

附件1

“新型显示与战略性电子材料”重点专项 2021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“新型显示与战略性电子材料”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布2021年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：以国家产业安全和重大工程建设需求为导向，突破新型显示产业应用关键核心技术，打通创新链，突破战略性电子材料制备与应用各环节的共性关键技术，提高我国信息、能源、交通、高端装备等领域核心电子材料和器件的自主可控能力。

2021年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕新型显示、第三代半导体及前沿电子材料与器件、大功率激光材料与器件3个技术方向，按照“基础前沿技术、共性关键技术、示范应用”三个层面，拟启动25个项目，拟安排国拨经费3.79亿元。其中，拟部署7个青年科学家项目，拟安排国拨经费2100万元，每个项目300万元；拟部署4个部省联动项目。

项目统一按指南二级标题（如1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为1~2项，实施周期不超过4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

基础研究项目下设课题数不超过 4 个，参与单位总数不超过 6 家；共性关键技术和典型应用示范项目下设课题数不超过 5 个，参与单位总数不超过 10 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，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本重点专项部分项目采用部省联动方式组织实施（项目名称后有标注）。应用示范类部省联动项目，由广东省科技厅推荐，广东省科技厅应面向全国组织优势创新团队申报项目。共性关键技术类部省联动项目，各推荐渠道均可推荐申报，但申报项目中应不少于两个课题由广东省有关单位作为课题牵头单位。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 新型显示材料与器件

1.1 Micro-LED 显示外延与芯片关键技术研究（共性关键技术）

研究内容：研究大尺寸衬底上低缺陷密度、高波长均匀性 Micro-LED 外延生长技术，开展小注入条件下 Micro-LED 量子效

率的提升机制和实现方法，解决 Micro-LED 尺寸效应、边缘效应以及低损伤刻蚀和钝化修复技术难题，开发高均匀性、高效率的 Micro-LED 外延片和 Micro-LED 芯片；发展驱动背板与 Micro-LED 芯片集成技术，开发单色 Micro-LED 显示样机。

考核指标：大尺寸衬底（ ≥ 6 英寸）上 $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}$ 区域范围内红、绿、蓝 Micro-LED 波长偏差 $< \pm 1\text{ nm}$ ；芯片尺寸 $< 5\text{ }\mu\text{m}$ ，在 0.3 A/cm^2 下，蓝光、绿光和红光 EQE 分别 $\geq 35\%$ 、 $\geq 25\%$ 和 $\geq 10\%$ ，衬底（ ≥ 6 英寸）上芯片良率 $\geq 99.9\%$ ；蓝光（ $465\pm 5\text{ nm}$ ）FWHM $< 20\text{ nm}$ ，绿光（ $525\pm 5\text{ nm}$ ）FWHM $< 25\text{ nm}$ ，红光（ $630\pm 5\text{ nm}$ ）FWHM $< 22\text{ nm}$ ；单色 Micro-LED 显示样机：尺寸 ≥ 0.5 英寸，分辨率 $\geq 2000\text{ dpi}$ ，亮度 $\geq 6000\text{ cd/m}^2$ ，灰度等级 $\geq 10\text{ bits}$ ；申请发明专利 ≥ 25 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.2 高亮度高对比度全彩 Micro-LED 显示关键技术研究（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：开展针对 Micro-LED 显示需求的高效芯片制备工艺研究；发展适用于 Micro-LED 显示的低温共晶金属键合材料和工艺，突破无衬底 Micro-LED 芯片巨量转移和玻璃基驱动背板键合技术；开展非接触 EL 方式实现 Micro-LED 器件高效缺陷检测技术研究，突破高亮度和高对比度的驱动技术，开发高性能全彩化 Micro-LED 显示屏，并实现工程化应用。

考核指标：尺寸 ≥ 10 英寸，ppi ≥ 170 ，分辨率 $\geq 1920\times 1080$ ，像素间距 $< 150\text{ }\mu\text{m}$ ，芯片尺寸 $< 30\text{ }\mu\text{m}$ ，亮度 $\geq 2000\text{ cd/m}^2$ ，均匀性

≥80%，灰度等级≥10 bits，对比度≥1000000:1；申请发明专利≥25件，其中PCT专利≥5件。

1.3 超高分辨率 LCoS 空间光调制器关键技术研究（共性关键技术）

研究内容：研究超高分辨率、快速响应的空间光调制器设计、制备与封测等关键技术，解决像素串扰、材料匹配、驱动控制、时间波动、影像模糊、空间形变等关键问题，制备出高性能相位型和振幅型 LCoS 器件；研究 LCoS 芯片与三基色 LD 的高效率匹配技术；研究基于 LCoS 空间光调制器的光学引擎架构设计和优化，并实现整机集成测试与表征。

考核指标：开发出满足激光显示整机应用的超高分辨率 LCoS 空间光调制器，相位调制度≥ 2π ，分辨率 3840×2160（4K）和 7680×4320（8K），器件有效区域≥0.6"（4K）和≥1.2"（8K），帧频速度≥180 Hz，开口率≥90%，反射率≥80%，灰阶等级≥10 bits，对比度≥4000:1，亮度≥400 cd/m²，寿命≥20000 小时。申请发明专利≥25件，其中PCT专利≥5件。

1.4 无载流子注入纳米像元电致发光显示关键材料与器件（基础前沿技术）

研究内容：研究无电学接触、无载流子注入纳米像元电致发光器件工作机制，解析限域载流子束包的振荡、跃迁、光子辐射原理；研究面向无电学接触、无载流子注入模式纳米发光材料的设计制备与纳米尺度图案化技术；开展器件结构优化设计，研发

具有高电场耦合系数、高载流子产生率、高载流子增益系数的耦合腔和超表面等纳米倍增结构;突破像元级驱动技术与集成工艺,制备原型样屏;探索无电学接触、无载流子注入工作模式在发光芯片非接触检测领域的示范应用。

考核指标: 纳米发光材料尺寸 $<300\text{ nm}\times 300\text{ nm}$; 无倍增结构的器件亮度 $\geq 200\text{ cd/m}^2$, 倍增结构的器件亮度提升率 $\geq 500\%$; 研制出红、绿、蓝光单色纳米像元电致发光显示原型样屏, $\text{ppi}\geq 30000$, 交流驱动电压峰值 $<20\text{ V}$, 像元尺寸(包含发光单元和驱动单元) $<500\text{ nm}\times 500\text{ nm}$; 发光芯片(衬底尺寸 $\geq 5\text{ cm}\times 5\text{ cm}$, 芯片尺寸 $<50\text{ }\mu\text{m}\times 50\text{ }\mu\text{m}$)无接触检测准确率 $\geq 99.99\%$; 形成无电学接触、无载流子注入发光器件及纳米发光显示的表征测试与评价方法; 申请发明专利 ≥ 25 件, 其中 PCT 专利 ≥ 5 件; 领域研究报告 1 项。

1.5 超薄宽视角向量光场显示技术与系统(共性关键技术)

研究内容: 开展面向光场显示的变参量结构设计与构筑方法研究, 解决传统多视角三维显示的视角反转、周期重复性视点排布和色彩漂移问题, 突破基于微纳结构的视角调控器件和超薄指向性光源关键技术; 研究基于柔性/曲面显示屏的光场显示方法; 突破变参量微纳结构光刻核心技术, 开发超薄宽视角向量光场显示系统及工程化技术。

考核指标: 彩色动态三维显示, 具有连续运动视差的视角范围 $\geq 150^\circ$, 显示幅面 ≥ 27 英寸, 三维显示系统厚度 $<100\text{ mm}$; 3D

图像深度 ≥ 0.4 m，刷新速率 ≥ 30 Hz；柔性视角调控器件可弯曲程度 < 1700 R；自主变参量微纳结构光刻调控精度 < 1 nm，实现超薄宽视角向量光场显示示范应用。申请发明专利 ≥ 30 件，其中 PCT 专利 ≥ 6 件。

1.6 彩色电子纸显示材料与器件（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：研究高性能界面功能材料、印刷电子纸墨水材料和界面耦合机制，开发高可靠电子纸显示器印刷制备工艺和高色域显示器件集成技术及驱动系统，突破印刷电子纸显示关键材料瓶颈及印刷制程核心技术；研究高效率、高均一性电子纸显示墨水填充、封装核心设备；实现广色域、高亮度、低功耗电子纸显示器件。

考核指标：电子纸墨水材料基色种类 ≥ 3 种；彩色电子纸显示器尺寸 ≥ 10 英寸，彩色显示色域 $\geq 50\%$ NTSC，响应时间 < 30 ms，分辨率 ≥ 180 ppi，能耗 < 10 mW/平方英寸，器件寿命 ≥ 1.5 万小时；研制自主知识产权的电子纸显示墨水填充封装关键装备：成膜均匀性 $\pm 5\%$ ，封装对位精度 ± 5 μm ；申请发明专利 ≥ 30 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.7 高性能氧化物 TFT 材料与关键技术（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：面向柔性大面积显示，开发高迁移率、高稳定性、高电流开关比的高性能氧化物半导体新材料；开发用于高世代生

产线的高性能氧化物靶材的工程化技术；开发可用于生产的高性能氧化物薄膜晶体管（TFT）器件的结构及工艺，突破高世代线高性能 TFT 量产技术；开发低能耗、高低频宽范围可调的低温多晶硅-高性能氧化物（LTPO）驱动背板技术。

考核指标：1.场效应迁移率 $>40\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ；电流开关比 $\geq 10^9$ 。正栅压应力下阈值电压漂移电压应力测试 PBTs $<0.5\text{ V}$ @ $V_{\text{gs}}=20\text{ V}$ ， $V_{\text{ds}}=0.1\text{ V}$ ，应力时间 1 小时，温度 $=60^\circ\text{C}$ ；NBTs $<1.0\text{ V}$ @ $V_{\text{gs}}=-20\text{ V}$ ， $V_{\text{ds}}=0.1\text{ V}$ ，应力时间 1 小时，温度 $=60^\circ\text{C}$ ；负栅压光照应力下阈值电压漂移 NBTIS $<2.0\text{ V}$ @ $V_{\text{gs}}=-20\text{ V}$ ， $V_{\text{ds}}=0.1\text{ V}$ ，应力时间 1 小时，温度 $=60^\circ\text{C}$ ，光照（白光 LED） $>10000\text{ cd}/\text{m}^2$ 。2.高性能氧化物 TFT 技术导入量产线（G8.5 代线及以上）；高性能 LTPO 技术导入量产线（G6 代线及以上）。申请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

2. 第三代半导体及前沿电子材料与器件

2.1 面向大数据中心应用的 GaN 基高效功率电子材料与器件（共性关键技术）

研究内容：研究大尺寸 Si 衬底上 GaN 薄膜及其异质结构的大失配外延生长和缺陷/应力控制技术；研究材料中点缺陷、杂质对器件性能的影响规律及其表征方法；研究器件阈值电压漂移机制及栅压摆幅提升技术；研究高耐压、低导通电阻及高可靠性器件设计与产业化制备技术；研究 GaN 基高压桥式电路及其驱动电路集成技术；研究电压/电流振荡抑制技术和电磁干扰改善技术以

及高转化效率电路拓扑,推动 GaN 基高效功率电子材料与器件在数据中心服务器领域的应用。

考核指标: 实现 650V 电压等级国产 GaN 材料和功率器件规模化生产, 6~8 英寸 Si 衬底上 GaN 外延层位错密度 $< 1 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$, 异质结构方块电阻 $< 300 \Omega/\text{sq}$, 均匀性 $< 3\%$; 电压等级 650 V 的 GaN 基平面结构器件比导通电阻 $< 4 \text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$, 导通电阻 $< 30 \text{m}\Omega$, 高频下动态电阻上升不超过 12%; 整机功率 $\geq 1.5 \text{kW}$ 的 GaN 基 AC-DC (220 V-48 V) 电源实现系统工作频率 $\geq 300 \text{kHz}$, 整机最高转换效率 $\geq 98\%$, 功率密度 $\geq 100 \text{W}/\text{in}^3$, 输出电压纹波 $< 0.5\%$, 电流 THD $< 5\%$, 实现在数据中心服务器领域的示范应用; 申请发明专利 ≥ 10 件, 制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.2 InGaN 基长波段 LED 关键材料与器件技术(共性关键技术)

研究内容: 面向下一代无荧光粉纯 LED 照明应用, 研究高 In 组分 InGaN 基材料的外延生长、高效率量子结构与高光效黄光与绿光 LED 芯片关键技术, 研究无荧光粉多基色 LED 照明封装技术, 开发无荧光粉纯 LED 健康照明新产品。

考核指标: 波长 $\geq 520 \text{nm}$ 绿光 LED, $20 \text{A}/\text{cm}^2$ 电流密度下 WPE $\geq 50\%$ 、流明效率 $\geq 240 \text{lm}/\text{W}$; 波长 $\geq 565 \text{nm}$ 黄光 LED, $20 \text{A}/\text{cm}^2$ 电流密度下 WPE $\geq 30\%$ 、流明效率 $\geq 180 \text{lm}/\text{W}$; 形成 InGaN 基长波段 LED 芯片批量生产能力; 推出无荧光粉纯 LED 健康照明新产品, 色温 $< 2700 \text{K}$, 显色指数 ≥ 90 , 灯珠流明效率 $\geq 150 \text{lm}/\text{W}$; 申请发明专利 ≥ 10 件, 制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.3 新结构、新功能微小尺寸 LED 材料与器件及其在通信/传感领域的应用（共性关键技术）

研究内容：研究高亮度、高复合速率、高调制带宽、高灵敏度的蓝、绿光微小尺寸 LED 材料和器件制备技术；研究超高速可见光通信、空间精确定位和成像技术；研究微小尺寸 LED 柔性阵列芯片制备工艺，实现在光神经调控、血糖实时监测等医疗健康领域的应用；攻克国产化车规级高功率、高亮度微小尺寸 LED 材料、芯片及光源模组的产业化技术，实现在人车信息交互数字化车灯系统的应用。

考核指标：蓝、绿光 LED 外延片位错密度 $< 5 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ ，载流子复合衰减时间 $< 300 \text{ ps}$ ；LED 通信芯片 3dB 带宽 $\geq 1.5 \text{ GHz}$ ，传输距离 $\geq 10 \text{ m}$ ，微小尺寸 LED 阵列 MIMO 通信速率 $\geq 50 \text{ Gbps}$ ，LED 定位和成像系统精度 $< 1 \text{ cm}$ ；医疗健康用柔性 LED 阵列发光峰强度变化率 $< 5\%$ （曲率半径 $< 20 \text{ mm}$ ）；基于国产材料和微小尺寸 LED 芯片的数字前照灯像素 $\geq 200 \times 60$ ，整灯输出光通量 $\geq 3000 \text{ lm}$ ，感知系统夜间识别距离 $\geq 300 \text{ m}$ ，识别率 $\geq 90\%$ ，雨雾雪天识别距离 $> 100 \text{ m}$ ，识别率 $\geq 80\%$ ；实现通信传感、医疗健康、智能交通等领域 3 项以上示范应用；申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.4 镓系宽禁带半导体新型异质结构高灵敏信息感知材料和器件（基础前沿技术）

研究内容：开展镓系宽禁带半导体异质结构材料的高通量计

算设计和实验研究，探索固溶度、微结构、相变、极化、缺陷和杂质等与材料能带结构、载流子输运性质和器件信息感知能力之间的关联规律，发展材料结构—物理性质—器件性能之间的预测模型；探索具有超高灵敏度的镓系宽禁带半导体异质结构信息感知材料的可控制备新原理、新方法和新工艺，研制可用于高场强、强辐射等极端条件下的光电探测、气体传感和生化传感等新型半导体信息感知原型器件，进而对第三代半导体及前沿电子材料与器件的材料体系进行研究。

考核指标：开发出信息感知材料高效设计筛选技术和计算软件，高通量计算 ≥ 50000 算例，筛选准确率 $\geq 90\%$ ，研发出高通量实验装置 ≥ 2 台（套）；发现镓系宽禁带半导体新型异质结构材料 ≥ 3 种，研制出超高灵敏度半导体信息感知新型原型器件 ≥ 2 种；在高通量材料设计和复合结构制备领域发展出具有自主知识产权的新技术 ≥ 2 项；申请发明专利或软件著作权登记 ≥ 10 件，领域研究报告1项。

2.5 大尺寸 SiC 单晶衬底制备产业化技术（共性关键技术）

研究内容：研究大尺寸 4H-SiC 单晶生长与电学性能控制技术，有效提升电学性质一致性和可靠性；研究 SiC 单晶生长的热力学和动力学特性，研究晶体生长过程中杂质、多相和缺陷控制技术，推进大尺寸、低成本 SiC 单晶的产业化。针对 SiC 衬底加工工艺和表面质量、面型参数等关键技术问题，研究高效、低损耗的加工技术和大尺寸 SiC 单晶衬底表面粗糙度控制技术。

考核指标: 实现 6 英寸 SiC 衬底材料规模化生产, 6 英寸 SiC 衬底(004)晶面的 XRD 摇摆曲线半峰宽 $< 45 \text{ arcsec}$, TTV $< 10 \mu\text{m}$, LTV $< 2 \mu\text{m}$, WARP $< 30 \mu\text{m}$, 表面粗糙度 $< 0.2 \text{ nm}$; 其中半绝缘 SiC 衬底的微管密度 $< 0.3 \text{ cm}^{-2}$, 电阻率 $\geq 1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$; 导电衬底的微管密度 $< 0.1 \text{ cm}^{-2}$, 电阻率 $< 0.025 \Omega \cdot \text{cm}$, 基平面缺陷密度 $< 1000 \text{ 个}/\text{cm}^2$, 螺位错密度 $< 400 \text{ 个}/\text{cm}^2$; 8 英寸 SiC 单晶直径大于 203mm, 4H 晶型比例大于 95%, 使用面积大于 90%, XRD 半峰宽 $< 60 \text{ arcsec}$; 大于 $0.3 \mu\text{m}$ 的颗粒密度小于 $0.5 \text{ 个}/\text{cm}^2$; 申请发明专利 ≥ 10 件, 制定国家/行业/团体标制 ≥ 2 项。

2.6 高性能忆阻材料与红外智能感知器件研制(基础前沿技术)

研究内容: 针对光电感知终端对高功能密度、低功耗及小型化的需求, 研究可室温工作的新型红外探测材料设计及性能调控技术; 研究基于高性能忆阻材料的突触、神经元器件及其电路配置方案; 研究新型红外探测器、忆阻器与外围电路的集成工艺; 研究面向智能感知的神经形态计算网络架构, 构建多场景的硬件演示系统。

考核指标: 实现忆阻材料体系 ≥ 2 种, 忆阻器件编程功耗 $< 1 \text{ pJ}$ 、编程速度 $< 50 \text{ ns}$ 、集成规模 $\geq 16 \text{ Mb}$; 神经元电路具有频率/时序编码、自适应调节和可配置的放电模式; 开发 ≥ 2 种室温工作的红外探测材料体系, 红外传感器探测率 $\geq 10^{10} \text{ Jones}$, 红外探测器阵列规模 $\geq 320 \times 256$; 实现忆阻器与红外探测器的集成; 研制感存算一体的红外智能感知硬件系统, 实现在探测和目标识别等任务的演示验证; 申请发明专利 ≥ 20 件, 制定国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2.7 新型自旋电子材料与高性能存内计算器件研制（基础前沿技术）

研究内容：针对传统电荷型存储器的能效和可靠性瓶颈，突破自旋电子材料物理和器件集成关键核心技术；研究自旋轨道矩全电控驱动自旋翻转物理机制统一模型及其对存内计算特性的调控规律，发展临界翻转电流密度不随器件微缩而显著增加的方法；研究反铁磁材料的电学操控技术及构筑反铁磁自旋器件；开发工业量产可行的高电荷流—自旋流转化效率、低电阻率材料体系和制备方法；建立关键自旋轨道矩材料物性对器件性能调控的工艺库标准；实现全电控新型自旋量子器件存内计算单元结构设计和验证。

考核指标：实现 CMOS 工艺兼容的高电荷流—自旋流转化效率、低电阻率材料体系 ≥ 2 种；实现反铁磁磁矩翻转的临界电流密度 $< 8 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$ ，新型反铁磁自旋器件 ≥ 3 类；完成自旋轨道矩驱动型磁存储器关键材料工艺集成，磁存储器隧穿磁电阻率 $\geq 150\%$ ，能耗 $< 0.5 \text{ pJ/bit}$ ，写入次数 $\geq 1 \times 10^{12}$ ，数据保持 ≥ 10 年，实现全电控高效自旋轨道矩驱动磁存储器件单元阵列芯片，演示其读写及高并行存内计算功能；申请发明专利 ≥ 20 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

3. 大功率激光材料与器件

3.1 高性能 SESAM 材料器件及窄线宽泵浦半导体激光器关键技术（共性关键技术）

研究内容：开展可饱和吸收镜（SESAM）外延材料和生长技

术研究，优化可饱和吸收镜时间特性，缩短带间弛豫时间，开发低温生长吸收层材料和离子注入工艺，攻克外延材料生长、检测和表征及镀膜封装等关键技术，提高 SESAM 材料器件性能，开发实用化的低弛豫时间、高损伤阈值的 SESAM 器件；开展窄线宽泵浦激光器外延材料设计、波长稳定、非吸收窗口等研究，拓展 766、780、796、852nm 等新波长，提升窄线宽泵浦激光器性能；开展高均匀、低吸收玻璃的折射率调制度调控机制以及不同应用波长锁波体光栅损耗抑制与应用性能测试研究。

考核指标：半导体可饱和吸收镜 (SESAM)：弛豫时间 < 500 fs，损伤阈值 $\geq 3.5 \text{ mJ/cm}^2 @ 1064 \text{ nm}$ ；弛豫时间 < 12 ps，损伤阈值 $\geq 3.5 \text{ mJ/cm}^2 @ 1064 \text{ nm}$ ，研制实用化高质量外延材料及商用化器件，实现 SESAM 核心器件应用。窄线宽泵浦半导体激光器：766、780、796、852nm 泵浦 LD，功率 $\geq 10 \text{ W}$ ，线宽 < 0.05 nm，研制的窄线宽 766 nm 等泵浦激光器，实现国产化应用。锁波体光栅：光栅厚度 $\geq 5 \text{ mm}$ ，反射率 $15\% \pm 5\%$ ，半高宽 (FWHM) < 0.05 nm，实现国产化应用。应用验证数量每个品种 ≥ 2 只，申请发明专利 ≥ 5 件，制定国家/行业/企业标准 ≥ 3 项。

3.2 千瓦级高功率特种光纤激光器（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：研究 1 μm 波段单频光纤激光振荡、放大设计与制作、噪声产生及传递演化机理与抑制，突破线宽压窄技术、频率稳定技术、功率协同放大与稳定技术、光束质量优化技术等，研

制出单模块千瓦级低噪声窄线宽单频光纤激光器，掌握其相位噪声特性，支撑引力波探测及空间相干测速等领域应用；研究 2 μm 波段光纤激光种子源、Tm/Ho 共掺增益光纤激光功率放大、非线性效应抑制、高效热管理等技术，研制出高可靠千瓦级 2 μm 波段光纤激光器，支撑航空航天发动机燃烧流场诊断等领域的应用。

考核指标：1 μm 波段单频光纤激光器：工作波长~1.0 μm，单模块输出功率 ≥ 1 kW，线宽<10 kHz，频率漂移<1 MHz/30min，相对强度噪声<-160 dB/Hz，功率不稳定性<1%，光信噪比 ≥ 55 dB，光束质量 $M^2 < 2$ 。2 μm 波段光纤激光器：工作波长 1.8~2.2 μm，输出功率 ≥ 1 kW，线宽<0.05 nm，功率不稳定性<5%，光信噪比 ≥ 30 dB，光束质量 $M^2 < 2$ 。申请发明专利 ≥ 6 件，制定团体标准 ≥ 6 项。

3.3 激光材料及器件在线测试与自动化设计技术（共性关键技术）

研究内容：开展高置信度、高精度、功率密度 TW 级飞秒激光损伤测试研究，构建损伤测试平台。开展上升沿纳秒、加载高压万瓦级电光晶体开关测试研究，构建电光器件测试平台。开展自由曲面建模、折反光线追迹、智能化光学仿真软件研究，构建异构并行的智能化计算库。

考核指标：检测飞秒激光损伤能量密度 ≥ 0.6J/cm²@515 nm&1030 nm、≥ 0.2J/cm²@343nm，测量不确定度<8%，脉宽<500fs；电光晶体消光比 ≥ 40 dB@1053 nm&1064 nm，测量不确

定度 $<10\%$ @30 dB, 加载电压 0~10000V (上升沿 $<15\text{ns}$)。具有包含自由曲面的多种面型、折反光线追迹、智能优化等功能。具有矩阵及数值迭代运算、傅里叶变换、图像卷积等异构并行智能化计算库, 含 100 余个核函数。技术就绪度 6 级, 对标国外 Zemax、Code V 光学设计软件的核心功能, 实现国产化应用。申请发明专利 ≥ 5 件, 软件著作权 ≥ 3 件, 制定国家/行业/企业标准 ≥ 2 项。

3.4 激光与非线性光学晶体高通量制备与表征(基础前沿技术)

研究内容: 发展激光与非线性光学晶体材料的计算设计软件, 开发激光与非线性光学材料高通量制备和表征技术及设备, 开展材料数据的机器学习研究, 建立材料化学组成、微观结构与吸收效率、发光品质、抗激光损伤阈值和非线性光学响应等关键性能之间的构效关系, 应用于新型深紫外非线性光学晶体、大尺寸低吸收的中远红外非线性光学晶体、大尺寸波长可调谐的黄光激光晶体、大功率高重频人眼安全波段激光晶体与器件和高质量中红外激光单晶光纤等材料的研制, 进而对大功率激光材料体系进行研究。

考核指标: 研发激光和非线性光学晶体材料计算设计软件 1 套和基于机器学习的材料筛选系统 1 套, 研制激光和非线性光学材料高通量制备和表征装置 ≥ 2 台(套)。深紫外非线性光学晶体: 截止边 $<200\text{nm}$ 、尺寸 $\geq 4\times 4\times 5\text{mm}^3$; 红外晶体器件尺寸 $\geq 8\times 8\times 30\text{mm}^3$, 泵浦波长处吸收系数 $<0.03\text{cm}^{-1}$, 中波和长波激光输出功率分别 $\geq 5\text{W}$ 。黄光激光晶体: 尺寸 $\geq \Phi 50\times 50\text{mm}^2$, 平均功率 $\geq 5\text{W}$,

波长调谐范围 570~590 nm; 1.55 μm 激光晶体: 尺寸 $\geq 60 \times 60 \times 40 \text{ mm}^3$, 峰值功率 $\geq 2 \text{ kW}$, 重频 $\geq 500 \text{ kHz}$; 中红外激光单晶光纤: 直径达百 μm 级, 直径均匀性优于 10%, 单根光纤激光输出功率 $\geq 50 \text{ W}$ 。申请发明专利 ≥ 5 件, 制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项, 领域研究报告 1 项。

4. 青年科学家项目

4.1 基于氮化物半导体的纳米像元发光器件

研究内容: 研究 Micro-LED 从微米进入纳米尺度、结构从二维进入一维乃至零维的纳米尺度量子结构、光学微腔以及超表面结构的生长与制备方法; 研究包括表面等离极化激元、激子极化激元等准粒子的形成机制与非辐射能量转移机制, 探索超自发辐射、受激辐射等发光新机制; 研究超高量子效率、超低受激辐射阈值的纳米像元发光器件, 探索在微显示方面的应用。

考核指标: 衬底上 (≥ 2 英寸) 蓝光纳米像元发光器件: 发光单元尺寸 $< 500 \text{ nm}$, 显示分辨率 $\geq 10000 \text{ ppi}$, 发光效率 IQE $\geq 50\%$; 超辐射发光器件: 室温下表面等离极化激元、激子极化激元的拉比分裂和阈值 $< 1 \text{ kW/cm}^2$ 。申请发明专利 10 项, 其中 PCT 2 件。

4.2 纳米像元量子点发光材料与器件研究

研究内容: 研究新型量子点发光材料制备、结构调控和阵列化技术, 发展纳米像元量子点发光器件的制备方法与工艺, 开展电场调控纳米像元量子点发光器件的性能研究, 探索器件工作机

理，突破纳米像元量子点发光结构设计与电场驱动关键技术，研制纳米像元量子点发光原型器件。

考核指标：单色纳米像元量子点发光器件，分辨率 640×480 ，发光像元尺寸 $< 800 \text{ nm} \times 800 \text{ nm}$ ，亮度 $\geq 1000 \text{ cd/m}^2$ ，发光效率 $\geq 10\%$ 。申请发明专利 ≥ 10 件，其中 PCT 专利 ≥ 2 件。

4.3 中高压 SiC 超级结电荷平衡理论研究及器件研制

研究内容：研究 SiC 超级结结构的电荷平衡理论和电场调控机制；研究超级结器件结构参数对器件性能的影响规律和机制，探索具有低比导通电阻的器件结构及实现方法；研究具有高电场调控能力的终端保护结构；研发高深宽比超级结器件关键工艺技术和实现方法；研制低比导通电阻的 SiC 中高压超级结器件；研究超级结器件的可靠性并进行应用验证。

考核指标：建立起 SiC 超级结器件的电荷平衡基础理论，揭示器件结构参数和工艺条件对电荷平衡效果的影响规律和机制；超级结结构深宽比 $\geq 5:1$ ，器件阻断电压 $\geq 3.3 \text{ kV}$ ，室温下比导通电阻 $\leq 6 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ；申请发明专利 ≥ 5 件。

4.4 GaN 基宽禁带半导体与 Si 半导体的单片异质集成方法与技术

研究内容：研究 GaN 基宽禁带半导体晶圆与 Si 晶圆的高强度异质键合技术；研究大尺寸 GaN 单晶薄膜的剥离与转移技术；研究异质集成晶圆上 GaN 基射频电子器件和 Si 半导体逻辑器件的兼容制造工艺技术；研究单片集成 GaN 与 Si 的材料热兼容性

和器件电磁兼容性；研究单片集成的 GaN 基器件和 Si 器件的可靠性及其加固方法。

考核指标: GaN 与 Si(100) 半导体单片异质集成晶圆中 GaN 薄膜位错密度 $< 1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ ，异质结构二维电子气迁移率 $\geq 2000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，方块电阻 $< 400 \Omega/\text{sq}$ ；单片异质集成晶圆上的 GaN 基射频电子器件截止频率 $\geq 40 \text{ GHz}$ ，6GHz 时输出功率密度 $\geq 3.5 \text{ W/mm}$ ，功率附加效率 $\geq 50\%$ ，150°C 结温下 MTTF 大于 10^6 小时；Si(100) NMOS 晶体管的饱和电流 $\geq 100 \text{ mA/mm}$ ，开关比 $\geq 10^5$ ，125°C 下 MTTF 大于 10^6 小时；申请发明专利 ≥ 5 件。

4.5 GaN 单晶新生长技术研究

研究内容: 开展 GaN 单晶衬底材料的新生长技术探索；研究 GaN 液相生长中的成核、传质运输、结晶生长机制；研究 GaN 中背景杂质控制、应力控制等关键技术；研究 GaN 中位错产生、湮灭、演化机制；研究 GaN 氨热法生长中的杂质控制与光学、电学性能调控技术；研究 GaN 助熔剂生长中的形核控制与大尺寸生长技术。

考核指标: 用新生长技术制备的 GaN 单晶直径 ≥ 2 英寸、厚度 $\geq 1 \text{ cm}$ ，在 2 英寸面积范围内位错密度 $< 1 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ ；n 型 GaN 单晶衬底电阻率 $< 20 \text{ m}\Omega\cdot\text{cm}$ ，半绝缘 GaN 单晶衬底电阻率 $\geq 1 \times 10^8 \Omega\cdot\text{cm}$ ；申请发明专利 ≥ 5 件。

4.6 面向大功率激光应用的金刚石材料

研究内容: 开展单晶金刚石钷元素掺杂技术研究，开发钷源

高效导入系统，突破高掺杂浓度关键工艺；探索钽掺杂单晶金刚石激光增益机理，开展金刚石基增益介质激光产生基础研究；开展低缺陷密度大尺寸光学级单晶金刚石拉曼晶体生长技术研究，突破大尺寸生长设备优化、应力控制、杂质及缺陷调控等关键技术；开展金刚石和激光增益介质超高真空表面活化技术研究，突破低界面热阻金刚石基复合增益介质异质集成键合技术。

考核指标：钽掺杂单晶金刚石材料：钽掺杂浓度 $\geq 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ，其晶面（400）的 XRD 摇摆曲线半高宽 $<60\text{arcsec}$ ，金刚石的一阶拉曼位移半高宽 $<4\text{cm}^{-1}$ 。光学级单晶金刚石材料：尺寸 $\geq 20\times 20\times 30\text{mm}^3$ ，N、Si 等杂质浓度 $<1\text{ppm}$ ，B 杂质浓度 $<1\text{ppb}$ ，晶面（400）的 XRD 摇摆曲线半高宽 $<50\text{arcsec}$ ，金刚石的一阶拉曼位移半高宽 $<3\text{cm}^{-1}$ ，缺陷密度 $<10^5\text{cm}^{-2}$ 。金刚石和激光增益介质复合晶体：键合口径 $\geq \Phi 30\text{mm}$ ，界面热阻 $<4\times 10^{-4}\text{cm}^2\text{K/W}$ 。申请发明专利 ≥ 5 件。

4.7 基于氮化铝半导体材料的单细胞分析器件

研究内容：研究高性能压电薄膜材料的压电极化一致性机制，以及主体化合物合成与制备技术；研究新型压电薄膜材料及关键器件的制备及图形化技术；研究新型压电材料与微流控芯片技术的片上集成技术，以及基于图像技术的细胞形态学分析方法，实现对单细胞的检测与分选，推动单细胞分析示范应用。

考核指标：实现基于细胞固有生物物理特性的高灵敏度、无标记性、无损分析方法，器件性能达到单细胞分辨率，实现对单

个细胞>5个角度的多角度形态学分析；器件分析通量>1万细胞/分钟，细胞识别准确率>98%；细胞分析样机数量 ≥ 2 款；实现对 ≥ 5 种的肿瘤细胞系和 ≥ 3 种的临床细胞样品的实时检测与分析；临床验证实验数 ≥ 500 例；申请发明专利 ≥ 4 件。

附件 2

“稀土新材料”重点专项 2021 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“稀土新材料”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：面向新一代信息技术、航空航天、先进轨道交通、节能与新能源汽车、高端医疗器械、先进制造等领域对稀土新材料的迫切需求，发展具有我国资源特色和技术急需的稀土新材料，加强稀土新材料前沿技术基础、工程化与应用技术创新，提升稀土新材料原始创新能力和高端应用水平。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕稀土永磁材料强基及变革性技术、新型高效稀土光功能材料及应用技术、高效低成本稀土催化材料及应用技术、稀土材料绿色智能制备和高纯化技术、稀土物化功能材料及应用技术、稀土新材料及材料基因工程 6 个技术方向，按照“基础前沿技术、共性关键技术、示范应用”三个层面，拟启动 33 个项目，拟安排国拨经费 3.47 亿元。其中，拟部署 11 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 3300 万元，每个项目 300 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项

目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 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。基础研究项目下设课题数不超过 4 个，参与单位总数不超过 6 家；共性关键技术和典型应用示范项目下设课题数不超过 5 个，参与单位总数不超过 10 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，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 稀土永磁材料强基及变革性技术

