

2019 年度浙江省科学技术奖项目公示内容

项目名称	高稳定性烧结钕铁硼永磁材料组织结构调控与重稀土减量化技术
推荐单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所
推荐意见:	<p>该项目立足轨道交通、节能电机等领域对高稳定性稀土永磁的应用需求,以及资源平衡利用的迫切要求,开发出一系列具有自主知识产权的关键制备技术,并与合作企业开展产业化推广工作,实现新增产值 15 亿以上,降低原材料成本 1 亿以上,突破了国外在高端稀土永磁技术上的封锁,显著提升浙江省乃至我国稀土永磁行业技术水平和产品市场竞争力。项目开发的重稀土减量化技术显著降低了高稳定性磁体对稀缺战略资源的依赖,推动了我国稀土资源的平衡高效利用。经审查,项目申报资料符合申报要求,同意推荐申报 2019 年度浙江省科技进步奖一等奖。</p> <p>推荐该项目为省科技进步奖一等奖。</p>
项目简介:	<p>烧结钕铁硼永磁材料是目前磁性能最高、应用最广、发展最快的永磁材料,但其存在稳定性差的缺点,需要添加大量昂贵稀缺的重稀土元素进行改善,造成稀土元素利用严重失衡、成本大幅增加,制约了我国稀土资源利用的健康持续发展。本项目基于材料组织结构与磁体综合性能依赖关系的研究,对钕铁硼制备流程各工艺环节进行深入分析和优化,发明低温压力烧结技术和涡流感应处理技术,发展了系列晶界改性技术,发明电泳沉积等重稀土表面涂覆技术和晶界扩散技术,攻克了材料组织结构的精确调控的技术难点,实现了高稳定性烧结钕铁硼的重稀土减量化,主要科技创新点如下:</p> <p>1、发明低温压力烧结技术和涡流感应处理技术,通过压力辅助在较低温度下烧结,实现磁体致密化并显著抑制晶粒生长,将晶粒尺寸细化到 3 微米以下;通过涡流感应热处理,使晶界相在电磁作用下分散在晶粒周围,同时发展了晶界相调控技术,弱化晶界铁磁性,增强晶粒间的去磁耦合作用,提高磁体矫顽力和稳定性,在无重稀土的条件下获得 $H_{ci}:19.46 \text{ kOe}$, $(BH)_{max}: 42.43 \text{ MGOe}$ 的高矫顽力磁体。</p> <p>2、发展了系列晶界改性技术,通过在晶界引入低熔点 DyCo 合金、重稀土氢化物、稀土-铁-硼纳米晶合金等,使重稀土元素偏聚分布于晶粒表层和晶界,并增强晶界相与主相润湿性、优化组织结构,提高磁体矫顽力和稳定性,开发出系列高性能高稳定性钕铁硼永磁产品。</p> <p>3、发明电泳沉积等重稀土表面涂覆技术和晶界扩散技术,成功在磁体表面沉积均匀可控的重稀土化合物涂层,精确控制重稀土元素扩散量,实现磁体矫顽力可控增加,薄片产品一致性优异;进而发展了一种重稀土氢化物和铝复合晶界扩散技术,利用金属铝在烧结钕铁硼磁体中的强扩散能力,优化晶界结构、弱化晶界铁磁性,并显著降低重稀土使用量。开发出磁性能达到: $H_{ci}:38.33 \text{ kOe}$, $(BH)_{max}: 41.8 \text{ MGOe}$ 的超高性能磁体。</p> <p>本项目实施以来,获得国家发明专利 10 项,在国际学术期刊发表论文 23 篇,出版专著 1 部。相关技术已在宁波韵升、宁波松科、宁波科田、宁波同创等企业实现产业化应用,产品应用于消费类电子、汽车、轨道交通等高端应用领域,取得了显著的经济效益和社会效益,近三年新增销售额 15.22 亿元,净利润 1.90 亿元,出口创汇 1.61 亿美元。本项目的成功实施,打破了国外在高端稀土永磁生产技术上的封锁,显著提升我国稀土永磁材料企业技术水平与产品的市场竞争力。</p>

第三方评价:

