

离子型稀土信息简报

Ionic Rare Earth Information Bulletin

2020年 第01期 总第75期

本期要闻

- ◎ 2019年稀土行业重要政策汇总
- ◎ 中国稀土系列指数发布：着力构建稀土产业评价体系
- ◎ 自然资源部关于推进矿产资源管理改革若干事项的意见（试行）
- ◎ 中国科学院稀土研究院在江西赣州挂牌成立

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	1-15
◎ 2019 年稀土行业重要政策汇总	
◎ 以市场化机制推进稀土矿山生态修复	
◎ 中国稀土系列指数发布：着力构建稀土产业评价体系	
◎ 12 月稀土出口大幅回升 2020 年出口总体将相对偏低	
◎ 中国科学院稀土研究院在江西赣州挂牌成立	
◎ 科技助力江西稀土产业更优更强	
◎ 中韩开展稀土新材料技术定期化合作	
◎ USGS 绘制芒廷帕斯稀土矿地质图	
◇ 科技前沿	16-23
◎ 中科院地质地球所揭开白云鄂博稀土富集之谜	
◎ 我国稀土采选分离技术全球领先 大大提高了稀土分离富集效率	
◇ 政策法规	24-28
◎ 自然资源部关于推进矿产资源管理改革若干事项的意见（试行）	
◇ 市场行情	29-32
◎ 2019 年 12 月稀土市场分析	
◎ 稀土价格走势	
◇ 稀土知识	33-40
◎ 稀土在铸铁中的应用	

2019年稀土行业重要政策汇总

2019年众多因素之下稀土成为了市场的热点，由于稀土的价值较高，稀土也迅速的走进投资者的视野。与此同时，稀土生产也存在一些不合理的地方，故2019年中央政府发布了多项稀土政策，稳定稀土行业合理有效发展。

十二部门发布关于持续加强稀土行业秩序整顿的通知

1月4日，工信部网站发布工信部等十二部门《关于持续加强稀土行业秩序整顿的通知》（以下简称《通知》）。《通知》明确，聚焦私挖盗采、加工非法稀土矿产品等扰乱行业秩序的突出问题，加大查处、惩戒力度，以建立常态化工作机制为重点，将督查贯穿于依法整顿全过程，切实落实集团管控责任和地方监管责任，实现稀土开采、生产、流通以及进出口秩序规范有序，产品价格平稳合理，资源利用绿色环保，发展质量不断提升，稀土资源战略支撑作用得到有效发挥。

《通知》要求，加强重点环节管理。一是确保稀土资源有序开采；二是严格落实开采和冶炼分离计划；三是规范资源综合利用企业；四是强化产品流通监管。此外，通知还要求不断增强行业自律，提升行业发展质量。

国家税务总局发布《关于稀土企业等汉字防伪项目企业开具增值税发票有关问题的公告》

2019年3月，关于《国家税务总局关于稀土企业等纳入汉字防伪项目管理企业开具增值税发票有关问题的公告》。为了适应稀土行业发展和税收信息化建

设需要，自2019年6月1日起，停用增值税防伪税控系统汉字防伪项目。为了明确稀土企业等纳入汉字防伪项目管理企业开具增值税发票的相关事项。稀土企业销售稀土产品或提供稀土应税劳务、服务的，应当通过升级后的增值税发票管理系统开具稀土专用发票；销售非稀土产品或提供非稀土应税劳务、服务的，不得开具稀土专用发票；其他纳入增值税汉字防伪项目管理的企业，使用升级后的增值税发票管理系统开具增值税发票。这两类企业开具的发票密码区将由二维码密文变更为字符密文。

2019年第一批稀土指标公布 总量同比减少18%

3月15日，工信部网站公布由工业和信息化部、自然资源部下发的2019年第一批稀土开采、冶炼分离总量控制计划的通知。2019年第一批指标按2018年总指标的50%确定，分别为60000吨、57500吨，相比于2018年同期指标总量下降了18%，（合计矿产品60000吨，减少13500吨；冶炼分离产品57500吨，减少12500吨）但第二批需视需求和指标使用情况而定，将综合考虑市场需求和各集团的执行情况，于2019年6月底前下达。

同时，要求稀土冶炼分离企业使用已列入禁止或淘汰目录的落后生产工艺和冶炼分离产能低于2000吨（REO）/年的，或被有关部门明确要求停产整改，要按计划组织生产，严格遵守环保、资源开发等有关法律法规，严禁无证、越界开采稀土资源；严禁集团间开展代加工（含委托加工）业务；综合利用企业不得加工稀土矿产品（含进口矿）；利用境外稀土资源需提供完整进口手续，并在稀土

产品追溯系统中如实填报采购量和使用量。

国家发改委发布《产业结构调整指导目录（2019年本，征求意见稿）》

2019年4月，《产业结构调整指导目录（2019年本，征求意见稿）》发布 多项稀土产品在列。4月8日，国家发改委发布关于就《产业结构调整指导目录（2019年本，征求意见稿）》公开征求意见的公告。据悉，此次《产业结构调整指导目录（2019年本，征求意见稿）》由鼓励类、限制类、淘汰类三个类别组成。

2019年工信部围绕重点工作开展专项节能监察

2019年4月工信部：2019年围绕重点工作开展专项节能监察（含对磁性材料企业）。工作计划指出，围绕重点工作，深入开展专项节能监察。包括：重点高耗能行业能耗专项监察，阶梯电价政策执行专项监察，重点用能产品设备能效提升专项监察，数据中心能效专项监察，2018年违规企业整改落实情况专项监察。

工信部 11 项稀土行业标准报批

2019年4月，11项稀土行业标准报批公示。工信部：198项化工、石化、冶金等行业标准报批公示。根据行业标准制修订计划，相关标准化技术组织等单位已完成《含腐植酸磷酸一铵、磷酸二铵》等24项化工行业标准、《石油化工中心化验室设计规范》等6项石化行业标准、《连铸用功能耐火制品》等40项冶金行业标准、《铜碲合金棒》等110项有色行业标准、《建筑用人造石英石和岗石地板》等7项建材行业标准、《硫化镧铈》等11项稀土行业标准的制修订工作。

中美贸易争端稀土金属矿加征 25%关税

2019年5月9日，美国政府宣布，自2019年5月10日起，对从中国进口的2000亿美元清单商品加征的关税税率由10%提高到25%。美方上述措施导致中美经贸摩擦升级，违背中美双方关于通过磋商解决贸易分歧的共识，损害双方利益，不符合国际社会的普遍期待，但美国加征关税的商品清单中并未包含稀土相关产品。而受美国方面加征关税影响，国务院关税税则委员会宣布自6月1日起对美部分进口商品提高加征关税税率。稀土方面产品亦在其列，受市场上关注度较大的稀土金属矿加征25%关税，部分商品加征自5%-25%不等的关税税额。

工信部发布《稀土产品的包装、标志、运输和贮存》

2019年6月，工信部还发布《稀土产品的包装、标志、运输和贮存》强制性国家标准报批公示，对其进行公示和听取社会各界意见。标准指出，要求在稀土产品的包装、标志、运输和贮存标准中，增加原料溯源性的标志。在6月17日的新闻发布会上，发改委再次表态，针对稀土行业违法违规生产的问题，将加大行业整顿规范的力度，构建长效的监管机制。在“打黑”行动中，“正规军”六大稀土集团（中铝公司、北方稀土、厦门钨业、中国五矿、广东稀土、南方稀土）亦是纳入了整顿范围。

人大会议通过《中华人民共和国资源税法》

2019年8月，《中华人民共和国资源税法》于2019年8月26日第十三届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议通过，本法自2020年9月1日起施行，

1993年12月25日国务院发布的《中华人民共和国资源税暂行条例》同时废止。其中新公布轻稀土资源税为7%—12%，中重稀土为20%。原资源税为中重稀土矿27%，包头矿11.5%，四川矿9.5%，山东矿7.5%。资源税将促进稀土业开展公平竞争。

工信部发布2019年稀土开采冶炼指标

六大集团中重稀土指标持平轻稀土指标增加 11月8日,工信部网站发布“工业和信息化部 自然资源部关于下达2019年度稀土开采、冶炼分离总量控制指标及钨矿开采总量控制指标的通知”。整体上,开采指标增加1.2万吨,冶炼分离指标增加1.2001万吨,符合业内部分人士一直以来号召增加资源供给的呼吁。细分矿上,增加的开采指标均为岩矿型稀土(轻),作为我国具有优势资源的离子型稀土(以中重为主)指标持平,侧面反映了主管部门对资源的差异化管理的思路。

(来源:上海有色网)



以市场化机制推进稀土矿山生态修复

让人民群众呼吸清新的空气,喝上干净的水,吃上放心的食物,在良好的生态环境中生产生活,这是我国建设生态文明的一个极其重要的目标。而要实现这个目标,必须着力解决日益严重的废弃稀土矿山环境污染等方面问题。

