



陈学东

著名超精密机构动力学专家


■ 陈学东 Chen Xuedong

长江学者特聘教授


Cheung Kong Scholar

华中科技大学教授、博士生导师

Professor and Doctor Advisor of Huazhong University of Science and Technology

: 请介绍一下您的团队近年来承担的课题项目以及取得的成果和进展。

陈学东: 2001年回国后,我带领研究团队主持了973计划项目课题、863计划项目、国家科技重大专项课题、“十五”国家重大专项课题等重要研究项目,面向国家重大需求和装备制造业发展的核心技术,围绕超精密机构结构动力学建模、振动计算、精密运动控制等开展了系统深入的研究。在精密运动机构结构动力学与振动控制方面取得了一些重要进展,建立了超精密运动机构中气-固支承动力学模型,揭示了气浮支承腔形结构中气旋诱发系统微振动的机理,阐明了复杂机构运动干涉和扰动机理,建立了复杂机构运动位置和作用力变换的数学模型,提出了复杂机构结构振动计算与控制新方法。这些理论成果已成功应用于100nm光刻机研制、导弹舵机、石油超深井钻机、大功率直线电机、车辆结构、移动机器人等领域。

: 复杂超精密运动机构中的动力学与控制是高性能制造装备研究的难点和热点,您在重大项目研究中是如何克服这方面难题的?

陈学东: 超精密运动机构是精密制造装备的核心,随着产业发展,其运动精度的要求不断提高。运动机构接触的运动副和刚性的结构必然造成系统的摩擦发热及振动传递,制约了系统动力学性能的提升;而且新型的气浮支承运动机构中的微振动、电磁驱动中的扰动等,也都制约机构运动精度的进一步提高。只有从理论上阐明运动机构中的动力学行为,才能真正实现超精密运动精度的技术突破。

气浮支承动力学参数辨识是建立超精密运动机构结构动力学模型的关键之一。针对气浮轴承不同的压力腔形状和结构尺寸,分析了这些因素对结构系统动力学的影响规律,建立了考虑热效应及变粘性系数的

气-固支承动力学模型。通过大量数字仿真和物理试验,发现了气浮轴承腔形结构中的气旋现象及其诱发的微振动,阐明了腔形结构和工艺参数对气旋现象产生的影响规律,辨识了气浮支承的刚度特性和阻尼特性。

针对超精密运动机构结构动力学求解中大规模复杂多刚体系统振动计算问题,我们采用矩阵/矢量对多刚体系统中的质量/惯量、刚度、阻尼、约束以及位姿等参量进行统一定义和整体变换,导出刚体振动位移的统一变换公式,直接建立以刚体质心绝对位移描述的无约束多刚体振动微分方程。通过对位置约束、力约束等多变量的综合约束变换,提出了作用力的拓扑约束优化变换方法。利用拓扑约束变换,导出质心绝对位移与关节绝对位移间的变换关系,避免大量约束方程的数值求解的制约,提出了新的机构结构振动计算方法。

针对复杂多刚体系统变拓扑模型的高性能数据组织、三维空间内复杂物理模型的动态仿真等难题,建立了面向多体动力学建模与计算的通用数据结构,研发了机电系统机构结构动力学分析与仿真软件平台 Simulith,该平台集动力学参数化建模、求解、可视化技术于一体,能够针对系统动力学参数与响应特性,有效地分析和评估系统结构的动力学性能,获得系统结构动力学优化的设计方案。相对于国际同类商用软件,增强了系统优化、控制器设计与仿真功能,已经应用于多种装备或机电产品的研发。


针对具有气浮支承非线性的运动控制问题,我们研究发现传统滑模变结构控制的指数趋近控制律在系统稳定时仍存在较大幅度的抖振,变

速控制律在系统进入切换带时其抖振幅度又太大,很难满足系统定位精度的要求。在分析指数趋近和变速趋近二种控制不足的基础上,提出了基于指数趋近-变速趋近-饱和切换函数的混合趋近控制律,效果表明该控制方法具有快速响应和强鲁棒性,已应用于IC装备的精密运动控制。

陈学东教授: 教育部长江学者特聘教授, 华中科技大学数字制造装备与技术国家重点实验室常务副主任、教授、博士生导师。

长期从事机电系统动力学及控制、机器人及其控制等教学与研究工作。主持国家重点基础研究发展规划(973计划)课题、国家863计划项目、国家科技重大专项项目、国家自然科学基金项目、企业委托研发项目等20余项。发表学术论文120多篇,其中被SCI和EI收录逾80篇,完成专著2部,申报国家发明专利17项,已授权5项、公开8项。作为第一完成人获教育部自然科学一等奖2项、国家图书奖提名奖1项。



: 结合您多年的科研教学经验,您在培养年轻的科研人才方面有什么独到的见解和方法?

陈学东: 我一直工作在教学和科研第一线,我深深体会到教师的表率作用对学生培养的重要性。平时除了出差,一般情况下,我都在实验室,遇到问题可以随时和学生们讨论,学生有任何需要也能在第一时间找到我。我们团队的其他教师也都是如此,实验室自然形成了一种勤奋向上、积极进取的工作氛围。

严格也是一种爱。对年轻人既要压担子又要卸包袱,不仅要鼓励他们独立工作、承担科研任务,而且要做好他们的坚强后盾,把好技术先进性、方案可行性的关。通过完成挑战性的工作激发他们的积极性,培养他们从事科学研究的兴趣和爱好。

(采访 依然 责编 岩石)