1.1 钕铁硼基相调控及性能提升技术（共性关键技术）

研究内容：针对无人机、高端机器人等应用领域的迫切需求，围绕内禀矫顽力与剩磁去耦合的科学问题，开发超高性能钕铁硼永磁材料；开展晶粒细化对钕铁硼磁体综合性能影响研究，解决高内禀矫顽力、高剩磁磁体制备的共性关键技术问题；研究钕铁硼基相成分、跨尺度结构调控、重稀土掺杂与磁性能关联等科学

问题，制备超高综合性能磁体。

考核指标：高内禀矫顽力高综合性能磁体取向度 $\geq 99\%$ ，最大磁能积 ≥ 40 MGOe，内禀矫顽力(kOe)+最大磁能积(MGOe) ≥ 80 ；标准永磁样品在磁化方向施加 10 kOe 的外加磁场后在 200°C保温 3 h, 其热减磁 $< 3\%$ 。高剩磁烧结钕铁硼磁体剩磁 ≥ 14.6 kGs，内禀矫顽力 ≥ 18 kOe，满足器件小型化、高功率密度需求。申请发明专利 ≥ 5 项。

1.2 重稀土极致应用与钕铁硼磁体选区扩散技术（共性关键技术）

研究内容：面向新能源车用低成本、高稳定性磁体应用需求，研究重稀土元素在永磁材料中极致应用，提升重稀土资源高效利用水平，开发微结构重构及高矫顽力磁体的低成本制备技术；研究烧结态、回火态等不同工艺过程重稀土扩散的动力学问题，开发磁体的选区精准渗透及微结构控制技术，在千吨级生产线实现技术推广。

考核指标：实现新能源汽车驱动电机用磁体重稀土减量应用，千吨生产线制备磁体的剩磁 ≥ 12.8 kGs，内禀矫顽力 ≥ 28 kOe，镨用量 < 3.5 wt%、铽用量 < 0.6 wt%。低成本、高稳定性稀土永磁体内禀矫顽力温度系数 $|\alpha(H_{cJ})| < 4 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ 。剩磁温度系数 $|\alpha(B_r)| < 8 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ 。建立稀土永磁晶界扩散质量评价技术标准，制定稀土永磁高温检测方法国家标准。申请发明专利 ≥ 5 项。

1.3 烧结钕铁硼磁体批量一致性及先进制备流程技术（示范应用）

研究内容：针对烧结钕铁硼磁体批量一致性差的技术难题，开发材料制备流程各环节的关键技术，重点突破晶界扩散过程的智能转运和靶材的数字化管理技术，实现关键制备节点的智能化，提升材料规模化生产一致性。

考核指标：批量磁体性能一致性，剩磁 $\pm 100\text{Gs}$ （或 $\pm 1\%$ ）和矫顽力 $\pm 500\text{Oe}$ （或 $\pm 2\%$ ）以内，实现晶界扩散过程产品的智能转运及晶界扩散环节的靶材智能监控和寿命预测。建成 3000 吨烧结钕铁硼制备高自动化及智能化示范线，智能制造成熟度达到三级以上（GB/T39117-2020《智能制造能力成熟度评估方法》）。制定国家标准 ≥ 2 项。申请发明专利 ≥ 5 项。

1.4 微特电机专用粘结磁体高性能化技术（示范应用）

研究内容：针对新型微特电机小型化、高速化、长寿命的发展要求，开发高性能粘结磁粉流程化制备技术；研究核心微量元素对微观组织的调控机理；研究表面处理、晶界扩散对磁体磁性能、加工性及耐热性的影响规律和机理，开发新型复合粘结剂体系；开发取向磁环关键成型技术，研究多场耦合磁粉取向与磁化规律，掌握充退磁夹具设计技术以及整体器件的一体化生产技术。

考核指标：突破高性能粘结磁粉及其关键制备技术，磁粉综合磁性能（内禀矫顽力（ kOe ）+最大磁能积（ MGOe ）） ≥ 58 ；突破高温稳定性辐射取向粘结磁环关键成型技术，环形磁体最大

磁能积 ≥ 20 MGOe, 内禀矫顽力 ≥ 12 kOe, 内禀矫顽力温度系数 $|\alpha(H_{cJ})| < 4.5 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ (室温至 120°C); 开发出高性能刚性或柔性粘结磁体、磁环、磁瓦的成套应用技术。申请发明专利 ≥ 10 项。

1.5 高性能永磁材料及热压流变取向新技术(共性关键技术)

研究内容: 针对新能源汽车驱动电机的高耐温、高功率密度、高耐蚀、降成本等技术和市场要求, 研发高性能异性热压磁体。通过成分和工艺的优化突破热压磁体的技术瓶颈, 开展长片状、环形等不同形状磁体各向异性形成机理研究, 解决异形热压磁体成型困难、均匀性差的难点; 研发制备具有高磁能积、高耐温性、高均匀性、良好耐蚀性、高材料利用率的长片状、环形等热压磁体的制备技术及装备。

考核指标: 高磁能积热压磁体的最大磁能积 ≥ 54 MGOe; 制备的磁环直径 < 6 mm, 剩磁 ≥ 12.7 kGs, 表磁不均匀性 $\leq 5\%$; 长度方向 ≥ 40 mm 的长片状磁体, 室温最大磁能积 ≥ 40 MGOe, 内禀矫顽力 ≥ 18 kOe@ (无 Dy、Tb), 磁体磁性能的内部偏差率优于 $\pm 4\%$, 内禀矫顽力 ≥ 7 kOe@ 150°C 。申请发明专利 ≥ 5 项。

1.6 多尺度功能基元构筑的高性能稀土永磁材料(基础前沿技术)

研究内容: 基于不同尺度相互作用机理的差异, 开展层状原子结构、纳米晶粒、微米或毫米颗粒等多尺度功能基元构筑的新型稀土永磁材料的原理和验证研究。研究基元的成分和结构对材料磁性的影响和调控作用; 开发包括纳米尺度硬磁基元的取向技

术和多种功能基元的三维可控构筑技术，揭示制备工艺—微结构—宏观磁性之间的关系；以磁能积超过现有材料的理论值为导向，探索基于功能基元的新概念永磁材料的新原理、新技术或新方法。

考核指标：用于微型永磁电机或者微机电系统的 RE-TM-B（RE-稀土，TM-过渡金属）系列微纳尺度的永磁基元的内禀矫顽力 $\geq 12\text{kOe}$ 。RE-TM-B/RE-Co 全致密多基元杂化磁体的最大磁能积 $\geq 35\text{ MGOe}$ ，使用温度 $\geq 180^\circ\text{C}$ 。各向异性多基元（RE-Fe-N/RE-TM-B）磁粉的最大磁能积 $\geq 40\text{ MGOe}$ ，矫顽力温度系数 $|\alpha(H_{cJ})| < 5.7 \times 10^{-3}/^\circ\text{C}$ （温度区间 $20\sim 120^\circ\text{C}$ ）。研制新型永磁材料 ≥ 2 种。申请发明专利 ≥ 10 项。

2. 新型高效稀土光功能材料及应用技术

2.1 新型高效深红-近红外发光材料及应用技术（共性关键技术）

研究内容：面向安防监控、现代农业、食品安全和光伏等领域对荧光转换型深红—近红外发光材料的重大需求，采用第一性原理计算及高通量材料设计技术，筛选高效匹配的基质材料和发光中心，设计适合近紫外—蓝光激发的新型高效深红—近红外发光材料；研究其发射光谱定向调谐及发光效率增强技术，粒度、形貌等可调控的关键制备技术；研究其在热、湿、光辐照下的光色衰减机理，开发材料耐候性提升技术；开发基于深红—近红外发光材料的应用技术。

考核指标：研制出 ≥ 5 种（发射峰值波长不同）近紫外—蓝

光激发下峰值波长范围为 700~1100 nm 的新型深红—近红外发光材料，其外量子效率 $\geq 35\%$ 、其中至少 3 种 $\geq 40\%$ ，热猝灭特性 $\geq 90\% @ 100^\circ\text{C}$ ；形成 ≥ 3 个应用场景。申请发明专利 ≥ 10 项。

2.2 超高能量分辨及多模探测用稀土卤化物闪烁晶体制备技术（共性关键技术）

研究内容：针对国土安全、深海深空探测领域对高性能闪烁材料的迫切需求，探索超高能量分辨、中子—伽马多模探测用稀土卤化物闪烁晶体成分/结构设计、性能调控核心规律；开发相关晶体高纯无水原料批量制备、单晶高效生长、晶体防潮加工及封装关键制备技术；开发基于高性能稀土卤化物闪烁晶体的新型先进辐射探测器件制备技术。

考核指标：开发出 ≥ 2 种超高能量分辨（能量分辨率 $< 2.5\% @ 662\text{keV}$ ）和中子—伽马多模探测（中子—伽马甄别品质因子 ≥ 2.5 ）稀土卤化物闪烁晶体新材料，形成晶体高纯原料制备—单晶生长—加工封装全链条关键技术，晶体器件直径 ≥ 3 英寸；开发出 ≥ 2 种满足温度 $\geq 50^\circ\text{C}$ 、湿度 $\geq 80\text{RH}\%$ 环境使用的辐射探测器件。申请发明专利 ≥ 10 项。

2.3 紫光激发新型高效稀土发光材料及应用基础（基础前沿技术）

研究内容：面向类太阳光 LED 健康照明迫切需求，建立发光性能高通量计算设计的筛选因子集，研究发光材料基质的组分、结构、缺陷等因素与发光、热猝灭性能的构效关系，设计和开发

适用于紫光（400~420 nm）激发的新型高效稀土发光材料；研究晶体场对光谱调谐及发光效率增强的共性规律；研究温度、湿度等多场耦合条件下发光材料的失效基础理论及可靠性提升关键技术，探索其封装应用技术方案。

考核指标：完成 $\geq 10^4$ 个样本的高通量计算筛选预测，研发出 ≥ 5 种适合紫光激发的新型多色稀土发光材料，蓝色、青色、绿色和长波红色发光材料的发射峰值波长分别位于450~480 nm、485~500 nm、510~540 nm和650~680 nm，其中 ≥ 4 种外量子效率 $\geq 60\%$ ，热猝灭特性 $\geq 85\% @ 120^\circ\text{C}$ ，LED封装器件（0.5 W）的 $R_a \geq 95$ （ $R_g \geq 100$ 和 $R_f \approx 100$ ）时光效 $\geq 120 \text{ lm/W}$ 。申请发明专利 ≥ 10 项。

3. 高效低成本稀土催化材料及应用技术

3.1 稀土分子筛催化新材料制备关键技术及应用（示范应用）

研究内容：针对催化裂化装置中催化材料高活性与低焦炭产率难以兼顾的难题，研发高性能超稳Y分子筛催化材料，构建多级孔催化剂新体系；研究稀土分子筛催化材料抑焦机理；掌握稀土元素配分、定位分布与催化功能的构效关系；研制稀土高效负载新技术，开发稀土催化材料提升催化活性和选择性的新方法；建立基于外场强化手段的催化剂宏量制备新技术，在催化剂生产装置和催化裂化装置实现应用示范。

考核指标：开发 ≥ 3 类典型稀土配分的催化剂；催化剂磨损指数 $< 2.5\%$ ，比表面 $\geq 260 \text{ m}^2/\text{g}$ ， 800°C 、100%水蒸气老化17小

时微反活性 $\geq 60\%$ 。新型催化剂在百万吨级催化裂化装置实现应用示范，较传统催化剂的活性提高 $\geq 10\%$ 、三烯产率提升 $\geq 2\%$ 、焦炭产率降幅 $\geq 15\%$ 。申请发明专利 ≥ 10 项。

3.2 复杂工况工业烟气深度净化稀土脱硝催化剂及应用（共性关键技术）

研究内容：针对非火电行业（钢铁、有色、化工及水泥等）高温高硫、低温高湿、高碱尘、高空速等复杂工况下的工业烟气脱硝应用需求，研究稀土基及稀土掺杂催化剂在低温反应性能提升、高温抗烧结及抗活性组分流失、耐碱尘/重金属中毒等方面的独特性能，考察烟气中典型组分 SO_2 对催化剂性能的影响规律，并探究其强化机制。开发非火电行业复杂烟气深度净化用无钒稀土基脱硝催化剂，实现共性关键技术的规模化应用。

考核指标：形成 ≥ 2 种无钒稀土基脱硝催化剂；水汽含量（体积） $\geq 15\%$ 条件下，脱硝工作温度 $< 150^\circ\text{C}$ ；宽温脱硝工作温度 $150\sim 350^\circ\text{C}$ ；在非火电行业实现 ≥ 2 个领域的应用示范并稳定运行 ≥ 1 年，满足国家或地方行业最新排放标准。申请发明专利 ≥ 10 项。

3.3 多孔稀土催化与稀土-贵金属催化材料开发（基础前沿技术）

研究内容：针对传统催化剂开发成本高、周期长的问题，利用材料基因工程关键技术，结合高通量计算预测和实验筛选，开发出多孔稀土催化和稀土-贵金属催化新材料，构建包含电子态特征、合成策略与催化性能等参数的稀土催化材料数据库；开发

高通量、高精度的稀土催化材料表征、评价技术；建立“预测—合成—评估—优化”的数字化研发技术，开发“低成本、短周期”的新型稀土催化材料。

考核指标：实现多孔稀土催化材料 $\geq 10^3$ 量级的高效计算，构效模型 $R^2 \geq 0.8$ ，构建 $\geq 10^5$ 条数据的专用数据库，多孔材料比表面积 $\geq 1200 \text{ m}^2/\text{g}$ ，应用于高品质航空燃油制备，反应温度 $< 100 \text{ }^\circ\text{C}$ 、底物转化率 $\geq 99\%$ 、产物选择性 $\geq 99\%$ ；研制出稀土—贵金属催化材料四通道催化活性评价装置、六通道快速老化装置各一套，精密度偏差 $< 5\%$ ，建立 ≥ 3 款车型/机型稀土—贵金属催化材料的仿真模型，完成系统仿真设计与匹配标定，瞬态测试循环实测结果误差 $< 10\%$ 。申请发明专利 ≥ 10 项。

4. 稀土材料绿色智能制备和高纯化技术

4.1 可再生稀土功能材料二次利用技术（共性关键技术）

研究内容：针对我国可再生稀土功能材料现行回收技术能耗高、环境负担重、二次循环率低等问题，采用多级物理和化学工艺，开发基于稀土功能产品加工油泥和废旧产品的绿色高值化再生利用技术，包括高纯度稀土铁硼基超细粉和稀土化合物的制备；采用无压烧结、纳米颗粒改性、晶界扩散等工艺，研制高磁性能再生烧结稀土功能产品；开发可再生稀土功能材料的绿色高值化再生利用全套产业化技术与装备。

考核指标：获得从稀土功能产品加工油泥、废旧产品到再生稀土功能产品的短流程制备产业化新技术；稀土及其它有价元素

综合回收率 $\geq 95\%$ ；再生稀土功能粉末的饱和磁化强度 ≥ 15.5 kGs，粒度 $D_{50} < 2\mu\text{m}$ 。原产品与再生产品的主要性能指标的差值 $< 3\%$ 。制定国家标准 ≥ 1 项。申请发明专利 ≥ 5 项。

4.2 超高纯稀土氧化物/氟化物制备基础（基础前沿技术）

研究内容：面向高功率激光光纤、激光晶体、光学镀膜等对超高纯稀土化合物的迫切需求，开展稀土氧化物/氟化物中杂质深度去除过程与机理研究；开发超高纯稀土氧化物的高效分离提纯及其高温稳定性稀土配合物制备新技术；开发超高纯稀土氟化物的制备及深度脱水除氧新方法；开发高纯稀土氧化物/氟化物的分析方法。

考核指标：探明主元稀土与稀土杂质、碱土/过渡族等非稀土杂质分离的基本规律，获得超高纯稀土氧化物/氟化物制备及分析新方法；获得 ≥ 5 种高于 5N 纯度稀土氧化物，其中 Ca、Si 含量均 < 1 ppm 及 Fe、Co、Cr、V、Ni、Cu、Zn、Mn、Mg 含量均 $< 5 \times 10^{-2}$ ppm；获得 ≥ 2 种 6N 稀土有机配合物， 200°C 时分解率 $< 5\%$ ；获得 ≥ 3 种 4N 高纯稀土卤化物，总氧含量 < 50 ppm。申请发明专利 ≥ 5 项。

4.3 特种稀土功能合金及制备技术（共性关键技术）

研究内容：面向车辆轻量化、核安全屏蔽、高性能电机等领域的材料需要，开发新型特种稀土功能合金，研究稀土元素对合金氧化腐蚀性能、导电性能及电磁性等影响规律及机理；开发稀土合金均质铸造、变形加工及微观组织控制技术，研究其组织结

构、体密度等对阻燃性、核屏蔽性、导电性及磁性等关键性能的影响；研制新型多元稀土合金；开展稀土合金关键制备技术及应用研究。

考核指标：获得稀土特种功能合金的成分—组织—特种性能等关键性能间的变化规律。稀土铜合金电导率 $\geq 50\%$ IACS，电磁屏蔽性能 ≥ 90 dB，抗拉强度 ≥ 800 MPa；阻燃稀土镁合金的燃点 $\geq 900^\circ\text{C}$ ，中性盐雾寿命 ≥ 1000 h，抗拉强度 ≥ 300 MPa；核屏蔽镍基稀土合金（5 mm 厚板）的热中子衰减系数 $\geq 10^{-5}$ 以上，体密度 $8.0\sim 11.0$ g/cm³，抗拉强度 ≥ 600 MPa，断裂延伸率 $\geq 25\%$ 。多种富稀土含量合金纯度 $\geq 3\text{N}5$ 。申请发明专利 ≥ 10 项。

5. 稀土物化功能材料及应用技术

5.1 高能量密度新型稀土储氢材料及应用技术（共性关键技术）

研究内容：针对氢能及储能领域产业技术需求，发展兼具高有效储氢容量和优良平台特性的新型稀土储氢材料，研究材料成分和结构对储氢动力学及热力学性能的影响机制，研究材料结构稳定性、粉化和杂质气体等对循环寿命的影响规律；开发成分和相结构可控的低成本批量制备技术，研制基于新型稀土储氢材料的高能量密度、快动态响应固态储氢装置。

考核指标：新型稀土储氢材料的有效储氢容量 $\geq 1.7\text{wt}\%$ ，室温放氢平台压力 ≥ 0.3 MPa，2000 次吸放氢循环后容量保持率 $\geq 80\%$ ；高密度固态储氢装置的重量储氢密度 $\geq 1.4\text{wt}\%$ ，体积储氢密度 ≥ 55 kg/m³。制定储氢动力学评价标准。申请发明专利 ≥ 10 项。

5.2 高端显示玻璃基板用稀土抛光材料及其应用关键技术 (共性关键技术)

研究内容：针对新型显示用高世代大尺寸显示玻璃基板用稀土抛光材料完全依赖进口的现状，研发高分散、超细、类球形稀土抛光粉的可控制备技术；开展粉体高悬浮稳定、易清洗抛光浆料配方设计等研究；开发高世代大尺寸显示玻璃基板的精密抛光工艺，建立性能检测与评价方法规范。

考核指标：抛光粉体呈纳米类球形颗粒，晶粒大小在 45 ± 5 nm，体粒径 $D_{\max} < 5.5 \mu\text{m}$ ，大颗粒 ($\geq 5 \mu\text{m}$) 数量占比 < 300 ppm，粒度分布 $(D_{90}-D_{10}) / (2D_{50}) < 1$ ；抛光浆料抛光速率 ≥ 500 nm/min，波纹度 $W_a < 2 \times 10^{-2} \mu\text{m}$ ，粗糙度 $R_a < 1 \times 10^{-2} \mu\text{m}$ 。申请发明专利 ≥ 5 项。

5.3 高品质速凝铸片及智能流程技术(示范应用)

研究内容：针对各种稀土功能合金对高品质速凝合金铸片需求，研究微晶合金的喷射速凝技术以及晶粒生长控制技术，探索树枝晶间隔均匀速凝结构的制备技术，研发速凝新设备，开发速凝制备工艺流程智能化控制技术，实现浇铸自动化及温控、抽样、检测和筛分等过程的智能控制，开发低氧含量、低缺陷速凝铸片。

考核指标：速凝片树枝晶间隔为 $2\sim 3 \mu\text{m}$ ，晶粒结构接近磁体单畴颗粒尺寸 ($0.9 \mu\text{m}$)，富稀土相分布均匀，无粗大树枝晶。速凝微晶合金粉尺寸为 $0.8\sim 2 \mu\text{m}$ ，通过智能化流程控制，提高合格产品收率 3%，技术成果在年产千吨生产线示范应用。申请发明

专利 ≥ 5 项。

6. 稀土新材料及材料基因工程等新技术应用

6.1 新型稀土相变制冷材料（基础前沿技术）

研究内容：揭示晶体结构、磁性原子间相互作用、磁晶各向异性等对磁转变温度、磁熵变、饱和磁场的影响规律，设计新型高性能磁制冷材料；研究磁热、电热、压热等热效应的耦合原理，获得增强材料热效应的新方法；研究铸造或粉末冶金高通量合成技术及材料均匀批量化的可控制备技术，获得公斤级可直接应用的制冷材料。

考核指标：研制出 ≥ 2 种新型全温区磁制冷材料，在磁场变化 10 kGs 时，材料的可逆熵变 $\geq 15 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ；建成集磁场、电场、应力场的单/多效稀土固态制冷的功能评测平台；获得公斤级磁致冷材料制备技术。设计出性能不低于原材料 95%，单元微尺度小于 $500\mu\text{m}$ 的制冷器件和磁制冷样机；获得新型稀土相变制冷材料一次高通量合成数量 ≥ 50 个样品的技术。申请发明专利 ≥ 10 项。

6.2 新型易面型稀土基高频材料开发及应用研究（基础前沿技术）

研究内容：针对电力电子、5G 通讯等领域对高频材料的高饱和磁感应强度、高磁导率和低损耗的迫切需求，开发新型易面或易锥面的稀土基高频材料，阐明具有高饱和磁化强度的各磁性相的成相规律以及相转变机制；开展稀土高频材料的内禀磁性设计与可控制备技术研究，并完成小批量试制。

考核指标：获得 ≥ 2 类稀土基高频材料；稀土基高频材料/粘接剂复合体的磁导率分别达到 $20@0.5$ MHz、 $10@30$ MHz，饱和磁感应强度 ≥ 1.1 T；高频损耗 < 5000 mW/cm³(1~5 MHz, 20 mT)；高频电磁波吸收材料工作频率达到 X 波段，有效带宽 ≥ 8 GHz，最大吸收强度达到-40 dB。申请发明专利 ≥ 10 项。

6.3 新型稀土超磁致伸缩材料（共性关键技术）

研究内容：面向换能、驱动、传感等功能器件宽温域应用的发展需求，开展高磁致伸缩系数、高电阻率、低磁致伸缩温度系数的新型稀土磁致伸缩合金成分高通量筛选与设计；建立高性能磁致伸缩材料组分—结构—磁致伸缩性能关系图；研究高电阻高磁致伸缩材料制备新方法；研究强磁场对凝固过程中熔体和生成相产生的作用效果，突破大尺寸高磁致伸缩晶体材料的取向生长、组织结构调控关键技术；实现高性能稀土磁致伸缩材料在石油增采方面的典型应用。

考核指标：开发出 ≥ 2 种新成分稀土磁致伸缩材料；低温度系数磁致伸缩材料：磁致伸缩温度系数 $\Delta\lambda/\Delta T \leq 1.8$ ppm/ $^{\circ}\text{C}@$ （室温~150 $^{\circ}\text{C}$ ），室温磁致伸缩性能 $\lambda_s \geq 1650$ ppm。在 80 kA/m 磁场、10 MPa 预压力条件下，电阻率为 $\rho \geq 1.0 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{m}$ 的高电阻磁致伸缩材料的磁致伸缩性能 ≥ 800 ppm；直径 ≥ 30 mm、长度 ≥ 300 mm 的大尺寸磁致伸缩晶体材料的磁致伸缩性能 ≥ 1250 ppm。制备的 Tb-Dy-Fe 合金中 Laves 相沿 $\langle 111 \rangle$ 方向的晶体取向度和排列程度均 $\geq 80\%$ ；不同批次、沿轴向磁致伸缩性能一致性偏差均

小于 10%。应用于石油开采增采率 $\geq 5\%$ 。

6.4 数据驱动的新稀土功能材料与应用（基础前沿技术）

研究内容：针对稀土功能材料成分和含量敏感、电子结构复杂和数据稀疏等特点，发展稀土光功能、稀土硬磁功能、稀土力热功能、稀土催化功能和稀土磁电功能等新材料数据提取、质量评估与控制技术和方法；发展基于主动学习的多目标协同优化理论、算法和软件，研发材料高通量计算与大数据技术相互融合和迭代的稀土新材料智能化设计和研发技术；构建具有物理可解释性的材料特性参量与目标性能的机器学习模型和数学表达；建设典型稀土功能材料高精度专题数据库，在基于 4f 电子的磁性材料等研发中进行应用，研发出具有自主知识产权和应用前景的新一代稀土功能材料。

考核指标：建成基于材料 3d-4f 电子相互作用理论模型与大数据有机融合的新稀土功能材料智能设计平台和专题数据库；形成 ≥ 3 项稀土材料特征参量优化筛选方法、多目标优化方法，并获得应用；利用机器学习、材料基因工程技术等多种方法并结合第一性原理计算，设计、计算模拟出 ≥ 4 种具有自主知识产权的新概念稀土功能化合物材料；获得 ≥ 2 种新材料的实验验证数据；申请发明专利或著作权登记 ≥ 10 项。

7. 青年科学家项目

7.1 元素双梯度钴基复合磁体变温磁耦合机制及调控技术

研究内容：研究元素交叉梯度及界面特征对 2:17R 相、1:5H

相及复合体系的内禀磁参量的影响规律及其随温度的演变行为，澄清不同温度下钴基复合磁体磁耦合作用类型及其演化调控理论，揭示磁耦合类型、元素梯度分布和微观结构的最佳组合方式，为高工作温度磁体开发提供理论支撑。

考核指标：获得超高温稀土永磁检测技术。在室温至 $\geq 500^{\circ}\text{C}$ 范围，剩磁温度系数 $|\alpha(B_r)| < 4 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ，内禀矫顽力温度系数 $|\alpha(H_{cJ})| < 1.8 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ ；无镀层状态下高低温循环热冲击 50 次后，室温内禀矫顽力衰减率 $< 20\%$ 。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.2 新型高性能稀土激光荧光材料的研制与应用

研究内容：针对新一代超高亮度、超大功率激光照明对关键荧光材料的重大需求，揭示高功率密度激光激发下荧光材料的失效机制，建立科学评价激光荧光材料性能的方法；掌握激光荧光材料的可控制备技术，探索其成分、微观结构与发光效率及可靠性之间的关联关系；开展基于上述材料的白光光源应用研究。

考核指标：掌握激光荧光材料的设计准则，建立激光荧光材料的发光和可靠性评价方法；研发出 ≥ 3 种新型高性能激光荧光材料；制备出耐入射蓝光激光功率密度 $\geq 20 \text{ W}/\text{mm}^2$ 的荧光材料；基于上述材料的激光白光光源的显色指数 ≥ 80 、光效 $\geq 150 \text{ lm}/\text{W}$ 、光通密度 $\geq 500 \text{ lm}/\text{mm}^2$ 、 150°C 下较室温的亮度衰减 $< 5\%$ 。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.3 新型 d-f 跃迁稀土发光材料的设计与应用

研究内容：面向智能透光膜及透明显示器件等领域对光转换

型发光材料的迫切需求，研究湿热稳定性好、发光效率高、紫外耐受性强的新型稀土发光配合物；研制基于配体三线态的 d-f 跃迁稀土发光配合物，研究其在热、湿、连续辐照下的光色衰减机理，开发材料的耐候性提升技术；开发基于光转型发光材料的透明显示技术。

考核指标：研制出 ≥ 3 种近紫外—蓝光激发的红/绿/蓝色新型稀土配合物材料，其外量子效率 $\geq 70\%$ ，热猝灭特性 $\geq 70\% @ 100^\circ\text{C}$ ，制备的三基色透明显示器件（初始亮度 1000 cd/m^2 ）连续工作 1000 h 后衰减 $< 10\%$ 。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.4 新型 Ce 基催化材料结构设计及贵金属减量技术

研究内容：探究稀土 Ce 基催化材料极端服役条件下贵金属团聚和失活机理；考察 Ce 基稀土氧化物载体与贵金属相互作用机制；基于第一性原理和分子动力学等计算模拟手段，剖析组成和尺寸等关键因素对 Ce 基稀土氧化物载体高温热稳定性影响规律，并进行结构设计和筛选，提高贵金属分散度与稳定性，减少催化剂贵金属用量。

考核指标：针对高热稳定性和低贵金属用量汽油车尾气净化催化剂等应用需求，设计出 ≥ 2 种新型 Ce 基催化材料结构，在目前贵金属总量水平上（ $40\sim 50 \text{ g/ft}^3$ ），提出贵金属减量 $\geq 10\%$ 的贵金属分散技术方案。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.5 稀土氧化物缺陷/空位催化作用理论

研究内容：开发稀土氧化物缺陷/空位原位定性、定量表征方

法；探究稀土氧化物中缺陷/空位动态形成机制；解析材料结构、缺陷/空位与催化性能间构效关系，发展稀土氧化物缺陷/空位催化作用理论。

考核指标：建立稀土氧化物缺陷/空位原位定性、定量表征方法；提出稀土氧化物缺陷/空位形成机制；获得材料结构、缺陷/空位与催化性能间构效关系。申请发明专利 ≥ 2 项。

7.6 高性能环保稀土着色剂及其绿色制备新技术

研究内容：针对传统有毒有害着色剂亟需替代的重大应用需求，开发在不使用硫化氢或二硫化碳等危化原料条件下，以稀土氧化物或含氧化合物为原料的绿色高效合成硫化物着色剂新技术；研究稀土氧化物的脱氧加硫技术及机理，探索不同稀土元素的硫化条件与产物之间的内在关系；开展稀土硫化物着色剂表面耐水修饰等应用基础研究。

考核指标：获得不以硫化氢和二硫化碳为原料的稀土硫化物绿色高效制备新技术。制备出 ≥ 3 种新型稀土硫化物着色剂材料，粒度 $D_{50} \leq 3 \mu\text{m}$ ，耐光性8级，红色着色剂的红度值 ≥ 50 ，黄色着色剂黄度值 ≥ 80 ，形成 ≥ 3 个场景应用。申请发明专利 ≥ 3 项。

7.7 超晶格稀土储氢电极材料研究

研究内容：针对节能与新能源汽车对高性能化学电源的技术需求，开发原创性的高放电容量超晶格稀土储氢电极材料，研究化学组成与热处理制度对材料晶体结构、物相演变的影响规律，探究充/放电循环过程中储氢材料的成分分布状态及其结构演变

规律，开发超晶格稀土储氢材料结构和性能调控技术及其电极材料产品。

考核指标：获得高容量超晶格稀土储氢电极材料，放电容量 ≥ 370 mAh/g (30°C, 60 mA/g 充/放)；放电容量 ≥ 350 mAh/g (30°C, 300 mA/g 充/放)，300 mA/g 充/放循环 200 周后放电容量 ≥ 290 mAh/g (30°C, 60 mA/g 充/放)；放电容量 ≥ 260 mAh/g (-30°C和 70°C, 60 mA/g 充/放)。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.8 高性能稀土生物特种纤维及制备技术

研究内容：针对下一代高端装备对高强高韧纤维及保温功能的迫切需求，开发系列具有光热转化特性的稀土蛋白质及其高性能特种纤维材料。探索稀土结构蛋白分子高效合成以及多尺度精确组装；发掘稀土蛋白质生物合成的新方法，揭示不同稀土元素对稀土蛋白质的功能性差异影响；实现高强高韧稀土蛋白纤维材料的工程化技术突破和装备蓄热应用。

考核指标：建立稀土功能蛋白质理性设计和工程化制备技术路线；开发 ≥ 3 种具有光热功能的稀土高强高韧生物纤维，光热转化效率 $\geq 30\%$ ，拉伸强度 ≥ 500 MPa，杨氏模量 ≥ 10 GPa，韧性 ≥ 80 MJ/m³。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.9 稀土掺杂高综合性能铁氧体及制备技术

研究内容：针对我国稀土掺杂高性能铁氧体研发及产业流程技术落后于国外的局面，研究 Ca²⁺、La³⁺组合替代 Sr²⁺大幅度提高 M 主相饱和磁感应强度 B_s 的机制和技术，研究 Co²⁺替代 Fe³⁺

对离子电荷平衡和温度稳定性提高的作用，揭示内禀矫顽力温度系数 $\alpha(H_{cJ})$ 与成分和微观结构的关联。研究关键工艺参数对稀土掺杂高综合磁性能铁氧体材料微观结构和磁性能的影响。

考核指标：稀土掺杂铁氧体综合磁性能（内禀矫顽力（kOe）+最大磁能积（MGOe）） ≥ 10 ，其中 $(BH)_{\max} \geq 4.6$ MGOe， $H_{cJ} \geq 5.4$ kOe，径向收缩率 SHR=（13 \pm 0.5）%，耐击穿电压 V-AC ≥ 1.8 kV；获得实验室成果向千吨级生产线转化的关键技术。申请发明专利 ≥ 5 项。

7.10 新型稀土基多层阻抗渐变宽频吸波复合材料

研究内容：针对航空航天、国防军工对宽频吸波材料的高阻抗匹配度、高耐环境性、结构功能一体化的迫切需求，开发新型稀土掺杂磁性金属或铁氧体吸波层，与阻抗匹配层、高耐环境性树脂分层层级构筑复材，阐明稀土占位、价态、晶体结构对其成相规律、共振频率及高频电磁参数的影响，揭示阻抗匹配层与电波吸波层的匹配及协同作用机制；实现稀土吸波结构功能一体化复材的设计、可控制备及环境应用，建立多层阻抗渐变模型。

考核指标：获得 ≥ 2 种稀土掺杂的高频阻抗渐变吸波复合材料；工作频率达到 2~18 GHz，有效吸收频宽（RL $<$ -10 dB） > 10 GHz，最大垂直反射率 $<$ -30 dB，且在盐雾、氧化等恶劣环境下（70 天内）仍能保持 90%的宽频吸波性能。

7.11 稀土基化合物相平衡和相结构的高通量实验测定

研究内容：利用材料基因组工程的“扩散多元节”高通量实

验技术，实验测定稀土基三元体系的相平衡、组织结构及凝固路径，获得稀土化合物晶体结构及相平衡的准确信息，揭示稀土基材料的成相规律和稳定条件。根据相平衡、组织结构及凝固路径等的实验参数，采用国际先进的相图计算（CALPHAD）方法，构建相图热力学数据库。

考核指标：建立 Nd-Dy (Tb) -Y (Sm) -Fe-B 稀土基合金体系的原子迁移率耦合热力学描述，获得合金微观组织与凝固速率的关系，建立稀土基多组元合金体系的相图热力学数据库。申请发明专利 ≥ 5 项。