近日,自然资源部针对国内废弃矿山生态修复历史欠账多、资金瓶颈明显等

问题，制定相关措施，探索利用市场化方式，推进废弃矿山生态修复。此次出台的相关措施鼓励矿山土地综合修复利用，对历史遗留矿山废弃国有建设用地，可通过赋予矿山生态修复投资主体后续土地使用权的方式，激励社会资本投入。

对此，稀土专家认为，国家出台这些政策，主要是希望通过自然资源政策激励，吸引社会各方投入，探索推行市场化运作、科学化治理的废弃稀土矿山生态修复模式。可以说，通过赋予土地使用权等激励政策，鼓励稀土矿山综合修复利用，是政策措施含金量所在。

例如，稀土矿山存量建设用地修复后的腾退指标可以流转使用。正在开采矿山将依法取得的存量建设用地和历史遗留矿山废弃建设用地修复为耕地的，经验收合格后，可参照城乡建设用地增减挂钩政策，腾退的建设用地指标可在省域范围内流转使用。

虽然废弃稀土矿山生态修复是一块硬骨头，但一些地方以市场化运作，建立起“谁投入、谁受益”的废弃稀土矿山修复的多元化治理渠道，取得了明显实效。

2019年2月，江西省赣州市出台了《赣州市废弃稀土矿山环境治理项目后期管护管理办法(试行)》，从制度层面上明确废弃矿山生态修复，可以引进第三方修复治理单位，落实修复资金，细化管护措施，有力保障稀土矿山等环境修复效果，促进了稀土资源开发利用与矿山生态环境保护协调发展。

通过这些举措，赣州市探索出了“林(果)—草—渔(牧)”“猪—沼—林(果)”等多种废弃矿山修复模式。在原来的废弃稀土矿区，通过矿山生态修复，引进第

三方经营管理团队，信丰县发展了脐橙、杨梅生态果园，寻乌县建起了光伏发电场，大余、定南、龙南等县还建起了工业园，开发工业建设用地 1.05 万亩，取得了良好的生态、经济和社会效益。

这表明，要让市场化机制在废弃矿山生态修复中发挥作用，一方面政府自身带头推行。如政府投资建设的环境污染治理设施，可以通过授权经营的方式，遴选第三方治理单位经营管理，以一定的行政手段在废弃稀土生态修复中大力推行。

另一方面要通过立法。对于稀土矿山污染造成者，责任主体不按要求采取治理措施的，由环保部门指定有治理能力的单位代为治理，所需费用由责任主体承担，将第三方生态修复单位要求确立为具体可操作性的法律制度。同时，也要研究对环保企业相关的支持政策，加强废弃矿山生态修复市场规范和行业自律。

事实上，从国家到地方对废弃稀土矿山生态修复的紧迫性和艰巨性都有了清醒的认识。而以市场化机制推进稀土矿山生态修复，对于不断完善环境治理制度，打好稀土矿山生态修复攻坚战，努力改善环境质量，保卫我们赖以生存的共同家园，必将发挥积极的作用。

（来源：中国有色金属报）



中国稀土系列指数发布：着力构建稀土产业评价体系

近日，中国稀土系列指数上线发布会在包头市举行。本次发布会是由包头市

人民政府主办，包头稀土高新区管委会、包头发展和改革委员会、包头稀土产品交易所承办。

发布会现场，主办方发布了中国稀土系列指数，该指数通过分析中国稀土市场的价格走势，准确表征了稀土行业的发展态势，科学衡量了稀土行业的发展水平。此外，内蒙古发展和改革委员会也将该指数纳入价格监测中心平台，促进稀土产业高质量发展。

国家发改委价格监测中心工业品价格监测处处长杨青表示，中国是全球稀土矿生产、出口和消费大国，稀土产业的高质量发展成为当前的重大课题。构建合理开发、有序生产、高效利用、科技创新、协同发展的稀土行业新格局是未来的发展方向。希望包头稀土产品交易所着力在稀土交易市场化方面迈出坚实的步伐，成为具有全国乃至国际影响力的稀土产品交易中心。

包头市委副书记、市长赵江涛在会上表示，世界稀土看中国，中国稀土看包头。2016年我们发布了中国稀土价格指数；2018年发布了中国稀土产业景气指数；今天，我们发布了稀土产业发展指数。中国稀土系列指数不仅构建了中国稀土产业的评价体系，还通过信息化、可视化的形式，有效分析和监测市场波动，为政府和企业提供科学依据。

内蒙古自治区发展和改革委员会副主任王金豹在接受采访时表示，中国稀土系列指数的上线运行为内蒙古的“指数家族”增加了新伙伴。希望该指数体系的

构建和建立能成为政府决策的智囊库；企业发展的助推器；产业转型的航向标。也希望它在未来内蒙古高质量发展过程中，发挥更大的作用。

据悉，中国稀土系列指数由中国稀土价格指数、中国稀土产业景气指数、中国稀土产业发展指数构成。依托稀土大数据应用，真实反映稀土功能材料应用消费领域的价格波动和产业发展状况。可以为市场参与者提供有效的价值参考，为稀土应用端研判市场趋势提供可靠依据。

（来源：江西省自然资源厅）



12月稀土出口大幅回升 2020年出口总体将相对偏低

SMM 1月15日讯，国家海关总署1月14日发布数据显示，2019年12月中国稀土出口量为3657.3吨，同比下降32.5%；全年出口量46330.4吨，较2018年的53031.4吨下滑12.6%。

据统计数据了解到，中国7月份稀土出口量为5243.4吨，创下今年稀土出口数据高点，在七月数据到达高位后，出口量便一直下降，到12月，出口量数据大福回升。12月出口量环比增长38.74%。

2019年全年中国稀土出口总量为46330吨，较去年减少12.95%，为自2015年以来最低水准，主因或为年中稀土产品价格大幅上涨以及年内中美贸易摩擦升级影响。

2019 年 5 月稀土出口量 3639.5 吨，环比下降 15.93%，主要由于 5 月国内氧化镨钕、氧化镝、氧化铽等稀土产品由于原料短缺及其他利好因素影响，稀土产品价格上涨周期短、幅度大，且氧化镝、氧化铽等中重稀土因矿端原料将随着时间推移供应紧缺加剧，未来仍有上涨空间。国际稀土产品价格涨速不及国内，打压企业对于稀土产品出口的积极性，从而导致 5 月稀土产品出口量有所减少。随后 7 月国内稀土产品价格呈现下降趋势，稀土出口量有所增加。8—11 月，稀土出口量呈现大幅下降的状态，2019 年 11 月稀土出口量同比下降约 42.83%。2019 年 11 月稀土进口量同比和环比降幅明显。主因为美国欧洲等地的部分稀土产品价格低于国内商家报价。中国稀土产品价格自 11 月中上旬开始呈现出逐渐上涨的趋势，企业出口盈利空间缩减，抑制出口积极性从而导致 11 月稀土产品出口量缩减明显。另外，莱纳斯单钕产品部分流向日本，受此影响年内中国钕产品出口量有所减少，对 11 月出口量的幅缩减存在一定助推作用。中国 12 月稀土出口较 11 月创下的四年半低位反弹 38.7% 至 3657 吨，缓解了围绕中国这个全球主要稀土出口国将限制稀土供应的担忧。

SMM 预计，2020 年受中美贸易缓和影响，以及国内政策面利好导致的新能源汽车等终端领域对稀土的需求或将回升影响，预计 2020 年稀土出口量或将小幅回升，但总体或仍将保持相对一般偏低水平。

（来源：上海有色网）

中国科学院稀土研究院在江西赣州挂牌成立



1月10日，中国科学院稀土研究院在江西省赣州市挂牌成立。

根据江西省、中国科学院双方协定，中国科学院稀土研究院筹建周期为3年，规划用地1000亩。其中一期建设用地400亩，建筑面积约为20万平方米，2021年12月底前将建成投入使用，到2022年人员数量规模将达到600人至1000人。

据介绍，中国科学院稀土研究院将按照“两区三高”（稀土资源绿色高价值利用的国家实验区、国家实验室体制机制创新的示范区，构建国家级稀土资源高效、绿色利用的人才高地、科技高地和产业高地）的发展定位，着力围绕国家稀土资源发展战略，加强基础性研究，突破稀土绿色、高效、高值化利用的科技瓶颈，解决中国在稀土研究领域的重大科学需求；着力攻克稀土产业关键应用技术，加强稀土新材料和高端应用产品研发，延伸产业链，真正使稀土研究院的科技优势转化为经济优势、产业优势；着力拥抱国内外先进科学技术，吸引凝聚优秀创

