

离子型稀土信息简报

Ionic Rare Earth Information Bulletin

2021年 第09期 总第95期

本期要闻

- ◎ 向稀土强国进军需解决三大问题
- ◎ 用科技助我国稀土抛光材料迈向高端
- ◎ 自然资源部 工业和信息化部关于下达2021年度稀土矿钨矿开采总量控制指标的通知
- ◎ 《钹铁硼生产加工回收料》国家标准10月实施

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	1-14
◎ 向稀土强国进军需解决三大问题	
◎ 用科技助我国稀土抛光材料迈向高端	
◎ 自然资源部 工业和信息化部关于下达 2021 年度稀土矿钨矿 开采总量控制指标的通知	
◎ 赣州市发布 2021 年度“揭榜挂帅”制项目榜单 涉及 稀土等相关领域	
◎ 江西理工大学有色金属产业发展研究院成功获批江西省首批省 级重点高端智库	
◎ 麻省理工学院开发出一种控制铁磁体的新方法	
◎ 阿贡研究发现 稀土供应中断可能会产生长期影响	
◎ 日产和早稻田大学联合开发回收技术 有助于从电动汽车中回收 稀土元素	
◇ 科技前沿	15-19
◎ 硫酸盐对热液体系中稀土元素迁移富集的机制	
◎ 大连化物所等构筑分子筛双功能催化剂实现高效制备生物燃油	
◇ 政策法规	20-21
◎ 《钕铁硼生产加工回收料》国家标准 10 月实施	
◇ 市场行情	22-26
◎ 2021 年 9 月稀土价格走势	
◇ 稀土知识	27-34
◎ 钪资源的回收和应用	

向稀土强国进军需解决三大问题

稀土作为我国新兴产业关键支撑材料之一，预计今后产业贡献率将以几何级增长。尽管如此，稀土业还需在应用领域加强技术创新，突破国外专利壁垒，提升装备自动化水平，全方位推动我国由稀土大国迈向稀土强国。

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

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

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

二是提升制造业企业的地位和盈利水平。利润不足影响了稀土企业的科技投入和研发，不利于稀土企业向高端制造业的升级。而且，大量具有创新能力的稀土中小企业融资成本高，一个重要原因是贷款成本较高。所以，需要继续深化金

融体系和资本市场改革，更深层次地脱虚向实，向稀土企业适当倾斜。

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

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

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

（来源：铁合金在线）



用科技助我国稀土抛光材料迈向高端

近日，稀土高新区科技和信息化局开展了“企业青年科技创新‘1+1’行动计划”项目申报工作，通过评审，最终确定对包头稀土研究院、包头中科雨航抛光材料有限公司（以下简称中科雨航）等 7 家企业和单位予以立项支持。中科雨

航今年初发布消息称，该公司已建成年产 6000 吨稀土抛光粉生产线，一举打破国外企业对高档抛光粉市场的垄断。

我国抛光材料亟待高端化

近年来，随着液晶显示器产业不断壮大，高性能液晶抛光粉得到了快速发展。我国知名稀土专家、中国科学院教授洪广言表示，稀土抛光材料在工业发达国家的稀土用量中占有很高的比例，已经广泛应用于光学玻璃、液晶玻璃基板以及触摸屏玻璃盖板的抛光。

抛光是指利用机械、化学或电化学方法，使工件表面粗糙度降低，以获得光亮、平整表面的加工方法。化学与机械抛光，是目前公认的解决表面平坦化问题的理想技术。

据中科雨航总经理张海龙介绍，目前国内抛光粉每年使用量已从上世纪 80 年代的不足 40 吨增加到 2 万吨以上。

“现在日本和韩国的抛光粉企业购买中国的中低档抛光粉作为原料，再利用他们的技术生产高端抛光粉，出口到中国和欧美等国，赚取高额利润。中国所用的高档抛光粉大多从日本和韩国进口。”中科雨航研发部主任王红艳告诉记者。

为了改变稀土抛光材料落后的状况，我国编制了《稀土行业发展规划（2016—2020 年）》（以下简称《规划》）。《规划》中明确指出：“要开发高性能稀土抛光粉和稀土抛光液，产品达到或接近国际先进水平，满足液晶、硅晶片、高档玻璃基板抛光等应用要求。”

政策的导向性非常明显，但我国抛光材料的发展现状却不容乐观。洪广言介

绍，我国绝大多数稀土抛光粉生产企业工艺简单落后，设备比较简陋，生产方法各异，难以满足国内对高性能稀土抛光材料需求。

“受我国稀土抛光粉生产工艺滞后的影响，我国稀土抛光粉在高端领域的发展严重滞后，稀土抛光粉产业以及下游产业的发展也受到制约。”洪广言说道，从总体上看，稀土抛光材料生产的多元化形态应得到进一步强化。

科技创新打造优质抛光材料

随着全球经济快速增长，我国稀土产业也得到了飞速发展，但作为北方轻稀土矿主要元素的镧、铈的应用一直未有突破性的进展，镧、铈产品价格一直在低位徘徊。

“目前镧、铈产品在国外的主要应用领域依然在玻璃研磨行业，从细分上可分为工业研磨及民用研磨。”王红艳介绍说。

“开发镧、铈稀土下游技术应用，拓宽稀土高端应用领域，促进我国半导体、信息化等产业发展，是我们的目标。”张海龙说道。

为此，内蒙古确立了稀土抛光材料研制及其产业化项目，该项目确定了以碳酸稀土为原料制备高性能氧化铈抛光材料的基本方法，并在此过程中添加适当的辅助材料来改善抛光材料的表面特征和球形度，外加适宜的后处理与表面修饰方法制备出具有优异抛光性能的新型高性能氧化铈抛光材料。

王红艳介绍，他们承担并完成了这一项目，首次采用前驱体粉体选择性球化技术，对颗粒的表面电位进行控制，同时改善了粉体的形貌和分散性。他们将水和碳酸铈直接作为原料，利用机械化学反应法改性，加入惰性盐类，制备出 20

—50 纳米高性能研磨材料，成本低廉、易于操作，工业化前景广阔。

目前，一期项目投资 1.2 亿元，建设占地 40 亩，两条全自动生产线的抛光粉年产能达到 6000 吨。预计产值突破 1.8 亿元，利润突破 600 万元。“这也标志着我国高端稀土抛光材料正式进军国际市场，销售区域已经扩展到美国、日本、韩国、埃及、马来西亚等国。”张海军说。

(来源：铁合金在线)



自然资源部 工业和信息化部关于下达 2021 年度稀土 矿钨矿开采总量控制指标的通知

2021 年 9 月 30 日，自然资源部、工业和信息化部下达 2021 年度稀土矿钨矿开采总量控制指标的通知，具体内容如下：

内蒙古、黑龙江、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、四川、云南、陕西、甘肃、新疆等省（自治区）自然资源主管部门：

为保护和合理开发优势矿产资源，按照保护性开采特定矿种管理相关规定，现就 2021 年度稀土矿、钨矿实行开采总量控制有关事项通知如下。

一、2021 年度全国稀土矿（稀土氧化物 REO，下同）开采总量控制指标为 168000 吨，其中岩矿型稀土矿（以轻稀土为主）指标 148850 吨，离子型稀土矿（以中重稀土为主）指标 19150 吨。全国钨精矿（三氧化钨含量 65%，下同）开采总量控制指标为 108000 吨，其中主采指标 80820 吨，综合利用指标 27180 吨。

上述指标均含《自然资源部关于下达 2021 年度稀土矿钨矿开采总量控制指标(第一批)的通知》(自然资发〔2021〕24号)下达的第一批指标。

二、有关省(自治区)自然资源主管部门要严格按照规定,认真做好指标分解和下达工作,在本通知下发 10 个工作日内将指标分解下达。稀土矿开采总量控制指标应集中下达给稀土集团下属矿山企业。

