁺的近红外发光强度随 Er³⁺、Nd³⁺、Yb³⁺的浓度变化关系; 392 nm 激发下, g) Cs₂ZrCl₆: 0.5%Te⁴⁺/x%Er³⁺ ($\lambda_{em} = 1539$ nm)、h) Cs₂ZrCl₆: 0.5%Te⁴⁺/x%Nd³⁺ ($\lambda_{em} = 1073$ nm)、i) Cs₂ZrCl₆: 0.5%Te⁴⁺/x%Yb³⁺ ($\lambda_{em} = 1002$ nm)的荧光衰减曲线

此外, 团队还验证了该材料良好的结构、空气和发光稳定性, 并将其与 392 nm NUV-LED 芯片封装研制出高性能的可见/近红外(vis/NIR)双波段发光的 LED 器件, 证明其在无损检测、夜视照明、荧光成像领域的潜在应用 (图 3)。该研究不仅提供了一种利用 Te⁴⁺敏化稀土近红外发光的新策略, 也为新型高效多功能的近红外发光金属卤化物的设计开发提供了新思路。相关结果发表在《德国应用化学》杂志 (Angew. Chem. Int. Ed.2022, 61, e202201993. DOI: 10.1002/anie.202201993), 并被选为热点论文。论文的第一作者是中科院福建物构所与上海科技大学联培硕士生孙金月, 通讯作者是中科院福建物构所郑伟和陈学元研究员。该研究得到中科院创新国际团队、国家自然科学基金和闽都实验室主任基金等项目支持。

