

附件 1

“制造基础技术与关键部件”重点专项 2021 年度项目申报指南

为落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》《国家创新驱动发展战略纲要》等规划，国家重点研发计划启动实施“制造基础技术与关键部件”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：以高速精密重载智能轴承、高端液压与密封件、高性能齿轮传动及系统、先进传感器、高端仪器仪表以及先进铸造、清洁热处理、表面工程、清洁切削等基础工艺为重点，着力开展基础前沿技术研究，突破一批行业共性关键技术，提升基础保障能力。加强基础数据库、工业性验证平台、核心技术标准研究，为提升关键部件和基础工艺的技术水平奠定坚实基础。

通过本专项的实施，进一步夯实制造技术基础，掌握关键基础件、基础制造工艺、先进传感器和高端仪器仪表的核心技术，提高基础制造技术和关键部件行业的自主创新能力；大幅度提高交通、航空航天、数控机床、盾构设备、农业机械、重型矿山设备、新能源装备等重点领域和重大成套装备自主配套能力，强有力地支撑制造业转型升级。

本重点专项按照产业链部署创新链的要求，从基础前沿技术、共性关键技术、示范应用三个层面，围绕关键基础件、基础制造工艺、先进传感器、高端仪器仪表和基础技术保障五个方向部署实施。

2021 年指南按照共性关键技术类和示范应用类，拟启动 18 个项目，安排国拨经费总概算约 1.8 亿元（其中，方向 1.1~1.9 为青年科学家项目，国拨总经费不超过 4500 万元）。为充分调动社会资源投入制造基础技术与关键部件的技术创新，在配套经费方面，共性关键技术类项目（非青年科学家项目），配套经费与国拨经费比例不低于 1:1；示范应用类项目，配套经费与国拨经费比例不低于 2:1。鼓励产学研团队联合申报。

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。共性关键技术类（非青年科学家项目）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. 共性关键技术

1.1 滚动轴承基础物理参数检测技术（青年科学家项目）

研究内容：研究滚动轴承润滑性能检测原理与技术；研究滚动轴承旋转组件温度检测原理与技术；研究滚动轴承内部游隙及受力状态检测原理与技术；开展滚动轴承基础物理参数检测技术验证。

考核指标：研制出真实工况条件下轴承的油膜厚度与分布、旋转组件温度、轴承内部游隙及受力状态的检测装置；油膜厚度测量范围 0.1~300 μm ，分辨率优于 0.1 μm ；运转条件下轴承内外套圈、保持架的温度测量范围 RT~180 $^{\circ}\text{C}$ ，精度优于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，测量转速不低于 30000r/min；运行状态下力测量范围不小于轴承额定动载荷的 30%，精度优于 $\pm 1\%\text{FS}$ ；申请发明专利 ≥ 3 项。

1.2 滚动轴承装配基础与智能装配方法（青年科学家项目）

研究内容：研究滚动轴承组件装配工艺对服役性能影响机理，滚动轴承装调工艺对转子系统服役性能影响机理；研究滚动轴承组件/转子系统装配工艺参数优化方法与软件系统；研制针对滚动轴承组件/转子系统装调过程，具备精准检测、自动调整、自适应压装的智能装配原理验证系统，提高轴承合套成功率。

考核指标：考虑滚动轴承装调工艺参数的轴承服役性能仿真预测准确率 > 70%；装配工艺参数优化软件可实现轴承组件最优选配、装调载荷、装调相位、连接载荷等参数精准计算；滚动轴承智能装配工艺装置装配过程力载荷检测与控制精度优于 $\pm 0.5\%FS$ ；位移测量与调控分辨率优于 $0.2\mu m$ ；申请发明专利 ≥ 3 项。

1.3 高功率密度液压元件摩擦副寿命预测与延寿设计（青年科学家项目）

研究内容：研究液压元件摩擦副的多尺度多自由度动力学特性、固-液-热多场耦合建模理论；研究摩擦副间隙油膜关键参数原位测试原理；研究高速重载摩擦副性能退化规律和典型损伤机理，建立界面累积损伤和元件性能动态劣化评估模型；研究新型摩擦副调控延寿设计方法，并开展相关试验验证。

