

6  
2

# 机械工程学报<sup>®</sup>

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

智能应急救援装备研究现状与发展趋势

董炳艳 张自强 徐兰军 朱自虎 杨琪 赵京 李德武 陈树君



中国机械工程学会 主办

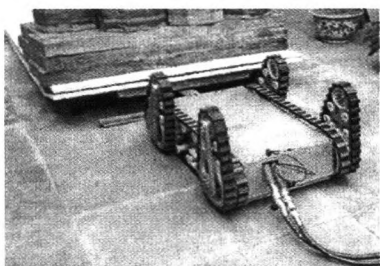
2020年56卷11期 半月刊

万方数据

## /// 机器人及机构学 ///

### 1 智能应急救援装备研究现状与发展趋势

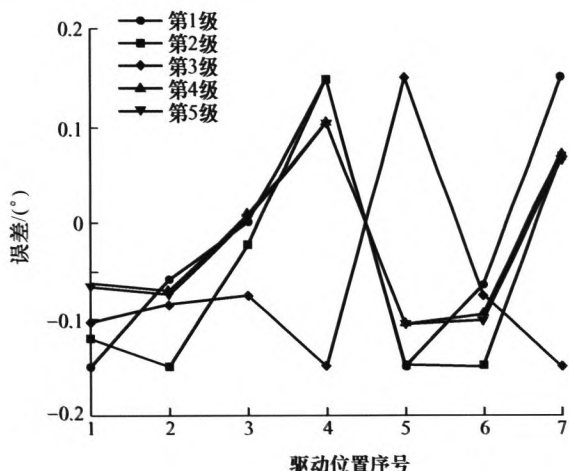
董炳艳 张自强 徐兰军 朱自虎 杨琪 赵京 李德武 陈树君



**摘要:** 在地震、火灾等灾害现场,抢险救援任务的紧迫性凸显了对智能化应急救援装备的迫切需求。智能应急救援装备的使用可极大地提高救援队伍的战斗力和战斗力,快速、高效地处理各类灾害,特别是突如其来的严重灾难,大大减少救援人员的伤亡和国家的财产损失,具有重要的研究意义。按照工作环境和用途可将智能应急救援装备分为空中救援装备、陆地救援装备、水下救援装备以及通用救援装备等。在对智能应急救援装备及关键技术的研究现状进行概述的基础上,分析发现了当前研究还存在着缺乏高效的机构设计方法、装备可靠性不佳、智能化程度较低、通信技术成熟度不高以及人机友好性较差等问题,这都导致了智能应急救援装备在大型灾害现场应用程度不高。指出了智能应急救援装备将向着先进的结构设计、可靠的运动性能、高智能化、快速精准的通信及良好的人机交互的方向发展。

### 26 静叶调节机构尺度全局优化设计方法研究

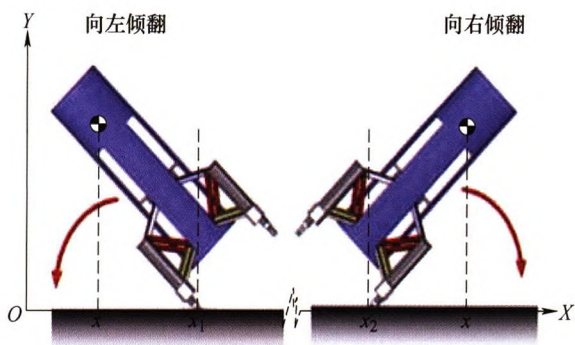
唐佑远 郭为忠



**摘要:** 为避免航空发动机喘振,高压压气机的可调静叶需要按照拟定的调节规律转动。静叶调节机构是驱动可调静叶转动的执行机构,一般采用多级联动调节的方式。由于拟定的静叶调节规律十分复杂,且多级静叶调节机构之间运动学耦合,静叶调节机构的尺度设计问题非常困难。目前一般采取逐级分解、单级优化的局部优化策略设计机构参数,无法获得全局最优的机构设计参数。为提高静叶调节精度,通过分析静叶调节机构运动学特点,提出正-逆运动学结合的机构尺度全局优化设计方法:先进行基于逆运动学解析解的全局、高效参数优化设计,再进行基于正运动学数值解的机构参数高精度优化求解,有效解决了静叶调节机构的全局尺度优化设计难题。通过案例分析,验证了所提设计方法的有效性和实用性。

### 37 垂直降落运载器着陆动力学建模与稳定性分析

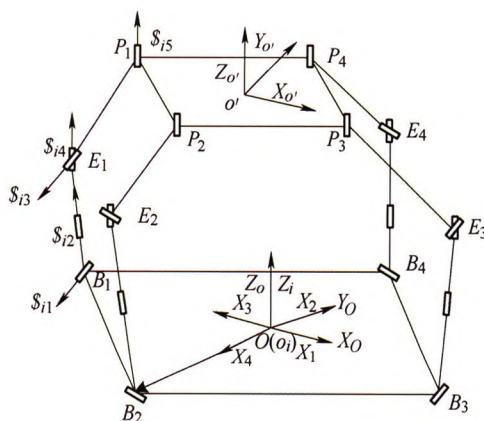
王英超 高海波 于海涛 刘振 丁亮 宋宝玉 邓宗全



**摘要:** 目前,垂直起降运载器的可重复使用是大量节约空间进入成本的有效方式。如若运载器在整个着陆过程中维持未倾翻状态直至安全着陆,则意味着实现了运载器的成功回收。在垂直起降可重复使用运载器着陆过程中,利用着陆装置吸收冲击能量以协助运载器实现稳定是其最终环节,此过程对运载器能否安全着陆有重要影响。针对支腿式运载器着陆装置,在传统多体动力学分析基础上,引入含摩擦单点碰撞模型以模拟足地碰撞引起的动力学不连续过程,建立典型着陆模式下运载器各着陆状态动力学方程,构建腿式着陆装置运载器完整着陆过程有限状态机。通过数值仿真计算,对运载器着陆结果进行参数化区间划分,获得稳定着陆的参数组合,可为后续运载器着陆控制提供策略参考和技术支撑。

