

| |
|---|
| 2025年招生计划 |
| <div>1. 博士论文研究方向： 压电智能柔性复合梁非线性耦合振动能量的传递机制及其抑振关键技术研究</div> <div>选题类别：<input type="checkbox"/> 基础性研究 <input type="checkbox"/> 应用性研究 <input type="checkbox"/> 工程技术攻关研究</div> <div><input type="checkbox"/> 新开辟的研究方向 <input checked="" type="checkbox"/> 已有研究方向的继续 <input type="checkbox"/> 其他</div> |
| <div>2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介</div> <p>柔性结构（Flexible Structure）在航天科技、国防安全和高端装备等领域的应用日益广泛，例如太阳能帆板、雷达天线、大尺寸超薄易碎玻璃基板搬运机器人、柔性机械臂等。柔性结构在工作时受到外界环境激励及自身运动激励（如姿态改变、机构运动、内部干扰等），会引起具有频率低，低频密集和非线性等特点的振动问题，从而影响系统工作稳定性和精确性，严重时会对结构本身造成损坏。因此，柔性结构的非线性耦合振动特性及其振动抑制关键技术亟待探究。</p> <p>针对现有研究的不足及问题，开展压电智能柔性复合梁非线性耦合振动能量的传递机制及其主动抑振关键技术研究，拟开展的研究内容如下：</p> <p>(1) 基于力学超材料高刚度质量比及高阻尼特性的柔性复合梁构型设计</p> <p>基于力学超材料拓扑优化，分析超材料柔性梁弹性波传递特性，并探究周期结构、梯度结构、单胞关键尺寸参数以及节点填充材料对带隙分布规律。</p> <p>1) 局域共振拓扑超材料高刚度结构弹性波传递特性研究。分析带隙起止频率处的模态振型获得带隙成因，探究拓扑超材料的关键尺寸参数对弹性波传播特性的影响规律。</p> <p>2) 可编程梯度阵列式超材料结构设计。设计并优化梯度阵列式超材料结构；分析梯度阵列式超材料带隙特性；探索排布间隔、叠加顺序及材料厚度等梯度阵列参数对柔性复合梁的振动特性影响规律，实现可编程式弹性波调控。</p> <p>(2) 压电传感执行器构型设计及其感知与响应特性研究</p> <p>建立压电结构的非线性响应模型，并探究压电材料、结构尺寸以及构型对压电传感与执行器件响应性能的影响，获得传感信号精确，执行响应快的压电传感执行器。</p> <p>1) 集成式压电传感执行器构型规划及其输出特性的数学建模与分析。设计结构集成式压电传感执行器结构；建立压电传感执行器的数学模型；揭示传感与执行器件结构尺寸参数及压电性能参数对响应特性的影响规律。</p> <p>2) 压电传感与执行器件优化配置算法的建立及分析。采用粒子群算法建立优化配置模型；探究粒子群大小、维数、惯性因子以及学习因子对优化算法迭代性能的影响规律。</p> <p>(3) 压电智能柔性复合梁非线性振动特性计算方法研究</p> <p>建立受迫振动下压电智能柔性复合梁机-电耦合场的计算方法，推导非线性振动的数学模型：</p> <p>1) 压电智能柔性复合梁的非线性振动响应分析。建立压电智能柔性复合梁受迫振动方程；推导压电智能柔性复合梁受迫振动下机-电耦合场的数学模型；探究压电智能柔性复合梁在受迫振动下的非线性振动特性。</p> <p>2) 建立单一激励下压电智能柔性复合梁非线性耦合振动模型。建立压电智能柔性复合梁智能监测响应模型和振动抑制模型；获得压电智能柔性复合梁在受到外部激励条件下，系统自身响应特性及基于自身传感系统的振动抑制特性；探究柔性结构在受到单一激励时的非线性振动特性及其规律。</p> <p>(4) 压电智能柔性复合梁的传感监测与自适应振动抑制系统研究</p> <p>1) 建立压电智能柔性复合梁的状态空间方程。推导系统的连续时间多变量非线性状态空间方程；基于特征根分布分析系统的动稳态性能进而获得参数矩阵与传递函数。</p> <p>2) 自适应控制器设计与研究。设计自适应控制系统的可调参数控制器；根据波波夫超稳定性理论（Popov Hyperstability Theory），设计模型参考自适应控制系统（Model Reference Adaptive Control, MRAC）；探究不同控制器参数和结构层数对压电智能柔性复合梁系统广义输出误差的影响规律。</p> <p>(5) 压电智能柔性复合梁的实验研究</p> <p>设计并研制若干套压电智能柔性复合梁振动抑制实验系统，针对压电智能柔性复合梁非线性振动特性进行抑振实验，探究压电智能柔性复合梁在受迫振动时的振动特性，验证压电智能柔性复合梁振动抑制的效果。</p> |
| <div>3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况</div> <p>本课题来源于国家自然科学基金面上项目：压电智能柔性复合梁非线性耦合振动能量的传递机制及其抑振关键技术研究（No. 52375088）。另外，本人的横向课题经费充足，可补充到本方向的学术研究中，能保障本课题研究的经费支出。</p> |

