

“高性能制造技术与重大装备”重点专项

2023 年度项目申报指南

(征求意见稿)

1 高性能基础件

1.1 基础件复合热加工材料-组织-性能协同调控理论(基础研究类)

研究内容：研究轴承、齿轮等关键基础件关键性能与塑性变形、热处理等过程中组织演变、成形制造工艺参数的耦合机理与模型，揭示多尺度组织演变机理，建立典型基础件材料-成形-热处理的全流程性能仿真模型，提出精确控制性能均匀性的材料组织、塑性变形、热处理一体化热加工调控方法，开发全流程协同调控工艺参数动态优化等关键技术，在新能源装备、重大工程装备等领域传动部件中进行试验验证。

考核指标：形成关键基础件复合热加工工艺组织均匀性控制理论，及全流程协同调控工艺。研发热加工全流程仿真、工艺设计和分析优化的软件工具，模拟拉伸强度、冲击韧性等静动载态力学性能精确度 $\geq 85\%$ ；研制典型关键基础件样件 3~5 种，与现有国内同类产品相比强度、冲击韧性、硬度等关键性能指标的均匀性能提高 30%以上。

有关说明：无。

关键词：热加工技术，基础件，塑性加工，热处理

1.2 原子级尺度结构器件制造过程及机理研究(基础研究类)

研究内容: 研究材料的原子尺度可控去除及有序排布机理,探索原子尺度应力场、温度场、能量场等多场耦合作用机制,建立原子级尺度结构超高精度表面创成方法,形成具有特定功能的原子级尺度结构器件,突破原子制造过程的原位动态观测与表征技术,实现原子级尺度结构器件的可控制造。

考核指标: 形成原子级尺度结构器件制造的基础理论和原位动态观测与表征技术,掌握3种以上材料的单原子层精度可控制造技术,形成具有曲面形状特征的结构器件,面形精度优于 $10\text{\AA}$,曲率半径 $\leq 5\text{nm}$,结构器件线密度 $\geq 20/\mu\text{m}$,单次幅面制造能力 $\geq 10\times 10\mu\text{m}$,制造过程可重复。

有关说明: 无。

关键词: 原子尺度可控去除,多场耦合,原子级尺度结构器件,原位动态观测

1.3 油膜电阻驱动的轴承智能润滑机理及调控方法(基础研究类,青年科学家项目)

研究内容: 提出物化耦合的电控油基润滑理论,研究润滑界面摩擦电荷转移机理,构建考虑变载荷工况下电信号感控驱动的接触区润滑油膜电阻模型,提出材料-特异性结构-油膜感控协同的轴承智能润滑设计方法,开发润滑油膜电阻驱动的润滑感控技术,研发润滑感控轴承模拟样件,开展模拟轴承服役环境的摩擦感知及调控功能试验验证。

考核指标：提出基于油膜电阻的轴承智能润滑感控理论，形成协同材料-结构-感控的轴承智能润滑设计方法，研制可润滑感控的轴承模拟样件 2 件、润滑油膜电阻感控试验系统 1 套，系统的摩擦接触承载 $\geq 1.2\text{GPa}$ ，对摩擦系数波动的感知准确度 $\geq 95\%$ 、电信号反馈调节响应时间 $\leq 10\text{s}$ 。

有关说明：无。

关键词：油膜电阻，智能润滑，轴承，电调控

1.4 液态金属轴承设计制造基础理论与技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：研究面向高辐射高真空服役环境的液态金属轴承混合摩擦机理，揭示液态金属轴承多物理场耦合行为与性能形成机制，提出液态金属轴承材料-结构-功能一体化设计方法，开发液态金属轴承形性协同制造技术，研发高性能液态金属轴承样件，并在电子加速器等新基建工程的模拟环境中试验验证。

考核指标：形成极端服役条件液态金属轴承设计制造理论与技术，研发液态金属轴承样件，并在辐射剂量率 $\geq 15\text{Gy/h}$ 、辐射能量 $\geq 3\text{MeV}$ 、真空度 $\leq 1 \times 10^{-5}\text{Pa}$ 的极端服役环境中试验验证，转速 $10 \sim 3000\text{r/min}$ ，最大承载载荷 $\geq 5\text{kg}$ ，服役寿命 ≥ 1000 小时，服役温度 $20 \sim 300^\circ\text{C}$ 。

有关说明：无。

关键词：液态金属轴承，极端服役环境，混合摩擦机理

1.5 高速磁性液体机械密封设计理论与技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：研究高导热性能磁性液体配方优化与制备方法，揭示磁性液体流变性能与高速密封粘性阻力矩及热耗散的耦合作用机理，建立高速密封工况下磁性液体热磁对流传热模型，提出高速磁性液体密封散热结构优化方法，研发高速磁性液体机械密封样件，在发动机主轴密封模拟工况下进行试验验证。

考核指标：形成高速磁性液体密封优化设计理论；研制高导热性能的磁性液体，导热系数 $\geq 0.2\text{W/m}\cdot\text{K}$ ；研发高速磁性液体机械密封样件，相比现有磁性液体机械密封综合性能提升25%以上，最高工作线速度 $\geq 25\text{m/s}$ ，常温环境、工作压力 $\geq 0.3\text{Mpa}$ 时，泄漏率 $\leq 10^{-12}\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ 。

有关说明：无。

关键词：磁性液体，高速密封，粘性耗散，热磁对流

1.6 多工作谐波共励伺服电机设计理论与技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：研究磁场调制、磁复合等多工作谐波共励伺服电机机电能量转换机理、电磁结构参数与电机性能间耦合关系，建立伺服电机多工作谐波协同调控理论，提出伺服电机电磁拓扑构造方法，开发多工作谐波共励下电机转矩密度、齿槽转矩、能量转换效率多目标优化设计技术，研发多工作谐波共励伺服电机样机，并进行试验验证。

考核指标：形成多工作谐波共励伺服电机理论与拓扑构造方法，研制多工作谐波共励伺服电机样机，额定转矩 2.4Nm、额定转速 3000r/min，比传统伺服电机转矩密度提高 20%以上、达到 15Nm/L，齿槽转矩比降低 30%、低于 0.4%，额定工作点绕组最高温升低于 60℃。

