

2024 年度高端装备专项申报指南

高端装备是宁波重点发展的优势产业，也是支撑宁波市制造业高质量发展的重要保障。本专项以提升宁波市装备制造业科技水平和制造能力为目标，聚焦高端数控机床、智能成型装备、精密激光加工装备、智能工业机器人等研发与应用，实施基础前沿与重大技术攻关，完善机器人与高端装备产业链，支持和引领宁波市制造工业全面高质量发展。

（一）重大关键核心技术攻关项目

1. 双主轴高速精密多轴联动加工中心研发及应用

研究内容：研究双主轴机床整机结构优化设计方法，提高机床结构刚度和动态响应性能；研究大推力密度、低推力波动直线电机及 BC 轴直驱永磁力矩电机设计方法，实现机床高速进给和精确定位；研究机床寿命预测与故障诊断及多传感器信息融合技术，提高机床智能运维水平与可靠性；研究机床误差建模、标定与补偿技术，实现机床加工精度的提升；研究机床双主轴同步协同加工控制方法，实现高效精密加工；完成整机系统集成，实现加工应用示范。

考核指标：研制出双主轴高速精密多轴联动加工中心样机，并完成应用示范验证；主轴数量 2 个，并实现 11 轴联动同步加工；主轴 1 与主轴 2 轴线的平行度误差 $\leq 0.02\text{mm}$ ；X1、X2/Y1、Y2/Z1、Z2 轴行程 $\geq 3000/2000/1250\text{ mm}$ ，快速移动速度 $\geq 110/110/110\text{m/min}$ ，加速度 $\geq 0.7\text{G}/0.6\text{G}/1.3\text{G}$ ，定位精度优于 0.012mm ；BC 轴定位精度优于 $6''$ 、转速 $\geq 100\text{rpm}$ ，

B 轴旋转范围 $\pm 110^\circ$ ，C 轴旋转范围 $\pm 200^\circ$ 。项目执行期内实现销售 3000 万元以上；申请发明专利不少于 5 件，形成标准规范 1 项，发表高水平论文 3-5 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%。

2.智能半固态压铸-挤铸耦合成型关键技术与装备研发

研究内容：研究高壁厚差大型铸件凝固缺陷形成与加载/充型/除气的相互影响机制，实现挤压铸造组织均匀化的精准控制；研发智能半固态双重挤压铸造加载机构，实现厚壁部位凝固缺陷最小化；研发基于智能锁模/特殊通道的非抽真空式除气技术，实现局部挤铸区域的高效除气；研发面向大型一体压铸装备模具的智能半固态双重挤压铸造技术，实现压铸-挤铸耦合成型的产业化。

考核指标：研发智能半固态双重挤压铸造加载装置，双重挤压铸造机构挤压棒压力 $\geq 100\text{MPa}$ ，挤压棒加载移动速度范围 $0.01\text{m/s}-1\text{m/s}$ ；压铸-挤铸耦合成型装备锁模力达到9000吨，产品投影面积 $> 2\text{m}^2$ 以上，模具重量可达130吨，铸造周期 $< 95\text{s}$ ，成型试验样件最大与最小壁厚之比 $\geq 6:1$ ，厚壁部位X光检测零级水平。项目执行期内实现销售收入不少于3000万；申请发明专利不少于3件，发表论文不少于3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%。

3.高精度行星滚柱丝杠螺纹磨削技术及装备研发

研究内容：研究磨床误差传递及精度分配技术，实现磨床结构正向设计；研究基于直线电机驱动的高精度进给系统设计技术，提高磨床定位精度；研究行星滚柱丝杠螺纹磨削工艺参数优化方法、专用夹具设计及优化，开发专用磨削工艺；研究砂轮磨损状态预测与精密修形技术，提高行星滚柱丝杠螺纹加工精度；研制行星滚柱丝杠螺纹磨削装备，并在行星滚柱丝杠上实现应用验证。

