

附件

2024 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：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 23 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，拟推荐该项目申报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）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，作为半导体制造、先进电子封装领域中的关键材料，是电子化学品中技术壁垒最高的材料之一，其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、美国企业所掌握，市场被其完全垄断。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。针对国内集成电路封装材料的技术空白，开展集成电路封装用光敏性聚酰亚胺光刻胶技术攻关及产业化研究是我国半导体产业必须解决的关键基础原材料的问题。

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，拥有丰富的研发经验和基础。公司通过自主开发先驱体树脂结构、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，突破国内“卡脖子技术”，技术指标已经达到并超越国外相关产品水平，可满足国内集成电路封装要求，进而替代国外产品，具有极高的科学和社会价值。研发光敏性聚酰亚胺电子材料，正好补足了集成电路产业链的短板，对我省的集成电路产业发展有着巨大的促进作用。

（三）主要知识产权和标准规范目录

[1] 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。

[2] 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。

[3] 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。

[4] 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。

[5] 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。

[6]公聪聪、贾杰、孟凡兴、李铭新、王珂，一种感光性二胺单体及其制备方法，国家发明专利，ZL202210293579.X。

[7]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。

[8]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。

[9]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。

[10]门秀婷，杜孟成，李铭新，王珂，王辉然，具有大体积炔基侧基的二胺单体、聚苯并噁唑前体、感光性树脂组合物及其应用，国家发明专利，ZL202211588249.X。

(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

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70%，其中国家海外引才计划专家1名，省泰山产业领军人才2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2项、省级研发计划项目3项，其中获省级重大科技创新工程2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62项，其中发明专利41项，受理发明专利15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）提名者及提名意见

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针对三水铝石/一水软铝石混合型进口矿的特性及其溶出性能进行了系统的理论研究，提出了进口混合型铝土矿抑硅控温-快速溶出拜耳法生产氧化铝技术思路，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研发及应用”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。

该项目成果经专家委员会评价达到了国际领先水平，具

有显著的社会经济效益，推广应用前景广阔。

（二）提名等级

拟提名该项目申报 2024 年度山东省科学技术进步奖一等奖。

（三）项目简介

我国是世界上最大的氧化铝生产国，每年消耗约 2 亿吨铝土矿。目前我国铝土矿资源匮乏，60%以上依赖于国外进口铝土矿。进口矿中的大部分是来自于澳大利亚、几内亚等国复杂的三水铝石/一水软铝石混合型铝土矿。三水铝石/一水软铝石混合型铝土矿的矿相组成和化学成分复杂，我国缺乏对该类铝土矿矿物特征和溶出性能的深入系统研究，使得国内各氧化铝厂在使用这类铝土矿时，外排赤泥铝硅比、钠硅比高，造成氧化铝生产碱耗和矿耗高等经济问题，还带来铝土矿资源浪费和赤泥因碱含量高更难于处置的资源环境问题。因此研发适用于该类复杂混合型铝土矿的低碱耗、低矿耗工艺技术，对我国氧化铝工业未来可持续发展、提高资源利用率、保护生态环境具有重要的现实意义。

项目系统深入地研究了进口混合型铝土矿中一水软铝石、石英、铝针铁矿等矿物在溶出时的反应行为，发现一水软铝石在 230℃ 以上即可快速溶出，而石英等硅矿物则在溶出初期具有一个反应诱导期，揭示了该类铝土矿中含铝矿物、含硅矿物在不同溶出温度和时间下的反应机理。据此研究结果，大胆突破了通过延长溶出时间以提高溶出率的传统观念；创新提出了提高混合型铝土矿氧化铝溶出率、减缓石英类含

硅矿物与碱液反应的技术路线；首创了三水铝石/一水软混合型铝土矿中温-控时高效低耗生产氧化铝的成套新技术，包括溶出温度 230-250℃，溶出时间 5-20 分钟，添加 1-3% 钙质添加剂等关键技术，解决了提高氧化铝溶出率、抑制石英碱溶反应，以降低碱耗、矿耗的技术难题，实现进口混合型铝土矿中含铝矿物的高效溶出，同时减缓石英碱溶速度，最终达到高效回收氧化铝资源和降低碱耗的目的。