附件 3

“先进结构与复合材料”重点专项 2021 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“先进结构与复合材料”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：面向制造强国、交通强国、航天强国建设等国家重大需求部署先进结构与复合材料研发任务，形成国产材料体系化自主研制和保障能力，实现航空发动机、重载火箭、国产大飞机、核电工程装备、深海油气资源开采等国家大型工程等急需的关键结构与复合材料的国内自主供给。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕高性能高分子材料及其复合材料、高温与特种金属结构材料、轻质高强金属及其复合材料、先进结构陶瓷与陶瓷基复合材料、先进工程结构材料、结构材料制备加工与评价新技术、基于材料基因工程的结构与复合材料 7 个技术方向。按照“基础前沿技术、共性关键技术、示范应用”三个层面，拟启动 37 个项目，拟安排国拨经费 6.32 亿元。其中，拟部署 9 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 3600 万元，每个项目 400 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项

目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 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。基础研究项目下设课题数不超过 4 个，参与单位总数不超过 6 家；共性关键技术和典型应用示范项目下设课题数不超过 5 个，参与单位总数不超过 10 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，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 高性能高分子材料及其复合材料

1.1 高性能全芳香族纤维系列化与规模化制备关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对航空航天、武器装备等亟需的高强度高韧结构材料应用需求，开展高性能全芳香族纤维制备关键技术及其应用研究。揭示大分子刚性链结构、纤维纺丝成型、凝聚态及其性能之间的内在规律，攻克全芳香族纤维制备共性科学问题；研究高

强/高模芳纶纤维成型和热处理工艺，突破制备关键制备技术及成套装备；研究高伸长耐高温芳纶 III 纤维、芳纶纸及其蜂窝应用技术；探讨高性能液晶纺丝聚芳酯聚合物结构设计、固态缩聚反应动力学和纤维冷却成型机理，攻克聚芳酯纤维制备关键技术。

考核指标：对位芳纶：高强型复丝纤维纤度范围 930~1110dtex、拉伸强度 ≥ 23 cN/dtex、离散系数 $\leq 3.0\%$ 、拉伸模量 ≥ 580 cN/dtex，高模型复丝纤度范围 1110~1670dtex、拉伸强度 ≥ 20 cN/dtex、离散系数 $\leq 3.0\%$ 、拉伸模量 ≥ 800 cN/dtex，分别建成产能 3000 吨/年的生产示范线；芳纶 III 纤维拉伸强度 ≥ 32 cN/dtex、拉伸模量 ≥ 850 cN/dtex、伸长率 $\geq 4.0\%$ ，芳纶 III 纸纵向抗张强度 ≥ 1.8 KN/m、拉伸模量 ≥ 2000 MPa，芳纶 III 蜂窝（1.83-48）稳定压缩强度 ≥ 2.28 MPa，250°C 强度保持率 $\geq 60\%$ ，典型应用通过功能和静力考核；聚芳酯纤维：纤维单丝纤度 3~5dtex，复丝拉伸强度 ≥ 23 cN/dtex，拉伸模量 ≥ 500 cN/dtex，极限氧指数 $\geq 28\%$ ，建成产能 100 吨/年以上的生产示范线。

1.2 面向高端应用的阻燃高分子材料关键技术开发（共性关键技术）

研究内容：面向 5G 通讯和轨道交通等高端制造业的需求，形成一批具有国际领先水平和自主知识产权的合成树脂材料及应用技术。重点开发 PCB 的无卤高阻燃、高 Tg、低介电性能的环氧树脂；高阻燃耐老化热塑性弹性体 TPE 和聚脲弹性体无卤阻燃技术及应用；研发本征阻燃高温炭化不熔滴聚酯和低热释放本征

阻燃聚碳酸酯合成技术；本征阻燃尼龙 66 工程化制备及其应用，完成万吨级规模化生产与应用示范。

考核指标：各种材料的阻燃达到 UL94V-0，其中 PCB 材料， $D_k < 4.0$ ， $D_f < 0.008$ ， $T_g > 170^\circ\text{C}$ ；聚烯烃弹性体断裂伸长率 $\geq 400\%$ ；建成百吨级聚脲弹性体生产线，阻燃 LOI $\geq 28\%$ ，断裂伸长率 $\geq 350\%$ ；本征阻燃聚酯 $T_g \geq 85^\circ\text{C}$ ，拉伸强度 $\geq 85\text{MPa}$ ，炭化不熔滴；聚碳酸酯阻燃等级 UL94 5VA（厚度 1.5mm）；本征阻燃尼龙 66 拉伸强度 $\geq 60\text{MPa}$ ，LOI $> 30\%$ 。

1.3 低成本生物基工程塑料的制备与产业化（共性关键技术）

研究内容：面向生物基高分子材料成本高和高性能工程塑料牌号少的问题，集中开发低成本生物基呋喃二甲酸（FDCA）、异山梨糖醇的制备技术；开发 1,4-环己烷二甲醇（CHDM）和 2,2,4,4-四甲基环丁二醇（CBDO）的国产化制备技术，基于生物基单体和新型单体开发 PEF、PCF、PIF 和 PETG 等生物基聚酯以及 PIC、PCIC 等生物基聚碳酸酯，从单体、聚合物到后端应用全链条研究。精细调控产品结构，研究产品的耐温性能、力学性能、阻隔性能等，开发不低于 8 种高性能聚酯和聚碳酸酯产品，并在包装领域得到应用。

考核指标：呋喃二甲酸的产品纯度大于 99.9%，吨级成本低于 2 万元，完成千吨级中试示范；CHDM 和 CBDO 纯度 $\geq 99.9\%$ ，完成千吨级中试示范；异山梨醇产品纯度 $\geq 99.5\%$ ，完成千吨级中试示范；PEF 的力学强度 $\geq 75\text{MPa}$ ，玻璃化转变温度 $\geq 80^\circ\text{C}$ ，

建立万吨级产业化生产线。基于 CHDM 和 CBDO 开发低成本系列聚酯以及与呋喃二甲酸、异山梨醇的生物基聚酯或聚碳酸酯，产品的成本低于 2 万元/吨，拉伸强度 $\geq 80\text{MPa}$ ，拉伸模量 $\geq 2.5\text{GPa}$ 。开发不低于 8 个牌号的新产品，实现聚酯、聚碳酸酯的千吨级稳定生产。

2. 高温与特种金属结构材料

2.1 高温合金纯净化与难变形薄壁异形锻件制备技术（共性关键技术）

研究内容：针对国产高温合金冶金质量差、材料综合利用率低、力学性能波动大等问题，研究镍基高温合金纯净熔炼、返回料处理和再利用技术，返回料与全新料混合重熔工艺；开发难变形高温合金成分优化及纯净熔炼、铸锭均匀化热处理、合金铸锭均质开坯、棒料细晶锻制、大型薄壁异形环形件整体制备等工艺技术，建立合金工艺与成分、组织和性能的影响关系，实现高温合金棒材和锻件组织均匀性和性能一致性的优化控制，完成合金制备工艺、材料与构件质量评估及在先进能源动力装备的考核验证。

考核指标：母合金铸锭返回料添加比例在 40% 以上，力学性能与全新料相当，O、N、S 总含量 $\leq 30\text{ppm}$ 、45 种痕量元素总含量 $\leq 200\text{ppm}$ ；环形锻件晶粒度不小于 4 级且级差不超过 2 级，室温拉伸强度 $\geq 1210\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 15\%$ ，760°C 拉伸强度 $\geq 850\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 25\%$ ，730°C/550MPa 持久时间 ≥ 23 小时；锻件外径尺寸 1500~2500mm、高度 700~1000mm、壁厚 25~70mm，

材料利用率较现有技术提升 30%以上。

2.2 高品质 TiAl 合金粉末制备及 3D 打印关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对电子束 3D 打印所需的低氧含量球形 TiAl 合金粉末，研究铝元素挥发、粉末球形度差、空心粉高问题，突破工业化生产球形 TiAl 合金粉末和工业化 TiAl 构件增材制造关键技术；开展增材制造 TiAl 合金的材料—工艺—组织—缺陷—性能一体化系统研究及典型服役性能测试，突破构件增材制造工艺及性能控制关键技术，掌握包括材料、工艺、组织调控、性能特征及典型应用，为新一代航空发动机高温关键构件制造及工业化应用提供技术支撑。

考核指标：粉末指标：粉末粒度 45~105 μm ，收得率 $\geq 40\%$ ，粉末氧含量 $\leq 0.075\text{wt}\%$ ，粉末流动性 $\leq 35\text{s}/50\text{g}$ ；成形件指标：室温抗拉强度 $\geq 600\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 1.5\%$ ，650 $^{\circ}\text{C}$ 抗拉强度 $\geq 500\text{MPa}$ ，650 $^{\circ}\text{C}$ 高周疲劳强度（ σ_{-1} ， $K_t=1$ ， $N=1\times 10^7$ ） $\geq 300\text{MPa}$ ，650 $^{\circ}\text{C}$ 持久强度（ $\sigma_{100\text{h}}$ ） $\geq 250\text{MPa}$ 。

2.3 光热发电用耐高温熔盐特种合金研制与应用（示范应用）

研究内容：针对太阳能光热发电产业低成本高效发电可持续发展需求，以下一代低成本高效超临界二氧化碳光热发电系统中耐高温氯化物混合熔盐特种金属材料及其制造技术为研究对象，研究耐高温不锈钢、高温合金板材及其焊接界面在高温氯化物、硝酸盐中的腐蚀机理和服役寿命预测技术，研究满足氯化物和硝

酸盐熔盐发电系统用的耐高温不锈钢、高温合金板材成分和组织设计及其批量制造技术，开发耐高温熔盐不锈钢、高温合金成型和焊接行为及其先进制备技术，发展高温合金长寿命高吸收率吸热涂层，实现高性能不锈钢、高温合金产品开发及应用示范。

考核指标：耐高温不锈钢、高温合金板材耐熔盐腐蚀性能达到国际先进水平（满足行业标准要求），不锈钢在 800°C 氯化物、600°C 硝酸盐中的腐蚀速率 $< 0.01\text{mm}/\text{年}$ ，高温合金在 800°C 氯化物、600°C 硝酸盐中的腐蚀速率 $< 0.005\text{mm}/\text{年}$ ；形成耐高温氯化物熔盐的不锈钢和高温合金设计与板材先进制造技术，高温合金板材涂层太阳能吸收率 > 0.96 ；形成万吨级以上耐高温熔盐不锈钢板材、百吨级耐高温熔盐高温合金板材研发和生产能力，在光热发电系统中获得示范应用。

2.4 海洋工程及船用高端铜合金材料（共性关键技术）

研究内容：针对舰船和海洋装备泵体、管路及阀门等耐蚀性差、服役寿命短、高端材料依靠进口的问题，研究海洋工程及船用新型高性能铜合金材料设计、成分—组织—工艺内禀关系、腐蚀行为及耐蚀机理，开发耐高流速海水冲刷型铜合金承压铸件制备、超大口径耐蚀铜合金管材加工及管附件成形、海洋油气开采用高耐磨高耐蚀铜合金管棒材加工及热处理组织性能调控等高质量低成本工业化制造技术，开展产品应用技术研究，实现高端铜合金典型产品示范应用。

考核指标：耐高流速海水冲刷铜合金铸件室温抗拉强度 \geq

500MPa、断后伸长率 $\geq 16\%$ ，5m/s 海水冲刷腐蚀速率 $\leq 0.05\text{mm/年}$ ；超大口径耐蚀铜合金管材及管附件最大外径 $\geq 500\text{mm}$ ，室温抗拉强度 $\geq 350\text{MPa}$ 、断后伸长率 $\geq 30\%$ ，3.5m/s 海水冲刷腐蚀速率 $\leq 0.20\text{mm/年}$ ；高耐磨高耐蚀铜合金管材室温抗拉强度 $\geq 1100\text{MPa}$ 、断后伸长率 $\geq 3\%$ 、HRC 硬度 ≥ 34 ，相同腐蚀试验条件下均匀腐蚀速率不高于进口 C72900 材料水平；形成铸件 500 吨/年、管材及管附件 5000 吨/年的工业化规模生产能力。

3. 轻质高强金属及其复合材料

3.1 苛刻环境能源井钻采用高性能钛合金管材研究开发及应用（示范应用）

研究内容：针对我国油气、可燃冰等能源钻采高耐蚀和轻量化的紧迫需求，研究苛刻环境下高强韧耐蚀钛合金多相组织强韧化、抗疲劳机理，以及高温、高压、腐蚀、疲劳等服役环境下材料损伤及失效机理；建立服役环境适应性材料设计方法及油气井钻采用钛合金钻杆、油套管服役性能适用性评价方法；开发高性能大规格钛合金无缝管材成套工艺技术及关键应用技术；制定专用标准规范，开展苛刻服役条件下应用研究，实现工业化规模稳定生产，在典型应用场景实现示范应用。

考核指标：钛合金油套管最大直径/厚度/长度 $\geq \phi 270\text{mm}/15\text{mm}/10\text{m}$ ，钻杆最大直径/厚度/长度 $\geq \phi 140\text{mm}/10\text{mm}/8\text{m}$ ；屈服强度 $\geq 900\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 12\%$ 、冲击功 $A_{kv} \geq 50\text{J}$ ；钻杆全尺寸实物弯曲疲劳寿命 $\geq 10^7$ 次；在 100°C 、

20wt.%HCl 及 5wt.%CH₃COOH 酸化条件下，均匀腐蚀速率 ≤ 0.025mm/h；钛合金耐磨涂层实物的工况磨损率 < 10%/100h；完成 3 种以上典型规格高强韧耐蚀钛合金管材的全尺寸实物验证试验；连接螺纹结构满足石油天然气工业特种管材技术规范要求；形成标准和技术规范 2 项以上；实现 2 种以上典型工况的现场示范应用。

3.2 先进铝合金高效加工及高综合性能研究（共性关键技术）

研究内容：针对汽车、飞行器以及船舶等提速减重、绿色制造的迫切需求，开展以铸代锻、整体成型、短流程、低排放的高效加工技术研究，研发高综合性能的先进铝合金材料；开展先进铝合金材料综合性能评价及加工技术效能评价，形成铸锻一体成型的新型高综合性能铝合金高效加工技术，将铸造、增材制造等铝合金提升到变形铝合金强度水平。

考核指标：铸锻一体成型高强铝合金屈服强度 > 350MPa、延伸率 > 6%、碳排放比 A356 合金减少 10%，建设 10000 吨/年生产线，示范应用于飞行器、船舶等；高强传动连接铝合金材料，抗拉强度 ≥ 450MPa、屈服强度 ≥ 400MPa、延伸率 ≥ 8%、疲劳强度 ≥ 300MPa、焊接系数达到 0.85、满足高强传动连接部件需求、建设 10000 吨/年生产线、示范应用于汽车、飞行器等；核电超高强铝合金管材外径 150mm、壁厚 3.5mm、抗拉强度 ≥ 650MPa、满足应用要求；高强铝合金增材制造产品屈服强度 ≥ 400MPa、延伸率 ≥ 6%、疲劳强度 ≥ 200MPa、建立 100 吨/年生产线，示范应用

于汽车、飞行器。

3.3 高性能镁合金大型铸/锻件成形与应用（共性关键技术）

研究内容：针对商用车、高速列车、航空航天等领域的轻量化紧迫需求，探索热—力耦合条件下大容积镁合金凝固与形变过程中成分—组织—性能演变规律与调控技术，开发适合于大型铸/锻件的高性能镁合金材料；研究大型镁合金铸/锻件组织均匀化与缺陷调控机理，开发高致密度铸造成形技术、大体积熔体清洁传输及半连续铸造技术、挤锻复合一体成形技术；开展大型承载件的结构设计、产品制造、腐蚀防护及使役性能评价等技术研究，并实现示范验证与规模化应用。

考核指标：开发 1 类既适合铸造又适合锻造的高性能镁合金材料，压铸件实体抗拉强度 $\geq 300\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 180\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 8\%$ 、最大投影面积 $\geq 1\text{m}^2$ ；锻件实体主变形方向抗拉强度 $\geq 470\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 350\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 10\%$ ，其余方向抗拉强度 $\geq 420\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 8\%$ ，长度 $\geq 1.2\text{m}$ ，最大重量 $\geq 350\text{kg}$ ；大型压铸件内部孔隙率低于 3%，大锻件探伤质量优于 A 级；大型铸锻件表面处理后耐中性盐雾腐蚀 $\geq 2000\text{h}$ ，膜层均匀性 $\pm 5\mu\text{m}$ ；实现 2 种以上大型镁合金铸/锻件在商用车、高速列车、航空航天等上的考核验证和示范应用，形成镁合金大型铸/锻件 20 万件/年的工业化规模生产能力。

3.4 新型结构功能一体化镁合金变形加工材制造技术（共性关键技术）

研究内容：针对航空航天、轨道交通、能源采掘、电子通信等重大装备升级换代的紧迫需求，研究新型强化相对镁合金力学性能与功能特性的协同调控机理，发展新型结构功能一体化镁合金材料与新型非对称加工技术，开发大规格高强阻尼镁合金环件、宽幅阻燃镁合金型材、高强可溶镁合金管材、高强电磁屏蔽/高导热镁合金板材的工业化制造成套技术及关键应用技术，并实现典型示范应用。

考核指标：高强阻尼镁合金环件直径 $\geq 3000\text{mm}$ 、抗拉强度 $\geq 420\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 320\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 6\%$ 、比阻尼系数 $\geq 20\%$ ，阻燃镁合金型材宽度 $\geq 450\text{mm}$ 、抗拉强度 $\geq 310\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 260\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 10\%$ 、燃点 $\geq 800^\circ\text{C}$ ，高强可溶镁合金管材抗拉强度 $\geq 450\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 340\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 5\%$ 、溶解速率 $\geq 60\text{mg}/(\text{cm}^2\cdot\text{h})$ ，高强电磁屏蔽/高导热镁合金板材宽度 $\geq 800\text{mm}$ 、抗拉强度 $\geq 350\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 280\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 8\%$ 、屏蔽效能 $\geq 80\text{dB}$ /热导率 $\geq 125\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，形成结构功能一体化镁合金变形材 15000 吨/年和新型可溶镁合金加工材 5000 吨/年的工业化规模生产能力，实现 3 种以上结构功能一体化镁合金材料在航空航天、轨道交通、能源采掘、电子通信等重大装备上的示范应用。

3.5 极端环境特种服役构件用构型化金属基复合材料（示范应用）

研究内容：针对航空航天特种服役构件用耐疲劳高强韧铝基

复合材料、耐热高强韧钛基复合材料以及岛礁建设与隧道掘进等重大工程用高耐磨钢铁基复合材料，开发铝、钛基复合材料用合金粉末的低成本制备技术，解决传统制粉技术细粉出粉率低、氧含量高等技术难题，实现高端铝、钛合金粉末规模化制备。探索复合材料体系—复合构型设计—复合技术—宏微观性能耦合机制与协同精确控制机理，开发跨尺度分级复合构型的定位控制、界面效应与组织精确调控、性能及质量稳定性控制、大型结构件塑性加工与热处理、低成本批量制备等产业化关键技术，开展特种服役性能评价、全寿命预测评估与应用技术研究，建立相关标准规范，实现其稳定化生产与应用示范。

考核指标：复合材料制备用粉末指标，粒度小于 $25\mu\text{m}$ 铝合金粉末一次收得率 $\geq 60\%$ ，氧含量 $\leq 150\text{ppm}$ ，无卫星球，空心球含量 $\leq 2\%$ ，流动性 $\leq 35\text{s}/50\text{g}$ ，与传统雾化技术相比制备成本降低 50% 以上；粒度小于 $25\mu\text{m}$ 钛合金粉末一次收得率 $\geq 30\%$ ，氧含量 $\leq 1000\text{ppm}$ ，流动性 $\leq 40\text{s}/50\text{g}$ ，成本降低 50% 以上；铝基复合材料室温抗拉强度 $\geq 530\text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 350\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 8\%$ ，弹性模量 $\geq 97\text{GPa}$ ，旋转弯曲疲劳性能 (1×10^7 次) $\geq 250\text{MPa}$ ，断裂韧性 $\geq 30\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ，开发出大尺寸复杂形状锻件，坯锭单锭重量 ≥ 1.5 吨，锻件最大投影面积 $\geq 2\text{m}^2$ ，建成年产 400 吨铝基复合材料及锻件的生产示范线；耐热、高强韧构型化钛基复合材料室温抗拉强度 $\geq 1200\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 1100\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 7\%$ ， 700°C 持久时间较基体钛合金提高 30 倍以上， 750°C 抗拉强度 \geq

500MPa; 高耐磨构型设计钢铁基复合材料的基体材料抗拉强度 $\geq 900\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 800\text{MPa}$ 、硬度 HRC ≥ 60 、冲击韧性 $\geq 10\text{J/cm}^2$, 复合层厚度 5~100mm 可调, 使用寿命较相应基体提高 3 倍以上, 复合构件重量规格可覆盖 10~10000 kg、壁厚规格可覆盖 10~300mm; 开发出极端环境特种服役构件用构型化金属基复合材料典型产品的工业化制造成套技术与装备, 并在飞行器耐热、耐疲劳等承载关键件以及岛礁建设与隧道掘进等重大工程用耐磨构件上实现批量示范应用。

3.6 高端装备用高强轻质、高强高导金属层状复合材料研制及应用（示范应用）

研究内容: 针对高速列车、先进飞机、防护车辆等高端装备轻量化、高性能化的迫切需求, 研究高性能多层铝合金板材、铜包铝合金等层状复合材料界面结构与复合机理, 探索应用人工智能、大数据等前沿技术优化界面调控的理论与方法, 阐明铝合金复合板材的叠层结构、复合界面、陶瓷颗粒第二相等在高应变速率下抵抗冲击的作用机理; 开发防护车辆、特种装备等用抗冲击多层高强铝合金复合板材的工业化制造成套技术及复合板材的性能评价等关键应用技术; 开发高速列车、航空航天、电力电器等高端装备用铜包铝合金复合材料短流程高效工业化生产成套技术及多场景应用关键技术, 实现在高端装备上的示范应用。

考核指标: 多层铝合金复合板材抗拉强度 $\geq 580\text{MPa}$, 规定塑性延伸强度 $\geq 530\text{MPa}$, 断后伸长率 $\geq 8\%$, 界面剪切强度 \geq

90MPa，高应变速率下（ $5.0 \times 10^3/s$ ）的抗冲击强度比 7A52 铝合金板材提高 30%以上，形成多层铝合金复合板材 1 万吨/年的工业化规模生产能力。铜包铝合金加工态抗拉强度 $\geq 350\text{MPa}$ 、断后伸长率 $\geq 3\%$ ，退火态抗拉强度 $\geq 220\text{MPa}$ ，断后伸长率 $\geq 20\%$ ，界面剪切强度 $\geq 50\text{MPa}$ ，电导率 $\geq 66\%IACS$ ，形成铜包铝合金复合材料产品 2 万吨/年的工业化规模生产能力。

4. 先进结构陶瓷与陶瓷基复合材料

4.1 高端合金制造及钢铁冶金用关键结构陶瓷材料开发及应用（示范应用）

研究内容：面向冶金产业提升的发展需求，研究高端合金制造及钢铁新技术领域用关键结构陶瓷材料组分设计与制备技术，开发高品质高温合金制备用结构陶瓷材料、冶金领域用高效节能硼化锆陶瓷电极、薄带连铸用结构功能一体化陶瓷材料的规模化生产工艺，开展应用评价技术研究，建立规模化生产线，研制关键生产设备，制定制备及检测标准。

考核指标：高品质高温合金制备用结构陶瓷的应用使高温合金纯净度达到国际领先水平，与同类普通材料相比，关键性能指标上提高 50%，使用寿命提高 30%；高效节能硼化锆陶瓷电极的常温弯曲强度 $> 300\text{MPa}$ ，耐 2000°C 高温氧化，电阻率 $15 \sim 200\mu\Omega \cdot \text{cm}$ ，连续使用寿命 1 年以上，节电效率 $\geq 15\%$ ；陶瓷侧封材料热导率 $\leq 20\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，热膨胀系数 $\leq 3 \times 10^{-6}/\text{K}$ ，使用温度 $\geq 1800^\circ\text{C}$ ，常温弯曲强度 $\geq 150\text{MPa}$ ，高温（ $1400^\circ\text{C}/0.5\text{h}$ ）弯曲强度

≥30MPa，杨氏模量≥70GPa，表面加工精度±1μm，实现稳定高效批量化制备以及总体使用寿命6小时以上。

4.2 低面密度空间轻量化碳化硅光学—结构一体化构件制备（基础前沿技术）

研究内容：针对空间遥感光学系统的应用需求，研究低面密度空间轻量化碳化硅光学—结构一体化构件的结构拓扑设计，开展复杂形状碳化硅构件的增材制造等新技术、新工艺研究，开发低面密度复杂形状碳化硅构件的近净尺寸成型与致密化烧结技术，开展低面密度空间轻量化碳化硅光学—结构一体化构件的光学加工与环境模拟试验研究，实现满足空间遥感光学成像要求的低面密度碳化硅光学—结构一体化构件材料制备。

考核指标：碳化硅陶瓷材料开口气孔率≤0.5%，弹性模量≥350GPa，弯曲强度≥350MPa，热导率≥160 W/(m·K)；光学—结构一体化构件尺寸≥500mm，面密度≤25kg/m²，表面粗糙度Ra≤1nm，面形精度RMS≤λ/40（λ=632.8nm），500~800nm可见光波段平均反射率≥96%，3~5 μm和8~12 μm红外波段平均反射率≥97%；通过空间成像光学系统环境模拟试验考核（包含时效稳定性、热真空、力学振动等试验，面形精度RMS≤λ/40）。

4.3 高性能硅氧基纤维及制品的结构设计与产业化关键技术（示范应用）

研究内容：针对高效隔热防护服、高强芯片、高保真通讯电缆等对高性能硅氧基纤维及制品的应用需求，研究硅氧前驱体化

学组成、结构重组、多级微纳结构演变对纤维成型的影响规律，攻克硅氧基无机制品高温均匀化熔制拉丝关键技术，开发高强玻璃纤维；研究前驱体分子缩聚和纳米/微米多级孔组装结构演变对孔结构形成的影响规律，突破多孔玻璃纤维常温挤出成型技术，开发低介电、低热导、轻质柔性玻璃纤维；研究模拟月球和火星环境的微重力、高真空环境下玄武岩材料熔制技术及深空环境对纤维成型的作用机制，开发高性能连续玄武岩纤维；开展高性能玻璃纤维及复合制品产业化示范，形成千吨级生产线；开发极端环境的模块化连续玄武岩纤维成型装置，实现微重力下自主成纤中试。

考核指标：高强度玻璃纤维：纤维单丝强度 ≥ 4.6 GPa，浸胶纱强度 ≥ 3.2 GPa，模量 ≥ 82 GPa，热膨胀系数 $\leq 5.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，中空纤维率 $\leq 10 \times 10^{-6}$ 。深空连续玄武岩纤维：微重力（ < 0.3 g）、低压（ < 1 kPa）下制备连续玄武岩纤维强度 ≥ 2.0 GPa，模量 ≥ 90 GPa。低介电、低热导、轻质柔性玻璃纤维复合制品：介电常数 < 2.0 ，介电损耗正切 $< 8 \times 10^{-4}$ ；热导率 < 0.026 W/(m.K)，密度 < 0.5 g/cm³。建成1条千吨级/年军民两用高性能玻璃纤维及复合制品生产线，设计建造1套极端环境连续玄武岩纤维模块化装备自动实验装置，实现应用示范。

5. 先进工程结构材料

5.1 海洋建筑结构用耐蚀钢及防护技术（共性关键技术）

研究内容：针对海洋建筑结构对长寿命钢铁材料的需求，研

究高盐雾、高湿热、强辐射等严酷海洋环境下，钢铁结构材料的失效机理与材料设计准则；防腐涂层的成分设计、制备技术、涂装工艺及腐蚀评价；耐蚀钢板/钢筋的成分设计、制备技术、焊接技术及腐蚀评价；复合钢板的制备技术、焊接技术及腐蚀评价；海洋建筑结构用钢的服役评价、设计规范及示范应用。开展免维护海洋结构用低合金耐蚀钢板及复合钢板的成分设计及制备技术研究；开展防腐涂层设计与制备技术、钢板与涂层耦合耐蚀机理研究；研究低成本耐蚀钢筋母材与覆层协同耐蚀机制与制备技术；开展耐蚀钢连接技术研究；建立复杂海洋环境钢材及构件的服役评价及全寿命周期预测方法。

考核指标：耐蚀及复合钢板 $R_{el} \geq 345\text{MPa}$ ， $R_m \geq 490\text{MPa}$ ， $A \geq 20\%$ ， $-20^\circ\text{C AKV} \geq 100\text{J}$ ，耐蚀钢板较传统钢板耐蚀能力提升 3 倍以上，复合钢板界面剪切强度 $\tau \geq 300\text{MPa}$ ；防腐涂层主要指标应高于 GB/T 18593 要求 20% 以上，典型海洋环境下 30 年免维护；耐蚀钢筋 $R_{el} \geq 500\text{MPa}$ ，均匀延伸率 $A_{gt} \geq 7.5\%$ ，典型海水海砂环境下耐蚀性能较传统钢筋提升 6 倍以上；形成海洋环境下钢材产品的设计指南或规范 2 件以上，申请发明专利 10 件以上，实现工程示范应用 2 项。

6. 结构材料制备加工与评价新技术

6.1 金刚石超硬复合材料制品增材制造技术（示范应用）

研究内容：围绕深海/深井勘探与页岩气开采、高端芯片制造等国家重大工程对长寿命、高速、高精度超硬材料制品的需求，

开展高性能金刚石刀具、磨具和钻具等结构设计和增材制造技术研究，结合新型金刚石超硬复合材料工具宏观外形和微观异质结构的理论设计和数值模拟，重点突破增材制造用含金刚石的球形复合粉体关键制备技术和含超硬颗粒的多材料增材制造关键技术，完成典型工况条件下服役性能的评价。

技术指标：切/磨削类制品在典型工况条件下磨耗比提高 70% 以上，耐热性达到 800°C 以上，使用寿命是传统技术制备的超硬材料工具的 2 倍以上；钻具类制品抗弯强度 >2000 MPa，冲击韧性 >4J/cm²，努氏硬度（压痕）达到 50GPa，相同工况条件下，使用寿命比传统技术制备的超硬材料钻具提高 50% 以上；形成年产百万件的工业化生产能力，实现 2~3 种产品的规模应用。

6.2 高强轻质金属结构材料精密注射成形技术（共性关键技术）

研究内容：针对 5G 基站、消费电子、无人机或机器人等领域对高强轻质结构零件的迫切需求，研究粉末冶金高强轻质金属结构材料及其注射成形工艺过程精确控制原理与方法、小型复杂构件精密成形、低残留粘结剂设计及杂质元素控制、强化烧结致密化及合金的强韧化。重点突破粉末冶金高强轻质钢设计及其粉末制备、低成本近球形钛合金微细粉末制备、可烧结高强粉末冶金铝合金及近球形微细粉末制备、组织性能精确调控等关键技术，实现高强轻质金属复杂形状制品的稳定化宏量生产。

考核指标：高强轻质钢密度 $\leq 6.2\text{g/cm}^3$ ，屈服强度 $\geq 1000\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 5\%$ ；低成本钛合金粉末（ $D_{50} \leq 10\mu\text{m}$ ），较等离子雾化

钛合金粉末成本降低 50%以上，合金屈服强度 $\geq 900\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 7\%$ ；高强铝合金密度 $\leq 3\text{g/cm}^3$ ，屈服强度 $\geq 550\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 5\%$ ；标准试件精度 $\pm 0.1\%$ ；形成年产 1000 吨高强轻质金属粉末及注射成形制品的工业化生产能力。

6.3 大型复杂薄壁高端金属铸件智能液态精密成型技术与应用（共性关键技术）

研究内容：面向大涵道比涡扇航空发动机、新能源汽车等对超大型复杂薄壁高端金属铸件的需求，打破传统“经验+试错法”研发模式，探索基于集成计算材料工程、大数据与人工智能相结合的金属铸件智能液态精密成型关键技术。研究超大型复杂薄壁金属铸件凝固过程的组织演变与缺陷形成机理，建立多物理场耦合作用下铸件组织与缺陷的预测模型，发展数据驱动的材料综合性能与铸造工艺多因素智能化寻优方法，形成金属铸件智能液态精密成型数字孪生模型及系统。

考核指标：开发超大型复杂薄壁高端金属铸件液态精密成型仿真分析专用软件 1 套，实现多物理场耦合分析的并行计算求解和铸造缺陷高精度预测，计算网格规模可支持 200 亿以上。开发智能液态精密成型数字孪生体与数字孪生系统 1 套，计算实时精度不低于 95%，实现铸造工艺智能优化与铸件质量智能控制。在高温合金、铝合金等不少于 2 类超大型复杂薄壁高端金属铸件制造中进行验证应用，铸件的最大尺寸 $\geq 1700\text{mm}$ ，最小壁厚 2~4 mm，尺寸公差达到 DCTG6，气孔/缩松缺陷低于 3%，主要力学

性能指标满足国标相关要求，铸造成品率不低于 90%。

6.4 复杂工况下冶金领域关键部件表面工程技术与应用（示范应用）

研究内容：针对冶金领域高温、重载、高磨损等复杂工况对关键部件表面防护技术的迫切需求，开展复合增强表面工程材料及涂镀层结构的理性设计，开发高效率、高性能激光熔覆、堆焊、冷喷涂、复合镀等技术及多技术结合的复合表面工程技术，攻克复杂工况下冶金领域关键部件表面耐高温、耐磨损、抗疲劳涂镀层制备的关键技术，开展其服役性能评价和寿命预测，并应用于挤压芯棒、结晶器、除鳞辊等典型部件，在大型钢铁冶金企业得到示范应用。

考核指标：开发无缝钢管挤压芯棒、结晶器、除鳞辊等三种典型件表面制造的专用复合粉末 3 种以上，涂层结合力 $\geq 100\text{MPa}$ ，综合使用寿命提升 40% 以上；挤压芯棒的耐磨性比 H13 钢提高 2 倍以上，表面润滑镀层摩擦磨损性能比传统镀层提升 20% 以上；除鳞辊的硬质相质量比 $\geq 60\%$ ，粘结相硬度 HRC ≥ 38 ，无裂纹；结晶器修复层晶粒度 $< 10\ \mu\text{m}$ ，可修复厚度 $\geq 6\text{mm}$ ；表面强化涂层孔隙率 $< 1\%$ ，修复及强化后变形量 $\leq 2\text{mm/m}$ ，单套结晶器一次修复过钢量 15 万吨以上。

7. 基于材料基因工程的结构与复合材料

7.1 结构材料多时空大尺寸跨尺度高通量表征技术（基础前沿技术）

研究内容：针对高温合金、轻合金和高性能复合材料等的工程化需求，基于先进电子、离子、光子和中子光源，集成多场原位实验与多平台关联分析技术，研发晶粒、组成相、相界面、化学元素、晶体缺陷与织构的多时空跨尺度高通量表征、智能分析与快速评价技术，研发大尺寸多尺度组织结构和宏微观力学性能高通量表征技术与试验装备，实现典型工程化结构材料制备、加工和服役过程中内部组织结构的动态演化和交互作用规律的高效研究，建立材料成分—组织—性能的多尺度统计映射关系与定量模型，在典型结构材料的改性、工艺优化和服役评价等方面得到实际应用。

