



ISSN 0377-6669
CODEN CHHKA2

机械工程学报[®]


JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

摩擦纳米发电机在自驱动微系统研究中的现状与展望

张弛 付贤鹏 王中林

特邀专栏：基于深度学习的机械装备故障预测与健康管

客座编辑：雷亚国

 中国机械工程学会 主办

万方数据

2019年55卷7期 半月刊

/// 特邀专栏 ///

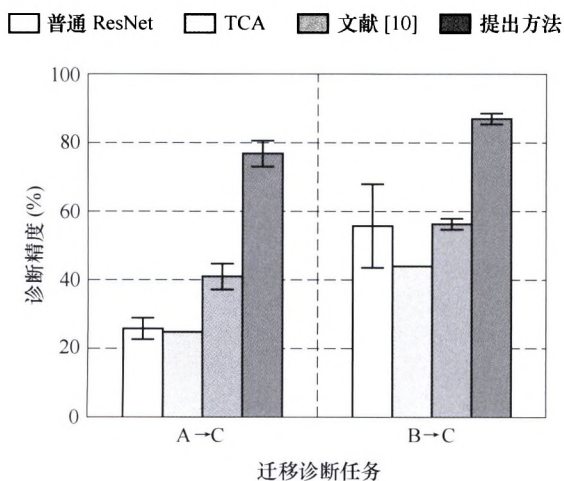
基于深度学习的机械装备故障预测与健康管理

客座编辑：雷亚国教授（西安交通大学）

策划编辑：罗晓琪（《机械工程学报》编辑部）

1 大数据下机械装备故障的深度迁移诊断方法

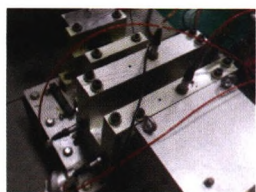
雷亚国 杨彬 杜兆钧 吕娜



摘要：机械故障智能诊断是大数据驱动下保障装备安全运行的重要手段。为准确识别装备的健康状态，智能诊断需要依靠充足的可用监测数据训练智能诊断模型。而在工程实际中，机械装备的可用数据稀缺，导致训练的智能诊断模型对装备健康状态的识别精度低，制约了机械故障智能诊断的工程应用。鉴于实验室环境中获取的装备可用数据充足，即数据的典型故障信息丰富、健康标记信息充足，且此类数据与工程实际装备的监测数据间存在相关的故障信息，提出机械装备故障的深度迁移诊断方法，将实验室环境中积累的故障诊断知识迁移应用于工程实际装备。首先构建领域共享的深度残差网络，从源自不同机械装备的监测数据中提取迁移故障特征；然后在深度残差网络的训练过程中施加领域适配正则项约束，形成深度迁移诊断模型。通过实验室滚动轴承与机车轴承的迁移诊断试验对提出方法进行验证，试验结果表明：提出方法能够运用实验室滚动轴承的故障诊断知识，识别出机车轴承的健康状态。

9 基于经验模态分解和深度卷积神经网络的行星齿轮箱故障诊断方法

胡莒庆 陈徽鹏 程哲 张伦 张宇



(a) 加速度传感器

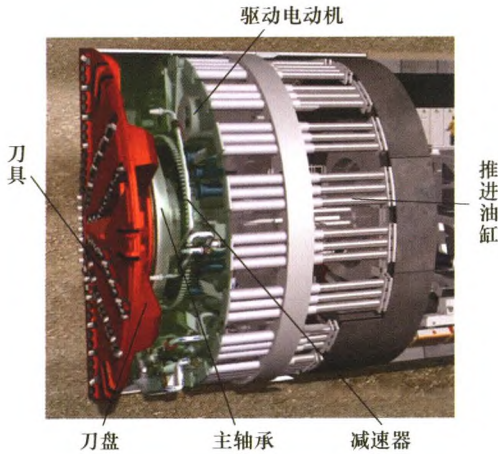


(b) 转速传感器

摘要：行星齿轮箱振动信号具有非平稳特性，需要一定的先验知识和诊断专业知识设计和解释特征从而实现故障诊断。为了实现行星齿轮箱的智能诊断，提出一种基于经验模态分解(Empirical mode decomposition, EMD)和深度卷积神经网络(Deep convolutional neural network, DCNN)的智能故障诊断方法。首先对振动信号进行经验模态分解得到内禀模式函数(Intrinsic mode function, IMF)；然后利用 DCNN 融合特征信息明显的 IMF 分量，并自动提取特征；最后，将特征用于分类器分类识别，从而实现行星齿轮箱故障诊断的自动化。试验结果表明：该方法能准确、有效地对行星齿轮箱的工作状态和故障类型进行分类。