(一)、查新报告

经中科院科技查新咨询检索中心查新认为：“本项目发明的细晶烧结钕铁硼磁体涡流感应处理技术，…在国内尚未见类似报道。…本项目开发了低熔点 DyCo 合金、纳米晶 HDDR 稀土-铁-硼合金等晶界改性技术，…在国内尚未见类似报道。…发明了电泳沉积等重稀土表面涂覆及晶界扩散技术…在国内尚未见类似报道。…综合分析所检文献，除委托方及其合作方的阶段性研究成果外，国内未见研究与委托方查新点相同的烧结钕铁硼永磁材料组织结构调控与重稀土减量化技术的报道。”

(二)、检测报告

开发的系列磁体经中国计量研究院检测，结果如下：

1、无重稀土 42SH 磁体 (GJcc2014-1243): $H_{cj}=19.46\text{kOe}$, $(BH)_m=42.43\text{MGOe}$ 。

2、低重稀土 50SH 磁体 (GJcc2018-0349): $H_{cj}=20.43\text{kOe}$, $(BH)_m=47.98\text{MGOe}$ 。

3、超高性能晶界扩散磁体

(1) GJcc2016-0425: $H_{cj}=38.33\text{kOe}$, $(BH)_m=41.80\text{MGOe}$; 综合磁性能 $(BH)_m+H_{cj}=80.13$ 。

(2) GJcc2017-1302: 20°C , $H_{cj}=38.63\text{kOe}$, $(BH)_m=41.10\text{MGOe}$; 220°C , $H_{cj}=13.51\text{kOe}$, $(BH)_m=24.06\text{MGOe}$ 。

(3) GJcc2017-0857: $H_{cj}=33.25\text{kOe}$, $(BH)_m=45.65\text{MGOe}$ 。

(三)、验收意见

1、宁波市科技重点项目 (2013B10004): “项目研发电泳处理、高温晶界扩散氯化镧关键技术，并成功实现产业化。”

2、宁波市科技重大专项 (2014B11008): “成功研发出具有良好粒度一致性的超细磁粉，并获得致密化的细晶烧结磁体，产品的内禀矫顽力大幅提升，并采用镧扩散技术大幅降低重稀土使用量。”

3、宁波市科技重大专项 (2015B11040): “项目通过配方优化，调整晶界相的组成和含量，使磁体晶界相分布更均匀，显著提高了磁体矫顽力；通过…感应涡流热处理等技术研究，开发了无重稀土 42SHF 和 48HF 磁钢，…已实现批量生产。”

4、宁波市科技重大专项 (2016B10007): “研究了速凝工艺、气流磨工艺、沿晶界扩散技术与晶粒尺寸、矫顽力的关系，…开发出综合磁能积 $H_{cj}+(BH)_{max}>80$ 的超高性能磁体， $20^\circ\text{C}-220^\circ\text{C}$ 矫顽力温度系数等于 $-0.36\%/^\circ\text{C}$ 。”

5、宁波市国际合作项目 (2015D10019): “研发了稀土元素分布、显微组织结构和磁性能等调控技术，推动了…重稀土的高质化利用。”

(四)、用户评价

项目研发的高稳定性磁体应用在宁波轨道交通的地铁牵引电机和铭异科技生产的用于计算机硬盘的 VCM 中，“满足使用要求，使用效果良好”；在德国 Bosch 混合动力和纯电动汽车用牵引电机和发电机中装机试验，满足应用要求，“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”。

推广应用情况、经济效益和社会效益

1. 完成单位应用情况和直接经济效益

单位名称	新增应用量（单位：吨）			新增销售收入（单位：万元）			新增税收（单位：万元）			新增利润（单位：万元）		
	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年	2016年	2017年	2018年
宁波韵升股份有限公司	445.63	538.24	879.23	21378.42	29187.57	40715.13	718.91	657.96	924.33	4524.86	3968.79	6015.18
宁波松科磁材有限公司	303.96	311.95	279.05	9466.20	9912.19	8616.36	356.72	126.09	33.81	768.04	504.33	231.26
宁波科田磁业有限公司	389.01	383.56	298.16	8170.74	9110.91	7006.42	147.59	236.29	137.61	651.61	1074.70	846.68
宁波同创强磁材料有限公司	96.74	83.16	164.38	2589.67	2083.14	3996.21	26.97	16.95	43.63	145.95	115.32	172.52
合 计	1235.34	1316.91	1620.82	41605.03	50293.81	60334.12	1250.19	1037.29	1139.38	6090.46	5663.14	7265.64
	4173.07			152232.96			3426.86			19019.24		

