

## **“高端功能与智能材料”重点专项 2024 年度项目申报指南**

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“高端功能与智能材料”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2024 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：以国家重大需求为导向，支撑新一代信息技术、智能制造、新能源、现代交通、深海/深空/深地探测等重要领域的发展，补短板与建优势并举，解决高端功能与智能材料的重大基础原理、核心制备技术与工程化应用等关键问题。

2024 年度指南部署坚持问题导向、重点突出的原则，围绕先进能源材料、关键医用与防疫材料、高端分离膜及催化材料、机敏/仿生/超材料、特种及前沿功能材料和材料基因工程应用技术 6 个技术方向，按照基础研究类、共性关键技术类、应用示范类三个类别，拟启动 42 项指南任务，拟安排经费 2.23 亿元。其中，拟部署 21 个青年科学家项目，安排国拨经费 4200 万元，每个项目 200 万元；拟部署中小企业项目 2 项，安排国拨经费 400 万元，每个项目 200 万元。拟部署 14 个部市联动项目（项目名称后有

标注)。应用示范类项目的配套经费与国拨经费比例不低于 2:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。除特殊说明外，每个指南拟支持项目数为 1 项，实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究类项目下设课题不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 5 家；共性关键技术类和应用示范类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 8 家。项目设 1 名项目负责人，项目中每个课题设 1 名课题负责人。

青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，年龄要求应为 1984 年 1 月 1 日后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

中小企业项目要求由科研能力强的“专精特新”中小企业牵头申报。项目下不设课题，项目参与单位原则上不超过 3 家，原则上不再组织预算评估，在验收时将对技术指标完成和成果应用情况进行同步考核。

## **1 先进能源材料**

### **1.1 面向中低温热能高效利用的相变储热材料研究（共性关键技术）**

**研究内容：**针对多品位中低温热能利用对 100-300℃温度区间高稳定性、长寿命、高储能密度的储热材料的迫切需求，研究基于能量-品位匹配的系列相变储热材料储释热特性的协同设计

方法与评价体系；研究相变储热材料微观结构对其热物理性质的影响机理，开发宽温域储热相变材料的定向设计关键技术；研究成分和结构可控的批量化工程性相变材料制备技术与循环寿命提升机制；研究相变材料热物理性质、多层次传热强化结构与高效热量传递之间的构效关系，开发高储能密度和高功率密度的相变储热装置优化设计关键技术；开展中低温热能利用储热主动调控系统的应用示范。

**考核指标：**研制 3 种以上储热相变材料，其储热温度区间覆盖 100-300℃，导热系数  $> 5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，相变焓  $> 200 \text{ kJ/kg}$ ，300 次相变热循环后储热性能衰减率  $< 15\%$ ；储能装置储热密度  $> 90 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ ，储热功率密度  $> 50 \text{ kW}/\text{m}^3$ ；储热调控技术应用示范不少于 2 套，单套容量不小于 200 MWh。

**关键词：**中低温热能，相变储热材料，长循环寿命

## **1.2 新能源汽车用高速驱动电机高性能软磁新材料及其关键加工技术（共性关键技术，定向，部市联动）**

**研究内容：**针对新能源汽车高速驱动电机对新型铁芯软磁材料的迫切需求，开展新型非晶软磁合金的数智优化设计，发展具有优异软磁性能、高玻璃形成能力和优异力学性能的非晶合金新材料；解析成分、熔体、制备工艺和微观结构等对软磁性能的影响机制，探索调控软磁性能的新方法；研究降低材料硬度的新方法，发展铁芯软磁材料的高效关键加工技术，研究软磁材料加工

过程中的变形行为和剪切带-裂纹的演化规律；探究铁芯中残余应力与弛豫单元的相互作用，提出消除应力的精准退火技术；研究高速电机铁芯性能劣化机理，设计优化铁芯结构，研发低损耗高速驱动电机，并开展应用验证。

**考核指标：**研制出新型软磁合金，饱和磁密  $B_s \geq 1.75\text{T}$ ，条带宽度  $\geq 200\text{mm}$ ，弯曲断裂直径  $\leq 1\text{mm}$ ，硬度  $H_v \leq 8\text{GPa}$ ；铁芯加工精度  $\leq 5\mu\text{m}$ ，加工速度  $\geq 100\text{SPM}$ ；铁芯损耗  $P_{1.0\text{T}/1\text{kHz}} \leq 7\text{W/kg}$ ， $P_{1.0\text{T}/2\text{kHz}} \leq 17\text{W/kg}$ ， $P_{1.0\text{T}/3\text{kHz}} \leq 28\text{W/kg}$ ；峰值功率  $\geq 350\text{kW}$ ，峰值转速  $\geq 20000\text{rpm}$ ，电机最高效率  $\geq 98\%$ ，单电机扭矩密度  $\geq 14.5\text{Nm/kg}$ ，功率密度  $\geq 10\text{kW/kg}$ 。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**软磁材料，低损耗，高饱和磁感，电机

### **1.3 中低温高效率长寿命热电器件制备与系统集成关键技术（共性关键技术，定向，部市联动）**

**研究内容：**面向工业领域节能减排、深远海水下监测和大功率动力平台等对中低温热电器件的迫切需求，发展适合工程化应用的几类典型碲化物热电材料综合性能优化策略，开发粒径级配和热等静压后处理等批量稳定制备新技术；建立压紧式和焊接式两类热电器件的异质界面构筑与调控方法，研究器件在模拟工况条件下的使役行为，构建中低温热电器件长效服役与延寿策略；提出面向多场景的热电发电系统模块化集成方案，开展系统应用

验证。

**考核指标：**实现碲化物热电材料单次 10 公斤级稳定制备，300-800K 温区内平均 ZT 值 $\geq 1.7$ ，批次间偏差 $\leq 5\%$ ；压紧式热电器件转换效率 $\geq 10\%$ ，输出功率密度 $\geq 4\text{kW/m}^2$ ；焊接式热电器件转换效率 $\geq 16\%$ ，输出功率密度 $\geq 8\text{kW/m}^2$ ；器件性能年衰减率 $\leq 2\%$ ；面向工业蒸汽输运管网监测以及水下装置核热（衰变/裂变）温差发电等多任务应用，研制瓦级、百瓦级和 30 千瓦电源系统各一套。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**中低温热电发电，碲化物热电材料，高效率热电器件，模块化热电系统

#### **1.4 高效光伏电池用低成本金属化材料关键技术开发及应用示范（应用示范，定向，部市联动）**

**研究内容：**针对高效光伏电池金属化电极材料成本高及所用稀有元素储量有限的问题，开展高效光伏电池用低成本金属化材料研发及产业化应用研究。设计高性能少铟透明电极及少银金属电极材料，研究界面调控及其导电机理；研发高透光率、高导电率和高稳定性透明导电薄膜替代材料、低银含量浆料及电极沉积、细线宽电化学铜电极生长等关键技术；研制基于非贵金属电极的高效光伏电池及组件，构建光伏电池组件产线，开展示范应用。

**考核指标：**70%铟替代下，100 nm 少铟透明电极方阻 $<70\ \Omega/\text{sq}$ ；80%银替代，包覆完整性 100%浆料技术；100%银替代的电镀铜技术，接触电阻 $\leq 0.5\ \text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，体电阻率 $\leq 2.2\ \mu\Omega\cdot\text{cm}$ ；基于70%铟替代和80%银替代电极的晶硅电池实验室效率 $\geq 27\%$ （面积 $\geq 4\text{cm}^2$ ），量产电池效率 $\geq 26\%$ （面积 $\geq 210\text{mm}\times 105\text{mm}$ ），电池非硅成本 $\leq 0.3$  元/瓦；组件转换效率 $\geq 24\%$ ，并通过 IEC61215 组件测试；建立年产 $\geq 500\text{MW}$  光伏电池组件示范线。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**少铟透明导电膜，少银金属电极材料，高效光伏电池及组件

