

“智能传感器”重点专项 2023 年度项目申报指南

(征求意见稿)

1 智能传感基础及前沿技术

1.1 太赫兹源-测集成技术及传感器(基础研究类)

研究内容：太赫兹探测在物质内部结构测量、缺陷分析等领域具有优势，但存在集成度低、体积大等问题。研究可调谐太赫兹电磁波源微型化技术；研究太赫兹敏感元件微型化、阵列化设计与源-测集成制造关键技术；研究太赫兹波束控制和信号处理技术；研制太赫兹微型传感器。

考核指标：建立太赫兹源-测集成感知模型；传感器中心频率范围为 100GHz~500GHz，辐射与散射检测动态范围 $\geq 50\text{dB}$ ，频率分辨力 $\leq 1\text{kHz}$ ；扫描幅宽与检测分辨力之比 ≥ 1000 ，检测厚度与分辨力之比 ≥ 10 ；太赫兹传感器体积 $\leq 5\text{cm}^3$ ；至少 1 项技术在前沿领域达到国际先进水平；在飞机复合材料缺陷检测、食品药品成分检测等至少 2 个场景开展技术验证。

有关说明：无。

关键词：太赫兹传感器，物质成分检测，三维结构成像，材料缺陷检测

1.2 微机电双谐振差频传感机理及温度传感器(基础研究类)

研究内容：微机电双谐振差频传感技术在高集成度温度测量

领域具有优势，但存在谐振调制机理不完善、测量分辨力低等问题。研究微机电双谐振差频增敏方法；研究低能量损耗谐振耦合结构与频率-温度相关系数的调控方法；研究与 CMOS 工艺兼容的微机电双谐振器批量制备技术；研究微弱传感信号处理方法和高精度标校技术；研制芯片级微机电双谐振差频温度传感器。

考核指标：建立芯片级微机电双谐振差频温度传感器模型；谐振器频率为 30MHz~80MHz，品质因子 $\geq 3 \times 10^5$ ，动态阻抗 $\leq 50\text{k}\Omega$ ，谐振器体积 $\leq 0.1\text{mm}^3$ ；频差-温度线性相关系数 $\geq 20\text{Hz/K}$ ，温度传感器分辨力 $\leq 20\mu\text{K}$ ，精度优于 $3\text{mK}@ (0\sim 85^\circ\text{C})$ ；至少 1 项技术在前沿领域达到国际先进水平；支撑高精度晶振和窄线宽激光器等器件的研制，并开展技术验证。

有关说明：无。

关键词：谐振器，差频调控，品质因子

1.3 仿神经丘感算一体技术及微压流场传感阵列（基础研究类）

研究内容：流场仿生感知具有高灵敏、高动态的优势，但存在感算机理不完善、流场测量实时性差等问题。研究仿神经丘流场感知增敏机制与感算一体模型；研究微压流场高分辨仿生阵列敏感元件设计与低维敏感材料制造技术；研究敏感元件与神经形态信号处理器件集成技术；研制感算一体微压流场传感器件。

考核指标：建立仿神经丘微压流场感知仿生增敏与感算一体模型；流速极限分辨力 $\leq 0.05\text{mm/s}$ ，流速量程 $\geq 5\text{m/s}$ ，差压极限分

辨力 $\leq 0.01\text{Pa}$ ，差压量程 $\geq 200\text{Pa}$ ；处理器件响应时间 $\leq 10\text{ns}$ ，单脉冲能耗 $\leq 20\text{fJ}$ ；传感器的敏感元件阵列数 ≥ 32 ；至少 1 项技术在前沿领域达到国际先进水平；在水下机器人、无人潜航器流场感知等场景开展技术验证。

有关说明：无。

关键词：流场感知，感算一体，仿生学

1.4 摩擦电调控场效应作用机理及触觉传感技术研究（基础研究类）

研究内容：摩擦电原理具有实现高精度触觉传感的潜在优势，但存在传感机理不完善、空间分辨力提高困难等问题。研究摩擦电与半导体场效应的耦合作用机理以及触觉感知方法；研究摩擦电调控半导体光电特性的方法与敏感材料制备技术；研究摩擦电触觉敏感元件的设计与制造技术；研制具有接近觉、压觉及其分布成像的触觉传感器。

考核指标：建立基于摩擦电与场效应耦合作用的触觉传感理论模型；接近觉分辨力 $\leq 1\text{mm}$ ，检测距离上限 $\geq 60\text{mm}$ ；压觉分辨力 $\leq 1\text{Pa}$ ，检测压强上限 $\geq 200\text{kPa}$ ；触觉分布成像分辨力 $\geq 10000\text{PPI}$ ；敏感元件面积 $\geq 3\text{mm} \times 3\text{mm}$ ；至少 1 项技术在前沿领域达到国际先进水平；在机器人主动避障、物体纹理识别等至少 2 个场景开展技术验证。

有关说明：无。

关键词：摩擦电调控，半导体敏感材料，触觉，传感器

1.5 框架核酸的分子识别机理及生物传感器研究（基础研究类）

研究内容：框架核酸具有实现低浓度疾病标志物精准识别的潜在优势，但存在分子识别和传感机制不明晰等问题。研究框架核酸生物传感机理；研究框架核酸精准组装技术；研究框架核酸阵列结构设计与制备技术；研究多维度分子识别的框架核酸传感界面反应调控技术；研制高灵敏生物传感器。

考核指标：建立框架核酸高灵敏生物传感模型，框架核酸种类不少于 50 种；核酸类检测下限 $\leq 10\text{aM}$ ，蛋白类检测下限 $\leq 10\text{pM}$ ，小分子类检测下限 $\leq 100\text{nM}$ ；相对标准偏差 $\leq 10\%$ ；至少 1 项技术在前沿领域达到国际先进水平；针对不少于 3 类疾病标志物检测，开展临床验证。