考核指标：2 种以上液压元件的摩擦副油膜性能分析与动态演化仿真软件各 1 套，仿真精度 $\geq 90\%$ ；液压元件摩擦副油膜参数分布式测试装备 1 套，具备油膜厚度场、温度场、压力场等至少 3 种在线测试功能；针对航天航空等领域，液压元件功率密度提高 20% 以上；申请发明专利 ≥ 2 项。

1.4 高性能液压阀性能在线监测与智能控制（青年科学家项目）

研究内容：研究液压阀口的冲蚀磨损及阀芯卡滞机理与演化规律；建立多维融合感知的液压阀性能衰退与预测模型；研究电液控制阀服役过程的实时补偿技术，开发具有性能监测和故障诊断功能的可编程集成控制器；开展相关试验验证。

考核指标：高可靠智能型电液控制阀样机 2 种以上；控制精度 $< 0.1\%$ ，典型故障检测类型 ≥ 5 类，识别率 $\geq 80\%$ ；具备 IO-link 总线通讯接口的位置轴控精度不低于 $1\%FS$ ；申请发明专利 ≥ 3 项。

1.5 齿轮传动系统多维信息感知及智能运维(青年科学家项目)

研究内容：研究传动/感知/控制等深度融合的智能化齿轮传动系统，探索传动系统全生命周期内轮齿损伤（如点蚀、磨损、胶合、断齿）、应力、温度、振动等多维信息监测新方法；研究齿轮传动系统多维信息的故障自诊断及自适应调控等智能运维机制；研究齿轮传动系统服役性能及残余寿命的智能预测方法。

考核指标：齿轮传动系统智能感知及智能运维验证系统 1 台套；具备传动系统内部应力、温度、振动及轮齿损伤等监测功能，监测精度优于 5% ；具备智能运维功能，故障自诊断正确率不低于 80% ；申请发明专利 ≥ 3 项。

1.6 基于二维材料的柔性应变传感器阵列(青年科学家项目)

研究内容：研究基于二维材料的柔性应变传感器敏感材料的性能调控方法和微观机理；研究与微纳加工、印刷工艺兼容的应变敏感材料、传感器结构、可靠性及封装技术，以及柔性应变传感器阵列的加工方法；在工业或人体表皮进行长期连续监测验证。

考核指标：传感器应变系数 ≥ 500 ，拉伸性 $\geq 50\%$ ，最低检测限 $\leq 0.08\%$ ，循环稳定性 ≥ 50000 次@ 5% 应变，响应时间 $\leq 50ms$ ；阵列性能离散性 $\leq 5\%$ ；研制应变传感可穿戴集成系统原型，申请发明专利 ≥ 3 项，制定技术规范或标准 ≥ 1 项。

1.7 高灵敏磁电阻传感器（青年科学家项目）

研究内容：研究高灵敏磁电阻传感器敏感材料、原理和结构；研究低噪声磁性多层膜结构材料；研究磁电阻—微机电和磁电阻—超导一体化调制效应的影响机理；研究高灵敏磁传感器芯片制造工艺；研究传感器的噪声抑制、磁通汇聚、三维集成、封装等关键技术；研究传感器 ASIC 芯片设计；研制原型器件，并在工业现场试验验证。

考核指标：磁传感器灵敏度优于 200mV/V/Oe ，量程 $\leq \pm 100\mu\text{T}$ ，功耗 $\leq 100\text{mW}$ ，本底噪声 $\leq 1\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ @1Hz；申请发明专利 ≥ 3 项。

1.8 高灵敏 MEMS 三维电场传感器（青年科学家项目）

研究内容：研究高灵敏 MEMS 三维电场传感器的敏感机理和结构；研究三分量电场耦合干扰抑制方法及高精度测量方法；研究传感器制备工艺、抗表面电荷积聚封装等关键技术；研究传感器弱信号检测方法，研制出传感器原型，并在工业现场试验验证。

考核指标：传感器测量范围 $0\sim 100\text{kV/m}$ ；单分量电场分辨力优于 1V/m ；轴间耦合度 $< 5\%$ ；准确度优于 5% ；传感器敏感结构尺寸 $\leq 12\text{mm}\times 12\text{mm}$ ；申请发明专利 ≥ 3 项，制定技术规范或标准 ≥ 1 项。