19 基于 t-SNE 数据驱动模型的盾构装备刀盘健康评估

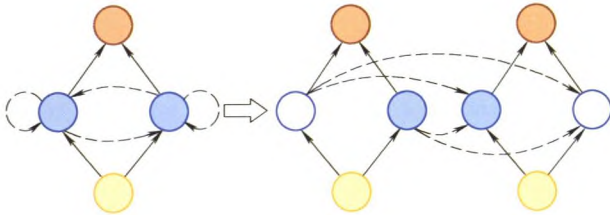
张 康 黄亦翔 赵 帅 刘成良 王吉云



摘要: 随着地铁等地下工程在各大城市的快速发展, 盾构装备的健康维护备受关注。刀盘作为盾构装备的主要功能部件之一, 其易于损耗但却不易被直接检测, 并可直接影响盾构推进效率和工期的按时完成。基于刀盘机理模型的传统分析方法受限于实际工程复杂工况与盾构机复杂结构, 难以进行准确评估。为此, 提出一种基于数据驱动的盾构机刀盘健康评估方法, 即通过 t-分布随机邻域嵌入(t-distribution stochastic neighbor embedding, t-SNE)模型, 建立盾构装备传感器数据在特征空间与刀盘健康状态的映射关系, 从而对刀盘性能衰退进行量化评估。其方法主要步骤包括: ① 刀盘性能相关传感数据预处理与初步特征提取; ② 在特征空间进行内蕴流形分布分析, 基于 t-SNE 模型降维得到低维优化特征; ③ 在优化后的特征空间构造马氏距离度量, 得到刀盘性能衰退的量化评估。通过在实际盾构掘进工程中验证, 结果表明: 基于盾构装备实际运行数据, 该方法能准确地反映刀盘性能状态。

27 基于深度学习的飞行器智能故障诊断方法

姜洪开 邵海东 李兴球



摘要: 高温、快转速、重载荷、大扰动和强冲击的复杂运行工况使得飞行器关键机械部件不可避免地发生故障。飞行器的关键机械部件故障特征往往具有微弱性、非线性、耦合性、不确定性以及因果关系复杂等特点。以“先进信号处理技术+特征提取及选择”为框架的传统智能方法难以有效承担飞行器故障检测任务, 深度学习作为智能故障诊断领域中的新起之秀, 能自主挖掘隐藏于原始数据中的代表性诊断信息, 直接建立原始数据与运行状态间的精确映射联系, 在很大程度上摆脱了对人工特征设计与工程诊断经验的依赖。介绍了深度置信网络、卷积神经网络、深度自动编码器和循环神经网络这四种主流深度学习模型的基本原理, 总结了深度学习在故障诊断领域中最新研究现状, 描述了基于四种深度学习模型的故障诊断思路, 并依次实现了其在机械部件智能诊断和预测中的应用。试验结果表明深度学习方法能有效建立监测数据与关键机械部件健康状态间的精确映射联系, 实现准确的故障诊断和预测。

