

中国稀土科技奖获奖项目简介 2018年度

中国稀土学会
中国稀土行业协会

1 CRESTA2018-01-007 稀土纳米发光材料：电子结构、光学性能及生物应用 基础研究类 一等奖

主要完成人	陈学元、刘永升、涂大涛、郑伟、朱浩淼、周山勇、卢珊、马恩、黄萍、鞠强
主要完成单位	中国科学院福建物质结构研究所
项目来源	国家高技术研究发展计划、国家自然科学基金

主要技术创新点：

- 一、**研制稀土光化学与光物理测试平台：**自主研制了综合指标国际领先的光化学与光物理测试研究平台，设计研制低温高分辨激光光谱和上转换发光绝对量子产率测试系统，**首次实现3 K下皮秒瞬态荧光的快速检测**，为上转换发光材料优选和性能评价提供一种可量化比较的重要手段。
- 二、**揭示稀土纳米发光材料的电子结构和激发态动力学：**通过低温高分辨荧光光谱揭示了在稀土掺杂阳离子无序分布结构的晶体如 NaYF_4 中普遍存在的结晶学位置对称性破缺现象；利用半导体基质到发光中心的高效能量传递，实现了稀土离子在宽禁带半导体纳米晶如 ZnO 和 TiO_2 的体相掺杂和强荧光发射，解决了国际上一直存在的异价体相掺杂争议。
- 三、**设计优化稀土纳米发光材料的光学性能：**针对 Eu^{3+} 因能级结构限制无法实现高效上转换的科学难题，利用核壳结构设计和镱/铽双敏化策略**首次实现 Eu^{3+} 的高效上转换和下转换双模荧光**；突破高温前驱体注射法合成技术，制备出发光性能优良的 $\text{LiLuF}_4\text{:Ln}^{3+}$ 核壳结构纳米晶，实现 Er^{3+} 和 Tm^{3+} 的高效上转换发光，其**绝对量子产率分别达到5.0%和7.6%**（激发功率 127 W/cm^2 ），为当时报道单分散稀土掺杂上转换纳米晶的最高值。
- 四、**实现稀土纳米发光材料的生物医学应用突破：**研制基于稀土氟化物和氧化物纳米探针的新一代荧光生物标记材料，并成功用于生物分子尤其是肿瘤标志物的异相和均相检测；发展了基于 $\text{KGdF}_4\text{:Ln}^{3+}$ 纳米探针的光/磁双模生物标记方法，实现TR-FRET生物检测和MRI成像；构筑了中空核壳结构的稀土荧光生物探针，实现对人肺癌细胞的高效上转换光动力学治疗；建立基于稀土纳米晶溶解增强的荧光免疫分析方法（DELBA），该方法比目前最灵敏的商用镧系解离增强荧光免疫分析（DELFIA）试剂盒灵敏度**提高了近3个数量级**。基于DELBA新型试剂盒已实现对人血清肿瘤标志物CEA、PSA和AFP的高灵敏特异性检测，检测限达到临床检测标准。

- **与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较**

本项目已在《美国化学会志》、《先进材料》、《自然-光子学》和《自然-通讯》等发表SCI论文108篇，其中SCI大类一区论文51篇，影响因子>12论文23篇，封面论文13篇；论文他引7478次，其中13篇入选化学、材料或物理领域ESI高被引论文；10篇代表性论文他引1584次（其他证明材料附件2，检索报告）。

申请国内外发明专利28项（授权15项）。

- **应用情况**

目前本项目研究成果正与厦门万泰生物和厦门奥德生物等企业开展密切合作，对人体血清中肿瘤标志物CEA的检测限为0.1 pg/mL（0.5 fM），达到临床检测标准。预期研发一系列基于稀土纳米荧光探针的重大疾病体外检测与诊断POCT（现场快速检测）试剂盒并产业化，实现稀土在健康医疗领域的超高值利用。

- **社会效益**

由于稀土纳米荧光生物标记材料的研发投入成本低但技术含量高，其产品的附加值很高，因此基于稀土纳米晶的新一代生物标记材料的成功研制有助于形成拥有我国自主知识产权的荧光标记材料，具有很大的市场前景和商业价值。此外，借助我国在稀土资源和纳米材料制备的优势，可实现我国稀土发光材料在生物医学应用的突破和产业链延伸。

2 CRESTA2018-03-010 高性能快淬钕铁硼磁粉及其各向同性粘结磁体关键技术及产业化
科技进步类 一等奖

主要完成人	胡伯平、饶晓雷、何金洲、郭朝晖、林安利、蔡道炎、代华进、李安华、贺建、陈巍强、戴炎、张继铭、许志一、项友生、陈玮
主要完成单位	北京中科三环高技术股份有限公司、成都银河磁体股份有限公司、钢铁研究总院、中国计量科学研究院、上海三环磁性材料有限公司、海美格磁石技术（深圳）有限公司
项目来源	国家863项目：各向同性稀土粘结永磁材料制备及应用技术（2011AA03A402）；2012年度国家重点新产品计划项目《汽车电机用耐高温粘结钕铁硼磁体》；2011年国家稀土稀有金属新材料研发和产业化专项《粘结稀土永磁体在节能环保方向应用开发及产业化》

主要技术创新点

- 1、通过 Dy 部分置换 Nd 并结合工艺优化,有效细化了钕铁硼纳米晶磁粉的晶粒，晶粒尺寸分布更加均匀，交换耦合剩磁增强效应更强，在提高磁粉内禀矫顽力的同时提高了剩磁和最大磁能积。实验还证实Ho具有类似的功效，但 H_c 的提升不如Dy。同时通过稀土总量的调整和难熔金属Ti的添加，使晶粒进一步细化，磁粉的矫顽力得以改善。**纳米晶钕铁硼磁粉的最大磁能积达到17.48MGOe。**
- 2、大幅度改进了压缩成形的模具加工技术和模具精度，开发了粉末振动充填技术，配合混粉造粒技术改善、粉末粒度调整和压制-脱模速率控制，有效提升了压缩成形磁体的密度和尺寸、形位公差精度，大幅度改善了磁体的动平衡水平,满足了高密度硬盘存储器的苛刻要求。
- 3、 研究开发了耐高温热塑性弹性体（TPE）柔性粘结剂及其加工助剂组合体系，解决了传统柔性粘结剂对强磁性稀土磁粉机械约束力低、使用温度低的技术难题，填补了国内同行业技术空白,突破了 TPE 只能以注射或挤出工艺加工的局限，创新性地开发了压延成形技术和配套设备。
- 4、 针对大直径、薄壁磁体的挤出成形工艺，开发了新的耦联剂、抗氧剂、增塑剂组合体系，改进了模具结构，协调了颗粒料挤出流动性和冷却保型性的矛盾，实现了外径大于 40mm、壁厚 0.7mm 磁体的稳定挤出。设计和开发了磁体旋转切割技术和设备，大幅度提高了环形磁体的垂直度。
- 5、 创建了闭路测量各向同性粘结稀土永磁磁粉的方法和测量系统。设计制作了粉末样品制样机，创立了样品制备方法，制备样品的不确定性满足测量精确度的要求。设计制作了磁粉专用磁测量仪，大幅度改进了磁场稳定性、积分器零飘和不同灵敏度档位切换和衔接等关键技术，实现了起始磁化、饱和和非饱和磁滞回线、回复磁导率等粘结磁体特定应用特性的精确测量。

- 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

如表1所示，全球商品化各向同性快淬NdFeB磁粉最高牌号MQP-B+的性能规格为 $B_r=9.0\sim 9.2\text{kGs}$ 、 $H_{cj}=9.0\sim 10.5\text{ kOe}$ 、 $(BH)_{\max}=15.8\sim 16.8\text{ MGOe}$ 。由本课题研发的纳米晶快淬NdFeB磁粉的性能为 $B_r=9.55\text{ kGs}$ 、 $H_{cj}=8.47\text{ kOe}$ 、 $(BH)_{\max}=17.48\text{ MGOe}$ ，超过MQP的最好水平。

	对比厂家及牌号	永磁特性参数	对比性能	本课题产品
磁粉	麦格昆磁 MQP-B+	B_r (kGs)	9.0-9.2	9.55
		H_{cj} (kOe)	9.0-10.5	8.47
		$(BH)_{\max}$ (MGOe)	15.8-16.8	17.48
压缩磁体	日立金属 HIDENSE-700	B_r (kGs)	7.6-8.3	7.80
		H_{cj} (kOe)	8.6-9.8	9.35
		$(BH)_{\max}$ (MGOe)	12.3-13.6	12.75
注射磁体	大同电子 NPI-9L	B_r (kGs)	6.4-7.2	6.88
		H_{cj} (kOe)	8.0-10.0	8.75
		$(BH)_{\max}$ (MGOe)	8.5-9.5	9.23
挤出磁体	无（全球唯一）	B_r (kGs)		7.42
		H_{cj} (kOe)		9.36
		$(BH)_{\max}$ (MGOe)		11.10
压延磁体	大同电子 NF-8L	B_r (kGs)	5.7-6.7	6.52
		H_{cj} (kOe)	8.0-10.0	9.48
		$(BH)_{\max}$ (MGOe)	7.2-8.8	8.74

- 压缩成形磁体动平衡达到 $4\sim 5\text{g}\cdot\text{cm}$ ，达到日本大同电子公司的同等水平，使我国在HDD的市场份额超过70%。耐高温压延成形磁体填补了国内空白，在性能上接近日本水平，但该类磁体性能偏低，相对于成熟的铁氧体橡胶磁而言价格又偏高，目前还缺乏广泛的市场认同，但在磁疗、汽车特种传感器等市场已经开始了有益的尝试。大直径、薄壁挤出成形磁体的技术开发，进一步巩固了我国的技术领先性和全球唯一供应商地位。本课题的实施还使注射成形磁体的性能达到了日本和欧美的同等水平，但在生产自动化程度上还存在较大的差距。
- 稀土永磁磁粉性能的闭路测量技术属国际国内首创，规避了振动样品磁强计（VSM）测量过程的退磁因子修正、精密仪器操作、零点定标等技术困难，使受过一般训练的技工即可准确测量。测量仪的磁场控制和磁通测量水平也达到了国际国内常规闭路测量的同等水平，且在饱和和小磁滞回线的弱信号测量方面具有特色。

- 稀土永磁磁粉性能的闭路测量技术属国际国内首创，规避了振动样品磁强计（VSM）测量过程的退磁因子修正、精密仪器操作、零点定标等技术困难。测量仪的磁场控制和磁通测量水平也达到了国际国内常规闭路测量的同等水平，且在不饱和小磁滞回线的弱信号测量方面具有特色。
- 经济效益：项目单位在2015、2016、2017年近三年项目的累计经济收入为12.9亿元，获得利润约1.4亿元，给国家创造税收约4亿元。
- 社会环境效益
 - （1）本项目打破了麦格昆磁 (MQI)对快淬钕铁硼磁粉的垄断，国产磁粉全面达到其性能水平，并形成了较大的规模；持续提高我国粘结稀土永磁产品的全球市场份额，特别是高端市场的占有率；进一步提升我国粘结稀土永磁体的制备水平，提高了国际竞争力。
 - （2）带动我国粘结稀土永磁产业的整体进步。
 - （3）满足节能减排等应用需求。本项目产品在汽车中大量应用，降低了重量、提高了效率；应用于变频家电和办公自动化中，降噪节能。

3 CRESTA2018-01-029 白云鄂博中重稀土元素分布及生产流程迁移规律研究 基础研究类 一等奖

主要完成人	杨占峰、马莹、王其伟、王振江、候少春、秦玉芳、金海龙、李强、李娜、赵永志、李二斗、刘章、张文娟、郭春雷、王维维
主要完成单位	包头稀土研究院、白云鄂博稀土资源 研究与综合利用国家重点实验室
项目来源	企业自立

主要技术创新点

(1) 首次研究了白云鄂博中重稀土在矿体、矿石及矿物中的分布规律。发现了主矿体走向方向呈北西-南东走向的中重稀土富集带；东矿在北部和中部沿矿体走向形成两个高值区带总体分布呈东北部富集；随开采深度增加中重稀土品位具有增高趋势。

(2) 首次证实了白云鄂博矿床蕴藏巨量中重稀土。

(3) 首次研究了白云鄂博中重稀土元素在生产流程中的迁移、分布及变化规律。提出了提高中重稀土选矿回收率、优化焙烧-水浸工艺、降低水浸渣中重稀土含量的技术方向，对提高稀土资源利用率具有重要意义。

与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

对于白云鄂博中重稀土的分布规律及在生产流程迁移规律的研究在国内外公开文献中未见相同报道。本项目首次对白云鄂博矿中中重稀土分布规律进行了研究，首次证实了白云鄂博矿床蕴藏巨量中重稀土，首次研究了白云鄂博矿中重稀土元素在各工艺流程中的变化及迁移、分布规律。提出了提高中重稀土选矿回收率、优化焙烧-水浸工艺、降低水浸渣中重稀土含量的技术方向。

生产流程中中重稀土元素迁移规律表明，依据现有稀土生产流程即可实现中重稀土回收，尚有巨大回收潜力。白云鄂博为多金属矿床，稀土为综合利用产品，生产成本低，通过技术改进，预测具有强大市场竞争力。

- 本研究估算白云鄂博主矿境界内，东矿境界内、外中重稀土资源量54.413万吨。
- 研究中重稀土分布、富集规律，为深部及外围找矿指明了方向；为深部勘探、资源评价提供了科学依据；为稀土元素成矿、矿床成因、矿石分带等研究提供科学依据，对指导中重稀土分异、稀土成矿物质来源、含稀土铈矿物（易解石、褐帘石等）中中重稀土元素富集机制、稀土和铈成矿关系等研究具有重要指导意义。
- 本研究圈定的中重稀土富集带对矿石精准开采、分类采矿、分类堆置与保护提供了依据并指明了方向。
- 本项目研究结果表明，白云鄂博稀土工业矿物氟碳铈矿和独居石中中重稀土合计分布率82.32%，稀土精矿中中重稀土回收率54.05%，因此，稀土精矿是中重稀土元素回收的最主要原料。中重稀土元素在矿物中的分布研究表明，白云鄂博资源综合利用回收的铈精矿是提取中重稀土的另一重要原料。由此可见，中重稀土选矿富集依据现有生产流程即可实现。
- 本项目研究结果表明，在稀土冶金流程中，稀土精矿经焙烧、水浸，86.69%的中重稀土进入水浸液，其余13.31%进入水浸渣，萃取转型过程中中重稀土全部进入混合稀土料液，钹钐分组过程中中重稀土与轻稀土完全分离而全部进入钹钐料液，可通过优化焙烧-水浸工艺、降低水浸渣中中重稀土含量来提高中重稀土利用率，实现稀土资源高值化利用。
- 矿石物质成分及中重稀土元素在矿石中的分布研究，查明了堆置的稀土白云岩、含铈霓石岩中中重稀土特征，为评价白云鄂博稀土资源、摸清资源底数、发掘白云鄂博稀土资源潜力、资源接替提供了基础数据。
- 中重稀土分布规律研究开创了白云鄂博微量元素资源研究的先例，为带动铈、钐、钕等微量元素资源特性、分布规律研究起到引领、示范作用。此项研究不但可应用于白云鄂博的资源研究与开发，亦可推广于类似稀土矿床及其它矿床的相关研究，对推动共、伴生资源研究起到重要作用，具有重要的科学意义。

- **经济效益**

估算主、东矿体境界内、外（仅指东矿1230m水平以下铁矿体）中重稀土保有资源量为54.413万吨（以REO计，以下同），其中开采境界范围内保有资源量为26.435万吨，境界外27.978万吨，估算价值约559.28亿元。按年采掘铁矿石量测算附带采出的中重稀土约为2.24万吨。依托现有稀土生产流程可实现中重稀土回收，潜在经济效益巨大。

- **社会环境效益**

研究成果表明，白云鄂博矿是一个中重稀土重要蕴藏地，选矿流程中中重稀土主要进入稀土精矿，以稀土精矿为原料采用现行冶金流程可回收中重稀土。研究成果对我国稀土资源战略布局、中重稀土资源接续、稀土产业发展具有重要战略意义；对摸清白云鄂博资源底数，查明资源特征，实现精准采矿、精细选冶、资源高值化利用，充分发掘白云鄂博中重稀土资源潜在价值具有重要的指导意义。此项研究可推广于其它矿床，具有重要科学意义。

4 CRESTA2018-03-055 稀土材料多元素成分高精度检测仪器的研制与应用 科技进步类
一等奖

主要完成人	陈吉文、李宏伟、沈学静、王蓬、李明、赵英飞、唐兴斌、周伟、任立志、屈华阳
主要完成单位	钢研纳克检测技术股份有限公司
项目来源	2011国家重大科学仪器设备开发专项、2014年工信部稀土产业调整升级专项资金项目

主要技术创新点

（一）针对稀土化学元素性质相近，干扰严重的特点，自主创新，研制成功高分辨ICP光谱仪、高精密ICP质谱仪、大功率氧氮氢分析仪和高稳定性碳硫分析仪等4种大型分析仪器，满足了稀土及相关行业对多元素成分高精度检测的需求。

（二）开发新型27.12MHz电感耦合等离子体激发源，实现固态射频发生器，光源输出功率程序设定，实时自动匹配调谐功能，在800W-1600W内连续1W可调，稳定性优于0.1%。

（三）突破光谱全谱采集技术，研制中阶梯光栅与棱镜交叉色散结构，结合大面积CCD，单次曝光全部谱线同时显示，真正实现“全谱瞬态直读”，波长真正连续覆盖。

（四）在国内首次成功开发激光剥蚀进样系统，可解决固体废弃物、块状金属及合金、矿物岩石等直接进样分析和成分分布分析的难题；

（五）开发高稳定连续功率控制技术，研制大功率氧氮氢分析仪，实现连续功率可调、梯度分段升温、炉膛自动清扫等功能，稀土材料中氧氮氢等元素分析精度达到ppm级。

- 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较
- 钢研纳克Plasma系列电感耦合等离子体发射光谱仪有单扫描和全谱两种型号，其中全谱系列采用国际最先进的中阶梯光栅二维全谱分光系统，一次曝光获得全部谱线数据，多元素同时分析，极大地缩短了钕铁硼等稀土材料中多元素同时检测分析时间。无任何移动光学部件，提高了稀土配分测定的稳定性；可检测波长范围：165~900nm,达到了世界同类产品的最宽范围，覆盖所有稀土元素检测谱线。200nm处分辨率0.007nm,超越了部分国外进口设备。

钢研纳克纳克PlasmaMS 300电感耦合等离子体质谱设备，可应用于高纯稀土元素检测、稀土材料中痕量元素分析等方面。仪器灵敏度高于美国Aglient 7700，其他指标如分辨率、动态线性范围、检出限、长短期稳定性达到国际先进水平。另外，仪器可以同时搭载激光烧蚀进样系统，实现稀土固体材料直接分析，成功用于稀土钕铁硼材料剖面渗透元素的原位检测，首次实现了渗透元素原位表征，对指导工艺生产具有实际意义。

