

附件 5

中国振动工程学会科学技术奖推荐书

(2025 年度)

一、项目基本情况

项目类别：基础研究 序号：048 编号：2025-KJ1-048

推荐单位		模态分析与试验专业委员会	
项目名称	名称	宽频隔振和精密驱动中的柔顺机构非线性建模与分析	
	公布名		
主要完成人		牛牧青, 杨斌堂, 韩文举, 陈立群, 孟光	
完成单位		哈尔滨工业大学(深圳), 上海交通大学	
主题词		非线性振动; 动力学与控制; 非线性力学	
涉密项目是否解密	否	解密时间	
学科分类名称			
1	非线性振动力学		代码 130.2020
2	非线性力学		代码 130.1030
所属国民经济行业		P 教育	
所属科学技术领域		非线性振动力学	
任务来源		D. 基金资助, H. 其他	
具体计划、基金的名称和编号: 国家自然科学基金面上项目“科里奥利力-磁-电传感新机理与天文望远镜拼接镜面超精密转角检测研究”(51775349), 2018-2021 国家自然科学基金青年科学基金项目(C类)“基于绞制梁结构的非线性减振建模、分析和优化”(11902097), 2020-2022 中国博士后科学基金面上项目“具有高静态低动态刚度和滞回阻尼的非线性减振系统研究”(2019M661266), 2019-2020 航天先进技术联合研究中心技术创新项目“超宽频复合磁能直驱力控振动试验台”(USCAST2013-10), 2013-2015			

授权发明专利（项）	1	授权的其他知识产权（项）	0
项目起止时间	起始：2013-12-01	完成：2022-05-28	

中国振动工程学会办公室制

中国振动工程学会

三、项目简介

(限 1 页)

航天精密有效载荷是航天器上直接服务于核心任务目标、具有极高技术指标要求的仪器设备，对其进行有效的宽频隔振和精密驱动是保障其正常运行的关键性支撑技术。本项目以通过自身弹性变形实现精密运动的柔顺机构为核心，精确表征和充分利用其大变形下的非线性特性，结合非线性振动和智能材料驱动原理，在建模分析方法、优化设计手段等方面实现学术突破，为航天有效载荷的宽频隔振与精密驱动新需求提供了可行解决方案。项目的主要科学发现包括：

(1) 提出了基于柔顺机构大变形的高静态低动态刚度构造方法和非线性隔振器优化设计方案，为多工况下的宽频隔振提供了“以柔控刚”的解决途径。项目基于大变形柔顺机构设计了具有运动传递和能量转换集成功能的非线性隔振元件，发展半解析分析方法揭示了其在不同参数下丰富的非线性刚度特性和动力学响应特征，给出了兼顾隔振性能和承载能力的柔顺机构隔振器优化设计方案，实验验证了不同激励幅值和负载质量下的宽频隔振性能。

(2) 利用柔顺机构的大变形和内摩擦构造了高阶刚度和滞回阻尼耦合的非线性隔振系统，提出半解析分析方法揭示其幅频响应特征，阐明其复合性能优势。提出基于柔顺屈曲梁大变形和绞制梁内摩擦的刚度/阻尼耦合非线性隔振系统，设计了屈曲梁-绞制梁隔振器，通过隐式函数表达的改进 Bouc-Wen 模型表征了其高阶刚度和滞回阻尼耦合特性，并发展半解析方法揭示了动力学响应特征，定义了这类耦合非线性隔振系统的广义等效刚度和广义等效阻尼比，阐明了系统在隔振带宽和振动衰减率方面的复合优势。

(3) 提出梁约束-树结构方法实现了复杂柔顺机构的大变形精确计算，揭示了磁致伸缩材料与柔顺机构间的磁机耦合效应，研制了具有大行程精密驱动性能的三自由度平台。提出了基于梁约束模型和树结构方法的复杂柔顺机构大变形精确计算方法，联合改进 Jiles-Atherton 模型揭示了具有本征非线性的磁致伸缩材料与大变形柔顺机构间的磁机耦合效应，设计了含柔顺传动、限位机构的三自由度磁致伸缩平台，实验验证了不同负载质量下的大行程精密驱动特性。