### 48 基于牛顿欧拉法的一种空间被动过约束并联机构动力学建模方法

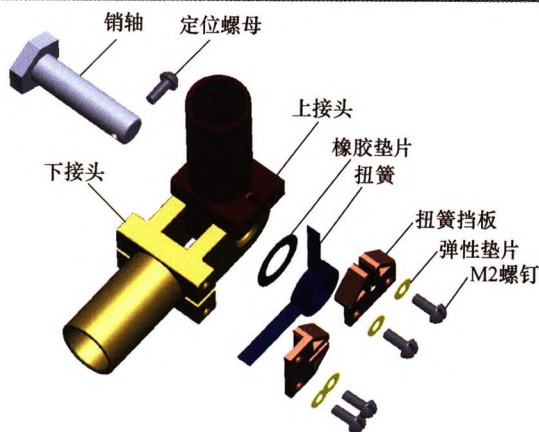
李永泉 郭雨 张阳 张立杰



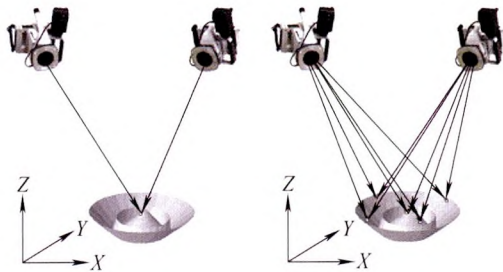
**摘要:** 以4-RPTR 四自由度空间被动过约束(冗余约束)并联机构为研究对象,采用牛顿欧拉法结合补充变形协调方程对其进行动力学分析。基于牛顿欧拉法所建动力学方程为78个,但是由于该机构被动过约束的存在,所求解的未知量为80个,当按照平面被动过约束机构的方法补充8个变形协调方程时,会与所建的78个方程线性相关,导致方程组无法求解。基于此,提出进行被动过约束并联机构动力学建模时,应首先分析机构产生被动过约束的原因,在此基础上,引入冗余约束力(力矩)引起的杆件变形与末端平台位姿误差的关系作为补充方程,能够保证方程组线性无关,可以求解。为此,引入直接引起冗余约束的转动关节约束力矩产生的杆件变形与末端平台位姿误差的关系,补充了8个变形协调方程,同时引入了6个未知量,从而得到86个方程,包含86个未知量,且方程组线性无关,得到了该机构的动力学全解模型。基于Matlab和ADAMS软件对该机构进行动力学仿真,在平台末端给定相同运动轨迹的情况下,对比两种方法仿真所得机构驱动力变化曲线,可以看出所建动力学模型的正确性。为该类空间被动过约束机构进行动力学建模提供了一个新的思路。

### 58 广义可展开单元非线性动力学分析

董航佳 李团结 王作为



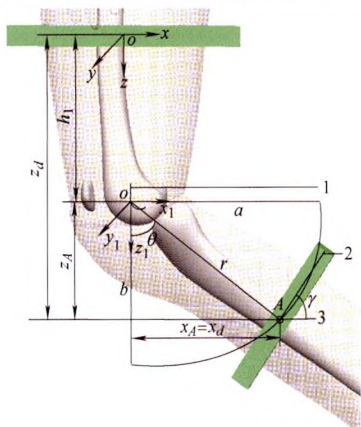
**摘要:** 首先设计了一种包含柔性铰链、驱动扭簧等非传统构件的广义可展开单元,考虑间隙、摩擦、碰撞阻尼以及柔性铰链非线性,建立了间隙和柔性构件非线性耦合的广义可展开单元非线性动力学模型。通过对其展开过程的角位移、角速度、碰撞频率、碰撞力等动力学特性进行数值分析,得到了铰链间隙和扭簧刚度对展开过程平稳性的影响规律。结果表明:间隙对运动平稳性影响较大,使机构的运动呈现非线性现象,主要体现在从动杆角速度以及碰撞力幅值方面。扭簧的刚度与其初始力矩的匹配是广义可展开单元平稳展开的重要因素,通过合理设计扭簧的刚度可以有效抑制机构展开过程中的非线性现象。



**摘要:** 为确保高精度可展开天线的在轨性能,验证设计、材料和工艺的可靠性,提出采用数字近景摄影测量技术在地面模拟环境下对可展开天线型面进行热变形测试。设计了人工测量与自动测量两种方案,主要采取了高低温环境下相机防护、耐高低温测量标志和极低膨胀长度基准尺等措施保证了大温差极端环境下的测量实施。结果表明,天线型面精度随温度的变化而变化,且三个测量循环的变化规律较为一致,均在+60℃温度节点时型面精度最差,其均方根误差(RMS)最大值达到了0.220 mm(人工测量),但也满足了天线型面精度小于0.5 mm的技术设计指标要求。对于40℃和80℃的温差时,人工测量型面变形量的RMS分别为0.045 mm和0.083 mm,也分别满足了其天线型面变形量技术设计指标0.100 mm和0.150 mm的要求。同时验证了自动测量与人工测量测量结果的一致性,均能满足测量技术设计指标的要求,为高低温测量试验的自动化实现提供了一种可拓展性思路。

## 72 变轴线生物融合式膝关节康复机构型综合

王森 李艳文 陈子明 宋加涛 梁文龙 朱为国



**摘要:** 以一种具有变轴线转动的1R人体膝关节模型为基础,提出一种膝关节与外骨骼轴线自动对准的生物融合式膝关节康复机构型综合的方法,并综合出了一系列生物融合式膝关节康复机构。给出一种膝关节与外骨骼轴线自动对准的运动补偿条件,基于螺旋理论构建符合运动补偿条件的生物融合式膝关节康复机构的基本模型;以生物融合式膝关节康复机构为研究对象,用改进的G-K公式分析了生物融合式膝关节康复机构的自由度,并用运动学仿真软件验证了运动补偿的正确性,进而确定了机构综合的合理性,为生物融合式膝关节康复机构型综合的设计提供了新的思路。

