

“增材制造与激光制造”重点专项 2025 年度项目申报指南建议

(征求意见稿)

1. 基础理论和前沿技术

1.1 可编程声光调制飞秒激光智能调形控性技术

研究内容: 面向高精度导航器件对石英力敏构件外部形状调形与内部微观结构控性的需求, 从电子层面研究飞秒激光时空光场分布等因素对超高精度质量去除、内部结构变化、应力产生及分布的影响规律, 突破声光调制飞秒激光脉冲序列智能生成以及定点定量调形控性关键技术, 研制原位高精度跨尺度石英力敏结构调形控性样机。

考核指标: 研制样机 1 套; 飞秒激光控性精度 $\leq 0.1 \mu\text{m}$; 调形加工粗糙度 $\leq \text{Ra}5\text{nm}$; 残余应力 $\leq 50\text{MPa}$; 分别实现在熔融石英、晶体类石英高精度力敏构件的典型应用: 在宽温度范围内 ($-40\sim 60^\circ\text{C}$), 对称类结构品质因子周向一致性 $\geq 99.9\%$, 平面轴对称类结构品质因子变化 $\leq 10\%$ 。

1.2 大型三维互穿复合结构设计与增材制造

研究内容: 面向长期驻守深海装备对低成本耐压结构的需求, 开展深海环境材料/结构/功能一体化设计与增材制造研究; 研究金属/无机非金属三维互穿复合仿生界面与结构设计、多材料耐压壳体多工艺协同制造、壳体结构高效增材制

造样机；开展强度、腐蚀等性能验证与评价。

考核指标：增材制造样机 1 套，成形尺寸 $\geq \Phi 2\text{m} \times 3\text{m}$ ，成形效率 $\geq 2000\text{cm}^3/\text{h}$ ；金属/无机非金属界面强度系数 $\geq 60\%$ ；复合结构耐压壳体抗压强度 $\geq 40\text{Mpa}$ （水深 4000m 等效压强）；对比传统钛合金耐压壳体，耐蚀性能相当，成本降低 $\geq 70\%$ 。

1.3 特种弹性体材料限域高精激光增材制造

研究内容：针对月球探测器承重件对复杂空间构型轻量化高精度弹性体需求，开发激光增材制造加工特种弹性体技术，研究添加剂分子限制光扩散机制，建立高精度激光加工方法，探究极端环境下增材制造弹性体微观结构和力学性能演化行为，研发关键力学性能调控装置。

考核指标：增材制造弹性体拉伸强度 $\geq 22\text{MPa}$ ；断裂伸长率 $\geq 220\%$ ；脆性温度 $> -70\text{ }^\circ\text{C}$ ；工作温度范围 $-200\text{ }^\circ\text{C} \sim 200\text{ }^\circ\text{C}$ ； $150\text{ }^\circ\text{C}$ 工况下，三周期极小曲面孔隙率 $\geq 60\%$ （壁厚 $\leq 2\text{mm}$ ），其弹性范围内压缩强度 $\geq 1\text{MPa}$ ；在航天领域实现应用或验证。

1.4 精细化释能含能材料增材制造

研究内容：面向航空航天、深地勘探等重大工程对含能材料构件精密成形需求，探索细观尺度释能反应组分三维空间分布构型设计方法；研究可实现多材料释能反应组分精确排布的高安全性含能材料增材制造方法；研究组分细观构型对含能材料跨尺度释能行为的影响规律与调控机制；开展功

能验证研究。

考核指标：开发含能材料精密增材制造样机 1 套，成形尺寸 $\geq 150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ ，制造过程中可实现不少于 3 种反应组分，精度优于 $50\ \mu\text{m}$ 的精确排布；在航空航天、深地勘探等领域典型构件实现地面点火验证，实测释能性能指标与理论值精度偏差 $< 2\%$ 。

