

离子型稀土信息简报

Ionic Rare Earth Information Bulletin

2020 年 第 11 期 总第 85 期

本期要闻

- ◎ 钕铁硼制造 2025：奋斗新时代，沿革自动化，智造磁未来
- ◎ 稀土功能材料 2035 发展的战略研究
- ◎ “稀土王国”的绿色发展路
- ◎ 关于扩大战略性新兴产业投资 培育壮大新增长点增长极的指导意见

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 1-26

- ◎ 钕铁硼制造 2025：奋斗新时代，沿革自动化，智造磁未来
- ◎ 稀土功能材料 2035 发展的战略研究
- ◎ 工信部原材料工业司赴工业互联网研究院交流对接有色金属行业相关工作
- ◎ 江西省已建成 200 座绿色矿山
- ◎ “稀土王国”的绿色发展路
- ◎ 坦桑尼亚批准本国第一个稀土矿的开采许可证
- ◎ 使用寿命延长 20 倍的稀土——铂合金催化剂问世
- ◎ 美国国防部宣布颁发稀土元素奖 以加强国内工业基础

◇ 科技前沿 27-31

- ◎ 北京大学黄闻亮课题组与合作者在低价稀土金属化学方面取得新进展
- ◎ 福建物构所在可生物降解稀土无机纳米生物医学探针研究中获进展

◇ 政策法规 32-39

- ◎ 关于扩大战略性新兴产业投资 培育壮大新增长点增长极指导意见

◇ 市场行情 40-44

- ◎ 11 月国内稀土价格大幅上涨

◇ 稀土知识 45-47

- ◎ 稀土抑癌作用的探索

钕铁硼制造 2025：奋斗新时代，沿革自动化，智造磁未来

十八世纪中叶，工业文明开启。当前，第四次工业革命已经在路上。今天，彰显高度创新的稀土永磁先进制造解决方案北方华创科技股份有限公司（北方华创）首创的钕铁硼自动化生产线业已全面竣工。

七星启明稀土永磁钕铁硼制造 2025，创新成本效益的全自动生产解决方案彼时，抛砖引玉与之探讨和学习的场景历历在目；而今再会，转瞬即成了现实。北方华创深耕精耘磁性材料产业，坚持创新和勇攀高峰，给产业赋予了无限可能。

兹事体大，奋斗新时代、沿革自动化、智造磁未来。

新时代，磁世界

推进钕铁硼自动化生产加工，智造磁未来

中国主供全球的第三代稀土永磁材料即钕铁硼，俗称万磁王。其特性高效、节能、减重、降容、抑噪，其应用几乎无时无处不在，当然包括自动化硬件系统。

磁力、磁电、磁光、磁热，磁悬浮、磁感应、磁连接.....磁能而无所不尽其极。

奋斗新时代，憧憬中的磁世界、智造磁未来，需要一场跃进式的革新，迎来伟大复兴时刻的新时代加速了如此的需求。

毫无疑问，任何产业及经济、至社会发展进步都来源于颠覆性的科技创新，以此促进和推动系统性的升级换代和转型替代。

多快好省的自动化生产加工，无论是重建或改进的、其效果必定实在而务实，可提高制造效率、升级加工能力、改善工艺精度、替代危险岗位，以及胜任人工

能力所不能及之处。

在例行的中央经济工作会议中，提出和强调高水平科技创新、要求和推进经济高质量发展已然被规制为常态的指示精神，而且显然已被定向为旗帜和纲领性的战略指导及行动方针。

不仅如此，客观实践上，革新和高质量发展已经开始主导着长期的深化改革之路。在制造业领域，推动实现先进自动化生产是契合新时代及其纲领性的实施方略。

以史为鉴和事实证明，制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。

新冠病毒肺炎大流行期间，在抗疫治疗和复工复产两大重要事件上，中国在地球上唯一做到了防疫生产两不误。众所周知，是因为制造业及其先进自动化能力于此起着关键作用。

奋斗新时代，沿革自动化，制造磁未来。钕铁硼行业需要步入和加速自动化进程。这不仅是自身的需要，而且是产业链的需求。因为钕铁硼还承担着实现自动化功能的责任，这正是其与众不同的特殊之处。驱动、感应、定位、智造，钕铁硼是实现这些自动化基础功能的关键材料。

钕铁硼行业需要自动化，钕铁硼应用于实现自动化或曰自动化功能需要钕铁硼。二者相辅相成，这也使钕铁硼自动化生产幸得了多项政策叠加支持和保障。

国际化，多门类

政策助制造业升级工业文明，沿革自动化

这是先进自动化的最实践角度：自动化本身就和多化集成或相关，包括和信息化、数字化、智能化、工业互联网、物联网、工业 4.0 等融合，甚至国际化。

这些也是代表经济发展和社会进步的深化改革，既有各自独立鲜明的特色，又相辅相成密不可分，且均对应相关的政策指导和规划。多化集成交互，追求的终极目标俗称黑灯工厂，国际通用语则是实现最大限度的准全自动生产加工。

异域同篇之工业文明，制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。

国际层面，主要经济体争先恐后，纷纷官宣制造业升级路线规划：中国制造 2025+X 规划体系、德国工业 4.0、美国先进制造伙伴计划 AMP、美国工业互联网、英国工业 2050 战略、日本的机器人计划、印度制造等等。

无论是发达国家或新型经济体，规划及实施无论孰先谁后，其主线必然一模一样，推进或发展先进自动化。

归属于稀土功能材料的钕铁硼，还禀赋归属稀散、战略、关键（新）材料等多门类的特征，媲美中国制造业的全门类。因而是全球范围的发展重点、广泛的资源地保护重点，其相关政策全面覆盖，对应各国及其地区政辅助支持和保护政策。

充分利用到极致即保护性发展。国家领导人先后对中国最大钕铁硼原料（即稀土）产地包头和赣州进行了考察，并在调研中强调，稀土是重要的战略资源，也是不可再生资源，要加强科技创新开发利用、提高附加值并实现可持续发展。

奋斗新时代，沿革自动化，制造磁未来。创新和高质量发展也在深化改革，先进自动化的相关支持政策也得以革新和升级。

近一年中央和地方支持政策不完全统计

此前，国务院出台了《关于深化互联网+先进制造业发展工业互联网的指导意见》、《新一代人工智能发展规划》等相关政策。近一年，根据对官方公开的资

讯统计，从中央到地方，自动化+多化集成的支持指导政策全面开花。

一方面，创新、高质量的制造业自动化是大势所趋；另一方面，阻碍钕铁硼自动化生产加工的一些短板犹存。

基于钕铁硼自身特点及其特殊的制造工艺，个别企业在探索性实施自动化过程中发现并遇到了这样的难题：例如产品及其加工的标准化问题；精密加工精度不可控的问题；缺乏满足自动化要求的基础软硬件（设备），以及制造单元和互联问题。

迄今为止，钕铁硼行业生产加工制造的自动化程度很低，鲜有企业引入成功。但是，大势不可逆，大道不可违。

迎难而上，自动化本非一日可建成。跬步千里，玉汝于成。

北方华创深耕精耘磁材产业，奋斗新时代

事实证明，自动化制造的好处良多优势明显。钕铁硼行业中的龙头企业早已尝试推进，个别实施了局部自动化、初级自动化、单工序和小范围多工序自动化或建设了自动化车间。

然而从严格意义的角度评价，类似的这些自动化在很大程度上只是对制造机器的升级换代。

沿革自动化，有大把的政策保驾护航，而机遇来自招工难和运营成本上升。目前，钕铁硼企业推进自动化改造有升温的迹象，特别是在国产钕铁硼自动化设备突破国际先进水平，且性价比得以提升之时。北方华创一贯与时俱进，早期就已经开始了深入研究，和钕铁硼制造商共同推动中国制造 2025 战略。

奋斗新时代，沿革自动化，制造磁未来。根据北方华创的官网发布，公司深耕磁性材料产业，北方华创真空重稀土晶界扩渗全自动生产线备受瞩目。早在两

年前，部分工艺单元制造设备就已经成功交付，并得到了客户端普遍认可。

全自动生产线将钕铁硼制造的各个工艺单元有效集合，实现自动化制造加工。与传统的独立工艺手段相比，全自动生产线大幅降低人员与设备配置，节约大量生产时间和能源消耗，极大提高产品一致率并可节约生产成本。尤其在经过生产线特有工艺过程的处理后，产品性能方面有了显著的提高，真正为稀土永磁钕铁硼制造业带来新的变革。

由钕铁硼制造及智造，制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。

北方华创表示，AGV 采用北斗系统定位。自有知识产权的自动化生产线走出了中国自己的道路，突破和开创了领先国际水平的技术并超越了日本。

制造过程自动化、信息化、数字化、智能化.....如此的多化集成，即渗合了人工智能技术全面应用、以及自动化技术生产（设计制造）和监控，还包括在制造过程中数据和信息无缝地连接、通讯、传递、存储和运算以及分析。

北方华创真空晶界扩渗重稀土工艺的成本效率、一致性、甚至在安全的角度，都要强于涂覆（蒸镀）工艺，目前已经保有应用成功案例。

由浅入深，从点到面。自动化实施过程随着时间推移，产品制造单元、产业链各环节得以充分通讯和交流，会形成良性互动，能反哺钕铁硼制造自动化升级。

有理有据，有天时地利人和精益求精。北方华创真空重稀土晶界扩渗全自动生产线问世和应用普及将大有可为，能引领高端磁性材料加工技术革新，启航并推动钕铁硼行业的生产加工实现自动化。

钕铁硼集磁力、电、光、热冷效应于一体，归属于稀有材料、新材料、战略材料等多个门类，也是实现自动化生产的关键材料。

中国经济和社会发展步入了复兴新时代，全球工业文明步入了颠覆性革命的变局阶段，最大限度的实现全自动生产加工将成为标志性的里程碑。

世界强国的兴衰史和中华民族的奋斗史一再证明，没有强大的制造业，就没有国富民强。打造具有国际竞争力的制造业，关乎一个国家的综合国力、国际地位乃至国家安全盛世之兴。而制造业转型升级、创新和高质量发展，以及实现自动化是大势所趋、重中之重。

奋斗新时代，沿革自动化，智造磁未来。伟大的新征程已经开启，未来的磁世界正在前方。今天，北方华创已经全面推出了钕铁硼自动化生产线，正在为推动中国制造 2025 战略添砖加瓦、竭尽全力。

