

附件 1

“制造基础技术与关键部件”重点专项 2020 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》和《中国制造 2025》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，编制 2020 年度项目指南。

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。专项实施周期为5年（2018—2022年）。

2020年指南在五个方向，按照基础前沿技术类、共性关键技术类和示范应用类，拟启动33个项目，安排国拨经费总概算约5亿元。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，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，要求由企业牵头申报的项目已在考核指标后明确。

项目统一按指南二级标题（如1.1）的研究方向申报。每个研究方向拟支持项目数为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。基础研究类项目，每个项目下设课题数不超过4个，项目参研单位不超过6个；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，项目参研单位不超过10个。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。

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. 基础研究类

1.1 先进轮毂电机轴承单元设计理论与方法

研究内容：研究同步轮毂电机轴承单元设计理论与方法；研究轮毂电机动态载荷传递路径及轴承动静刚度服役性能演变特性；研究轴承单元表面润滑增效与表面创成设计方法；研究轴承单元主动散热系统及热管理方法；研究轴承单元可靠性设计及性能评价。

考核指标：开发轴承单元设计方法及软件 1 套，研制轴承原理样机，研制轮毂电机轴承单元原理样机 1 台，最大扭矩 $\geq 800\text{Nm}$ ，平均温度 $\leq 100^\circ\text{C}$ ；轴承单元设计寿命 $1 \times 10^5\text{km}$ ，运行过程轴承打滑条件下的摩擦系数降低 20% 以上，开展动力热循环耐久性、机械冲击和振动等相关耐久性试验；申请发明专利 ≥ 3 项。

1.2 MEMS 高能量密度电池前沿技术

研究内容：研究硅基 MEMS 薄膜锂离子电池的电化学—力—热多场模型和多层膜材料参数在线提取方法；研究电极与电解质界面原位表征方法和低阻抗、高稳定界面构筑技术；研究高性能电池材料、结构、制备工艺与高可靠性封装技术；研制出硅基 MEMS 薄膜锂离子电池原型，在工业现场无线传感网节点试验验证。

考核指标：多层膜材料参数在线提取结果与实验结果对比误差 $\leq 15\%$ ；电池尺寸 $\leq 2\text{mm} \times 2\text{mm}$ ，能量密度 $\geq 2\text{mWh/cm}^2$ ；循环稳定性 ≥ 5000 次@100%放电；工作温度 $-40^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ ；申请发明

专利 ≥ 3 项。

1.3 光学元件亚表面缺陷原位测量基础理论与方法

研究内容：研究光学元件亚表面缺陷非接触无辐射原位显微测量原理与方法，缺陷测量误差与不确定度评估方法；突破亚表面层叠缺陷分离与定位、缺陷深度定位非线性补偿及动态校正、亚表面损伤评估等关键技术；研制光学元件亚表面缺陷原位测量样机，开展应用验证。

考核指标：可测最大面尺寸 $\geq 1000\text{mm}\times 1000\text{mm}$ ，横向分辨力 $\leq 150\text{nm}$ ，深度定位精度 $\leq 1\mu\text{m}$ ，最大检测深度 $\geq 100\mu\text{m}$ ；缺陷检测识别率 $\geq 90\%$ ；申请发明专利 ≥ 5 项。

2. 共性关键技术类

2.1 高刚度超精密静压轴承关键技术

研究内容：研究静压轴承精准流固耦合与润滑技术；研究高刚度超精密静压轴承结构创新与轴承设计方法；研究高性能静压轴承关键性能测试技术；研究静压轴承支承精密运动部件系统集成方法与性能调控；原理样机在超精密数控机床、精密实验仪器或空间模拟器等高端装备中应用验证。

考核指标：研制出高刚度超精密静压轴承原理样机及其回转精度、工作刚度测试装置，轴承回转精度 $\leq 0.05\mu\text{m}$ ，测量误差 $\leq 0.01\mu\text{m}$ ，工作刚度 $\geq 150\text{N}/\mu\text{m}$ ，测量误差 $\leq 10\text{N}/\mu\text{m}$ ；不同场景样机 ≥ 3 台；申请发明专利数 ≥ 3 项，制定技术规范 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.2 高端轴承状态监测与健康管理技术