1.9 硅基厚金属膜制造工艺基础（青年科学家项目）

研究内容：研究圆片级硅基 MEMS 厚金属膜工艺兼容性技术；研究高质量厚金属膜材料力学性能匹配方法、工艺和原位测

试技术；研究硅基厚金属膜微结构释放技术，开发基于硅基 MEMS 厚金属膜工艺能力验证评价技术，开展工艺可用性验证。

考核指标：建立硅基厚金属膜制造基础工艺体系，圆片直径 $\geq 150\text{mm}$ ，金属膜厚度 $\geq 5\mu\text{m}$ ，厚度误差 $\leq \pm 3\%$ ；工艺验证器件数量 ≥ 2 种；申请发明专利 ≥ 3 项。

1.10 分布式独立电液控制系统关键技术

研究内容：研究典型非道路移动机器的电液控制系统构型原理与参数优选方案；研制集成化一体化的电液控制执行机构；开发硬件在环仿真和试验测试系统，研究全局功率匹配和高效能量管理方法；研究分布电液控制系统的高动态泵阀复合控制技术，并开展相关试验验证。

考核指标：分布式电液控制执行机构 1 套，应用至非道路移动机器整机并较原有机型降低燃油消耗 40%；分布式电液控制系统能效分析与优化设计软件 1 套；总线型数字式综合控制器 1 套，流量控制误差 $\leq 2\%$ ；模拟测试系统平台 1 套；申请发明专利 ≥ 2 项。

1.11 工业测控高精度硅基压力传感器关键技术

研究内容：研究差压、表压和绝压高精度压力传感器芯片设计制造关键技术；研究硅基 MEMS 加工应力控制方法与传感器高可靠封/组装技术；研究宽温区温度补偿校准方法，实现基于自主开发压力敏感芯片的系列化压力传感器在流程工业、装备工业等重点领域应用验证。

考核指标：差压传感器量程 0.015MPa，非线性误差 0.3%FS，

迟滞 0.05%FS，工作温度-40~85°C；表压传感器量程 0.5MPa，非线性误差 0.2%FS，迟滞 0.05%FS，工作温度-40~85°C；绝压传感器量程 3MPa，准确度 0.02%FS，工作温度-40~85°C；高温压力传感器量程 2MPa，准确度 0.25%FS，工作温度-55~250°C，响应频率 $\geq 400\text{kHz}$ ；压力变送器准确度 0.05%FS；申请发明专利 ≥ 5 项。

1.12 工业机器人减速器状态监测传感器关键技术

研究内容：研究薄膜应变传感器在机器人减速器部件表面上的原位集成工艺、设计制造及可靠性技术；研究适应减速器内部环境的无线应变传感器设计制造及测量技术；研究 MEMS 薄膜声发射传感器设计制造及可靠性技术；研制的传感器在谐波减速器和 RV（旋转矢量）减速器应用验证。

考核指标：谐波减速器应变传感器灵敏度因子 ≥ 1.5 ，TCR（电阻温度系数） $\leq 110\text{ppm}$ ，线宽 $\leq 10\mu\text{m}$ @曲率半径 $62.5\mu\text{m}$ 基底；RV 减速器无线应变传感器测试范围 $0\sim 1000\mu\epsilon$ ，误差 $\leq \pm 1\%$ ；声发射传感器工作频率范围 $40\sim 400\text{kHz}$ ，灵敏度优于 60dB ；申请发明专利 ≥ 3 项。

1.13 开放式数控系统安全可信技术

研究内容：研究开放式数控系统协议安全、密码资源管理、数据安全等应用技术；研究数控系统密码应用、身份管理及管理平台等关键技术；开发与数控系统融合的可信密码控制模块；构建可信度量、可信验证、信任链传递方法等数控系统安全可信体系结构及标准规范；在航空航天、装备制造等领域开展安全可信

数控系统的应用验证。

考核指标：可信密码模块符合 GMT 0028-2014《密码模块安全技术要求》，加/解密时延 $< 1\text{ms}$ ；基于可信密码模块的安全数控系统对程序、数据和功能具有不少于 8 个级别的存取权限；数据传输加解密吞吐率 $\geq 100\text{MB/S}$ ；可信互操作协议支持数控装备互联互通等协议 ≥ 3 种；制定标准规范 ≥ 3 项。

