
“增材制造与激光制造”重点专项 2016 年度项目申报指南

依据《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》和《中国制造 2025》，科技部会同有关部门组织开展了《国家重点研发计划增材制造与激光制造重点专项实施方案》编制工作，在此基础上启动增材制造与激光制造重点专项 2016 年度项目，并发布本指南。

本专项总体目标是：突破增材制造与激光制造的基础理论，取得原创性技术成果，超前部署研发下一代技术；攻克增材制造的核心元器件和关键工艺技术，研制相关重点工艺装备；突破激光制造中的关键技术，研发高可靠长寿命激光器核心功能部件、国产先进激光器，研制高端激光制造工艺装备；到 2020 年，基本形成我国增材制造与激光制造的技术创新体系与产业体系互动发展的良好局面，促进传统制造业转型升级，支撑我国高端制造业发展。

本专项按照“围绕产业链，部署创新链”的要求，围绕增材制造与激光制造的基础理论与前沿技术、关键工艺与装备、创新应用与示范设置任务。

按照突出重点、分步实施的原则，2016 年首批在增材制造与激光制造 2 个方向上启动 29 个项目。

1. 增材制造

1.1 高性能金属结构件激光增材制造控形控性研究(基础前沿类)

研究内容：针对激光熔覆沉积大型金属结构件和激光选区熔化成形复杂金属结构件，研究激光/金属热交互作用及熔池冶金动力学行为和超高温移动熔池非平衡凝固行为，揭示增材制造构件成形的几何特征和沉积态组织形成规律；研究成形过程的应力应变和变形开裂规律，提出预防变形开裂的工艺准则；研究增材制造过程及后续热处理过程材料组织形成规律，形成优化的热处理制度；研究增材制造工艺条件下合金成分与材料组织和性能的关系，形成增材制造专用合金的设计原则；研究金属结构件增材制造的质量控制与评价方法，形成质量评价规范与标准。

考核指标：熔覆沉积成形结构件最大方向成形尺寸 $\geq 3\text{m}$ ，变形量 $\leq 0.5\text{mm}/100\text{mm}$ ；选区熔化成形构件最大方向成形尺寸 $\geq 400\text{mm}$ ，变形量 $\leq 0.2\text{mm}/100\text{mm}$ ；成形结构的综合力学性能接近或相当于同种金属合金的锻件水平；成形构件实现工程试用。

实施年限：5年

拟支持项目数：2项

有关说明：优先支持紧密围绕国家重大工程应用需求的产学研合作研究。

1.2 高效高精度激光增材制造熔覆喷头的研发(重大共性关键技术类)

研究内容：研究送粉式激光增材制造喷头的粉末输送特性、影响因素以及粉末输送质量的评价方法，提出高效、高精度制造的粉末输送与增材制造工艺的匹配原则；研究送粉激光增材制造熔覆喷头结构的优化设计方法，包括模块化设计、送粉通道结构优化设计、水冷结构优化设计；研究喷头工作距离自动调控装置及喷头工作距离变化条件下的工艺技术。

考核指标：匹配激光器功率范围 100~20000W，连续开光熔覆时间 $\geq 8\text{h}$ ，温升 $\leq 200^\circ\text{C}$ ，可自动调节工作距离处的光斑直径。

实施年限：5 年

拟支持项目数：1-2 项

1.3 高性能大型金属结构件激光同步送粉增材制造工艺与装备（重大共性关键技术类）

研究内容：分层处理、路径规划及工艺过程等全流程控制软件；高效高精度增材制造工艺特性及精度和效率匹配控制策略；防污染、防反射光路设计，长程高精度多路粉体同步送进技术及增材制造过程气氛控制技术；成形过程实时可视监控技术与成形质量参数的特征辨识与智能处理技术；大跨度高精度激光束/数控工作台或机器手的联合运动控制技术。研制高性能大型金属构件激光同步送粉高效高精度增材制造工艺装备，在开展工艺试验基础上，形成工艺数据库以及工艺、装备、制件的相关标准规范。