有关说明：无。

关键词：框架核酸，生物传感，高灵敏检测

1.6 荧光纳米复合材料传感机理及生物传感器研究（基础研究类）

研究内容：荧光纳米材料在构建快速可视化生物传感领域具有潜在优势，但由于荧光量子产率低，存在检测限难以提高的问题。研究新型荧光纳米复合材料的设计和制备方法；研究荧光纳米复合材料对病原菌的特异性识别机制；研究材料表界面调控技术与传感信号增强机制；研究低丰度病原菌的高特异性捕获和富集技术；研制高灵敏荧光生物传感器。

考核指标：建立新型荧光纳米复合材料生物传感模型；荧光量子产率 $\geq 10\%$ ，单次检测的样本体积 $\leq 200\mu\text{L}$ ，检测时间 $\leq 30\text{min}$ ，检测限 $\leq 10^3\text{CFU/mL}$ ；平行检验的相对标准偏差 $\leq 10\%$ ；至少 1 项技术在前沿领域达到国际先进水平；在口腔健康筛查等领域开展不少于 3 种典型病原菌检测的技术验证。

有关说明：无。

关键词：荧光纳米复合材料，高灵敏，生物传感器

1.7 柔性压电复合材料力电耦合调控方法及结构共形器件（基础研究类）

研究内容：柔性压电材料具有感驱一体且可共形制造的先天优势，但由于力电耦合效率低，存在感知灵敏度与驱动力等提升困难的问题。研究大变形下力电耦合感驱一体机理；研究柔性压电复合材料的高效力电耦合模型；研究压电复合材料的共形结构设计及集成制造技术；研制感驱一体共形器件。

考核指标：建立柔性压电复合材料力电耦合跨尺度相场理论模型；材料压电常数 $\geq 400\text{pC/N}$ ，适应弯曲半径 $\leq 5\text{mm}$ ；力电耦合效率 $\geq 10\%$ ；器件单位体积驱动力 $\geq 2\text{mN/mm}^3$ ，应变灵敏度 $\geq 10\text{mV}/\mu\epsilon$ ；可兼容至少 3 个数量级模量跨度的不同衬底制造工艺需求；至少 1 项技术在前沿领域达到国际先进水平；在扑翼机、软体机器人等场景开展技术验证。

有关说明：无。

关键词：传感驱动一体化，压电复合材料，共形制造

1.8 敏感材料组分有序调控工艺及跨尺度共体传感器（基础研究类）

研究内容：敏感结构材料有序调控具有实现传感器与装备部件共体界面性能可控等优势，但存在组分调控工艺机理不明晰、跨尺度精密共体制造难等问题。研究共体部件与跨尺度传感器的材料-结构系统设计方法；研究液相复合材料类型与工艺适配方法；研究复合材料功能组分纳米级有序调控机理；研究薄膜内微纳阵列力敏结构的外场诱导制造工艺；研制与装备部件共体的跨尺度微弱动态力传感器。

考核指标：建立液相复合材料功能组分有序调控工艺及跨尺度共体制造规范；敏感结构的最小调控特征尺寸 $\leq 100\text{nm}$ ，阵列数不少于 2 万个；传感器薄膜平面尺寸 $\geq 200\text{mm} \times 200\text{mm}$ ，厚度 $\leq 2\text{mm}$ ；微弱动态力传感器可实现正压力和剪切力同时测量，量程 $\geq 100\mu\text{N}$ ，测量误差优于 $\pm 1\mu\text{N}$ ，分辨力 $\leq 10\text{nN}$ ；至少 1 项技术在前沿领域达到国际先进水平；在纳米光针直写装备、晶圆超精密检测装备等的亚纳米级分辨力运动平台上开展技术验证。

有关说明：无。

关键词：复合材料，有序调控，跨尺度共体传感器

1.9 晶圆级碳化硅微纳加工工艺及传感器研制（基础研究类）

研究内容：碳化硅材料具有耐高温、抗辐射等优点，但目前存在碳化硅微纳结构加工难度大、工艺规范缺失等问题，研究碳化硅基欧姆接触高温演化机理与可靠制备方法；研究碳化硅微结

构刻蚀、晶圆级键合、高均匀精确掺杂和耐高温引线制备等微纳加工工艺；研究碳化硅传感器及其耐高温封装方法。

考核指标：建立碳化硅传感器微纳加工工艺规范；碳化硅刻蚀均匀性优于 5%，结构特征线宽精度 $\pm 1\mu\text{m}$ ；敏感结构厚度 $\leq 30\mu\text{m}$ ；晶圆键合拉伸强度优于 15MPa；引线电极比接触电阻优于 $5\times 10^{-5}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ；研制出至少 2 种碳化硅传感器，最高工作温度可达 600℃；至少 1 项技术在前沿领域达到国际先进水平；在工业高温动力机械、燃气轮机等装备上开展技术验证。

有关说明：无。

关键词：碳化硅，微加工工艺，高温传感器

1.10 微纳传感器激光加工新工艺研究（基础研究类，青年科学家）

研究内容：发挥激光在微纳传感器加工中的作用机理丰富、材料适用范围广泛以及兼顾高精度与低成本等技术优势，基于微尺度超快光场的精准调控构建新型工艺体系模型，探索稳定实现无损或低损微纳结构的高分辨图案激光加工机理，研究敏感材料改性、复杂传感结构制备、多层互联等激光加工工艺技术，研制高性能微纳传感器。

考核指标：建立微尺度飞秒光场原位精准调控方法，以及微纳传感器激光制备新方法。加工光场的原位时域调控精度优于 50 飞秒，图案精度优于 $1\mu\text{m}$ ，传感器的单元结构精度优于 200nm，在生物医学信息测量等领域开展技术验证。