35 基于终止准则改进 K-SVD 字典学习的稀疏表示特征增强方法

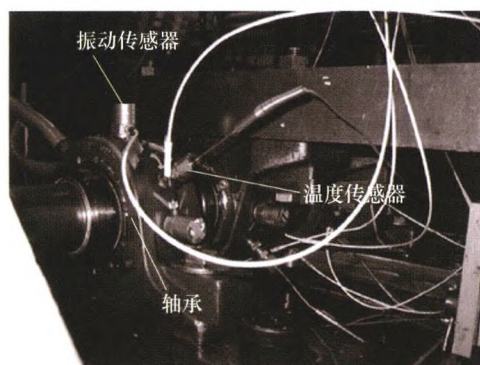
王华庆 任帮月 宋浏阳 董 方 王梦阳



摘要: 针对传统 K 奇异值分解(K-Singular value decomposition, K-SVD)算法在稀疏表示过程中, 由于目标信号稀疏度难以确定以及字典原子受噪声干扰大导致稀疏表示效果较差的问题, 结合变分模态分解(Variational mode decomposition, VMD)算法, 提出了基于 VMD 与终止准则改进 K-SVD 字典学习的稀疏表示方法。借助 VMD 算法剔除信号中的干扰分量, 依据相关分析与峭度准则选择最优模态分量; 采用终止准则改进的 K-SVD 字典学习算法对最优分量的特征信息进行学习, 优化目标函数与约束条件, 在无需设置稀疏度的前提下, 构造出准确匹配故障冲击成分的字典; 此外, 构建一种残差阈值改进的正交匹配追踪算法(OMPerr)实现稀疏重构及微弱故障特征增强。通过仿真及试验信号进行验证, 结果表明: 基于 VMD 与改进 K-SVD 字典学习的稀疏表示方法在字典原子构建、稀疏重构精度以及故障特征增强等方面均优于传统 K-SVD 稀疏表示方法, 可以有效实现微弱故障的诊断。

44 基于改进开关卡尔曼滤波的轴承故障特征提取方法

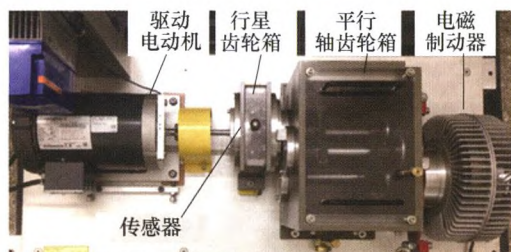
崔玲丽 王鑫 王华庆 胥永刚 张建宇



摘要: 提出了一种基于改进开关卡尔曼滤波的滚动轴承故障特征提取新方法, 与传统卡尔曼滤波算法相比, 该方法每次迭代只需当前监测数据测量值和上一时刻最优估计值, 计算效率高, 具有较强实时性。首先将故障轴承振动信号分为故障冲击振动和正常振动两种成分; 其次, 针对故障冲击振动和正常振动两种状态, 分别建立基于轴承质量-弹簧-阻尼系统动力学脉冲响应的卡尔曼滤波器及线性卡尔曼滤波器模型; 然后, 应用基于贝叶斯估计的开关卡尔曼滤波算法对振动信号进行状态估计; 最终, 通过时域迭代滤波, 滤除噪声并识别故障冲击成分, 实现轴承故障特征提取。仿真和试验信号分析结果表明了所提方法的可行性和有效性。

52 基于动态加权密集连接卷积网络的变转速行星齿轮箱故障诊断

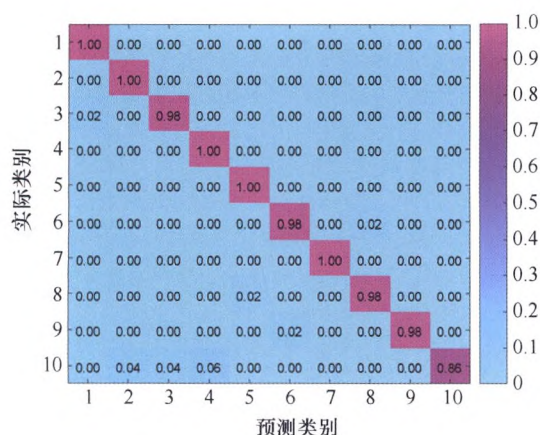
熊鹏 汤宝平 邓蕾 赵明航



摘要: 针对变转速工况下基于深度学习的行星齿轮箱故障诊断问题, 提出动态加权密集连接卷积网络的故障诊断方法。将行星齿轮箱振动信号的小波包系数二维矩阵输入到密集连接卷积网络作为网络的初始特征图; 在密集连接卷积网络的跨层连接中加入动态加权层, 形成动态加权密集连接卷积网络, 加强网络的深层信息传递; 通过动态加权网络层自适应提取不同频带内的故障特征信息进行行星齿轮箱故障诊断。试验表明了所提的动态加权密集连接卷积网络能有效诊断变转速行星齿轮箱故障。

