

公示材料

一、基本信息			
项目名称	中文	稀土磁性材料稀土原子物态检测、效能溯源与高效利用评价技术	
	英文	Assessment techniques of in-situ detection of physical properties, performance traceability, and high-efficient utilization of rare atoms in rare earth magnetic materials	
成果申报等级		<input checked="" type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖 <input type="checkbox"/> 三等奖	<input checked="" type="checkbox"/> 是否同意调级
主要完成人		葛洪良、吴琼、衣晓飞、施江焕、泮敏翔、何震宇、刘友好、俞能君、杨杭福、杨武国	
主要完成单位		中国计量大学、安徽大地熊新材料股份有限公司、横店集团东磁股份有限公司、宁波市计量测试研究院（宁波新材料检验检测中心）	
推荐单位(盖章)		中国计量大学	
奖项的主要项目来源		<input checked="" type="checkbox"/> 国家级 <input type="checkbox"/> 省部级 <input type="checkbox"/> 其他	
具体计划、基金的名称和编号：国家自然科学基金“基于交换耦合作用有序磁性纳米复合材料的研究（51172219）”、浙江省重点研发计划“磁性材料高通量表征技术（2017C01004）”			
成果的主要项目起止时间		起始： 2017-1	完成：2022-12
组织验收/鉴定单位		国家自然科学基金委；浙江省科技厅	
成果登记号	DJ501072020Y0022； DJ501072021Y0003	成果登记时间	2020 年 7 月 3 日；2021 年 5 月 6 日

二、奖项简介

稀土是关键原材料，也是不可再生资源，监管和提升企业的稀土利用效率对于稀土资源的可持续发展具有重要的战略意义。稀土高性能磁性材料广泛应用于国防、智能制造等高端领域，是现代科技至关重要材料。但目前对稀土磁性材料质量的监管主要集中在磁性能和机械性能等服役性能方面，稀土元素含量及其相分布的监管则面临着物理模型复杂，定量检测技术缺乏，难以产业化应用推广等技术难题。**本项目提出了磁性材料中稀土原子的主相及晶界占位检测及溯源方案，并探明稀土原子对磁性能贡献机制，建立了磁性能评价模型和指标体系，为磁性材料稀土利用效率市场监管提供技术支撑。**具体技术创新点如下：

1、提出不同晶界形态下稀土元素物态检测及溯源方案

克服单一传统材料表征方法的局限性，综合应用主晶相特征衍射峰精修技术、三叉晶界相“空间精确定位+微区含量检测”等，对多维度检测获得的微结构信息进行集成解析，并建立检测过程模型，提出关键影响参数的量值溯源方案，评定能谱法测试晶界相稀土元素含量的相对扩展不确定度为 4.5% ($k=2$)，电子探针检测重稀土含量的不确定度为 6.5% ($k=2$)，实现不同复杂形态下稀土元素分布及其相分布的检测。

2、发明基于居里温度反演稀土元素占位信息的稀土元素物态检测新方法

采用检测数据、材料学理论、软件数据处理三者相结合的方式，突破现有检测技术在稀土磁性材料表征方面的局限性，采用第一性原理建立铁磁性相晶胞模型，模拟稀土元素占位与磁体本征磁性能的定量映射关系，通过材料居里温度反演铁磁性原子交换作用，从而推演稀土元素占位信息。搭建高精度铁磁性相居里温度检测装置，钕铁硼居里温度测量的相对扩展不确定度为 4.3% ($k=2$)，实现稀土含量与占位的定量检测，易于产业化推广。

3、基于稀土元素物态检测建立稀土元素磁性能效能溯源模型

在稀土元素检测技术的基础上，研究稀土元素对磁性能贡献机制，完善稀土资源质量基础技术，实现稀土磁性材料中稀土元素效能溯源。通过实际磁体的磁性能和微磁结构表征，结合磁畴动态演变与微结构的关联研究，从微磁学角度评价稀土元素优化磁性材料结构敏感参数的作用方式，获得稀土元素效能溯源分析技术及模型的修正方案；构建“稀土元素分布-微磁学模拟-性能”的关系传递链，获得不同牌号稀土永磁材料稀土元素含量的下限值，建立磁性材料稀土元素高效精准利用评价指标体系。

项目获授权核心发明专利 22 项，发表论文 24 篇，3 项关键检测技术通过专家论证。主导制定国家标准 2 项、团体标准 1 项，参与制定国家标准 5 项。成果已在计量测试单位及磁性材料企业应用，近三年直接经济效益超 20 亿元，为企业新产品研发提供关键检测技术支撑。经电工合金标委会、电子元件行业协会等评价，项目提升了我国永磁材料产品技术水平，促进了稀土资源高效利用，增强了磁性材料市场监管能力和水平，经济和社会效益显著。