

面向国家重大战略需求 聚焦传动系统及制造前沿

——走进重庆大学机械传动国家重点实验室

Facing Major National Strategic Needs, Focusing on Mechanical Transmission
System and Manufacturing Frontier

[编者按] 机械传动国家重点实验室(以下简称“实验室”)于1988年由原国家计划委员会批准建设,1991年通过国家验收并正式对外开放,目前为全球机械传动领域的四大顶尖研究机构之一。实验室依托于重庆大学,瞄准机械传动基础理论、先进制造技术与方法、系统集成与国家核心装备研发等学科前沿与国家重大需求,通过开展系统深入的基础和应用基础研究,创新传动系统设计、制造理论与方法,引领了机械传动科学技术的发展,推动了我国在航空航天、海洋舰船、风电、汽车、机床、冶金等领域的技术进步及装备国产化进程,已经成为我国机械传动科学技术研究、高层次人才培养与汇聚、学术交流与合作最重要的基地。

发展定位与研究团队

实验室瞄准国民经济建设和国防安全的重大战略需求,聚焦高速、精密、重载、绿色、智能传动系统以及制造前沿,以机械传动及其相关领域的新理论、新方法、新技术、新装置为研究重点,重视信息技术、新材料技术、节能环保技术的交叉融合,开展机械传动及其相关领域的应用基础研究和创新性研究。着力解决国防和民用工业重要装备中机械传动装置及其相关系统的共性、关键科技问题,为我国装备制造业整体发展提供理论技术和生产装备支持。

实验室覆盖了机械工程一级国家重点学科,设有机械设计及理论、机械制造及其自动化、机械电子工

程、车辆工程四个博士点和机械工程博士后流动站。目前主要的研究方向有:材料结构功能一体化、高性能制造与装备、服役行为与控制、智能技术与系统、新型传动理论与技术。

实验室现有14个研究团队,210名固定研究人员,拥有6个教育部、科技部和国防科技创新团队,2个重庆市高校创新团队,在读研究生1209人,在站博士后54人,是国内机械传动领域高层次人才集中的研究机构。

实验室拥有仪器设备2692台套,设备总值9936万元,具备国际先进水平的研究条件,建立了传动系统模拟仿真与高性能计算、齿轮传动复杂共轭曲面柔性制造、精密传动系统静态力学性能测试、机械传动系统动

态性能测试分析、高性能机电传动系统性能试验、汽车动力传动系统性能试验、齿轮基础数据试验、传动系统环境试验等基础研究与技术创新平台。

关键技术与科研成果

实验室自成立以来承担了包括国家两机专项、863计划、973计划、国家重大科技专项、国家重点研发计划项目等在内的国家级千万级项目数十项,保障了国家尖端装备的服役性能及安全,为国民经济建设和国防安全做出了重要贡献。实验室先后获得了包括全国科学大会奖、国家技术发明奖、国家科技进步奖、高等教育国家级教学成果奖以及省部级和行业科技成果奖在内的奖项共计100余项。发表

高质量论文 2300 余篇,授权国际/国家发明专利近 700 项,编写专著 15 部、国家和行业标准 11 项,取得了一系列国内领先、国际先进的成果。

在高性能精密减速器方面,实验室在国家“863”计划主题项目、国家军品配套重点项目、国家重点研发计划的资助下,创造性地解决了高性能传动装置运动精度主动控制与动力传递难以同时兼顾的关键技术难题;研制出高可靠精密滤波减速器与驱动装置、谐波齿轮传动和 RV 减速器等,打破了国外技术的垄断。

在复杂修形齿轮精密数控加工关键技术与装备方面,实验室研制具备全齿面复杂修形功能的精密数控磨齿机、大规格精密数控滚齿机、高速干切数控滚齿机床装备,创新了滚磨协同加工工艺,为复杂修形齿轮精密加工奠定了理论和装备基础。

在航发叶片砂带磨削技术方面,实验室从材料-结构-性能全流程角度,研究高性能表面制造过程中宏观塑性变形和微观组织状态演变规律,探索了工艺参数对表面微观形貌、硬度梯度和残余应力分布的影响机制,建立了实现高性能基础件精度闭环智能化调控模型,形成了完备的高性能表面加工理论。

