

2024 年度关键零部件专项申报指南

关键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集群。本专项以宁波打造关键零部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，围绕轴承、液压件及泵阀、电机、模具、密封件、传动件、气动元件、紧固件、重大装备零部件等领域开展布局，实施重大技术攻关，促进宁波市“361”万千亿级产业集群发展，支持和引领宁波市关键零部件制造业全面高质量发展，打造宁波品牌的关键零部件。

（一）重大关键核心技术攻关项目

1.高刚性、高精度、长寿命机器人减速器研发

研究内容：研究基于少齿差原理的内啮合齿形设计及参数优化，实现单级大速比高效传动，突破多齿面同步啮合技术，提升输出扭矩和传动刚性；研究基于小体积单主轴传动和双联齿结构的减速器新构型、小速比齿形主传动和单主轴载荷优化、高节拍输出下温升及磨损规律，突破减速器精度、寿命保持技术；研究基于多维尺寸链、多约束优化选配的精密减速器装配工艺和品质控制方法，在线检测检具及其参数分析方法，实现批量化一致性精密生产；研发减速器传动性能测试和加速寿命试验台及分析系统，研究基于变冲击载荷谱的加速寿命试验及评估方法，研究减速器传动精度、扭转刚性等性能测试方法、技术与装备等。

考核指标：建立高刚性、高精度、长寿命机器人减速器生产线，批量化生产产能不低于 10 万台套，产品合格率优于 97%，并在工业机器人本体上完成产业化配套应用。减速器额定输出转速不低于 100RPM；减速比完全覆盖 10-200、最大达到 1200；减速器空程、背隙、传动精度均优于 1 弧分；额定寿命不低于 1 万小时，扭转刚度不低于 180N·m/arcmin。获授权发明专利不少于 2 项，其中 1 项为国外发明专利。销售额达到 3000 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%。

2. 氢燃料电池车载供氢系统换热器核心部件研发

研究内容：研究换热芯体板流道结构，对流道进行冷、热应力分析，对不同材质芯体板材料成分、导热强度等参数进行控制，优化流道结构；设计菲林及线宽、蚀刻流程，研发精度高、稳定的非强酸体系蚀刻液，优化精密蚀刻工艺，制定钛、不锈钢、高温合金、锆合金具体牌号的蚀刻液配方及金属精密蚀刻工艺；研究蚀刻后芯板表面阳极钝化、涂层改性技术，芯板尺寸精整工艺和冷热芯板处理工艺，实现基材表面合金化，增加涂层界面结合强度；对产品进行耐压、泄漏、盐雾等可靠性验证，模拟服役环境下材料关键性能和 1:1 样件可靠性验证，组装后的换热器的工作状态测试分析，验证芯板结构设计合理性、蚀刻精度和整体应用换热效率等。

考核指标：建立芯板片表面改性及批量生产示范线 1 条，

形成一整套环保型无机盐配方蚀刻工艺方案；芯板尺寸不小于 110 mm×50mm、底厚不超过 0.3mm；中间流道径宽不超过 0.7mm、槽宽不超过 1.6mm；分流菱形筋宽不超过 0.6mm、槽宽不超过 1.3mm；蚀刻同片不同部位直线度、厚度偏差不超过 0.02；中性盐雾试验 96h（温度 90℃），无腐蚀现象发生，且改性后芯板在模拟 PEMFCs 环境 0.5MH₂SO₄+5ppmHF（温度 70℃）腐蚀电流密度低于 1μA/cm²。培养硕士研究生 3 人，发表论文不少于 2 篇，申请或授权发明专利不少于 3 件，制订标准 1 项。新增销售 3000 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.大面积薄壁多层复合透光嵌件成型模具关键技术研发

研究内容：开展大面积薄壁多层复合透光嵌件双色注塑模具在有限空间内的关键结构设计研究，结合仿真技术突破嵌件透光区域对应的模具轮廓高精度控制技术，在有限空间内实现超多次螺旋抽芯；完成多层复合嵌件成型及透光控制技术研究，掌握嵌件注塑前后透光率变化规律，消除不同嵌件与本体结合成型缺陷；研究模具高精度特种加工方法与技术，突破模具型腔多微型沟槽超精密加工技术壁垒，开发专用高效工装夹具；研究不同工艺和模具结构参数下对多层复合嵌件注塑成型质量和性能的影响规律，开发大面积透光薄壁件全自动注塑成型工艺，攻克加工质量稳定性与批量加工

