

附件 1

关键核心基础件专项申报指南

关键核心零部件是国家强基工程的基础，也是制造强市的基础与支撑，被列为宁波市重点培育的千亿级产业。本专项以宁波打造关键核心基础件科创高地建设目标为导向，结合宁波市重点产业与国家重大战略的发展需求，围绕密封、紧固件、液压、气动、轴承及其高端模具等关键基础零部件领域开展布局，实施重大技术攻关，促进宁波市“246”产业集群发展，支持和引领宁波市制造业全面高质量的发展，打造宁波品牌的核心基础件。

一、核心零部件领域

（一）产业链关键核心技术攻关项目

1、高强度耐蚀紧固件关键技术研究及产业化

研究内容：开展户外温湿、酸雨等苛刻服役环境用耐蚀紧固件关键技术研究，分析紧固件材料变形特性，构建多道次变形技术下的许用变形程度与工艺参数关系；优化连续多工步成形参数，开发多工步多参数形性一体化成形技术，实现应力和应变场量的分析与数值统计；研究形变不均匀调控技术，建立形变均匀性评价与调控指标，形成产品制造工艺规程；开发耐蚀防腐表面处理技术，实现紧固件表面耐蚀处理应用示范。

考核指标：制造出高强度耐蚀紧固件，并实现其在户外温湿、酸雨等苛刻服役环境装备产业化应用。成形构件室温抗拉强度

$\geq 1000\text{MPa}$ ，屈服强度 $\geq 800\text{MPa}$ ，伸长率 $\geq 25\%$ ，HRC ≥ 33 ；表面防腐层平均硬度 $\geq 400\text{HV}$ ，表面形成压应力层 $\geq 0.1\text{mm}$ ，耐中性盐雾时间不低于 4000h，300℃下老化试验后，10%硫酸铜溶液浸泡 24 小时，不发生腐蚀脱落现象；奥氏体晶粒度不低于 5 级；项目执行期内实现销售不低于 3000 万元；发表学术论文不少于 3 篇，申报或授权发明专利不少于 4 件，制订标准 1 项以上。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

2、空天极端环境用密封系统关键技术及产业化

研究内容：开展空天高转速、低温等极端环境用密封系统关键技术研究，研究密封系统热-流-固-动四相耦合的性能演变机理，构建极端复杂工况下流体密封设计体系；开发异形膜盒波弹簧和高强韧密封件的高效成形与制备技术，实现异形膜盒波弹簧高效成形技术与高强韧性密封环精确协同制造；建立极端工况密封试样模拟测试平台，实现密封系统的服役性能评测；开发高弹耐振异形膜盒组合式波纹管形-性一体化成形技术，实现系列化抑振耐温控漏密封件产业化，并实现其在航空航天装备示范应用。

考核指标：建成空天极端复杂环境用密封系统生产线，并实现航空航天装备高性能密封系统产业化应用。在转速 $\geq 15000\text{r/min}$ 、温度 $\leq -196^\circ\text{C}$ 、压力 $\leq 2\text{MPa}$ 条件下，密封系统静态泄漏量不大于 0.6g/s，动态泄漏量不大于 3.2g/s；反复启停 50 次

后，稳定运行时间大于 10 小时；金属波纹管振动 600 万次情况下，结构完好，无疲劳裂纹；建成一套极端工况密封系统模拟试验平台；项目执行期内实现销售不低于 4000 万元；发表学术论文不少于 3 篇，申请或授权发明专利不少于 5 件。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

3、高参数液压阀关键技术研发及产业化

研究内容：开展高频响长寿命和高压大流量液压阀关键技术研究，建立基于流场、温度场分析的阀体流道结构优化设计方法，优化流道结构；研究复杂流道阀体一次近净成形工艺，分析复杂工况下阀体宏微观性能、载荷特性与服役寿命构效关系；分析服役过程中阀口形变规律及性能退化机理，提高液压阀操纵性；建立基于多源信息融合的液压阀故障预测及诊断算法，开发液压阀加工、数字化装配、成品检测的复合平台，并实现其产业化示范应用。

考核指标：建成高性能参数液压阀制造生产线，并进行重大机械领域产业化应用。对于高频响液压阀：响应时间 $\leq 1.5\text{ms}$ ，开关次数 ≥ 300 万次，耐压 $\geq 30\text{MPa}$ ；对于高压大流量液压阀：公称压力 $\geq 35\text{MPa}$ ，流量范围 250L/min-560L/min；项目执行期内实现销售不低于 3000 万元；发表学术论文不少于 4 篇，申请或授权发明专利不少于 5 件，制订标准 2 项以上，培养专业技术人才 8

