

中国稀土科学技术奖评定项目简介

目录

RESTA2017-013	高性能稀土汽车催化剂/器制备及应用.....	2
RESTA2017-030	稀土资源中伴生钍资源的回收与核纯化.....	3
RESTA2017-007	稀土磁制冷材料及磁制冷冷藏柜.....	4
RESTA2017-008	含镧、铈稀土PVC热稳定剂的研发.....	5
RESTA2017-025	稀土镁（锂）合金电解制备及合金化机理.....	6
RESTA2017-029	低浓度稀土溶液大相比鼓泡油膜萃取技术与装备.....	8
RESTA2017-031	重稀土分离新工艺制备高纯氧化镨.....	9
RESTA2017-027	高纯稀土碳酸盐和氧化物的物理调控与应用.....	10
RESTA2017-014	超低剩磁温度系数测量方法的研究.....	12
RESTA2017-005	高稳定性烧结钕铁硼辐射（多极）磁环产业化开发... 13	
RESTA2017-028	离子型稀土资源清洁高效勘查开发利用关键技术及示范工程.....	14
RESTA2017-024	稀土元素现场在线快速分析依稀的开发与应用.....	15
RESTA2017-016	系列含氮中性磷稀土萃取剂的设计与合成.....	17
RESTA2017-019	真空蒸馏法制备高纯稀土金属镜及靶材关键技术研发. 18	
RESTA2017-017	白云鄂博稀土矿高效清洁选冶工艺技术开发.....	19
RESTA2017-026	南方离子型稀土勘探开采工艺与采场边坡滑坡防止关键技术与应用.....	20
RESTA2017-020	中国南方离子型稀土绿色无铵开采提取工艺.....	21
RESTA2017-022	稀土生产无氨化工艺研究.....	23
RESTA2017-023	钕铁合金化学分析方法.....	24
RESTA2017-018	氟化稀土产品及化学分析方法.....	25
RESTA2017-003	新型铁基稀土磁致伸缩材料在传感器中的应用研究... 26	
RESTA2017-002	半导体用光掩模专用稀土抛光粉的研制.....	28
RESTA2017-012	满足国V排放标准的天然气汽车尾气净化催化剂研究及应用.....	29
RESTA2017-015	永磁涡流柔性传动节能装置.....	30
RESTA2017-001	引进法国先进技术设备年产500吨绿色环保稀土颜料产业化.....	31
RESTA2017-004	La-Fe-B系贮氢电极合金中硼对动力学性能的影响研究 32	
RESTA2017-011	一种抑制富蓝光的LED二次光转换技术.....	33
RESTA2017-010	蜂窝式SCR稀土脱硝催化剂.....	34

RESTA2017-013 高性能稀土汽车催化剂/器制备及应用

《中国机动车环境管理年报(2017)》显示,2016年我国机动车保有量达到2.95亿辆,已连续八年成为世界机动车产销第一大国。机动车是污染物排放总量的主要贡献者,其排放的CO和HC超过80%,NO_x和PM超过90%。机动车污染已成为我国空气污染的重要来源,是造成细颗粒物、光化学烟雾污染的重要原因,机动车污染防治的紧迫性日益凸显。

目前,全国执行国四排放标准,北京、上海、天津及广州等城市已执行国五标准,全国将于2018年1月1日全面实施国五标准。排放法规的加严对机动车污染控制也提出了迫切的技术需求。机动车尾气净化的核心是低贵金属含量、长寿命、高活性的汽车尾气净化催化剂。

本项目针对机动车污染治理的技术需求,利用我国稀土资源优势,开发出超过现行排放标准要求的机动车尾气净化关键材料及集成匹配技术。主要创新成果如下:

1. 突破了纳米级铈基材料高温团聚、烧结的技术难题,实现了纳米级晶粒、微米级颗粒及介孔结构等可控的微纳尺度壳核结构铈基材料制备技术;开发出大容量、高速率、高性能铈锆基储氧材料的“绿色”可控制备工艺及规模化生产技术;创制了磷梯度修饰氧化铝改性技术,解决了活性氧化铝的高温相变失活难题。

2. 开发出贵金属定向锚定技术(贵金属稳定化技术)、贵金属高分散技术,有效提高了贵金属的利用效率,实现了贵金属减量;通过电子效应及空间位阻效应,优化贵金属与氧化物之间相互作用,提高贵金属的高温抗烧结能力。

3. 基于真空吸附原理,自主研发了高精度涂覆装备及工艺,开发出全定量、分区涂覆技术,提高了涂覆精度和产品一致性,实现了同一载体多种催化功能的分区涂覆。

4. 基于CAE技术进行排气系统建模和仿真,优化后处理系统结构设计;基于闭环控制进行载体封装工艺优化,实现满足国五排放标准的薄壁与超薄壁载体封装。集成密耦催化剂、宽空燃比窗口三效催化剂,净化效果满足国五排放标准要求。

本项目共申请国家发明专利14项、PCT专利3项,发表SCI文章40篇,培养专业技术人才20余名。

本项目研究开发的汽车尾气净化关键材料及集成技术已在无锡威孚环保催化劑有限公司建成了年产800万升的催化劑生产线。到2016年底，已为奇瑞、上汽、长安、广汽、长城、海马、北汽等数十家汽车厂匹配。利用本项目技术，无锡威孚环保催化劑有限公司已发展成为我国汽车尾气催化劑的龙头企业，2014年到2016年期间，中国自主品牌汽车催化劑市场占有率从35%增长到40.3%；2016年，占中国汽车催化劑市场份额16%。销售收入从13.1亿元增长到22.2亿元，增长速率23%。2014年到2016年期间，无锡威孚力达催化净化器有限责任公司销售收入从16.8亿元增长到22.6亿元。

本项目成果的应用有效缓解了我国汽车尾气排放污染问题，打破了国外催化劑厂家在中国市场的技术垄断，促进了稀土资源高附加值利用，为国五标准的全面实施提供了有力的支撑和保障。

RESTA2017-030 稀土资源中伴生钍资源的回收与核纯化

本项目属于湿法冶金领域。钍是稀土资源中重要的伴生放射性元素，也是重要的核能原料。本项目着眼于稀土资源中伴生钍资源的高效提取、从源头防止钍对稀土冶炼过程的放射性污染以及钍基核能开发对钍原料的需求，着力解决钍资源高效提取与核燃料级钍原料制备技术的核心科学问题，为钍的核能利用提供燃料生产技术保障。本项目取得了系列具有自主知识产权的技术，获得多项中国、美国和澳大利亚专利授权。设计合成了新型含氮中性磷萃取剂Cextrant230，实现了稀土资源中钍资源的高效溶剂萃取分离回收。与伯胺萃取剂相比，该萃取剂的负载量提高近十倍，价格更低廉，并消除了萃取过程中的乳化现象，使基于该萃取剂的钍提取工艺更加简洁高效。进一步筛选出特效的钍萃试剂N501，实现了核燃料级钍的溶剂萃取法连续批量生产，钍纯度达到99.999%以上，中子毒物如钷、钷、钷、钷等含量降低至0.05 ppm以下，克服了传统柱分离纯化技术不能连续生产的问题。国内外关于钍富集和提取的技术和工艺都没有涉及到核燃料级钍的分离制备，本项目提供了一条从钍的分离提取到核纯钍制备的完整溶剂萃取技术链，对于从源头控制钍的放射性污染、实现钍资源的高值化具有重大促进作用。同时，因我国铀资源缺乏，本项目提供的钍分离纯化技术链更保证了我国核能的发展，为我国钍基核能研发提供充分的燃料生产技术保障，将有力地促进我国钍

基核能的发展，为我国的能源安全保障做出贡献，并创造巨大的经济效益和社会效益。

RESTA2017-007 稀土磁制冷材料及磁制冷冷藏柜

本项目所属学科领域为材料科学技术领域。

目前具有巨磁热效应的室温磁制冷材料均为一级磁相变材料。由于一级相变材料的等温磁熵变是通过测量M-H 曲线并经过Maxwell 关系式计算得到的，其计算方法一直有很大的争议。本项目采用一级相变材料La (FeSi)₁₃H_x、Gd₅Si₂Ge₂、MnFeP(SiGe)及二级相变材料金属Gd 和La (FeCoSi)₁₃B_x 的球形颗粒或不规则颗粒（颗粒直径相同）作为研究对象，在经过改进的自制磁热效应直接测量仪上测量样品在磁场内外的吸、放热量和弛豫时间，测量研究一级与二级相变材料在磁制冷的每次循环制冷所吸收和释放的热量；在室温磁制冷机上进行磁制冷实验，测量研究最大制冷温差、最大制冷功率及磁相变点与环境温度对制冷温差、制冷效果的影响等，并分别与它们的熵变与温变进行对比，进一步研究磁滞和热滞对一级相变材料制冷效果的影响等，确定一级磁相变材料是否有巨大的磁熵变，确定一级相变磁热效应材料的实际制冷能力和制冷效果。

项目研究了金属Gd及其合金、La (FeSi)₁₃H_x、La (FeCoSi)₁₃B_x、Gd₅Si₂Ge₂合金制备及磁工质制备技术，采用XRD、扫描电镜和能谱分析等确定样品的物相结构、相组成、微观形貌等；设计新型的磁热效应直接测量仪，对一级相变材料（La (FeSi)₁₃H_x、MnFePAs 及Gd₅Si₂Ge₂）和二级相变材料（金属Gd、La (FeCoSi)₁₃B_x）的绝热温变和吸/放热弛豫时间进行了测量；设计研发了新型室温磁制冷一体机，测量磁工质的制冷能力，并进行对比；通过物理分析及性能测试结果，优化并确定了磁制冷材料及磁工质的制备工艺；通过磁工质制冷能力测试，采用多个磁相变点磁工质串接方式比单一磁工质制冷效果好，二级相变材料Gd及其合金的综合制冷能力最大。

项目获得专利7项，发表学术论文二十余篇，其中8篇被SCI收录，12篇被EI收录。

我国拥有丰富的稀土资源，其中La的丰度高达15%左右，本项目的研究开发成功对稀土资源的综合利用，推动稀土产业的平衡和可持续发展具有重要的意义。

近年来，磁制冷因其属于节能减排项目，引起了世界各国、特别是欧美日等国的高度重视，有20多个国家在开展这方面的研发工作，实验室技术已经成熟，趋于实用。我国开展磁制冷研究和研发工作的有20多个单位或课题组，但是大多是进行的实验室研究工作。包头稀土研究院是最早开展磁制冷研发的单位之一，一直致力于应用研发，目前实验室技术已经趋于成熟，正在进行推广研发。本项目的研发能够促进我国磁制冷技术从实验室走向市场，并逐步取代传统的气体制冷技术。