考核指标：建立多场耦合条件下晶粒、组成相、相界面、化学元素、晶体缺陷与织构的多维多尺度高通量表征技术与系统 ≥ 3 项，维度 ≥ 4 维，空间尺度范围覆盖亚埃至厘米级，时间尺度范围覆盖微秒至秒级，实现微观、介观、宏观组织结构的多时空跨尺度表征；建立大尺寸多尺度组织结构和宏微观力学性能高通量表征技术与试验装备 ≥ 2 项，实现3种以上产品全流程的高通量表征与快速服役评价，实现产品核心性能和工艺的显著优化。申请发明专利3~5项，软件著作权登记3~5项，形成高通量表征技术和服役评价标准或规范3项以上。

7.2 金属结构材料服役行为智能化高效评价技术与应用（共性关键技术）

研究内容：针对金属结构材料腐蚀、疲劳、蠕变等服役性能

评价耗时长、成本高的问题，通过多物理场耦合、宏微观跨尺度损伤建模，融合智能传感、信号处理、机器学习等现代技术，研发材料服役性能物理实验与模拟仿真实时交互和数字孪生的智能化高效评价技术和装置；研究金属结构材料数据虚实映射与数据交互规则，建立数据关联平台，加速材料服役性能数据的积累，形成关键金属结构材料安全评价数据系统；集成结构模型与损伤模型，发展基于大数据技术的金属结构材料服役安全评价和寿命预测的新技术和新方法，并获得实际应用。

考核指标：研发出金属结构材料服役性能参数实时监测和数据采集的新型智能传感器 2 种以上；建立材料服役性能评价物理空间与数字空间加速模拟之间的多维度映射和数字孪生关系，研发出满足时效性的金属结构材料服役性能表征参量建模和模拟方法 3 种以上，满足 3 种以上耦合环境的模拟，研发出智能化高效评价实验装置 2 台（套）以上，评价效率提升 2 倍以上；申请发明专利 5~8 项。

7.3 基于材料基因工程的新型高温涂层优化设计研发（共性关键技术）

研究内容：针对海上动力装备用热端部件及其海洋腐蚀环境，发展高温涂层的高通量制备技术，开展新型高性能高温涂层成分和组织结构的高通量实验筛选和优化研究；研发涂层—基体界面结构和性能多尺度高效模拟设计和预测技术，研发涂层高温力学性能、界面强度、残余应力和高温腐蚀性能等的高通量实验

技术，开展涂层与界面性能和工艺优化研究；综合利用材料基因工程关键技术，研发出具有重要工程应用前景的新型超高温、耐腐蚀涂层。

考核指标：研发出不少于 3 套针对涂层的高温力学性能高通量测试技术和装置，测试温度不低于 1600°C，满足高温力学性能、界面强度和残余应力等多种力学性能的测试，测试效率提高 30% 以上；研发可用于高温涂层的模拟海洋环境加速腐蚀实验装置 1 台（套）以上；研发出涂层—基体结构和性能多尺度高效模拟预测模型和技术，模型预测值与实际测试值偏差 $\leq 15\%$ ；综合利用材料基因工程技术，研发出 3 种以上新型高性能涂层材料，服役温度提高 100°C 以上，1200°C 循环氧化达到完全抗氧化级，在 1100°C 海水蒸气实验条件下的涂层寿命提高 50% 以上，综合性能满足工程应用需求；申请发明专利 10 项以上，国际标准 3 项以上。

7.4 高强韧金属基复合材料高通量近净形制备与应用（共性关键技术）

研究内容：针对航空航天领域高强韧金属基复合材料应用需求，围绕非连续增强金属基复合材料强韧性失配及复杂构件成形加工周期长、成本高、材料利用率低的突出问题，结合利用材料基因工程思想和近净形制备技术原理，研发铝基、钛基复合材料高通量近净形制备技术及其高通量表征技术；测试和采集基体/增强相界面物理化学数据，建立基体/增强相界面热力学和动力学物性数据库；研究铝基、钛基复合材料成分—构型—工艺—界面

—性能交互关联集成计算技术，实现材料体系与构型及其近净形制备工艺方案与参数的高效同步优化，并在航空航天等领域得到工程示范应用。

考核指标：构建成分—构型—工艺—界面—性能关系设计平台及多尺度模拟平台，实现 100 种以上复合材料构型的模型高效创建与计算；高通量近净形制备和表征技术能力 ≥ 200 样品数/批次；建立支撑高强韧金属基复合材料研发和工艺优化的数据库 1 个，数据量 ≥ 20 万条；构型化复合材料断裂韧性比均匀复合材料提升 $\geq 30\%$ ，晶须增强型与颗粒增强型铝基复合材料的弹性模量比基体分别提高 50% 与 150% 以上，钛基复合材料承温能力提高 200°C 以上；复杂构件近净形制备技术的材料利用率提高 3~5 倍，制造周期及生产成本“双减半”；在航空航天等领域实现 10 个以上典型应用；申请发明专利 20 项以上。

7.5 先进制造流程生产汽车用钢集成设计与工程应用（示范应用）

研究内容：鉴于钢铁工业绿色制造、生态发展对先进制造流程生产高端钢铁材料的迫切需求，基于材料基因工程的思想，针对近终形流程生产汽车用钢，采用多场耦合和跨尺度计算技术，集成材料开发与产品应用的跨尺度计算模型，构建一体化集成计算平台，建立材料基础数据和工艺、产品数据库，开发基于数据挖掘和强化机制的组织性能定量关系模型，实现产品成分—工艺—组织—性能的精准预报；开展在近终形流程生产汽车用钢的示

范应用，研制出代表性产品并实现工程应用。

考核指标：针对近终形流程生产汽车用钢，开发出成分—工艺—组织—性能关系的跨尺度（微米至米级）模型，构建出全流程一体化集成计算平台，关键工序的组织结构模拟与产品性能预报误差 $\leq 10\%$ ；建成材料、工艺、产品等复杂异构有机融合的数据库，数据量大于 50 万条；研发出 2 种汽车用钢，在典型近终形流程上实现千吨级生产，研发成本和周期降低 35%；申请发明专利或软件著作权 10 件以上。

7.6 增材制造用高性能高温合金集成设计与制备（共性关键技术）

研究内容：针对航空发动机、高超声速飞行器、重载火箭等国家大型工程所需高温合金精密构件服役特点和增材制造物理冶金特点，应用材料基因工程理念，发展多层次跨尺度计算方法和材料大数据技术，形成增材制造用高性能高温合金的高效计算设计方法、增材制造全流程模拟仿真技术与机器学习技术，结合高通量制备技术和快速表征技术，建立增材制造用高性能高温合金的材料基因工程专用数据库；发展适合高温合金增材制造工艺特性的机器学习、数据挖掘、可视化模拟等技术，开展增材制造用高温合金高效设计与全流程工艺优化的研究工作，实现先进高温合金高端精密构件的组织与尺寸精密化控制，并在航空航天等领域得到工程示范应用。

考核指标：针对国家大型工程等所需高温合金精密构件特

点，研制出 3~5 种增材制造用高温合金，研发周期缩减 40%以上、研发成本降低 40%以上；发展与高端增材制造装备和工艺配套的高温合金材料和技术体系，实现国产化规模应用，综合性能平均提升 20%以上，产品成本降低 30%以上，核心性能指标、批次稳定性达到国际先进水平；申请发明专利或软件著作权 10 件以上。

7.7 极端服役条件用轻质耐高温部件高通量评价与优化设计 (共性关键技术)

研究内容：发展基于大数据分析和数据挖掘的高温钛合金、钛铝金属间化合物等轻质耐高温部件组织结构与疲劳、蠕变等关键性能的定量预测模型；研制实时瞬态衍射、原位成像表征装置，发展三维无损检测高效分析技术；研究高温腐蚀环境下组织结构演化和性能退化机理、高温和循环载荷等多因素耦合作用下的损伤累积及高通量评价与寿命预测技术；基于极端环境服役性能需求，利用机器学习和数据挖掘技术，实现轻质耐高温材料的成分、组织、制备工艺、服役性能的高效优化，并在航空、航天、核能等领域实现在极端服役条件下工程示范应用。

考核指标：开发轻质耐高温材料高温蠕变与疲劳性能预测程序 1 套，包含组织模型、实验数据分析与处理模型、预测模型等；研制出微观结构原位高通量表征装置 1 套，实现瞬态衍射与二维原位成像，时间分辨均优于 $1\mu\text{s}$ ，二维原位成像空间分辨率优于 $5\mu\text{m}$ ；研发出 3~4 种新型轻质耐高温材料及其制备方法，高温钛合金 $700^{\circ}\text{C}/300\text{MPa}/0.5\text{h}$ 条件下的蠕变性能提升 30%以上，钛铝

金属间化合物 700°C疲劳强度提升 40%以上，构件制造成品率提升 30%以上；制定标准或技术规范 2 项以上；在 3~4 个重大工程关键材料上获得示范应用。

8. 青年科学家项目

8.1 车载复合材料 LNG 高压气瓶制造基础及应用技术

研究内容：针对车载复合材料液化天然气（liquefied natural gas, LNG）高压气瓶的制造与应用，研究 LNG 介质相容的树脂基复合材料体系设计与制备；耐极端环境复合材料 LNG 气瓶结构设计技术；复合材料 LNG 高压气瓶抗渗漏、抗漏热和抗振动技术；复合材料 LNG 高压气瓶制造技术；复合材料 LNG 高压气瓶的性能评价技术。

考核指标：建立容积 1000L 以上复合材料 LNG 高压气瓶的设计方法，复合材料 LNG 高压气瓶工作压力 1.59MPa，理论充满率 $\geq 88\%$ ，静态蒸发率 $\leq 2.4\%/d$ ，漏放气速率 $\leq 6 \times 10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ，漏气速率 $\leq 6 \times 10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ，抗振性能满足车载低温气瓶抗振试验要求（参照 GB/T34510-2017），与同尺寸金属 LNG 气瓶相比减重 30%以上。

8.2 新一代结构功能一体化泡沫的制备和应用

研究内容：面向结构功能一体化泡沫技术迭代的迫切需求，开发具备负泊松比和高耐火保温等功能的泡沫，主要针对新型多级结构负泊松比结构泡沫材料、耐高温聚酰亚胺泡沫和高温可发泡防火材料等开展攻关，并开展其复合材料研究，在结构支撑、

保温隔热等领域得到应用。

考核指标：负泊松比材料的泊松比-1.4~0.2 可调，拉伸杨氏模量大于 1MPa，能量吸收提高达到 5 倍以上，冲击加速度峰值降低 50%；聚酰亚胺泡沫长期使用温度不低于 300℃，密度不高于 10kg/m³；高温可发泡防火材料 300℃发泡 1.5 倍，烟毒性达到 AQ1，耐火极限 2h。

8.3 单晶高温合金先进定向凝固技术及其精确模拟

研究内容：针对当前航空发动机单晶涡轮叶片生产合格率低、冶金缺陷频发的现状，开展单晶高温合金及叶片高温梯度液态金属冷却（LMC）定向凝固技术研究，突破 LMC 技术中动态隔热层配置、晶体取向控制、模壳制备、低熔点金属污染控制等关键技术，实现 LMC 技术的多场耦合、多尺度精确模拟，研究复杂结构单晶叶片在高梯度定向凝固中的缺陷形成、演化机理，发展缺陷控制技术。

考核指标：LMC 工艺制备的单晶合金高周疲劳性能比传统定向凝固工艺提高 50%；LMC 工艺制备的航空发动机单晶叶片一次枝晶间距<240μm；发展单炉叶片数量≥18 件、毛坯合格率>70%的高效单晶叶片制造技术并实现工程应用；申请核心发明专利 3 项以上。

8.4 海洋油气钻采关键部件用高强高韧合金

研究内容：针对海洋油气随钻测量和定向钻井、海底井口设备关键部件主要依靠进口问题，开展时效硬化型高强韧镍基、铁

镍基耐蚀合金设计、高纯净低偏析冶金、强韧化机理、应力腐蚀疲劳失效寿命评估理论与方法等基础共性技术和产业化关键技术研究，实现高强韧、大规格、高均质耐蚀合金和超高强度高耐蚀合金稳定批量生产和工程化应用。

考核指标：高强韧高镍和镍基耐蚀合金 2 个牌号，各项技术指标全面达到 API 6ACRA 和 API 6A718 现行标准要求，夹杂物等级（含碳氮化合物） ≤ 1.0 级、 -60°C 弦向冲击功与轴向冲击功之比 ≥ 0.8 ，达标棒材直径不小于 400mm；系列高性能合金实现规模生产并批量应用于高酸性油气和海洋油气工程，实现国产化替代。直径 100~200mm， $\sigma_b \geq 1500\text{MPa}$ 、 $\sigma_{0.2} \geq 1400\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 12\%$ 的时效硬化型超高强韧镍基或铁镍基耐蚀合金研究取得进展。

8.5 基于增材制造技术的超轻型碳化硅复合材料光学部件制造

研究内容：面向空间光学系统轻量化发展需求，研究新型超轻型碳化硅复合材料光学部件预制体增材制造用粉体原料的设计与高通量制备技术；开发基于增材制造技术的碳化硅复合材料光学部件基体成型与致密化技术；开发基于增材制造技术的碳化硅复合材料光学部件表面致密层制备技术；开展超轻型碳化硅复合材料光学部件的加工验证研究。

考核指标：碳化硅复合材料弯曲强度 $\geq 200\text{MPa}$ ，弹性模量 $\geq 250\text{GPa}$ ，热导率 $\geq 120\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ；碳化硅复合材料光学部件口径 $\geq 500\text{mm}$ ，轻量化率 $\geq 80\%$ ，面密度 $\leq 20\text{kg}/\text{m}^2$ ；研制出 500mm 以上

口径碳化硅复合材料光学部件，表面粗糙度 $Ra \leq 1\text{nm}$ ，面形精度 $RMS \leq \lambda/40$ ($\lambda=632.8\text{nm}$)，500~800nm 波段平均反射率 $\geq 96\%$ 。

8.6 基于激光技术的材料服役行为多维度检测技术和装备

研究内容：针对核电、海工等领域极端条件下结构材料服役性能远程在线、多维度、智能化检测的发展需求，开展基于激光技术的光谱、表面声波、超声或多种方法融合的材料组分、结构特性、力学性能、缺陷特征检测新原理和新方法研究，发展极端条件下结构材料服役行为的实时、原位、无损检测技术，研制与材料基因工程大数据、人工智能分析算法和机器人技术深度融合的材料多维、多尺度在线检测原型装置，实现多场耦合极端环境下材料多层次、多维度服役性能原位无损在线测量及示范应用。

考核指标：基于先进激光技术的、指标国际先进的 3 种材料服役性能原位无损在线测量方法；关键材料服役行为多维度非接触无损检测装备 1 套：关键痕量元素测量限优于 100ppm，材料力学性能测量精度高于 85%，可检测 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ 以上尺度内部缺陷或损伤；在 2 种以上典型材料服役场景获得验证性示范应用；申请核心发明专利 8 项以上。

8.7 超高刚度镁基复合材料的集成计算设计与制备

研究内容：以航空、航天或高铁领域为应用场景，针对超高刚度镁基复合材料特点，发展高刚度镁合金集成材料计算软件和镁基复合材料高通量实验技术，开展基于弹性变形抗力提升的镁合金基体成分设计和增强体种类、尺寸和分布形态对镁合金刚度

和强韧性影响规律的研究工作，研发多尺度增强体复合构型强化的镁合金材料高效制备与组织调控技术，建立高刚度镁基复合材料及其典型构件的全流程制备技术，并实现在重大工程中的应用验证。

考核指标：研发一套适用于高刚度镁合金组分与增强体快速筛选的高通量制备系统 1 套，单次试验可制备试样数大于 10^2 数量级；研制出 1 种以上高刚度镁合金复合材料，密度 $\leq 2.0\text{g/cm}^3$ ，弹性模量 $\geq 90\text{GPa}$ ，室温抗拉强度 $\geq 350\text{MPa}$ 、屈服强度 $\geq 250\text{MPa}$ ，断后伸长率 $> 1.0\%$ ；研发 1~2 种高刚度镁合金典型构件，在航空、航天或高铁领域实现验证性示范应用。

8.8 增材制造先进金属材料的实时表征技术及应用

研究内容：研发基于同步辐射光源的原位表征技术与装备，动态捕捉增材制造过程中高温下微秒级时间尺度和微米级局域空间内的相变和开裂；通过高通量的样品设计和多参量综合表征手段，揭示动态非平衡制备过程中材料组织结构的演化和交互作用规律。面向典型高性能结构材料，揭示增材制造快速熔化凝固超常冶金过程对稳定相、材料组织结构和最终性能产生影响的因素，快速建立材料成分—工艺—结构—性能间量化关系数据库；结合材料信息学方法，发展增材制造工艺和材料性能高效优化软件，在典型增材制造材料的设计与优化中得到应用。

考核指标：发展基于同步辐射光源的增材制造原位表征技术与装备，在多个尺度上实时追踪增材制造过程中材料组织演变、

裂纹生长和化学反应的动态过程。实现单点表征区域 $> 200\mu\text{m}$ ，空间分辨率 $\leq 10\mu\text{m}$ ，时间分辨率 $\leq 50\mu\text{s}$ ，表征通量 $> 10^3$ 样品空间成份点的原位无损分析；构建高温合金、不锈钢、钛合金、铝镁合金等高性能结构材料成分—工艺—结构—性能数据库，开发增材制造工艺优化专用软件，应用于三种增材制造材料的设计与优化。申请发明专利 3~5 项，软件著作权 2~3 项。

8.9 新一代抗低温耐腐蚀高强韧贝氏体轨道钢

研究内容：针对低温下贝氏体钢中亚稳残余奥氏体易转变为脆性马氏体，增加贝氏体钢轨道安全服役隐患的问题，研究腐蚀、低温环境下贝氏体轨道钢（含钢轨和辙叉）的失效破坏机制，建立贝氏体轨道钢“夹杂物特性—组织结构—常规性能—服役条件—失效方式及寿命评估”数据库，开发适用于腐蚀、低温环境的新一代高强韧性、长寿命贝氏体轨道钢及其冶金全流程制造关键技术。

考核指标：抗低温耐腐蚀贝氏体轨道钢牌号 1 个，完整数据库 1 套；贝氏体轨道钢的室温下屈服强度 $\geq 1080\text{MPa}$ 、抗拉强度 $\geq 1380\text{MPa}$ 、延伸率 $\geq 15\%$ 、 $A_{KU} \geq 130\text{J}$ ， -40°C 下 $A_{KU} \geq 80\text{J}$ 、 $K_{IC} \geq 60\text{MPa m}^{1/2}$ 、 $da/dN \leq 15\text{m/Gc}$ ($\Delta K=10\text{MPa m}^{1/2}$)、 $da/dN \leq 50\text{m/Gc}$ ($\Delta K=13.5\text{MPa m}^{1/2}$)；耐腐蚀性能较现役贝氏体轨道钢提高 20% 以上；申请发明专利 5 项以上。

附件 4

“高端功能与智能材料”重点专项 2021 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 2021 年度项目申报指南。

本重点专项的总体目标是：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。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、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、特种与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“基础前沿技术、共性关键技术、示范应用”三个层面，拟启动 35 个项目，拟安排国拨经费 6.59 亿元。其中，拟部署 6 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 1800 万元，每个项目 300 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 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

基础研究项目下设课题数不超过 4 个，参与单位总数不超过 6 家；共性关键技术和典型应用示范项目下设课题数不超过 5 个，参与单位总数不超过 10 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，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 先进能源材料

1.1 新一代钙钛矿太阳能电池关键材料及宏量制备技术（共性关键技术）

研究内容：面向新一代钙钛矿太阳能电池实际应用的需求，研制高稳定、高效率、高均一性、低成本钙钛矿材料，发展高纯度钙钛矿晶体的绿色无污染宏量化制备技术，解决无废料高产率原料合成、可控高速结晶及分离纯化等难题；开发均匀薄膜制备及稳定性技术，围绕兆瓦级钙钛矿太阳能电池中试生产，发展组件封装技术，实现材料性能迭代提升。

考核指标：围绕兆瓦级钙钛矿太阳能电池，研制的单一模组面积不小于 1m^2 ，基于宏量钙钛矿材料，小批量组件样品数 ≥ 10 ，光电转换效率不低于 18%，效率差异小于 1%；组件户外稳定发电记录不少于 1 年，性能衰减小于 5%，峰瓦成本低于硅基太阳能电池；形成不少于 2 吨的高纯钙钛矿晶体材料产业化能力。

1.2 高性能高温超导材料及磁储能应用（示范应用）

研究内容：面向电力系统快速功率补偿和补偿电压瞬时跌落应用需求，建立超导磁储能装备中不同磁场强度部件用超导材料体系，开发高均匀 MgB_2 和 Bi 系前驱粉末的喷雾热分解批量制备、超导线材多芯陶瓷粉末/金属复合体塑性变形控制、高压热处理技术；突破 YBCO 长带涂层结构优化、磁通钉扎控制、快速沉积技术，全面提高超导带材载流能力、机械与电磁性能；基于国产超导材料，开发超导集束缆线成缆技术，研制大容量超导储能用高载流缆线；研究基于新型集束缆线的环形超导储能磁体电—磁—热—力多场耦合分析、结构设计与制造技术；研究超导磁储能系统接入技术及控制策略，解决 10MJ 级超导磁储能系统集成与应用技术，完成并网试验验证。

考核指标：建成单根长度大于千米、年产 300 千米的超导线材生产线，三类线材的性能分别达到： MgB_2 线材，4.2K、3T 下临界电流密度达到 $1000\text{A}/\text{mm}^2$ ；Bi 系线材，4.2K、20T 下临界电流密度达到 $1200\text{A}/\text{mm}^2$ ；YBCO 线材，77K、自场下临界电流密度大于 $20000\text{A}/\text{mm}^2$ 。超导储能磁体储能量不小于 10MJ，最大输

输出功率不小于 5MW，能量转换效率达到 90%，完成并网试验验证。

1.3 高能量密度金属锂基二次电池及其关键材料（共性关键技术）

研究内容：针对新能源汽车、智能电网对高能量密度、本质安全二次电池技术的广泛需求，研究金属锂基二次电池的基础科学问题、关键材料和技术。设计和制备实用新型金属锂基复合负极材料以及与之相适配的环境友好型、低成本高性能固态电解质和高容量正极材料；开展微结构设计及调控、界面适配性与改性研究，提升电池电化学性能和稳定性；构筑高能量密度、高安全的金属锂基二次电池。

考核指标：提出金属锂基二次电池电化学性能调控新机制和新理论；开发金属锂基复合负极，比容量 $\geq 2000\text{mAh/g}$ ；固态电解质膜面电阻 $\leq 10\ \Omega\cdot\text{cm}^2$ ，厚度 $\leq 20\ \mu\text{m}$ ，电化学窗口 $\geq 4.8\text{V}$ ；正极材料比容量 $\geq 215\text{mAh/g}$ ，可逆循环 2500 次后容量保持率 $\geq 80\%$ ；单体电池能量密度 $\geq 350\text{Wh/kg}$ ，循环寿命 ≥ 2000 次，10Ah 以上单体满充态通过穿钉测试（不着火，不爆炸），安全性达到现行国标要求。

1.4 高效高安全储运氢关键材料开发及应用（示范应用）

研究内容：面向氢能产业发展的重大需求，针对氢储运效率低等技术瓶颈，开发运氢能效高、安全便捷、长服役寿命的新型储氢材料及其制备技术，突破材料规模化制备和均一性、高安全、高效储运氢系统集成等关键技术，开展储运氢工程示范。

考核指标：高温型储氢材料的重量储氢密度 $\geq 6.0\text{wt}\%$ 、体积

储氢密度 $>75\text{kg H}_2/\text{m}^3$ 、放氢温度 $\leq 250^\circ\text{C}$ 、工作压力 $\leq 2.0\text{MPa}$ 、循环 2000 次后有效储氢密度 $\geq 4.5\text{wt}\%$ ；低温型材料的有效储氢密度 $\geq 2.5\text{wt}\%$ 、放氢温度 $\leq 50^\circ\text{C}$ 、循环 2000 次后有效储氢密度 $\geq 1.8\text{wt}\%$ ；形成年产百吨级规模能力，合格率 95%以上；建成储氢材料运氢示范工程。

1.5 高性能低成本燃料电池膜电极的产业化制备技术（示范应用）

研究内容：面向车用高功率密度的氢燃料电池的需求，研究开发低铂载量的高性能膜电极以及低铂含量合金催化剂、复合质子交换膜的宏量制备技术；围绕膜电极宏量制备关键环节，构建制备工艺—膜电极性能分析与预测模型，实现在线监测、自动控制以及宏量制备技术的迭代提升。

考核指标：膜电极功率密度 $\geq 2.0\text{W}/\text{cm}^2$ ，膜电极寿命 $\geq 10000\text{h}$ （运行时间），膜电极最高工作温度 $\geq 95^\circ\text{C}$ ，原材料全部实现国产化，膜电极成本 ≤ 300 元/kW，质子交换膜的离子电导率 $\geq 0.1\text{S}/\text{cm}$ （ 95°C ，60RH%），铂载量 $\leq 0.1\text{g}/\text{kW}$ ，催化剂产能 $\geq 1000\text{kg}/\text{年}$ ，复合质子交换膜产能 ≥ 20 万 $\text{m}^2/\text{年}$ ，膜电极产能 ≥ 20 万 $\text{m}^2/\text{年}$ ，宏量制备膜电极良品率 $\geq 98\%$ （抽检 10000 片，输出功率偏差 $\leq \pm 8\% @ 0.65\text{V}$ ）。

1.6 电力电子装备用关键磁性材料开发及样机研制（共性关键技术）

研究内容：面向电力电子装备的高频、高功率发展需求，开

发平面流铸的核心装备及极薄规格硅钢制备成套工艺技术，研制系列极薄规格无取向硅钢和 6.5%Si 硅钢；开发宽幅超薄高性能软磁合金制备与应用技术；研制电动汽车用大功率、具有高抗偏移能力的无线充电工程样机。

考核指标：建成平面流铸带制备极薄规格硅钢中试线，钢水后工序产线长度、能耗和水耗比传统流程减少 80%以上。采用平面流铸流程开发出厚度 0.05~0.15mm 的无取向硅钢和 6.5%Si 硅钢，其中无取向硅钢 $B_{5000} \geq 1.60\text{T}$ ， $P_{1.0\text{T}/400\text{Hz}} \leq 12\text{W/kg}$ ；6.5%Si 硅钢磁致伸缩 $\leq 0.1 \times 10^{-6}$ ， $B_s \geq 1.80\text{T}$ ， $B_{800} \geq 1.27\text{T}$ ， $P_{1.0\text{T}/400\text{Hz}} \leq 5.85\text{W/kg}$ ， $P_{0.2\text{T}/5000\text{Hz}} \leq 12\text{W/kg}$ ；高性能软磁合金宽度 $\geq 120\text{mm}$ ，厚度 $\leq 0.015\text{mm}$ ，100kHz 下的磁导率 $\mu \geq 20000$ ，损耗 $P_{0.2\text{T}/100\text{kHz}} \leq 160\text{kW/m}^3$ ；无线充电工程样机功率 15~20kW，在横向偏移 200mm 或高度方向偏移 80mm 条件下效率不低于 90%，实现工程应用。

1.7 超高储能密度电介质材料及器件（基础前沿技术）

研究内容：针对超高储能密度电介质储能实际应用需求，研究储能电介质材料及器件在交流和脉冲强电场下的极化行为、应力变化、热/电失效等物理过程与其微观组分和结构的关系，建立实现性能提升的理论基础和设计范式；利用材料的熵作为新的调控维度，开发超高储能密度新型高熵电介质材料体系，实现储能性能的大幅提升；发展新型储能电介质材料及其精细微结构的制备技术；研发超高储能密度电容器并研究其在交流和强场下的介

电稳定性和使用寿命，突破传统介质电容器的技术壁垒。

考核指标：发展 3 种以上新型电介质储能材料，其中高熵电介质储能材料不少于 2 种。高熵无机薄膜介质（厚度 0.5~1 μm ）储能密度 $\geq 120 \text{ J/cm}^3$ ，储能效率 $\geq 80\%$ ，稳定工作温度范围：-50~150 $^{\circ}\text{C}$ ，循环寿命 $\geq 10^6$ 次；柔性介质薄膜储能密度在 -50~150 $^{\circ}\text{C}$ 温度区间储能密度 $\geq 6 \text{ J/cm}^3$ （或在室温 $\geq 40 \text{ J/cm}^3$ ），储能效率 $\geq 80\%$ ，循环寿命 $\geq 10^6$ 次；高储能密度大容量多层陶瓷电容器（厚度 0.1~0.2mm）储能密度 $\geq 10 \text{ J/cm}^3$ ，可释放能量效率 $\geq 85\%$ ，工作温度范围：-50~150 $^{\circ}\text{C}$ ， 10^6 次电循环后储能密度衰减 $< 10\%$ ；研制可实用化电容器模组：电容量 $> 100 \mu\text{F}$ ，储能密度 $> 3 \text{ J/cm}^3$ ，可释放能量效率 $\geq 80\%$ 。

2. 关键医用与防疫材料

2.1 高性能医用高分子关键材料技术及产业化（示范应用）

研究内容：面向高端医疗器械及医疗防护需求，开发“人工肺”聚 4-甲基 1-戊烯的单体及其中空纤维膜材料、高端药包材用环烯烃（共）聚合物材料、血液净化材料、医疗防护用超高熔指聚丙烯树脂，开发国产化替代的应用技术，进行相关技术标准体系建设。

考核指标：开发 4-甲基-1-戊烯单体制备技术，其转化率 $> 80\%$ ，纯度达到聚合原料要求，产能 1000 吨/年；“人工肺”的中空纤维膜 PMP 材料透光率 $> 92\%$ ，吸水率（%） < 0.01 ，热变形温度 $\geq 90^{\circ}\text{C}$ ，熔点 220~240 $^{\circ}\text{C}$ ，密度 < 0.9 ，产能 1 吨/年以上；

环烯烃（共）聚合物开环易位聚合单体转化率>95%，氢化转化率>99%，或加成聚合环烯烃插入率>25 mol%，透光率>90%，吸水率（%）<0.01，折射率>1.52，热变形温度>120°C，玻璃化转变温度>130°C，低溶出物及无机杂质<150 ppm，产能100吨/年以上；血液净化用聚砜类材料（聚砜、聚醚砜）的二聚体杂质含量低于1.3%、重均分子量65000±4000 D，分子量分布小于4.5，金属离子等杂质含量满足医用要求，产能3000吨/年以上；形成年产万吨直接聚合法超高熔指聚丙烯树脂示范及应用装置，树脂改性后，MFR≥1500g/10min并实现窄分子量分布（<3.5）、挥发分≤0.1%。上述四种材料满足医用要求，并进行相应的器械应用示范。

2.2 骨组织精准适配功能材料及关键技术（共性关键技术）

研究内容：面向因骨质疏松、骨肿瘤、感染等导致的人体骨组织缺损疾病治疗的需求，研发对骨组织功能重建具有生物适配功能的高端无机非金属再生修复材料，突破大尺寸类骨无机非金属材料3D打印关键技术及表面后处理技术，阐明骨长入机制，实现骨组织功能重建。开发融合生物材料、医学影像、计算机模拟、增材制造、人工智能的先进骨组织修复与再生成套技术，发展外场驱动的非侵入性材料，促进无生命材料向具有健全功能组织的转化。

考核指标：获得3~5种无机非金属3D打印新材料，阐明材料和组织相互作用机制及细胞信号通路；研发4~6种电、磁、声、

光、热、力等外场驱动的新材料；3D 打印大尺寸无机非金属材料骨修复体连通气孔率 $>50\%$ ，孔径在 $100\sim 600\ \mu\text{m}$ 之间可控调节，压缩强度 $>40\ \text{MPa}$ ，实现大尺寸骨缺损的再生修复；建立术前组织三维重建与手术模型制备、术中手术定位导板与精准修复再生修复材料构建、术后康复材料设计的围手术期骨精准再生修复成套技术；完成骨再生精准修复材料的临床前研究，开展临床试验 20 例以上。

2.3 生物大分子药物输送载体材料（共性关键技术）

研究内容：针对感染、肿瘤、心血管等重大疾病的治疗，发展多羟基聚阳离子材料、聚乳酸类高分子材料及其药物载体，递送免疫检查点抗体、抗感染性疾病的治疗性抗体和 siRNA、mRNA、质粒等核酸类生物大分子药物，克服药物递送生物屏障，并研究药物输送载体工程化制备技术，实现高效药物输送和疾病治疗。

考核指标：获得 3~5 种多羟基聚阳离子材料、聚乳酸类药用载体材料，其中 2 种及以上载体材料单批次合成规模 5 公斤以上；聚乳酸类聚合物分散度 <1.5 ，催化剂残留量低于临床医用标准；多羟基聚阳离子材料的羟基/胺基比不小于 2，在工作浓度下，溶血阴性；获得 3~5 种基于多羟基聚阳离子材料、聚乳酸类医用材料的生物大分子药物输送载体，药物负载效率 $>95\%$ ，药物含量 $>5\%$ ；建立 2 种以上抗体、核酸类生物大分子药物输送载体规模化制备技术，单批次生产规模 >1000 支（单支含药量为单人单次给药量），完成至少 1 种的临床前评价。

2.4 基于重大疾病分子诊断的生物材料与探针(共性关键技术)

研究内容：面向重大传染病、肿瘤、心脑血管等重大疾病的早期检测、动态示踪及可视化监测，研究具有重大疾病微环境刺激响应性或重大疾病标志物靶向能力的聚集诱导发光生物材料，明确构效关系，实现病灶部位和重大疾病标志物的高灵敏、特异性成像与检测；开发基于上述生物材料的便携式定量检测设备。

考核指标：获得 5 种以上用于重大传染病、肿瘤、心脑血管等重大疾病的早期检测、动态示踪及可视化监测的聚集诱导发光生物材料，针对病灶部位成像的敏感性 $>90\%$ ，病灶部位与正常组织的对比信噪比 >100 ，针对疾病标志物检测的分析时间 <20 分钟，变异系数 $<5\%$ ，对疾病诊断的敏感性 $>80\%$ 、特异性 $>80\%$ ，疾病标志物检测限 $<1\text{ ng/mL}$ ；完成各类疾病不少于 500 例临床样本的检测；研制出 2~3 种基于上述材料的便携式定量检测设备。

3. 高端分离膜及催化材料

3.1 混合基质型水处理膜材料规模化制备技术(示范应用)

研究内容：围绕海水淡化、盐湖资源利用的应用需求，解决无机纳米粒子相与有机高分子材料相界面匹配问题，精准构筑水处理膜微结构和表面性质；研制高通量和高脱盐率的混合基质反渗透膜、一二价离子高分离率的纳滤膜和大通量低盐透正渗透膜，研发规模化的混合基质膜生产线；开发超滤、纳滤、反渗透、正渗透等耦合的多膜法海水淡化、盐湖锂资源提取等工程化应用技术，开展工程应用示范。

考核指标：混合基质型反渗透膜元件性能（32000mg/L NaCl，5.5MPa，25°C）：水通量 $\geq 1.2\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，盐截留率 $>99.7\%$ ；混合基质纳滤膜元件性能的截留分子量：200~400Da，水通量 $\geq 30\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，一二价离子的分离率大于 90%。形成 10000 支/年 8040 混合基质膜元件的生产能力、万吨/日的工程应用示范。正渗透膜元件性能（1mol/L NaCl 为汲取液，去离子水为原料液，25°C）：水渗透通量 $\geq 10\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 、盐反混通量 $\leq 0.2\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。形成 10 万 m^2 /年混合基质正渗透膜的生产能力。