该项目结合我国拜耳法生产氧化铝工艺技术及设备的特点，创新设计了易实施、投资少的工艺改造方案，对现有生产线无需进行重大技术改造即可使用。该工艺技术处理进口混合型铝土矿，与传统工艺相比，不仅提高氧化铝回收率，更能显著降低吨产品碱耗，同时降低赤泥排放量及碱含量。项目成果已成功应用于荏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，并工业化稳定运行近三年。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 21 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 66553 吨，节约液碱（100%）76924 吨，合计节约费用 2.7 亿元，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。该项目授权国内外发明专利 4 件，实用新型 2 件，发表 SCI/EI 检索论文 4 篇。

项目成果有力推动我国利用进口混合型铝土矿拜耳法生产氧化铝的技术进步，为我国氧化铝工业可持续发展提供

了技术支撑，提高氧化铝工业竞争力。项目已通过中国有色金属工业协会专家评价，技术成果达到国际领先水平。

(五) 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	A process to digest the gibbsite bauxite containing boehmite	澳大利亚	202101821	2021-04-09	202101821	北京科技大学	刘风琴, 顾松青, 谢明壮, 吴泽港, 赵洪亮, 吕晗	授权	是	否
发明专利	电石渣代替石灰用于拜耳法氧化铝生产的工艺	中国	ZL200910231323.0	2011-03-02	ZL200910231323.0	荏平信发华宇氧化铝有限公司	贾启, 张刚, 潘士刚, 白东林, 邹玉国	授权	否	是

发明专利	一种氧化铝生产过程中的溶出工艺	中国	ZL 2013 100 768 48.8	2014-08-27	ZL 2013 1007 6848 .8	在平信发华宇氧化铝有限公司	张刚, 贾启, 潘士刚, 白东林, 苏晓光, 薛玉军	授权	否	是
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	中国	CN 1072 3550 0 B	2019-01-22	CN 10723 5500 B	在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	授权	否	是
实用新型专利	氧化铝生产用改进型蒸发站设备	中国	CN 2084 2666 7 U	2019-01-25	CN 20842 6667 U	在平信发华宇氧化铝有限公司	卢洪顺, 邹玉国, 贾启, 潘士刚, 范鲍东	授权	否	是

实用新型专利	一种氧化铝矿浆降温降压装置	中国	CN 2167 8574 2 U	2022-06-21	CN 21678 5742 U	在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, 薛玉伟, 李建军	授权	否	是
论文	Reaction behavior of quartz in gibbsite-boehmite bauxite in Bayer digestion and its effect on caustic consumption and alumina recovery	欧洲		2022-07-01		北京科技大学	吴泽港, 吕晗, 谢明壮, 李丽丽, 赵洪亮, 刘风琴	SCI 检索	是	否

论文	Reaction Behavior of Alumino goethite and Silica Minerals in Gibbsite Bauxite in High-Temperature Digestion	美国		2022-01-26		北京科技大学	李丽丽, 吴泽港, 赵洪亮, 刘风琴	SCI 检索	是	否
论文	Characterization of High Sulfur Bauxite and Its Phase Transformation During Desulfurization: A Perspective from Process Mineralogy	美国		2023-08-22		北京科技大学	谢明壮, 刘风琴, 赵洪亮,	SCI 检索	是	否

论文	Digestion Efficiency Improvement of Gibbsite-Boehmite Bauxite	美国		2023-02-09		北京科技大学	刘风琴, 吴泽港, 顾松青, Michael Ren	EI 检索	是	否
----	---	----	--	------------	--	--------	----------------------------	-------	---	---

(五) 主要完成人

刘风琴, 谢明壮, 张刚, 张怀涛, 赵洪亮, 范鲍东, 王文博, 武峰, 苏晓光, 刁磊, 吴泽港, 周俊文, 刘震, 于国庆, 郭新宇。

(六) 主要完成单位

荏平信发华宇氧化铝有限公司、北京科技大学。

三、阿胶原料驴高效生产关键技术研究与应用

(一) 提名者及提名意见

提名者: 聊城市

提名意见: “国际驴业看中国, 中国驴业看山东”。养驴产业是新兴产业、民生产业, 更是我省的名优特色畜产业。项目组历经 17 年系统研究, 在规模化养驴关键环节取得了重要技术性突破, 主要创新成果如下:

