

附件 2

2024 年度山西省重点研发计划申报要求及 支持方向信息

(半导体与新材料领域)

一、申报要求

1.本次申报项目申请单位是指包含牵头单位和参与单位在内的联合共同体，且本次申报要求必须是产学研联合共同体，是项目执行的责任主体，应切实履行项目组织实施和监督管理责任。申请单位之间应分工明确、优势互补、责权利清晰，签订合同或合作协议，明确任务分工、投入比例、成果及知识产权归属和利益分配等事项。牵头单位须为山西省行政区域内注册、具有独立法人资格的企事业单位（包括中央驻晋企事业单位），有稳定、高素质的研究和管理团队，具有较强的创新能力、研发基础和设备条件和良好的信誉。鼓励牵头单位联合本领域内有重大影响力的单位、人员组织申报，优先支持由企业牵头、具有创新平台的项目申请单位（联合共同体）申请及承担项目，不支持对省内相关产业链发展无实质支撑作用的项目，鼓励具有研发实力和意向的民营企业积极申报。

2.项目负责人为项目的第一责任人，享有技术路线决策权、科研计划执行权、科研人员聘用权、经费支配权等科研自主权，并对经费使用的合法性、真实性负责，鼓励青年科技人才、女性科技人才作为项目负责人申请项目。项目负责人必须是项目申请单位的在职、在岗或在聘人员，具有完成项目所需的组织管理和协调能力，具有组织科技计划的成功经验，能将主要精力用于项目组织、协调与研究。项目负责人限项要求如下：同一年度内省科技重大专项计划项目、省重点研发计划项目、中央引导地方科技发展资金项目限申报 1 项，项目未能立项时，方可再次申报。有在研项目的，不得再次申报同一类别计划项目，省科技重大专项、省重点研发计划项目视为同一类别，在研和申报项目总数不得超过 2 项。在研项目负责人不得因申报新项目而退出，即使退出，在原项目执行期内，原则上不得作为负责人申报新的计划项目。参与计划项目编制或论证的专家，不得牵头或参与申报所编制或论证的计划项目。

3.项目申请单位和项目申请团队应具有良好的产学研合作基础，产业化或应用转化目标明确，能够在我省特别是开发区应用转化。经费预算合理，配套资金落实有力，组织保障措施到位。项目申请单位、项目负责人和参与人员信誉良好，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录，项目申请单位近 3 年未发生重大环保污染等恶劣影响事件。

4.所有申报材料的填写均应客观、真实，严禁剽窃他人科研成果、侵犯他人知识产权、虚报项目、伪造材料骗取申报资格等科研不端及失信行为，凡有弄虚作假、虚夸、伪造等行为，一经查实，项目负责人及相关项目单位将列入科研失信记录，承担一切后果。

5.项目申报请认真查阅并严格按照《山西省科技计划项目管理办法》（晋政办发〔2021〕42号）、《山西省人民政府办公厅关于改革完善省级财政科研经费管理的实施意见省科研项目经费和科技活动经费相关管理办法》（晋政办发〔2022〕16号）等执行。经费预算中直接费用按照设备费、业务费、劳务费三大类编制，直接费用中除20万元以上的设备费外，其他费用只提供基本测算说明，不需要提供明细。项目配套资金（包括申请单位自有资金、社会渠道资金等，其他财政专项资金不得列为配套资金）与申请引导资金的比例不低于2:1。项目申请书中须提供会计师事务所出具的上年度财务审计报告，并出具资金配套承诺书和自筹能力相关材料。项目立项后，引导资金实际资助额度未达到申请额度的，差额部分由项目申请单位自筹配套解决。项目承担单位在申报项目时须承诺每个项目有相对固定配备科研财务助理，可根据项目实际情况灵活配备，签订计划任务书时须明确具体人员

6.项目申报请严格遵循《科学技术保密规定》和《关于加强科技伦理治理的意见》，项目申报和执行过程中注重科

技保密和科技伦理有关要求，提高保密意识，加强科技伦理治理，确保不发生任何问题。

7.所有项目均应整体申报，项目名称不得更改，申报时需覆盖全部研究内容；技术指标不能减少且不得低于通知要求，鼓励高于现有指标。项目执行期一般不超过3年。同一单位只能通过一个项目组织单位进行申报，已获得其他财政支持的项目、同一单位研究内容相同或相近的项目不得重复、多头申报。不受理涉及国家秘密的项目。申报项目受理后，原则上不能更改项目申报单位和负责人。

8.本次项目立项将根据申报和评审情况，对符合条件的项目实行“赛马制”和“项目管理里程碑制”，项目立项后将在签订计划任务书时明确“赛马制”和“里程碑”时间节点、任务。各方向原则上立项支持1项，若申报项目技术路线明显不同，考核指标均能满足要求，研究前景暂时无法预测的，经专家评审论证同意，可实行“赛马制”，同时立项支持。

