

张卫红 ZHANG Weihong

西北工业大学副校长

Vice-President of Northwestern Poly-  
technical University

教育部“长江学者”特聘教授

Chang Jiang Scholar

航空宇航科学与技术学科教授、博士生导师,教育部航空宇航制造工程学科首位“长江计划”特聘教授(第二批),国家杰出青年科学基金获得者,入选新世纪百千万人才工程、国防科技工业“511”人才工程。长期从事结构轻量化设计与高性能切削加工制造理论方法研究。先后主持、参与国家重点研发计划、国家自然科学基金杰青\重点\面上项目、空天飞行器重大研究计划、国家863项目、973计划等30余项,团队获批主持国家首批外专千人项目。以第一完成人获得国家自然科学二等奖一项和省部级科学技术一等奖两项。累计发表学术论文300余篇,其中SCI检索论文180余篇。获国家授权发明专利50余项。

# 弱刚度构件高性能切削制造技术

——访西北工业大学张卫红教授

High Performance Machining of Thin-Walled Workpiece

本刊记者 海山

**海山**: 弱刚度构件由于刚度低,在切削过程中易发生加工变形和切削颤振。您带领团队完成了弱刚度构件切削的工艺力学理论与方法的相关研究,这些成果主要有哪些突破?

**张卫红**: 航空航天高端装备大

量采用薄壁弱刚度构件,其高性能切削制造技术是实现结构轻量化、高效高质加工、保证机械性能与功能的核心工艺。近20年,通过硬件条件建设,我国航空航天工业在数控加工设备已达到国外同类水平,然而在加工工艺技术上还存在很大差距。为


此,针对弱刚度构件在切削力作用下极易产生切削颤振和变形超差、加工效率低、精度难保证等技术瓶颈,我们系统地开展了机理与应用研究,通过理论创新突破取得了多项原创性成果:

一是首次提出了考虑刀具底刃

切削效果的三元切削力模型,实现了切削力的高精度预测。该成果也被加拿大两院院士、国际制造领域权威学术组织国际生产工程科学院(CIRP)前主席 Altintas 教授、德国工程院院士 Denkena 教授等学者积极采用或正面评价。

二是建立了考虑刀具偏心多时滞、工艺系统多模态的颤振稳定性模型,深刻揭示了弱刚度构件切削过程阻尼作用机制,发表 ESI 高被引论文和热点论文 6 篇次。特别是建立的低切削力刀具螺旋角设计理论,经科技查新属于国内外首创。

三是研发了弱刚度构件高性能切削工艺优化技术,实现了三元高精度切削力模型、弱刚度构件变形预测补偿方法、构件切削颤振抑制方法以及高性能刀具设计理论的有机集成,突破了弱刚度构件加工效率低、质量难保障的技术瓶颈,相关技术成果获授权国家发明专利 20 余项,并成功应用于航空工业西飞、航天四院等单位的重要型号,大幅提升了加工效率与产品质量,有力保障了研制进度。


: 刀具是影响构件加工质量与效率的关键因素之一。团队在刀具性能提升方面,做了哪些有益的尝试?

**张卫红:** 切削刀具被誉为“工业的牙齿”,对于构件的加工质量和效率影响十分显著。我们团队十分重视刀具设计制造先进理论的研究。针对航空航天弱刚度构件易变形的特点,我们提出了切削力最小化刀具设计理论,通过切削刃与工件啮合关系分析、切削力建模计算,确定了关联加工参数的刀具最优螺旋角解析计算公式。同时,针对飞机蒙皮切边等轴向易变形构件,实现了轴向低切削力刀具设计与加工振动的有效抑制。针对某航空薄壁构件侧壁易变形问题,设计的低径向切削力刀具实现了让刀变形降低 30% 的

效果。


此外,基于发展的多时滞多模态颤振稳定性理论成果,我们还设计了不等齿距颤振抑制刀具,通过分析齿间距离改变引起切削过程时滞量的变化情况,实现了刀具齿间距离优化设计,抑振效果显著。

这些刀具优化结果经国家刀具质量监督检验中心检测,相比国外知名厂商的同规格刀具,切削力峰值能显著降低,不等齿距铣刀的抑振效果优于国外同类型抑振刀具。刀具设计技术已经在陕西航空硬质合金工具有限责任公司进行了成果转化,研制的刀具在国内航空工业成飞、航空工业西飞、航空工业沈飞、航空工业昌飞等多家主机单位得到了有效应用。

: 弱刚度构件如大尺寸薄壁件的加工是长期以来制约军民机产品的瓶颈问题,团队所做研究目前的应用情况如何? 解决了哪些实际存在的困难?

**张卫红:** 我们团队长期遵循“从工程中来,到工程中去”的研究思路,从研究伊始,就是立足航空航天,从国家工程应用需求中凝练科学问题,开展应用基础研究与技术攻关。目前,我们团队和航空工业西安飞机工业(集团)有限责任公司(以下简称“西飞公司”)正在联合培养博士后一名,西飞公司也派有在我们团队攻读博士学位的技术骨干,我们的成果已经在西飞公司承担的多项型号研制任务中取得了应用。比如:开发的蒙皮切削配重抑振工艺和低切削力刀具有效降低了加工振动 70% 以上,加工效率提升超过 35%; 对其他构件如壁板、框梁等切削变形控制、增效等也取得很好的应用效果。航天四院西安航天动力机械有限公司专门派出技术骨干在我们团队攻读博士学位,我们的成果在航天四院重要型号研制中应用效果也十分显著,解决了许多航天动力系统研制中的

具体问题。我认为这样的人员互动合作模式,更能促进高校和企业的技术交流和成果应用转化,更好地做到产学研用的结合,使得我们的科研更接地气。

: 作为优秀团队的带头人,同时担任繁重的行政职务,请谈谈您的感受。高被引文章的发表以及多项成果的诞生背后有哪些经验与我们分享?

**张卫红:** 近年来,我们团队获得了较快发展,获国家自然科学基金二等奖 1 项、省部级科学技术一等奖 2 项,获批科技部国家级国际合作基地,荣获中国侨联创新团队,牵头承担了国家重点研发计划项目 1 项,主持国家自然科学基金重点项目 2 项。团队青年教师中,1 人人选教育部青年长江学者,1 人获国家优青基金资助并入选国家万人计划青年拔尖人才,3 人获评陕西省青年科技新星,4 名青年教师晋升教授。成绩的取得离不开团队师生的共同努力。作为团队负责人,我始终坚持和青年教师及学生们在科研一线。在努力做好行政工作的同时,每周尽量在行政工作之余保持和团队青年教师、学生交流学术问题。按照一名研究生导师的要求认真指导学生做研究,掌握进展,尽可能通过优化碎片时间保证人才培养的质量。

至于成果,我始终认为高质量的成果离不开脚踏实地的钻研与付出,只有深入思考,潜心研究,才有可能取得突破。另外,研究方向的选择也很重要,可以研究的东西很多,但人的精力有限,不可能面面俱到,所以一定要选最重要、最有价值,并且发自内心热爱的工作去做,这样才会在研究中始终充满激情,取得高水平原创性成果,这样的成果也更容易吸引学者去引用跟随,成为热点研究方向,这也是我们高被引论文发表的一点感受。

(责编 大漠)