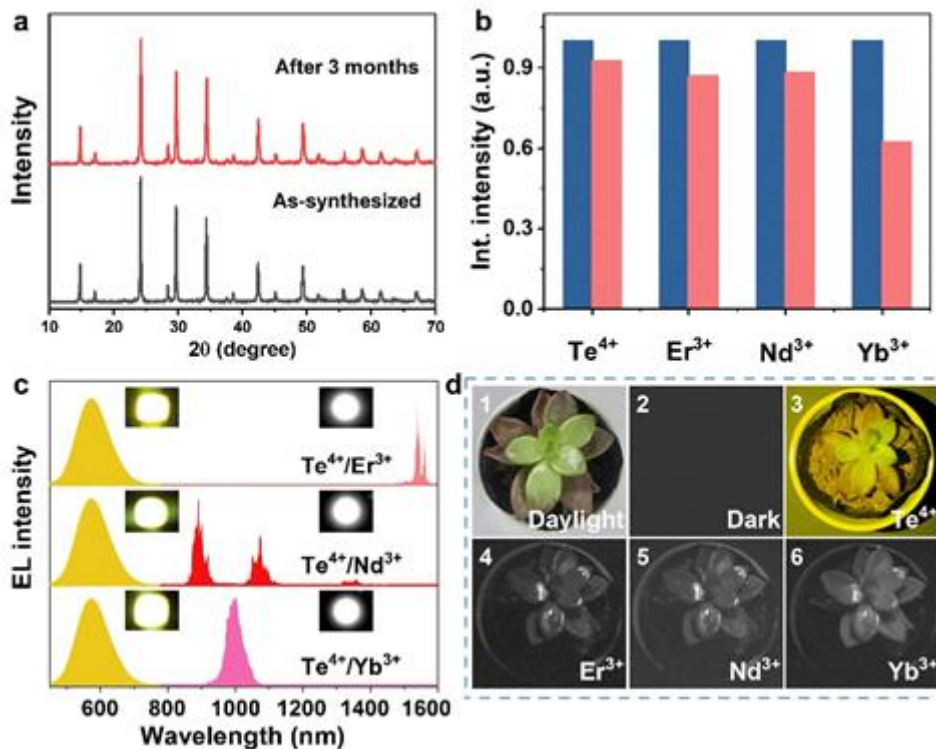


图 3:(a)保存 3 个月前后 Cs₂ZrCl₆: 0.5%Te⁴⁺/0.8%Er³⁺微晶的 XRD 谱图对比; (b)保存 3 个月

前后 $\text{Cs}_2\text{ZrCl}_6:\text{Te}^{4+}/\text{Ln}^{3+}$ 微晶 Te^{4+} 的黄色发光以及 Er^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Yb^{3+} 的近红外发光强度对比；(c) $\text{Cs}_2\text{ZrCl}_6:\text{Te}^{4+}/\text{Ln}^{3+}$ 与 392 nm NUV-LED 芯片封装的 vis/NIR-LED 的电致发光光谱及对应的发光照片（驱动电流为 40 mA）；(d) 不同条件拍摄的多肉植物照片：(1) 日光下、(2) 暗室、(3-6) vis/NIR-LED 照射下，其中(1-3)和(4-6)分别由可见和近红外相机拍摄

此前，陈学元团队在无铅金属卤化物的激发态动力学、光学性能及应用研究方面取得了系列重要进展。例如，通过 Cu^+ 掺杂提升自限激子态密度和辐射复合速率，实现 $\text{Cs}_2(\text{Ag}/\text{Na})\text{InCl}_6$ 双钙钛矿高效发光 (Adv. Sci. 2022, 9, 2103724)；通过 A 位阳离子替代与八面体结构基元调控，实现零维铟基卤化物纳米晶的高效全光谱可调谐发光 (Adv. Opt. Mater. 2021, 9, 2100434; Nano Today 2022, 40, 101460)；通过 $\text{Bi}^{3+}/\text{Te}^{4+}$ 共掺实现 Cs_2SnCl_6 空位有序型双钙钛矿的双带可调谐白光发射 (Angew. Chem. Int. Ed. 2022, 61, e202116085)。

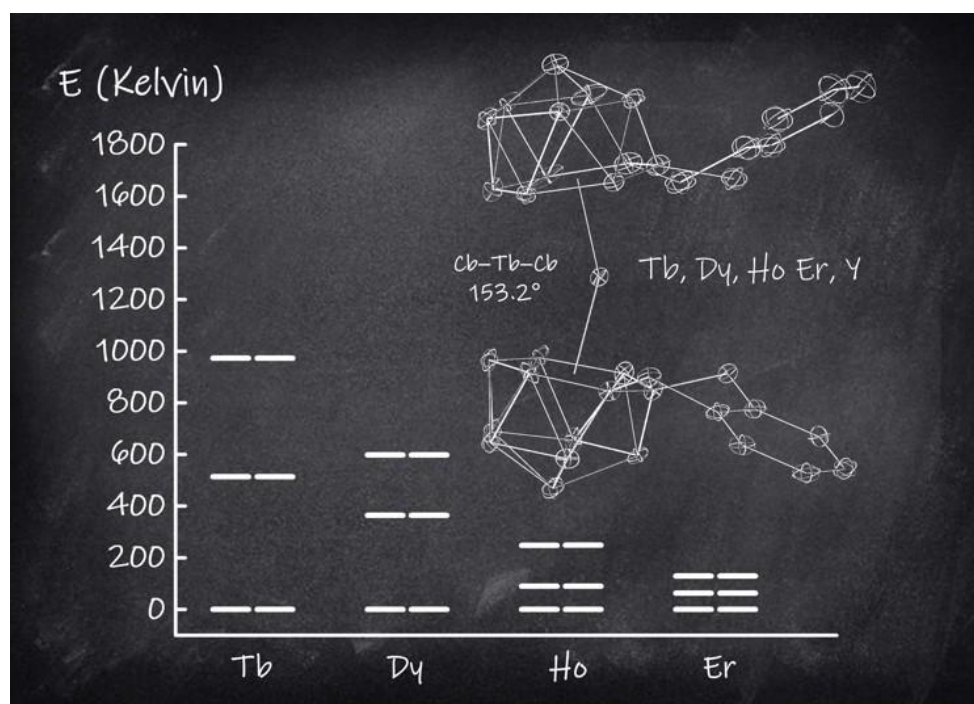
(来源：中科院福建物构所)