钢研纳克ONH3000氧氮氢分析仪作为国内唯一可以同时检测氧氮氢元素的国产设备，采用了国际先进的高灵敏NTC热导检测技术，结合稀土专用的梯度升温方法，除了可以直接测定稀土中的氧、氮、氢含量，还能够通过不同的程序模型完成不同氧存在状态的分析，有效指导生产实际。该产品分析时间和国外设备相当，分析精度达到国际主流产品水平，完全满足稀土行业对氧氮氢检测的需求。除此之外，该仪器售价只有国外同类型设备的1/2~1/3,在稀土行业有几百余家实验室在使用，实现了国内稀土行业检测的基础数据支撑。

钢研纳克CS-3000型碳硫分析仪作为国产最精密的碳硫分析检测设备，采用了模块电源和功率精确反馈控制，精确控制燃烧采集过程，数据稳定性达到国际先进水平。产品分析时间、灵敏度、检测范围优于部分进口设备，远超国内的追随竞争者。最为国内碳硫检测的领跑者，仪器完全满足稀土检测需求，在稀土及相关行业有几百台的销量，在稀土矿物、单一氧化物、稀土金属、电池用稀土产品、稀土磁性材料检测等稀土产品检测方面发挥着基础检测的作用。

- **应用情况**

- 随着稀土材料应用的扩展和深化，以及材料性能、质量、产量的迅速提升，对影响材料性能的元素的控制越来越严格。钢研纳克开发的分析检测设备在稀土材料检测中发挥了巨大的作用，满足稀土行业客户准确定量分析的需求。国产稀土检测设备的问世打破了国外市场几十年的长期垄断。分析仪的国产化获得了数百家稀土行业多家企业和科研院所的认可，结合配套分析方法的开发，为稀土功能材料产品的稳定、性能的提升起到了积极的辅助作用。钢研纳克元素分析系列产品在稀土行业的部分用户列表如下（排名不分先后）：内蒙古稀土产品质量监督检验研究院、内蒙古新雨稀土功能材料有限公司、湖南稀土金属材料研究院、宁波鑫其精密磁钢有限公司、宁波同创强磁有限公司、宁波永久磁业有限公司、国家地质实验测试中心、北京冶金研究总院等。

- **经济效益**

- 钢研纳克开发的稀土检测系列产品以及稀土配套检测方法、广泛适用于稀土材料的实验室检测。由于检测仪器需要较高的技术水准，部分高端设备在国内少有竞争对手，国外仪器价格昂贵，所以该类仪器在国内稀土行业市场空间巨大。稀土行业专用检测方法的开发以及在设备改造基础上的检测方法，满足行业特殊的应用需求，达到国内一流，国际先进水平。目前在稀土及相关行业已经累计销售800余台，产值20000万元以上。
- 相比进口设备，平均每台仪器为客户节约采购成本约20万元，检测和维护成本每年节约2万元，按照稀土行业年销量100台计算，为稀土相关企业客户节约大约2200万元。
- 稀土元素分析仪作为稀土功能材料生产工艺、产品质控、质量验证的基础设备，使用该仪器能够节约生产成本、促进产品质量稳定。以年产1000吨NdFeB生产企业，使用该仪器后，预计年度减少废品率1%，每个生产企业每年节约成本约300万元。推广应用这一技术和专用仪器也可以为稀土功能材料产业带来的直接经济效益。

- **社会环境效益**

- 稀土元素检测分析仪及其分析方法体系能够为稀土功能材料生产工艺、产品质控、质量验证工作做出贡献，使用该仪器能够节约生产成本、促进产品质量稳定，减少不良品产生，节约原料、能耗，减少固废产生，带来良好的社会环境效益。

5 CRESTA2018-02-023 新型高性能镁合金及其关键工程化技术研究 技术发明类 一等奖

主要完成人	邱鑫、孟健、张洪杰、张绪虎、田政、杨强、孟繁智、张德平、孙伟、牛晓东、吕术慧、张景琪、邵军、姚草根、于丹
主要完成单位	中国科学院长春应用化学研究所、航天材料及工艺研究所、长春理工大学、贵州航天风华精密设备有限公司
项目来源	原始创新

主要技术创新点

(1) 大尺寸YHER4合金的半连续铸锭技术

研究中发现，当铸棒直径增大到一定程度时（直径 $\geq 340\text{mm}$ ），铸棒常常出现横向微裂纹，纵向裂纹问题。本项目针对YHER4合金的成分特点，通过轻稀土La、Ce与重稀土Gd、Dy的混合加入，优化成分配比，解决了添加单一稀土元素时因凝固系数的原因导致大尺寸镁合金在铸锭时产生的热裂倾向，平衡不同稀土元素的凝固系数，达到防止裂纹的目的。另一方面，稀土的添加净化了合金的熔体，降低了铁、钴、镍、铜等有害金属夹杂和熔体内的氧化物夹杂，也在一定程度上提高了半连续铸锭的成品率。通过优化合金中稀土元素的添加及配比，并优化合金的熔炼铸造工艺，本项目成功制备了直径465mm，长度大于2000mm的铸棒，制定了3项技术规范，形成了一整套大尺寸高强稀土镁合金半连续铸棒技术。

(2) 大尺寸稀土镁合金无缝挤压变形工艺

针对筒体部件对强度、耐腐蚀性、气密性的特殊要求，我们采用无缝慢速梯度挤压技术进行筒体的研制。新工艺解决了原铸造成型工艺存在的夹杂多、缩松、有气孔、加工困难、成品率仅有15%等诸多问题，不仅将材料的力学性能从280MPa提高到390MPa，而且使零件的成品率从15%提高到70%，大大提高材料的利用率和成品率。另外，新工艺相比于传统的分流模挤压方法，可使挤压温度降低50℃，模具损耗降低20%，同时克服了采用分离模必然形成焊合缝的关键隐患，适合本项目对材料性能均匀性的要求。

(3) 稀土在YHER4中的存在形式及强化机理

本项目研究了稀土元素在YHER4合金中的存在形式，确认金属间化合物 $\text{Al}_{11}\text{RE}_3$ 是主要的存在形式，并从电负性因素、原子尺寸因素及电子浓度因素角度简要的说明了该存在形式形成的原因。本项目也分析了铸态、热处理态及挤压态合金中，金属间化合物的形貌及变化过程，分析了析出相对动态再结晶过程及显微组织的影响规律。并在此基础上考察了其对合金耐腐蚀性能和力学性能的影响，总结了YHER4合金的强化机理。

- **与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较**
- 通过添加具有自主知识产权的下沉阴极电解生成的镁稀土中间合金而制备的YHER4合金，相比与国外牌号AZ80镁合金，具有更高的强度，相当的延伸率，更优的耐腐蚀性能（接近1/10的腐蚀速率）；同时，可使铸棒直径由340mm提高到465mm，铸棒外表面更加光滑；采用新合金、新工艺制备薄壁筒体，可使挤压温度降低50℃，模具损耗降低20%，成品率由60%提高到70%。综合计算，挤压件成本降低10%。另外，由于YHER4合金具有更高的力学性能和耐腐蚀性能，为零件设计提供了更多种可能，可以实现零件的集成化和轻量化，使我们发明的新牌号合金更具备市场竞争力。
- **应用情况**
- 同时，YHER4稀土镁合金也成功应用于神舟六号飞船电器箱和我国无人机上，分系统的重量减轻13公斤。
- 长春应化所与波音公司就YHER4的开发应用前景达成共识，波音公司分两个年度分别支持长春应化所10万美元/年和15万美元/年，以开展YHER4合金的成分优化及变形工艺研究，并准备逐步将YHER4合金应用于波音飞机的座椅骨架及内饰件上。
- **经济效益**
- 稀土镁合金的薄壁挤压成型关键技术 in 扬州宏福铝业有限公司得到产业化应用，使得挤压温度降低了50度，模具损耗降低20%，成品率提高10%，近3年实现新增销售额9550万元，新增利润3775万元。
- 高性能变形稀土镁合金在中国科学院长春应用化学科技总公司进行了产业化示范，近3年实现新增销售额9477万元，新增利润3790.8万元。
- 高性能稀土镁合金和稀土镁中间合金在岳阳显华冶金新材料有限公司进行合作研发，应用长春应化所的关键技术，公司近3年实现新增销售额36751万元，新增利润14700.4万元。
- **社会环境效益**
- 如果部分铝合金被稀土镁合金替代，将会减轻1/3的重量。航天领域每减重1克将会节约2万美元，可以携带更多的推进剂和载荷，增加飞行距离，意义非常重大。可满足汽车轻量化的需求以适应环保和废气排放的标准。稀土镁合金，不仅可以提高合金的力学性能、耐腐蚀性能、使用温度，还可以平衡稀土资源的合理利用，实现稀土资源高值化。

6 CRESTA2018-03-042 碳酸氢镁法治炼分离包头稀土矿新工艺 科技进步类 一等奖

主要完成人	冯宗玉、黄小卫、韩满璇、王猛、郭小龙、夏超、徐旻、方中心、张永奇、李虎平、孙旭、田斌、赵龙胜、王斌、刘向生
主要完成单位	有研稀土新材料股份有限公司、甘肃稀土新材料股份有限公司、有研科技集团有限公司
项目来源	工信部工业转型升级资金绿色制造工程

主要技术创新点

(1) 首次提出并研发成功碳酸氢镁溶液高效浸取硫酸化焙烧矿技术。采用循环自制的碳酸氢镁溶液浸取焙烧矿，替代常规的水浸-氧化镁中和除杂工艺。利用RE与Fe杂质浸取动力学差异，并结合调控焙烧矿溶解过程的异相界面反应动力学状态，实现稀土快速高效浸出的同时，铁、磷优先络合成渣，降低浸出液Fe杂质含量；通过碳酸氢镁溶液精确调控中和除杂过程的pH值，有效避免局部碱度过高造成稀土沉淀损失，提高稀土回收率，从而实现浸矿、中和除杂及简化工艺流程“一举多得”的效果。

(2) 将碳酸氢镁溶液应用于硫酸稀土体系皂化萃取转型和分离。采用碳酸氢镁溶液对硫酸体系P507有机相进行皂化，然后进行稀土萃取转型和分离。通过水-油-气多相反应动力学研究，强化碳酸氢镁皂化萃取反应过程，与原氧化镁调控pH萃取相比，液-液反应更快，且可精确调控萃取水相平衡酸度，从而提高稀土萃取回收率，同时有效解决了常规工艺存在的氧化镁引入Fe、Al、Si等杂质干扰、反应慢等问题。进一步，通过在萃取转型过程中对皂化度、萃取相比、平衡酸度等参数的调控，实现对钙元素定向迁移与调控，抑制溶液中硫酸钙富集峰强度；并基于诱导析晶理论开发出硫酸稀土溶液晶种循环降钙技术，从而有效解决了硫酸钙结垢的难题。

(3) 研发成功硫酸镁废水和CO₂循环制备碳酸氢镁溶液技术。采用廉价的钙镁等碱性化合物对硫酸镁废水进行中和碱转，生成硫酸钙和氢氧化镁混合浆液，再通入稀土皂化萃取等过程回收的CO₂进行碳化提纯。运用钙、镁离子碱度性质及其碳酸盐溶解度的差异，结合碳化双膜理论研究气-液-固多相反应的传质和动力学，揭示了复杂硫酸体系下碳化过程的主反应、副反应历程，从而强化碳酸氢镁转化过程，同时辅之以添加剂调控化学反应平衡状态，抑制硫酸钙对碳化的副作用，实现了钙和镁的有效分离，获得高品质低镁硫酸钙石膏产品和纯净的碳酸氢镁溶液；碳酸氢镁溶液循环用于稀土冶炼分离过程中，从而实现了水、镁及CO₂资源循环利用。

● 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

● 主要技术经济参数对比

项目	常规工艺	新工艺
1. 工艺参数	水浸-氧化镁中和、萃取转型分离	碳酸氢镁浸取-皂化萃取转型分离
硫酸化焙烧矿稀土浸出率	~92.0%	>93.0%
硫酸化焙烧矿杂质铁浸出率	~60.0%	<20.0%
有机负载浓度	0.17~0.18 mol/L	0.17~0.18 mol/L
稀土萃取回收率	~98.5%	>99.0%
稀土产品相对纯度	99.5%~99.999%	99.5%~99.999%
石膏副产品质量	作为废渣堆存	符合烟气脱硫石膏一级标准
化工材料循环利用率	硫酸镁废水~10%	Mg盐、CO ₂ >90%； 硫酸镁废水>90%
2. 制造水平	半机械化、机械化生产	自动化控制
3. 材料消耗成本（元/t-REO）	8166	5578

- 本成果开发的新工艺较传统的水浸-氧化镁中和除杂、萃取转型分离工艺具有显著的优势，在技术指标方面，硫酸化焙烧矿浸取过程中稀土浸出率提高1个百分点、杂质铁浸出率下降40个百分点，获得了高品质混合硫酸稀土溶液；稀土萃取过程回收率由98.5%提高到99%以上，稀土分离提纯过程中镁和CO₂回收利用率均大于90%，废水回收率由10%提高到90%以上，年处理及综合回收利用硫酸镁废水超过80万吨，并副产高质量低镁硫酸钙石膏，解决了常规工艺产生大量硫酸钙废渣的处置问题。在经济指标方面，每生产1吨稀土氧化物化工材料成本降低约2600元，年减少化工材料成本约3800万元。如新工艺推广应用到全部包头稀土矿冶炼分离企业，则年处理及综合回收利用硫酸镁废水近500万吨，年减少化工材料成本约2亿元，并有效提高稀土资源利用率、节约大量废水处理费用，实现包头稀土矿绿色环保、高效清洁生产，具有显著的经济、环境、社会效益，市场竞争力强。

- **应用情况**

- 甘肃稀土新材料股份有限公司采用该技术建成一条年处理30000吨包头稀土精矿的绿色冶炼分离生产线，实现自动化、连续化稳定运行。运行结果表明：利用冶炼分离过程产生的硫酸镁废水和回收的CO₂气体自制纯净的碳酸氢镁溶液，代替氧化镁或液碱用于包头稀土矿硫酸焙烧矿浸取、中和除杂及皂化P507和P204萃取转型与分离稀土，整套技术实现水资源以及镁、二氧化碳等化工材料的循环利用，大幅度降低生产成本，低碳减排，氨氮和废水近零排放；并消除了硫酸钙结晶、铝和铁杂质对萃取过程的影响，提高了稀土资源利用率和产品品质。萃取过程有机负载稀土浓度达到0.17~0.18 mol/L，稀土分离提纯过程中镁和CO₂回收利用率均大于90%；稀土萃取回收率达到99%以上，稀土分离得到的La、Ce、Pr、Nd产品纯度达99.5%~99.999%，产品质量稳定；碳化提纯获得高品质低镁硫酸钙石膏，各元素含量符合烟气脱硫石膏一级标准；废水回收率由10%提高到90%，稀土冶炼分离材料成本降低30%以上，实现稀土绿色环保、高效清洁生产，经济、环境、社会效益显著。

- **经济效益**

- 根据该技术在甘肃稀土新材料股份有限公司2016年7月~2018年7月期间的应用效益证明材料（甘肃稀土会计报表数据），新技术产业化应用生产高品质稀土氧化物26000余吨，新增销售额16.8亿元；根据化工材料成本降低以及稀土回收率、废水回用率提高而增加的价值，新增利润7500多万元，经济效益显著。

- **社会环境效益**

- 该技术提供了含盐废水经济可行的处理方法，无需高能耗的膜浓缩或蒸发结晶，实现了稀土绿色环保、高效清洁生产，具有降低生产成本、减少环境污染、提升产品品质的多重优势，符合党的十八届五中全会提出的“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念，及《中国制造2025》提出的“全面推行绿色制造，……积极打造绿色制造体系”的要求，为打赢稀土污染防治攻坚战提供了有力的技术支撑，对促进稀土产业健康发展具有重要的社会环境意义。

7 CRESTA2018-01-002 联动萃取分离流程设计理论 基础研究类 一等奖

主要完成人	程福祥、吴声、廖春生、严纯华
主要完成单位	五矿(北京)稀土研究院有限公司、北京大学稀土材料化学及应用国家重点实验室
项目来源	973项目

• 主要技术创新点

本项工作成果是对串级萃取理论的发展，建立了联动萃取分离流程设计的理论体系，主要创新点体现在如下几个方面：

- (1) 与早期串级萃取理论相比，最小萃取量和最小洗涤量公式从两组份体系拓展至多组分体系的理论计算，理论上可适用于任意组分数度的分离单元；
- (2) 本项工作中公式推导无需做关于萃取体系组分和进料级组成的假设，只沿用早期串级萃取理论中关于恒定分离系数、恒定混合萃取比和恒定流比3个基本假设；基本假设数目从5个减少到3个，也体现了本项理论研究工作的承续性与先进性；
- (3) 基于本研究团队多年来对于串级萃取理论的深入研究及对工业实践过程的深刻理解，创新性地提出了邻级杂质比这一全新的概念，正是对这一概念变化规律的研究，才得以开启了探索联动萃取过程理论研究的大门，也才得以逐步推导得到了本项成果中的系列理论公式。

•与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

一直以来，联动萃取流程工艺的设计都是采用动态模拟仿真计算进行，该方法需从大量计算结果中择优确定工艺参数，工作量大，且无法判定所选结果是否已最优化，本工作提供了具有理论最优化参数联动萃取分离流程设计的公式计算方法，研究成果具有显著先进性。

- **成果相关科技论文和申报专利情况如下：**

- 程福祥, 吴声, 廖春生, 严纯华. 串级萃取理论之联动萃取分离工艺设计: IV、分离单元间的最优化衔接, 中国稀土学报, 待发表.
- 程福祥, 吴声, 廖春生, 严纯华. 串级萃取理论之联动萃取分离工艺设计: III、进料级联动分离单元基本关系式, 中国稀土学报, 待发表.
- 程福祥, 吴声, 廖春生, 严纯华. 串级萃取理论之联动萃取分离工艺设计: II、出口联动分离单元基本关系式, 中国稀土学报, 待发表.
- 程福祥, 吴声, 廖春生, 严纯华. 串级萃取理论之联动萃取分离工艺设计: I、串级萃取分离过程的邻级杂质比, 中国稀土学报, 3(3): 292-300.
- 发明专利, 一种多组分联动萃取分离流程设计系统及设计方法, 申请号: 2018 1 0183244.6.
- Cheng Fu-Xiang, Wu Sheng, Wang Song-Ling, Zhang Bo, Liu Yan, Liao Chun-Sheng, Yan Chun-Hua. Minimum amount of extracting solvent of $(A_1A_2 \dots A_{t-1})/(A_2A_3 \dots A_t)$ countercurrent extraction separation, *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 5: 325-336, 2015.
- Cheng Fu-Xiang, Wu Sheng, Zhang Bo, Liu Yan, Wang Song-Ling, Liao Chun-Sheng, Yan Chun-Hua. Minimum amount of extracting solvent of two-component extraction separation in a complex feeding pattern, *Separation and Purification Technology*, 142:162-167, 2015.
- Cheng Fu-Xiang, Wu Sheng, Liu Yan, Wang Song-Ling, Zhang Bo, Liao Chun-Sheng, Yan Chun-Hua, Minimum Amount of Extracting Solvent of a Separation of Two Rare Earth Components, *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 4: 275-283, 2014.
- Cheng Fu-Xiang, Wu Sheng, Wang Song-Ling, Zhang Bo, Liu Yan, Liao Chun-Sheng and Yan Chun-Hua, Minimum amount of extracting solvent of $(A_1A_2 \dots A_{t-1})/(A_2A_3 \dots A_t)$ separation when using non-barren extracting solvent, *Chinese Journal of Chemistry*, 32:1022-1028, 2014
- Cheng Fu-Xiang, Wu Sheng, Liu Yan, Wang Song-Ling, Zhang Bo, Liao Chun-Sheng and Yan Chun-Hua, Minimum amount of extracting solvent for AB/BC countercurrent separation using aqueous feed, *Separation and Purification Technology*, 131:8-13, 2014.
- Cheng Fu-Xiang, Wu Sheng, Zhang Bo, Liu Yan, Wang Song-Ling, Liao Chun-Sheng and Yan Chun-Hua, Minimum amount of extracting solvent of AB/BC countercurrent extraction separation using organic feed, *J Rare Earths*. 32(5):439-444, 2014.
- Cheng Fu-Xiang, Wu Sheng, Liao Chun-Sheng, Yan Chun-Hua, Adjacent stage impurity ratio in rare earth countercurrent extraction process, *J Rare Earths*, 31(2):169-173, 2013.