有关说明：无。

关键词：伺服电机，多工作谐波共励，高转矩密度，低齿槽转矩

1.7 传感器内嵌式一体化智能轴承关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究传感器内嵌式一体化智能轴承服役状态源端监测理论，突破智能轴承功能结构一体化设计、多参量传感器原位制造及高可靠集成等关键技术，开发轴承载荷、振动、转速、温度智能监测微系统，研制传感器内嵌式一体化智能轴承，在风电、轨道交通、工程机械等领域实现应用。

考核指标：形成智能轴承专用多参量源端监测微系统，尺寸 $\leq 30\text{mm} \times 30\text{mm} \times 6\text{mm}$ ，感知物理信号类型 ≥ 4 类，振动、温度、转速检测精度 $\leq 1\%\text{FS}$ ，载荷传感器原位制造器件位置精度 $\leq 0.1\text{mm}$ 、检测精度 $\leq 5\%\text{FS}$ ，MTBF ≥ 10 万小时；研发 2-3 类传感器内嵌式一体化智能轴承，疲劳剥落、欠润滑烧伤等故障识别准确度 $\geq 90\%$ ；制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：智能轴承，微系统，内嵌式，传感器

1.8 高可靠大扭矩行星齿轮传动关键技术(共性关键技术类)

研究内容：研究高可靠多行星轮的复合行星轮系大扭矩密度与均载优化设计、抗冲击齿廓修形及齿根优化设计、大型薄壁高强度内齿圈形性一体化控制、多源激励数据驱动的大扭矩行星齿轮传动系统服役性能仿真计算与评价等关键技术，研制高可靠大扭矩行星齿轮传动系统，在大功率风电装备、超大型起重装备中实现应用。

考核指标：形成行星齿轮传动系统设计与动态性能分析软件，大型薄壁高强度内齿圈热处理跨棒距变形量 $\leq 1.5\text{mm}$ 、硬化层深 $\geq 5\text{mm}$ 、齿廓接触与弯曲疲劳寿命提高 $\geq 20\%$ ；研制高可靠大扭矩行星齿轮传动系统，低速端扭矩 $\geq 2000\text{kNm}$ 、载荷分布不均匀系数 ≤ 1.10 、扭矩密度 $\geq 200\text{Nm/kg}$ 、传动效率 $\geq 98\%$ ；建成大扭矩行星齿轮传动全功率可靠性试验平台。制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：大扭矩，低速重载，行星齿轮传动系统

1.9 高抗压耐腐蚀齿轮传动系统关键技术(共性关键技术类)

研究内容：研究海洋环境多场耦合作用下齿轮传动系统动力学行为及材料-构型-性能协同设计方法，突破高抗压耐腐蚀齿轮箱壳体、传动误差自补偿齿轮、油水耦合平衡式高压动密封、齿

轮传动系统试验及服役状态监测等关键技术，研制高抗压耐腐蚀海洋齿轮传动系统，在海底勘探、开采工程装备上应用。

考核指标：研发海洋环境齿轮传动系统设计分析软件、高抗压耐腐蚀海洋齿轮传动系统，耐压 $\geq 30\text{MPa}$ 、耐腐蚀等级 $\geq \text{C5-M}$ 、壳体最大变形量 $\leq 0.5\%D$ （直径），高压动密封寿命 $\geq 2000\text{h}$ 、泄漏量 $\leq 150\text{ml/h}$ ，全压力工况单级齿轮传动效率 $\geq 80\%$ 、传递功率 $\geq 30\text{kW}$ 、齿轮自补偿啮合面积 $\geq 50\%$ 、扭矩密度 $\geq 150\text{Nm/kg}$ 。制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：高抗压，耐腐蚀，齿轮传动系统，高压动密封

1.10 大行程高可靠行星滚柱丝杠关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究大行程高可靠行星滚柱丝杠构型-精度-性能协同优化设计方法，突破大长径比薄壁结构内外螺纹高精度磨削与表面强化、内外螺纹啮合组合结构运动协调装配、行星滚柱丝杠承载性能测试及寿命评价等关键技术，开发薄壁深孔内外螺纹高精度磨削装备，研制大行程高可靠行星滚柱丝杠及试验装置，在挖掘机、特种车辆、装载机等实现应用。

考核指标：开发大行程高可靠行星滚柱丝杠设计分析软件；研制薄壁深孔内外螺纹高精度磨削装备，可加工螺纹长度 $\geq 1600\text{mm}$ ，Z轴重复定位精度 $\leq 2\mu\text{m}$ ；研发承载寿命试验装置，加载力 $\geq 1500\text{kN}$ ，加载行程 $\geq 4500\text{mm}$ ；研发大行程重载行星滚柱丝

杠，工作行程 $\geq 4000\text{mm}$ 、额定动载荷 $\geq 1400\text{kN}$ 、螺母外径 $\leq 200\text{mm}$ ，单级精度 G3 级，多级传动伸缩比 ≥ 1.6 ，工作寿命 $\geq 3000\text{h}$ 。制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：大行程，高可靠，行星滚柱丝杠，螺纹磨削

1.11 高速精密电驱动减速器关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究高速大重合度重载齿轮传动抗点蚀、抗胶合设计方法，以及高速齿轮噪音形成机理及啸叫抑制方法；突破高速齿轮非对称齿形精密磨削工艺、内啮合强力珩齿工艺、齿轮形态误差精确测量分析表征、性能评估等关键技术；研制高速精密电驱动减速器，在工程机械、重型车辆等领域应用。