三、在分解下达稀土矿、钨矿开采总量控制指标后,有关省(自治区)自然资源主管部门要组织矿山所在市、县级自然资源主管部门与矿山企业签订责任书,明确权利、义务和违约责任。地方各级自然资源主管部门要采取措施,切实加强稀土矿、钨矿指标执行情况的核查与检查,准确统计矿山企业实际产量。

2021 年度省(自治区)稀土矿开采总量控制指标

序号	省(自治区)	稀土氧化物(REO, 吨)	
		岩矿型稀土 (以轻稀土为主)	离子型稀土 (以中重稀土为主)
1	内蒙古	100350	-
2	福建	-	3500
3	江西	-	8500
4	山东	4300	-
5	湖南	-	1800
6	广东	-	2700
7	广西	-	2500
8	四川	44200	-
9	云南	-	150
合计		148850	19150
总计		168000	

(来源:自然资源部)

赣州市发布 2021 年度“揭榜挂帅”制项目榜单 涉及稀土等相关领域

近日，根据《关于印发“揭榜挂帅”制项目试点工作方案（试行）的通知》（赣市府办字〔2021〕48号）要求，经前期广泛征集，并组织专辑论证，遴选确定 2021 年度赣州市首批“揭榜挂帅”制项目榜单 4 项，现公开发布《赣州市 2021 年“揭榜挂帅”制科技项目榜单》，面向全国公开征集揭榜方。

本次发布的 2021 年度首批“揭榜挂帅”制项目榜单共 4 项，在稀土相关领域，共有两项目位列其中。

一、“国六排放标准的柴油车用稀土基 SCR 催化剂量产技术研发与示范”项目

主要研究内容：研发稀土基氮氧化物选择性还原催化剂（SCR），突破稀土基 SCR 催化剂高温劣化、硫中毒等技术难题；研究稀土基 SCR 催化剂合成放大技术、整体催化剂涂覆成型等技术，开展稀土基后处理系统的集成、发动机匹配与性能测试，实现示范应用，解决柴油车尾气净化用稀土基 SCR 催化剂工程应用的基本问题。

该项目考核指标：1.稀土基 SCR 催化剂能耐受 650 °C—100 小时水热老化；2.集成式后处理技术系统匹配国产重型柴油发动机满足国六限值要求；3.获得技术专利 5-8 项，发表科技论文 5-8 篇；4.建设年产 500 吨级稀土基 SCR 催化剂示范线。

该项目完成时间：2023 年 12 月前。

该项目研发总额为 3000 万元，市、县（市、区）财政支持额度为 1000 万元，企业承诺配套额度为 2000 万元。

二、“离子型稀土绿色开采技术及关键装备研究”项目

主要研究内容：基于原地浸矿工艺的离子型稀土开采，因存在精准注（收）液等诸多工程和稀土浸出母液中稀土高效富集与连续生产等技术难题，需在原有基础上进一步提高资源回收率、提升自动化水平，减少环境影响。1.通过优化注液收液等工程和管理措施，提高稀土矿山采选综合回收率；2.通过数字化自动化连续生产工艺的开发，实现工艺流程的缩短、车间占地面积的减少、生产效率的提高；3.通过矿山地质和储量模型的建立，有效指导离子型稀土矿山的生产；4.通过新型无铵开采工艺的开发，提高资源回收率、保护生态环境。

该项目考核指标：1.完成稀土地质数据三维立体表达、稀土开采精准设计、高效开采工程布置和水冶车间的连续生产成套装备的研制及自动化升级，结合环境保护和生态修复新技术及关键装备的研发，填补无铵原地浸矿全流程管控方面的技术空白，全面支撑离子型稀土矿绿色开采；2.开展稀土矿绿色开采全流程现场工业化示范，建成一条日处理母液量 $\geq 5000\text{m}^3$ 的离子型稀土矿无铵绿色采选冶示范工程生产线，确保开采回采率 $\geq 90\%$ 、选矿回收率 $\geq 98\%$ 、生产用水循环利用率 $\geq 95\%$ ；3.对无铵开采工艺进行全面评价研究，获取采选冶全流程技术参数、指标和矿山闭坑后复垦及生态修复工艺参数，构建离子型稀土矿采选冶大数据库，形成一整套离子型稀土矿山绿色开采技术体系，编制并起草相关技术规范和标准。

该项目完成时间：2023年12月。

该项目研发总额为2800万元，市、县（市、区）财政支持额度为500万元，企业承诺配套额度为2300万元。

据悉，赣州市科技局将按程序对有效揭榜方案进行评榜，并按照“严格把关、宁缺毋滥”的原则，择优立项和加强项目管理。项目主要采取事前资助的方式，市、县两级共给予1000万元财政资金支持。财政资助分三期拨付，一是科技计划项目合同书签订生效后拨付40%，二是中期评估合格后拨付30%，三是验收通过后拨付30%。项目实施从合同签订之日起开始，周期一般为2至3年。

（来源：赣州市科技局）



江西理工大学有色金属产业发展研究院成功获批 江西省首批省级重点高端智库

近日，江西省委宣传部公布了“省级重点高端智库和重点培育智库名单”，我校“有色金属产业发展研究院”历经三年建设，经中国智库研究与评价中心专家组考核评估并报省委领导同意，成为江西省首批十家“江西省高端重点智库”之一。

有色金属产业发展研究院成立以来，围绕有色金属产业相关领域，承担了16项包括重点研究、应急研究在内的国家社会科学和国家自然科学基金项目，8项国家部委委托研究项目，40余项省级相关部门及大型有色金属企业研究项目；发表学术论文百余篇，出版专著14部，获得国家和省部级研究奖12项，其中一

项获第八届高等学校科学研究优秀成果奖（人文社会科学）；20余份研究报告和政策建议，得到了省部级领导的重要批示，许多政策建议已纳入相关产业政策和标准的制定中。

近年来，学校高度重视新型智库建设，持续加强政策引导，注重智库人才培养，不断强化激励措施，紧扣国家战略政策和地方经济发展重大需求，面向行业，服务地方，久久为功，智库建设实现了重大突破。

（来源：江西理工大学）



麻省理工学院开发出一种控制铁磁体的新方法

麻省理工学院的研究人员已经开发出一种控制铁磁性材料制成的磁铁的新方法。与铁磁材料不同，在铁磁材料中，一些原子在一个方向上排列，而其他原子则以相反的方式排列。因此，铁磁性材料产生什么类型的磁场取决于这两类原子之间的平衡。

麻省理工学院的研究人员认为，由于铁磁性材料的磁性受到外力的强烈影响，它们应该可以用来生产更快的数据存储和逻辑电路。基于这种类型的材料的存储将允许在给定的空间内比铁磁性材料容纳更多的数据。麻省理工学院的研究人员已经与其他机构的科学家合作，以克服在数据存储中使用铁磁性材料的一个限制。

一直以来该材料实现存储用途研发过程中的难点是没有可靠的方法来切换磁铁的方向，以产生数据存储所需的0和1。现在，研究人员发现了一种通过轻

微的电压变化将铁磁体的磁极快速切换 180 度的方法。研究人员认为他们的发现可能带来铁磁逻辑和数据存储设备的新时代。

该系统使用一种钷钴薄膜，这是一种属于被称为稀土过渡金属铁磁体的材料。在这种类型的材料中，钷原子的磁轴在一个方向上排列，而钴原子在另一个方向上排列。当施加电压使薄膜表面的水分子分裂成氧气和氢气时，氧气被排走，而氢原子核可以穿透材料。

这种渗透改变了磁取向，这种变化足以切换净磁场方向，使数据存储和磁性记忆设备成为可能。这种存储系统的运作过程也是高度节能的，因为它只需要改变电压，没有可能导致转化成热量的应用电流。在实验中，该团队将他们的材料进行了 10000 次极性逆转，没有任何退化的迹象。