（来源：百度新闻）



稀土功能材料 2035 发展的战略研究

一、前言

稀土元素（15 个镧系元素、钪、钇共 17 个元素的总称）因其独特的电子层结构，使其具有优异的磁、光、电等物理和化学特性，在新能源汽车、新型显示与照明、工业机器人、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重要的作用，是不可或缺的核心基础材料。

以稀土功能材料为代表的稀土新材料已成为全球竞争的焦点之一。欧美和日本等发达国家和地区均将稀土元素列入“21 世纪的战略元素”，进行战略储备和重点研究。美国能源部制定的“关键材料战略”、日本文部科学省制定的“元素

战略计划”、欧盟制定的“欧盟危急原材料计划”均将稀土元素列为重点研究领域。特别是，近年来美国重启稀土产业来获得可用于军事用途的稀土磁铁。可以说，稀土永磁材料已成为稀土功能材料领域的“上甘岭”。

正因如此，我国将稀土列为国家重点管控和发展的战略资源，并在《中国制造 2025》等国家中长期发展规划中将稀土功能材料列为关键战略材料予以重点发展。《国务院关于促进稀土行业持续健康发展的若干意见》等相关规定也有利地推动了稀土功能材料领域科技创新，优化稀土产业结构，促进了我国稀土功能材料发展水平和质量的不断提升。

二、稀土功能材料的发展现状

稀土是我国具有国际话语权的重要战略资源和优势领域。我国是世界稀土资源储量大国，据探测全球稀土资源总储量约为 $1.2 \times 10^8 \text{t}$ ，其中我国储量达到 $4.4 \times 10^7 \text{t}$ ，占比约为 37.8%，是全球最大的稀土矿生产国。2019 年全球稀土矿产量为 $2.1 \times 10^5 \text{t}$ ，其中，我国的稀土矿产量达到 $1.32 \times 10^5 \text{t}$ ，约占全球稀土矿产量的 63%。同时，我国也是具有完整独立工业体系的稀土产业化国家，涵盖从上游的选矿，中游的冶炼分离、氧化物和稀土金属生产，下游的稀土新材料以及应用的全部产业链。2018 年中国稀土产业链产值约为 900 亿元，其中稀土功能材料占比为 56%，产值约为 500 亿元，冶炼分离占比为 27%，产值约为 250 亿元。其中，稀土功能材料中占比最高的是稀土永磁材料，占 75%，产值约为 375 亿元，催化材料占比为 20%，产值约为 100 亿元。以稀土功能材料在我国的稀土消费结构来看，稀土永磁材料受益于新能源汽车和电子工业等领域的高速发展，在消费结构中的占比最高超过 40%；冶金和机械、石油化工、玻璃陶瓷占比分别为 12%、

9%和 8%，储氢材料和发光材料各占比约 7%；催化材料、抛光材料和农业轻纺各占 5%。

（一）稀土冶炼分离领域

1988 年，我国稀土产量超过了美国，成为世界第一稀土生产国。我国稀土冶炼分离水平全球领先并延续至今，控制着高纯单一稀土的全球市场。目前，我国稀土冶炼分离企业主要集中于中国的六大稀土集团：北方稀土高科技有限责任公司（集团）、中国南方稀土集团有限公司、广东省稀土产业集团有限公司、中国稀有稀土股份有限公司、五矿稀土集团有限公司、厦门钨业股份有限公司。国外的稀土冶炼分离项目主要有美国钼公司的 MountainPass 项目（盛和资源控股股份有限公司收购）、澳大利亚 Lynas 在马来西亚关丹的冶炼分离项目、比利时索尔维集团（Solvay）项目等。

（二）稀土永磁材料领域

稀土永磁材料不仅是整个稀土领域发展最快、产业规模最大最完整的发展方向，是国防工业领域不可替代和不可或缺的关键原材料，也是稀土消耗量最大的应用领域。自 2000 年以后，我国稀土永磁材料应用的产业规模不断扩大，烧结钕铁硼磁体毛坯产量由“十二五”初期的 $8 \times 10^4 \text{t}$ 增加到 2019 年的 $1.8 \times 10^5 \text{t}$ ，增幅超过 1 倍，占全球产量的 85%以上；钕钴永磁材料的产量为 2400t，占全球产量的 80%以上。

烧结钕铁硼磁体在风力发电、混合动力和电动汽车等新能源汽车、节能家电、工业机器人、高速和磁悬浮列车等高新技术行业中的广泛发展，为稀土永磁材料行业发展提供了重要支撑以及较为可观的行业增长潜力。我国在高性能稀土永磁

材料、重稀土减量化技术、高丰度稀土永磁材料的平衡利用和磁体回收利用技术等领域都接近世界同行先进水平。

尽管我国已成为全球最大的稀土永磁材料生产国，以高丰度稀土永磁材料为代表的部分稀土永磁制备技术已处于世界领先地位，但我国的稀土永磁材料产品，目前还无法满足高档机器人、第五代移动通信技术（5G）、光刻机等新兴产业对高端永磁体的技术需求。同时，在整个稀土永磁材料的核心知识产权、热压\热变形、晶粒细化等最先进的制备技术及连续化智能化装备等领域，仍然同美国、日本等发达国家存在不小的差距。

（三）稀土发光材料领域

随着半导体材料在照明、显示和信息探测领域的加速渗透，市场对光源的品质化需求也越来越高。在照明领域，目前实现全光谱照明被认为是新一代白光 LED 照明的主导方向。在其他发光材料领域，近红外探测器件是物联网的重要组成部分，已成为全球关注的焦点，在安防监控、生物识别、食品医疗检测等领域具有很大的应用前景。

在发光材料领域，以白光发光二极管（LED）用照明与显示材料来说，三菱化学株式会社、电气化学株式会社、日亚化学工业株式会社等日本企业在全球市场的生产量、销售量、资产总额等方面占据绝对优势。而我国的白光 LED 荧光粉国产化率也从 2000 年的不足 5%提升至目前的约 85%，但在创新驱动力与自我提升能力方面，我国企业与国外仍有一定的技术差距。目前，我国较有行业影响力的企业主要有有研稀土新材料股份有限公司、江苏博睿光电有限公司、江门科恒实业股份有限公司。

（四）稀土晶体材料领域

稀土晶体材料主要包括稀土激光晶体和稀土闪烁晶体两大类，在国防军工、尖端科学装置、医疗、探测、安全检查等领域具有广泛应用。近年来，正电子发射计算机断层显像（PET-CT）等高端医疗诊断设备发展迅速，对以硅酸钪镱（LYSO）晶体为代表的高性能稀土闪烁晶体产生了强劲需求，以中国为代表的新兴经济体未来的市场潜力尤为巨大。按照每百万人 1 台的拥有量计算，我国需新增约 1000 台 PET-CT 设备，对稀土闪烁晶体的需求量将超过 30 亿元。

（五）稀土催化材料领域

稀土催化材料在国民经济中占据重要地位，可以广泛应用于环境和能源，促进高丰度轻稀土元素镧、铈等大量应用，有效缓解并解决我国稀土消费失衡，提升能源与环境技术，改善人类生存环境。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用量最大的两个应用领域，包括石油裂化催化剂、移动源（机动车、船舶、农用机械等）尾气净化催化剂、固定源（工业废气脱销、天然气燃烧、有机废气处理等）尾气净化催化剂等。

与世界同类催化剂相比，国产裂化催化剂在使用性能上已达到相同水平。但在机动车尾气净化催化剂、火电厂用高温工业废气脱硝催化剂领域，如铈锆稀土储氧材料、改性氧化铝涂层等关键材料，大尺寸、超薄壁载体（>600 目）规模化生产，以及系统集成关键技术与装备等方面，与国外先进水平仍有一定差距。

（六）高纯稀土金属及靶材领域

高纯稀土金属是研究开发高新技术材料的核心原料，广泛应用于磁性材料、光功能材料、催化材料、储氢材料、功能陶瓷材料、电子信息用溅射靶材等领域。

进入 20 世纪末期，日矿金属株式会社、东曹株式会社、霍尼韦尔国际公司等日本和欧美企业已经由高纯金属的制备转而进入产业化开发和新材料应用阶段，为 7nm 以下高阶制程集成电路、5G 通信器件、大功率器件及智能传感器件、固态存储器等先进电子信息产品提供配套关键材料。世界知名的高纯稀土金属及靶材制造企业主要是日本东曹株式会社、美国霍尼韦尔国际公司等世界 500 强企业。我国高纯稀土金属及靶材制造企业主要包括有研稀土新材料股份有限公司、湖南稀土金属材料研究院等，在技术创新、先进装备、前沿基础研究等方面还存在差距。我国目前已突破超高纯稀土金属制备技术，但距离实现产业化，保障集成电路等电子信息产业发展还有一定的距离。

三、稀土功能材料发展的困难与挑战

基于以上稀土功能材料的研究现状，可以发现，稀土资源作为不可再生的全球稀缺战略资源，一直是全球关注的焦点之一。自中美贸易摩擦以来，稀土和稀土永磁材料成为国内外媒体经常提起的“关键词”，究其原因在于中国稀土及稀土永磁材料产业链的主导地位和稀土永磁材料科技的发展速度让美国倍感担忧。尽管我国的稀土资源和稀土采选冶等工艺技术处于国际领先地位，同时也拥有一系列原创技术，然而在整个稀土功能材料发展中仍然面临着不少困难和挑战。

稀土功能材料的外部挑战，主要来源于美国以“举国体制+全球阵营”，试图通过“全面脱钩”方式摆脱对中国稀土永磁产品的依赖，同时煽动其他国家放弃应用中国的稀土永磁材料，以此来围堵和遏制我国稀土科技和应用产业的快速发展。另一方面，在稀土功能材料的中下游应用领域，我国大部分研究开发处于跟随国外领先技术方式状态。尽管近年来我国在稀土材料领域的专利申请量快速上

升，但绝大部分属于改进型专利或边缘专利，拥有核心自主知识产权的成果尤其是具有原创性的国际专利还不多，很多核心技术受国外专利技术壁垒的制约，严重影响了稀土产业的高质量发展和国际化步伐。

稀土功能材料的内部挑战，主要来自于稀土产业基础短板问题突出，“锻长板”重视程度不足；企业和科研机构更倾向于支持短期见效的研仿型技术，对开发难度大、开发成本高、技术突破周期长的原创技术的支持力度不足；稀土功能材料领域的多学科、跨行业协同研发能力有待加强。归根到底，还是我国的原始创新能力不足，对稀土功能材料核心技术的掌控能力较弱。

因此，着眼于 2035 的稀土功能材料发展，应更加注重全球化视角下的稀土功能材料的自主创新能力建设，包括核心技术的掌控、与国际先进技术的学习和融合，以及稀土功能产业优势的坚守和做大做强。