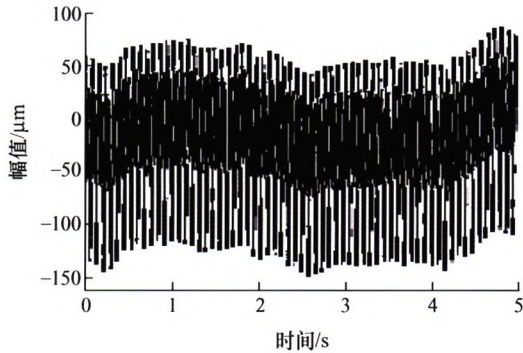
## /// 机械动力学 ///

## 80 电动汽车电接插件接触电阻振动特性的研究

李杰浩 王军政 汪首坤 高群 许铀

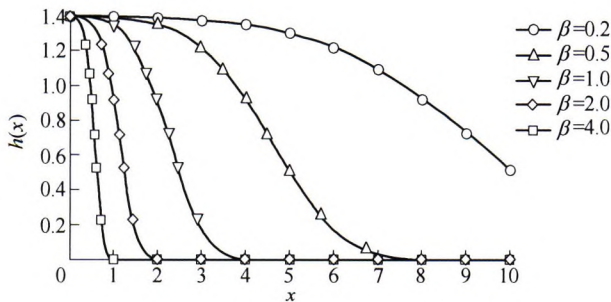


**摘要:** 电动汽车市场发展迅速,与此同时事故却频频发生,其中很大一部分原因归咎于电气设备的稳定性不足,而电接插件的安全性是电气设备稳定性的核心问题,特别是针对高电压大电流的动力电池组。针对动力电池模组内部连接的电接插件展开研究,在目前电接插件制造工艺的基础上,围绕振动工况下动力电池的电接插件的接触电阻以及接触性能一致性评估的核心技术,探索复杂振动工况下动力电池之间电接插件的接触电阻稳定性问题。首先构建面向振动工况下接触稳定性动力学模型,推导电接插件的振动与频率、幅值的关系。进一步地,设计单体电池电连接器的电阻特性测试和电池模组的接触电阻振动试验,发现了接触电阻与接触面积、振动频率的变化规律。最后,结合电动汽车对电源系统的安全需求及相关理论,提出一套高压接插件一致性评估思路,指导电接插件性能在线评估以及结构优化,为电动汽车高压电安全性提供了实际工程应用和理论指导。



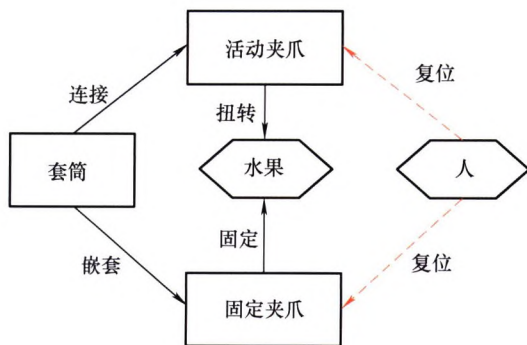
**摘要:** 针对国内某核电厂多台立式反应堆冷却剂泵(以下简称主泵)均存在的低频振动问题,采用时频分析、二维全息谱等信号处理方法对现场采集的泵轴振动数据开展分析,总结启机、正常运行阶段泵轴振动数据时域、频域特征,根据信号特征推测主泵出现低频振动问题的根本原因为水润滑轴承水膜涡动故障。进一步地,针对上述推测开展立式转子滑动轴承水膜涡动故障振动机理研究。结合流体连续性理论和牛顿流体特性,解释水膜半速涡动频率特征;根据主泵轴供水压力略高于 15.4 MPa 的运行工况,得到轴承内部润滑水压力分布特征,进一步分析润滑水压力合力,解释了水膜涡动导致自激振动的激励力。建立水膜涡动故障动力学数值模型,获得故障对应的振动特征。上述研究结果对立式转子水膜涡动故障诊断及其设计改进具有一定的参考价值。

96 谱图小波阈值降噪及其在滚刀主轴振动信号分析中的应用

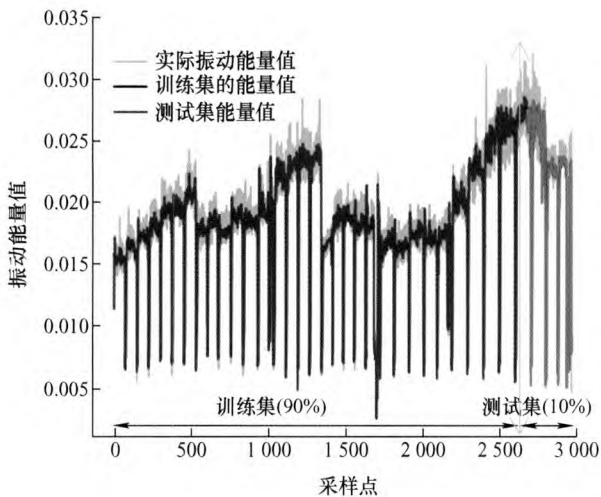


**摘要:** 通过分析谱图小波变换在平面图像、三维实体分析中的应用,提出一种用于一维数字信号分析的谱图小波阈值降噪方法。该方法将一维数字信号定义到路图上,利用谱图小波变换将其分解成尺度系数和谱图小波系数,对谱图小波系数进行阈值过滤处理,再进行谱图小波逆变换得到降噪信号。首先,利用四种典型仿真信号进行降噪试验,并分析不同分解层数对降噪性能的影响;接着,将其与经典小波阈值降噪方法进行仿真对比;最后,采用该方法进行滚刀主轴振动信号降噪,并与经典小波阈值降噪方法对比。仿真及试验结果表明,该方法实现了一维数字信号的快速非迭代降噪,且降噪信号平滑度高、畸变小,优于经典小波阈值降噪方法。

