

“增材制造与激光制造”重点专项 2018年度项目申报指南

为落实《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》等提出的任务，国家重点研发计划启动实施了“增材制造与激光制造”重点专项。根据本专项实施方案的部署，现发布2018年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：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；并实现产业化应用示范；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。

本重点专项按照“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、创新应用与示范部署任务。专项实施周期为5年（2016—2020年）。

2016年本重点专项在2个技术方向已启动12个研究任务的

25 个项目，2017 年本重点专项在 2 个技术方向已启动 20 个研究任务的 23 个项目。2018 年，在 2 个技术方向启动 30 个研究任务，拟支持 30-60 个项目，拟安排国拨经费总概算为 7 亿元左右。为充分调动社会资源投入，凡企业牵头的项目须自筹配套经费，配套经费总额与国拨经费总额比例不低于 1: 1。

项目申报统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向进行。除特殊说明外，拟支持项目数均为 1-2 项。项目实施周期不超过 3 年。申报的项目必须涵盖该二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。项目下设课题数原则上不超过 5 个，每个课题参研单位原则上不超过 5 个。项目设 1 名项目负责人，项目中每个课题设 1 名课题负责人。

指南中“拟支持项目数为 1-2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 增材制造

1.1 基于增材制造的智能仿生结构设计技术（基础前沿类）

研究内容：探索形状记忆材料增材制造新原理和新工艺，形成与制造工艺匹配的改性技术和可实现热/光/电/磁等激励响应的专用材料；研究形状记忆材料增材制造结构的智能变形行为，揭

示从成形材料组织、性能、功能到制品行为的映射规律；发展基于形状记忆材料增材制造的智能仿生结构设计技术，在满足系统轻量化、功能融合等要求下，实现包括精确智能变形在内的功能和效能提升；在生物医疗、航空航天、汽车等领域开展功能应用验证。

考核指标：形状记忆材料在增材制造工艺中功能参数损失不超过 5%，非金属成形结构可调变形量不小于 40%，金属结构可调变形量不小于 8%；系统体积降低 50%以上，在传统机电结构变形标准上，变形效能提升 15%以上。

1.2 大功率高精度数字式扫描电子枪系统(重大共性关键技术类)

研究内容：面向金属粉末床增材制造工艺需求，提升电子枪的使用寿命，研发电子加速与束流强度的精确控制技术，提高电源的可靠性和加速电压的稳定性；研究适于选区熔化的电子光学设计及高精度数字式扫描系统，提高束斑质量和扫描精度；研发四枪以上阵列式电子枪系统，扩大电子束精确扫描的范围；研发电子枪运行状态的监控和自诊断、自恢复技术，提高其运行的可靠性。

考核指标：电子枪阵列拼接精度优于 200 μm ；单电子枪功率不小于 3kW，最小束斑直径优于 200 μm ；扫描范围不小于 400mm \times 400mm，精度优于 100 μm ；电子枪系统连续无故障工作时间大于 200 小时；在电子束增材制造装备中得到应用验证。

有关说明：由企业牵头申报。

1.3 面向增材制造的模型处理以及工艺规划软件系统(重大共性关键技术类)

研究内容：适用于各种增材制造技术的普适性数字模型处理方法（包括适应多材料、多尺度结构的数字模型）；针对数字模型的高效切片算法（包括曲面切片）；增材制造典型结构件的高效路径规划算法；工艺仿真优化工具软件；算法和软件工艺验证，形成软件工艺库系统。形成国产增材制造通用软件系统。

考核指标：建立普适性的模型处理软件，支持平面切片与随形曲面切片两种模式，可自动生成不少于 5 种工艺支撑和不少于 5 种点阵结构；GB 级数字模型切片时间不大于 30 分钟；适用于 3 种以上主流增材制造技术的高效路径规划算法，能够自动识别增材制造模型工艺特征不少于 5 种，GB 级数字模型自动工艺路径规划时间不大于 1 小时；开发不少于 3 种以上主流增材制造技术（包括金属和非金属）的仿真优化工具软件；在国内自主研发的增材制造装备上应用，匹配不少于 5 种典型增材制造工艺。