考核指标：形成高速齿轮精密磨削、内啮合强力珩齿成套工艺技术及规范，加工精度达到 GB/T 3~4 级，齿面轮廓支撑率 $\geq 85\%$ 、粗糙度 $\leq \text{Ra } 0.1\mu\text{m}$ 、齿形形状误差 $\leq 1\mu\text{m}$ 、齿向形状误差 $\leq 1\mu\text{m}$ ；开发齿轮波纹度分析软件及齿轮检测平台，傅里叶分析能力 ≥ 500 阶次，测量精度示值误差 $\leq 0.5\mu\text{m}$ ；研制高速精密电驱动减速器，最大输入功率 $\geq 300\text{kW}$ 、最高输入转速 $\geq 25000\text{rpm}$ 、最大噪声 $\leq 83\text{dB(A)}$ 、最高传动效率 $\geq 98\%$ 、齿轮接触承载能力 $\geq 1640\text{MPa}/5000$ 万次。制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：电驱动减速器，内啮合强力珩齿，波纹度分析

1.12 高功率密度电静液直驱部件关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究电静液直驱系统用高速重载电机泵构型原理、时变工况动平衡与散热结构一体化设计方法，突破高速重载电机泵摩擦副高效润滑设计、抗磨形性调控工艺，以及电静液直驱系统高能效协同匹配控制、低速稳定性控制等关键技术，建立复杂服役环境下电机泵性能与可靠性测评方法，研制高功率密度电静液直驱关键部件，在重大工程装备中得到应用。

考核指标：开发高功率密度电静液直驱系统设计软件；形成电机泵高转速摩擦副加工工艺及抗磨形性测试装备，许用〔pv〕值 $\geq 20\text{MPa}\cdot\text{m/s}$ 、摩擦系数 ≤ 0.2 ；研制电静液直驱系统用电机泵，排量 $\geq 60\text{cc/r}$ 、转速范围 200-6000rpm、最高压力 $\geq 42\text{MPa}$ 、功率密度 $\geq 2.1\text{kW/kg}$ 、能效 $\geq 82\%$ 、噪声 $\leq 85\text{dB}$ 、MTBF $\geq 2000\text{h}$ ；研制高功率密度电静液直驱系统 2-3 套，与阀控系统相比整体能效提升 $\geq 30\%$ 。制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：电静液直驱，电机泵，高功率密度，高动态

1.13 高压大排量快速响应闭式柱塞泵关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究交变极限载荷条件下大排量轴向闭式柱塞泵破坏机理及高承载设计方法、摩擦副磨损退化机理及其故障诊断和预测性维护方法；突破闭式配流与变量机构高频响控制、正反

向变量切换时压力冲击抑制、关键零部件加工与表面改性等关键技术，研发高压大排量轴向闭式柱塞泵及试验平台，在大型工程装备、应急救援装备等领域得到应用。

考核指标：开发高压大排量轴向闭式柱塞泵设计软件；研制高压大排量闭式柱塞泵试验平台，额定压力 $\geq 50\text{MPa}$ 、变量控制机构响应时间 $\leq 100\text{ms}$ ；研制高压大排量轴向闭式柱塞泵 3 型，排量分别为 180ml/r、215ml/r、280ml/r，额定工作压力 $\geq 45\text{MPa}$ ，响应时间 $\leq 200\text{ms}$ ，容积效率 $\geq 92\%$ ；压力冲击试验次数 ≥ 500 万次。制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：高压，大排量，高频响，闭式柱塞泵

2 高性能制造工艺装备

2.1 铝合金多尺度结构与应力系统调控精准制造（基础研究类）

研究内容：研究铝合金构件极端承载能力、极端精准光学观测能力与宏微多尺度结构的关联机制，揭示极端服役性能特征多尺度结构形成的多能场条件，建立实现超强服役性能的宏微多尺度结构与应力状态精准适配制造理论，开发宏微多尺度结构与应力系统调控制造、多维表征与品质评价等技术，在航空航天、重大工程装备等领域进行试验验证。

考核指标：建以极端服役性能为目标的宏微多尺度结构与应

力系统调控精准制造原理与技术，并在超精密光学铝镜和超大承载铝环件制造中进行试验验证，其中光学铝镜直径 $\geq 300\text{mm}$ ，衍射效率 $\geq$ 理论值的 80%；超大承载环件直径 $\geq 3\text{m}$ ，强度 $\geq 450\text{MPa}$ ，延伸率提升 30%以上。

有关说明：无。

关键词：极端服役性能，多尺度结构，应力状态，系统调控，精准制造

2.2 多学科耦合重大装备智能优化设计方法（基础研究类）

研究内容：研究性能驱动的重大装备的光、机、热、电磁等多学科强耦合作用机理，开展多学科强耦合重大装备的智能优化设计理论与方法研究，建立多学科耦合重大装备高保真代理模型，提出重大装备智能优化的并行设计方法，开发序贯采样主动学习和计及制造容差的性能提升技术，形成多人作业和多任务并行的云端智能协同设计系统，在航空航天等领域 2 类以上光机电强耦合装备设计中试验验证。

考核指标：形成多学科强耦合重大装备智能优化设计理论与软件系统，涵盖物理场 ≥ 4 种，设计变量维度 ≥ 100 ，智能代理模型 ≥ 5 种，优化效率提高 10 倍以上，满足同时在线作业人数 ≥ 100 ，动态变形、温差分布、光电指向等预测准确性 $\geq 95\%$ ，优化设计后米级口径以上装备的功能型面变形精度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，功能型面最大温差 $\leq 2^\circ\text{C}$ ，动态光电指向精度 $\leq 15\mu\text{rad}$ ，满足高温差（ $\pm 50^\circ\text{C}$ ）、大过载（0-10g）、强振（0~200Hz）等使用要求。

有关说明：无。

关键词：重大装备，多学科耦合，智能设计，代理模型

2.3 复杂薄壁构件热力循环加载整体成形方法（基础研究类）

研究内容：研究热力循环加载下铝合金塑性变形和组织演变的交互作用机理、构件组织性能演变规律和缺陷形成机制，建立大型复杂薄壁构件热力循环加载整体成形的形性协同控制理论，提出薄壁铝合金构件整体成形跨尺度性能调控方法，开发整体薄壁构件成形技术，在航空航天异形薄壁构件整体制造中试验验证。