58 基于萤火虫优化的核自动编码器在中介轴承故障诊断中的应用

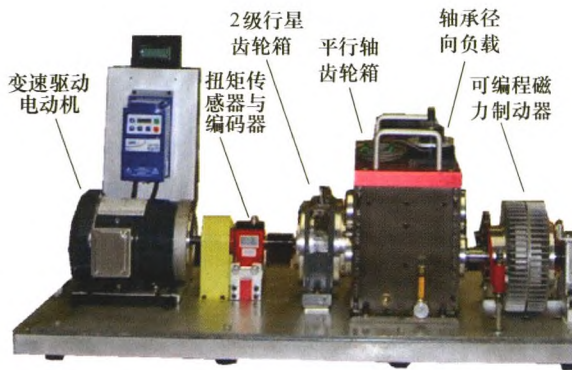
王奉涛 刘晓飞 敦泊森 邓刚 韩清凯 李宏坤



摘要: 随着科技进步与工业规模的快速壮大, 现代工业监测领域步入大数据时代, 如何自动地从大规模原始信号中提取故障特征并诊断是一个重要课题。为了提高深度自动编码网络处理非线性问题的能力, 提出一种基于核函数与去噪自动编码器(Denosing auto-encoder, DAE)的深度神经网络方法。采用径向基核函数改进传统的去噪自动编码器, 提出核去噪自动编码器(Kernel denosing auto-encoder, KDAE); 构建包含一个 KDAE 层与多个 AE 层的深度神经网络对故障特征进行层层提取, 并添加 softmax 分类层; 采用误差反向传播算法对网络参数进行微调, 并采用混沌萤火虫算法优化核参数与深度网络中的待定参数, 得到故障诊断模型。针对传统自动编码器泛化性较差的问题, 在目标函数中添加 L2 惩罚项。通过航空发动机中介轴承典型故障试验数据, 验证了所提方法与传统去噪自动编码网络相比能够得到更高的准确率。

65 利用 FCKT 以及深度自编码神经网络的滚动轴承故障智能诊断

杨蕊 李宏坤 王朝阁 郝佰田



摘要: 实时、快速、批量地对振动信号进行处理成为故障诊断领域的未来发展趋势,但是可能会带来数据维数灾难问题。针对在样本较大情况下深度学习运行时间较长,以及层与层之间节点数的减少使得故障识别准确率降低问题,提出首先计算原始时域信号的频谱在不同偏移点数下的相关峭度值(FCKT)作为新的样本数据,并结合深度自编码神经网络实现轴承的智能故障分类。新样本相对于原始样本,实现了数据的维数约减,缩短了样本集的分析时间。同时,在保持各样本数据原有信息的基础上,使得样本之间差异性更突出。另外,该方法在避免深度学习算法层与层之间的权值根据经验设定的同时,解决了通过逐层减少隐含层节点数来提高计算效率时带来的分类识别准确率降低的问题。最后,通过试验数据对比分析验证了算法的有效性。