### **1.5 高暂态电流构网型光储变流器关键材料与集成应用（应用示范，定向，部市联动）**

**研究内容：**针对新能源电源高比例消纳对构网型变流器的迫切需求，研发用于高暂态电流构网型光储变流器的关键材料与集成技术。基于大尺寸、高一致性、低缺陷 SiC 材料，研制低比电阻、高瞬态电流的功率半导体器件；开发高饱和磁密、低损耗的高性能磁芯材料，研究雾化制粉、绝缘包覆、磁芯压制等制备工艺对饱和磁密和损耗的影响规律；研发适应高暂态电流场景的电芯材料，研究提高电芯安全性和循环稳定性的制备工艺；研究光储变流器功率器件暂态结温控制、系统暂态电流耐受提升、构网型主动支撑等关键技术，研发高暂态电流材料的光储变流器集成

应用技术，建设构网型光储电站，开展示范应用。

**考核指标：**SiC 功率器件基底表面致命形貌缺陷密度 $\leq 0.3$  个/cm<sup>2</sup>，比导通电阻 $\leq 3.3\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ；磁芯磁导率 $\geq 60$ ，直流偏置 $\geq 65\%\text{@}100\text{Oe}$ ，损耗 $\leq 120\text{mW}/\text{cm}^3\text{@}50\text{kHz}/100\text{mT}$ ，饱和磁感应强度 $\geq 1.2\text{T}$ ；电芯隔膜孔隙率控制在 40-60%，190°C下保温 1h 的直径收缩率 $\leq 3\%$ ，离子电导率 $\geq 0.8\text{mS}/\text{cm}$ ，电芯循环 $\geq 15000$  次；构网型光储变流器抗 3 倍暂态电流持续时间 $\geq 10\text{s}$ ，网侧阻抗短路比 $\geq 1.1$  时不脱网，整机效率 $\geq 99\%$ ；实现构网型电站示范应用不少于 1 项。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**SiC 功率器件，磁芯材料，电芯材料，构网型光储变流器

## **1.6 大形变弹性磁电功能材料与压力传感阵列关键技术 (共性关键技术，定向，部市联动)**

**研究内容：**面向智慧康养及人机交互等新兴领域对弹性压力传感阵列的应用需求，探究磁性弹性体中磁掺杂、磁取向及结构设计对其力学性能的影响规律，研究高回复性磁性弹性体设计制备新方法；研发高稳定弹性电极及其图案化技术；研究弹性铁电材料力学与介电性能的平衡调控方法，研发高介电常数弹性铁电材料；研究弹性压力传感阵列微结构设计、异质集成、弹性布封装与大面积校准技术，研制弹性压力传感阵列，在智慧康养等压

力分布监测应用需求开展示范应用。

**考核指标：**磁性弹性体的模量 $\leq 100$  MPa，回复率 $\geq 99\%$ ；弹性电极材料在拉伸 100%条件下，电阻变化 $\leq 5\%$ ，疲劳 $\geq 100$  万次；弹性铁电材料的介电常数 $\geq 100$ ，介电损耗因子 $\leq 0.1$ ，在 100%拉伸应变下弹性回复 $\geq 90\%$ ；布基弹性压力传感阵列总体面积 $\geq 1\text{m}^2$ ，单元数 $\geq 1500$  个，压力探测精度 $\leq 5\%$ ，单元一致性 $\geq 90\%$ ，在智慧康养等领域开展示范应用不少于 1 项。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**磁性弹性体，弹性铁电材料，弹性压力传感阵列，高一致性

### 1.7 新型 MOFs 基智能固体电解质材料及全固态薄膜钾电池（青年科学家）

**研究内容：**针对全固态薄膜钾电池固体电解质体积变化大等诸多挑战，构建用于快速筛选和开发可传导钾离子的金属-有机框架化合物（MOFs）新材料的机器学习模型，研究 MOFs 智能固体电解质材料的制备方法和性能调控规律，揭示钾离子在 MOFs 基固体电解质和电极材料中的传输行为，开发分子尺度薄膜厚度和成分精准调控的全固态薄膜钾电池制造技术，建立适用于全固态薄膜钾电池的 2.5D 封装方法并制备集成电路级功能器件。

**考核指标：**固体电解质材料单次充放电时体积变化率 $< 1\%$ ，100 次循环后体积变化率 $< 2\%$ ；全固态电池 100 次循环后体积变



化率 < 5%；固体电解质薄膜厚度误差在 $\pm 5$  nm 范围内；固体电解质的离子电导率 > 0.1 mS/cm；全固态电池循环 100 次后的容量保持率 > 85%；封装层结合力 > 1 N/cm，几何必须位错密度 <  $3 \times 10^{30}$  m<sup>-2</sup>；器件在经历 100 次冷热循环（-50 °C ~ 50 °C）后菊花链测试结构的电阻变化 < 1~5%。

**关键词：**全固态薄膜钾电池，MOFs 固体电解质，体积变化率，钾离子传输

### **1.8 高性能快充型锂离子电池关键材料与技术（青年科学家）**

**研究内容：**针对动力锂离子电池对快速充电和高安全性的迫切需求，开发高性能快充型锂离子电池关键材料；设计并制备具有高载流子传输速率的电极材料，探明离子快速扩散过程对电极材料结构稳定性的影响规律；解析并优化锂离子溶剂化结构，提高电解液的离子传输速率和电极界面稳定性；通过电极结构设计和电池结构优化，开发高安全、可快速充电的锂离子电池技术。

**考核指标：**负极材料比容量 $\geq 450$  mAh/g，首次库伦效率 $\geq 90\%$ ；正极材料比容量 $\geq 210$  mAh/g，首次库伦效率 $\geq 90\%$ ；研制的电池单体能量密度 $\geq 260$  Wh/kg，25°C/10C 倍率充放电 1000 次容量保持率 $\geq 80\%$ ；-40°C/3C 倍率充电容量保持率不少于 25°C/1C 倍率充电容量的 70%；10 Ah 以上单体安全性能达到国标要求。

**关键词：**电极材料，快充型锂离子电池，动力电池

### **1.9 卤化物基高比能宽温域全固态电池关键材料（青年科学家，定向，部市联动）**

**研究内容：**面向高比能、宽温域动力电池的发展需求，开展卤化物基全固态电池核心关键材料与技术研究。研究高离子传导、高环境稳定性、低成本、宽电化学窗口卤化物固态电解质材料，实现电解质材料在高电位下长期稳定使用；研制高比能、宽温域卤化物基全固态电池单体电池，形成具有自主知识产权的卤化物基关键材料及全固态电池核心技术。

**考核指标：**固态电解质室温离子电导率 $\geq 5\text{mS/cm}$ ，耐氧化能力 $\geq 5.0\text{V}$ ，在 $-40^\circ\text{C}$ 露点下 24 小时离子导保持率 $\geq 80\%$ ；可连续成膜，厚度 $\leq 30\mu\text{m}$ 且面电阻 $\leq 20\Omega/\text{cm}^2$ ；匹配电化学平台 $\geq 4.8\text{V vs Li}^+/\text{Li}$ 正极材料，实现比容量 $\geq 150\text{mAh/g}$ ，循环 500 次后保持率 $\geq 80\%$ ；全固态单体电池，容量 $\geq 5\text{Ah}$ ，能量密度 $\geq 800\text{Wh/L}$ ，在 $-40\sim 100^\circ\text{C}$ 范围内正常工作。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**卤化物固态电解质，全固态电池，离子传导

