## 文 章 导 读

#### 振动能量俘获专题

## 非线性振动能量俘获技术的若干进展 (2894-2909, doi: 10.6052/0459-1879-21-474) 杨涛,周生喜,曹庆杰,张文明,陈立群

随着工程中低功耗电子设备和自供能无线传感网络的迅速发展,使得振动能量俘获 技术得到了广泛应用.振动能量俘获不仅可以将振动能转化为可用的电能,还能减少有害 振动.由于结构简单、容易组装等优点,基于压电效应和电磁感应定律的压电和电磁振动 能量转化机制得到了广泛研究,对应的非线性振动能量俘获技术也取得了若干进展.

利用摩擦纳米发电机的流体能量俘获研究新进展 (2910-2927, doi: 10.6052/0459-1879-21-411)

#### 李申芳, 王军雷, 王中林

论文综述了当前用于流体能量俘获的摩擦纳米发电机的研究现状.介绍了摩擦纳米 发电机的电荷转移原理和4种基本工作模式.介绍了摩擦纳米发电机在自然风能、流致 振动能以及在液体动能(包括波浪能和液滴能)中的俘能研究进展.同时介绍了混合式摩 擦纳米发电机和摩擦电材料的改进研究以及基于流体能量收集的摩擦纳米发电机的应用.

# 面向压电振动能量俘获的电能管理电路综述 (2928-2940, doi: 10.6052/0459-1879-21-440) 陈楠, 刘京睿, 魏廷存

本文在讨论压电振动俘能器的电学特性基础上,全面总结了面向压电振动俘能器的 电能管理电路的最新研究成果.文章重点讨论了用于压电振动俘能器的典型开关变换器 电路和实现最大能量俘获的几种典型控制算法,通过对面向压电振动俘能器的电能管理 电路的全面分析和综述,揭示了该领域目前存在的瓶颈问题,并展望了其未来发展方向.

磁力耦合道路能量收集设计与动力学分析 (2941-2949, doi: 10.6052/0459-1879-21-374) 邹鸿翔, 郭丁华, 甘崇早, 唐曙光, 袁俊, 魏克湘, 张文明

提出了一种磁力耦合道路能量收集设计,通过引入磁力进行无接触能量传递,减小了 装置所受冲击并使装置具有良好密封性,从而提升装置的鲁棒性,实现对道路车辆机械能 的可靠收集.通过设计升频和单向旋转机构提高了系统的电学性能.所提出的设计可以成 为未来智慧交通系统的重要组成部分,俘获车辆机械能为交通环境中的小型机电系统提 供可持续的绿色无碳电力.









带附加质量块的压电圆板能量采集器振动分析 (2950-2960, doi: 10.6052/0459-1879-21-441)

#### 孟莹,丁虎,陈立群

为研究带附加质量的压电圆板能量采集器的采集性能,建立了附加质量的压电圆板能 量采集器的理论模型,主要研究压电片内径的影响.随着内径的增大,共振频率降低,最大 输出功率和电压增加,直至内径为 3.5mm,此时,输出功率和电压分别达到最大值.因此,相 较于无孔的压电片,内径位于 2.5~4 mm范围内的压电片可以提高能量采集器的采集性能.

压电与摩擦电复合型旋转能量采集动力学协同调控机制研究 (2961-2971, doi: 10.6052/0459-1879-21-410)

#### 赵林川, 邹鸿翔, 刘丰瑞, 魏克湘, 张文明

本文提出了动力学协同调控机制,并用于调控系统的动力学行为,可以使器件在低转 速激励下有效工作,提高了旋转能量采集系统的电学性能,有益于促进自供能物联网技术 的发展与应用.

# 低频振动隔离和能量采集双功能超材料 (2972-2983, doi: 10.6052/0459-1879-21-471) 赵龙, 陆泽琦, 丁虎, 陈立群

通过周期性放置球摆型能量采集谐振器,设计了局域共振双功能超材料,并且建立了 该双功能超材料梁的动力学模型,解析、数值和实验综合研究了其能带结构和频响,分析 了不同参数对一维/二维超材料带隙特性的影响.发现在带隙频率范围内,宿主结构振动 被有效抑制;同时振动被局限在谐振器中,使采集到的电压达到最大值.

# 多稳态俘能系统的准确磁力建模方法 (2984-2995, doi: 10.6052/0459-1879-21-446) 张颖, 王伟, 曹军义

针对多稳态俘能系统结构参数优化不易问题,提出了一种多稳态俘能的磁力建模方法,准确表征了不同结构尺寸条件下的系统非线性特征.实验测量验证了该模型相对于传统方法能够更准确地表述多稳态系统的磁力,并探究了系统稳态临界点的位置以及不同结构参数条件下的系统俘能输出,实现了多稳态俘能输出性能的结构参数优化.