- **经济效益**

- 应用本项理论成果, 可使分离流程设计尽可能接近于给定混合稀土料液分离过程的理论消耗极限, 节约酸碱化工试剂消耗, 从而节约生产成本。

-

- **社会环境效益**

- 应用本项理论成果, 可使分离流程设计尽可能接近于给定混合稀土料液分离过程的理论消耗极限, 节约酸碱化工试剂消耗, 不仅节约生产成本, 也将相应降低含盐废水排放, 从而降低稀土分离过程对于环境的污染。

8 CRESTA2018-03-028 富镧铈、高性能稀土镍氢动力电池的研究和产业化 科技进步类一等奖

主要完成人：钟发平、匡德志、徐国昌、谢红雨、柳立新、周旺发、胡向宇、陈香、钟巍、丁艳巧、张晓、郭军团、张旭辉、周汉聪、王辉

主要完成单位：湖南科霸汽车动力电池有限责任公司

项目来源：2014年工业转型升级强基工程

主要技术创新点

创新点1：研究开发新结构、高性能稀土镍氢动力电池，解决电池低温活性差、高温充电效率低、使用寿命短、安全性不足等世界性难题。

- 1) 基于稀土金属及其氧化物能有效提高正极析氧过电位的理论，充分研究并优化出在正极中添加一定比例金属钪或其氧化物和一定比例钴、钙等元素的方法，电池70℃高温充电效率提升至91%。
- 2) 研究开发新型富镧铈稀土储氢合金以及合金的高温碱处理工艺，提高电池低温放电效率和使用寿命。
- 3) 开发成功具有自热平衡功能、免焊接的新型结构的电池，极大提高电池的安全性能。

创新点2：电池关键材料的突破。

- 1) 通过用Li⁺部分取代晶格中的Ni²⁺，扩充了晶格缺陷，得到的新型球镍的粉体阻抗降低50%，有效解决了放电容量衰减快的问题，延长电池使用寿命。
- 2) 开发了低成本的新型富镧铈稀土合金，通过优化合金冷却条件等技术改善合金的偏析现象，提高抗粉化能力，达到提高电池使用寿命的目的。

创新点3：关键工艺技术创新

- 1) 发明了正极浆料闭环反馈定量喷涂系统，实现了动力镍氢电池极板的精确自动化生产。该系统集成了蛇形纠偏系统、影像识别系统和流量控制与反馈系统，实时监控极板充填状态，极板品质达到世界领先水平。
- 2) 发明了一种负极在线无损检测涂布重量的方法，在国际同行业中首次实现β线在线检测电池负极极板中活性物质重量，进一步提升了电池特别中电池组的寿命、安全等性能。

创新点4：短板装备国产化及集成成套装备系统开发

- 1) 本项目开发了具有世界先进水平的双镍带精确连续超声波焊接、全新的负极生产线、全自动电池装配生产线等电池制造关键装备，技术来源于日本但全部实现了国产化。
- 2) 通过企业资源计划系统（ERP）、制造执行系统（MES）、产品生命周期管理系统（PLM）集成，建设集成工业网络系统，实现工厂级互联互通。工厂生产效率提高30%，运营成本降低20%以上，产品不良率由5%降至1%，单位产值能耗降低20%。

4. 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

1) 产品技术水平

2018年1月，中国轻工业联合会在北京组织并主持召开了项目技术鉴定会。鉴定委员会一致认为：该项目整体技术创新性强，在电池温度适应性、安全可靠性能、低温倍率性能、使用寿命和电极材料性能等方面达到国际领先水平。鉴定委员会一致同意通过该项目成果鉴定，并建议进一步加大推广应用力度。

电池产品主要技术指标如下表所示

评价项目	国外水平	科力远
高温充电效率	松下 60℃ 86%	70℃ 91%
低温启动	10s	17s
4C 放电到 1V	松下 90.6%	93%
8C 放电到 1V	松下 75.5%	86%
室温倍率	12C 放电到 1V	松下 27.5%
放电效率		62%
20C 放电到 1V	68s	120s
使用温度范围	松下-20℃~60℃	-40℃~70℃
比容量	PEVE 46Wh/kg	60Wh/kg
28 天常温荷电保持	83.71%	84.28%
低温启动 (-20℃250W 放电)	10s	17s
高倍率充电 (750W 充电 10s)	9.4V	9.6V
使用寿命	20 万公里	30 万公里

2) 市场竞争力

产品现已大量向丰田公司供货，本项目开发的产品是丰田公司海外唯一指定用产品。国内混合动力汽车用镍氢动力电池基本上全部用本项目产品。

3) 存在的问题

主要有两个方面，一是产能不足，产品供不应求，公司有产能倍增计划且在实施过程中，预计到 2020 达年产 36 万台套的水平；二是成本压力仍较大。用户希望产品物美价廉，来自市场的压力需要进一步降低产品价格，而国内在动力电池领域研究不足，材料等新技术开发缓慢，如何通过技术手段来降低成本、提升产品性能，以及解决产业配套促进整体发展等是项目面临的新问题。

5.应用情况

该项目攻克了高性能电池产品、关键材料、生产工艺和短板装备等四大业界难题，取得一系列创新性成果。打破了住友电工、松下等国际一流同行的垄断项目技术及产品已成功在节能与新能源汽车、轨道交通、智能家居、军工等领域的50 多家企业得到大规模推广和商业化应用，实现高质量产品供给。

国外用户以丰田为例，近三年共计搭载 39 万台套；国内代表单位：吉利汽车、长安洗车、安凯客车、中国中车等用户累计搭载 1.5 万台套。

项目产品的主要用户情况如下表：

应用单位名称	应用技术	应用单位联系方式	应用情况
湖南科霸汽车动力电池有限责任公司	电池和极片及装备技术	彭民算 0731-88793627	建成国际一流镍氢动力电池生产线，近三年销售额77365 万
科力远混合动力技术有限公司	高性能汽车动力电池	江百川 0757-83550858	国内自主混合动力总成供应商，近三年销售额23555 万元，新增利润1884.9 万元。
新中源丰田汽车能源系统有限公司	高性能汽车动力电池	孙新红 18852938009	提高产品技术水平和质量，2017年销售额75900 万元
科力美汽车动力电池有限公司	高一致性汽车动力电池极片	岡本泰行 0512-52212228	明在混合动力汽车上，2017年销售额53437 万元，新增利润5027 万元
iRobot Corporation	高性能镍氢电池	Paula J Steeves 001 781-430-3090	用作机器人动力，近两年销售额145018.4 万元，新增利润23263.98 万元
益阳科力远电池有限公司	电池及装备技术	崔备华 0737-6202912	建成高性能民品电池生产线，近三年销售额95864 万元，新增利润2816 万元。

高性能稀土镍氢动力电池除了在混合动力汽车上使用外，项目产品已成功应用于丰田的氢燃料汽车上。此外在我国的轨道交通领域也展开应用，作为不间断电源在中国铁路BST25T型列车示范运行。

项目关键工艺、设备技术通过先进储能材料国家工程研究中心推广应用于锂离子电池等行业，促进我国电池行业整体进步。

6.经济效益

产品目前在混合动力汽车上已成功商业化应用，典型应用单位和产品包括：科力美汽车动力电池有限公司的丰田卡罗拉、雷凌等车型；湖南中车时代电动汽车股份有限公司的TEG6106EHEV12产品；安徽安凯汽车有限公司的HFF6102G03CHEV-1产品；佛山市飞驰汽车制造有限公司FSQ6110CHEVP1城市客车；天津市松正电动汽车技术股份有限公司开发的城市大巴车项目；

科力远混合动力技术有限公司的吉利帝豪汽车项目。

近三年经济效益				
单位：万元（人民币）				
自然年	完成单位		其他应用单位	
	新增销售额	新增利润	新增销售额	新增利润
2015	12090.46	346.95	/	/
2016	19,917.31	2232.64	/	/
2017	34871.10	4242.52	/	/
累计	66878.87	7322.11	/	/
主要经济效益指标的有关说明：				
项目投产后的第1年利润率较低的原因是投产初期产品不良比例偏高，开发费用高所致；2016年、2017年的利润率有明显提升；自投产以来的三年直接经济效益合计7322.11万元。				

7. 社会环境效益

- 1) 带动动力电池产业链整体技术革新与进步。
- 2) 满足混合动力汽车、轨道交通、储能等领域对高品质电池的需求，实现高品质产品供给。
- 3) 培养大批产业亟需人才。
- 4) 合理利用我国丰富的、价格较低的镧铈等稀土资源。
- 5) 改善空气质量、促进人民身心健康；产品应用于混合动力汽车，可减少汽车尾气中CO₂、NO_x、CH化合物等排放量50%以上。
- 6) 用在混合动力汽车上可为消费者节省40%的汽油消费,为我国节省大量石油资源。

9 CRESTA2018-03-044 新型节能稀土金属电解槽研究开发 科技进步类 二等奖

主要完成人	陈国华、王小青、于兵、张志宏、刘玉宝、邓沅、张文灿、冯和云、刘冉、杨鹏飞、赵二雄、吕卫东 高日增、李坤、李麟
主要完成单位	瑞科稀土冶金及功能材料国家工程研究中心有限公司、包头瑞鑫稀土金属材料股份有限公司
项目来源	北方稀土（集团）高科技股份有限公司科技开发项目

主要技术创新点

- 1、新型节能稀土电解槽的工业化高效稳定运行；
- 2、大幅降低轻稀土金属生产能耗，电耗从9000kWh/吨降至7500kWh/吨；
- 3、提高稀土熔盐电解生产的机械化和自动化程度；
- 4、新型电解槽金属产品中碳含量≤0.02%，铁含量≤0.10%。

与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

该项目的研究成果打破了底置式阴极稀土电解槽不能稳定运行的技术瓶颈，实现了新型节能稀土金属电解槽的稳定运行，使稀土金属电解过程的电能效率提高15%以上，平均电流效率≥90%，槽电压<7.5V，综合能耗降低15%以上；金属纯度≥99.5%。下表为项目研制槽型与现工业普遍应用的槽型的运行情况对比。

新槽型与传统槽型指标对比表

	原槽型	项目槽型（预期目标）
电流	万安	>12K安
电压	8-9V	< 7.5V
电能效率	<20%	≥35%
电耗	9000kWh/吨金属	≤ 7500kWh/吨金属
阳极单耗	220-250kg/吨金属	≤170kg/吨金属
氟化稀土单耗	90kg/吨金属	≤ 50kg/吨金属
收率	95%	>97%
电解尾气	烟尘含量小50mg/m³； 氟化物含量小于7mg/m³	烟尘含量小30mg/m³； 氟化物含量小于3mg/m³

- 通过对比可以发现，该项目研制的新型稀土金属电解槽及其工艺较现工业运行的槽型工艺除了在节能方面表现突出，在其他诸多方面都有所提高。产能提高20%，氟化物单耗降低45%以上，稀土收率提高2%，阳极单耗降低20%以上，电解尾气中氟化物和烟尘含量都有所降低。以电解制备金属钕为例，利用一台新型节能电解槽及工艺生产，较原槽型工艺生产可增加效益40万元/年，会带来较大的经济效益，所以该项目研制的新型节能稀土电解槽及工艺具有较强的市场竞争力。

● 应用情况

- 该项目的研究成果打破了底置式阴极稀土电解槽不能工业化稳定运行的技术瓶颈，实现了稀土熔盐电解装备及技术的重大突破，工艺技术及机械化水平产生了质的提高，进一步降低稀土金属生产的综合消耗和成本，提高了产品质量的一致性和稳定性，显著地提高了劳动生产率，各项技术指标达到国际领先水平，经济效益显著。
- 该项目研究开发的新型节能稀土金属电解槽及工艺已经于2016年7月应用于稀土金属的批量生产。目前，利用该项目所开发的新型稀土金属电解槽及工艺累计生产和销售稀土金属3923吨，新增产值156920万元。本项目与原槽型相比综合能耗降低16%，提高单槽产能2.7吨/月，综合料比降低0.005，项目实施过程中累计降低原料消耗15.7吨，按原料平均价格35万元/吨计算，降低原料费549.5万元；加工成本降低16%，项目实施过程中累计降低加工成本266.8万元。项目实施过程中累计总节支816.3万元。
- 利用该项目研制的新型节能稀土金属电解槽可以大幅降低轻稀土金属生产能耗、减少有害物质排放、提高稀土熔盐电解生产的机械化和自动化程度，符合我国当前大力发展循环经济和建设节约型社会的方针政策，是稀土熔盐电解行业走入良性、健康发展的轨道、实现可持续发展道路的重要措施，对推动稀土产业在我国的发展具有重要的导向意义。

● 经济效益

- 该项目成果的推广应用，可使熔盐电解法生产稀土金属或合金的能耗降低15%，若该设备与工艺在轻稀土金属或合金生产企业全面推广，按照每年轻稀土金属或合金用量为8000万吨计算，与现运行的工艺能耗9000kWh/吨相比，**每年可节约电能 2×10^8 kWh**，降低生产成本10000万元；此外，该设备和工艺减少了有害物质的排放提高了稀土熔盐电解生产的机械化和自动化程度，降低了环保投入以及人工成本。所以，该项目的实施具有可观的经济效益。

● 7. 社会环境效益

- 针对熔盐电解法制备稀土金属或合金存在的高能耗和高污染等问题提出的该项目，符合我国当前大力发展循环经济和建设节约型社会的方针政策，是保护环境、走可持续发展道路的重要措施，具有极大的现实意义。该项目的实施，可以大幅降低轻稀土金属生产能耗、减少有害物质排放、提高稀土熔盐电解生产的机械化和自动化程度，使稀土行业走入良性、健康发展的轨道，对推动稀土产业在我国的发展具有重要的导向意义。

10 CRESTA2018-03-043 稀土钢用稀土铁合金的研制 科技进步类 二等奖

主要完成人	张志宏、于雅樵、屈文胜、任慧平、陈国华、刘玉宝、岳长青、陆斌、高日增、于兵、吕卫东、袁晓鸣、杨鹏飞、贺景春、张文灿
主要完成单位	瑞科稀土冶金及功能材料 国家工程研究中心、包头稀土研究院、内蒙古包钢钢联股份有限公司、内蒙古科技大学
项目来源	中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司科技研发项目

• 主要技术创新点

项目的主要创新性有以下两点：

- 1、开发了熔盐电解及中频炉成分调控双联法制备稀土钢用稀土铁二元合金新技术，可实现连续稳定生产，合金成分可控；稀土铁合金具有密度和熔点适宜，稀土元素易于加入，易于贮存等优势，是工业化生产稀土钢用新型铁合金。
- 2、采用稀土钢用新型稀土铁合金及相应的加入方式，是解决连铸过程堵塞水口、稀土收得率不稳定等技术难题的有效方法。新型稀土铁合金适合稀土钢工业化生产，已成功应用于生产稀土耐磨钢和高强钢，能够提高钢材的低温冲击韧性和耐磨性。

• 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

• 本项目开发的熔盐电解及中频炉成分调控双联法与目前生产稀土铁合金技术（熔兑法和自耗阴极电解法）相比，具有生产成本低、可实现连续生产、效率高等优势。开发的稀土铁合金品质高、杂质元素含量低，且合金密度、熔点适宜，活度低，加入钢中操作方便，直接投入即可，收得率能够稳定在50%以上。与吊挂法、喂丝法、喷粉法、压入法等稀土加入方式和稀土硅铁合金、包芯线、稀土金属棒（块）等稀土加入形式相比，均有一定的优势。在价格方面，稀土铁合金一般在2-3万元/吨，纯稀土金属3.7-4万元/吨（镧、铈、镧铈），稀土金属丝7-8万元/吨。综合分析稀土铁合金具有较强的市场竞争力。

- **应用情况**

- 项目组试制的稀土铁合金在包钢（集团）公司薄板厂、炼铁厂、炼钢厂、技术中心、稀土钢板材厂、内蒙古科技大学、济源中原工模具钢有限公司、包头威丰有限公司、包头一机、河北兴业铸造有限公司等单位得到试用，效果良好。目前已累计为包钢各分厂提供合金7吨。
- （1）两连浇工业试验
- 2017年10月19日，在包钢炼钢厂制钢一部进行了HRB400E稀土钢板两连浇试验，试验过程稳定顺行，未发生絮结现象，稀土收率50%以上。
- （2）三连浇工业试验
- 2017年11月23日，在包钢薄板厂进行了BTNM450/360稀土高强度耐磨板三连浇工业试验。试验过程稳定顺行，未发生絮结现象。稀土收率40%-50%。
- （3）两轮次五连浇工业试验
- 2017年12月1日，在包钢薄板厂进行了NM450/360稀土钢工业化试验。生产过程稳定顺行，连铸过程液位线平稳，无絮结现象，顺利实现两轮次五连浇生产，连铸过程水口通畅，共生产稀土钢2000吨。钢中稀土平均收率57.5%。力学性能检测全部合格。在前期两轮次五连浇工业化试验稳定顺行的基础上，包钢薄板厂已经确定在牌号钢生产中批量使用稀土铁中间合金。
- （4）2018年6月11日，包钢薄板坯连铸连轧厂使用稀土铁合金产品，进行了高强钢板工业化生产试验，整个过程稳定顺行，连铸过程液位线平稳、水口通畅，无絮结问题，创造了九连浇生产1890吨稀土钢的新纪录。钢中稀土收率50%以上。
- （5）试制的铈铁合金产品在奥氏体不锈钢生产中进行试用，效果良好。尤其是在敏化测试方面，未加稀土均不合格，加入稀土后均可以通过敏化测试。
- **经济效益**（社会公益类项目可以不填此栏。）
- 项目成功地开发了高品质、低成本稀土钢用稀土铁合金产品及其制备技术。该合金的特点是：氧含量低、成份均匀稳定；应用到钢中易于加入、烧损小、收率高。该合金可作为炼钢添加剂，能提高稀土收率，保障生产线顺行。以年产1200吨稀土铁合金计算，每年可新增产值近5000余万元。如果每年生产的稀土铁中间合金全部应用到稀土钢生产中，间接经济效益显著。
- 7. 社会环境效益（<200字）
- **社会效益分析：**（1）项目研发的稀土铁合金可有效解决稀土钢生产过程中钢中稀土收率不稳定、水口结瘤等问题，推动了具有中国特色的稀土钢产业化进程。（2）是解决高丰度镧铈稀土资源利用不平衡问题的有效途径之一。（3）为我国钢铁企业创新发展中国特色的稀土钢产品，实现钢铁工业提质增效提供支撑。
- **环境效益分析：**生产稀土铁合金过程中产生废水、废气、固体废物均能达到国家要求的标准，属于环保型技术和产品，而且能够减少含稀土矿物的大量堆存，对环境有积极的作用。