西安交大科研人员在钷基单分子磁体领域取得新进展

自从单分子磁体于 1993 年首次报道以来，单分子磁体作为纳米级磁性材料的重要分支，吸引了物理学家和化学家的广泛关注。由于一些重稀土离子（钷(III)、镝(III)、钬(III)、铒(III)）具有很强的轨道角动量及自旋轨道耦合效应，能产生很大的总角动量，尤其是当这些稀土离子处于特定的配体场下时，其光谱基项会产生大的能级劈裂，从而实现更高的磁翻转能垒 (U_{eff}) 和磁阻塞温度 (T_B)。到目前为止，大多数高性能单分子磁体都是基于半整数自旋的克萊默离子，例如镝(III) ($J=15/2$) 和铒(III) ($J=15/2$)。对于非克萊默离子，如钷(III) ($J=6$) 和钬(III) ($J=8$) 的单分子磁体却相对较少报道，且性能相对较低。

近年来,具有芳香性碳环类配体及其衍生物在构筑高性能镧(III)基单分子磁体方面有优异的表现,尤其是环戊二烯类的配体,但是其并不适合于构筑高性能铽(III)基单分子磁体。这是因为对于非克莱默离子铽(III)来说,其具有相较镧(III)更大的基态能级差与更强的磁量子隧穿。因此高性能铽(III)单分子磁体对配体场及配体场轴向性要求更高,目前为止只有酞菁铽及铽基二茂铁阴离子两种体系。



西安交通大学前沿科学技术研究院郑彦臻课题组另辟蹊径,采用具有蛛网式六元环配位面的碳硼烷配体与稀土离子(铽(III),镧(III),钆(III),铕(III))配位,构筑了一系列夹心状的稀土金属有机配合物。该系列化合物的中心金属离子处于罕见的六棱柱配位构型中,稀土离子的局部配位构型接近 D_{6h} 对称性。在该配体场下,铽及镧都能产生强的轴向磁各向异性,而相比之下,铽的配合物的表现更为优异,在零直流场下,有效磁翻转能垒为 445 K,同时钆稀释样品在 2 K 下的弛豫时间达到 193 秒,成为铽(III)基单分子磁体的新标杆。

以上研究成果发表在国际化学领域权威期刊《德国应用化学》(Angewandte Chemie International Edition)上。西安交大前沿院博士研究生金鹏博为该论文第

一作者，前沿院为本文唯一通讯作者单位。这是继该课题组利用巢式碳硼烷配体构筑镧基单分子磁体后，在碳硼烷配体体系的又一重要进展，同时也是该课题组继前期分子磁性研究工作基础上的又一重要突破。

该工作得到了国家自然科学基金、陕西省重点科技创新团队、唐仲英基金及校基本科研业务的资助。

(来源：西安交通大学)

鼓励外商投资产业目录（2022年版）（征求意见稿） 发布 涉及稀土相关领域

5月10日，国家发展改革委、商务部发布关于《鼓励外商投资产业目录（2022年版）（征求意见稿）》公开征求意见的通知，目录列出全国鼓励外商投资产业目录。

其中，化学原料和化学制品制造业类目以及有色金属冶炼和压延加工业类目均涉及稀土相关领域，具体如下：

化学原料和化学制品制造业：飞机蒙皮涂料、**稀土硫化铈红色染料**、无铅化电子封装材料、彩色等离子体显示屏专用系列光刻浆料、小直径大比表面积超细纤维、高精度燃油滤纸、表面处理自我修复材料、超疏水纳米涂层材料、超高折光学树脂材料、环保可回收太阳能组件用共挤背板及背板用塑料材料、汽车启停铅蓄电池隔膜、储能铅蓄电池隔膜；

有色金属冶炼和压延加工业：**符合稀土新材料要求的稀土高端应用产品加工**。

（来源：国家发改委）

2022年5月稀土价格走势

一、稀土价格指数

5月份，稀土价格指数缓慢上行。本月平均价格指数为359.6点。价格指数最低为5月5日的340.2点，最高为5月31日的368.2点。高低点相差28.0点，波动幅度为7.8%。