### **1.10 废弃纤维碳化与柔性储能应用（青年科学家）**

**研究内容：**面向废旧纤维纺制品高效回收利用的迫切发展需要，通过废弃纤维碳化制备新型电极材料以构建柔性锂二次电池。重点揭示废弃纤维仿制品转变为新型电极材料的碳化机制；建立高性能碳基电极材料的构筑路线和柔性电极微结构的有效

调控方法；研究柔性锂二次电池的关键技术，开发高能量密度、长寿命和低成本的新型锂二次电池。

**考核指标：**公斤级废弃纤维碳化产率 $\geq 20\%$ ；复合负极的比容量 $> 1100\text{mAh/g}$ ，复合正极的比容量 $> 550\text{mAh/g}$ ，组装柔性锂二次电池后的全电池能量密度 $> 200\text{Wh/kg}$ ，循环 500 次后容量保持率 $> 80\%$ ，经 1000 次弯折后不起火、不泄露、可稳定充放电。

**关键词：**废弃纤维，碳基电极材料，柔性锂二次电池

## 2 关键医用与防疫材料

### 2.1 组织微环境响应的药物载体材料及关键技术（共性关键技术）

**研究内容：**面对感染、炎症、肿瘤等疾病治疗中对组织微环境响应药物载体材料的重大需求，研究氧化还原、酸性微环境响应的高分子和脂质材料，发展响应性药物载体；发展响应性药物载体的微流控、限域组装等可控制备技术；研究正常与病灶组织微环境下药物载体性能的调控，建立载体材料化学结构与药物递送效率、治疗效果等的构效关系；研究载体材料规模化制备技术；开发基于上述载体材料的治疗产品，进行安全性和临床前药效评价。

**考核指标：**获得 3~5 种氧化还原、酸性微环境响应的高分子、脂质等关键材料，其中高分子材料分子量分布小于 1.3；氧化还原响应材料在 5.0~50.0 mM 谷胱甘肽条件下降解 50% 时间 $< 60$

min; 酸性微环境响应材料响应范围在 pH 5.5~7.0 可调; 两种及以上病灶组织微环境响应材料单批次合成规模 1.0 公斤以上; 建立 2 种以上药物输送载体规模化制备技术; 形成至少 1 种辅料备案资料, 完成临床前研究并进入开展研究者发起临床研究。

**关键词:** 药物载体材料, 组织微环境响应材料, 高分子载体, 脂质体材料

## 2.2 增材制造锆钛合金膝关节假体材料及表面功能化改性关键技术 (共性关键技术)

**研究内容:** 针对膝关节假体失效的关键问题, 研究 3D 打印锆钛合金膝关节假体材料及表面功能化关键技术。在材料表面原位制备高结合强度、高硬度和耐磨的氧化陶瓷膜, 提高假体摩擦界面的耐磨性; 在材料表面构建促骨长入的分区骨小梁多孔结构, 增强假体生物固定界面的骨整合性; 解析国人膝关节解剖数据, 开发与之匹配的双功能界面一体化全膝和单间室膝关节假体; 开展生物相容性和力学适配性验证, 以及耐磨和骨整合性有效性评价。

**考核指标:** 3D 打印锆钛合金材料及假体的生物相容性满足 GB/T16886 标准, 抗拉强度 $\geq 450$  MPa、屈服强度 $\geq 310$  MPa、延伸率 $\geq 15\%$ ; 固定界面分区多孔结构的抗压强度 $\geq 20$  MPa、弹性模量 $\leq 20$  GPa, 孔隙率 $\geq 60\%$ , 孔径 500-750  $\mu\text{m}$ ; 摩擦界面陶瓷膜厚度 $\geq 5$   $\mu\text{m}$ , 硬度 $\geq 1000$  HV/0.05, 膜失效临界载荷 LC2 $\geq 20$  N; 聚乙烯

衬垫磨损率低于 8.0 mg/MC ( 500 万次循环磨损实验 )。

**关键词：**膝关节假体，锆铌合金，增材制造，耐磨涂层

### **2.3 高分子 mRNA 递送载体研究（青年科学家）**

**研究内容：**针对现有脂质分子材料为基础的 mRNA 载体系统的稳定性差、肝累积等问题，研究以聚氨基酸、聚噁唑啉、聚乳酸等生物安全性好的高分子材料为骨架的 mRNA 递送载体材料及系统。研究上述载体材料的组合化学和高通量合成方法；研究高转染效率、高稳定性、高器官选择性的高分子 mRNA 递送材料及载体的人工智能辅助设计技术及高通量筛选技术；研究 mRNA 高分子载体在重大疾病上的治疗效果，阐明其机理，进行安全性评价。

**考核指标：**获得 $\geq 200$  种基于聚氨基酸、聚噁唑啉、聚乳酸的 mRNA 高分子递送载体材料，载体高分子材料分散度 $\leq 1.5$ ；筛选出 10 种以上体外高效转染上皮细胞、免疫细胞等的载体材料，其中 3 种以上载体材料对肝、脾、肺等主要器官具有 mRNA 转染选择性；开发至少 1 类基于高分子载体材料的 mRNA 转染试剂盒；完成 2 种以上动物水平疾病模型的治疗功效评估。

**关键词：**高分子材料，mRNA 递送，器官选择性

### **2.4 促组织损伤修复的天然多糖基杂化水凝胶功能材料研究（青年科学家）**

**研究内容：**针对难愈性、感染性、创伤性组织损伤修复治疗

难题，研究基于纤维素、壳聚糖、海藻酸、透明质酸等多糖基大分子与低维无机材料、功能生物大分子杂化的可注射、可塑、可纺生物活性细胞外基质；研究杂化水凝胶组织工程支架，发展规范化制备和细胞宏量增殖技术、类器官培养技术，构建近生理性、人源性组织修复评价体系。

**考核指标：**获得 2-4 种多糖类可加工生物活性高分子细胞外基质，在 32~37 °C、pH 6.8~7.5 条件下材料稳定 30 天，湿粘接强度>30 kPa；基于杂化水凝胶的肝脏、心脏、肺脏类器官培养体系的细胞存活率>80%，存活时间>30 天；基于杂化水凝胶的生物反应器可实现上述细胞的扩增，每批获得不少于  $10^8$  个细胞；完成不少于 3 种基于杂化水凝胶收获的细胞在动物水平的功能评价。

**关键词：**多糖基杂化水凝胶，类器官，生物反应器，宏量细胞制备

## **2.5 低成本医用钛合金超细粉的高效制备及精密注射成形技术（应用示范，定向，部市联动）**

**研究内容：**面向医用植介入物产业发展的重大需求，针对目前机加工和 3D 打印制备钛合金植介入物效率低、成本高的问题，研发基于氢破粉制备及注射成形的成套技术；研究氢破工艺对钛合金粉末形貌、粒度、比表面积的影响，获得适合注射成形的粉体；研究注射成形时粘结剂配方及工艺对喂料流变特性的影响，获得高一致性的坯料；研究脱脂过程中坯料的脱胶脱氧行为；研

究烧结条件对复杂外形坯料的收缩特性以及晶粒尺寸的影响，获得高致密烧结产品；研究注射成形钛合金的力学性能和生物相容性，开发植介入物产品，开展生物安全性评估。

**考核指标：**氢破粉粒度  $D_{90} \leq 15 \mu\text{m}$ 、碳含量  $\leq 0.03\%$ ，氧含量  $\leq 0.1\%$ ；烧结后致密度  $\geq 98.5\%$ 、收缩比一致性  $\geq 98\%$ 、尺寸精度相对误差范围在  $\pm 0.3\%$  之内、最大晶粒尺寸  $\leq 20 \mu\text{m}$ ；钛合金屈服强度  $\geq 850 \text{ MPa}$ 、抗拉强度  $\geq 900 \text{ MPa}$ 、延伸率  $\geq 12\%$ 、弹性模量  $105 \sim 115 \text{ GPa}$ 、疲劳强度  $\geq 720 \text{ MPa}$  ( $R=0.1$ ,  $N=10^7$ )；完成  $\geq 3$  种植介入用注射成形钛合金器件的生物安全性评价。形成年产  $\geq 1000$  吨的超细钛合金粉生产线，超细粉生产装置产值  $\geq 5000$  万元，建成一条年产 200 万件以上医用钛合金产线。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**医用钛合金，植介入物，超细粉，精密注射成形技术