有关说明：由企业牵头申报。

1.4 微纳结构增材制造工艺与装备（重大共性关键技术类）

研究内容：研究复杂三维微纳结构增材制造新原理和新工艺，解决三维微纳结构制造的共性科学与技术问题，研发与微纳结构增材制造工艺及器件功能需求匹配的成形材料体系，实现功

能化的微纳结构与宏观结构一体化快速制造，开发微纳增材制造装备样机；以微机电系统、传感器、微纳光学，精密医疗器件，柔性电子器件等为应用对象，开展器件制造应用实验，形成具有重大应用前景的新型功能器件样件，实现具有微纳特征的三维结构与功能一体化制造。

考核指标：结构特征尺寸小于 $10\mu\text{m}$ ，层厚小于 $5\mu\text{m}$ ，偏差小于 20%；材料不少于 3 种；制造范围不小于 $100\times 100\times 50\text{mm}$ ；实验应用器件不少于 5 类；形成材料、工艺、装备等规范或标准。

有关说明：由企业牵头申报。

1.5 可降解个性化植入物的增材制造技术与装备(重大共性关键技术类)

研究内容：可降解生物材料的增材制造设备、工艺与植入物个性化设计软件；与增材制造工艺匹配的可降解材料；个性化可降解医学植入物设计原理、增材制造和临床试验应用研究。

考核指标：设备加工尺寸不小于 $300\times 300\times 300\text{mm}$ ，制作精度不低于 0.05mm ；满足制造工艺的可降解材料 5 种以上，制作过程满足植入物安全规范，产品通过安全性评价，符合外科植入物国家/行业标准；植入物降解后达到组织的功能再生，临床试验 40 例以上。

有关说明：由企业或医院牵头申报。

1.6 多细胞精准 3D 打印技术与装备（重大共性关键技术类）

研究内容：多细胞体系的 3D 打印设备和细胞存活维持系统；细胞与基质材料一体化的生物打印墨水体系；以复杂人体组织和器官为对象的药物模型和动物试验研究。

考核指标：设备加工尺寸不小于 $300 \times 300 \times 200\text{mm}$ ，保证 85% 以上细胞存活不小于 10 天；满足打印工艺的细胞材料（生物墨水）10 种以上，材料与设备达到生物安全标准，药物和动物实验各 20 例以上；建立多组织与器官的打印工艺规范，满足国家生物医学安全相关规范或标准。

有关说明：由企业或医院牵头申报。

1.7 高性能聚合物材料医疗植入物增材制造技术(重大共性关键技术类)

研究内容：研发高性能聚合物材料医疗植入物增材制造技术；适用医疗植入要求的聚合物材料增材制造材料体系；增材制造聚合物医疗植入物临床试验应用。

考核指标：制作精度优于 0.05mm ，达到医疗植入标准的聚合物材料（粉料或线材）4 种以上；制件静拉伸力学性能不低于 90MPa ；产品通过安全性评价，符合外科植入物国家/行业标准，完成动物实验；临床试验 40 例以上。

有关说明：由医院牵头申报。

1.8 移动式增材修复与再制造技术与装备(重大共性关键技术类)

研究内容：针对等大型高价值装备的快速现场维修需求，研究现场增材修复与再制造工艺与装备；针对现场增材修复与再制造的快速三维测量、数模分析、成形策略、数模分层及路径规划软件；零件现场可修复性与再制造性的定性和定量评价方法；适用于现场增材制造维修的集约化材料设计；现场热处理及后续加工策略；修复件无损检测与服役寿命预测，以及性能评价和考核。

考核指标：移动式增材修复与再制造装备功率不大于 20kW，沉积效率不小于 150cm³/h（以钛合金为参考），可修复零件尺寸不小于 3m；工艺装备满足陆运、海运、空运等运输条件和现场作业的环境要求，运输到工作地点后工作准备时间小于 0.5h；集约化材料修复和再制造后综合力学性能不低于原件性能的 90%；建立现场增材修复与再制造的标准与规范，在国家重大工程中应用。