(1) 率先创建了德州驴活体、组织、精子和基因序列于一体的种质资源保存库。(2) 创建了世界上首家规模最大的种公驴站, 在国际上首次建立了驴精液超低温保存技术体系和人工授精技术规范。(3) 构建了高效饲养管理及优质驴制品生产保障技术体系, 在国际上率先实现了规模化、

集约化、福利化健康养驴及标准化屠宰和精细化分割。（4）建立了“规模化、基地化、活体循环开发”的山东驴产业发展方案，被国务院扶贫办选为产业精准脱贫试点推广模式，荣获“国务院扶贫开发领导小组全国脱贫攻坚奖奉献奖”。

（5）项目获国际发明专利及国际创新专利各1件，中国发明专利16件，实用新型专利62件，国家软件著作权22项，发表学术论文242篇（SCI 116篇），出版书籍9本，制定国家及行业标准3个，地方标准9个，团体标准17个，培训技术人员12200多人次。

该项目经吴常信院士、李德发院士、张勤教授等行业专家评价，项目研究成果居国际领先水平，满足申请山东省科学技术进步奖条件。

（二）提名等级

拟提名该项目为山东省科学技术进步奖一等奖。

（三）项目简介

针对阿胶原料驴源不足，种质资源退化、存栏量快速下降、高效繁育技术开发不足、饲养管理技术薄弱、屠宰和精细化分割技术几近空白等技术难题，制约驴全产业链可持续发展。项目组历经17年系统研究，在规模化养驴及高效生产关键环节取得了重要技术性突破，主要创新成果如下：

1. 在国际上率先创建了德州驴活体-组织-精子-基因序列“四位一体”的保种选育配套技术体系。保存、评鉴了四大洲39个地方驴品种（约占世界驴遗传资源的1/5）的5800

份样本和国内348头优质德州驴种公驴精液，创建了世界上规模最大的德州驴活体种质资源库，获批国家级畜禽遗传资源保种场；在国际上率先开展德州驴全基因组测序工作，相关成果发表在《Nature Communications》上。获得完整的26.8亿个碱基对组成的基因组序列及730个驴特有基因序列，初步明晰德州驴种质遗传特性，开发出鉴别不同地方驴品种的分子诊断试剂盒；在国内外首次建立德州驴基因选育技术平台，培育出世界上首个适合规模化饲养、生产性状突出的东阿黑毛驴种群，其后代初生重增加了16.4%，生长速度提高了8.4%，成年体高增加了4.5%，屠宰率增加了13.0%，皮重率增加了16.8%。

2. 创建了世界上首家规模最大的种公驴站，在国际上首次建立驴精液超低温保存技术体系和人工授精技术体系。创制出驴精液专用稀释液，获国际发明专利和国家发明创业成果奖；制定《德州驴冷冻精液生产技术规程》等4项地方标准，填补了国内外行业标准的空白；率先实现了驴细管冻精的产业化，年产细管冻精约占我国驴人工授精市场冻精份额的90%以上；建立了“发情+B超鉴定排卵+人工授精”的高效冷冻精液授精技术体系和人工授精技术规范，研制出驴专用输精器械，精液利用率和配种工作效率分别提高了3倍和5倍以上，情期受孕率提高了11个百分点。

3. 构建了高效饲养管理及优质驴肉制品生产保障技术

体系，在国际上率先实现了规模化、集约化、福利化养驴及标准化屠宰和精细化分割。制定了规模化驴场标准化建设技术方案和育肥驴饲养管理技术规范等4项标准。研发驴异地调运的立体化管理模式，创建了我国首个与国际接轨的优质驴肉生产保障技术体系，建成了全球最大的规模化屠宰生产线。

4. 建立了“规模化、基地化、活体循环开发”驴产业可持续发展的山东方案，被国务院扶贫办选为产业精准脱贫试点模式并全国推广，获全国脱贫攻坚奉献奖、社会责任扶贫奖。创建了集驴交易、驴管理等五大核心技术于一体的“驴联网”系统平台，在线管理驴33.86万头。项目成果在全国8个省、自治区的驴优势产区推广应用125.6万头，累计产生经济效益148.31亿元，其中山东省累计产生经济效益88亿元。