考核指标：装备最大成形尺寸 $\geq 3500\text{mm}$ ，成形效率 $\geq 450\text{cm}^3/\text{h}$

(以 Ti-6Al-4V 合金沉积为参考), 连续工作时间 $\geq 240\text{h}$ 。

实施年限: 5 年

拟支持项目数: 2 项

有关说明: 企业牵头, 优先支持紧密围绕国家重大工程应用需求的产学研合作研究。

1.4 粉末床激光选区熔化增材制造工艺与装备(重大共性关键技术类)

研究内容: 高精度成形的装备设计原理与实现方法(包括成形平台定位精度、光斑定位精度、粉末预热温度的设计与控制方法等); 高效率成形的装备设计原理与实现方法(包括多激光束、多振镜的应用, 更高效的铺粉方式等); 先进成形软件设计(包括分层厚度、填充策略等); 装备运行的高稳定性和可靠性设计与制造; 高可靠性气氛控制; 制造过程的温度、几何、气氛等参数的实时监测、诊断与智能处理; 研制相应的成形装备, 在工程中开展试用, 建立相关装备的工艺数据库和标准规范。

考核指标: (1) 高稳定性粉末床激光选区熔化增材制造工艺与装备的指标: 支持钛合金、高强合金钢、高强铝合金、高温合金等 4 类金属材料复杂构件的高精度成形; 单激光器成形效率 $\geq 45\text{cm}^3/\text{h}$ (以钛合金为参考); 成形尺寸范围 $\geq 250\text{mm} \times 250\text{mm} \times 350\text{mm}$; 成形几何精度 $\leq \pm 50\mu\text{m}$, 表面粗糙度 $\leq \text{Ra}6$ (以成形标准试块为参考); 装备的无故障运行时间 $\geq 2000\text{h}$ 。(2) 大尺寸粉末

床激光选区熔化增材制造工艺与装备：支持钛合金、高强合金钢、高强铝合金、高温合金等 4 类金属复杂构件的高效率成形；制造效率达到 $\geq 120\text{cm}^3/\text{h}$ （以钛合金为参考）；成形尺寸范围 $\geq 500\text{mm}\times 500\text{mm}\times 500\text{mm}$ ；成形几何精度 $\leq \pm 100\mu\text{m}$ ，表面粗糙度 $\leq \text{Ra}12$ （以成形标准试块为参考）；装备的无故障运行时间 $\geq 500\text{h}$ 。

实施年限：5 年

拟支持项目数：2 项

有关说明：企业牵头，优先支持紧密围绕国家重大工程应用需求的产学研合作研究；高稳定性粉末床激光选区熔化增材制造工艺与装备、大尺寸粉末床激光选区熔化增材制造工艺与装备可以单独申报。

1.5 高效高精非金属增材制造工艺与装备(重大共性关键技术类)

研究内容：面成形光固化增材制造技术；高性能树脂及其复合材料的高精度和大型构件增材制造技术；大尺寸铸造砂型高效 3D 打印技术；研制相应的工艺装备，建立相应工艺装备的适应材料、设备可靠性、环保安全等标准规范。

考核指标：（1）面成形光固化增材制造装备的成形效率 $\geq 2\times 10^6\text{mm}^3/\text{h}$ ，成形精度 $\leq \pm 0.02\text{mm}$ ；（2）高性能树脂及其复合材料大型构件增材制造装备，最大成形方向尺寸 $\geq 2\text{m}$ ，成形精度 $\leq \pm 0.1\text{mm}$ ，制件强度性能 $\geq 100\text{MPa}$ ；（3）大尺寸铸造砂型高效增

材制造装备最大方向打印尺寸 $\geq 2\text{m}$ ，层厚 $0.2\text{mm}\sim 0.8\text{mm}$ 可调，成形效率 $\geq 250\text{L/h}$ ，砂芯抗压强度 $\geq 6\text{MPa}$ ，抗拉强度 $\geq 1.4\text{MPa}$ 。

实施年限：5 年

拟支持项目数：3 项

有关说明：企业牵头。面成形光固化增材制造工艺与装备、高性能树脂及其复合材料大型构件增材制造工艺与装备、大尺寸铸造砂型高效增材制造工艺与装备可以单独申报。

1.6 个性化植入假体增材制造关键技术（重大共性关键技术类）

研究内容：针对植入假体和精准诊疗辅助装置个性化制造的需求，研发符合临床诊疗需要的个性化假体的快速建模、分析软件和增材制造工艺软件；研制支持良好生物相容性材料的增材制造装备；开展医学临床应用研究，建立增材制造个性化假体的质量标准规范。