有关说明：由企业牵头申报。

1.9 增材制造件后续电化学精整加工的整体制造策略与工艺技术（重大共性关键技术类）

研究内容：针对现有金属增材制造技术难以同时兼顾高效率和高精度制造的瓶颈问题，研究兼备高效率和高精度的增材制造与电化学精整加工的整体最佳制造策略与工艺技术，建立增材制造金属零件结构特征、材料组织、应力状态与电化学精整加工的

工艺匹配关系。

考核指标：最终制造件单方向尺寸不小于 500mm，尺寸精度优于 $\pm 0.05\text{mm}$ ，表面粗糙度优于 $\text{Ra } 1.6\mu\text{m}$ ；同等加工精度条件下整体制造效率较采用铣削方法精整加工提高 3 倍以上（以镍基高温合金为参考）；具备成形加工空间曲面、凸台、孔等复杂结构的能力；建立相关的标准与规范，实现钛合金、高温合金等典型产品在国家重大工程中应用。

有关说明：由企业牵头申报。

1.10 在传统制造结构件上增材制造精细结构（重大共性关键技术类）

研究内容：针对现有金属增材制造技术难以兼顾高效率 and 低成本制造的瓶颈问题，研究在锻件上增材制造局部精细结构；在机械加工件上增材制造局部精细结构；在铸件上增材制造局部精细结构。

考核指标：可在包括镍基高温合金、钛合金、铝合金和钢类合金的传统制造结构件上增材制造精细结构；复合制造的整体结构件不低于原件的综合力学性能；较传统制造方法效率提升一倍，成本降低 30%以上；建立相关的工艺数据库和标准与规范。

有关说明：由企业牵头申报。

1.11 金属增材制造的高频超声检测技术与装备（重大共性关键技术类）

研究内容：不同时、空调制下，超声激励方法在金属增材制件中激发超声的作用机理和规律；增材制造的材料组织、冶金缺陷、应力状态与高频超声的相互作用规律、数据分析与特征提取方法；高抗干扰性的在线及离线的非接触式高频超声测量方法与装备技术。

考核指标：研制出可对增材制造过程实时在线检测及对增材制造完成后的结构件进行检测的非接触式高频超声检测装备和数据处理软件，实现对钛合金、合金钢、铝合金、高温合金等材料增材制造件的在线及离线无损检测；检测盲区 $\leq 0.1\text{mm}$ ，可检测缺陷的分辨率优于 0.1mm ，扫描速度 $\geq 5\text{mm/s}$ ，可检测晶粒度 $\leq 50\mu\text{m}$ ；建立金属增材制造构件高频超声检测的规范和标准。

有关说明：由企业牵头申报。

1.12 基于 Web 环境的消费级 3D 打印在线处理服务技术应用示范（应用示范类）

研究内容：针对消费级 3D 打印应用的并发性高、价格敏感性高、个性化要求高以及用户专业化程度低的特点，研究基于 Web 的轻量化在线建模技术；超大规模三维数据并行处理技术；个人消费级的 3D 打印物体精准彩色上色技术。

考核指标：建模软件可在 iOS、安卓、Windows 等用户终端上运行，支持 1000 人并发；支持总量 10 亿级面片的超大规模三维模型的并行生成、切片；三维物体上色表面误差 $\leq 2\text{mm}$ ；实现项目

研发技术在创新创意产业的应用示范，软件销售 2000 套以上。

有关说明：由企业牵头申报。

1.13 高强铝合金增材制造技术在大型客机和民用航天制造中的应用示范（应用示范类）

研究内容：针对国产大型客机和民用航天高强铝合金结构件，研究基于增材制造工艺的大型客机和民用航天结构件优化设计方法；批量化增材制造的工艺稳定性和性能评价；基于增材制造工艺的专用高强铝合金设计许用值；民机适航条款符合性验证方法以及可靠性评价方法；基于增材制造的大型客机“材料-设计-工艺-检测-评价”全流程技术体系。