2. 社会效益和间接经济效益

本项目通过开展技术革新，突破低重稀土高稳定性磁体制备技术瓶颈，使材料的磁性能、服役性达到或超过国外发达国家水平，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，发展具有自主知识产权的永磁新材料和新技术。项目进而通过产业化应用推广，掌握了一系列高端稀土永磁材料的关键产业化技术并获得相关核心专利，大幅提高了稀土资源的利用效率，近三年共应用超过四千吨产品，平均每公斤节省 2wt.% 的重稀土，节约原材料成本约 1.08 亿元，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。所研发并产业化实施的重稀土减量化技术推广应用至行业内，获得的高稳定性稀土永磁材料满足高技术领域及尖端技术领域需求，打破了发达国家在高附加值高矫顽力磁体产业化技术的垄断，提升了我国在高附加值关键产品方面的研究水平及生产能力，优化了稀土永磁材料的产业结构并推动其可持续发展。项目已培养 7 名博士和 4 名硕士研究生，博士后 6 名，并为企业培养和输送技术骨干 16 名。项目的实施和完成，为我国稀土科技和应用发展决策提供科学依据，引导我国稀土永磁材料产业的升级，为增强国际竞争能力提供人才保障和技术支撑。

主要知识产权证明目录

知识产权类别	知识产权具体名称	国家 (地区)	授权号	授权日期	权利人	发明人(培育人)
授权发明专利	一种提高烧结钕铁硼永磁体磁性能的方法	中国	ZL201410006155.6	2018.12.07	中国科学院 宁波材料技术与工程研究所	陈岭,郭帅,闫阿儒, 陈仁杰,严长江,丁广飞
授权发明专利	烧结钕铁硼磁体及其制备方法	中国	ZL201310483496.8	2017.03.29	中国科学院 宁波材料技术与工程研究所	章晓峰,郭帅,陈仁杰, 李东,闫阿儒
授权发明专利	一种钕铁硼磁体及其制备方法	中国	ZL201410240539.4	2016.08.17	宁波同创强磁材料有限公司	赵红良,范逢春,张子祥
授权发明专利	一种高矫顽力烧结钕铁硼磁体及其制备方法	中国	ZL201510429726.1	2018.08.10	宁波科田磁业有限公司	严长江,王育平,徐峰
授权发明专利	一种提高烧结钕铁硼薄片磁体磁性能的方法	中国	ZL201410320955.5	2017.03.01	宁波韵升股份有限公司 宁波韵升磁体元件技术有限公司 宁波韵升磁性材料有限公司	竺晓东,曾许多,吕向科, 丁勇,张民,石高阳
授权发明专利	一种钕铁硼磁体渗镧的方法	中国	ZL201610044089.0	2017.07.14	宁波松科磁材有限公司	卓剑虹,徐峰,张洪伟, 陈伟,邓婉菁,童斐, 梁树勇,易鹏鹏

代表性论文专著目录

作者	论文专著名称/刊物	年卷期 页码	发表时间 (年、月)	SCI 他 引次数	他引 总次 数
Ju Jin-Yun, Tang Xu, Chen Ren-Jie, Wang Jin-Zhi, Yin Wen- Zong, Lee Don, and Yan A-Ru	Fine-grained NdFeB magnets prepared by low temperature pre-sintering and subsequent hot pressing / Chinese Physics B	2015, 24/1, 017504	2015.01	4	4
Guangfei Ding, Shuai Guo, Ling Chen, Jinghui Di, Jie Song, Renjie Chen, Don Lee, Aru Yan	Coercivity enhancement in Dy-free sintered Nd-Fe-B magnets by effective structure optimization of grain boundaries / Journal of Alloys and Compounds	2018,735 , 795-801	2018.02	2	2
Xuejing Cao, Ling Chen, Shuai Guo, Fengchun Fan, Renjie Chen, Aru Yan	Effect of rare earth content on TbF3 diffusion in sintered Nd-Fe-B magnets by electrophoretic deposition / Scripta Materialia	2017, 131, 24-28	2017.04	7	7
Jinghui Di, Guangfei Ding, Xu Tang, Xiao Yang, Shuai Guo, Renjie Chen, Aru Yan	Highly efficient Tb-utilization in sintered Nd-Fe-B magnets by Al aided TbH ₂ grain boundary diffusion / Scripta Materialia	2018, 155, 50-53	2018.10	0	0
合 计:				13	13