一致性难题，实现汽车大面积透光内饰件产品高效成形示范应用。

考核指标：建立大面积薄壁多层复合透光嵌件成型模具示范生产线 1 条。双色注塑模具关键部位精度不低于 0.005mm，其他部位不低于±0.02mm；其中多层复合嵌件透光区域对应的模具轮廓精度不低于±0.01mm；嵌件每层材料不同，且层数不少于 4 层；模具型腔内异形沟槽不少于 50 个，最大深度不低于 50mm，厚度不超过 1mm，粗糙度不大于 Ra0.4；多嵌件放置与螺旋抽芯实现全自动，阶梯式顶出不少于 6 次，完成至少 12 次的组合动作；嵌件放置机构操作空间直径不大于Φ4mm，螺旋抽芯机构所占空间截面投影最大不超过 50mm×50mm；注塑件不小于 1000mm×300mm，无熔接痕；注塑件不同区域有不同透光度，透光区域透光度 30%~40%；模具核心部件寿命不低于 100 万模次；申请发明专利 5 项，论文 2 篇，标准 1 个；应用模具实现新增销售不少于 5000 万。

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%。

4.智能感知燃气自闭阀及安全监测系统关键技术研发

研究内容：开展微弹簧式过流切断器关键技术研究，建立基于微弹簧的过流切断器的流体分盘比和弹簧切断力的平衡机理和高灵敏度智能检测方法；研究橡胶皮膜在温度下降到玻璃化温度段后链段运动能力形变特性，分析脆性温度

降低的机理，攻克皮膜在降低脆性温度条件下与流体力学的协同平衡关键技术；建立基于多源信息融合的智能感知燃气自闭阀安全监测电路及诊断算法；研究自闭阀智能感知电路的低功耗技术，降低感知检测系统功耗，延长电池使用时间；开发智能感知燃气自闭阀数字化加工、装配、成品检测的复合生产平台及燃气安全智能云监控平台，并实现其产业化示范应用。

考核指标：建成智能感知燃气自闭阀制造生产线及安全监测系统，并进行城镇智慧燃气设施领域产业化应用。智能感知燃气自闭阀：过流自动切断值 $\pm 3\%$ ；在 -20°C 载压条件下，超压自动关闭 $8\pm 2\text{kPa}$ ，欠压自动关闭 $0.8\pm 0.2\text{kPa}$ ；静态电流：不大于 $25\mu\text{A}$ ；感知系统稳定性：上传存储数据通讯成功率不低于 99.5% ，感知监测漏报率小于 0.8% ；安全监测系统：具备产品在开关状态以及超压、欠压和过流自动关闭的运行状态监测功能。实现销售不低于3000万元；发表学术论文不少于3篇，申请或授权发明专利不少于4件，软件著作权不少于2项，培养研究生4人，高级工程师1人。

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%。

5.高精度无限行程直线运动滚子轴承关键技术研发

研究内容：开展滚子轴承结构创新与优化设计，进行多滚动体运动仿真分析，研究多个循环滚道沿轴向的分布、数量、长度等参数对导向精度和直线运动误差的影响；研究循

环滚道空间曲面形式、大曲率与小曲率曲面的平顺连接，以及游隙和粗糙度对轴承承载力的作用机理，实现轴承沿配合轴的轴向上的无限行程直线运动；研究配合形式对轴承刚性、接触应力、保持架模态和密封接触力的影响规律，建立直线运动轴承疲劳寿命计算模型，改善动态特性；研发不锈钢直线轴承套圈与法兰的一体化联接技术，进行结合牢固度测试，突破轴承宽温域密封技术；研发轴承零部件精密加工技术、保持架多滚道并行加工装置与工艺，研究磨削工艺对滚道粗糙度、圆度的影响规律，提高加工质量和效率；开发轴承生产线，实现规模化生产。