新人才，将该院建成集创新研究、人才培养、产业应用为一体的新型国际研发平台。

(来源：中国新闻网)

科技助力江西稀土产业更优更强

稀土产业是江西省特色优势产业，在全国乃至全球都具有重要影响力。1月9日，记者从省科技厅获悉，近年来，我省在稀土领域布局了一批科技创新平台，培育了一批人才团队，支持了一批基础研究和应用研究项目，有力助推了稀土产业高质量发展。

科技创新平台建设卓有成效。目前，我省稀土领域国家级科技创新平台有2个，省级科技创新平台18个，形成了稀土勘探、开采、提取、利用以及生态保护的全链条集成创新体系。这些科技创新平台为稀土产业发展注入源源动力。此外，我省还与中科院积极开展科技合作，加速推进中科院稀土研究院建设。

科技创新人才竞相涌现。目前，我省开展与稀土相关研究的科技创新实力较强单位有15家，如江西理工大学、南昌大学等。据不完全统计，这15家稀土领域重点研究机构共有研究团队59个，研究人员1179人。积极支持省内相关企业申报国家级、省级引智项目，资助引进江西稀土产业发展急需紧缺的外国人才来赣工作。目前，我省4家企业获批国家和省级引智项目10项，资助引进来自美国、德国、韩国等国的人才42人次。在国内外人才通力合作下，我省获得国家

发明专利、实用新型专利授权 28 项，填补国内空白 2 项，取得重大科技突破或解决重大技术难题 13 项。

科技创新成果可圈可点。由南昌大学、五矿（北京）稀土研究院有限公司、赣州虔东稀土集团股份有限公司等单位完成的“稀土绿色低成本分离与高丰度稀土高值化平衡利用关键技术及产业化”项目，这些技术成果在赣、苏、蒙、甘、鲁等地广泛应用，实现产值 200 多亿元，利税节支 12 亿余元，节水 170 万立方米，减排高盐废水 250 万立方米，回收酸碱节支 3 亿元，为稀土资源的绿色化、高值化及均衡化利用作出了突出贡献。

加强顶层设计，支持稀土产业技术升级。省科技厅每年编制的《科技计划项目申报指南》中，五大类计划均将稀土产业列为重点支持领域。三年来，省科技厅共支持稀土有关项目 79 项，经费 4099 万元，主要用于突破技术壁垒，解决高端稀土材料的关键问题，打通高值化利用产业化核心技术路线，开发具有较大带动作用的新产品，加快推进稀土产业发展升级。

开展稀土产业科技型企业培育，共培育稀土产业高新技术企业 56 家，瞪羚企业 4 家。以赣州为例，拥有赣州虔东稀土集团股份有限公司等一批特色明显、实力较强的企业。据统计，2019 年 1 月至 11 月，赣州市 78 家规上稀土企业实现营业收入 269.59 亿元，同比增长 16.1%，利润 12.1 亿元，同比增长 43.4%。

（来源：新华网）

中韩开展稀土新材料技术定期化合作

韩联社1月7日报道,韩国生产技术院和韩中科学技术合作中心7日在仁川松岛 G-Tower 举行了由产业通商资源部和仁川广域市赞助的“韩中稀土新材料技术发展研讨会”。

稀土热传导、磁性等化学性能优秀,是用作智能手机、电动车等尖端产业或军事武器的核心素材。据美国地质勘探局统计,中国去年共生产稀土12万吨,占全球稀土总产量的70%以上。

韩国的稀土材料进口量每年都在增加,但由于缺乏核心技术等产业基础薄弱,企业活动主要集中在单纯加工进口材料等低附加值营业上。

韩中计划通过此次研讨会,与中国稀土开采和加工地江西省地区科研机构及行业建立有效联系机制。此外两国专家还预计就稀土再利用、材料、市场、标准开发等各领域进行深入探讨。

韩产业部相关人士表示,稀土领域是原材料、零部件产业竞争力的基础,将通过确保核心技术力量、强化专门机构等,进一步落实搞活稀土等稀有金属产业,不断扩大产业基础。

(来源: 商务部)

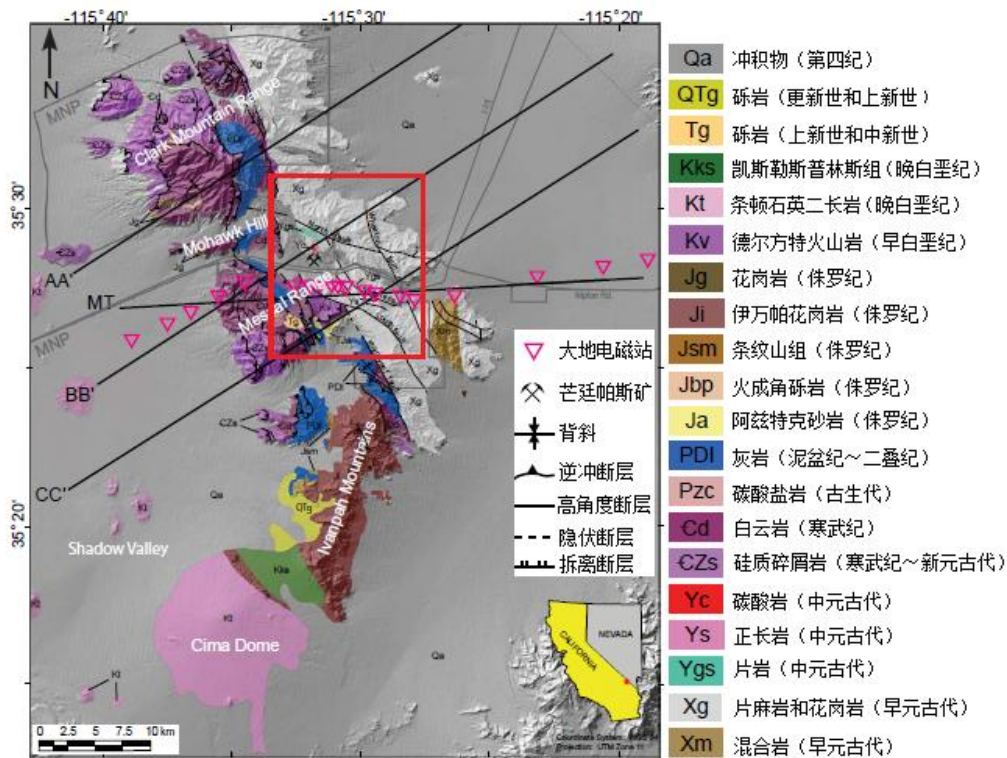


USGS 绘制芒廷帕斯稀土矿地质图

据 Mining.com 网站报道,美国地质调查局科研人员在网络期刊地圈(Geosphere)上撰文称,已经对内华达州拉斯维加斯西南60英里、莫哈韦沙漠

东部的芒廷帕斯（Mountain Pass）地区碳酸岩型稀土矿床进行了填图。

本文详细介绍了芒廷帕斯稀土矿的地质和地球物理背景，并附有矿床地下延伸分布图。



为了获取这些信息，科研人员利用了地质地球物理方法，对重力、地磁、大地电磁和全岩物性数据进行了综合分析，对含稀土岩石在深部的地质构造进行了分析模拟。

研究表明，稀土矿床沿梅斯卡尔岭（Mescal Range）一条断层带或地质接触带延伸。

研究人员在新闻发布会上表示，对需求增长以及全球供应脆弱的担心已经迫使包括美国在内的许多国家加紧勘探和评估国内稀土资源。这些发现可为未来勘探提供有益的借鉴材料。

（来源：自然资源部）

中科院地质地球所揭开白云鄂博稀土富集之谜

白云鄂博稀土—铌—铁矿床的稀土资源量位居全球首位。自丁道衡先生 1927 年首次在白云鄂博发现铁矿体，何作霖先生 1935 年在铁矿体中发现稀土矿物以来，世界各地的科研人员对白云鄂博地区进行了多方面综合研究，取得了大量重要成果。但由于白云鄂博矿床具有十分复杂的元素及矿物组成，又经历了多期地质事件的叠加改造，有关含矿白云岩的成因问题一直以来就存在非常大的争议，而巨量稀土元素的富集机理仍是未解之谜。岩浆碳酸岩是全球稀土矿床最主要的成矿岩石。白云鄂博地区发育大量的岩浆碳酸岩脉，晚期钙质碳酸岩脉中的稀土氧化物含量甚至超过 20%。碳酸岩浆强烈分异演化过程中的稀土富集机理是解决白云鄂博谜题的突破口。

