

开展数字制造基础研究， 提升高端制造装备核心竞争力

——走进数字制造装备与技术国家重点实验室

Research on Digital Manufacturing to Enhance the Core Competitiveness of High-End Manufacturing Equipment

[编者按] 华中科技大学数字制造装备与技术国家重点实验室瞄准高端制造装备的国家重大需求以及数字制造国际学术前沿,以航空航天高端数控装备、汽车与船舶激光加工装备、柔性电子制造装备及纳米制造等为主要对象,开展数字制造装备技术的应用基础理论和共性技术研究,形成“数字制造基础理论”、“先进加工工艺与方法”、“数字制造装备关键技术”、“数字制造系统”4个研究方向,开展了“理论创新—技术突破—装备研发”全链条研究,实现了从工艺原理、核心技术到装备研制的系统创新,在数字制造装备与技术领域形成了研究特色。

目标定位

实验室定位于应用基础研究,立足国际研究前沿,以高端数控、电子制造、汽车制造及纳米制造等关键装备为主要对象,开展数字制造装备技术的应用基础理论和共性技术研究,为我国制造业尤其是装备制造业提供源头创新,提升我国数字制造和高端制造装备领域的核心竞争力。针对制造装备国家重大需求,结合数字化制造学科前沿,力争在数字制造装备技术方面建成具有国际影响力的国家重点实验室,并建设成为数字制造装备与技术国家级创新平台、制造学科中著名的高层次人才汇聚基地、制造研究领域中国内外著名的学术交流中心和先进制造领域著名的战略前沿技术储备基地。

人才与平台

实验室拥有70余人的强大研究队伍,拥有5名院士、1名千人、7名杰青、7名长江、8名青年千人、3名

青年拔尖、4名优青,形成了一支由“院士、千人学者/长江学者/国家杰青”领衔的优秀学术团队,拥有1个国家基金委创新群体、1个国家重点领域创新团队、2个教育部创新群体和2个省级创新团队。实验室建立了较为完善的试验条件,拥有大型仪器设备261台套,价值1.437亿元,全部面向社会开放使用。依托国家重大科研项目,开发了一系列新兴产业的高端装备30台/套。根据国家需求和重点研究方向,实验室建成了4大功能试验平台。(1)具有国际领先水平的多轴数控加工综合试验平台:开展难加工材料多轴数控加工表面完整性分析、多轴数控加工装备动态特性辨识和智能化多轴数控加工新装备研制等研究,重视不同检测手段的综合与集成;(2)促进学科交叉,建立具有国际先进水平的多能场激光制造试验平台:面向高服役性能海洋装备、航空航天装备等领域大型复杂结构件(特大型导流管、火箭

喷管等)的控形控性制造需求,构建面向大型厚壁构件激光复合能场柔性制造研究平台;(3)拓展了新兴交叉学科方向,建成了具有国际影响力的柔性电子制造试验平台:面向特殊物理性能电子器件制造,以有机电子全喷印制造工艺平台、可延展无机柔性电子制造平台、复杂曲面电子器件共形制造平台为突破口,打造成国家特色鲜明的电子制造中心,建立柔性电子制造综合实验室;(4)建设具有创新特色的超精密制造及测量研究平台:建设在超精密加工基础理论、工艺及运动控制与测量等方面具有创新特色的超精密加工及测量平台。

研究项目及成果

数字制造装备与技术国家重点实验室于2006年7月由国家科技部批准成立,针对制造装备国家重大需求,结合数字化制造学科前沿,实验室开展了“理论创新—技术突

破—装备研发”有机融合的应用基础研究。近5年来,实验室承担国家973项目、国基金群体重点项目、国家02/04重大专项等科研任务500多项。发表SCI收录论文1000余篇,实现了在*Nature Comm*、*Adv Mater*顶级期刊论文零的突破。

针对高性能数字制造装备基础理论,主持了国基金创新群体项目,实现6进9滚动支持,使我国高性能制造装备理论研究在部分领域跻身国际前列。以实现高端制造装备“高速、高精、高可靠”的性能为目标,从“几何→物理;多尺度→跨尺度;数字化→智能化”方面开展了高性能数字制造装备多学科交叉研究,研究了复杂曲面加工高表面完整性、高精度稳定性、高自律执行等科学问题,建立了高端制造装备性能优化的理论基础。