考核指标：建成高精度直线运动滚子轴承产业化示范生产线 1 条，开发出不少于 6 个品种的高精度无限行程直线运动滚子轴承系列产品。直线运动轴承精密等级达到 P4，内径公差 $< 2\mu\text{m}$ ，外径公差 $< 4\mu\text{m}$ 。不锈钢保持架上不少于 6 条循环滚道，直滚道粗糙度 $R_a < 0.025\mu\text{m}$ ，弯曲滚道粗糙度 $R_a < 0.4\mu\text{m}$ ，滚道直线度 $< 0.3\mu\text{m}$ ，法兰盘与套圈垂直度 $< 0.5\mu\text{m}$ ，套圈内外壁径向跳动差 $< 0.1\mu\text{m}$ ；检测报告 1 份，申请或授权发明专利不少于 3 件，发表论文 2 篇，制定标准 2 项，培养技术人员 5 名；项目执行期内实现销售 3000 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%。

6.轻量化镁合金箱体先进注射成型技术研发

研究内容：研究半固态镁合金流变成形特性并标定流变

成形参数，探明压力、速度及温度对镁合金半固态触变成形凝固缺陷的影响。研究镁合金半固态注射成型力学规律及机理以及成型件缺陷产生机制，实现对缺陷及力学指标的精准控制，以新能源汽车动力总成镁合金箱体为例，开发孔隙率及泄漏率最小化的半固态注射成型最优技术方案。研究镁合金箱体的轻量化拓扑优化设计方法及 CAE 数值全工艺流程仿真技术，通过 CAE 数值仿真及实验表征建立工艺参数-力学性能之间的定量模型以及模具变形补偿算法模型，实现大型镁合金铸件强韧性能的均衡化及三维变形的有效控制。开发大型镁合金铸件的智能半固态注射成型工艺、以及模具随形冷却通道的 3D 增材制造技术，实现新能源汽车动力总成镁合金箱体的量产产业化。

考核指标：镁合金箱体最大投影面积 $\geq 0.5\text{m}^2$ 、最大最小壁厚之比 $\geq 5:1$ ，相对于铝合金箱体轻量化 $\geq 35\%$ ，抗拉强度 $\sigma_b \geq 270\text{Mpa}$ ，屈服强度 $\sigma_{0.2} \geq 165\text{Mpa}$ ，延伸率 $\geq 6\%$ ，最大泄漏率 $\leq 5\text{ml/min}$ ，关键部位 X 光检测零级。镁合金智能半固态注射成型技术指标：锁模力 ≥ 3200 吨，周期 ≤ 70 秒，合格率 $\geq 97\%$ 。发表学术论文 2~4 篇，申请或授权专利 5 项，形成标准 1 个。项目执行期内实现镁合金箱体销售收入 4000 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%

7.高性能气动涡轮增压器关键技术研发

研究内容：开展高性能气动涡轮增压器的设计制造和关

键应用技术研发，实现气浮轴承-转子动力结构的仿真模拟，建立制造工艺、振动冲击、交变载荷温度对增压系统性能的影响规律，提出动力学协同匹配技术；研究高离化 PVD 设计制备宽温域复合防护涂层技术，揭示涂层在复杂静/动态载荷工况下的强韧抗磨损失效机理，突破异形金属部件表面的牢靠结合与均匀制备涂层难题；分析气浮动力防护部件的重载高温使役性能和损伤规律，建立寿命评测规范方案、台架测试装备并提出高性能延寿策略；开发高效率、高压比的高性能气动涡轮增压器制造平台与工艺技术，建立示范生产线并实现产业化应用。

考核指标：建成一条基于高效率、高压比、高承载的气动涡轮增压器产业化示范生产线；关键气浮轴承系统：运行温度 $\geq 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；在 X、Y、Z 方向振动（2 g，频率 15 Hz-500 Hz-15 H）25 小时和冲击（纵轴 $\geq 20\text{ g}$ ，横轴 $\geq 15\text{ g}$ ，垂直 $\geq 15\text{ g}$ ，持续 $11\pm 2\text{ ms}$ ）3 次后，正常运行；在正压力 $\geq 400\text{ MPa}$ ，滑行速度 $\geq 5\text{ mm/s}$ ，摩擦时间 $\geq 3000\text{ s}$ 测试条件下，防护涂层的摩擦系数 ≤ 0.3 （室温- $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），磨损率 $\leq 3\times 10^{-5}\text{ mm}^3/\text{Nm}$ ；涡轮增压器：最高工作转速不低于 15 万转；累计运行不低于 500 小时。项目执行期内，实现销售大于 3000 万元，申请发明专利不少于 5 件，发表论文 3-5 篇，培养技术骨干 5-8 名。