考核指标：工艺装备支持 3 种以上个性化假体的成形；个性化假体的设计制造时间不超过 72h；不少于 50 例的临床试用或应用。

实施年限：5 年

拟支持项目数：5 项

有关说明：临床应用单位牵头、产学研联合申报，强化各主体的优势作用。

1.7 基于互联网的 3D 打印制造创新应用（应用示范）

研究内容：针对创新创意设计和产品快速原型设计的需求，

研究基于 Web 的三维轻量化建模技术，开发大众参与的 3D 打印创新创意设计软件，开发支持产品个性定制化设计、设计师协同创意设计以及 3D 打印的云服务应用平台；针对教育、文化创意、消费品等领域的需求，开发低成本、网络化、智能化多材质彩色 3D 打印设备，并实现产业化应用。

考核指标：（1）面向 3D 打印的云服务指标：支持在线个性化定制、创新创意设计、订单交易等功能，提供 20 种以上相关云服务，支持 1 万人以上同时在线，实现初期注册用户 10 万人以上用户规模，形成不少于 500 个应用案例。（2）普及型智能彩色 3D 打印机研制及其产业化指标：自主研制低成本、多用途、网络化、智能彩色 3D 打印设备，实现市场销售 2000 台以上。

实施年限：5 年

拟支持项目数：面向 3D 打印的云服务 3 项、普及型智能彩色 3D 打印机研制及其产业化 5 项。

经费配套：其他经费与中央财政经费比例不低于 2: 1

有关说明：面向 3D 打印的云服务平台和普及型智能彩色 3D 打印机研制及其产业化可以单独申报；企业牵头申报。

2. 激光制造

2.1 大功率激光焊接机理研究（基础前沿类）

研究内容：面向国家重大需求，研究激光焊接能量耦合机理，探索羽辉形成机制及其对光束传输与吸收的影响规律，揭示厚壁

构件超窄间隙大功率激光焊接的焊缝熔池熔体非平衡凝固过程及接头组织特征与形成规律；研究激光焊接冶金特性，发展超厚超窄间隙激光焊接优质焊缝凝固组织控制新方法及焊缝组织性能同步调控新技术。

考核指标：突破厚度 $\geq 100\text{mm}$ 厚板超窄间隙焊接；高强钢、铝合金等典型材料焊态接头强度系数 $\geq 90\%$ ；完成 2 项以上工业应用。

实施年限：5 年

拟支持项目数：1-2 项

有关说明：优先支持结合国家重大工程需求，开展产学研合作研究。

2.2 高性能激光晶体制造工艺与装备（重大共性关键技术类）

研究内容：面向制造用先进激光器的重大需求，研究激光晶体/光学晶体与激光器性能参数的关联性，掌握以过氧化物为代表的高熔点激光晶体生长工艺、制备技术及制造装备集成技术；研究晶体加工表面损伤机理、表面完整性加工新工艺、控制技术以及加工技术；发展激光晶体/光学晶体高效低损伤超精密磨削、抛光等装备集成技术。

考核指标：研发高熔点过氧化物激光晶体制备工艺与装备，支持最高可生长晶体熔点不低于 2400° ，可生长激光晶体尺寸大于 $30\text{mm}\times 30\text{mm}$ ；研发激光晶体/光学晶体加工工艺与装备，加工粗糙度 $R_a\leq 1\text{nm}$ 、面型精度 $p_v\leq \lambda/6$ 。

实施年限：5 年

拟支持项目数：1-2 项

2.3 制造用工业化皮秒/飞秒激光器技术(重大共性关键技术类)

研究内容：针对精细增材制造与激光制造需求，研究高重复频率皮秒/飞秒激光的产生、放大、传输、操控等技术，探索激光时间、空间分布变换等关键物理机制和过程；研发关键功能器件，开展激光振荡输出、功率提升、光束质量控制、频率变换等关键技术研究，提出功率和稳定性提升的方案；发展工业化皮秒/飞秒激光器系统集成和模块化组装技术。