考核指标：建立满足民机适航审定和民用航天装机/装星要求的整套制造工艺、材料及评价体系文件；在保持同等刚度并满足相关服役要求的基础上相对传统制造方案实现减重 20%，制造周期缩短 50%；使用增材制造技术批量生产典型铝合金零件并装机应用，零件的主要性能离散度小于 5%，综合性能提升 10%以上；应用国内自主研发的增材制造装备与技术成果。

有关说明：由企业牵头申报。

1.14 增材制造支撑动力装备设计、制造和维修全流程优化的应用示范（应用示范类）

研究内容：针对航空发动机和燃气轮机等动力装备，研究基于增材制造的创新设计、快速研发、高性能制造和快速维修全流

程优化技术，并进行应用示范，包括面向系统级、性能优先的功能集成化设计，新产品研发的快速迭代技术，高性能、高效率和经济可行的增材制造技术。

考核指标：建立动力装备系统级架构到典型功能部件的基于增材制造的创新设计方法、标准规范、制造工艺数据库及评价体系，形成轻重量、高性能、长寿命、高可靠、集约化、外场快速维修等先进的设计与制造技术特征；系统级架构组成结构件数量减少 30%以上，减重 30%以上，效能提升 20%以上，研发周期缩短 50%以上；应用国内自主研发的增材制造装备与技术成果。

有关说明：由企业牵头申报。

1.15 超大结构件高效率低成本增材制造技术的应用示范（应用示范类）

研究内容：针对国家重点工程任务，或其它量大面广、经济效益显著的工业应用需求，进行高效率低成本增材制造技术的应用示范研究，综合应用各种增材制造技术及其与传统制造技术相结合的方法，研究基于增材制造的结构优化设计，高效率、低成本的制造方法，后处理技术与分析检测技术，增材制造零部件的性能、效率与成本的综合评价。

考核指标：相对于传统制造技术，在性能相当或更优的同时，制造效率提升 50%以上、成本降低 50%以上；建立设计方法、制造工艺规范及评价标准的成套体系；在国家重点工程任务中或量

大面广经济效益显著的应用领域实现不少于 5 例工程试用，包括大于 4m 以上大尺寸构件；应用国内自主研发的增材制造装备与技术成果。

有关说明：由企业牵头申报。

1.16 增材制造陶瓷铸型在熔模精密铸造中的应用示范（应用示范类）

研究内容：针对高端装备领域高性能、精密复杂结构铸件采用传统熔模精密铸造工艺存在的质量不稳定和生产周期长的问题，开展增材制造整体结构陶瓷铸型（模壳与型芯一体化增材制造）的应用示范研究，包括陶瓷铸型结构设计，陶瓷材料优化设计，陶瓷铸型的增材制造，增材制造陶瓷铸型熔模精密铸造全流程工艺技术，陶瓷型高温性能、精度、制造效率与成本的综合评价，在国家重大工程任务中开展应用示范。

考核指标：1500℃铸型抗弯强度 $\geq 15\text{MPa}$ ，铸件尺寸大于100mm时成形相对精度优于0.2%，铸件尺寸 $\leq 100\text{mm}$ 时成形绝对精度优于0.2mm；实现复杂结构高性能零件精密铸造，铸件不合格率相对于传统技术降低50%；实现国家重大工程任务中5种以上关键铸件的示范应用；应用国内自主研发的增材制造装备与技术成果。

有关说明：由企业牵头申报。

1.17 高性能聚合物零部件增材制造技术的应用示范（应用示

范类)

研究内容：针对航空航天、汽车、船舶等领域高性能复杂结构聚合物零部件的制造需求，在产品优化设计、高性能聚合物材料、增材制造装备、工艺数值模拟与优化、环境适用性和环保性、性能检测与质量评价方法等方面开展系统的增材制造示范应用，实现显著缩短制造周期，降低制造成本的产业化应用目标。