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%。

8. 新能源汽车电池模组高阻燃线束总成研发

研究内容：研究无机填料-阻燃剂复合参杂对 PC+ABS 材料性能的影响规律，研制高阻燃和耐高温的 PC/ABS 合金电极材料，提高线束材料高阻燃和耐高温性能。针对电池模组线束总成的超高绝缘和耐高压技术要求，引入偶联剂和增容剂改善组分之间的相互作用，优化 PC/ABS 复合材料的热塑性能；通过 moldflow 分析、合理选择进胶口点数和进胶位置，优化模具的冷却系统合理设计；研究预成形嵌体精准定位双模具交替精密注塑工艺，开发新能源汽车电池模组高精度线束总成产品及其精密制造技术。针对规模量产质量高度一致性技术要求，研究激光焊接工艺参数对多层复合材料焊接质量的影响规律，改进工装、提升工装与焊接设备的契合度，实现自动焊接保质增量；研究冲压-注塑二次成型的匹配性及其无缝链对接的精准定位技术，研发冲压-注塑一体化工艺装备，形成高精度电池模组线束总成冲压-注塑一体化智能制造规模化生产。

考核指标：研制新能源汽车电池模组用高阻燃线束总成及其量产智能精密制造生产线，其中线束总成满足指标：阻燃性能 UL-94 V0，绝缘性能阻值 $\geq 600\text{M}\Omega$ （1000VDC, 60s），耐压测试漏电流 $\leq 1\text{mA}$ （4200VDC, 60s）；量产精密智能制造生产线满足指标：年产 15 万件 2 套，量产产品质量获得宁德时代等下游厂家的认证。项目执行期内，实现销售收入 5000 万元以上；申请或授权发明专利不少于 4 件，发表学术论文不少于 2 篇。

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%。

9.电动汽车智能线控一体化底盘关键技术研发

研究内容：开发高冗余电机卡钳集成控制的线控制动系统和主动后转的横摆增益控制、安全功能控制等控制策略，提高行车稳定性和舒适性；建立包含分布式驱动电驱系统、线控制动、线控转向、主动后转、主动悬架的全场景整车动力学在线物理模型，研究车辆横向失稳的动力学特性、判据、物理机理及预测算法，实现失稳的实时预测；通过以最优的横摆角速度与整车侧偏角目标规划的操稳控制和协同控制算法，实现控制目标的最优跟随，提升车辆的循迹性和姿态稳定性；研究线控一体化底盘各系统性能测试与评价，开发整车测试评价体系，以评估和优化底盘性能。

考核指标：搭载线控一体化底盘的电动汽车具备纵-横-垂向的协同控制能力，失稳判定时间 $< 30\text{ms}$ ，麋鹿测试入口车速 ≥ 82 千米/小时，65 千米/小时蛇形测试平均侧倾角峰值 < 1.1 度，半径 30 米的稳态回转测试最大侧向加速度 ≥ 1.0 倍重力加速度，大曲率转弯工况最大 0.2 倍重力加速度，轨迹偏差 < 0.2 米。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，线控一体化底盘整车测试评价体系 1 套。在项目执行期内，项目产品的销量不低于 2000 台，实现销售收入 3000 万元以上。