主要完成人情况

姓 名	闫阿儒	排 名	1	性 别	男
技术职称	研究员	文化程度	研究生	最高学位	博士
工作单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
二级单位	稀土磁性功能材料实验室				
完成单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
参加本项目起止时间	起始：2013-1-1			截止：2018-12-26	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是本项目总负责人，全面负责指导项目技术攻关和产业化工作；是科技创新中所列的创新点一、二、三项的主要贡献者，提出本项目的关键学术思想和技术路线，在无/低重稀土高矫顽力永磁材料开发、晶界改性技术开发、磁体晶界扩散方面做出突出贡献。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 60%，共同发表代表性论文 4 篇，共同授权核心发明专利 2 项。</p>					

姓 名	竺晓东	排 名	2	性 别	男
技术职称	无	文化程度	研究生	最高学位	硕士
工作单位	宁波韵升股份有限公司				
二级单位					
完成单位	宁波韵升股份有限公司				
参加本项目起止时间	起始：2013-3-1			截止：2018-12-26	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是科技创新中所列的创新点三的主要贡献者，负责完成超高性能磁体的产业化技术研发工作；参与完成晶界扩散方面的工作并组织产业化。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 60%，授权核心发明专利 1 项。</p>					

姓名	郭帅	排名	3	性别	男
技术职称	研究员	文化程度	研究生	最高学位	博士
工作单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
二级单位	稀土磁性功能材料实验室				
完成单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
参加本项目起止时间	起始：2013-1-1			截止：2018-12-26	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是科技创新中所列的创新点一、二、三项的主要贡献者，负责完成涡流感应处理技术、电泳沉积晶界扩散技术的研发工作；参与完成复合晶界扩散技术的研发工作。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 100%，共同发表代表性学术论文 3 篇，共同授权核心发明专利 2 项。</p>					

姓名	陈仁杰	排名	4	性别	男
技术职称	研究员	文化程度	研究生	最高学位	博士
工作单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
二级单位	稀土磁性功能材料实验室				
完成单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
参加本项目起止时间	起始：2013-1-1			截止：2018-12-26	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是科技创新中所列的创新点一、二、三项的主要贡献者，负责完成细晶磁体加压烧结技术，作为骨干完成无重稀土磁体及电泳沉积晶界扩散技术的研发工作。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 80%，共同发表代表性学术论文 4 篇，共同授权核心发明专利 2 项。</p>					

姓名	丁勇	排名	5	性别	男
技术职称	高级工程师	文化程度	研究生	最高学位	博士
工作单位	宁波韵升股份有限公司				
二级单位					
完成单位	宁波韵升股份有限公司				
参加本项目起止时间	起始：2013-3-1			截止：2018-12-26	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是科技创新中所列的创新点三的主要贡献者，作为骨干完成晶界扩散技术的研发工作及超高性能稀土磁体开发，参与了项目成果在宁波韵升的中试和产业化，并解决了产业化中遇到的关键技术问题。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 80%，共同授权核心发明专利授权 1 项。</p>					

姓名	陈岭	排名	6	性别	男
技术职称	高级工程师	文化程度	研究生	最高学位	博士
工作单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
二级单位	稀土磁性功能材料实验室				
完成单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
参加本项目起止时间	起始：2013-1-1			截止：2018-12-26	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是科技创新中所列的创新点一、三项的主要贡献者，作为骨干完成涡流感应处理技术和电泳沉积晶界扩散技术的研发，参与了无重稀土磁体的开发及产业化技术开发工作。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 100%，共同发表代表性学术论文 2 篇，共同授权核心发明专利 1 项。</p>					

