

2025 年度山东省科学技术奖拟提名项目

一、集成电路封装用光敏性聚酰亚胺光刻胶（PSPI）技术攻关及产业化

（一）提名者、提名意见及提名等级

提名者：聊城市

提名意见：我单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料，确认真实有效，相关栏目符合填写要求。按照要求，我单位及完成人所在单位均进行了公示，确认完成人排序无异议。

半导体产业作为现代信息技术产业的基础，已成为社会发展和国民经济的基础性、战略性和先导性产业，是现代日常生活和未来科技进步必不可少的重要组成部分。以集成电路为代表的半导体产品应用领域广泛，下游应用行业的需求增长是半导体产业快速发展的核心驱动力。光敏性聚酰亚胺光刻胶（PSPI）是集成电路领域的关键材料，是具有技术壁垒和客户壁垒“双壁垒”的“卡脖子”产品，此前，完全由日、美企业垄断。

该技术发明团队已授权发明专利 33 件，以自主专利技术为基础，经过多年的持续研发，完成了具有自主知识产权的正型光敏性聚酰亚胺光刻胶以及负型光敏性聚酰亚胺光刻胶产品研发。

该公司已建成国内首条具有国际领先水平的年产 100 吨光敏性聚酰亚胺光刻胶生产线。“波米科技高端芯片封装用

聚酰亚胺材料打破国外垄断并实现量产”，入选《山东好成果专报》第二期。支撑该成果的项目鉴定证书，以及申请或授权的专利证书，得到鉴定专家的正面评价。

提名等级：参照山东省科学技术奖申报和推荐基本条件，拟推荐该项目为山东省技术发明奖一等奖。

（二）项目简介

集成电路封装用光敏性聚酰亚胺光刻胶（PSPI）是电子化学品中技术壁垒最高的材料之一；是半导体制造、先进电子封装领域中的关键材料；具有耐高温、耐腐蚀、高绝缘、低介电常数和低介电损耗、力学性能优异等特点。封装材料的质量和性能是直接影响集成电路性能、成品率以及可靠性的关键性因素。

当前集成电路封装用光敏性聚酰亚胺光刻胶关键核心技术及市场完全由日本、美国企业垄断。由于受关键制备技术封锁的严重制约，高端光敏性聚酰亚胺光刻胶关键核心技术无法突破。我国在多个领域所需高端光敏性聚酰亚胺产品受制于人，成为制约这些领域发展的“卡脖子”问题。相比于国外，我国目前对于光敏性聚酰亚胺的研究仍处于起步阶段，距离真正产业化还有一定的差距，严重制约着我国未来大规模集成电路产业的发展。

本发明团队的研发始于 2002 年，先后顺利完成了国家 863 电子专项子课题“ULSI 电路封装用聚酰亚胺的批量化生产技术”和重点研发计划。经历十几年的研发工作，公司于 2020 年公司取得突破性进展，通过自主开发前驱体树脂结构、

关键添加剂、配方体系优化等多方面技术发明，成功开发出多款可用于集成电路封装用的光敏性聚酰亚胺光刻胶产品，建成产业化生产线 3 条，量产产品成功应用于海思、中车、长电、盛合晶微、深爱等集成电路企业，本项目主要研究内容包括：

- 1、关键单体及助剂的设计开发及合成技术研究
- 2、PSPI 材料前驱体树脂的结构优化和合成工艺技术研究

- 3、PSPI 材料原型配方设计开发技术研究

- 4、PSPI 产品的产业化技术和批量稳定性控制技术研究

海思、华为、长电、盛合晶微、中车等集成电路设计和封装企业对包括晶爱半导体、明士新材料、强力新材等多家国产企业的光敏性聚酰亚胺光刻胶进行了近 4 年的测试和验证，最终通过真片验证并实现批量供货的仅有波米科技的发明团队一家，被海思授予“最佳技术突破奖”和“最佳合作伙伴奖”。被华为授予“扎到根、捅破天”奖，这是华为首次给解决“卡脖子”难题的材料供应商颁奖，全国共 4 家，封装材料领域仅波米 1 家。团队发明的集成电路封装用光敏性聚酰亚胺光刻胶已经被广泛应用于芯片、高铁 IGBT 组件，表现出优异的高性能和安全可靠。发明的集成电路封装用光敏性聚酰亚胺光刻胶具有完全的自主知识产权，可以完全满足集成电路封装的应用需求，突破了日美企业的技术垄断，打破了“卡脖子”局面。

（三）主要知识产权和标准规范目录

[1] 李铭新、杜孟成、公聪聪、张义腾、王珂、陈存浩、孟凡兴、韩兵、唐衍超、盛泽东、王建伟，集成电路封装用正型光敏性聚酰亚胺光刻胶（pPSPI）技术攻关及产业化，科学成技术成果评价证书，国际先进水平，2023.12。

[2] 李铭新、杜孟成、张义腾、王建伟、韩兵、公聪聪、王珂、楚存鲁、唐衍超、陈存浩、孟凡兴等，集成电路封装用负型光敏性聚酰亚胺光刻胶（nPSPI）技术攻关及产业化，科学成技术成果评价证书，国际先进水平，2023.12。