RESTA2017-008 含镧、铈稀土PVC热稳定剂的研发

本项目研究属于塑料化工和稀土化工的交叉领域。主要研发一种含有稀土镧和铈元素的新型环保热稳定剂。

1、主要研究内容

- (1) 特殊形貌结构稀土化合物的制备及其工艺条件研究；
- (2) 稀土化合物的特殊形貌结构以及对PVC热稳定性能的影响；
- (3) 稀土稳定剂的协同复配机理及工艺条件的优化；
- (4) 稀土稳定剂产品的中试生产及配方优化；
- (5) 稀土稳定剂产品的产业化试验与推广应用。

2、研究结果

(1) 采用环境友好的制备工艺，运用共沉淀法制备了锡掺杂镧、铈稀土无机化合物，其具有多孔棒状微观结构，与PVC有更好的相容性，可显著提高PVC的力学性能，同时由于锡及稀土元素的存在，可有效提高PVC的耐热性能和抗老化性能。

(2) 利用自制的催化剂，采用熔融法合成具有耐热、润滑双重功效的镧铈有机稀土配合物，突破了传统稀土稳定剂初始稳定性差的技术难题。

(3) 通过配体的组合、调控与复配，开发出同时具有热稳定、润滑、促进塑化、增韧等多功能的新型环保轻稀土PVC热稳定剂，并进行中等规模产业化试验与应用推广。

(4) 发表论文9篇，获批发明专利3项。鉴定评价：该项目整体技术达到国际先进水平。

3、项目主要经济技术指标及应用推广情况

(1) 制备的PVC稀土复合稳定剂，突破了传统稀土稳定剂初始稳定性差这一技术难题，环保、高效。经国际通标SGS检测，均符合欧盟RoHS（2011/65/EU）指令（有毒有害物质未检出）和REACH（欧盟第1907/2006号法规）标准要求（168种高关注物质未检出），绿色环保；表明PVC加工初始稳定性指标的刚果红变色时间由国内外最好的不到10min提高到32min以上，200℃烘箱热老化时间由国内外最好的不到50min提高到95min以上。只有本项目开发的稀土稳定剂能够达到6000h耐候性检测，色差变化 ΔE 仅为2.7。替代进口钙锌稳定剂应用于型材中，焊接强度提高11.37%。应用于板材中，最大负荷提高17.31%、弹性模量提高14.62%、弯曲强度提高19.68%，降低原料成本431.9元/吨。

(2) 建成5000吨/年PVC稀土复合稳定剂生产线，已经正常运营。与广东鸿达兴业集团签订了技术转让合同，实现了近年来稀土技术由研究向产业化转化的跨越式发展。直接创收1298.85万元，其中包括技术转让费500万元，技术服务费167万元，销售利润576.00万元。

(3) 由于使用该技术成果，仅鸿达兴业新增产值13699.00万元，新增利润6523.30万元，新增利税2739.80万元。

(4) 本项目使大量积压的廉价镧铈稀土得到有效利用，为PVC稳定剂市场提供了更大的选择空间，同时也促进了稀土产业的平衡健康发展。

RESTA2017-025 稀土镁（锂）合金电解制备及合金化机理

项目属稀土合金领域。本项目围绕稀土在镁（锂）合金中的作用机理开展研究，从合金原材料电解、合金制备与加工、以及合金性能等方面进行全流程系统研究。

一、主要科技内容

- 建立低温电解电化学行为规律的研究体系，提出并实施集低温、合金化、去极化、欠电位沉积为一体的稀土合金电解的新思路。
- 电解稀土镁锂合金中的电化学行为及机理研究。发现稀土在阴极上的析出电位与阴极半径或体积有一定的数学关系，稀土的原子体积、阴极的原子体积直接影响稀土在镁阴极/铝阴极上的沉积电位和平衡电位，并

推导出它们之间关系的数学方程。

- 稀土对镁锂合金微结构和性能的影响规律及机理研究。首次在镁锂合金内形成长周期堆垛有序（LPSO）结构和高体积分数晶须，显著提升镁锂合金的室/高温强韧性；同时还发现轻重稀土协同作用可显著提升镁锂合金性能；并建立中试生产线，形成应用产品。
- 研究 Mg-Al-LRE（LRE：轻稀土及轻稀土混合物）高压压铸合金微观组织及 Al-RE 金属间相热稳定性、室温和高温力学及耐蚀性能，探索和解析稀土种类及其他参数的影响规律和机理；研究 Mg-HRE-Zn/Cu（HRE：重稀土）合金中形成的 LPSO/SFs 特殊微结构，为设计新型高性能变形稀土镁合金提供理论指导。

二、技术经济指标

1、技术指标

- 实现低温（650℃以下）电解多元镁锂稀土合金，合金成分均匀、纯度高；
- 在稀土合金电解中发现稀土原子体积和稀土沉积电位、平衡电位之间的数学关系，并可准确预测稀土合金电解电位；
- 研制出抗拉强度达 325 MPa、延伸率大于 10%、密度低于 1.5 g/cm³ 的变形稀土镁锂合金；
- 研制出室温抗拉强度大于 350 MPa、250℃抗拉强度大于 250 MPa 并具有高温超塑性的 Mg-RE-Zn 变形镁合金。

2、经济指标

本项目属应用基础研究，重点研究稀土镁（锂）合金电解、变形加工、微结构和性能等方面的科学问题；在此基础上，我们积极对相关成果进行成果推广，目前在航空、航天、高端民用汽车和电子领域获得了应用，并为企业已实现总额达1600余万元的新增利税。

三、促进行业科技进步作用及应用推广情况

- 电解稀土合金扩大了稀土和熔盐电解技术的应用范围，同时用稀土模拟锕系元素对核电站乏燃料干法后处理研究有指导作用，本研究促进了我国乏燃料干法后处理领域的发展。

- 发现稀土在某一阴极上析出电位和平衡电位的递变规律，并获得电位和稀土、阴极原子体积关系的数学方程，对新型稀土合金化合物的发现具有重要理论指导意义。
- 建设了我国第一条完整的镁锂合金生产线（主要产品为含稀土的镁锂合金），转让2项国家发明专利，镁锂合金成功应用于机载雷达和无人机部件。起草了国内第一个镁锂合金铸锭的国家标准和第一个变形镁锂合金的行业标准
- 利用廉价混合稀土（如铈镧混合稀土、富钇混合稀土）代替纯稀土，充分利用多元稀土的协同强化作用，最终促进稀土产业和镁合金产业的共同可持续发展。

课题组是国际上100多个相关研究机构中发表SCI论文数量最多的研究团队，在 International Materials Reviews、Scientific Reports、Scripta Materialia、Electrochimica Acta、Journal of Power Sources等国际知名期刊共发表SCI检索论文163篇，SCI他引1588次。出版专著4部，参编图书1部，获得授权发明专利36项，实现成果转化3项。

RESTA2017-029 低浓度稀土溶液大相比鼓泡油膜萃取技术与装备

本项目属于稀土冶金分离技术领域。

离子型稀土矿是中国特有的中、重稀土资源。现行原地浸矿工艺浸矿不完全，遗留大量废弃尾矿。浸矿尾液和尾矿淋滤水随雨水进入河沟溪水造成稀土流失、对当地水源及环境造成严重污染。稀土在浸矿液中的浓度极低，非稀土杂质含量高，难以经济回收。现行碳氨或草酸沉淀法处理低浓度稀土溶液不仅沉淀不完全，稀土收率低，杂质离子共沉影响稀土产品纯度，导致后续稀土分离提纯压力增大，而且工艺经济性极不理想，试剂耗量大，氨氮污染严重。如何高效富集和经济提取低浓度稀土，治理大量废弃稀土矿山的浸矿尾液和淋滤废水，是离子型稀土矿开发利用急需解决的重大需求。本项目发明一种低浓度稀土溶液大相比鼓泡油膜萃取技术及装备，突破传统萃取技术无法用于极低浓度稀溶液的瓶颈，可推广应用于离子型稀土矿的尾矿浸矿液或浸矿尾液、稀土冶炼和分离过程废水等。主要发明如下：

1) 发明基于气泡支撑有机萃取剂薄层油膜的超大相比鼓泡油膜萃取新方法。利用气泡分散极小体积的有机萃取剂，将萃取剂铺展包覆在气泡表面，形成薄层油膜萃取富集极低浓度稀土。解决了极小体积有机萃取剂传质表面积最大化、并在流动过程中均匀分散在大体积水相中的技术难题。由于界面效应强化萃取传质效率极高，传质推动力大，适用的稀土浓度极低。萃取过程水油相比高达600以上，萃取-反萃后稀土浓度可富集上千倍，可实现与现行单一稀土萃取分离工艺直接衔接。新技术相比现行碳沉工艺生产成本大幅下降，可直接用于含稀土浓度（以REO计） $< 100 \text{ mg/L}$ 的极稀溶液经济、高效萃取回收稀土。

2) 发明大相比鼓泡油膜萃取装置结构与放大方法。气泡表面有机萃取剂油膜层易控制破膜聚集，有机萃取剂在萃余液中夹带损失极少。经大相比萃取后，水相开路一次过柱排出的萃余液中残留的总稀土浓度 $< 0.5 \text{ mg/L}$ ，总磷 $P < 0.3 \text{ mg/L}$ ， $\text{COD} < 50 \text{ mg/L}$ 。解决了传统液膜萃取需外加表面活性剂易引起乳化、破乳困难的问题，也解决了易乳化萃取体系大相比萃取操作时，油水分散和聚并的矛盾。以包覆有机萃取剂油膜的“油泡”捕集极低浓度稀土离子，油泡中的气体上浮推力解决了大流比、高通量萃取操作易导致液泛返混的技术难题。装置处理能力大，萃取操作比负荷高达 $100 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ 以上。

3) 建立针对离子型稀土矿原地浸矿液的“浸萃一体化”新工艺。低浓度硫酸稀土浸矿液经大相比萃取后，萃余液可循环用于浸矿，是从低浓度溶液中回收稀土的原创新技术。与现行硫酸浸矿工艺相比，含铝镁硫酸盐的萃余液返回浸矿可大大改善稀土浸矿效率，避免氨氮污染。