四、稀土功能材料未来发展思路、重点发展方向和发展目标

（一）发展思路

紧密结合国家战略，结合未来智能机器人、智慧城市、海洋与星际开发、大数据社会和人机对接等应用场景，重点开展工程化及产业化关键技术研究，着力突破稀土永磁材料、稀土发光材料、稀土催化材料、稀土晶体材料、高纯稀土金属及靶材等先进稀土功能材料的核心制备技术、智能生产装备、专用检测仪器及其应用技术；通过全产业链同步创新，推进先进成果推广实施，保障战略性新兴产业、国防军工、智能制造等重大战略需求的关键材料的有效供给，最终实现高端应用稀土功能材料的自主供给；开展前沿基础理论和实验研究，通过科学问题的深入探究和积累，提出更多原创理论，做出原创发现，获得一批稀土新材料和

新应用原创性成果；实现我国从稀土大国向稀土强国的战略性转变，引领未来稀土科技和产业发展，为实现我国“到 2035 年跻身创新型国家前列”的战略目标提供材料支撑。

（二）重点发展方向

1. 超高性能稀土永磁材料制备及稀土高效平衡利用关键技术

针对未来智能社会对具有更高磁性能永磁材料的期待和新技术装备对永磁材料功能多样性的要求，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，拟定重点发展内容。

（1）钕铁硼永磁材料方面：重点开展高综合性能烧结钕铁硼的制备技术研究，重稀土在烧结钕铁硼磁体中晶界扩散机理研究，烧结钕铁硼回收技术及应用研究，烧结钕铁硼磁体服役性能预测技术与理论研究等。

（2）钐钴永磁材料方面：重点开展高剩磁钐钴磁体的元素调控机制研究，开展高性能钐钴永磁工程化制备中纳米结构及微区成分调控研究，高使用温度钐钴抗氧化技术研究，高温钐钴永磁表面防护技术研究等。

（3）热压永磁材料方面：重点开展薄壁热压磁环各向异性形成机理研究，热压磁环用高性能磁粉制备技术研究，高性能热压永磁环制备技术及应用，高性能热压磁环工程化制备装备及工艺技术开发等。

（4）高丰度永磁材料方面：重点开展高丰度（La、Ce 等）稀土在永磁材料中的平衡利用，双主相钕磁体结构与矫顽力机理及矫顽力提升技术研究等。

（5）结合材料基因、机器学习等方法，开展具有普适性的磁性功能材料结

构设计和性能计算等分析方法及软件的研究；针对第一代稀土永磁材料高磁能积和高矫顽力的关键性能指标，开展材料新体系和新结构的探索。

（6）针对磁性功能材料的特点，研究测试检测新原理、新设备，逐步摆脱分析检测装备对国外的依赖。

2. 新型稀土永磁材料及定制化应用关键技术

在低碳经济席卷全球的大势之下，世界各国都把环境保护、低碳排放作为关键科技领域给予关注。重点发展内容包括：开发智能轨道交通与智能工业制造体系；开发以永磁悬浮轴承技术、永磁涡流传动技术、永磁涡流制动技术等为代表的节能高效的永磁材料及磁动力系统；开发具备海洋腐蚀环境服役的高耐蚀性永磁直驱发电机用稀土永磁材料及风电系统；开发机器人与智慧城市等应用场景的高磁能积、高矫顽力、小型化、高精度的永磁材料。

3. 高端稀土发光材料及其关键制备技术和装备

随着半导体照明市场对光源的品质化需求越来越高，需要重点发展高端稀土发光材料及其关键制备技术和装备，以满足照明、显示和信息探测等领域的应用。重点发展内容包括：重点突破高效发射非可见光和上转换发光等新型稀土发光材料及其制备技术，开发紫光-蓝光激发下红外发射效率增强理论和技术途径；开发蓝光激发下发射高效窄带发射、高色纯度绿色和红色发光材料及其制备技术；利用结构相似相容和同位替换原则设计开发新型具有自主知识产权的材料体系，开展基于高通量材料结构设计，获得一系列新型稀土发光材料。

4. 稀土催化材料关键制备技术

稀土催化材料是促进高丰度轻稀土元素镧、铈等大量应用，有效缓解并解决

我国稀土消费失衡，提升能源与环境技术，促进民生，改善人类生存环境的高科技材料。重点发展内容包括：开发高效、节能、长寿命的石油化工稀土催化材料、清洁能源合成稀土催化材料、机动车尾气污染治理及工业废气排放污染治理稀土催化材料及产业化关键技术；重点发展纳米笼分子组装及高比表面积铈锆材料制备等关键技术，研制出超高性能稀土催化材料，并在固定源及移动源排气系统高效稀土催化净化部件中规模应用，实现国产化。

5. 先进稀土晶体材料及其产业化制备技术

稀土晶体材料在国防军工、尖端科学装置、医疗、探测、安全检查等领域具有广泛应用。开展稀土晶体材料及其产业化制备技术是未来主要发展趋势。

稀土激光晶体方面重点发展方向包括：开发大尺寸、高质量稀土激光晶体生长和加工技术及装备；开发高质量稀土激光晶体、激光光纤的高效制备技术；基于稀土激光晶体的各种新型激光应用技术。

稀土闪烁晶体方面：重点开发高性能稀土闪烁晶体及其高效制备技术；高能量分辨率稀土闪烁晶体及其大尺寸单晶生长技术；新型高性能稀土闪烁晶体的高通量制备及表征技术。

6. 高纯稀土金属及靶材制备技术

新一代信息电子及能源材料是高纯稀土金属及靶材产品的主要应用方向，未来对高纯稀土金属材料重点研发方向包括：进一步提高稀土金属的纯度，达到4N5（99.995%）以上水平，发展低成本、规模化制备超高纯稀土金属技术，为研制高纯稀土靶材提供关键的原材料；精细提纯控制工艺及大型高真空提纯装备如大型区熔炉、单晶提纯炉等高端装备开发；发展超高纯稀土金属及靶材中痕量

杂质元素分析检测技术。

（三）发展目标

1. 2025 年目标：完成稀土产业由跟跑到并跑的过渡

到 2025 年，迈入稀土功能材料领域强国行列。面向新一代信息技术、现代交通、新一代照明及显示、节能环保、集成电路、生物医药、国防军工等领域的重大发展需求，初步掌握具有自主知识产权的稀土磁性材料及其制造装备的关键核心技术，新能源汽车、航空航天、工业伺服电机等高端磁性材料应用领域，稀土永磁材料换代达标率达到 70%。突破稀土发光材料的批量、稳定制备技术，国产化率提高到 80%以上；突破高性能稀土晶体材料、高纯稀土金属及靶材等新型稀土功能材料关键制备技术，达到高端医疗装备、智能探测、集成电路等的要求，部分替代进口；开发出新型稀土功能材料及其制备技术，并拓展新的应用领域。到 2025 年，掌握一批重点稀土新材料的关键核心技术，优势领域形成一批具有较强国际竞争力的跨国公司和产业集群，在全球产业价值链中的地位明显提升，完成稀土产业由跟跑到并跑的过渡。

2. 2030 年目标：初步建成世界稀土强国

到 2030 年，在稀土功能材料领域，创新能力得到大幅提升，能够实现引领全球稀土永磁材料研究和产业发展，初步实现世界稀土产业强国目标。超高性能永磁体在机器人、医疗装备、航空航天、物联网、舰船、石油化工等重大装备和工程上得到全面应用，掌握具有自主知识产权的稀土磁性材料及其制造装备的关键核心技术，在新能源汽车、航空航天、工业伺服电机等高端磁性材料应用领域，稀土永磁材料换代达标率达到 80%。

3.2035 年目标：建成世界稀土强国

到 2035 年，在稀土功能材料领域取得重大突破，创新能力大幅提升，稀土新材料领域的整体创新水平达到世界高水平国家行列，整体竞争力明显加强，部分优势方向形成全球创新引领能力，全面建成世界稀土功能材料强国。稀土永磁材料、催化材料、发光材料等达到国际先进水平，实现完全自给，国防应用的光功能晶体、超纯稀土等自给率大于 95%；实现稀土磁性材料及其制造装备的关键核心技术和知识产权的自主可控，在新能源汽车、国防军工、航空航天、智能制造、医疗卫生、海洋工程等高端磁性材料领域，稀土永磁材料换代达标率达到 85%，形成一批原创型稀土功能材料并实现应用，其中将新一代稀土永磁材料的原创知识产权掌握在中国手中。中国自主制定的标准在国际标准中的占比达到 30%以上，拥有高端材料标准制定中的话语权；培养稀土功能材料创新人才及创新团队，实现以稀土功能材料带动新应用的新发展模式，建立全球领先的技术创新体系和产业体系，为原创技术提供平台。

五、政策建议

面向稀土功能材料的 2035 发展战略，加快构建稀土功能材料科技创新的新发展格局，优化稀土优势地域的科技资源和人才资源，夯实稀土领域“长板”优势。应着力提升原始创新能力、规模工程化和成果转化能力，推进稀土功能材料的绿色制造，大力发展满足高端应用的具有自主知识产权的高性能稀土磁、光、电等新型功能材料及应用技术，建立我国先进稀土材料的“产学研用”创新平台，构建稀土材料及应用的低碳经济产业链，形成具有我国自主知识产权的高性能稀土材料战略性新兴产业，逐步实现我国由稀土生产大国迈向稀土强国。具体的政策措

施建议如下：

（一）加强国家层面的稀土功能材料领域战略预判研究和政策保障能力

第一，加快建立国家层面统筹的稀土功能材料的知识产权体系、技术体系、人才体系、平台体系。

第二，加强国家稀土功能材料领域中长期规划实施的连续性和延续性，形成长期稳定的国家支持，避免间歇性支持。

第三，加强稀土功能材料领域知识产权的保护意识，完善知识产权保护相关法律体系及其执行机制，加强和落实对职务发明人创新活动的激励措施，激发稀土功能材料及其产业的内生动力和创新能力涌现。

（二）加强稀土领域的基础研究和应用基础研究，促进原创性成果出现

第一，启动稀土新材料重大专项或重点项目，前瞻性布局稀土新材料，加强新领域应用技术基础的研究布局，加强新一代稀土功能材料的研发，布局并加强稀土功能新材料制备新技术和新装备的研发，使国家新基建、重大工程应用的稀土功能材料可以无间断地延续和适应国家 2035 发展战略的应用需求。