线形与拱形组合梁式三稳态压电俘能器动力学特性研究 (2996-3006, doi: 10.6052/0459-1879-21-392)

#### 张旭辉,陈路阳,陈孝玉,徐冬梅,朱福林,郭岩

本文面向煤矿井下采掘设备激励环境,提出了一种线形-拱形组合梁式三稳态压电俘 能器,针对动力学建模、动力学特性展开理论研究和实验验证,获得俘能器磁铁间距、激 励强度对动力学特性的影响规律,研究表明选择合适的磁间距可使系统在低水平激励下 实现大幅响应,有效提高了俘能效率.研究为低频激励下压电俘能器的优化提供了理论指导.











# 流致振动能量收集的钝头体几何设计研究 (3007-3015, doi: 10.6052/0459-1879-21-438) 李海涛, 曹帆, 任和, 丁虎, 陈立群

本文针对流致振动能量收集的钝头体几何设计开展研究,实验分析了三种钝头体宽 厚比对能量收集效果的影响规律.结果表明,钝头体截面为矩形时,增大宽厚比可显著提 高电压输出峰值;钝头体为三角形或 D 形时,增加宽厚比将使系统呈现"驰振"→"驰振+涡 激振动"→"涡激振动"响应特性变化趋势,提高了低风速时能量收集效果.

# 翼型颤振压电俘能器的输出特性研究 (3016-3024, doi: 10.6052/0459-1879-21-377) 田海港, 单小彪, 张居彬, 隋广东, 谢涛

为了有效俘获气动弹性振动能量,提出一种新颖的翼型颤振压电俘能器.基于非定常 气动力模型,推导压电俘能器流-固-电耦合场的数学模型.建立有限元模型,获得机翼附 近的涡旋脱落和流场特性.结果表明,交替的压力差驱动机翼发生二自由度沉浮-俯仰运 动,可获得最大输出电压 17.88 V 和输出功率 1.278 mW,功率密度 7.99 mW/cm<sup>3</sup>.

线绳驱动转速提升式低频俘能器的设计与研究 (3025-3034, doi: 10.6052/0459-1879-21-469)

#### 郭纪元,樊康旗,张妍,杨雨森,马晓宇

为了有效收集周围环境中的低频机械能,本文提出一种线绳驱动、具备转速提升功能的电磁式俘能器.对所提出的俘能器建立了动力学模型,并通过样机制作和实验测试证实了理论模型的正确性.实验表明,在激励幅值 40 mm和激励频率 2 Hz 的条件下,所研制的俘能器的输出功率达到 7.82 mW,比对应的无转速提升功能的俘能器的输出功率高约 143%.

基于压电振动能量俘获的弯曲结构损伤监测研究 (3035-3044, doi: 10.6052/0459-1879-21-452)

#### 赵翔,李思谊,李映辉

基于格林函数法建立了存在多个裂纹损伤的悬臂式曲梁压电俘能器在强迫振动下的 力电耦合模型,引入局部刚度模型描述裂纹损伤截面的力学特性,并考虑了阻尼对模型的 影响.利用压电材料的电能和机械能互相转换的特性,提出逆方法,即根据由振动引起的 压电俘能器电压-频率响应变化分析曲梁的振动问题,从而对结构进行损伤监测.

基于反激变压器的压电振动能量双向操控技术 (3045-3055, doi: 10.6052/0459-1879-21-453)

#### 刘轩,吴义鹏,裘进浩,季宏丽

本文提出了一种衍生于优化型同步电荷提取电路的压电阻尼半主动控制电路,借鉴 反激变压器的原、副边能量转换特性,实现了压电振动控制系统从电能到机械能的能量 操控,从而达到结构振动抑制的效果.这种结合了压电电荷能提取与压电阻尼半主动控制 技术的新电路,以反激变压器为核心实现了压电振动能量的双向操纵.

(a) <i>W</i> / <i>T</i> = 1.0	
(b) <i>W</i> / <i>T</i> = 2.5	20000000000000000000000000000000000000
(c) $W/T = 1.0$	<u>ananananananananananananananananananan</u>
(d) $W/T = 2.5$	2000/200000000000000000000000000000000
(e) $W/T = 1.0$	
(f) W/T = 2.5	~){{\@}}{\@}}{\@}} 304D
	0.2 period 0.4 period 0.6 period 0.8 period 1.0 period









#### 文 章 导 读

#### 流体力学

## 高压捕获翼构型亚跨超流动特性数值研究 (3056-3070, doi: 10.6052/0459-1879-21-059) 王浩祥, 李广利, 杨靖, 肖尧, 王小永, 徐应洲, 许先贵, 崔凯

以高压捕获翼原理性构型为研究对象,采用数值方法对亚跨超速域内的流动特性和 气动特性展开研究,重点关注机体与捕获翼之间通道内气动耦合效应.结果表明,亚声速 来流条件下,通道内会出现流动分离现象;跨声速来流条件下,通道内会出现了激波-分离 区干扰结构;超声速来流条件下,通道内出现激波-膨胀波波系干扰.