## **2.6 基于人工智能的掺杂型磁共振探针材料设计及其医学影像分析技术研究（青年科学家，部市联动）**

**研究内容：**针对铁基磁共振探针材料灵敏度低、成像对比度不足等问题，发展基于 AI 辅助的掺杂型铁基磁共振探针材料设计与效能评估方法。研究生成模型的逆向设计方法，探索不同金属元素掺杂材料物化特性与成像性能关联机制；探索基于在线和持续学习的可解释性和泛化性增强技术，研究探针在分子、细胞、

动物等不同疾病模型中的成像性能与材料效能评价模型。

**考核指标：**研制 2-3 种铁基磁共振性能增强造影剂，其中  $T_1$  性能中  $r_1 > 8 \text{ mM}^{-1}\text{s}^{-1}$ ， $r_2/r_1 < 4$ ， $T_2$  性能中  $r_2 > 200 \text{ mM}^{-1}\text{s}^{-1}$ ， $r_2/r_1 > 50$ ；构建探针材料成像数据库，样本量 $\geq 5000$ 例；设计组分筛选模型 1 套，准确率 $\geq 95\%$ ；设计探针材料多维（分子、细胞、动物层面）性能评价模型 1 套，准确率 $\geq 94\%$ ；模型虚拟实验与实际测试结果的误差不超过 5%；在引入 10%的新数据和新环境后，算法的性能下降不超过 5%。

**有关说明：**宁波部市联动任务

**关键词：**铁基磁共振探针材料，纳米生物材料，深度生成模型，医学影像分析

## 2.7 基于肿瘤细胞核/核仁快速成像的荧光探针材料与临床术中病理诊断技术（青年科学家）

**研究内容：**针对肿瘤病理诊断快速精准判断的需求，研发基于细胞核/核仁形态为判据的肿瘤组织快速病理诊断新材料和新技术。研制组合荧光探针及其试剂盒，发展恶性肿瘤病理组织快速染色方法，研究细胞浆、细胞核、细胞核仁的选择性成像性能，建立临床肿瘤病理学荧光图谱数据库。

**考核指标：**获得 2 种以上快速精准染色常见癌症细胞核与核仁的组合荧光探针材料，荧光量子产率 $>70\%$ ；建立以细胞核-细胞核仁异形为判据的诊断新技术，用于快速病理检测的用时 $<30$



分钟，诊断准确率>95%；建立临床肿瘤病理学荧光图谱数据库。

**关键词：**荧光探针材料，病理诊断技术，快速成像技术

### **3 高端分离膜与催化材料**

#### **3.1 氨燃料动力供给系统关键催化材料（共性关键技术）**

**研究内容：**针对零碳农机装备对氨燃料动力供给系统关键材料的应用需求，开展低温高效氨分解制氢关键材料及一体化氨分解部件研究，开发合金催化材料设计与制备方法，研究合金催化材料与高热导率多孔载体的复合方法及氨分解机制，研制低温高效氨燃料供给系统，建立氨分解催化剂综合性能评价体系，进行零碳动力燃料供给系统的装机应用试验。

**考核指标：**研制出 2 种以上低温高效氨分解催化材料，催化剂贵金属含量 $\leq 1.5\text{wt}\%$ ；在反应器内径 $\geq 25\text{ mm}$ ，工作温度 $\leq 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，空速 $\geq 1000\text{ h}^{-1}$ 时氨转化效率 $\geq 99.5\%$ ；在 500 h 连续测试过程中催化剂活性平均衰减速率 $\leq 1\%/100\text{ h}$ ；形成技术验证样机 1 台，纳米合金/载体复合催化剂活化后震荡脱落率小于  $1.5\text{ wt}\%$ （100 h 震荡测试），氨燃料供给系统尾气排放满足国六标准。

**关键词：**催化材料，氨分解，制氢，催化剂

#### **3.2 高装填密度多功能膜的关键技术（青年科学家）**

**研究内容：**面向海水淡化预处理的应用需求，研制高装填密度多功能膜材料。研究吸附、催化、压电等功能与膜分离的耦合规律，开发陶瓷膜的分层功能设计及一体化精密构筑关键技术；

研究多污染物与膜表面的互作规律，建立主动-被动双重抗污染表面的设计与构筑方法；揭示陶瓷膜孔道中微污染物分子的传递与转化机制，并在海水净化处理中开展验证性试验。

**考核指标:** 研制多功能膜材料 3 种以上，膜组件装填密度 $\geq 400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ；用于海水处理时，多功能膜的产水通量 $\geq 300 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，产水  $\text{SDI}_{15} < 2.5$ ，运行稳定性 $> 1000 \text{ h}$ 。

**关键词:** 海水淡化，陶瓷膜，多功能，水处理

### 3.3 气体响应性超润湿膜材料的关键技术（青年科学家）

**研究内容:** 针对乳化废水处理的应用需求，研究  $\text{CO}_2$  响应性膜材料设计合成方法，开发  $\text{CO}_2$  响应性超润湿膜精密构筑关键技术，研究  $\text{CO}_2$  气体刺激下水、油分子在膜通道内传递机制及其主动调控方法，考察  $\text{CO}_2$  响应性超润湿膜的油水乳液分离性能，开发  $\text{CO}_2$  响应性超润湿膜产品及相关膜组件并开展验证性试验。

**考核指标:** 研制出 2 种以上具有自主知识产权的  $\text{CO}_2$  响应性乳液分离膜，开发出幅宽大于 1 m 的膜产品， $\text{CO}_2$  响应时间小于 10 min，膜通量 $\geq 1000 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，对粒径为 20 nm 的油水乳液分离效率 $\geq 99.5\%$ ，透过液中乳液含量 $\leq 3 \text{ ppm}$ 。膜组件用于原油乳化废水的操作压力 $\leq 0.2 \text{ MPa}$ ，运行时间 $\geq 500$  小时，膜性能衰减 $\leq 10\%$ ，通量恢复率 $\geq 98\%$ ，透过液中含油量 $\leq 5 \text{ ppm}$ 。

**关键词:** 超润湿膜材料，气体响应，油水分离

### 3.4 柴油脱芳烃用规则孔道超薄分离膜关键技术（青年科学家）

**研究内容：**针对柴油高值化与清洁化利用的需求，研制柴油脱芳烃用规则孔道超薄分离膜。研究膜材料设计合成方法，开发规整孔道精密构筑与孔道界面性质调控关键技术，揭示分离性能与膜微观结构之间的构效关系，探索柴油中芳烃与烷烃竞争性传递机制，开展规整孔道柴油脱芳烃超薄膜的验证性试验。

**考核指标：**研制出 2 种以上柴油脱芳烃用规则孔道超薄分离膜，膜层厚度  $< 100\text{ nm}$ ，甲苯通量  $\geq 20\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，对于进料浓度甲苯与烷烃各 50% 的模拟体系，甲苯与烷烃的分离因子  $\geq 10$ ，膜截留分子量  $\leq 400\text{ Da}$ ，承受压力  $\geq 40\text{ bar}$ ；对于直馏柴油体系，纯化产物中芳烃含量  $\geq 95\%$ ，膜性能考核时间  $\geq 150\text{ h}$ 。