考核指标：开发专用行星滚柱丝杠螺纹磨削工艺1套。研制数控内螺纹磨床或者数控外螺纹磨床1套，其中外螺纹磨床满足技术要求：最大加工长度 $\geq 1600\text{mm}$ ，最大加工直径 $\geq 300\text{mm}$ ，Z轴重复定位精度 $\leq 3\mu\text{m}/1000\text{mm}$ ；内螺纹磨床满足技术要求：最大螺旋升角 $\geq 12^\circ$ ，磨削主轴最高转速 $\geq 42000\text{r}/\text{min}$ ，Z轴重复定位精度 $\leq 3\mu\text{m}/1000\text{mm}$ 。项目执行期内实现销售3000万元以上；申请发明专利不少于6件，发表学术论文不少于4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%。

4. 新能源汽车微细特征结构件高精高速冲压装备关键技术研发

研究内容：开展材料及微细结构的精密成形工艺研究；开发设计短应力线多点可控预应力床身及双边柔性驱动系统，实现精密成形压力机的高刚性和抗偏载；研究具有智能

驱动和高过载能力的下死点保压传动技术，实现微细结构件的回弹精密控制；研究压力机动态精度补偿技术，实现下死点动态精度高速检测 and 智能自适应；研究高速光学成像系统，实现微细结构件的在线视觉检测；研制适用于具有微细结构件的冲压装备样机并进行示范应用。

考核指标：装备应用在2款微细特征结构件的开发；公称力 $\geq 6000\text{KN}$ ；下死点动态精度 $\leq 0.008\text{mm}$ ；工作台和滑块挠度变形 $\leq 1/20000$ ；工作行程垂直度 $\leq 0.005\text{mm}$ ；每个工作循环下死点满负载保压时间不低于0.5秒，工作效率不低于40次/分；项目执行期内实现销售3000万元以上；申请发明专利不少于5件，制定行业或企业标准不少于2件，发表学术论文不少于5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%。

5. 车载电子元件高速精密 3D 植入关键技术及装备

研究内容：研究汽车覆盖件曲面随形电路的分布特点与规律，设计电路形貌精密光学成像系统；研发多自由度高速、高精度运动系统，实现电子元件 3D 植入过程的多轴精密位姿控制；研究电子元件植入靶点的精密检测方法，实现靶点的快速定位与点胶缺陷的精准识别；研究电子元件 3D 植入过程的任务规划和路径优化方法，实现缺胶、漏贴等缺陷的自主修复；研制车载电子元件高速精密 3D 植入装备，开展应用验证。

考核指标：研制车载电子元件高速精密3D植入装备，可植入汽车覆盖件曲面基板的最大尺寸范围L1830×W510×H300 mm，植入速度≥2400片/小时，植入精度：±0.040 mm（CHIP）、±0.02 mm（IC），百万贴点缺陷数(DPMO)≤300 ppm，具备缺胶、漏贴自主修复功能；项目执行期内实现销售3000万元以上；申请发明专利不少于5件，发表学术论文不少于6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%。

6.基于深度学习的狭长空间智能焊接装备关键技术研发

研究内容：研究电弧焊接动态熔池宽度提取的图象处理算法，实现焊缝与填充层立体尺寸的自动检测与三维模型构建；研究基于深度学习的焊缝特征与智能排道算法，实现多层多道智能排道；研究焊缝跟踪与焊接轨迹纠偏控制技术，实现焊缝的精准焊接；研究小体积焊接装备的结构与控制系统设计，实现狭窄空间攀爬行走及焊丝超长距离控制；完成系统集成，并在典型场景进行示范应用。

考核指标：研制狭长空间智能焊接装备样机系统，实现2个典型场景的示范应用。焊接装备体积不超过300mm×180mm×800mm；焊枪摆动模式不低于3种，焊枪位置控制偏差在±0.2mm。项目执行期内销售额不少于3000万元，申请发明专利不少于3件，发表学术论文不少于5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%。