1.5 实时检测校正的激光制孔加工头

研究内容：针对微小孔高质量制造的重大需求，探索制造过程的实时相干层析成像干扰屏蔽机制，攻克共轴光路色散匹配与补偿、光学相干断层扫描实时原位三维形貌重构、光束扫描路径实时调控等关键技术，研制制造质量实时检测校正的激光制孔加工头。

考核指标：建立抗干扰原位实时相干层析模型；开发色散匹配与补偿、微孔实时重构（微孔实时重构响应时间 $\leq 5\text{ms}$ 、微孔实时重构精度 $\leq 1\ \mu\text{m}$ ）、光束扫描路径实时调控 3 类软件；研制制造质量实时检测校正的激光制孔加工头：制孔范围 $0.05\text{-}1\text{mm}$ 、锥度闭环控制误差 $\leq 0.005^\circ$ 、深径比 $\geq 15:1$ ；开展航空航天领域的微孔制造验证。

1.6 高柔性超快激光表面强化导光臂

研究内容：针对薄壁回转曲面构件高可达、高效率超快激光表面强化瓶颈技术难题，突破超快激光导光臂的多关节光机耦合结构设计、一体化密封集成等关键技术，研制多轴联动光学导光臂系统，解析超快激光与表层原子交互作用动

力学机制，揭示整形超快激光表面强化机理，开发飞机液压导管导光臂传导整形超快激光表面强化工艺。

考核指标：研制多轴联动导光臂系统 1 套，导光臂通光口径 $\geq 15\text{mm}$ ，传输距离 $>1.5\text{m}$ ，能量传输损耗 $<10\%$ ，关节数量 >7 ；开发薄壁回转曲面构件整形超快激光表面强化典型工艺，不锈钢飞机液压导管表面残余压应力 $\geq 300\text{MPa}$ 。

2. 应用示范

2.1 大型复杂构件抗疲劳增材制造在船舶领域的应用示范

研究内容：面向船舶领域对增材制造大型复杂构件长寿命的需求，研究增材制造船用材料与创新结构的长周期服役疲劳行为，研究数据驱动的“成分-组织-界面-结构”多层次抗疲劳材料与结构创新设计方法，发展船用增材制造抗疲劳钛合金、复杂动载荷增材制造抗疲劳创新结构、大型复杂结构抗疲劳激光/电弧增材制造工艺，突破多层次抗疲劳增材制造精准形性调控、大型构件增材制造 AI 视觉智能监控等关键技术，开发船舶大型复杂构件增材制造质量控制及评价技术，建立船舶大型复杂构件“设计-制造-评价-应用”技术体系。

考核指标：增材制造船用钛合金材料疲劳强度与锻件相当；增材制造船体创新结构疲劳寿命超过传统船体结构。形成大型金属构件激光增材制造、电弧增材制造工艺，增材制造效率 $\geq 3\text{L/h}$ ，内部缺陷达到锻件超声检测 A 级水平。增材

制造视觉智能监控系统同步处理图像 ≥ 20 ，感知-决策-控制延迟时间 $\leq 100\text{ms}$ 。形成船舶抗疲劳增材制造相关标准规范 5 项以上。实现异形高压气瓶、螺旋桨、海水管道等 5 类以上大型构件增材制造船舶应用，实现十米级无人艇结构创新设计与增材制造演示验证。

“增材制造与激光制造”重点专项 2025 年度“揭榜挂帅”榜单

1. 多材料整体化增材制造在无人机涡喷发动机中的应用示范

研究内容：面向高空高速无人机用高推重比航空涡喷发动机整机多学科设计优化和多材料构件整体化制造难题，研究无人机发动机整机多学科设计优化-拓扑优化强耦合分析方法，突破多材料/结构设计优化、复杂材料/构型一体化增材制造、多材料构件后处理形性匹配调控等关键技术，开发发动机整机质量控制及评价技术，发展基于增材制造的航空发动机“创新设计-制造-评价-应用”技术体系。