第二，利用赣州、包头两地区的稀土资源优势，宁波、山东、京津冀等地区的新材料高技术产业集群优势，北京科技资源优势和高校科研院所遍及的人才优势，上海、广州、深圳等稀土新材料下游应用产业优势，尽快在北京建立国家稀土新材料科技创新中心，形成从冶炼分离、材料加工到下游应用和科技创新的稀土新材料产业链集群和大数据中心，同时尝试布局海外稀土新材料科技研究分院，以规避科技封锁，加强全球合作研发能力。

第三，加强稀土功能材料的个性化产业化基础研究，依据质量优先原则，保障各类重大工程的“有材可用”；继续支持国防装备用特种永磁新材料的开发，

加强量大、面广的工业电机等应用稀土永磁材料的迭代应用。

（三）加强稀土优势团队的支持和人才梯度建设，提升稀土功能材料的持续创新能力

第一，对稀土领域优势研究机构和优势团队进行长期稳定支持，尽快建立不同层面的国家稀土功能材料的科技创新平台基地。

第二，充分发挥老中青年专家在人才梯队建设中的作用，避免出现人才断层和人才资源浪费。

第三，着重培养稀土功能材料领域的青年骨干和专职技术人员。对于优秀技术人才，可以适当放宽评定政策门槛，只要做出贡献都有机会实现个人价值，进而促使领军人才在科研和创新活动中能够自发涌现。

（四）加强稀土功能材料领域国际合作，提升我国稀土功能材料领域的全球竞争力

第一，在当前的国际环境下，应尽可能利用各种机会，采取多渠道，进行国际人员交流和稀土科技信息交流；管理部门应努力在国际科技交流提供便利条件，放宽科研人员出国参加学术会议和技术交流的次数限制，避免因地方和部门的利益纠葛，导致科研人员的技术研发陷入“闭门造车”和自我封锁的境地。

第二，依据当前的国内外形势，在加强国内稀土功能材料领域内循环的同时，努力拓展国际新市场，扩大国际外循环。一方面，加强对外开放水平，留住和创造条件引进稀土新材料高端应用企业，主动形成并建立全球稀土新材料产业新格局和稀土科技命运共同体；另一方面，适度放宽稀土原材料进口，以减轻国内环保和资源消耗的压力；同时，鼓励我国稀土企业走出去，在国外收购、入股和创建像机器人伺服电机、电动汽车驱动电机等稀土新材料高科技应用产品的优势企

业，改善国内外的营商和科技发展环境，以提升我国稀土功能材料产业链和供应链的全球竞争力。

（来源：中国工程科学）



工信部原材料工业司赴工业互联网研究院交流对接 有色金属行业相关工作

近日，工业和信息化部原材料工业司组织有色金属行业智能制造联盟和有色金属企业代表赴中国工业互联网研究院进行交流对接。

会上，工联院相关负责人介绍了有色金属行业工业互联网平台建设考虑、“工业互联网+安全生产”行动计划推进思路等。北矿智能、中铝智能科技、中色科技、有色金属行业智能制造联盟秘书处分别介绍了各自领域工业互联网平台和行业数字化管理平台建设思路。与会代表围绕有色行业工业互联网建设路径等进行了讨论。

下一步工联院与有色金属行业智能制造联盟将发挥各自优势，深入分析制约工业互联网落地应用的困难和问题，研究制定解决方案，争取在有色金属行业重点领域和关键环节取得突破，以点带面促进有色金属产业链供应链协同，助力畅通国内大循环；在人才培养、联合调研、技术攻关等方面开展交流合作，联合打造有色金属行业工业互联网联合创新中心，实现有色金属产业基础高级化、产业链现代化。

（来源：工信部原材料工业司）

江西省已建成 200 座绿色矿山

11 月 20 日下午,江西省人民政府新闻办与省自然资源厅联合在南昌举行“江西省推进绿色矿山建设工作”新闻发布会。

据悉,江西省推动绿色矿山建设由点到面全面发展,到今年已建成 200 座绿色矿山,推进了赣州市和德兴市两个绿色矿业发展示范区建设,逐步建成了符合国家生态文明试验区建设要求、节约高效、矿地和谐的绿色矿业发展模式,江西省绿色矿山建设新格局基本形成。

江西省矿产资源的开发,促进了经济社会发展,也形成了赣州、德兴等一批以矿业经济为主的资源型城市,为国民经济发展作出了重要贡献。按照《国家生态文明试验区(江西)实施方案》要求,2017 年,江西省制定《江西省全面推进绿色矿山建设实施意见》,提出了绿色矿山的建设任务和目标,明确了矿业企业用矿、用地、财税、金融支持政策,形成了绿色矿山的建设标准体系、评估核查要求等。

历时 3 年多的建设,江西省矿山从“废物排除”到“环境净化”,再到“废物利用”,提高矿产资源的利用率,让资源实现效能最大化:矿山总数从 2015 年的 5237 座减少到现在的 2418 座;大中型矿山比例由 2015 年 8.84%提高到现在的 17.7%,提前达到 2020 年的规划目标(12%);主要大中型矿山开采回采率达 95.28%,选矿回收率达 87.4%,矿产资源开发利用水平大幅提高,矿山企业结构得到明显优化。

(来源:江西省自然资源厅)

“稀土王国”的绿色发展路

近年来，“稀土王国”江西赣州整合稀土行业高端科研力量，积极推进稀土资源绿色开发与高效利用，全力建设具有国际影响力的稀土产业集群。一批本土稀土高精尖企业勇立潮头，新技术、新产品、新成果持续涌现，为全市稀土产业高质量发展插上腾飞之翼。

发力新材料 迈向中高端

9月下旬，江西金力永磁科技股份有限公司与新能源巨头特斯拉公司签署协议，将在2021年至2023年三年间为特斯拉供应钕铁硼永磁材料。

钕铁硼是一种添加了稀土元素的新材料，因优异的磁性能而被称为“磁王”，下游应用空间广阔。瞄准新能源、节能环保等战略性新兴产业的发展风口，金力永磁建立国际化研发体系，开发了晶界渗透技术、细晶技术、一次成型技术、高耐腐蚀新型涂层技术等具有自主知识产权的核心技术，高性能磁钢毛坯年产能达1.2万吨。凭借强大的生产能力，公司赢得众多海内外高端客户的青睐。

金力永磁董事长蔡报贵表示，技术创新是企业的命脉，公司将继续专注于钕铁硼等稀土新材料的开发利用，助推赣州稀土产业高质量发展。

“智造”显身手 延伸产业链

它拥有聪明的大脑，能检测水果含糖量……由中科拓又达智能装备科技有限公司自主研发的水果筛选装盒智能装备，在2020中国农民丰收节江西活动主会场上备受关注。

“智能化生产是稀土冶炼产业升级的关键。”中科拓又达总经理赵连利表示，现行粗放型冶炼工艺出现的跑冒滴漏较严重，对稀土资源造成严重浪费；同时，

冶炼过程中排放的有毒有害气体对工人身体伤害大，破坏生态环境。基于此，他们开发了年 240 吨稀土金属及合金智能化冶炼生产示范线，进一步提升稀土冶炼工艺水平，提高生产效率，降低环境污染。

绿色制造 提质增效

稀土作为不可再生的战略资源，在生产过程中不可避免地产生一些废弃物，如何推进生态与产业融合发展至为重要。赣州不少稀土企业正在强力推进绿色制造，富尔特电子股份有限公司就是其中代表。

富尔特积极探索绿色设计与制造一体化新模式，通过绿色设计平台建设、绿色关键工艺突破、系统节能改造，持续淘汰落后产能，减少工序链，起到了较好效果。经公司处理，稀土回收利用率稳定在 95%以上，生产成本降低 30%左右，生产效率提高近 40%，连续 5 年实现产值 30%以上递增。

科技助推发展，绿色，正逐步成为赣州稀土产业提质增效的最美底色。

（来源：光明网）



坦桑尼亚批准本国第一个稀土矿的开采许可证

据彭博新闻 11 月 5 日报道，随着政府寻求从自然资源中获得更大份额的收益，坦桑尼亚正处于给澳大利亚匹克资源有限公司（Peak Resources Ltd.）批准该国第一个稀土矿开采许可证的最后阶段。

据矿业部长多托·比特科（Doto Biteko）透露，坦桑尼亚还在给另一家澳大利亚公司——奥瑞有限公司（OreCorp Ltd.）在该国西北部的尼扬扎加（Nyanzaga）项目敲定金矿开采许可证。

这个东非国家是非洲第四大贵金属生产国，并计划在未来 3 年内将矿产收入至少增加三分之一。它还拥有大量的煤炭、稀土金属、铁矿石和宝石。

比特科在回复记者提问的电子邮件中表示，“政府正在为其恩格拉（Ngualla）稀土项目向天然气矿产公司（PR NG Minerals）颁发特别采矿许可证的最后阶段。”该公司是澳大利亚上市公司匹克资源公司的子公司。

稀土被用于电动汽车、智能手机、可再生能源设备和国防应用的组件中。

（来源：中国地质调查局）



使用寿命延长 20 倍的稀土——铂合金催化剂问世

韩国研究团队使用介孔沸石成功制备稀土-铂合金纳米颗粒。该颗粒作为丙烯脱氢工艺催化剂使用。稀土 La 和 Y 的加入大幅度改善了铂在分子筛中的分散性，同目前广泛使用的多孔氧化铝负载 Pt-Sn 双金属催化剂相比，催化活性提高 10 倍以上，使用寿命延长 20 倍以上。韩国科学技术院研究团队完成了此项成果。论文近日发表在《自然》杂志上。

研究中使用了孔径低于 0.55 纳米且具有均匀和连续空间结构的介孔沸石作为制备催化剂的载体。由于介孔沸石表面硅原子的缺失，表面上存在被称为硅羟基的骨架缺陷。稀土氧化物在其中可以以原子金属化合物形式存在，在氢热处理过程中能够与铂形成具有特定结构的合金。

脱氢是石化工业制造丙烯的重要工艺。得益于页岩气革命，这一领域研究始终活跃。目前使用的 Pt-Sn 双金属催化剂已经问世近 30 年，业内始终未能找到

改善催化剂积炭失效问题的可行办法。

此前大量研究认为，稀土氧化物结构稳定，不能通过加热氢化反应与铂形成合金。

(来源：科技日报)



美国国防部宣布颁发稀土元素奖 以加强国内工业基础

2020 年 11 月 17 日消息，作为美国政府根据第 13817 号行政命令确保关键矿物的安全和可靠供应战略的一部分，美国国防部当天宣布了与几个稀土元素生产商签订的合同和协议，这将加强国内稀土供应链。其中三个奖项是根据《国防生产法》第三章颁发的。