名以上。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

4、大型薄壁构件数字化精准制造技术研发及产业化

研究内容：开展大型薄壁构件数字化精准制造技术研发，研究材料宏微观多尺度结构、尺寸设计对柔性成形性能的作用机理，建立满足难变形构件尺寸精度和组织性能要求的柔性加载工艺、参数、路径和形性要求的匹配关系；探明构件变形缺陷产生机制，提出缺陷精确预测及控制方法；研究工艺参数、加载路径对复杂形状薄壁构件成形组织性能、几何非均匀性的作用规律，优化目标构件尺寸-组织-性能的柔性工艺技术；开发轨迹数字化控制与参数调控软件，研制大型薄壁构件数字化精准成形装备；研究大型薄壁构件表面光泽度及同心纹路的形成机理，开发自动化表面处理设备与运行软件，实现大型薄壁构件数字化精准制造，并实现其在空天、厨具等方面引领应用。

考核指标：建成大型薄壁构件数字化精准制造生产线，并实现其在航空航天、高端厨具等领域产业化示范。产品直径 $D > 500\text{mm}$ ，高度 $> 600\text{mm}$ ；内径偏差 $\pm 0.35\text{mm}$ ，外径偏差 $\pm 0.4\text{mm}$ ，壁部厚度偏差 $\pm 0.1\text{mm}$ ；旋压成型耐热度提高 20%，表面粗糙度 $Ra < 0.8\mu\text{m}$ ；项目执行期内实现销售不低于 3000 万元，发表学术论文不少于 3 篇，申请发明专利不少于 5 件，制订标准 2 项以

上，培养专业技术人才 8 名以上。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

5、集成智能化双级调速液压绞车关键技术研发与产业化

研究内容：开展高性能集成智能化双级调速液压绞车系列关键技术研发，研究控制阀组、液压马达、制动器、减速器、离合器、传感器等关键零部件的一体化集成设计方案，优化集成式液压绞车紧凑型结构参数；研究液压系统超载性能的理论分析和试验技术，构建高压化、无泄漏液压系统；设计液压绞车双级调速系统，实现不同负载条件下绳索收放和缠绕的稳定控制；开发基于物联网技术的液压绞车状态在线分析和故障诊断技术，实现关键运行状态参数的高精度采集和绳索限位的实时反馈；研究不同深度水域作业时钢丝绳张力的变化规律，完成集成智能化双极调速液压绞车的示范应用。

考核指标：制造出集成智能化双级调速液压系列绞车，并实现其在多变水域工况的产业化应用。25T 牵引力整车重量 $\leq 820\text{kg}$ ，尺寸不超过 $826\text{mm} \times 843\text{mm} \times 700\text{mm}$ （长 \times 宽 \times 高）；重载低速档最高绳速 22m/min ，轻载高速档最高绳速 38m/min ，过载能力 1.3 倍以上；在额定转速、绳速、负载和提升高度下，往复提升次数 > 4 万次；产品液压系统最高压力 35MPa ，最高绳速 100m/min ； $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 低温条件下，连续启动次数不低于 10 次；项

目执行期内实现销售不低于 3000 万元；申请或授权发明专利不少于 5 件，发表学术论文不少于 3 篇，培养专业技术人才 5 名以上。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

6、卡车换挡助力气缸关键技术研究及产业化

研究内容：开展卡车换挡助力气缸高精度设计与加工制造等关键技术研发，研究气缸工作过程中吸入粉尘、水渍对气缸使用寿命和性能的影响，分析变速箱换挡助力机构失效机制，实现气缸排气口单向阀结构优化设计；探明气缸活塞杆因自重较大及受侧向力导致的活塞杆密封早期磨损失效机制，建立气缸活塞杆骨架密封系统的设计方案；开发助力气缸铝缸筒铝合金挤压成型、精拉和珩磨加工工艺，实现内孔及外形单道次精确加工成形；研发换挡助力气缸的装配及性能测试技术，建立卡车换挡助力气缸生产线并实现其示范应用。