9.鼓励支持加强关键技术领域标准研究，在科技计划项目中设置标准研制指标，以科技创新提升标准水平，及时将科技成果转化为标准。

10.项目申请单位请按照申报书提前准备PPT汇报等材料，以备进一步评审需要。进入答辩环节项目，届时会电话通知，不再预留准备时间。

二、支持方向信息

1. 基于高效衍射抑制结构的非展开曲面透光屏蔽材料制备技术研发

研究内容：面向城市铁路系统等复杂环境下，光学监控系统异型结构视窗对电磁干扰防护的需求，开展基于高效衍射抑制结构的非展开曲面透光屏蔽材料制备技术研究。主要包括：兼容电磁屏蔽与均匀衍射的随机网栅结构机理，非展开曲面金属网栅多角度光学衍射与屏蔽效能计算模型，随机金属网栅飞秒激光刻蚀曲面成型工艺，大尺寸非展开曲面金属网栅自组装制备工艺，以及高清监控系统光学端口应用技术等。拟通过解决高阶衍射能量集中严重影响成像质量的问题，突破非展开曲面低衍射高透光电磁屏蔽难题，在城市铁路光学监控系统宽角域端口领域实现应用。预期经济效益 2500 万元以上。

核心技术指标：屏蔽效能： $\geq 40\text{dB}$ （30MHz ~ 18GHz）；0 级透过率： $\geq 80\%$ ；最大归一化高阶衍射能量： $\leq 0.1\%$ ；线宽精度： $\pm 0.5\mu\text{m}$ ；膜厚均匀性： $\pm 5\%$ ；非展开曲面面积： $> 100\text{cm}^2$ 。

2. 基于材料基因组工程的固废低碳高值利用技术研发与应用示范

研究内容：面向交通基础设施建设中固体废弃物低碳化与高值化利用的需求，开展基于材料基因组工程的高通量实验、AI 智能设计与快速精准调控的新型材料研发模式研究。主要包括：开发材料跨尺度设计所需关键基因的设

计元函数和边界条件，建立标准数据库；开发围绕交通基础设施材料设计和性能预测的智能算法及模型；基于材料基因库的低碳材料跨尺度精细调控与设计验证；基于材料基因解析、算法与预测模型，对低碳新材料进行校准和再优化。拟通过计算、数据、AI 和实验紧密结合的“四位一体”跨尺度材料数字化设计平台建设，突破交通基础设施低碳建造用固废材料从“基因到应用”全链条的科学内涵、成形机制与实现途径的技术难题，研发高耐久 UHPC 材料、超高性能混凝土和绿色低碳固化剂等材料，建设固体废弃物综合利用示范工程。预期直接经济效益约 6000 万元，减碳间接经济效益约 2145 万元。

核心技术指标：形成基于材料基因工程的固废高值低碳利用技术工艺包，材料设计方法可靠性不低于 80%，材料设计周期降低 70%，编制材料标准化数据格式、技术标准文件一套；建立基因标准化数据库，且数据量不低于 2 万组；研发智能化设计平台，技术就绪度不低于 7 级；材料性能预测精度不低于 90%；研制不少于 3 类交通基础设施建养低碳新材料，并进行工程应用验证，建设类材料疲劳寿命提升不低于 50%，养护类材料抗冲击性能提升不低于 30%；高耐久 UHPC 强度等级达到 C120 及以上，抗冻等级 F1000 以上；超高性能路面氯离子扩散系数低于 $4.1 \times 10^{-13} \text{m}^2/\text{s}$ ，强度 $\geq 40 \text{MPa}$ ，弯拉强度 $\geq 6.5 \text{MPa}$ ；低碳土壤固化剂 28d 无侧限抗压强度 $\geq 6.5 \text{MPa}$ ，弹性模量 $\geq 7500 \text{MPa}$ 。

3. 光刻胶用助剂合成工艺及痕量金属离子脱除技术研发与应用

研究内容：面向国内半导体产业对高端电子化学品紧迫需求，开展光刻胶用电子化学品甲基正丙基四甲氧甲基甘脲的合成工艺及痕量金属离子脱除技术研究。主要内容包括：基于甲基正丙基四甲氧甲基甘脲分子结构，明确工艺条件和技术路线；实现批量化、稳定生产的最佳原料优选及最佳工艺路线；不同型号过滤膜、树脂及电化学等工艺对产品中痕量金属离子去除机理；产品中痕量金属离子（如钠、钾、钙等金属离子）有效去除的最优组合工艺路线。拟通过高端光刻胶用电子化学品制备生产工艺设计和优化，以及痕量金属离子脱除工艺的制定，为国内半导体产业发展提供所需的“卡脖子”电子化学品。预期经济效益3000万元以上。