[3] 李铭新、公聪聪、王华森，孟凡兴，一种聚合物溶液固体粉末化析出系统及连续化析出方法，国家发明专利，ZL201910145891.2。

[4] 公聪聪、李铭新、贾杰，含炔基的二胺及其制备方法和在制备感光树脂组合物中的应用，国家发明专利，ZL202111110803.9。

[5] 李铭新、张翠红、王建伟、门秀婷、公聪聪、王珂，一种三氮唑基硅烷偶联剂及其制备方法、应用，国家发明专利，ZL202111145299.6。

[6] 李铭新、门秀婷、公聪聪、王珂，一种三氮唑基交联剂及其制备方法、应用，国家发明专利，ZL202210203306.1。

[7] 李铭新、门秀婷、王珂，一种含杂环的 POSS 基硅氧烷化合物及其制备方法和应用，国家发明专利，ZL202210418812.2。

[8] 贾杰, 公聪聪, 李铭新, 门秀婷, 一种嵌段型感光聚酰亚胺前体树脂及其制备方法、一种嵌段型感光树脂组合物, 国家发明专利, ZL202210695481.7。

[9] 李铭新, 韩兵, 一种负型感光性聚酰胺酸酯树脂及其组合物的制备方法和应用, 国家发明专利, ZL202210190302.4。

[10]李铭新、公聪聪、王建伟、门秀婷，感光性树脂组合物及其制备方法和应用，国家发明专利，ZL202111403242.1。

[11] 李铭新、张昊、张义腾、陈存浩、王珂、公聪聪，一种正型感光树脂组合物，国家发明专利，ZL201910592170.6。

[12]唐衍超,李铭新,张翠红,张道增,杜孟成,一种具有高分子聚合物结构的光引发剂、感光性树脂组合物及其应用,国家发明专利,ZL202311759816.8。

(四) 主要完成人情况

1、 姓名： 李铭新

排名： 1

行政职务：技术副总

技术职称：高级工程师

工作单位：波米科技有限公司

完成单位：波米科技有限公司

对本项目的主要学术贡献：作为项目总负责人，负责整个项目技术路线的设计与方案实施，解决了从研发到生产的

各种难题，包括树脂合成、配方设计与产业化难题等。

2、 姓名：杜孟成

排名：2

行政职务：总经理

技术职称：正高级高工

工作单位：波米科技有限公司

完成单位：波米科技有限公司

对本项目的主要学术贡献：负责项目相关单体、树脂及配方的协调和产业化工作。

3、 姓名：公聪聪

排名：3

行政职务：研发经理

技术职称：工程师

工作单位：波米科技有限公司

完成单位：波米科技有限公司

对本项目的主要学术贡献：对项目相关单体和树脂提供了新技术。

4、 姓名：张义腾

排名：4

行政职务：研发经理

技术职称：工程师

工作单位：波米科技有限公司

完成单位：波米科技有限公司

对本项目的主要学术贡献：对项目配方和产业化提供了新技术。

5、 姓名：王建伟

排名：5

行政职务：研发经理

技术职称：助理工程师

工作单位：波米科技有限公司

完成单位：波米科技有限公司

对本项目的主要学术贡献：对项目相关配方提供了新技术新方法。

6、 姓名：韩兵 **排名：6**

行政职务：研发经理 技术职称：高级工程师

工作单位：波米科技有限公司

完成单位：波米科技有限公司

对本项目的主要学术贡献：对项目树脂及产业化提供了新技术新工艺。

7、 姓名：王珂 **排名：7**

行政职务：研发工程师 技术职称：工程师

工作单位：波米科技有限公司

完成单位：波米科技有限公司

对本项目的主要学术贡献：对项目配方设计提供了新思路。

8、 姓名：陈存浩 **排名：8**

行政职务：研发工程师 技术职称：助理工程师

工作单位：波米科技有限公司

完成单位：波米科技有限公司

对本项目的主要学术贡献：对项目配方研制提供了新方法。

9、 姓名：楚存鲁 **排名：9**

行政职务：研发工程师 技术职称：工程师

工作单位：波米科技有限公司

完成单位：波米科技有限公司

对本项目的主要学术贡献：对项目树脂设计提供了新途径。

10、 姓名：孟凡兴 排名：10

行政职务：研发工程师 技术职称：助理工程师

工作单位：波米科技有限公司

完成单位：波米科技有限公司

对本项目的主要学术贡献：对项目树脂产业化提供了新思路。

11、 姓名：唐衍超 排名：11

行政职务：研发工程师 技术职称：工程师

工作单位：波米科技有限公司

完成单位：波米科技有限公司

对本项目的主要学术贡献：对项目树脂合成工艺提供了新方法。

（五）主要完成单位情况

该项目主要完成单位为波米科技有限公司。

波米科技有限公司是一家专业从事聚酰亚胺材料的研发、生产、销售和技术服务的高新技术企业。

波米科技聚焦光敏性聚酰亚胺和聚酰亚胺液晶取向剂

等半导体材料研发，致力于突破封装和新型显示领域技术壁垒，研发“卡脖子技术”产品，提高我国芯片和新型显示制造行业在国际市场上的核心竞争力。公司已经在高端芯片先进封装、Chiplet 封装、中高压功率器件、高品质液晶显示等多个领域取得显著成效，实施国家、省、市重点研发项目 8 项，被评为 2022 年度山东省人才工作表现突出单位，“高端芯片封装用光敏性聚酰亚胺电子材料”入选 2023 年“山东好成果”，波米科技成为国内唯一一家实现聚酰亚胺材料研发和商业化量产的企业。

