



## “小”齿轮大作为

这个全球齿轮传动四大研究机构之一的实验室里“宝贝”真不少

机械传动国家重点实验室



▲4月28日,重庆大学机械传动国家重点实验室,技术人员正在调试机器人手臂弹琴。

本组照片由首席记者龙帆摄/视觉重庆

□本报记者 任锐 李星婷

优美的钢琴曲《致爱丽丝》从实验室传来,一只会弹钢琴的机械手,正灵活地在键盘上弹奏。

这是机械与艺术的完美结合,优雅而和谐的动作是依靠机器人关节减速器提供动力传递与运动变换来实现。高精度、高承载、轻量化、高可靠、长寿命的减速器是工业机器人的核心基础部件。

类似这样的创新,如复杂曲面齿轮的精密数控机床、航空叶片制造装备、用水润滑的轴承、非圆形的齿轮等……这些先进设计制造技术及装备,在机械传动国家重点实验室还有很多。

在机械领域,各种机械的运动90%靠齿轮传动。作为全球齿轮传动领域的四大研究机构之一,机械传动国家重点实验室有怎样的独门绝技?5月7日,重庆日报记者走进实验室一探究竟。

### 揭示复杂传动零部件的原理、设计理论 创新思维引领重庆大学机械人不断突破

机械传动国家重点实验室位于重庆大学A区民主湖畔。这是一栋5层的实验楼。大厅两侧的展板展示了实验室的发展历程、成果及团队。

“实验室的发展经历了机械化、信息化、智能化的过程。”实验室副主任邵毅敏告诉重庆日报记者,在上世纪80年代,成立之初的实验室还处于“解决有无”的阶段。

就是那一时期,重庆大学老一辈机械传动工作者,靠着长期潜心刻苦钻研、深入企业加工现场实践,破解了齿轮传动最复杂的零部件——弧齿锥齿轮和准双曲面齿轮的设计制造技术,于1986年获国家教委科技进步一等奖,成果广泛应用于汽车、航空、船舶、机床、工程机械等行业中。

实验室攻克了平面二次包络环面蜗杆技术,是轧钢机、钻井平台、轨道交通等重型机械装备的关键技术。这个用平面二次包络环面蜗杆技术生产的蜗轮和蜗杆,如今作为展品仍然放置在精密传动系统实验室。

记者在精密传动系统实验室,看见了这个直径约一米的变齿厚蜗轮,旁边放置着与之啮合的环面蜗杆。

“作为机械传动领域的关键元件,齿轮依靠连续啮合传递运动和动力。”邵毅敏解释,在设备安装调试中,要把性能调到最优状态,需要传动副之间啮合更精确。

平面二次包络环面蜗杆技术的创新之处在于——在传动副中心距不变的情况下,通过齿面设计与蜗轮轴向移动达到消除间隙、实现精密传动的效果。这个巧妙的构思,获得了尤利卡世界发明博览会金奖。

还有实验室发明的“曲线零件”新制造方法,采用直线和旋转运动的空间组合来产生各种曲线,实现普通机床上加工异形零件的重大突破,获国家技术发明奖二等奖,并在国内数百家企业得到推广和应用。

近年来,在前沿基础理论研究部分,实验室首次发现了光机电多物理场耦合的光扰曲电现象,获取迄今为止最大扰曲电系数,打破世界纪录;提出机械传动内激励机理及接触界面动力学理论,该理论的提出者获国际学术组织成就奖,这是该组织成立34年来首次颁发该奖项。

历经多年发展,实验室部分成果已处于国际领先水平,如应用实验室成果研发的兆瓦级风电齿轮箱批量出口欧美等地;发明并制造的水润滑橡胶合金轴承系列产品,应用于舰船推进系统与航空航天装备。

### 人机器融合的研究

通过附加在零件上的芯片让零件变得智能

大厅左右两边的通道是各种功能的实验室,里面研发出的各种齿轮、机械零部件,广泛应用于航空航天、风力发电、汽车及轨道交通等领域。



▲4月28日,重庆大学机械传动国家重点实验室,技术人员正在测量不同型号的水润滑轴承。该材料具有较好的自滑性和优良的抗磨擦性。



▲4月28日,重庆大学机械传动国家重点实验室,展示的侧隙可调式平面包络环面蜗杆传动副。



▲四月二十八日,重庆大学机械传动国家重点实验室,关键零部件研制中心,技术人员正在安装齿轮进行加工。

随着智能化时代的到来,实验室也致力于让机械零部件变得越来越“聪明”。

“低碳化、信息化、智能化是全球汽车产业的发展需求,动力传动系统是实现该需求的关键核心技术所在。”该实验室研究团队相关负责人介绍,实验室研发的各种自动变速器和轻/中/重度混合动力技术,形成并研制出一代代的自动变速器和混合动力产品,成果应用到各大汽车企业。

实验室针对高性能齿轮精密制造,攻克了复杂形齿轮精密制造难题,在国内率先研发出具有齿面扭曲消减、柔性修形功能的磨齿机、大规格精密滚齿机等;为实现高性能复杂零部件智能制造,实验室从方法、技术、装备等方面创新,发明了七轴联动数控带磨削技术与装备,研制超大型选择性激光熔化装备,建立数控机床可靠性管理体系,研发出齿轮自动化加工智能化监控与管理系统、机床装备云制造服务平台等智能制造关键技术。

“随着‘智’造时代的到来,高端装备更需要进行人机器融合的研究——即把计算机的存储能力、计算能力与人的思考能力有机结合,通过附加在零件上的芯片让零件变得智能。”该负责人介绍,下一步,实验室将运用人机共融、智能感知、数字孪生等智能化新技术,在装备上构建信息交互系统、开发远程/无人运维功能等,让每个零件能“交流”、会“说话”,从而让装备开发和运行更高效、更智能。

### 推动环保事业

用水替代矿物油作为润滑剂

在实验楼背后的重庆市机电传动与智能控制工程技术

研究中心里,堆放着不少黄色的铜管和橡胶的复合件,旁边还堆放着各种模具和成形设备。

这些铜管和橡胶的复合件就是经过170度高温生产出来的水润滑轴承。这是做什么用的?

