

# 持续创新研发高效磨削技术与 高端数控装备

## ——走进国家高效磨削工程技术研究中心

Continuous Innovation and Development of High-Efficiency Grinding Technology and High-End CNC Equipment

[编者按] 国家高效磨削工程技术研究中心于1998年经科技部批准,依托湖南大学组建,专业从事高效磨削技术及装备的研发。工程中心研发团队在高效磨削基础理论、工艺技术与数控装备领域开展了长期、持续的创新研发,具有30多年的研究历史传承,形成了基础研究、应用开发、高档数控装备研制与市场应用的一体化格局。工程中心在历次国家工程技术研究中心验收和评估中均评为优秀。

国家高效磨削工程技术研究中心拥有国内一流的高速/超高速磨削实验室、精密/超精密磨削实验室、微纳加工实验室以及激光复合加工实验室,在高速/超高速磨削、精密磨削、高速主轴及关键功能部件研发以及超精密/纳米加工制造等领域具有完备的基础研究条件,形成了教授学者、专职科研人员、工程开发与产业化员工紧密协同的科研队伍,在高速高效磨削领域的研究能力居国际先进水平。

### 研究方向

在工程中心技术委员会主任委员郭东明院士和行业知名专家的指导下,工程中心近年来进一步优化了研究方向,聚焦高速与超高速磨削技术、超精密磨削与微纳制造、装备设计及智能制造、激光加工及其复合制造相关领域的创新研发,为国家重大

战略项目的实施提供工艺技术与装备支撑,为行业技术进步开展引领性研究。

### 科研成果

工程中心自组建以来,成功开发了7大系列30余个规格的具有自主知识产权的中高档高速、高效数控磨床,在国内汽车、内燃机、工程机械、摩托车等行业获得大批应用,产品覆盖国内20多个省市,对加快我国汽车关键零部件精加工装备国产化,带动我国高档数控机床的技术和产业发展,增强我国高档数控机床的国际竞争力起到了重要支撑作用。

工程中心在2007~2011年期间,先后承担了一大批对行业技术进步有重要影响的国家和部省科技项目及国际合作研究项目,项目总经费近1.2亿元;获得国家、部、省以上科研成果奖13项。其中国家科技进步奖

二等奖1项,部省科技进步奖3项。

工程中心在2011~2015评估期,承担国家、部、省科技项目74项,项目总经费1.64亿元,获国家、部、省科技奖励10项,其中国家科技进步奖二等奖1项,部省科技进步一等奖4项;共申请与授权国家专利52项,其中发明专利32项;制定各类标准10项;发表学术论文133篇,学术专著5部。

工程中心“十三”五期间科研总收入达到22577万元,年均科研与产业总收入保持在5000~6000万元水平,人均科研产业收入居同类研究机构领先水平。

### 课题及项目

工程中心牵头完成的国家04科技重大专项“高效磨削创新能力平台”课题,联合秦川机床工具集团、上海机床厂有限公司、郑州三磨所、

南京航空航天大学、东华大学以及重点用户单位,形成了产学研用一体化的创新研发体系,完成新技术开发39项,向行业转移和发布15项关键技术,申请发明专利13项,软件著作权3项,形成13项技术规范与标准,形成两条成套产业技术链,建成两个高水平磨削技术实验室;课题成果显著提升了汽车、飞机发动机关键零件的加工效率与质量,对大型齿轮磨削与磨齿机研发、航空航天与国防项目、工程机械零件再制造、国产五轴数控磨床工艺与软件技术的提升提供了关键支持。

工程中心近年来在铁路钢轨数控铣磨作业装置整机设计、工艺和关键部件研发,微小非球面光学模具超精密复合加工技术及装备,极端工况液体静压(电)主轴及转台关键技术与应用,大型光学镜面的高速高效超精密加工、检测技术与装备,金属激光增材-铣-磨复合制造关键技术及装备等领域开展了产学研一体化的研发工作。项目研究带动了行业技术进步、提升了先进工艺技术与装备在相关行业的应用水平。