波米科技累计投入研发经费 1.5 亿元用于技术攻关、人才引进、研发设备更新，研发投入强度超过 30%，规划建设实验室科研大楼 6000 余平米，投入 4500 余万元购置 LCD 光学特性测试系统、配向膜曝光机等国际领先水平的研发检测设备 200 余台套；成功组建山东省显示与集成电路用聚酰亚胺材料重点实验室、院士工作站、新型研发机构、一企一技术研发中心等平台载体；目前公司研发人员占比超过 50%，其中国家海外引才计划专家 1 名，省泰山产业领军人才 3 名，硕士以上 15 人；先后承担国家级人才项目 1 项、省级人才项目 3 项、省级研发计划项目 3 项，其中获省级重大科技创新工程 3 项，突破多项重大关键技术；截至目前，拥有已授权关键核心技术专利 72 项，其中发明专利 49 项。主导产品聚酰亚胺作为芯片“保驾护航”的材料，研发产品工艺参数、

应用性能均超过了日美产品，走在了行业前列。同时，与芯片设计单位、封装测试单位及终端客户等上下游企业构建起协同联动的研发投入体系，不仅有效破解研发经费来源单一问题，而且实现了技术创新与用户工艺验证同步，可为客户端提供全方位一体化的高效服务。

二、进口混合型铝土矿抑硅控温-快速溶出生产氧化铝新技术研发及应用

（一）提名者、提名意见及提名等级

提名者：聊城市

提名意见：茌平信发华宇氧化铝有限公司与北京科技大学绿色高效轻金属冶金课题组针对进口混合型铝土矿资源化利用重大技术瓶颈，通过多尺度矿物解离-溶出反应动力学耦合研究，首次系统揭示铝土矿中一水软铝石、石英及铝针铁矿等多相矿物的溶解动力学规律，构建“温度场梯度调控-反应时间窗口锁定-钙质活化剂定向调控”协同优化机制，颠覆了传统延长时间提升溶出效率的认知范式，开创性地提出“铝矿强化溶出-硅相反应抑制”双目标优化工艺体系。校企开展联合技术攻关开发了进口混合型铝土矿抑硅控温-快速溶出生产氧化铝新技术，全过程安全、清洁，高效，形成了具有我国自主知识产权的成套工艺技术和装备。该项目溶出新技术工艺改造过程成本低，无需对原拜耳法生产工艺进行大规模改造，针对采用混合型铝土矿生产企业具有更高的适用性和兼容性。打破了我国一直采用的传统高温-长时间

的溶出技术路线，创新开发了适用于处理我国大量进口的复杂混合型铝土矿的高效低耗溶出新技术。

该项目成果的创新点和主要技术特点：

（1）深入研究了三水铝石/一水软铝石混合型进口矿中物相组成特点、含铝矿物、含硅矿物在溶出过程中的反应行为，提出了针对混合型铝土矿提高氧化铝溶出率、降低硅矿物反应速度、降低化学碱耗的技术路线；（2）突破了我国氧化铝生产溶出时间长的传统观念，首创了三水铝石/一水软铝石混合型铝土矿抑硅-控温快速溶出生产氧化铝新技术；（3）利用原有生产系统主体设备，低成本技改实现溶出系统高效低成本运行。

中国有色金属工业协会鉴定该项目整体技术达到国际领先水平，建议推广应用。

提名等级：拟提名该项目为山东省科学技术进步奖一等奖。

（二）项目简介

我国作为全球最大原铝生产国，年消耗逾 2 亿吨铝土矿原料，但面临国内铝土矿资源禀赋不足与对外依存度超 60% 的严峻挑战，其中进口矿源以澳大利亚、几内亚等国的三水铝石-一水软铝石共生矿为主。针对此类复杂共伴生矿相体系，我国长期存在矿物解离机制不明、溶出动力学规律不清等基础研究短板，导致工业应用中产生赤泥高碱耗、高矿耗的生产瓶颈，并衍生出资源利用率不足与赤泥固废碱污染治

理难题。本技术通过多尺度矿物解构-定向溶出调控-过程强化协同创新，构建了复杂铝土矿低碱耗低矿耗清洁生产技术体系，实现关键工艺碱耗降低、氧化铝回收率提升，对突破资源约束瓶颈、推动行业绿色低碳转型具有重大工程价值，为保障国家战略金属供应链安全、促进资源-经济-环境协同发展提供重要科技支撑。

本项目针对进口混合型铝土矿资源化利用重大技术瓶颈，通过多尺度矿物解离-溶出反应动力学耦合研究，首次系统揭示铝土矿中一水软铝石、石英及铝针铁矿等多相矿物的溶解动力学规律。创新发现一水软铝石在中温区间（230-250℃）即可实现亚稳态快速溶出，而石英等硅矿物呈现非稳态反应路径，其溶出行为存在显著时间阈值效应。基于此构建"温度场梯度调控-反应时间窗口锁定-钙质活化剂定向调控"协同优化机制，颠覆了传统延长时间提升溶出效率的认知范式，开创性地提出"铝矿强化溶出-硅相反应抑制"双目标优化工艺体系。

核心技术突破体现主要有：

①首创中温短时强化溶出工艺（230-250℃/5-20min），实现含铝矿物溶出率 > 92%；②建立钙质添加剂（1-3%）梯度调控模型，将石英碱溶抑制效率提升至 85%以上；③开发多相矿物的分步溶出动力学方程，形成"温度-时间-添加剂"多因子协同调控工艺包。通过工艺革新使碱耗与矿耗指标达到国际领先水平，推动我国氧化铝工业在复杂矿处理领域实现三大跨越：从经验工艺向模型化精准控制跨越、从高耗能