**关键词：**规整孔道，超薄分离膜，柴油脱芳烃

### 3.5 稀有金属离子分离膜材料的关键技术（青年科学家）

**研究内容：**针对稀有金属中铯与锶、镧、锆等分离难的问题，建立铯离子优先透过的膜通道构筑策略，研究膜通道内的稀有金属离子亲和位点的特征参数与调控方法，厘清稀有金属离子在通道中的传递路径与差异化传输机制，进行稀有金属离子分离膜材料的验证性试验。

**考核指标：**开发出铯离子优先透过分离膜，其铯/锶分离系数  $\geq 500$ ，铯/镧分离系数  $\geq 1500$ ，铯/锆分离系数  $\geq 5000$ ，铯离子通量

$\geq 2 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ，离子分离膜材料稳定运行时间 $>1000\text{h}$ 。

**关键词：**离子分离膜，稀有金属，金属离子分离

#### **4 机敏仿生超材料**

##### **4.1 具有仿生拓扑结构的减振降噪压电智能复合材料及应用（共性关键技术）**

**研究内容：**针对航空、轨道交通、大型船舶装备结构低宽频强振动噪声抑制难的问题，开展具有仿生拓扑结构的低频减振降噪压电复合材料及智能集成技术研究：开展大面积高柔性连续压电纤维制备技术研究，揭示柔性压电纤维织物对强振动噪声能量自主感应、采集与转化机制；以海底鱼类骨骼结构为模板开展低宽频强振动冲击能吸收耗散仿生技术研究，构建复合材料拓扑结构，形成稳定的柔性连续压电增效阻尼复合材料的制造技术；开发典型减振降噪复合材料构件，在大飞机、高铁和大型船舶中进行抑振消声应用验证。

**考核指标：**减振降噪与能量采集一体化压电纤维织物阻尼复合材料最大损耗因子 $\geq 1.0$ ，100-4000 Hz 平均吸声系数 $\geq 0.75$ ，4000-10000 Hz 平均吸声系数 $\geq 0.85$ ，压电复合材料在 1g 和 0.5g 加速度的外界振源激励下输出功率分别 $\geq 20 \mu\text{W}$  和 $\geq 10 \mu\text{W}$ 。基于该类复合材料的典型构件：应用于大型船舶，在 100-3150 Hz 范围内平均隔声量 $\geq 30 \text{ dB}$ ；应用于大飞机，在 100-4000 Hz 范围内平均隔声量 $\geq 35 \text{ dB}$ ；应用于轨道交通，在 50-200 Hz 范围内平均

振动衰减 $\geq 15$  dB。

**关键词：**压电纤维，仿生结构，阻尼材料

#### **4.2 多光谱敏感的异质异构红外材料大尺寸制备技术及应用（共性关键技术，定向，部市联动）**

**研究内容：**面向复杂环境下多品类危化气体的共时、高灵敏度成像监测的重大需求，研究二类超晶格微带调控机制，开发大尺寸、宽光谱红外敏感的二类超晶格材料；研究与二类超晶格材料力、热、光学性能适配的红外硫系玻璃的组分调控策略，开发超晶格/硫系玻璃异质集成技术；探索硫系玻璃超构表面的红外宽光谱颜色路由机理，实现基于异质异构材料的单芯片多波段共时智能成像；研制气体成像监测整机，实现对多品类危化气体共时监测的应用验证。

**考核指标：**获得 3~12  $\mu\text{m}$  波段内分别对中波和长波红外敏感的超晶格/硫系玻璃异质集成材料 $\geq 2$  种，单片尺寸 $\geq 3$  英寸，异质材料热膨胀系数差 $< 1.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ；获得单片探测器阵列规模 $\geq 640 \times 512$ ，实现片上智能可调控的多波段红外成像，波段数 $\geq 3$ ，单个波段带宽 $\leq 500$  nm；实现单芯片对 $\geq 3$  种危化气体的红外光谱共时成像，响应度 $\geq 2$  A/W，并开展应用验证。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**二类超晶格，硫系玻璃，异质异构集成，多品类共时红外气体成像

### 4.3 柔性多模态传感材料与智能识别应用（青年科学家）

**研究内容：**面向人工智能时代对柔性传感材料与器件智能化、多模态化、微型化、集成化的需求，发展智能识别材料及系统：设计制备具有高灵敏性、选择性、稳定性的触觉、光电和化学传感等多模态传感特性的复合传感材料；构建具有高密度与高时空分辨率的柔性多模态传感阵列；发展智能识别新机理与多模态协同新机制，建立起“物质信号特征-感知信号特征-识别机制特征”的深度联系和理论模型。

**考核指标：**多模态传感阵列空间分辨率 $\leq 500\ \mu\text{m}$ ，时间分辨率 $\leq 100\ \text{ms}$ 。应变传感材料单元应变检测范围 0.001%-35%，检测范围内应变灵敏度系数 $\geq 500$ ；温度传感材料单元检测精度 $\leq 0.05\ ^\circ\text{C}$ ；压力传感材料单元检测精度 $\leq 0.01\ \text{Pa}$ ，灵敏度 $\geq 1500\ \text{kPa}^{-1}$ 。对 10 种以上金属、10 种以上高分子以及 10 种以上陶瓷物质的识别准确率分别 $\geq 98\%$ ，识别时间 $\leq 5\ \text{s}$ ；对 50 种以上包含不同材质、形状、粗糙度和软硬度的物体的识别准确率 $\geq 98\%$ ，识别时间 $\leq 5\ \text{s}$ 。

**关键词：**柔性传感，多模态，物质识别

### 4.4 光子芯片用红外透明导电材料及关键器件（青年科学家）

**研究内容：**针对人工智能时代数据信息超大规模传输、存储及运算处理等技术对大算力、低功耗、超高集成度光子芯片的重大需求，开展材料红外透明导电协同调控机理、红外透明导电材

料筛选及设计的人工智能算法、高性能红外光调制器逆向设计及其制备技术、红外光调制器工作机理等研究，建立基于人工智能算法的不同波段红外透明导电材料数据库模型，优化近红外-中远红外多波段光调制器结构设计，搭建基于红外透明导电材料的光调制器，研制光子芯片原理样件并进行应用验证。

**考核指标：**近红外（0.8-2  $\mu\text{m}$ ）透明导电材料平均透过率 $\geq 80\%$ 、等离子体波长 $\geq 2 \mu\text{m}$ 、等离子体波长可调至 1-2  $\mu\text{m}$ ；中红外（3-5  $\mu\text{m}$ ）透明导电材料平均透过率 $\geq 65\%$ 、等离子体波长 $\geq 5 \mu\text{m}$ 、等离子体波长可调至 3-5  $\mu\text{m}$ ；远红外（8-14 $\mu\text{m}$ ）透明导电材料平均透过率 $\geq 60\%$ 、等离子体波长 $\geq 14 \mu\text{m}$ 、等离子体波长可调至 8-14 $\mu\text{m}$ 。红外光调制器工作波段可覆盖近红外-远红外波段（1-14  $\mu\text{m}$ ），工作波段中心波长消光比 $\geq 25 \text{ dB}$ ，插入损耗 $\leq 1.5 \text{ dB}$ ，响应时间上升沿 $\leq 2 \mu\text{s}$ 、下降沿 $\leq 2 \mu\text{s}$ ，半波电压长度积 $\leq 0.1 \text{ V}\cdot\text{cm}$ 。

**关键词：**红外透明，导电玻璃，光调制器

#### **4.5 基于量子电导异质结材料的可重构神经元器件研究（青年科学家，定向，部市联动）**

**研究内容：**面向人工智能芯片和人形机器人等领域对功能可重构神经元器件的需求，研制基于量子电导异质结材料的神经元器件，研究异质结材料的组分、微结构及外加物理场对量子电导效应的调控规律，发展宽范围、高精度、低功耗调控量子电导态的方法，对神经元学习、记忆、判断、编码等功能进行可重构模