研究内容：研究轴承监测大数据完备获取与质量保障技术；研究多源信息融合与运行状态动态监测技术；研究轴承故障信息智能表征与多故障模式深度识别技术；研究数模驱动的轴承服役寿命预测与性能评估技术；研发轴承故障诊断系统；在数控机床、风电、水电、轨道交通等至少 2 个典型行业中应用验证。

考核指标：开发轴承远程监控软件 1 套，具备轴承状态监测指标不低于 10 个，具有早期故障预警、智能故障诊断、故障趋势预测、维修决策支持、动态备件管理等功能；软件对于轴承早期故障监测的漏报率和误报率 $\leq 10\%$ ，典型故障确诊率 $\geq 95\%$ 。

有关说明：由企业牵头申报。

2.3 高性能电机绝缘轴承技术

研究内容：研究高性能电机绝缘轴承优化设计方法；研究轴承疲劳磨损与轴电流损伤交互作用机制，以及性能退化损伤机理；研究微米级精度的高密度绝缘涂层技术；研究镀膜工艺、带绝缘涂层轴承套圈加工技术；研究轴承绝缘性能及寿命试验验证技术，开发相关试验装备；研究成果在轨道交通或风力发电机上等应用验证。

考核指标：轴承精度达到 P5 级；交流极限耐压值：50Hz， $\geq 2000\text{V}$ ；涂层最大冲击功 $\geq 5.4\text{J}$ ，工作温度范围： $-40^{\circ}\text{C}\sim+150^{\circ}\text{C}$ ；试验装备满足 50mm~100mm 内径轴承测试要求；轴承试验技术规范 ≥ 3 项，申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.4 高温高压石化承压密封件性能检测评价关键技术

研究内容：针对高温、高压苛刻环境，研究密封性能演化机制及泄漏模型；研究密封件特征参量表征、性能检测及评价方法；研究典型密封件加速试验方法及寿命预测技术；研制密封件综合性能测试装置。

考核指标：研制出密封件综合性能检测装置，最高工作温度 $\geq 900^{\circ}\text{C}$ ，最高工作压力 $\geq 20\text{MPa}$ ，具备测试热态机械性能、密封性能、吹出性能等；密封件特征参数数据库涵盖密封件类型 ≥ 10 种；申请发明专利 ≥ 3 项，制定标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.5 高线速度轻量化齿轮传动系统关键技术

研究内容：研究高线速度齿轮传动系统动力学优化技术；研究传动系统正向设计方法、齿轮齿面高性能复合修形方法；研究传动系统油气混合润滑特性与强制润滑技术；研究高强度齿轮材料改性与表面强化技术；研究齿轮箱轻量化关键技术，在航空领域或透平机等重大技术装备应用验证。

考核指标：研制轻量化高速齿轮传动系统，形成设计软件1套，重量较原有系统减轻5%以上，强度较原有系统提升10%以上，高线速度 $\geq 110\text{m/s}$ ，单级传动效率 $\geq 98.5\%$ ；申请发明专利 ≥ 2 项，制定技术标准或规范 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.6 高性能小模数齿轮传动设计制造关键技术

研究内容：研究高性能小模数齿轮传动系统正向设计及减振降噪关键技术；研究小模数齿轮高效精密加工工艺；研究粉末冶金齿轮模具设计制造关键技术；研究小模数齿轮检测关键技术；研究小模数齿轮疲劳试验和评价技术，建立小模数齿轮材料疲劳强度基础数据库；在通信、机器人或其他装备中开展应用验证。

考核指标：开发小模数齿轮（模数 $\leq 1\text{mm}$ ）传动系统设计分析软件1套，传动类型 ≥ 3 种；齿轮成型精度不低于国标7级；申请发明专利 ≥ 2 项，制定技术标准或规范 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.7 大型钛合金复杂结构件精密铸造技术

研究内容：研究大体积、高纯、高均质钛合金锭的真空感应熔炼控制技术；研究大型钛合金构件熔模精密铸造技术、缺陷形成机理与性能调控方法；研究铸造过程高精度有限元模拟与缺陷和变形预测技术；研究短流程绿色精密铸造技术；在航空航天或航海等领域应用验证。

