2022年招生计划

六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1.博士论文研究方向： 小型翼型飞行器的气动弹性振动俘能与抑振方法研究

选题类别：☐基础性研究　☐应用性研究　☐工程技术攻关研究
☐新开辟的研究方向　■已有研究方向的继续　☐其他

2.博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

翼型飞行器如无人机（Unmanned Aerial Vehicle，简称UAV）等，在军品和民品都有广泛的应用。微型飞行器具有体积小、重量轻、机动性好、隐蔽性好等特点可以在狭窄拥挤的环境飞行，在秘密侦查方面具有举足轻重的地位，也将成为现代战场的重要作战力量。目前许多国家及各大研究机构正致力于研制各种新型军用及民用微型飞行器，美国所掌握的相关技术处于总体领先水平。当前微型飞行器共同面临的瓶颈是其能源动力和系统动力学问题，这两大问题制约着微型飞行器的发展。而解决上述问题有两个手段，一是增加供能，二是减少能耗。因此，如何将微型飞行器的振动能转化成电能并存储，为微型飞行器提供能源，提高其续航能力已引人注目。此外，如何降低或消除微型飞行器飞行时产生的系统振动所带来的能量耗损也引人瞩目。美国空军科研办公室（US Air Force Office of Scientific Research）近年来在高度重视这两个方面的研究工作，然而国内在这两个方面的研究报道还很少。

本课题以小型翼型飞行器为背景，以面向气动弹性振动的压电俘能与振动抑制系统为对象开展以下内容的研究：

(1)气动弹性非线性振动特性计算方法研究

充分考虑气动力、流场品质、机翼结构非线性等因素，建立高精度的气动弹性计算方法、研究非线性气动弹性问题机理，并引入耦合计算流体动力学CFD和计算结构动力学CSD方法，推导气动弹性方程组，建立完备的非线性分析方法。考虑机翼的几何非线性、材料非线性以及流固接触非线性，耦合CFD技术和以Lagrange坐标为基础的结构控制方程，计算翼型飞行器的机翼结构振动响应；探索结构非线性对机翼气动弹性特性的影响规律以及非线性气动弹性问题产生的机理。

(2) 气动弹性振动的俘能器设计及其俘能特性研究

设计复合非线性俘能器构型，利用非线性振动力学、压电学、电磁学、材料学和材料力学等相关理论，建立非线性俘能振子在不同激励条件下机-电耦合模型及输出特性模型。分析结构参数、激励形式、初始条件对机-电耦合过程和非线性的影响规律，探索其对俘能振子动力学响应、输出功率、频带宽度的影响规律。建立整个压电俘能/储能系统的输出特性数学模型，分析俘能电路的主要电学参数对复合非线性俘能器发电性能的影响规律。

(3)系统结构振动抑制的控制方法研究

采用压电自感知执行器可以对结构振动进行主动控制。因此，设计压电自感知执行器的结构，运用自适应控制原理，设计自适应控制电路，探索翼型飞行器结构的振动抑振特征、方法和规律。

(4) 俘能与抑振过程的流-固-电多物理场耦合机制研究

从多物理场耦合的角度，对压电俘能器的空气弹性振动非线性俘能和储能过程和自感知执行器的振动抑制过程进行模拟，整合CFD？、ANSYS Structure？和相关压电APDL（ANSYS Parametric Design Language）命令流，建立基于空气弹性非线性振动的压电俘能系统流-固-电耦合作用分析参数化模型；探索俘能电路、外接阻抗、流场和结构尺寸等对俘能器的非线性特性、稳态响应以及输出功率影响的特点及规律。

(5) 实验研究

设计并研制若干套基于气动弹性非线性振动的俘能-抑振系统，设计并制作俘能、储能、自适应控制电路，针对飞行器机翼空气弹性非线性振动环境进行俘能-抑振实验。在风洞中进行气动弹性振动压电俘能实验，探索振子构型、流场强度等参数对俘能器输出性能的影响规律。探索压电叠堆构型、控制算法、自适应控制电路等对自感知执行系统的力-频特性和抑振效果的影响规律。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题依托于国家自然科学基金面上项目：小型翼型飞行器的气动弹性振动俘能与抑振方法研究（No. 51875116，2019.01-2022.12），经费充足。