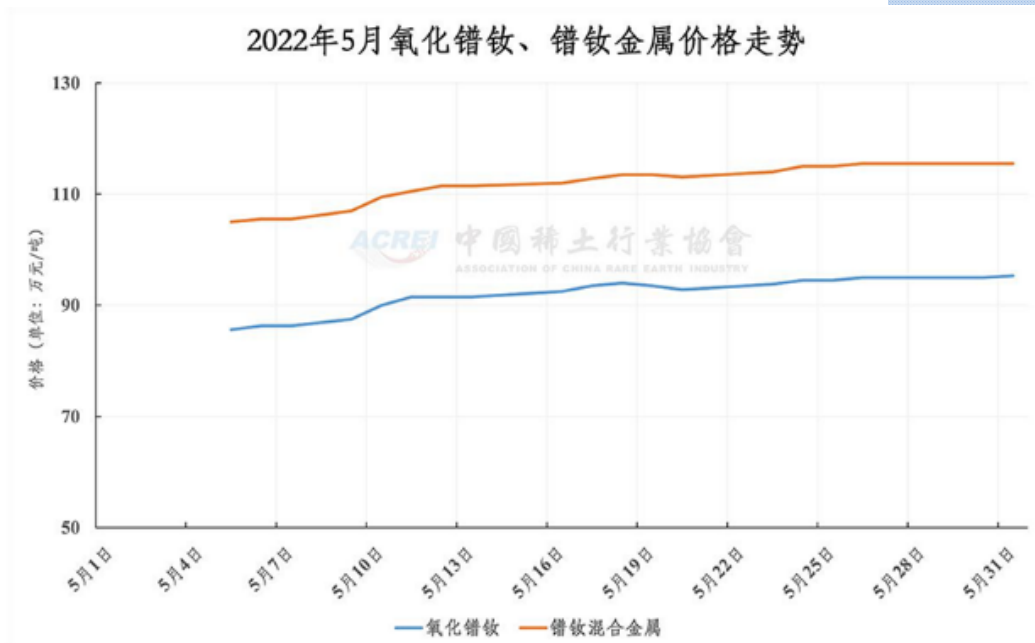
二、中钇富钆矿

中钇富钆矿5月份均价为36.95万元/吨，环比上涨2.2%。

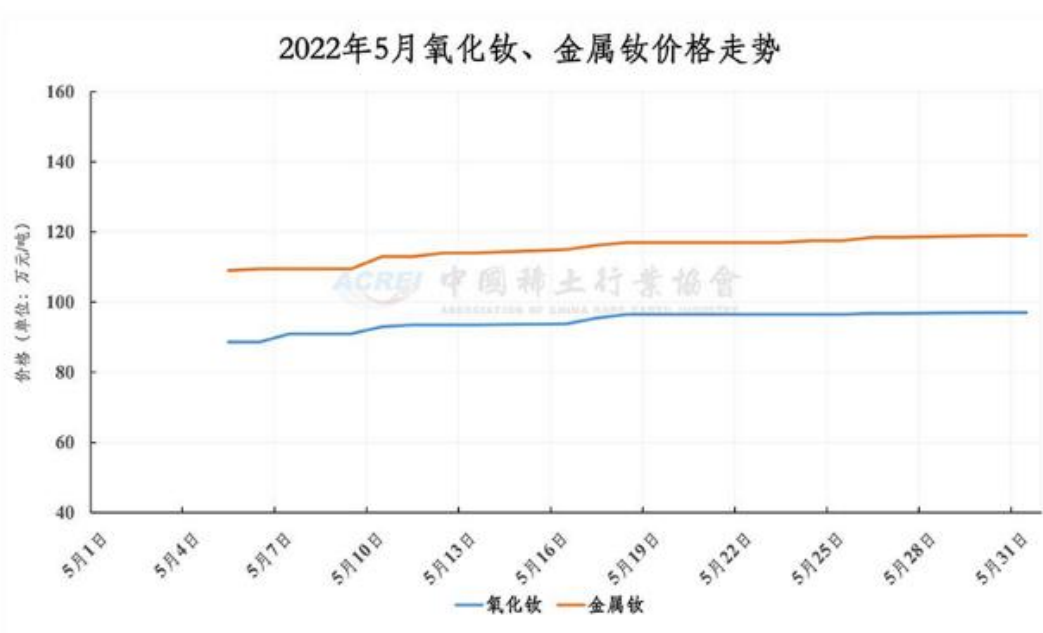
三、主要稀土产品

(一) 轻稀土

5月份，氧化镨钕均价为91.98万元/吨，环比上涨7.1%；金属镨钕均价为111.85万元/吨，环比上涨5.1%。