108 标准解辅助多层次系统资源衍生的裁剪方法研究



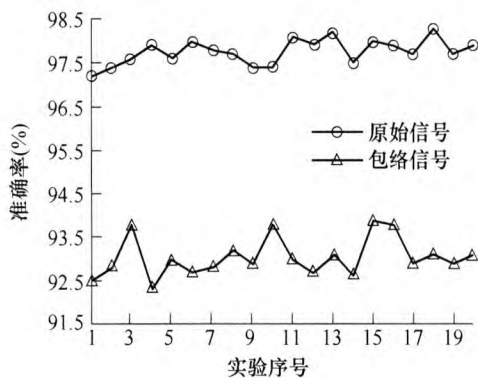
**摘要:** 准确挖掘出系统内及超系统的可用资源进行系统有用功能重组是高质量裁剪创新设计的关键,其中潜在可用资源的挖掘是难点及重点。通过构建资源-属性列表实现系统可直接应用资源搜索;以物质属性为约束,提出基于资源相似度的潜在可用资源挖掘方法。基于功能类型重构标准解,以标准解为知识源辅助实现系统可用资源衍生;构建标准解-属性列表,基于标准解与资源属性二次属性相似度对比,引入外加资源实现系统可用资源重构。以此形成标准解辅助多层次系统可用资源衍生的系统化方法。最后以机械式水果采摘杆实例验证了该裁剪方法的可行性和有效性。



**摘要:** 冷轧机颤振问题由来已久, 随着更薄规格、更高强度和更快速度的要求, 该问题更加突出, 诱发机理复杂多变且隐蔽, 过度依赖经验判断难以及时有效地抑制颤振的发生, 基于历史振动大数据实现冷轧颤振的智能预报是面向智能轧制的重要应用场景。考虑冷轧颤振工业数据的多源、多态与强耦合特征, 通过多源数据的采集交互、时刻匹配、频率协同、数据降维等数据预处理建立颤振预报模型的样本空间; 基于长短时记忆(Long short-term memory, LSTM)循环神经网络建立轧机颤振能量值的智能预报模型, 利用轧件规格、轧辊状况、轧制工艺以及轧机振动状态的历史信息数据, 对最为典型和振动频繁的第五机架振动能量值加以预测; 分析了不同时间步长对预测效果的影响以获得最优的预测步长, 模型预测结果的变化趋势与实际数据的变化趋势基本一致, 训练数据集与测试数据集的均方误差较小; 然后, 将模型应用于未参与训练与测试的实际轧制过程数据, 结果表明 LSTM 模型能够很好地实现颤振预测, 且根据设定的报警阈值能够实现提前预报。研究结果表明基于多源历史振动数据的深度学习与挖掘能够实现对连轧颤振失稳的智能预报, 不仅能够实际生产中发挥作用, 而且对实现冷轧过程的智能化具有积极的推动意义。

### 132 基于和声搜索优化栈式自编码器的柴油发动机故障诊断

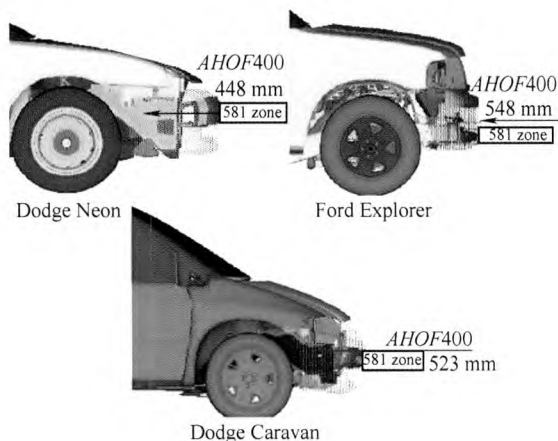
陈 鲲 茹志伟 张进杰 江志农



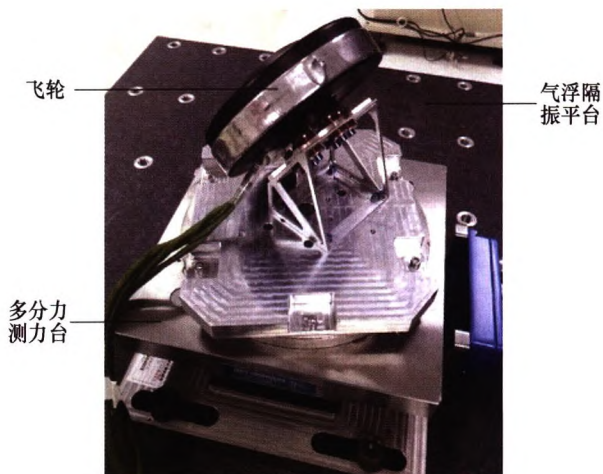
**摘要:** 针对机械故障诊断中专业知识的不足会影响手工特征提取效果的问题, 提出了应用栈式自编码器(Stacked autoencoder, SAE)直接从复杂的原始信号中逐层提取深度特征。通过逐层预训练、微调等操作来训练栈式自编码器的提取特征能力, 并通过在网络中的每一个隐含层前引入 Dropout 正则化层、批规范层来防止过拟合, 加速收敛。针对 SAE 网络中的超参数取值问题, 首先通过一系列对照试验得到各超参数合适的取值范围, 然后在该范围内进一步提出了使用和声搜索算法(Harmony search, HS)优化超参数, 达到自适应调整网络结构, 提高特征提取能力的效果。试验结果表明, 当使用包含七种气门健康状态的柴油机振动数据测试时, 所提出的 HS-SAE 方法的故障分类精度优于 SAE 和多种传统故障诊断算法。