(来源: cnBeta.com)



阿贡研究发现 稀土供应中断可能会产生长期影响

在最近发表的一项研究中，阿贡的研究人员分析了三种供应中断对 10 种稀土元素和少量相关化合物的潜在影响，以确定市场影响。该分析得到了美国国防部国防后勤局的支持，他们使用了阿贡公司的全球关键材料(GCMat)工具。

GCMat 是一个基于 Agent 的模型，它是用于模拟给定系统中不同实体之间相互作用的计算框架。这提供了通过模拟单个采矿项目、生产商和消费者可能做出的决策来预测稀土市场动态的能力。这些“代理商”不断更新其产品价格、供应采购、产量和产能计划，以响应市场价格和供应可用性。

“有了基于主体的建模，我们可以比其他类型的建模更精确、更详细地捕捉市场中发生的事情。”阿贡的助理能源科学家、该研究的主要作者马修·里德尔 (Matthew Riddle) 说。

GCMat 团队使用实验室计算资源中心的 Argonne 高性能计算 Bebop 集群来校准模型，并评估各种不同市场场景下的不确定性。

“基于代理的建模着眼于触发决策的参数，比如是否开启或关闭矿山，以及这些决策如何通过市场和供应链传递。”研究的共同作者、阿贡高级供应链分析项目主席 Allison Bennett Irion 说。

研究结果强调了哪些稀土元素可能特别容易受到破坏。由于生产中断，氧化镨的价格上涨幅度最大。镨用于永磁体、特种合金和其他应用。氧化钕是钕和镨的混合物，也容易出现价格飙升。

总体而言，分析发现，在暂时的情况下——一年的出口中断和两年的矿山关闭——价格影响往往会延续到中断期之后的几年。对生产、产能和需求的影响也可能持续更长时间。该模型表明，一些在中国境外因供应中断而启动的矿，在基本供应恢复后可能无法继续运营。

GCMat 团队目前正在努力改变这个模型，以帮助它与美国降低温室气体排放的目标保持一致。他们正在强化稀土磁体市场对节能电机的代表性，包括那些用于风力涡轮机和电动汽车的电机。基于智能体的锂离子电池供应链新模型将评估全球材料短缺可能会如何影响对电动汽车市场至关重要的电池技术的采用。

GCMat 也得到了美国能源部能源政策和系统分析办公室的支持，它基于 Argonne 的 Repast Symphony，一个用于实现和使用基于代理的建模的开源工具

包。

里德尔说：“在阿贡，我们能够利用我们在一系列能源系统——例如电池——方面的专业知识，并结合独特的建模和计算能力来做这样的研究。”

研究人员还计划利用 GCMat 来评估回收、保护和供应多样化等策略的有效性，以减少稀土市场中断的严重程度。

（来源：美国国防部和阿贡国家实验室）



日产和早稻田大学联合开发回收技术 有助于从电动汽车中回收稀土元素

日产汽车公司（Nissan Motor Co）和日本早稻田大学宣布开始在日本测试联合开发的回收工艺，旨在到 21 世纪 20 年代中期实现新工艺的实际应用。该工艺可有效从电动汽车电机磁铁中回收高纯度稀土化合物。

电动汽车中的电机大多数都使用钕磁铁，含有稀有的稀土金属，如钕和镝。但由于采矿和提炼工艺会破坏环境，以及供需平衡转变会导致制造商和消费者的价格波动，因此减少使用稀有稀土非常重要。

自 2010 年以来，日产从设计阶段就一直致力于减少使用电机磁铁中重稀土元素（REE）。此外，日产正在通过从不符合生产标准的电机中去除磁铁，并将其返还给供应商来回收 REE。目前，该过程涉及多个步骤，包括手动拆卸和移除。因此，开发出一种更简单、更经济的工艺对于未来回收利用非常重要。

早稻田大学在有色金属回收和冶炼领域一直非常突出。过去四年以来，日产汽车一直与早稻田大学合作。2020 年 3 月，双方成功开发出一种不需要拆卸电

机的火法冶金工艺。测试表明，该工艺可以回收 98%的电机 REE。与当前其他方法相比，这种方法还减少了大约 50%的恢复过程和工作时间，因为不需要对磁铁进行退磁，也不需要拆卸和拆卸。

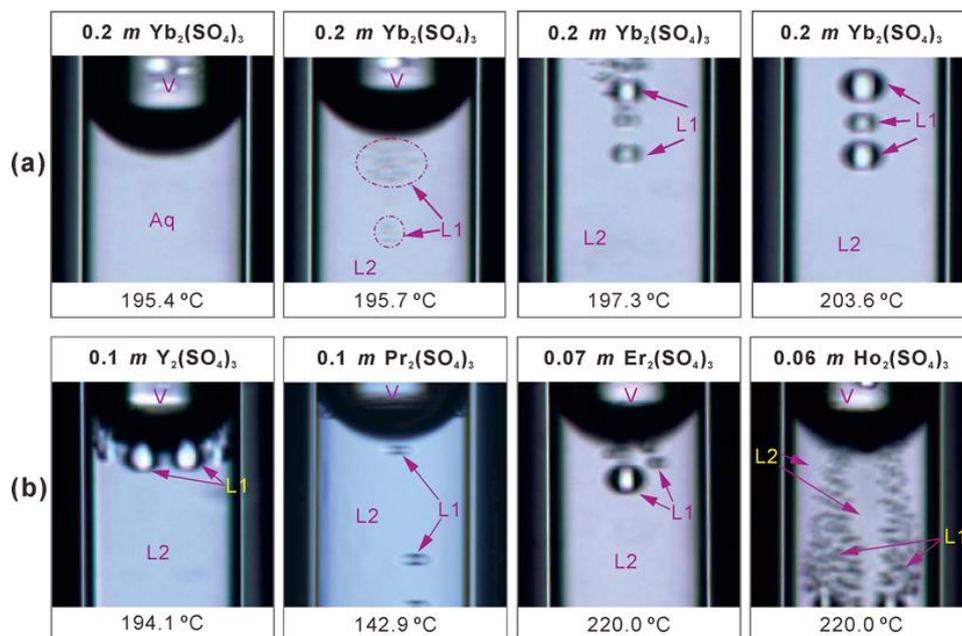
未来，早稻田和日产将继续进行大规模设施测试，以开发实际应用，日产将从正在回收的电动汽车中收集电机并继续开发其回收系统。

（来源：盖世汽车）

硫酸盐对热液体系中稀土元素迁移富集的机制

近日，深海极端环境模拟研究实验室周义明研究员与博士后万野在《Earth and Planetary Science Letters》上发表了题为“Role of sulfate in the transport and enrichment of REE in hydrothermal systems”的文章。该研究揭示了硫酸盐对热液中稀土元素迁移与富集的新机制。

研究表明，含稀土硫酸盐热液在高温条件下可分离为不混溶的两种液相，一为高度富集 REE 和硫酸盐的高密度液相(L1)，一为贫 REE 和硫酸盐的低密度液相(L2) (图 1)。这种现象倾向于在富 CO₂、低压和低氯化物含量的热液系统中发生。由于不混溶的两个液相具有明显的密度差异且贫 REE 液相作为基质具有较低的粘度，富 REE 液相将在重力作用下与贫 REE 液相高效分离，从而实现热液体系中 REE 的高效富集，为高品位稀土矿床的形成提供物质基础。