核心技术指标：产品外观为白色结晶体，产品含量 $\geq 99.99\%$ ，熔点 $90-110^{\circ}\text{C}$ ，水分 $\leq 0.05\%$ ，产品收率 $\geq 98\%$ ，Ph 值 6.5-7.5，沸点 $474.7\pm 45^{\circ}\text{C}$ ，分子量 ≥ 374 ；总金属离子含量 $\leq 20\text{ppb}$ ，单个金属离子含量 $\leq 1\text{ppb}$ 。

4. 公路基层用煤基固废混合料生产技术研发及应用示范

研究内容：面向公路工程对 CFB 灰渣、煤矸石、脱硫石膏等典型煤基固废资源化利用的需求，开展煤基固废混合料制备技术研究。主要包括：探明煤基固废组分的水化

特性、反应动力学特征和微观结构演化历程；揭示固化材料性能对固废组分和组成的影响规律；揭示煤基固废固化材料对混合料综合性能的影响规律和作用机制；提出面向公路基层的煤基固废混合料应用技术要求。解决煤基固废在公路工程中规模化高值利用问题，预期建成长度不低于20km的煤基固废公路基层示范工程。预期消纳煤基固废10万吨以上，产生经济效益1500万元以上。

核心技术指标：固化材料的固废掺量 $\geq 75\%$ ，28d抗压强度 $\geq 42.5\text{MPa}$ ，浸出毒性满足《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》（GB 5085.3）要求；煤矸石粗集料压碎值 $\leq 30\%$ ，针片状颗粒含量 $\leq 20\%$ ，软石含量 $\leq 3\%$ ，热值 $\leq 1000\text{cal/g}$ ；混合料的7d无侧限抗压强度 $\geq 4\text{MPa}$ ，弯拉强度 $\geq 1.5\text{MPa}$ ，弹性模量 $\geq 18000\text{MPa}$ ，疲劳性能及耐久性能满足《公路路面基层施工技术细则》（JTG F20）和《公路沥青路面设计规范》（JTG D50）要求。

5. 宽带大功率氮化镓射频芯片封装技术研究

研究内容：面向5G通信的宽带大功率射频芯片对于高性能、高可靠性陶瓷封装技术的需求，开展宽带大功率射频芯片封装电路设计技术、射频芯片封装管壳制备工艺技术、射频芯片封装工艺技术研究。主要包括：基于有限元法的射频传输结构三维电磁场建模、仿真和优化；高温共烧陶瓷多层结构射频管壳制造工艺；高可靠性高精度芯片互联和气密封装工艺。拟解决宽带大功率射频芯片在输出

功率大、工作频率范围宽、工作频率高、热流密度大等工作特点下，封装热匹配和信号完整性难题，研发出适用于 5G 通信等领域的宽带大功率氮化镓射频芯片的封装管壳和封装工艺。预期经济效益增加 1000 万元。

核心技术指标：饱和输出功率>30W，饱和输出效率≥40%，频率范围 1.7 ~ 6.5G，插入损耗<1dB，回波损耗<-12dB，使用温度：-55℃ ~ 125℃，气密性≤ $1\times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ ，焊接空洞率<5%，25 微米金丝键合附着力>7g。

6. 高效碳化硅晶圆抛光液制备工艺开发及应用

研究内容：面向新能源汽车部件车规级芯片加工过程中对于 8 英寸碳化硅衬底高平坦化抛光的需求，开展 8 英寸碳化硅衬底化学机械抛光液关键技术研究。主要包括磨料、氧化剂、抛光促进剂、表面保护剂等和碳化硅表面的相互作用机理和对碳化硅抛光速率与表面质量的影响；抛光液稀释比和循环寿命、压力、转速、温度等抛光工艺对碳化硅抛光性能的影响；抛光液中试和产业化放大过程中各关键工艺的窗口，储存、运输等条件对抛光液性能的影响。通过对 8 英寸碳化硅化学机械抛光的研究，解决碳化硅抛光液移除速率低、表面粗糙度高、容易划伤和平整度差的问题，从而在碳化硅晶圆加工中实现应用，预计产值 5000 万元以上。

核心技术指标：碳化硅粗抛液在 8 英寸碳化硅晶圆生产线达到的指标：硅面去除率大于 7um/h，AFM 粗糙度 R_a 小

于 0.2 nm，CS8520 测试表面微划痕总长度小于 75mm；碳化硅精抛液在 8 英寸碳化硅晶圆生产线达到的指标：硅面去除率大于 0.25um/h，AFM 粗糙度 R_a 小于 0.1nm，CS8520 测试表面微划痕总长度小于 30mm。8 英寸碳化硅总厚度偏差 (TTV): $\leq 3\mu\text{m}$ ，8 英寸碳化硅翘曲度 (Warp): $\leq 25\mu\text{m}$ 。