11 CRESTA2018-03-041 混合稀土精矿冶炼工艺优化及大型连续生产装备研制开发 科技进步类 二等奖

主要完成人	陈建利、崔建国、赵军、侯睿恩、许国华、郝肖丽、彭婧、王哲、刘磊、谢军、徐萌、王永利、高婷于博、柳凌云
主要完成单位	包头华美稀土高科有限公司、包头稀土研究院、瑞科稀土冶金及功能材料国家工程研究中心有限公司
项目来源	省、市、自治区计划，企业自立

主要技术创新点

焙烧工序：（1）实现回转窑焙烧的连续化、自动化作业。（2）窑炉改造解决生产过程中窑体结圈问题。（3）实现稀土焙烧用回转窑的规模化放大。

水浸工序：（1）在矿浆液过滤工序，将现有的过滤、洗涤工艺过程由三步减少为一步，实现整条生产线的自动化控制和现场监控，工人劳动强度降低，操作环境得到了明显改善，且很大程度的提高了生产效率，降低了滤布的消耗。（2）将水浸液精滤的设备由现有的板框压滤机改为自动反洗表面过滤器进行固液分离。提高了自动化程度和硫酸稀土的产品质量，改善员工操作环境。（3）采用自主知识产权的“一种提高稀土浓硫酸焙烧矿浸出液中稀土浓度的方法”工艺方法，通过改变焙烧矿的浸出液，直接制备混合氯化稀土料液，进入萃取工序。避免了P₅₀₇皂化全捞转型工序镁皂废水的产生，和后续的镁皂废水处理工序。（4）采用“现场调研+实验+实践”的方式，查明无效级、颗粒粒度组成分布、REO溶出率浓度梯度分布、水浸酸度等条件以及磷、铁、钙杂质与稀土相关影响关系等多条导致水浸效率低下的因素，提出“大接触面提取+多元相精准控制技术”的焙烧矿水浸优化工艺方案并加以实施。

碳沉工序：通过自行设计混合碳酸稀土的沉淀工艺，并将自主研发的设备八角沉淀罐应用于生产中，并将原有的固液分离设备离心机改为橡胶台式真空过滤机，橡胶台式真空过滤机控制系统安全性提高。整体工序自动化程度提高，便于操作，同时安全性提高，降低工人劳动强度，改善工作环境。

- 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较
- 目前，包头白云鄂博稀土精矿主要采用浓硫酸高温焙烧工艺，主要包含焙烧、水浸、转型（碳酸氢铵或者 P_{507} 转型）工序，华美公司是全国最大的稀土冶炼分离企业，通过本项目的实施优化冶炼工艺、研制使用新型设备，提高了稀土冶炼的自动化水平、产品质量，实现了焙烧烟气、转型废水的资源循环利用，具有很强的市场竞争力。
- 焙烧工序：现有回转窑设备进料、混料、焙烧仍是间歇式操作，各个生产环节不够连续，容易造成废料的产生，同时由于各个生产环节需要衔接，可能会出现酸雾泄露现象。水浸工序：现有的过滤、洗涤设备使用三套压滤系统进行矿浆液的过滤、矿浆渣的酸洗、水洗，最终得到合格的硫酸稀土溶液和含水率约40 %左右的外排渣，存在外排渣稀土含量偏高、水分较大、外排渣处理费用较大等问题。沉淀工序：现有沉淀工序设备主要使用的固液分离设备是离心机，存在自动化程度低、生产效率低，劳动强度大等诸多问题，
- 通过该成果的实施，焙烧工序可实现稀土精矿焙烧系统精矿输送的连续化、自动化、回转窑的放大、回转窑焙烧过程的自动化控制；水浸工序可将干渣可溶稀土含量由原来的1.33 %降至0.32 %，大大减少了外排干渣的稀土含量，减少了稀土损失，同时优化水浸液质量，提高生产自动化程度；碳沉工序可提高产品均一性，降低生产成本，提高生产过程的安全性和自动化水平，便于生产操作及定期维检修。
- 该成果能满足产品的性能要求，具有先进技术水平，填补国内在该领域的空白，符合资源综合利用和可持续发展的要求。同时，本项目的建设对改善我区、我国稀土产品结构、促进我国稀土产品升级换代，扩大稀土的应用领域和用量，增强出口创汇能力，将稀土资源优势尽快转化为经济优势具有重大现实意义。

● 应用情况

- 2013年，项目成果应用于包头华美稀土高科有限公司碳沉工序的工艺改造，使用橡胶台式真空过滤机替代原有的固液分离设备，通过更换固液分离设备，提高了产品均一性，降低生产成本提高了生产过程的安全性和自动化水平，便于生产操作及定期维检修，节约生产成本30万元。
- 2014年，该项目完成小试试验基础上，项目成果应用于包头华美稀土高科有限公司水浸工序的工艺改造，根据焙烧矿水浸外扩散机理，使用自制的滚筒筛和重力沉降设备对水浸浆液进行过滤拦截后，大颗粒未溶解完全的焙烧矿返回浸出槽或采用湿法高效连续破碎分级设备进行二次浸出，提高浸出效率。目前干渣可溶稀土含量由原来的1.33%降至0.32%，大大减少了外排干渣的稀土含量，减少了稀土损失。采用8台80 m²连续式表面过滤设备取代现有16台板框压滤机，自动化程度提高，操作环境改善，且过滤面积减少720 m²，滤布消耗大大减少。
- 2014年在北方稀土集团公司“稀土生产“三废”综合治理技术改造工程”中，为整体项目提供了过程渣、液参数，为公司提供了冷、热焙烧矿水浸差异，铁精粉对焙烧过程的影响，固液比、温度等条件对水浸过程的影响等研究结论，并以此为设计依据，设计并应用高效水浸方案。

● 经济效益

- 2014年，包头华美稀土高科有限公司工艺、设备通过优化后共计生产销售混合碳酸稀土5861.66吨，平均产品售价为2.14万元/吨，平均成本为1.74万元/吨。通过该产品的生产、销售，实现销售收入12524.91万元，实现利润1960.65万元，上缴税金394万元。更换橡胶台式真空过滤机后该工序由原来的15人减少为9人，按人均年工资5万元计算，节约人员成本30万元。
- 2015-2017年，包头华美稀土高科有限公司工艺、设备优化后，累计共计生产水浸液146571吨（折45），**增收稀土1545吨tREO**，按2.8万/tREO计算，**新增产值4327万元**；**年节约必要人工成本850万元**，年平均减少滤布消耗57.93万元，年增加设备折旧成本85.2万元，水浸渣含水率可下降10%左右，废渣的处置费可节约50万元/年，**年平均节支总额为872.73万元**。

● 社会环境效益

- 该项目实施后提高了稀土精矿湿法冶金分离的自动化水平、改善员工操作环境、降低劳动强度完全满足产品性能要求，代表了先进技术水平，填补国内外在该领域的空白，符合资源综合利用和可持续发展的要求，具有显著的社会环境效益。

12 CRESTA2018-03-019 各向同性耐热粘结磁粉产业化关键技术 科技进步类 二等奖

主要完成人	罗阳、于敦波、闫文龙、张洪滨、谢佳君、权宁涛、杨远飞、胡州、彭海军、李红卫
主要完成单位	有研稀土新材料股份有限公司
项目来源	企业自立

主要技术创新点

- (1) 本项目利用钕铁硼材料的正温度系数特性，创新设计了NdYFeB耐热钕铁硼粘结磁粉成分配方，通过优化热急冷技术工艺，调节高丰度钕元素分布，开发出具有优异磁性能及耐温特性的高矫顽力粘结磁粉，形成了多个性能优异的系列品牌号，16-11粘结磁粉其矫顽力温度系数增加了0.16%，减少了7.4%的金属Nd用量，大幅度降低原材料成本。
- (2) 本项目基于各向同性磁粉超急冷制备工艺，采用优化的洁净钢熔炼及急冷制备技术，以及NdFeB亚稳相的再结晶控制技术，解决急冷过程中的温度与钢液流速不稳定的问题，实现了稀土合金的冷速可控，揭示了新亚稳相Nd₂Fe₁₇B_x促进形核和结晶的机理，获得细小均匀的微观组织，进一步提升了纳米晶粘结磁粉的矫顽力和热稳定性。
- (3) 本项目开发出与纳米晶磁粉晶粒度相匹配的低熔点合金扩散源，开发出适用于粘结磁粉的晶界扩散关键制备技术，结合低温渗透工艺和二次回火技术，实现扩散源的有效渗透，改善扩散源元素向稀土永磁粉扩散的均匀性，晶界扩散处理后的磁粉的矫顽力提升132%-152%，同时在120℃下磁通损失较未扩散的磁粉降低了约60%。
- (4) 本项目基于传统磷化技术中的问题，引入**磁粉表面修饰技术**，设计出新型无水覆膜剂体系，消除磁粉表面的棱角凸起和无水包覆膜，利用清洗和二次修复技术，最终获得具有均匀、致密包覆膜层的粘结磁粉。包覆后的磁粉在不降低磁性能的基础上，起始氧化温度从200℃提升至450℃，120℃下的不可逆磁通损失降低了30%以上。
- (5) 本项目开发出新型耐热粘结磁粉系列品牌号实现产业化，并进行了应用推广。2016年至2017年间，新增销售额7465万元；新增利润357万元。
- (6) 该工艺方法及产品已建立完善的专利保护机制，先后申请发明专利21项，其中国外专利6项，PCT专利2项；SCI收录论文7篇。该成果产品被评为2018年年度北京市新产品。

- **与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较**

- 本项目采用高丰度元素Y部分取代Nd，在取代量达到1wt%时，生产的粘结磁粉的最大磁能积达到了16.2MGOe，且矫顽力温度系数和剩磁温度系数都得到了改善。目前国内外市场生产耐热性磁粉主要以三元NdFeB成分及工艺优化为主，并未采用高丰度的元素Y来进行服役性能改性。
- 本项目成功将晶界扩散工艺应用于粘结磁粉制备过程中，开发的扩散源成分设计及低温热处理技术，从成本和制备的效果来看，都处于行业领先地位。目前，国内外研究和应用主要集中在烧结钕铁硼方面，对粘结磁粉方面研究较少；且传统研究主要集中在通过添加重稀土Tb、Dy元素来获得矫顽力提高，添加过多的重稀土元素，将造成资源的浪费及成本的升高，不利于产业化和稀土资源的平衡利用。
- 本项目开发的无水覆膜法发技术针对传统磷化技术存在的问题，通过在包覆前后对磁粉表面进行修饰，并利用无水包覆剂体系对磁粉覆膜的技术思路，实现了在不破坏磁粉磁性能的基础上，显著提高磁粉的抗氧化性和热稳定性，相对国内外传统表面改性技术，本项目开发的技术成功解决了表面含结晶水问题且制备的薄膜更均匀、更致密。

- **应用情况**

- 本项目开发的含**高丰度Y纳米晶粘结磁粉**已实现了规模化生产，受到了下游磁体客户的认可，得益于热稳定性好、制备工艺简单等优点，目前已在下游磁体及电机厂家得到了广泛推广及应用，主要应用领域集中在家电、汽车等领域，包括：汽车启动电机、升降电机、风扇电机、制动器、天线自动收放电机、天窗自动开合电机、各种自动传感器等20种以上器件；在办公自动化方面包括计算机音圈电机、主轴电机、盘式驱动电机、步进电机等；家电类包括空调、音响等。随着新开发技术的推广及进步，其应用领域将不断开拓，前景日益广阔。
- 本项目开发的高磁性能和高耐热性NdFeB粘结磁粉已通过下游磁体厂家的评价，未来磁体应用领域主要集中在汽车电机及家电等低碳经济领域。

- **经济效益**

- 目前有研开发的耐热性新产品已实现年产能300吨的产业化规模。本项目产品耐热高性能磁粉在有研稀土新材料股份有限公司自行实施。在2016-2017年，耐热高性能磁粉的产量397吨，新增销售额7465万元；新增利润357万元，新增出口额3133万元。

- **社会环境效益**

- 本项目耐热粘结磁粉产品的产业化及应用推广，**突破了高丰度稀土元素在永磁领域的应用瓶颈**，进一步降低了中高端稀土永磁体产品成本，开拓了磁体需求市场的应用领域，尤其是钕铁硼高端领域，带动我国在稀土粘结磁性材料领域的产业创新，极大推动稀土粘结行业技术创新与稀土永磁材料上下游市场发展。高丰度稀土元素应用为稀土资源的平衡利用和材料的可持续发展提供有力保证，从而带动整体产业的健康发展。

13 CRESTA2018-03-016 高性能高稳定烧结钕铁硼永磁材料制备关键技术与产业化 科技进步类 二等奖

主要完成人	闫阿儒、郭帅、陈仁杰、丁广飞、宋杰、陈岭
主要完成单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所
项目来源	浙江省科技重大专项：超高矫顽力烧结NdFeB磁体的研究与开发，编号：2007C21097； 宁波市重点科技攻关计划：新型节能直驱永磁同步电机用高服役钕铁硼磁钢研发及产业化，编号：2013B10004； 宁波市自然科学基金：表面增强和晶界调控提高钕铁硼矫顽力及其使役性能的研究，编号：2013A610075； 宁波市自然科学基金：新型烧结钕铁硼磁体矫顽力增强方法探索，编号：2014A610162

主要技术创新点

(1) 基于建立的速凝片结构生长模型，优化了速凝技术，发展二级脱氢的氢含量控制技术，**发明氢化物晶界改性技术**，控制添加元素在晶界的分布，达到充分利用的目的。弥补了传统技术的缺点，同时又解决了稀土直接添加不易破碎的难题，提高了稀土的利用率。在此基础上阐明材料的成分、结构、显微组织与磁性能及其温度稳定性的关系，**开发出工作温度超过220℃的超高矫顽力烧结钕铁硼永磁材料**，性能指标达到：Br=12.38 kGs，Hcj=35.87 kOe，(BH)max=37.23 MGOe，工作温度220℃磁性能达到：Br=9.04 kGs，Hcj=8.11 kOe，（BH）max=19.35 MGOe；220℃磁通不可逆损失0.97%。

(2) 在细化晶粒的基础上，**提出低硼成分设计原则**，抑制杂相的析出，有效增加主相形成比例，结合微量元素对晶界成分的优化，实现磁体的晶界铁磁性、主相体积分数可控调节，效果明显优于传统稀土含量的调节手段。发明涡流感应热处理技术，利用电磁涡流搅拌作用，促进熔融的晶界相快速流动，形成连续增厚的富钕相薄层，达到增强矫顽力的目的，获得Hcj=19.45 kOe，(BH)m=42.43 MGOe的**无重稀土高矫顽力磁体**。

(3) **发明可控的电泳沉积晶界扩散技术**，精确控制重稀土元素扩散量，实现磁体矫顽力可控增加，并结合重稀土化合物晶界改性，将重稀土化合物辅相包覆于主相外围，利用高温回火工艺的优化，成功抑制了重稀土元素均匀化扩散，获得超高性能烧结钕铁硼永磁材料及其关键技术，并实现产业化。

- 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较
 - 本项目研发产品与日立、VAC产品性能比较

磁体种类	磁体产品名称	磁体来源	性能指标		
			Br(kGs)	Hcj(kOe)	(BH) _{max} (MGOe)
超高矫顽力	35AH	本项目研发	12.38	35.87	37.23
	NMX- S36UH	日立金属	11.6-12.4	≥30	32-37
	VACODYM890TP	VAC	11.5-11.9	≥33	31-34
	VACODYM992TP	VAC	11.9-12.2	≥30	34-36
无/低重稀土高矫顽力	42SH (Dy含量0)	本项目研发	13.22	19.45	42.43
	NMX-43F (Dy含量1.5-2.5wt%)	日立金属	12.9-13.6	≥19	39-44
	VACODYM247TP (Dy含量0)	VAC	13.2-13.6	≥18	42-45
超高性能	42VH	本项目研发	13.01	37.36	41.70
	45AH	本项目研发	13.59	33.25	45.65

超高矫顽力35AH磁体、无重稀土42SH 磁体、超高性能42VH和45AH烧结钕铁硼磁体填补了国内空白，产品主要技术指标和生产稳定性属国内领先，综合性能达到或超过国际同类产品先进水平。

本项目开发的符合企业标准的超高矫顽力35AH磁体，剩磁远高于国外企业标准上限，矫顽力也远高于其下限要求；本项目开发的无重稀土42SH 磁体，其剩磁和日立金属以及德国VAC 的磁体相近，但日立金属仍需要添加1.5-2.5%的Dy 才能达到矫顽力的要求，VAC虽不含重稀土，但其矫顽力远低于本项目无重稀土42SH磁体的矫顽力，本项目开发的磁体更具成本优势和市场竞争力；本项目开发的超高性能42VH和45AH磁体，综合磁性能[(BH)_{max}+Hcj]达到79，在国内外企业产品数据中均无可对标产品，达到国际领先水平。

- 应用情况

- 本项目所取得的相关技术成果与稀土永磁材料企业进行了广泛交流，截止目前已与宁波招宝、宁波松科、宁波科田、宁波同创等重点企业进行了广泛合作。
- 应用典型案例：
 - 在宁波招宝磁业进行生产线试验，最终实现超高矫顽力磁体的产业化，成功应用在汽车电机和风力发电设备上。依托于项目的成果转移，2015年至2017年，新增高矫顽力磁体销售3.14亿元，利税3667万元。
 - 项目研发的应用于混合动力汽车驱动电机的低重稀土高稳定性磁体在德国Bosch进行供样装机试验，结果证明：“项目成功探索出一种基于细化晶粒和富集镨元素于晶粒表面层的方法，开发了镨4-10wt%的一系列低成本高矫顽力磁体。...磁体具有满足混合动力和纯电动汽车用牵引电机和发电机要求的潜力。...材料所提供的磁体成本比目前正在使用的有日本和德国等厂家提供的同等性能磁体低20-40%以上。”目前该项技术成果已在国内烧结钕铁硼企业进行产业化推广。

- 经济效益

- 项目相关技术在宁波招宝磁业、宁波科田磁业、宁波松科磁材、宁波同创强磁等企业进行产业化推广，产品已应用于通讯设备、风力发电、永磁电机等高端应用领域，近三年新增销售额9.17亿元，新增利润9904.28万元，新增税收1916.27万元，取得了显著的经济效益，项目产生的直接经济效益如下表所述。