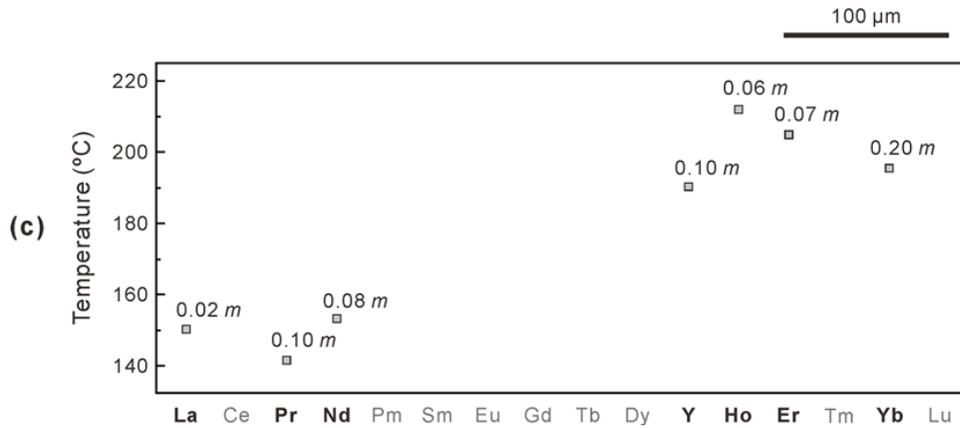


图 1. 热液条件下含稀土硫酸盐流体的相行为特征

应用原位拉曼光谱分析技术对高温高压条件下流体的组成和结构进行了在线分析。结果表明，除了前人报道的 REESO_4^+ 和 $\text{REE}(\text{SO}_4)_2^-$ 外 (C3, C1), REE^{3+} 与 SO_4^{2-} 可形成更为复杂的络合物 ($\text{REE}_m(\text{SO}_4)_n^{3m-2n}$, $m>1$, C4, C5, C6) (图 2)。上述复杂络合离子对的形成导致了热液流体中液-液不混溶的发生。此外, HSO_4^- 也可与 REE^{3+} 直接络合并迁移 REE (图 2)。

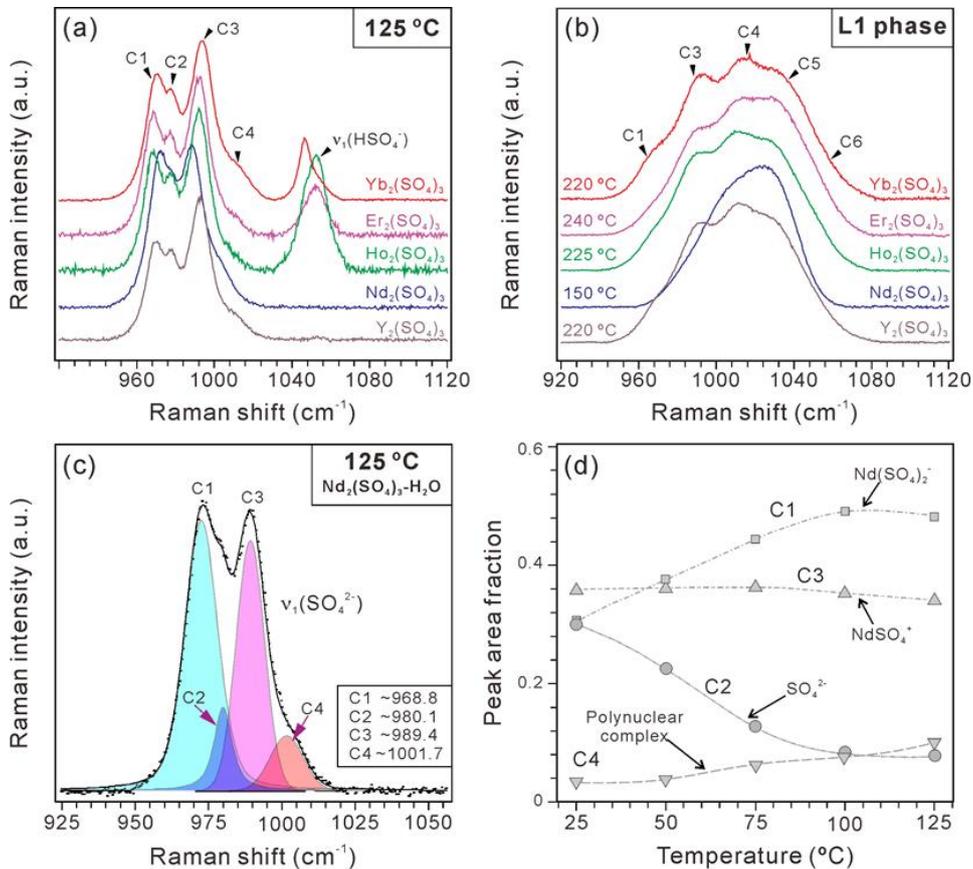


图 2. 液-液相分离发生前后流体的拉曼光谱特征

应用实验室建立的拉曼光谱定量分析技术对不同络合物迁移 REE 的贡献进行了评估，发现上述新的络合物在高温条件能够迁移 50% 以上的 REE。因此，硫酸盐迁移、富集 REE 的能力可能被严重低估。

(来源：中科院深海科学与工程研究所)



大连化物所等构筑分子筛双功能催化剂实现高效制备生物燃油

近日，中国科学院院士、中科院大连化学物理研究所研究员张涛与副研究员罗文豪团队联合荷兰乌特勒支大学教授 Bert M. Weckhuysen，设计并构筑了具有金属-酸“限域毗邻”结构的分子筛双功能催化剂，实现了无溶剂体系下由纤维素醇解平台分子乙酰丙酸乙酯“一锅法”高效制备戊酸酯类生物燃油的新路线。

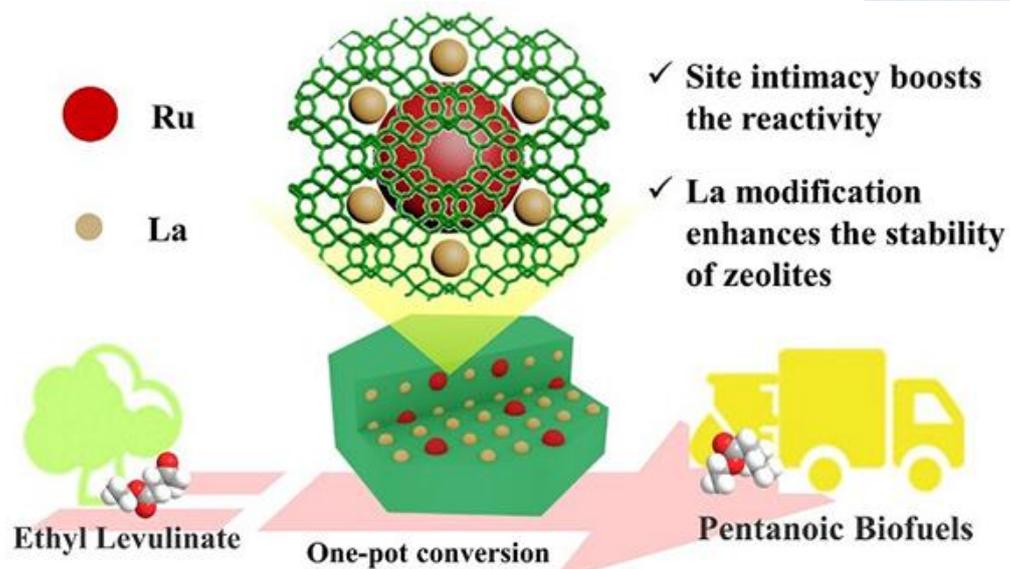
非粮生物质是一种优质和丰富的可再生碳质资源，可替代传统化石能源生产燃料和化学品。木质纤维素衍生的戊酸酯类生物燃油因其优异的油品性能和兼容性，被认为是新一代高性能生物燃油。制备该生物燃油对减少传统非可再生化石能源的依赖和落实碳达峰、碳中和战略任务具有重要意义。