拥有中国以外最大稀土元素开采业务的 MP Materials，已获得 DPA Title III 技术投资协议，以建立国内轻稀土元素(LREE)加工能力。LREEs 在许多国防和商业应用中都是至关重要的，包括石油精炼、玻璃添加剂、用于电动汽车传动系统马达的磁体和精确制导弹药。该项目成功完成后，MP 材料公司将在加州帕斯山(Mountain Pass)将其目前的混合稀土精矿(约占全球稀土氧化物含量的 12%)提炼为分离稀土产品。

根据与 MP 材料公司签订的技术投资协议，国防部将为 MP 材料公司贡献 960 万美元，以增加 Mountain Pass 公司的加工和分离能力。MP Materials 最近宣布了一项最终协议，将通过与 Fortress Value Acquisition Corp(Fortress Value Acquisition Corp)的合并，过渡到一家公共控股公司。Fortress Value Acquisition Corp 是一家由 Fortress Investment Group LLC 的附属公司赞助的特殊目的收购公

司。

国防部还与加利福尼亚州兰科·多明格斯的 TDA 磁力公司和得克萨斯州圣马科斯的矿业公司签署了《DPA Title III 协议》，进行稀土元素磁铁供应链研究和库存示范。美国国防部的拨款分别为 230 万美元和 0.86 亿美元。

2020 年 9 月 10 日，美国国防后物局(DLA)扩大了其稀土盐业（Rare Earth Salts）快速创新基金(RIF)项目的规模，将镨钕(NdPr)产量扩大到每年 20 吨。在 RIF 项目下，稀土盐业正在扩大其内布拉斯加州比阿特丽斯工厂的低资本和运营成本技术的产能。稀土盐业于 2020 年向一个行业合作伙伴首次交付了高纯度精炼稀土元素。

在 DPA Title III 授予之前，国防部近年来采取了一系列稀土元素行动，以确保供应和加强国防供应链。具体操作包括储备,实现国防联邦收购监管补充(DFARS)规则国防供应链过渡到非中国的稀土元素来源磁铁,启动工程研究与工业基础分析和维护项目专注于重建国内重稀土元素处理,与行业合作重建国内钕铁硼磁铁生产,利用小企业创新研究和快速创新基金，加速开发新的稀土元素加工技术。

（来源：产业前沿）

北京大学黄闻亮课题组与合作者在低价稀土金属化学方面取得新进展

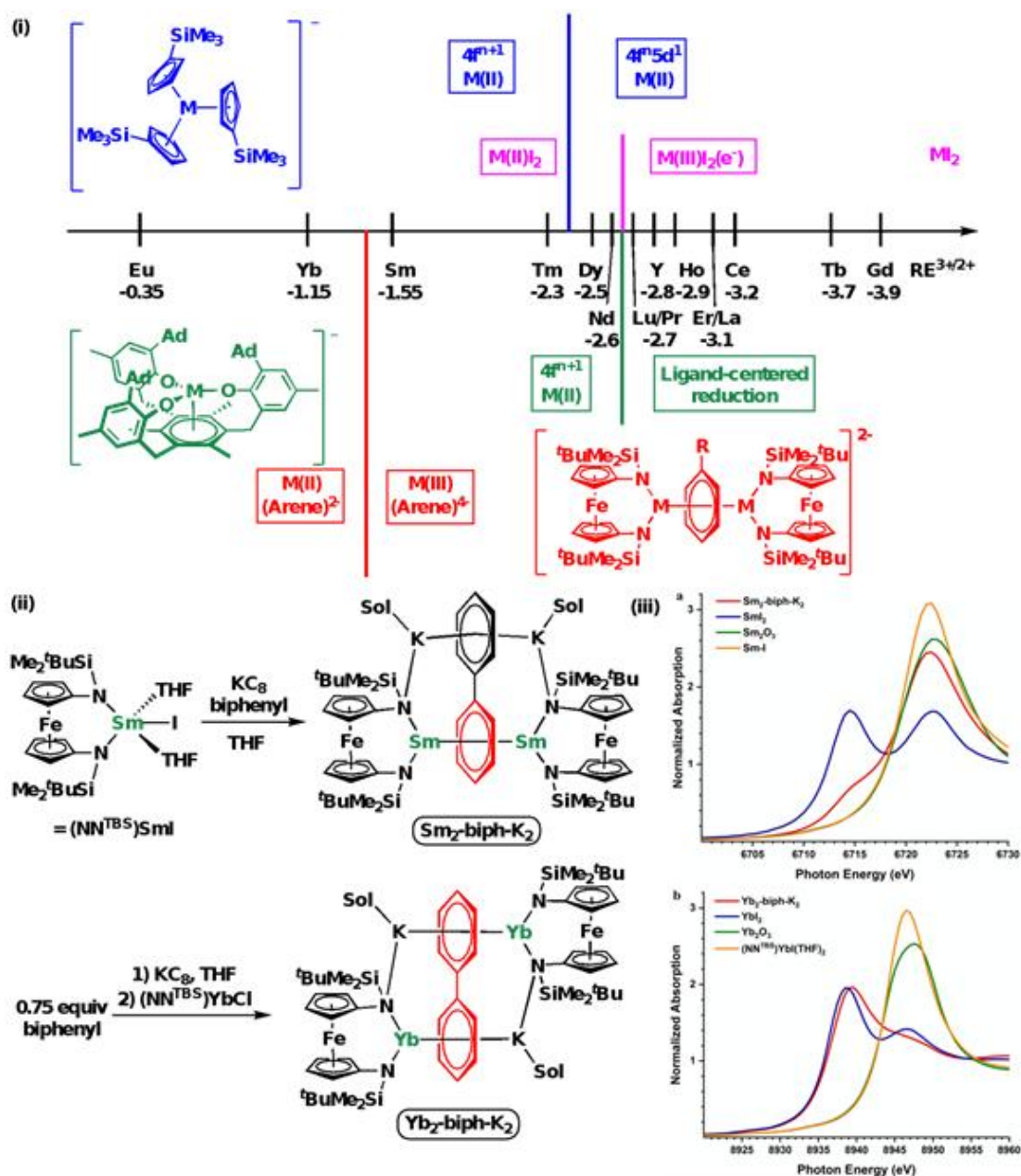
氧化态是一个元素最基本的性质之一。传统观点认为，大部分稀土金属在化合物中仅能以正三价稳定存在。这是由于稀土金属的价键轨道为近核的 $4f$ 轨道，其受配体影响较小且不易参与成键。近年来，稀土金属的非传统氧化态化学取得了重大突破，非传统的高价与低价稀土金属配合物的合成被陆续报道。在低价稀土金属配合物中，二价稀土金属离子的电子构型能够在 $4f^{n+1}$ 与 $4f^n 5d^1$ 之间发生转变，其中前者被归为传统低价而后者被认为是非传统低价。探究导致这一电子构型发生转变的因素对于理解低价稀土金属配合物的电子结构与成键性质有着重大意义。

近日，北京大学化学与分子工程学院黄闻亮课题组与清华大学化学系胡憾石课题组以及美国加州大学大学洛杉矶分校 Paula Diaconescu 课题组合作，报道了反三明治型钐和镱的联苯化合物的合成。对其电子结构与成键性质的研究表明，钐和镱的联苯配合物具有迥然不同的电子结构与成键性质。研究成果以“Distinct Electronic Structures and Bonding Interaction in Inverse-Sandwich Samarium and Ytterbium Biphenyl Complexes”为题，于 2020 年 10 月 29 日在英国皇家化学会旗舰期刊《Chemical Science》上发表。

该研究的出发点是探究低价稀土金属芳烃配合物体系中，芳烃配体对于低价稀土金属电子构型的影响。图 1(i)展示了目前已知的几种低价稀土金属配合物体系中二价稀土金属离子电子构型的变化。对于绝大多数配体体系，钐和镱均归类为传统二价稀土金属，具有 $4f^{n+1}$ 的电子构型。考虑到芳烃与低价稀土金属在轨道能量与对称性上有较好的适配性，他们认为在低价稀土金属芳烃配合物体系

中, 有可能实现低价钐或铕电子构型从 $4f^{n+1}$ 到 $4f^n 5d^1$ 的转变。

钐和铕的联苯配合物可以通过用石墨钾还原钐或铕的三价前驱体与联苯的混合溶液来合成 (图 1(ii))。对还原产物的单晶 X 射线结构表征显示, 两个钐离子配位在同一个苯环的两侧, 而两个铕离子则配位在不同苯环的两侧。反应性、吸收光谱、X 射线吸收近边结构 (图 1(iii)) 和磁学表征均表明, 钐为+3 价的 $4f^5$ 构型, 联苯为-4 价; 而铕为+2 价的 $4f^1 4d^1$ 构型, 联苯为-2 价。



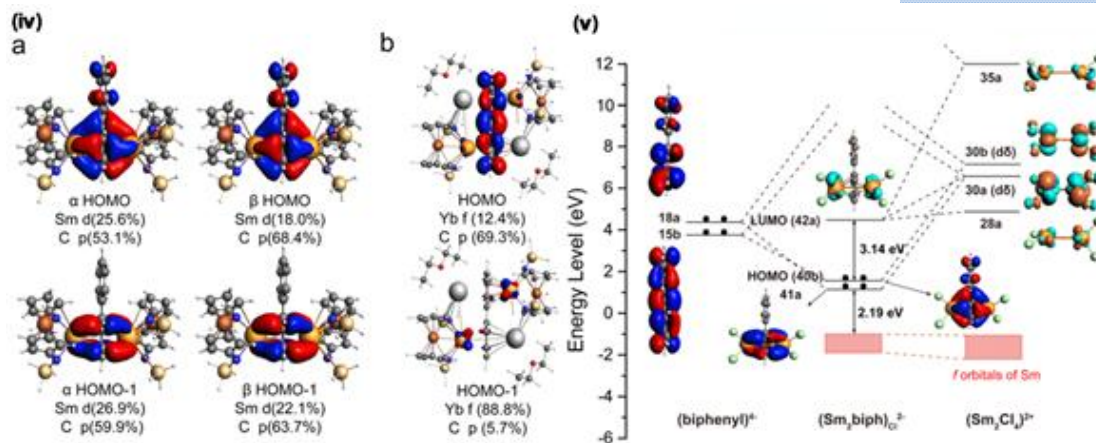


图 1 钐和镱联苯配合物的合成、表征与电子结构

为了加深对钐和镱联苯配合物的电子结构与成键性质的理解，他们利用相对论校正的密度泛函理论对其进行了分析。结果显示， Sm^{3+} 与键连的苯环间存在 δ 相互作用，其 δ 成键轨道主要由钐的 5d 轨道 (>20%) 与苯环的 π 反键轨道 (~60%) 组成，且具有相当的共价性 (图 1(iv)(a))；而 Yb^{2+} 与联苯间仅有很弱的相互作用，并主要表现为离子键 (图 1(iv)(b))。进一步的轨道分解分析也证实了 δ 型的轨道相互作用在钐与联苯成键中起着重要的作用 (占相互吸引能量组成的 39%，图 1(v))。