该成果技术先进，工艺简单，萃取过程稳定，经济效益显著，具有很好的工业应用前景，已在江西赣州龙南东江足洞稀土矿成功应用，建成日处理 300m^3 稀土浸矿尾液和淋滤废水的工业示范线，整体技术达到国际先进水平，授权国家发明专利10项。新技术的推广应用，将产生显著的经济、社会和环境效益，促进稀土行业可持续发展。

RESTA2017-031 重稀土分离新工艺制备高纯氧化镨

该项目所属科学技术领域：稀土湿法冶金。

主要科技内容：发明了成本低、效率高的P507（2-乙基己基膦酸单2-乙基己基酯）-异辛醇分离重稀土的新体系，解决了传统P507 分离重稀土反萃酸度高，反萃不完全，难以获得高纯产品的难题，攻克了非平衡态萃取级数补偿、平衡酸度控制、混合体系浓度现场快速分析等关键技术，开发了重稀土清洁高效分离成熟工艺包。在此基础上，突破了高纯氧化镨分离制备的核心技术，实现了高纯氧化镨的规模化制备，整体工艺处于国际领先水平。

主要技术指标：（1）P507-异辛醇体系铈/铕/镱/镨平均分离系数 β 大大提高，由2.65 提高到3.45；（2）反萃酸度 $<5M$ ，反萃完全，出口有机相可直接循环使用；（3）无乳化等界面现象，萃取过程平稳正常；（4）氧化镨产品收率 $>90\%$ ，纯度 $>5N$ ，满足闪烁晶体的要求。

主要经济指标：该项目与原工艺（P507-C272）相比，大幅度减少了原料的消耗，萃取剂的投入费不到原工艺的1/5，降低了生产成本，提高了产品质量。

促进行业科技进步作用及应用推广情况：采用长春应化所的专利技术，福建省长汀金龙稀土有限公司、赣州稀土（龙南）有色金属有限公司、龙南县和利稀土冶炼有限公司、赣州稀土龙南冶炼分离有限公司等多家重稀土分离龙头企业分别建成了南方离子型矿重稀土高效分离生产线，生产出了 $>5N$ 的Lu203, $3\sim 4N$ 的Tm203 和Yb203 产品。产品应用表明企业所提供的高纯Lu203 产品一致性好，质量稳定，用于制备的LYSO（硅酸钷镨）闪烁晶体性能指标能满足了PET-CT（正电子发射断层成像仪）的要求，为面向PET-CT 的闪烁晶体用氧化镨在高端应用产业的发展奠定了物质基础。近年来，仅氧化镨产品为上述4 家企业新增销售额超6 亿元，利润超1.78 亿元，取得了良好的经济效益和社会效益，成为支撑重稀土分离企业可持续发展的关键产品。该技术推动了江西赣南、福建闽西等原中央苏区的稀土产业结构调整 and 转型升级的发展，促进了我国重稀土材料及其应用领域战略新兴产业的发展，为我国在高性能医疗器械领域PET-CT 实现“中国制造”做出重要贡献。

RESTA2017-027 高纯稀土碳酸盐和氧化物的物理调控与应用

本项目属于稀土湿法冶金和微纳米稀土材料技术领域。

稀土产品物性指标调控是提升材料功能性质的关键途径，而生产过程的绿色化是稀土材料生产的基本要求。与发达国家相比，我国稀土冶炼水平领先，但材料物性调控和过程绿色化技术水平差距明显，是制约我国稀土产业发展的技术瓶颈。为此，在科技部 863 和支撑计划课题支持下，发展了高纯碳酸稀土及氧化物的物性控制和绿色化技术：

[1] 基于碳酸稀土相态转变特征，开发了既能满足稀土产品物性指标调控要求、又能在保证产品氯根要求的条件下大大减少洗涤用水量的属于国内外首创的碳酸稀土生产技术。解决了碳酸稀土（铈、镨钕、钆和镧）产品氯根含量超标和洗涤水用量过大的技术难题。生产试验结果证明：所得碳酸盐在 900℃ 下煅烧所得氧化稀土的氯根含量 $\leq 300\text{ppm}$ ，松装密度 $\geq 0.9\text{g/cm}^3$ ；每生产一吨氧化稀土的洗涤水用量 ≤ 10 立方米。

[2] 基于碳酸稀土结晶过程特征，开发了通过结晶过程控制，分别制备纳米、微米和大尺度碳酸稀土和氧化稀土的新技术，并解决了高铝稀土料液的碳酸盐结晶沉淀难题。

[3] 基于大颗粒致密碳酸稀土和结晶醋酸稀土的热解特征，提出了通过控制热分解来制备高比表面和细颗粒氧化稀土新技术；实现了大颗粒碱式碳酸稀土和醋酸稀土的工业化生产，并通过其热分解制备了系列稀土微纳米材料，提高了我国稀土材料产品的国际竞争力。

[4] 利用超声波的空化效应来减少沉淀过程的二次结晶行为，增加一次成核速度，同时降低表面电性，达到降低氯根夹带和颗粒大小的双重目的，开发了超声波辅助的草酸稀土和氨酸稀土结晶沉淀新方法，以显著降低洗涤水用量和产品的氯根含量和颗粒度。在以草酸钕铈和草酸镧生产高纯度氧化稀土时，其颗粒 D50 分别由 4-6 微米、12-14 微米下降到 2-3 微米和 5-6 微米，可以满足荧光级氧化钕铈和光学级高纯镧的细颗粒要求。

[5] 开发了用二氧化碳和碱性试剂为主要原料的气-液-固多相反应法制备细颗粒碳酸稀土和氧化稀土的工艺方法。所得产物是由纳米颗粒聚集而成的中位粒径在 1-2 微米的球形碳酸盐和碱式碳酸盐，煅烧后得到相应的氧化物。该方法适合于以利用工厂天然气燃烧和产品煅烧尾气中二氧化碳的回收利用。

本项目申请国家发明专利 8 项，获授权专利 6 项；从 2013 年到 2016 年间，实现产值 23 亿多元，利税近 2 亿元，节支 3400 多万元，经济和社会效益十分显著。

RESTA2017-014 超低剩磁温度系数测量方法的研究

本项目属于稀土永磁材料温度特性测量领域，主要用于剩磁温度系数小于 $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ 的永磁材料的测量。超低温度系数永磁材料主要应用于航空航天、军工领域，由于该领域的特殊要求，要求所使用的永磁材料温度系数低于优于 $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 甚至更低。传统的测量永磁材料温度系数的方法为闭磁路扫描法，其测量分辨率为 $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ，不能满足超低温度系数的测量要求。

本项目针对航空航天急需的超低温度系数测量仪器，建立了一套超低剩磁温度系数测量装置，实现了室温-220 $^{\circ}\text{C}$ 范围内不同温度下的永磁体开路剩磁温度系数的测量。本项目基于磁天平法，自主研制了一套具有高分辨率、高准确度的剩磁温度系数测量装置，装置主要包括：高稳定度恒流电源、高精度分析天平、高温炉、温控单元、水冷系统等。技术指标达到：剩磁温度系数测量分辨率为 $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (1°C)，剩磁温度系数测量的不确定度为 $1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ (10°C) ($k=2$)。

本项目的技术难点主要有两个方面：其一、传统测量方法由于受到磁通计的局限，无法满足高分辨率的测量要求，因此需要突破传统，采用全新的技术路线。其二、现有的梯度场在磁场方向和梯度大小方面无法满足 $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (1°C) 的要求。

本项目的创新点主要有两个：其一、首次将磁天平法应用于永磁温度系数测量，基于磁力转换原理实现了超低永磁体温度系数的测量。其二、首次成功研制了高磁场纵向均匀梯度磁场电磁铁，提高了测量分辨率和不确定度。成功解决了多年来钢铁研究总院等国防科工单位应用于航天器的永磁材料超低温度系数测量难题。

项目完成后，使我国计量院具备了测量温度系数为 $1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 永磁材料的测量能力。项目应用在稀土永磁体的研发和制作等环节，截至到 2017 年 2 月，为京磁材料科技股份有限公司、北京有色金属研究总院等单位提供了温度系数检测服务，累计实现约 26 万的检测收入。

项目技术成果已经服务于我国国防航天永磁体唯一研制生产单位—北京钢铁研究总院。计量院与该单位紧密合作为我国航天领域，战机领域等所用永磁体的研制和检测做出了贡献，特别是解决了温度系数为 $1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 的超低剩磁温度系数永磁体在缺乏精确测量手段的难题，为多个军品配套项目的完成奠定了基础。

基于项目研究成果，目前已完成国标起草1项，申请授权的实用新型专利3项，发明专利3项，论文3篇（其中SCI检索2篇）。

RESTA2017-005 高稳定性烧结钕铁硼辐射（多极）磁环产业化开发

烧结钕铁硼辐射环是钕铁硼稀土永磁材料的新品种，是当前钕铁硼发展的又一新方向。烧结钕铁硼多极辐射磁环主要应用于自动控制系统的同步电机、伺服电机、步进电机、测速电机。该新产品与通常的钕铁硼磁瓦相比，具有加工精度较高、磁极间过渡区小、易于安装、动平衡好等优点，有效地提高永磁电机效率及降低电机的噪音和振动。

包头稀土研究院从2000年开始进行烧结钕铁硼辐射和多极磁环取向成型设备及其磁环的研究开发。通过开发并获得了烧结钕铁硼辐射磁环和多极磁环的取向成型设备专利和磁环制备工艺专利。高温高稳定性辐射（多极）磁环产业化应用开发项目采用粉末冶金的烧结工艺及“新的多极聚合辐射取向成型方法”，在低氧条件下进行的钕铁硼成份、相组织、烧结和热处理工艺及充磁方法的研究。通过对粉末粒度大小、分布及添加剂的研究，提高了磁环的取向度，提高了磁性能。通过磁环成份和烧结热处理工艺研究，解决了磁环的开裂难题。通过优化成份、工艺，获得了在低辐射取向磁场下获得高磁性能辐射磁环的工艺技术，能够生产多规格的各向异性烧结钕铁硼辐射磁环和多极磁环。通过对成份、模具、充磁卡具和制备工艺等研究，获得了适宜的高稳定性烧结钕铁硼辐射磁环的成份和制作工艺，通过多批次的中试试制研究，磁环性能稳定，研制开发出高温高稳定性辐射（多极）磁环，实现烧结钕铁硼辐射（多极）磁环的批量化中试生产。

