

· 书 评 ·  
文/曲建俊

## 特种压电驱动器技术取得新进展

随机械化水平的飞速发展和进步,人们对机械性能的要求越来越高。传统意义上,一个自封闭能实现具体功能的机械系统应包含动力系统、支撑系统、传动系统、执行系统、操纵控制系统5个部分。而机械在实际应用中会受到节能、体积、效率、可靠性等具体使用要求的约束,为解决这方面的问题,对机械系统各分系统中的各执行和功能器件提出了集成化的要求,相应地产生了各种新型机构。在执行和功能器件集成化的探求过程中,执行系统因随各种具体功能的实现具有很大的变化,难以整合与集成。而控制系统偏电,可独立于各机械分系统单独考虑。由此,对功能系统的集成化可着眼于动力、支撑和传动几个环节展开。

从压电材料的电-机能量转换的工作本质来说,超声电机已经具备了动力转换生成和运动传递这两种基本功能。超声电机由于具备低速大转矩/推力特性,可省略减速器等传动机构,直接带动执行机构工作,一个器件实现了动力产生、动力传递转换2个子系统的功能,可以方便地实现动力和传动环节的集成。此外,超声电机还具有力矩密度高、设计灵活、结构紧凑、定位精度高、响应速度快、断电自锁、无电磁干扰且不受电磁干扰、可不使用轴承和润滑等优点,这使其在机器人关节驱动、精密仪器仪表、医疗器械、航空航天、精密制造等领域具有广泛的应用前景,是一种可在诸多领域替代传统电磁电机并展现其独特优势的驱动器。

目前最为成熟的超声电机为贴片式环形行波超声电机,该电机已经被成功应用于佳能数码相机的自动调焦系统中。然而,由于该电机采用压电陶瓷低机电耦合效率的d31模式工作,能量转换效率低;而陶瓷抗拉强度低、胶层的强度、疲劳寿命等问题共同制约了该类电机机械输出能力的提高。因此,该类电机的发展遇到一个无法突破的瓶颈,上述多种因素使得其机械输出能力无法满足机器人关节驱动等领域直接

驱动的需求。

针对如何有效提高超声电机出力指标这一关键问题,哈尔滨工业大学教授陈维山带领的课题组展开了深入研究,并取得了一系列研究成果,《纵弯模态压电金属复合梁式超声电机》一书,系统阐述了该课题组近年来在大力矩/推力的夹心式超声电机领域的研究成果。

该书第1章系统叙述了超声电机的工作原理、起源、特点和分类,介绍了国内外研究现状和应用现状,分析了目前研究的主要方向和发展趋势;第2章简要介绍了4种基本振动模态的振型特点,阐述了压电材料的基本概念和基本原理,分析了4种基本振动模态的激励方式和应用;第3章阐述了该课题组在换能器激励式圆筒型行波超声电机领域所取得的成果,提出了4种采用压电金属复合梁纵振或弯振激励圆筒径向弯振的模态组合方式,介绍了所研制的3种新型的超声电机,揭示了该类电机中广泛存在的波形畸变问题;第4章揭示了压电金属复合梁纵振复合致动原理,研制了3种直线超声电机和一直旋转超声电机,分析了电机中存在的振动能量闲置问题,提出了通过封闭构型来避免振动能量闲置的设计思想;第5章分析了压电金属复合梁纵弯复合致动原理,研制了2种纵弯复合直线超声电机、1种两自由度平面电机,建立了驱动质点运动轨迹图谱;第6章揭示了压电金属复合梁弯振复合致动原理,研制了3种弯弯复合超声电机,分析了驱动足处质点的三维椭圆振动,该类超声电机具有十分广泛的应用前景;第7章提出了一种压电陶瓷内嵌的构型设计思想,基于圆环轴向、径向弯曲振动模态研制了行波超声电机。该书细致阐述了该课题组在超声电机领域的研究成果,各各种超声电机的提出都展现了其研究思路不断深入的过程。该书总结了5大类超声电机的创新点和重要成果,共同构成纵弯模态压电金属复合梁式超声电机这一相对独立的研究体系。



陈维山,刘英想,石胜君 著,哈尔滨工业大学出版社,2011年12月第1版,定价:68.00元。

作为一种极具优势的新型驱动器,超声电机已经走过了30余年的快速发展历程,日本及欧美国家均已经在该领域取得了大量的研究成果,并已经在数码相机等领域实现了成功的产业化应用。由于中国在数码相机领域并不具有市场和技术优势,且非常具有实用价值的旋转型行波超声电机的专利大多掌握在日本以及西方国家手中,中国很难在超声电机领域打破国外的技术垄断并使其在国内成功的应用。基于哈尔滨工业大学面向航天、服务航天的特色以及在机器人技术领域多年的技术积累,陈维山课题组以机器人关节、空间机构等领域为应用对象,针对大力矩/推力超声电机展开了多年的潜心研究。《纵弯模态压电金属复合梁式超声电机》一书是该课题组多年来在该领域研究成果的总结和提炼,较为系统地论述了纵弯复合模态压电金属复合梁式超声电机的工作原理、设计方法和制作技术,建立起了一套适用于纵弯模态超声电机设计与分析的理论方法,探索出了一套适用于夹心结构超声电机加工与装配的工艺方法;提出并研制了十几种新型的超声电机,研制的多种电机已达到实用化水平。该书的出版,对推动超声电机向应用层面的发展具有十分积极的意义。大力矩/推力超声电机的成功研制可帮助中国走出一条不同于日本及欧美国家的超声电机应用之路,推动中国的特种压电驱动器不断发展壮大。

**作者简介** 曲建俊,哈尔滨工业大学机电工程学院,教授。

**栏目主持人** 尹传红,中国科普作家协会常务理事、副秘书长,主任编辑。

(责任编辑 陈广仁)