7. 半导体显示面板精密磨边技术及设备研发

研究内容：面向高端显示器、车载显示、TV 等高强度超薄半导体显示面板磨边核心工艺的需求，精密磨边设备长期依赖进口的困境，开展半导体显示面板精密磨边关键技术及设备研究。主要包括：半导体显示面板磨削去除机理和损伤抑制方法；磨粒与切屑动态热力耦合机制；高效低损伤磨削工艺关键参数影响机制分析及优化设计；磨削系统核心部件动静态磨削精度误差测量分析及结构优化设计；精密磨削过程参数化控制和全自动化运行控制系统开发。拟解决半导体显示面板高效低损伤去除切割边缘缺陷、消除应力集中的难题，在高品质显示面板精密磨边领域实现国产化替代。预期产值 5000 万元，经济效益 4000 万元。

核心技术指标：适用产品尺寸：32 ~ 43 英寸；适用面板厚度：0.4 ~ 1.4mm；工艺类型：斜边磨削 MUTIL、端面磨削 CUP；磨削精度及缺陷控制：MUTIL 斜边磨削量 100 ~ 500 μm ，CUP 端面磨削量 50 ~ 200 μm ，磨削精度 $\pm 30\mu\text{m}$ ，缺陷 chipping $< 50\mu\text{m}$ ；R/C 角磨削精度及缺陷控制：C 角磨削量 200 ~ 1500 μm ，R 角磨削量 1000 ~ 3000 μm ，磨削精度

±50μm, 缺陷 chipping<100μm; 重复定位精度: ±0.005mm (X 和 Z 轴), ±0.001mm (Y 轴); 生产效率 (32 英寸): MUTIL: 13s/pcs, CUP: 21s/pcs; 产品良率: ≥99.5%。

8. 固态电池用高性能硅碳负极材料制备技术研发与产业化

研究内容: 面向电动汽车用固态电池对于负极材料高比容量、高首效、长寿命的需求, 开展用于固态电池的高性能硅碳材料关键制备技术研究。主要包括基于硅基材料纳米化的硅碳材料体积变化缓解和循环稳定性提升; 基于导电材料包覆的硅碳材料界面稳定性改善和导电性能提升; 基于预锂化、热钝化技术的硅碳材料首次效率提升; 基于硅碳复合优化的硅碳材料比容量与循环寿命协同提升; 基于固态电池体系的硅碳材料失效机理分析和全指标评价。突破固体电池用高性能硅碳材料关键制备技术和量产工艺, 在固态电池中实现应用。预期经济效益 1000 万元以上。

核心技术指标: 高性能硅碳材料比表面积 $\leq 5.0 \text{ m}^2/\text{g}$; 振实密度 $\geq 0.85 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。在固态电池中, 高性能硅碳材料首次比容量 $\geq 1800 \text{ mAh}/\text{g}$; 首次效率 $\geq 90\%$; 循环 1000 次容量保持率达到 80% 以上。高性能硅碳材料产能达到 100 吨/年。

9. 国产针状焦制备特大规格超高功率石墨电极技术研究与应用示范

研究内容: 面向国内电弧炼容积大型化发展趋势, 以及电弧炼钢领域对高性能、低成本石墨电极的生产需求,

开展国产针状焦制备电弧炼钢用特大规格超高功率石墨电极技术研究。主要包括：对比分析国内外不同类型针状焦理化特性；研究物相特征对石墨电极性能影响机制；仿真模拟并优化原料配料组分，形成适配国产针状焦特性的高性能石墨电极体系；开发物料精准控制系统及与之适配的工业配料软件；研发成型-焙烧-浸渍-石墨化多流程线性耦合控制技术。拟通过建立现代智能化国产针状焦制备大规格超高功率示范生产线，解决国产针状焦生产超高功率石墨电极在服役过程中耐氧化侵蚀能力差、耐热冲击性差、易开裂、电极消耗量大、电化学性能不稳定等实际问题，并在国内外炼钢企业进行应用验证。预期降低产品成本5000元/吨，增收约2.5亿元/年（按5万吨/年产量计算）。

核心技术指标：Φ700mm及以上特大规格超高功率石墨电极本体：体积密度 $\geq 1.72\text{g/cm}^3$ ，电阻率 $4.5 \sim 4.9\mu\Omega\cdot\text{m}$ ，抗折强度 $\geq 12\text{MPa}$ ，热膨胀系数（室温 $\sim 600^\circ\text{C}$ ） $\leq 1.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ，弹性模量 $9 \sim 11\text{GPa}$ ，灰分含量 $\leq 0.1\%$ 。Φ700mm及以上特大规格超高功率石墨电极接头：体积密度 $1.84 \sim 1.88\text{g/cm}^3$ ，电阻率 $3.0 \sim 3.3\mu\Omega\cdot\text{m}$ ，抗折强度 $\geq 28\text{MPa}$ ，热膨胀系数（室温 $\sim 600^\circ\text{C}$ ） $\leq 1.0 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ，弹性模量 $20 \sim 22\text{GPa}$ ，灰分含量 $\leq 0.1\%$ 。

