

附件 5

中国振动工程学会科学技术奖推荐书

(2021 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	动力装备转子系统相似模型试验理论与技术			
	公布名				
主要完成人		罗忠、韩清凯、翟敬宇、李晖、李雷、何凤霞			
完成单位		1. 东北大学 2. 大连理工大学			
主题词		动力装备；转子系统；模型试验；动力学相似理论；振动测试			
涉密项目是否解密			解密时间		
学科分类 名称	1	机械动力学与振动		代码	460.1520
	2	非线性振动力学		代码	130.2020
	3			代码	
所属国民经济行业		C34 通用设备制造业			
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、国家重点基础研究发展计划（973 计划）项目：压缩机组复杂系统振动故障机理及可监测诊断设计方法，项目编号：2012CB026005； 2、国家自然科学基金项目：（1）旋转结构件模型试验的动力学相似理论及其应用研究，项目编号：51105064；（2）非线性支承转子系统振动分析及应用，项目编号：11572082； 3、企业项目：（1）航空发动机转子系统动力学相似技术研究，合同编号：JC0901412075；（2）转子动刚度检测系统与软件，合同编号：2019020900065。					
已提交的科技报告编号（仅限工程应用类、技术发明类项目填写）：					
授权发明专利（项）		42		授权的其他知识产权（项）	21
项目起止时间		起始：2009 年 01 月 01 日		完成：2011 年 12 月 31 日	

中国振动工程学会办公室制

二、项目简介

面向我国航空发动机、离心压缩机和高炉喷煤机等动力装备高机动性、低振动和高可靠性的迫切需求，本项目在国家重点基础研究发展计划（973）项目、国家自然科学基金项目，以及中国航发沈阳发动机研究所技术开发委托项目等项目的支持下，以航空发动机、离心压缩机和高炉喷煤机等动力装备为研究对象，系统开展动力装备转子系统相似模型试验理论和技术研究，建立了面向复杂动力装备的动力学相似理论体系，提出了多级耦合转子系统动力学相似模型与典型故障复现技术，掌握了基于模型试验数据反演真实转子系统动力学特性的核心技术，解决了动力装备转子系统相似模型试验的技术瓶颈，有效指导了工程实践中动力装备转子系统的模型试验任务，主要创新如下：

1. 建立了动力装备转子系统构件级、系统级和故障特征复现三个层级的动力学相似理论体系。建立了动力装备叶片、轮盘、鼓筒、机匣和转子系统等典型构件与系统的动力学相似模型；首次提出了区间边界函数的概念及其确定方法，提出和发展了不同模态下的相似几何适用区间的概念和应用；提出过渡模型技术和选取畸变相似参数数据驱动方法，从构件级、系统级和故障特征复现三个层级，实现了涵盖相似参数选取、几何适用区间确定以及过渡模型畸变特性的动力学相似理论体系，为开展动力装备动力学试验提供理论基础。

2. 提出了动力装备转子系统典型构件的动力学相似试验技术。针对航空发动机等典型薄壁构件的动力学相似试验技术，在国际上首次提出几何畸变动力学相似关系准则；结合发动机典型构件的动态载荷相似方法，形成了叶片、轮盘、鼓筒等典型构件的动力学相似试验技术和动力学特性预测技术，实现了考虑典型薄壁构件服役环境载荷的动力学相似试验，有效降低了试验风险和成本，提高了典型构件的试验效率和精度。

3. 提出了针对复杂转子系统的动力学相似模型试验技术。考虑了赫兹接触、轴承游隙以及变柔度的非线性因素，提出了涵盖构件级和系统级复杂转子系统的动力学相似试验技术，复现了转子系统的振动响应、频率成分以及分岔特性；针对复杂转子系统的非线性因素及振动特性，提出了线性相似因子与非线性相似因子。考虑叶片、轮盘、鼓筒、轴承等构件影响，以及内外转子耦合效应，提出了关键参数敏感性分析和系统动力学特性复现技术；进一步结合试验结果数据相似反演变换，形成了面向原型全尺寸转子系统动力学相似试验和特征反演技术。

4. 提出了转子系统典型故障特征再现的动力学相似模型试验技术。建立了复杂转子系统碰摩、不对中与不平衡等典型故障相似试验模型，提出了典型故障特征再现与反演相似性试验技术。建立相似关系的过程中充分考虑了不对中力、碰摩力以及不平衡力的相似关系，将故障模式中的非线性参数表征为非线性相似因子。准确复现出原型转子系统的频率成分，如不对中情况下的二倍频，以及分岔特性，解决了航空发动机转子碰摩、不对中、不平衡和热弯曲等典型故障特征模型试验再现技术，填补了动力装备结构振动与故障特征模型再现的国内技术空白，为动力装备的研制和排故提供关键技术支撑。

基于以上理论创新和技术发明，本项目研发了多台套包括航空发动机、离心压缩机和高炉喷煤机转子系统动力学相似模型试验器，实现了大型动力装备结构件和复杂转子系统的相似模型试验，解决了面向实际服役环境与工况条件下典型故障转子系统的动力学试验技术难题。

项目研究共授权发明专利 42 项、取得软件著作权 21 项，在国内外学术杂志和国际会议发表学术论文 86 篇（其中 SCI 检索 42 篇，他引 200 余次），出版学术专著 2 部。相关航空发动机、离心压缩机和高炉喷煤机等动力装备模型试验装置在中国航发沈阳发动机研究所、沈阳鼓风机集团和大岫集团有限公司等单位得到了重点推广和应用，大幅降低了试验成本与技术风险，取得了显著的军事效益、社会效益和经济效益。