7.薄壁构件激光-超声波喷丸复合校形关键技术及智能装备研发

研究内容：研究激光-超声波喷丸复合能场作用下构件变形行为与控制机理，以及宏微观应力-应变场演化规律，揭示复合能场对微观组织及力学性能的影响机制；研究复合校形工艺优化方法，建立工艺参数库；研究在线监测系统及控制软件，实现温度场和变形量在线监测、反馈及控制；研发激光—超声波喷丸复合校形智能装备，并开展应用示范。

考核指标：研制激光—超声波喷丸复合校形装备及在线监测系统，其中：激光器功率 $\geq 12\text{kW}$ ，加热区域尺寸 $\geq 80\times 80\text{mm}$ ，温度范围为室温至 1000°C 可调，温度控制精度 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ；最大校形厚度： $\leq 60\text{mm}$ （铝合金）， $\leq 10\text{mm}$ （钛合金）；超声波设备最大功率 2000W ，校形精度 $\leq \pm 0.5\text{mm}$ ；实现在铝合金汽车电池盒底板、钛合金导弹舱体进行应用示范，校形效率比传统热校形提高 1 倍以上。项目执行期内销售额不少于 2000 万元，申请发明专利不少于 3 件，发表论文不少于 3 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%。

8.超大宽幅复合材料智能裁切装备关键技术研究及应用

研究内容：研究超大宽幅柔性复合材料自动送料机构设

计方法，实现自适应无张力物料传送；研究基于 AI 的边界识别和智能纠偏/定位技术，正确辨识材料边缘的褶皱、折叠，实现裁切过程的智能纠偏/定位；开发适应复合材料复杂纹理的智能排料技术，提高材料利用率和裁切质量；研究裁切设备/刀具智能动态补偿算法，纠正因裁切台面平面度差异造成的裁切深度偏差；开展基于复合材料纹理的裁切路径规划研究，实现移动轴和裁切轴的高速高精协同控制。

考核指标：完成超大宽幅复合材料智能裁切装备整机的研发，针对玻纤和预浸碳布等至少 2 种复合材料，裁切最大宽幅 5100mm；最大裁切速度 1200mm/s；裁切精度 $\pm 0.05\text{mm}$ ；小多层裁切厚度 $\leq 5\text{mm}$ ；高频振动刀转速 26000rpm；在项目执行期内实现销售 3000 万元以上，申请发明专利不少于 3 项，发表学术论文不少于 3 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.多品类高位仓储自动拣选机器人关键技术研发及产业化

研究内容：研究开发多品类高位仓储自动拣选机器人；研究多品类、多形态货物抓取方法，开发兼备多品类典型包装形态的重货高效拣选工具系统；研究高位拣选作业移动机器人动力学及其失稳条件，实现整机轻量化及高位稳定性，解决负载/自重比过小难题；对拣选作业任务正交规划与力/位混合伺服控制技术进行研究，实现高位拣选作业机器人的

柔顺控制和倾翻抑制控制；对仓储环境下典型包装形态和边界进行智能识别，实现多品类仓储智能化拣选作业。

考核指标：研制新型重载多品类高位仓储自动拣选机器人；适应包括瓶、袋、箱在内的多品类典型包装形态；串联机械臂最大负载力不低于 30 千克，自重/最大负载力比不高于 1.5；拣选作业范围（平台静止）不小于 2000×1000×10000mm（横纵竖），载物台载荷不低于 1000 公斤；转弯半径不大于 1800mm。在项目执行期内实现销售 3000 万元以上，申请发明专利不少于 5 件，发表学术论文不少于 3 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%。

10.轻量化智能动力下肢关键技术研发

研究内容：研究基于人体下肢运动生物力学和运动步态的智能动力下肢结构-储能一体化设计方法，实现下肢机构与结构优化设计；研究碳纤维复合材料下肢结构的快速净成型工艺与缺陷控制技术，实现下肢结构的高质量精密成型制造；研究动力下肢的高效驱动、智能控制技术，以及基于深度强化学习的阻尼自适应调整策略，研发智能动力下肢系统与性能评价方法，实现应用验证。