考核指标：典型钛合金薄壁铸造件轮廓尺寸 $\geq 2000\text{mm}$ ，70%区域的壁厚 $\leq 3\text{mm}$ ，壁厚公差 $\leq \pm 0.5\text{mm}$ ；变形量 $\leq 1.5\text{mm}/1000\text{mm}$ ，关键尺寸精度 $\leq \text{CT}6$ 级；表面粗糙度 $R_a \leq 3.2\mu\text{m}$ ；内部冶金质量达到GJB2896A-2007 I类B级；抗拉强度 $\geq 900\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 8\%$ ；铸锭主元素同锭差 $\leq \pm 0.3\%$ （wt%）；申请发明专利 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.8 基础制造热加工工艺数据库

研究内容：研究铸造、锻压、焊接、热处理等多种加工工艺数据获取方法，建立热加工材料—工艺—组织—性能多维度数据信息平台，形成高效工艺采集、管理系统；研发智能化全过程宏观数值模拟与组织性能预测仿真平台，采集、整合工艺设计及计算数据，提供工艺设计数据分析及优化方案；建立基础制造工艺技术数据库，开发基于云服务数据共享平台。

考核指标：仿真平台 1 套；工艺技术数据系统 1 套，数据库的数据子集 ≥ 60 个，数据量 ≥ 100 万条；云服务数据共享平台在机械、汽车或航空等领域应用验证，其中 1 个行业覆盖不少于 2 种制造工艺。

有关说明：由企业牵头申报。

2.9 大面积柔性衬底微纳传感器关键技术

研究内容：研究大面积柔性衬底设计和控调方法；研究有机柔性衬底功能结构图案化工艺，研究衬底上多种金属和介质薄膜一体化微纳集成制造；研究金属基柔性衬底成型技术，金属复合柔性衬底与敏感单元异质集成技术；研制高性能柔性应变、温度和加速度传感器，并在重大技术装备、工业机器人或轴承状态监测应用验证。

考核指标：柔性衬底直径 $\geq 100\text{mm}$ ；金属复合柔性衬底弯曲曲率半径 $\leq 20\text{mm}$ ，热膨胀各向异性比 1~3 可调；有机柔性衬底厚度不均匀性 $\leq 2\%$ ，图案分辨率优于 50nm，弯折可靠性 $\geq 10^6$ 次；

应变灵敏度 $\geq 1.5\text{mV/V}$ ，温度测量误差 $\leq \pm 1.5\%FS$ ，加速度灵敏度 $\geq 100\text{mV/g}$ ；申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.10 硅基气体敏感薄膜兼容制造关键技术及平台

研究内容：研究硅基 MEMS 气体传感器纳米敏感材料与微加热板的集成工艺；研究薄膜材料热学特性测试技术；研究低功耗、阵列传感器单元加工技术；研究晶圆级传感器芯片封装测试技术；研究气体传感器设计、制造、封装等关键技术，实现应用验证。

考核指标：圆片直径 $\geq 150\text{mm}$ ；传感器持续工作功耗 $\leq 30\text{mW}$ ；在室温环境、1 标准大气压及空气背景下的气体传感器检测下限：硫化氢 $\leq 20\text{ppb}$ ，甲醛 $\leq 70\text{ppb}$ ，氢气 $\leq 50\text{ppm}$ ；申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.11 硅基 MEMS 压电薄膜关键技术

研究内容：研究高声速高压电系数的掺杂工艺；研究压电薄膜制备工艺和薄膜参数测试技术；研究压电薄膜器件设计及制造技术；研制硅基 MEMS 压电薄膜射频谐振器（FBAR）、滤波器、超声换能器，实现应用验证。

考核指标：压电薄膜厚度至少可达 $2\mu\text{m}$ ，厚度误差 $\leq \pm 0.2\%$ (1σ)，薄膜应力 $\leq 150\text{MPa}$ ；谐振器优值 ($k_t^2 \cdot Q$) ≥ 200 ；滤波器带宽 $\geq 4\%$ 中心频率，插入损耗 $\leq 2.0\text{dB}$ ；超声换能器谐振频率 $\geq 10\text{MHz}$ ，灵敏度 $\geq 10\mu\text{V/Pa}$ ；申请发明专利 ≥ 3 项，制定规范或标准 ≥ 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.12 工业微纳传感器可靠性关键技术及平台