RESTA2017-028 离子型稀土资源清洁高效勘查开发利用关键技术及示范工程

本项目属于离子型稀土资源勘查开发领域。

为解决现行勘查规范指导离子型稀土勘查针对性不强、整体资源回收率偏低及环境污染等行业发展瓶颈，研究并提出离子型稀土高效勘查、绿色开采、环境保护综合技术：

一是提出10余项针对离子型稀土矿的勘查技术，建议修订现行稀土勘查规范，并向国土资源部提交《离子型稀土矿地质勘查规范》（征求意见稿），能够有效缩短勘查周期、降低勘查成本、提高勘查效率，且更好地指导后续开发和环境保护。

二是对原地浸矿技术开展适用性评价和分类，并推行智能采选技术，实现精细化开采和可控可设计，提高资源回收率3%~5%。针对部分企业开采管理粗放、资源回收率低的情况，建立原地浸矿适用性评价体系，制定适用性对照表，评判不同采场原地浸矿开采适用程度，并根据开采技术条件将原地浸矿方法分为：天然底板明沟集液法、人造底板暗沟网集液法与天然底板明沟+辅助巷道法3类，便于企业对照评价和选用；建立采选回收率影响评价体系，系统性分析各指标权重，有针对性地提出技术措施，指导矿山进一步提高采矿回收率；开展数字化、自动化智能采选技术研究，提升采选整体技术水平。

三是推荐无铵化新型浸取剂：三氯化铁和三氯化铝浸矿、碳酸氢钠除杂沉淀，从源头控制氨氮污染。推荐参数的浸取剂（以三氯化铝为例）与传统的硫酸铵和硫酸镁（推广）相比，浸出速度、母液浓度及抑杂效果等浸矿能力相当；单耗分别降低67%（比硫酸铵）和50%（比硫酸镁）；成本与硫酸铵相当、比硫酸镁降低17%（1800元/tREO）；环境容量与硫酸镁相当、远大于硫酸铵。

四是开展全工艺过程环境保护综合技术研究，保护青山绿水。特别是建成一套基于数据采集、传输、分析预警的地下水无线远程实时动态监测系统，实现开采前、中、后期连续监测和采场上、中、下游无死角监控，且通过实时控制外设备对地下水污染快速响应、自动采取防控措施，实现地下水环境无线远程可视、可控；另外，边坡稳定性监控、生产用水循环及土壤与植被恢复等技术大大提升环境保护力度。

目前, 勘查技术应用已快速、低成本在广东八尺探获一座特大型的离子型稀土矿, 节省勘查投入超500万元。为进一步推广技术成果, 开展八尺稀土矿原地浸矿工业试验和示范工程, 被列入国家环保总局稀土工业环评技术导则和国土资源部地质环境监测与综合治理试点, 旨在进一步提高稀土行业效率和资源回收率, 提升行业准入门槛 and 环境保护力度, 实现资源与环境可持续健康发展。

RESTA2017-024 稀土元素现场在线快速分析依稀的开发与应用

项目所属科学技术领域: 高性能、智能化仪器仪表

主要科技内容: 为了满足新形势下稀土进出关快速筛查、稀土“打黑”现场核查、稀土分离过程实时监测等应用需求, 迫切需要开发能够用于稀土元素现场快速筛查和稀土分离过程料液中稀土元素在线快速分析需求的设备和方法。该方法利用能量X射线荧光光谱分析技术原理, 可以对物质的化学元素进行准确的试测。针对能量色散X射线荧光光谱信号弱、干扰复杂的共性技术难题, 突破了高分辨荧光信号采集、高通量光路设计、高效解谱算法、谱图模糊识别、多峰联合判定、吸收增强校正等系列关键技术, 成功开发了稀土元素现场在线快速分析仪器与应用方法, 并应用该技术在国际上首次研制稀土快速鉴别仪、稀土配分在线分析系统。稀土快速鉴别仪专门针对稀土元素鉴别和基本定量分析, 在海关稀土打击稀土走私和稀土“打黑”中得到了很好的应用。稀土配分在线监测仪能够实时监控槽体料液的稀土配分含量, 打通了稀土分离工艺智能化专家系统在线实时检测的盲点, 我国稀土工业转型升级和后续的智能制造的需要提供基础数据支撑。

技术经济指标:

1、稀土快速鉴别仪技术经济指标:

- 16种稀土元素的准确定性分析, 稀土产品类型的初步自动判断
- 北方轻稀土精矿定量分析, 稀土总量绝对误差小于2%
- 南方稀土精矿: 能测定南方稀土中主要元素的含量, 其中标志元素钇检测绝对偏差不超过1%, 稀土配分量绝对误差不超过3%
- 钕铁硼永磁产品和废料: 能测定稀土永磁产品中的主要稀土元素镨、钕、钆、铈, 稀土总量检测偏差不超过5%。

- 比实验室监测节约 90%以上的检测成本，降低 80%的时间消耗；

2、稀土配分在线检测仪技术经济指标：

- 多种稀土元素在线同时测定；
- 单次检测时间不大于 1 分钟；
- 稀土配分检测范围 0.1%~99.9%；
- 主量元素稀土配分稳定性 RSD 小于 1.5%（5%含量，n=11）
- 全自动监测，无需人工干预，数据可实时传输；
- 压槽量降低 5%以上，不合格产品率降低 10%以上，减低能耗 10%以上。

促进行业科技进步作用：

1、稀土快速鉴别仪对行业科技进步的作用：

稀土快速鉴别仪为国际首创技术。由于稀土元素L系列谱线干扰严重，需要精密的软件处理方法，针对稀土元素分析的便携式快速检测手段，在国内外各类文献中鲜有报道。钢研纳克首次研制出稀土快速鉴别仪，5—20秒即可获得准确的分析结果，可以进行稀土元素现场定性，结果正确率100%，目前在10个海关有该设备在服役，对海关提高通关率以及打击稀土走私有重大意义。在国家九部委稀土联合督察行动中，曾多次携带稀土快速鉴别仪分赴内蒙古、甘肃、宁夏、江西、广东、广西等省进行检查工作，在确认稀土违法开采和加工现场过程中发挥重要作用。包钢稀土研究院、广东广晟集团、四川江铜等大型稀土企业和研究院所，也交付使用了多台仪器用于矿山稀土品位检测。浙江、广东等地区也把该设备用于稀土废料回收现场快检。目前稀土快速鉴别仪已经获得软件著作权（证书编号：软著登字第00189373号），并申请国家专利。稀土快速鉴别仪为现场鉴定与基本定量分析稀土元素提供了手段。

2、稀土配分在线检测仪对行业科技进步的作用：

- 我国稀土产业稀土分离采用萃取多级分离模式，用湿法冶金工艺分离得到单一稀土。萃取分离过程受多种工艺参数影响，波动较大，目前大多稀土企业仍依靠实验室离线分析获得各元素配分含量，分析周期较长，调节滞后，导致产品质量不稳定、能耗物耗较高等问题。近几十年来，国内外尝试用跨限X射线吸收法、过程分光光度法、放射源激发的X射线荧光光谱法等各种技术手段在线监测稀土配分，但都有响应的巨大弊端，迄今均未能大规模付诸工业应用。针对稀

土在线检测技术的不足，创新性的提出了采用的能量色散X射线荧光光谱法解决稀土配分在线检测的思路。国内外首次应用能量色散X射线荧光方法，开发了一种针对稀土萃取分离过程中元素配分含量的在线监测仪器和方法，解决了稀土冶炼分离流程工业中难以对中间产物稀土分离过程产物及排放物的在线监测的难题。该项技术在稀土冶炼厂取得了良好的应用效果，为稀土分离工艺自动化、智能化提供了技术支撑，解决了困扰行业多年的稀土元素配分量难以实时监测的难题，为行业内首例。该方法具有稀土料液直接在线引入、多稀土元素同时分析、分析检测时间短（1分钟以内）、在线自启动分析及结果实时传输等特点，完全满足了稀土冶炼分离过程工艺动态控制的测定需要，目前在多家稀土分离厂应用，对稀土冶炼分离过程管控具有重要意义，预计后续会在稀土分离流程工业体系中发挥典型示范作用。

应用推广情况：（1）基于高灵敏能量色散-X射线荧光光谱分析技术的稀土元素现场在线快速分析已成功实现在稀土矿、稀土冶炼过程、稀土制品以及其他领域中的应用，达到了国际先进水平。（2）稀土快速鉴别仪已在十余家海关进行应用，在打击稀土走私、整顿稀土行业秩序中起到了重要作用。（3）稀土配分在线分析系统在北方轻稀土、南方中重稀土冶炼分离工艺中成功实现了工业应用，目前第一台仪器已经连续无故障运行超过17000小时，为稀土流程智能制造提供了信息基础。

RESTA2017-016 系列含氮中性磷稀土萃取剂的设计与合成

本项目属于湿法冶金领域。稀土是我国特色的战略资源，我国也已成为稀土生产和应用的大国。我国的稀土冶炼主要采用溶剂萃取方法，但目前仍然采用的是上世纪70年代开发的以P507和环烷酸为主要萃取剂的溶剂萃取技术，但P507萃取体系存在重稀土分离效率不高、反萃酸度大等问题，环烷酸为石油裂解副产物，化学成份复杂，长期运行不稳定，特别是随着国家对汽柴油品质要求更加严格，作为副产品的环烷酸的来源受到严重影响。稀土萃取剂的性能决定着稀土提取与分离的效率，本项目着眼于我国稀土资源的高效综合提取与分离，致力于改变我国稀土冶炼升级换代面临的萃取剂匮乏的局面，开发了系列具有自主知识产权的新型含氮有机磷萃取剂，并针对我国稀土资源中高丰度的铈元素和伴生放射

性钍元素的优先分离取得了良好的效果。同时，该系列萃取剂还在铀、钍、镭、铜的萃取方面具有很好的应用前景。设计合成了新型含氮中性磷萃取剂(包括磷酸胺和含氨基中性磷)，实现了我国北方资源中占稀土总量一半的钍元素的优先分离，使后续单一稀土分离的处理量大大减少，工艺更加高效；同时，该系列萃取剂在优先萃取四价钍的情况下，不仅能实现四价钍和钍的萃取分离，而且也能实现钍的选择性提取，使得四价钍和钍的分步提取能采用一种萃取剂完成，工艺流程更加简洁高效；该系列萃取剂也适合于钍分离，为解决目前使用的TBP和MIBK工艺的问题提供了新途径；该系列萃取剂也可用于铜的选择性提取。本项目将为我国稀土冶炼产业的升级换代提供萃取剂选择，而且开发的新型萃取剂有望成为类似于P204和P507的既可用于稀土分离又可用于其它金属分离的通用萃取剂。