有关说明：支持不超过 3 项。

关键词：高端制造装备，飞秒激光，加工工艺，微纳传感器

1.11 超低功耗微纳传感器敏感元件技术研究（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：超低功耗微纳传感器是长期服役无线传感网络 and 智能装备的关键核心部件，是智能传感技术发展的主要方向之一。研究高性能微纳结构优异的力学、电学、磁学、光学及其自供能等特性，从传感器机理、敏感材料、敏感结构、微纳加工工艺等方面进行创新突破，研制新型超低功耗微纳传感器敏感元件。

考核指标：建立超低功耗微纳传感器敏感元件的感知模型；在敏感元件性能指标满足应用需求的前提下，功耗至少降低 1 个数量级，为 nW 量级。

有关说明：支持不超过 3 项。

关键词：超低功耗，微纳结构，传感器敏感元件

2 传感器敏感元件关键技术

2.1 汽车安全气囊系统双轴加速度敏感元件及传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对目前汽车安全气囊系统对高可靠、大量程双轴加速度传感器的需求，研究大量程加速度敏感元件双轴耦合机制及抗冲击结构设计方法；研究传感器可靠制造、封装及传感信号高精度处理关键技术；研究复杂车况下加速度传感器长期可靠

性影响机制及加速验证检测评价技术；研制高可靠、大量程双轴加速度敏感元件及传感器,在汽车碰撞安全系统等领域应用验证。

考核指标：双轴加速度传感器量程为 $\pm 480g$ ，测量精度优于 $5\%FS$ ，抗冲击性能 $\geq 5000g$ ，交叉轴灵敏度 $\leq \pm 2\%$ ，带宽 $\geq 6000Hz$ ($\pm 5\%$)，延迟 $\leq 1ms$ ，噪声 $\leq 800\mu g/Hz^{1/2}$ ；接口模式为 SafeSPI/PSI5；通过 Grade1 车规级测试，并获得 ASIL-D 等级功能安全认证；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 5000 只。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：双轴加速度，碰撞传感器，汽车安全气囊系统

2.2 高静压下差压测量敏感元件及多参数检测传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对目前石油、化工、电力等流程工业国产差压变送器在高静压下误差大以及静压和差压集成测量局限的问题，研究高静压下差压信号偏移抑制技术；研究高静压下差压敏感元件耐压设计技术，研究静压、差压敏感元件集成封装技术；研究静压、差压敏感元件集成封装下的传感器静压偏差控制技术；研制静压、差压敏感元件集成传感器，在流程工业控制领域应用验证。

考核指标：差压测量敏感元件量程 $100kPa$ ，满量程输出 $150mV@5V$ 以上，爆破压力 ≥ 5 倍量程，线性度优于 $0.2\%FS$ ；研发静压、差压敏感元件集成传感器,差压测量范围 $-100kPa\sim 100kPa$,静压测量范围 $0\sim 50MPa$ ，差压测量精度优于 $0.25\%FS$ ，静压测量

精度优于 0.2%FS，静压误差 0.04%FS/10MPa；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 5 万只；制定国家、行业或团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：高静压差压测量、集成测量，静压误差，工业控制

2.3 高温高频响硅基压力敏感元件及传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对航空航天中点火、熄火，矿山爆破等领域中对高温瞬变压力测量的需求，研究高温高频响硅基压力敏感元件结构设计，研究敏感元件制备工艺以及敏感元件温度稳定性提升方法；研究敏感元件的低应力高频响封装方法；研究高温高频响压力传感器高精度补偿与校准技术；研制高温高频响硅基压力敏感元件与传感器，在航空航天、流程工业等领域应用验证。

考核指标：高温高频响硅基压力敏感元件满量程输出 $\geq 40\text{mV}$ ，具有 2 倍抗过载能力；测量介质温度范围 $-50^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，压力量程 0~21MPa，非线性优于 0.25%FS，精度优于 0.5%FS，固有频率 $\geq 1\text{MHz}$ ；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 3000 只；制定国家、行业或团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：高温压力，高频响，硅基敏感元件，低应力

2.4 浸入式微型液体压力敏感元件及传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对飞机液压系统、新能源汽车热管理系统对浸入式微型液体压力敏感元件及传感器的迫切需求，研究可直接接触液体的压力敏感元件结构及工艺设计技术；研究压力敏感元件多种液体防护技术，研究浸入式液体压力传感器无引线封装技术；研制浸入式微型液体压力传感器，在飞机、新能源汽车等领域应用验证。

考核指标：微型压力敏感元件尺寸 $\leq 2\text{mm}^3$ ，综合精度 $\leq 0.3\%\text{FS}$ ，量程为 1.5MPa、3.5MPa；航空用微型压力传感器尺寸 $\leq 29\text{mm} \times \Phi 14\text{mm}$ ，响应频率 $\geq 5\text{kHz}$ ，工作温度范围 $-55^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ ，量程 1.5MPa；新能源汽车压力传感器尺寸 $\leq 45\text{mm} \times \Phi 26\text{mm}$ ，工作温度范围 $-40^\circ\text{C} \sim 135^\circ\text{C}$ ，压力量程 3.5MPa；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 10 万只；制定国家、行业或团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：液体环境，压力，微型敏感元件，高频响应

2.5 微量程流量敏感元件及传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对现有微量程流量敏感元件在微量程测量领域精度低、压力损失高、工况适应性差等问题；研究微量程流量敏感元件微流量传感信号增强与降噪技术；研究微量程流量敏感元件流道低压损优化设计方法；研究复杂工况流量敏感元件信号漂移补偿与校准技术；研制微量程流量敏感元件及传感器，在氢能汽车电堆气密性检测仪等领域应用验证。

考核指标：传感器量程 0~0.2sccm，压力损失 $\leq 1\text{kPa}$ ，误差

$\pm 0.1\%FS$ ，压力漂移优于 $\pm 0.1\%FS/100kPa$ ，温度漂移优于 $\pm 0.01\%FS/^\circ C$ ，防护等级不低于 IP67；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 2000 只；制定国家、行业或团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：微量程，流量传感器，压力损失