中国科学院地质与地球物理研究所矿产资源研究重点实验室副研究员杨奎锋和研究员范宏瑞等，对白云鄂博地区粗粒含矿白云岩中的磷灰石进行原位 Sr-Nd-O 同位素分析。磷灰石的 O 同位素组成与地幔来源碳酸岩一致，Sr-Nd 同位素组成与碳酸岩脉相近，磷灰石的 Sm-Nd 等时线年龄也与钙质碳酸岩脉中独居石的 Th-Pb 年龄相符（图 1）。结合粗粒白云岩的主量元素组成，以及磷灰石中共生的自形烧绿石矿物包裹体和球状初始碳酸盐岩包裹体，可以确定粗粒含矿白云岩为镁质岩浆碳酸岩。

白云鄂博地区的岩浆碳酸岩包括铁质、镁质、钙质三种类型，依据不同类型

碳酸岩脉间的穿插关系、碳酸岩脉的似斑状结构，以及碳酸岩脉状中白云石、方解石矿物的核边结构，可以判断，碳酸岩具有从铁质，到镁质，再到钙质的演化趋势。伴随碳酸岩浆由早期的铁质向晚期的钙质逐步演化，其稀土元素含量，尤其是轻稀土元素含量呈明显的富集趋势。而且，碳酸岩脉的全铁与稀土含量呈明显的负相关关系，碳酸岩脉中白云石和方解石矿物的核部更富铁，而边部更富稀土（图 2）。铁质在碳酸岩浆分异演化中的逐步分离很有可能是造成稀土元素在晚期岩浆中富集的关键控制因素。

那么是什么因素促使碳酸岩浆发生强烈分异演化的呢？细粒白云石中早期发育的大量共生球形赤铁矿和初始碳酸盐岩捕掳体表明，铁矿浆与碳酸岩浆的不混熔作用很有可能是造成铁质碳酸岩向镁质碳酸岩演化的重要控制因素。铁质碳酸岩中磁铁矿的分离结晶作用进一步促进碳酸岩浆向富镁的方向演化。赤铁矿与磁铁矿均具有较低的稀土元素含量，赤铁矿的不混熔及磁铁矿的分离结晶使残余碳酸岩浆中的稀土元素发生初步富集。早期熔离的铁矿浆也为白云鄂博的铁矿化提供了大量成矿物质。随后，富镁白云石的分离结晶又造成镁质碳酸岩浆向钙质碳酸岩浆演化，方解石通常出现在似斑状镁质碳酸岩的基质中，充填白云石晶体间隙生长，而且晚期结晶的方解石矿物具有更高的锶和稀土含量，均是分离结晶作用的结果。残余碳酸岩浆与围岩发生强烈的霓长岩化作用，进一步消耗碳酸岩中的铁、镁元素，造成镁质碳酸岩最终向钙质碳酸岩演化以及稀土元素的强烈富集（图 3）。

全球共发育 527 处岩浆碳酸岩，其中仅有 5% 为铁质碳酸岩，而白云鄂博是少有的能够从铁质碳酸岩演化到钙质碳酸岩的实例。强烈的碳酸岩浆分异演化过程是白云鄂博巨量稀土元素富集的关键控制因素。

研究成果发表于 *Geology*。

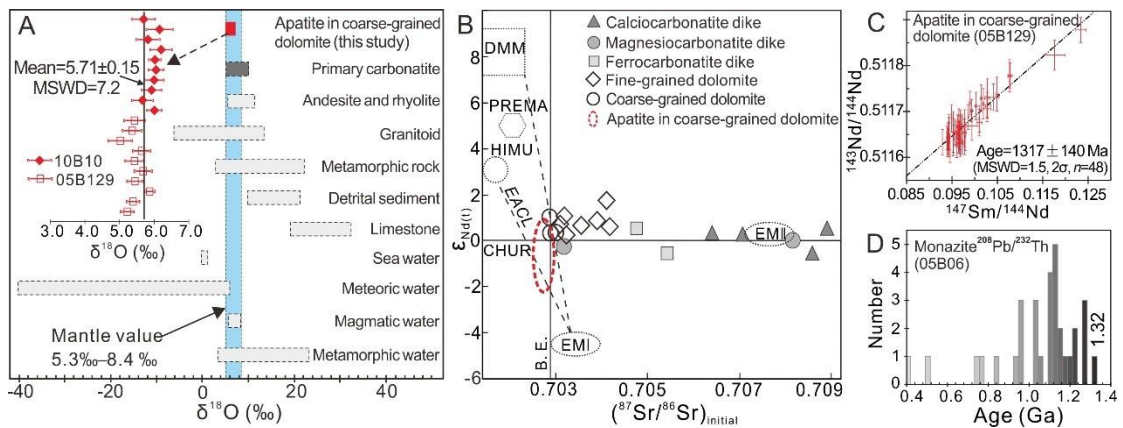


图 1 白云鄂博粗粒白云岩磷灰石原位 Sr-Nd-O 同位素组成及钙质碳酸岩独居石 Th-Pb 年龄

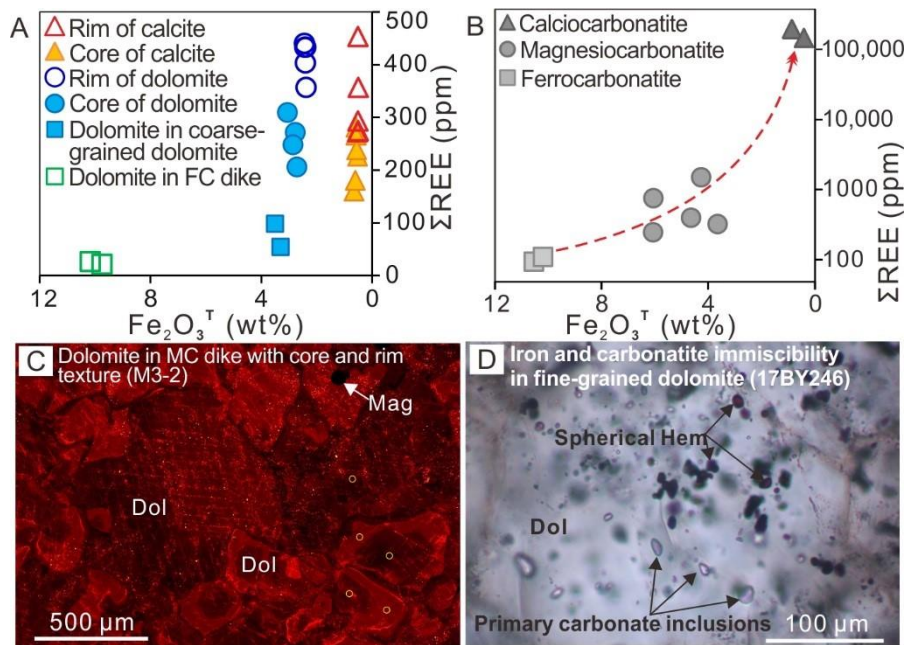


图 2 白云鄂博碳酸岩脉及碳酸岩脉中白云石、方解石矿物的铁及稀土含量关系图

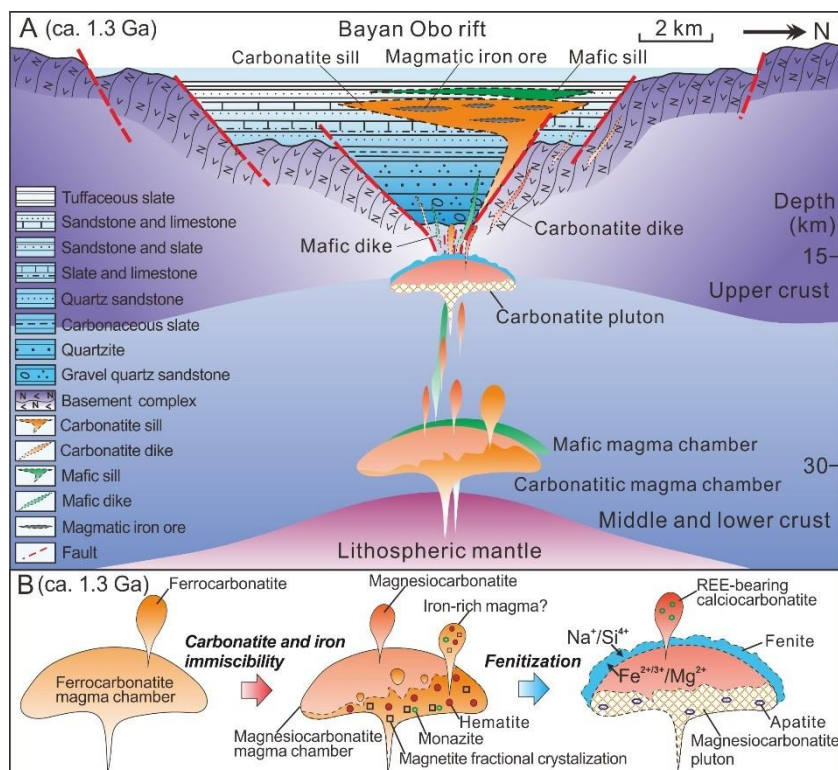


图3 白云鄂博碳酸岩浆演化与稀土富集过程模式图

(来源：中科院地质地球所)