研究内容：研究微纳传感器芯片及封装材料和结构的力学、热学及力—电耦合特性等原位测试技术；研究材料特性、工艺参数和器件结构对微纳传感器可靠性的影响；研究微纳传感器典型失效类型和故障分析方法；研究表征微纳传感器典型失效类型的特征测试结构和试验验证技术；研究加速老化试验方法和工业微纳传感器可靠性评价方法。

考核指标：多应力下微纳传感器退化机理模型 ≥ 5 个，可靠性模型误差 $\leq \pm 5\%$ ；测试平台真空高温环境下微结构振动频率分辨率 $\leq 0.1\%$ ，位移分辨率 $\leq 0.05\mu\text{m}$ ，温度分辨率 $\leq 0.1^\circ\text{C}$ ，空间分辨率 $\leq 3\mu\text{m}$ ；制定可靠性评价标准 ≥ 1 项，测试规范 ≥ 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.13 液体检测微流控传感器与系统

研究内容：研究液体样本采集、预处理的微流体控制技术；研究基于适配体的高灵敏检测技术；研究微纳尺度热塑材料微流体芯片高速加工技术；研究材料表面功能化处理技术；研究微弱信号的电路处理设计技术；研发智能检测系统，开展环境现场的应用验证。

考核指标：传感系统同时可测化学需氧量、磷酸盐、氨氮、重金属等 8 项以上水质目标物，整机可便携应用，重金属离子检测限 $\leq 0.02\text{mg/mL}$ ；传感系统同时可测生物标志物数量 ≥ 15 种，

蛋白标志物检测限 $\leq 0.1\text{pg/mL}$ ；申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.14 高性能 MEMS 高温温度传感器关键技术

研究内容：研究薄膜温度传感器结构设计和加工工艺；研究曲面衬底上薄膜材料热电特性、快速响应敏感单元设计技术；研究高温温度传感器设计、制造、测试以及耐腐蚀、抗老化等可靠性关键技术。研制高性能 MEMS 高温温度传感器，并在航空航天、石油化工或钢铁冶金行业应用验证。

考核指标：曲面衬底温度传感器测量范围 $-60^{\circ}\text{C}\sim 1800^{\circ}\text{C}$ ，误差 $\leq \pm 1.5\% \text{FS}$ ，响应时间 $\leq 10\text{ms}$ ；薄膜温度传感器测量范围 $-40^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，误差 $\leq \pm 0.4\% \text{FS}$ ($400^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$)，响应时间 $\leq 1\mu\text{s}$ ；申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.15 高动态过程仪表及其原位校准技术

研究内容：研究生产过程仪表动态测量理论与方法；研究服役工况对仪表动态特性影响规律及动态性能评估方法；研究原位校准及动态测量不确定度评估方法；研制高动态流量、压力、控制阀等仪表及原位校准和性能评估辅助装置，在石化或油气运输等领域试验验证。

考核指标：建立高动态过程仪表动态测量不确定度评估方法；原位动态流量校准上升时间 $\leq 0.5\text{s}$ ，误差 $\leq 5\%$ ；原位动态压力校准频率 $\geq 2500\text{Hz}$ ，误差 $\leq 4\%$ ；高端控制阀压力检测误差 $\leq 0.3\%$ ，

行程检测误差 $\leq 0.3\%$ ；申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.16 高性能光波探测器核心技术

研究内容：研究长波红外焦平面探测器、紫外光和可见光联合探测器，以及超表面太赫兹反射器的设计及制造方法；研究探测器和反射器性能测试技术及装置；研制高性能长波红外探测器、紫外—可见光探测器和太赫兹光学反射器，在工业探测领域试验验证。