考核指标：开发出高可靠性 120W 皮秒激光器与 40W 飞秒激光器，单脉冲能量大于 50 μ J；解决 80W 皮秒激光器与 30W 飞秒激光器产品化问题；项目验收时实现制造用的皮秒激光器 200 套/飞秒激光器 100 套以上的销售量。

实施年限：5 年

拟支持项目数：1-2 项

有关说明：企业牵头申报。

2.4 复杂构件表面的激光精细制造工艺与装备(重大共性关键技术类)

研究内容：面向国家重大需求，突破激光光束路径规划及高速扫描、激光制造装备在线监测与补偿、光学检测辅助柔性夹持定位等关键技术；研制激光光束空间高速传输定位、光束空间指

向/功率实时校正等机构；研究面向航天典型零件表面图案激光精密加工、航空复杂构件的激光修理及环型薄壁化铣件激光刻型等技术与工艺；研究成套多轴光、机制造装备系统集成。

考核指标：研制复杂图案精密加工、构件修理、环型薄壁化铣件刻型等不少于 3 类高端激光制造工艺与装备。图案制造尺寸误差小于 0.02mm（以 1m² 全复杂图案考核）；零件特征结构修理尺寸误差小于 0.005mm；第 2 次重复刻型精度误差小于 0.06mm（以直径 1m 以上环型薄壁件考核）；在工程中得到实际应用。

实施年限：5 年

拟支持项目数：1-2 项

有关说明：优先支持紧密围绕航空航天等国家重大工程需求的产学研用合作研发。

2.5 激光强化技术重大工业示范应用（应用示范类）

研究内容：面向航空航天、交通等关键部件长寿命及其它高性能需求，研究激光光路控制、加工过程的多自由度运动规划、关键零件激光扫描基准面的三维坐标定位、激光扫描跟踪、质量在线检测等关键技术；研究零件强化过程工艺参数优化的控制方法，进行高可靠性激光强化装备集成研发，建立激光强化工艺数据库，形成工艺规范和标准。

考核指标：针对至少 2 个应用领域，研发不少于 2 类激光强化处理的成套工艺与装备，典型构件硬度提升 20%以上、疲劳强

度提高 15-30%及以上、强化结构件压应力层深度最大 1.5mm、叶片表面最大残余压应力 800MPa,提高寿命 80%以上；轨道激光强化处理最大速度不低于 50m/h，激光强化后提高铁轨道耐磨寿命 10 倍以上。在典型企业示范应用。

实施年限：5 年

拟支持项目数：2 项

经费配套：其他经费与中央财政经费比例不低于 2：1

有关说明：企业牵头申报；优先支持与航空航天、交通等领域国家重大需求紧密结合的产学研团队；企业牵头申报。

申报要求

1. 申报说明

各申报单位统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向进行申报，申报内容必须涵盖该二级标题下指南所列的全部考核指标（在具体方向指南中有关说明明确可以按细分方向申报的除外）。鼓励各申报单位自筹资金配套。

2. 申报咨询

联系人： 陈智立， 区和坚

电 话： 010-88374398， 010-68338038

电子邮件： czl@htrdc.com， ohj@htrdc.com

**“增材制造与激光制造”重点专项
2016年度项目申报指南编制专家名单**

序号	姓名	单位	职称
1	杨海成	中国航天科技集团公司	教授
2	姜 澜	北京理工大学	教授
3	黄卫东	西北工业大学	教授
4	徐国建	南京中科煜宸激光技术有限公司	教授
5	胡晓阳	中国工程物理研究院应用电子学 研究所	研究员
6	杜宝瑞	沈阳飞机工业集团有限公司	研究员
7	闫大鹏	武汉华工激光工程有限责任公司	研究员
8	左世全	中国电子信息产业发展研究院装 备工业研究所	研究员
9	李涤尘	西安交通大学	教授
10	周 昆	浙江大学	教授
11	朱 晓	华中科技大学	教授
12	樊仲维	中国科学院光电研究院	研究员
13	赵吉宾	中国科学院沈阳自动化研究所	研究员
14	王云宽	中国科学院自动化研究所	研究员
15	任海萍	中国食品药品检定研究	研究员