考核指标：形成复杂薄壁铝合金构件热力循环加载整体成形的材料-结构一体化理论及制造技术，在典型航空航天薄壁构件制造中进行试验验证；开发多尺度成形数值仿真模型，预测偏差 $\leq 15\%$ ；制作高性能薄壁铝合金试验件 ≥ 2 类，样件尺寸 $\geq 500\text{mm}$ ，轮廓度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，抗拉强度 $\geq 430\text{MPa}$ 。

有关说明：无。

关键词：循环加载，整体成形，形性一体化

2.4 大尺度超结构一体化设计制造理论（基础研究类）

研究内容：揭示大尺度结构构型、尺寸匹配及材料变形协调机制，研究大尺度超结构和子结构多层级表征方法和动态均质化方法；揭示大尺度结构静力学、振动力学、波动力学性能调控机理，研究波动能量时空调制方法和低频宽带隔振技术，形成高性能超结构力学性能分析与调控、振动控制与一体化设计和制造方

法，研制高性能大尺度超结构模拟样件，并进行原理性试验验证。

考核指标：构建高性能超结构一体化设计制造理论与技术，形成大尺度结构力学性能分析、性能调控和振动控制一体化设计方法，可设计柔性大尺度空间结构尺寸 $\geq 1000\text{m}$ ，指定传播路径上波传播的非互易度达到 50%，周期性超结构设计带隙频率 $\leq 50\text{Hz}$ ，功能部件设计隔振频率 $\leq 5\text{Hz}$ ；研制典型关键超结构样件：尺寸范围 5m~15m，超结构功能方向型面精度 $\leq 1\text{mmRMS}@ \phi 10\text{m}$ ，结构基频范围 0.1Hz~1Hz。

有关说明：无。

关键词：大尺度结构，超结构设计，波动行为，动力学分析

2.5 可展结构高精度表面创成及服役性能保持技术（基础研究类）

研究内容：研究大尺度可展结构的服役性能与拓扑构型-尺寸-材料-载荷等的映射关系，揭示极端服役环境下功能表面的性能演化机制，建立可展结构高精度表面创成与高可靠服役理论，提出可展结构多目标性能优化设计方法，开发可展结构高精度地面装调、极端服役环境功能表面精度原位监测等技术，研发大尺度可展结构原理样机，并在航天、通讯导航等领域典型高端装备上试验验证。

考核指标：形成大尺度可展结构高精度表面设计、性能预测与表面精度原位监测理论和技术；设计制造可展结构原理样机：高精度表面面积 $\geq 12\text{m}^2$ ，结构展收比 ≥ 8 ，表面均方误差 $\leq 0.4\text{mm}$ ，

重复展收精度 $\leq 0.1\text{mm}$ ，展开态基频 $\geq 1\text{Hz}$ ，服役寿命 ≥ 10 年，服役期间形面精度波动 $\leq 0.3\text{mm}$ 。

有关说明：无。

关键词：可展结构，功能表面，高精度创成，服役性能保持，原位监测

2.6 超声激光原位复合超精密切削理论与技术(基础研究类)

研究内容：研究原位超声激光复合超精密切削过程力热耦合作用机理，揭示多能场原位复合切削材料微观去除机制，提出超声、激光、刀具多参数协同优化方法，开发多维超声与原位激光复合精准调控技术，研制原位超声激光复合超精密切削装置，并在复杂构件超精密切削制造中试验验证。

考核指标：形成多维超声与原位激光复合超精密切削理论与技术，研制超声激光原位复合超精密切削装置，超声频率 $\geq 40\text{kHz}$ ，振动轨迹稳定性误差 $\leq 3\text{nm}$ ，激光最大功率 $\leq 15\text{W}$ ，原位激光聚焦位置调控误差 $\leq 2\mu\text{m}$ 。加工黑色金属样件：表面粗糙度 $Sa \leq 8\text{nm}$ ，面形精度 PV 值 $\leq 2\mu\text{m}/100\text{mm}$ ；加工硬脆材料样件：表面粗糙度 $Sa \leq 2\text{nm}$ ，面形精度 PV 值 $\leq 1\mu\text{m}/100\text{mm}$ ；刀具寿命提升 3 倍以上。

有关说明：无。

关键词：难加工材料，超声振动，原位激光，复合能场，去除机制，成形机理

2.7 超精密切削加工力温自体感知原理与技术(基础研究类，

青年科学家项目)

研究内容：研究利用改性金刚石刀具在切削力和切削温度作用下的载流子迁移机理，建立改性金刚石刀具切削力、温自体感知理论，揭示切削力热电耦合机制，提出改性金刚石刀具切削力热电解耦方法，开发切削微区力温信号提取与处理、加工面形精度在线监测等技术，研制集加工感知功能于一体的金刚石刀具和超精密切削系统，在航天观测系统、火箭发动机固体推进剂等关键构件超精密加工中试验验证。

考核指标：形成金刚石刀具力温自体感知的超精密切削理论与技术，自体感知测温范围 $0\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，测温灵敏度优于 0.1°C ，力感知范围 $0\sim 100\text{N}$ ，测力灵敏度优于 0.1mN ，加工面形误差在线监测灵敏度优于 50nm ，力温自体感知超精密切削构件精度提升 30%。

有关说明：无。

关键词：力温自体感知，智能刀具，超精密切削

2.8 异质曲面结构高性能共形制造理论与技术(基础研究类，青年科学家项目)

研究内容：研究聚酰亚胺/金等异质材料界面的形成机理，建立金属/非金属异质曲面结构共形制造理论，揭示材料属性匹配、共形结构匹配、界面物理化学特征等对异质曲面构件高温服役稳定性的影响规律，开发层内与层间界面组织调控、异质曲面结构形性协同控制技术，在航天飞行器天线等典型异质曲面构件制造

中试验验证。

考核指标：形成金属/非金属异质曲面结构共形制造理论与技术，开发共形制造原理样机，加工尺寸 $\geq 150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ ，运动精度优于 $5\mu\text{m}$ ；制备金属/非金属共形贴合曲面结构样件 ≥ 2 种，样件服役温度 $\geq 300^\circ\text{C}$ ，界面结合强度 $\geq 20\text{MPa}$ ，共形界面曲率半径优于 $50\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$ 。