双功能催化剂的精准构筑和活性位协同作用机制是生物质催化领域的研究前沿 (Nat. Commun., 2015; Green Chem., 2017; Green Chem., 2019; J. Catal., 2019; ACS. Catal., 2021)。其在生物质催化转化领域应用的核心挑战在于：催化剂合成中往往缺乏在纳米尺度的双功能活性位的精准构筑及其协同作用机制；基

于低反应底物浓度的高性能在生物质催化过程中无法实现有效应用; 极易忽略的生物质转化过程中液相水热等苛刻环境中的催化剂稳定性等问题。

该工作发展出 Y 型分子筛限域的钉基双功能催化剂, 结合多种光谱和电镜表征、探针分子实验, 证实了金属-酸活性中心在分子筛内部“限域毗邻”结构的精准定制。在催化剂性能上, 对比不具备金属-酸活性“限域毗邻”结构的其他金属/分子筛或金属-分子筛简单机械混合的双功能催化剂, 优选催化剂在乙酰丙酸乙酯催化转化活性和戊酸酯的收率上呈现至少一个数量级以上的增长, 并远优于目前文献报道催化剂的性能最高值。金属-酸活性位的“限域毗邻”结构是实现乙酰丙酸乙酯高效加氢脱氧制备戊酸酯的关键。此外, Ru/La-Y 催化剂中稀土 La 的引入可进一步促进金属 Ru 在分子筛孔道内分散, 并稳定分子筛的骨架结构, 有效抑制液相反应过程中的分子筛骨架结构坍塌, 维持分子筛内“限域毗邻”活性结构, 实现该催化剂优异的稳定性。该工作将分子筛催化中“越近越好”这一概念首次延伸至生物质催化领域, 分子筛定制的“限域毗邻”结构实现“一锅法”高效耦合系列催化反应, 并将推动工业化生产生物燃油的发展。

相关研究成果以 Zeolite-Tailored Active Site Proximity for the Efficient Production of Pentanoic Biofuels 为题, 于近日发表在《德国应用化学》上。研究工作得到科技部重点研发项目、国家自然科学基金、大连化物所研究基金等项目的资助。



大连化物所构筑分子筛双功能催化剂实现高效制备生物燃油

(来源：大连化学物理研究所)

《钕铁硼生产加工回收料》国家标准 10 月实施

国家标准 GB/T23588-2020《钕铁硼生产加工回收料》将于 2021 年 10 月 1 日实施，目前距离实施日期还有 24 天。起草单位有虔东稀土集团股份有限公司、赣州晨光稀土新材料股份有限公司、包头稀土研究院、安徽大地熊新材料股份有限公司、有色金属技术经济研究院、江苏金石稀土有限公司、湖南稀土金属材料研究院、福建省长汀金龙稀土有限公司等。

该标准规定了钕铁硼生产加工回收料的分类原则、化学成分要求、试验方法、检验规则与包装、标志、运输、贮存及质量证明书等内容，适用于钕铁硼生产、加工过程中产生的各类可回收废料（以下简称回收料）的回收、加工与贸易。在编制过程中通过广泛调研，经过多次专家讨论，听取了近年来我国各钕铁硼生产企业、钕铁硼产品应用企业和稀土分离企业的意见，明确本标准修订的关键技术内容。在标准修订过程中，根据回收料的来源工序对分类做了进一步细致的划分，对各类回收料的外观、化学成份进行了细述，列出了分类依据，为回收料交易提供技术依据。

对于回收料的分类，该标准明确了干粉、磁泥、块片料三大类分类，每一类中又根据来源工序的不同，物料外观特点进行了细分。在回收料的交易过程中，稀土氧化物总量及各稀土元素配分量是尤其关键的计价指标，故该标准分别列出了回收料中稀土元素总量、配分量和非稀土元素量的成分表。同时，标准对回收

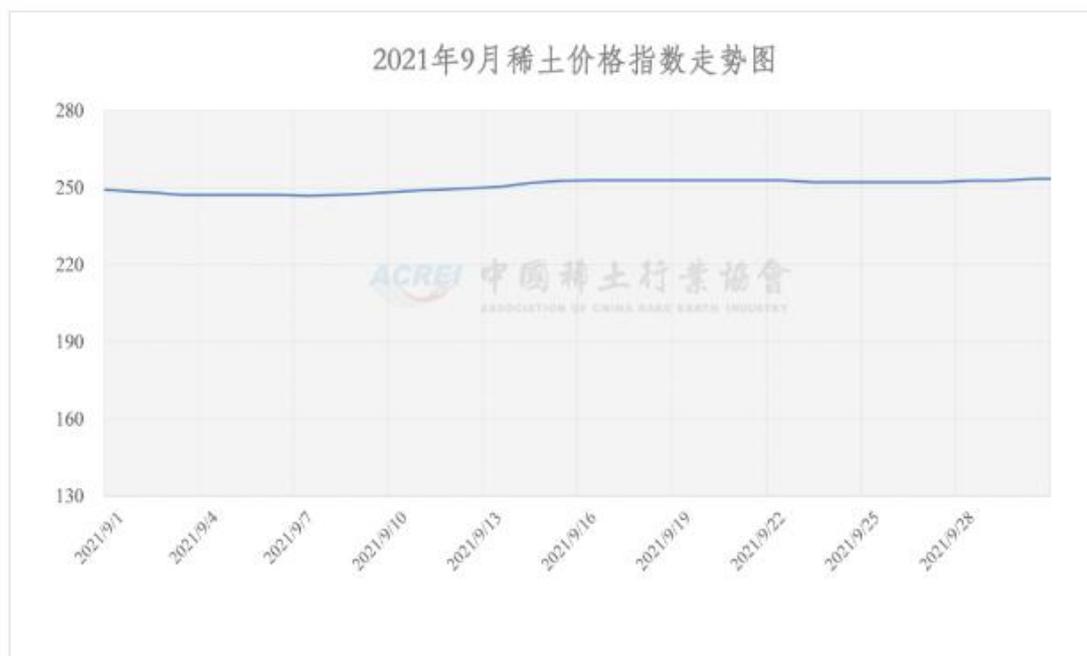
料的取样方式、工具和抽样比例给出了详细的规定。因回收料常常存在不均匀的现象，为获得有代表性的样本，本标准规定了取样时所用插钎规格以取样点选取的要求以及制样方式。

（来源：我的钢铁网）

2021年9月稀土价格走势

一、稀土价格指数

9月份，稀土价格指数走势基本平稳，总体保持在高位。本月平均价格指数为250.7点。价格指数最低为9月7日的246.8点，最高为9月30日的253.4点。高低点相差6.6点，波动幅度为2.6%。