在高端重载齿轮传动装置关键技术及其产业化方面,针对我国兆瓦级风电齿轮箱、大功率船用齿轮箱等全面依赖进口的状况和国家重大需求,突破了重载齿轮传动系统高功率密度设计技术;解决了重载冲击条件下重载齿轮传动系统动力学设计与振动噪声抑制难题;提出了针对行星齿轮系统疲劳损伤抑制的创新设计方法,解决了困扰行业多年的技术难题。

■ 成果转化与社会效益 ■

实验室成立以来完成了多项关键技术攻关和技术转让,为国家的科技进步和社会经济发展做出了重要贡献。

在兆瓦级风电齿轮箱、大功率船用齿轮箱、机器人 RV 谐波减速器等设计、制造与产业化方面,打破了国外公司的技术垄断,并实现了产业化应用。研究成果被应用于苏州绿的、中技克美、浙江新剑等公司的产品开发,极大地提高了我国谐波减速器产品市场占有率;多项专利技术已在江苏泰隆减速机公司实现了产业化应用,专利转让费超过 5000 万元;支撑了秦川、珠海飞马、双环传动等公司产品研发,打破了发达国家对 RV 减速器的长期垄断。

在高端齿轮加工方面,实验室所研制出的高端制齿机床解决了高端装备高速重载工况齿轮精密可靠传动难题,突破了美国 Gleason、德国 KAPP 等专利技术壁垒和市场垄断,实现了高端齿轮加工的自主可控。目前该成果在汽车、工程机械、风电等装备上得到应用,产品畅销日本、英国、韩国等国家。

在航发叶片精密砂带磨削技术与装备方面,实验室研制出了国际首台七轴联动砂带磨床以及国内首台激光砂带协同加工装备,并拓展至多品种混流、多工序集成的智能磨削装备,实现了叶片高端数控砂带磨削装备从“零”到“系列化”的跨越,保障了我国现役重点型号发动机逾 60 种规格叶片的稳定批产。项目开发的系列化装备跻身叶片精密制造国际高端行列,累计加工叶片 600 余万件,完成各种发动机装机千余台,经济效益、社会效益十分可观。

高端重载齿轮传动装置关键技术方面的研究成果支撑了南高齿、重齿、杭齿、太重等国内专业齿轮企业生产的 5~10MW 系列风电、10MW 大型船舶等 50 余种规格重载齿轮传动装置研制,产品主要性能指标达到国际先进水平,改变了我国高端重载齿轮依赖进口的局面,并批量出口欧、美、日等发达国家。

基于风洞特种试验飞行器位姿

测控的关键核心技术,研制了我国首套飞行器高机动风洞试验系统。同时开发了高海况航母舰载机着舰验证系统,为高海况下航母安全航行和舰载机安全着陆提供了充分的试验手段和基础数据,有力支撑了多种军工装备的研制与开发。

■ 人才培养与国际交流 ■

实验室围绕创新驱动发展战略,为适应产业转型升级和区域经济发展对创新型、应用型、复合型人才的需求,建立了面向先进制造的新工科工程人才培养教育模式、教学方法和课程体系。以社会需求为牵引,采取校企联合模式,深化创新创业协同育人实践基地建设。以培养能够引领未来先进制造业发展人才为目标,建立先进制造拔尖创新人才培养体系。

国际化人才培养方面,实验室以国际化科研合作为抓手,通过引进海外高水平师资,组建国际化师资队伍,引进全英文课程和教材等方式,培养具有国际化水平的教学和科研团队。同时,通过与国外著名大学和研究机构建立长期合作关系,进行高层次人才联合培养。目前,实验室与国外机构已联合培养博士 175 人,硕士 1044 人。

实验室以政府合作项目为牵引,以国际化人才为纽带,积极开展国际交流。设立专项经费,鼓励和支持大学生和研究生通过境外访学、联合培养、学术交流、海外夏令营等方式进行国际交流。同时通过建立具有中国特色国际接轨的辛辛那提国际联合学院、新加坡国立大学联合实验班、加拿大 UBC 联合实验班等人才培养模式,加强与国外著名大学和研究机构的文化、科研交流。此外还通过建立教育部轻合金材料国际联合实验室等国际合作方式,与美国 Gleason 公司、德国慕尼黑工业大学等建立了长效的国际交流机制。

(采访 大漠)