3.2 高性能混合基质气体分离复合膜规模化制备及应用（共性关键技术）

研究内容：围绕二氧化碳减排和能源气体高效分离的应用需求，开发高 CO_2 分离性能的纳米填料，实现对其形貌、尺寸和气体传输通道的有效调控，提高纳米填料在聚合物基质中的分散性和稳定性；设计混合基质复合膜的规模化生产装置，评价所制膜在多种分离体系下的分离性、均匀性和耐杂质性；开发混合基质膜组件的卷制工艺和用于 CO_2 分离的混合基质膜中试装置。

考核指标：开发出 3 种以上高性能 CO_2 分离纳米填料，形成混合基质复合膜规模化制备的关键技术，设计出可规模化制备超薄无缺陷混合基质复合膜的生产线并连续制备出幅宽大于 1m 的膜产品，生产线所制大规模混合基质膜在 CO_2/N_2 （15/85）、 CO_2/CH_4 （10/90）和 CO_2/H_2 （40/60）混合气体体系下测试， CO_2 渗透速率分别 $\geq 1000\text{ GPU}$ 、 400 GPU 和 300 GPU ，分离因子分别

≥80、60 和 40；利用所制混合基质复合膜批量卷制出工业规模膜组件，单个膜组件的膜面积大于 25m²，建成并稳定运行 1000Nm³/h 的中试装置，运行考核时间大于 1000h。

3.3 抗热震耐高压多孔无机膜制备与应用（共性关键技术）

研究内容：针对石油化工与核电领域的节能减排及安全生产需求，研究低温原位烧结成型技术和孔结构精准调控技术，开发高性能无机膜规模化制备技术；研究石化行业高温气体净化膜装置及反冲控制技术并实现工业应用；研制射流乳化无机膜技术并在典型反应体系实现工业应用；研究第四代核电燃料系统用耐高压、高精度气体净化膜装置及高效除尘技术并实现工业应用。

考核指标：开发出 3 种以上的无机膜新产品，抗热震温差 ≥800℃，抗折强度 ≥20MPa，形成 5000m²/年的高性能无机膜生产能力；建成 1000 Nm³/小时的石化行业高温气体净化膜装置，运行温度 >400℃，运行考核时间 >1000 小时，高温气体中粉尘脱除率 >99.9%；形成 200 万吨级以上射流乳化膜反应耦合技术的工艺包，并在重油催化裂化工艺中得以实施，运行考核时间 >1000 小时；建成耐高压、高精度核电燃料系统气体净化膜装置，除尘精度达到 0.3μm，除尘效率 >99.9%，耐压 >8MPa，反冲洗再生次数 3000 次以上，运行考核时间 >1000 小时。

3.4 高性能电驱动离子膜制备技术及应用示范（示范应用）

研究内容：围绕高盐废水减量化、资源化和化工清洁生产等应用需求，研制具有高浓缩性能的电渗析膜材料和高产碱性能的

双极膜材料；研究高性能盐浓缩膜材料规模化制备技术，开发含盐废水的高倍率、低能耗的电渗析浓缩技术；研究高产碱通量、高产碱浓度的双极膜材料规模化制备技术，研究双极膜中间层催化剂流失机理及延寿技术；进行高性能电驱动离子膜的规模化生产及应用示范。

考核指标：形成 10 万 m^2 /年的电渗析膜生产能力，膜片幅宽 $\geq 1.0 \text{ m}$ ，膜电阻 $< 3\Omega \cdot \text{cm}^2$ ，迁移数 $> 98\%$ ；盐浓缩浓度 $> 21 \text{ wt.}\%$ （NaCl 溶液），盐浓缩能耗 $< 180 \text{ kWh/吨 NaCl}$ ，建成千吨/日的工程应用示范；形成 5 万 m^2 /年的双极膜生产能力，膜片幅宽 $\geq 1.2\text{m}$ ，双极膜初始水解离压降 $\leq 1.2\text{V}$ （电流密度 100 mA/cm^2 ），连续运行 1000 小时后，水解离压降增加幅度 $\leq 1\%$ ，产碱能力 $\geq 0.2\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ NaOH，产碱浓度 $\geq 5\text{mol/L}$ ，产碱能耗 $\leq 1500 \text{ kWh/吨 NaOH}$ ，碱转化率 $\geq 85\%$ ；在盐制酸碱等领域建成不小于 500 吨/日的工程应用示范。

3.5 面向耐溶剂型复合有机膜制备的关键材料技术（共性关键技术）

研究内容：围绕化工、医药、生物、食品等领域溶剂回收和纯化的应用需求，研制高稳定耐溶剂的聚醚醚酮和含氟类等高分子制膜材料，建立膜材料在溶剂体系中的稳定性评价方法；研究耐溶剂型复合有机膜材料表界面结构调控和制备技术，开发膜组件结构设计及封装关键技术；开发低成本规模化有机膜绿色生产技术。

考核指标：研制出 2 种以上可在有机溶剂体系（烃类、醇类、

酮类、酯类等)中长期稳定运行的有机高分子材料;开发出2种以上耐溶剂有机膜及1种以上新结构膜组件,在溶剂环境中运行考核时间大于两年,膜性能衰减不高于10%;实现制膜材料的规模化生产,满足单条年产量大于10万m²制膜生产线的使用量。

3.6 重要反应过程催化材料的贵金属减量化关键技术(示范应用)

研究内容:针对烷烃脱氢、乙炔选择性加氢和氨及胺类化合物、煤基甲酸甲酯、抗生素合成、维生素合成等典型反应过程,研究载体微区晶格限域和晶格诱导等对贵金属分散结构和局域电子结构的调控机制;发展高效、单分散贵金属催化材料结构精准控制方法和宏量制备关键技术;开发贵金属等效减量化、高稳定抗流失的系列单分散负载型催化材料,研究金属间化合物催化材料;开展代表性反应的应用示范。

考核指标:同等活性水平下,贵金属用量比传统催化剂减少20%以上,催化剂成本较传统催化剂降低20%以上,特定目标产物选择性不低于95%;同样工艺条件下,反应周期比传统催化剂延长一倍,贵金属组元流失率降低50%;建立4条年产百吨级催化剂规模化制备装置,在3个以上万吨级典型反应体系过程中完成应用示范。

3.7 反应过程强化用结构化催化剂关键技术(示范应用)

研究内容:针对化工过程中传热、传质限制带来的高能耗、高物耗和高污染等问题,开发以规则整体材料为载体的结构化催

化剂反应强化技术，研制面向苯二酚和己内酰胺高效绿色生产的结构化钛硅分子筛催化剂、面向丙二酸绿色生产的催化—分离—一体化结构化固体酸催化剂，开发相应的固定床反应工艺；研究表面缺陷结构可控的炭基结构化催化剂，发展偏氟乙烯清洁生产新工艺；开展结构化催化剂在苯二酚、己内酰胺、丙二酸等清洁生产中的工业示范。

考核指标：研究出 3 种以上结构化催化剂，完成 1000 小时催化剂性能评价，形成 100m³/年的结构化催化剂规模化生产能力；开发出 3 种以上清洁生产新工艺；钛硅分子筛结构化催化剂在 1000 吨/年苯二酚生产装置中实现工程应用，苯酚的转化率 ≥ 85%，在 10 万吨/年己内酰胺水体系氨肟化—溶剂重排装置中实现工程应用，环己酮转化率和环己酮肟选择性均 ≥ 99.9%；结构化固体酸催化剂在 1500 吨/年丙二酸生产装置中实现工程应用，丙二酸收率 > 95%。

4. 机敏/仿生/超材料

4.1 温度—热流—应变敏感材料及传感器研发（共性关键技术）

研究内容：面向航空发动机燃气轮机高温区温度、应变、热流等参数准确测试的迫切需求，研究多层敏感薄膜沉积技术、界面应力调控方法、典型薄膜传感器制造等关键技术，发展与金属结构件一体化集成的薄膜传感器，形成完整的高温薄膜传感器制造方法与技术标准，实现器件应用。

考核指标：在 800~1800°C 温度测量范围内，薄膜温度传感器

塞贝克系数 $>5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 、响应时间 $\leq 1\text{ms}$ ；应变计最高工作温度 1000°C 、应变因子 $\text{GF}>2$ 、应变测量范围 $0\sim 800\mu\epsilon$ 、测量误差 $\leq \pm 10\%$ ，响应频率不低于 1kHz ；薄膜热流计最高工作温度 1000°C 、灵敏度 $>80\mu\text{V}/(\text{W}/\text{cm}^2)$ 、响应时间 $<0.2\mu\text{s}$ ；传感器总厚度不大于 0.1mm 。实现对新一代航空发动机典型工件的表面温度、热流、应力参数的准确检测。

4.2 特异性分离和能量转换仿生材料（共性关键技术）

研究内容：面向海水提取锂、铀等战略性资源元素及浓差电池发电技术的需求，发展超浸润乳液分离、元素富集以及能量转换仿生材料及器件，开发仿生微纳孔膜的离子筛分和富集材料，研究基于仿生微纳孔膜渗透能转换器件集成技术及能源转换器件。

考核指标：仿生微纳孔膜材料用于海水提锂及海水提铀，在锂离子初始浓度不高于 10ppm 的海水中锂吸附量达到 $20\text{mg}/\text{g}$ ，铀吸附量由商用吸附膜的21天 $6\text{mg}/\text{g}$ 提升到 $20\text{mg}/\text{g}$ 。自清洁油水分离功能高分子膜纯水通量 $\geq 3\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{bar})$ ，油水乳液分离功能的高性能膜材料将污水含油量自 $1000\text{mg}/\text{L}$ 降至 $5\text{mg}/\text{L}$ 以下，较传统气浮工艺节能 50% 以上。高浓度梯度电解质体系渗透能转换器件功率密度 $\geq 10\text{W}/\text{m}^2$ 。

4.3 基于电磁模态耦合的新型功能超材料（共性关键技术）

研究内容：面向信息技术、高端技术装备等领域中特定工作频段光源、探测和波导器件的重大需求，开发室温工况的太赫兹二次谐波超材料，实现太赫兹谐波高自由度人工调控；发展基于

超材料光电转换的非制冷、超快红外探测器件；发展基于各向异性激元表面波或表面模的新型低损耗高信息量二维表面波器件，扩展表面波的信息承载能力。

考核指标：太赫兹二次谐波超材料工作频段 0.3~5.0THz，二阶非线性极化率高于 5 nm/V，响应时间小于 1 ns。光电探测超材料器件实现红外波段信号探测，非制冷条件下工作温度不低于 290K。新型低损耗高信息量二维表面波器件工作波段 488~780nm，支持两种不同自旋态的表面波的传播并具有区分两种自旋态的能力，损耗低于 3dB/10 μ m。

4.4 声学超材料及集成器件（共性关键技术）

研究内容：面向大飞机、高速铁路、新能源汽车、医学成像等应用对振动与噪声控制、声波传输用超材料的重大需求以及高速移动通讯对声学超构器件的需要，开发声学超材料设计技术，发展基于 3D 打印等先进制造手段的声学超材料制备方法，研发具备宽带、全向等优异吸声、隔声特性的声结构功能材料和基于拓扑声学的全固态集成声学器件，实现基于超材料的低频声波定向传输，开发有效提高超声穿透性能并实现高分辨颅脑超声成像的声学超材料。

考核指标：声学超材料在空气介质中设计频带范围 20~800 Hz，设计带宽 ≥ 200 Hz，厚度 ≤ 30 mm，其中吸声超材料实现设计带宽内吸声系数 ≥ 0.85 、平均值 ≥ 0.95 ，隔声超材料在面密度不大于 10kg/m² 条件下实现设计带宽内插入损失 ≥ 20 dB、平均值 \geq

30 dB。中频超构声学器件的工作频率 ≥ 100 MHz，室温品质因子 $Q \geq 10^4$ ，高频超构器件的工作频率 ≥ 3 GHz，室温品质因子 $Q \geq 5 \times 10^3$ ，滤波器带宽的可设计范围优于 0~3%，带外抑制 ≥ 40 dB，插入损耗 ≤ 5 dB。超声成像用超材料的超声穿透效率 ≥ 0.7 。

5. 特种与前沿功能材料

5.1 苛刻环境用润滑密封材料与技术（共性关键技术）

研究内容：针对高端装备服役环境复杂化、工况极端化、核心指标极致化、性能要求功能化等发展趋势，开发耐高温动密封材料技术和高温高载荷防腐蚀润滑技术，研制减摩耐磨耐蚀功能一体化材料和抗辐照耐磨润滑材料，突破苛刻润滑密封设计方法和润滑密封材料可控制备技术，满足高端装备极限设计要求，取得重大工程应用。

考核指标：耐高温动密封材料技术：用于燃油泵和航天发动机，高温 350°C 、高速（ 30m/s ）、 5000h 近零泄漏，宽温域 $25\sim 1300^\circ\text{C}$ 下摩擦系数 ≤ 0.35 。减摩耐磨耐蚀功能一体化材料：用于航空发动机，耐盐雾 $\geq 1000\text{h}$ 、宽温域（ $-55\sim 300^\circ\text{C}/-55\sim 650^\circ\text{C}$ ）、摩擦系数 ≤ 0.30 。抗辐照耐磨润滑材料：用于反应堆控制系统，经 $10^{21}/\text{m}^2$ 粒子辐照，离位损伤 $\leq 5\text{dpa}$ ，摩擦系数 ≤ 0.1 ，耐磨寿命 $\geq 1 \times 10^7$ 转。高温高载荷防腐蚀润滑技术：用于重型直升机等高载荷传动系统，承载能力达参考油 190% 以上、氧化试验（ 175°C ）酸值 $\leq 2\text{mgKOH/g}$ 、与丁腈等密封材料相容，通过海水腐蚀试验。

5.2 可反复化学循环生物降解高分子材料（示范应用）

研究内容：针对一次性使用塑料制品废弃后难回收所造成的资源浪费和环境污染问题，研制满足不同力学性能和耐热性能需要的、可实现高效化学回收循环并且可完全生物降解的聚对二氧环己酮（PPDO）、聚己内酯（PCL）、聚左旋丙交酯（PLLA）等高分子材料，突破单体与聚合物的可控绿色合成、高单体选择性的聚合物高效解聚、回收单体的分离纯化等关键技术，开展单体、聚合物合成、聚合物解聚回收单体的中试和示范生产技术研究。

考核指标：形成百吨级 PPDO、千吨级 PCL、万吨级 PLLA 等 3 种生物降解高分子材料的单体与聚合物的合成能力。PPDO：拉伸强度 ≥ 40 MPa，断裂伸长率 $\geq 400\%$ ，解聚单体回收率 $\geq 95\%$ ，回收单体再聚合 PPDO 特性粘数 ≥ 1.8 dL/g；PCL：拉伸强度 ≥ 20 MPa，断裂伸长率 $\geq 500\%$ ，解聚单体回收率 $\geq 95\%$ ，循环回收单体再聚合 PCL 分子量 ≥ 80 KDa；PLLA：拉伸强度 ≥ 60 MPa，解聚后左旋丙交酯的回收率 $\geq 95\%$ ，光学纯度 $\geq 98\%$ ，循环回收单体再聚合 PLLA 分子量 ≥ 160 KDa。由回收单体制备的三种聚合物的生物降解性与原聚合物相同，可全生物降解。

5.3 低环境负荷无机胶凝材料（示范应用）

研究内容：面向现代都市、高速交通、重大公共安全设施建设对材料高性能化和低环境负荷的双控需求，以硅酸盐无机胶凝材料全生命周期环境负荷最低为目标开展生态设计，研究材料性能提升与生命周期低环境负荷协同改进模式及其交互作用机理，

开发原料活化、过程强化净化、污染抑制等胶凝材料生产技术，研发低品位/非传统原料活化与有害组分固化/钝化、高温反应过程强化与污染排放抑制、材料应用成型速率调控与性能提升等关键技术，形成材料流程多维管控技术工业应用、材料产品重大基础设施建设示范应用。

考核指标：建立低环境负荷无机胶凝材料生态设计理论方法，开发覆盖产品全生命周期、多维度指标、数据本土化率>90%的设计软件/数据库系统2套以上；低品位/非传统原料高温反应活性提高10%以上，有害组分固化/钝化率90%以上；熟料综合煤耗<95kgce/t、碳排放<835kgCO₂/t、NO_x≤50mg/Nm³；综合环境负荷降低12%以上；熟料强度60MPa，耐久性能提高10%，抗氯离子渗透系数（RCM法）<2.5×10⁻¹²m²/s，高质服役寿命提升20%以上；建设产能500万吨/年以上的低环境负荷无机胶凝材料工业示范，单条生产线规模不低于200万吨/年；形成系列材料工程示范应用6项以上。

6. 材料基因工程应用技术

6.1 数据驱动的新型高性能功能材料智能化研发与应用（共性关键技术）

研究内容：基于数据驱动技术，针对功能材料成分工艺敏感、数据稀疏和高噪音的特点，基于不确定量化分析，发展功能材料数据质量清洗和控制技术，建立评估准则，建设包含不确定分析的典型功能材料高精度专题数据库；发展适用于功能材料的物理

化学描述符，开发基于材料领域知识的功能材料特征参量优化筛选算法，基于因果关系挖掘技术，构建具有物理可解释性的材料特征参量与目标性能的机器学习模型和数学表达；发展基于主动学习的多目标自适应协同优化理论、算法和软件，耦合高通量实验迭代，实现功能材料性能的多目标智能优化；研发材料高通量计算与大数据技术相互融合和迭代的新型功能材料智能设计技术，在能源材料、生物医用材料、催化材料、特种功能材料等研发中进行应用，研发出具有自主知识产权和应用前景的新型高性能功能材料。

考核指标：研发出 3~5 种具有自主知识产权的能源材料、生物医用材料、催化材料、特种功能材料等典型的新型高性能功能材料，相关材料的性能指标均为国际领先水平，1 种以上材料能够替代目前进口产品；形成 3 项以上材料数据质量评估与控制技术和准则；建成材料高通量计算与大数据有机融合的新型功能材料智能设计平台和专题数据库，数据量>100 万条，满足 5 类以上典型功能材料智能设计的需求；形成 3 项以上功能材料特征参量优化筛选方法、多目标优化方法，研发出 3~5 种具有自主知识产权的新型高性能功能材料，1 种以上材料获得应用；申请软件著作权登记不少于 3 件。

6.2 新型膜材料的理性设计与集成制备（基础前沿技术）

研究内容：针对气体分离用膜材料的巨大需求，从材料基因工程理念出发，以 MOF/COF 膜材料为对象，探索新型膜材料 ≥

10²级并发式高通量计算，筛选≥10⁶种分离膜材料，实现≥64个/批次组合制备方法等材料基因工程关键技术：结合多层次模拟计算方法，建立膜材料多组元热力学、动力学和结构等数字化数据库；研究基于构筑模块的膜材料高通量组装、膜性能计算和筛选方法；建立新型膜材料的高通量制备与测试表征方法，及组元、结构与制备工艺集成设计方法；发展出具有自主知识产权的新型高效膜材料，面向典型气体分离开展应用示范。

考核指标：建立包含10⁶种以上MOF和COF典型分子结构的数据库；开发每小时可组装出10⁵种以上材料的高速材料构筑算法和高性能筛选模拟方法，实现≥10²级的并发式高通量计算，形成基于材料基因工程的新型膜材料设计系统与计算软件；开发≥64个/批次MOF/COF膜材料的高通量制备技术平台，针对CH₄/N₂、烯烃/烷烃等典型气体环境分离，进行验证性应用；开发1~2类膜气体渗透速率≥10³GPU级，CH₄/N₂分离因子≥5的新型MOF/COF膜材料；申请软件著作权登记不少于3件。

6.3 基于材料基因工程的多铁性材料的性能调控（共性关键技术）

研究内容：面向信息存储领域对多铁性材料的巨大需求，利用材料基因工程的先进理念、方法和技术，探索多铁性序参量从相互排斥到相互融合的可能方案；深入研究多铁性材料中多重序参量共存、耦合与竞争的微观机理，探索由此诱发多铁性的新原理、发现新材料；发展用于多铁性材料性能预报与设计的高通量

计算模型和方法，显著增强铁电性、磁性与磁电耦合效应；发展多铁性材料快速合成与制备技术，制备各类结构与成分可控的强磁电耦合多铁性新材料及其异质结，并对其结构和多场耦合性能进行精确表征；阐明多铁性在外场中的演化和调控机制，构筑基于新材料的原型器件。

考核指标：突破 2 项以上多铁性新材料设计和制备的新原理、新方法和新技术，研究出 2~3 个（近）室温强磁电耦合单相多铁性材料新体系；揭示多铁性材料中铁性序参数共存的微观机制，设计出不少于 2 种具有拓扑磁电畴的多铁性异质结构；构筑超低功耗（ $<0.01\text{pJ/bit}$ ）、快速处理（ $<10\text{ns}$ ）的多态非易失存算一体新原型器件；申请软件著作权登记不少于 2 件。

6.4 可控应变率加载功能梯度材料的高通量设计与动态评价技术（共性关键技术）

研究内容：针对重大工程对增强关键材料在多应变率载荷下服役过程中的可靠性和安全性等重大需求，开展功能梯度材料的组元体系设计与筛选，确定材料密度、波阻抗以及弹性常数等的变化范围；构建功能梯度材料设计参数的数据库；阐明材料波阻抗分布与加载应变率之间的关联以及实现可控应变率加载功能的物理机制；实现功能梯度材料实现可控应变率加载功能的高通量设计；建立面向典型可控应变率加载功能梯度材料的高通量实验评价技术。针对重大工程对增强关键材料在多应变率载荷下服役过程中的可靠性和安全性等重大需求，开展功能梯度材料的各组

元体系及其多物性参量的高通量计算，构建功能梯度材料设计参数的数据库；开展多材料体系、宽组成范围梯度材料加载过程的仿真模拟与高通量设计，阐明材料波阻抗分布与加载应变率之间的关联以及实现可控应变率加载功能的物理机制；开展面向典型可控应变率加载功能梯度材料的高通量评价研究，建立可控应变率加载实验技术。

考核指标：建立多材料体系、宽组成范围、可控应变率加载功能梯度材料设计参数的数据库；构建功能梯度材料的高通量、多尺度计算平台，实现 $\geq 10^2$ 级的并发式高通量计算；研制3~5种具有可控应变率加载功能的梯度材料并且材料前后端材料的密度倍差 $\geq 10^2$ ，最低密度小于 0.15 g/cm^3 ；建立应变率范围为 $10^4\sim 10^6/\text{s}$ ，加载应力达到 100GPa 量级的可控应变率加载高通量评价技术；申请软件著作权登记不少于3件。

7. 青年科学家项目

7.1 新型高密度储氢材料

研究内容：针对金属氢化物热力学和动力学制约，探索基于多策略改性的新型制备技术和新机制、新理论，发展高密度储氢材料新体系；研究新体系下的材料组成、维度、晶型、形貌与材料吸/放氢热力学和动力学性能的关系，掌握相应调控方法。

考核指标：提出2~3种改善储氢性能新策略、新理论，发展出2~3种储氢材料新体系，2~5种新型储氢材料，其可逆容量比现有体系提高30%以上。

7.2 限域传质效应的分离与催化材料设计制备

研究内容：研究分子、离子等在特定纳微结构中的超常行为，突破分离材料的选择性和渗透性相互博弈的瓶颈；研究具有有限域效应的分离、催化材料微结构形成机理及调变规律；研究分子结构设计与调控、微结构的多层次调控和优化方法；构建适合水、离子、气体分子等传递通道，开发原创性的分离膜材料、单原子催化专有制备技术。

考核指标：发展出变革性分离膜材料，分离性能呈现倍增效益，形成限域传质分离膜应用范例；或发展出单原子催化材料，催化性能极大提升，形成单原子催化应用范例。

支持项目数：2 项

7.3 航空燃油用聚结分离材料及其装置研究

研究内容：针对航空喷气燃料聚结分离用关键材料，解决滤材在低界面张力、水滴粒径小、流量大的条件下航空喷气燃料中水滴难以分离的难题，研究航空喷气燃料添加剂对水滴聚结性能及材料润湿性能的影响，开发聚结分离关键材料的结构设计方法，研制高效率、高纳污容量的聚结分离关键材料及工程化制备技术和聚结分离装置。

考核指标：聚结分离装置的纳污容量 $\geq 1.43 \text{ g}/(\text{L}/\text{min}$ 额定流量)，滤后燃料的洁净度指标：游离水含量 $< 15 \text{ mg}/\text{L}$ ，固体杂质含量 $< 0.26 \text{ mg}/\text{L}$ ，纤维含量 $< 10 \text{ 根}/\text{L}$ 。

7.4 熵调控合金新材料及其微纳结构设计

研究内容：针对抗震防灾安全监控和生物医用领域对高灵敏

度传感材料的需求,发展基于成分和原子堆垛结构的熵调控方法,研究熵对应力阻抗效应、电化学活性、生物相容性、微纳形貌形成过程的影响规律和机制,研制熵调控合金传感材料,构筑多形态、多层次微纳拓扑形貌,探索熵调控合金材料在安全监控和生物传感器中的应用。

考核指标: 开发出 3~5 种熵调控合金材料, 构型熵可调范围 $\geq 5 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$; 100MPa 下应力阻抗比 $\geq 100\%$; 单层级拓扑形貌的特征尺寸在 10nm~10 μm 范围内可调, 多层次拓扑形貌的骨架 $\geq 5\mu\text{m}$ 、孔径 $\leq 15\text{nm}$, 比表面积 $\geq 50\text{m}^2/\text{g}$, 电化学或光学检测灵敏度比无微纳拓扑形貌的同成分熵调控合金提高 5 倍以上。

支持项目数: 2 项

附件 5

“网络空间安全治理”重点专项 2021 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“网络空间安全治理”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：围绕全球网络公害、涉及民生的数据资产和“新基建”基础设施等领域的安全挑战，开展互联网基础设施、数据、网络公害、新技术新应用领域安全治理的战略性、基础性、前沿性研究，到 2025 年力争打造自立自强的网络空间安全治理技术体系，形成中国特色的网络空间安全治理方案，支撑“共建、共治、共享”的网络空间命运共同体建设。

2021 年度指南部署坚持需求牵引、问题导向、强化基础、引领前沿的原则，围绕互联网基础设施治理、网络空间数据安全治理、网络公害与内容治理及新技术新应用安全治理等 4 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术，拟启动 15 个项目，拟安排国拨经费 2.55 亿元。其中，拟部署 5 个青年科学家项目方向，每个方向支持 2 个项目，拟安排国拨经费 3000 万元，每个项目 300 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项

目拟支持数为 1~2 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。基础前沿技术类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 6 家，共性关键技术类和示范应用类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目（项目名称后有标注）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，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 基础前沿技术

1.1 抗量子计算的加密体系及安全机理研究（青年科学家项目）

研究内容：针对量子计算对传统密码体系的威胁，研究公钥密码算法经典数学困难问题的传统计算和量子计算算法；研究抗量子计算公钥加密、密钥封装、密钥交换、数字签名算法的设计理论与分析技术；研究抗量子计算密码算法的安全性；揭示对称

密码算法组件抗量子计算攻击的安全机理，刻画抗量子计算对称密码算法的安全强度。

考核指标：密码算法在电子计算和量子计算下的安全强度不低于 128 比特，给出具体参数选取下密码算法的电子计算和量子计算下的安全强度；设计抗量子密码算法 ≥ 10 个，开发提供抗量子计算公钥加密、密钥封装、密钥交换、数字签名等功能齐备的开源库；申请国家发明专利 ≥ 20 件，其中国际专利 ≥ 3 件，获批密码行业标准或国家标准 ≥ 3 项。

有关说明：青年科学家项目，支持 2 项。

1.2 隐私计算及安全保障基础理论研究（青年科学家项目）

研究内容：围绕建立体系化的隐私计算及安全保障理论，形成数据处理全流程的隐私保护能力，研究面向隐私信息采集、发布、共享等阶段的隐私计算及安全保障模型；研究多维度隐私信息形式化描述方法、隐私信息的智能感知技术；研究保护效果与数据可用性平衡的高效数据采集隐私保护技术；研究跨系统数据统计、查询、发布的隐私保护技术；研究隐私信息延伸控制、销毁与取证溯源监管机制；研究场景适应的隐私动态度量与隐私保护效果评估技术。

考核指标：提出不少于 5 类数据采集本地差分隐私保护机制和信息率失真隐私保护机制；提出不少于 5 类跨系统数据发布和查询统计的扰动、脱敏混淆等机制；提出跨系统转发行为的延伸控制和隐私侵犯行为的审计监管机制；开发隐私动态度量与保护效果评估工具集，支持不少于 5 类的隐私保护算法保护效果评估。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

1.3 面向去中心化网络的信任模型与密码算法研究（青年科学家项目）

研究内容：针对去中心化网络中身份互认困难、共识性能要求高、核心密码算法缺乏设计与分析的问题，研究去中心化内生信任建立与跨域管理技术；研究去中心化网络共识机制设计与分析方法；研制去中心化网络节点身份管理系统；研究面向去中心化网络应用的加密算法和数字签名算法；研究去中化网络安全评估模型与主动动态防御方法；研究去中心化网络节点的身份可信认证与授权技术。

考核指标：设计满足大规模去中心化节点信任管理的轻量级信任模型1个；提出至少1种新型节点共识算法，共识节点数超过200个，事务处理时延小于800ms；设计至少1种适用于去中心化网络的新型加密算法和数字签名算法，单核验签处理速度大于40000次/秒；构建一套去中心化网络安全评估模型，提出一种去中心化网络主动动态防御方法；研制一套软硬件自主可控去中心化网络节点的身份管理系统，支持每秒签发可信凭证大于100000个，支持亿级可信凭证管理。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

1.4 面向网络公害治理的知识图谱构建理论研究（青年科学家项目）

研究内容：针对新型匿名化网络公害源头发现难、取证难、

溯源难等问题，研究网络公害的多模态信息抽取技术；研究基于公害威胁数据时态特征的知识图谱构建方法；研究适合网络公害治理的知识图谱存储方法；研究基于图挖掘的公害源关联分析方法；研究匿名网络公害行为主体画像及个体影响力分析模型；研究主体行为预测、特定群体公害行为预测的技术；研究面向特定公害行为群体的画像追踪技术。

考核指标：实现 1 套数据规模在 TB 级别的公害威胁知识图谱系统，支持 10 种以上的异构数据输入，支持亿级以上的图数据查询和机器学习处理，支持近实时的数据更新；设计实现公害源关联分析模型和策略不少于 3 项；可发现网络公害行为的匿名化手段不少于 2000 种，匿名网络公害行为主体刻画准确度达到 95%，匿名化网络公害主体源头定位精确到城市级别，主体行为预测准确度达到 90%；支持不少于 10 种特定群体公害行为类型，且每种群体公害行为预测成功率达到 80%。

有关说明：青年科学家项目，支持 2 项。

1.5 人工智能安全防御及评估技术（青年科学家项目）

研究内容：研究偏见等定向、非定向风险，突破人工智能模型脆弱性分析理论基础，设计面向数据和模型的检测、防御方法；突破鲁棒性人工智能核心理论，设计对抗训练、网络蒸馏等人工智能模型防御方法；研究面向神经网络模型的复制、破坏、非法分发等行为的防御手段；研究面向人工智能模型的安全性评估体系，突破人工智能可解释性难点，研发模型的可信性、公平性、

鲁棒性与可解释性评测工具。

考核指标：提出人工智能模型脆弱性分析、鲁棒性分析与可解释性评测核心理论体系；提出不少于 5 种针对分类器威胁的检测和防御方法、不少于 3 种面向数据和模型的去偏方法、不少于 5 种鲁棒性人工智能算法、不少于 3 种人工智能模型安全完整性认证和盗版溯源方法、不少于 5 种人工智能模型安全性评测方法；支持不少于 3 种常用开发框架、上亿级神经网络参数的规模化安全防御与评估。

有关说明：青年科学家项目，支持 2 项。

2. 共性关键技术

2.1 纳米级芯片/硬件综合安全评估技术

研究内容：围绕纳米级处理器集成电路、微体系结构和芯片三个层面的硬件安全需求，研究微体系结构逆向工程技术和底层固件代码读取技术；研究处理器硬件脆弱性检测技术；研究具备验证权限正确性、数据完整性、信息私密性等的漏洞测评方法；研究能够与功能性电子设计自动化流程有效融合的安全验证方法及量化评估体系；研究面向白盒测试的芯片设计代码加速仿真与设计结构安全检测。

考核指标：支持不少于 5 类主流芯片厂商的处理器芯片的安全测试，支持对处理器微体系结构设计的批量形式化安全检测，可覆盖已发现的主要硬件安全漏洞；支持 Verilog 和 VHDL 两类设计语言的白盒测试加速仿真与设计结构安全检测，具备基于形

式化模型实现设计中时间、能量和电磁侧信道检测的能力；芯片层反向码点提取技术支持纳米级空间分辨率，底层固件代码读取技术支持微米级空间电磁能力和亚微秒级时间分辨率。

2.2 互联网源地址验证表的分布式生成协议及设备研发

研究内容：针对当前互联网体系结构缺乏源地址验证体系的问题，研究自治域内部的源地址验证表分布式生成协议；研究自治域之间的源地址验证表分布式生成协议；研发高性能路由器，实现基于源地址验证表的源地址验证功能，实现源地址验证表的分布式生成协议。

考核指标：支持源地址验证表的分布式动态生成；支持路由不对称和多路径路由场景下的源地址准确验证；自治域内部的源地址验证表生成协议支持路由环路检测；自治域之间的源地址验证表生成协议的通信开销不高于边界网关协议（BGP，Border Gateway Protocol）；提交 IETF 标准草案 3 项以上；路由器单槽位交换容量不低于 1.8T，单机端口交换容量不低于 36T。

2.3 高性能可扩展的资源公钥基础设施关键技术研究

研究内容：针对当前资源公钥基础设施（RPKI）存在的同步开销大、难以设置最长前缀长度、难以保障路径通告正确性等问题，研究 RPKI 的高性能数据同步方法，提高 RPKI 的可扩展性；研究 RPKI 最长前缀设置方法；研究 RPKI 根证书和授权单边撤销、删除、重写和增加的应急响应与主动防御技术；研究 RPKI 的路径验证技术；研究 RPKI 的路由策略验证技术。

考核指标：RPKI 资料库支持依赖方在分钟级别增量同步所有资料库，并保证依赖方对 RPKI 资料库视图的一致性；最长前缀设置既能支持灵活的流量工程优化，又能防范子前缀劫持；提出降低 RPKI 对 5 个信任锚依赖程度的新技术，有效降低 RPKI 根证书和授权单边撤销、删除、重写和增加的风险；通过同时支持源验证、路径验证以及路由策略验证，RPKI 对 BGP 路由劫持和路由泄露的有效防范率达到 95% 以上；提交 IETF 标准草案 2 项以上；在真实网络开展试验验证。

2.4 开放环境下大数据安全利用研究

研究内容：针对当前开放环境中数据泄漏、恶意篡改、删除等问题，研究海量数据存储服务中的轻量级加密和安全存储理论，以及相应的安全高效存储、数据备份、高效数据同步技术；研究加密数据的高效安全检索技术，实现数据不解密情况下常用的数据检索操作；研究加密数据的高效计算技术，支持常用的数据运算操作；研究对平台数据、检索结果和计算结果的高效完整性验证技术；研究对开放平台的数据滥用监管技术，实现针对开放平台数据滥用的有效监管。