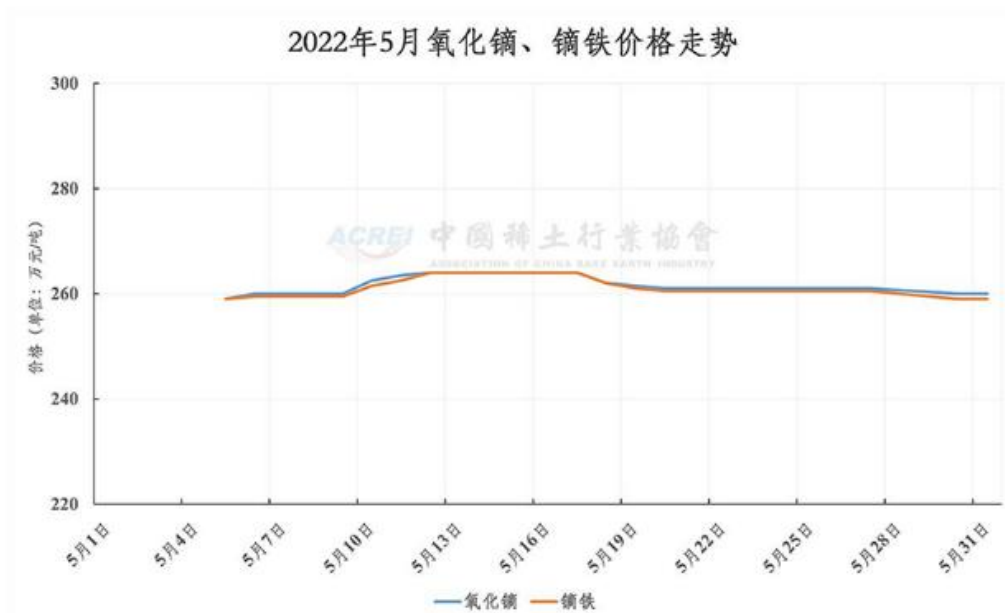
5月份，氧化钕均价为 94.43 万元/吨，环比上涨 3.8%；金属钕均价为 115.04 万元/吨，环比上涨 1.9%。



5月份，氧化镨均价为 93.21 万元/吨，环比上涨 4.4%。99.9%氧化镧均价为 0.83 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