10. 基于煤制基础油的风电齿轮箱高端润滑材料制备技术研发与应用

研究内容：面向风电齿轮箱核心部件润滑关键基础原材料与润滑技术需求，开展基于煤制基础油的风电齿轮箱国产化关键高端润滑材料制备技术研发。主要包括：煤制基础油分子结构与润滑性能关系；风电齿轮箱润滑材料减摩机理及复配规律；基于界面磨损及微点蚀原理；抗擦伤性能优异、抗微点蚀优异的配方技术；国产大功率风电主齿轮箱油品挂机应用验证。拟解决国产风电齿轮箱的齿轮耐压承载力有限、可靠性及寿命不足等问题，在大功率长寿命风力发电机组齿轮箱润滑系统实现国产化替代与应用。按照市场国产化占有率 10%核算，预期产值 8580 万元/年，经济效益约 3000 万元/年。

核心技术指标：满足国家标准 GB/T33540.3 基础上，FZG（A-8.3-90℃）>13 级；MPR 大功率抗微点蚀磨损实验（线速度 3.5m/s，温度 80℃），微点蚀承载力 >230N；梯姆肯承载能力性能（800r/min，37.8℃）>65 lbf；SRV 低摩擦系数测试（300N，90℃，1mm，50Hz）磨斑 <0.7mm，平均摩擦系数 <0.2；通过大功率南高齿 OEM 台架验证；通过 3MW 风电挂机验证。

11. 低碳智慧沥青路面就地热再生技术研发及示范应用

研究内容：面向高速公路中对废旧沥青路面材料高效循环利用、高性能的需求，开展低碳智慧沥青路面就地热再生关键技术研究。主要包括：研究沥青路面裂缝的分布特征、发生层位、发展规律及动态力学响应特性，形成基

于裂缝成因的裂缝分类方法；降解聚合物分子反应机制和老化沥青相组分调节机制，开发基于靶向分子反应与组分调节的反应型再生剂和自愈合胶囊；揭示老化聚合物改性沥青激活机制；研究热再生关键施工要素动态发展演变过程；开发适合热再生施工工艺的智慧化运行平台架构、适合热再生工艺的数学模型及数据算法。拟解决寒冷、大温差地区再生沥青路面易开裂问题，突破热再生机组施工自动化和智慧化水平不足的难题，在高速公路改扩建与养护工程中实现就地热再生技术的广泛应用。预期可节约新混合料约 18 万吨，避免产生废料约 25 万吨，实现公路建养全寿命周期碳排放减少 6000 吨以上，产值 6000 万元以上，经济效益 4000 万元以上。

核心技术指标：再生沥青 5℃延度>15cm，135℃的黏度 $\leq 3\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，-12℃劲度模量 s 值 $< 300\text{MPa}$ ，蠕变速率 m 值 > 0.3 ，25℃弹性恢复 $\geq 60\%$ ；再生沥青混合料低温断裂能提高 50%以上，抗水损性能提高 20%以上，抗疲劳性能提高 30%以上，疲劳寿命恢复率 $> 60\%$ ；机组智慧化野外移动式连续作业时间 $\geq 12\text{h}$ ，数据传输请求适应能力 $\geq 5000\text{QPS}$ ，数据采集、传输总延时 $\leq 100\text{ms}$ ，作业设备定位精度 $\leq 10\text{cm}$ ，协同作业设备数 ≥ 13 台。

12. 高载重液压油缸用高端密封高分子材料制备及成型工艺研发

研究内容：面向复杂工况下高载重工程设备液压油缸对于高性能高可靠性密封件的需求，开展高端密封件用高分子材料制备及成型工艺的研究。主要包括：液压油缸密封件及导向元件用高分子材料配方的研发及试验验证；液压油缸密封件结构与优化；特殊高分子材料产品的生产加工工艺；液压密封件及导向元件工况模拟试验装置开发；液压密封件及导向元件寿命测试及综合寿命评估研究。拟解决目前国内液压密封件用高分子材料性能不足、寿命不长、长期依赖进口密封产品的“卡脖子”问题，在国内重载矿用自卸车、重载液压挖掘机械及其他重载液压油缸相关设备中实现应用。预期产值 3000-4000 万元/年。