有关说明：无。

关键词：异质结构，共形曲面，形性协同，共形制造

2.9 异质金属结构高性能焊铆复合连接技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：研究超低温冲击循环、高应力循环疲劳、长时效应力腐蚀服役条件下异质金属接头性能演化机理，建立大差异异质金属接头宏微观多尺度复合型界面调控理论，提出极端服役环境下异质金属复合结构寿命预测及可靠性评价方法，开发高强韧耐蚀异质金属结构焊铆复合连接技术，研发异质金属焊铆接头专用焊接材料和原理样机，在航天、航空等领域关键异质金属构件制造中试验验证。

考核指标：形成铝/钢等大差异异质金属结构焊铆复合连接理论与技术，研发异质金属结构焊铆原理样机，自适应定位精度 $\pm 0.01\text{mm}$ ；实现大差异异质金属结构焊铆复合连接：强度系数 ≥ 0.9 ， -196°C 低温冲击 50 次接头性能下降 $\leq 5\%$ ，密封漏率 $\leq 6.0 \times 10^{-9}\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ；与焊接结构相比疲劳强度提升 30%、耐蚀性能提升

30%、减重 $\geq 50\%$ 。

有关说明：无。

关键词：异质金属结构，焊铆复合连接，接头性能，复合界面

2.10 同轴光学组件定心测量-调整-加工一体化技术（基础研究类，青年科学家项目）

研究内容：研究同轴光学组件测量-调整-加工中的定心性能演化机理，构建同轴光学组件光学轴空间位姿与调整量关系模型，建立测量-调整-加工一体化协调匹配理论，开发光学组件调整力位协同精准控制、薄壁组件加工变形抑制技术，研发精密测量-调整-加工一体化的同轴光学组件定心装置，在同轴光学组件装调中试验验证。

考核指标：形成同轴光学组件定心测量-调整-加工一体化精密装调理论、技术与装置，实现同轴光学组件的精密高效装调：工件最大口径 400mm，透镜中心与机械轴偏移 $\leq 1\mu\text{m}$ ，光学轴相对机械轴偏角 $\leq 1''$ ，光学轴空间位置测量分辨率 $\leq 0.2\mu\text{m}$ 、光学轴空间姿态测量分辨率 $\leq 0.2''$ ，装调时间 $\leq 0.3\text{h/套}$ 。

有关说明：无。

关键词：同轴光学组件，定心，测量-调整-加工，一体化装调

2.11 大型异质构件形性协同设计与整体成形技术（共性关键

技术类)

研究内容：研究材料-结构优化匹配的异形构件静动态性能、界面连接强度与轻量化多目标设计方法，突破不同膨胀系数金属-纤维多级热力能场几何成形精度调控、多层金属-纤维的界面性能调控与缺陷抑制、多类缺陷与多维度服役性能关联评价等关键技术，研发典型超长变截面箱型异质构件整体成形制造工艺与装备，在 2 类大型工程装备上应用。

考核指标：形成超长变截面箱型异质构件整体成形工艺与装备：有效成形范围 $\geq 12\text{m}$ ，纤维铺放头定位精度 $\leq 0.03\text{mm/m}$ ，纤维铺放张力 $\geq 30\text{MPa}$ ；研制 2 类以上变截面、变厚度纤维复材-金属大型主承载构件，构件长度 $\geq 12\text{m}$ ，承载弯矩 $\geq 400\text{kN}\cdot\text{m}$ ，全长直线度 $\leq \pm 5\text{mm}$ ，截面线轮廓度 $\leq \pm 1\text{mm}$ ，孔隙率 $\leq 1\%$ ，界面剪切强度 $\geq 35\text{MPa}$ ；相比同等外形尺寸、相同压弯扭复合加载的高强金属构件，减重 $\geq 35\%$ ，疲劳寿命提高 1 倍以上；制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：碳纤维-金属混杂，异质异型结构，超长变截面，整体成型，高纤维含量

2.12 高晶向性压电薄膜和金属电极沉积技术与装备(共性关键技术类)

研究内容：研究集成旋转加热器、射频偏压、高温底盘及磁控管、多脉冲快速切换、等离子清洗等薄膜沉积和预处理方法，

突破连续旋转硅片、高膜厚分布同心度和低应力调节压电薄膜沉积，高结晶质量、高膜厚均匀性金属电极薄膜沉积，高均匀性等离子体晶圆预处理等关键技术，研发集磁控溅射、真空传输、分离阀和检测归位装置等功能模块于一体，且兼容多尺寸的集群式压电薄膜沉积装备，在功能化 MEMS 基片沉积加工中得到应用。

考核指标：形成高晶向性压电薄膜和金属电极沉积装备：集成腔室 ≥ 5 个，适应基片尺寸 8、6、4 英寸，真空度 $\leq 8 \times 10^{-8}$ Torr，AlN 薄膜沉积速率 $\geq 50\text{nm/min}$ ，预处理均匀性 $\leq 3\%$ （20nm SiO₂ 薄膜刻蚀验证）；在功能化 MEMS 基片沉积压电薄膜：晶向性 FWHM $\leq 1.5^\circ$ ， $g_{33} \geq 80 \times 10^{-3}\text{Vm/N}$ ，厚度均匀性 $\leq 1\%$ ，应力 $\leq 200\text{MPa}$ ；制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：集群式，压电薄膜，高晶向性，高均匀性，MEMS

2.13 400 米深水超高频脉冲电弧原位焊接技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：研究高湿高压气氛和强热耗散环境干法水下焊接电弧控制、焊接缺陷产生机理及检测评价方法，突破热力耦合条件水下焊接过程自动规划及焊缝形性调控、多模块数字化集成与自动化作业协同控制等关键技术，研制数字超高频高动特性水下焊接电源，开发原位干法水下焊接遥操作作业舱等焊接修复装备，在油气管道、海工装备等模拟场景下进行水下修复试验验证。