● 近三年（2015-2017）技术推广应用新增经济效益情况表 （单位：万元）

应用企业名称	新增销售额	新增利润	新增税收
宁波招宝磁业有限公司	31414	3189	478
宁波科田磁业有限公司	14182.08	1693.28	447.27
宁波松科磁材有限公司	25323	2864	482
宁波同创强磁材料有限公司	20798	2158	509
合计	91717.08	9904.28	1916.27

- 社会环境效益

- 本项目突破了高性能高稳定性磁体制备技术瓶颈，发展了具有自主知识产权的永磁新材料和新技术，取得了一批具有国际领先水平、明确应用前景的创新性研究成果，通过产业化应用推广，满足高技术领域及尖端技术领域需求，大幅提高了稀土资源的利用效率，降低了产品制造中的资源消耗并减少环境污染，促进了我国稀土永磁产业的健康可持续发展。项目已培养9名博士和4名硕士研究生，博士后8名，工程师2名，并为企业培养和输送技术骨干15名，为增强国际竞争能力提供人才保障和技术支撑。

14 CRESTA2018-01-017 稀土金属提纯和稀土储能材料研究 基础研究类 二等奖

主要完成人	李星国、颜世宏、刘彤、郑捷、王志强、苗睿瑛、李国玲、傅凯、张小伟、李里、陈德宏
主要完成单位	北京大学、有研稀土新材料股份有限公司、北京航空航天大学
项目来源	973、863、国家自然科学基金

主要技术创新点

1) 发展了高纯稀土制备新方法，获得了高纯稀土金属产品

首次根据凝固前沿的溶质再分配理论，建立了杂质在蒸馏产物分布的数学模型，为杂质去除程度提供了定量的理论基础。在固态电迁移中通过输电端接头设计明显改善料棒温度场分布，引入静磁场抑制了稀土金属原子核热振动以及对电子的散射，提高了杂质在电场下的迁移速度，促进了微痕量O、N等间隙杂质和Fe、Ni等过渡金属杂质的去除效率。

提出利用原子态氢除氧的策略，通过氢等离子电弧以及在稀土金属中固溶氢产生高活性原子态氢，提高了除氧的热力学驱动力，成功将氧杂质降至50 ppm以下。进一步利用同位素¹⁸O示踪稀土金属氧化过程，揭示了氧在稀土金属中的扩散规律，提出了高纯稀土金属的保存和加工技术。

获得了纯度>99.99%，气体杂质总量<50ppm的Gd、Tb和Dy，纯度达到国际先进水平，产品满足高性能稀土功能材料的应用需要。

2) 新型稀土储氢合金设计及新型应用

发展了稀土-镁基储氢材料的制备工艺和理论，通过纳米化显著提高了储氢性能并揭示了其机理，为进一步优化系统储氢材料的综合性能奠定理论基础。设计了只由氢化物形成元素组成的Mg-Y储氢合金，突破了储氢合金中必须含吸氢元素A和不吸氢元素B所组成的传统观念，揭示了充放电过程中协同效应诱发的全新放氢机制，有效的提高了其充放电容量。

利用稀土储氢合金的可逆吸放氢特性实现了金属水解电池、高效NaBH₄电化学氧化、稀土氢化物/石墨协同储锂等一系列新型电化学反应，拓展了传统稀土储氢材料的应用领域。也为发展高能量密度的新型电极材料和电池体系提供了新的方案。

- 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较
- 1) 高纯稀土金属提纯技术的突破
- 建立了具有自主知识产权的高纯稀土金属制备方法和工艺，其中利用等离子体和固溶产生原子态氢除氧的方法有效去除了氧杂质。获得了纯度 $>99.99\%$ （相对75种杂质元素，包括C、N、O和H四种气体杂质）、气体杂质总量为39.4ppm的高纯金属Gd，纯度 $>99.991\%$ 、气体杂质总量 $<48.2\text{ppm}$ 的高纯金属Tb，和纯度 $>99.993\%$ 、气体杂质总量 $<40.19\text{ppm}$ 的高纯金属Dy。上述产品均达到公斤级制备水平。
- 2) 稀土金属储能材料方面的突破
- 针对La-Mg-Al, La-Mg-Ni等高镁系稀土储氢材料，通过纳米化显著提高了其储氢性能，获得了大于6.0wt%的高容量储氢密度。在全部由吸氢元素构成的以 Mg_{24}Y_5 为主相的超细Mg-Y纳米晶薄膜中，获得了高达 1725 mAh g^{-1} 的可逆电化学容量，以该化合物为负极的镍氢电池可以达到接近锂电池的能量密度；其气态储氢性能也非常优良，在 80°C 下能够可逆吸放氢达6.3wt%，并且在2秒钟内能够完全放氢。上述成果突破了经典的稀土储氢合金设计理论，并证明稀土金属储能材料仍有很大发展空间，对于稀土工业发展和稀土资源均衡利用具有重要意义。

- **应用情况**

- 高纯稀土金属产品性能得到下游应用单位的广泛认可。
- 1) 4N 级高纯稀土金属镱及其靶材供给日本先进材料株式会社应用，结果表明：有研稀土生产的4N 级金属镱及其靶材，已投入使用；其产品纯度REM/TREM>99.99%，稀土及非稀土金属杂质总量小于50ppm，Fe、Si、Cu、Al 及C、N、O 等主要杂质满足客户对该类高纯产品的使用要求。
- 2) 4N 级稀土金属钆以及金属镱和铽的靶材供给天津三环乐喜新材料股份有限公司、沈阳中北通磁科技股份有限公司和包头天河磁性材料股份有限公司等单位应用，结果表明：有研稀土提供的高纯金属钆，稀土金属杂质含量<20ppm，相对纯度>4N8，其它非稀土杂质总量小于25ppm，C、N、O 和S 总量小于40ppm，Gd 的绝对纯度大于4N，该杂质水平达到国内同等行业领先水平，其制备的稀土功能材料的性能显著高于国内普通纯度Gd制备的材料，研发的产品性能提升明显。有研稀土提供的高纯金属镱靶、铽靶，其关键杂质达到应用要求，气体杂质含量<100ppm，产品纯度>4N，产品致密度高，晶粒细小均匀，表面平整光洁，与其他厂家产品相比，产品纯度高，批次稳定性好。

- **经济效益**（社会公益类项目可以不填此栏。）

- 我们开发出来的高纯度稀土金属提纯技术以及新型稀土金属功能特性可望在电子、交通、机械、石油化工、采矿冶金、仪表、纺织轻工、农业、医疗、航空航天等领域获得重要应用，取得巨大的社会效益。
- 本项目开发的稀土金属高效制备及高纯化技术，获得了绝对纯度大于4N（相对75种杂质元素）的高纯稀土金属，突破了国外对我国高纯稀土制备技术和产品的封锁，提高了稀土产品的档次和附加值，增强了我国超高纯稀土金属生产企业的核心竞争力；超高纯稀土金属及其合金产品的开发，为发展具有我国资源特色和尖端技术迫切需求的稀土功能材料提供关键原材料，解决相关材料的重大科学基础问题奠定了关键物质基础，引导我国稀土产业向功能材料以及器件制造领域的跨域式发展。
- 同时，高纯稀土金属及合金等稀土新材料作为清洁能源、大型行业工程、新能源汽车、半导体照明和国防军工等国家重点工程关键原材料，促进了我国高新技术产业领域的发展，对推动实施振兴规划、保障国防安全等战略性新兴产业起到重要的作用。

-

- **7. 社会环境效益**（<200字）

- 本课题的主要任务是从稀土金属中杂质的赋存状态、运动行为及分布规律入手，通过理论分析、实验探索和过程强化，建立高纯稀土金属高效制备技术流程，发展高纯稀土无水卤化物和稀土金属的制备技术，实现稀土金属制备和提纯基础理论和关键技术的突破，以引导我国稀土冶炼工业从粗放型原料加工产业向高附加值产业转型。

15 CRESTA2018-03-003 高纯稀土生产过程节水降耗和减排新技术 科技进步类 二等奖

主要完成人	李永绣、刘艳珠、周雪珍、周新木、李静、蔡立宁、徐欣、李东平、邬元旭、张尚虎、李炳伟、方中心、鲍永平、韩满璇、林斌
主要完成单位	南昌大学、全南包钢晶环稀土有限公司、甘肃稀土新材料股份有限公司、淄博包钢灵芝稀土高科技股份有限公司
项目来源	科技部支撑计划、全南包钢晶环稀土有限公司、甘肃稀土新材料股份有限公司等企业合作课题

主要技术创新点

提出了高纯稀土生产过程节水降耗与减排系列新技术，并得到应用，解决了稀土分离过程消耗大、废水和污染物排放量大等关键问题：

酸性络合萃取有机相的稀土皂化方法是在多级逆流串级皂化装置中构建了皂化和酸解反应的分区域分阶段的连续快速反应模式，强化了皂化反应过程并使水相循环使用；克服了原稀土皂化方法速度慢、分相差、有机相损失大、废水量大等不足，实现了萃取有机相的连续皂化，并使皂化废水减少 90% 以上。据此，实施了以南北稀土组合萃取分离为特征的联动萃取，并使皂化废水减少 90% 以上。据此，实施了以南北稀土组合萃取分离为特征的联动萃取，使产能增大 30%，每吨氧化稀土的酸碱消耗下降 13% 以上。

草酸稀土沉淀母液的处理回收技术通过与萃取和沉淀工序耦合，实现所有组分的高值化利用。其关键是通过调谐稀土和酸浓度来除去大部分草酸，使残留的微量草酸不影响回收酸溶液用作反萃酸的分相性能，让废水中的稀土和加入的稀土分别进入到反萃段和沉淀段，进入后续高纯稀土产品。对于洗涤废水，采用了吸附和反渗透膜相耦合的分离方法，用于制备纯水。生产每吨氧化稀土可回收盐酸 2 吨左右，纯水 50 吨以上，盐减排 1 吨以上。

高盐废水处理技术首次采用钼二效热交换器来解决热交换和腐蚀问题，同时制取高纯盐酸和复合浸矿剂。提出了实现连续或半连续反应制酸过程控制方法，实现了高盐废水转化制酸并副产离子吸附型稀土高效浸取剂的工业应用，尤其适合于南方离子吸附型稀土资源开发与生产的企业。

为进一步降低高盐废水的处理成本，基于我们在碳酸稀土结晶性能和结晶产物物性指标的关系研究，构建了完整的通过稀土结晶过程控制来调谐产品氯根含量和颗粒度，降低水用量、提高沉淀废水中的氯化铵浓度，进而实现节水减排和节能降耗目标的技术体系。

- 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较
- 酸性萃取剂有机相的稀土连续皂化技术和装备可以用在所有稀土皂化有机相的制备上（包括钙镁和南方离子型稀土的皂化）。与原有稀土皂化技术相比，理论上可使分离厂的皂化用碱量、溶料酸用量、皂化废水量均下降到零。考虑到原料溶解和分离效果，以及皂化水相的定期清除积累杂质的需要，实际应用上的酸溶酸耗、皂化碱耗和皂化废水量的下降幅度可分别达到80%、80%和90%以上。因此，该技术推广的潜力非常大，酸碱消耗下降量和废水减排量十分可观。
- 草酸稀土沉淀废水和洗涤废水的处理和循环利用技术可以解决当前稀土分离企业大部分水的处理与回收利用问题，而且设备投入小，消耗小，可以在各分离厂推广应用。与现有技术相比，大大减少了废水排放，使所有组分均可实现高值化循环利用。从每吨氧化稀土的草酸稀土沉淀和洗涤废水中大约可以回收2吨工业盐酸，50吨以上的纯水，盐减排1吨以上。按每年6万吨高纯稀土生产量计算，可以减少盐酸消耗12万吨，每吨价格按700元计算，节约成本8400万元；每年减排废水300万立方米，盐减排量可达6万吨。
- 氯化物废水回收制备盐酸和硫酸盐技术是将氯化物废水变废为宝，补充稀土分离厂高纯酸和高纯水，并副产硫酸盐浸矿剂的关键技术。该项技术在南方和北方稀土企业以及各种有色金属冶炼（例如锆钨钨钼等）企业都能应用。而且，盐转化制酸技术对于处理氯化铵废水有更突出的效果和优势，其实施可以解决企业使用含铵化工原料的技术瓶颈，使萃取分离重新回到氨皂化和碳酸氢铵沉淀时代，使吨产品的原料成本降低3000元。按年处理量10万吨计算，节约成本3亿元。研发的超声辅助沉淀结晶技术不仅能使产品质量得到提升，更为主要的是能节约洗涤水用量。其节水效果非常明显，节约洗水用量30%以上。
- 环保部发布的《稀土污染物排放国家标准》（GB26451—2011）已于2011年10月1日起执行。该标准对重金属、氨氮、COD和水排放量均提出了更高的要求，但对盐的排放或可溶性盐的排放没有限制。这导致稀土分离企业大量排放高浓度钠盐、钙盐和镁盐废水以及含溶解有机相的高磷废水；稀土分离企业废水中氯离子浓度远大于农灌水的含氯标准。整体来说，一些企业虽然通过了环保核查，但实际的环境污染依然严重。为落实国务院颁布的“关于促进稀土行业持续健康发展的若干意见（国发[2011]12号）”，本项目开发了上述新工艺、新技术，并建议对《稀土工业污染物排放标准》进行修正和补充，包括对可溶性盐的限值和水排放量的控制标准、以排污总量而不是单纯的浓度来评估环境影响的好坏、取消对氨皂化和铵沉淀技术的限制，鼓励铵盐原料的使用和物质循环利用的研究和产业化应用，真正促进稀土先进分离技术的发展。

- **应用情况（<800字）**

- 2013-2016年，全南包钢晶环稀土有限公司采用酸性萃取有机相连续皂化方法和高盐废水转化制酸技术实现产值84000万元，利税2800万元；减排水1.1万立方，盐2.6万吨。草酸稀土沉淀废水回收利用技术回收盐酸5320立方，水71600立方；产值375万元，利税69.5万元。
- 2013-2017年，甘肃稀土新材料股份有限公司采用新的节水型碳酸稀土生产技术，累计实现产值25.55亿元，利税1.565亿元；节约成本和产品增值1993多万元，节水13.5万立方；实现水减排12多万立方，盐减排1.4万吨。酸性萃取有机相连续皂化方法处理碳酸稀土2300吨，与离子型稀土1200吨组合萃取分离，产值23576万元，利税476万元，节支1293万元；减少皂化废水2万多立方。超声波辅助法制备细颗粒高纯氧化镧技术、草酸稀土沉淀母液回收利用技术解决了原工艺生产的高纯氧化镧颗粒大的难题，减低了废水量，使草酸沉淀废水得到回收利用，确保全公司排放水COD达标。
- 2014-2017年，淄博包钢灵芝稀土高科技股份有限公司采用节水型碳酸稀土结晶沉淀方法碳酸稀土累计产量、新增产值、利润和税收分别为：10483吨，85546万元，774.7万元、1662万元；同时节约用水20%以上，累计节水2万立方，提高沉淀废水浓度30%左右，节支116万元。

- **6经济效益（社会公益类项目可以不填此栏。）**

- 上述新技术分别在全南包钢晶环稀土有限公司、甘肃稀土新材料股份有限公司和淄博包钢灵芝稀土高科技有限公司得到工业化应用。使稀土分离厂的盐酸消耗量下降30%以上，碱耗量下降13%以上，并使水和盐的排放量下降80%左右，其中皂化废水减少90%；
- 本项目从2013年开始应用，累计新增产值40.44亿元，利税2.52亿元，节支3065万元。近三年的稀土矿价高，产品价格低，利税只有8949万元，但节支仍有2272万元。

- **7. 社会环境效益（<200字）**

- 稀土皂化新方法可节水90%，降低酸碱消耗13%以上。草酸稀土沉淀和洗涤废水的全回收高值化利用，每吨稀土可回收盐酸2吨，水50吨，盐减排1吨。与盐转化制酸技术相结合，促进了污染物的循环高值化利用，为修订污染物排放国家标准奠定了技术基础。
- 项目已节水30多万立方，盐减排4万吨。按全年12万吨处理量计算，将节约盐酸50万吨和液碱30万吨，价值5亿元，节水800万立方，减排盐50万吨。

16 CRESTA2018-02-039 稀土全界面高效萃取技术与装备开发 技术发明类 二等奖

主要完成人	崔建国、周恩民、王哲、侯睿恩、洪晓东、郝肖丽、高婷、申孟林、徐萌、吴文强、乔军、杨扬、李赫、燕飞、田皓
主要完成单位	包头稀土研究院、江苏沃民环境科技有限公司、瑞科稀土冶金及功能材料国家工程研究中心有限公司
项目来源	企业自立

3. 主要技术创新点（<800字）

（1）稀土全界面高效萃取技术和装备是在传统混合澄清萃取工艺基础上进行的创新与改进，主要应用于萃取领域。全界面高效萃取技术是以混合反应动力学为理论依据，使用多级破碎与涡流加压的方式，提高萃取反应的反应效率。全界面高效萃取装备用静态混合器、多相流反应器和延续反应器替代传统混合澄清槽的搅拌混合室。两相液流先经过静态预混合区，在分流、交叉混合和反向旋流三种混流方式的作用下，进行初步预混合后流入多相流反应区，多相流反应区内分布多级开式叶轮和相应的按螺旋线式流道设计的导叶，高速旋转的叶轮与导叶在多相流反应区内对两相流体同步进行高精度切割，两相液体高速混合、撞击、破碎、分裂成微米级液滴，实现剧烈而均匀的混合，达到高度分散，使得反应相界面增大，两相液体的相界面微观上形成“全界面”接触反应的结构特性，快速进行界面反应，减少了两相间离子迁移过程和反应时间。延续反应器主要作用是使未完全反应的两相能继续在此设备中完全反应，在极性作用下不断聚集，为后续快速分相做准备。在稀土分组领域使用全界面高效萃取技术与装备，可有效提高单级萃取效率，减少反应级数，降低压槽量和能耗。

（2）氧化镁皂化后的 P_{507} 进行稀土全捞转型，混合室中硫酸钙结晶问题严重，需要定期清理。由于全界面萃取装备采用高速切割和涡流增压的混合方式，使得两相液体在混合区快速反应、流动，硫酸钙结晶来不及在反应区附着就进入到澄清槽分相，结晶问题得到明显改善。此外，全界面萃取装备与混合液体接触的零部件均采用聚四氟乙烯制品和衬聚四氟乙烯的合金制备而成，由于聚四氟乙烯具有高润滑性和不粘性，也有助于减少结晶物在上面的附着。