核心技术指标：材料耐温 $-45 \sim +100^{\circ}\text{C}$ ；聚氨酯抗拉强度 $>40\text{MPa}$ ，撕裂强度 $>150\text{N/m}$ ；橡胶拉伸强度 $>18\text{MPa}$ ；工程塑料抗压强度 $>180\text{MPa}$ ；工程塑料摩擦系数（干摩） <0.4 ，摩擦系数（油摩） <0.1 ；热变形温度 $>180^{\circ}\text{C}$ ；材料综合使用寿命国际水平 $>6000\text{h}$ 。

13. 电子硅单晶炉用酚醛树脂纤维保温材料研发与应用

研究内容：面向半导体行业对高性能隔热材料的需求，开展新型酚醛基碳质高温隔热材料制备关键技术研究。主要包括：不同分子量改性酚醛树脂的可纺性及成毡质量；固化剂固化机理及改性，以及不同固化剂对酚醛树脂固化效果的影响；酚醛树脂纤维保温材料的连续制备工艺，包括连续熔喷纺丝、连续固化碳化石墨化处理以及各工序间

的衔接技术等。拟通过提高酚醛树脂分子量及配置专用固化剂，提升碳化收率和固化性能，在半导体高温隔热材料及其它高温隔热领域实现应用。预期产值增加 4500 万元，经济效益增加 675 万元。

核心技术指标：酚醛树脂分子量 ≥ 3000 ，酚醛基炭毡导热系数 $\leq 0.07\text{W/m}\cdot\text{k}$ ，单丝纤维强度 $\geq 300\text{MPa}$ ，密度 $\leq 0.05\text{g/cm}^3$ ，杂质 $\leq 100\text{ppm}$ ，适用温度范围 $1650 \sim 3600^\circ\text{C}$ 。

14. 不饱和脂环二羧酸酐及其衍生物高效加氢催化工艺研发与应用

研究内容：面向聚丙烯领域中对于高速结晶专用成核剂的需求，开展有机羧酸盐类成核剂的制备关键技术研究。主要包括：降冰片烯二羧酸钠的合成工艺；降冰片烯二羧酸钠加氢过程中催化剂的选择和加氢工艺；降冰片烯二酸酐加氢过程中催化剂的选择和加氢工艺；双环[2.2.1]-庚烷-2,3-二酸酐钠盐的合成工艺；不饱和脂环二羧酸酐及其衍生物制备技术。拟解决此类成核剂因结构中存在不饱和键诱导聚丙烯树脂结晶速率变慢的问题，在石化和煤化工下游产业链的聚丙烯专用料和改性料中实现应用。预期经济效益 1000 万元以上。

核心技术指标：加氢转化率 $> 90\%$ ；白度（蓝光白度） ≥ 90 ；熔点 $> 300^\circ\text{C}$ ；加热减量 $< 1\%$ 。

15. 高强耐蚀良焊变形铝合金研发及示范应用

研究内容：面向交通装备深度轻量化发展对综合均衡工艺性、强韧性、焊接性、耐腐蚀性铝合金材料的需求，开展高强耐蚀良焊变形铝合金材料及典型样件制备关键技术研究。主要包括：优化设计合金成分，探究合金元素对时效析出相的影响规律及其强韧化机制；揭示成分对晶内/晶界析出相的影响规律，明确合金耐腐蚀性和焊接性提升机理；揭示成分及铸造工艺对凝固组织、结晶相及偏析的影响规律；研究熔体净化工艺对铝合金熔体中夹杂的去除效果；分析均热处理制度对铸锭组织的影响。典型样件综合性能评估及中试关键技术开发：开展自行车用铝合金管材试制并完成拼装，评估自行车整体的强韧性、耐腐蚀性及焊接性，迭代优选合金成分；开展铝合金中试关键技术研究，总成成分及熔铸工艺，制定吨级高品质铝合金圆棒制造工艺规范；开发适配现场炉型的高效均热处理规程，实现合金的小批量试制。预期在自行车用铝合金方面年增产值 2.5 亿元，经济效益增加 750 余万元。

核心技术指标：圆棒尺寸指标：直径： $\geq \Phi 350\text{mm}$ ，轴长 $\geq 1000\text{mm}$ ；铸锭氢含量： $< 0.15\text{ml}/100\text{g}$ ；均质处理后：连续树枝状晶面积分数： $< 3.0\%$ ，杂质率： $< 1.8\%$ ，晶粒面积： $< 4 \times 10^4 \mu\text{m}^2$ ，偏析率： $< 3.0\%$ ；典型样件性能指标自行车用铝合金管材：抗拉强度： $\geq 600\text{MPa}$ ，屈服强度： $\geq 520\text{MPa}$ ，延伸率： $\geq 18\%$ ，剥落腐蚀等级为 EA 级以上，熔化极惰性气体保护焊（MIG）焊接系数： ≥ 0.75 。