我国稀土采选分离技术全球领先 大大提高了稀土分离富集效率

在神话中，息壤是可以自己生长不息的土壤。如今，一种类似“息壤”功能的新颖萃取沉淀剂面世了，其“神奇”之处在于，可与稀土形成固体萃合物，并可以反复萃取和循环使用，大大提高了稀土分离富集效率，有效避免传统技术中大量“三废”污染。

作为不可再生的稀缺性战略资源，稀土被誉为“超级工业味精”，当前低成本稀土清洁生产成为世界性难题，是各国竞争拼抢的行业制高点。这项由中

科院海西研究院厦门稀土材料研究所孙晓琦团队发明的科技成果，相关工作日前在国际期刊《湿法冶金》上发表，使我国在稀土采选分离技术上继续保持全球领先地位。

繁荣之中的“三废”隐忧

小到手机、照相机，大到精确制导导弹、火箭卫星，现实中处处都有稀土的影子。稀土分轻稀土和重稀土两类。特别是，分布我国南方的离子型矿，占据了全球70%以上的重稀土资源，其资源稀缺，可替代性小，可广泛应用于航天、军事、国防及新材料合成等高精尖领域。

然而，早前的中国，虽是稀土大国，却是相关研发的“弱国”。上世纪60年代，稀土分离提纯核心技术一直掌握在世界少数国家手中。拥有巨大稀土资源的中国，当时却不得不从国外高价购进深加工的稀土产品。

经过徐光宪院士等老一辈科学家几十年的艰苦努力，我国稀土分离化学与工程研究取得长足进步，在稀土采掘、冶炼、分离提纯方面占据领先地位，建立了完整的稀土资源利用产业链，成为全球储量最大、产量最大和出口量最大的国家。但传统的稀土分离提纯技术也带来资源利用率有待提高、环境治理成本较高等问题。

据测算，我国传统离子型稀土矿冶金技术平均资源利用率不到25%，每分离1吨离子吸附型稀土矿消耗8—10吨盐酸、6—8吨液碱或1—1.2吨液氨等。国家杰出青年基金获得者、教育部长江学者特聘教授李梅为此曾痛心地说：“几十年来，我们为全世界提供了90%以上的稀土原料，别的国家用上了新材料，我们自己却制造出了严重的环境污染。”

事实上，国内传统工业稀土分离体系源于国外，已工业运用几十年，企业很难通过调节流程参数对其存在缺陷加以优化。如何改变稀土提取的原料结构，让整个稀土提取工艺不产生“三废”问题？多年来，国内稀土行业一直在思考和探索着。

改变“亦步亦趋”的困境，从源头上开辟自主创新之路！孙晓琦团队着眼国家目标、立足基础研究，开拓新型萃取体系，推动清洁高性能稀土分离技术的研发，提升资源综合利用水平，努力实现可持续发展。

找到“息壤”，率先开发新型“分离术”

在稀土湿法冶金工业中，以萃取剂为基础分离流程的主要作用是使金属得到提纯与富集，因此萃取剂是影响萃取工艺成败的最关键因素。

在我国稀土工业生产领域，溶剂萃取法和化学沉淀法是最广泛应用的两种分离技术，但在现阶段仍然存在诸多不足，如溶剂萃取法需要大量使用挥发性有机溶剂，存在安全和环境问题；碳酸氢氨和草酸工业沉淀剂难以循环使用，所产生废水对环境造成不良影响。

“实现清洁高效稀土分离技术研发的关键，在于设计、制备和筛选低成本、高性能的萃取—沉淀剂。”孙晓琦说，这是一个相当复杂的过程，需要全面考虑成本、原料、稳定性、萃取率、选择性、平衡时间、萃取容量、反萃性能、溶解性、毒性等因素。

为此，孙晓琦团队开展了大量应用基础研究，应用世界前沿技术，对高效清洁稀土分离工艺研发过程中所涉及的溶液配位化学、萃取剂设计、萃取机理、分离材料等基本科学问题开展系统研究，解决稀土分离流程从应用基础研究向产业

化过渡过程中的关键科学问题。

在此基础上,孙晓琦团队设计制备了新型苯氧羧酸类萃取剂,该型萃取剂可以定量萃取低浓度稀土,与稀土形成固体萃合物,并可以反复萃取和循环使用。基于该类萃取剂,结合溶剂萃取法和化学沉淀法的优势,开发出了全新的萃取—沉淀法工艺。

该团队通过与赣州稀土集团、厦门钨业股份有限公司、北方稀土集团等合作开展的工业试验表明,与传统分离技术相比,这一新型分离技术的特征是萃取过程不使用有机溶剂,萃取—沉淀剂能够反萃及循环使用,具有无工业废水产生、低成本等优势;且安全性好,萃取—沉淀速率快,所得到的稀土沉淀富集物尺寸可增大几十倍以上,大大提高了稀土分离提纯效率,具备良好的工业应用前景。

可按萃取剂“基因图谱”定制最优分离工艺

我国福建、江西、广东、广西、湖南等南方省份都有离子型稀土矿分布,但成份差异较大。以福建、江西的离子型矿为代表,其矿中稀土配分就不相同,因此,所研发的工艺参数也会有较大差异。这一问题如何破解呢?

为此,中科院海西院厦门稀土所与国家重大科学工程上海光源合作,采用同步辐射技术对设计制备的新型萃取剂与稀土的作用机理、构效关系、物种分布开展研究,力争从分子水平认识萃取剂的各种因素对稀土分离流程的影响,形成面向不同种类离子型矿稀土的萃取—沉淀剂“基因图谱”。

在此基础上,孙晓琦团队与相关企业合作,研究不同种类离子型矿分离工艺。对于有工业应用前景的萃取剂和分离材料,根据分离工艺需要,协调成本和性能的关系,进一步筛选和优化结构。同时,系统评估不同矿种、不同萃取体系、不

同分离装备对流程的影响，优化工艺参数，确定最优工艺路线。

目前，孙晓琦团队已构建起新型的清洁高效稀土分离技术体系，包括新型萃取剂和分离材料、稀土矿浸出液富集技术、重稀土分离工艺、离子液皂化技术、放射性废渣综合处理技术等。其创新性工作相继在《美国化学工程师学会会志》《美国化学会可持续化学与工程》《绿色化学》等国际期刊发表，并入选英国化学工程师学会全球奖、中国化工学会侯德榜化工科学技术奖、中国稀土学会杰出工程师奖。

“从工程技术中发现基础科学问题，再将基础研究所取得的成果应用于工业实践”，目前该所已组建稀土高效清洁分离团队、稀土回收技术研发团队等8个产业化研发团队，加快所研发技术在行业内的推广，推动我国离子型稀土分离工业的发展。

(来源：科技日报)

自然资源部关于推进矿产资源管理改革若干事项的意见（试行）

各省、自治区、直辖市自然资源主管部门，新疆生产建设兵团自然资源主管部门：

为贯彻落实党中央、国务院关于矿业权出让制度改革、石油天然气体制改革、加大油气勘探开发力度等决策部署，充分发挥市场配置资源的决定性作用和更好发挥政府作用，深化“放管服”改革，进一步完善矿产资源管理，现就推进矿产资源管理改革提出如下意见。

一、全面推进矿业权竞争性出让

除协议出让外，对其他矿业权以招标、拍卖、挂牌方式公开竞争出让，出让前应当在自然资源部门户网站、同级自然资源主管部门门户网站（或政府门户网站）和政府公共资源交易平台（矿业权交易平台）公告不少于 20 个工作日。以招标方式出让的，依据招标条件，综合择优确定中标人。以拍卖方式出让的，应价最高且不低于底价的竞买人为竞得人；以挂牌方式出让的，报价最高且不低于底价者为竞得人，只有一个竞买人报价且不低于底价的，挂牌成交。

继续推进油气(包括石油、烃类天然气、页岩气、煤层气、天然气水合物，下同)探矿权竞争出让试点。在全国范围内探索以本附件所列的出让收益市场基准价确定的价格等作为油气探矿权竞争出让起始价，开展油气探矿权竞争出让试点，探索积累实践经验，稳步推进油气勘查开采管理改革。

二、严格控制矿业权协议出让

稀土、放射性矿产勘查开采项目或国务院批准的重点建设项目，自然资源主管部门可以协议方式向特定主体出让矿业权。基于矿山安全生产和资源合理开发利用等考虑，已设采矿权深部或上部的同类矿产（《矿产资源分类细目》的类别，普通建筑用砂石土类矿产除外），需要利用原有生产系统进一步勘查开采矿产资源的，可以协议方式向同一主体出让探矿权、采矿权。协议出让矿业权，必须实行价格评估、结果公示，矿业权出让收益由自然资源主管部门根据评估价值、市场基准价确定。