考核指标：下肢踝关节趾屈和背屈储能性大于 80%；下肢踝关节活动范围大于 12 度（整脚活动范围大于 25 度）；通过 200 万次运动疲劳试验；项目执行期内实现销售 1000

万元以上，发表论文不少于 2 篇，申请发明专利不少于 2 项。

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.精密电机柔性制造关键技术与装备研发

研究内容：开展中小型精密电机“加工-装配”一体化工艺分析，提出精密电机柔性制造工艺路线和装备总体设计方案；研究装备执行机构设计、运动轨迹规划与节拍控制技术，实现装备精准定位与运动控制。研究装备本体结构优化设计技术，研制装备样机，实现规模化生产和应用示范。

考核指标：研制精密电机柔性制造装备，实现应用示范；单台装备可实现的“加工-装配”工序不少于4项，可适应3种以上不同类型精密电机制造；加工-装配位置控制精度不大于 0.1mm；生产节拍不大于 40秒/件；项目执行期内实现销售 3000万元以上；申请发明专利不少于3件，发表学术论文不少于3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%。

12.高反光复杂汽车注塑件快速精准移栽关键技术及装备

研究内容：研发适用于大变形高反光复杂曲面的精密光学成像系统，实现多种类多尺寸注塑件的实时精密光学成像；研发基于机器视觉的复杂注塑件在线快速检测与识别技术；

研究适应复杂注塑件面型特点的自适应末端执行器设计方法；研究注塑件的快速无序抓取与平稳精准移置方法；研制注塑件快速精准移栽装备，并开展应用验证。

考核指标：研制高反光大变形复杂汽车注塑件的快速精准移栽系统，可移栽复杂注塑件种类不少于20种，可移栽最大尺寸范围1200 mm×1200 mm×500 mm；抓取误判率≤0.01%；移栽定位精度0.1mm；移栽效率≥20 PCS/min。在项目执行期内实现销售2000万元以上，申请发明专利不少于3件，发表学术论文不少于5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%。

13.磁性材料高效高精磨削技术及双端面磨削装备研发

研究内容：研究磁性材料加工力学特性，设计磁性材料工件装夹装置，优化磨削工艺参数，提高加工精度；研究基于永磁电机的高性能驱动系统，提高磨床使用寿命和可靠性；研究双端面磨床在线监测系统，提高双端面磨床自动化与智能化水平；研制磁性材料双端面磨削装备，并在磁性材料上实现应用验证。

考核指标：研制磁性材料专用磨削装备1套，满足技术要求：磨削表面粗糙度 $Ra \leq 0.2 \mu m$ ，磨削工件正交面垂直度 $\leq 5''$ ，磨削工件平面度 $\leq 3''$ 。项目执行期内实现销售3000万元以上；申请发明专利不少于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%。

14.新能源汽车部件超大容模塑料注射成形装备研发

研究内容：基于大吨位一体化压铸模具，研究其非线性动力学规律，实现水平转盘高承载、平移与旋转运动耦合及精密定位的结构创成；基于广域分型面的一体化压铸模具，研究油缸多点同步均匀加压技术；研究双面模稳定同步开模控制策略；开发智能数据监控系统，研究形性一体化自适应补偿控制技术，提高模具成品的一致性，研究大吨位模具平稳开模机制，解决开模过程中爬行、抖动等问题。

考核指标：研制超大容模塑料注射成形装备样机系统；锁模力 $\geq 3500\text{T}$ 、模具承载重量 $\geq 50\text{T}$ 、模壁最大间距 $\geq 7200\text{mm}$ 、锁模重复精度优于0.5%、拉杆受力偏载率小于等于5%、制品重量重复精度 $\leq 5\%$ 、锁模力最大时移动模板与固定模板平行度 $\leq 0.35\text{mm}$ ；项目执行期内实现销售3500万元以上；申请发明专利不少于3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%。