16. 新型微合金化锚固法兰钢强韧化研发与产业化

研究内容：面向大管径、高压力长输油气管道等国家重大管线工程对于高强、高低温韧性及良焊性锚固法兰的迫切需求，开展新型微合金化锚固法兰钢材料及高性能制备关键技术研究。主要包括微合金化高强锚固法兰专用钢材研制；基于道次大变形的铸锭短流程开坯技术；锚固法兰精密温成形技术；精密碾环工艺设计及热处理；锚固法兰可靠性评价与应用。拟通过提升材料强度与低温韧性，并通过模具约束改变应力状态的等温挤压方法提高道次变形量，大幅度提升生产效率和成品率，在 3-5 种型号锚固法兰进行应用。预期新增销售额 6000 千万以上，新增效益 300 万元以上。

核心技术指标：锚固法兰本体抗拉强度 $\geq 640\text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 520\text{MPa}$ ，屈强比值 $\sigma_{ys}/\sigma_b \leq 0.85$ ，延伸率 $\geq 25\%$ ；焊接碳当量小于 0.42，其焊接冷裂纹系数小于 0.22，整体硬度 $\text{HV}10 \leq 265$ ； -40°C 夏比冲击功母材 ≥ 250 ，焊缝及热影响区 ≥ 70 ；材料利用率比自由锻造提高 17%，生产效率提升 1 倍。

17. 结构功能一体化球体开孔铝基水声材料研发及产业化

研究内容：面向大潜深条件下具备优良耐压性能和低频宽带阻尼吸声性能的水声材料需求，开展结构功能一体化球体开孔铝基水声材料制备工艺研究。主要包括：球体开孔铝基水声材料的制备工艺；球体开孔铝基水声材料声

学和力学性能测试与仿真分析；采用球体开孔铝为基础骨架的局域共振吸声基元网络化宽频水下吸声材料制备工艺；新型消声瓦的力学和吸声性能；大潜深条件下水下吸声减振材料的耐压性能和低频宽带阻尼吸声性能优化。解决我国深海水的水声材料不耐海水静压力、低频吸声性能差等问题，在我国大潜深条件下的水下吸声材料领域实现应用。预期经济效益 3000 万元以上。

核心技术指标：球体开孔铝基材料密度 $\leq 1.1\text{g/cm}^3$ ，抗弯强度 $\geq 15\text{MPa}$ ，孔隙率 $\geq 60\%$ ，变形量 $< 5\%$ ；复合材料抗压强度 $\geq 10\text{MPa}$ ，变形量 $\leq 6\%$ ；500Hz-10kHz 平均吸声系数常压下 ≥ 0.8 ，3MPa 压力下 ≥ 0.75 ，4.5MPa 压力下 ≥ 0.7 。

18. 高品质不锈钢箔材性能优化及典型器件精密微成形技术研究

研究内容：面向军事国防、航空航天、生物医学、电子通讯等领域对综合性能优异的不锈钢箔材需求，开展高品质不锈钢箔材性能优化及典型器件精密微成形技术研究。主要包括：不锈钢箔材表面改性工艺及纳米结构制备技术开发；表面完整性与微观结构演变的协同调控机制；揭示不同温度下纳米结构对力学性能、摩擦性能及腐蚀性能的影响规律；设计及制造多步精密微拉深模具；形成典型不锈钢微型件精密微成形工艺设计及表面质量控制策略。拟解决不锈钢箔材耐磨性能不佳、成形性低、服役稳定性差等问题，突破不锈钢极限尺寸，推动高品质不锈钢箔材在

高端产业领域实现应用。预期新增产销 100 吨，新增年产值 1000 万元。

核心技术指标：厚度 0.02mm 的不锈钢箔材表面改性后厚度减薄量： $\leq 0.005\text{mm}$ ，厚度 0.015mm 的不锈钢箔材表面改性后厚度减薄量： $\leq 0.002\text{mm}$ ，不锈钢箔材最薄厚度至 0.012mm 厚度减薄率： $\geq 25\%$ ；不锈钢箔材-50、25、500℃下的抗拉强度和耐磨性能提升： $\geq 20\%$ ；开发出多步微拉深模具，要求可实现 ≥ 5 步累积微拉深成形工艺，适用箔材厚度范围：0.02 ~ 0.05mm；杯型成形件直径： $\leq 1.2\text{mm}$ ，深度： $\geq 1.15\text{mm}$ ，整体成型深度较常规 0.9mm 提升 27%，表面无明显皱褶缺陷，质量良好。