考核指标：红外探测响应波长范围 $10\mu\text{m}\sim 16\mu\text{m}$ ，峰值波长噪声等效温差 $\leq 15\text{mK}$ ，电流谱系统空间分辨率 $\leq 1.0\mu\text{m}$ ；紫外—可见光探测响应波长范围 $0.2\mu\text{m}\sim 1.0\mu\text{m}$ ，光响应非均匀性 $\leq \pm 3\%$ ；太赫兹光学反射相位覆盖 $\geq 270^\circ$ ，适用频段范围 $\geq 0.8\text{THz}\sim 1.7\text{THz}$ ；申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.17 仪器仪表智能运维及性能测试平台

研究内容：研究仪器仪表状态参数动态监测、运行特征智能识别、故障表征、预测性维护等技术，研制仪器仪表智能运维平台；研究仪器仪表性能测试和评定方法、多应力可靠性仿真分析和试验验证、异构数据快速接入等技术，研制工业性试验验证平台，在典型流程行业应用验证。

考核指标：仪器仪表故障漏报率和误报率 $\leq 5\%$ ，产品性能衰减预测精度 $\geq 80\%$ ；平台具备温度、压力、流量、物位等10种以

上典型智能工业仪器仪表性能和功能测试能力；可靠性数据库覆盖 50 种以上仪器仪表，数据量 100 万个以上；申请发明专利 ≥ 2 项，制定国际或国家标准 ≥ 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

2.18 工控系统安全可信关键技术

研究内容：研究可信启动、动态度量 and 关键数据防篡改等工控系统安全可信基础理论与方法；研究云一边一端协同场景下设备、控制、网络、数据、应用等的安全协同机制，建立智能网联安全架构下的工控安全风险评估方法和协同防护策略；在流程工业开展应用验证。

考核指标：建立 1 套面向工控系统主动免疫的可信计算体系架构，覆盖可信计算环境、可信边界和可信网络，实现控制器级可信启动、动态度量及关键数据防篡改；建立云一边一端协同体系下工控安全监测与态势感知方法，支持 5 种以上典型工控设备接入；研发 3 种以上安全可信工业控制设备和系统样机。

有关说明：由企业牵头申报。

3. 示范应用类

3.1 高性能减速器轴承关键技术及工业验证平台

研究内容：研究减速器轴承高精度及长寿命关键技术；研究轴承性能及寿命试验验证技术，开发相关装备；搭建工业性验证平台，开展系列产品的寿命、摩擦力矩、振动、温升等性能试验；在高精度机器人传动、高动态伺服系统等示范应用。

考核指标: RV 减速器轴承精度达到 P4 级, 试验寿命 $\geq 7000\text{h}$; 谐波减速器轴承精度达到 P4 级, 试验寿命 $\geq 8000\text{h}$; 平台具备 80mm~260mm 内径轴承测试能力; 示范应用产品 ≥ 2 类; 申请发明专利 ≥ 3 项, 制定标准或规范 ≥ 2 项。

有关说明: 由企业牵头申报。

3.2 阀口独立控制型大流量液压阀关键技术示范应用

研究内容: 研究阀口独立控制型大流量液压阀构型与控制原理, 研究压力、温度、阀芯位移等状态参数的高精度测量原理与集成化设计制造技术; 研究阀口独立控制系统流量分配、负载适应性控制等技术, 实现阀芯位移闭环及压力流量复合控制, 集成电控与总线通信模块; 在工程机械或矿山设备等重载装备上实现示范应用。

考核指标: 阀口独立控制型液压阀额定流量 $\geq 200\text{L}/\text{min}$, 额定压力 $\geq 35\text{MPa}$, 先导级频响 $\geq 15\text{Hz}$, 压力测量误差 $\leq 0.5\%$, 温度测量误差 $\leq 0.5\%$, 阀芯位移测量误差 $\leq 0.2\%$, 耐久性试验次数 $\geq 1 \times 10^6$ 次, 示范应用装备种类 ≥ 2 类, 申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明: 由企业牵头申报。

3.3 高压重载四象限液压泵关键技术示范应用

研究内容: 研究高压重载四象限液压泵配流原理与机构设计技术; 研究变排量机构高频响高鲁棒性控制技术; 研究脉动抑制与减振降噪设计技术; 研究高功率密度液压泵/马达旋转组件制造工艺和精密装配技术; 研究能量高效回收与释放动态调节技术;