6 篇代表作发表于 Mechanical Systems and Signal Processing、Nonlinear Dynamics、Precision Engineering、《振动与冲击》，SCI 他引 130 次，受到国内外同行专家认可和正面评价。中国工程院院士陈学东等认为项目提出了新的(novel)隔振器，中国工程院院士陈政清、陈予恕等肯定了项目成果的宽频(wideband, wider)隔振效果，现代柔顺机构学国际权威 Larry Howell 教授等将项目成果列为“关键进展(Key Advances)”，认为提出了不寻常的方法(not the common way)。代表作 1 获深圳市优秀科技学术论文成果奖。

六、代表性论文专著目录（不超过 5 篇）

序号	论文专著 名称/刊名/ 作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时 间(年月 日)	通讯作 者(含 共同)	第一作 者(含 共同)	国内作 者	SCI 他 引次数	他引总 次数	论文署名单 位是否包含 国外单位
1	Analysis of a bio-inspired vibration isolator with a compliant limb-like structure/ Mechanical Systems and Signal Processing/ Mu-Qing Niu, Li-Qun Chen	2022 年 179 卷 109348	2022-05 -28	陈立群	牛牧青	牛牧 青, 陈 立群	47	49	否
2	A high-static -low-dynami cs stiffness vibration isolator via an elliptical ring/ Mechanical Systems and Signal Processing/ Wen-Ju Han, Ze-Qi Lu, Mu-Qing Niu, Li-Qun Chen	2022 年 162 卷 108061	2021-05 -26	陈立群	韩文举	韩文 举, 陆 泽琦, 牛牧 青, 陈 立群	37	39	否

3	Nonlinear vibration isolation via a compliant mechanism and wire ropes/ Nonlinear Dynamics/ Mu-Qing Niu, Li-Qun Chen	2022 年 107 卷 1687-1702 页	2021-06-07	陈立群	牛牧青	牛牧青, 陈立群	23	25	否
4	Two generalized models for planar compliant mechanisms based on tree structure method/Precision Engineering /Muqing Niu, Bintang Yang, Yikun Yang, Guang Meng	2018 年 51 卷 137-144 页	2017-08-09	杨斌堂	牛牧青	牛牧青, 杨斌堂, 杨诣坤, 孟光	7	9	否

5	Modelling and parameter design of a 3-DOF compliant platform driven by magnetostrictive actuators/Precision Engineering/Muqing Niu, Bintang Yang, Yikun Yang, Guang Meng	2020年66卷 255-268 页	2020-07 -15	杨斌堂	牛牧青	牛牧青, 杨斌堂, 杨诣坤, 孟光	16	16	否
6	含绞制梁结构的非线性隔振系统建模与仿真/振动与冲击/牛牧青, 陈立群	2020年39卷 20期42-46 页	2020-10 -28	陈立群	牛牧青	牛牧青, 陈立群	0	1	否

注：按重要程度排序。如有在国内振动工程领域 T1 期刊、学会主办期刊发表的论文或国内出版的专著，可填不超过 6 篇。

补充说明（视情填写）：

承诺：1. 本项目所列知识产权符合提名要求且无争议。②已明确告知上述论文（专著）所有作者：所列论文（专著）用于提名 2025 年中国振动工程学会科技奖；项目如获奖后所列论文（专著）不得再次参评，如未获奖所列论文（专著）再次参评须间隔一年。③未列入项目主要完成人的第一作者、通讯作者（含共同第一作者、共同通讯作者）已出具知情同意书面签字意见，与其他作者的有关知情证明材料均存档备查。④如因上述事项引发争议，将积极配合调查处理并承担相应责任。