长流程向低碳短流程跨越、从单一溶出目标向多相协同调控跨越，经济与环境效益显著，为构建自主可控的复杂矿产资源高效利用技术体系提供了核心支撑，有力服务国家"双碳"战略目标与战略资源供应链安全保障需求。

项目已通过中国有色金属工业协会沈政昌院士等专家评价，技术成果达到国际领先水平。项目成果已成功在在平信发华宇氧化铝有限公司 3 条处理进口混合型铝土矿、年产 150 万吨氧化铝的生产线进行示范应用，并工业化稳定运行三年。工业应用结果表明：采用新技术后氧化铝溶出率提高 3%左右；外排赤泥钠硅比为 0.5-0.58，铝硅比在 0.92-1 区间内，与原工艺相比吨氧化铝碱耗降低 20-30 公斤，矿耗降低 18-20 公斤，技术经济指标先进。工业化应用以来共计节约矿石量约 87553 吨，节约液碱（100%）119924 吨，合计节约成本费用 4.7 亿元，年减排赤泥 1 万余吨，赤泥碱含量降低约 2%，社会经济效益显著。

（三）主要知识产权和标准规范等目录

知识产权 (标准) 类别	知识产权 (标准) 具体名称	授权号 (标准编号)	授权 (标准发布) 日期	权利人 (标准起草 单位)	发明人 (标准起草人)
国外发明 专利	A process to digest the gibbsite bauxite containing boehmite	202101821	2021-04-09	北京科技大 学	刘风琴， 顾松青， 谢明壮， 吴泽港， 赵洪亮， 吕晗

发明专利	一种氧化铝生产中叶滤机滤饼的处理系统和处理方法	ZL2017105082143	2019-01-22	茌平信发华宇氧化铝有限公司	卢洪顺, 张刚, 贾启, 潘士刚, 范鲍东, 邹玉国, 卢玉朔, 武峰
发明专利	一种赤泥沉降槽自动监测系统	ZL2022102258900	2023-10-20	茌平信发华宇氧化铝有限公司	张刚, 贾启, 白东林, 郭庆东, 郭芯铭, 冯玉, 苏晓光等人
实用新型专利	一种氧化铝矿浆降温降压装置	ZL202220503123.7	2022-06-21	茌平信发华宇氧化铝有限公司	张刚, 贾启, 白东林, 杨希清, 苏晓光等人
实用新型专利	用于氧化铝生产沉降用新型过滤板	ZL202123423609.4	2022-08-16	茌平信发华宇氧化铝有限公司	吴梦新, 王文博, 武峰
实用新型专利	氧化铝生产蒸汽回收用旋风筒降温装置	ZL202123423980.0	2022-06-03	茌平信发华宇氧化铝有限公司	吴梦新, 王文博, 武峰
论文	Reaction behavior of quartz in gibbsite-boehmite bauxite in Bayer digestion and its effect on caustic consumption and alumina recovery	https://doi.org/10.1016/j.ceramt.2022.03.141	2022-07-01	北京科技大学	吴泽港, 吕晗, 谢明壮, 李丽丽, 赵洪亮, 刘凤琴
论文	Reaction Behavior of A luminogoe thite and Silica Minerals in Gibbsite Bauxite in High-Temperature Digestion	https://doi.org/10.1007/s40831-022-00494-z	2022-01-26	北京科技大学	李丽丽, 吴泽港, 赵洪亮, 刘凤琴

论文	Characterization of High Sulfur Bauxite and Its Phase Transformation During Desulfurization: A Perspective from Process Mineralogy	https://doi.org/10.1007/s40831-023-00739-5	2023-08-22	北京科技大学	谢明壮, 刘风琴, 赵洪亮
论文	Digestion Efficiency Improvement of Gibbsite- Boehmite Bauxite	https://doi.org/10.1007/978-3-031-22532-1_32	2023-02-09	北京科技大学	刘风琴, 吴泽港, 顾松青, Michael Ren

(四) 主要完成人

本项目第一完成人为北京科技大学刘风琴，二级教授，中国杰出工程师，入选“新世纪百千万人才工程”国家级人选，享受国务院政府特殊津贴。

其他完成人分别为张刚、张怀涛、谢明壮、赵洪亮、范鲍东、王文博、武峰、苏晓光、郭芯铭、刁磊、吴泽港、周俊文、刘震、郭新宇。

(五) 主要完成单位

茌平信发华宇氧化铝有限公司、北京科技大学。

三、基于结构调控与废料利用的高性能钕铁硼磁体制备关键技术及应用

(一) 提名者、提名意见及提名等级

提名者：聊城市

提名意见：针对山东省重点支持的钕铁硼新材料产业中存在矫顽力偏低、易蚀、废料难利用的关键共性技术问题，校企联合攻关十余年，产生系列原创技术，取得了突出科技进步。项目协同优化制备路径、工艺参数与材料配方，构建

起钕铁硼多相结构调控集成技术，研发该技术关键装置，解决了磁体复杂结构导致矫顽力不理想问题，开发出无重稀土（镨、铽）高矫顽力（21kOe）磁体；首创了原位生成碳（硼）化物硬质相改性钕铁硼晶界技术，建立起Nd₆Fe₁₃Ga (Cu)相替代晶界富钕相技术，制备出本征耐蚀烧结钕铁硼新品；通过稀土增补、磁粉含氧量调控与压坯等静压及分割，形成了钕铁硼废料短流程高值化利用技术。研究成果在材料生产和电极产品单位成功进行了技术转化和工业应用，形成了“产-学-研-用”高度融合的全链条合成化体系。该项目获得了巨大经济效益和良好社会效益，不仅推动了地方钕铁硼产业的发展，也为我国稀土资源高效平衡利用做出了贡献。