姓名	严长江	排名	7	性别	男
技术职称	高级工程师	文化程度	研究生	最高学位	博士
工作单位	宁波科田磁业有限公司				
二级单位					
完成单位	宁波科田磁业有限公司				
参加本项目起止时间	起始：2013-1-1			截止：2018-12-26	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是科技创新中所列的创新点一、二项的主要贡献者，作为骨干完成晶界改性技术研发和无重稀土高矫顽力磁体研发，完成低/无重稀土磁体产业化技术开发并解决了产业化过程中的一些关键技术问题。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 100%，获得授权核心发明专利 2 项。</p>					

姓名	易鹏鹏	排名	8	性别	男
技术职称	高级工程师	文化程度	研究生	最高学位	博士
工作单位	宁波松科磁材有限公司				
二级单位					
完成单位	宁波松科磁材有限公司				
参加本项目起止时间	起始：2013-1-1			截止：2018-12-26	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是科技创新中所列的创新点三的主要贡献者，作为骨干参与完成晶界扩散技术的研发，负责实施本项目成果在宁波松科的产业化工作。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 100%，获得授权核心发明专利 1 项。</p>					

姓名	张民	排名	9	性别	男
技术职称	高级工程师	文化程度	研究生	最高学位	博士
工作单位	宁波韵升股份有限公司				
二级单位					
完成单位	宁波韵升股份有限公司				
参加本项目起止时间	起始：2013-3-1			截止：2018-12-26	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是科技创新中所列的创新点三的主要贡献者，作为骨干参与完成晶界扩散技术的研发及超高性能磁体产业化技术攻关工作。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 100%，共同获得授权核心发明专利 1 项。</p>					

姓名	赵红良	排名	10	性别	男
技术职称	工程师	文化程度	本科	最高学位	学士
工作单位	宁波同创强磁材料有限公司				
二级单位					
完成单位	宁波同创强磁材料有限公司				
参加本项目起止时间	起始：2013-7-24			截止：2018-7-12	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是科技创新中所列的创新点二的主要贡献者，作为骨干参与晶界改性技术的研发，负责完成重稀土氢氧化物晶界改性技术的研发，组织项目成果的产业化工作。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 60%，获得授权发明专利 1 项。</p>					

姓名	丁广飞	排名	11	性别	男
技术职称	助理研究员	文化程度	研究生	最高学位	博士
工作单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
二级单位	稀土磁性功能材料实验室				
完成单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
参加本项目起止时间	起始：2013-1-1			截止：2018-12-26	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是科技创新中所列的创新点一的主要贡献者，作为骨干参与涡流感应处理技术的研发及无重稀土磁体的开发工作。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 100%，共同发表代表性论文 2 篇，共同授权核心发明专利 1 项。</p>					

姓名	邱敬慧	排名	12	性别	男
技术职称	工程师	文化程度	研究生	最高学位	硕士
工作单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
二级单位	稀土磁性功能材料实验室				
完成单位	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
参加本项目起止时间	起始：2013-1-1			截止：2018-12-26	
对本项目主要科技创新的创造性贡献					
<p>本人是科技创新中所列的创新点三的主要贡献者，作为骨干参与晶界扩散技术及复合扩散物的开发工作。在本项目中投入的工作量占本人工作总量 100%，共同发表代表性论文 2 篇。</p>					

主要完成单位情况

单位名称	中国科学院宁波材料技术与工程研究所				
排 名	1	法人代表	黄政仁	所在地	浙江宁波
单位性质	研究院所：非转制研究院所				
对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况					
<p>为主开展了高稳定性烧结钕铁硼永磁材料组织结构调控和重稀土减量化技术的实验研究和技术开发，开发了细晶磁体的低温加压烧结和涡流感应处理技术、DyCo 晶界改性技术、电泳沉积晶界扩散技术及复合扩散技术，开发出无重稀土 42SH 等系列牌号磁体和超高性能磁体，解决了重稀土减量化的关键技术难题。协助和指导项目成果在合作企业进行中试和产业化。通过项目合作、举办产业论坛等形式与企业合作交流，提升整个产业的技术水平和市场竞争力。</p>					