项目获国际发明专利及国际创新专利各1件，中国发明专利16件，实用新型专利62件，国家软件著作权22项，发表学术论文242篇（SCI 116篇），出版书籍9本，制定国家及行业标准3个，地方标准9个，团体标准17个，培训技术人员12200多人次。举办了6届中国驴业发展大会和3届国际驴产业发展高峰论坛，推动山东省成立了国内首家现代农业产业技术体系驴产业创新团队。

经吴常信院士、李德发院士、谯仕彦院士等专家评价认为“项目研究成果居国际领先水平”。

(四) 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	Anticongelante de huevo de pato Para la crianza de semideshidratado el Método de preparación	其他	Mx/a/2014-008839	2018-07-04	356639,	Shandong Tianlong Animal Husbandry Science and Technology Co., Ltd; Dairy Cattle Research Center, Shandong	Wang Changfa ; GaoYundong ; ZhangYan ; WangLinglin ; ZhangRuitao	有效	是	是

论文	Nature communications - 《Donkey genome s provide new insights into domesti	中国	doi:10.1038/s4167-020-19813-7	2020-11-08	Nature communications	Shandong Academy of Agricultural Sciences; Liaocheng	Changfa Wang; Haijing Li; Yu Guo; Jinming Huang; Yan Sun; Jiumeng Min; Jinpeng Wang	有效	是	是
发明专利	一种用于驴精液冷冻保存的鸭蛋卵黄抗冻剂及冷冻保存方法	中国	ZL201210529077.9	2016-08-24	1468959	山东天龙牧业科技有限公司; 山东省农业科学院奶牛研中心	王长法; 张燕; 王玲玲; 朱涛涛; 张瑞涛; 鞠志花; 黄金明; 齐超; 高运	有效	是	是
发明专利	驴用输精枪及其使用方法	中国	ZL201510334049.3	2017-01-11	2343292	山东东阿阿胶股份有限公司; 山东天龙	周祥山; 王银朝; 于杰; 曲洪磊; 尹	有效	否	是
发明专利	毛驴集中受孕方法	中国	ZL2016106208093	2018-09-12	3164702	东阿阿胶股份有限公司; 山东东阿黑毛	刘海兵; 周祥山; 嵇传良; 姜桂苗;	有效	否	是
发明专利	一种驴用快速取皮器	中国	ZL201811426507.8	2021-06-25	4511536	东阿阿胶股份有限公司; 山东东阿黑毛驴牧业科	于杰; 尹桂军; 嵇传良; 王涛; 张瑞涛; 刘	有效	否	是
发明专利	一种驴冷冻精液深部输精器	中国	ZL201810840253.8	2022-5-8	3805719	东阿阿胶股份有限公司、山东	刘冰; 尹桂军; 吴帅帅; 刘	有效	否	是

发明专利	一株驴源沙门氏菌AD19株及其应用	中国	ZL2019107680 11.7	2021-05-18	国家知识产权局	山东省农业科学院畜牧兽医研究所	张伟;张燕;王长法	有效	是	否
国家标准	精准扶贫驴产业运营管理规范	中国	GB/Z 38767 2020	2020-04-28	国家市场监督管理总局	东阿阿胶股份有限公司、山东省标准化研究院、聊城大学、山东东阿黑毛驴牧业科技有限公司	周祥山;沈善义;张杰;嵇传良;于杰;安洁;郝向慧;刘广源;刘桂芹;王长法	有效	是	是
其他	德州驴-中国农业出版社	中国	97871926536	2021-01-01	中国农业出版社(2020)	山东省农业科学院;东阿阿胶股份有	王长法;张伟;于杰;刘桂芹;李海静;嵇	有效	是	是