### 141 独立桩抗撞结构的碰撞相容性优化设计方法

雷正保 黄羽鹏 宋 洁

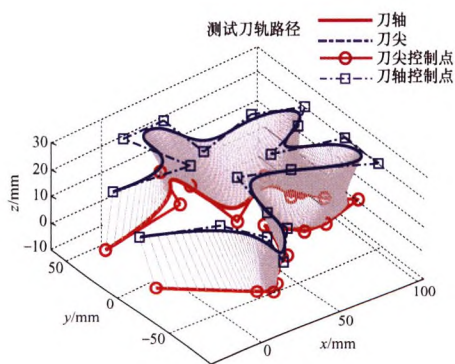


**摘要:** 以往用于独立桩(树、电线杆、桥墩等路面固定物)抗撞结构的优化设计方法, 只能解决独立桩抗撞结构或车辆单方面的安全性优化设计问题, 不能兼顾车辆与被撞物体的安全性优化设计。提出了一种独立桩抗撞结构的碰撞相容性优化方法, 该方法以车-车碰撞相容性设计方法为参考, 将独立桩抗撞结构视为“对方车辆”, 将“独立桩”视为“对方车辆中的乘员”展开碰撞相容性研究, 确定了独立桩抗撞结构的前端几何形状。然后, 根据独立桩抗撞结构设计的轻量化要求, 在独立桩抗撞结构的刚度设计中运用最大吸能原则的耐撞性拓扑优化设计方法, 获取传力路径最佳的独立桩抗撞结构拓扑构型, 解决独立桩抗撞结构与车辆的刚度匹配问题, 并弥补独立桩抗撞结构与车辆之间因质量不相容而带来的不足。这样, 通过使独立桩抗撞结构与车辆在接触区域两者的前端几何形状和刚度的匹配, 既保证了车内乘员的安全性, 还使独立桩抗撞结构的吸能能力最大化, 从而保证了独立桩的完整性。最后, 将所提出的方法对保护树的抗撞结构进行设计, 得到了一种能同时保护树的完整性和确保车内乘员安全的全新抗撞结构, 验证这种方法的可行性。

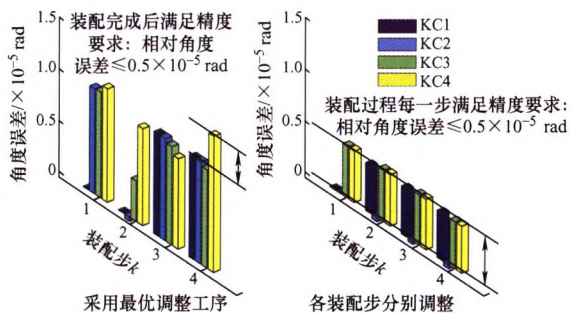


**摘要:** 为了分析飞轮产生的微振动对高分辨率卫星成像质量的影响,建立了某高分辨率卫星的结构动力学模型,测量飞轮在轨工作时产生的微振动,并基于整星层次计算卫星在飞轮扰动下视轴误差。计算结果表明该高分辨率卫星光学成像系统的视轴误差的关键模态为第8与9阶模态,主镜与次镜对视轴误差贡献最大,可以优化主镜与次镜相关结构参数提高光学卫星的成像质量。为验证整星结构设计与微振动分析优化的准确性与合理性,针对整星初样开展地面微振动试验,该卫星在轨姿控系统为偏置动量轮设计,通过星上Z/Y轴动量轮模拟在轨实际工作转速,分别在卫星悬吊状态以及固支状态下测量了卫星颤振情况。分析与试验结果表明:整星微振动时角位移的仿真计算结果与试验结果相比,其相对误差 $\alpha$ 为11.13%,绝对值为0.009 94",小于0.01",初步认为在轨遥感图像质量不会受微振动影响而退化,并为光学遥感卫星的微振动设计提供了参考。

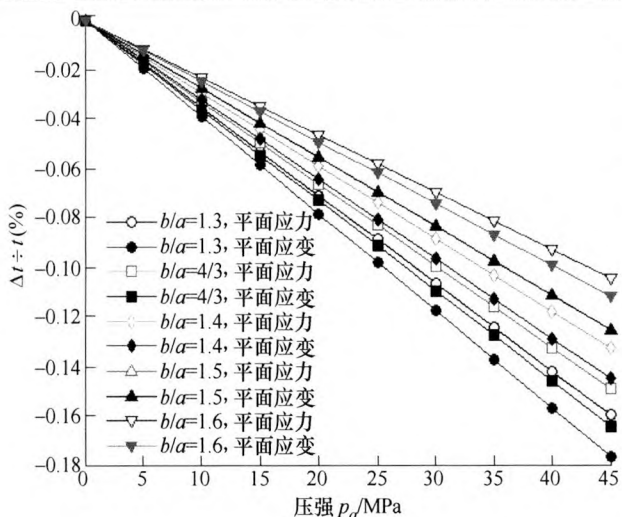
/// 数字化设计与制造 ///



**摘要:** 为充分发挥五轴机床的运动性能,提升机床的加工效率,提出一种复杂约束下的自适应速度规划方法。以弓高误差、刀具的进给运动和驱动轴的运动性能为约束,建立基于时间最优的五轴机床速度规划模型;在位移-速度坐标系中,采用二阶B样条对速度曲线进行描述,有效降低了优化变量的维度,提高了速度曲线的求解效率;采用具有连续一阶导数的罚函数对模型去约束化,并以BFGS算法为基础设计了具有鲁棒性的速度曲线求解策略。仿真表明,所提出的算法可适用于形状复杂的加工路径,算法计算高效,规划得到的速度曲线能满足各项约束并提高加工效率。采用S形试件进行实际加工测试,进一步验证了算法的有效性。



**摘要:** 精密机床作为现代装备制造的工作母机,其设计与制造水平对国防与基础工业发展具有举足轻重的影响。几何精度是衡量机床性能的关键指标,是保证加工精度的首要因素。然而目前机床及精密机械装配工艺规划多依赖于设计人员经验,缺乏准确量化的装配测量与调整工艺研究,导致装配过程的反复装调,装配效率较低。提出了基于误差状态最优估计的精密机床装配调整工艺决策方法。基于精密机床装配过程误差传递状态空间模型,运用卡尔曼滤波方法基于测量数据对当前装配误差状态进行最优估计。在最优估计基础上,进一步采用最优控制方法,得到满足最终装配精度要求的最优调整工艺。该方法综合考虑了测量不确定度、装配精度、调整工时成本等因素,实现了精密机床装配过程调整工艺的准确决策。最后,通过卧式加工中心装配的实例分析,验证了所提出方法的可行性和有效性。