2.6 绝对式位移精密测量敏感元件及传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对目前高端装备领域对高精度、高分辨力、高动态响应的绝对式位移测量迫切需求，研究复杂工况下的高精度绝对式位移检测方法；研究高动态响应的绝对编码、解码技术；研究敏感元件结构成形和传感器制造关键技术；研制传感器信号处理专用集成电路及芯片；研制高速、高精度绝对式直线位移和角位移传感器，在高档数控机床、集成电路装备、特种装备等领域应用验证。

考核指标：绝对式精密直线位移传感器量程 1000mm，分辨力达到 1nm，测量精度优于 $\pm 2.5\mu m$ ，最大运动速度达到 180m/min；绝对式精密角位移传感器分辨力达到 29bit，测量精度优于 $\pm 1''$ ，最大运动速度达到 800r/min；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 5000 只；制定国家、行业或团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：高精度，绝对式位移传感器

2.7 宽温区 MEMS 光纤多物理量敏感元件及传感器(共性关键技术类)

研究内容：针对核电机组、轨道列车、大型船舶等重大装备领域对宽温区、高精度多参量集成测量传感器的需求，研究微型化 MEMS 光纤多物理量敏感元件设计制造技术和传感器封装工艺；研究温度、压力、加速度等多参量敏感信号高精度动态解耦方法和测量技术；研究传感器宽温区温度补偿技术；研制温度-压力、温度-振动、温度-压力-振动等多类型光纤多参量检测集成传感器，在核电机组压力变送器、地铁和高铁列车智能受电弓、大型船舶等装备应用验证。

考核指标：传感器封装外形尺寸 $\leq \Phi 10\text{mm} \times 15\text{mm}$ ，工作温度范围 $-200^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ ；测温误差 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ ；加速度量程达到 200g，分辨力达到 1mg，线性度 $\leq 0.5\%$ ，频响范围 0.1Hz~2000Hz；绝压压力量程 1kPa~3MPa，精度 $\leq 0.005\%\text{FS}$ ；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 2000 只；制定国家、行业或团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：宽温区，高精度，MEMS 光纤多参量传感器

2.8 非接触温度场敏感元件及智能传感器(共性关键技术类)

研究内容：针对现有非接触温度传感器温度辐射能量绝对值测量精度低、感知分辨率小、感知距离短等难题，研究远距离非接触温度场高分辨测量技术；研究温度场敏感元件与调理电路的单片集成设计与制造工艺；研制高精度非接触温度场敏感元件与

智能传感器，在传输管道、发电厂、造船等领域大型结构件、承压件焊接等场景应用验证。

考核指标：敏感元件面积 $\leq 16\text{mm}^2$ ，温度场分辨率 $\geq 8\times 8$ ，功耗 $\leq 50\text{mW}$ ；检测温度范围 $-50^\circ\text{C}\sim 500^\circ\text{C}$ ，测温距离 $\geq 1\text{m}$ ，测温精度优于 2%；抗电磁干扰能力 $\geq 10\text{V/m}@ (80\text{MHz}\sim 1\text{GHz})$ ；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 5000 只；制定国家、行业或团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：焊接预热，高精度温度场检测，热电堆阵列红外温度传感器，CMOS-MEMS

2.9 高精度高分辨光场图像敏感元件及智能传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对现有光场图像传感器三维感知精度低、分辨率低、感知距离有限等难题，研究大景深下具有高时空带宽积、近衍射极限分辨能力的光场分布式感知与自组织融合技术；研究光场图像敏感元件结构设计、集成封装工艺；研制高精度高分辨光场图像敏感元件与智能传感器，在智慧工业、自动驾驶等领域应用验证。

考核指标：传感器空间分辨率 ≥ 1000 万像素，帧频 ≥ 10 帧/秒；深度感知范围 $\geq 1\text{m}@2\text{m}$ 、 $\geq 10\text{m}@100\text{m}$ ，深度信息分辨能力达到 1000 万像素/帧，帧频 ≥ 10 帧/秒，深度感知精度 $\leq 1\text{mm}@2\text{m}$ 、 $\leq 1\text{m}@100\text{m}$ ；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 100 套；制定国家、

行业或团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：光场图像传感器，高分辨率，高精度三维感知

2.10 4D 成像毫米波雷达传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对现有车载毫米波雷达水平角度分辨力低、目标俯仰向高度信息置信度低、目标识别能力较差等问题，研究多收发虚拟通道阵列雷达技术；研究多射频芯片级联设计集成与测试校准技术；研究毫米波多收发虚拟通道波形编码技术；研制 4D 成像毫米波雷达传感器，在智能驾驶车辆和智慧交通领域应用验证。

考核指标：形成对目标水平方位、俯仰、距离与速度的 4D 信息探测与准确成像，4D 成像毫米波雷达传感器最大输出点云数量 ≥ 5 万/秒，最大可跟踪目标数量 ≥ 512 个；探测距离 $\geq 350\text{m}$ ，距离分辨力 $\leq 0.12\text{m}$ ，距离测量精度 $\leq 0.05\text{m}$ ；速度测量范围 $-120\text{m/s}\sim 60\text{m/s}$ ，测量精度 $\leq 0.03\text{m/s}$ ；水平视场角测量范围 $\geq 150^\circ$ ，分辨力 $\leq 0.7^\circ$ ，测量精度 $\leq 0.07^\circ$ ；俯仰视场角测量范围 $\geq 30^\circ$ ，分辨力 $\leq 1.5^\circ$ ，测量精度 $\leq 0.08^\circ$ ；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 1000 套；制定国家、行业或团标标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：4D 成像毫米波，波形编码，多发多收

2.11 宽温域高精度量子电流敏感元件及传感器（共性关键技

术类)