RESTA2017-019 真空蒸馏法制备高纯稀土金属镱及靶材关键技术 研发

本项目属于稀土新材料领域，通过采用镱热还原高纯氧化镱在高真空设备一次蒸馏完成高纯金属镱的制备，实现了高纯金属镱的高效低耗冶炼。高纯金属镱质量符合靶材溅射使用要求，技术推广已应用于高纯金属镱的工业生产，获得良好的经济效益。

主要科研内容：采用多层过滤装置，通过控制反应装置的温度及时间，在一次还原蒸馏过程中获得了99.99%的高纯金属镱。实验装置采用5-10公斤的高温真空炉，通过对金属接收器、过滤装置的设计，同时对反应动力学条件如还原剂过量比、压制压力、升温制度曲线、最终保温温度及时间等因素研究，并对几种高纯氧化镱化学成分及颗粒特性进行测定。研究其对镱热还原过程的影响等。最终稀土直收率达到98%，产业化收率大于96%。

采用真空烧结方式制备高纯金属镱靶材。开展烧结工艺控制、靶材纯度和机加成型等工艺技术优化的研究，研究相关工艺技术参数对靶材致密度、微观结构等相关性能指标的影响规律，揭示其对应关系。在此基础上优化工艺技术参数，开发致密度高、晶粒细小的高纯金属镱靶材制备工艺，并进行产业化生产工作。

技术经济指标：高纯金属镱 TRE>99%、稀土纯度>99.99%、O<50ppm、C<100ppm,其他主要杂质均小于100ppm。高纯镱收率最高98%,产业化直收率>96%,形成年产20吨高纯金属镱生产线,实现产值900万以上。

金属镱靶材纯度大于99.95%,杂质元素含量小于0.05%。靶材外观平整,无裂纹和隐裂等宏观缺陷,表面光滑无麻点;相对密度大于97%、组织内部无孔隙,形成年产12000个靶材的能力。实现产值1200万。

项目推广实施后,由于稀土直收率的提高,提高了氧化镱资源的利用率;一次蒸馏获得高纯金属镱,实现了高纯金属镱制备的低耗高效短流程,从而降低了生产成本,促进了高纯金属镱的推广应用,目前使用该技术生产的高纯金属镱已大量应用于棒状、粒状、长方体状等多种磁控溅射靶材,广泛应用于各种高端显示屏生产。

通过对金属镱靶材工艺的研究,开发出一种低成本高质量的高纯金属镱靶材的制作工艺。

RESTA2017-017 白云鄂博稀土矿高效清洁选冶工艺技术开发

本项目属稀土选矿及湿法冶金技术领域。

主要内容及指标：（1）白云鄂博强磁尾矿工艺矿物学研究：明确其元素组成、矿物组成及嵌布规律,为选矿流程的确定提供理论基础。（2）小型试验：通过粗选条件试验,结合工业生产实际,确定并试验对比了“一粗一精一扫”、“一粗二精一扫”和“一粗三精一扫”流程,确定采用“一粗一精一扫”和“一粗二精一扫”进行工业试验。（3）工业试验：通过连续生产,比较两个试验流程稀土精矿品位、收率等指标,采用“一粗一精一扫”流程连续运行41天,原矿量每天1200t,共计49200吨;65%精矿产量共计1135.18吨,产率2.31%,收率16.17%;50%精矿产量共计1910.07吨,产率3.88%,收率22.15%;精矿的总产收率为6.19%和38.32%。（4）50%、60%稀土精矿共线生产：连续生产14天,原矿量每天1200t,共计16800吨,品位9.24%;生产REO 60%稀土精矿446.23t,日均产量31.87t,产率2.66%,品位59.69%,收率17.18%;50%精矿产量共计571.05 t,日均产量40.79t,产率3.40%,品位50.27%,收率18.50%。精矿的总产收率为6.06%和35.68%。（5）冶炼工艺优化及自动化改造：采用新型焙烧技术,新增尾气喷

淋换热节能系统,采用国内最先进的有机胺可再生脱硫工艺和多效蒸发技术实现硫、氟资源的循环利用;新建高浓度稀土碳酸盐连续沉淀酸溶自控新工艺生产线;采用膜分离集成和MVR蒸发新技术回收 NH_4^+ ,实现氨资源的循环利用;烟气中 SO_2 的吸收效率 $\geq 99.5\%$,脱硫后尾气 SO_2 浓度 $< 100\text{mg}/\text{Nm}^3$,在处理废气的同时回收有价化工元素,年回收14302吨硫酸($> 92.5\%$),252720吨硫酸(65%),43200吨氟化物产品;氟资源回收过程中,低浓度区间采用三效蒸馏,高浓度区间则采用单效蒸馏,使能耗降低10%;铵资源的回收过程中,回收的硫酸铵晶体作为复合肥原料外售,蒸发冷凝水直接回用于焙烧矿浸出工序。回用水指标达到: $\text{NH}_4^+ < 500\text{mg}/\text{L}$, $\text{SO}_4^{2-} < 500\text{mg}/\text{L}$, $\text{TDS} < 1500\text{mg}/\text{L}$;整体工艺实现连续、自动化控制。

本项目研究了共线产出REO 50%和65%品级稀土精矿的选矿工艺,实现了在生产高品位稀土精矿过程中共线生产常规产品,同时减少生产高品位稀土精矿造成的资源损失,降低生产成本,实现了资源的高效利用;解决了浓硫酸高温焙烧稀土精矿产生的焙烧烟气,水浸液经碳酸氢铵转型所产生的硫酸铵废水的资源化循环利用问题,解决企业进一步发展的瓶颈问题,提高稀土产业技术装备水平,实现硫、氟、铵等资源的全循环利用,在稳定现有产品质量、新增产品的同时,达到节能减排、清洁生产的目的。

本项目研究成果已在北方稀土稀选厂和华美公司、和发公司应用,降低生产成本5973万元(选矿部分),获销售收入4731万元。

RESTA2017-026 南方离子型稀土勘探开采工艺与采场边坡滑坡防止关键技术与应用

项目针对南方离子型稀土勘探开采工艺与采场边坡滑坡防治关键技术问题,通过现场地质调查、理论研究、现场和室内测试试验,综合运用工程地质学、岩土力学等前沿学科理论及数值计算、相似模拟等试验方法,通过产学研相结合,进行了历时多年的联合攻关,完善、发展了离子型稀土开采新工艺及边坡防理论体系,研发了具有自主知识产权的工程应用新技术,并成功进行了推广应用。

(1)项目根据离子型稀土矿的岩土特性,针对目前离子型稀土矿山勘探及开采的现有不足技术,研制了多功能地质锤、钻探取土样双壁钻具、地下开采新工艺。多功能地质锤适合在稀土矿山表层取样;钻探取土样双壁钻具由内、外两

层钻杆组成双层钻杆，取稀土样效率高。成果针对离子型稀土矿山绿色开采关键技术，研制了液面限位报警器、新型洛阳铲、非开挖原地浸矿开采新工艺。

(2) 项目针对离子型稀土矿山边坡防护开发了复合注浆桩滑坡防治技术和生态砌块滑坡防治技术。离子型稀土矿山复合注浆桩滑坡防治技术治理过程不涉及土石方开挖工程，采用注浆桩方法的离子型稀土原地浸矿采场滑坡防治的工程对环境没有影响。滑动面经注浆后整体抗剪强度提高，注浆体穿过滑动面经植筋后形成微形桩，提高了稀土矿山边坡的抗滑力。生态砌块护坡可以消除离子型稀土原地浸矿采场边坡局部失稳及边坡整体滑坡隐患。生态砌块滑坡防治技术的生态砌块和边坡土体连成一整体、有利于边坡的稳定，可以防治离子型稀土原地浸矿采场边坡失稳，操作简便、工程造价低、生态环保。

项目获授权实用新型专利9件、获授权发明专利5件、另申请了3件发明专利并进入实质审查阶段。成果在江西省多个稀土矿预查、稀土矿矿山地质环境治理工程中进行了应用，取得了很好的经济效益和社会效益。成果勘察效率显著提高，滑坡防治效果好，环境保护效果明显成果，适宜在离子型稀土矿山推广应用。项目解决了离子型稀土矿山绿色开采和边坡防护的关键技术难题，研发的非开挖原地浸矿开采新工艺、离子型稀土矿山注浆桩和生态砌块护坡技术居国际先进水平，为我国离子型稀土原地浸矿绿色开采和滑坡防治等相关问题的解决提供了有效的技术手段，有力推动了离子型稀土原地浸矿绿色开采和滑坡防治技术的进步，促进了我国离子型稀土原地浸矿勘探、开采和滑坡防治的发展，具有显著的创新性和推广应用价值，为建设安全、高效矿山做出了贡献。

RESTA2017-020 中国南方离子型稀土绿色无铍开采提取工艺

1、项目所属科学技术领域

中国南方离子型稀土绿色无铍开采提取工艺试验项目属于稀土资源高效开发利用技术研究领域。

2、主要科技内容

项目以“绿色、环保、高效”为目标，对离子型稀土矿山开采提取工艺进行重点攻关，攻克一批环境友好的高效资源开发技术，建立南方离子型稀土绿色无铍开采提取工艺体系，主要科技内容有：

(1) 新型浸矿剂遴选。开发镁盐新型浸取剂，破除目前浸取剂对环境的污染及浸取稀土浓度低、杂质含量高等问题。

(2) 新型稀土浸矿剂浸取过程及浸取工艺研究。在室内开展新型浸取剂原地溶浸模拟和条件优化试验，建立浸取试剂与不同类型淋积型稀土矿相互作用关系，获得最佳浸取参数。

(3) 后处理富集沉淀工艺研究。在室内开展母液富集沉淀除杂实验，对母液浓度、沉降速度、稀土损耗等条件进行分析优化，攻克技术难点。

(4) 矿山现场试验。选择不同品位、不同赋存状态矿山进行各环节的现场试验，进一步论证和完善工艺体系。

(5) 离子型稀土绿色无铵开采提取工艺技术成果应用。

3、项目技术、经济指标

主要有：(1) 实现稀土矿山开采的无铵化，从根本上解决稀土矿山氨氮污染问题；(2) 实现稀土资源一次性开采，避免山体反复破坏，有效提高回采率5%；(3) 提高矿山规模化、集约化水平，降低直接生产成本；(4) 实现资源的综合利用。