- 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较
- 本项目的研究成果表明与现有混合澄清槽相比，在相同的萃取条件下，全界面萃取的萃取率明显高于传统箱式萃取的萃取率，1级全界面萃取可以达到2-3级传统箱式萃取的萃取效果；有机压槽量减少60%以上，能耗降低20%左右。成套装备体积占地面积小，投资性价比高，具有较好的应用前景，成果的有效应用也将更为科学的指导实际生产。
- 应用情况
- 该项目成果已于2016年6月成功应用于中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司华美稀土厂稀土分离生产线，投产使用1年来，生产工艺平稳运行，设备设施正常可靠。该生产线自动化程度高，人员劳动强度低，萃取级数减少至原生产线的30%，萃取效率提高3~4倍，有机压槽量减少70%以上，能耗降低20%及以上，且产品质量达标。
- 全界面萃取稀土分离生产线级数少、级效率高，显著提升了生产线运行稳定性和产品质量稳定性。该生产线与原混合澄清箱式萃取生产线相比，相同产量的情况下，厂房占地面积小，极大地减少了有机压槽量，节约了能耗，降低了设备检修劳动量，现场噪音与震动显著降低，设备数量的减少及澄清箱全密封结构减少了有机挥发，为岗位操作提供了健康、安全的工作环境，具有显著的社会经济效益。
- 该项目成果除了应用于中国北方稀土（集团）高科技股份有限公司，还在以下企业投入运行或正在建设中。
- 1、投入运行
- 金川集团镍冶炼厂 $600\text{m}^3/\text{d}$ C_{272} 镍钴分离（替代了离心萃取和反萃）。
- 金川集团镍盐公司 $600\text{m}^3/\text{d}$ 硫酸镍萃取（用4级代替了8级萃取段）。
- 合肥融捷金属科技有限公司 $600\text{m}^3/\text{d}$ 硫酸钴除杂（改扩建，增产100%）。
- 2、在建项目
- 江西自立资源再生有限公司 $800\text{m}^3/\text{d}$ P_{204} 萃取单级除铁（替代原5级箱式萃取）。
- 泰兴福昌环保科技有限公司 $600\text{m}^3/\text{d}$ P_{204} 萃取除杂（新建项目）和 $600\text{m}^3/\text{d}$ P_{507} 萃取镍钴分离（新建项目）。

- **经济效益**

- 全界面萃取技术在稀土分离上的应用项目研究成果在北方稀土冶炼分公司（华美公司）建设年产量为7000吨分离轻稀土氧化物生产线，一年创造经济效益1804万元，具体核算如下：
- 若全线投产年处理量25000吨轻稀土分离生产线，则每年产生经济效益约为6442万元。

- **社会环境效益**

- （1）全界面反应设备运行稳定，现场噪音与震动降低60%，设备数量的减少及澄清箱全密封结构减少有机溶剂挥发40%，减少工业废水排放，减少酸碱化工原料使用量，为岗位操作提供了健康、安全的工作环境，也为环保做出了贡献。
- （2）全界面萃取在稀土行业属首创，与传统澄清设备相比具有显著优点，节能降耗优势明显，具有良好的推广应用前景。

17CRESTA2018-03-004 电解还原法制备高纯氧化铈关键技术 科技进步类 二等奖

主要完成人	刘志强、朱薇、曹洪杨、郭秋松、李伟、张魁芳、饶帅、王东兴、陶进长
主要完成单位	广东省稀有金属研究所
项目来源	广东省科技厅

主要技术创新点

- ①选用来自稀土分离厂的钐钆反萃取料液作为阳极液，实现无添加、无排放、无铈的损失。钐钆反萃取料液中的游离 $[H^+]$ 为 $0.1\sim 1\text{mol/L}$ 可补充阴极液析氢反应消耗掉的酸，维持阴极液 pH 值稳定，而且还可降低钐钆反萃取料液中的酸，减少后续调 pH 所需的碱消耗；该料液与阴极液性质相似，可延长膜寿命；
- ②电解副产物氯气的高效利用。将各个单元电解槽中的阳极室氯气排放口串接后，采用水力喷射泵通过排气口将氯气从电解槽中吸出，水力喷射泵采用氯化亚铈萃余液为循环液体，不仅可以很好地吸收氯气，而且还可以替代传统工艺中采用双氧水氧化氯化亚铈溶液，节省双氧水；
- ③阴极室中二价铈的还原性气氛自保护。为防止阴极室中还原后的二价铈被空气氧化，本项目将各个单元电解槽中的阴极室氢气排放口串接后液封，阴极液电解副反应产生的氢气充满阴极室后通过液封装置中排出，将阴极室与外界空气隔离并保持气压稳定，实现氢气气氛保护阴极室中的二价铈。
- ④采用梯度电流密度和阳极液流速，提高电流效率。本项目采用连续电解，多个电解槽串联组成；随着阴极液在多个电解槽中的流动，阴极液中的三价铈浓度逐渐降低；为了提高电流效率，根据电解槽中三价铈浓度，适当降低部分电解槽电流密度；随着阳极液、阴极液在多个电解槽中的流动，阳极液、阴极液中的 $[H^+]$ 逐渐降低，为了维持阴极液 pH 的稳定，可提高部分电解槽中阳极液的流速来提供足够的 $[H^+]$ 。

- 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较
- 本项目在张国成、黄小卫院士团队成果及其它相关成果的基础上进行了技术改进，主要改进之处如下：
 - 1、采用钐钆反萃液作为阳极电解液，实现无添加新的化学试剂，无新的废水排放，无铈的损失；电解降低了钐钆反萃液中的酸，减少了后续调pH所消耗的碱；该料液与阴极液性质相似，可延长膜寿命；
 - 2、采用氯化亚铈溶液来吸收氯气，替代传统工艺中采用双氧水氧化氯化亚铈溶液。不仅可以消除氯气危害，而且还可以节约双氧水，节约成本。
 - 3、将各个单元电解槽中的阴极室氢气排放口串接后液封，阴极液电解副反应产生的氢气充满阴极室后通过液封装置中排出，将阴极室与外界空气隔离并保持气压稳定，实现氢气气氛保护阴极室中的二价铈。
- 基于上述改进措施，本工艺电解还原电流效率>91%，铈电解还原率>95.5%，电解工序氧化铈收率>99.5%，全流程氧化铈收率>96%；
- 应用情况
- 本专利技术自2012年起分别在广东富远稀土新材料股份有限公司、清远嘉禾稀有金属有限公司、福建金龙稀土股份有限公司、中铝广西有色金源稀土股份有限公司4家稀土企业得到应用，在我国氧化铈生产企业主要聚集的广东、广西、福建三省市场占有率为100%。与企业传统分离工艺相比，为企业带来良好的经济效益和环境效益。已与企业建立良好的合作关系。

- **经济效益**

- 实施日至2017年底新增销售额112550.03万元，新增利润18434.77万元。本专利技术自2012年起分别在广东富远稀土新材料股份有限公司、清远嘉禾稀有金属有限公司、福建金龙稀土股份有限公司、中铝广西有色金源稀土股份有限公司4家稀土企业得到应用。计算结果是依据4家已产生经济效益的单位所出具的应用证明相加后所得。

- **社会环境效益**

- 本项目从源头减少原材料消耗，减少了污染物的排放量，避免使用含锌、汞、铅的原材料，解决了困扰稀土行业多年的重金属环境污染治理问题，减少高纯氧化铈生产对生态环境造成的严重危害，为企业达到国家规定的稀土行业准入条件起到关键作用。
- 同时，本项目实现了氧化铈生产连续化，大幅度降低了工人劳动强度，改善了工人现场操作条件，提升了我国高纯氧化铈产品的工业化生产技术水平，为其他金属的提纯和相关化合物制备提供了借鉴，夯实了我国在世界稀土分离提纯领域的领先地位。

18 CRESTA2018-03-048 转型废水生产硫酸镁工艺技术研究 科技进步类 二等奖

主要完成人	候少春、马莹、赵永志、丁艳蓉、赵拓、张文娟、郝一凡、王晶晶、李二斗、秦玉芳、李娜、刘章
主要完成单位	包头稀土研究院
项目来源	企业自立

3. 主要技术创新点（<800字）

（1）转型废水主体成分为硫酸镁，为保证后续废水膜浓缩设备及蒸发结晶设备的使用，需将废水中溶解的钙含量降低，钙镁性质接近，废水治理中通常将钙镁作为同类物质沉淀去除，选用的除杂剂为草酸，除杂后得到草酸钙，通过硫酸法回收草酸，在实现硫酸镁废水中钙镁分离的同时，使草酸可以得到循环利用，这是本项目的一个创新点。

（2）除杂后的转型废水中总盐含量约为40g/L，膜浓缩可降低后续蒸发结晶能耗成本，采用纳滤膜进行含盐废水浓缩，将废水总盐含量提高到80g/L以上，可以大幅减少浓缩成本，通过浓缩后获得的硫酸镁产品达到国家标准GB/T26568-2011，可变废为宝，而且减少废渣的排放，与原有技术相比，具有先进性，这是本项目的又一创新点。

与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

本项目属于环保项目，采用新技术、新工艺、在处理废水的同时回收有价化工元素，既具有环境效益，又具有社会效益，同时以副产品价值弥补废水治理成本。包头稀土精矿处理尤其独特处理工艺，采用浓硫酸焙烧分解工艺的生产企业主要在北方稀土华美公司，对于产生的硫酸镁废水，企业普遍采用氧化钙一步中和法进行中和处理，得到含硫酸钙和氢氧化镁的废渣，该废渣无利用价值，只能外排，每年仅排渣费用就达到两千余万元，且对环境造成不良影响。而本项目采用除杂-膜浓缩-蒸发结晶，可从废水中回收七水硫酸镁，作为南方地区土地所需的肥料出售，同时为企业节省排渣费用和大量氧化钙的使用费用，具有很好的经济效益和环境效益，具有较强的市场竞争力。

- 5. 应用情况（<800字）

- 目前，北方稀土冶炼分公司（华美公司）已运用该技术处理转型硫酸镁废水，同时生产硫酸镁晶体，在回收资源的同时，废水可以得到循环利用。利用该技术，已经建成了年处理100万立方硫酸镁废水的生产线，每年可减少氧化钙一步中和法处理硫酸镁废水产生的8.7万吨废渣，新水使用量减少80万吨，为企业带来良好的经济效益和环境效益。

- 6. 经济效益（社会公益类项目可以不填此栏。）

- 已建成日处理转型硫酸镁废水3000吨生产线，年处理硫酸镁废水近100万吨。采用该技术，可回收硫酸镁废水中的硫酸镁晶体，每年可回收七水硫酸镁产品80万吨，价值约2400万元，与直接蒸发浓缩工艺相比，节约能耗800万元（直接蒸发：处理每吨水需消耗0.3吨蒸汽，每吨蒸汽成本约为200元，处理100万吨废水，能源成本约6000万元。膜浓缩后再蒸发：纳滤膜运行成本约为40度电/吨水，电价0.55元/度，运行费用约22元/吨水，即每年处理100万吨废水所需电费约2200万元，但经纳滤膜浓缩后，废水浓度可提高，废水处理量减少约一半，蒸发所需能源费用3000万元，如此，每年可节约能源费用800万元），同时，硫酸镁废水浓缩后，避免了中和处理工艺产生的钙镁废渣排放，100万吨废水产生废渣约8.7万吨，按排渣费用每吨180元计，可节约排渣费用约1500万元。该技术在回收资源的同时，废水可以得到循环利用，具有很好的经济效益。

- 7. 社会环境效益（<200字）

- 针对目前稀土冶炼过程产生的大量高含盐废水治理困难的现状，课题旨在解决高盐类废水污染所引发的各种问题。包头地区属于干旱缺水地区，而稀土冶炼过程需使用大量新水同时也将排放大量废水，对自然生态环境会造成破坏。本项目对含稀土的高盐废水进行深度处理后，在废水可以循环利用的基础上，避免了原有中和工艺中大量固体废渣的排放，在切实保护生态环境的同时，也间接的提高了稀土企业形象。

19 CRESTA2018-03-008 稀土料液连续深度净化工艺的研究 科技进步类 二等奖

主要完成人	杨新华、周洁英、陈东英、张选旭、洪侃、李忠岐、赖兰萍、肖卫东、谢世勇、陈后兴、张积锴、赖耀斌、陈淑梅、伍莺、叶春生
主要完成单位	江西离子型稀土工程技术研究有限公司、赣州有色冶金研究所
项目来源	赣州市科技计划项目

3. 主要技术创新点（<800字）

（1）通过加入复合氧化剂采用折点氯化法从离子型混合稀土料液中去除氨氮技术创新。该技术达到从萃取工序源头降低氨氮量和省去后续污水氨氮处理工序的目的，且工艺和设备简单，氨氮去除率高，成本低，可操作性强，易于工业规模生产，实现稀土分离高效清洁绿色生产。已授权发明专利和实用新型专利各一项，分别为发明专利《一种从离子型混合稀土料液中去除氨氮的方法与系统》(ZL 201510305138.7)和实用新型专利《一种从离子型混合稀土料液中去除氨氮的系统》（ZL 201520384305.7）

（2）一步制备萃取分离所需的合格料液技术创新。萃取槽内连续净化除杂工艺连续化、自动化程度高，从高杂质的稀土碳酸盐/氧化物分解液中一步制备萃取分离所需的合格料液；缩短了工艺流程，减少了人工操作工序，有效减少因失误带来的滴漏现象发生；有机相萃取稀土少，降低了沉淀过程草酸的消耗、稀土灼烧能耗和氧化稀土重溶回收稀土的酸耗。根据该技术所得指标，在《湿法冶金》杂志上发表论文《从稀土分解液中连续去除铁、铝》一篇。

（3）混凝分步中和沉淀处理废水技术创新。采用NaOH处理废水，通过控制pH值，分三段除铁和铝、重金属离子及钍、铀放射性元素，废水用工业硫酸回调pH至6~9，处理后的废水满足《稀土工业污染物排放标准》车间排口废水要求，整个过程渣量少，便于过滤，实现危险固体废弃物减量化，减少99.89%。已授权实用新型专利《离子型混合稀土料液中重金属和放射性元素的去除系统》（ZL 201520384349.X）。根据该技术所得指标，分别在《有色金属科学与工程》和《中国钨业》杂志上发表论文《离子型稀土冶炼环境治理与工艺优化》和《一种稀有金属冶炼伴生放射性元素的去除方法》两篇。

从查出的国内外文献看，除本项目研究单位或合作单位前期研究成果外，有文献涉及稀土料液除铝、铁及放射性的研究，但未见与本项目相同的稀土料液连续去除铁、铝、重金属离子和放射性元素的相关研究，成果具有独创性和新颖性。

- 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较
- 以年分离离子型稀土50000吨REO计，项目实施后累计节约化工材料费用8118万元，吨产品节约成本1624元。
- 按稀土冶炼分离企业基准排水量 $70\text{m}^3/\text{t-REO}$ 计，如果采用此工艺，危险固体废弃物产生量 $1.05\text{kg}/\text{t-REO}$ ，如果不采用此工艺，危险固体废弃物产生量 $959\text{kg}/\text{t-REO}$ ，新工艺危险固体废弃物减量99.89%。
- 本技术的研发成功解决了目前稀土料液除杂过程操作复杂、劳动强度大、环境污染等问题。
- 由于本工艺废水处理工段增加了除铁铝工序，而废水中铝含量最高，在中和除铁铝时铝被去除96%以上。

- **5. 应用情况**（<800字）

- 本项目研究成果成功应用于国家离子型稀土资源高效开发利用工程技术研究中心-赣州稀土友力科技开发有限公司混合稀土料液、氯化镨钕、氯化镨和氯化钕的除杂线中，除杂效果稳定，连续除杂一体化程度高；混合除杂后液中Al含量小于300mg/L，可以直接进入萃取系统；镨钕、镨、钕除杂后液中Al含量恒小于50mg/L，确保产品用碳酸氢钠替代草酸进行稀土沉淀，从而达到降低生产成本的目的。自2016年11月成果应用至2017年3月，该公司已连续生产稀土1500吨（以REO计），产品产值6.72亿元，净利润6720万元，节约化工成本300万元，吨产品节约生产成本约2400元。

- **6. 经济效益**（社会公益类项目可以不填此栏。）

- 本项目技术转让所得的一次性直接经济效益为310万元。2013年11月与长沙有色金属冶金设计院有限公司“国家离子型稀土资源高效开发利用工程技术研究中心建设项目”技术服务合同，合同经费310万元。项目按计划建设施工，将稀土料液连续深度净化工艺应用于混合稀土料液除杂、镨钕除杂、镨除杂和钕除杂工序，项目于2016年8月建设完成，当年11月正式投产。

- **7. 社会环境效益**（<200字）

- 本项目的成功实施有效解决了目前工艺操作繁杂、能耗高、过滤困难、稀土直收率低、环境污染严重等问题，整个过程始终贯穿高效率、低能耗、连续操作和清洁生产的思想，整个工艺以连续化、高效化为目标，符合绿色环保、规模化、低成本、高附加值的生产经营是稀土生产技术发展的总趋势。本技术的研发成功解决了目前稀土料液除杂过程操作复杂、劳动强度大、环境污染等问题。

20 CRESTA2018-01-032 稀土型催化剂在若干新型能源与环境净化反应中的基础研究 基础研究类 二等奖

主要完成人	胡瑞生
主要完成单位	内蒙古大学
项目来源	国家自然科学基金，内蒙古自然科学基金

主要技术创新点（<800字）

（1）可见光下降解煤化工废水中苯酚等污染物催化性能：（1）研究 $\text{LaFeO}_3/\text{Ag}_3\text{PO}_4$ 稀土钙钛矿复合光催化剂，太阳光照射两小时发现其对低浓度苯酚的降解率高达92%，主要活性物种是空穴和羟基自由基。（2）制得硼掺杂的 LaFeO_3 稀土复合光催化剂，苯酚降解率达80%-90%，均高于纯相未掺杂的钙钛矿催化剂。（3）制备了具有新颖独特形貌的5%碱土金属(Mg, Ca)，稀土金属(Y)修饰的 $\text{ZnO}/\text{La}_2\text{O}_3$ 稀土复合氧化物，探讨了不同稀土催化剂的光催化活性与其结构、形貌及氧空位之间的紧密关联。发现网状分布形貌结构的稀土催化剂Ca-doped $\text{ZnO}/\text{La}_2\text{O}_3$ 显示出最优的光催化活性同时发现不同的掺杂源、彼此间形貌的差异等是造成光催化活性差别的原因。（4）采用葡萄糖为络合剂的溶胶凝胶法制备了掺杂型K-doped $\text{ZnO}/\text{La}_2\text{O}_3$ 稀土复合氧化物光催化剂，太阳光照射3 h内对苯酚降解率高达98.5%。并发现具有好的光催化活性和稳定性归因于钾的修饰和 La_2O_3 纳米棒之间的协同作用。

（2）风排瓦斯气（低浓度甲烷）催化燃烧：（1）首次尝试将稀土双钙矿化合物进行负载并且利用双相共生法制备出了 $\text{La}_2\text{MnNiO}_6\text{-MgO}$ 稀土氧化物催化剂，发现其具有高的风排瓦斯气催化燃烧性能和优异的热稳定性。（2）掺杂型 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{NiAlO}_6$, ($x=0, 0.1$) 与 LaNiAlO_6 相比有更为优异的活性，归因于催化剂表面吸附氧和磁性增加。（3）首次利用沉淀法制备的 $\text{La}_2\text{CoMnO}_6/\text{CeO}_2$ 稀土催化剂并发现有较好的风排瓦斯催化燃烧活性，归因于催化剂表面 Mn^{4+} 含量的增高。（4）首次尝试采用溶胶-凝胶浸渍法制备了烧绿石逆负载型稀土催化剂，发现制备的逆负载稀土催化剂 $\text{CeO}_2/\text{La}_2\text{Sn}_{1.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{7.8}$ 结构中 Sn^{4+} 含量较高, 表面晶格氧数量较多, 这是烧绿石逆负载型稀土催化剂具有良好催化燃烧性质的主要原因。