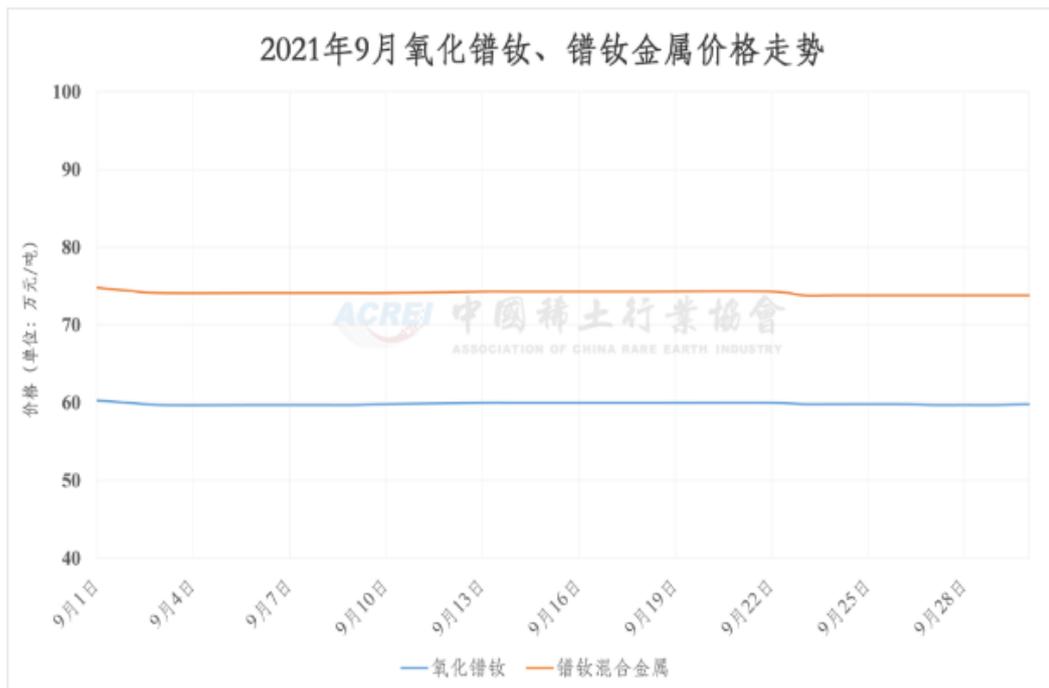
二、中钇富铈矿

中钇富铈矿9月份均价为26.70万元/吨，环比下跌1.71%。

三、主要稀土产品

(一) 轻稀土

9月份，氧化镨钕均价为59.88万元/吨，环比下跌3.26%；金属镨钕均价为74.16万元/吨，环比下跌3.47%。



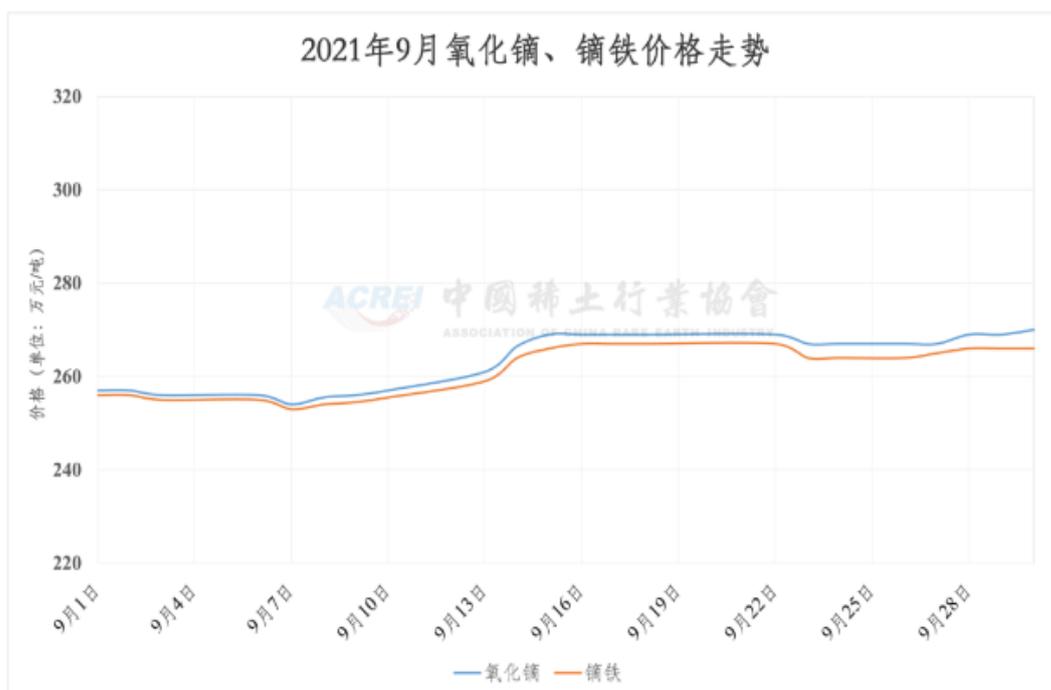
9月份，氧化钕均价为 62.09 万元/吨，环比下跌 0.40%；金属钕均价为 76.30 万元/吨，环比下跌 1.15%。



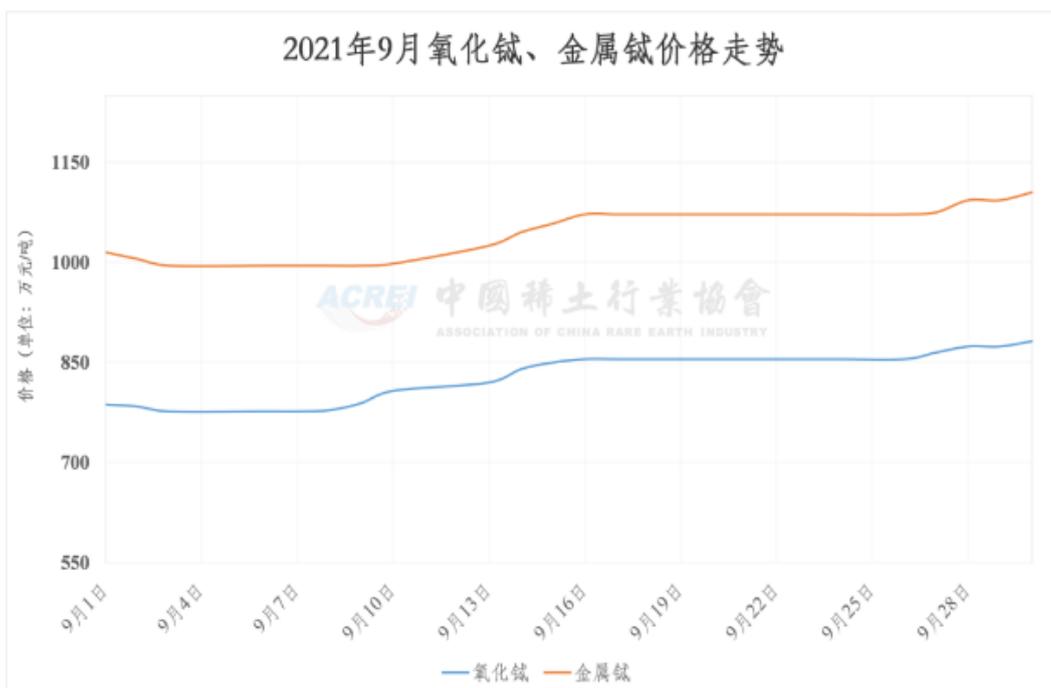
9月份，氧化镨均价为 64.00 万元/吨，环比下跌 0.94%。99.9%氧化镧均价为在 1.00 万元/吨，环比与上月持平。99.99%氧化铈均价为 19.80 万元/吨，环比与上月持平。

(二) 重稀土

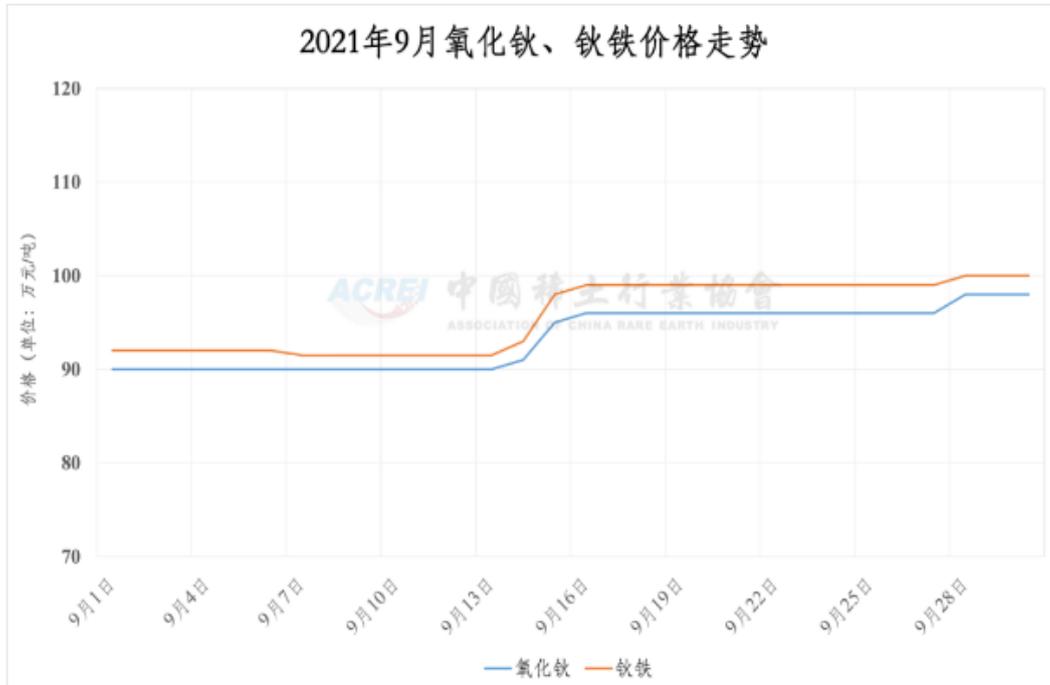
9月份，氧化镝均价为262.58万元/吨，环比下跌1.11%；镝铁均价为260.68万元/吨，环比下跌1.11%。