4、促进行业科技进步作用

项目的实施，从根本上解决离子型稀土矿山氨氮污染问题，统筹保护良好生态环境与节约高效利用稀土资源协调发展，推进离子型稀土开采的技术进步和全面升级，向绿色节能环保迈出历史性的一大步，为国家修订完善稀土工业污染物排放标准提供示范参考。

5、应用推广情况

2016年1月，在反复实验论证并取得现场试验成功后，赣州稀土矿业有限公司在定南木子山稀土矿上下营车间进行绿色无铵开采提取工艺的推广应用。2017年3月，完成了定南木子山稀土矿上下营车间一矿块的资源开采，资源回收利用情况如下：

(1) 开采活动未对周围地表水、地下水及土壤产生明显改变，新增因子均符合国家环境标准要求；

(2) 实际回收稀土量 (REO) 43.86t，稀土综合回收率提高5%以上；

(3) 经核算，生产成本为相比硫铵工艺，下降约8.0%；

(4) 稀土产品中的氧化铝含量由1.5%下降为0.3%以下，生产出副产品-氢氧化铝，提高了资源利用率。

RESTA2017-022 稀土生产无氨化工艺研究

项目所属科学技术领域为资源与环境技术/清洁生产与循环经济技术/清洁生产关键技术。

主要科技内容：

(1) 对离子型稀土矿进行无氨浸矿剂的浸矿试验研究，开发出适合的无氨浸矿剂、浸矿工艺技术及母液无氨沉淀工艺技术；

(2) 通过对稀土萃取分离无氨在线皂化的试验研究，开发出无氨在线皂化工艺技术及相应设备；

(3) 通过对稀土无氨沉淀的试验研究，开发出无氨沉淀工艺技术。

技术经济指标：

(1) 离子相稀土浸出率：均大于90%，最高达95.25%；

(2) P507皂化值：0.50~0.54 mol/L，并实现连续在线皂化；

(3) 沉淀剂单耗：1.15吨/吨-REO；

(4) 产品质量：REO \geq 99.30%；氧化钙 \leq 0.025%；氧化钠 \leq 0.029%；氯根 \leq 0.034%。

促进行业科技进步作用：本项目技术彻底革除了氨氮污染环境的浸矿和冶炼分离工艺，从源头上避免氨氮的摄入，降低了生产成本，提高了企业竞争力，解决了离子型稀土资源开发与保护生态环境的问题，为离子型稀土绿色高效综合回收提供了新的技术支撑。

应用推广情况：

(1) 本项目成果成功应用于四川江铜稀土有限责任公司“漫水湾8000吨/年稀土冶炼分离项目”，稀土产品质量稳定，各项技术指标处于同行业领先水平，真正实现了稀土分离过程氨氮零摄入。

(2) 本项目成果应用于云南迪晟稀土综合回收利用有限公司“4000吨/年稀土回收分离项目”。

(3) 本项目成果应用于国家离子型稀土资源高效利用工程技术中心“年处理300吨中钷富钬稀土冶炼分离中试线”和“年处理6000吨稀土废料中试线”。

RESTA2017-023 钆铁合金化学分析方法

本项目为基础研究类和社会公益类，按中华人民共和国工业和信息化部要求制定，由赣州有色冶金研究所负责起草《钆铁合金化学分析方法》（共5部分）行业标准。

——第1部分： 稀土总量的测定 重量法

——第2部分： 稀土杂质含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法；

——第3部分： 钙、镁、铝、锰量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法；

——第4部分： 铁量的测定 重铬酸钾容量法；

——第5部分： 硅量的测定 硅钼蓝分光光度法。

本项目研究成果通过了全国稀土标准化技术委员会组织的专家审定，与会专家认为该标准方法达到了国际一般水平。

行业推荐标准《钆铁合金化学分析方法》（XB/T616-2012）是依据《标准化法》及在编写规则和结构上完全按照（GB/T1.1、GB/T 1.3、GB/T 20001.4和《有色金属冶炼产品、加工产品、化学分析方法国家标准、行业标准编写示例》）进行，标准文本内容表述合理，格式规范。

行业标准《钆铁合金化学分析方法》（5个部分）为首次制定，目前尚未发现国内外与钆铁合金分析方法一致的标准，该系列分析方法标准的建立填补了国内外市场及检测领域的空白，系列方法不仅采用经典的重量法、容量法和分光光度法外，还主要采用了使用频率较高且具有一定先进性的等离子体原子发射光谱仪，为推进稀土检测行业乃至稀土行业中高端仪器的普及做出了一定的贡献，进一步推进了稀土行业的标准化发展。

本系列标准自2012年11月7日发布，2013年3月1日实施以来，已被赣州华京新材料有限公司、赣州晨光稀土新材料股份有限公司、江西省有色金属产品质量监督检验站、江西省钨与稀土产品质量监督检验中心、赣州艾科锐检测技术有限公司、等多家生产企业和质检机构应用于钆铁合金产品生产过程中的质量控制监

测及对外贸易过程中质量检测。使用单位一致认为，该系列标准测定范围合理、检测速度快、操作简单、方法容易掌握，且方法准确度和精密度完全满足钕铁合金的产品质量要求。检测结果不仅得到生产厂家的认可，也获得了贸易双方的肯定。该系列标准方法不仅适用于企业的生产和贸易结算，同样适用于指导科研工作，不仅创造了可观的经济效益，更产生了良好的社会效益。

RESTA2017-018 氟化稀土产品及化学分析方法

本项目为软科学技术领域。

根据工业和信息化部《关于印发 2010 年第一批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科【2010】74 号），全国稀土标准化技术委员会转发了“氟化稀土化学分析方法 氟量的测定 蒸馏-EDTA 滴定法”行业标准计划下达的通知，标准项目计划号为 2010-0636T-XB；根据稀土标委[2012]17 号文件要求，包头稀土研究院承担了《氟化钕》、《氟化镱》行业标准修订任务。

产品标准《氟化钕》、《氟化镱》及分析方法标准《氟化稀土化学分析方法》的制定旨在规范氟化钕及氟化镱生产和销售贸易，促进了企业技术改造和产品的质量提高，减少生产厂家和用户之间的贸易纠纷，促进氟化稀土产品产业的规范化发展。

产品标准规定了要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存及质量证明书。该标准适用于化学法（干法）制得的，供制作金属钕、金属镱、冶金及特种钢等用的氟化钕、氟化镱。

氟化钕、氟化镱作原料和电解质用主要用于生产金属钕、金属镱和镱铁合金。国内每年氟化钕、氟化镱用量大约300吨。主要生产家有包头瑞达稀土材料有限公司、包头英杰稀土化工有限公司、包头华晨稀土有限公司、包头市玺俊稀土有限责任公司、江苏阜宁稀土材料、赣州科力稀土新材料有限公司等。目前国内稀土氟盐普遍使用湿法生产工艺生产，而此工艺刚被国家作为落后工艺淘汰，包头瑞达稀土材料有限公司开发的干法工艺并实现工业化生产是为数不多的干法生产厂家，完全符合国家产业政策发展方向。

本标准的修订主要依据近年来生产原料质量的变化、金属钕、金属镱、镱铁合金生产对氟化钕、氟化镱的要求、生产成本考虑及各生产厂家和主要用户的意

见，是在大量的重复性工作、生产企业数据的收集等基础上修订出来的，在牌号划分和主要技术指标方面已兼顾到多数企业的一般要求和部分特殊要求，若企业还有更多的特殊要求，应在合同中规定，本标准不一定包含全部特殊使用要求。

本标准产品分类主要以氟化钕、氟化镱品位（REO含量）、F、非稀土杂质的含量等级依据划分牌号，分别适用于不同的使用范围。本标准的分类旨在为生产、使用方提出最佳建议，使标准具有可操作性和适应性。

在任务落实会上，广泛地征求了与会专家和代表的意见。在会议结束后包头稀土研究院组织了有关专家，对产品与方法标准起草过程中可能遇到的问题以及对任务落实会议上专家和代表的意见进行了讨论，专门成立了标准起草小组。在标准编制的过程中，按照标准的编制程序，标准编制小组成员对国内外相关标准及研究进行了调研，对生产氟化钕、氟化镱的相关企业及其用户进行了调研，收集了大量资料，对调研结果进行充分分析之后，编制了《氟化钕》、《氟化镱》行业标准草案，经过多次讨论及征求意见并且开会交流，形成了《氟化钕》、《氟化镱》的预审稿。

行业推荐标准《氟化稀土化学分析方法氟量的测定 水蒸气蒸馏-EDTA滴定法》由包头稀土研究院负责标准起草，参加起草单位为江西赣州艾科锐化工金属材料检测有限公司、湖南益阳鸿源稀土有限责任公司。立项时，国内外尚未见到有关水汽蒸馏-EDTA滴定法测定氟化稀土中氟量的分析方法，本标准填补了空白。检测实践证明，该系列标准分析方法测定范围合理，分析速度快、操作简单、方法容易掌握，并且分析精密度、结果准确度好。

RESTA2017-003 新型铁基稀土磁致伸缩材料在传感器中的应用研究

本项目属于材料领域，所属学科为材料科学，方向为材料的组织与性能、加工工艺。

项目的主要科技内容包括：

1、研究不同制备工艺路线及工艺条件对新型铁基磁致伸缩材料结构和性能的影响。包括：铁基 Fe-Ni (Ga)-Cu-RE 系磁致伸缩合金材料的合金组成、冶炼制备工艺、热处理工艺对铸态合金显微组织、合金相结构的影响；铸态合金成分、

显微组织、合金相结构对材料磁致伸缩性能、软磁性能、机械性能和可加工性的影响；控制轧制对合金线材组织结构、合金磁致伸缩性能、软磁性能、机械性能和可加工性的影响；快淬工艺对薄片（带）材料组织结构、合金磁致伸缩性能、软磁性能、机械性能和可加工性的影响；

2、研制位移、界面测量传感器用的较细直径（ $\leq 1\text{mm}$ ）的线材 和较薄（ $\leq 0.5\text{mm}$ ）片（带）材料。包括：采用控制轧制制备较细直径（ $\leq 1\text{mm}$ ）合金线材的工艺；采用快淬技术制备用于传感器的铁基磁致伸缩较薄（ $\leq 0.5\text{mm}$ ）片（带）材料的工艺技术。