**摘要:** 以公路单心圆压强隧道为研究对象, 考虑复连通物体的位移单值条件以及径向正应力和径向位移在接触面上均保持连续, 推导出两种衬砌的径向正应力、周向正应力和轴向正应力的解析解。理论分析表明: (1)当体力为常量时, 对于平面应力和平面应变两种情况, 假如边界形状和外力都相同, 则在该平面内的应力分布将是相同的, 且不包含各向同性材料的弹性常数(即弹性模量和泊松比); (2)在二次衬砌外半径所在的圆周上, 周向正应力和轴向正应力都会突现应力异常, 导致第一类间断点中的跳跃间断点; (3)当初支衬砌与二次衬砌的材料弹性参数相同时, 不存在跳跃现象; (4)塑性屈服的始端首先出现在二次衬砌内侧, 并被周围的弹性区域约束。推导的完整应力公式可为分析公路单心圆压强隧道的接触特性提供参考。

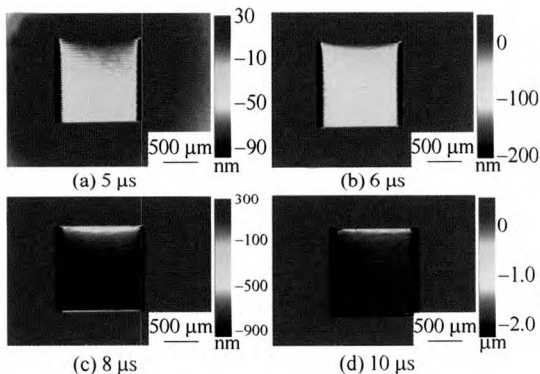
192 复杂曲面宽行数控加工的刀位和刀具姿态综合整体优化的内蕴几何学方法



**摘要:** 阐述了复杂曲面非球面刀具单触点宽行加工中刀位和刀具姿态综合整体优化的通用方法。基于微分几何的曲面活动标架理论, 推导了以刀具曲面和设计曲面运动不变量描述非球面刀具宽行数控加工复杂曲面的刀具运动方程; 在综合考虑刀位和刀具姿态的影响下, 分别以一个走刀过程的加工效率和加工精度最优为目标, 建立能确保刀具相对工件运动连续光滑的刀位和刀具姿态优化的泛函极值模型。最后, 分别以一个鼓形曲面刀具通过旋转的主切削运动和一个椭圆抛物曲面片刀具通过直线平动的主切削运动数控加工复杂曲面的仿真实例论证了本方法的精确性、有效性和通用性。

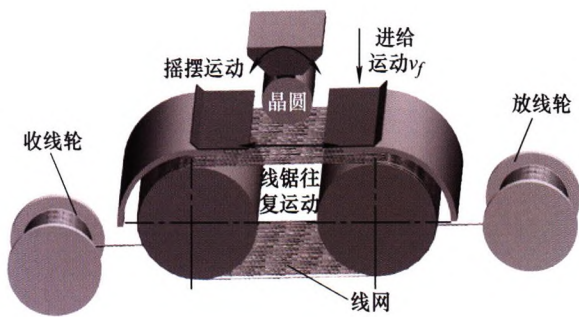
制造工艺与装备

202 熔石英光学元件的 CO<sub>2</sub> 激光加工技术研究新进展



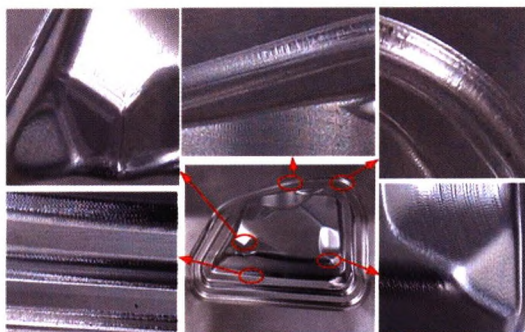
**摘要:** 熔石英元件是一种典型的硬脆性且难加工的材料, 在传统机械加工中的加工效率极低, 并且加工过程中引入的机械弱化层, 严重影响了熔石英元件在强冲击、高载荷、高能量环境下的使用寿命。和传统机械加工方法相比, CO<sub>2</sub> 激光加工技术的优点在于可实现非接触式加工, 并且去除精度高和去除效率高。尤其重要的是, CO<sub>2</sub> 激光加工后的熔石英光学元件无表面/亚表面裂纹、划痕等缺陷, 使得 CO<sub>2</sub> 激光加工技术在熔石英元件的加工中得到了重要且广泛的应用。因此, 从熔石英元件的 CO<sub>2</sub> 激光加工理论、大口径器件 CO<sub>2</sub> 激光加工工艺、局部区域 CO<sub>2</sub> 激光损伤修复, 以及表面微结构加工 4 个方面出发, 对熔石英光学元件的 CO<sub>2</sub> 激光加工技术研究现状进行综述, 重点分析了 CO<sub>2</sub> 激光加工技术在熔石英元件大口径器件/局部区域加工的工艺水平现状以及微结构加工的应用现状, 并探讨了 CO<sub>2</sub> 激光加工过程中引入的负面效应以及仍需解决的问题, 希望为推动 CO<sub>2</sub> 激光加工技术在熔石英元件加工的进一步应用提供参考。





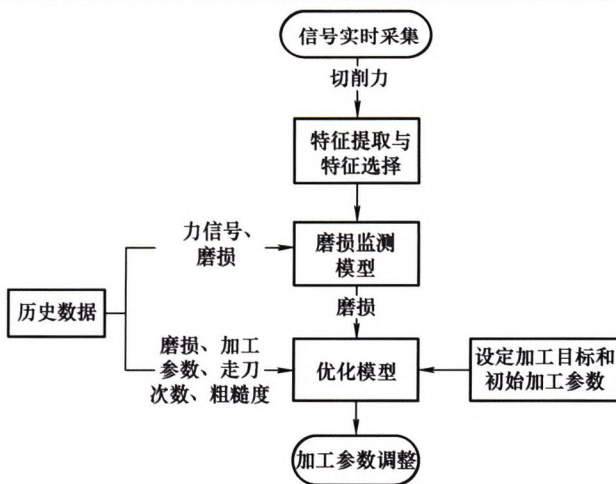
**摘要:** 多线摇摆往复式切割加工因其切割效率高和加工精度好的优点, 现已逐渐成为硬脆材料晶圆的主要切割方式; 分析了多线摇摆往复式切割加工中三个主要的运动方式, 建立了多线摇摆往复式切割加工运动的理论模型, 推导了线锯摇摆切割过程中的材料去除率( $Q$ )和单位长度新线材料去除体积( $R$ )的理论计算公式; 理论分析了加工工艺参数对  $Q$  和  $R$  的影响规律; 从加工运动学的角度提出了固定  $R$  的线锯切割新构想, 并逆向推导了晶圆切割过程的相关工艺参数变化曲线; 通过与工厂现有加工工艺的线锯切割试验比较, 证实本文所提出的线锯切割新构想能有效地提高晶圆切割质量。