(五) 主要完成人

王长法、嵇传良、于杰、张伟、刘桂芹、李海静、曲洪磊、姜桂苗、程杰、王延涛、刘广源、刘文强、朱明霞、杨莉、李敏。

(六) 主要完成单位

东阿阿胶股份有限公司、聊城大学、山东省农业科学院畜牧兽医研究所、山东东阿黑毛驴牧业科技有限公司。

四、连续法高性能不溶性硫磺关键技术创新与特种轮胎开发

(一) 提名者及提名意见

提名者：聊城市

提名意见：“连续法高性能不溶性硫磺关键技术创新与特

种轮胎开发”由山东阳谷华泰化工股份有限公司联合青岛科技大学、山东玲珑轮胎股份有限公司、山东大学、聊城大学共同承担，主要是在我国橡胶工业整体迈向高端制造的大背景下，实现基础橡胶助剂品种不溶性硫磺品质性能提升和绿色生产，化解行业关键材料“卡脖子”风险，解决关键零部件生产等制约行业发展的瓶颈性难题具有重要意义。

（二）提名等级

对照山东省科学技术进步奖授奖条件，拟提名该项目为2024年度山东省科学技术进步奖二等奖。

（三）项目简介

橡胶助剂的研发水平及技术成果产业化，决定着轮胎及橡胶制品行业的发展水平。我国橡胶助剂占全球总产量的70%以上，但在工艺研发上存在着严重的发展不均衡的问题。特别是在橡胶助剂最基础、最关键的硫化剂领域，最具代表性的不溶性硫磺产品无论技术综合性能还是产品规模，均与发达国家存在着明显的差距。因此本项目的实施满足国家重大需求。主要内容与创新点如下：

1.开发了双温段升温控制与淬冷-熟化-萃取融合技术的工艺体系，实现了万吨级连续法绿色产业化，为行业国产化有效替代提供了技术途径。

2.开发了稳定剂、聚合度控制技术和抗静电高分散改性材料，解决了熟化过程晶型调整、热稳定性控制和微米级不溶性硫磺极易产生静电与难以分散的难题。

3.阐明了轮胎粘合失效与硫化过程增粘机理，开发了新

粘合层强度表征测试方法，从助剂角度上为特种轮胎设计和制造两方面提供了坚实基础。

本项目在国内率先实现了万吨级连续法不溶性硫磺绿色产业化，产品粒径分布窄，热稳定性和分散性好；硫磺可循环使用，硫原子利用率提升 40-60%；单位产品溶剂消耗量降低 90%；与国际上最具代表性公司同类产品相比，产品粒子形态、热稳定性和有效含量等关键技术指标指标领先。

连续法不溶性硫磺助力了特种轮胎的开发制造，且已应用于法国米其林、美国固特异、德国大陆、日本普利司通等世界一流轮胎企业。

本项目打破了国外技术封锁和市场垄断，实现了国产化替代。连续法不溶性硫磺产品在橡胶助剂角度上为国内特种轮胎的开发提供了强有力的技术支撑，有力推动了我国橡胶助剂产业的科学技术进步。

(四) 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	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	一种不溶性硫磺的生产工艺	中国	ZL2011 102108 53.4	2012- 09-19	有效	是	是
发明专利	一种不溶性硫磺的气化淬冷工艺	中国	ZL2014 106238 68.7	2016- 11-30	有效	是	是
发明专利	一种不溶性硫磺的连续化熟化方法	中国	ZL2015 103802 52.6	2018- 02-23	有效	是	是

发明专利权	一种不溶性硫磺的粒径控制方法	中国	ZL202111302753.4	2022-08-09	有效	否	是
发明专利权	一种不溶性硫磺的制备方法及其所用的抗返原稳定剂	中国	ZL201811300736.5	2022-03-15	有效	是	是
发明专利权	一种改善不溶性硫磺分散性的方法	中国	ZL201510396736.X	2017-07-04	有效	是	是
发明专利权	一种超强全程水下粘结剂及其制备方法与应用	中国	ZL202111043885.X	2022-11-22	有效	否	否
发明专利权	一种轮胎胎面结构	中国	ZL201610118217.1	2017-10-17	有效	否	否

（五）主要完成人情况

1.杜孟成，山东阳谷华泰化工股份有限公司

项目负责人，负责项目管理工作和整体设计。主要贡献为：负责制订项目总体技术方案；发明了淬冷萃取一体化工艺，开发了低沸点封端剂，对创新点一、二作出了创造性贡献。支撑材料为发明专利《一种不溶性硫磺的生产工艺》（第一位发明人）、发明专利《一种不溶性硫磺的气化淬冷工艺》（第一位发明人），发明专利《一种不溶性硫磺的制备方法及其所用的抗返原稳定剂》（第一位发明人）。