综上，该研究工作首次合成了低价钐和镱的联苯配合物，并结合多种实验表征手段与理论化学计算，阐明了其电子结构与成键性质。这项研究揭示了低价稀土金属离子电子构型与配体环境的相关性，为进一步调控稀土金属的电子态提供了指引。北京大学化学与分子工程学院的博士研究生肖钰源与清华大学化学系的博士研究生赵晓昆为本论文共同第一作者，北京大学黄闻亮特聘研究员、清华大学胡憾石副教授、美国加州大学洛杉矶分校 Paula Diaconescu 教授为共同通讯作者。对论文中部分钐和镱配合物的 X 射线吸收近边结构波谱的表征由美国普渡大学的 Jeffrey Miller 教授课题组完成。该研究得到了北京大学、北京分子科学国

家研究中心、清华学堂人才计划、美国国家自然科学基金、美国能源部等的经费支持。北京大学高松课题组的王炳武副教授和博士研究生孙荣对磁性表征提供了帮助。

(来源：北京大学)

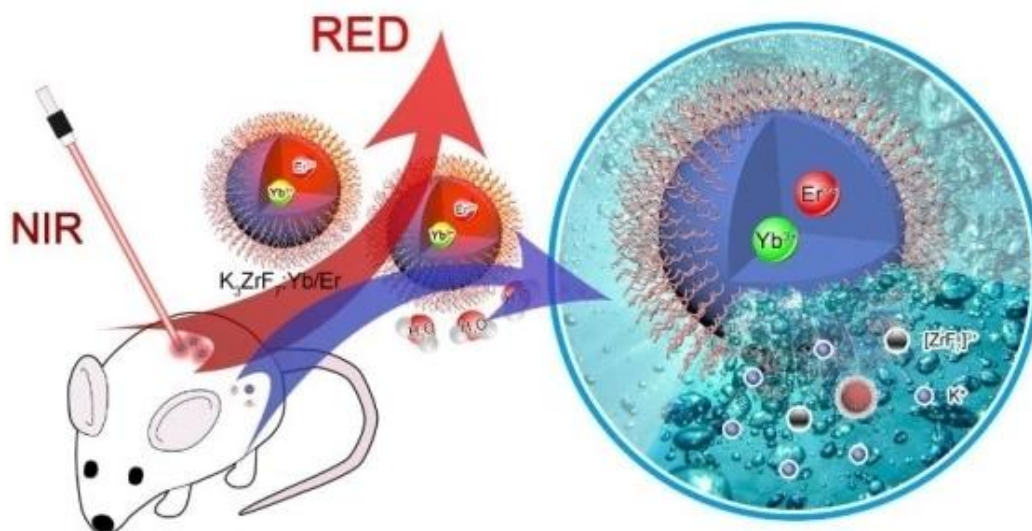


福建物构所在可生物降解稀土无机纳米生物医学探针研究中获进展

稀土无机纳米发光材料作为新一代发光纳米生物医学探针，因其发光性能优异、化学性质稳定及自发荧光干扰小等优点，已在各种危重疾病如肿瘤的精准诊断和治疗等领域展现出应用前景。然而，目前已报道的稀土无机纳米生物医学探针都可生物降解，易在生物体内聚集，无法以代谢的方式排出体外，这限制了其在生物医学领域的临床应用和成果转化。

中国科学院院士、中科院福建物质结构研究所结构化学国家重点实验室研究员洪茂椿带领的课题组针对这一问题，把水溶性 $[\text{ZrF}_7]^{3-}$ 基团和 K^+ 离子构成的“软”立方相无机氟锆钾 (K_3ZrF_7) 纳米晶作为基质材料，通过不同稀土离子的掺杂首次发展出一种可生物体内降解的稀土发光无机纳米生物医学探针。以单波段稀土红色上转换发光为生物组织荧光探针，研究发现稀土掺杂无机 K_3ZrF_7 纳米生物医学探针在生物体内外都表现出优异的可降解性能。此外，该类探针的降解速度与生物组织微观环境的 pH 值密切相关，在强酸 ($\text{pH} \leq 4.5$) 和碱性 ($\text{pH} \geq 7$) 的环境下 10 分钟内快速降解，而在弱酸 ($\text{pH} = 5-6$) 环境下则缓慢水解，并最终以代谢的方式安全排出生物体（如老鼠）外。该研究突破了现有稀土发光无机纳米医学探针在生物体内无法降解的技术瓶颈，更为弱酸性生物组织环境下的肿瘤精准诊疗提供了可能。相关研究成果以全文形式发表在 *ACS Nano* 上，并已申请中国发明专利和 PCT 国际专利。

研究工作得到在中科院战略性先导科技专项、国家自然科学基金、中科院青年创新促进会优秀会员专项等的资助。



可生物降解稀土无机纳米生物学探针生物降解示意图

(来源：福建物质结构研究所)

关于扩大战略性新兴产业投资 培育壮大新增长点增长极的指导意见

国务院有关部门，各省、自治区、直辖市、新疆生产建设兵团发展改革委、科技厅（委、局）、工业和信息化委（厅）、财政厅（局）：

为深入贯彻落实党中央、国务院关于在常态化疫情防控中扎实做好“六稳”工作，全面落实“六保”任务，扩大战略性新兴产业投资、培育壮大新的增长点增长极的决策部署，更好发挥战略性新兴产业重要引擎作用，加快构建现代化产业体系，推动经济高质量发展，现提出如下意见：

一、总体要求

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中全会精神，统筹做好疫情防控和经济社会发展工作，坚定不移贯彻新发展理念，围绕重点产业链、龙头企业、重大投资项目，加强要素保障，促进上下游、产供销、大中小企业协同，加快推动战略性新兴产业高质量发展，培育壮大经济发展新动能。

——聚焦重点产业领域。着力扬优势、补短板、强弱项，加快适应、引领、创造新需求，推动重点产业领域形成规模效应。

——打造集聚发展高地。充分发挥产业集群要素资源集聚、产业协同高效、产业生态完备等优势，利用好自由贸易试验区、自由贸易港等开放平台，促进形成新的区域增长极。

——增强要素保障能力。按照“资金跟着项目走、要素跟着项目走”原则，引导人才、用地、用能等要素合理配置、有效集聚。

——优化投资服务环境。通过优化营商环境、加大财政金融支持、创新投资模式，畅通供需对接渠道，释放市场活力和投资潜力。

二、聚焦重点产业投资领域

（一）加快新一代信息技术产业提质增效。加大 5G 建设投资，加快 5G 商用发展步伐，将各级政府机关、企事业单位、公共机构优先向基站建设开放，研究推动将 5G 基站纳入商业楼宇、居民住宅建设规范。加快基础材料、关键芯片、高端元器件、新型显示器件、关键软件等核心技术攻关，大力推动重点工程和重大项目建设，积极扩大合理有效投资。稳步推进工业互联网、人工智能、物联网、车联网、大数据、云计算、区块链等技术集成创新和融合应用。加快推进基于信息化、数字化、智能化的新型城市基础设施建设。围绕智慧广电、媒体融合、5G 广播、智慧水利、智慧港口、智慧物流、智慧市政、智慧社区、智慧家政、智慧旅游、在线消费、在线教育、医疗健康等成长潜力大的新兴方向，实施中小企业数字化赋能专项行动，推动中小微企业“上云用数赋智”，培育形成一批支柱性产业。实施数字乡村发展战略，加快补全农村互联网基础设施短板，加强数字乡村产业体系建设，鼓励开发满足农民生产生活需求的信息化产品和应用，发展农村互联网新业态新模式。实施“互联网+”农产品出村进城工程，推进农业农村大数据中心和重要农产品全产业链大数据建设，加快农业全产业链的数字化转型。

（二）加快生物产业创新发展步伐。加快推动创新疫苗、体外诊断与检测试剂、抗体药物等产业重大工程和项目落实落地，鼓励疫苗品种及工艺升级换代。系统规划国家生物安全风险防控和治理体系建设，加大生物安全与应急领域投资，加强国家生物制品检验检测创新平台建设，支持遗传细胞与遗传育种技术研

发中心、合成生物技术创新中心、生物药技术创新中心建设，促进生物技术健康发展。改革完善中药审评审批机制，促进中药新药研发和产业发展。实施生物技术惠民工程，为自主创新药品、医疗装备等产品创造市场。

（三）加快高端装备制造产业补短板。重点支持工业机器人、建筑、医疗等特种机器人、高端仪器仪表、轨道交通装备、高档五轴数控机床、节能异步牵引电动机、高端医疗装备和制药装备、航空航天装备、海洋工程装备及高技术船舶等高端装备生产，实施智能制造、智能建造试点示范。研发推广城市市政基础设施运维、农业生产专用传感器、智能装备、自动化系统和管理平台，建设一批创新中心和示范基地、试点县。鼓励龙头企业建设“互联网+”协同制造示范工厂，建立高标准工业互联网平台。

（四）加快新材料产业强弱项。围绕保障大飞机、微电子制造、深海采矿等重点领域产业链供应链稳定，加快在光刻胶、高纯靶材、高温合金、高性能纤维材料、高强高导耐热材料、耐腐蚀材料、大尺寸硅片、电子封装材料等领域实现突破。实施新材料创新发展行动计划，提升稀土、钒钛、钨钼、锂、铷铯、石墨等特色资源在开采、冶炼、深加工等环节的技术水平，加快拓展石墨烯、纳米材料等在光电子、航空装备、新能源、生物医药等领域的应用。

（五）加快新能源产业跨越式发展。聚焦新能源装备制造“卡脖子”问题，加快主轴承、IGBT、控制系统、高压直流海底电缆等核心技术部件研发。加快突破风光水储互补、先进燃料电池、高效储能与海洋能发电等新能源电力技术瓶颈，建设智能电网、微电网、分布式能源、新型储能、制氢加氢设施、燃料电池系统等基础设施网络。提升先进燃煤发电、核能、非常规油气勘探开发等基础设施网络的数字化、智能化水平。大力开展综合能源服务，推动源网荷储协同互动，