2. 本项目是本人本年度以第一完成人被推荐的唯一项目。

第一完成人签名：

七、代表性论文专著被他人引用的情况（不超过 8 篇）

序号	被引代表性论文专著序号	引文名称/作者	引文刊名	引文发表信息 (xx 年 xx 卷 xx 页)	引用与评价原文 和直译(200 字 以内)
1	1, 2	Bio-inspired multi-joint-collaborative vibration isolation/ Ge Yan, Wen-Hao Qi, Jia-Jia Lu, Feng-Rui Liu, Han Yan, Lin-Chuan Zhao, Zhi-Yuan Wu, Wen-Ming Zhang	Journal of Sound and Vibration	2024 年 568 卷 118089	(1) Niu et al. [53] ... obtained a larger HSLDS region and a stronger stability. 牛等... 获得了 更大的高静态低 动态刚度区间和 更强的稳定性。 (2) improving the low-frequency vibration isolation performance [33-39] 提高了低频隔振 效果
2	1, 3	Investigation on vibration mitigation methodology with synergistic friction and electromagnetic damping energy dissipation/Xingbao Huang, Zhiwen Huang, Xugang Hua, Zhengqing Chen	Nonlinear Dynamics	2023 年 111 卷 18885-18910 页	Niu and Chen [14, 15] designed a nonlinear vibration isolator using the flexible structural nonlinearity to explore its wideband vibration control effect. 牛和陈利用柔顺 机构非线性设计

					了非线性隔振器以探索其宽频振动控制效果。
3	2	Analysis and experiment of a novel compact magnetic spring with high linear negative stiffness/Mingkai Wu, Jiulin Wu, Jixing Che, Ruiqi Gao, Xuedong Chen, Xiaoqing Li, Lizhan Zeng, Wei Jiang	Mechanical Systems and Signal Processing	2023 年 198 卷 110387	Han et al. [26] used an elliptical ring to construct a novel type of VI with high-static-low-dynamic stiffness. 韩等利用椭圆环构造了一种具有高静态低动态刚度的新型隔振器。
4	2	A passive vibration isolator with bio-inspired structure and inerter nonlinear effects/ Jing Bian, Xu-hong Zhou, Ke Ke, Michael CH Yam, Yu-hang Wang, Yue Qiu	Structural Engineering and Mechanics	2023 年 88 卷 3 期 221-238 页	Han et al. (2022) developed the QZS via an elliptical ring. 韩等利用椭圆环发展了准零刚度。
5	2	On a quasi-zero stiffness vibration isolator with multiple zero stiffness points for mass load deviation/ Qingye Meng, Lei Hou, Rongzhou Lin, Yushu Chen, Nasser A Saeed, Ahmed Fouly, E.M. Awwad	Applied Mathematical Modelling	2025 年 145 卷 116112	... nonlinear vibration isolators are of great interest due to their lower vibration isolation frequencies and wider frequency bands [7]. ... 非线性隔振器由于更低的隔振频率和更宽的

					频率带宽而备受关注。
6	3	Nonlinear inertia and its effect within an X-shaped mechanism - Part II: Nonlinear influences and experimental validations/Xingjian Jing, Zhenghan Zhu, Yingqing Guo, Shaohua Liu	Mechanical Systems and Signal Processing	2023 年 200 卷 110591	Niu et al. [22] proposed a novel nonlinear isolator ..., which achieves broad-band frequency and efficient vibration isolation performance. 牛等提出了一种新型非线性隔振器...实现了宽频和高效的隔振效果。
7	4	Kinetostatic and dynamic modeling of flexure-based compliant mechanisms: A survey/Mingxiang Ling, Larry L. Howell, Junyi Cao, Guimin Chen	Applied Mechanics Reviews	2020 年 72 卷 030802	A tree-structure method ... was proposed in Ref. [211] ... not the common way of stiffness matrix assembling in the finite element method. 文献[211]提出一种树结构方法...采用了区别于有限元法的不同寻常的刚度矩阵组装方法。

8	5	Design, modeling and control of high-bandwidth nano-positioning stages for ultra-precise measurement and manufacturing: a survey/ Wei-Wei Huang, Xiangyuan Wang, Yixuan Meng, Linlin Li, Xinquan Zhang, Mingjun Ren, Li-Min Zhu	International Journal of Extreme Manufacturing	2024 年 6 卷 062007	... to address this tradeoff in optimal design of NPSs ... the maximization of the ... motion stroke [74, 90] is set as the optimization objective 为处理纳米定位平台优化设计中的冲突...将最大行程作为优化目标
---	---	--	--	----------------------	---