73 基于次优网络深度学习的 3D 打印机故障诊断

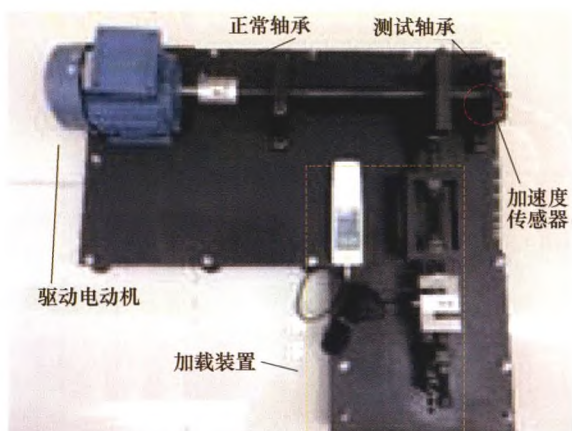
李川 张绍辉 José Valente de Oliveira



摘要: 为实现精度可靠且成本节约的 3D 打印机故障诊断,采用消费品级的姿态传感器采集打印机的健康状态数据,并提出次优网络深度学习以弥补低成本硬件精度的不足。次优网络深度学习在由预训练和精细调节组成的传统深度学习基础上,一方面提出预分类方法自适应确定次优的网络结构参数,另一方面采用精细分类方法进一步提高故障诊断分类的精度。试验中,将姿态传感器安装于并联臂 3D 打印传动链的末端即打印头上。传感器全部通道的运动信号作为输入信息,采用深度玻尔兹曼机构建了次优网络故障诊断算法进行大数据驱动故障诊断。将所提出的次优网络深度学习故障诊断方法与其他方法相比较,其结果表明,所提出方法可以有效诊断 3D 打印机的传动故障。

81 独立自适应学习率优化深度信念网络在轴承故障诊断中的应用研究

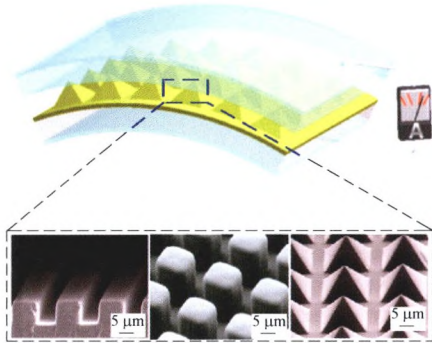
沈长青 汤盛浩 江星星 石娟娟 王俊 朱忠奎



摘要: 对机械装备轴承等关键对象的健康状态监测正在步入大数据、智能化时代。传统的轴承故障诊断方法大多数依靠人工提取特征,这需要依赖于复杂的信号处理方法以及丰富的专业经验积累。深度学习作为一种可以学习数据深层次特征的新的机器学习方法,将其引入机械故障诊断领域,并对其运行效率、故障识别精度进行提升,将进一步提高基于深度学习在故障诊断领域的实用性。提出一种基于 Nesterov 动量法的独立自适应学习率优化的深度信念网络,引入 Nesterov 动量法代替传统动量法预测参数下降的位置,控制参数达到最优点的速度,避免了传统动量法引起的错过最优点问题;利用独立自适应学习率在梯度更新时自适应选择下降步长,加快模型训练,提高模型的泛化能力。试验结果表明,在诊断精度上,相比支持向量机和标准深度信念网络,提出的方法对不同载荷工况下轴承故障识别均获得了最高的精度;在运行效率上,相比现有一些优化算法,该优化模型能够稳定有效的加快模型训练速度,提升深度信念网络的泛化能力,有效地实现轴承故障诊断。

89 摩擦纳米发电机在自驱动微系统研究中的现状与展望

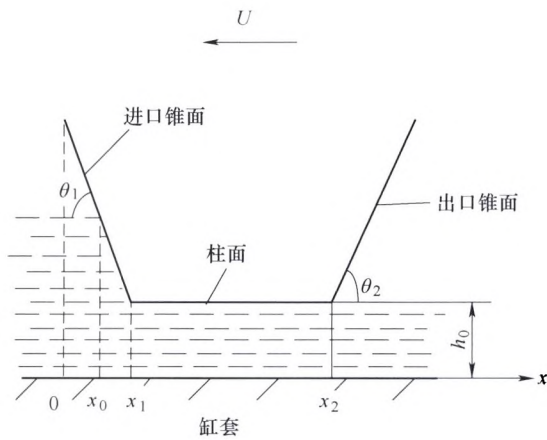
张弛 付贤鹏 王中林



摘要: 摩擦纳米发电机由王中林团队 2012 年首次发明, 是基于机械界面摩擦起电与静电感应耦合效应的新能源技术, 具有轻薄、柔性、选材广的特点, 可收集人体与环境中的微小机械能, 不但是一个微能源产生的新方法, 更是机械传感的新途径。详述了摩擦纳米发电的机理、特性与理论模型。介绍了几种提高摩擦发电性能的微纳制造方法。综述了一系列基于摩擦电的微机械传感器、执行器和自驱动微系统, 及其在柔性机械、智能装备和无线传感等领域的应用研究。对摩擦电自驱动微系统目前存在的问题做出了分析与讨论, 展望了其未来的研究趋势。