1.14 智能网联工业控制安全一体化增强技术

研究内容：研究智能网联工业控制安全一体化风险多重耦合机理、失效判定方法及入侵/故障检测技术；研究实时状态分析、动态风险预测和智能决策支持技术；研究设备安全增强的信息模型和数据接入方式；研制工业控制安全一体化增强装置，在重大装置、流程工业等开展应用验证。

考核指标：增强装置 2 套，支持工业协议 ≥ 6 种，具备关键安全指标在线分析、动态适配和协同性验证功能；知识库和算法库 ≥ 5 类；具备功能安全完整性 SIL3、信息安全 SL2 的仪表和控制设备 ≥ 3 种；制定标准规范 ≥ 2 项。

1.15 典型流程工业信息安全防护关键技术

研究内容：研究工业互联网架构下典型生产过程和装置的攻击脆弱性机理及响应机制；研究内嵌工业特征的信息安全防护关键技术；开发智能型安全防护原型系统；搭建测试验证平台，并在石油、化工、建材等典型流程工业开展应用验证。

考核指标：可配置、可移植的智能型信息安全防护原型系统

2套，支持工业协议 ≥ 6 种；功能安全完整性等级 SIL2，信息安全等级 SL2；申请发明专利 ≥ 5 项，制定标准规范 ≥ 2 项。

2. 示范应用

2.1 动力系统关键传感器开发及示范应用

研究内容：研究集成式多路电压传感器设计、高低压可靠隔离、高压切换开关及高精度模数转换技术；研究宽量程电流传感器芯片设计及可靠性技术；研究高精度电机位置传感器薄膜材料工艺、设计及制造技术，开发信号调理电路；开发传感器及模块应用技术，在电动汽车等领域示范应用。

考核指标：多路电压传感器最高检测电压 $\geq 1000V$ ，电压检测精度优于 0.5%，采样率 $\geq 1MHz$ ，分辨率 ≥ 12 Bit；电流传感器直流量程 $\pm 1000A$ ，精度优于 0.1%；电机位置传感器转速范围 0~30000r/min，分辨率 ≥ 16 Bit(360度角度范围)，系统延时 $\leq 2\mu s$ ；检测高压母线电流，功能安全等级 ASIL B；传感器可靠性水平满足不同电动汽车用户单位要求。

2.2 动力电池组控制安全传感器开发及示范应用

研究内容：研究动力电池组单体电压与温度检测方法，高速高精度模数转换及多芯片扩展技术；研究电池热失控的压力、VOC（挥发性有机化合物）、气溶胶等传感器设计制造技术；开发传感器及模块应用技术，在电动汽车等领域示范应用。

考核指标：单体直流电压监测范围 $\pm 5V$ ，测量精度优于 $\pm 2.5mV$ ；热失控监测传感器压力测量范围 50~250kPa，误差 \leq

±1.5kPa，响应速度 ≥ 100ms；VOC 传感器检测气体成分包括：CO、CO₂、C₂H₄、CH₂O 有机挥发物，测量范围 0~5000ppm，误差 ≤ ±15%；气溶胶传感器测量范围 200~5000μg/m³，误差 ≤ ±15%；整机安全：防止乘客仓起火 ASIL D，防止人员触电 ASIL D；传感器可靠性水平满足不同用户单位要求。

2.3 医疗影像装备关键传感器开发及示范应用

研究内容：研究 SiPM（硅基光电倍增管）辐射传感器设计制造；研究磁栅位置传感器设计制造及抗辐照技术；研究强磁场背景下高分辨磁场传感器设计制造技术；研究传感器敏感元件与相关抗辐照调理电路设计；研制的传感器在 CT（断层扫描仪）、PET（正电子发射断层成像）、RT（影像引导放疗）或 MR（磁共振）等医疗影像装备示范应用。

考核指标：辐射传感器光子探测效率 ≥ 50%，增益 ≥ 2.5×10⁶，单光子时间分辨率 < 100ps；磁栅位置传感器分辨力 ≤ 1μm，抗辐照能力 ≥ 100000cGy；磁场传感器分辨率 ≤ 10μT@1.5T，灵敏度优于 30nT/Hz^{1/2}；上述传感器至少在 2 类医疗影像装备上示范应用；传感器可靠性水平满足不同用户单位要求。