229 球头刀速度效应敏感区域的最低切削速度分析



**摘要:** 为有效评价铣刀的铣削性能, 对铣削运动过程中刀具主运动与进给运动关系进行分析, 建立了速度比例函数模型。模型分析表明: 球头刀端部约  $25^\circ$  范围内为速度效应敏感区域, 切削性能不佳, 而环形刀无速度效应敏感区域, 铣削性能优于球头刀。基于单次铣削路径上切触几何关系, 分析了球头刀进给方向对切触区域内最低切削速度影响, 并建立了球头刀最低切削速度点法矢角与刀具、曲面坡度、切深、进给方向等参数间的数学模型, 依据该模型可判定最低切削速度点是否处于球头刀速度效应敏感区域内。试验结果表明: 球头刀速度效应敏感区域参与铣削时, 切削路径上会产生与进给方向垂直的振纹, 垂直向上方向附近存在一个最佳进给方向区间; 环形刀铣削性能明显优于球头刀, 进给方向对铣削效果的影响不大。

240 基于磨损监测保持切削加工表面质量稳定的实时控制研究



**摘要:** 在切削加工过程中, 由于磨损会随着时间的变化不断积累, 导致加工质量产生波动。针对这个问题, 提出了在大数据背景下, 基于磨损监测对加工表面质量进行实时控制的方法。通过历史数据库建立切削力信号与磨损之间的映射关系, 刀具磨损反映当前加工状态, 将当前加工状态的加工质量与客户需求进行比较, 从而优化加工参数使加工质量尽可能接近客户需求。优化模型是利用广义回归神经网络的建模原理进行建模, 使得优化问题能通过非线性规划求解, 并能快速做出调控决策。研究还对 TC18 材料进行大量铣削试验, 试验结果验证了方法的可靠性, 也证明了此方法能做到对加工状态变化的快速响应。此研究解决了现有研究中不能同时保证控制精度和响应时间的问题, 并为在线智能控制切削加工表面质量提供了新思路。

88 第9届上银优秀机械博士学位论文奖——佳作奖

120 第9届上银优秀机械博士学位论文奖——特别奖

131 第9届上银优秀机械博士学位论文奖——特别奖

**CONTENTS**

- 1 Research Status and Development Trend of Intelligent Emergency Rescue Equipment**  
DONG Bingyan ZHANG Ziqiang XU Lanjun ZHU Zihu YANG Qi ZHAO Jing LI Dewu  
CHEN Shujun
- 26 Global Dimensional Optimization for the Design of Adjusting Mechanism of Variable Stator Vanes**  
TANG Youyuan GUO Weizhong
- 37 Landing Dynamics Modeling and Stability Analysis of Vertical-landing Carrier**  
WANG Yingchao GAO Haibo YU Haitao LIU Zhen DING Liang SONG Baoyu  
DENG Zongquan
- 48 Dynamic Modeling Method of Spatial Passive Over-constrained Parallel Mechanism Based on Newton Euler Method**  
LI Yongquan GUO Yu ZHANG Yang ZHANG Lijie
- 58 Nonlinear Dynamics Analysis of Generalized Deployment Units**  
DONG Hangjia LI Tuanjie WANG Zuowei
- 65 Close-range Photogrammetry for Surface Thermal Deformation of Large-scale Deployable Antennas**  
HUANG Guiping MA Kaifeng BAI Hongwu MA Xiaofei WANG Yong
- 72 Type Synthesis of Rehabilitation Mechanism of Variable Axis Bio-fusion Knee Joint**  
WANG Sen LI Yanwen CHEN Ziming SONG Jiatao LIANG Wenlong ZHU Weiguo
- 80 Study on Contact Resistance Characteristics of Electrical Connectors of Power Battery Module**  
LI Jiehao WANG Junzheng WANG Shoukun GAO Qun XU You
- 89 Fault Diagnosis and Mechanism Study of Water-film Whirl in Vertical Reactor Coolant Pumps**  
WANG Xiufeng HONG Yincong QIU Damou
- 96 Spectral Graph Wavelet Threshold Denoising and Its Application to Vibration Signal Analysis for Hob Spindle**  
DONG Xin LI Guolong HE Kun JIA Yachao XU Kai LI Biao
- 108 Research on Trimming Method of Standard Solutions Aided Multi-level System Resource Derivation**  
BAI Zhonghang ZHANG Shan YU Fei TAN Runhua

- 121 Industrial Data-driven Intelligent Forecast for Chatter of Cold Rolling of Thin Strip with LSTM Recurrent Neural Network**  
LIU Yang GAO Zhiying ZHOU Xiaomin ZHANG Qingdong
- 132 Diesel Engine Fault Diagnosis Based on Stack Autoencoder Optimized by Harmony Search**  
CHEN Kun MAO Zhiwei ZHANG Jinjie JIANG Zhinong
- 141 Crash Compatibility Optimization Design Method of Independent Pile Anti-collision Structure**  
LEI Zhengbao HUANG Yupeng SONG Jie
- 151 Analysis and Test of Line-of-sight Error of Large-aperture Long Focal Length Optical Imaging System under Reaction wheel Disturbance**  
LIU Ruijing JIN Guang GUO Jinsheng LI Yewen LI Zongxuan
- 161 Adaptive Velocity Planning under Complex Constraints for 5-axis CNC Systems**  
YANG Min ZHAO Xianchao ZHONG Zeshan YUE Yi GAO Peng LI Qiankun
- 172 Assembly Adjustment Process Planning of Precision Machine Tools Based on Optimal Estimation of Variation Propagation**  
GUO Junkang LI Baotong HONG Jun LI Xinbo
- 181 Non Full Contact of Highway Pressure Tunnel Lining with Single Centre Circle Considering non Continuous Interfacial Circumferential Normal Stress and Experimental Validation**  
TIAN Hongliang CHEN Qian DU Xuan ZHANG Mingsong
- 192 Tool Position and Orientation Global Optimization Intrinsic Geometry of Strip-width-maximization Manufacture Technology for Sculptured Surface**  
ZHOU Kaihong TANG Jinyuan
- 202 New Progress of CO<sub>2</sub> Laser Processing Techniques for Fused Silica Optics**  
ZHAO Linjie CHENG Jian CHEN Mingjun YUAN Xiaodong LIAO Wei YANG Hao LIU Qi WANG Haijun
- 219 Theoretical and Experimental Research on Machining Movement of Multi-wire Sawing with Rocking and Reciprocating**  
YANG Qin HUANG Hui ZHENG Shenglong
- 229 Analysis of Minimum Cutting Speed in Velocity Effect Sensitive Area of Ball End Mill**  
ZHANG Anshan LIU Xianli YUE Caixu YANG Shucai XIA Wei
- 240 Research on Real-time Control of Machining Surface Quality Stability Based on Wear Monitoring**  
LIAO Xiaoping CHEN Kai LU Juan