据介绍,轴承是建造大型船舶必须的传动与支撑部件。常规的金属轴承必须使用润滑油,但矿物油不可再生,如果泄露将污染江河湖海。因此,在北美、欧洲都制定了标准,严禁在江河湖海中使用油润滑金属轴承。

王家序教授带领的团队,历时五六年创造性地研发出水润滑轴承。这些大大小小的水润滑轴承,由金属铜管外壳和橡胶内衬组成。团队的创新之处在于:橡胶内衬由特殊的配方制成,这种橡胶能够与水很好的结合,使轴承运转时能够形成水膜;在水润滑轴承的内部,有6-8道圆弧凹槽,能够进一步促进水膜的形成,同时还具有排沙功能。他们还发明了一种高强度粘接剂,这种粘接剂在170℃和18MPa(兆帕)的高温高压下,能使橡胶与铜管紧密粘接在一起。

如今,该团队已发明并研制出600多个规格的新型高性能传动件及系统,推广应用于船舶、机械、石油、化工等领域,出口北美、欧洲和东南亚等30多个国家,实现产业化和国际化。

由于该类产品解决了船舶燃油污染水环境的重大难题,被批准为国家重点新产品,“水润滑密封非金属材料”成果获国家技术发明奖三等奖,“基于新型工程复合材料的高效传动系统关键技术及产业化”成果获国家科技进步奖二等奖,并被中国机械工程学会和国家自然科学基金委员会评为机械工业科学技术九大进展之一。

### 实验室名片

机械传动国家重点实验室

### 历史基因

机械传动国家重点实验室于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,目前是全球齿轮传动领域的四大顶尖研究机构之一。

实验室拥有传动系统模拟仿真与高性能计算、齿轮传动复杂共轭面柔性制造、实验测试平台等基础研究与技术创新平台。

### 研究方向

实验室主要开展高性能机械传动及其相关领域的应用和基础研究,现有5个研究方向: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。

### 光荣业绩

实验室近5年共承担纵向科研项目669项,包括国家重大科技专项、国家重点研发计划项目等在内的国家级千万级项目10余项,科研经费超过10亿元。近5年发表高质量论文2300余篇,授权国际/国家发明专利近700项,制定国家/行业标准22项,成果转化45项,成果转化合同经费4324万元。

实验室先后获全国科学大会奖1项,国家技术发明二等奖3项,国家科技进步二等奖9项,高等教育国家级教学成果二等奖1项,省部级及行业科技成果奖特等奖和一等奖53项。

### 【对话】

## 这是第一个落户重庆的国家重点实验室

□本报记者 任锐 李星婷

机械传动国家重点实验室建于上世纪80年代,是落户重庆的第一个国家重点实验室。实验室成立的基础和优势是什么?目前的人才培养和成果转化情况如何?5月7日,实验室主任罗均接受了重庆日报记者采访。

**重庆日报:**机械传动国家重点实验室是全球齿轮传动领域的四大顶尖机构,其余几家是在哪里?

**罗均:**其余3家分别在德国慕尼黑工业大学、美国俄亥俄州立大学、英国纽卡斯尔大学。目前我们在基础领域的研究队伍、人员是最多的,研究领域也是最广泛的。

**重庆日报:**机械传动国家重点实验室是落户重庆的,也是重庆大学的第一个国家重点实验室。当初实验室落户重大的原因是什么?

**罗均:**重庆大学在机械领域研究实力很强。老一辈科研工作者为我们打下了很好的基础,做出的多个创新成果,突破了多项技术瓶颈,为实验室的成立奠定了基础。

汽车是重庆的支柱产业之一,齿轮是非常重要的零部件,所以实验室成立以来完成了多项关键技术攻关和技术转让,为国家和地区的科技进步和社会经济发展做出了重要贡献。

**重庆日报:**在产学研合作方面,实验室有哪些成果?

**罗均:**一直以来,我们与长安、重庆机床、苏州绿的、中技克美等公司保持长期合作,联合进行理论研究与产品开发,多项专利技术实现了产业化应用,专利转让超过5000万元。

比如,我们在兆瓦级风电齿轮箱、大功率船用齿轮箱、谐波减速器等设计理论、制造与产业化方面,都积极进行校企联合,实现了产业化应用。

还有在高性能齿轮加工方面,实验室所研制出的高端智能制造系统与装备,解决了高性能齿轮加工制造难题,突破了美国、德国等专利技术壁垒和市场垄断,实现高性能齿轮加工技术的自主可控;在航发叶片精密加工方面,实验室研制出了国际首台七轴联动砂带磨床,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。

**重庆日报:**在多年的发展中,实验室也培养了不少人才?

**罗均:**是的。实验室拥有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4个博士点和机械工程博士后流动站。

实验室现有14个研究团队,210名固定研究人员,其中包括中国工程院院士、国家级中青年领军专家30人,拥有6个科技创新团队,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最为集中的研究机构。