考核指标：形成集测量定位-路径规划-开坡口-焊接修复于一

体的水下遥控操作焊接作业系统：最大作业水深 $\geq 400\text{m}$ ，最大修复范围 $\geq 1000\text{mm}$ ，水下焊接速度 $\geq 0.6\text{m/min}$ ，水下焊缝质量达到Ⅱ级以上，焊缝强韧性指标达到母材性能的 90%以上；研制数字超高频高动特性水下焊接专用电源系统：逆变频率 $\geq 200\text{kHz}$ ，额定电流 $\geq 630\text{A}$ ，响应时间 $\leq 300\mu\text{s}$ ；制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：水下干式焊接，原位修复，超高频焊接电弧，焊缝形性调控

2.14 大型轻合金构件高强韧低变形焊接技术(共性关键技术类)

研究内容：研究高强度轻合金构件全位姿高能密度焊接过程多场耦合协同调控方法，突破多元素多目标参量耦合的高匹配焊接材料精细设计、多物理场耦合的焊接缺陷/组织性能/应力变形精准预测、动态工况下的焊接全过程形性协同在线调控等关键技术，研制适用于快速温度变化的高灵敏焊缝质量在线监测系统，开发自适应调控的高能密度焊接装备，在能源装备、轨道交通等主承载构件制造中应用。

考核指标：开发 6 轴大型智能高能密度焊接装备：有效焊接范围 $\geq 25\text{m} \times 4\text{m} \times 2\text{m}$ ，单道熔透厚度 $\geq 25\text{mm}$ ，熔深波动 $\leq 10\%$ ，内部气孔缺陷检测灵敏度 $\geq 0.2\text{mm} \times 1\text{mm}$ ；研制大型高强度轻合金构件焊接仿真软件 1 套，焊接数据记录 ≥ 5 万条，变形预测精度 $\geq 95\%$ ，

疲劳寿命预测误差 ≤ 1.5 倍误差带；制造示范件 ≥ 3 件，开发专用焊接材料 ≥ 2 种，构件最大尺寸 $\geq 25\text{m}$ ，厚度 $\geq 25\text{mm}$ ，高强度钛、铝合金接头强度系数分别 ≥ 0.95 、 0.85 ，钛合金接头延伸率 $\geq 15\%$ ，疲劳强度 $\geq$ 母材疲劳强度的 70% ，变形量 $\leq 0.2\text{mm/m}$ ；制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：高强度轻合金，高能密度，焊接材料，高强韧低变形，全位姿智能焊接

2.15 大型构件高精度装配力位协同测量与溯源技术(共性关键技术类)

研究内容：研究大型构件空间全局定位及力位协同测量等方法，突破现场大范围空间目标高精度定位、六自由度空间运动位姿、大质量负载力感量等高精度溯源技术，研发大型构件高精度数字化装配的空间定位测量设备，研制面向大型构件数字化装配工艺的高能力位协同测量平台，在航空、发电、高铁等领域开展不少于 3 类装备的大型构件装配过程高精度测量验证。

考核指标：研制大型构件装配过程高能力位协同测量平台 1 套，测量范围 $\geq 60\text{m} \times 60\text{m} \times 15\text{m}$ ，全局定位精度优于 $150\mu\text{m}$ ，角度测量精度优于 0.01° ，构件的全局形变测量精度优于 $10\mu\text{m}$ ；定位溯源标准不确定度优于 $50\mu\text{m}$ ，角度溯源标准不确定度优于 0.003° ；六自由度运动位姿动态校准标准不确定度优于 1% ；质量测量范围 $0 \sim 5\text{t}$ ，力感量优于 $8 \times 10^{-7}\text{FS}$ ；时间同步精度优于 1ms ；

实现装配精度提升 20%、装配周期缩短 20%；制定国家计量技术规范≥3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：大型构件，高精度装配，空间定位，六自由度运动，大质量力感量

2.16 8 米级异型构件精准热处理工艺与装备成套技术（共性关键技术类）

研究内容：研究超大异型环筒件热处理过程温度-组织-应变多场耦合仿真、全流程畸变精准预测和精密形性联调方法，突破超大体积炉膛高温精控、异型构件等热阻比调控、超大异型件热处理近零畸变控制、强度韧性协同优化等关键技术，研发超大异型环筒件热处理成套装备，在能源装备、工程装备、海工装备等大型构件热处理中得到应用。

考核指标：形成超大异型环筒件精准热处理工艺及典型件材料-工艺-组织-性能数据库，研制热处理装备：有效工作区 $\geq 8\text{m} \times 8\text{m} \times 2\text{m}$ ，最高炉温 1000°C ，炉温均匀性 $\leq \pm 6^{\circ}\text{C}$ ，冷却过程中构件各部位等效热阻比偏差 $\leq \pm 5\%$ ；热处理前后径向变形量 $\leq 2\%$ ，平面变形量 $\leq 1.5\%$ ，抗拉强度 $\geq 820 \pm 30\text{MPa}$ ，室温冲击韧性 $\geq 50\text{J}$ ，低温冲击韧性 $\geq 27\text{J}$ ；制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：超大异型环筒件，精准热处理，多场耦合仿真，热处理自动化装备

2.17 近零畸变真空脉冲渗碳强韧化处理技术(共性关键技术类)

研究内容：研究变渗碳脉冲的渗层精细化控制工艺、真空低压脉冲渗碳的组织-变形-性能协同调控方法，突破超细弥散碳化物渗层碳梯度曲线优化、典型零件真空热处理过程组织与变形精确预测、弥散碳化物渗碳和淬火等多工艺参数协同优化控制等关键技术，研发集成渗碳、淬火、回火等多工序的绿色智能真空热处理装备与工艺软件，在工程机械、矿山机械等轴承、齿轮上得到应用。

考核指标：形成绿色真空脉冲渗碳工艺与装备：有效加热区 $\geq 800\text{mm} \times 800\text{mm} \times 800\text{mm}$ ，炉温均匀性 $\leq \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，渗碳脉冲周期 $\leq 120\text{s}$ ，空炉损耗功率比一等；研发工艺设计软件 1 套：有效硬化层深度预测精度优于 $\pm 0.05\text{mm}$ ；在轴承、齿轮等不少于 2 类基础件、4 种规格产品上得到应用，表面碳化物级别达到 1~2 级，表面硬度 64-67HRC，硬度均匀性优于 $\pm 1.5\text{HRC}$ ，变形量 $\leq 0.1\%D$ ($D \geq 400\text{mm}$)；制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：真空脉冲渗碳，弥散碳化物，渗层精细化，疲劳强度，近零畸变