有条件的地区开展秸秆能源化利用。

（六）加快智能及新能源汽车产业基础支撑能力建设。开展公共领域车辆全面电动化城市示范，提高城市公交、出租、环卫、城市物流配送等领域车辆电动化比例。加快新能源汽车充/换电站建设，提升高速公路服务区和公共停车位的快速充/换电站覆盖率。实施智能网联汽车道路测试和示范应用，加大车联网车路协同基础设施建设力度，加快智能汽车特定场景应用和产业化发展。支持建设一批自动驾驶运营大数据中心。以支撑智能汽车应用和改善出行为切入点，建设城市道路、建筑、公共设施融合感知体系，打造基于城市信息模型（CIM）、融合城市动态和静态数据于一体的“车城网”平台，推动智能汽车与智慧城市协同发展。

（七）加快节能环保产业试点示范。实施城市绿色发展综合示范工程，支持有条件的地区结合城市更新和城镇老旧小区改造，开展城市生态环境改善和小区内建筑节能节水改造及相关设施改造提升，推广节水效益分享等合同节水管理典型模式，鼓励创新发展合同节水管理商业模式，推动节水服务产业发展。开展共用物流集装化体系示范，实现仓储物流标准化周转箱高效循环利用。组织开展多式联运示范工程建设。发展智慧农业，推进农业生产环境自动监测、生产过程智能管理。试点在超大城市建立基于人工智能与区块链技术的生态环境新型治理体系。探索开展环境综合治理托管、生态环境导向的开发（EOD）模式等环境治理模式创新，提升环境治理服务水平，推动环保产业持续发展。加大节能、节水环保装备产业和海水淡化产业培育力度，加快先进技术装备示范和推广应用。实施绿色消费示范，鼓励绿色出行、绿色商场、绿色饭店、绿色电商等绿色流通主体加快发展。积极推行绿色建造，加快推动智能建造与建筑工业化协同发展，大力

发展钢结构建筑，提高资源利用效率，大幅降低能耗、物耗和水耗水平。

（八）加快数字创意产业融合发展。鼓励数字创意产业与生产制造、文化教育、旅游体育、健康医疗与养老、智慧农业等领域融合发展，激发市场消费活力。建设一批数字创意产业集群，加强数字内容供给和技术装备研发平台，打造高水平直播和短视频基地、一流电竞中心、高沉浸式产品体验展示中心，提供 VR 旅游、AR 营销、数字文博馆、创意设计、智慧广电、智能体育等多元化消费体验。发展高清电视、超高清电视和 5G 高新视频，发挥网络视听平台和产业园区融合集聚作用，贯通内容生产传播价值链和电子信息设备产业链，联动线上线下文化娱乐和综合信息消费，构建新时代大视听全产业链市场发展格局。

三、打造产业集聚发展新高地

（九）深入推进国家战略性新兴产业集群发展工程。构建产业集群梯次发展体系，培育和打造 10 个具有全球影响力的战略性新兴产业基地、100 个具备国际竞争力的战略性新兴产业集群，引导和储备 1000 个各具特色的战略性新兴产业生态，形成分工明确、相互衔接的发展格局。适时启动新一批国家战略性新兴产业集群建设。培育若干世界级先进制造业集群。综合运用财政、土地、金融、科技、人才、知识产权等政策，协同支持产业集群建设、领军企业培育、关键技术研发和人才培养等项目。

（十）增强产业集群创新引领力。启动实施产业集群创新能力提升工程。发挥科技创新中心、综合性国家科学中心创新资源丰富的优势，推动特色产业集群发展壮大。依托集群内优势产学研单位联合建设一批产业创新中心、工程研究中心、产业计量测试中心、质检中心、企业技术中心、标准创新基地、技术创新中心、制造业创新中心、产业知识产权运营中心等创新平台和重点地区承接产业转

移平台。推动产业链关键环节企业建设产业集群协同创新中心和产业研究院。

（十一）推进产城深度融合。启动实施产业集群产城融合示范工程。以产业集群建设推动生产、生活、生态融合发展，促进加快形成创新引领、要素富集、空间集约、宜居宜业的产业生态综合体。加快产业集群交通、物流、生态环保、水利等基础设施数字化改造。推进产业集群资源环境设施共建共享、能源资源智能利用、污染物集中处理等设施建设。探索“核心承载区管理机构+投资建设公司+专业运营公司”建设新模式，推进核心承载区加快向企业综合服务、产业链资源整合、价值再造平台转型。推动符合条件的战略性新兴产业集群通过市场化方式开展基础设施领域不动产投资信托基金（REITs）试点。

（十二）聚焦产业集群应用场景营造。启动实施产业集群应用场景建设工程。围绕 5G、人工智能、车联网、大数据、区块链、工业互联网等领域，率先在具备条件的集群内试点建设一批应用场景示范工程，定期面向特定市场主体发布应用场景项目清单，择优评选若干新兴产业应用场景进行示范推广，并给予应用方一定支持。鼓励集群内企业发展面向定制化应用场景的“产品+服务”模式，创新自主知识产权产品推广应用方式和可再生能源综合应用，壮大国内产业循环。

（十三）提高产业集群公共服务能力。实施产业集群公共服务能力提升工程。依托行业协会、专业机构、科研单位等建设一批专业化产业集群促进机构。推进国家标准参考数据体系建设。建设产业集群创新和公共服务综合体，强化研发设计、计量测试、标准认证、中试验证、检验检测、智能制造、产业互联网、创新转化等产业公共服务平台支撑，打造集技术转移、产业加速、孵化转化等为一体的高品质产业空间。在智能制造、绿色制造、工业互联网等领域培育一批解决方案供应商。支持有条件的集群聚焦新兴应用开展 5G、数据中心、人工智能、工

业互联网、车联网、物联网等新型基础设施建设。

四、增强资金保障能力

（十四）加强政府资金引导。统筹用好各级各类政府资金、创业投资和政府出资产业投资基金，创新政府资金支持方式，强化对战略性新兴产业重大工程项目的投资牵引作用。鼓励地方政府设立战略性新兴产业专项资金计划，按市场化方式引导带动社会资本设立产业投资基金。围绕保障重点领域产业链供应链稳定，鼓励建立中小微企业信贷风险补偿机制，加大对战略性新兴产业的支持力度。

（十五）提升金融服务水平。鼓励金融机构创新开发适应战略性新兴产业特点的金融产品和服务，加大对产业链核心企业的支持力度，优化产业链上下游企业金融服务，完善内部考核和风险控制机制。鼓励银行探索建立新兴产业金融服务中心或事业部。推动政银企合作。构建保险等中长期资金投资战略性新兴产业的有效机制。制订战略性新兴产业上市公司分类指引，优化发行上市制度，加大科创板等对战略性新兴产业的支持力度。加大战略性新兴产业企业（公司）债券发行力度。支持创业投资、私募基金等投资战略性新兴产业。

（十六）推进市场主体投资。依托国有企业主业优势，优化国有经济布局 and 结构，加大战略性新兴产业投资布局力度。鼓励具备条件的各类所有制企业独立或联合承担国家各类战略性新兴产业研发、创新能力和产业化等建设项目。支持各类所有制企业发挥各自优势，加强在战略性新兴产业领域合作，促进大中小企业融通发展。修订外商投资准入负面清单和鼓励外商投资产业目录，进一步放宽或取消外商投资限制，增加战略性新兴产业条目。

五、优化投资服务环境

（十七）深化“放管服”改革。全力推动重大项目“物流通、资金通、人员

通、政策通”。深化投资审批制度改革，推进战略性新兴产业投资项目承诺制审批，简化、整合项目报建手续，深化投资项目在线审批监管平台应用，加快推进全程网办。全面梳理新产业、新业态、新模式准入和行政许可流程，精简审批环节，缩短办理时限，推行“一网通办”。

（十八）加快要素市场化配置。充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，更好发挥政府作用。统筹做好用地、用水、用能、环保等要素配置，将土地林地、建筑用砂、能耗等指标优先保障符合高质量发展要求的重大工程 and 项目需求。加强工业用地市场化配置，鼓励地方盘活利用存量土地。

（十九）完善包容审慎监管。推动建立适应新业态新模式发展特点、以信用为基础的新型监管机制。规范行政执法行为，推进跨部门联合“双随机、一公开”监管和“互联网+监管”，细化量化行政处罚标准。

（二十）营造良好投资氛围。各地区、各部门要积极做好政策咨询和宣传引导工作，以“线上线下”产业招商会、优质项目遴选赛、政银企对接会、高端论坛等形式加强交流合作，增强企业投资意愿，激发社会投资创新动力和发展活力，努力营造全社会敢投资、愿投资、善投资战略性新兴产业发展的良好氛围。

（来源：发展改革委网站）

11 月国内稀土价格大幅上涨

据监测显示 11 月国内稀土市场价格大幅上涨,国内钕系稀土价格大幅走高,钽系市场价格涨至 8 年新高,国内稀土市场价格大幅上涨,根据生意社稀土板块指数显示,11 月 29 日稀土指数为 414 点,与昨日持平,较周期内最高点 1000 点(2011-12-06)下降了 58.60%,较 2015 年 09 月 13 日最低点 271 点上涨了 52.77%。(注:周期指 2011-12-01 至今)。