考核指标：零部件制作精度和性能满足工程应用要求，单件制造周期相对于传统制造工艺缩短 80%，材料节省 50%，综合成本降低 20%；建立 4-5 种应用材料体系、工艺过程模拟软件、制造工艺规范和质量评价标准；100 种以上零部件进入工程应用；应用国内自主研发的增材制造装备、材料、模拟软件与技术成果。

有关说明：由企业牵头申报。

1.18 砂型 3D 打印支撑的智能铸造产业化应用示范（应用示范类）

研究内容：针对传统铸造业绿色化和智能化转型的国家重大需求，进行砂型 3D 打印（包含基于 3D 打印的复合造型技术）支撑的智能铸造产业化应用示范研究，包括作为智能铸造车间核心单元的砂型 3D 打印生产线，砂型 3D 打印应用于智能铸造的全流程工艺技术，3D 打印砂型在工业规模智能化铸造生产中的应用示范。

考核指标：打印效率 $\geq 350\text{L/h}$ ，砂型合格率 $\geq 98\%$ ；大于 50

种及 1000 吨铸件的智能铸造应用示范，铸件尺寸精度提升 1~2 级，产品交付周期缩短 50%，通过优化设计，重量减轻 10%以上；支持高效高精度 3D 打印大型砂模和复杂砂芯的全流程工艺规范和标准；应用国内自主研发的增材制造装备与技术成果。

有关说明：由企业牵头申报。

1.19 口腔修复体 3D 打印应用示范（应用示范类）

研究内容：面向口腔修复开展 3D 打印技术应用示范，研究满足口腔修复体力学性能和精度需要的材料以及 3D 打印工艺，建立从牙齿数字三维数据高精度测量、口腔修复体设计、3D 高精度打印以及功能匹配评价的系统应用，形成高效低成本的口腔修复应用系统。

考核指标：口腔修复体制作效率提高一倍，精度和功能满足临床应用要求，成本降低 50%，建立相关的质量测评规范，并取得医疗器械产品注册证；在不少于 20 家口腔医院或诊所获得应用，应用示范案例 1000 个以上；应用国内自主研发的增材制造装备与技术成果。

有关说明：由企业或医院牵头申报。

1.20 个性化医学假肢与肢具的增材制造应用示范（应用示范类）

研究内容：以假肢、肢具、矫正器等个性化康复与治疗为目标，进行增材制造技术应用示范，建立高效三维测量和个性化设

计软件、增材制造、适用评估和临床应用系统。

考核指标：相对现有技术制造时间缩短 50%以上，成本降低 50%以上；减重 30%以上；建立制作和医疗应用规范，产品符合相关标准并获得市场准入，在不少于 5 个医院开展应用示范，个性化应用案例 200 例以上；应用国内自主研发的测量、设计和增材制造装备与技术成果。

有关说明：由企业或医院牵头申报。

1.21 个性化医疗功能模型 3D 打印技术应用（应用示范类）

研究内容：开展复杂人体组织器官手术规划和技能培训的 3D 打印功能模型应用示范，显著提高人体复杂模型 3D 打印的色彩精准性、影像对比度、质感及功能拟人化程度，推动多组织器官功能模型的大规模应用。

考核指标：应用功能模型 15 种以上，功能材料 20 种以上，缩短手术时间 2/3 以上；应用案例 1000 例以上，培训 500 人以上；建立人体组织功能模型材料与工艺规范、质量控制规范；应用国内自主研发的增材制造装备与技术成果。

有关说明：由企业牵头申报。

2. 激光制造

2.1 飞秒激光精密制造应用基础研究（基础前沿类）

研究内容：面向信息、新能源、交通、医疗等领域中的国家重大需求和国民经济主战场中核心结构关键制造挑战，搭建飞秒

激光与材料相互作用的亚飞秒时间分辨率检测系统，揭示加工中的调控规律；研究激光与材料相互作用三维微纳米尺度成形和性能调控规律，调控加工中的物理化学过程，发展飞秒激光共振吸收等微纳加工新方法；解决高深径比微孔、高保真集成量子门、新型高温振动传感器等制造技术瓶颈，开发飞秒激光制造装备，解决相关制造挑战，实现重大应用。