2025年招生计划

1. 博士论文研究方向： 基于逆向设计的蜂窝超结构抗冲击技术研究

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

当前超弹性介质材料的吸能效果并不理想，且传统的隔振器、吸振器等降低力传递率都是针对某一个频率区间，不适合冲击工况，一般的吸能结构不具有普适性。因此，设计出具有良好抗冲击性、高可靠性、高耐热性等特点的抗冲击超结构难题亟待解决。本课题拟开展的主要研究内容如下：

1 蜂窝抗冲击超结构设计及双负特性研究

(1)蜂窝抗冲击超结构构型设计及仿真验证

基于人工软骨仿生吸能材料（Artificial Cartilage Foam, ACF）仿生材料设计并制备蜂窝超结构；拟采用混合六边形结构作为蜂窝结构单胞，通过设计规划蜂窝结构短边长、长边长、胞元间的夹角、厚度等参数，建立单胞的理论模型，并建立蜂窝超结构仿真模型。通过Comsol进行有限元分析，得到超结构基本吸能特性规律。

(2)蜂窝抗冲击超结构非线性动力学特性探究

通过声学超结构等效介质法对超结构进行简化，并根据非线性动力学理论对冲击响应进行求解；用谐波平衡法以及牛顿-拉夫森法对非线性冲击方程进行求解，获得单胞结构的振动响应；对冲击力和变形的分析找到系统不稳定平衡点，引入随机噪声并研究Hopf分岔特性，建立随机微分方程组，探索单胞结构的抗冲击性能机制。

(3)蜂窝抗冲击超结构双负特性数学建模

设计具有负泊松比和负刚度特性的蜂窝超结构，提高抗冲击及吸能特性；以初始碰撞峰值力和比吸能为评价目标，作为后续研究的吸能目标函数，通过冲击力在变形量上的积分即可获得能量变化；以不同冲击速度作为研究变量，建立超结构的动态吸能数学模型，探究初始峰值应力和应变分布规律及其动力学特性。

2 蜂窝抗冲击超结构逆向设计智能算法研究

(1)深度学习训练集及测试集数据库建立

通过深度学习模型获得满足特定抗冲击能力及吸能要求的蜂窝超结构构型，配合多重神经网络模型的训练集与测试集，为多重神经网络训练提供支撑数据。

(2)蜂窝抗冲击超结构逆向设计智能算法

根据蜂窝基本单胞的一般模型生成用于训练和测试的数据集，通过对抗神经网络（GAN）、性能预测网络（GNN）和结构生成网络（SGN）组成多重网络深度学习框架，实现蜂窝所需抗冲击及吸能力学指标与几何拓扑构型的双重映射；将泊松比、刚度、剪切模量组成的属性空间类比RGB色彩空间，将超结构逆向设计问题转换为色彩匹配问题，训练得到相应几何参数结果。

(3)逆向设计网络模型封装及测试

根据超结构几何参数和力学性能的映射关系，对深度学习库进行封装，集成输入形参及输出结果；通过测试集对深度学习库进行测试，将网络模型输出的几何参数结果进行建模，通过理论及仿真对结果进行测试，探究抗冲击及吸能效果。

3 蜂窝抗冲击超结构拓扑优化算法研究

(1)基于差分进化算法的蜂窝抗冲击超结构拓扑优化

将变异个体与目标进行混合产生子个体，使用优胜劣汰的方式进行迭代，获得相匹配的较优单胞结构参数与抗冲击性能的蜂窝超结构设计参数。

(2)Python与Abaqus联合动力学仿真

Python与Abaqus联合二次开发拓扑优化，通过Python编写主要的拓扑优化算法；探究结构的刚度曲线和传递率变化曲线以及多参数对比拓扑优化的效果。

4 蜂窝抗冲击超结构抗冲击实验研究

通过其他的抗冲击及吸能传统材料进行控制变量对比实验设计，探究ACF材料的抗冲击性能；研制多种蜂窝抗冲击超结构器件和实验系统样机，进行蜂窝抗冲击超结构多材料及多参数对比冲击实验，验证理论分析的正确性；获得不同超结构几何参数和力学性能参数，并揭示其抗冲击的机理。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本人近年承担了多个横向课题，经费很充足，可用于本方向的博士生培养和学术研究中，能保障本课题研究的所有经费支出。