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 500 万元，且不超过项目研

发总投入的 20%。

10.电动汽车高功率密度电磁继电器研发

研究内容：研究阻隔继电器爬电的隔离墙技术，使得继电器狭小空间内部的爬电距离被人为放大、甚至人为阻断爬电通道，获得有效爬电距离更大、承载能力更强的高功率密度继电器；研究柔线分流技术，开发柔性导电组件、并联到负载端导电通道形成额外的导电通道，在不增加尺寸的前提下增设负载端导电通道的分流通道，提高电流负载能力；研究金属焊料填充钎焊复合工艺，获得多层金属之间最大接触面，提高负载端导电性能，解决传统继电器簧片与触点钎接时的多层金属之间接触不紧密、发热过高、难以承受强大电流问题；改制针对电动汽车继电器结构和制造工艺特殊性的自动触点钎合机、自动装配轭铁机以及自动检测仪器等关键设备，形成全流程电脑参数标准化设定的自动化生产线。

考核指标：新能源汽车高功率密度电磁继电器量产生产线 1 条。继电器重量不超过 20 克/个，触点负载 $\geq 50\text{A}/277\text{VAC}$ ，介质耐压：触点间 11500VAC、触点与线圈间 $\geq 5000\text{VAC}$ ，爬电距离 $\geq 8\text{mm}$ ，冲击电压 $\geq 8\text{kV}$ ，接触电阻 $\leq 100\text{m}\Omega$ ，动作时间 $\leq 15\text{ms}$ ，释放时间 $\leq 10\text{ms}$ ；产品质量获得行业龙头厂商的认证；申请或授权发明专利不少于 4 件，发表学术论文不少于 2 篇；实现销售收入 4000 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%。

11.大型高精度天文望远镜永磁直驱系统研发

研究内容：研究大型交流永磁直驱力矩电机的结构设计，针对大型天文望远镜结构的安装要求和工艺实现要求，需要进行分段设计和模块化设计，与望远镜结构设计同步展开，解决交流永磁直驱力矩电机与望远镜结构的集成化设计；研究大型交流永磁直驱力矩电机的磁路设计和绕组设计，解决扭矩、温升和低转矩脉动问题；研究驱动器设计以及控制系统设计，针对望远镜所处环境和驱动控制目标要求，重点解决强阵风干扰问题，高低温差特别大的问题，方位轴驱动和俯仰轴驱动的耦合问题，提高控制系统精度，同时实现远程控制 and 5 年的免维护；研究大型直驱电机和驱动器的生产工艺，主要针对电机铁芯的制作，磁钢的制造和安装，绕组的制造和安装等关键工艺提出科学合理的工艺流程，为产品产业化提供支撑。

考核指标：实现在 2 米-6.5 米级望远镜的应用领域内驱动系统的永磁直驱国产化，打破国外在该领域的技术垄断。预期完成 4 米级、6.5 米级大型高精度天文望远镜驱动系统 2 台套原型样机，性能指标，额定扭矩下力矩波动： $<2\%$ ；峰值扭矩： $>400000\text{ Nm}$ ，电机直径： $\Phi 4.9$ 米，指向控制精度 $<1''$ ，跟踪控制精度 $<0.5''$ 。申请发明专利 6 项，授权 4 项，发表 SCI 论文 2-4 篇。项目执行期内，实现产值 3000 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%。

12. 新能源商用车热管理系统用电机及其关键技术研发

研究内容：设计适用于新能源商用车热管理系统的永磁电机本体，研究不同铁心结构、永磁体安装方式、长径比、气隙长度等关键参数对电机力矩参数以及电动冷却系统总成效率的影响，确定符合新能源商用车热管理系统用电机的最优设计方案；研发与其匹配的电机驱动器，采用单电流传感器重构电机三相电流，估算电机的转子位置，从而实现电机的低成本无位置传感器控制；研究新能源商用车热管理系统的主动热管理控制策略，通过建立驱动器功率器件寿命预测模型、器件寿命与其结温幅值和波动量大小的关系，选定主动热管理控制参数，评估对电机驱动器寿命影响的多种因素，提出对应的主动热管理控制策略。

考核指标：设计满足新能源商用车热管理需求的永磁电机及其驱动器，实现永磁电机在单电流传感器采样下的无位置传感器控制，并采用主动热管理控制提升电机驱动器使用寿命；采用新型功率半导体器件（SiC）、汽车用微电子器件（ARM，DSP）和 PWM 变频变压控制技术，研制与新能源商用车热管理系统用电机相匹配的电机驱动器样机 3 件；发表高水平学术论文 3-5 篇，申请国家发明专利 3-5 项；实现销售收入 3000 万元以上。