单位名称	宁波韵升股份有限公司				
排 名	2	法人代表	竺晓东	所在地	浙江宁波
单位性质	民营企业				
对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况					
<p>参与了晶界扩散的技术研发，为主完成了项目成果在本公司的产业化应用，解决了晶界扩散技术中产品一致性的问题，合作完成超高性能烧结钕铁硼的研发，解决了中试和产业化过程中的主要技术问题，并完成产业化技术开发及规模化生产。依托本项目开发的高稳定性稀土永磁产品应用于宁波轨道交通的牵引电机和铭异科技生产的用于计算机硬盘的 VCM 中，满足应用对永磁材料高性能、高稳定性的要求。</p>					

单位名称	宁波松科磁材有限公司				
排 名	3	法人代表	汪维杰	所在地	浙江宁波
单位性质	民营企业				
对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况					
<p>参与完成了晶界改性技术和晶界扩散技术的研发工作，参与 DyCo 合金晶界改性技术的研发，解决了重稀土元素分布调控的技术难题，并提升了磁体的温度稳定性和耐蚀性，开发了系列牌号高稳定性烧结钕铁硼永磁产品，为主完成了项目成果在本公司的产业化应用，解决了晶界扩散技术中矫顽力提升稳定性的技术问题，开发的高稳定性稀土永磁材料获得在电梯用节能电机等领域的规模化应用。</p>					

单位名称	宁波科田磁业有限公司				
排 名	4	法人代表	傅万成	所在地	浙江宁波
单位性质	民营企业				
对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况					
<p>参与了细晶磁体晶界调控的技术研发，为主开发了 HDDR 纳米晶粉末晶界改性技术，解决了涡流感应处理技术优化晶界的关键技术难题，优化了无重稀土高矫顽力磁体的配方和关键工艺参数，合作开发了 42SH 等系列无重稀土高矫顽力磁体，为主完成了项目成果在本公司的产业化应用，解决了中试和规模化生产中的技术问题。</p>					

单位名称	宁波同创强磁材料有限公司				
排 名	5	法人代表	赖岳卫	所在地	浙江宁波
单位性质	民营企业				
对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况					
<p>参与完成了晶界改性技术的研发工作，为主开展了氢化镨、氢化镨铁和稀土铁硼超细粉晶界改性技术的研发工作，解决了晶界改性物均匀分布的关键技术问题，开发出系列牌号低重稀土高矫顽力磁体，降低了高矫顽力磁体的重稀土使用量和配方成本，实现了重稀土的高质化利用，完成了项目成果在本公司的中试和规模化生产。</p>					

完成人合作关系说明

本项目完成人均以本人为负责人的高稳定性烧结钕铁硼永磁材料组织结构调控与重稀土减量化技术研究团队核心骨干或长期合作伙伴。本人是宁波材料所稀土永磁团队的负责人，郭帅，陈仁杰，陈岭，丁广飞，邸敬慧均为本团队的研究骨干，在材料所从事本项目的研究工作。丁勇，易鹏鹏，严长江博士均毕业于宁波材料技术与工程研究所，博士毕业后进入合作完成企业从事本项目相关研究和产业化技术开发工作。张民博士在本人的指导下于宁波材料所和宁波韵升从事博士后研究，在宁波韵升参与本项目的研究和产业化工作。

宁波材料技术与工程研究所和宁波韵升股份有限公司、宁波松科磁材有限公司、宁波科田磁业有限公司、宁波同创强磁材料有限公司有长期的合作关系。由本人作为负责人，分别与宁波韵升、宁波松科、宁波科田、宁波同创在项目执行期内组建了工程中心或开展合作项目研究，本项目的其他完成人均作为研究骨干合作开展研究工作。

由完成人易鹏鹏作为负责人完成的宁波市重点项目（编号：2013B10004），郭帅、陈仁杰、陈岭作为宁波材料所的技术骨干，开展合作研究工作。

由完成人赵红良作为负责人完成的宁波市科技重大专项（编号：2014B11008），陈仁杰、丁广飞、邸敬慧、陈岭作为宁波材料所的技术骨干，开展合作研究工作。

由完成人严长江作为负责人完成的宁波市科技重大专项（编号：2015B11040），陈岭、邸敬慧、丁广飞作为宁波材料所的技术骨干，开展合作研究工作。

由完成人丁勇作为负责人完成的宁波市科技重大专项（编号：2016B10007），竺晓东、张民、郭帅、丁广飞、陈岭分别作为宁波韵升和宁波材料所的技术骨干，开展合作研究工作。