15.高强回转连接件高速热锻成形装备研发及产业化

研究内容：研发多工位高速热锻成形装备技术体系，开展高强金属在高速热锻过程中材料、工艺参数对成形缺陷的作用机理及多工位场耦合控制研究；研发精密长寿命热锻模具；研究高速工况下热锻成形精度与整机结构的关联技术，

探究工件感应加热涡流场和温度场的耦合关系，建立棒料温度智能控制策略；研究热锻机与工件、冷却水间的传热特性，开发整机射流冷却系统；建立高速热锻成形规模化生产工艺路线与方案。

考核指标：开发4工位、智能大规格高强回转连接件高速热锻成形成套装备。最大剪断直径50mm，最大剪料长度80mm，后通出长度75mm；最大热锻力5000kN；最高加热温度1300℃，温度控制精度±10℃；最高生产速度120件/min。执行期实现销售额3000万元以上；申请发明专利不少于3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%。

（二）前瞻性技术基础研发项目

16.多自由度刚柔耦合力控末端执行器设计与控制方法

研究内容：面向复杂工件机器人打磨抛光需求，研究刚柔耦合多自由度力控末端执行器机构设计方法，提高刚度和柔顺运动性能；研究音圈电机设计方法，提高推力密度、降低推力波动；研究力控末端执行器的气电混合驱动方法，提升动态响应与抗冲击性能；研究基于力控末端执行器的机器人力位混合控制方法；实现机器人打磨抛光系统集成，并在典型场景实现应用验证。

考核指标：研制出多自由刚柔耦合力控末端执行器样机系统，力控末端执行器自由度为3个，采用刚柔耦合结构设

计，载荷不小于200N；提出面向刚柔耦合力控末端执行器的控制算法，力控精度优于1N，力控响应时间小于50ms；工件表面光整粗糙度 $Ra \leq 0.3\mu m$ 。发表学术论文不少于5篇；申请发明专利不少于3件。

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.激光新能场形成机理及纳米加工技术研究

研究内容：研究矢量光场调控行为，分析激光纵波场能量场变化过程，解释纵波场产生机理；研究激光纵波场能量分布和调制行为，分析纵波场纯度影响因素；开展多参数工艺对比实验，研究激光参数对加工质量的影响，实现激光纵波场纳米级线条加工和纳米深孔加工。

考核指标：研制激光纵波纳米加工装备样机，纵波能量场纯度超过95%；至少在两种材料上实现特征尺寸小于40nm线宽的图案刻蚀；实现直径小于40nm纳米孔加工，深径比 $>10:1$ 。发表学术论文不少于5篇，申请发明专利不少于3件。

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%。

18.甚长波红外焦平面探测器研制

研究内容：对甚长波红外探测器技术进行攻关，实现完全自主可控的甚长波红外探测器设计研发与生产；通过计

算模拟仿真，研究甚长波二类超晶格材料量子效率提升机制；对低缺陷超晶格材料外延生长及表征测试技术进行研究，实现对多异质结界面外延缺陷的有效控制；研究低损伤刻蚀及钝化技术，优化甚长波探测器暗电流抑制；研究芯片互联混成技术，制备高可靠性探测器组件。

考核指标：完成 3 套甚长波红外探测器样机试制，具体性能指标如下：阵列规模 640×512 ，像元间距 $25\mu\text{m}$ ，响应波长 $13\mu\text{m}$ ，有效像元率 $\geq 99\%$ ，工作温度 $\geq 77\text{K}$ ，NETD $\leq 25\text{mK}$ 。发表学术论文不少于 5 篇，申请发明专利不少于 3 件。

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：

杨桂林	中国科学院宁波材料所
蒋小平	浙大宁波理工学院
李萌	中国机械总院集团宁波智能机床研究院
汤杰	宁波中大力德智能传动股份有限公司
李立军	宁波慈星股份有限公司
刘西恒	宁波海天精工股份有限公司
冯光明	宁波力劲科技有限公司