在大型重载工程机械示范应用。

考核指标：高压重载四象限液压泵排量 $\geq 100\text{mL/r}$ ，额定压力 $\geq 35\text{MPa}$ ，响应时间 $\leq 100\text{ms}$ ，能量回收率 $\geq 50\%$ ，寿命 $\geq 8000\text{h}$ ，示范应用企业 ≥ 2 家，申请发明专利 ≥ 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

3.4 多相介质高参数机械密封件关键技术示范应用

研究内容：研究超高转速干气密封气膜稳定性、窄端面槽型结构设计技术、智能监测与试验技术；研究端面密封混相润滑膜膜压特性、影响因素，表面膜改性及混相介质试验技术，在大型石化或海工装备等示范应用。

考核指标：干气密封转速 $\geq 40000\text{r/min}$ ，压力 $\geq 4\text{MPa}$ ，寿命 $\geq 8000\text{h}$ ；密封端面磨损量监测准确度 $\geq 70\%$ ；多相介质端面密封压力 $\geq 15\text{MPa}$ ，寿命 $\geq 10000\text{h}$ ，适用于气体含量 $0\sim 97\%$ ；示范应用装备 ≥ 2 类；申请发明专利 ≥ 4 项，制定技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

3.5 高可靠齿轮箱关键技术示范应用

研究内容：研究能源装备齿轮箱的高可靠性设计方法；研究大功率行星传动功率多分流组合均载技术、高承载齿形设计与优化技术、组合动静压专用轴承新结构；研究齿轮箱试验与健康监测技术；在核电装备或其他能源装备示范应用。

考核指标：齿轮箱额定功率 $\geq 6000\text{kW}$ ，传动效率 $\geq 98\%$ ；示范应用 ≥ 3 套；申请发明专利 ≥ 2 项，制定试验与健康监测相关技

术标准或规范 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

3.6 高性能锥齿轮传动关键技术示范应用

研究内容：研究弧齿锥齿轮传动系统动力学优化技术、啮合齿面宏微观主动设计与传动效率提升技术；研究锥齿轮复杂齿面高效切齿和精密磨齿数字化仿真及软件；研究锥齿轮疲劳寿命加速试验关键技术及装备，并在航空或车辆等领域示范应用。

考核指标：开发弧齿锥齿轮设计及加工软件 1 套；弧齿锥齿轮加工精度高于 5 级，传动效率 $\geq 96\%$ ；研制出疲劳寿命试验台 1 套；示范应用企业 ≥ 2 家；申请发明专利 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

3.7 模具高效清洁热处理技术示范应用

研究内容：研究模具真空热处理应力和变形演变规律、数值模拟技术；研究模具激光热处理强化和多层物理气相沉积（PVD）强化机理及基础工艺；研究大型汽车覆盖件模具激光强化技术和装备；研究精密模具多元多层 PVD 镀膜技术及装备；在模具制造行业示范应用。

考核指标：大型汽车覆盖件模具激光强化淬硬层深 $\geq 0.5\text{mm}$ ，硬度 $\geq 800\text{HV}$ ；精密模具 PVD 镀膜硬度 $\geq 2500\text{HV}$ ，抗氧化温度 $\geq 1000^\circ\text{C}$ ；装备强化/镀膜硬度的均匀性在 5%以内；模具冲击韧性提高 30%；申请发明专利 ≥ 4 项。

有关说明：由企业牵头申报。

3.8 细长孔零件化学气相沉积涂覆关键技术示范应用

研究内容：研究高温运行合金部件超长超细内孔化学气相沉积（CVD）渗层的催渗机理及动力学；研究高温合金超长超细内孔 CVD 涂覆关键技术与装备；研究涂层工艺对其组织结构、成分、厚度及热应力的影响机制和调控规律；研究涂层的抗高温氧化和热腐蚀性能，建立性能评价方法和技术标准；在航空发动机或燃气轮机等重点部件示范应用。