2.18 大面积高功率脉冲离子束强韧与光整复合改性技术(共性关键技术类)

研究内容：研究高功率脉冲离子束复合改性的热-力耦合效

应、表面非晶和纳微晶梯度组织的强韧化机理、可控表面完整性的光整化加工过程印记理论,突破大面积高重频的高功率离子束、非平衡梯度组织精准调控强韧改性及与光整加工协同优化等技术,研发大面积高功率脉冲离子束复合改性集成工艺装备,在石化行业高压机械密封等得到应用。

考核指标: 形成大面积高功率脉冲离子束表面复合改性集成工艺与装备: 离子束功率密度 $\geq 0.5 \times 10^8 \text{W/cm}^2$, 束斑面积 $\geq 6 \text{cm}^2$, 脉冲频率 $\geq 0.1 \text{Hz}$; 在不少于 3 类轴径 70~100mm 的硬质合金高压机械密封件应用, 硬度提高 30%以上, 达到 HV 15GPa 以上, 表面波纹度 ≥ 50 , 干摩擦系数 ≤ 0.5 , 耐磨性提升 ≥ 2 倍; 制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明: 由企业牵头申报。

关键词: 高功率脉冲离子束, 表面复合改性, 表面完整性, 高压机械密封

2.19 高稳定绿色化电镀工艺技术与成套装备(共性关键技术类)

研究内容: 研究在线原位分离镀液杂质离子与电镀出水的高稳定绿色化电镀工艺与方法, 突破镀液杂质金属离子可控在线循环分离与镀层稳定性控制、电镀出水金属离子的在线原位分离纯化浓缩与回槽使用、电镀出水多级耦合分离与高通量产水等关键技术, 研发高稳定绿色化电镀工艺与成套装备, 在大型工程机械液压件、销轴等不少于 2 类关键零部件制造中得到应用。

考核指标：形成高稳定绿色化电镀工艺与成套装备：镀液杂质金属离子去除速率提升 25 倍，达到 $0.2\text{kg}/(\text{m}^3\cdot\text{h})$ 以上，电镀出水金属离子返槽液浓度 $\geq$ 槽液浓度 1.5 倍，返槽液杂质钠离子浓度 $\leq 100\text{mg/L}$ ；镀层连续优品率保持时间比现有电镀工艺提升 20 倍以上；镀液杂质金属离子浓度总和 $\leq 10\text{g/L}$ ，电镀电压降低 $\geq 2\text{V}$ ，节能 $\geq 50\%$ ，电镀出水电镀金属离子回用率 $\geq 98\%$ ，水回用率 $\geq 95\%$ ；制定相关国家、行业或团体技术标准 ≥ 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：电镀，镀层质量，绿色工艺，在线分离，原位处理

3 集成应用示范

3.1 聚乙烯装置 260MPa 级基础件高可靠设计制造技术及应用（应用示范类）

研究内容：研究聚乙烯装置超高压基础件设计方法，突破超高压反应器高强韧筒体性能调控与表面精密加工、超高压压缩机缸体/柱塞/气阀高性能制造与气流脉动抑制、超高压泵阀精密制造与流量控制、超高压动/静密封等关键技术，研制超高压反应器、压缩机、供料泵、控制阀，在高压聚乙烯（LDPE）或乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA）等石化聚乙烯装置中应用示范。

考核指标：形成 260MPa 级超高压基础件设计方法与高性能制造技术；研制 4 类超高压基础件：超高压反应器，温度 $\geq 300^\circ\text{C}$ 、压力 $\geq 260\text{MPa}$ 、寿命 ≥ 40 年，密封泄漏率 $\leq 10^{-5}\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ ；超高压压

缩机，压力 $\geq 260\text{MPa}$ 、额定功率 $\geq 6000\text{kW}$ 、MTBF $\geq 4000\text{h}$ ；超高压供料泵，压力 $\geq 350\text{MPa}$ 、额定流量 $\geq 40\text{L/h}$ 、流量控制精度 $\leq 1\%$ 、MTBF $\geq 4000\text{h}$ ；超高压控制阀，温度 $\geq 300^\circ\text{C}$ 、压力 $\geq 260\text{MPa}$ 、流量和压力控制精度 $\leq 1.5\%$ 、MTBF $\geq 4000\text{h}$ 。技术就绪度 ≥ 8 级。

有关说明：超高压反应器、压缩机、供料泵、控制阀 4 类核心基础件性能指标由具备资质的第三方单位检测，在高压聚乙烯（LDPE）或乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA）等石化聚乙烯装置中应用示范效果由用户单位组织专家考核。

关键词：超高压基础件，压力容器，压缩机，泵阀，密封

3.2 500MW 级冲击式水轮机转轮高强韧制造技术及装备（应用示范类）

研究内容：研究大型冲击式水轮机转轮设计与优化方法，研发超大超厚轮毂锻件冷-锻-热一体化强韧工艺，突破超大轮毂和水斗高精度加工、复合能场焊接与表面喷涂关键技术，开发超大轮毂和水斗高精度加工-测量一体化、高效复合能场焊接与表面喷涂等装备，研制超大型冲击式水轮机转轮，在单机容量 500MW 级冲击式水轮机组中应用示范。

考核指标：提出冲击式水轮机转轮型线设计方法，形成转轮轮毂和水斗锻造、加工、焊接、表面喷涂等制造工艺。研制轮毂和水斗高精度加工-测量一体化装备：直线轴定位精度优于 $\pm 20\mu\text{m}$ 、面型加工精度优于 60%标准值；研制轮毂/水斗焊接装备：焊接厚度 $\geq 250\text{mm}$ 、接头冲击韧性 $KV_2(0^\circ\text{C}) \geq 80\text{J}$ ；研发轮毂/