考核指标：实现至少对 1PB 数据的高效存储、备份和同步；设计至少三种常用的加密数据计算方法，并在标准安全模型下证明其安全性；支持亿级数据量的存储、检索和计算，检索时间在秒级以下，并能对计算结果进行有效验证；实现存储、检索和计算的全日志功能，开展示范应用，供第三方进行监管。

2.5 智能终端场景中移动应用的隐私检测和分析研究

研究内容：针对智能终端场景中移动应用隐私保护与监管面临的底层安全支撑能力薄弱和运行时检测缺失难题，研究移动应用的数据敏感性量化及隐私保护效果评估方法；研究恶意应用和应用恶意收集数据行为的有效检测和准确溯源；研究从单一恶意应用检测到恶意应用家族检测以及恶意应用开发者、发布者和传播渠道的整体生态的安全性；研究应用运行时的恶意收集和威胁发现技术；研发大规模移动应用隐私保护和检测平台。

考核指标：研制一套大规模移动应用隐私保护和检测平台，支持日活亿级的移动设备运行时检测；研制一套恶意应用家族检测系统和恶意应用开发者、发布渠道生态感知系统，支持不少于100种恶意应用家族，覆盖恶意代码数量超1000万；研发一个大规模移动应用隐私保护和合规检测平台，支持定制检测、众包检测等检测方式；研发一套代码审计工具，能发现隐私和安全威胁不少于10种，数量不少于20个；在不少于三个现实业务场景开展应用示范。

2.6 隐私数据的个人权益保障研究

研究内容：针对个人数据被非法获取、交易和滥用等问题，研究个人敏感信息识别以及分类技术；研究公民个人采集信息的分散存储脱敏技术；研究针对个人敏感信息的监管技术；研究基于属性的个人信息保护和访问控制方法和理论，实现对个人信息扩散范围和使用期限的控制；研究数据删除技术，支撑公民对个

人信息的删除权。

考核指标：提出个人敏感信息安全分类标准，支持 10 类以上不同安全级别个人敏感信息分类和识别，实现至少对 100 万个个体敏感信息按照敏感级别进行分类，个人敏感信息识别准确率 90% 以上；支持至少对 100 万人的个人信息进行拆分脱敏存储和信息重构，实现毫秒级内对单条个人敏感信息进行拆分和重构；研制一个个人敏感信息存储、管理和使用的综合性平台，提供对个人敏感信息监管服务，以及公民对个人信息的删除权和个人信息被使用的知情权等服务。

2.7 加密流量中网络公害检测与行为识别、处置研究

研究内容：针对加密流量中网络公害监管与分析难、行为主体溯源难等问题，研究网络公害行为在加密流量各粒度层次下的形式表征方法；研究新型加密协议的流量的检测、工具识别；研究加密流量分类与网络公害行为识别方法；研究加密流量中公害网页、图片和视频的识别方法；研究网络公害行为与主体的关联分析方法；研究针对性网络公害行为流量阻断技术。

考核指标：可支持单点网络流量带宽峰值不少于 100Gbps，TLS 1.3 协议全加密流量承载的移动 APP 应用识别种类不低于 300 种，误报率小于 5%，漏报率小于 5%；支持不少于 300 种常见加密应用分类，不少于 5 类网络公害行为分类与识别，时间不超过 2 秒，误报率小于 10%，漏报率小于 5%；实现网络公害行为与主体间的映射，主体数据库规模达千万级；加密视频识别需包含使用

多路复用技术传输的自适应流媒体视频，视频精准识别所需视频数据的播放时间不超过 30 秒，支持常见加密视频平台不少于 10 种，能精准识别 40 万个以上的视频，达到准确性不低于 98%，误识率不高于 1%，图片公害类型不少于 5 类，黑名单网页数量不低于十万个，同时访问加密网页的终端类型不少于 5 类。

2.8 智能驾驶汽车内部异构网络轻量化安全防护

研究内容：针对智能驾驶汽车内部异构网络安全防护严重缺失，传统安全方案受计算、带宽等资源限制难以有效实施的问题，研究面向嵌入式 ECU 的轻量化身份认证、消息加解密及密钥协商安全算法，研究安全系统资源占用轻量化技术；突破安全数据载荷的轻量化技术，减少由安全数据引发的报文帧增多及报文数据位占用；研究车载网络不同功能区域的安全等级划分、分域隔离及车载网络专用防火墙技术。

考核指标：车内时间敏感关键功能区域，数据加密处理与传输新增时延不超过 5ms；安全防护相关应用占用运行内存不超过 10%、占用存储空间不超过 5%；安全数据载荷新增报文帧不超过 10%、占用数据段不超过 10%；车载网络支持多层级安全域划分，防火墙支持访问行为控制、危险操作阻断、可疑行为审计等；轻量化信息安全防护技术在不少于 3 款车型上开展应用验证。

2.9 基于国产密码算法的工控编程平台安全防护技术

研究内容：围绕工控系统典型共性安全问题，研究工控安全防护模型，构建基于国产密码技术的工控编程平台安全防护框架；

研究应用层代码、工程文件、操作记录、通信等加密技术；研究适配工业领域嵌入式平台运算能力的轻量级加密算法；研究编程平台应用层细粒度管控、运行态访问许可等认证技术；研究安全通信、静态可信认证、动态度量 and 身份认证体系。

考核指标：支持 IEC61131-3 规范，支持基于国产密码算法的标准总线协议栈加密，至少 5 种工业协议；可编程逻辑控制器（PLC）控制周期小于 10ms，IO 点数量大于 1000 点；支持不少于 5 种轻量级密码算法，加解密运算性能不低于 20Mbps；分散控制系统支持基于 SM2、SM3、SM4 的算法应用接口，支持通信加密、身份认证等功能，最小控制周期小于 50ms，输入输出点数量大于 10000 点。

2.10 智能网联场景工业控制系统深度防御与安全处置技术

研究内容：针对智能工厂高级持续威胁攻击防护难、溯源难等问题，研究 5G 融合场景下工业控制系统可信启动、动态度量、协同安全认证、商用密码加密通信等一体化安全协同防护关键技术；研究工业网络加密数据流特征提取、异常监测、深度入侵检测及工业通讯协议监测技术；研究智能网联工业控制系统功能安全与信息安全融合设计技术，构建智能工厂工业控制系统安全监测、预警与响应处置技术体系；研究石化、化工、电力等典型行业工业控制系统安全预警和应急响应机制，实现基于数据分析的安全处置。

考核指标：研发 1 套安全可信工业控制系统，支持 5G 网络

可信接入，支持输入输出信号点 10000 点，控制周期 20ms，达到信息安全等级 SL2 深度防御能力；支持至少 3 种工业控制系统网络检测，支持 35 种以上工业通讯协议监测，支持至少 8 类典型攻击异常监测报警，入侵检测的准确率到达 95%；支持至少 3 个行业的安全预警和应急响应方案；针对不少于 2 种重点行业 5G 应用场景中开展应用验证。

附件 6

“智能传感器”重点专项 2021 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“智能传感器”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：以战略性新兴产业、国家重大基础设施和重大工程、生命健康保障等重大需求为牵引，系统布局智能传感基础及前沿技术、传感器敏感元件关键技术、面向行业的智能传感器及系统和传感器研发支撑平台，一体化贯通智能传感器设计、制造、封装测试和应用示范环节，到 2025 年实现传感器创新研制支撑能力明显提升，产业链关键环节技术能力显著增强，若干重点行业和领域的核心传感器基本自主可控，专项引领传感器产业可持续规模化发展。

2021 年度指南部署坚持需求牵引、场景驱动、强化体系、协同发展的原则，围绕智能传感基础及前沿技术、传感器敏感元件关键技术、面向行业的智能传感器及系统、传感器研发支撑平台等 4 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术、示范应用，拟启动 27 个项目，拟安排国拨经费 3.985 亿元。其中，在智能传感基础及前沿技术方向，拟部署青年科学家项目，支持不超过 3

项，拟安排国拨经费 900 万元，每个项目 300 万元。为充分调动社会资源投入智能传感器的技术创新，在配套经费方面，传感器敏感元件关键技术类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 1:1；面向行业的智能传感器及系统类项目，以及传感器研发支撑平台类项目，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。每个项目拟支持数为 1~2 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。基础前沿技术类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 6 家，共性关键技术类和示范应用类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目（项目名称后有标注）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，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 智能传感基础及前沿技术（基础前沿技术）

1.1 高精度力学量的量子传感技术研究

研究内容：面向高精度、小体积力学量的量子传感应用需求，探索高精度力学量的量子传感新机制；研究微观以及介观尺度量子调控及增强机理；研究量子传感结构跨尺度可控制造方法；研究噪声抑制及传感信号高效提取方法；研制高精度、小体积力学量量子传感器样机，开展试用验证。

考核指标：建立新型高精度力学量的量子传感理论方法；可测力学量种类 ≥ 2 种；实现片上敏感器件集成，申报时应明确提出可达到的量子敏感器件尺寸；传感器力检测精度优于 10^{-20} N/Hz^{1/2}；力检测分辨力优于 10^{-21} N；在新机制、新机理传感器和制造方法等方面，申请发明专利不少于3项。

1.2 生化量检测用太赫兹传感技术研究

研究内容：针对特定生化量物质高灵敏检测难题，探索太赫兹增强传感新机理和新方法；研究太赫兹波调控及探测机理；研究生化量传感表征方法，研究生化量太赫兹传感器设计、制造方法；研制高灵敏生化量太赫兹传感器样机，开展试用验证。

考核指标：建立太赫兹增强传感理论、调控及探测方法；可传感钠、钾、钙等极性离子液体 ≥ 3 种，灵敏度达到人体生理指标浓度；可测氨基酸、蛋白质、核酸、多糖等生化量种类 ≥ 3 种；传感器灵敏度 ≥ 0.5 THz/RIU，品质因子 ≥ 25 ，频谱范围至少覆盖0.2~2 THz，测量误差 $\leq 1\%$ ；太赫兹发射源和探测器实现片上集成；

在太赫兹传感、调控和设计制造等方面，申请发明专利不少于 3 项。

1.3 结构光场纳米位移传感技术研究

研究内容：针对传统光栅类位移传感器存在栅线制造精度极限的问题，探索结构光场构建理论以及相关位移传感方法；研究结构光场的高稳定构建、高精度调控和位移解调等关键技术；研制纳米位移传感器样机，开展光刻机等精密装备上的试用验证。

考核指标：建立结构光场构建理论和位移传感方法；线位移传感精度优于 $\pm 1\text{nm}@50\text{mm}$ ，测量量程不小于 150mm，测量分辨力优于 0.1nm；角位移传感精度优于 $\pm 0.1''$ ，测量分辨力优于 0.01''；在精密装备上的应用场景不少于 1 个；申请发明专利不少于 2 项。

1.4 人体健康监测传感器自供能关键技术研究

研究内容：针对人体多参量生物传感器在无线场景下自供能入网难题，研究从人体获取能量的自供能技术、器件和组件；研究自供能高灵敏人体多参量生物传感器技术；研究自供能组件与多种生物传感结构的匹配集成技术及其与人体的兼容性；研制分布式柔性可穿戴的人体多参量监测自供能生物传感器，在医联网典型场景应用验证。

考核指标：传感器可检测温度、脉搏波、呼吸波等人体健康信号 ≥ 5 种；传感器件满足不同检测体位的尺寸要求，结构延展性 $\geq 50\%$ ；自供能组件的能源转换效率 $\geq 25\%$ ，峰值输出功率密度 $\geq 50\mu\text{W/g}$ 且 $\geq 50\mu\text{W}/\text{cm}^3$ ；自供能生物传感系统的性能保持率满足典型场景使用时限要求；申请发明专利不少于 3 项，制定国

家/行业/团体标准不少于 1 项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

1.5 有机框架材料及气体传感技术研究

研究内容：针对有机框架材料高性能气敏机制不完善和实现路径不明确的共性问题，研究 MOFs、COFs 等新型有机框架材料及其衍生物的气敏机制和合成方法；研究高性能、低功耗气敏元件设计制造技术；研制气体传感器样机，开展试用验证。

考核指标：建立新型有机框架材料及其衍生物的气敏理论；气体传感器功耗 $\leq 1\text{mW}$ ；实现包括硫化氢、二氧化氮、甲醛、氨气等不少于 5 种典型气体的高选择、高灵敏、高可靠检测，传感灵敏度、选择性系数、稳定性等性能指标相比现有同类产品先进水平提高 2 倍以上；最低检测限 $\leq 10\text{ppb}$ ，浓度 100ppb 的被检测气体响应 $\geq 5@$ 空气背景；申请发明专利不少于 2 项。

1.6 基于超材料的力热传感增强技术研究

研究内容：针对超材料传感器在特殊场景下力、热传感灵敏度低以及增强传感构效优化难问题，探索超材料传感性能增强调控机理和方法；研究高灵敏超材料力、热敏结构设计方法；研制基于超材料的力、热敏感元件和传感器样机，开展高温环境下力、热测量的试用验证。

考核指标：建立超材料力、热传感增强新方法；基于超材料的力、热等物理量传感器样机 ≥ 2 种；传感器面向 1000°C 以上高温力、热测量等场景，传感器灵敏度等性能指标相比现有同类产

品的先进水平提高 2 倍以上；申请发明专利不少于 2 项。

1.7 柔性植入式多模态集成感知及调控技术研究

研究内容：针对脑部植入式传感器监测功能单一、微型化和集成度低等关键问题，探索柔性植入式多模态生理生化集成传感与电调节机理，研究可长期植入生物体的微小传感器设计制造关键技术；研制传感、电调控、信号处理的集成专用芯片；研究植入传感器和体表芯片的系统封装技术；开发多参数融合智能识别嵌入式系统，开展生物体微创口下系统的功能、稳定性及安全性验证。

考核指标：建立柔性基底植入式多模态传感理论模型；传感器具备压力、氧分压、 Na^+/K^+ 离子组分等测量功能，智能识别疾病数 ≥ 3 种；信号调理芯片具有信号处理、脉冲发生和无线传输功能，总功耗 $\leq 15\text{mW}$ ；传感器植入端温度变化 $\leq 1^\circ\text{C}$ ，植入 6 个月系统测量误差 $\leq 25\%$ ；申请发明专利不少于 3 项。

1.8 异质微结构印刷工艺及传感器研究

研究内容：针对印刷制造薄膜类传感器结构精度低和在微圆周面上图形化加工传感器结构困难的共性问题，探索基于印刷工艺的高性能传感器异质微结构实现方法；研究微结构高精度批量制造关键加工工艺；研究传感器三维异质敏感结构成套标准化印刷工艺；针对热学量、力学量等面阵型传感器制造，开展试验验证。

考核指标：薄膜最小印刷线宽 $50\mu\text{m}$ ，最小印刷厚度 $5\mu\text{m}$ ；微圆周面印刷最小偏转角度 $20''$ ，印刷同轴度 $\leq 10\mu\text{m}/\text{mm}$ ；试验

验证传感器种类 ≥ 3 种，至少包含1种可穿戴健康监测传感器；申请发明专利不少于3项，制定传感器印刷工艺标准不少于2项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

1.9 微纳跨尺度结构集成的超灵敏生化传感器

研究内容：针对现有气体分子、溶液离子和生物分子等生化物质检测灵敏度低、选择性差的问题，研究具有普适性的跨微纳尺度复合结构超敏感生化传感方法，探索纳米效应增敏机制和信号转换机制，研究敏感界面与被测生化分子间作用的传感机理；研究纳米材料在特定敏感微区的一体化精确构筑技术；研制微纳结构一体化集成传感器阵列原理样机，开展痕量生化传感现场应用验证。

考核指标：传感结构中局域选择自组装纳米结构的复合纳米材料种类 ≥ 2 种；研制出可用于现场检测的生化传感原理样机 ≥ 3 种， H_2S 检测限 $\leq 10\text{ppb}$ 、 Ca^{2+} 检测限 $\leq 100\text{ppb}$ 、抗坏血酸检测限 $\leq 1\text{nM}$ 、多巴胺检测限 $\leq 1\text{pM}$ 、miRNA检测限 $\leq 0.1\text{pM}$ ；芯片传感平面尺寸 $\leq 0.5\text{mm}\times 0.5\text{mm}$ ；申请发明专利不少于3项。

1.10 感算一体化室温红外成像探测技术研究

研究内容：针对无人驾驶、安防监控等领域红外探测芯片功耗高、智能化程度低、成本高的共性问题，研究高质量、大面积、读出电路兼容的短波红外敏感薄膜制备和器件结构工艺；研究低功耗ADC设计技术；研制红外探测器读出电路芯片；开发红外感知的新型神经形态信号流处理算法和硬件；研制感算一体的室

温红外成像芯片，开展试用验证。

考核指标：短波红外探测器室温下暗电流密度 $\leq 1\text{nA/cm}^2$ ，响应波段覆盖 900~2000 nm；单路 ADC 功耗 $\leq 50\mu\text{W}@10\text{bit}$ ；成像芯片原型器件集成度 ≥ 300 万像素，像素尺寸 $\leq 5\mu\text{m}$ ；信号流处理速度不低于 30fps，对 FLIR 红外数据集的目标识别率 $\geq 95\%$ ；申请发明专利不少于 2 项。

1.11 变革性敏感原理、材料、工艺及传感器研究（青年科学家项目）

研究内容：针对各类物理、化学、生物量传感需求，跟踪领域学科前沿和传感器智能化发展趋势，从敏感原理、敏感材料、传感器设计与制造等方面进行突破，实现颠覆性的传感技术创新。

考核指标：相对于领域已有技术，在敏感原理、敏感材料、传感器结构或制造工艺上具有变革性创新，展示具有显著技术领先性的新型传感器。

有关说明：青年科学家项目，支持不超过 3 项。

2. 传感器敏感元件关键技术（共性关键技术）

2.1 病原微生物及疾病代谢标志物敏感元件及应用

研究内容：针对目前生物传感器制造均质性低、稳定性差、抗干扰能力弱的瓶颈问题，研究酶与膜材料的结合界面特性；研究新型酶/蛋白质生物敏感元件制造技术；研究融合酶生物传感器制造关键技术；研制病原微生物及疾病代谢标志物敏感元件，并在生物检测传感器制造领域应用验证。

考核指标：开发出 15 种以上酶/蛋白质生物敏感元件，敏感元件响应时间 $\leq 20\text{s}$ ；建立敏感元件标准化制造工艺，批次酶活载量差异 $\leq 2\%$ ；敏感元件信号强度 $\geq 85\%$ @连续使用 15 天；基于生物传感器研制的便携式检测仪 ≥ 3 种，测量误差 $\leq 1.5\%$ ；获得医疗器械注册证 1 项，传感器销售量 ≥ 1000 套，检测仪销售量 ≥ 100 台。

有关说明：由企业牵头申报。

2.2 新型低功耗、高选择性气敏元件及传感器

研究内容：针对现有气敏元件功耗大、选择性不高等共性问题，研究工作温度在 $20\sim 150^\circ\text{C}$ 范围内的新型高性能气敏材料，研究气敏元件原位表征方法，研究低功耗新型气敏元件的工作机制；研究气敏材料的 MEMS 集成工艺；研究气敏元件稳定性和选择性提升技术；研制低功耗、高选择性 MEMS 气体传感器，开展新能源车、大气环境监测等场景应用验证。

考核指标：MEMS 气体传感器检测下限： $\text{H}_2 \leq 5\text{ppm}$ ， $\text{NH}_3 \leq 1\text{ppm}$ ， $\text{NO}_2 \leq 10\text{ppb}$ ， $\text{H}_2\text{S} \leq 10\text{ppb}$ ；传感器响应时间 $\leq 30\text{s}$ ，功耗 $\leq 5\text{mW}$ ，选择性系数 ($R_{\text{目标}}/R_{\text{干扰}}$) ≥ 10 ，响应值波动 $\leq \pm 10\%$ /年；传感器销售量 ≥ 1 万只；申请发明专利不少于 2 项，制定国家/行业/团体标准不少于 2 项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.3 高性能高选择性离子敏元件及传感器

研究内容：针对离子敏元件灵敏度低、抗干扰能力弱等问题，

研究新型离子敏感膜材料，研究表征固—液及固—固界面特性方法；研究离子敏传感器结构设计技术，研究批量制备多通道微型离子敏传感器关键工艺；研究溶液中多种离子的检测方法和识别算法；研制多通道微型高性能高选择性离子敏传感器，开展环境水质、生化检测等应用验证。

考核指标：离子敏感膜选择性系数 ≥ 10 ；离子敏传感器具备在水质、体液等样品中多种离子的高灵敏度、高选择性检测，最低检出限 $\leq 10^{-7}\text{mol/L}$ ，线性范围 $10^{-7}\sim 10^{-1}\text{mol/L}$ ，多离子浓度测量时检测精度 $\leq 1\%$ ；传感器销售量 ≥ 1000 只；申请发明专利不少于 2 项，制定国家/行业/团体标准不少于 2 项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.4 微型高性能加速度敏感元件及传感器

研究内容：针对目前微型加速度传感器精度低和稳定性差等技术问题，研究加速度敏感元件高稳定力学模型，研究加速度敏感元件稳定性漂移抑制方法；研究敏感元件制造、集成封装和稳定性提升等关键技术；开发低噪声信号读出及处理电路，研制微型化高性能加速度传感器，在航空航天航海等领域开展惯性测量与导航应用验证。

考核指标： $\pm 3\text{g}$ 量程的加速度传感器：分辨力 $\leq 0.5\mu\text{g}$ ，零偏稳定性 $\leq 0.5\mu\text{g}$ ，全温零偏稳定性 $\leq 10\mu\text{g}$ ，标度因数稳定性 $\leq 0.5\text{ppm}$ ； $\pm 70\text{g}$ 量程的加速度传感器：分辨力 $\leq 1\mu\text{g}$ ，零偏稳定性

≤1μg，全温零偏稳定性≤30μg，标度因数稳定性≤1ppm；集成封装尺寸≤Φ30mm×20mm；传感器销售量≥2000套；申请发明专利不少于2项，制定国家/行业/团体标准不少于2项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.5 微型高分辨力三轴加速度敏感元件及传感器

研究内容：针对目前加速度传感器无法同时满足高分辨力和宽动态范围性能的问题，研究高分辨力和宽动态范围的三轴加速度传感机制；研究宽动态范围加速度信号检测技术；研究加速度传感器集成技术；研制微型三轴加速度传感器，在机器人精密作业和高精度测量装备中开展应用验证。

考核指标：加速度传感器三轴动态范围均在10ng~1g之间，传感器噪声≤10ng/Hz^{1/2}，通频带1~500Hz，封装尺寸≤50mm×50mm×50mm，重量≤100克；传感器销售量≥100套；申请发明专利不少于2项，制定国家/行业/团体标准不少于1项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.6 高性能声音敏感元件及传感器

研究内容：针对声音敏感元件在小体积内实现高信噪比的共性技术难题，研究高性能声音敏感元件的结构设计方法；研究声音敏感元件的精准制造技术；研究声音敏感元件配套的ASIC设计技术；研制高性能声音敏感元件和硅麦克风传感器，在助听器、

降噪耳机、智能手机或工业安全监测等领域应用验证。

考核指标：建立高性能声音敏感元件的精准制备技术体系；敏感元件平面面积 $\leq 1.5\text{mm}\times 1.5\text{mm}$ ，封装尺寸 $\leq 3.5\text{mm}\times 3\text{mm}\times 1\text{mm}$ ；集成 ASIC 的硅麦克风传感器信噪比性能 $\geq 72\text{dB}$ ，最大声压级 $\geq 135\text{dB}$ ；传感器销售量 ≥ 500 万只；申请发明专利不少于3项，制定国家/行业/团体标准不少于2项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.7 高灵敏 MEMS 磁敏感元件及传感器

研究内容：针对小体积磁敏感元件多物理场耦合及增强难题，研究高灵敏磁敏材料和敏感元件结构设计技术；研究磁敏元件灵敏度与线性度提升技术；研究磁敏感元件及传感器的 MEMS 制造技术；开发传感器低噪声信号调理 ASIC 电路，研制高灵敏磁敏感元件及传感器，在新能源汽车、电网等磁场探测领域开展应用验证。

考核指标：磁敏感元件的磁场探测极限优于 300pT ，低频磁噪声指数优于 $100\text{pT}/\text{Hz}^{1/2}@1\text{Hz}$ ，线性度优于1%；含 ASIC 的磁传感器封装尺寸 $\leq 15\text{mm}\times 15\text{mm}\times 5\text{mm}$ ，磁敏传感器平均故障间隔时间 $\geq 1000\text{h}$ ；传感器销售量 ≥ 1 万只；申请发明专利不少于2项，制定国家/行业/团体标准不少于1项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.8 高性能激光气体传感器及应用

研究内容：针对我国激光气体传感器件功耗大、集成度低等技术难题，研究低功耗激光芯片设计制造技术，研究微弱传感信号采集处理的低功耗芯片技术，研究激光气体传感微型化组件技术；研究多气体交叉干扰抑制和防护等技术；研制高性能、微型化激光集成气体传感器，在新能源、煤矿、化工等行业开展应用验证。

考核指标：CO、C₂H₄、H₂S、C₂H₂、CH₄和CO₂检测精度优于： $\pm 1\text{ppm}@ (0\sim 25\text{ppm})$ ，测量值的 $\pm 4\%@(25\sim 1000\text{ppm})$ ；激光器波长包含4.2~10.5 μm 波段多气体吸收谱线；功耗 $\leq 500\text{mW}$ ，响应时间 $\leq 30\text{s}$ ；传感器组件尺寸 $\leq \Phi 60\text{mm}\times 70\text{mm}$ ；激光气体传感组件通过相关行业安全认证，激光气体传感组件销售 ≥ 1 万只；申请发明专利不少于3项，制定国家/行业/团体标准不少于2项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

2.9 高性能 X 射线敏感元件及在线传感应用

研究内容：针对复杂精密工件内部结构和缺陷在线高精度快速检测困难的问题，研究 X 射线敏感的残影效应和辐射损伤改善方法；研究高分辨力 X 射线敏感元件设计技术，研制高分辨、高帧率的高性能 X 射线敏感元件；研究敏感元件高可靠封装、辐射防护、稳定性提升和高速图像传输等传感应用关键技术；研制高性能 X 射线传感器及工业 X 射线无损检测系统，在复杂型腔结构

检测及尺寸测量、多膜层结构透视检测等领域应用验证。

考核指标：X 射线敏感元件的空间分辨力 $\geq 3.59\text{LP/mm}$ ，对比度分辨率 $\leq 0.5\%$ ，敏感元件辐射耐受寿命 $\geq 10^5\text{Gy}$ ；成像面积 $\geq 210\text{mm}\times 210\text{mm}$ ，成像帧率 $\geq 30\text{fps}$ ，成像残影 $\leq 0.5\%$ ；传感器销售数量 ≥ 200 套；申请发明专利不少于 2 项，制定国家/行业/团体标准不少于 1 项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

3. 面向行业的智能传感器及系统（示范应用）

3.1 深地探测高灵敏度电磁传感器技术及深部探矿示范

研究内容：针对当前金属矿资源勘察中传感器探测深度、分辨率不足以及勘探准确度低等问题，研究高精度、高线性度宽频磁场/电磁传感器等新型传感器材料和工艺；研究高精度、高分辨率的电场、磁场和电磁场高端传感器设计与测试标定方法；研究新型传感器的抗干扰技术；研制核心部件国产化的高精度电场、磁场和电磁场高端传感器系列产品，开展找矿示范应用。

考核指标：电场传感器电极极差 $\leq \pm 0.05\text{mV}$ ，极差漂移 $\leq 100\mu\text{V}/24\text{h}$ ；磁场传感器噪声优于 $1\text{fT}/\text{Hz}^{1/2}@(\geq 20\text{Hz})$ ，频带宽度 $\geq 1\text{MHz}$ ；电磁场传感器噪声优于 $0.5\text{fT}/\text{Hz}^{1/2}@1000\text{Hz}$ ，带宽 $\geq 50\text{kHz}$ ；传感器工作温度范围 $-20\sim 50^\circ\text{C}$ ；实现宽频带电场、磁场和电磁场的测量数据的反演功能；完成 2~3 处大深度金属矿勘探示范应用。

有关说明：由企业牵头申报。

3.2 车载固态激光雷达关键技术及工程化研究

研究内容：针对现有机械旋转式激光雷达在成本、环境适应性、可靠性等方面难以满足规模化车载应用的问题，研究固态激光雷达线宽窄、频率调制线性度高的光源模块及集成化的多通道并行相干接收模块关键技术；研究高可靠大口径微振镜激光扫描和光束引导技术；研究车规级固态激光雷达规模化制造工艺；研制远距离、高测距精度、高分辨率车用固态激光雷达，并搭载自动驾驶汽车开展示范应用。

考核指标：固态激光雷达传感距离 $\geq 300\text{m}$ ，测距精度 $\leq 50\text{mm}$ ，测速精度 $\leq 0.1\text{m/s}$ ，帧率 $\geq 10\text{Hz}$ ，水平视场角 $\geq 120^\circ$ ，垂直视场角 $\geq 30^\circ$ ，角度分辨力 $\leq 0.05^\circ$ ，激光点云采样率 $\geq 2.5\text{Msps}$ ，目标距离与速度的全天候检测正确率 $\geq 99.5\%$ ；固态激光雷达环境适应性、可靠性通过车规级考核，建立满足不同等级自动驾驶汽车应用需求的激光雷达系统集成方案；申请发明专利不少于 10 项，制定国家标准草案不少于 1 项；车载激光雷达产品搭载应用车型 ≥ 2 款，销售数量 ≥ 1 万套。

有关说明：由企业牵头申报。

3.3 汽车级高精度组合导航传感器系统开发及应用

研究内容：针对导航定位传感器不能满足汽车自动驾驶高精度、低成本、高可靠和批量化要求的问题，研究惯性传感器芯片设计制造、ASIC 电路和封装测试等关键技术；研究惯性与卫星

等组合导航模组设计技术、批量制造及快速标定技术、多传感器组合定位算法等关键技术；研制微型惯性传感器和组合导航传感器系统系列化产品，开展示范应用。

考核指标：建成微型组合导航传感器系统的设计及批量制造平台；组合导航系统姿态精度：横滚/俯仰（ 1σ ）优于 0.02° ，航向漂移（ 1σ ）优于 0.03° ；位置精度：组合定位精度优于 $2\text{cm}+1\text{ppm}$ ，惯性定位精度优于 0.1% （行程）；微惯性测量组合：陀螺仪（X/Y/Z 轴）量程 $300^\circ/\text{s}$ ，零偏稳定性（ 1σ ）优于 $1^\circ/\text{h}$ ，全温零偏误差（ 1σ ）优于 $0.01^\circ/\text{s}$ ；加速度传感器（X/Y/Z 轴）量程 10g ，零偏稳定性（ 1σ ）优于 0.05mg ，全温零偏误差（ 1σ ）优于 0.5mg ；工作温度 $-40\sim 85^\circ\text{C}$ ；微惯性测量组合体积 $\leq 10\text{cm}^3$ ；微型惯性传感器和组合导航传感器系统系列化产品满足 L3 及以上自动驾驶量产车要求，通过车规认证和功能安全认证，应用车型 ≥ 3 款，销售数量 ≥ 5 万套。

有关说明：由企业牵头申报。

3.4 特种钢生产关键参数在线检测传感技术及应用

研究内容：针对重大装备用钢铁材料从炼铁到成品工件生产工况恶劣、关键参数连续在线感知手段欠缺等问题，研究钢水温度在线检测传感器及其耐超高温连续稳定应用技术；研制高可靠炼铁、炼钢关键成分检测传感器，工件尺寸及表面缺陷检测传感器；研究恶劣环境下传感器及系统数据可靠传输和产线集成等关键技术；开发重大装备用钢铁材料生产关键参数在线快速检测分析算法和系统，在高铁车轮钢材生产等领域开展应用。

考核指标：传感器及系统可靠性满足现场应用要求，形成重大装备用钢铁材料生产关键参数在线检测的成套解决方案。铁水、钢水温度检测传感器工作温度最高达到 1680°C，钢水温度原位连续检测时间 $\geq 15\text{min}$ ；成分检测传感器可测炼铁、炼钢成分元素至少包括 Si、Mn、Cr、Ni、Ti、Fe、Cu、Al 等，重复性优于 10%@1%，关键成分在线传感分析系统工作温度大于 1300°C，单次测量时间 $\leq 1\text{min}$ ；运动工件外形尺寸及表面裂纹缺陷图像传感器分辨力优于 $50\mu\text{m}$ @(尺寸 $\geq 200\text{mm}\times 200\text{mm}$ ，被测工件温度范围 200~1100 °C)，图像传感系统测量精度 $\pm 3\text{mm}$ @ $3\text{m}\times 2.4\text{m}$ ，采样间隔 $\leq 1\text{s}$ ；申请发明专利不少于 3 项，制定国家/行业/团体标准不少于 3 项，申报时明确标准类型和项目结题时可达到的制定程序阶段。

有关说明：由企业牵头申报。

4. 传感器研发支撑平台（共性关键技术）

4.1 8 英寸 MEMS 传感器加工中试平台

研究内容：针对高端 MEMS 传感器定制化加工需求，研究功能材料薄膜工艺、复合膜应力调控技术、晶圆级真空键合、异质集成等关键共性工艺技术，建立高性能 MEMS 加速度计、陀螺仪、压力传感器、红外传感器、硅基生物 MEMS 传感器等高端传感器的定制化加工成套工艺，形成标准工艺设计工具包（PDK），为高端 MEMS 传感器客户提供定制化、规模化加工服务。

考核指标：平台兼容 8 英寸 CMOS 与 MEMS 核心工艺；具备整晶圆（ $\geq 700\mu\text{m}$ ）硅通孔、多晶圆（ ≥ 3 片）键合和晶圆级

真空键合能力，键合对准精度 $\leq 0.5\mu\text{m}$ ，真空晶圆键合腔内真空度 $\leq 1\text{mBar}$ ，薄膜片内及片间均一度 $\leq 2\%$ ；形成5套以上相应PDK和惯性传感器、压力传感器、光学传感器、生化传感器等关键产品工艺流程，实现不少于4类传感器的小批量生产，2类以上（含2类）传感器良率 $\geq 85\%$ ；申请工艺相关发明专利不少于5项；服务客户数不少于300家，其中服务承担本专项敏感元件研制任务的客户数不少于10家；所有考核指标须在同一个平台上完成。

有关说明：由地方科技部门组织企业牵头申报。配套经费中，地方政府配套经费与国拨经费比例不低于1:1，牵头单位承担并完成80%以上研发任务。

4.2 MEMS 传感器批量制造平台

研究内容：针对国内MEMS传感器对批量制造平台的迫切需求，研究多种传感器敏感元件的湿法腐蚀、干法刻蚀、膜层沉积/生长、晶圆键合等成套制造工艺技术，MEMS传感器批量制造标准化设计规则；研究传感器专用集成电路设计技术；研究传感器敏感元件与专用集成电路的一体化技术；建立传感器标准化批量制造平台，开展批量制造代工服务。

考核指标：建立成套的MEMS批量制造标准工艺流程，晶圆批量刻蚀均匀性优于5%@深度 $400\mu\text{m}$ 、关键膜层厚度的片内及片间一致性优于5%。批量制造平台具备硅麦克风、压力传感器等5种以上敏感元件成套工艺能力，提供敏感元件制造、敏感元件与专用电路一体化制造的标准化设计规则，建成10000片/月的