2.王维民，山东阳谷华泰化工股份有限公司

负责项目技术开发。主要贡献为：创建了淬冷熟化萃取一体化技术和连续化流程，研发了产品分散性和粒径控制方法。对创新点一、二做出了创造性贡献。支持材料为发明专利《一种不溶性硫磺的连续化熟化方法》（第一位发明人）、

发明专利《一种不溶性硫磺的粒径控制方法》（第一位发明人）、发明专利《一种改善不溶性硫磺分散性的方法》（第一位发明人）。

3. 王文博，山东阳谷华泰化工股份有限公司

负责项目协调和产业化工作。运用工程管理经验，为项目中试线和万吨级产线的产业化设计提出重要建议，并为创新点一作出突出贡献，支撑材料为发明专利《一种不溶性硫磺的萃取方法及所用设备》（第六位发明人），实用新型专利《不溶性硫磺的生产装置》（第一位发明人）。

4. 张笑来，山东大学

利用分子动力学模拟了硫和不溶性硫磺在二硫化碳溶剂中的溶解行为，并利用不同模拟方法研究了改性活性炭吸附二硫化碳的机理，探索了最佳吸附性能条件，对创新点一中的淬冷-熟化-萃取融合技术开发和万吨级连续法不溶性硫磺绿色产业化的实现作出了重要贡献。支撑材料为论文《Molecular Simulation to Explore the Dissolution Behavior of Sulfur in Carbon Disulfide》，论文《Simulation Study for the Adsorption of Carbon Disulfide on Hydroxyl Modified Activated Carbon》。

5. 史新妍，青岛科技大学

揭示了不溶性硫黄硫化橡胶与钢丝骨架材料粘合界面的增粘机理；阐明了不溶性硫黄硫化胶料与聚合物帘线骨架材料的粘合失效机理；利用 MTS 弹性体测试系统开发了在线跟踪硫化橡胶与骨架材料粘合界面动态疲劳的测试方

法。对创新点三作出了突出贡献，支撑材料为发明专利《一种测试硫化橡胶钢丝帘线动态粘合性能的方法》（第一位发明人）、《一种橡胶与纤维帘线粘合的动态疲劳演变测试方法》（第一位发明人）。

6.魏承磊，山东阳谷华泰化工股份有限公司

负责工艺装备的研究开发和应用。主要负责干燥过程、气化淬冷过程产业化技术研究，共同开发了硫磺高温裂解可控技术，对创新点一作出了重要贡献。支持材料为发明专利《一种不溶性硫磺的干燥工艺及其工艺设备》（第一位发明人），发明专利《一种不溶性硫磺的气化淬冷工艺》（第三位发明人）。

7.张丽丽，山东玲珑轮胎股份有限公司

负责对连续法不溶性硫磺在特种轮胎带束层等关键配方中工业试验及批量应用。通过材料开发、粘合层设计等进行集成，成功开发了热氧老化条件下的粘合关键技术，完成了该产品在高性能乘用车子午胎、特种轮胎关键配方中的工业化验证及应用工作，为翻新难题的解决提供了基础和方案，取得了良好的社会及经济效益，对创新点三作出重要贡献，支撑材料为论文《电子放大镜和扫描电子显微镜评价不溶性硫磺的分散性能》，发明专利《一种轮胎胎面结构》（第七位发明人），实用新型专利《一种橡胶双轴动态性能测试装置》（第三位发明人）。

8.黄俊，山东大学

负责开发抗静电高分散改性材料，使微米级分散的不溶性硫磺具有高抗静电和高分散性，对创新点二作出了突出贡献，支撑材料为发明专利《一种超强全程水下粘结剂及其制备方法与应用》（第一位发明人），论文

《Substrate-Independent, Mechanically Tunable, and Scalable Gelatin Methacryloyl Hydrogel Coating with Drag-Reducing and Anti-Freezing Properties》。

9. 黄现强，聊城大学

使用温和条件利用多种溶剂体系完成了长效稳定剂稳定机理的研究，通过反应条件调控可实现不溶性硫磺长效稳定处理，对创新点二作出了重要贡献。支撑材料为论文

《Microwave-assisted controllable synthesis of 2-acylbenzothiazoles and bibenzo[b][1,4] thiazines from aryl methyl ketones and disulfanediyl dianilines》。