19. 钢铁冶金烧结灰中高值有色金属提取技术研发与示范

研究内容：面向钢铁行业绿色低碳发展以及烧结灰中伴生的有色金属资源高效回收的需求，开展复杂体系下钢铁工业烧结灰中铷、铯等有色/稀有金属的高效浸出、分离提纯关键技术研究。主要包括：研究复杂原料条件下，烧结电场除尘灰形成机理及伴生稀有金属元素的赋存状态；多元有色金属不同浸出方法中的行为及浸出工艺；复杂料液除杂方法及工艺；多元有色金属分离工艺；高纯铷、铯盐萃取分离及金属制备工艺。拟通过“一步浸出-梯次分离”工艺方法，突破钢铁工业烧结机头灰高效资源化利用技术

难题，在钢铁企业固废处理以及循环利用领域实现应用。
预期经济效益 1000 万元以上。

核心技术指标：净化后料液杂质总量： $\leq 1\%$ ；伴生有色金属回收率： $\geq 90\%$ ；其中铷、铯、钾、钠、金、银、铅回收率： $\geq 95\%$ ，铜、锌回收率： $\geq 80\%$ ；铷、铯、金、银纯度： $\geq 99.9\%$ ，铜、锌纯度： $\geq 99\%$ ；水循环利用率： $\geq 95\%$ ；固废产生率： $\leq 2\%$ ；建设千吨级中试生产线，实现烧结电场除尘灰基本全部回收利用。

20. 高纯净度帘线钢关键制备技术研发

研究内容：面向我国汽车轮胎行业对高性能钢帘线的迫切需求，开展高纯净度帘线钢关键制备技术研发。主要包括：转炉-LF 炉精炼-连铸全过程帘线钢洁净度控制的冶炼集成技术；结晶器电磁搅拌参数、拉速、二冷制度、过热度对钢坯中心碳偏析和微观组织的影响；加热温度、加热时间和轧制工艺对盘条脱碳的影响；基于控轧控冷技术（TMCP）下，轧制温度、轧后冷却速度对盘条组织和力学性能的影响。拟解决钢帘线在冷拔和捻股过程断丝问题，在轮胎钢帘线领域内实现应用。预期经济效益 1200 万元以上。

核心技术指标：钢坯中心碳偏析指数 ≤ 1.05 ，盘条中心偏析等级 ≤ 3 级，盘条中 A 类、C 类夹杂物等级 ≤ 1.5 级，B 类、D 类夹杂物等级 ≤ 1.0 级；70 级盘条 $R_m 970-1120\text{MPa}$ 、 $Z \geq 40\%$ ；80 级别盘条 $R_m 1070-1220\text{MPa}$ 、 $Z \geq 38\%$ ；盘条总脱

碳层深度 $\leq 80\mu\text{m}$, $\text{T}[\text{O}] < 40\text{ppm}$, $[\text{N}] < 80\text{ppm}$; 70 级别索氏体含量 $> 80\%$, 80 级别索氏体含量 $> 85\%$ 。

21. Fe-Ni-Co-Al/WC 超硬复合材料高能场制备关键技术与产业化

研究内容：面向智能综采装备对矿岩采掘工具高强度、高硬度、高耐磨性及高适应性的需求，开展 Fe-Ni-Co-Al/WC 超硬复合材料高能场制备关键技术研究。主要包括 Fe-Ni-Co-Al/WC 复合材料颗粒增强与弥散增强协同强化的组分优化，明确金刚石颗粒-粘接相界面强化机制；基于 Fe-Ni-Co-Al/WC 复合材料制品性能、结构定量化成型工艺，明确不同成型工艺参数对复合材料组织结构和力学性能的影响规律；Fe-Ni-Co-Al/WC 复合材料金刚石高温环境下热损伤控制研究。拟通过材料组分优化设计和高能场快速成型技术解决矿岩类采掘工具在服役过程中合金破碎、耐磨性差等导致的刀具寿命低的问题，在矿岩类采掘工具表面强化与新型高性能合金制备等方面实现产业化应用，预期产值 1500 万元，经济效益增加 800 万元。

核心技术指标：Fe-Ni-Co-Al/WC 超硬复合材料强化层平均硬度 $\geq 1050\text{ HV}$ ，在相同工况条件下，耐磨性在基体材料基础上提升 2 倍及以上，采掘工具强化层冲击韧性不小于 4.5 J/cm^2 ；Fe-Ni-Co-Al/WC 超硬复合材料截齿刀头平均硬度 $\geq 1700\text{ HV}$ ，相同工况下，耐磨性比市场现有硬质合金高 2 倍及以上，冲击韧性 $\geq 5.0\text{ J/cm}^2$ ；Fe-Ni-Co-Al/WC 超硬复合材

料刀片平均硬度 ≥ 1900 HV，比市场现有 PDC 刀片寿命高 1.5 倍，冲击韧性 ≥ 5.5 J/cm²。