102 考虑润滑油供给条件的油环-缸套摩擦副润滑分析

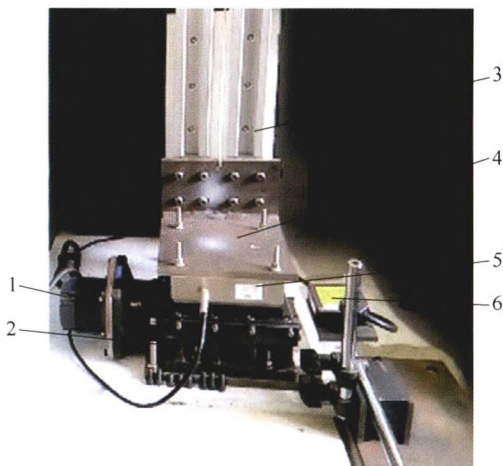
刘广胜 孙军 李彪 朱少禹



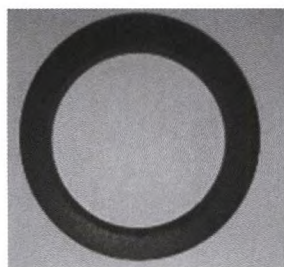
摘要: 内燃机油环-缸套摩擦副润滑分析, 多采用富油条件或假定某种特殊边界条件, 与油环-缸套摩擦副实际润滑油供给状况不相符。以某四行程内燃机为研究对象, 研究油环-缸套间润滑油流动与供给, 确定油环进口油膜厚度; 在此基础上, 根据流量平衡和压力平衡, 确定油环上、下轨各段工作面边界条件, 并分别对各段求解 Reynolds 方程, 分析油环-缸套摩擦副在计及润滑油供给条件下的润滑性能, 并与富油状况对比。研究结果表明, 计及供油状况下, 油环-缸套摩擦副在上、下行程的润滑性能不对称, 最小油膜厚度、最大油膜压力、摩擦力及摩擦功耗与富油状况均有一定差异, 特别是在上行程差别显著。可见, 考虑进口润滑油供给条件分析内燃机油环润滑性能, 将对活塞环-缸套摩擦副的设计信赖性产生积极影响。

110 基于微动磨损预测矿井提升钢丝绳安全系数

张俊 葛世荣 王大刚 张德坤



摘要: 为预测矿井提升过程中钢丝绳动态安全系数演变, 针对浅井低载荷矿井提升机, 运用动力学理论和摩擦传动理论获得了距离容器不同位置处钢丝绳动张力, 建立了接触钢丝绳总磨损系数与钢丝绳间接触载荷、相对滑移和交叉角的关联模型, 提出了矿井提升钢丝绳的磨损演化及承载安全系数预测方法, 探究不同工况参数对钢丝绳磨损及承载安全系数的影响规律。结果表明: 随着提升循环次数的增加, 距容器不同位置处提升钢丝绳的横截面微动磨损面积增大、安全系数降低; 钢丝绳悬垂中间位置处, 提升钢丝绳承载安全系数下降较快; 提升钢丝绳承载安全系数对提升工况参数存在依赖性, 随着提升侧终端质量的增加和最大提升速度的减小, 提升钢丝绳承载安全系数均呈降低趋势。



(a) 石墨环



(b) 密封静环

摘要: 针对液体火箭发动机涡轮泵机械密封浸渍石墨在 N_2O_4 环境下磨损量较大的现象, 以宏观试验与微观检测相结合的方法探索其产生的机理。对机械密封石墨的磨损表面进行了电镜观测, 根据磨损形貌对正常磨损区与异常磨损区进行了区分, 并对异常磨损的诱因进行了假设。提出了石墨表面的树脂腐蚀模型与孔隙气蚀模型, 设置了包含静态腐蚀及动态磨损的试验流程以验证树脂腐蚀和孔隙气蚀的作用结果, 分别在水及 N_2O_4 环境下进行试验, 并通过扫描电镜及红外光谱分析等手段观测了试验前后石墨表面的微观组织变化, 介质试验后气孔平均直径为 $33\ \mu\text{m}$, 为试验前的 2 倍。研究表明: N_2O_4 环境并不会造成石墨浸渍物酚醛树脂的腐蚀, 造成石墨磨损量较大的诱因是气相 N_2O_4 在石墨表面孔隙内部破裂导致的气蚀, 气蚀后石墨的磨损可达数十微米量级。针对减少浸渍石墨的气蚀, 给出了 3 项制备工艺的改进措施。本文的研究成果也可为其他高速旋转机械的机械密封石墨磨损研究及选材提供参考。

