

# 产学研用创新 服务机床行业

## ——机械工业数控机床优化技术重点实验室

Industry-University-Research-Application Innovation, Serving Machine Tool Industry

[编者按] 数控机床产业是关系到国家战略地位和体现国家综合国力的重要基础性产业,其制造水平高低和拥有数量是衡量一个国家工业现代化程度的重要标志。机械工业数控机床优化技术重点实验室于2010年12月由中国机械工业联合会批准建立,依托单位为上海理工大学。实验室通过产学研紧密结合的方式,围绕数控机床设计与加工工艺领域的关键共性技术,基于现代设计技术与机床动态性能分析与检测技术,以缩短设计周期、减小装备制造费用、提高装备性能为目标,开展关键技术研究工作。

上海理工大学机械工业数控机床优化技术重点实验室于2014年完成建设评估。实验室面积1600m<sup>2</sup>,配置和自主研发有机床部件静态、动态及热性能测试的相关仪器设备,实验室固定人员30人,具有高水平研究的仪器设备和高性能数控机床优化设计研究能力。

### 发展定位与研究特色

实验室主要通过产学研用紧密结合的方式,围绕数控机床设计与制造领域的关键共性技术进行研究,以提高数控装备性能、减少装备制造费用、缩短设计周期为目标,在数控机床动态性能测试及分析、数控加工工艺优化技术、数控机床优化设计方面,建立数控机床优化设计基础数据平台、加工工艺数据库平台及优化设计平台,完成相关的关键技术研究工作。其主要发展定位为:

(1) 站在国际化的高度发展自主知识产权。实验室成立之初,聘请了德国斯图加特大学机床所、日本金泽大学工程优化研究所、英国利物浦约翰摩尔斯大学制造系等国际领先单位和人员作为顾问和委员。在

发展过程中,围绕数控机床设计与制造领域的关键共性技术,一直保持科研合作交流,使实验室的发展与国际机床优化技术的发展一致,并形成实验室独有的原始知识的创造和积累。

(2) 产学研紧密结合的机床设计技术实验室。作为一个具有国内领先水平的数控机床优化技术研究机构,实验室一直以提高机床结构性能以及加工工艺优化设计水平为己任,与沈阳机床、上海机床、秦川机床等国内大型机床设计研发生产企业进行着产品的联合开发,该实验室一直是产学研结合的数控机床优化技术的开发研究基地。

(3) 高水平的人才培养基地。作为机械工程博士后流动站的支撑实验室,正在培养一支高水平的机床优化设计方向的师资队伍,这支队伍正在成为科研和教学传承的中坚力量。

### 研究项目与成果

上海理工大学机械工业数控机床优化技术重点实验室主要针对机床制造行业对低成本高性能的数控机床的需要,围绕数控机床设计与制

造领域的关键共性技术进行研究。实验室承担国家科技重大专项“高档数控机床与基础制造装备”计划12项,平均每年承担国家及省部级科研项目50余项,企业横向课题40余项。在以下关键技术中取得突破:

(1) 基于机床动力学性能的机床结构优化设计技术。针对基于整机动力学性能的机床结构优化设计难题,提出一种整机结构优化设计策略。该方法通过动态灵敏度分析,将部件结构拓扑优化应用到整机结构优化中,从而有效提升整机结构的动态性能。根据此优化策略,采用自适应成长法对部件进行结构拓扑优化,从而改进部件的刚度和质量的分布,最终实现机床整机结构动态性能的显著提升。

(2) 轻质高刚的机床仿生结构设计技术。针对机床结构加强筋分布的设计难题,通过研究自然界生物分枝网形态形成过程中遵循的自适应成长规律(如趋水性、能量损耗最小原理等),提出了结构加强筋自适应成长设计原理和流程,通过“选种”、“成长”、“退化”、“分歧”的自适应成长,实现轻质高刚的机床仿生结