由完成人陈仁杰牵头的宁波市国际合作项目（编号：2015D10019），宁波材料技术与工程研究所为牵头单位，宁波韵升股份有限公司、宁波松科磁材有限公司、宁波科田磁业有限公司为参与完成单位，竺晓东、丁勇、易鹏鹏、严长江、郭帅、丁广飞、邸敬慧作为项目的技术骨干开展项目的合作研发工作。

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：



2019. 2. 26

知情同意报奖证明

本人/本公司知晓并同意以下知识产权和论文用于项目“高稳定性烧结钕铁硼永磁材料组织结构调控与重稀土减量化技术”申报本次浙江省科技进步奖。

主要知识产权列表：

知识产权类别	专利名称	国家	授权号	授权日期	权利人	发明人(培育人)
授权发明专利	一种提高烧结钕铁硼永磁体磁性性能的方法	中国	ZL201410006155.6	2018.12.07	中国科学院宁波材料技术与工程研究所	陈岭, 郭帅, 闫阿儒, 陈仁杰, 严长江, 丁广飞
授权发明专利	烧结钕铁硼磁体及其制备方法	中国	ZL201310483496.8	2017.03.29	中国科学院宁波材料技术与工程研究所	章晓峰, 郭帅, 陈仁杰, 李东, 闫阿儒
授权发明专利	一种钕铁硼磁体及其制备方法	中国	ZL201410240539.4	2016.08.17	宁波同创强磁材料有限公司	赵红良, 范逢春, 张子祥
授权发明专利	一种高矫顽力烧结钕铁硼磁体及其制备方法	中国	ZL201510429726.1	2018.08.10	宁波科田磁业有限公司	严长江, 王育平, 徐峰
授权发明专利	一种提高烧结钕铁硼薄片磁体磁性能的方法	中国	ZL201410320955.5	2017.03.01	宁波韵升股份有限公司 宁波韵升磁体元件技术有限公司 宁波韵升磁性材料有限公司	竺晓东, 曾许多, 吕向科, 丁勇, 张民, 石高阳
授权发明专利	一种钕铁硼磁体渗滴的方法	中国	ZL201610044089.0	2017.07.14	宁波松科磁材有限公司	卓剑虹, 徐峰, 张洪伟, 陈伟, 邓婉菁, 童斐, 梁树勇, 易鹏鹏

发表论文列表：

作者	论文专著名称/刊物	年卷期 页码	发表时间	SCI 他引 次数	他引 总次数
Ju Jin-Yun, Tang Xu, Chen Ren-Jie, Wang Jin-Zhi, Yin Wen-Zong, Lee Don,	Fine-grained NdFeB magnets prepared by low temperature pre-sintering and subsequent hot pressing / Chin. Phys. B	2015, 24/1, 017504	2015.01	4	4

Guangfei Ding, Shuai Guo, Ling Chen, Jinghui Di, Jie Song, Renjie Chen, Don Lee, Aru Yan	Coercivity enhancement in Dy-free sintered Nd-Fe-B magnets by effective structure optimization of grain boundaries / Journal of Alloys and Compounds	2018,735, 795-801	2018.02	2	2
Xuejing Cao, Ling Chen, Shuai Guo, Fengchun Fan, Renjie Chen, Aru Yan	Effect of rare earth content on TbF3 diffusion in sintered Nd-Fe-B magnets by electrophoretic deposition / Scripta Materialia	2017, 131, 24-28	2017.04	7	7
Jinghui Di, Guangfei Ding, Xu Tang, Xiao Yang, Shuai Guo, Renjie Chen, Aru Yan	Highly efficient Tb-utilization in sintered Nd-Fe-B magnets by Al aided TbH ₂ grain boundary diffusion / Scripta	2018, 155, 50-53	2018.10	0	0
合 计:				13	13

未列入项目主要完成单位或完成人的作者或权利人 (签名/盖章):

章晓峰 李东 荆锦子 唐旭 尹文宗
 宋杰 汪金芝 曹学静 杨潇
 葛建磊 张子祥 王育平 徐峰 曾作志
 吕向科 石高阳 卓剑虹 徐峰 张洪伟
 陈伟 邓婉菁 童斐 梁树勇