5月份，氧化镝均价为261.53万元/吨，环比上涨1.8%；镝铁均价为261.08万元/吨，环比上涨1.6%。



5月份，99.99%氧化铽均价为1466.60万元/吨，环比上涨8.2%。金属铽均价为1846.15万元/吨，环比上涨7.6%。



5月份，氧化钬均价为132.43万元/吨，环比下跌4.4%，钬铁均价为134.10

万元/吨，环比下跌 5.1%。



5 月份，99.999%氧化钇均价为 8.74 万元/吨，环比下跌 2.8%。氧化铒均价为 36.48 万元/吨，环比.上涨 2.0%。

表 1：2022 年 5 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	4 月平均价	5 月平均价	环比
氧化镧	≥99%	8.30	8.30	0.00%
氧化铈	≥99%	10.00	10.00	0.00%
氧化镨	≥99%	893.10	932.05	4.36%
氧化钆	≥99%	910.14	944.30	3.75%
金属钆	≥99%	1129.43	1150.35	1.85%
氧化钷	≥99.9%	27.48	25.00	-9.02%
氧化铈	≥99.99%	198.00	198.00	0.00%
氧化钷	≥99%	445.81	511.30	14.69%
钷铁	≥99%Gd 75%±2%	436.33	493.70	13.15%
氧化铽	≥99.9%	13557.14	14666.00	8.18%
金属铽	≥99%	17150.48	18461.50	7.64%
氧化镱	≥99%	2569.52	2615.25	1.78%
镱铁	≥99%Dy80%	2568.57	2610.75	1.64%
氧化钬	≥99.5%	1384.86	1324.25	-4.38%
钬铁	≥99%Ho80%	1413.71	1341.00	-5.14%
氧化铒	≥99%	357.67	364.75	1.98%
氧化铥	≥99.99%	102.00	102.00	0.00%

市场行情

氧化镧	≥99.9%	5181.19	5240.00	1.14%
氧化钇	≥99.999%	89.90	87.40	-2.78%
氧化镨钕	≥99% Nd ₂ O ₃ 75%	859.19	919.80	7.05%
镨钕金属	≥99%Nd75%	1063.76	1118.45	5.14%

(来源：中国稀土行业协会)

稀土应用——稀土断热材料

烈日暴晒过后的汽车里，仿佛置身于蒸笼之中；午后的办公室，强烈的阳光照射在身上，那种灼热的疼痛感叫人难以忍耐，光是想想这些场景就会让你汗如雨下、呼吸困难。这时大家的第一反应一定是打开空调、电扇，享受冷风袭来的清凉。然而空调、电扇等制冷设备的大规模使用，也带来了一些副作用。空调使用的氟利昂制冷剂会破坏臭氧层，导致全球的温室效应；屋内制冷向户外排放大量高温气体，在人口密度高的城市会形成热岛效应，让室外气候变得更加炎热；人们长时间在空调形成的低温环境中办公生活，会引起“空调病”破坏人体免疫平衡对人体造成影响。

我们在不断地寻找更健康、环保、绿色的制冷降温方式。稀土断热材料的出现，让人们在“冰与火”的问题上有了更优的解决方案。

科研人员利用稀土独特的理化和电子结构特性，研发出了稀土纳米断热材料。当强烈的太阳光穿过添加断热材料的玻璃时，断热材料中的稀土纳米粒子将发生等离子体共振效应（LSPR 效应），从而大量吸收阳光中的红外线和紫外线，产生隔绝太阳热辐射的效果。使用稀土纳米断热材料可实现 95% 红外线或紫外线的断热效果，调节室内外温差 10° 以上，有效解决夏季室内温度高的问题。到了冬季，稀土纳米断热材料还能成为保温材料，有效防止室内热辐射向室外逸散，起到了节能保暖的作用，可节约 30% 左右建筑物耗能。值得注意的是断热材料不会影响波长为 400-760nm 的可见光通过，保障了玻璃窗明净的透光效果。

稀土纳米断热材料不同于传统意义上的“太阳膜”。常见的太阳膜是利用真

空喷镀或磁控溅射技术，将铝、金、铜、银等金属喷涂于玻璃表面，形成多层致密的高隔热金属膜层。当被光波照射时将光波反射，金属膜层越厚隔热效果也越明显。但这种金属膜会一定程度上影响通讯信号，也十分影响玻璃的透光性，并且反射的太阳光还会造成光污染，同时金属的易氧化性影响金属膜层寿命和美观度。因此稀土断热材料的发明是时代性的技术突破，一种材料同时具有屏蔽紫外线、红外线、断热性强、透明性高和耐候性良好的优点，目前已经开始广泛应用于夹层玻璃的中间膜、建筑外墙涂料、塑料薄膜、显示器、汽车玻璃等领域。

稀土的应用已经不再局限于传统意义上的五大稀土功能材料，随着越来越多稀土应用的研发，稀土制成的生活用品将涌入我们的日常生活，稀土行业正在以我们难以想象的速度迅猛发展着。

（来源：包头稀土产品交易所）