考核指标：建立无人机发动机整机结构优化设计方法，筋肋、点阵等可参数化几何重构对象 ≥ 3 类；实现铝合金、高温合金、钢、梯度材料等不少于4类材料构件的整体化增材制造，且多材料整体涡轮叶片盘等多材料一体化制造的零件不少于3种；增材制造多材料接头室温强度系数 ≥ 0.85 ；机匣类环形件的外形尺寸精度优于 $\pm 0.1\text{mm}$ ；致密度 $\geq 99.99\%$ ；增材制造无人机用涡喷发动机推重比 ≥ 7 、推力 $\geq 150\text{ kgf}$ 、耗油率 $\leq 0.126\text{ kg}/(\text{N}\cdot\text{h})$ ，增材制造零件在发动机中的重量占比不低于80%；相比同推力等级发动机，零件数量降低 $\geq 35\%$ ，典型零部件制造周期缩短 $\geq 50\%$ ；完成整机地

面试车及飞行演示验证；制定基于增材制造的无人机用涡喷发动机整机设计规范、工艺规范及评价标准 ≥ 10 项；发动机完成状态鉴定，应用于不少于两类无人机，实现不少于20台份发动机的采购。

2. 多机器人-多激光协同的柔性智能制造应用示范

研究内容：面向飞机的复杂构件表面精密、高效、低成本制造重大需求，探索飞秒激光空间光场调制的微观结构成形及基底损伤抑制机理；攻克激光多形态焦斑按需调控、复杂曲面智能分区、高分辨大视场高速三维成像宽谱补偿检测、高速光束扫描耦合调控等关键技术；研制多机器人-多激光协同的柔性智能制造装备，开发成套工艺。

考核指标：研制多形态焦斑按需调控模块：圆形、六边形、矩形光斑匀化度 $\geq 90\%$ ；高分辨大视场高速三维成像在线检测模块：检测精度 $\leq 5\mu\text{m}$ ；开发复杂曲面智能分区、高速光束扫描耦合调控2套软件；研制多机器人-多激光协同的柔性智能制造装备：加工构件尺寸 $\geq 800\text{mm}\times 1200\text{mm}\times 2000\text{mm}$ 、平均无故障工作时间 ≥ 1000 小时；加工尺寸误差 $\leq 10\mu\text{m}$ ，基底材料损伤 $\leq 5\mu\text{m}$ ，制造效率较现有提升 ≥ 1 倍；实现4类飞机雷达/天线罩制造，在不少于40架份的飞机中开展应用。

3. 激光修复在新型显示领域的应用示范

研究内容：针对MicroLED新型显示制程良率提升对修复设备的迫切需求，研制高脉冲能量高稳定性的多波段激光

光源；突破多波长平顶光整形、光斑尺寸无级调控、激光束和基板精准对位及芯片位置偏移自动修正关键技术；开发支持坏点芯片分类判断和位置记录的 AOI 视觉检测模块，构建“检测-修复-再检测-再修复”闭环激光高良率修复技术体系；研制可适用于多个制程工序的 MicroLED 新型显示的激光修复设备。

考核指标：激光修复设备：266nm/355nm/532nm/1064nm 多波段激光器，脉冲宽度 $\leq 30\text{ns}$ ，重复频率 $\geq 100\text{Hz}$ ；光斑尺寸 1-60 μm 无级可调；最小可修复芯片尺寸为 $3 \times 3 \mu\text{m}$ ；兼容晶圆/临时基板/背板多制程上芯片修复；切割修复背板上 TFT 短路的线路，最小切割线宽 $1 \mu\text{m}$ ；设备对位精度 $\leq \pm 1 \mu\text{m}$ ，加工良率 $>99.999\%$ ；AOI 检测成功率 $\geq 99.7\%$ ；设备无故障工作时间 $>1000\text{h}$ 。实现不少于 10 台销售，在大屏商显、车载显示、AR/VR 显示、车载照明等领域实现应用示范。