

中国振动工程学会科学技术奖推荐书

(2023 年度)

一、项目基本情况

项目类别：基础研究 工程应用 技术发明 序号： 编号：

推荐单位 或推荐专家		中国振动工程学会转子动力学专业委员会			
项目名称	名称	航空航天碳纤维复合材料薄壁结构非线性阻尼测试与涂层减振技术			
	公布名				
主要完成人		李晖, 孙伟, 韩清凯, 王相平, 骆海涛, 赵峰			
完成单位		东北大学, 中国航发沈阳发动机研究所, 中国科学院沈阳自动化研究所, 沈阳鼓风机集团申蓝机械有限公司			
主题词		碳纤维复材薄壁结构; 非线性阻尼测试; 非线性振动; 复合材料参数辨识; 阻尼涂层减振			
涉密项目是否解密		解密时间			
学科分类 名称	1	非线性振动力学		代码	130.2020
	2	振动控制理论		代码	130.2050
	3	航空、航天复合材料		代码	590.4030
所属国民经济行业		(C) 制造业			
所属科学技术领域		A3000 国家重点支持的高新技术领域/航空航天技术			
任务来源		A3-973 计划; D1-国家自然科学基金; E-企业			
具体计划、基金的名称和编号: (1) 国家安全重大基础研究: XXX 转子叶片气固耦合振动失效基础研究, 编号: 613140; (2) 国家自然科学基金: 航空发动机中纤维增强型复合薄壁构件的非线性振动特性研究, 编号: 51505070; (3) 国家自然科学基金: 基于阻尼涂层的整体叶盘主动失谐设计及减振研究, 编号: 51775092; (4) 装备预研重点实验室基金项目: CNTC-MMC-CMCFELs 新型材料的减振降噪吸波机理与应用研究, 编号: 6142905192512; (5) 横向委托: 复合材料机匣包容能力解析方法研究, 编号: JC36021050018。					
已呈交的科技报告编号 (仅限工程应用类、技术发明类项目填写):					
授权发明专利 (项)		32		授权的其他知识产权 (项)	30
项目起止时间		起始: 2010 年 7 月 1 日		完成: 2018 年 12 月 31 日	

中国振动工程学会办公室制

二、项目简介

面向我国军用航空发动机、载人航天空间站等重大装备对复合材料薄壁结构轻量化设计、高精度试验、振动抑制及高可靠性服役的迫切需求，本项目自 2010 年起，在国家安全重大基础研究项目、国家自然科学基金项目等项目的支持下，以航空发动机先进碳纤维复合材料叶片、机匣以及空间站科学实验柜壁板、太阳翼基板等为研究对象，开展了航空航天碳纤维复合材料薄壁结构非线性阻尼测试与涂层减振技术的创新性研究，突破了新材料薄壁结构动力学性能测试与试验、参数辨识与减振控制的技术瓶颈，主要发明点如下：

1. 发明了航空航天碳纤维复合材料薄壁结构非线性动力学预示方法。创建了基础振动激励、高强声波激励、气动载荷激励下具有振幅和温度依赖特征的复材薄壁结构的非线性动力学模型，掌握了各向异性复材结构的非线性阻尼比、固有频率、动响应等参数的高精度计算方法，避免了传统的线性等效建模及求解误差过大问题，提出了复杂载荷和环境温度下复材薄壁结构非线性动力学预示方法。

2. 发明了航空航天碳纤维复合材料薄壁结构非线性阻尼和固有频率的高精度测试技术。发明了适合典型薄壁结构高精度振动激励的多款激振器，克服了此类结构具有复杂局部振型、密集模态、易受传感器附加质量影响的测试难题，填补了国内空白。针对复材薄壁结构会随着环境温度、外激励幅度变化而存在阻尼与频率参数改变的特殊非线性机制，发明了有效获取具有振幅或温度依赖性的复材薄壁结构非线性阻尼和固有频率的测试新方法，克服了传统线性振动测试法出现的大偏差甚至无法测量的缺点。

3. 发明了各向异性复合材料力学参数的高精度辨识方法与仪器。提出了频响函数逼近法、逆向迭代辨识法等技术，实现了常温与热环境下碳纤维/树脂材料在纤维纵向、横向及剪切方向的杨氏模量、剪切模量、损耗因子等材料参数的准确辨识。研制了基于激光无损扫描的纤维增强复合材料参数测试仪，解决了传统的万能疲劳试验机和热动态分析仪难以辨识各向异性材料阻尼参数的难题，填补了国内空白。

4. 发明了基于先进阻尼涂层的碳纤维复合材料薄壁结构非线性振动抑制技术。筛选出 NiCoCrAlY+YSZ 等高性能金属、陶瓷混合材料作为硬质阻尼涂层，提出了基于异氰酸酯组分、合成树脂等原料组成的耐高温聚脲软质阻尼涂层，掌握了在金属或复材薄壁结构上涂覆具有耐磨、防腐和高阻尼性能的软、硬质涂层的关键工艺；创建了涂覆软、硬阻尼涂层的薄壁结构非线性动力学模型和阻尼优化设计模型，提出了涂覆阻尼涂层的最佳方案，最大程度地发挥了阻尼涂层的耗能效果，实现了非线性振动响应的有效抑制。

基于以上理论创新和技术发明，本项目共授权发明专利 32 项、实现专利转让 2 项、软件著作权 20 项，在国内外学术杂志和国际会议发表学术论文 56 篇（其中 SCI 检索 32 篇，他引 530 余次，EI 检索论文 24 篇），出版学术专著 2 部。相关技术发明成果，成功应用于我国航发企业多个型号的航空发动机复材叶片、外涵机匣以及空间站科学实验柜壁板、新材料减振支座壁板等结构/部件动强度试验、性能测试与减振处理等方面，取得了良好的社会与经济效益。项目通过了中科合创（北京）科技成果评价中心组织专家召开的科技成果鉴定会，专家组评价为“该项目取得的研究成果整体达到国际先进水平”。