考核指标：制造出高精度卡车换挡助力气缸，并进行产业化应用。在 $-40^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 工作范围下，气缸常温及高温密封性 $\leq 3\text{cm}^3/\text{min}$ ，低温密封性 $\leq 50\text{cm}^3/\text{min}$ ；常温高温低温交替情况下，气缸使用寿命大于 120 万次；项目执行期内实现销售不低于 3000 万元；申请或授权发明专利不少于 5 件，发表学术论文不少于 2 篇，培养专业技术人才 6 名以上。

有关说明: 要求企业牵头, 鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元, 且不超过项目研发总投入的 20%。

7、精密重载轴承关键技术研发及产业化

研究内容: 开展长寿命高精密重载轴承设计与成型关键技术与产业化研发, 研究轴承套圈内外沟道曲率和滚珠圆度对结构承载力的影响规律, 分析轴承服役载荷响应特性; 分析微观组织对接触疲劳寿命的影响, 阐明轴承磨损和冲击失效机理; 研究在极端大负载、高转速下轴承结构变形与游隙变化规律, 建立游隙与接触应力、振动特性、接触疲劳之间的寿命关系, 开发高动态载荷、交变载荷突变的轴承失效寿命预测技术; 突破轴承内外套圈与沟槽一体化精确轧制成形技术, 建立轴承微观组织、力学与摩擦学性能的快速在线检测系统, 实现高精度轴承低成本制造及产业化应用。

考核指标: 建成精密重载轴承制造产业化示范生产线。振动等级 V3 标准; P5 级套圈滚道圆度 $<1.2\mu\text{m}$, 粗糙度 $<0.04\mu\text{m}$; 内、外径相差小于 0.01mm, 滚道跳动差小于 0.010mm; 轴承寿命比额定寿命 ($1\times 10^6\text{r}$) 提高 5 倍以上, 可靠度 $>95\%$; 在相同寿命下, 额定动载荷较国外轴承提高 10%-20%; 可检测晶粒尺寸 $<20\mu\text{m}$, 检测精度 $>90\%$; 项目执行期内实现销售不低于 4000 万元; 发表学术论文不少于 2 篇, 申请或授权发明专利不少于 4 件, 制订标准 3 项以上。

有关说明: 要求企业牵头, 鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元, 且不超过项目研发总投入的 20%。

8、轨道交通同步带关键技术研发及产业化

研究内容: 开展高性能环保阻燃轨道交通同步带关键技术及产业化研发, 对同步带橡胶材料进行阻燃、环保性配方设计, 提高同步带耐磨、耐温、耐寒、强度, 提升阻燃与环保性同步带使用寿命; 模拟屏蔽门使用中同步带的防火与动态力学环境, 建立符合轨道交通要求的测试整体方案; 开发同步带骨架结构参数化设计软件, 分析骨架结构形状对同步带服役性能的影响关系, 优化设计同步带骨架结构; 开发轨道交通同步带高效高精度制造工艺, 建立轨道交通同步带生产线并实现轨道交通示范应用。

考核指标: 制造出高性能环保阻燃轨道交通同步带, 并实现轨道交通装备领域产业化应用。单面齿同步带拉伸强度 200N/mm, 伸长率 0.8%, 齿布粘合强度 11.5N/mm; 氧指数 39%, 烟密度 $D_{S1.5}=70$, $D_{S4.0}=170$; 可溶铅、镉 4.5mg/kg, 有机挥发物 5.5mg/kg; 项目执行期内实现销售不低于 3000 万元; 申请或授权发明专利不少于 3 件, 发表学术论文不少于 2 篇, 培养专业技术人员 5 名以上。

有关说明: 要求企业牵头, 鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元, 且不超过项目研发总投入的 20%。

9、超高寿命比例调节开关电磁阀关键技术开发及应用示范

研究内容: 开展超高寿命、高精度比例调节开关电磁阀的关键技术开发及示范应用, 优化高导磁低矫顽力软磁合金的结构组分, 研究性能精准调控技术, 设计超高寿命、高精度比例调节开关电磁阀材料; 研究超高寿命、高精度开关电磁阀核心零部件结构及动铁芯减摩机构的设计方案, 建立开关电磁阀可靠性-寿命预测模型; 开发超高寿命高精度比例调节开关电磁阀检测技术及成套装置, 设计开发具有通用性、开放性、互换性的零部件缺陷和关键性能指标在线测试模块; 开发具有可移植性, 功能模块灵活组建的上位机程序, 建立产品数据库, 实现产品全检和批次可追溯, 保证产品质量一致性, 并实现其示范应用。