地方自然资源主管部门协议出让矿业权须征求同级地方人民政府意见，需自然资源部协议出让的矿业权应先征求省级人民政府意见。已设采矿权深部或上部需要协议出让的探矿权采矿权除外。

三、积极推进“净矿”出让

开展砂石土等直接出让采矿权的“净矿”出让，积极推进其他矿种的“净矿”出让，加强矿业权出让前期准备工作，优化矿业权出让流程，提高服务效率，依据地质工作成果和市场主体需求，建立矿业权出让项目库，会同相关部门，依法依规避让生态保护红线等禁止限制勘查开采区，合理确定出让范围，并做好与用地用海用林用草等审批事项的衔接，以便矿业权出让后，矿业权人正常开展勘查开采工作。

对属矿业权出让前期工作原因而导致的矿业权人无法如期正常开展勘查开采工作的，自然资源主管部门可以撤回矿业权，并按有关规定退还矿业权出让收益等已征收的费用。

四、实行同一矿种探矿权采矿权出让登记同级管理

解决同一矿种探矿权采矿权不同层级管理带来的问题。自然资源部负责石油、烃类天然气、页岩气、天然气水合物、放射性矿产、钨、稀土、锡、锑、钼、钴、锂、钾盐、晶质石墨 14 种重要战略性矿产的矿业权出让、登记；战略性矿产中大宗矿产通过矿产资源规划管控，由省级自然资源主管部门负责矿业权出让、登记。其他矿种由省级及以下自然资源主管部门负责。

五、开放油气勘查开采市场

在中华人民共和国境内注册，净资产不低于 3 亿元人民币的内外资公司，均有资格按规定取得油气矿业权。从事油气勘查开采应符合安全、环保等资质要求和规定，并具有相应的油气勘查开采技术能力。

六、实行油气探采合一制度

根据油气不同于非油气矿产的勘查开采技术特点，针对多年存在的问题，油气矿业权实行探采合一制度。油气探矿权人发现可供开采的油气资源的，在报告有登记权限的自然资源主管部门后即可进行开采。进行开采的油气矿产资源探矿权人应当在 5 年内签订采矿权出让合同，依法办理采矿权登记。

七、调整探矿权期限

根据矿产勘查工作技术规律，以出让方式设立的探矿权首次登记期限延长至 5 年，每次延续时间为 5 年。探矿权申请延续登记时应扣减首设勘查许可证载明面积（非油气已提交资源量的范围/油气已提交探明地质储量的范围除外，已设采矿权矿区范围垂直投影的上部或深部勘查除外）的 25%，其中油气探矿权可扣减同一盆地的该探矿权人其他区块同等面积。

本意见下发前已有的探矿权到期延续时，应当签订出让合同，证载面积视为

首设面积，按上述规定执行。

探矿权出让合同已有约定的，按合同执行。

八、改革矿产资源储量分类

为最大化降低社会认知和信息交易成本，按照“有没有”“有多少”“可采多少”的逻辑，将矿产勘查分为普查、详查、勘探三个阶段。科学确定矿产资源储量分类分级，将固体矿产简化为资源量和储量两类，资源量按地质可靠程度由低到高分级为推断资源量、控制资源量和探明资源量三级，储量按地质可靠程度和可行性研究的结果，分为可信储量和证实储量两级。

油气矿产分为资源量和地质储量两类，资源量不再分级，地质储量按地质可靠程度分为预测地质储量、控制地质储量和探明地质储量三级。企业可根据技术能力确定技术可采储量，根据经营决策确定经济可采储量。

九、取消矿产资源储量登记事项

简化归并评审备案和登记事项，缩减办理环节和要件，提高行政效率。矿产资源储量登记书内容纳入评审备案管理，不再作为矿业权登记要件，将评审备案结果作为统计的依据。

自然资源主管部门依据矿业权人或压矿建设单位矿产资源储量评审备案申请，对矿产资源储量报告进行审查，出具评审备案文件。自然资源主管部门可委托矿产资源储量评审机构根据评审备案范围和权限组织开展评审备案工作，相关费用纳入财政预算。

十、明确评审备案范围和权限

缩减矿产资源储量政府直接评审备案范围，减轻矿业权人负担。探矿权转采

矿权、采矿权变更矿种与范围，油气矿产在探采矿期间探明地质储量、其他矿产在采矿期间资源量发生重大变化的（变化量超过30%或达到中型规模以上的），以及建设项目压覆重要矿产，应当编制矿产资源储量报告，申请评审备案。不再对探矿权保留、变更矿种，探矿权和采矿权延续、转让、出让，划定矿区范围，查明、占用储量登记，矿山闭坑，以及上市融资等环节由政府部门直接进行评审备案。

自然资源部负责本级已颁发矿业权证的矿产资源储量评审备案工作，其他由省级自然资源主管部门负责。涉及建设项目压覆重要矿产的，由省级自然资源主管部门负责评审备案，油气和放射性矿产资源除外。积极培育矿产资源储量评审市场服务体系，满足企业生产经营和市场需要。定期开展矿产资源储量现状调查，夯实资源本底数据。

十一、规范财政出资地质勘查工作

中央或地方财政出资勘查项目，不再新设置探矿权，凭项目任务书开展地质勘查工作。本意见下发前已设探矿权的，自然资源主管部门可以继续办理探矿权延续，完成规定的勘查工作后注销探矿权，由自然资源主管部门面对各类市场主体公开竞争出让矿业权。

本意见自2020年5月1日起实施，有效期三年。本意见实施前已印发的其他文件与本意见规定不一致的，按照本意见执行。

（来源：中华人民共和国自然资源部）

2019年12月稀土市场分析

12月上旬，受年末指令性生产计划不足、个别分离厂减产及个别大型集团市场收货影响，轻稀土及中重稀土主流厂家均上调报价。

12月中旬，临近年底，部分持货商以及中小分离厂变现压力增大。轻稀土方面，价格逐渐松动，但市场观望情绪浓厚，成交清淡。同期，缅甸政府单方面针对其境内稀土矿的出口封关，缅甸稀土经过腾冲、陇川等关口运往中国的途径受到限制。受此消息影响，重稀土产品价格继续稳中有升。轻、重稀土市场分化而行。

12月下旬，轻稀土方面，下游需求低迷，交投谨慎，整体价格保持弱稳。中重稀土方面，受中钷富铈矿价格上涨影响，中重稀土稳中偏强，市场询盘活跃度增加，成交有所回暖，成交低价小幅上移。

受国内外大型节日的影响，预计节后主流产品价格仍然以稳为主。

(来源：中国稀土行业协会)