提名等级：拟提名该项目为山东省科学技术进步奖二等奖。

（二）项目简介

烧结钕铁硼是应用最广泛的稀土永磁材料，已成为现代社会和高新技术的重要基础材料。钕铁硼磁体具有多相结构，富钕晶界相分布不理想，成分复杂且富含稀土元素，使得材料自身实际矫顽力远小于理论值，本征抗蚀性差；钕铁硼废料化学处理环境不友好，再利用流程长，社会亟需利用废料的短流程新磁体制备技术。针对这些难题，本项目通过校企联合持续攻关，研发了系列磁体制备装置，建立钕铁硼多相结构调控、晶界多元合金化改性与替代、钕铁硼废料高值化利用方法，形成了基于结构调控与废料利用的高性能钕铁硼永磁材料制备关键技术，主要创新成果如下：

（1）研发了钕铁硼永磁材料结构调控速凝铸带用中间

包、成型模具等装置，建立起甩片非平衡偏析结晶、压坯内应力控制技术等；掌握了合金元素(Zr、Ti、Cu、Ga等)对磁体结构与磁性影响规律，阐明了成分与热处理在结构调控中的协同效应，构建起钕铁硼多相结构调控集成技术，解决磁体复杂结构导致矫顽力不理想问题。

(2) 研发了多元金属改性钕铁硼晶界技术，首创原位生成碳(硼)化物硬质相改性钕铁硼晶界技术，揭示了改性剂的保护机制；建立起Nd₆Fe₁₃Ga(Cu)相替代晶界富钕相技术，为显著提升烧结钕铁硼本征耐蚀性提供了新方法。

(3) 创制基于钕铁硼废料的永磁体制备的粗粉筛分装置、混料机系列装置，建立稀土增补以及废料破碎粉与新磁粉混合技术；发明磁粉含氧量控制以及压坯等静压及分割方法，形成了钕铁硼废料短流程高值化利用技术，为解决钕铁硼废料问题提供了新思路。

研究成果成功在山东上达稀土材料有限公司、英洛华科技股份有限公司等磁性材料领域的龙头企业和高成长性企业应用。项目研究成果的应用得到国内材料领域专家学者的广泛认可，产生经济社会效益巨大。相关研究成果授权国家发明专利12项、实用新型专利5项，在稀有金属材料与工程、Journal of Alloys and Compounds等国内外期刊上公开发表论文23篇。

(三) 主要知识产权和标准规范等目录

知识产权 (标准) 类别	知识产权 (标准) 具体名称	国家 (地区)	授权号 (标准编号)	授权 (标准发布) 日期	证书编号(标准批准发布部门)	权利人 (标准起草单位)	发明人 (标准起草人)	发明专利 (标准) 有效状态	第一完成人是否 为发明人(标准起草人)	第一完成单位是否 为权利人 (标准起草单位)
--------------------	----------------------	------------	---------------	--------------------	----------------	-----------------	----------------	----------------------	------------------------	------------------------------

发明专利	一种镁铜晶界改性高磁性烧结钕铁硼磁体及其制备工艺	中国	ZL201410205409.7	2017.2.22	国家知识产权局	聊城大学	倪俊杰	有效	是	是
发明专利	一种高磁性耐蚀烧结富铈永磁体及其制备方法	中国	ZL202311542500.3	2024.12.31	国家知识产权局	山东上达稀土材料有限公司、聊城大学	倪俊杰、周书台、徐凯、王志伟	有效	是	否
发明专利	铜锡境界改性抗蚀烧结钕铁硼磁体制备方法	中国	ZL201410238082.3	2017.9.26	国家知识产权局	聊城大学	倪俊杰、王文宏、贾正锋、王长征、马杰、李伟	有效	是	是
发明专利	一种烧结钕铁硼废料再利用的方法	中国	ZL201910862247.7	2022.7.15	国家知识产权局	山东上达稀土材料有限公司	周书台，徐凯，金亮	有效	否	否
发明专利	钕铁硼生成用分割器及基于该分割器	中国	ZL201910862248.1	2021.10.15	国家知识产权局	山东上达稀土材料有限公司	徐凯，金亮，周书台	有效	否	否

发明专利	一种钕铁硼熔液中频感应熔炼自动升温控制方法	中国	ZL202010848193.1	2021.11.16	国家知识产权局	浙江英洛华磁业有限公司	魏中华, 梅锐、张斌洪、付松、满超、章兆能、赵栋梁	有效	否	否
发明专利	一种稀土磁性材料速凝铸带用中间包及浇筑方法	中国	ZL202110686800.3	2023.1.3	国家知识产权局	杭州电子科技大学	付松、张雪峰、赵利忠、李智、刘孝莲、石振、严密	有效	否	否
发明专利	一种烧结钕铁硼氧含量的调控制备方法	中国	ZL2022101210146.3	2024.1.0.18	国家知识产权局	杭州电子科技大学	付松, 张雪峰, 刘孝莲, 纪一见, 赵利忠, 严密	有效	否	否
发明专利	原位析出TiC纳米硬质相增强网状铜基复合材料及其制备方法	中国	ZL201510951850.4	2018.2.13	国家知识产权局	聊城大学	倪俊杰, 刘瑞环, 张昊, 李东志, 贾正锋, 赵利民, 尹贻彬	有效	是	是