8 英寸晶圆批量生产能力；形成传感器专用集成电路标准化设计规则，提供 5 种以上传感器专用集成电路设计 IP 和产品服务；2 类以上（含 2 类）传感器良率 $\geq 85\%$ ，批量制造的多种传感器代工数量 ≥ 1 亿颗，一体化制造的传感器代工数量 ≥ 300 万颗；服务客户数不少于 10 家；申请发明专利不少于 2 项。

有关说明：由地方科技部门组织企业牵头申报。配套经费中，地方政府配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

4.3 高温传感器专用 ASIC 工艺平台开发

研究内容：针对高温传感器配套特殊应用集成电路（ASIC）制造难题，研究高温传感器 ASIC 设计、成套制造工艺、封装以及高温可靠性等关键技术；开发高温传感器 ASIC 工艺平台；研制高温压力传感器和加速度传感 ASIC 芯片，实现在高温传感器系统中的应用验证。

考核指标：建立高温传感器 ASIC 标准工艺器件模型库、高温单元库，高温传感器与专用电路的封装方法，实现高温环境下压力、加速度传感器的一体化集成。金属电迁移可靠性寿命 ≥ 3 年@250°C，工艺控制成品率 $\geq 95\%$ ，月产能 ≥ 2000 片；ASIC 芯片工作温度 $\geq 250^\circ\text{C}$ ，温度系数小于 $1.5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ，数字转换精度 $\geq 12\text{bit}$ ；高温 ASIC 芯片应用数量 ≥ 3 万只，高温传感器销售数量 ≥ 1 万只；申请发明专利不少于 2 项。

有关说明：由地方科技部门组织企业牵头申报。配套经费中，地方政府配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

“高性能制造技术与重大装备”重点专项 2021 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“高性能制造技术与重大装备”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：围绕国家战略产业高端产品及重大工程关键装备在复杂环境、复杂工况下高性能可靠服役需求，突破高性能制造基础前沿和共性关键技术，研制具有高精度、高可靠、高效率、智能化、绿色化等高性能特征的基础件、基础制造工艺装备、基础试验与分析平台等，实施重大装备集成应用示范，推动制造技术向材料—结构—功能一体化的高性能设计制造转变，实现高性能制造技术和重大装备的自主可控，增强我国战略性高端产品和重大工程关键装备的核心竞争力。

2021 年度指南部署坚持需求牵引、整机带动、分步实施、重点突破的原则，围绕基础前沿技术、高性能基础件、高性能基础工艺、高性能基础试验与分析、集成应用示范等 5 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术、示范应用，拟启动 18 个项目，拟安排国拨经费 2.83 亿元。其中，围绕基础前沿技术方向，拟部署 3 个青年科学家项目方向，每个方向支持 2 个项目，拟安

排国拨经费 1800 万元，每个项目 300 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 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。基础前沿技术类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 6 家，共性关键技术类和示范应用类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目（项目名称后有标注）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，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 基础前沿技术

1.1 重大装备设计基础前沿（青年科学家项目）

研究内容：研究性能/功能驱动的复杂装备机—电—液—智耦合设计理论与方法、材料—结构—组织—表界面一体化的高性能

构件设计模型与方法、极端环境和复杂工况服役关键特性参数的表征与评价等重大装备及关键构件的设计新原理、新方法。

考核指标：形成典型高性能重大装备设计模型、理论与方法，并开发具有自主知识产权的设计软件和原理样机/系统，完成相关成果的技术验证，并在典型高性能重大装备或高性能构件的形性一体化设计中实现验证；明确发明专利等知识产权数量。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

1.2 高性能基础件基础前沿（青年科学家项目）

研究内容：面向轴承、齿轮、液压元件等基础件高性能服役需求，研究极端工况下接触界面动力学理论及服役性能调控方法、材料—结构—功能一体化的设计制造理论和方法、极端条件下的服役性能先进测试理论与方法等，为新型高性能基础件研发提供支持。

考核指标：形成典型高性能基础件的创新设计、制造、测试等基础理论、方法和支持工具，开发具有自主知识产权的新型基础件原理样件或装置，结合典型应用场景进行功能和性能的试验验证；明确发明专利等知识产权数量。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

1.3 高性能制造工艺基础前沿（青年科学家项目）

研究内容：研究高性能制造过程中的加工、成形、表面改性、焊接、装配等新原理与技术，重点突破难加工材料构件的高效精密加工、复杂结构形性协同成形、大差异异质材料高可靠连接/

高强度焊接等新工艺。

考核指标：形成高性能加工、成形、表面改性、焊接、装配等创新理论方法，研发具有自主知识产权的制造新工艺和原理样机，在典型关键零部件的高性能制造中实现验证；明确发明专利等知识产权数量。

有关说明：青年科学家项目，支持 2 项。

2. 共性关键技术

2.1 耐高温抗腐蚀传动系统轴承

研究内容：研究轴承高温、腐蚀环境适配性设计方法；突破轴承自润滑与供油润滑、轴承高功率密度适应性、轴承高精度及长寿命、轴承性能及寿命试验验证等关键技术；研发耐高温、抗腐蚀环境传动系统轴承，建设轴承性能的拟实工况基础试验平台。

考核指标：研制耐高温抗腐蚀环境轴承，实现高速（ $\geq 22000\text{r/min}$ ）、重载（ $\geq 10\text{kN}$ ）状态下，轴承接触应力 $\leq 2500\text{MPa}$ ，轴承正常运行工作温度达到 300°C ，轴承 dmN 值 $\geq 2.5 \times 10^6\text{mm}\cdot\text{r/min}$ ；在 pH 值 3.5 ± 0.5 的酸性、盐雾环境下，轴承耐腐蚀等级达到 7 级以上；轴承的首翻期寿命不低于 1800h，总寿命不低于 3600h；技术就绪度达到 7 级以上，在重型无人机等领域得到应用验证。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.2 海洋高可靠耐腐蚀齿轮箱

研究内容：突破海洋装备齿轮箱可靠性及减振降噪设计、关键构件形性可控制造、基于海洋环境的齿轮箱温压差等多物理场耦合、开放环境下防腐与密封、智能故障诊断及健康监测等关键技术，搭建海洋装备齿轮箱模拟环境试验平台，研制海洋装备齿轮箱。

考核指标：齿轮箱传动功率达到兆瓦级；设计寿命 ≥ 25 年、可靠度 $\geq 98.5\%$ ，空气噪声 $\leq 95\text{dB}$ ；齿轮箱抗腐蚀防护达到海洋腐蚀环境级（C5-M），密封耐压水深 $\geq 200\text{m}$ ，防腐及密封设计大修寿命 ≥ 5 年；海洋环境综合模拟试验平台可满足兆瓦齿轮箱满负荷试验，具备模拟200~300米水深耐压、密封、浸泡等试验能力；开发齿轮箱智能在线监测系统，故障识别率 $\geq 80\%$ ；技术就绪度达到7级以上，在海洋勘探开采装备上得到应用验证。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于1:1。

2.3 内曲线低速大扭矩液压马达

研究内容：研究内曲线马达低速重载摩擦副的油膜承载特性、界面轮廓形貌设计方法、马达低速稳定性机理等，突破高效率配油系统设计、摩擦副材料及表面功能改性、内凸轮曲线轮廓精密加工等关键技术，开发界面参数评价与测试设备，研制内曲线低速大扭矩液压马达。

考核指标：内曲线低速大扭矩液压马达排量 5~20L/r；额定压力 28~35MPa；转速范围 0.5~100r/min；扭矩 15000~75000N·m；总效率 $\geq 85\%$ ；噪声 $\leq 77\text{dB}$ ；耐久性 $\geq 1500\text{h}$ ，且马达容积效率下降不超过 4%；技术就绪度达到 7 级以上，在大型舰船、掘进机等装备中得到应用验证。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.4 航空液压系统高性能密封件

研究内容：研究航空液压系统高性能密封件材料与性能评价技术与标准；突破高性能密封—主机系统协同设计、密封件高形状精度与高质量表面加工、可靠性评价等关键技术；搭建振动、温度和压力耦合的极端工况拟实基础试验平台；研发密封件生产过程典型工艺绿色化技术及装备；研制航空作动器、起落架等液压系统高性能密封件。

考核指标：航空高性能密封系统设计软件 1 套；航空液压系统高性能密封件工作压力 0~35MPa，工作温度 -60~200°C，工作寿命 $\geq 3000\text{h}$ ，泄漏率 $\leq 0.2\text{mL}/1000$ 次往复循环；试验平台：瞬时工作压力 $\geq 70\text{MPa}$ 、最大工作压力 $\geq 56\text{MPa}$ 、最大往复速度 $\geq 15\text{m/s}$ ，工作温度 -70~250°C；技术就绪度达到 7 级以上，在航空液压系统中实现应用验证。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 3 项，申请发明专利 ≥ 5 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.5 高速列车传动系统综合试验平台

研究内容：突破高速列车轮轨关系模拟、牵引动力能量回馈、实车线路运行工况全参数模拟等技术，研发高速列车传动系统拟实综合试验平台；研究转向架用轴箱轴承、齿轮箱轴承、牵引电机轴承等高铁轴承综合试验方法及评价体系。突破高铁轴承试验大样本数据采集分析与故障诊断、基于大数据的高铁轴承建模与优化设计等关键技术，模拟实车线路运行工况开展高铁轴承耐久性试验。

考核指标：建成 400km/h 速度级的高速列车传动系统综合试验平台，能量回馈技术节约试验能耗 80%以上，实现运行工况全参数模拟，替代检测实车路试考核，考核周期缩短 15 倍以上（不超过 8 个月）；完成不少于 15 种高铁轴承耐久性试验。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.6 高强极薄铜箔制造成套技术

研究内容：研究高性能铜箔微纳组织结构与性能关联关系及其调控机理；突破极薄铜箔电沉积、高抗拉高挠曲纳米孪晶组织极薄生箔制备、铜箔超低轮廓高剥离微粗化、硅烷偶联化表面处理、镀液成分监控、铜箔性能检测评价等全流程精准控制关键技术，研制极薄铜箔制造装备，制备高性能极薄铜箔。

考核指标：研制高性能铜箔制备成套装备，阴极辊直径 $\geq 2.7\text{m}$ ，铜箔宽幅 $\geq 1.35\text{m}$ ；极薄铜箔厚度 $1.5\sim 4.5\mu\text{m}$ ，粗糙度 $\leq R_z$

1.3 μm ，面密度均匀性 $\pm 0.5\text{g}/\text{m}^2$ 以内，重量重复性 $\geq 98\%$ ；抗拉强度 $\geq 460\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 5\%$ ，剥离强度 $\geq 1.2\text{N}/\text{mm}$ ；技术就绪度达到7级以上，在通信、新能源、芯片封装及柔性印刷电路等领域应用验证。申请发明专利 ≥ 3 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于1:1。

2.7 大型薄壁铝合金整体构件精确成形技术

研究内容：研究大型网格筋薄壁整体构件复合成形原理，突破多级网格筋成形几何连续性、成形精度控制、跨尺度组织性能均匀调控等关键技术，研制测量—规划—成形一体化制造技术与成套装备。

考核指标：研制大型薄壁构件精确成形装备，实现多级网格筋筒体整体构件精确近净成形；筒体构件直径 $\geq 3300\text{mm}$ ，径厚比 ≥ 400 ，筋高壁厚比 ≥ 2 ，轮廓精度 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内；抗拉强度 $\geq 430\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 7\%$ ；与传统制造构件相比结构重量降低10%以上，制造周期缩短40%以上；技术就绪度达到7级以上，在运载火箭、空间站或飞机等应用验证。申请发明专利 ≥ 5 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于1:1。

2.8 超大规格H型钢高性能热轧成形技术

研究内容：构建超大规格H型钢的异形坯连铸、冷却控制、轧制规程、孔型设计等全流程生产工艺模型；突破温度场—应力

场一应变场耦合作用的形性一体化调控技术；研制超大规格 H 型钢的连铸、轧制及精整成套装备。

考核指标：研制超大规格 H 型钢高效率热轧成套装备及控制系统，轧机轧制力 ≥ 3000 吨，生产效率提高 20% 以上；实现高度大于 1600mm、宽度大于 500mm、屈服强度 420MPa 级的超大规格 H 型钢产品一体化成形；产品高度偏差 $\pm 0.5\%$ 以内，宽度偏差 $\pm 1.2\%$ 以内，弯曲度 \leq 长度的 1/1000。技术就绪度达到 7 级以上，在重要桥梁施工或关键石油装备制造等中应用验证。申请发明专利 ≥ 10 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.9 大尺寸钛合金结构高强韧焊接技术

研究内容：研究低熔蚀钛合金焊料原位合成机理，突破大尺寸钛合金结构焊接界面强韧化调控、界面温度自适应调控技术，研制大尺寸钛合金结构高可靠高效焊接装备。

考核指标：研制钛合金构件焊接设备，有效区尺寸 $\geq 1200\text{mm} \times 800\text{mm} \times 800\text{mm}$ ，温度控制精度 $\pm 3^\circ\text{C}$ 以内；焊接构件尺寸 $\geq 1000\text{mm} \times 600\text{mm} \times 400\text{mm}$ ，且焊后变形 $\leq 1\text{mm/m}$ ，脆化层厚度 $\leq 40\mu\text{m}$ ，焊接后焊料残余率 $\leq 20\%$ ；结构耐压强度 $\geq 4\text{MPa}$ ，焊缝 450°C 高温强度不低于母材 80%；与传统工艺相比制造周期缩减 60% 以上，实现换热能力 $\geq 1300\text{kW}$ ；技术就绪度达到 7 级以上，在重型舰船换热器等应用验证。申请发明专利 ≥ 8 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.10 冷冻砂型绿色铸造技术

研究内容：研究水基冷冻砂型复合成形机理及宏微尺度精准控制机制、水粘接剂低温喷射渗透和沉积固化多参数耦合机理；突破冷冻砂型浇冒口及浇道优化设计、冷冻砂型加工精度闭环控制及补偿、高温熔体和冷冻砂型界面瞬态热流传导、大温度梯度下凝固组织转变和多尺度协调控制等关键技术；研制数字化冷冻砂型绿色成形装备。

考核指标：研制数字化冷冻砂型加工成形装备，有效成形尺寸 $\geq 1000\text{mm}\times 800\text{mm}\times 600\text{mm}$ ，重复定位精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 以内；冷冻砂型水加入量 $\leq 5.0\text{wt.}\%$ （水与砂型重量的百分比），冷冻温度 $\leq -25^\circ\text{C}$ ，砂型透气性达到 70，砂型抗拉强度 $\geq 0.8\text{MPa}$ ，抗压强度 $\geq 1.8\text{MPa}$ ，发气量 $\leq 18\text{mL/g}$ ；与传统砂型铸造相比，铸件性能提高 8%以上，有机粘接剂/固化剂含量降低 70%以上，型砂直接回收率 $\geq 90\%$ ；技术就绪度达到 7 级，在大型柴油发动机上实现应用验证。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 5 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

2.11 Micro-LED 用新型 MOCVD 技术

研究内容：研究新型 MOCVD 设备的腔体设计、流场结构和外延生长机理，突破加热器温场均匀性提升以及实时调控、Micro-LED 外延片表面低颗粒度的硬件结构设计等关键技术，开

发新型基于模型的温度控制系统、片盒到片盒传输的自动化取放片系统，研制大尺寸衬底上 Micro-LED 量产的高可靠性 MOCVD 外延设备。

考核指标: 研制 Micro-LED 量产的高可靠性 MOCVD 外延设备，腔体控温范围 450~1200°C，温度控制精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以内，设备能实现片盒到片盒传输取放片，平均开腔（PM）炉次 ≥ 50 炉次，设备稼动率 $\geq 90\%$ ；研制 6 英寸蓝宝石或硅衬底上氮化镓基 Micro-LED 外延生长工艺及装备，实现蓝光 100mm \times 100mm 方片波长均匀性（ 1σ ） $\leq 0.55\text{nm}$ ，绿光 100mm \times 100mm 方片波长均匀性（ 1σ ） $\leq 0.65\text{nm}$ ，炉间波长均匀性（ 1σ ） $\leq 0.8\text{nm}$ ；大尺寸显示应用缺陷颗粒度 ≤ 0.3 颗/cm²（颗粒尺寸 $\geq 0.5\mu\text{m}$ ，边缘去边 3mm），微显示应用缺陷颗粒度 ≤ 0.2 颗/cm²（颗粒尺寸 $\geq 0.25\mu\text{m}$ ，边缘去边 3mm）；技术就绪度达到 7 级以上，实现客户端生产应用。制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项，申请发明专利 ≥ 5 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

3. 重大装备应用示范

3.1 深远海船舶大推力全回转推进器设计制造关键技术与装备

研究内容：研究深远海船舶大推力全回转推进器服役性能演变规律与设计方法，建立全回转推进器数值仿真模型，研制全回转推进器缩比模型；突破大推力全回转推进器高精度电液控制、变截面厚壁导流管多能场复合焊接控形控性、大型桨叶加工高表

面完整性调控、伞齿轮高性能加工等关键技术；研发大推力全回转推进器高质高效大型导流管焊接、桨叶加工工艺与装备；自主研发大推力全回转推进器。

考核指标：导流管焊接总体变形量 $\leq 1.5\%$ ，接头强度系数 ≥ 0.9 ，桨叶疲劳寿命提高30%以上，桨叶—导管间隙 $\leq 0.5\%$ ；导流管焊接装备焊接速度 $\geq 1.5\text{m/min}$ ，桨叶加工装备铣削面型精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 以内，伞齿轮加工精度达到ISO 4级以上；研制6000kW功率级别及以上的船舶大推力全回转推进器，在深远海钻井平台、特种救援船或极地船舶等示范应用，推力 ≥ 65 吨，伞齿轮主传动效率 $\geq 95\%$ ，推进效率 $\geq 70\%$ ，转舵控制精度 $\pm 1^\circ$ 以内，转舵速度 $\geq 180^\circ/12\text{s}$ ，设计寿命 ≥ 20 年。申请发明专利 ≥ 10 项，登记软件著作权 ≥ 5 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 3 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于1:1。

3.2 深水海底钻井系统关键技术与装备

研究内容：研究深水海底钻井系统集成设计与布局优化方法，开展深水海底钻井系统总体方案、高效动力钻具结构创新设计；突破钻井系统水下作业装备快速安装、下放回收、精准定位、紧急脱离等关键技术；研发深水海底钻井系统集成控制软件，研制深水海底钻井系统装备。

考核指标：深水海底钻井装备1套，设计工作水深 $\geq 1200\text{m}$ ，设计钻井深度 $\geq 400\text{m}$ ，井眼直径 $\geq 127\text{mm}$ ，海底目标井位定位误差 $\leq 1\text{m}$ ；连续工作时长 $\geq 40\text{h}$ ；具备全面钻进、取心钻进、井下

原位地层数据实时采集等功能；在海上工程示范应用。申请发明专利 ≥ 4 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

3.3 千米竖井硬岩全断面掘进机关键技术与装备

研究内容：研究深部地层岩体原位精细化探测与岩性识别方法、大体积硬岩高效机械破碎机理；突破竖井垂直排渣、高效掘进与支护协同等关键技术；开发配套高效集中控制的撑靴与悬吊系统、新型破岩刀具与刀盘；研制千米竖井硬岩全断面掘进机装备。

考核指标：研制竖井全断面掘进机装备，适用于岩石抗压强度 80~150MPa，承压 ≥ 10 MPa，掘进速度 ≥ 4 m/天；研制高强度耐久性新型刀盘，连续工作进尺 ≥ 200 m；主轴 MTBF ≥ 15000 h；悬吊系统深度 ≥ 1000 m，重量 ≥ 1000 t；岩石破碎和垂直排渣速度 ≥ 25 m³/h；在千米硬岩竖井工程示范应用，竖井深度 ≥ 1000 m，直径 6~12m。申请发明专利 ≥ 5 项，制定相关团体、行业或国家技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

3.4 第三代半导体高性能碳化硅单晶制备和外延工艺及成套装备

研究内容：建立大尺寸反应室热力学和动力学模型，突破高温真空低漏率、耐高温耐腐蚀材料及老化特性、中频热场精确控制和扩径生长、膜厚及表面形貌的高精度实时监控等关键技术，研制反应室及加热、大尺寸高效能碳化硅单晶生长、碳化硅高性

能外延生长等关键装备，实现 6 英寸碳化硅单晶生长和外延装备的国产化和批量应用，推动第三代半导体产业发展。

考核指标：6 英寸半绝缘碳化硅单晶生长装备：最高温度 $\geq 2400^{\circ}\text{C}$ ，控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内，控压精度 $\pm 1\%$ 以内，单晶生长速率 $\geq 1\text{cm}/100\text{h}$ ，单位能耗 $\leq 3500\text{kW}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 。6 英寸碳化硅外延装备：最高温度 $\geq 1700^{\circ}\text{C}$ ，控温精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内，温度不均匀性 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ，漏率 $\leq 1.0^{-9}\text{mbar}\cdot\text{L}/\text{s}$ ；平均无故障工作时间 $\geq 1000\text{h}$ ，平均修复时间 $\leq 8\text{h}$ ；衬底表面粗糙度 $\leq \text{Ra } 0.2\text{nm}$ ，外延片掺杂浓度不均匀性 $\leq 2\%$ ，最高生长速率 $\geq 50\mu\text{m}/\text{h}$ ，表面形貌缺陷密度 ≤ 0.15 个/ cm^2 。技术就绪度达到 8 级以上；申请发明专利 ≥ 10 项，制定装备相关标准 ≥ 4 项；研制装备 ≥ 10 台套，在 5G 通信、新能源汽车、空间抗辐射等领域形成批产应用。

有关说明：配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

附件 8

“工业软件”重点专项 2021 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“工业软件”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：针对我国工业软件受制于人的重大问题以及制造强国建设的重大需求，系统布局产品生命周期核心软件、智能工厂技术与系统、产业协同技术与平台，贯通基础前沿、共性关键、平台系统及生态示范等环节。到 2025 年，引领现代制造业发展的新模式、新平台、新体系和新业态逐步形成，核心工业软件基本实现自主可控，基于工业互联网的工业软件平台及数字生态逐步形成，工业软件自主发展能力显著增强，推动制造业产业生态创新以及技术体系、生产模式、产业形态和价值链的重塑。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕工业软件及数字生态前沿技术、产品生命周期核心软件、智能工厂技术与系统、产业协同技术与平台等 4 个技术方向，按照基础前沿技术、共性关键技术，拟启动 17 个项目，拟安排国拨经费 1.92 亿元。其中，围绕工业软件及数字生态前沿技术方向，

拟部署 2 个青年科学家项目方向，每个方向支持 2 个项目，拟安排国拨经费 1200 万元，每个项目 300 万元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 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。基础前沿技术类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 6 家，共性关键技术类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目（项目名称后有标注）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，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 基础前沿技术

1.1 面向 OT 与 IT 融合的端边云互联集成理论与方法研究 (青年科学家项目)

研究内容：针对端边云分布式部署的工业应用系统面临大量异构设备接入、端边云协同困难等问题，研究数据和模型驱动的分布式端边云互联集成模型，构建标准化、平台化的端边云互联集成技术架构；研究异构跨域通信映射模型及语义集成方法、端边云统一数据空间的制造资源信息建模与可重构方法等；研究全互联、多场景的端边云资源调度方法及协同技术，形成可配置的动态互联集成机制；开展原理验证。

考核指标：提出新型的支持 OT 与 IT 融合的端边云互联集成理论；突破信息建模、资源调度和语义集成等新方法 ≥ 5 项；研制信息模型配置、模型测试等基础软件工具或组件 ≥ 3 套；研制云边端 OT 和 IT 融合集成测试验证系统 1 套，在典型工业场景开展原理验证。

有关说明：青年科学家项目，支持 2 项。

1.2 离散制造全流程工业数据智能理论与方法研究（青年科学家项目）

研究内容：针对离散制造中数据多源异构、流程复杂等问题，研究基于多时空关联与场景感知交互的跨域推理和融合认知方法，形成工业数据智能理论；研究场景/知识/模型联动的时空演变数据重构/融合/关联/预测机理，研发复杂离散工业企业决策模型，实现企业动态智能管控与交互式决策；研究制造智能体的知识自演化技术，构建基于人工智能的跨平台模型描述/编译/调用的智能计算引擎。

考核指标：建立离散制造全流程工业数据智能理论、方法和模型/构件库；在典型企业开展方法与模型的原理验证；申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 10 项。

有关说明：青年科学家项目，支持2项。

1.3 新一代工业物联网数据管理基础理论与技术研究

研究内容：针对工业物联网创新发展需求，研究端边云协同场景下海量数据采集、存储、查询、处理一体化基础理论，形成时效驱动、资源驱动、负载驱动的时序数据管理体系；研究新型时序数据压缩与存储技术；研究工业物联网时序数据高鲁棒处理技术，形成工业时序数据的一致性、完整性、时效性、有效性等多维度数据质量画像；研发工业物联网数据分析通用算法库；融入工业物联网数据管理开源软件生态。

考核指标：提出物联网时序数据管理理论模型；形成新型工业物联网时序数据库软件架构；支持面向时序数据时域、频域、区间、集合、采样等操作 ≥ 5 种；时序数据质量评价维度 ≥ 4 种；形成工业物联网时序数据库管理系统原型，单节点数据读写性能均不低于2000万点/秒，支持进行分组聚合运算不低于5000万数据点/秒。通过国际TPCx-IoT标准测试认证。

1.4 嵌入域等几何CAE基础理论与方法研究

研究内容：研究复杂工程结构CAD/CAE模型统一参数化表达方法；研究无需网格剖分的一体化设计分析技术、数据/模型融合驱动的CAE分析技术；研发嵌入域等几何CAE分析内核、显

示引擎及超高分辨率图像交互组件，实现众核 CPU/GPU 异构并行计算；研究高精度、高效率、高数值稳定性的先进等几何 CAE 数值方法；开发国产三维 CAE 设计分析一体化软件原型，在航空航天、船舶、汽车等行业开展原型应用。

考核指标：形成国产三维 CAE 设计分析一体化软件原型 1 套；支持亿级单元规模的嵌入域等几何分析；支持多个零部件的复杂装配体等几何分析；支持不少于 3 种典型数据格式的无重构性能分析；在不少于 3 类行业中进行原型应用。

1.5 集团企业价值链数字生态理论研究

研究内容：针对集团型企业整合多制造基地构建生态价值链的需求，研究集团制造企业多基地价值链数字生态理论，突破制造企业多基地生态价值链模型及演化机理、网状拓扑组织结构、基于区块链的价值链运行、数据驱动的价值链优化、数据智能服务等方法和技术；构建集团制造企业多基地生态价值链应用场景，开展原理验证。

考核指标：形成集团制造企业多基地价值链数字生态理论；突破集团企业生态价值链模型、价值链优化和数据智能服务等方法和技术 ≥ 3 类；研发生态价值链支撑构件 ≥ 10 个，获得软件著作权或申请发明专利 ≥ 10 项；在重大装备等离散制造企业得到验证，实现支撑集团企业多基地价值链的协同。

1.6 大规模制造产业网状结构价值链数字生态理论研究

研究内容：针对基于第三方平台构建网状结构生态价值链的

需求，研究基于第三方平台的多价值链协同体系、网状结构价值链数字生态理论；突破网状结构价值链及数字生态模型及演化机理、网状拓扑组织结构、基于区块链的价值链运行、数据驱动的价值链优化、数据智能服务等方法和技術；基于第三方平台构建网状结构生态价值链应用场景，开展原理验证。

考核指标：建立基于第三方平台的网状结构价值链数字生态理论，突破网状结构多价值链协同、数据驱动的价值链优化等方法和技術 ≥ 3 类，研发生态价值链支撑构件 ≥ 10 个，获得软件著作权或申请发明专利 ≥ 10 项，遴选汽车、家电等大规模制造的离散制造业，在第三方平台得到验证，实现支撑网状结构的多价值链协同。

1.7 大规模制造产业可信溯源理论与方法研究

研究内容：针对大规模制造产业链全域标识数据异构多源、可信度低、实时追溯和协同共享难等问题，研究基于区块链的多源异构数据管理架构、协同共享模型和基于多方治理决策的可信追溯机理；研究面向产业链全域数据溯源共识算法和成员敏感数据切片式实时共享机制；研究大规模制造产品设计/制造/服务全生命周期数据标识寻址、实时追溯和可监管隐私保护方法；构建大规模制造产业可信高效溯源典型应用场景及服务平台，开展原理验证。

考核指标：建立基于区块链的大规模制造产业可信溯源理论；突破毫秒级跨域切片式实时共享传输、可监管隐私保护等前

沿技术 ≥ 5 项；研发基于区块链的大规模制造产业可信溯源平台，研发可信溯源支撑构件 ≥ 10 个；在电子信息、通信、汽车等行业开展原理验证；申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 10 项，制定相关标准。

1.8 新一代现场级工业物联网融合组网与配置前沿技术研究

研究内容：针对智能工厂人机料法环对工业物联网灵活、便捷接入及确定性低时延等需求，研究新一代智能生产线现场级工业物联网有线与无线融合组网新技术与新方法；研究基于软件定义的现场级异构网络统一配置前沿技术；研究覆盖工业现场总线、TSN 网络、工业无线网络、5G 等异构网络协议互联互通与协同新方法；开发基于新一代现场级工业物联网融合的典型行业制造过程管控技术。

考核指标：提出至少 5 种主流工业有线网络与 5G 等 2 种无线网络互联互通的统一配置新方法；满足工业现场端到端确定性时延抖动 $< 1\text{ms}$ ，在钢铁生产、新能源汽车、纺织化纤等场景中应用验证；申请相关专利 ≥ 10 项，提出相关国家或国际标准 2 项。

1.9 流程行业智能工厂数字安全一体化管控理论与方法研究

研究内容：针对流程行业工艺繁多、流程长、工序关联耦合等特点导致的工厂级综合安全管控困难等问题，研究攻击安全、故障安全、失效安全等多种安全机制协同和优化方法；研究基于智能工厂多源危险安全机理和关联特征的一体化风险模型；研究基于 AR 的工厂危险预知预警方法；研究多模态交叉融合的安全

风险一体化管控理论方法；研制流程行业智能工厂安全一体化管控原型系统。

考核指标：开发功能安全与信息安全冲突消解和人机交互风险预知等技术 ≥ 8 项；研发安全一体化管控系统1套，满足功能安全完整性 SIL2 级，信息安全 SL2 级；申请发明专利 ≥ 10 项，制定相关标准，在典型行业开展验证。

1.10 数据驱动的制造过程闭环控制分析与优化方法研究

研究内容：面向航空航天、能源石化等复杂产品制造过程面临的提质增效重大挑战，研究数据驱动的制造过程闭环控制分析与优化方法，研究产品制造过程数字主线、多性能数据关联分析方法、多目标“预测—反应式”闭环调度方法等基础理论，开发“云边端”协同环境下的运维一体化制造过程优化系统，在典型行业开展验证。

考核指标：提出数据驱动的制造过程闭环控制分析与优化方法，开发数字主线、关联分析、闭环调度等新技术 ≥ 5 项，开发“云边端”协同环境下的运维一体化制造过程优化原型系统1套；制定相关标准，申请发明专利 ≥ 10 项，在航空航天、能源石化等行业得到验证。

1.11 基于云边端协同的智能产线管控理论和方法研究

研究内容：面向离散行业的精密零件加工无人化、柔性化和智能化需求，研究基于云边端协同的智能产线管控理论和方法。研究基于 5G 网络的智能产线云边端协同管控系统架构；研究基于

横纵向数据流的智能产线 OPCUA 信息建模和数据封装方法；研究基于视觉的智能产线零件加工质量在线感知新方法；研究基于云边端协同的智能产线精度控制、运行调度、能效优化等新技术。

考核指标：提出基于云边端协同的智能产线管控理论方法；开发智能产线信息建模和数据封装、零件加工质量感知等新技术 ≥ 3 项；研发 1 套云边端协同的智能产线管控原型系统；申请发明专利 ≥ 10 项；制定相关标准；在高端制造装备、航空航天等离散制造行业得到验证。

1.12 基于 MEC 的边缘控制与实时仿真基础理论与方法研究

研究内容：针对云端化工业软件部署的边缘侧功能分配等问题，研究基于 MEC 的边缘感知、分析、决策、控制等理论与方法。研究基于 MEC 的边缘侧行为级编程、基于产品设计模型的工艺表征与在线规划、制造过程加工/装配工艺代码生成等方法；研究基于多学科联合与机器学习的轻量化仿真方法；构建适用于 MEC 边缘控制与实时仿真的数据集、算法库、工艺包与建模工具等。

考核指标：提出基于 MEC 的边缘控制与实时仿真理论；开发基于 MEC 的边缘控制与实时仿真工具和软件构件 ≥ 30 项，实现机器人运动轨迹、机床 NC 代码的自动生成；申请发明专利 ≥ 15 项；制定相关标准；在典型行业开展验证。

2. 共性关键技术

2.1 离散行业工业互联网操作系统核心组件研发与应用

研究内容：针对离散制造行业工业互联网操作系统的接入资

源种类多、数据量大和应用场景多的问题，研究面向设备、产品和服务全要素资源接入技术；研究基于大数据与知识深度迁移的异构系统大数据空间共享融通技术；研究基于数字孪生和多任务调度的双场景驱动工业引擎技术；研制离散制造行业工业互联网操作系统的核心组件，开展应用验证。

考核指标：研制操作系统核心组件，含接口协议库、大数据湖、工业引擎和场景化机理模型库等；提供资源接入模型 ≥ 10 个和接口协议 ≥ 20 种，提供不少于10种异构数据和10万节点的集成与管理能力；提供操作系统原型样机，在离散行业的设计和制造等场景开展验证；制定国家/行业标准（草案） ≥ 3 项。

2.2 大型工程机械装备设计/制造/运维一体化平台研发与应用

研究内容：针对复杂施工环境重大工程对大型工程机械装备提出的适应性难题，研究产品研发设计/生产制造/运维服务一体化发展模式和产品生命周期价值链协同技术，基于知识的产品与施工地质环境自适应设计方法，供应链多维度动态协同、智能柔性排产等技术，数据与知识驱动的装备状态监测、故障诊断、性能预测、地质风险预警、远程服务等技术；研发基于模型的定制化匹配设计、智能化生产排产和装备运维技术及系统，构建大型工程机械装备设计/制造/运维一体化平台；开展应用验证。

考核指标：研发建立基于模型的大型工程机械装备设计/制造/运维一体化平台，支撑产品生命周期价值链协同；形成平台集成定制化匹配设计系统1套、柔性排产模型 ≥ 10 个、价值链协同和运

维服务构件 ≥ 15 个，建立企业标准体系；在硬岩掘进机、钻爆法施工装备等3类以上大型工程机械装备研制以及高原、高寒、缺氧、高地应力、软岩大变形等复杂施工环境的国家重大工程建设中进行应用，支持150台套以上大型工程机械装备的运维服务，支持实现施工速度提升10%以上、维修周期或者成本降低10%以上。