项目的技术指标：

1、磁致伸缩系数 $\lambda \geq 50\text{ppm}$,

2、最大导磁率 $\mu_m \geq 100$

3、居里温度 $T_c \geq 500^\circ\text{C}$

4、抗拉强度 $\sigma \geq 450\text{MPa}$

5、线材用于传感器产生的信号单一稳定、信噪比小，其非线性误差小于 $\pm 0.05\%FS$ ，重复性误差小于 $0.002\%FS$ ，分辨率大于 0.002% 。

授权2项国内发明专利，“一种铁基磁致伸缩合金丝的制备方法”于2012年3月12日授权，专利号：ZL 2010 1 0145717.7，“高性能快淬Fe-Ga基磁致伸缩薄带材料及其制备工艺”于2015年6月24日授权，专利号：ZL 2013 1 0063881.7；国内外核心期刊公开发表论文8篇，培养了2名博士生，1名硕士研究生。修订国家标准一项。

促进行业进步作用：

本项目开发出的新型铁基磁致伸缩合金系列，合金的组成、组织结构和制备方法不同于已发明的其它磁致伸缩材料，是我国的一个原始自主创新，是本项目的重要技术创新成果（获国家知识产权局专利授权），丰富了磁致伸缩材料领域的研究内容，有望成为磁致伸缩液位传感器和微磁传感器用新型关键材料。

推广应用情况：

美国东北大学电气和计算机工程集成电路学院微波磁性材料研究中心陈亚杰博士团队采用包头稀土研究院研制的FeNi合金线在磁场传感器中实现了高灵

敏度和低噪声，该传感器灵敏度已经成为世界上报道的传感器在实验室水平中最好的一个。

辽宁导博检测技术有限公司采用包头稀土研究院研制的FeNi合金线材进行了液位传感器试用实验，结果表明该线材符合液位传感器使用要求。

国电锅炉压力容器检验中心对FeCo合金薄带进行了试用，确认该薄带可以用于超声波的敏感元件。该材料用于管道超声检测的敏感元件时，与美国进口的铁钴合金薄带对比，性能相当。

RESTA2017-002 半导体用光掩模专用稀土抛光粉的研制

随着半导体产业的快速发展，中国半导体市场已成为全球的增长引擎，作为半导体制造流程中的关键过程——光掩模，对其要求也逐步提高。光掩模是半导体制造过程中图形“底片”转移用的高精密工具，是芯片、电子元器件等下游产品精度和质量的决定因素之一，而光掩膜质量的好坏和其玻璃基板的平坦度有着极为密切的关系，因为光掩模所刻图形尺寸非常微小，一般这些图形的尺寸在零点几个微米到几十个微米之间，所以玻璃基板表面几个微米大小的划伤将对光掩模直接产生间隙、微孔等缺陷，这些缺陷将会被几千次转刻在硅片上。因此，玻璃基板表面“零”划伤是光掩模生产的决定因素。

我公司依托白云鄂博稀土资源，充分利用镧铈轻稀土资源优势，通过不断发展创新形成了独特的生产工艺体系，研发出适合半导体用光掩模专用稀土抛光粉。本项目针对目前的稀土研磨材料进行改进、开发、其产品特性具有粒度分布均匀、粒度大小达到纳米级特性的高端稀土抛光粉，打破纳米技术瓶颈。投产后实现累计销售收入21354万元，实现利税总额7158万元，经济效益十分可观。

此项目产品促进了电子工业和半导体工业为代表的整个IT行业的迅猛发展，并且有利于我国稀土行业健康可持续发展，真正实现“将稀土资源优势转化为经济优势”的战略思想。对丰富稀土深加工产品，完善稀土产业结构，带动以稀土抛光粉为基础的稀土产业链的发展有积极作用。同时也优化了公司产品结构，提升公司科技人员的研发能力，是对国内企业有促进和发展的效果。

RESTA2017-012 满足国V排放标准的天然气汽车尾气净化催化剂研究及应用

机动车飞速发展带来严重的污染问题，我国对机动车污染排放实行标准控制，天然气

车于2013年1月实施国V排放标准。随着标准升级，清洁能源天然气车尾气排放的甲烷(CH₄)、一氧化碳(CO)和氮氧化物(NO_x)必需安装净化催化剂才能达标排放。我国天然气车主要用于城市公交和出租车控制其排放是解决城市和人口密集区空气污染的有效措施之一。另长期以来尾气净化催化剂被BASF、庄信、优美科等国外公司垄断，必需打破其垄断。

天然气车有稀薄燃烧和理论空燃比燃烧两种方式，满足国V排放标准分别需要氧化型和三效催化剂技术。主要科学技术问题有：(1)CH₄的低温高效转化；(2)稀燃天然气车催化剂面临着H₂O和SO₂中毒问题；(3)国产化的瓶颈是缺少高性能稀土催化材料和催化剂及产业化的关键设备。

本项目在科技部“863”和国家自然科学基金等项目资助下，采用股权制创新产学研模式合作，解决了上述问题，形成了5项发明专利和3项实用新型专利。

创新点1:自主研发了高性能稀土储氧材料、耐高温高比表面氧化铝材料、锆铝基双功能材料等3类催化材料，突破了天然气汽车尾气净化所需的新催化材料制备技术瓶颈。

创新点2:自主发展了贵金属高稳定高分散技术，解决了天然气汽车三效催化剂的低温活性和高温稳定性以及稀燃天然气汽车氧化型催化剂的低温活性问题。通过表面活性剂络合法及催化剂制备条件的精细控制，形成贵金属高稳定分散技术；选择不同稀土助剂提高催化剂的氧空缺，活化CH₄的C-H键，解决了CH₄低温高效转化。形成低温高活性、宽温度窗口和高温稳定的天然气汽车催化剂制备技术，开发了满足国V排放标准的单Pd、Pt/Pd和Pd/Pt/Rh3个系列9个品种催化剂，贵金属含量从120 g/L降低到80 g/L。

创新点3:自主研发了催化材料共沉淀设备和全自动多工位涂覆机等产业化关键设备，突破了国外技术封锁。建成具有自主知识产权的生产线，通过

ISO/TS16949认证。建立200吨/年稀土催化材料、50吨/年的双功能错铝基新催化材料和50万升/年国V天然气车催化剂生产线，为其国V排放标准的实施提供了技术和产品支撑。2013年全面批产与供货玉柴等20余家国内知名企业，匹配机/车型122款，累计完成销售3.8亿元，实现污染物减排50万吨。据中国内燃机工业协会统计，本项目产品市场占有率超过30%，居国内第一，打破国外垄断，首次超过三家世界知名企业在我国的市场占有。主持制定天然气车催化剂行业标准2项，培养专业人才22人，形成了具有核心竞争力的技术创新团队和产业化团队，使我国天然气车尾气净化催化剂产业跻身国际先进行列。

RESTA2017-015 永磁涡流柔性传动节能装置

项目所属领域：工业先进制造领域

主要科技内容、技术经济指标、促进行业科技进步作用及应用推广情况：

永磁涡流柔性传动节能技术就是用高效稀土永磁材料及全新导体材料组成的一对转子，经过相对运动切割磁力线在导体转子中产生涡流及感生电动势，与永磁体相互作用从而带动永磁盘转动，实现了扭矩动力在气隙中的传递。同时，通过调节气隙大小实现扭矩的变化，改变了负载的转速，调节电机电流的变化，实现节能的目的。主要产品分为联轴器96个品种和调速装置50个品种，转速范围：0~3000r/min，适配电机功率：4.0~4000kW，转矩范围：40~30000N·m。

永磁涡流柔性传动节能装置是一种纯机械装置，对安装同轴度要求不高，安装方便，无需激光校准，尤其适用于高温、低温、潮湿、粉尘、易燃易爆、腐蚀、电压不稳定甚至雷电等各种恶劣环境下工作，能大幅减少振动，实现空载启动和无级调速运转，自带本身所具有的堵转保护功能使电机更安全，与变频器相比具有无谐波污染的优势，且可在无空调、无防尘户外、无任何防护措施的恶劣环境下稳定运行，主体设备的使用寿命可达20年。

市场覆盖航天、军工、海事、冶金、石化、矿山等众多领域，适用于泵类、风机、抽油机、皮带机以及重载汽车等多种传动设备，目前中国石油、中国石化、中国海上石油、国电集团、中电投、华电集团、中船重工、鞍钢集团、首钢集团、宝钢集团、中国铝业等都是公司的用户，公司产品有着广阔的市场前景，对工业

传动系统的安全、高效运行，对提高电机系统的整体能效等将起到巨大的推动、促进作用，有着很高的推广和应用价值！

RESTA2017-001 引进法国先进技术设备年产500吨绿色环保稀土颜料产业化

包头市宏博特科技有限责任公司成立于2008年3月，入住包头市稀土高新区产业应用园区，公司主要以研发、生产绿色环保高性能稀土硫化物系列产品为主，注册资金2500万元，是一家集创新、研发、生产、销售高科技稀土深加工产品材料为一体的高新技术企业，并具有与之相匹配的质量检测中心，拥有一批专门从事稀土材料研究、生产和检测的专业技术团队。

2016年12月1日，宏博特收购法国Solvay稀土硫化物顶端技术，成为目前全球唯一实现产业化的生产企业，项目引进法国先进、可靠的绿色环保稀土颜料生产技术结合宏博特科技有限责任公司自有的产业化基础，建设年产500吨的绿色环保稀土颜料生产线。拥有发明专利60余项、2个国际产品品牌“格瑞特镨（greenTop）、Neolor及多个国际域名。并成功的完成了“绿色环保硫化铈颜料”年产100吨生产线，产品名称“铈红”，greenTop产品型号PR-001, PR-002、P0-001、PY-001四种产品。国际品牌Neolor型号PR265、P075、P078三种产品

产品指标表

检测项目	技术指标		
产品外观	粉末		
色度	L*	a*	b*
	40.39±0.5	44.47±0.5	28.75±0.5
粒度D(50)	≤1.523μ m		
耐温性	320-380℃		
表观密度(g/cm3)	0.6-0.8		
pH	7-9		
吸油量(g/100g)	20-28		

为充分发挥原料优势，进一步发展高技术含量、高附加值的稀土深加工应用产品，促进稀土产业升级，提高企业经济效益，扩大出口创汇，改善环境，包头市宏博特科技有限责任公司拟采用本公司研究多年的、具备产业化基础的、先进、可靠的生产技术建设安全、无毒的红色颜料——硫化铈颜料生产线。硫化铈颜料