# 活性流体流变行为的布朗动力学模拟研究 (3071-3079, doi: 10.6052/0459-1879-21-368) 许晓飞, 童松豪, 张达, 董超, 刘凤霞, 魏炜, 刘志军

本文通过建立自驱动活性粒子的运动模型,采用反向非平衡法确定活性流体的黏度, 考察不同因素对活性流体流变行为的影响规律.结果表明,活性粒子的直行运动引起活性 流体在低剪切速率区域黏度下降,直行和转向运动的耦合作用导致中剪切速率区域流变 曲线非单调变化,活性粒子频繁发生转向运动导致活性流体非牛顿特性受到抑制.

### 固体力学

一种从离散模拟到连续介质弹性模拟的过渡方法 (3080-3096, doi: 10.6052/0459-1879-21-449)

宓思恩, 刘小明, 魏悦广

在拉伸载荷下, Al/Ni 界面附近材料 Al 在垂直于拉伸方向的截面内, 拉伸应变的分布 由于界面原子错配的影响产生周期性变化. MD-FEA 方法准确计算了四边中点连线组成 的正方形区域附近产生了低应变区, 区域内侧和外侧规律分布了高应变点. 界面原子错配 不仅产生了残余应变, 同时也改变了界面不同位置处的力学性能, 使得相同的拉伸应力导 致了周期性变化的应变分布.

多次透射公式飘移问题的控制方法 (3097-3109, doi: 10.6052/0459-1879-21-435) 孔曦骏, 邢浩洁, 李鸿晶, 周正华

本工作提出一种新的消飘因子修正 MTF 格式,能在较高精度水平下有效地控制飘移 问题.给出了该方法的高阶统一形式,将传统的消飘因子修正 MTF 方法归结为该形式的 特例.反射系数分析表明,本方法具有精度优势,且消飘因子选取的适应性更强、取值范 围更广.数值算例表明,在控制高阶 MTF 飘移问题和保持模拟精度方面,本方法效果明显.

基于 S-ALE 方法的圆柱体垂直出水破冰研究 (3110-3123, doi: 10.6052/0459-1879-21-217)

#### 汪春辉,王嘉安,王超,郭春雨,朱广元

针对结构物与冰层垂向相互作用强非线性问题,应用 LS-DYNA 有限元软件采用结构化-任意拉格朗日欧拉 (S-ALE) 流固耦合方法及罚函数接触算法,通过圆柱体垂直贯穿冰层试验验证,建立了冰-水-结构物耦合作用数值模拟方法,对比分析了无水环境及有水环境下圆柱体垂直贯穿冰层破裂过程的冰载荷、冰层挠度、冰层应力响应变化及断裂现象.











0.000.1

0.000

 $D_{\rm R} = 0.001 \, {\rm s}$ 

shear rate ý/s-

100

elative v

0.50

0.25

0

### 文 章 导 读

#### 动力学与控制

动力吸振器复合非线性能量阱对线性镗杆系统的振动控制 (3124-3133, doi: 10.6052/0459-1879-21-475)

#### 吕嘉琳,牛江川,申永军,杨绍普

建立了附加线性动力吸振器和非线性能量阱的镗杆系统的三自由度运动方程,利用 平均法研究了附加复合式动力吸振器的镗杆系统的受迫振动.对给定质量的复合式动力 吸振器进行了参数优化.结果表明,线性动力吸振器与非线性能量阱组合可以有效抑制线 性镗杆系统的振动,而且采用参数优化后的复合式动力吸振器可以获得更好的减振效果.

变后掠翼的参变气动弹性建模与分析 (3134-3146, doi: 10.6052/0459-1879-21-275) 张立启, 岳承宇, 赵永辉

可变后掠翼在变形过程中的气动弹性分析是变体飞行器研发中的难点之一.本文提 出了一种自下而上的建模方法,利用结构模态跟踪技术以及对有理函数拟合表达式中系 数矩阵的依次缩放,成功建立了一致的当地状态空间模型.这样,通过矩阵插值技术便可 快速高效地实现可变后掠翼参变气动弹性系统的稳定性分析和动态响应计算.

#### 生物、工程及交叉力学

## 正常和早期膝骨关节炎的软骨生物力学研究 (3147-3156, doi: 10.6052/0459-1879-21-390) 林伟健, 李俊言, 陈瑱贤, 靳忠民

本文在国内首次构建了基于固液双相纤维增强软骨模型的膝关节有限元模型,对比研究了膝关节正常、内侧与内外侧早期膝骨关节炎的软骨生物力学差异.与正常膝关节相比,早期的膝骨关节炎导致了软骨承载能力的降低.相比内侧早期膝骨关节炎,内外侧 早期膝骨关节炎导致更大的内外侧软骨应变增大和流体压力减少.

## 多个椭圆柱波浪力的一种解析解 (3157-3167, doi: 10.6052/0459-1879-21-318) 赵密,龙彭振,王丕光,张超,杜修力

本文基于椭圆坐标系和绕射波理论首先推导了波浪作用下椭圆单柱体产生的散射波 压力公式,随后考虑该散射波在多柱体系中的传播,并将其视为第二次入射波,推导出柱 体上第二次散射波压力公式,同理可推导出高次散射波压力公式,最后得到椭圆多柱体波 浪力解析解,并用数值解验证了本文解析方法的正确.