9月份，99.99%氧化铽均价为822.92万元/吨，环比下跌1.85%。金属铽均价为1036.84万元/吨，环比下跌1.30%。



9月份，氧化钬均价为92.84万元/吨，环比下跌1.74%，钬铁均价为95.18万元/吨，环比下跌0.48%。



9月份，99.999%氧化铽均价为420万元/吨，环比上涨11.33%。氧化铽均价为20.40万元/吨，环比上涨0.45%。

表 1：2021 年 9 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	8月平均价	9月平均价	环比
氧化镧	≥99%	10.00	10.00	0.00%
氧化铈	≥99%	10.00	10.00	0.00%
氧化镨	≥99%	646.09	640.00	-0.94%
氧化钆	≥99%	623.41	620.89	-0.40%
氧化钇	≥99.9%	13.00	13.00	0.00%
氧化铈	≥99.99%	198.00	198.00	0.00%
氧化钆	≥99%	260.05	253.37	-2.57%
钆铁	≥99%Gd 75% ±2%	260.45	254.47	-2.30%
氧化铽	≥99.9%	8348.09	8229.21	-1.42%
氧化镱	≥99%	2655.23	2625.79	-1.11%
镱铁	≥99%Dy80%	2636.14	2606.84	-1.11%
氧化钬	≥99.5%	944.82	928.42	-1.74%
钬铁	≥99%Ho80%	956.41	951.84	-0.48%
氧化铽	≥99%	203.09	204.00	0.45%

市场行情

氧化镱	≧99.99%	102.00	102.00	0.00%
氧化镨	≧99.9%	5163.64	5050.00	-2.20%
氧化钇	≧99.999%	37.73	42.00	11.32%
氧化镨钕	≧99% Nd ₂ O ₃ 75%	618.95	598.79	-3.26%
镨钕金属	≧99%Nd75%	768.27	741.63	-3.47%

(来源：中国稀土行业协会)

钪资源的回收和应用

概况

主要钪资源的分布

矿物类型	钪资源分布
铝土矿和磷块岩矿	主要分布于华北地台(主要包括山东、河南和山西)和扬子地台西缘(主要包括云南、贵州和四川)。铝土矿的 Sc_2O_3 含量为 $40-150 \mu g \cdot g^{-1}$; 贵州开阳磷矿 ¹ 、瓮福磷矿 ² 、织金新华磷矿磷块岩的 Sc_2O_3 含量为 $10-25 \mu g \cdot g^{-1}$ 。
钒钛磁铁矿	攀枝花钒钛磁铁矿超铁铁岩和镁铁岩的 Sc_2O_3 含量为 $13-40 \mu g \cdot g^{-1}$, 钪的主要赋存于钛普通辉石、钛铁矿和钛磁铁矿 ³ 。
钨矿	华南斑岩型和石英脉型钨矿具有较高的钪含量, 黑钨矿的 Sc_2O_3 含量一般为 $78-377 \mu g \cdot g^{-1}$, 个别达 $1000 \mu g \cdot g^{-1}$ 。
稀土矿	华南地区储量巨大的离子吸附型稀土矿中发现了规模较大的富钪矿床, Sc_2O_3 在 $20-50 \mu g \cdot g^{-1}$ 为伴生钪矿床, 大于 $50 \mu g \cdot g^{-1}$ 为独立钪矿床; 白云鄂博稀土铁矿的岩石中 Sc_2O_3 平均含量为 $50 \mu g \cdot g^{-1}$ 。
锆英砂精矿	海南省为主, 进口澳大利亚、南非、、印尼、越南等国, 含 Sc_2O_3 0.001-0.08%。
其他矿物	选矿尾矿、人造金红石、贫锰矿、红土镍矿、铀矿等。

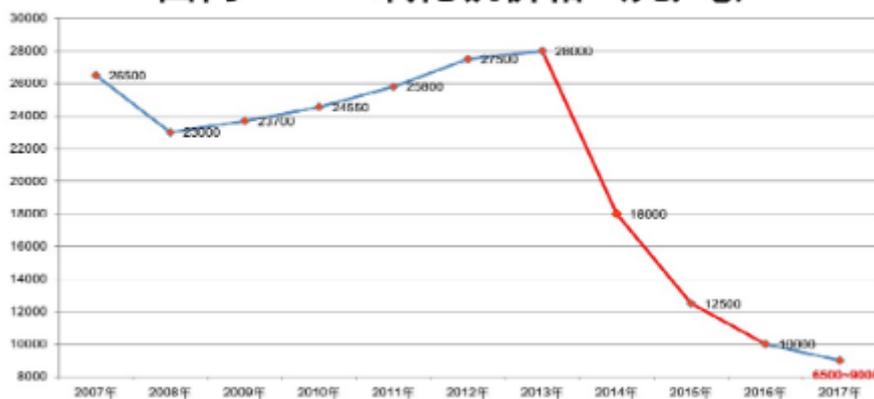
国内提钪的主要资源

钛白废酸	• 5~30mg/L
氧氯化锆母液	• 200~1000mg/L
钛氯化烟尘	• 0.05~0.08%
赤泥	• 0.008%~0.017%
钨渣	• 0.015%~0.025%
尾矿及废渣液	• 0.01~0.05%

近五年钪产品美国市场价格变化

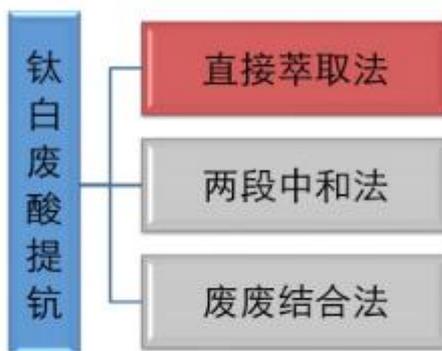
Salient Statistics—United States:	2013	2014	2015	2016	2017 ⁴
Price, yearend, dollars:					
Compounds, per gram:					
Acetate, 99.9% purity, 5-gram sample size ²	51.90	43.00	43.00	44.00	44.00
Chloride, 99.9% purity, 5-gram sample size ²	148.00	123.00	123.00	126.00	124.00
Fluoride, 99.9% purity, 1-to-5-gram sample size	² 253.00	² 263.00	² 263.00	² 270.00	277.00
Iodide, 99.999% purity, 5-gram sample size ²	228.00	187.00	187.00	149.00	183.00
Oxide, 99.99% purity, 5-kilogram lot size ⁴	5.00	5.00	5.10	4.60	4.60
Metal:					
Scandium, distilled dendritic, per gram, 2-gram sample size ²	213.00	221.00	221.00	228.00	226.00
Scandium, ingot, per gram, 5-gram sample size ⁴	175.00	134.00	134.00	107.00	132.00
Scandium-aluminum alloy, per kilogram, metric-ton lot size ⁴	155.00	386.00	220.00	340.00	350.00
Net import reliance ³ as a percentage of apparent consumption	100	100	100	100	100