仿，在多任务处理方面实现应用验证。

**考核指标：**研制 $\geq 3$ 种量子电导异质结材料，建立1套量子电导态调控方法，调控范围 $\geq 10^{-7} \sim 20 G_0$ ，精度优于 $0.05 G_0$ ，最低功耗 $\leq 10$  fJ；模仿神经可塑性，记忆态数目 $\geq 128$ ，保持时间 $\geq 10^3$  s；模仿神经阈值判断，响应时间 $\leq 100$  ns；模仿神经脉冲频率编码，模式 $\geq 3$ 种；在目标感知、识别等场景实现应用验证。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**量子电导异质结材料，量子电导态调控，仿生神经元，功能可重构

#### 4.6 原子级序构高次谐波辐射材料（青年科学家）

**研究内容：**针对紧凑型桌面式先进极紫外光源需求，研究原子级序构低维量子材料的层间耦合或表面耦合谐波辐射增强效应，探索拓宽原子级序构低维量子材料产生高次谐波辐射的能量范围的方法，发展通过原子级精密调控增强高次谐波截止能量和转换效率的关键技术。

**考核指标：**高次谐波光子能量 $> 200$  eV（理论）/ $> 50$  eV（实验）；高次谐波强度相较现有方案提升1~2个数量级；满足以上指标的原子级序构高次谐波辐射材料3种以上。

**关键词：**原子序构，高次谐波辐射，先进光源



## 5 特种及前沿功能材料

### 5.1 用于高压输电导线自降温增容涂料技术的研发（共性关键技术）

**研究内容：**针对户外服役的高压输电导线等电力设备因热量聚集造成的电力限容、热管理成本高等问题，开发基于被动辐射降温原理的高电压输电导线自降温涂层材料。设计适用于高压导线特殊曲面结构的高散射效率、热发射性能微结构；研发功能性弹性体和金属氧化物降温涂层材料，优化降温效果、耐久性和环境适应性；研发降温材料吨级生产制备技术和相适应的自动涂覆工艺；在不同服役场景开展现场降温测试，评估理论增容量和不同场景高压导线的自降温特性。

**考核指标：**开发出不少于 2 种适应高压导线的多角度曲面的新型微结构，0.3-2.5  $\mu\text{m}$  可见光和近红外波段区间反射率 $>80\%$ ，大气辐射窗口（8-13  $\mu\text{m}$ ）波段发射率 $>90\%$ ；降温涂层实现日间降温幅度 $>10\%$ ，冷却功率 $>150\text{ W/m}^2$ ，材料粘合力 $>3\times 10^4\text{ N/m}^2$ ，紫外老化耐受 $\geq 2000$  小时且无变色/龟裂现象，阻燃性能达 FV-0 级，表面水接触角测试 $>120$  度，形成涂料年产吨级规模能力，完成高电压输电导线的连续化自动涂覆。在 3 种以上典型服役场景，累计 6 条以上的高电压输电导线上开展现场降温测试，平均理论增容能力 $>10\%$ 。

**关键词：**高分子复合材料，降温涂层材料，高电压输电导线，

自动化涂覆

## **5.2 人体动能系统健康监测与智能干预用柔性纤维及其制品研发（基础研究）**

**研究内容：**针对人体动能系统力、热行为特征的精准监测与调控的需求，开发多材料纤维宏量拉丝技术；研制高容量纤维电池，建立具有高安全和长寿命特性的供能器件；研制集成光/声/电功能的、可用于肌肉/神经/血管等深层组织生理信号采集的纤维器件，建立能够处理具有动态时空特性数据的专业算法；开展力、热等多场耦合作用下多模态信号实时采集、主动干预的应用验证。

**考核指标：**实现纤维器件万米级连续稳定制备；全电池能量密度 $\geq 130 \text{ Wh/kg}$ ；监测肌肉/神经/血管等深层组织力、热、电等生理信号指标 $\geq 7$ 种，信噪比优于  $20 \text{ dB}$ ；算法评测结果与临床评测结果一致；实现至少两种面向肌肉/神经/血管系统疾病的临床监测，监测模态 $\geq 3$ 种；建立植入式疾病监测与干预动物模型，动能系统功能提升 $\geq 10\%$ 。

**关键词：**柔性纤维，健康监测，智能干预

## **5.3 抗熔损自修复功能防护涂层材料与关键技术（共性关键技术，定向，部市联动）**

**研究内容：**围绕高精密压铸模具表面热疲劳龟裂、冲击磨损、冲蚀熔损等失效难题，研究其在热-力-介质多因素工况下的动态

服役行为，建立耦合损伤失效模型；基于数据驱动技术，发展抗熔损智能强韧防护涂层的多尺度表界面精准设计方法；开发能场复合激光合金强化改性技术，实现表面硬化层与组织缺陷等精确控制；开发高强韧抗熔损防护涂层材料，研究化学键复合扩散路径调控的自修复增效延寿增效机理，突破高离化 PVD 涂层装备与强结合涂层制备等关键技术；开展激光强化复合抗熔损防护涂层集成技术在铝/镁合金精密压铸模具的性能评价与工程验证研究，实现典型示范应用。

**考核指标：**激光强化改性层深度 $\geq 0.5\text{ mm}$ ，硬度 $\geq 800\text{ HV}$ ，选区冲击韧性提高 20%以上；研发出 2-3 种高离化 PVD 强韧抗熔损自修复防护涂层材料，室温 $\sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的摩擦系数 $\leq 0.35$ ，硬度 $\geq 30\text{ GPa}$ ，断裂韧性 $\geq 3\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ，膜基结合力 $\geq 80\text{ N}$ ，抗氧化温度 $\geq 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，涂层缺陷损伤自修复后力学和抗熔损性能不低于原性能 80%；研制 1 套高离化 PVD 镀膜装备，形成示范应用；实现激光强化复合抗熔损防护涂层集成技术在铝/镁合金高精密压铸模具的示范应用，抗熔损防护性能较现役材料提高 2 倍以上，使用寿命 $\geq 13$  万模次。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**高强韧抗熔损涂层，压铸模具，自修复防护，激光改性

#### 5.4 大尺寸 MPCVD 单晶金刚石光热功能材料高效制备及示范应用(应用示范，定向，部市联动)

**研究内容：**针对超高速飞行条件下精确探测技术的跨越式发展对于高导热透光材料的重大需求，研发大尺寸单晶金刚石材料。开展 MPCVD 单晶金刚石生长及应力调控方法研究，解决金刚石材料的低缺陷、大尺寸外延制备等难题；开展大功率 MPCVD 合成系统仿真设计，解决大面积范围高均匀沉积合成难题，并发展高效批量化制备关键工艺技术；开展单晶金刚石表面加工方法研究，剖析材料亚表面损伤调控规律，发展大尺寸超光滑表面的精密研抛技术；基于光学镀膜增透、组件的结构设计及仿真及试验，研究单晶金刚石材料及构件服役过程中的力/热/光学等性能表现。