考核指标：超快检测系统时间分辨率 $<0.2\text{fs}$ ；研制飞秒激光制造装备 1 套；解决不少于 2 项国家重大工程中关键制造难题并获重要应用：实现 $\geq 300:1$ 深径比微孔（以直径小于 $2\mu\text{m}$ 考核）、基于 3-5 比特量子逻辑门的集成计算芯片的制备等。

2.2 面向制造业的大功率半导体激光器(重大共性关键技术类)

研究内容：基于国产的半导体激光芯片，开展双微通道散热、热沉、大功率多光束合成、光纤耦合、光束整形等关键技术及半导体激光器失效机制等研究，突破芯片腔面特殊处理技术与工艺、大功率半导体激光器制造、集成、封装、测试及可靠性等国产化、批量化生产技术。

考核指标：研制高功率高性能半导体激光单管和激光巴条；研制输出功率 $2\text{kW}@100\mu\text{m}$ 高亮度光纤耦合模块；研制输出功率 $20\text{kW}@600\mu\text{m}$ 的系列化长寿命光纤输出半导体激光器；实现 $\geq 2\text{kW}@100\mu\text{m}$ 光纤耦合模块（预期寿命 $>10\text{k}$ 小时）销售不少于 100 台，实现 $\geq 20\text{kW}@600\mu\text{m}$ 光纤耦合系统销售不少于 50 台。

在增材制造/激光制造装备上进行应用示范。

有关说明：由企业牵头申报。

2.3 微纳结构激光跨尺度制造工艺与装备（共性关键技术）

研究内容：研究激光与材料相互作用的物质瞬态弛豫过程，探索激光诱导自组干涉微纳结构的调控机制，研究微细结构、功能阵列微孔高效制造、减阻功能微结构制造新方法，突破宏-微-纳跨尺度激光纳米级加工中运动基准与驱动系统存在的耦合干扰问题，攻克光束零位漂移补偿与激光器参数优化控制等关键技术，开发成套装备。

考核指标：瞄准航空航天、光电子制造等领域，研制 1 类激光微结构跨尺度制造装备；最小线宽 $\leq 20\text{nm}$ ，实现三维光子集成器件制造；实现减反功能阵列微群孔制造，透过率增加量 $\geq 10\%$ ；实现减阻面积 $\geq 1000\text{cm}^2$ 微纳结构功能表面制造，阻力系数减小 $\geq 10\%$ 。实现不少于 3 类具有重大应用前景的跨尺度微纳功能器件制造。

有关说明：由企业牵头申报。

2.4 基于衍射光学元件的激光并行制造工艺及装备（重大共性关键技术类）

研究内容：探索激光与纤维类复合材料的相互作用机理，研究基于衍射光学元件的激光并行制造新方法，研究并行激光加工智能监测及反馈系统，研究激光并行制造成套装备技术。

考核指标：瞄准交通运输、能源以及电子制造等领域，优先

采用国产激光器，开发不少于 2 类高端激光并行制造装备，分光光束大于 20 束，加工精度优于 $10\mu\text{m}$ ，各并行光束能量稳定性优于 1%，进行工程应用。

有关说明：由企业牵头申报。

2.5 激光高精度快速复合制造工艺与装备（重大共性关键技术类）

研究内容：研究激光与多种制造方法的复合（如等离子体、机械等）协同制造技术，攻克精密表面的高分辨检测与激光制造同步技术，高效率低缺陷激光复合加工技术，探索多物理量复合技术以及激光复合制造过程原位检测技术和质量控制方法，开发激光复合制造装备。

考核指标：瞄准航空、新能源等领域，开发不少于 2 类激光复合制造装备，具备加工多种高精度复杂图案的能力，加工精度 $\leq 0.2\mu\text{m}$ ，最高线加工速度 $\geq 20\text{cm/s}$ ，开发出满足上述加工精度的高分辨同工位检测装置，检测精度 $\leq 0.2\mu\text{m}$ 。