考核指标：高温合金 CVD 涂覆装备温度范围 $700^{\circ}\text{C}\sim 1050^{\circ}\text{C}$ ，压力范围 $5\times 10^2\text{Pa}\sim 9\times 10^4\text{Pa}$ ；部件涂层厚度 $\geq 10\mu\text{m}$ ，涂层连续均匀，应涂覆区域的涂覆率 $\geq 95\%$ ，在 2 家以上企业完成三类典型零部件涂覆的示范应用；申请发明专利 ≥ 3 项，制定技术标准或规范 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

3.9 清洁切削成套技术与示范应用

研究内容：研究集成高速干切削成套工艺、装备、刀具及智能化支持系统；研究微量润滑装置、低噪音智能喷嘴、低成本环保可降解润滑油品以及与机床系统集成的微量润滑切削成套技术；开发新型水溶性切削液配方，研究新型水溶性切削液的添加剂合成及清洁生产、使用工艺、可持续性回收再利用的成套技术；在航空航天或汽车等领域示范应用。

考核指标：微量润滑机床周边悬浮颗粒物浓度小于 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ；制备出两种以上切削液，其使用寿命在抗劣化技术协同下，达到 2

年以上；切削液无害化回收处理能力：切削液回收率 $\geq 90\%$ ，杂质及微生物去除率 $\geq 99\%$ ，浓度及 PH 值保持率 $\geq 95\%$ ，杀菌率 $\geq 99.99\%$ ；在 3 家以上企业完成批量典型零部件清洁切削工艺的示范应用；申请发明专利 ≥ 3 项，制定技术标准或规范 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

3.10 大型复杂高光零部件三维测量技术示范应用

研究内容：研究复杂高光零部件高速高精度三维测量方法；研究大尺寸弱纹理点云拼接、大尺寸小加工余量分析与优化、视觉辅助装夹与定位等技术；研制高速投射器件、三维测量和余量分析软件及工程化样机；在航空航天和汽车制造领域示范应用。

考核指标：复杂半透明/多次反光型面三维点云数据完整率 $\geq 99\%$ ；单视场测量时间 $\leq 1s$ ，单视场数据点数 ≥ 200 万点，三维坐标测量不确定度优于 $0.08mm@4m\times 2m\times 0.5m$ ，测量时间 $\leq 1h@4m\times 2m\times 0.5m$ ；具备虚拟划线和指导装夹定位能力；示范应用零部件 ≥ 2 类；申请发明专利 ≥ 5 项，制定技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

3.11 高转速叶片在线故障监测与诊断技术示范应用

研究内容：研究重大装备高转速叶片典型故障表征、预测性维护模型、寿命预测等关键技术；研发传感器、信号处理与虚拟测量模块；研制叶片高转速的重大装备在线智能运维分析系统；在汽轮机或燃气轮机等重大装备示范应用。

考核指标：多型传感器响应带宽范围 $200kHz\sim 10MHz$ ，最高

耐温 1300℃；振动位移测量精度 $\leq 10\mu\text{m}$ ，振动频率测量精度 $\leq 1\text{Hz}$ ；间隙测量精度 $\leq 1\%$ ；叶片故障预判准确率 $\geq 90\%$ ，寿命预测准确率 $\geq 80\%$ ，形成涵盖裂纹、碰摩、冲击等 5 种以上故障模型的数据库；示范应用装备 ≥ 2 类；申请发明专利 ≥ 3 项，制定标准或规范 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

3.12 智能控制设备安全一体化关键技术示范应用

研究内容：研究智能控制设备功能安全和信息安全一体化基础理论和方法；研究控制器安全和非安信道隔离通信协议、安全一体化控制与组态等技术；研究智能控制安全一体化风险评估建模、安全功能执行有效性和时效性测试等技术；研制安全一体化控制器，开发安全一体化测试工具和测试验证系统；在典型危险流程工业示范应用。

考核指标：安全控制器的功能安全完整性达到 SIL3 级，信息安全达到 SL2 级；系统整体诊断覆盖率 $\geq 90\%$ ，IO 单通道诊断覆盖率 $\geq 99\%$ ；支持安全和非安全输入输出模块，千兆以太网 IO 安全总线，以及工业互联网无线接入控制和通信加密；示范应用控制设备 ≥ 2 类；申请发明专利 ≥ 2 项，制定标准或规范 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。