稀土价格走势

一、稀土价格指数

12月的稀土价格指数呈现出先升后降的走势。由月初的131.3点缓慢上涨至17日的134.9点，之后缓慢震荡下行，收于31日的133.6点。



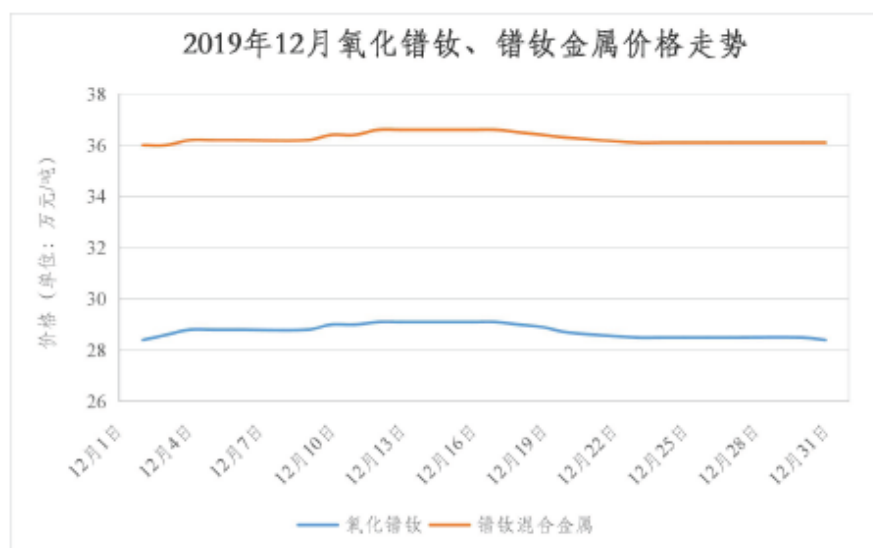
二、中钇富铈矿

12月份中钇富铈矿挂牌均价 14.20 万元/吨，环比下跌 1.18%。

三、轻稀土氧化物

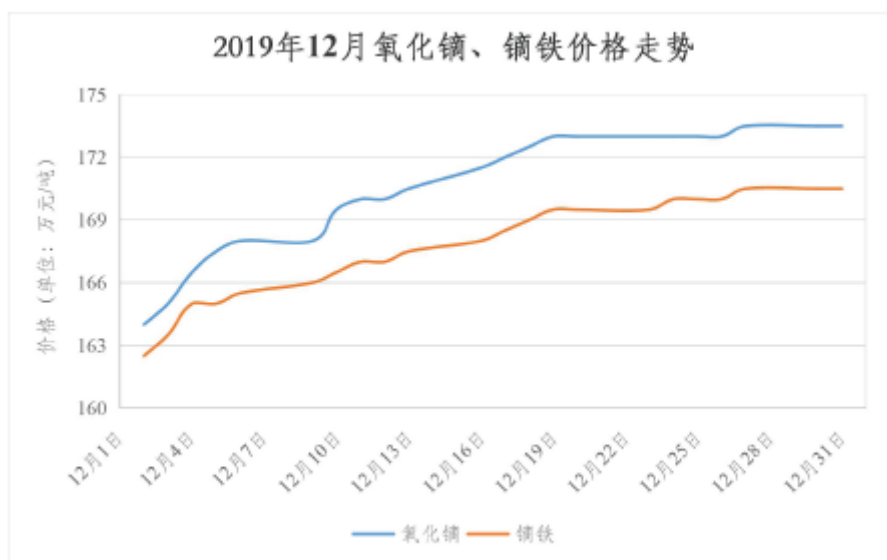
12月份氧化镨钕挂牌均价为 28.76 万元/吨，环比上涨 0.81%;金属镨钕挂牌均价为 36.27 万元/吨，环比上涨 0.31%。

12月份氧化镨市场挂牌均价为 34.25 万元/吨，环比下跌 2.29%。99.9%氧化镧市场挂牌均价为 1.20 万元/吨，与上月持平。99.99%氧化铈市场挂牌均价为 21.70 万元/吨，与上月持平。



四、重稀土氧化物

12月份市场氧化镝主流均价为170.61万元/吨，环比上涨9.42%；镝铁主流均价为167.77万元/吨，环比上涨8.11%。



12月份99.99%氧化铽市场主流均价为348.43万元/吨，环比上涨1.28%。

99.99%氧化铽市场挂牌均价为2.10万元/吨，与上月持平。氧化铽市场挂牌均价为15.80万元/吨，环比下跌1.10%。

表1：2019年12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	11月平均价	12月平均价	环比
氧化镧	≥99%	12.00	12.00	0.00%
氧化铈	≥99%	12.00	12.00	0.00%
氧化镨	≥99%	350.48	342.45	-2.29%
氧化钕	≥99%	287.24	289.55	0.80%
氧化钐	≥99.9%	13.00	13.00	0.00%
氧化铈	≥99.99%	217.00	217.00	0.00%
氧化钇	≥99%	158.86	163.32	2.81%
钇铁	≥99%Gd 75%±2%	165.19	163.50	-1.02%
氧化铽	≥99.9%	3440.24	3484.32	1.28%
氧化镝	≥99%	1559.29	1706.14	9.42%

市场行情

镝铁	≧99%Dy80%	1551.90	1677.73	8.11%
氧化钬	≧99.5%	316.86	310.64	-1.96%
钬铁	≧99%Ho80%	334.57	326.50	-2.41%
氧化铽	≧99%	159.76	158.00	-1.10%
氧化镱	≧99.99%	105.00	104.59	-0.39%
氧化镱	≧99.9%	4300.00	4300.00	0.00%
氧化钇	≧99.999%	21.00	21.00	0.00%
氧化镨钕	≧99% Nd ₂ O ₃ 75%	285.24	287.55	0.81%
镨钕金属	≧99%Nd75%	361.57	362.68	0.31%

(来源：中国稀土行业协会)

稀土在铸铁中的应用

铸铁是稀土应用的主要领域之一，是稀土使用量最大的用户。从 20 世纪 70 年代开始，稀土就在球墨铸铁、蠕墨铸铁和灰铸铁中得到广泛应用。经过 30 多年的开发研究，稀土在铸铁领域中的应用工艺技术日臻成熟，其使用量一直在国内占第一位，并取得了巨大的技术进步。

稀土元素在铸造合金中的应用始于球墨铸铁（1948 年）。它虽然开始于蒙昧时代，但在工业中大量应用于铸造合金的各个领域则是在 20 世纪 50~60 年代，即在启蒙时代。进入 70 年代以后，稀土在铸造合金中的应用，在数量和质量方面均达到了空前的水平，也就是说 70 年代，在稀土铸造合金领域的应用与其他领域一样进入了黄金时代。

一、稀土在各类铸铁中的研究与应用

1. 球墨铸铁

1947 年英国 H. Morrogh 发现，在过共晶灰口铸铁中附加铈，使其含量在 0.02wt% 以上时，石墨呈球状。1948 年美国 A. P. Ganganebin 等人研究指出，在铸铁中添加镁，随后用硅铁孕育，当残余镁量大于 0.04wt% 时，得到球状石墨。从此以后，球墨铸铁开始了大规模工业生产。

球墨铸铁作为新型工程材料的发展速度是令人惊异的。1949 年世界球墨铸铁产量只有 5 万吨，1960 年为 53.5 万吨，1970 年增长到 500 万吨，1980 年为 760 万吨，1990 年达到 915 万吨。2000 年达到 1500 万吨。球墨铸铁的生产发展速度在工业发达国家特别快。世界球墨铸铁产量的 75% 是由美国、日本、德国、

意大利、英国、法国六国生产的。

我国球墨铸铁生产起步很早，1950年就研制成功并投入生产，至今我国球墨铸铁年产量达230万吨，位于美国、日本之后，居世界第三位。适合我国国情的稀土镁球化剂的研制成功，铸态球墨铸铁以及奥氏体—贝氏体球墨铸铁等各个领域的生产技术和研究工作均达到了很高的技术水平。

(1) 铸态珠光体球墨铸铁曲轴和铸态铁素体球墨铸铁汽车底盘零件分别在我国第二汽车厂、南京汽车厂和第一汽车厂相继投产。这标志着我国铸态球墨铸铁生产达到了较高水平。与之相适应的包外脱硫、双联法熔炼、瞬时孕育、孕育块技术以及音频检测和热分析快速分析等技术的采用，则标志着我国大量流水生产汽车铸件的技术水平与国际先进水平的差距正在缩小。

(2) 试验研究了大断面（壁厚大于120mm）球墨铸铁的冶金因素以及相应的生产工艺措施。采用适量的钇基重稀土复合球化剂、强制冷却、顺序凝固、延后孕育，必要时添加微量铋、铈等可防止球墨铸铁件中心部位的石墨畸变和组织疏松等，现已成功地制作了38吨重的大型复杂结构件，17.5吨重的柴油机体、截面为805mm的球墨铸铁轧辊等。

(3) 奥氏体—贝氏体球墨铸铁的研究与应用。20世纪70年代初，几乎同时中国、美国、芬兰3个国家宣布研究成功了具有高强度、高韧性的奥氏体—贝氏体球墨铸铁（国际上统称ADI），这种材质的抗拉强度达1000MPa，因此它广泛应用于齿轮以及各种结构件，与合金钢相比，奥-贝球墨铸铁具有显著的经济效益和社会效益。

(4) 球墨铸铁管和水平连续铸造球墨铸铁型材。我国已相继建成几个球墨铸铁管厂，且近几年还将有几个球墨铸铁管厂建成。2000 年，我国年产离心铸造球墨铸铁管达 90 万吨。此外，我国自行研制的水平连续铸造球墨铸铁型材生产线已通过国家鉴定，并已有多家企业投产。再加上我国引进的一条生产线，至 2002 年，我国年产球墨铸铁型材的能力达数万吨。

(5) 系统地测定了稀土镁球墨铸铁的力学性能及其他性能，为设计人员提供了有关数据。测定了稀土镁球墨铸铁的比重、导热性、电磁性等物理性能，结合金相标准研究了石墨和基体组织对球墨铸铁性能的影响规律。系统地测定了铁素体球墨铸铁在常温、低温、静态和动态条件下的各种性能。此外，还研究了稀土镁球墨铸铁的应力应变性能、小能量多冲抗力和断裂韧性，并开始用于指导生产。结合球墨铸铁齿轮的应用，还系统地研究了球墨铸铁的弯曲疲劳强度和接触疲劳强度，以及球墨铸铁齿轮的点蚀、剥落机理等。

