

# 发展高能束流增材制造技术 促进航空制造业跨越式发展

Develop High-Energy Beam Additive Manufacturing Technology to Promote Leapfrog Development of Aeronautical Manufacturing Industry

本刊记者 深蓝

[编者按]当前,以高能束流(激光束、电子束、等离子或离子束)为热源而开展的金属、非金属或金属基复合材料的高能束流增材制造不仅能够大大减少制造工序、缩短生产周期,节省材料、降低成本等,而且成为航空航天、医疗卫生等行业快速验证优化设计、快速响应制造的强有力技术手段。北京航空制造工程研究所是国内最早开展增材制造技术研究的单位之一,具有较完整的高能束流增材制造专业体系。近日,本刊记者就一些热点问题采访了北京航空制造工程研究所高能束流特种加工及快速制造学术带头人巩水利研究员。



巩水利

中航工业北京航空制造工程研究所副总工程师,自然科学研究员,博士,博士生导师,高能束流特种加工及快速制造学术带头人,享受国务院政府特贴专家。中国航空工业集团公司特种加工技术首席专家,国家高档数控机床与基础制造装备科技重大专项总体专家组成员,中国焊接学会常务理事,高能束流和特种焊接委员会主任,国际焊接学会航空专委会主席,高能束流加工技术重点实验室常务副主任。长期从事激光焊接及金属增材制造研究工作。先后主持和参加了973项目、国家高档数控机床与基础制造装备科技重大专项、国家自然科学基金、国防科研基金、国际合作项目等20余项。获省部级科技进步奖13项,获发明专利26项,发表学术论文100余篇。

☞：您带领的高能束流增材制造团队经过数年努力，攻克了金属快速成形制造的关键技术，实现了装机应用，请您介绍一下技术进展情况及对国防领域的意义。

**巩水利：**北京航空制造工程研究所高能束流增材制造研究团队依托高能束流加工技术国家重点实验室，经过几年的研究攻关，已发展形成了多种门类、多种手段的增材制造技术，如激光选区熔化(SLM)、电子束熔化制造(EBM)、激光近净成形制造(LENS)、金属直接沉积(DMD)、形状沉积制造(SDM)以及电子束自由成形(EBFFF)等；另外也形成了原材料研制、工艺和设备关键技术研发等较完整的技术体系，并已成为重点实验室重要的研究方向和研究领域。近几年，我们研究团队从零开始，以电子束自由成形(熔丝成形)和大型金属构件激光选区熔化成形技术为突破口，系统开展了从材料研制、技术研究、装备研发到标准规范研究和装机工程应用研究等全过程攻关，在国际上率先实现了电子束熔丝成形飞机钛合金次承力结构件和激光选区熔化成形大尺寸金属复杂结构功能构件的装机应用，同时为采用电子束熔丝成形制造大型钛合金主承力构件装机应用奠定了坚实基础。这不仅能够大大减少制造工序、缩短生产周期，节省材料、降低成本，而且成为快速验证优化设计、快速响应制造的强有力技术手段。当然，这只是我们研究工作万里长征的第一步，只是初见成效，基础研究、应用基础研究许多关键问题还没有从根本上解决，还需要不断努力。

☞：能否介绍一下您所在的北京航空制造工程研究所的增材制造专业及发展情况。

**巩水利：**北京航空制造工程研究所是我国最早开展增材制造技术研究与应用的主要单位之一，在关

桥院士的倡议和指导下，形成了以高能束流(粉、丝材)熔覆沉积和其他能源(块体)组焊制造为主要技术方向的增材制造技术群体。特别是高能束流增材制造技术形成了以电子束熔丝沉积成形、电子束选区熔化成形、激光熔覆成形、激光选区熔化成形、激光熔丝沉积成形等增材制造技术群。经过近10年的发展，在金属增材制造领域已初步形成材料、装备工艺、产品三位一体的产业链，具备国内外最大尺寸电子束熔丝成形设备和激光选区熔化设备的研制能力，激光选区熔化已成形出320mm×320mm×420mm复杂结构功能件；电子束熔丝成形已成形出2100mm×450mm×300mm钛合金主承力结构件；材料制备覆盖不锈钢、高强钢、高温合金及多种钛合金的丝材和粉材。

☞：请您谈谈高能束流增材制造在航空制造领域的发展前景。

**巩水利：**欧美发达国家纷纷制定了发展和推动增材制造技术的国家战略和规划，增材制造技术已受到政府、研究机构、企业和媒体的广泛关注。2012年3月，美国白宫宣布了振兴美国制造的新举措，将投资10亿美金帮助美国制造体系的改革；英国政府自2011年开始持续增加对增材制造技术的研发经费。除了英美外，其他一些发达国家也积极采取

措施，以推动增材制造技术的发展。

当前和今后，高速、高机动性、长续航能力、安全高效低成本运行等苛刻服役条件对飞行器结构设计、材料和制造提出了更高要求。轻量化、整体化、长寿命、高可靠性、结构功能一体化以及低成本运行成为结构设计、材料应用和制造技术共同面临的严峻挑战，这取决于结构设计、结构材料和现代制造技术的进步与创新。高能束流增材制造技术是满足航空武器装备研制的低成本、短周期需求的重要技术途径。据统计，目前我国大型航空钛合金零件的材料利用率非常低，平均不超过10%；同时，模锻、铸造还需要大量的工装模具，由此带来研制成本的上升。通过高能束流增量制造技术，可以节省材料2/3以上，数控加工时间减少一半以上，同时无需模具，从而将研制成本尤其是首件、小批量的研制成本大大降低，节省国家宝贵的科研经费。通过大量使用基于金属粉末和丝材的高能束流增材制造技术生产飞机零件，实现结构的整体化，降低成本和周期，达到“快速反应，无模敏捷制造”的目的。随着我国综合国力的提升和科学技术的进步，为了缩小与发达国家的差距，保证研制速度、加快装备更新速度，急需这种新型无模敏捷制造技术——金属结构高能束流增材制造技术。(责编 亦非)