考核指标: 建成超高寿命高精度比例调节开关电磁阀产业化示范生产线。额定条件下, 工作信号频率 10-50Hz, 占空比范围 0-65%, 压力调节范围 0~1.35MPa, 额定流量 $\geq 2.5\text{L}/\text{min}$ (0.5MPa 压差, 90℃), 泄漏量 $\leq 5\text{ml}/\text{min}$ (压力 1.35MPa, 90℃), 寿命 ≥ 2 亿次; 项目执行期内实现销售不低于 3000 万元; 申请或授权发明专利不少于 5 件, 发表学术论文不少于 2 篇, 培养专业技术人才 5 名以上。

有关说明: 要求企业牵头, 鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元, 且不超过项目研发总投入的 20%。

10、自供动力源耐高温超高压气动集成单元开发与应用

研究内容: 开展自供动力源耐高温超高压气动集成单元与产业化应用研发, 研究变温场下橡胶力学性能的变化规律, 分析热处理和冷却介质对拉杆钢的力学性能和淬硬层深度的影响, 优化耐高温气动集成单元材料及结构设计; 研究不同混合物的燃爆特性及产气量, 阐明环境温度和压力对燃爆推进介质燃烧速度的影响规律; 开发气源发生仓与气动推进仓稳步推进速度的仿真优化计算方法, 研制基于燃爆气源的稳步推进气动执行机构; 研究钻压和转速对桥塞钻除速率、钻头轴向接触力及钻头扭矩的影响, 开发高强度桥塞和自供动力耐高温超高压气动集成单元, 并实现产业化应用。

考核指标: 开发出自供动力源耐高温超高压气动集成单元, 并进行产业化示范。产品耐温不低于 204℃、耐压大于 105MPa; 输出拉力 $\geq 300\text{KN}$ 、坐封时间 $\leq 0.4\text{min}$; 拉杆抗拉强度 $\geq 1100\text{MPa}$, 推进速度及平稳性 $0.01 \pm 0.002\text{m/s}$; 项目执行期内实现销售不低于 3000 万元; 发表学术论文不少于 2 篇, 申请或授权发明专利不少于 3 件, 培养专业技术人员不低于 5 名以上。

有关说明: 要求企业牵头, 鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元, 且不超过项目研发总投入的 20%。

(二) 前沿引领技术攻关项目

11、高速列车轴轧/穿复合短流程柔性精准成形与功能一体化调控技术

研究内容: 开展基于变辊距斜轧与穿孔复合成形工艺的高速列车空心车轴关键技术研究, 分析轧/穿复合多尺度结构逐体控制的柔性成形方法, 建立内孔与外形塑性同步成形的金属流动协调理论模型; 阐明行驶速度对车轴疲劳裂纹扩展的影响规律, 提出轧穿复合成形车轴的安全性评价指标; 研究成形-服役全过程中多物理场耦合作用下的材料多尺度变形与失效机制, 构建多尺度交互效应的车轴服役性能与寿命预测模型; 探明复杂不均匀塑性变形下材料损伤破裂机理与成形规律, 分析斜轧穿孔工艺参数对车轴形状与微观性能的交互影响机制, 给出车轴调形控性提升方法; 设计高速列车轴产品样机, 研制出斜轧穿孔柔性成形装备, 实施多工况轧制实验, 实现复合工艺与性能验证。

考核指标: 建立高速列车轴轧/穿复合短流程柔性精准成形理论与服役安全性评价指标, 研制出 1:5 产品样机, 制造出合格的 1:5 高速列车轴; 材料利用率高于 95%, 提供第三方产品性能合格检测报告 1 份; 发表高水平学术论文不少于 10 篇, 申请或授权发明专利不少于 4 件, 培养研究生 4 名以上。

有关说明: 高校院所、企事业单位均可牵头申报, 财政补助不超过 100 万元, 如企业牵头, 则不超过项目总投资的 30%。

12、高强韧耐冲击密封元件材料-结构形性协调设计制造

研究内容: 开展高强韧耐冲击密封元件材料-结构形性协调设计与制造关键技术研究, 研究复合结构密封材料的强韧化与抗冲击机制, 构建复合结构密封材料的基本属性、优化设计参数、

性能表征指标的集成数据库；探明结构-材料组合与密封特性的内在联系，确立密封元件的结构-材料-功能耦合设计方法；分析密封元件的结构材料制造工艺与适应性、制造过程建模与仿真、制造质量变化规律，构建密封元件制造方法与工艺体系；开展复合结构密封材料及元件的密封性能试验验证，开发高强韧抗冲击一体密封元件。