10. 李云峰，山东阳谷华泰化工股份有限公司

负责项目产品应用性能测试方法确认和理论研究。结合产业化关键技术研发，对产品 in 橡胶中的应用性能进行评价，为各项项目关键技术研发和推进提供重要支撑数据。

（六）主要完成单位情况

1. 山东阳谷华泰化工股份有限公司

山东阳谷华泰化工股份有限公司主要负责项目关键技术的理论研发和成果产业化，对本项目技术创新和应用的主要贡献：

- 1) 负责制订项目总体技术方案、项目协调和产业化工作;
- 2) 负责工艺装备的研究开发和应用。主要负责干燥过程、气化淬冷过程产业化技术研究;
- 3) 开发了淬冷-熟化-萃取一体化技术和连续化流程;
- 4) 开发了不溶性硫磺聚合度及其晶态多尺度结构调控技术, 研发了产品分散性和粒径控制方法, 实现了产品关键技术指标的提升;
- 5) 研发了新型封端剂, 结合回收硫磺可控高温裂解技术, 实现了硫磺高效低能耗循环利用, 提高了不溶性硫磺的绿色生产水平;
- 6) 负责项目产品应用性能测试方法确认和理论研究。结合产业化关键技术研发, 对产品 in 橡胶中的应用性能进行评价。对创新点一、二作出了重要贡献。

2. 青岛科技大学

研究以不溶性硫磺为橡胶硫化剂, 以硫化橡胶与钢丝和聚合物帘线骨架材料的粘合界面为主要研究对象, 利用 MTS 弹性体测试系统开发了在线跟踪硫化橡胶与骨架材料粘合界面动态疲劳的测试方法; 揭示了不溶性硫磺硫化橡胶与钢丝骨架材料粘合界面的增粘机理; 阐明了不溶性硫磺硫化胶料与聚合物帘线骨架材料的粘合失效机理, 为提升半钢子午胎的使用寿命以及翻新成为可能提供了理论与技术指导。

3. 山东省玲珑轮胎股份有限公司

山东玲珑轮胎股份有限公司负责对连续法不溶性硫磺的在特种轮胎带束层等关键配方中工业试验及批量应用。通过将连续法不溶性硫磺材料开发、粘合层设计等进行集成，成功开发了热氧老化条件下的高负荷长寿命超粗钢丝与胶料粘合关键技术，完成了该产品在高性能乘用车子午胎、特种轮胎关键配方中的工业化验证及应用工作，研制开发了矿山宽体自卸车专用特种轮胎，实现了苛刻环境使用的高附加值特种轮胎国产化替代，为翻新难题的解决提供了基础和方案，取得了良好的社会及经济效益，对创新点三作出重要贡献。

4.山东大学

山东大学负责利用分子动力学模拟了硫和不溶性硫磺在二硫化碳溶剂中的溶解行为，并利用不同模拟方法研究了改性活性炭吸附二硫化碳的机理，探索了最佳吸附性能条件；负责开发抗静电高分散改性材料，使微米级分散的不溶性硫磺具有高抗静电和高分散性，对创新点一和创新点二作出了突出贡献

5.聊城大学

聊城大学负责使用温和条件利用多种溶剂体系完成了长效稳定剂稳定机理的研究，通过反应条件调控可实现不溶性硫磺长效稳定处理，对创新点二作出了重要贡献。

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）提名者及提名意见

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。

（二）提名等级

拟提名该项目为山东省科技进步奖二等奖。

（三）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，需要从国外高价进口。

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。

以上研究成果已发表论文 4 篇，其中 SCI 收录 2 篇，获得国家授权发明专利 17 件、实用新型专利 9 件。研究成果已在国内多家金刚石生产企业推广应用，三年来已累计新增销售收入 21.315 亿元、利润 2.329 亿元、税收 5035 万元、收节支约 4.611 亿元，取得了显著经济社会效益。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。

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）]

(四) 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	2006.10	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; 唐璟晶	有效	否	否

(五) 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、唐璟晶、秦超、贾风中

(六) 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、聊城职业技术学院、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、山东聊城君锐超硬材料有限公司