研究内容：针对特高压直流电网系统中对大量程、高精度、低温漂的高可靠性电流传感器的迫切需求，研究基于量子效应的非侵入式电流传感器精密测量机理与解调方法；研究光机电一体化量子电流传感器核心共性技术与成套加工工艺；研究温度自补偿、超宽量程、量子解调电路噪声抑制等关键技术，开发闭环调理集成电路；研究集成化电流传感器件及高可靠性封装，在特高压直流电网领域应用验证。

考核指标：量子电流传感器量程 $\geq 30\text{kA}$ ，精度优于 $\pm 0.05\% @ \leq \pm 30\text{kA}$ ，带宽 $\text{DC} \sim 10\text{kHz}$ ；在 -40°C 至 85°C 范围内，温漂 $\leq \pm 0.1\%$ ；敏感元件尺寸 $\leq 1\text{cm}^3$ ；联网正常工作时间 ≥ 5000 小时，精度衰减 $\leq 5\%$ ；耐受电流 $1\text{s} @ 50\text{kA}$ ，耐受电压 $\pm 1000\text{kV}$ ；防护等级达到级 IP67 ，电磁兼容等级 ≥ 5 级；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 200 套。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：电流传感器，量子传感，智能电网

2.12 快响应自给能中子敏感元件及复合传感器(共性关键技术类)

研究内容：针对高温、高压、高辐照环境下中子传感器寿命短、响应慢等问题，研究自给能中子敏感材料与元件的性能优化方法；研究微型敏感元件一体化制备成形技术及验证方法；研究中子、温度敏感元件的批量制造技术；研究复杂电磁环境下微弱

信号长距离传输、高精度检测技术；研究小尺寸长金属管空间内多敏感元件高精密集集成装配技术；研制快响应自给能中子敏感元件及复合传感器，在核电厂堆芯运行参量测量领域应用验证。

考核指标：中子测量灵敏度 $\geq 5 \times 10^{-21} \text{A/n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，响应时间 $\leq 100 \text{ms}$ ；温度测量范围 $0 \sim 1200^\circ\text{C}$ ，测量精度为一级精度，响应时间 $\leq 15 \text{s}$ ；传感器实现不少于 6 个中子敏感元件及 3 个温度敏感元件复合集成，工作寿命 ≥ 10 年，耐辐照剂量 $\geq 1 \text{MGy}$ ，最高工作压力 $\geq 18.5 \text{MPa}@360^\circ\text{C}$ ，绝缘电阻 $\geq 10^8 \Omega \cdot \text{m}@330^\circ\text{C}$ ；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 50 套；制定国家、行业或团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：中子敏感，自给能，集成装配

2.13 界面稳定电化学气体敏感元件及智能传感器(共性关键技术类)

研究内容：针对电化学传感器体积大、寿命短、稳定性差等问题，研究界面稳定电化学气体敏感元件设计及电极纳米材料宏量制备技术；研究小型化空间内具有高效三相界面、高稳定高过载气体扩散电极制备技术；研究屏蔽湿度交换的传质过程稳定化实现技术；研究传感器线性校准与智能故障诊断方法；研究电化学气体传感器批量化制造技术，研制甲醛、 SO_2 、 H_2S 、 CO 和 O_2 传感器，在工业、环境监测等领域应用验证。

考核指标：敏感元件尺寸 $\leq 4 \text{cm}^3$ ；传感器灵敏度衰减 $\leq 10\%$

年，传感器寿命 ≥ 5 年；甲醛、 SO_2 、 H_2S 、 CO 检测下限 $\leq 10\text{ppb}$ ； O_2 检测分辨率 $\leq 0.01\%\text{vol}$ ；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 20000 只；制定国家、行业或团体标准不少于1项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：电化学、气体扩散电极、气体敏感元件

2.14 超快响应湿度敏感元件与传感器（共性关键技术类）

研究内容：针对目前湿度传感器响应时间长，无法满足油气勘探、工业安全监控等动态环境湿度快速测量的需求问题，研究超快响应、高灵敏、低湿滞的湿敏功能材料设计制备技术；研究敏感元件设计与规模化制造工艺；研究超快湿敏信号检测方法和低功耗信号调理电路；研究传感器温度补偿算法和自校正技术；研制超快响应湿度传感器，在油气勘探、工业监控等领域应用验证。

考核指标：湿度测量范围 $0\%\text{RH}\sim 100\%\text{RH}$ ，响应时间 $\leq 2\text{ms}$ （环境温度），精度优于 $\pm 1.8\%\text{RH}$ ，分辨率优于 $0.1\%\text{RH}$ ，湿滞优于 $\pm 0.8\%\text{RH}$ ，湿敏元件尺寸 $\leq 8\text{mm}^3$ ；项目结题时，传感器应用数量 ≥ 2000 只；制定国家、行业或团体标准不少于1项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：超快响应，湿度传感器，动态环境

2.15 疾病标志物单分子免疫敏感元件及分析仪器（共性关键技术类）

研究内容：针对传统生物传感器在重大慢性疾病早期诊断时存在灵敏度低、特异性差等问题，研究面向疾病标志物检测的单分子多重编码免疫敏感元件设计和制备方法；研究微孔阵列芯片设计及加工工艺；研究多重编码宽视野图像检测技术和高信噪比分辨技术；研制多重编码的单分子免疫敏感元件、微孔阵列芯片及分析仪器，在重大慢性疾病早期诊断开展应用验证。

考核指标：敏感元件直径 $\leq 4\mu\text{m}$ ，敏感元件种类 ≥ 3 种，每种敏感元件可同时检测标志物种类 ≥ 5 种，灵敏度达到 fg/mL ；微孔阵列芯片面积 $\geq 3\text{mm}\times 4\text{mm}$ ，微孔阵列单元数 ≥ 20 万个；积累临床病例超过 100 例；项目结题时，芯片应用数量 ≥ 5000 套，分析仪应用数量 ≥ 50 套；获批医疗器械注册证 1 项，制定国家、行业或团体标准不少于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：痕量疾病标志物，多重编码，单分子免疫