考核指标：建立高强韧耐冲击密封元件材料-结构形性协调设计方法；研制出样机 1 台，提供产品用户试用报告及第三方检测报告；发表高水平学术论文不少于 6 篇，申请或授权发明专利不少于 4 件，培养研究生 4 名以上。

有关说明：高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过 100 万元，如企业牵头，则不超过项目总投资的 30%。

本领域项目申报指南编制专家组名单：

束学道	宁波大学教授
汪爱英	中科院宁波材料所研究员
陈刚	兵科院宁波分院副研究员
蔡汉龙	宁波东力传动设备有限公司高级工程师
王吉利	浙江亿日气动科技有限公司高级工程师
王朝阳	宁波华成阀门有限公司高级工程师
刘丽娇	国家气动产品质量监督检验中心高级工程师

二、精密模具领域

(一) 产业链关键核心技术攻关项目

1、新能源汽车大型结构件压铸模具设计制造关键技术及产业化

研究内容：大型结构件压铸模具热平衡高通量设计技术、先进除气技术及结构异常复杂型芯的增材制造技术；大型模具多维度曲面及深孔加工技术；面向高效压铸需求的大型结构件压铸模具设计及压铸工艺优化；大型结构件压铸模具型腔耐高温及耐腐蚀表面强化处理工艺；大型结构件压铸用大型、超大型模架设计、加工、精度检测及装配技术。

考核指标：突破大型、精密、复杂压铸模具的设计制造关键技术，研制适配于大吨位压铸机的大型结构件压铸模具，并在两类以上汽车大型结构件中实现批量化示范应用。主要技术参数：汽车大型结构件（压铸件）投影面积 $\geq 0.5\text{m}^2$ ，模具节拍 $\leq 150\text{s}/\text{模次}$ ，模具寿命 ≥ 10 万模次；汽车大型结构件壁厚差 $\geq 4:1$ ，抗拉强度 $\geq 280\text{MPa}$ ，断后伸长率 $\geq 7\%$ ，铸件变形 $\leq 2\text{mm}$ ，X射线检测质量等级1级，产品总体合格率 $\geq 90\%$ ；申请或授权发明专利不少于3件，发表论文不少于5篇，培养专业技术人员10名以上；项目执行期内实现销售不少于1亿元。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元，且不超过项目总投资的20%。

2、汽车超轻量化大型内饰件成型关键技术研发及产业化

研究内容:超轻量化麻纤维板饰件模内热压注塑熔合成型技术;热压注塑一体化成型模具智能模块化设计开发;热压注塑一体化成型模具关键结构设计技术;热压注塑一体化成型模具关键配套工艺及装备。

考核指标:突破热压+注塑工艺一体化热压冲切注塑熔合关键技术,开发出符合整套汽车大型内饰产品要求的模内热压双料熔合一体化成型模具,实现全自动生产。模具指标:模具动定模的定位精度达到 $\pm 0.01\text{mm}$;模具寿命 ≥ 130 万模次;模具刃口间隙范围在 $0.02\text{-}0.04\text{mm}$;成型合格率 $\geq 99.9\%$ 。制品指标:最终产品成型精度达到 $\pm 0.1\text{mm}$;切边后产品无毛边,无翘曲。申请或授权发明专利不少于5件,其中授权发明专利不少于2件;发表高水平论文不少于2篇,形成技术规程1套以上;形成项目模具及工装制作的企业标准1套,形成5套以上不同产品类型模具,并实现产品配套2家以上汽车主机厂批量应用;培养中级工程师3人以上;项目执行期内实现销售不少于5000万元。

有关说明:要求企业牵头,鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过500万元,且不超过项目研发总投入的20%。

3、铝合金风机转子一体化精密压铸成型技术研发及产业化

研究内容:铸造铝合金成分优化及微合金化设计,提升材料的力学性能,并实现风机转子轻量化;风机转子一体化压铸模具

设计，提升模具制造精度和使用寿命，并实现风机转子的低噪声和高转动稳定性；成型工艺及参数优化，提高生产效率，并实现数字化信息采集、反馈和处理；压铸模具型腔、型芯耐热疲劳及耐腐蚀表面强化处理工艺研究；通过建立多场耦合数学模型，实现风机转子服役性能与寿命预测。