论文	Effect of post-sinter annealing on structure and coercivity of (Zr, Ti)-doped Nd-Ce-Fe-B magnets	欧洲	Journal of Alloys and Compounds 990 (2024) 174479.	2024.4.10	Journal of Alloys and Compounds 期刊	聊城大学、杭州电子科技大学、山东上达稀土材料有限公司、合肥工业大学	王志伟、倪俊杰(通讯作者)、宋博、王学庚、刘孝莲(通讯作者)、徐凯、周书台、胡成超、徐跃、罗来马(通讯作者)	有效	是	是
----	--	----	--	-----------	------------------------------------	-----------------------------------	--	----	---	---

(四) 主要完成人

倪俊杰（聊城大学）、周书台（山东上达稀土材料有限公司）、魏中华（浙江英洛华磁业有限公司）、刘孝莲（杭州电子科技大学）、徐凯（山东上达稀土材料有限公司）、付松（杭州电子科技大学）、宋博（聊城大学）、赵栋梁（浙江英洛华磁业有限公司）。

(五) 主要完成单位

聊城大学、山东上达稀土材料有限公司、杭州电子科技大学、浙江英洛华磁业有限公司。

四、新产业模式下规模化养驴安全生产技术集成创新研究与示范应用

(一) 提名者、提名意见及提名等级

提名者：聊城市

提名意见：该项目在规模化养驴提质增效安全生产关键技术方面取得关键性技术进展，成果先后在山东、新疆等驴产业优势产区规模化养殖场应用。项目组研发的健康肉驴全产业链高效安全生产关键技术、驴的规模化健康养殖与疫病防控关键技术等连续获山东省主推技术推广。在提高驴驹的成活率、出栏率和出肉率等方面效果显著，为新产业模式下驴业的发展起到了推动作用。

提名等级：拟提名该项目为山东省科学技术进步奖二等奖。

（二）项目简介

一、研发驴规模化、精细化饲养管理核心技术，构建了从养殖端到屠宰端的提质增效关键技术体系，推动驴产业从传统粗放饲养向规模化精细管理转型。

创建驴规模化养殖标准化技术体系和驴全生命周期饲养管理技术体系，实现了人均 100 头种驴/育肥驴的管理绩效。创建精准饲喂技术和驴产业提质增效关键技术体系，单位养殖效益提升 30%。

二、在国际上首次分离鉴定出具有公共卫生意义的驴源马冠状病毒（ECoV），创建了马属动物病原菌/毒株库，为规模化驴场疾病防控提供了技术支撑。

在国际上首次分离驴源马冠状病毒（ECoV）并解析特性，创建了临床流产等主要病原的诊断检测技术平台，为疫病的临床诊断提供了关键工具。明确了驴产业优势区主要发病种类、疫病病原，明晰了频发传染病的流行本底，为有效控制驴业生产病害和保障健康养殖提供了支撑。

三、研制健康养殖提质增效的关键技术产品，创建新产业模式下科技支撑平台，为规模化生产产品匮乏问题提供了解决方案。

创制的驴专用益生菌、饲料添加剂系列产品和地源性饲料，推动解决了驴养殖中的肠道健康管理、饲料成本高及资源利用率低等瓶颈问题。研制的驴流产沙门氏菌—腹泻大肠

杆菌多联基因工程疫苗、运输应激分子缓释化药制剂和中药等保健产品、专用器械以及规模化驴场生产可追溯体系，提升数智化科学水平。

(三) 主要知识产权和标准规范等目录

知识产权 (标准) 类别	知识产权 (标准) 具体名称	国家 (地区)	授权号 (标准编号)	授权 (标准发布) 日期	证书编号 (标准批准发布部门)	权利人 (标准起草单位)	发明人 (标准起草人)	发明专利 (标准) 有效状态	第一完成人是否 为发明人(标准起草人)	第一完成单位是否 为权利人(标准起草单位)
PCT 专利	FOALBREEDING METHOD WITH HIGH RATE OF SURVIVAL	卢森堡	Lu500631	2021.05.08	Lu500631	山东省农业科学院畜牧兽医研究所	ZhangWei, QiPengfei, DuanChunhui, ZhuManling	有效	是	否
论文	Identification of a recombinant equine coronavirus in donkey, China			2022.04.04	Emerging Microbes & Infections	山东省农业科学院畜牧兽医研究所、山东省第一医科大学	Peng-Fei Qi, Xing-Yi Gao, Jing-Kai Ji, Yan Zhang, Shao-H		是	否
发明专利	一种大家畜用生殖道多功能诊断治疗器	中国	ZL202010124117.6	2023.05.05	第5945649号	聊城大学	张伟, 刘文强, 王长法, 刘桂芹, 李亮亮, 王彤彤	有效	是	是
发明专利	特异性防治驴驹大肠杆菌性腹泻的复合疫苗	中国	ZL201711085202.0	2021.06.20	第4517887号	聊城大学	刘文强, 王仁虎, 姜桂苗, 高维平, 刘桂芹, 夏楠	有效	否	是