2.16 生物分子超高通量筛查微阵列芯片及快速检测传感器 (共性关键技术类)

研究内容：针对现有生物传感器用于疾病标志物筛查时存在的单片检测指标少、通量低、速度慢、检测限偏高等问题，研究生物分子条形码微阵列芯片的设计技术与制备方法；研究高通量疾病标志物检测和细胞功能评估技术；研制超高通量生物分子条形码微阵列芯片及快速检测系统，在体外诊断和细胞治疗等领域应用验证。

考核指标：蛋白质条形码微阵列芯片单片可同时检测蛋白质标志物种类 ≥ 10 种，检测限 $\leq 10\text{pM}$ ；核酸条形码微阵列芯片单片可同时检测核酸标志物种类 ≥ 10 种，检测限 $\leq 10\text{fM}$ ，全流程检测时间 $\leq 50\text{min}$ ；细胞功能评估条形码微阵列芯片单片检测参数数目 ≥ 10 万个；检测系统对蛋白质的检测速度 ≥ 1000 指标/小时；项目结题时，生物分子条形码微阵列芯片应用数量 ≥ 2 万只，检测系统应用数量 ≥ 10 套，累计临床验证病例 ≥ 1000 例；申请医疗器械注册证不少于2项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：生物芯片，微阵列，疾病标志物，核酸，单细胞功能评估

2.17 MEMS 敏感元件设计与产品开发（共性关键技术类，科技型中小企业项目）

研究内容：针对国内多数传感器中小型企业不具备专用 MEMS 工艺产线，严重制约我国传感器技术与产业发展的问题，支持国内传感器企业发挥敏感元件设计优势，创新设计应力、位置、振动、气敏、缺陷等类型的 MEMS 传感器敏感元件，利用本专项前期支持的传感器研发支撑平台（8 英寸 MEMS 传感器加工中试平台、MEMS 传感器批量制造平台、MEMS 传感器先进封装测试平台等），进行产品开发并在新能源、双碳、工业安全等领域应用验证。

考核指标：项目申报时选定 1 类敏感元件，参考本方向其他

指南的考核要求，明确申报项目的技术指标。

有关说明：科技型中小企业牵头申报，每个项目参与单位不超过 2 家。支持不超过 5 项。项目芯片制造与封装测试环节应充分利用本专项前期支持的传感器研发支撑平台条件。

关键词：MEMS 传感器设计，中小型企业，制造业

3 谱系化智能传感器及系统应用

3.1 大型模锻压机运行状态监测传感器及系统应用（应用示范类）

研究内容：针对国内大型模锻压机运行状态多参数监测对高可靠工业传感器的迫切需求，研究压力、位移、振动、粘度传感器敏感元件可靠性优化设计和高稳定制备等关键技术；研究传感器抗振动冲击、电磁干扰等高可靠封装集成技术，研制主泵电机振动、主缸压力、伺服阀位移、滑油粘度等系列传感器；研究多参数信号同步采集和多源传感数据融合处理技术，研制装备运行状态远程监测软硬件平台；在航空、航天、能源等领域基础零部件锻压生产线应用示范。

考核指标：振动传感器量程 60g，频率范围 0.5Hz~10kHz，测量精度优于 5%FS，抗冲击 5000g；主缸压力传感器测量范围 0~100MPa，精度优于 0.06%FS，工作温度-50℃~125℃；伺服阀位移传感器测量范围 0~25mm，非线性 $\leq 0.1\%$ FS，稳定性 $\leq 0.1\%$ FS/5 年，抗机械冲击 100g，抗线性振动 50g；粘度传感器测

量范围 $5\text{mm}^2/\text{s}\sim 600\text{mm}^2/\text{s}$ ，测量误差 $\leq \pm 5\%$ ，抗机械冲击 40g ；装备运行状态测控系统异常预警准确率优于 95% ；传感器平均无故障工作时间 ≥ 8000 小时，推广应用数量 ≥ 3000 只，制定国家、行业或团体标准不少于 2 项。

有关说明：技术指标考核优先采用第三方测试方式进行，考核以国家/行业标准为依据；确无测试标准依据的指标，需依据同行专家和用户评审后的测试大纲，开展监督测试，测试结论需通过用户认可。

关键词：模锻压机，状态监测，振动，压力，位移，粘度

3.2 纱线生产关键工序质量在线检测传感器及系统应用（应用示范类）

研究内容：针对高品质纱线生产关键工序质量监控系统对高精度、高稳定性在线检测传感器的迫切需求，研究面阵图像传感器小体积集成关键技术，微小快速移动落杂和纤维的高分辨传感技术，凹凸罗拉直线位移抗振动精密传感技术，高速移动纱线的边缘轮廓快速传感技术和线密度抗电磁干扰高分辨传感技术；基于国产传感器敏感元件，研制棉结检测面阵图像传感器，纤维落杂检测光电传感器，凹凸罗拉直线位移检测传感器，纱疵检测光电和电容一体化传感器；研究基于传感器数据的纱线质量快速评价算法，研制生产过程大数据平台和高实时闭环监控系统；在棉、毛、麻、丝、化纤短纤维纯纺或混纺等纺纱生产典型场景应用示范。