针对复杂难加工零件高品质制造工艺与装备,主持了3个973计划项目,解决了我国海洋动力定位装备、航空发动机叶轮叶盘等数字制造重大难题。以海洋动力定位装备中的全回转推进器等为对象,研究了构件组织演变与抗腐蚀疲劳机理、服役表面形性状态生成原理、界面状态与动态特性的关联规律;以航空发动机叶轮、叶盘、机匣等为对象,从微结构热成形制造、兼顾质效的多轴数控加工、功能表面微形貌高效加工等方面开展系统深入的基础研究,创立复杂难加工零件高品质制造的新原理、新方法和新工艺。

针对战略性新兴产业柔性显示工艺与装备,主持了3项国基金重点项目、1项973青年项目,开拓了柔性电子制造多学科交叉方向。研究了柔性电子跨尺度喷印制造工艺中动力学行为与多场调控技术,提出了大面积柔性电子曲面共形制造、微超级电容的微纳电极规模化制造方法、仿生柔性微纳制造等新制造原理、新工艺方法,为飞机智能

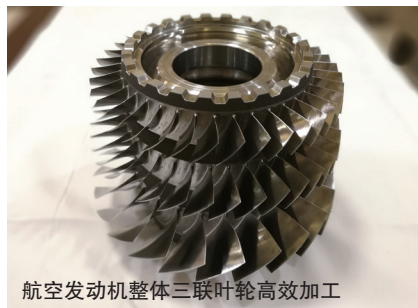
蒙皮、高性能柔性传感及储能器件等柔性电子器件批量化、可控化、一致性制造提供强有力的技术支撑。

针对数字化测量仪器关键技术,主持了2项国基金重大科研仪器设备研制项目,提升了我国测量科学的原始创新能力。针对我国高超音速、大马赫数航空发动机自主研发的瓶颈问题,开展了高超音速流场实时精确测量系统的研制工作,实现了高超音速、非定常、高度非均匀流场的精确测量,在国家风洞试验中心得到应用。

针对数控系统和数字制造系统关键共性技术,主持了11项国家数控重大专项和智能制造课题,推动和引领我国制造业向数字化智能化转型升级。开展开放式高档数控系统、伺服装置和电机成套产品研制,开发了基于云计算结构的智能化高档数控系统(iNC),起草了高档数控机床系列国家标准,在全国各行各业得到推广应用。

科技成果转化

近5年来,实验室30多项专利实施了科技成果转移转化,合同经费达4000余万元,促成了一批重大科技成果的工程化开发与应用,面向行业产业重大需求,积极参与国家智能制造示范试点专项和“数控一代”示范工程等,推动制造技术数字化、智能化、产业化,产生了巨大经济效益,为制造业转型升级和战略性新兴产业发展做出突出贡献。激光加工成套工艺装备在神龙(标致)、长城、江淮、上汽通用、江铃(福特)等313家企业应用538台套,白车身激光焊接生产线在近3年11次国际招标中10次中标;大型复杂构件机器人加工系统在电动客车车身、大型风电叶片等加工中推广应用,两年内已形成逾亿元的效益;自主研发的高档数控系统已在沈飞、成飞、上海航天等重点国防军工等



航空发动机整体三联叶轮高效加工

企业获得批量应用,累计销售6万多台/套。发起了全国数控一代示范工程,针对电子制造等6大行业形成了5000余台/套的行业应用。

国际交流合作

实验室在高水平国际合作与学术交流中取得了长足的发展,显著提升了国际声誉。发起的“智能机器人与应用国际学术会议”(ICIRA),已连续举办11届,分别由国内外知名机器人研究机构轮流举办,已成为智能制造与机器人领域具有重要影响力的国际会议。创办了《智能机器人与应用(IJIRA)》、《机械工程前沿(FME)》等国际期刊,FME 2014年入选高校科技期刊精品工程并成为中国工程院(9+1)刊之一,2018年被SCI检索。近5年实验室成员在国内外学术会议上做主题/特邀报告200余人次,20余人次担任数字制造领域国际权威期刊编委,李国民教授连续两届任国际期刊IEEE/ASME TMECH主编,丁汉院士任国际权威期刊IEEE TASE高级编辑。

实验室围绕数字化制造、先进电子制造、微纳制造与测量等主流研究方向,与世界一流大学和知名研究机构建立了长期深入的合作关系,开展国际学术前沿研究和基础研究。并与通用汽车、博世(中国)等世界500强企业开展关键技术攻关,在复杂零件高品质制造方面有重大突破,柔性电子制造、微纳制造与精密测量等技术有力支撑了智能制造、机器人等国家重大需求。

(采访 李丹)