考核指标：研制轻量化、低噪声、低能耗、高转动稳定性和长寿命的铝合金风机转子，并在云计算大数据中心等设备的散热系统中实现批量化示范应用。主要技术参数：实现铝合金风叶、中心轴座、外转子一体化压铸，模具寿命 ≥ 10 万模次，各叶片高度差 $\leq \pm 1.5$ mm，轮廓度误差 ≤ 3 mm，产品合格率 $\geq 95\%$ ；叶片重量高一致性：外径 788mm 的各叶片重量差异 < 50 g；叶片轻量化：外径 800mm 的风叶转子质量 < 17.2 kg（含转子）；材料抗拉强度 ≥ 280 MPa，屈服强度 ≥ 230 MPa，延伸率 $\geq 5\%$ ；发表学术论文不少于 5 篇，申请或授权发明专利不少于 3 件，培养研究生 5 名以上；项目执行期间实现销售不低于 5000 万元。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

4、汽车铝合金精密压铸模具表面强化关键技术与产业化

研究内容：针对高精密压铸模具开发激光冷场淬火清洁表面强化技术，解决高载荷下模具的磨损问题；针对失效模具开发激光熔覆修复技术，实现模具表面再制造，进一步提高模具使用寿命

命；开发多元多层 PVD 镀膜技术，解决压铸模具的粘模、氧化、磨损及传统 PVD 镀膜匹配不均匀问题；开展模具表面强化和修复层性能、质量控制及评价技术研究，形成汽车铝合金精密压铸模具表面强化和修复再造层评价标准。

考核指标：模具关键部件激光强化淬硬层深 $\geq 0.5\text{mm}$ ，硬度 $\geq 800\text{HV}_{0.05}$ ；精密模具 PVD 镀膜硬度 $\geq 2700\text{HV}_{0.05}$ ，镀膜硬度均匀性在 5% 以内，膜基结合力（划痕法，膜厚 $5\pm 0.2\mu\text{m}$ ） $\geq 80\text{N}$ ，表面粗糙度 $Ra\leq 0.2\mu\text{m}$ ，耐温性 $> 1000^\circ\text{C}$ ，摩擦系数 < 0.35 ；失效模具表面修复再造层厚度 0.5-5mm 可调，硬度 $\geq 780\text{HV}_{0.05}$ ，剪切结合强度 $\geq 300\text{MPa}$ ；模具使用寿命 ≥ 12 万模次；申请或授权发明专利不少于 2 件，发表论文不少于 4 篇，形成 3 项表面改性工艺规程、评价技术标准；项目执行期内实现销售不低于 2000 万元。

有关说明：要求企业牵头，鼓励与高校、科研院所等联合申报。财政补助原则上不超过 300 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

（二）前沿引领技术攻关项目

5、大深径比变截面薄壁细长轴内孔精密成形技术及装备

研究内容：基于“挤压供料→拉深减薄→淬火固形”复合成形原理的多功能精密成形模具研发；大深径比变截面薄壁细长轴的“挤-拉-淬”复合成形工艺研发和参数优化；模具内腔面“激光熔覆+物理气相沉淀”复合强化技术；多工序联动控制的智能化、柔性化精密伺服内孔成形装备。

考核指标:突破大深径比变截面空心薄壁细长轴类零件的智能化和柔性化制造关键共性技术；研制出基于“高温挤压供料+高温减薄拉深+淬火固形”复合成形原理的空心薄壁细长轴精密伺服成形装备和模具，精确调控材料各区域的流动速度和温度场分布；制造一种大深径比变截面空心薄壁细长轴（深径比 $L/D \geq 10$ ），所有形性尺寸满足设计指标要求，直线度公差 $\leq 1/1000$ ，圆度公差 ≤ 0.01 ；相比采用传统深孔技术，材料利用率提高 30% 以上，生产效率提升 50% 以上。形成一个专利池，申请或授权发明专利不少于 5 件，其中 PCT 专利 1 件以上，发表学术论文不少于 5 篇；培养工程技术人员 5 名以上，研究生 3 名以上。

有关说明:高校院所、企事业单位均可牵头申报，财政补助不超过 100 万元，如企业牵头，则不超过项目研发总投入的 30%。

本领域项目申报指南编制专家组名单：

贾志欣	浙大宁波理工学院教授
马 冰	兵科院宁波分院研究员
熊瑞斌	宁波职业技术学院教授
郑智剑	国家智能制造装备产品质监中心（浙江）高工
黄秀东	宁波震裕科技股份有限公司高工