市场行情

镨钕合金 包头 生产价 2020-08-20 - 2020-11-30

RE:≥99%;Nd/RE:75-80%;Pr/RE:20-25%



氧化钕 包头 生产价 2020-08-20 - 2020-11-30

REO含量:≥99%;牌号:041020;Nd₂O₃/REO:≥99%

金属钕 包头 生产价 2020-08-20 - 2020-11-30

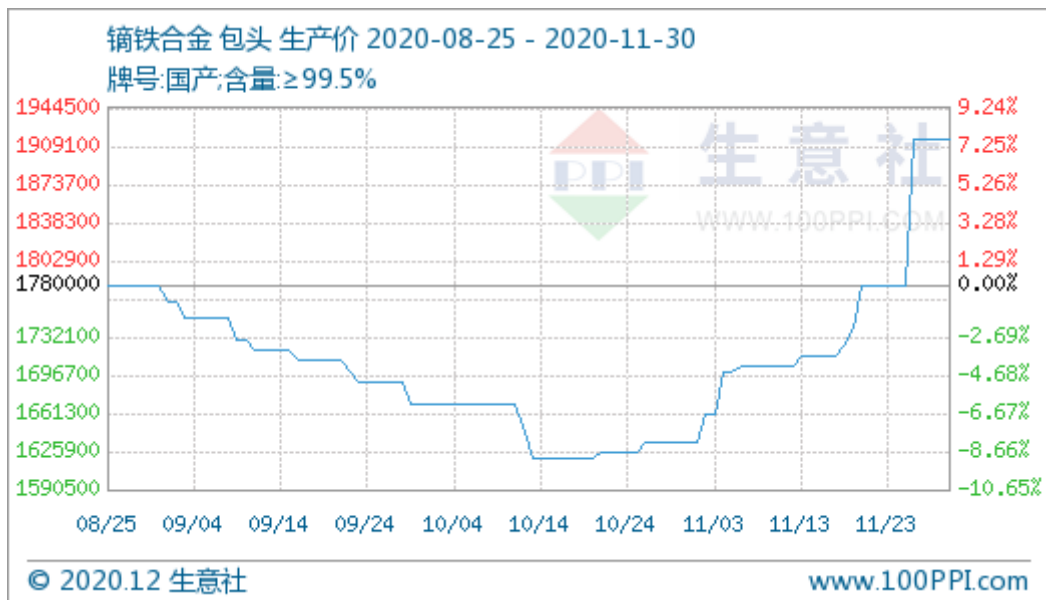
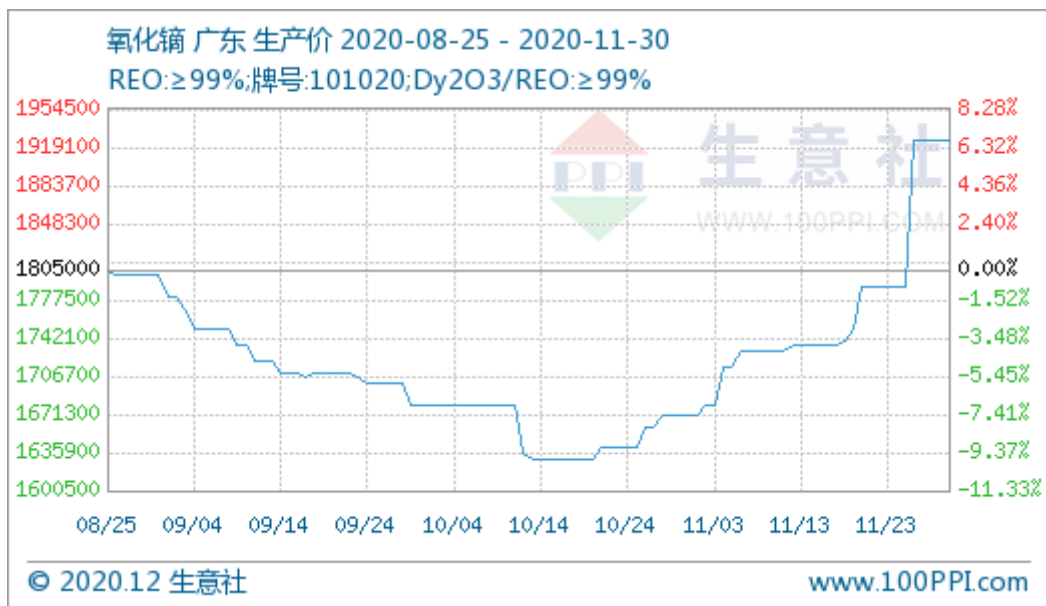
Nd/RE:99.0-99.9%;RE:≥99%



由产品价格走势图可以清晰的看出，11 月国内镨钕氧化物，镨钕合金，氧化钕和金属钕价格涨幅较大，截止月末时间国内稀土中镨钕氧化物价格为 43.5 万元/吨，较月初价格 33.35 万元/吨上涨 30.45%，同比上涨 52.90%；镨钕合金价格为 53.5 万元/吨，较月初价格 41.8 万元/吨上涨 27.99%，同比上涨 48.61%；氧化钕价格为 46.25 万元/吨，较月初价格 35.65 万元/吨上涨 29.73%，同比上涨 61.43%；金属钕月末价格为 60.25 万元/吨，较月初价格 44.7 万元/吨上涨 34.79%，同比上涨 67.36%；氧化镨价格 11 月走势上涨 4.09%；金属镨价格走势稳定，11 月钕系价格大幅上涨。

11 月受部分产品流通偏紧以及下游磁材企业进场消费积极性尚可的影响，加之国内新能源汽车产量明显增加，加之风电、电子产品等终端行业快速发展，随着疫情趋缓，下游厂商产能利用率持续，需求或将持续回暖，钕铁硼的需求方面不断增加，但是国内供应端仍处于收缩态势，供需方面严重失衡，致使国内钕系市场价格涨势疯狂。近期永磁厂家需求备货情况较为积极，由于海外需求较之前有所增加，但是随着 12 月 1 日《中华人民共和国出口管制法》正式生效，市场预期中国稀土出口或将进一步缩减，全球稀土供给或将进一步收缩，届时稀土供应方面更显紧张，促进国内市场价格进一步走高。相对于钕系市场价格大幅走高，国内重稀土市场价格也有相应的上涨，镝铽系市场仍是重稀土市场的典范。

市场行情



由走势图可以看出国内镱系价格 11 月份走势仍以上涨为主，截止月末氧化镱价格为 192.5 万元/吨，11 月涨幅为 15.27%；镱铁合金价格为 191.5 万元/吨，11 月走势上涨 17.13%，但是国内铽系价格大幅上涨，月末国内氧化铽价格为 617.5 万元/吨，金属铽价格为 777.5 万元/吨，铽系价格上涨至 8 年内新高水平。国内稀土收储计划是支撑国内重稀土价格的一大利好，收储计划中中重稀土占年度产量比重较大，有望对中重稀土供需和价格形成较大影响，加之缅甸封关仍然

对国内的中重稀土进口供应产生紧缩影响，但是近期下游需求积极，重稀土市场价格上涨，由于铽系市场供应紧张，供需方面失衡，国内重稀土市场价格有望持续上涨。

新形势下稀土战略价值有望持续提升，美国，日本和欧美相应作出将稀土的纳入国家战略资源储备计划，稀土战略资源优势凸显，中国是稀土储备大国，稀土储量占全球 37%，同时中国也是稀土出口大国，国家对于稀土行业发展做出相应调整，稀土行业向高质量方向发展，政策利好支持稀土产业发展，国内稀土市场价格走势强劲。

近期国内稀土需求增加，但是国内稀土供应方面仍显紧张，供需不平衡导致国内稀土市场价格大幅上涨，但是近期下游用户需求跟进不足，对高价资源抵触心理较强，生意社分析师预计后期国内轻稀土市场价格或将回落，重稀土市场价格将持续高位。

（来源：生意社）

稀土抑癌作用的探索

稀土是化学元素周期表中镧系元素以及和它们性质相近的钪和钇共 17 种元素的总称。随着原子量增大和电子层数的增多，各元素的性质也有所不同。我们讨论稀土的抑癌作用，主要指轻稀土镧、铈、镨、钕元素及其络合物的抑癌作用。

现代医学研究表明，外环境有害因素对机体长期影响，致使细胞内某些基因错误表达及发生变异是机体产生癌变的主要原因之一，因此判断某一化学物质能否被允许进入人类的生产和生活环节，他的致癌性如何至关重要，这也是人们关注的焦点。

农用稀土在用于农牧生产前，就严格的进行过致癌试验，结果未发现其致癌性；而意外地观察到，接受两年稀土喂饲的大鼠，其自然发癌率明显低于对照组。用含稀土的培养液养育小鼠癌细胞 16 个月，癌细胞的增值减慢。这些现象都提示我们，研究轻稀土是否有抑癌作用，让它在人类攻克癌症的战斗中占有一席之地，可能是有益的探索。

我们按照国家抗癌药物筛选规程，在京、津两地，对稀土的抑癌药效进行了规范性观察，双方结果一致，抑癌率为 36%~40%，超过国家规定的抑癌药有效标准（30%）；国内有人用轻稀土的络合物（柠檬酸稀土）对小鼠 S180 肉瘤进行抑癌试验，其抑制率高达 60%。我们在给小鼠腹腔注射致癌化学品氨基甲酸乙酯后，每天给小鼠饮用 0.25% 稀土水溶液共 120 天，结果饮用稀土水溶液小鼠的肺腺癌发癌率比阳性组降低 31.1%，小鼠平均发瘤数降低 58%，说明稀土对化学品

引发的癌症也有抑制作用。

稀土抑瘤机理的研究,也进一步地支持了上述结果。在机体抵抗肿瘤细胞生长的免疫细胞中,自然杀伤细胞最具有战斗力,他在机体内能够主动向癌细胞进攻,将癌细胞消灭在萌芽状态。小鼠口服稀土后,自然杀伤细胞攻击癌细胞的能力提高了 38%,机体整体免疫功能也有所改善。控制肿瘤细胞消长的有关基因中,瘤基因的过度表达可导致肿瘤的发生,而抑癌基因的活化对机体战胜癌症,防止肿瘤转移都是至关重要的,稀土恰好在调节癌基因和抑癌基因方面有十分有益的作用。我们曾用 NORTHERN 分子杂交的方法观察经镧、铈元素处理的人胃癌细胞,它的 p53、p21、p16 抑癌基因的表达均有不同程度的增强,其中 p21 的 mRNA 水平升高最为明显,而与多种人类肿瘤发生、发展相关的 nm23 瘤基因的表达降低。人胃癌细胞的恶性分化程度降低。

通过对我国重点稀土企业甘肃稀土公司的肿瘤流行病学调查也发现,稀土作业工人癌症死亡率低于对照组,更低于所在地区甘肃省, $SMR < 1$, 差异显著,表明稀土有抑制人肿瘤发生、发展的作用趋势。

从分子水平、细胞及亚细胞水平、整体动物实验和稀土接触人群肿瘤流行病学调查等结论,均证明在本实验研究条件下轻稀土确有抑癌作用,这些研究为稀土在医药卫生的应用提供了科学依据。我国是世界上稀土资源最丰富的国家。长期以来,稀土主要应用于传统工业和高技术领域,虽然我国在世界领先将稀土应用于农业,但对机体的生物学活性认识不够,稀土在医药、卫生领域的应用较少,有待扩大开发应用。轻稀土抑癌作用如得到确认,将使其对人类防癌保健事

业做出新贡献。如果稀土防癌保健药品能开发问世，将为我国丰富的稀土资源利用打开新领域。稀土抑癌研究很有实用价值，并表现出巨大的社会效益和经济效益。

（来源：中国稀土）