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 500 万元，且不超过项目研发总投入的 20%。

13. 新能源汽车热管理系统超充热泵管路关键技术研发

研究内容：开展新能源汽车热管理系统超充热泵管路制造技术研究，构建铝合金复杂管件不同工况下工质流动阻力-热损耗综合指标评价体系，优化内流道结构，开发大流量工况流阻检测设备；探究多参数耦合作用下弯管结构-性能一体化协同制造工艺，开发管件成形精度实时动态控制方法；设计不同铝合金材料和管径条件下铆接结构和工序，探究铆接和扣压过程中管件和胶管变形规律；建立热泵管路不同工况下可靠性 CAE 结构分析模型，探究管路全生命周期的疲劳失效机理和疲劳预测方法；开发超充热泵管路一体化协同制造装备，实现新能源汽车超充热泵管路产业化示范应用。

考核指标：建成热管理系统超充热泵管路制造示范生产线，在新能源汽车领域实现产业化应用。弯管弯曲角公差 $\pm 0.1^\circ$ 、位置度公差 $\pm 0.25\text{mm}$ ；在 3.5MPa 压力下，管路氦检泄漏量小于 2g/年；压力 0-3.45MPa、频率 30 次/分、POE 介质环境中，管路在 -30°C 和 135°C 温度下各 15 万次压力脉冲试验无泄漏；高压 2.5MPa 工况下侧压降小于 0.1bar，低压 0.3MPa 工况下侧压降小于 0.05bar。发表学术论文 8 篇，申请发明专利 4 项，形成企业标准 2 项，培养专业技术人才 5 名。项目执行期内实现产值 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%。

14.多材质复杂结构碳纤维汽车内饰产品快速成型关键技术研发

研究内容：研究多材质复杂结构碳纤维内饰产品的整体化成型模具设计技术；研究内饰产品快速成型核心单元模块化设计集成技术，建立自动化生产线；研究关键工艺参数对内饰产品质量、结构和性能的影响，提出工艺优化控制方法和结构变形抑制策略；开展多材质复杂结构碳纤维内饰条应用验证研究，实现在多款汽车上的示范推广应用。

考核指标：建成一条多材质复杂结构碳纤维汽车内饰条快速成型示范生产线，实现 4 款以上产品配套 4 家以上品牌汽车的应用。模具动/静模定位精度优于 0.02 mm，模具型腔 HRC \geq 50；多材质复杂结构碳纤维内饰条成型后无毛边、无翘曲，面轮廓度不高于 0.5mm，表面光泽度 90-95GU，橘皮 R 值不低于 9；0.75mm 尖头负荷 10N 下表面无撕裂；在 95 $^{\circ}$ C 下 48h 内和-40 $^{\circ}$ C 下 48h 内产品不分层、无表面缺陷；燃烧速度小于 100 mm/min。申请或授权发明专利不少于 2 件，发表学术论文不少于 2 篇，项目执行期内，实现销售收入 3000 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%。

（二）前瞻性技术基础研发项目

15.人形机器人一体化双向驱动关节关键技术研发

研究内容：基于效率模型对行星减速器进行优化设计，实现高效双向传动；设计柔性消隙机构，消除传动间隙、提高传动精度。通过电机拓扑结构优化、磁路优化、转矩波动

抑制等技术手段，研究高转矩密度、低转矩波动、高动态响应的永磁力矩电机设计方法。研究基于高频抖动注入的电流采样和测量精度提高方法，减少量化误差。研究基于硬件采样的电流环控制方法，提高系统的精度和鲁棒性，提出电流环控制带宽和控制精度的分离 PI 闭环控制策略。建立关节驱动-传动耦合运动学和动力学模型，研究双向驱动关节匹配优化方法，提升驱动关节的综合输出性能。研究关节力矩前馈补偿方法、误差自适应实时估计方法，补偿动力学模型误差对阻抗控制精度的影响，提高驱动关节的柔顺运动控制性能。