考核指标：棉结检测面阵图像传感器视场大小 $40\text{mm}\times 40\text{mm}$ ，曝光时间 $\leq 1\text{ms}$ ，曝光频率 $\geq 50\text{Hz}$ ，外形尺寸小于 $30\text{mm}\times 30\text{mm}\times 20\text{mm}$ ，可测量棉结直径 $0.2\text{mm}\sim 1\text{mm}$ ；纤维落杂检测光电传感器分辨力 $\leq 0.5\text{mm}@$ 落杂移动速度 30m/s ，检测频率 $\geq 20\text{Hz}$ ；凹凸罗拉直线位移传感器测量范围 $0\sim 10\text{mm}$ ，非线性 $\leq 0.2\%\text{FS}$ ，分辨率优于 0.1% ；纱疵检测传感器测量纱线轮廓边缘分辨力 $\leq 0.05\text{mm}@$ 纱线移动速度 25m/s ，线密度测量分辨率 $\leq 1\%$ 、零点温漂 $\leq 0.1\text{mV}/^\circ\text{C}$ ；纱线质量评价算法响应速度满足不同原材料高速高产纺纱需求，监控系统支持拓扑结构组网，网络抖动 $\leq 1\mu\text{s}$ ，控制周期 $\leq 100\text{ms}$ 。传感器平均无故障工作时间 ≥ 4000 小时，应用数量 ≥ 3000 只，适用原材料种类 ≥ 3 种，应用企业数量不少于 20 家，制定国家、行业或团体标准不少于 2 项。

有关说明：定向择优，由中国纺织工业联合会作为推荐单位组织不少于 3 个团队申报。由企业牵头申报。技术指标考核优先采用第三方测试方式进行，考核以国家/行业标准为依据；确无测试标准依据的指标，需依据同行专家和用户评审后的测试大纲，开展监督测试，测试结论需通过用户认可。

关键词：纱线，在线检测，面阵图像传感器，光电传感器，直线位移检测传感器，光电和电容一体化传感器

3.3 储粮品质高精度检测传感器及国家储备粮库应用（应用示范类）

研究内容：针对我国粮食储存存在霉变风险预警难等问题，

研究粮堆内分布式温湿度传感器长期稳定性提升技术，粮食含水率非接触敏感元件小型化技术；研究气调库 O_2 和 PH_3 片上集成高分辨传感技术；研究粮食霉变 CO_2 和 CO 高精密度痕量检测传感技术；研制粮食品质高精度检测系列传感器，研究基于传感器数据的粮食品质监测、预警和控制技术，开发粮食储藏过程品质安全智能监测系统；在中央和省级储备粮库进行集成应用示范。

考核指标：形成粮食品质检测及粮库安全监测相关标准不少于 2 项。温湿度传感器响应时间 $\leq 0.1s$ ，温度测量误差 $\pm 0.1^\circ C$ 、漂移 $\leq 0.1^\circ C/天$ ，湿度测量误差 $\pm 0.1\%RH$ 、漂移 $\leq 0.2\%RH/天$ ；含水率传感器敏感元件尺寸 $\leq \Phi 5cm \times 20cm$ ，测量范围 $0.01\% \sim 30\%$ ，测量误差 $\pm 0.5\%$ ；片上集成气体传感器对 O_2 检测下限 $100ppm$ 、测量范围 $100ppm \sim 10^6ppm$ ，对 PH_3 检测下限 $0.1ppm$ 、测量范围 $0 \sim 20ppm$ ，功耗小于 $2W$ ； CO_2 和 CO 气体传感器检测标准不确定度 $\leq 0.1\%$ ，重复性 $\leq 0.03\%$ ；粮库智能监测系统具备传感器数据三维可视化、粮食品质数据追溯、粮食霉变预警、自动气调控制等功能，监测响应时间 $\leq 0.1s$ 。在全国范围内储存条件各异的不少于 15 家省级以上储备粮库进行应用示范，粮食种类为小麦、玉米、稻谷等；传感器应用数量不低于 500 台套。

有关说明：定向择优，由农业农村部作为推荐单位组织申报。由企业牵头申报。技术指标考核优先采用第三方测试方式进行，考核以国家/行业标准为依据；确无测试标准依据的指标，需依据同行专家和用户评审后的测试大纲，开展监督测试，测试结论需

通过用户认可。

关键词：粮食质量，温湿度传感，含水率传感，片上集成气体传感，痕量气体传感

3.4 煤炭采掘过程监测传感器及采煤作业安全预警应用（应用示范类）

研究内容：针对井下采煤装备运行环境监测对抗干扰、高可靠、本质安全型传感器的迫切需求，研究煤岩构造信息高精度分辨和煤岩界面信号反演技术；研究微风传感的高效致热部件与检测部件一体化关键技术；研究低照度下瓦斯积聚成像特征增强与尘雾背景去噪技术；研究敏感元件及传感器高稳定批量制造技术，研制煤岩分界检测电磁成像传感器、开采工作面微风速传感器和瓦斯积聚成像传感器；研究传感器本质安全防爆、抗强电磁干扰、多传感器协同组网和作业安全预警等应用关键技术，在薄煤层、中厚煤层、大采高煤层等典型矿井应用示范。

考核指标：煤岩分界检测电磁传感器测量范围 100mm~1000mm，测量误差优于 $\pm 50\text{mm}$ ，可分辨煤中岩石最小特征尺寸 50mm，防护等级达到 IP68，抗冲击等级优于 4g；微风速传感器测量范围 0.02m/s~5m/s，测量误差优于 $\pm 0.01\text{m/s}$ @风速 0.5m/s；瓦斯积聚成像传感器测量范围 0~10%L/L·m，测量精度 0.1%L/L·m@1%L/L·m，可视化监测半径可达 10m。按国际 IEC60079 系列标准，通过国际 IECEx 防爆实验室检验合格。传感器通过本质安全防爆认证，平均无故障工作时间 ≥ 5000 小时，

抗空间电磁辐射能力 4 级。应用煤矿数不少于 3 个，成套开采装备集成传感器数量不少于 1000 只，作业安全预警能力满足应用场景需求，工作面连续一周生产割煤过程中，采煤机调整干预时间降低到 5% 以内，传感器应用数量 ≥ 20000 只；制定国家、行业或团体标准不少于 3 项。