有关说明：由企业牵头申报。

2.6 激光精密去除技术与装备（重大共性关键技术类）

研究内容：探索 IC 领域激光高效窄槽切割、精细抛光新方法，研究先进精密零件曲面高精度选择性区域雕刻等制造技术，攻克电光调制等精密控制、界面强度激光检测等关键技术，研究宏微跨尺度激光加工和先进封装工艺，开发激光加工成套装备。

考核指标：面向 IC、航天等领域，开发不少于 2 类精密制造装备，芯片先进封装切割缝宽 $\leq 25\mu\text{m}$ ，切割质量界面强度激光检测模块装置（测量重复精度 $\leq 5\%$ ），并实现不少于 2 类典型器件的激光精细抛光；雕刻深度精度优于 $0.3\mu\text{m}$ ，Ra 优于 $0.1\mu\text{m}$ 。获得实际应用。

有关说明：由企业牵头申报。

2.7 大型薄壁构件激光焊接技术应用示范（应用示范类）

研究内容：针对大型薄壁金属构件，研究高安全和高质量要求的激光焊接工艺、激光焊接机理与焊缝的主要失效行为、激光焊缝跟踪定位技术及焊接变形控制技术，研究高可靠性成套装备技术。

考核指标：研制不少于 3 类激光焊接成套设备和焊接工艺。大型薄壁构件（直径 500mm 以上、厚度 $\leq 0.7\text{mm}$ ）连续焊缝长度 $\geq 3500\text{mm}$ ，焊接变形量 $\leq \pm 0.1\text{mm}$ ，焊缝性能满足相关行业具体要求，建立焊接工艺数据库，形成工艺规范和标准，在核电、航空、高铁、船舶等领域，进行不少于 20 台套激光焊接的示范应用。

有关说明：由企业牵头申报。

2.8 厚板、中厚板激光焊接技术应用示范（应用示范类）

研究内容：针对厚板（厚度 $\geq 70\text{mm}$ ）、圆周中厚板（厚度 $\geq 8\text{mm}$ ）金属管材，探索激光焊接和激光电弧复合焊接新方法，设计集激光焊与电弧焊于一体的复合焊炬；研究焊缝缺陷形成机理及其检测与控制技术、热应力调控技术、焊接精度控制技术，以及激光/电弧复

合焊接系统的运动控制技术。完成系统激光器起停及输出功率的变化、弧焊参数的变化等控制任务，研究高可靠性成套装备技术。

考核指标：研制不少于 2 类激光焊接、激光复合焊接成套设备与焊接工艺。厚板连续焊缝长度 $\geq 5000\text{mm}$ ，圆周中厚板焊缝长度 $\geq 2000\text{mm}$ ，焊接效率提高 8 倍以上，节能 50%以上，焊接强度不低于母材的 95%；对完成圆周中厚板的激光电弧复合焊焊缝进行力学性能试验，满足 API 1104 要求。建立工艺规范和标准。并在核电、航空航天、交通运输、能源、海洋、石油化工等领域内，进行不少于 20 台套的示范应用。

有关说明：由企业牵头申报。

2.9 激光金属制孔技术应用示范（应用示范类）

研究内容：研究圆孔激光精细制造新方法和高精度装夹与自适应定位技术，攻克光束高速制孔扫描、喷孔等空腔零件加工对壁防伤等关键技术，探索激光加工工艺参数与小孔加工质量、倒锥孔精度控制、制造效率的关联性，开发激光制孔成套装备。

考核指标：优先采用国产激光器，开发关键零件激光制孔成套设备，孔径范围： $25\mu\text{m}-800\mu\text{m}$ （全覆盖），孔径精度 $\leq 1\mu\text{m}$ ，最大深径比 20: 1，建立工艺规范和标准，瞄准车辆等领域，进行不少于 20 台套激光金属制孔装备的示范应用。

有关说明：由企业牵头申报。