考核指标：研制出三款一体化双向驱动关节样机，并完成应用验证。关节正向传动效率不低于 90%，反向传动效率不低于 80%，传动误差优于 2.4arcmin，回差优于 3arcmin。关节 1 的转矩密度 $\geq 35\text{Nm/Kg}$ ，关节 2 的转矩密度 $\geq 65\text{ Nm/Kg}$ ，关节 3 的转矩密度 $\geq 75\text{Nm/Kg}$ 。申请发明专利不少于 5 项，发表论文 5 篇以上，制定标准 2 项，培养工程技术人员 3-5 名。

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%。

16.临近空间环境极端封严高效自适应调控技术研发

研究内容：针对临近空间远程高超飞行器封严技术需求，研究新型封严结构使役特点，揭示界面流致扰动非线性动力学行为规律、极端复杂工况下流态相变的成膜机理与非线性动力学行为、粗糙接触界面热瞬态下的摩擦机制与磨损失效

传递规律等,建立机理模型与实测数据联合驱动的“算测融合”设计体系;突破超快激光直写表界面微纳图案瓶颈,研发复杂图案表面的函数化超快激光直写技术;攻克自适应封严调控关键技术,明确微纳-封严性能的构效关系,构筑云边数据协同下旋转界面从局部磨损到整体服役失效的运行轨迹图谱,发展具有自主知识产权的关键设计和技术原型,为重大战略装备核心部件的高可靠密封件的精良设计提供理论支撑。

考核指标:制造出尺寸规格不小于 $\phi 12\text{ mm}$ 的集成化封严装置样机。表面深度误差不超过4%,曲面轮廓误差 $\leq 1.0\mu\text{m}$,表面粗糙度 $Ra\leq 0.3\mu\text{m}$ 。在某典型装置拟实工况:转速突破50000rpm、温度突破 500°C 、压力突破4MPa条件下动态无泄漏;压力突破5MPa条件下静态无泄漏。申请或授权发明专利不少于4件,发表高水平学术论文不少于5篇。

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%。

17.恶劣环境下面向新能源汽车 ADAS 雷达系统的智能覆盖件关键技术研发

研究内容:探究寒冷环境下 ADAS 雷达外覆盖件材料、物性特征对凝冰/霜的影响机制,形成微米级局部埋丝与导电光学薄膜结合加热的除冰/霜/雾方法,并研究其特性、布置对电磁波和激光传输衰减和角度偏差的影响规律,形成热源和雷达组件的合理布局设计方法;研究 ADAS 雷达及安装空

间的热流场分布、传递路径及贡献度，建立覆盖件内部空间热耦合模型；研究温差导致的覆盖件起雾/凝水对探测精度的影响规律，对抑雾机制和成像质量进行优化设计；探索不同复合相变材料性能调控方法和制备工艺，研究复合相变材料及制备工艺对 ADAS 雷达散热性能的影响规律；设计包含车身域、驾驶域等特征的自感知传感反馈框架，开发自适应控制算法，研发 ADAS 雷达覆盖件除冰/霜/雾智能温控协同控制系统。

考核指标：除冰：-20°C 的温度下，覆盖件视窗范围(FOV)区域内 1mm 的冰层 5 分钟内融化完成；除雾：面加热方式，-10°C 的温度下，覆盖件 FOV 区域内 30s 雾气消散，60s 内霜层消散；905、1550nm 激光透光率（905nm/1550nm） $\geq 90\%$ ；毫米波雷达波通过视窗的传输衰减 $< 2\text{db}$ ，反射 $< 15\text{db}$ ；实际环境温度和算法自适应反馈控制调整后覆盖件表面温度温差 $\leq 3^\circ\text{C}$ ，控制系统占空比 $\geq 95\%$ ，系统稳定性 $\geq 99\%$ ；提供以上考核指标的第三方检测报告。发表论文不少于 5 篇，申请发明专利不少于 5 件，其中 PCT 专利不少于 1 件，培养 3-4 名研究生。

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：

程晓民 宁波工程学院

汪爱英 中国科学院宁波材料所

屈稳太	浙大宁波理工学院
严荣杰	宁波杰克龙精工有限公司
旷鑫文	浙江华朔科技股份有限公司
叶国云	宁波如意股份有限公司
高辉	宁波兴瑞电子科技股份有限公司