（3）乙烷氧氯化制氯乙烯：（1）发现铬助剂添加能降低 $\text{CuCl}_2\text{-KCl-CeO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 复合稀土催化剂中Cu（II）到Cu（I）的还原活化能，提高催化活性，稀土氧化物 CeO_2 起了重要作用。（2）发现 $\text{La}_{1.7}\text{K}_{0.3}\text{NiMnO}_6\text{-CuCl}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 稀土复合催化剂中镧与锰的相互作用使促进Cu（I）的氧化，表现出较好的乙烷氧氯化催化活性。

• 4.与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

• (1) 可见光下降解煤化工废水中苯酚等污染物催化性能:

- 目前,国内外对于稀土复合光催化剂降解苯酚的报道还不是很多,尤其是在可见光条件下降解的苯酚污染物更少,也就是说国内外大多文献报道为紫外光照射下进行光降解催化反应,降解的目标产物大多为较容易降解的甲基橙以及RhB等,使用的催化剂也多为非稀土催化剂,因此我们使用稀土催化剂在可见光照射下降解的目标产物是难降解物质苯酚具有一定的意义和特色。通过调查和查阅大量文献发现和本项目具有相近性的光催化降解苯酚反应研究报道最具有竞争力的是2017年吉林大学Shuangshi Dong与东北师范大学的Dandan Zhou等合作在国际性催化杂志《分子催化》(Molecular Catalysis 432 (2017) 1–7)报道的 $\text{Er}^{3+}:\text{YAlO}_3/\text{TiO}_2$ 稀土光催化剂,从该文献中我们发现,该文献制备的催化剂在可见光照射8h后苯酚降解率高达97%,有好的降解活性,但我们在2013年发表在《MATERIALS LETTERS》(113: 190-194,2013)上的文章中看到,我们研制的K-doped $\text{ZnO}/\text{La}_2\text{O}_3$ 催化剂在可见光照射3h苯酚降解率可达98.5%,与对比文献不相上下甚至略高一点,从效益和市场竞争力角度,对比文献使用的稀土元素Er和Y,而我们使用的原料主要是 La_2O_3 ,值得一提的是,我们的催化剂用量是30mg而对比文献中催化剂用量是390mg,因此说成本应该远低于对比文献,所以从效益和市场竞争力方面来看我们研制的K-doped $\text{ZnO}/\text{La}_2\text{O}_3$ 催化剂应该是较好的。

• (2) 风排瓦斯气(低浓度甲烷气)催化燃烧反应方面:

- 我们通过查阅相关文献得知,在低浓度甲烷燃烧方面,较好的是来自于美国橡树岭国家实验室Sheng Dai与上海交通大学Pengfei Zhang合作共同研发的2018年最新在国际著名的德国应用化学杂志《Angew. Chem. Int. Ed. 2018, 57, 8953–8957》报道的稀土催化剂 Pd-CeNW@SiO_2 ,该催化剂的T90约为350℃,该催化剂性能代表世界最新先进水平,但该催化剂焙烧温度为600℃,预示着耐热稳定性可能不如我们2015年发表在《CHEMICAL JOURNAL OF CHINESE UNIVERSITIES-CHINESE》(36:7,1328-1336, 2015)的逆负载掺杂型烧绿石 $\text{La}_2\text{Sn}_{1.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{7.8}/\text{CeO}_2$ 催化剂(焙烧温度为900℃),我们研制的稀土催化剂T90约为560℃,这表明我们研制的催化剂虽然燃烧性能不如《Angew. Chem. Int. Ed. 2018, 57, 8953–8957》报道的稀土催化剂 Pd-CeNW@SiO_2 (焙烧温度为600℃),但我们逆负载掺杂型烧绿石 $\text{La}_2\text{Sn}_{1.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{7.8}/\text{CeO}_2$ 催化剂是900℃焙烧,而 Pd-CeNW@SiO_2 是焙烧温度为600℃,这也可能预示我们的热稳定性会更好一些;另外,上述稀土催化剂 Pd-CeNW@SiO_2 的制备工艺较为复杂,并且含有贵金属,价格比较昂贵。相对来讲,我们所研制的逆负载掺杂型烧绿石 $\text{La}_2\text{Sn}_{1.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{7.8}/\text{CeO}_2$ 催化剂工艺简单;对比文献中使用的Pd,我们所使用的原料也更为便宜;从这两点来看,我们的稀土催化剂 $\text{La}_2\text{Sn}_{1.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{7.8}/\text{CeO}_2$ 市场竞争力相对较好一些。

• (3) 乙烷氧氯化制氯乙烯方面:

- 在乙烷氧氯化制氯乙烯方面,我们2016年研制的 $\text{CuCl}_2\text{-KCl-CeO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 催化剂(APPLIED CATALYSIS A-GENERAL, 506: 91-99, 2015)和稀土双钙钛矿助剂 $\text{La}_{1.7}\text{K}_{0.3}\text{NiMnO}_6\text{-CuCl}_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 催化剂(CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL, 288: 588-595, MAR-2016),其乙烷转化率分别可达97.8%和100%,氯乙烯的选择性分别为64%和50.0%,二者催化剂的 $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ 时空产率(STY)分别为 $14.0 \times 10^{-3} \text{g} \cdot \text{gcata}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 和 $11.2 \times 10^{-3} \text{g} \cdot \text{gcata}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。2017年,我们又研制了另外一种稀土双钙钛矿助剂修饰的 $\text{La}_2\text{AlCoO}_6\text{-CuCl}_2\text{-}\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 催化剂(JOURNAL OF INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY, 56 (2017) 120–128),其乙烷转化率可达100%,氯乙烯选择性为43.8%。国内外其他乙烷氧氯化制氯乙烯的同类研究主要集中在我国的吉林大学,在2005年~2013年间,其先后研究了简单稀土氯化物 LaCl_3 对 $\text{CuCl}_2\text{-KCl}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 催化剂(CATALYSIS LETTERS, 2005, 100, 153–159)和简单稀土氧化物 $\text{CeO}_2, \text{CeO}_2/\text{La}_2\text{O}_3$ 及 Pr_6O_{11} 对 $\text{CuCl}_2\text{-KCl-MgO-}\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 催化剂(CATALYSIS COMMUNICATION., 2011, 13, 22–25.和CATALYSIS COMMUNICATION, 2013, 40, 42–46.)的助剂作用对乙烷氧氯化反应的催化性能,其中性能最好的 $\text{CuCl}_2\text{-KCl-CeO}_2/\text{MgO-}\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 催化剂(APPLIED CATALYSIS A-GENERAL, 2011, 400, 104–110),其乙烷转化率为98.6%,氯乙烯的选择性为55.2%, $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ 时空产率(STY)为 $6.1 \times 10^{-3} \text{g} \cdot \text{gcata}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。可见,与我们的 $\text{CuCl}_2\text{-KCl-CeO}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 催化剂相比,其乙烷转化率比我们略高0.8%,而氯乙烯选择性却比我们的低8.8%,催化剂氯乙烯时空产率(STY)也约为我们的44%,突破乙烷氧氯化反应的瓶颈之一就是提高产物氯乙烯的选择性,显然我们的催化剂具有更好的乙烷氧氯化催化活性。众所周知,大的时空产率更有利于催化剂的工业化进程,与我们的稀土双钙钛矿助剂 $\text{La}_{1.7}\text{K}_{0.3}\text{NiMnO}_6$ 和 $\text{La}_2\text{AlCoO}_6$ 修饰的 $\text{CuCl}_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 催化剂相比,其氯乙烯的时空产率也远远小于我们的催化剂,虽然目前乙烷氧氯化制氯乙烯反应并未实现工业化,但我们的催化剂在这方面具有更明显的优势。

- **5. 应用情况**

- 中国拥有丰富的煤炭资源，内蒙古是国家的煤化工基地，在发展煤化工技术的同时本项目致力于煤化工含酚废水的光催化降解苯酚的环保技术，符合国家要求的在发展煤化工过程中保护环境的政策。因此，可见光下降解煤化工废水中苯酚等污染物具有应用前景，但我们主要致力于这方面的基础研究，还未投入应用。因此，申报自然科学奖。
- 由于中国拥有丰富的煤炭资源，在煤炭开采过程中会有大量的风排瓦斯气排在空气中，据不完全统计，中国一年排放的风排瓦斯气中甲烷相当于一年西气东输的量，但风排瓦斯中甲烷含量低（2%以下），提取利用技术难度大，经济价值不高，因此，研究风排瓦斯气通过催化燃烧反应获取热量同时将温室效应较大的甲烷转化为温室效应较小的 CO_2 和 H_2O ，是目前风排瓦斯气高效利用的最佳方式之一，但要实现这一方式催化剂是关键，本项目研发了几种风排瓦斯催化剂应用于催化燃烧反应中，有好的效果，为风排瓦斯气催化燃烧发电奠定了较好的基础。因此，该工作不但具有节能减排效果而且还有变废为宝之举。但在此项目中，我们主要偏重风排瓦斯催化剂基础研究，目前还未投入应用，因此，申报自然科学奖。
- 由于我国石油资源短缺，使用石油资源的乙烯法生产氯乙烯逐渐萎缩，乙炔法生产氯乙烯由于使用汞催化剂的污染，其发展逐渐受到限制。2013年1月19日140多个国家达成国际《水俣汞防治公约》。在2020年之前，逐渐减少含汞产品的生产和贸易。我国政府承诺在2020年PVC行业减少汞消耗50%以上，然后逐渐禁汞。利用乙烷制备氯乙烯是一种极具发展前景的方法。目前，我们主要致力于乙烷制取氯乙烯的催化剂基础研究，目前，国际上还未实现乙烷氧氯化的工业化。我们也还未投入应用。因此，申报自然科学奖。

- **经济效益**

- 有经济效益前景但目前还未产生经济效益。

- **7. 社会环境效益**

- 本项目第一个方向“可见光下降解煤化工废水中苯酚等污染物催化性能”围绕在发展煤化工过程中保护环境的思路进行可见光污染物降解，第二个方向“风排瓦斯气（低浓度甲烷气）催化燃烧反应”围绕节能减排这一主题开展工作，第三个方向“乙烷氧氯化制氯乙烯”凸显绿色化学化工，因此，应该说具有好的社会环境效益。

21 CRESTA2018-01-005 大晶格常数基片、中红外2.7-3微米抗辐射激光晶体元件及激光器 基础研究类 二等奖

主要完成人	孙敦陆、张庆礼
主要完成单位	中国科学院合肥物质科学研究院
项目来源	国家自然科学基金

- **主要技术创新点（<800字）**
 - a)采用特殊的晶体生长保温结构、晶体生长组合气氛及适当的压力等方法有效抑制了镱挥发。
 - b)采用改变晶体中Gd/Y比例，调节晶体的晶格常数，进一步提高了磁光薄膜器件的磁光性能；
 - c)提出在GSGG晶体中掺入部分Y，形成了特殊的键链结构，使GYSGG系列激光晶体具有优良的抗辐射性能适合空间环境下应用；
 - d)优化出了Cr,Er:YSGG晶体中Cr³⁺浓度最佳浓度值，使2.79μm激光输出能量和效率得到了提高；
 - e)采用能级耦合，降低了激光下能级寿命，通过热键合、LD侧面泵浦和凹端面，减小了热透镜效应，明显提高了Er:YSGG、Er,Pr:GYSGG系列晶体的中红外激光性能。

与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

当前GYSGG大晶格常数且晶格常数可调(1.2426-1.2554nm衬底基片已实现小批量化应用，直径2-10mm、长度110mm的Cr,Er:YSGG、EYSGG、Er,Pr:GYSGG系列激光晶体元件已实现小批量生产，2.79μm激光输出在重复频率500Hz下平均功率大于10W,其高性能的激光器正在工程化研制开发中。目前，大晶格常数钕镱基片、Er³⁺掺杂系列激光晶体元件在尺寸、主要技术参数如消光比、损耗系数等方面已接近或赶上国外同类技术，其中GSGG、GYSGG系列晶体已少量销往欧美日等发达国家，另外Cr,Er:YSGG、Er:YSGG等激光晶体元件具有性价比高等优点，正在开拓国内国际市场，目前尚未发现国内有其开展此方面工作。

- **应用情况（<800字）**

- 当前大晶格常数GSGG及GYSGG系列基片已实现小批量化应用，可应用于光隔离器、激光陀螺等磁光器件薄膜衬底，其中已有少量产品销往欧美日等发达国家。Er:YSGG、Cr,Er:YSGG、Er,Pr:GYSGG系列中红外激光晶体元件已有客户的少量需求，用于开发中红外2.79 μm 激光器，预计未来高性能中红外激光晶体元件及激光器将在生物医学、光参量振荡泵浦源等方面具有广阔的应用前景和需求。

- **6. 经济效益（社会公益类项目可以不填此栏。）**

- 激光的应用愈来愈广，伴随着避免光反射传输的光隔离器需求量攀升，而且近年来提纯技术的进步，Sc原料价格大幅下降，具有大晶格常数的钕镱单晶衬底将越来越获得广泛的应用。

- Er石榴石系列晶体是“材料—激光器件—工业应用”中的最上游，研制和生产高均匀性、高性能的Er石榴石系列晶体元件，将为发展高性能中红外固体激光技术提供核心工作物质，研制窄脉冲、高峰值功率、高重复频率的中红外激光器，将改变我国现有的中红外激光器主要依赖进口的现状，形成属于我国自己的高性能中红外激光器，带动其它相关企业的快速发展。

- **7. 社会环境效益（<200字）**

- 通过本项目研究成果产业化，将大晶格常数基片衬底、中红外激光晶体材料及中红外激光器的产品开发以及海内外市场开拓的坚实基础。通过研究开发本课题新产品，将有利于增强合作各方进行新型衬底、中红外激光材料及激光器研究开发技术能力，为今后进一步合作建立良好基础。通过本项目研究，为国家培养一批重要的科研骨干，他们将成为支撑项目课题承担单位可持续发展的中坚力量，也将成为高性能激光晶体材料长期持续发展的源泉。

22 CRESTA2018-03-050 通讯领域用高品质稀土镁合金及应用关键技术的研究 科技进步类 二等奖

主要完成人	王小青、陈国华、胡文鑫、杨正华、马少博、刘玉宝、程子洲、李波、高斯娥、王玮、申孟林
主要完成单位	包头稀土研究院
项目来源	中华人民共和国科学技术部

3. 主要技术创新点（<800字）

- 1、阴极共沉积电解工艺技术制备低成本、高品质稀土镁中间合金，解决现有镁中间合金采用熔配工艺的长流程、高成本、高能耗问题，打破传统工艺；新型工艺技术在产品品质提升、制备效率的提升、成本的下降、能耗控制以及排放物大幅减少方面具有突出的应用价值；获得高含量锆元素的稀土镁锆中间合金，为锆元素在镁合金中的引入带来了一种新的方式，且成本更低，效率更高；技术填补行业空白；
- 2、通过研究稀土元素对镁合金散热能力的影响，确定出适用于规模化应用的散热稀土镁合金，在解决成本问题的前提下（成本提高低于15%），结合制备工艺技术，真正实现可量产的，具有市场容量的高导热稀土镁合金新材料。新材料的特点是，最小化的降低合金元素对镁散热性能的影响，解决镁合金力学性能不佳的问题，使该种材料对目前散热用铝合金材料带来了极大的挑战，引领行业进入新的发展方向；
- 3、鲜有的规模化、系统化对稀土镁合金的压铸过程进行研究，且在锁模力为350T压铸机上上进行验证试验。提出针对稀土镁合金的压铸工艺技术；为稀土镁合金的终端化产业奠定工业基础，弥补行业技术短板；
- 4、为解决镁合金的耐腐蚀性差的难题提供一种有效的解决方案，利用稀土对镁合金进行耐腐蚀性能的提升，结合针对稀土镁合金所开发的复合涂层处理技术，实现稀土镁合金材料/应用器件耐腐蚀性能的大幅提升，为镁合金材料的工业化应用奠定基础。

● 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

序列	本项目技术水平	国内外同类技术水平	技术对比
合金制备技术	1. 稀土镁中间合金的氟盐体系阴极共沉积电解法制备技术； 2. 无熔剂保护制备技术、专用均质化部件，净化组件以及偏析控制装置；	1. 采用中频感应炉的熔配法； 2. 熔剂保护熔炼制备技术，氧化夹杂采用熔剂精炼去除；	<input checked="" type="checkbox"/> 领先 <input type="checkbox"/> 持平 <input type="checkbox"/> 落后
熔炼设备	以DOW炉型为基础，具有适应于高熔点、高密度合金元素均质器、适用于无熔剂熔炼技术的氩气净化装置、偏析控制设备；多区分段加热，最大限度促使温场均匀。	传统圆底柱状坩埚，搅拌桨搅拌，深度大于2米，纯净熔体和沉渣在一个体系内；底部和侧壁采用天然气加热。系统无其他辅助均匀化得设备。	<input checked="" type="checkbox"/> 领先 <input type="checkbox"/> 持平 <input type="checkbox"/> 落后
稀土镁合金新材料	针对散热领域需求进行稀土镁合金材料得开发，导热系数可达 $121\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ （ $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），T6处理后屈服强度为 188 MPa ，抗拉强度为 278 MPa ，延伸率为11%，综合成本提升低于15%；	针对散热用稀土镁合金材料鲜有报道，受成本控制，其T6后屈服强度为 175 MPa ，抗拉强度为 220 MPa ，延伸率为7%；	<input checked="" type="checkbox"/> 领先 <input type="checkbox"/> 持平 <input type="checkbox"/> 落后
压铸控制技术	进行稀土镁合金的压铸过程模拟以及实际压铸过程的操作控制，形成完全适用于稀土镁合金的真空压铸工艺	国内外做过AE44稀土镁合金的汽车部件的压铸工作，但对熔体过程的控制等依旧为传统AZ31B等合金的方式，产品最终品质不佳。	<input checked="" type="checkbox"/> 领先 <input type="checkbox"/> 持平 <input type="checkbox"/> 落后
表面处理技术	针对稀土镁合金所开发的复合涂层处理技术，实现稀土镁合金材料/应用器件耐腐蚀性能的大幅提升	主要为微弧氧化和复合涂层处理技术，核心涂层与基体的结合力控制与国内现有技术等同。	<input type="checkbox"/> 领先 <input checked="" type="checkbox"/> 持平 <input checked="" type="checkbox"/> 落后

● 5. 应用情况

- 项目稀土镁合金新材料的使用对环境是友好无害的，新材料产品自身符合《中国制造2025》白皮书中所提及新型材料特性，在未来新能源汽车、大型集成化装配等应用市场潜力巨大。与此同时，稀土镁合金新材料的开发与对应产业可以显著提升稀土元素的附加值，同时为解决高丰度、过剩稀土元素的积压、稀土元素的应用不平衡做出贡献。
- 项目所开发稀土镁中间合金、稀土镁合金新材料以及所建设年产1000吨稀土镁合金中试线目前已与上海交通大学、重庆大学等高等院校建立技术合作，合金产品应用于比亚迪、华为公司的散热稀土镁合金材料开发、福建坤孚公司的半连续铸造工艺技术以及西安海镁特公司、内蒙古开升镁业有限公司等二十余家企业的产品生产与终端应用当中。预计在未来伴随工业领域对轻量化要求的逐步提升，本项目技术与装备的市场前景将更加广阔。