水斗表面喷涂装备：涂层结合强度 $\geq 80\text{MPa}$ 、MTBF $\geq 8000\text{h}$ 。研制 500MW 级超大型冲击式水轮机转轮：直径 $\geq 6\text{m}$ 、屈服强度 $\geq 600\text{MPa}$ 、冲击韧性 $KV_2(0^\circ\text{C}) \geq 100\text{J}$ 、设计寿命 ≥ 30 年。技术就绪度 ≥ 8 级。

有关说明：轮毂/水斗高精度加工-测量一体化装备、焊接装备、表面喷涂装备等性能指标由具备资质的第三方单位检测，研制的 500MW 级超大型冲击式水轮机转轮由用户单位组织专家考核。

关键词：一体化强韧，异形加工，复合能场焊接，表面强化

3.3 200 米级超长重型起重机设计制造技术及装备(应用示范类)

研究内容：研究超长重型起重机臂架的构型创新与轻量化设计方法，突破高强钢桁架自动焊接、超高强钢箱型结构高可靠焊接、超长重载起重作业位姿精准控制等关键技术，开发自动焊接装备、智能作业控制系统，研制 200 米级超长重型起重成套装备，在大型工程吊装施工中进行应用示范。

考核指标：建立超长重型起重机臂架设计方法，起重力矩与臂架自重比值 ≥ 25 ；研发高强钢桁架自动焊接装备：焊接可达率 $\geq 90\%$ ，桁架结构弯曲变形 $\leq 4\text{mm}/10\text{m}$ 、扭曲变形 $\leq 3\text{mm}/10\text{m}$ ；研发超高强钢箱型结构高可靠焊接装备：自适应间隙 $\geq 4\text{mm}$ ，转台底板平面度 $\leq 2\text{mm}$ 、垂直度 $\leq 3\text{mm}$ ；关键焊缝（JB/T5058 焊缝重要等级分类）接头强度系数 ≥ 0.85 ，关键焊缝质量达到 GB/T 19418 缺陷质量分级限值的 B 级；研发智能作业系统：具备环境感知、

路径规划、自动避障、精准控制功能，最长臂长吊装一次就位精度优于 400mm、钢丝绳摆角 $\leq 1^\circ$ ，最大效率提升 $\geq 50\%$ ；研发超长重型起重装备：臂长 $\geq 210\text{m}$ 且最大起重量 ≥ 200 吨。技术就绪度 ≥ 8 级。

有关说明：高强钢桁架自动焊接装备、超高强钢箱型结构高可靠焊接装备等性能指标由具备资质的第三方单位检测，研制的超长重型起重装备由用户单位组织专家考核。

关键词：超高强钢焊接，超长重载，起重机，臂架，高可靠

3.4 大型客机机体谱系化批产柔性总装及智能管控系统与装备（应用示范类）

研究内容：突破大场景时变状态的多源融合自适应感知、跨尺度承力结构复杂贴合面力形耦合调控、柔性移栽定位协同运动控制、群孔多约束薄壁结构均匀干涉高可靠连接等关键技术，研发机身、翼身总装移栽柔性对接、高精度装配加工、舱内环缝柔性制孔与连接等关键装备，开发产线装测过程动态仿真与优化、全要素连接的动态生产管控、在线感知的装配与测试生产执行等软件，构建总装批产装测线的智能管控系统；集成构建大型客机机体谱系化批产的柔性总装生产线，在国产大型客机批产总装中得到示范应用。

考核指标：研发机身、翼身总装移栽柔性对接装备，定位精度优于 $\pm 0.05\text{mm}$ ，对接水平方向入位力值 $\leq 4\text{kN}$ ；高精度装配加工装备，装配间隙补偿精度优于 $\pm 0.15\text{mm}$ ；舱内制孔与连接装备，

定位精度优于 $\pm 0.3\text{mm}$ ，制孔精度 H9；构建批产装测线智能管控平台，单机物料符合性跟踪能力 ≥ 10 万级，综合智能排产要素 ≥ 20 个，生产要素互联互通率 $\geq 90\%$ ，产能数据管控要求 ≥ 50 架/年，产线设备故障延误率减少 50%；实现大型客机批产总装产线系统集成，满足加长型、基本型、缩短型多构型混线总装，机身总装对接尺寸 $\geq \varnothing 3.8\text{m} \times 38\text{m}$ ，翼身对接尺寸 $\geq 35\text{m}$ ，实现批产总装。技术就绪度 ≥ 8 级。制定国家标准草案 1 项。

有关说明：揭榜挂帅，由企业牵头申报。

关键词：大型客机，总装产线，柔性装配，智能管控，全要素连接

3.5 工程装备复杂服役条件模拟试验技术与平台（应用示范类）

研究内容：研究工程装备复杂服役环境下“大温差-多轴振动-动载荷”耦合环境拟态加载方法，研究多场耦合环境下“部件-系统”的失效机理以及多系统动态响应特性分析技术，研发部件-系统的动态服役性能试验数据库及试验数字孪生系统，制定等效映射的多系统响应特性试验规范及多系统动态响应特性评价体系，研制工程装备复杂环境及工况模拟试验平台。

考核指标：研制工程装备复杂环境及工况模拟试验台：环境舱 $\geq 10\text{m} \times 10\text{m} \times 5\text{m}$ ，试验样件缩尺比 $\geq 1:10$ ；具备环境-振动、动载荷的加载能力：环境温差 $-40 \sim 60^\circ\text{C}$ ，升温/降温速率 $\geq 0.4^\circ\text{C}/\text{min}$ ，湿度 10% -95% RH；振动激励源 ≥ 4 个，位移 $\geq \pm 50\text{mm}$ ，频率 $\geq 50\text{Hz}$ ；

可模拟多关节协同作业等 3 种典型复杂工况。建立装备性能、动态响应、故障模式等试验数据库；制定国家、行业或相关团体标准或规范≥3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：复杂服役环境，强动变载荷，多场耦合环境加载，加速载荷谱

浙江大学 kjcgx