生产线的建设，对我国新的经济增长点的形成、增加就业岗位、保护生态环境、促进我国社会可持续发展，尤其对西部大开发都具有特别重要而深远的意义，是十分必要的。

2016年国家工业和信息化部公开征求对《国家鼓励的有毒有害原料（产品）替代品目录（2016版）》的意见，引导企业进一步开发、使用低毒敌害和无毒无害原料，削减生产过程中有毒有害物质的产生和污染物排放。

建设高水平的硫化铈颜料生产线，不仅可为国内颜料行业提供优质、无毒的“绿色”环保颜料，替代进口，可促进我国颜料行业的发展，改善环境，促进国民经济可持续发展，提高我国高技术产业在国际市场的竞争力，带动我国新型“绿色”颜料、新材料等领域的迅猛发展。同时为形成国家级无毒颜料产业化基地及发展成为国际无毒颜料生产基地奠定基础。对我国新的经济增长点的形成、增加就业岗位，尤其对西部大开发都具有特别重要而深远的意义，本项目的实施是极其有必要的。

RESTA2017-004 La-Fe-B系贮氢电极合金中硼对动力学性能的影响研究

本项目属新型金属功能材料领域，主要研究了自主研发的新型La-Fe-B系储氢材料中B对合金的动力学影响机理。为了改善镍氢电池的大电流放电能力，很有必要开发新型的贮氢合金负极材料。新型La-Fe-B系贮氢合金的动力学性能明显优于LaNi₅型合金，很适合研制电动汽车等使用的镍氢动力电池。研究表明，在LaNi₅型合金中添加硼可明显改善合金的动力学性能，而在La-Fe-B系三元贮氢合金中，硼元素作为合金的一元，其作用也有必要进一步的研究。鉴于以上思想，本项目以La₁₅Fe₇₇B₈型和La₁₇Fe₇₆B₇型合金为研究对象，通过研究硼元素在合金中的存在形式、分布特点及其含量对合金微观组织的影响探究了硼对合金电化学动力学特性参数（合金电极的交换电流密度、合金内部氢原子的扩散系数等）的影响规律，进一步揭示了硼对合金大电流放电性能的影响机理。研究结果表明，B在合金中不会进入到主相当中，而主要以La₃Ni₁₃B₂相的形式存在，导致La₃Ni₁₃B₂相的相对含量随着B含量的增加而逐渐增加。在La₁₅Fe_{10-x}Ni₇₀Mn₅B_x (x=0, 1, 1.5, 2, 3)合金中，随着B含量的增加，La_{0.99}Mn_{0.32}Ni_{4.71}相和La₃Ni₁₃B₂相的a轴增加，c轴减小，La₃Ni₁₃B₂

相逐渐增加, (Fe, Ni) 相逐渐发生了团聚。合金电极的高倍率放电能力 (HRD) 在 $x=0-1.5$ 范围内单调增加, 而在 $x=1.5-3$ 又逐渐减小, 当放电电流密度为 300 mA/g 时, $x=1.5$ 的合金较不加 B 的合金高倍率放电性能略有增加, 增加幅度不大, 但当放电电流密度为 3000 mA/g 时, 合金的 HRD 值从未加 B 时的 34.4% 增加到了 $x=1.5$ 时的 50.7% , 之后又下降到了 25.8% , 表明适量的 B 有利于改善合金的大电流放电能力。合金电极的交换电流密度 (I_0) 随着 B 含量的增加先增大后减小, $x=1$ 时具有最大值, 这主要是由于 $\text{La}_3\text{Ni}_{13}\text{B}_2$ 相的增加和 (Fe, Ni) 相的逐渐团聚共同作用的结果, 而氢在合金中的扩散系数 (D) 则逐渐增大, 这是由于 $\text{La}_3\text{Ni}_{13}\text{B}_2$ 相逐渐增加, 大量的相界为氢原子的扩散提供了更多的通道。合金电极的高倍率放电性能在 $x=0-1.5$ 时由氢在合金中的扩散速率控制, 而当 $x=1.5-3$ 时由合金表面的电荷转移速率所控制。对于 $\text{La}_{17}\text{Fe}_3\text{Mn}_5\text{Al}_2\text{Ni}_{73-x}\text{B}_x$ ($x=0, 1, 3, 5$) 合金, 随着 B 含量的增加, 合金中 LaNi_5 相和 La_2Ni_7 相减少, $\text{La}_3\text{Ni}_{13}\text{B}_2$ 相逐渐增加, 合金主相的 a 轴、c 轴均略有增加, 晶胞体积变大, 合金电极的 HRD 随着 B 含量的增加呈先增大后减小的趋势, $x=1$ 时 HRD 最好, 合金电极的交换电流密度 (I_0) 随着 B 含量的增加先增大后减小, 与 HRD 的变化规律一致, 而氢在合金中的扩散系数 (D) 则逐渐增大, 表明合金的高倍率放电性能主要取决于合金表面的电荷转移能力。

RESTA2017-011 一种抑制富蓝光的LED二次光转换技术

一、科学技术领域

一种抑制富蓝光的LED二次光转换技术其涉及领域为LED稀土发光材料, 主要是将常规稀土发光材料 (YAG) 进行深化工艺处理, 将荧光粉粒径处理至纳米级的。

二、主要科技内容

提高荧光粉激发效率其科技内容为利用较高激发效率的纳米荧光粉进行二次激发光转换, 即利用常规封装 (蓝光芯片激发黄色荧光粉) 产生的白光 (红绿蓝组成), 进而再利用常规封装 (一次封装激发) 产生的白光中的蓝光部分去激发荧光罩 (板、膜) 中的纳米荧光粉产生白光和原封装产生的白光复合成新型的面光源 (罩、板、膜) 发光的发光体从而通过LED二次激发光转达到有效降低蓝光辐射程度、视网膜热危害值及有效提高视觉舒适度

三、技术经济指标

1、技术指标：

通过对LED二次激发光转换技术生产的LED球泡灯、日光灯和常规普通封装LED球泡灯及普通荧光灯进行对比检测其蓝光辐射强度和视网膜危害值大幅降低，有效提高了视觉舒适度<详见表>球泡灯、日光灯。

2、经济指标：

通过对LED二次激发光转换达到有效降低蓝光辐射强度和视网膜热危害值，提高视觉舒适度。但其在二次激发过程中增加纳米荧光成本是微小的，但带来的健康因素是巨大的，特别是室内照明和通过LED背光源组成的液晶显示屏能有效防范（特别中小学生和中老年）LED照明所特有的富蓝光现象带来的伤害，特别是LED手机液晶屏、电脑等年产值数量均为上亿只，一旦推广普及其经济效益非常可观，同时这是建立在健康舒适LED照明基础上的。

3、促进行业科技进步作用及应用推广情况

因现在LED 照明行业采用的均是传统封装而蓝光芯片激发黄色荧光粉（YAG）产生黄光由蓝黄光结合产生白光，因其点光源发光由LED灯罩（板、膜）等通过扩散漫发射起均光作用，而其固有富蓝光现象产生的眩光和蓝光辐射强度无法大幅下降，因能量平衡定律唯有通过二次激发光转换技术再次能量转换才能有效降低蓝光辐射强度和视网膜热危害值，同时通过面光源发光提高了光密度在光强不变的前提下，降低了单位面积的亮度，从而有效提高视觉舒适度。通过LED 照明健康、舒适、节能、环保的推广能有效促进LED 行业科技进步。

RESTA2017-010 蜂窝式SCR稀土脱硝催化剂

1、所属科技领域：大气污染防治领域

2、主要科技内容：稀土脱硝催化剂技术以稀土氧化物为活性组分，解决了现有钒钛系催化剂对环境产生二次污染问题，无需危废处理，并可二次回收利用，实现了资源的循环利用；与现有钒钛系催化剂相比，在保证催化剂活性的前提下，拓展了活性温度窗口区间、扩大了产品适用范围，还提高了催化剂载体的机械强度和热稳定性，产品使用寿命更长，完全可以替代传统钒钛系脱硝催化剂产品。

镧铈轻稀土资源是稀土脱硝催化剂的重要原料,质量占比为10%左右,稀土催化剂的推广应用有助于推动我国轻稀土的平衡利用,促进稀土产业健康发展,为合理应用轻稀土资源开辟新道路。

3、技术指标:

技术参数	技术指标
活性组分成分	镧铈等轻稀土氧化物
脱硝效率	>90 %
活性温度窗口	300~450 °C
抗压碎强度	≥2.5 MPa; 耐磨损, 机械寿命更长。
SO ₂ /SO ₃ 转化率	<0.6 %; 抗中毒能力强
氨逃逸率	<3 ppm
催化剂寿命	≥24000 h
废弃后是否属于危险废物	不属于危险废物, 属于普通固体废物

4、经济参数

一般情况下,稀土脱硝催化剂的脱硝效率较钒钛催化剂效率相当,有些工况优于钒钛催化剂。价格两者相差不大,稀土催化剂略贵于钒钛催化剂。由于两者所使用的体积量也相当,在相同的工况条件和标准要求下,稀土型催化剂与钒钛系催化剂的氨耗量相同,运行费用相同。但钒钛系催化剂在废弃后属于危险废物,需要专业的危废处理,处理费用每立方米大约需要6000元。其次根据最新的环境保护税法,对废钒钛催化剂按照1000元/吨征收环境保护税,而每吨废稀土脱硝催化剂的环境保护税仅为25元。

5、促进行业科技进步作用及应用推广情况

2014年5月,由中国石化科技部组织对该项目研发的稀土脱硝催化剂技术进行了成果鉴定,得出如下鉴定结论:开发了高效、无二次污染的稀土铈基脱硝催化剂,研究了组分和结构协同催化机理,开发了催化剂生产工艺技术,完成了工业化制备,填补了国内外工业烟气无毒脱硝催化剂技术的空白,具有自主知识产权,成果达到国际领先水平。

稀土烟气脱硝催化剂于2014年入选《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录》;2016年5月被中国环境科学学会评为“环境友好型技术产品”并颁发《环境友好型技术产品环保性能第三方审核与信息披露证书》;2017年6月该技术被评为环保部环保技术国际智汇平台百强环保技术。

目前，稀土脱硝催化剂市场开拓情况较好，已成功应用于100余项脱硝工程，完全达到工程设计值及国家环保排放标准，取得了良好使用效果。