● 6. 经济效益

- 本项目所实现稀土镁中间合金产品、稀土镁应用合金产品以及对应技术服务，自2015年1月-2017年12月已实现营业收入553万元，新增利润45万元。

● 7. 社会环境效益

- 稀土镁合金是典型的轻量化材料，产品和技术装备具有良好的市场应用与推广意义，实现经济效益的同时，利用镁合金的轻量化，实现碳排放的显著降低：相比铝合金减重1/3，相比钢铁减重4/5，稀土镁合金新材料的引入将直接降低循环碳排放量，实现真正绿色生活；项目稀土镁合金新材料属于环境友好型材料，可被完全回收再利用，无固废污染风险，实现真正的绿色、环保新材料。

23 CRESTA2018-03-045 主辅合金混合新工艺制备高矫顽力烧结钕铁硼磁体的研究 科技进步类 二等奖

主要完成人	刘国征、鲁富强、武斌、赵瑞金、赵明静、付建龙、李泉、高岩、杨光磊、周博阳
主要完成单位	包头稀土研究院
项目来源	内蒙古自治区科技厅

3. 主要技术创新点（<800字）

本项目针对性地通过主辅合金成分的设计与混合比例，制备工艺中铸片组织、磁粉的粒度控制、粉末改性，特别是控制烧结及热处理，得到较好的显微组织分布，富稀土相分布较均匀，在降低Dy含量的同时，保持了磁体的内禀矫顽力，在成分和工艺上都有创新。主要创新点如下：

- (1) 通过主合金、辅助合金的成分设计，获得了较脆较好、易于破碎的辅助合金。
- (2) 通过主辅合金混合比例等制备工艺的研究，在Dy含量为 1% 时，开发出磁性能为 $Br = 1.35\text{ T (13.5kG)}$ ， $H_{cj} = 1397\text{ kA/m (17.56kOe)}$ ， $(BH)_{max} = 352\text{ kJ/m}^3\text{ (44.23MGOe)}$ 的烧结磁体。
- (3) 经过成分、工艺优化，在 Dy 含量为（0.8-1wt%），获得 $Br \geq 1.3\text{ T (13.0kG)}$ ， $H_{cj} \geq 1353\text{ kA/m (17 kOe)}$ ， $(BH)_{max} = (318-350)\text{kJ/m}^3\text{ (40-44MGOe)}$ 的 45 H 牌号磁体。
- (4) 经过中试，磁体的工艺、性能稳定，满足了高稳定性永磁电机的要求。

4. 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较

通过成份优化和制备工艺优化，利用主辅合金混合添加，控制磁体氧含量小于1000ppm情况下, 优化合金成分和制备工艺条件，改善粉末特性更利于粉末取向，在Dy含量为 1wt% 时，获得了 $Br = 1.35\text{ kG}$, $H_{cj} = 17.56\text{ kOe}$, $(BH)_{max} = 44.23\text{ MGOe}$ 的高性能高矫顽力钕铁硼磁体。经批量中试形成了 $Br = 1.28\text{ kGs}$ ， $H_{cj} \geq 17\text{ kOe}$ ， $(BH)_{max} = 40-44\text{MGOe}$ 的 45 H 牌号磁体产品。与国内外最新同类产品比较，新开发的钕铁硼产品的性能达到了国外同类产品的水平，成本降低3-5%，经济效益明显，具有较强的市场竞争力。

- 应用情况
- 本项目成果在包头稀土研究院稀土新材料中试基地实施了成果转化，基于本本项目和后期延伸研究成果建立了年产能60吨高性能烧结钕铁硼永磁材料中试生产线，累计实现产值3000余万元。本项目自2011年起在包钢稀土磁性材料有限责任公司进行技术成果转化，取得良好的经济效益。本项目成果开发的产品具有高性能、高稳定性、成本低等特点，可广泛应用于手机、计算机、核磁共振成像、电机、通讯等行业，对促进电子、电力、医疗等领域相关高新技术的发展具有十分重要的意义。

经济效益

包头稀土研究院稀土材料中试基地高性能钕铁硼中试线					
年份	新增产值	新增税收	新增利润	创收外汇 (万美元)	节支总额
2017	774. 00	17. 10	114. 00		
2016	283. 00	6. 00	41. 67		
2015	1221. 00	44. 95	179. 80		
累计	2278. 00	68. 05	335. 47		

包钢稀土磁性材料有限责任公司进行技术成果转化					
年份	新增产值	新增税收	新增利润	创收外汇 (万美元)	节支总额
2017	1270. 00	0. 00			
2016	1360. 00	0. 00			
2015	2100. 00	0. 00			
累计	4730. 00	0. 00			

- 社会环境效益（＜200字）
- 本项目磁体与传统制备方法比具有低的Dy含量和高的磁性能，可广泛应用与风力发电、稀土永磁节能电机、转速检测传感器方面，产品具有巨大的市场用量和经济潜力。
- 本项目的实施可充分发挥我国稀土资源的优势，对改善钕铁硼产品结构，提高我国钕铁硼磁性材料的国际竞争力，促进我国钕铁硼永磁材料的发展，增加出口创汇及西部经济的发展具有重要的意义。为我国汽车电机、数控机床机电一体化等高科技提供优质高能的钕铁硼磁性部件，有利地促进汽车用高品质电机的发展，具有较好的社会效益。

24 CRESTA2018-03-054 高性能稀土镁基储氢材料制备及应用 科技进步类 二等奖

主要完成人	林振、蔡小娟、陈跃辉、陈永刚、刘宏周、刘金锁、郭丽萍、兰涛、张海波、林思杰
主要完成单位	厦门钨业股份有限公司、深圳市豪鹏科技有限公司
项目来源	企业自立

3. 主要技术创新点（<800字）

根据我国稀土资源特点，项目研究了轻稀土在稀土镁基储氢材料中的应用、合理使用高丰度稀土镧元素提高稀土资源附加值，是轻稀土资源平衡利用的创新性思路；研究了稀土镁基储氢材料制备关键技术，实现了产业化过程中镁含量、合金成分及组织均匀性精确控制。主要包含以下创新性：

1）、研究了合金成分、热处理降温速率对合金相结构和微观组织的影响规律；分析评价了不同物相结构协同作用，并实现了对稀土镁基储氢材料组织结构的调控；开发出长寿命的高性能稀土镁基储氢材料并成功应用于低自放电镍氢电池。制备的高性能稀土镁基储氢材料0.2C最高放电容量390mAh/g、60%循环寿命达到580次。

2）、针对镁元素熔点低饱和蒸气压大导致生产过程中易挥发的难题，采取自制高熔点中间合金结合惰性气体保护的方法缓解镁挥发；开发出多点控温技术稳定浇铸温度保证合金成分的均匀性、有效提高回收率；热处理过程采取预充镁工艺降低合金中镁的扩散，稳定相结构。热处理降温速率过慢会导致保温过程形成的物相进一步反应改变微观组织影响合金寿命，本项目开发了加速降温工艺避免物相二次扩散。项目解决了相关产业化关键技术问题，形成年产500吨的高性能稀土镁基储氢材料生产线。

3）、采用多级制粉工艺优化粒度分布，提高了颗粒抗粉化能力；使用混合惰性气体保护、密闭环境制粉，抑制颗粒表面氧化膜的形成；基于稀土镁基储氢材料气态吸放氢原理，自主研制了颗粒粉化测试设备，完善了稀土镁基储氢材料评价体系。

4）、优化电解液配方，降低凝点提高电导率，减缓稀土镁基储氢材料组元溶解；开发高吸碱率、超薄高强隔膜，缩短电荷传递路径提升电池倍率性能；采用新型的汇流结构增大电极反应面积降低电池内阻，提高电池自放电特性，产品应用于AA2000低自放电高端镍氢电池、20℃条件下5年自放电率28%，循环至90%寿命500周。

- 4. 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较
- 项目开发出的高性能稀土镁基储氢材料0.2C最大放电容量390mAh/g, 60%循环寿命580次。产品应用于AA2000低自放电高端镍氢电池、60℃下25天（等同20℃下5年）自放电率<30%，循环寿命（90%）>500周。
- 使用本项目高性能稀土镁基储氢材料制作的AA型低自放电成镍氢电池和同行同类低自放电电池性能对比：性能具有明显优势，20℃容量保留较竞品高10%、45℃容量保留较竞品高50%、80℃过放恢复高30%，循环寿命相当。
- 本项目达成年产500吨规模的高性能稀土镁基储氢材料生产线，2017年01月至2018年08月实现产值5661.50万元、利润1048.83万元。由于使用高丰度稀土镧替代了钕、用镍替代了高价的钴，配方成本降低12.6%（以2018年06月30日亚洲金属网报价核算），按照产值计算已节约成本302.4万元。
- 低自放电高端镍氢电池在个人护理、吸尘器行业、取代一次干电池等方面有非常大的需求，随着欧盟对镍镉电池的限制取代镍镉电池的趋势将越来越强需求也越来越多。因此，本项目成果在逐渐释放的低自放电高端镍氢电池市场抢占了先机，越来越多的终端客户认证通过采用此项目材料设计制作的电池，客户测试评价报告在附件提供。

● 应用情况

- 本项目通过优化配方工艺，批量产出的高性能稀土镁基储氢材料已通过多家客户认证并批量应用。产业化方面，完成了年产500吨稀土镁基储氢材料产业化建设改造，利用厦门钨业股份有限公司储氢材料事业部现有的厂房，完成了稀土镁基储氢产品包括配料、真空快淬、热处理、粉碎筛分和包装等工序的建设改造，稀土镁基储氢材料产业化项目采用改造的专用设备，其中真空感应熔炼炉1台、真空三室退火炉1台、气流磨1台、冲击磨1台、筛分机2台、合批机1台。检测中心增加了PCT测试仪、微粉化测试仪、比表面测试仪、二次电池检测仪及电化学工作站等检测设备。目前主要设备及检测配套可满足500吨/年产能。
- 深圳豪鹏科技有限公司已稳定采购项目成果产品，制作成的AA型镍氢电池与国外品牌电池性能对比，20℃容量保留较竞品高10%、45℃容量保留较竞品高50%、80℃过放恢复高30%，循环寿命相当。此项目成果2017年01月至2018年08月期间为深圳市豪鹏科技有限公司创造产值5661.50万元、利润1048.83万元。
- 低自放电高端镍氢电池市场方面。2017年全球小型镍氢电池总需求量约11.4亿颗，小型镍氢电池的应用领域个人护理、民用产品、吸尘器、电动玩具与电动工具、灯具等行业。随着生活水平的提升，人们更多的关注个人健康及生活质量和品位的提升，这必将带动个人护理和吸尘器行业更大的增长。而这类产品重点关注电池自放电、寿命等性能，故迫切需要加快高性能稀土镁基储氢材料产业化和改善低自放电高端镍氢电池的性能。小型镍氢电池除了自身局部市场需求的增長外，整体替换镍镉电池与民用一次干电池是另一个增长点，主要是欧盟禁止使用含镉等重金属电池进入，以及人们环保意识的增强，用镍氢可充电电池取代一次干电池使用，此趋势将越来越强。镍氢电池要取代这两类电池应用，也需解决自放电大的问题，更需要高性能稀土镁基储氢材料提供材料支撑。

● 6. 经济效益

- 本项目达成年产500吨规模的高性能稀土镁基储氢材料生产线，成果已经应用于低自放电镍氢电池。2017年01月至2018年08月实现产值5661.50万元、利润1048.83万元。由于使用高丰度稀土镧替代了钕、用镍替代了高价的钴，配方成本降低12.6%（以2018年06月30日亚洲金属网报价核算），按照产值计算已节约成本302.4万元。
- 以国内2017年8800吨储氢合金销量计算，高性能稀土镁基储氢材料应用按照30%核算约为2640吨。随着应用的不断扩大，经济效益更加明显，高丰度稀土的大量使用可有效提高资源利用率、带动稀土资源均衡利用。

● 7. 社会环境效益

- 储氢材料行业依托我国的稀土资源优势，经历了快速发展进入平稳期，目前我国已成为世界上储氢材料生产大国。总体上在产能利用和产品价格方面与日本重化学、中央电气、三井金属相比还存在差距。高性能稀土镁基储氢材料的推广一定程度可以带动储氢材料的发展，提高稀土资源利用的附加值。
- 推动下游镍氢电池产业优化升级。近年来镍氢电池成本上涨、销量额逐年降低，储氢材料成本占镍氢电池成本30%左右，高性能稀土镁基储氢材料性能成本优势明显，用于低自放电镍氢电池可以提高企业效益，优化产品结构。项目可以提高轻稀土用量平衡稀土消耗，促进稀土行业的均衡发展，产品应用于低自放电电池直接起到节能降耗、保护环境的作用。

25 CRESTA2018-02-031 基于稀土发光材料的红外激光多波段探测与应用 技术发明类
二等奖

主要完成人	郑岩、郭素文、陈磊、赵谡玲、边静宇、刘洁、乔泊、林长松、全丽华、蒋赟、闵微、余锡宾、耿树范、费运启、张瑞君
主要完成单位	上海科炎光电技术有限公司、北京交通大学、上海师范大学、北京热景生物技术股份有限公司、上海科润光电技术有限公司、上海洞舟实业有限公司
项目来源	国家863

3. 主要技术创新点（<800字）

创新点一：实现对多波段红外探测的发光材料制备与应用

制备出以稀土硫化物发光材料为主体实现对750-2000nm红外激光的探测，激发功率0.1毫瓦起亮,解决了现有技术无法探测1.5-2微米及10.6微米红外激光的技术瓶颈

通过混合基质材料提纯、激活剂筛选、高温烧结，制备出以硫化锶钙锌为主体，以铕、钐、钕、镨为主激活剂，控制材料微晶相变点形成同质混相粉体材料，制备出红外光反应灵敏多色发光材料。通过基质与激活剂、共激活剂的配对组合分离出针对个体标志识别，继而加以光学反射设计制备出高灵敏系列红外探测卡器件，依据上述材料温度特性制备出检测远红外激光的发光材料。

本技术形完整系列型产品，获国内外专利7项，整体处于国际先进水平。

创新点二：物理法表面处理解决发光材料潮解问题

利用常温常压化学气相沉积方法，在不稳定硫化物发光材料表面包裹纳米氧化铝防潮层，使得硫化物发光材料耐水寿命提高10倍以上，有效的改善了材料耐候性潮解问题。通过多级流化床独特结构设计，使得亿万数量的微米颗粒微观均匀运动，利用三甲基铝有机源的过氧、水反应，在微米粉体表面沉积形成均匀可控的300纳米厚度氧化铝纳米薄膜，隔绝了水分子侵蚀反应。其还可广泛用于各类粉体表面处理，改善表面状态。

该方法为本项目自主创新，获得专利3项，整体处于国际先进水平。

创新点三：制备高灵敏度变色稀土纳米发光材料

利用稀土上转换发光多能级吸收与发射原理，观察到不同波长的激光对特别合成的同质发光材料可以产生不同的发射光谱，解决了半导体激光器光谱漂移检测技术难题。

通过对硫氧钪发光材料的吸收能带与发射光谱的对应关系，选择激活剂、制备温度、氧体含量结构控制方法，制备出能够感应5-10纳米激光光谱漂移的发光材料，利用绿-红颜色过渡变化灵敏反应激光能量变化与光谱漂移范围。

该技术已经应用，获得专利3项，处于国际领先水平。

- 4. 与当前国内外同类技术主要参数、效益、市场竞争力的比较（2页）
- 红外激光探测技术，伴随着红外光学、激光技术的发展已成为它们的分支技术领域，基于发光原理而实现的红外激光探测技术，由于长期处于尖端科学研究、军事领域应用因此公开技术资料较少。国外早期市场化以美国柯达公司产品为主，由于经营问题柯达公司退出市场后，国内外市场未再有绝对优势企业出现，英国SCINTACOR、德国LBW、奥地利ROITHNER LASERTECHNIK GmbH等企业有部分产品销售。在我国现阶段从事科研、生产一体化的企业只有本单位，其形成原因一是我国科研与军工体制历史传承因素导致，二是核心激光器生产我国处于弱势，未形成生产群体。近10年我公司红外激光探测产品在数量、品种、质量基本超越上述国外产品，国外部分产品是由我公司代工生产，部分产品处于国际领先水平，其形成原因一是我国近年工业发展迅速，激光市场需求处于国际最大，二是国家基础科技投入递增，我公司及团队是直接受益者。以上侧面也反映出我国研制生产激光器整体处于弱势，而市场应用又处于需求最大的现状。现阶段我单位在国内市场占有率90%，在国外市场占有率20%，综合国内外行业产品总体份额我单位占有65%以上，处于相对优势地位。

	SCINTACOR	LBW	KPT科炎
探测范围（nm）	750-2000	800-1500	750-2000、 10微米
最小响应预值 （mW）	0.1	1	0.1
颗粒（um）	5、20	5	0.1、1、5、20、50
颜色	红蓝绿	橙、绿	5种
寿命（年）	1	1	10以上
品类	5	2	10
多波段识别	无	无	有

- **应用情况**（<800字）

- 新兴电子器件主要代表产品是智能手机中红外测距、对焦等，其应用范围正逐步向智能深度识别领域发展，我公司2014年配合华为手机完成设计、制造环节，为生产线配备相机光学校对，目前苹果、三星、华为正利用红外激光技术研制自动动作识别等功能，红外光探测是其生产制造中不可缺少环节，并且正在研发直接用于手机的红外识别、测距、数据传输的信号显示。

- **经济效益**（社会公益类项目可以不填此栏。）

- 本项目实施前，国内基于发光材料的红外激光探测卡均是进口，目前国内90%以上的产品由我公司提供，并且单价由进口的800元降至现在国产的200元，质量、数量、品种有大幅提升，同时打破了国外限制的产品。
- 本项目近年我公司直接销售稀土红外激光探测材料、探测卡器件，约300余万元。稀土纳米红外发光材料生物试剂使用、生产、销售，由北京热景生物股份公司实施，现阶段年销售额达1亿元，已获得18项医疗生产许可文号，产品主要用于癌症、霍乱、鼠疫等检测，在疾病、食品、烈性传染病等已经成熟应用，其实现了20分钟快速、准确定性定量的体外诊断。

-

- **7. 社会环境效益**（<200字）

- 本项目实施推广可带动多种学科行业创新技术的群体涌现，发展具有独立知识产权的国际领先技术，促使我国率先在基于发光材料的红外激光探测技术、生物红外纳米荧光技术处于国际先进行列，抢占国际商业应用前沿领域，努力建立相关国际行业标准。并且打破了国外对我国的限制性产品销售，促进我国在红外激光科研、军事领域检测技术的发展；扩大稀土材料在高精尖技术领域的应用，展现小领域大作用的稀土“味素”特点。

获奖项目介绍完毕！