**考核指标：**单晶金刚石尺寸 $\geq 100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 1\text{mm}$ ，透过率 $\geq 69\%$ （ $7.5\text{--}10\ \mu\text{m}$ ），强度 $\geq 450\ \text{MPa}$ ，热导率 $\geq 2000\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，表面粗糙度 $\leq 2\text{nm}$ ，翘曲度  $\text{WARP} \leq 50\mu\text{m}$ ；金刚石耐热透光功能组件可抵抗 $\geq 2.5\text{MW}/\text{m}^2$ 热流持续时间 $\geq 7\text{s}$ 、 $\geq 0.6\text{MW}/\text{m}^2$ 热流持续时间 $\geq 30\text{s}$ 不破裂，镀膜后透过率 $\geq 90\%$ 且成像探测适用温度极限 $\geq 450^\circ\text{C}$ ，在光电精确探测等系统上形成 1~2 项示范应用；形成不低于 400 片/年的  $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 1\text{mm}$  单晶金刚石生产能力，单机单次合成不少于 3 片。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**单晶金刚石，微波等离子体化学气相沉积（MPCVD），光学窗口材料，热流密度

### **5.5 大尺寸超高纯超厚立方相碳化硅材料制备关键技术及应用（共性关键技术，定向，部市联动）**

**研究内容：**面向先进半导体制程对超高纯、耐腐蚀、耐高温 SiC 零部件的迫切需求，研发用于刻蚀聚焦环和热处理边缘环的大尺寸超厚 SiC 材料 CVD 制备及量产技术。研究高致密度、低缺陷 SiC 材料 CVD 快速沉积动力学机理，研发大尺寸超高纯超厚 SiC 材料的 CVD 快速稳定制备技术与超高硬度、高脆性 SiC 材料的精密加工技术；建立高密度等离子体腔体条件下聚焦环几何结构参数数据库，研究不同温度下 SiC 材料表面氧化机制；研发大尺寸超厚 SiC 零部件量产技术，在半导体刻蚀、快速热处理设备中开展示范应用。

**考核指标：**SiC 材料晶体结构为立方相，沉积速率 $\geq 0.2\text{mm/h}$ ，纯度 $\geq 99.9999\%$ ，密度  $3.20\text{-}3.21\text{g/cm}^3$ ，直径 $\geq 450\text{mm}$ ，厚度 $\geq 20\text{mm}$ ，硬度  $2900\text{-}3300\text{kg/mm}^2$ ；聚焦环透光性满足打光检视的光斑标准，射频寿命 $\geq 1200\text{h}$ ，电阻率在  $10^{-2}\text{-}10^4\Omega\cdot\text{cm}$  范围内可调，建成 400 件/年的示范生产线；边缘环热传导系数： $300\text{-}360\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ，在  $1000^\circ\text{C}$  以上无颗粒生成的稳定工作时长 $\geq 10\text{min}$ ，建成 200 件/年的示范生产线。

**有关说明：**宁波市科技局组织申报。

**关键词：**大尺寸超高纯超厚立方相碳化硅，快速化学气相沉积，刻蚀聚焦环，热处理边缘环

## **5.6 高耐久性浮力材料与高效制备技术（共性关键技术，部市联动）**

**研究内容：**面向海洋开发对高耐久性浮力材料的需求，针对复杂工况下浮力材料综合性能的衰减问题，研究聚合物发泡材料基浮力芯材绿色制备技术与聚合物复合材料基浮力芯材复合制备技术；研究抗生物污损表层聚合物改性技术，揭示浮力芯材与部件表层材料的粘结机理；发展标准型与异型浮力部件的快速高效制备技术，研究浮力材料与部件的高耐久性及应用与服役行为，提出提升浮力材料服役性能的方法。

**考核指标：**聚合物发泡材料基浮力芯材密度 $\leq 0.25\text{g/cm}^3$ , 单轴压缩强度 $\geq 7.5\text{ MPa}$ , 弹性模量 $\geq 380\text{ MPa}$ , 1.1 倍工作水压下裸材 24 小时吸水率 $\leq 5.0\%$ ; 聚合物复合材料基浮力芯材密度 $\leq 0.65\text{g/cm}^3$ , 1.1 倍工作水压下裸材 24 小时吸水率 $\leq 0.5\%$ ; 浮力部件抗冲击强度 $\geq 10\text{KJ/m}^2$ , 水压压溃强度 $\geq 1.5$  倍工作水压, 1 年污损生物附着面积 $\leq 5\%$ , 工作水压下 1 年净浮力保留率 $\geq 95\%$ ; 实现 2-3 个典型应用场景验证。

**有关说明：**至少有一家宁波区域单位参与申报。

**关键词：**浮力材料，高耐久性，发泡材料，复合材料

### 5.7 高性能光致超声驱动材料及多功能应用基础（青年科学家）

**研究内容：**针对物理化学微反应器、器官芯片、精确治疗、先进检测仪器等对光致超声驱动材料的需求，研究脉冲激光照射驱动材料产生超声的机理，开发适用于不同应用场景的光致超声驱动材料及其可控合成工艺技术；研究激光特征参数对不同被驱动物的作用效果及其影响机制；研发光致超声在微流控泵、药物输送等器件的应用模型。

**考核指标：**研制出薄膜、光纤和片状等 3 种形式的驱动材料，驱动薄膜材料厚度 $\leq 20\text{ }\mu\text{m}$ ，驱动光纤材料直径 $\leq 50\text{ }\mu\text{m}$ ，其中至少有一种材料所制备的器件光致超声峰值声压 $\geq 100\text{ MPa}$ ，超声中心频率在  $0.1\text{ MHz}$ - $100\text{ MHz}$  可调，在开放溶液空间实现光致超声驱动溶液流速 $\geq 20\text{ cm/s}$ ，驱动材料在激光作用下单次连续驱动溶液 2 h 驱动速度 $\geq 80\%$ 初始速度，3 h 驱动速度 $\geq 50\%$ 初始速度；开发出不少于 2 个光致超声微流控泵芯片、药物输送器件等应用模型。

**关键词：**光致超声，驱动材料，光流控多功能应用

### 5.8 超高压电缆屏蔽用高性能 EBA 基体树脂材料及其制备技术（青年科学家）

**研究内容：**针对我国高性能输电电缆基体树脂材料核心生产技术缺失的问题，开发超高压输电电缆（ $\geq 220\text{ kV}$ ）用高性能 EBA 基体树脂材料。建立高压连续聚合实验装置，研究高温高压条件

下乙烯和丙烯酸丁酯的共聚合机理及聚合物链多级结构的调控技术；建立超高压电缆屏蔽用 EBA 基体树脂的性能评价方法，研究 EBA 链多级结构对其相容性及屏蔽特性的影响规律；开发超高压电缆屏蔽用 EBA 基体树脂的公斤级制备技术，研究其与导电石墨的复配技术，开发 EBA 超高压电缆屏蔽料制备技术。

**考核指标：**高压连续聚合实验装置压力 $\geq 300$  MPa；超高压电缆（ $\geq 220$  kV）屏蔽用高性能 EBA 基体树脂 BA 含量 15-25 wt%，熔融指数 4-8 g/10 min (190°C, 2.16 kg)；添加碳黑（碳黑质量分数不大于 35wt%）制成屏蔽料后，体积电阻率（23°C） $\leq 50\Omega\cdot\text{cm}$ ，体积电阻率（70°C） $\leq 300\Omega\cdot\text{cm}$ ，表面无大于 50  $\mu\text{m}$  凹凸；实现上述基体树脂及屏蔽料的公斤级制备。

**关键词：**乙烯-丙烯酸丁酯共聚物，高压连续聚合，超高压电缆，屏蔽材料

## **5.9 高性能植物基纤维表面功能助剂关键技术开发（中小企业，定向）**

**研究内容：**针对新疆棉花主副产品高值化综合利用的重大需求，开发基于棉籽油的高性能植物基纤维表面功能助剂，揭示功能助剂与纤维界面的相互作用机制，开发基于改性棉籽油的高性能植物基粘胶纤维油剂；研究涤纶/粘胶混纺过程中功能助剂对涤纶/粘胶界面相容性的影响规律，开发基于改性棉籽油的高性能植物基涤纶粘胶混纺功能助剂；开发高性能植物基纤维表面功能助剂的规模