# 《机械工程学报》第十一届编委会

## 名誉主任

钟群鹏(院士) 路甬祥(院士) 潘际銮(院士)

## 名誉委员

王玉明(院士) 石治平(研高) 叶声华(院士) 宁汝新(教授) 过增元(院士) 刘大响(院士)  
刘友梅(院士) 刘宏民(教授) 李圣怡(教授) 周祖德(教授) 胡正寰(院士) 柳百成(院士)  
钟掘(院士) 闻邦椿(院士) 耿荣生(教授) 徐金梧(教授) 徐滨士(院士) 熊有伦(院士)

## 主任

陈学东(院士)

## 副主任

王国彪(教授) 邓宗全(院士) 李奇(编审) 陈超志(教授级高工) 邵新宇(院士)  
黄田(教授) 黄庆学(院士)

## 国内委员

丁汉(院士) 王雪(教授) 王田苗(教授) 王华明(院士) 王庆丰(教授) 王时龙(教授)  
王树新(教授) 王海斗(教授) 王润孝(教授) 王耀南(院士) 孔祥东(教授) 卢秉恒(院士)  
史玉升(教授) 冯吉才(教授) 权龙(教授) 曲兴华(教授) 朱胜(教授) 朱荻(院士)  
朱向阳(教授) 华林(教授) 刘强(教授) 刘少军(教授) 刘军山(研究员) 刘志军(教授)  
刘辛军(教授) 刘检华(教授) 刘雪峰(教授) 刘献礼(教授) 刘德顺(教授) 孙伟(教授)  
孙汉旭(教授) 孙逢春(院士) 严新平(院士) 杜雪(教授) 杜朝辉(教授) 李大勇(教授)  
李荣德(教授) 李涤尘(教授) 杨永强(教授) 杨华勇(院士) 杨兆军(教授) 杨绍普(教授)  
何存富(教授) 沈功田(研究员) 张峥(教授) 张义民(教授) 张卫红(教授) 张立军(教授)  
张宪民(教授) 陈新(教授) 陈文华(教授) 陈兵奎(研究员) 陈雪峰(教授) 苑世剑(教授)  
苑伟政(教授) 范志超(研究员) 林京(教授) 林峰(教授) 林忠钦(院士) 周仲荣(教授)  
周华民(教授) 单忠德(院士) 项昌乐(院士) 赵杰(教授) 赵继(教授) 赵韩(教授)  
赵丁选(教授) 赵宏伟(教授) 赵国群(教授) 柯映林(教授) 钟志华(院士) 段吉安(教授)  
段宝岩(院士) 姜澜(教授) 洪军(教授) 宫声凯(院士) 姚建华(教授) 姚振强(教授)  
袁巨龙(教授) 袁寿其(教授) 都东(教授) 贾振元(院士) 夏长亮(院士) 钱林茂(教授)  
徐西鹏(教授) 殷国栋(教授) 高金吉(院士) 郭万林(院士) 郭东明(院士) 涂善东(院士)  
陶飞(教授) 黄卫东(教授) 黄传真(教授) 黄明辉(教授) 梅雪松(教授) 彭艳(教授)  
彭芳瑜(教授) 葛世荣(教授) 韩旭(教授) 焦宗夏(教授) 温激鸿(研究员) 谢建新(院士)  
雒建斌(院士) 廖维新(教授) 谭建荣(院士) 翟婉明(院士) 熊蔡华(教授) 融亦鸣(教授)  
戴一帆(教授)

## 国际委员

Bi Zhang(美国) Denis Cavallucci(法国) Dong-Pu Cao(英国)  
Duc Truong Pham(英国) Erhan Budak(土耳其) Guang-Bo Hao(爱尔兰)  
Gui-Yun Tian(英国) Hai-Jun Su(美国) Han Huang(澳大利亚)  
Hong-Chao Zhang(美国) Jian-Sheng Dai(英国) Jie (Peter) Liu(加拿大)  
Jin Wang(英国) Jorge Angeles(加拿大) Jun Wang(澳大利亚)  
Kai Cheng(英国) Kazushi Sanada(日本) Lian-Xiang Yang(美国)  
Li-Hui Wang(瑞典) Marco Ceccarelli(意大利) Ming-Jian Zuo(加拿大)  
S.S. Park(加拿大) Shao-Ping Bai(丹麦) Shin Usuki(日本)  
Tamás Insperger(匈牙利) Wei Gao(日本) Wei-Dong Li(英国)  
Wei-Ming Shen(加拿大) Xian-Wen Kong(英国) Xiao-Ping Du(美国)  
Xi-Chun Luo(英国) Xu-Dong Zhao(英国) Xun Chen(英国)  
Y. Lawrence Yao(美国) Yan Jin(英国) Ye-Hwa Chen(美国)  
Yong Huang(美国) Yong-Bo Deng(德国) Yu-Chun Xu(英国)  
Zhao-Jie Ju(英国)



ISSN 0577-6686



9 770577 668200

11