构。

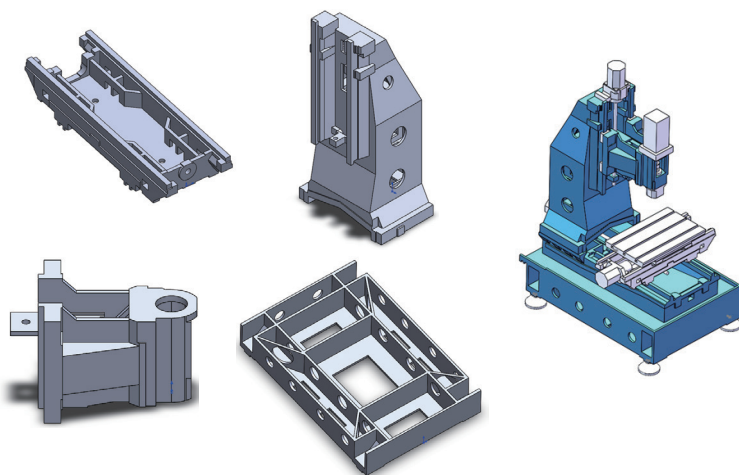
(3) 基于形变平衡原理的电主轴热变形控制技术。基于不同材料的热膨胀系数,将热收缩材料与热膨胀材料进行设计组合,根据不同的设计目标,对两种材料进行不同的组合形成不同的设计结构。基于本方法设计的电主轴热变形补偿系统能够减少 98% 的热变形量。

(4) 质心驱动设计技术。机床的质量分布是影响机床动态特性的重要因素之一。在机床设计过程中,质心驱动设计技术通过质心驱动原理可以得到床身和立柱的质量分布关系。

(5) 基于运行模态分析的模态参数识别技术。基于贝叶斯运行模态法理论,发明了机床整机动态性能测试技术,该技术的主要特点是无需人工激励,通过借助环境振动(如地基振动)作为激励,机床运行产生的振动即可满足采集要求。采集信号只涉及输出响应信号,无需激励信号,操作简单,适于工程应用。

(6) 基于磨削材料去除率模型的磨削工艺优化技术。建立正确反映机床磨削工艺机理的监测信号磨削材料去除率理论通用模型,是实现机床磨削工艺优化的关键核心技术。基于监控信号的磨削材料去除率模型的磨削工艺优化技术,将机床磨削工艺监测技术与磨削材料去除率模型相结合,获得符合实际生产且准确的磨削材料去除率通用模型,解决了基于监控信号磨削工艺优化技术适应复杂多变的磨削加工生产的难题。

实验室在机床动态特性识别及动态性能设计方面综合技术达到国际先进水平。获得了上海市技术发明二等奖 1 项、机械工业科技二等奖 1 项、上海市科技进步二等奖 1 项;申请国家专利和著作权保护 100 余项,授权 70 项;发表 SCI 论文 127 篇,取得了一系列科研成果。



基于仿生理论“长成”的机床结构

### ► 科技成果转化 ◀

实验室与沈阳机床、上海机床和秦川机床等国内龙头企业建立了良好的产学研关系,实验室横向研究任务来源于生产实际,研究成果均应用于企业产品之中。近年,实验室转化为生产力的科技成果(横向)100 余项,总经费 2000 余万元,取得重要的社会效益。在此过程中,自主开发了多个实验平台,初步形成面向国内数控机床行业的数控机床测试、仿真和优化技术的综合服务平台,包括机床结构—工件系统性能测试平台;机床结构—刀具系统性能测试平台;二自由度机床动态性能测试平台;机床结构力学性能综合测试平台;冲击性能测试平台;机床结合部性能测试平台等。

### ► 学术交流与合作 ◀

国际化战略是实验室的重点发展战略。为此上海理工大学机械工业数控机床优化技术重点实验室与国外多个大学建立了国际联合实验室,力求开展有特色的行业高水平技术研究,提高实验室的科技创新力度和国际知名度。

实验室与英国利物浦约翰摩尔斯大学建立了“利物浦约翰摩尔斯大学—上海精密磨削技术联合实验

室”,在精密磨削技术方向开展合作研究,两校人员定期交流;与英国哈德斯菲尔德大学建立了“哈德斯菲尔德大学—上海精密加工技术联合实验室”,着重在机床误差测量与补偿方面开展合作;与德国斯图加特大学机床研究所联合建立了“斯图加特大学—上海机床研究所”,着重在数控机床热误差及机床振动两个方向开展合作;与日本金泽大学建立了“金泽大学—上海理工优化设计技术联合实验室”,着重在机床结构多学科优化设计技术方面开展合作研究。

同时,为了加强高校的科技转化能力,将实验室原创性科技成果及时应用于生产实际,上海理工大学机械工业数控机床优化技术重点实验室与沈阳机床集团有限公司在上海理工大学国家科技园建立了“沈阳机床—上海理工联合研究院”,在机床智能制造及优化设计方面展开深入的合作研究。

上海理工大学机械工业数控机床优化技术重点实验室致力于研究机床设计中的关键共性技术。相关共性关键技术的推广应用,将改变目前我国机床企业主要依赖于经验设计的传统机床设计方法,大幅提升我国机床产品的质量水平。

(采访 逸飞)