(6) 稀土镁球墨铸铁。在低合金球墨铸铁方面，除了对铜、钼研究较多外，还对镍、铌等进行了研究。在利用天然钒钛生铁制作钒钛合金球墨铸铁方面，国内一些单位进行了大量、系统的工作。中锰球墨铸铁虽然在性能上不够稳定，但多年来的系统研究与生产应用，取得了显著的经济效益。

在耐热球墨铸铁方面，除了中硅球墨铸铁以外，系统研究了 Si+Al 总量对稀土镁球墨铸铁抗生长能力的影响。我国研制的 RQTAL₅Si₅ 耐热铸铁用作耐热炉条的使用寿命是灰铸铁的 3 倍，是普通耐热铸铁的 2 倍，并与日本 Cr₂₅Ni₁₃Si₂ 耐热钢的使用寿命相当。

高镍奥氏体球墨铸铁方面也取得了进展，它在石油开采机械、化工设备、工业用炉器件上均取得了成功的应用。

在耐酸球墨铸铁方面，我国生产的稀土高硅球墨铸铁比普通高硅铸铁的组织细小、均匀、致密，由此，抗蚀性能提高了10%~90%，并且其机械强度也有显著改善。

(7) 稀土在球墨铸铁中的作用。稀土能使石墨球化。自从 H. Morrogh 最先使用铈得到球墨铸铁以来，先后许多人研究了各种稀土元素的球化行为，发现铈是最有效的球化元素，其他元素也均具有程度不等的球化能力。

结合国情，我国对稀土的球化作用进行了大量研制工作，发现稀土元素对常用的球墨铸铁成分（C3.6~3.8wt%，Si2.0~2.5wt%）来说，很难获得同镁球墨铸铁那样完整均匀的球状石墨；而且，当稀土量过高时，还会出现各种变态形的石墨，白口倾向也增大，但是，如果是高碳过共晶成分（C>4.0wt%），稀土残留量为0.12~0.15wt%时，可获得良好的球状石墨。

根据我国铁质差、含硫量高（冲天炉熔炼）和出铁温度低的情况，加入稀土是必要的。球化剂中镁是主导元素，稀土一方面可促进石墨球化；另一方面克服硫以及杂质元素的影响以保证球化也是必须的。

稀土防止干扰元素破坏球化。研究表明，当干扰元素 Pb、Bi、Sb、Te、Ti 等总量为0.05wt%时，加入0.01wt%（残余量）的稀土，可以完全中和干扰，并可抑制变态石墨的产生。我国绝大部分的生铁中含有钛，有的生铁中含钛高达0.2~0.3wt%，但稀土镁球化剂由于能使铁中的稀土残留量达0.02~0.03wt%，故

仍可保证石墨球化良好。如果在球墨铸铁中加入 0.02~0.03wt%Bi, 则几乎把球状石墨完全破坏; 若随后加入 0.01~0.05wt%Ce, 则又恢复原来的球化状态, 这是由于 Bi 和 Ce 形成了稳定的化合物。

稀土的形核作用。20 世纪 60 年代以后的研究表明, 含铈的孕育剂可使铁液在整个保持期中增加球数, 使最终的组织中含有更多的石墨球和更小的白口倾向。经研究还表明, 含稀土的孕育剂可改善球墨铸铁的孕育效果并显著提高抗衰退的能力。加入稀土可使石墨球数增多的原因可归结为: 稀土可提供更多的晶核, 但它与 FeSi 孕育相比所提供的晶核成分有所不同; 稀土可使原来(存在于铁液中的)不活化的晶核得以长大, 结果使铁液中总的晶核数量增多。

2. 蠕墨铸铁

蠕墨铸铁作为一种新型铸铁材料出现在 20 世纪 60 年代。我国是研究蠕墨铸铁最早的国家之一。1966 年山东省机械设计研究院发表了稀土高强度灰铸铁论文, 标志着我国蠕墨铸铁生产技术的研制成功。

迄今为止, 国内外研究结果一致认为, 稀土是制取蠕墨铸铁的主导元素。我国稀土资源富有, 为发展我国蠕墨铸铁提供了极其有利的条件和物质基础。

由于蠕墨铸铁兼有球墨铸铁和灰铸铁的性能, 因此, 它具有独特的用途, 在钢锭模、汽车发动机、排气管、玻璃模具、柴油机缸盖、制动零件等方面的应用均取得了良好的效果。特别是我国第二汽车厂蠕墨铸铁排气管流水线的投产, 标志着我国蠕墨铸铁生产已达到高水平。

到目前为止，世界蠕墨铸铁的产量尚难以统计，这是因为蠕墨铸铁往往被统计在灰铸铁的产量之内，而不是从单独的项目统计。我国蠕墨铸铁的年产量不尽确切，大约有几万吨。

我国制作蠕墨铸铁所用的蠕化剂中均含有稀土元素，如稀土硅铁镁合金、稀土硅铁合金、稀土硅钙合金、稀土锌镁硅铁合金等。由此，形成了适合国情的蠕化剂系列。

我国在蠕墨铸铁的形成机制的研究方面处于领先地位。另外在蠕墨铸铁的处理工艺、铁液熔炼及炉前质量控制、蠕墨铸铁常温和高温性能方面均进行了广泛、深入的研究。特别要指出的是，在我国冲天炉条件下，不少工厂能稳定地生产蠕墨铸铁，取得了显著的经济效益。可以预期，利用蠕墨铸铁具有的良好的综合性能、力学性能较高，在高温下有较高的强度，氧化生长较小、组织致密、热导率高以及断面敏感性小等特点，取代一部分高牌号灰铸铁、球墨铸铁和可锻铸铁，由此，将取得良好的技术经济效果。

3.灰铸铁

进入 20 世纪 60 年代，在灰铸铁中加入稀土，即采用稀土孕育剂，已在生产上日益推广应用。由于稀土孕育剂具有较强的抗衰退、降低白口、改善断面均匀性、提高铸件力学性能、耐磨性、致密性和耐压性等多种功能，因此，有人把含稀土的硅铁孕育剂叫作高效-长效孕育剂。

对稀土在灰铸铁中的行为研究表明，稀土对亚共晶、共晶和过共晶铸铁的组织性能均有良好的影响，可使共晶团数明显增多；稀土加入量与抗拉强度之间

存在着双峰值效应，微量稀土有很强的消除白口的能力，但加入量过大反而促进白口的生成。此外，稀土还能改善断面敏感性和夹杂物的形态。

稀土在暖气片上的应用取得了很大成功。因加入稀土可使暖气片材质的抗拉强度提高 20~50MPa，耐压性能可提高 1~2kg/cm²，并提高了铸件成品率，由此取得了显著的经济效益和社会效益。

在我国 1000 万吨铸件中，就有大约 80%是灰铸铁，因此，在灰铸铁中，特别是在低牌号的灰铸铁中加入稀土提高性能还具有很大的潜力。

二、稀土在铸铁中应用的发展前景

稀土镁球墨铸铁件的应用比例和年产量将会继续增加。其中最显著的变化是离心球墨铸铁管的比例和产量会以较快的速度增加。为解决北方干旱地区的缺水问题，国家将启动南水北调工程，各地区也将陆续兴建远距离引水工程，各城镇将加速对供水管网的改造，这些工程将需要大量的各种口径的离心球墨铸铁管。在未来数年内，我国离心球墨铸铁管的使用比例将会达到法国、日本等工业发达国家水平（95%~98%），我国球墨铸铁铸件的年总产量将会超过 300 万吨（包括球墨铸铁铸管约 180~200 万吨/年），年需稀土氧化物可超过 1800 吨。

奥-贝球墨铸铁作为一种新型材料，尽管在总的球墨铸铁中占的比例不大，但它仍以每年 15%的速度递增，并广泛地应用于曲轴、齿轮、凸轮轴、吊钩、牵引架、磨球等重要的保安件和耐磨件中。球墨铸铁曲轴和汽车、内燃机、拖拉机等机械的保安球墨铸铁铸件也将随主机产量的增加而增加。

稀土在灰铸铁和蠕墨铸铁中的应用也会稳定增加，应特别指出的是，随着我

国汽车工业的发展，发动机缸体、缸盖将会大量地采用蠕墨铸铁，取代目前普遍使用的灰铸铁。这将是稀土在铸铁中应用的一个新领域。

我国从 20 世纪 60 年代中期开始研究稀土与铁的作用机理和处理工艺，先后解决了稀土球化剂、孕育剂的冶炼制备、稀土加入方法等问题。目前使用稀土处理的铸铁件主要有：球墨铸铁件、蠕墨铸铁件、高强度灰铸铁件及合金铸铁件。稀土对铸铁的作用十分明显，稀土可使铸铁的宏观组织和微观组织细化和均匀化，使铁中石墨形态由长片状向球状方向发展，从而改善了铸铁性能，提高其强度、韧性和耐腐蚀性，创造出了可观的经济和社会效益。

（来源：中国稀土）