发 明 专 利	一种马属动物 物体尺及体 重快速测量 仪	中国	ZL202 11098 4431. 6	2023.07. 07	第 6126879 号	聊 城 大 学	刘文强, 尹桂军, 秦绪岭, 李在建, 张敬文, 张健鹏, 何飞,刘 志林,许 丹丹,王 彤彤,李 亮亮,王 长法,刘 桂芹,谭 鹏飞	有效	否	是
发 明 专 利	一种环保生 态化的马属 动物运输车	中国	ZL202 11098 2854. 4	2023.06. 02	第 6040647 号	聊 城 大 学	刘文强, 尹桂军, 秦绪岭, 李在建, 张敬文, 张健鹏, 何飞,刘 志林,许 丹丹,王 彤彤,李 亮亮,王 长法,刘 桂芹,谭 鹏飞	有效	否	是
发 明 专 利	一株驴源沙 门 氏 菌 AD19 株 的 应用	中国	ZL201 91076 8011.7	2021.05. 18	第 4432154 号	山 东 省 农 业 科 学 院 畜 牧 兽 医 研究所	张伟,张 燕,朱曼 玲,齐鹏 飞,孙海 涛,朱荣 生,黄迪 海,王怀 中,王长 法	有效	是	否

发 明 专 利	一种快速鉴定驴、马源性成分及制品中驴、马源性成分的试剂盒及其应用	中国	ZL202010703884.2	2023.06.13	第6050621号	山东省农业科学院畜牧兽医研究所	刘清政, 齐鹏飞, 张伟, 朱曼玲, 张燕, 王怀中, 黄迪海	有效	是	否
发 明 专 利	马冠状病毒一步法RT-PCR检测试剂盒及其应用	中国	ZL202210146044.X	2024.02.17	第7319277号	山东省农业科学院畜牧兽医研究所	齐鹏飞, 张伟, 杨少华, 杨宏军, 朱曼玲, 张亮, 唐月新, 谢晓莉, 高星熠, 张诗悦	有效	是	否
专 著	驴病学(著)	中国		2024.12	ISBN978-7-109-32936-2	聊城大学、山东省农业科学院、山东省畜牧总站、山东健牧生物药业有限公司、济南爱思医药有限公司	刘文强、张伟 主 著	有效	是	是

(四) 主要完成人情况

张伟、刘文强、刘桂芹、刘清政、孔雷、赵霞、黄迪海、王长法、刘晓斐、李建军。

(五) 主要完成单位情况

聊城大学、山东省农业科学院畜牧兽医研究所、山东省畜牧总站、山东健牧生物药业有限公司、山东俊驰驴业有限

公司、济南爱思医药有限公司。

五、高品质金刚石用粉末触媒-石墨芯柱材料产业化及应用

（一）提名者、提名意见及提名等级

提名者：聊城市

提名意见：该项目针对高品级人造金刚石合成核心材料——粉末触媒-石墨芯柱制备过程中存在的氧含量难以控制、混料难以均匀、金刚石粒度集中度低等问题，以粉末触媒-石墨芯柱产品在国产特大型六面顶压机上的推广应用为研究目标，从粉末触媒、高纯石墨原料制备技术入手，开展了粉末触媒合金原材料配比以及与石墨的配比优化，粉末触媒-石墨芯柱合成腔体组装结构优化，粉末触媒合成高品级人造金刚石工艺技术，以及粉末触媒在金刚石合成中的催化机理等方面的系统深入的研究，解决了高品质金刚石合成原材料 FeNi 粉末触媒和高纯石墨的核心关键制备技术，创新了粉末触媒-石墨芯柱制备工艺技术，开发了独特的燕尾式金刚石合成工艺，实现了粗颗粒高强度 SMD 系列和细颗粒高强度 MBD 系列高品质金刚石产业化生产，在国内首创了 DMD 系列毫米级金刚石新产品，填补了国内空白；实现了 RVD 金刚石合成转化率突破 50%，并开发出了 $\Phi 62\text{mm}$ 大腔体金刚石合成工艺，其粗颗高强金刚石单产在 350 克拉以上，其中 SMD30 以上产品占比 $\geq 60\%$ ，细颗高强金刚石单产在 400 克拉以上，其中 MBD8 以上产品占比 $\geq 60\%$ ，真正实现了金刚石优质高产，促进了超硬材料及相关行业的科技进步。

该项目通过了由田永君院士主持的行业专家科技评价认为“该项目整体技术达到了国际先进水平，其中 DMD 系列毫米级金刚石和 600/800 目超细原生金刚石方面达到了国际领先水平”。[科技成果评价证书：（中科评字[2023 第 7483 号）]。

该项目成果已在聊城地区形成了粉末触媒-石墨芯柱材料特色产业，促进了我国超硬材料及相关行业的科技进步。

提名等级：拟提名该项目为山东省科技进步奖二等奖。

（二）项目简介

我国人造金刚石产业发展已 60 多年，已形成了年产 200 亿克拉的生产规模，产量居世界第一，但主要为中低档磨料级产品，导致了其产品因市场饱和不得不低价销售，而粒度 30/35 目以粗的 SMD 系列高档产品和 120 目以细的 MBD 系列高档产品特别是 400 目以细的超细金刚石不能大量生产，需从国外高价进口。

为满足国内外市场对高品质金刚石的需求，解决国产高品质金刚石产业化生产问题，彻底扭转我国金刚石行业大而不强的局面，本项目选定高品质金刚石合成用粉末触媒-石墨芯柱材料作为攻关对象，针对粉末触媒-石墨芯柱材料制备过程存在混料难以均匀、氧含量难以控制、合成金刚石粒度集中度低等问题，提出了以水雾化 FeNi 粉末触媒、高纯石墨为原料，采用高分子成型剂、真空高温碳+氢协同还原