化制备关键技术和配套工艺、设备。

**考核指标：**开发出不少于 3 个基于棉籽油的高性能植物基粘胶纤维油剂新产品，油剂固含为 88-92%，pH 值为 7.0-8.0，上油率为 0.3-0.4%，上油纤维静态摩擦力为  $38-45 \times 10^{-3}$  cN，动态摩擦力为  $35-40 \times 10^{-3}$  cN，动静摩擦力差值为  $3.0-6.5 \times 10^{-3}$  cN，比电阻为  $0.5-1.5 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ ，纺纱效率  $\geq 98\%$ ；开发出不少于 2 个基于棉籽油的涤/粘多比例高效混纺用功能助剂，油剂固含为 86-90%，pH 值为 7.0-8.0，上油率为 0.1-0.2%，上油纤维比电阻为  $\leq 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ ，断裂强度  $\geq 2.0$  cN/dtex，纺纱效率  $\geq 98\%$ ；建成年产 3000 吨高性能植物基纤维表面功能助剂生产线 1 条，满足 75 万吨粘胶纤维和 25 万吨涤纶、涤粘混纺对高品质纤维功能助剂的要求。

**有关说明：**新疆工信厅组织申报

**关键词：**功能改性，植物基功能助剂，粘胶纤维油剂，涤粘混纺助剂

### 5.10 煤基高碳 $\alpha$ -烯烃-乙烯共聚新材料关键技术开发（中小企业，定向）

**研究内容：**针对国内高端聚烯烃生产技术缺失及产品严重依赖进口等问题，开展煤基 $\alpha$ -烯烃高效共聚制备高端聚烯烃关键技术研究及装置集成：研究煤基 $\alpha$ -烯烃在催化剂作用下的引发、增长、转移与终止规律；研发耐高温、高共聚性能、链结构调控能力强和聚合动力学稳定的茂金属催化剂及批量制备技术；研究奇

数碳 $\alpha$ -烯烃、烷烯烃混合物对乙烯共聚性能的影响及其构效关系，开发奇数碳 $\alpha$ -烯烃共聚新材料；结合原料特征开发与茂金属催化剂催化特征匹配的新型聚合反应器及工艺；开展聚合反应/分离系统集成研究，开发低能耗千吨级煤基 POE 成套集成技术，建设千吨级煤基 POE 自动化及智能化中试装置。

**考核指标:** 开发不少于 2 个新型茂金属催化剂，聚合活性 $\geq 10^8$  g POE/mol M $\cdot$ h $^{-1}$ ，共聚单体插入率达到 30 wt%；研发不少于 2 个乙烯与奇数碳 $\alpha$ -烯烃共聚新材料，庚烯单体含量大 $\geq 20$  wt%，聚合物熔点 $< 95^\circ\text{C}$ ；新型聚合反应器反应热利用率 $\geq 70\%$ ；建成千吨级煤基 POE 自动化及智能化中试装置，装置连续运行 $\geq 1000$  小时，装置能耗较现有同等规模石油基 POE 装置降低 10~15 %。

**有关说明:** 宁夏科技厅组织申报。

**关键词:** 煤基 $\alpha$ -烯烃，烷烯烃混合物，共聚反应动力学，中试装置

## 6 材料基因工程应用技术

### 6.1 AI 大模型驱动的新型高效率光伏材料与器件开发技术（共性关键技术）

**研究内容:** 面向金属卤化物钙钛矿光电半导体材料的高效快速研发需求，开展基于大数据和人工智能算法结合物理仿真的钙钛矿光伏器件高通量设计及应用验证研究。搭建多通道、多变量钙钛矿自动化智能实验装备采集高通量数据；通过机器学习构建

材料配方-制备工艺-材质属性参数-器件结构属性参数-器件性能的全链条参数关联模型；设计合成关键材料并在单结、叠层、大面积光伏器件中进行应用验证。

**考核指标：**开发高通量实验装备系统，实现光伏薄膜与器件制备通量 $\geq 1000$  个/天、表征通量 $\geq 1000$  个/天、工艺相关独立变量 $\geq 10$  个；建立具备文献数据获取、多目标优化等功能的预测大模型 1 套，自主阅读分析文献数量 $\geq 500$  篇/天；单结光伏器件效率 $\geq 20\%$ （组件面积 $\geq 600\text{ cm}^2$ ），两结叠层光伏器件效率 $\geq 34\%$ （面积 $\geq 1\text{ cm}^2$ ）；大面积叠层器件效率 $\geq 30\%$ （面积 $\geq 25\text{ cm}^2$ ，第三方认证），且在环境温度  $85^\circ\text{C}$ 、湿度 85%的条件下老化 1000 小时后的效率衰减小于 5%。建立具备文献数据获取、多目标优化等功能的预测大模型 1 套以及实时反馈控制系统 1 套。

**关键词：**AI 大模型，高通量，光伏，能源材料

## 6.2 数据驱动的信息存储磁性二维材料设计及研制（青年科学家）

**研究内容：**针对磁性二维材料居里温度受其晶体结构、元素组分、磁群、电子轨道占据等复杂因素影响的特点，基于数据驱动技术，建立磁性二维材料数据库；获得结构与成分可调控的自支撑高居里温度磁性二维材料。

**考核指标：**实现 $\geq 10^2$  级的并发式高通量计算，计算产生的磁性二维材料数据量 $\geq 10^5$ ；材料热稳定性和磁性预测的精度提高大

于 90%以上；发展至少 1 种基于离子交换的磁性二维材料制备新技术；制备出 2~3 种居里温度 $\geq 350\text{K}$  的自支撑磁性二维材料新体系。

**关键词：**数据驱动，磁性二维材料，高居里温度

### **6.3 基于临床数据的新型人工关节材料和部件研发的研究（青年科学家）**

**研究内容：**针对我国病患关节的解剖学特征，以及人工关节（髋、膝、踝等）的临床需要，开展临床失效的人工关节数据采集和数据挖掘，建立针对人工关节临床参数、材料参数和设计参数的全链条数据库，开展新型制式和个性化耐磨耐蚀人工关节材料和组件的研发。

**考核指标：**建立人工关节临床数据和磨损/腐蚀数据的数据库；制定 1 套人工关节临床数据采集和应用的标准；研发 2 种以上具有自主知识产权的人工关节材料和部件，获得人工关节股头/股臼配合副磨损速率 $\leq 20\text{ mm}^3/\text{年}$ ，摩擦系数 $\leq 0.15$ ，腐蚀速率 $\leq 6\text{ mm}^3/\text{年}$ ；完成大动物实验。

**关键词：**人工关节，腐蚀，磨损，个性化设计

### **6.4 人工智能辅助多主元合金大尺度模拟与性能设计（青年科学家）**

**研究内容：**针对高性能多主元合金材料高效研发需求，发展“人工智能+”多尺度计算方法，建立性能驱动的多主元合金成分设

计模型，实现多主元合金原子及电子结构高效模拟的多尺度计算方法；建立多主元合金“化学组分-电子性质-原子结构-宏观物性”智能数据库，挖掘内禀关联，探索高性能材料设计。

**考核指标：**建立“人工智能+”电子结构计算方法及多元素机器学习原子势，实现物性计算精度参考密度泛函计算误差 $<10\text{meV/atom}$ ；原子级演化时间尺度 $>1$  微秒，空间尺度 $>100\text{ nm}$ ；建立不少于  $10^6$  条有效合金数据，多元合金势函数模型覆盖元素种类 $>20$  种；依托项目所开发的多元合金势函数模型，结合具体合金设计问题，开展至少一项合金优化设计应用案例，并进行实验验证。

**关键词：**人工智能辅助材料设计，机器学习势，多尺度计算，多主元化合物