2.3 大规模制造产业工业互联网平台研发与应用

研究内容：针对工业互联网环境下大规模制造产业协同模式创新的需求，面向制造企业为核心的产业价值链，研究基于工业互联网和人/物/业务相联结的价值链协同模式、产业价值链治理与重构机制以及价值链协同业务流程，研究大规模制造产业价值链优化技术、基于区块链的价值链管控技术、数据驱动的价值链业务协同预测/预警技术，研究工业互联网平台架构，研发大规模制造产业工业互联网平台，开发产业价值链协同优化APP组件，以链主制造企业为核心实现平台的应用。

考核指标：建立支撑产业链重构及多维生态协同的大规模制造产业工业互联网平台，研发支持产业链快速重构的工业APP ≥ 10 个，申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 15 项，建立企业标准体系，在汽车、家电、电子信息等产业开展应用验证，产业链协同企业 ≥ 2000 家，要素整合周期缩短 $\geq 20\%$ ，产业链重塑响应速度提升 $\geq 20\%$ 。

2.4 个性化定制产业工业互联网平台研发与应用

研究内容：针对工业互联网环境下个性化定制产品生命周期价

价值链各环节交互协同、产品研制和运维服务实时性要求高等难题，面向大型复杂个性化定制产业价值链，研究基于工业互联和人/物/业务相联结的价值链协同模式，研究面向制造企业为核心的产品研发设计、生产制造、运维服务以及与关键配套设备供应协同的统一数据模型和开放共享机制；研究跨系统业务流程融合、产品生命周期全流程协同优化与控制、基于区块链的全域价值链生态资源重构等技术；研发个性化定制产业工业互联平台，开发业务环节服务组件，构建个性化定制的产业生态链模式，并开展应用验证。

考核指标：建立基于模型、跨系统业务流程融合的个性化定制产业工业互联平台 1 个，研发服务组件 ≥ 30 个，建立企业标准体系，申请发明专利或获得软件著作权 ≥ 10 项；在船舶、核电等个性化定制产业实现应用验证，实现典型协同场景 ≥ 10 个，支持产业链协作的企业累计 ≥ 100 家，核心协作企业 ≥ 30 家。

2.5 分布式工厂工业互联平台研发与应用

研究内容：针对分布式工厂间生产资源互联、生产协同执行与质量高效管控等需求，研究分布式工厂协同生产及工业互联机理；研究基于 MBSE 的异地协同生产执行、数据驱动的产线运行透明管控、多源异构数据融合、基于数字孪生的分布式工厂产能协同优化配置、面向生产拉动的智能物流配送、基于数字主线的全产业质量预测与控制等关键技术，开发相关软件；研发分布式工厂工业互联平台并开展应用。

考核指标：建立分布式工厂工业互联平台，开发工业 APP \geq 50 个，连接生产类型 \geq 8 种，飞机总装状态质量预测和问题诊断溯源准确率提高 20%，主制造商和供应商间制造协同效率提升 30%，建立企业标准体系，在国产民用飞机干线客机核心制造企业进行应用验证，实现与不少于 80 家企业开展生产计划、资源使用等协同，支撑产能的大幅度提升。

附件 9

“地球观测与导航”重点专项 2021 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“地球观测与导航”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：瞄准世界空天科技前沿领域，坚持“四个面向”提出的发展方向，重点构建开放创新、链条完整、全球领先的地球观测与导航技术体系，提升地球观测与导航战略高技术的核心竞争力，服务国家重大战略、国民经济发展、社会进步和人民健康福祉的提升，为保障国家发展利益提供战略科技支撑。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕多圈层透视探测技术、空天地一体化综合验证与质量追溯、空天定量遥感和智能信息处理、全球和区域地球观测应用示范、先进定位导航授时关键技术、全时空信息理论与系统、下一代全球碳监测卫星与应用示范等 7 个技术方向，按照基础前沿类、共性关键技术类、应用示范类，拟启动 12 个项目，拟安排国拨经费 4.3 亿元。应用示范类项目，配套经费与国拨经费比例原则上不低于 1:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 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。基础前沿类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 6 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 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 多圈层透视探测技术

1.1 高分辨率极区冰冻圈主被动微波探测技术（共性关键技术类）

研究内容：面向冰川、积雪、冻土等极区冰冻圈多种环境要素的探测需求，针对冰川快速变化监控及预测、冰基底物质分类及分辨、积雪覆盖及冻土变化等前沿科学问题，研究基于综合孔径体制的主被动微波高分辨探测系统技术，研究微波遥感电磁波可变介质中传输特性及敏感性差异，冰川微波成像分辨率与衰减特性，分布式主动穿冰雷达三维成像方法，电离层误差探测与补偿方法，研制三维成像穿冰雷达原理样机和高分辨率多波段综合

孔径探测仪原理样机，开展机载校飞试验，为极区航道开发等重大应用提供保障。

考核指标：研制三维成像穿冰雷达原理样机和高分辨率多波段综合孔径探测仪原理样机，开发低频电磁回波综合处理与图像解译软件和多波段协同探测的数据处理软件；主动微波探测实现穿透深度 3~4km 极地冰层，水平空间分辨优于 100 m，垂直分辨率优于 5 m，具备探测冰下基岩和水系的能力；被动微波探测实现积雪探测厚度 0~2m，精度优于 15cm，次表层（20cm）土壤水分误差优于 $0.04 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ，分辨率达到 5~40km，灵敏度优于 1K。

1.2 多波束星载高分宽幅 SAR 系统技术（共性关键技术类）

研究内容：面向陆海高分宽幅遥感和大比例尺测绘等应用需求，突破传统合成孔径雷达（SAR）信号体制限制，研究新体制多波束星载高分宽幅 SAR 总体技术，研究新体制波形编码、多波束收发，研究基于射频光传输的大动态范围接收机通道技术；研究多波束时频域分离和重构处理，研究新一代星载高分宽幅 SAR 平台等关键技术，设计多波束星载 SAR 技术方案、研制机载原理验证样机并完成机载飞行试验验证，为星载高分宽幅 SAR 遥感应用奠定基础。

考核指标：突破星载高分宽幅 SAR 理论和关键技术，设计新体制多波束星载高分宽幅 SAR 技术方案，满足 X 波段分辨率/幅宽 1m/300km 和 5m/1500km，载荷重量 $\leq 800\text{kg}$ 。研制机载原理样机 1 套，实现在 X 波段分辨率/幅宽优于 0.2m/60km；接收机通道动态范围 $\geq 80\text{dB}$ ；噪声等效后向散射系数优于 -22dB，模糊度优

于-20dB,具有干涉成像能力的功能。开展机载平台行业应用示范3项,包括测绘行业应用示范1项,面积不小于100km²,满足1:5000测图精度要求,水利与海洋行业应用示范1项,面积不小于3000 km²,具有大范围陆海监测能力,交通行业应用示范1项,面积不小于3000km²,具有道路及桥梁等交通基础设施大范围安全监测技术能力。

1.3 航空重磁多参量组合观测关键技术研究(共性关键技术类)

研究内容:面向日益增长的地球观测等领域对区域重磁场精细观测的需求,解决高精度重力、磁力仪器的自主可控问题,提升近地空间重磁场观测精度。重点突破重磁探测器的关键芯片和器件的制备工艺,高精度磁测飞行平台干扰补偿以及高精度区域重磁场模型构建等关键技术;实现高性能重、磁探测器的完全国产化并开展试验验证;在此基础上,构建近地空间高精度区域重磁场模型。

考核指标:航空磁矢量梯度与总场多参量观测系统1套,矢量磁梯度芯片噪声水平:优于15fT/m/√Hz(室内标定);矢量磁梯度飞行噪声水平:飞行测试场景下优于10pT/m(0.05~1Hz,有效值);磁总场探测飞行噪声水平:飞行测试场景下优于4pT(0.05~1Hz,有效值),飞行测试场景下飞行平台挠性误差磁补偿改善比:≥2;航空重力观测系统1套,航空重力测量精度:飞行测试场景下优于1.2mGal@半波长空间分辨率3km(外符合);地面量子绝对重力测量系统1套,量子绝对重力仪原子落体频率

≥3Hz，地面测量合成标准不确定度以及积分时间为300秒时的分辨率均优于5μGal，具备动态测量演示能力；区域重磁场建模算法软件1套，数据处理提升信噪比50%；典型区域（华北地区中等起伏地形条件区域）大地水准面模型精度：优于2cm。

2. 空天地一体化综合验证与质量追溯

2.1 基于空间卫星平台的微波无线传能技术（基础前沿类）

研究内容：面向大规模、分布式对地观测星群卫星平台高效能源供给对轻质化、小型化及灵活性等方面的需求，开展基于空间卫星平台的微波无线传能创新方案研究，突破空间小型化、集成化和低成本发射与接收天线一体化系统设计、面向多目标传能的发射天线多波束形成与管理，面向动目标的微波无线传能高精度指向测量与控制、高密度高功率系统热控、地面演示验证系统相似性等关键技术研究，研制基于卫星平台的微波无线传能地面演示验证原理样机并开展地面验证。

考核指标：空间卫星平台微波无线传能创新方案，比功率（功率与传能系统重量比）≥40；基于卫星平台的微波无线传能地面演示验证原理样机，传能效率（接收天线输出直流功率与发射天线输入直流功率之比）≥20%，同时传能目标数≥2个，传能距离≥100m；传输功率≥1kW；卫星平台所携带能量接收装置为可重复展/收天线，展开天线口径≤5m。

3. 空天定量遥感和智能信息处理

3.1 大气海洋一体化参数反演与应用（共性关键技术类）

研究内容：聚焦大气和海洋参数独立反演过程中两者相互干扰造成误差放大的问题，建立自主的微波全极化大气海洋一体化快速辐射传输模型，突破多源载荷时空匹配、全极化海气耦合微波辐射传输模式开发、气象海洋卫星场景自适应同步反演，台风及其风暴潮一体化监测、同化和预报等关键技术，针对台风与风暴潮集成我国大气海洋关键参数一体化综合反演与预报系统，开展产品验证，支撑业务化应用。

考核指标：建立自主海气耦合微波快速矢量辐射传输模式与伴随模式，模式计算误差平均减小 10%；海上大气温度/湿度廓线、降雨反演相对误差减小 15%~30%，海面风速、海表温度、有效波高、海面水汽含量反演误差减小 10%~20%；建立国产气象、海洋卫星新型微波载荷大气海洋参数一体化反演和预报系统，实现台风与风暴潮监测预报的业务应用。

3.2 复杂自然场景高分辨率遥感智能处理技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国地形地貌多样、气象条件复杂、地表结构细碎等复杂场景下的遥感大数据智能处理与空间认知的应用瓶颈，开展复杂地表空间的遥感数据表征理论与要素智能提取技术攻关，构建“数据—模型—知识”驱动的高分遥感视觉感知、探测机理耦合的复杂地表遥感知模型，重点突破星空地多传感器多模态数据时空融合、地表要素分层解构与图谱特征智能提取、典型要素智能解译与真实性验证等关键技术，研发遥感智能解译

系统与精准应用平台，开展行业典型示范应用。

考核指标：建立面向复杂自然场景的遥感认知理论与智能提取方法，提取方法适应 5 种以上复杂场景；时空数据融合至少包含光学、SAR、LiDAR、众包地理信息等 5 种以上类型数据，支持 5 个以上尺度的空间分辨率数据，融合精度达到像元级；智能提取技术支持我国主要高分辨率卫星数据产品，典型要素提取具备并行化计算能力；多种自然地理以及人类活动影响下建设用地、耕地、林地、草地、未利用地等典型地表要素数据产品在分辨率优于 5m 时，识别总体精度不低于 90%；研发自主知识产权的遥感智能解译平台 1 套，支持深度学习、迁移学习、强化学习等多种智能计算，算法与工具集种类不少于 20 种；典型行业示范与验证适应 5 种以上复杂场景，示范区域不少于 5 万 km²。

4. 全球和区域地球观测应用示范

4.1 多尺度流域水资源和水利设施遥感监测应用示范（应用示范类）

研究内容：面向中小流域，构建空天地一体化综合观测真实性检验基地及流域数字孪生。突破多源遥感与地面涉水要素综合观测数据同化融合关键技术，形成水循环核心要素同化方法和开放成果集；在北方完整灌区，进行灌溉水和退水的遥感反演和对比验证，解析作物耗水、灌溉水有效利用系数等变量的时空分布；针对工程全生命周期监管能力提升急需，开展大型水利工程施工季进度遥感监督和跟踪、投运工程的风险源定位、识别及月动态

监测方法指标研究；在北方水资源过载流域分析多时间尺度地下水蓄变过程，探究地下水多年累计开采量和年内季相开采节律；开展流域水文基准点沉降形变跟踪；结合干涸河道治理和生态补水监测，评估并提出跨流域调水生态效益评估方法。

考核指标：针对蓄满和超渗产流不同类型中小流域（不少于6个），搭建空天地一体化涉水要素1公里格网、小时级更新的流域数字孪生系统；建立多源数据融合和再分析模型，开放式提交时空连续序列日分辨率水文及涉水要素参数集，提供真实性检验；构建含田间尺度耕作层土壤水、作物耗水、灌溉水有效利用系数的灌区动态监测系统并交付实际运用，灌溉水遥感反演与实地观测误差小于15%；提出监管或跟踪要素指标方法，构建业务化动态监测系统及10个以上在建、5个以上在用大型水利工程典型实例。海河流域近20年年际和近5年季相蓄变数据分析数据集，与国家地下水观测实测结果误差小于20%；提交流域水文基准点近5年系列地面形变厘米级结果；评估近10年河道占用、跨流域调水对水资源超载区生态影响。

5. 先进定位导航授时关键技术

5.1 单片光机电融合式导航微系统（基础前沿类）

研究内容：面向无人飞行器智能导航、物联网时空服务等重大应用对微型化、高性能导航系统的迫切要求，针对传统单源导航微系统在卫星导航拒止条件下定位精度有限和抗干扰能力差等基础科学问题，研究基于惯性器件与光电探测的单片融合式综合

导航微系统，开展基于 MEMS 微结构多维调制的光电测量机理、多维惯性信息感知技术的研究；研究微机械惯性器件与光电敏感器件的单片加工技术，建立光电信息与惯性测量的智能融合与误差补偿机制；研制芯片级光机电融合式综合导航微系统原理样机。

考核指标：实现光电测量视场角大于 120° ，精度优于 $2''(3\sigma)$ ，惯性陀螺零偏稳定性 $0.3^\circ/\text{h}(3\sigma)$ ，光机电系统质量小于 50g ，实现光电、惯性信息智能融合，消除传统惯性导航漂移，实现 24 小时导航位置偏差优于 $200\text{m}(3\sigma)$ 。

5.2 远程精准时间传递与计量一体化网络关键技术（基础前沿类）

研究内容：面向国家对时间精准计量和溯源的需求，针对计量基准时间量值的精准远程传递和校准的难题，突破高精度时间保持、远程低不确定度的时间频率信号计量、无参考接收机的北斗时间传递链路校准、实时性和精确性平衡的振荡器的驯服控制及基于精准时间源的精密测试与标校等关键技术。研制扁平化精准时间计量体系示范系统、精准远程时间溯源节点设备，及基于北斗的时间频率实时比对服务平台和时间频率精密传递比对数据后处理平台。

考核指标：构建一套溯源至国家时间频率计量基准的扁平化精准时间传递与计量一体化网络示范系统，节点数不少于 10 个。精准时间溯源方面，参考节点距离基准源 100km ，时间偏差绝对值优于 $0.5\text{ns}(2\sigma)$ ，1 天的时间稳定度优于 30ps 、频率稳定度优

于 $7E-16$; 分布式节点距离基准源不少于 1000km, 时间偏差绝对值优于 $2ns (2\sigma)$, 1 天的时间稳定度优于 $0.3ns$ 、频率稳定度优于 $1 E-14$; 时间传递链路校准方面, 绝对校准和差分校准, 合成标准不确定度不大于 $1ns$; 时间计量方面: 1 天采样时间的附加时间稳定度优于 $0.3ns$, 合成标准不确定度不大于 $1ns$ 。申请发明专利不少于 10 项, 申报国家/行业标准不少于 2 项。

5.3 地下大空间高精度定位导航与控制技术(共性关键技术类)

研究内容: 面向日益增长的地下空间高精度定位导航应用需求, 针对当前 WiFi、Zigbee、UWB 等技术无法实现地下大空间内人员及无人驾驶装备的精确定位导航问题, 突破地下大空间复杂电磁环境下信号传输模型、数字孪生地图、规模可伸缩自主定位导航授时 (PNT) 系统组网、高精度定位等关键技术; 研制地下大空间范围内轨道车辆、设备等的无人驾驶精确定位控制系统; 开展地下大空间复杂电磁环境下自主 PNT 系统及导航控制应用验证。

考核指标: 研制地下 PNT 系统一套, 定位节点容量不低于 1000 个; 支持对轨道车辆、装备等的无人自动控制; 定位频率不低于 $1Hz$; 地下三维定位精度 (1σ): 静态优于 $0.3m$ 、动态 (速度不低于 $25km/h$) 优于 $1.5m$; 单基站定位容量不小于 30 个; 网络同时定位总容量不少于 2000 个; 网络连续覆盖路线长度不小于 $30km$; 实地部署地下典型应用验证系统不少于两个, 其中深度不小于 $300m$ 、路线长度不小于 $20km$ 。

6. 全时空信息理论与系统

6.1 地理空间智能核心技术与软件系统（共性关键技术类）

研究内容：面向国民经济建设、人民生命健康保障和国家重大战略实施对全时空大数据深度融合与精准分析的迫切需求，针对地理空间离散几何化抽象难以表达复杂语义关系、地理空间分析智能化水平不足等瓶颈，研究基于几何代数学的全时空对象建模方法，建立全时空对象化表达与对象空间建模的理论体系；研究知识驱动的时空大数据智能计算方法，构建对象内嵌的地理空间智能算法库，建立面向复杂场景动态演化的学习和模拟模型；研制集成大数据引擎、知识引擎、时空分析引擎、智能计算引擎和全息可视化引擎的多模态协同的引擎中台；设计规模可伸缩、模块易插入的云原生集成环境，研制以数据—知识—模式三元组构成为基础、全时空对象化表达与智能计算为核心、具有自主知识产权、世界领先的地理空间智能基础平台软件和应用基础软件，实现地理空间智能理论方法与技术的根本性突破；在自然资源管理、数字农业和全球综合环境信息智能保障等领域开展应用示范。

考核指标：研制地理空间智能软件一套，包括基础平台软件和不少于3个典型领域的行业应用套件，核心中台技术模块不少于20个；可管理PB级时空大数据和亿级时空知识元组，查询响应时间为秒级，支持超过100万用户并发访问；研发100个以上集成人工智能的空间分析算法，其中融合认知与感知的智能诊断

性和预测性算法不少于 50 个；项目关键技术成果申请发明专利不少于 10 项；申报国家/行业标准不少于 2 项。应用示范验证系统需在省市及以上相关部门业务运行。

7. 下一代全球碳监测卫星与应用示范

7.1 下一代碳卫星技术方案研究（共性关键技术类）

研究内容：给出我国首颗碳卫星技术成果与效能分析，面向 2030 “碳达峰”、2060 “碳中和”的国家战略，开展下一代中国碳卫星需求论证；研究星座布局、有效载荷指标分析，提出卫星系统总体方案和关键技术解决途径，为我国高时频、高精度、多要素、多尺度的下一代碳卫星设计提供依据；针对未来全球温室气体盘点目标，开展基于卫星监测的“自上而下”排放清单校核方案研究，创建具有我国自主知识产权的基于卫星遥感的主要温室气体清单校核方法，开展试验验证。

考核指标：研发满足空间分辨率全球 $2^{\circ}\times 2^{\circ}$ 、中国 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 、典型城市 $2\text{km}\times 2\text{km}$ 不确定度分别优于 15%、20%、50%，具备国别清单校核能力的多尺度碳通量计算模型；针对重点行业点源和大中型城市开展天地一体化排放监测仿真与验证。提出星座系统方案，监测要素包括 CO_2 、 CH_4 、 CO 、 NO_2 、SIF 等，精度分别达到： XCO_2 精度优于 0.7ppm、 XCH_4 精度优于 5ppb、SIF 精度优于 $0.25 \text{ mw m}^{-2}\text{nm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ ，重点排放地区 XCO 精度优于 10%、 NO_2 精度优于 $1.0\times 10^{15} \text{ molecules/cm}^2$ ，幅宽优于 240km。全球普查空间

分辨率优于 $2\text{km}\times 2\text{km}$ 、热点地区空间分辨率优于 $0.5\text{km}\times 0.5\text{km}$ 的要求，时间分辨率优于 1 天。

“文化科技与现代服务业”重点专项 2021 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“文化科技与现代服务业”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：面向文化科技与现代服务业生态集聚的新趋势、服务消费升级的新需求和服务场景创新的新特征，结合文化科技与现代服务业数字化、专业化、智能化和生态化的发展趋势，系统布局共性基础技术研究，媒体融合、数字文化、文旅融合、文化遗产保护等文化科技场景服务技术创新与应用，生活服务、科技服务、生产服务等现代服务业场景服务技术创新与应用，促进文化产业数字化转型升级，提升国家文化软实力；支撑现代服务业健康快速发展，培育经济发展新动能。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕文化产业基础性制约性关键技术、数字文化、文旅融合、服务科学与技术、生活服务、科技服务、生产服务等 7 个技术方向，按照基础前沿类、应用示范类，拟启动 10 个项目，拟安排国拨经费 2.1 亿元。其中，围绕文化产业基础性制约性关键技术方向，拟部署 4 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 2000 万元，

每个项目 500 万元。应用示范类项目，配套经费与国拨经费比例原则上不低于 1:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项（其中，任务 1.1 拟同时支持 4 个青年科学家项目），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。基础前沿类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 6 家，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 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。

青年科学家项目（项目名称后有标注）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，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 文化产业基础性制约性关键技术

1.1 文化产品产权价值评估与确权标识应用技术研究（基础前沿类、青年科学家项目）

研究内容：研究文化产品产权价值评估指标要素挖掘、关联分析与表示模型，研究基于大数据的文化产品产权价值建模理论与可解释评估方法，构建文化产品产权价值多维评估指标体系，研发文化产品产权价值智能评估工具及系统；研究确权标识的结构体系，提出确权标识的生成与解析方法；研究提出将确权标识与文化产品有效绑定的隐蔽嵌入方法，以及文化产品流转过程中识别确权标识的鲁棒提取方法；研发基于登记注册与追踪查证的文化产品确权服务系统；重点结合影视作品创作、文化艺术品交易等开展产权价值评估和确权标识技术应用验证。

考核指标：提出可实用验证的文化产品产权价值评估指标体系和评估建模方法，形成文化产品产权价值评估、确权标识嵌入与提取相关软件产品不少于 4 项，制定文化产品产权价值评估、确权标识生成与解析、影视作品标识登记相关标准规范不少于 3 项；确权隐蔽标识具备抗压缩转码、分辨率改变、画面裁剪、片段截取、画面录制等常见攻击，标识鲁棒提取准确率达到 95% 以上；建立文化产品影视作品确权服务系统，注册作品数量 2000 件以上。申请发明专利或软件著作权登记不少于 5 项。

2. 数字文化

2.1 网络视听全景式交互化新业态关键技术研发与应用示范 (应用示范类)

研究内容：研究支持全景式、交互化的超高清视频内容拍摄制作技术，研究基于视角的全景视频编解码技术、基于对象和场

景的音频编解码技术，支持沉浸式用户体验；研究全景式交互化视音频展现技术及主客观体验评价技术，研发全景式和交互化视音频内容采集工具、云化/虚拟化制作工具和渲染引擎，研发基于人工智能+云等技术的全景式交互化视音频内容生产基础平台与多形态呈现终端；在广播电视与网络视听领域内容生产、分发传播、终端呈现等环节开展典型场景应用，制定相关标准规范，打造即时可取的大众化、个性化的新视听业态。

考核指标：开发全景式交互化视音频拍摄制作技术系统，支持现场拍摄及处理，支持 8K、50fps、10bit，支持动态光场拍摄，支持对象和场景的三维声音频；开发基于云的全景式交互化业务系统，支持现场处理、云制作边协同，支持全景式内容生产、交互式分发、终端自适应呈现，支持全景式视频、VR 视频、交互视频、云互动娱乐等新服务模式；研制基于视角的全景视频编解码系统，支持 8K 分辨率，相对于传统全景视频编码可节约码率达 70%以上；研制小型化全景式交互化呈现终端实验装置 1 套，支持覆盖视角不小于 $120^{\circ}\times 70^{\circ}$ （水平 \times 垂直），支持 8K 视频解码与渲染显示，音频不低于 5.1.4 声道还音系统；提出全景式交互化网络视听行业标准体系，完成全景式交互化网络视听行业标准草案不少于 10 项，在 2~3 个广播电视与网络视听机构开展全景式视频、VR 视频、交互视频、云互动娱乐等业务形态，完成 5 部全景式交互化视音频内容制作，服务用户数不少于 100 万人。申请发明专利不少于 6 项，完成软件著作

权不少于 10 项。

2.2 面向智能交互产品的创意服务设计技术与平台（应用示范类）

研究内容：研究智能交互电子产品的用户行为、产品特征与市场联动分析方法，融合用户行为、使用场景、产品功效、终端反馈等海量多源异构数据，开发智能化的产品画像、设计决策、精准营销服务平台；研究智能电子产品设计的人因工程与人机交互技术，建立面向自然交互的物理、认知、情感等多模态人因数据库，形成人因设计规范与体验设计标准；研究复杂场景下自然交互技术和设计美学特征表达方法、人机协同的智能生成设计工具与审美评价标准，建立场景融合的文化、风格及美学主客观评价指标体系；研制机器学习和跨通道表征、图像与三维生成等智能交互设计工具系统，提高人机协同设计流程的效率和质量；开发基于智能交互、模式识别、全场景分析的 PSSD 设计迭代与智能化评估服务平台，针对通讯电子、健康与可穿戴设备等智能交互电子产品创意设计开展应用示范。

考核指标：建立智能电子产品用户的“特征—行为—体验”指标体系，构建全场景用户行为与设计决策分析平台，形成用户研究数据 20 万条以上、100 个专业场景库的精准画像与设计决策；建立面向智能交互产品的多模态人因数据库和智能辅助设计平台，包含中国用户的静态和动态人因数据 5 万条以上，支持多通道交互与跨终端产品设计的舒适性、可用性评估；开发典型行业

智能设计平台，支持自动生成 100 万张以上的设计作品，形成不少于 6 个专业设计服务领域的智能设计服务资源库和人机协同设计体系。申请发明专利不少于 10 项，软件著作权不少于 10 项。

3. 文旅融合

3.1 云演艺共性服务平台研发与应用示范（应用示范类）

研究内容：面向我国传统演艺行业的数字化转型等需求，研究基于超高清的云端分布式渲染显示技术和专业导播切换软件化平台系统，实现演播基本功能云化；研究混合现实技术演艺演出沉浸式体验场景设计、8K 视频的实时分片解码技术、虚拟视角合成与多视角即时切换技术，提升云演艺现场感；研究云演艺海量视音频数据多协议传输、超高清 5G 切片及多业务数据流端到端的虚拟网络技术，提升传输效率；研制自主可控中低成本专业 8k 拍摄编码传输设备和场景化 AI 导播技术，降低内容制作门槛；研发面向云演艺全链条的共性集成服务平台，创新运营模式，在若干专业演艺领域开展应用示范。

考核指标：建立基于融合网络传输的超高清远程协同云演艺共性集成服务平台，实现基于 5G+超高清+XR 的应用模式，覆盖云演艺全链条服务，支持不少于 10 路高清信号和 4 路 4K 信号切换，支持不少于 20 路信号实时连线直播互动；推动 5G+超高清+XR 在演艺产业的应用，培育 5 个以上线上原生云演艺产品，改造或新建 3 个以上超高清云演艺数字化实体场景开展示范，观演人次达 100 万以上。申请发明专利或软件著作权登

记不少于 15 项。

4. 服务科学与技术

4.1 服务效能理论与技术研究及应用（基础前沿类）

研究内容：面向众多智能主体（人、企业或机构、智能机器人等）分工协作构成的服务系统，明确智能主体的智能水平、服务效能的内涵，研究提出智能主体的智能水平及服务效能的定量计算方法。研究服务系统智能水平或效能与智能主体智能水平、服务系统结构、服务过程信息交换与共享等关键影响因素之间的定量变化规律。开发服务系统效能定量分析诊断、跟踪优化方法与系统。

考核指标：形成服务效能定量分析诊断、跟踪优化系统 1 套，该系统能够根据特定服务场景或服务的服务主体、服务内容及服务过程信息，通过定制化技术与特定服务场景或服务系统互联，在线、同步、定量分析诊断与跟踪优化服务过程，有效提升服务系统运行效能。在 3 个以上服务场景或服务系统进行应用验证，起草或制定 3 项相关技术标准。

5. 生活服务

5.1 面向智慧社区的物业服务融合技术研发与应用（应用示范类）

研究内容：面向智慧社区的构建，研究多模态物业数据融合技术，研究物业服务智能物联网（AIoT）技术与数字孪生技术，构建含社区建筑、社区环境、社区安全、社区活动、居民生活等

在内的人机物融合数字化物业服务基础设施；结合地方政府智慧社区工程的建设，研发面向智慧社区跨界服务场景的融合方法与技术，打造面向未来邻里、教育、健康、建筑、交通等多个场景的智能跨界物业服务数字化平台，以数字化技术整合社区物业服务生态；探索面向智慧社区的物业服务新模式，归纳总结不同模式特征与内涵，构建和谐化、社会化、平台化的物业服务新型生态体系；研究基于区块链的政府基层组织、业主委员会、物业公司、业主等多方协同、共建共管的可信物业服务设计、交付、监管等环节的流程与服务治理模式、技术与平台。

考核指标：突破面向智慧社区的智能物联网（AIoT）技术与数字孪生技术，实现不少于 50 种常用社区设备类别的连接，融合 BIM、社会、政务、CIM、车联网等不少于 10 类物业相关大数据；总结提炼面向智慧社区的物业服务新模式，构建和谐化融合化的新型服务生态；研制面向智慧社区物业服务的智能跨界物业服务数字化平台，提供支撑未来社区不少于 9 个场景的核心功能；突破可信物业服务设计、协同、交付、监管等关键技术，研制相关支撑平台，提升物业服务的跨社区协同与智能监管水平；制定 3 项物业服务质量控制国家/行业/地方标准，服务 3000 以上社区，服务 1000 万人群。

5.2 面向终身学习的个性化“数字教师”智能体技术研究与应用（应用示范类）

研究内容：面向终身学习个性化服务场景，研究基于多模态

行为数据的用户画像生成和迭代更新模型，研究行业知识体系的构建和生命周期管理技术、互联网教学资源与行业知识图谱的语义映射技术，研究自适应教学与学习路径规划、跨媒体智能推荐等个性化学习技术，研究信息化和多元化的综合竞争力测评体系构建技术，研究针对特殊群体的语音识别、语音合成、手势识别等智能交互技术。研发服务全民终身学习的数字化智能体系统，在数字世界为学习者构建一位陪伴终身的专属智能教师，有效完善终身学习教育体系并推动学习型社会的建立。

考核指标：完成覆盖 6 个数字经济重点行业的知识图谱构建和自动演化，建立 10 个维度以上的综合竞争力测评体系；研发服务全民终身学习的数字化智能体系统，具备个性化教学、学习路径规划和精准内容推荐等自适应教育等功能，能够为至少 3 种类型的特殊群体提供教学便利；在 2 个以上代表性行业开展终身学习规模化示范应用，覆盖 10 万以上用户，单用户日均使用时长不小于 20 分钟；制定个性化学习相关 3 项国家/行业/地方标准。

6. 科技服务

6.1 新型研发机构创新服务平台技术研发与应用(应用示范类)

研究内容：研究新型研发机构的内涵、分类、机理，研发企业技术创新需求挖掘与技术成果智能匹配技术，研发产业技术创新图谱智能绘制等可视化技术；突破研发服务管理数字化技术，创新研发团队协同、研发项目管理、研发成果管理等研发机构管理服务模式与技术，研发面向企业服务的个性化智能交互技术；

研究新型研发机构服务考核评价与激励技术；构建新型研发机构创新服务平台，集成检验检测、技术转移、创业孵化、标准化、科技金融等服务，汇聚设备、专利技术、人才、资金等要素，面向细分产业的专业性新型研发机构和多个产业的综合性新型研发机构开展应用示范。

考核指标：突破新型研发机构创新服务关键技术不少于 10 项，形成国家/地方/团体标准 2 项以上；形成一套新型研发机构创新服务平台，面向 3 个以上不同类型的新型研发机构开展应用示范，每个示范实现对 4 类以上科技服务的深度集成，服务企业超过 1000 家，支撑示范机构实现数字化转型，支撑研发机构管理、研发机构对外服务等场景不少于 6 个。

7. 生产服务

7.1 产业互联网服务技术研发与应用（应用示范类）

研究内容：研究数字孪生企业服务理论与模型，研究产业互联网生态体系理论、发展模型、运行机理、动力机制；面向家居、服装纺织、包装食品等传统产业，研发面向产业链上下游的服务数据共享机制、数据协同规范，研发云原生的数字化产业链服务协同技术，支撑产业链灵活用工、共享财务、品质管控、精准营销、科学决策等场景，实现产业全链条服务数字化、互联化、智能化；研究面向产业互联网的服务体系与服务内容，研发产业互联网服务平台，并面向智能家居、服装纺织、包装食品等领域开展应用示范，推动产业链服务升级和价值链优化，促进产业跨界

融合、产业模式创新。

考核指标：突破产业互联网的数据共享、数据协同、服务协同等关键技术不少于 30 项，形成国家/行业/地方标准 5 项以上；形成一套覆盖 3 个以上细分产业链的云原生数字化产业链解决方案，覆盖从营销到生产的产业链服务数字化场景 10 个以上；面向 3 个产业开展应用示范，形成 3 个产业互联网服务平台，并建立平台运营服务体系，每个平台包含产业链服务数字化场景不少于 5 个，汇聚产业内重点企业不少于 50 家，服务企业不少于 1000 家，累计服务收入不少于 5000 万元。

7.2 服务型制造服务共性技术研发与应用（应用示范类）

研究内容：围绕制造与服务融合、产品与服务集成带来的技术挑战，探讨基于传感和智能技术的制造和服务深度融合机理和模式，研究产品服务系统设计与优化方法、网络驱动的制造产品服务化设计、基于数字孪生和工业互联网的数字化服务、基于 IoT 与 5G 的产品远程运维等关键共性服务技术；研究制造服务生态体系的数据交换方法、数据定价模型和制造服务智能交易技术，建立面向全生命周期的制造服务数据治理机制，激活数据要素在服务型制造中的牵引作用。研制面向典型行业、典型模式、可定制的开放式产品服务化支撑平台，并开展示范应用。

考核指标：突破产品服务系统设计、部署、交易、运营等关键技术，形成面向制造服务生态的制造数据治理方案，建立一套数据安全共享交换平台。研制至少 1 套面向典型行业、典型模式、

可定制的开放式产品服务化支撑平台，开发不少于 20 项集成资源及软件构件，为制造企业快速实施服务型制造工程提供解决方案，应用在生物医药、机械装备、汽车、厨电、纺织、包装、家具等 10 个典型制造行业；形成服务型制造共性技术公共服务平台，接入并服务企业 500 家以上，终端服务用户数不少于 5000 家。制定服务型制造相关的国家/行业/团体标准不少于 3 项，申请发明专利不少于 10 项，取得软件著作权不少于 10 项。