国内99.99%氧化钪价格（元/kg）



钪的回收

硫酸法钛白废酸提钪



直接萃取法



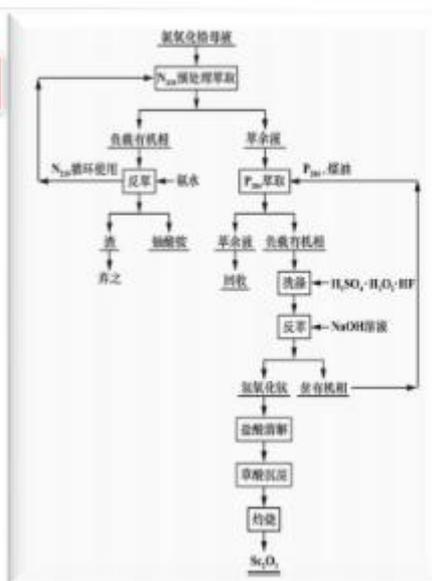
两段中和法



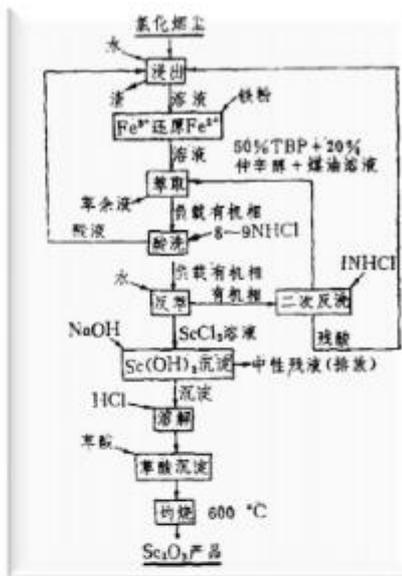
废废结合法



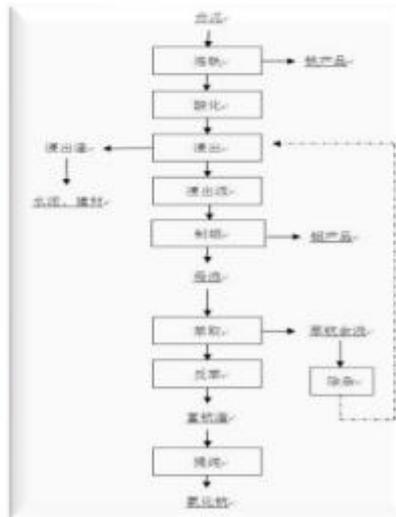
氧氯化锆母液提钪



氯化烟尘提钪



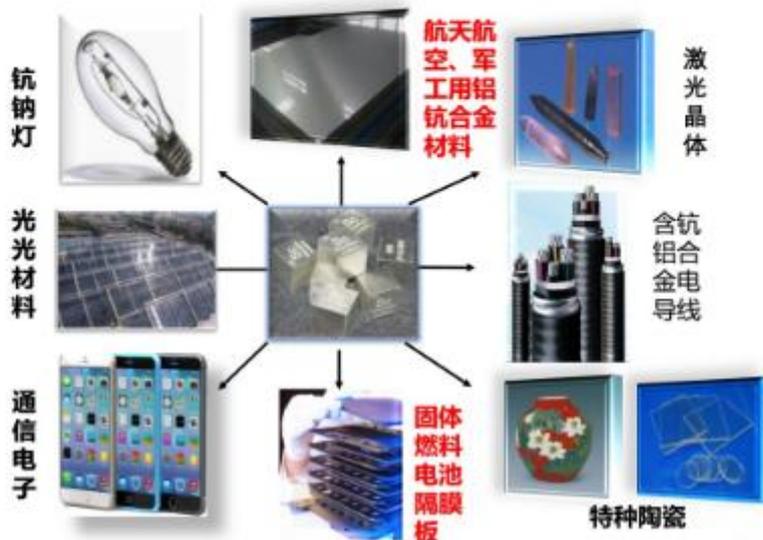
赤泥提钪



- ✦ 澳大利亚：南新威尔士洲Nyngan项目（590吨Sc₂O₃）、Syerston项目（19200吨Sc₂O₃）；昆士兰（3000吨Sc₂O₃）；
- ✦ 印度：奥里萨邦项目申请建设2.4吨Sc₂O₃/年，从二氧化钛副产物提取；
- ✦ 菲律宾：Coral Bay Nickel Corp项目，计划生产7.5吨Sc₂O₃/年；
- ✦ 俄罗斯：乌拉尔山脉一铝厂计划建设3吨Sc₂O₃/年；莱蒙托夫计划建设1.5吨Sc₂O₃/年，并用于生产铝钪合金。

钪的应用

钪的主要应用领域



米格-29 战斗机及导弹的导向尾翼



- ✦ 苏联科学院巴依科夫冶金研究院、全俄轻合金研究院
- ✦ 三大系列(Al-Mg-Sc、Al-Li-Sc、Al-Zn-Mg-Sc)共 14 个牌号的铝钪合金。
- ✦ 美国航天局兰利研究中心开发的牌号为 C557的三元 Al-Mg-Sc 合金。

高端体育器材

- ✦ 含钪铝合金晶粒比7005小，加工容易且不易产生龟裂
- ✦ 抗拉强度可达480mpa，高于7005铝合金（340mpa）
- ✦ 提升材料的强度和刚性，且能改善焊接热裂

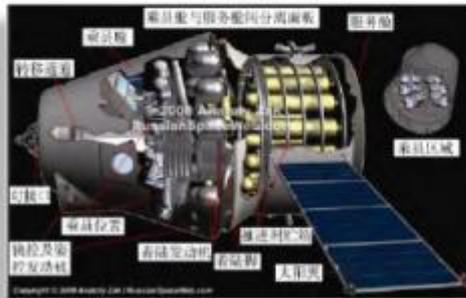


含钕铝合金电导线



- ✦ 我国的资源特点决定了“铝代铜”发展趋势。
- ✦ 钕与铝的性质具备了一定“电导率”优势。

航天器返回舱铝合金材料



- ✦ 我国载人飞船长征七号火箭多用途飞船返回舱。
- ✦ 铝镁钕合金材料，牌号5B70，5B71。

3D打印含钕铝合金材料

- ✦ 超轻摩托车light rider
- ✦ 车框架重量为6kg，总重量为35kg
- ✦ Apworks
- ✦ Scalmalloy



含钪铝合金焊线

目前我国铝及铝合金焊丝的年消耗量近万吨
占世界总需求量的1/3

✦ 国产焊丝缺点：

- ① 杂质较多
- ② 焊缝质量
- ③ 稳定性差

✦ 含钪焊丝优点：

- ① 提高焊接接头强度
- ② 减弱了焊缝的热裂纹倾向
- ③ 提高耐腐蚀性和疲劳性质



固体氧化物燃料电池(SOFC)电解质隔膜片



四方相氧化锆陶瓷材料
晶体结构不稳定。

含钪光源材料

- ✦ 钪钠灯的光接近太阳光，光度
高、光色好、破雾能力强、节电
能、寿命长。



- ✦ 固体激光材料：钇钪镱石榴
石、钷钪铝石榴石。



真空电子管阴极材料

- ✦ 钨系阴极特性：低温；大电流密度；有效逸出功可降低到1.5eV；降低阴极表面Ba/BaO的蒸发。
- ✦ 最好的发射能力可以达到M型阴极的20倍以上，是唯一能满足新型电子器件发展要求的热阴极材料。
- ✦ 缺点：发射不均匀；抗离子轰击性能差。



(来源：中国稀土)