有关说明：技术指标考核优先采用第三方测试方式进行，考核以国家/行业标准为依据；确无测试标准依据的指标，需依据同行专家和用户评审后的测试大纲，开展监督测试，测试结论需通过用户认可。

关键词：开采装备，煤岩分界检测电磁成像传感器，微风速传感器，瓦斯积聚成像传感器

3.5 列车前向运行环境监测传感器及系统应用(应用示范类)

研究内容：针对列车运行过程中前向环境远距离、全天候动态监测需求，研制车载前向环境传感监测系统。研究片上激光雷达技术，研制远距离激光雷达传感器；研究全彩视觉增强技术，研制低照度全彩图像传感器；研究激光选通成像技术，研制雨雪雾天气下激光门控图像传感器；研究列车前向运行环境集成融合感知方法，研究全天候运行环境动态监测技术；开发列车前向环境感知监测系统，在地铁列车、有轨电车、货运列车等进行示范应用。

考核指标：实现列车运行动态环境下应用，激光雷达传感器探测距离 $\geq 500\text{m}$ ，分辨力 $\leq 0.05^\circ$ ，距离测量精度 $\leq 3\text{cm}$ ；全彩图像

传感器照度 $\leq 0.0005\text{lux}$ ，动态范围 $\geq 120\text{dB}$ ；激光门控图像传感器在雨雪雾天气下（能见度 $\leq 300\text{m}$ ）探测距离 $\geq 500\text{m}$ ，成像像素数 ≥ 100 万；典型轨道交通场景下列车前向运行环境感知距离 $\geq 400\text{m}$ ，前向列车、异物等检测精度 $\geq 99.99\%$ ；传感器应用示范里程 $\geq 100000\text{km}$ ；传感器应用数量 ≥ 3000 只，制定国家、行业或团体标准不少于 1 项。

有关说明：技术指标考核优先采用第三方测试方式进行，考核以国家/行业标准为依据；确无测试标准依据的指标，需依据同行专家和用户评审后的测试大纲，开展监督测试，测试结论需通过用户认可。

关键词：激光雷达传感器，低照度全彩图像传感器，激光门控图像传感器，全天候环境感知

4 传感器研发支撑平台

4.1 多尺寸兼容的多材料体系 MEMS 研发平台(共性关键技术类)

研究内容：针对高端量子、光子、超声、太赫兹等传感器研发制造急需的跨尺度多材料体系的器件微纳加工、集成及表征等共性技术需求，研究一维、二维以及柔性等非硅新型敏感材料加工工艺；研究光电、压电等功能薄膜材料增敏方法及其加工工艺；研究跨材料体系多芯片异质异构集成工艺；研究工艺相关微纳结构与材料性能测试方法；建立工艺稳定、兼容多尺寸多材料体系

的 MEMS 工艺研发平台,面向智能传感器研发单位提供工艺服务。

考核指标: 实现兼容 4/6/8 英寸的硅和非硅多材料体系工艺平台,具备 LiNbO_3 、金刚石、碳纳米管、石墨烯、压电复合和功能高分子等新材料的晶圆级制备和微纳结构加工工艺能力(在 ≤ 2 个平台上实现);光刻特征线宽能力 $\leq 180\text{nm}$; LiNbO_3 刻蚀深度 $\geq 1\mu\text{m}$;薄膜 NV 色心浓度 $\geq 10\text{ppb}$,均匀性 $\leq \pm 10\%$;功能高分子薄膜多轴应变拉伸 $\geq 100\%$;晶圆级器件集成与封装漏率 $\leq 1 \times 10^{-11}\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$;三维异质异构集成结构堆叠互连层数 ≥ 3 ,集成器件阵列单元特征尺寸 $\leq 25\mu\text{m}$;构建硅和非硅多材料体系工艺相关数据库;项目执行期内服务客户 100 家次以上,其中服务本专项研制任务承担客户不少于 10 家。

有关说明: 无。

关键词: MEMS, 多尺寸, 多材料, 研发平台

4.2 8 英寸硅基压电薄膜及压电 MEMS 传感器制造工艺平台 (共性关键技术类)

研究内容: 针对压电 MEMS 智能传感器对量产工艺平台的迫切需求,研究基于硅晶圆上压电薄膜的压电 MEMS 批量制造共性技术;研究关键工艺参数对压电薄膜力电特性影响规律;研究压电薄膜的材料属性与传感灵敏度的协同关系及其标准化片上测试方法;研制低应力、低缺陷、高压电系数的压电薄膜,建立 8 英寸硅基压电薄膜制备工艺量产平台,面向高性能压电 MEMS 传感器敏感元件开展技术验证和代工服务。

考核指标：形成晶圆级压电薄膜制备工艺规范以及标准化片上压电薄膜材料属性测试规范；硅晶圆上压电薄膜应力 $\leq 100\text{MPa}$ ，厚度 $\geq 1\mu\text{m}$ ，厚度均匀性 $\leq 0.5\%$ ，击穿电场 $\geq 1\text{MV/cm}$ ，压电系数 $g_{33} \geq 0.1\text{Vm/N}$ ；实现压电微型超声换能器、压电麦克风等 2 种以上高性能压电 MEMS 传感器技术验证和代工服务，并形成成套工艺规范；超声换能器（谐振频率 $\geq 250\text{kHz}$ ）驱动振幅 $\geq 1.5\mu\text{m/V}$ ，接收敏感度 $\geq 2\text{mV/Pa}$ ；压电麦克风接收敏感度优于 -35dBV （ $94\text{dBSPL}@1\text{kHz}$ ），封测信噪比 $\geq 65\text{dB}$ （计权噪音 $50\text{Hz}\sim 15\text{kHz}$ ），检测范围 $40\text{dB}\sim 120\text{dB}$ ；项目执行期内服务客户 50 家次以上。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：压电薄膜材料，晶圆级，MEMS 传感器