和燕尾式高压合成工艺等综合解决方案，产业化开发了一系列高品质金刚石，取得了一系列创新性成果：

1、从粉末触媒、高纯石墨原料制备技术入手，开展了粉末触媒合金原材料配比以及与石墨的配比优化，粉末触媒-石墨芯柱合成腔体组装结构优化，粉末触媒催化机理以及石墨-金刚石结构转化机理等方面的系统深入的研究，解决了高品质金刚石合成用 FeNi 粉末触媒和高纯石墨的核心关键技术和高质量低成本制备技术。

2、采用特殊高分子成型剂和真空热处理+碳+氢协同还原处理工艺，创新了粉末触媒-石墨合成芯柱制备技术、解决了芯柱材料的均匀混料、氧含量控制以及金刚石均匀形核问题，使芯柱材料合成金刚石的晶型和粒度的均匀性好。

3、在此基础上研发了系列粉末触媒-石墨芯柱材料，开发了独特的燕尾式金刚石合成工艺，实现了粗颗粒高强度 SMD 系列和细颗粒高强度 MBD 系列高品质金刚石产业化生产，在国内首创了 DMD 系列毫米级金刚石新产品，填补了国内空白，实现了 JR2 金刚石转化率突破 50%。

4、在自行研制的缸径 850mm 特大型六面顶设备上，开发出了 $\Phi 62\text{mm}$ 大腔体金刚石合成工艺，其粗颗高强金刚石单产在 350 克拉以上，其中 SMD30 以上产品占比 $\geq 60\%$ ，细颗高强金刚石单产在 400 克拉以上，其中 MBD8 以上产品占比 $\geq 60\%$ ，真正实现了金刚石优质高产。

本项目科技成果经中科合创（北京）成果评价中心组织、中国科学院孙友宏院士主持的专家第三方评价，一致认为“该项目整体技术达到了国际先进水平，其中 DMD 系列毫米级金刚石和 600/800 目超细原生金刚石方面达到了国际领先水平”[科技成果评价证书（中科评字[2023 第 7483 号]）]。

（三）主要知识产权和标准规范等目录

知识产权 (标准)类别	知识产权 (标准)具体名称	国家 (地区)	授权号 (标准编号)	授权 (标准发布)日期	证书编号 (标准批准发布部门)	权利人 (标准起草单位)	发明人 (标准起草人)	发明专利 (标准)有效状态	第一完成人是否为发明人 (标准起草人)	第一完成单位是否为权利人 (标准起草单位)
发明专利	一种下料后同步传送装置	中国	ZL202011368736.6	2022.08.03	第5417520号	聊城冠县尚敖超硬材料有限公司	孟巍	有效	否	是
发明专利	一种液压机重复定位系统	中国	ZL202010805606.8	2022.09.02	第5428633号	聊城冠县尚敖超硬材料有限公司	姚小芳	有效	否	是
发明专利	一种人造金刚石性能检测设备	中国	ZL202311285040.0	2024.04.30	第69429297号	聊城冠县尚敖超硬材料有限公司	李洪现;蔡立超;贾风中;王涛;朱华民;常洪菊;王新 杜冠新	有效	否	是
实用新型专利	一种金刚石合成用分体芯柱制备装置	中国	ZL202220000008.8	2022.05.06	第16424571号	聊城冠县尚敖超硬材料有限公司	李洪现;贾风中;童子珍;常洪菊;杜冠新;李东敖	有效	否	是
发明专利	一种纳米金刚石表面硅烷真空热解沉积设备	中国	ZL201610900669.5	2019.03.29	第3301482号	中国矿业大学(北京)	邓福铭;邓雯丽	有效	是	否
论文	Temperature field simulation of HTHP diamond synthesis cavity stacked with sheet alloy catalyst and graphite	中国	doi : 10.1016/j.jcrysgro.2023.127337	2023.06.22		中国矿业大学(北京)	邓福铭;邢晓天;陈孝洲;张升;张磊;黄丽秋	有效	是	否
论文	HTHP synthesis and characterization of 5-8 mm diamond large crystal by Fe-Co alloy catalyst	中国	doi : 10.1016/j.jcrysgro.2023.127217	2023.04.21		中国矿业大学(北京)	邓福铭;陈孝洲;黄丽秋;邢晓萌;邢晓天;张磊;郭振海;谷苗;蔡青园;孙杰	有效	是	否

发明专利	一种高自锐性金刚石用粉末触媒及其制备方法	中国	ZL201010227741.5	2012.10.17	第1064946号	山东聊城昌润超硬材料有限公司	陈强;林秀峰;白云岗;林树忠;张存升	有效	否	否
发明专利	一种合成八面体金刚石用粉末触媒	中国	ZL201010185531.4	2011.08.10	第823002号	山东聊城昌润超硬材料有限公司	张存升;林秀峰;白云岗;陈强;林树忠	有效	否	否
发明专利	一种高品质人造金刚石的合成工艺	中国	ZL202211130313.X	2024.02.06	第6687505号	内蒙古唐合科技有限公司	张鑫男;秦朋;赵广平;唐曠晶	有效	否	否

(四) 主要完成人

邓福铭、邓雯丽、李洪现、蔡立超、刘瑞平、林树忠、陈卫民、唐曠晶、秦超、贾风中。

(五) 主要完成单位

聊城冠县尚敖超硬材料有限公司、山东昌润钻石股份有限公司、中国矿业大学(北京)、清华大学、唐合科技(内蒙古)股份有限公司。