在工程中心主任金滩教授的带领下,面向大型地面天文望远镜、空间望远镜、大型激光核聚变装置等领域对大口径超精密光学元件的迫切需求,研发了MXZX-005四轴多功能高速高效光学复合磨抛机床和高速低损伤磨削技术、双旋转快速超精密抛光技术以及超精密磨料水射流抛光技术。高速复合磨抛机床具有磨、抛双主轴结构,砂轮最高线速度125m/s,工作台直径1100mm,最大回转直径1350mm,可实现大口径平面镜、球面镜和非球面镜的精密磨削与高效率修形抛光。对几种典型光学元件(平面镜、球面镜及非球面镜)进行磨削验证,材料去除效率、面型精度、表面粗糙度、亚表面损伤等主要技术指标达到和超过目前国际先进水平,0.5m尺度面型精度0.1~0.2 $\mu\text{m}$

RMS,表面粗糙度10~20nm,亚表面损伤深度5~10 $\mu\text{m}$ ,光学玻璃、熔石英材料的单位时间材料平均去除率150~200 $\text{mm}^3/\text{s}$ 以上。良好的磨削表面质量可极大降低后续磨抛加工时间,缩短大口径光学元件加工周期。

工程中心团队还在金滩教授带领下,与工程中心下属产业化公司湖大海捷工程技术研究有限公司,共同承担了财政部中央国有资本经营预算支出项目“钢轨高效轻量化铣磨作业系统产业化”。项目以高速高效化、轻量化和智能化为目标,研发钢轨铣磨作业车并形成铣磨作业系统批量生产能力。工程中心研发团队开发的铁路钢轨数控磨削装置为国内首台铣磨车配套,已交付西安铁路局使用,并通过了铁路总公司验收。研制的钢轨激光检测装置性能先进,具有较高技术成熟度,已完成装车试验。工程中心与铁路总公司和金鹰重工开展项目合作,开发了新型复合结合剂砂轮,完成了CBN高速打磨主轴、高速打磨工艺技术与新型打磨小车的优化设计,研制形成了新型的钢轨高效打磨小车单元及新型高效打磨工艺。该技术在高速铁路、地铁以及城际铁路钢轨修复领域具有巨大的市场应用前景。

工程中心尹韶辉教授团队在小口径非球面光学透镜加工技术与装备、精密划片机等领域开展了创新性研究,开发了基于磁场辅助的磁性复合流体斜轴研磨工艺,超精密车削、磨削及研磨一体化复合加工技术,以及微小非球面超精密复合加工装备,可实现亚微米级形状精度和纳米级表面质量的微小透镜模具的纳米制造,填补了国内外空白。6~30mm非球面口径加工后表面形状精度PV值达到120~150nm,超精密磨削后表面粗糙度 $R_a$ 值达到3~5nm,研磨后达到0.7~1nm,模压后的玻璃透镜产品达到了规定的技术要求。与进口模具相比,该系列模具降低成本30%

以上。模压的镜片产品为国内外大型光电生产厂商所采用,创造了良好的经济效益,也为汽车大型模具、发动机、变速器、微型摄像系统、光电传感器等关键部件的国产化自主制造,提供了关键精加工装备的支持。相关成果多次获得机械工业与湖南省科技进步一等奖。

工程中心激光复合制造项目团队在张屹教授和宋立军教授带领下,完成了金属激光增材-铣-磨复合制造装备的研制,可用于飞机发动机叶片、复杂形状生物医疗器件等产品的高性能制造。项目采用成形-热处理-机械加工-在线监测一体化复合制造方法,形成了非平衡态沉积组织高效高精度铣削磨削工艺技术,以及可用于沉积过程特征参量监控的数据处理与分析软件。项目团队携手大族激光攻克了三维五轴激光多工艺复合加工装备的相关技术难题,研制成功五轴联动金属激光增材-铣-磨复合制造装备,湖南大学-大族激光智能制造技术联合研发中心已成为国内三维五轴激光增减材复合制造装备生产和开发的先行者,对我国高效高精度金属增减材复合制造的发展起到了重要的推动作用。

工程中心熊万里教授团队在高性能精密主轴、大型卧式主轴、大型立式液体静压转台研发方面开展了系统研究与应用开发工作。在国内率先开发了超高速磨削动静压电主轴并现实了产业化应用;针对大型核电转子和巨型舰艇舵轴等零件的精密加工需求,解决了卧车主轴系统大幅变承载工况的精度设计难题;针对航空发动机机匣和核电高压泵体等零件的精密加工需求,解决了工作台内凹变形控制和油膜厚度精确控制难题。相关项目产品已在浙江优特、中国二重、大连船舶重工等数十家用户投入使用,产生了显著的经济效益和重大的社会效益。

(采访 逸飞)