// 数字化设计与制造 //

128 连续碳纤维增强聚乳酸复合材料 3D 打印及回收再利用机理与性能

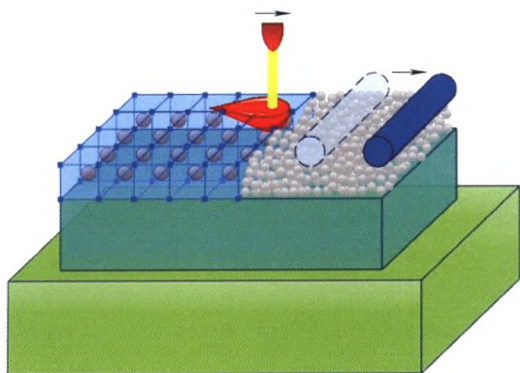
刘腾飞 田小永 朱伟军 李涤尘



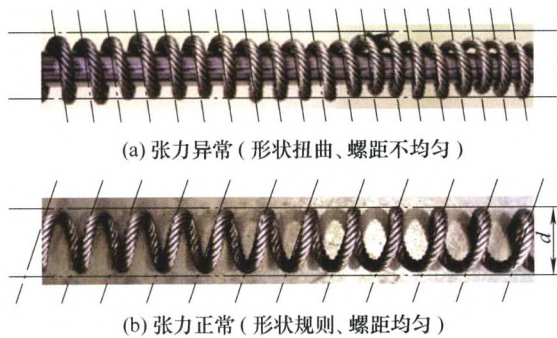
摘要: 纤维增强树脂基复合材料具有轻质高强的优异特性, 但传统成型工艺具有成本高、过程复杂、难以回收的缺点限制了复合材料的广泛应用, 介绍了一种新的连续纤维增强热塑性复合材料 3D 工艺(CFRTPCs)及其回收再利用策略, 建立成型过程与界面性能、力学性能的内在联系, 打印连续碳纤维增强聚乳酸(CF/PLA)样件抗弯强度与模量分别达到 $390\ \text{MPa}$ 与 $30.8\ \text{GPa}$, 实现了复合材料低成本一体化快速制造, 其回收再利用过程无污染, 材料利用率为 75%, 二次打印样件抗弯强度提高 25% 左右, 实现了复合材料高效高性能绿色回收再利用, 二者结合形成一种全生命周期复合材料应用模式。

135 选区激光烧结过程传热分析的高效无网格法

陈嵩涛 段庆林 王依宁 李书卉 李锡夔



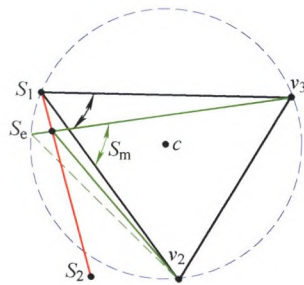
摘要: 增材制造是通过材料逐层堆积来实现构件无模成形的新型制造技术, 近年来受到人们的广泛关注。基于无单元伽辽金法(无网格法)提出了一种可高效模拟以粉末床为主要技术特征的选区激光烧结增材制造过程的数值模拟技术。相应于材料逐层增加过程, 逐层引入计算节点和背景积分单元。充分利用无单元法建立近似函数仅依赖于节点而非网格单元的优点, 对远离当前加工层的区域自适应地进行“网格”粗化以减小计算规模。为进一步提高计算效率, 引入稳定相容节点积分技术, 大幅度减少了积分点数目。数值结果表明, 所发展方法能够有效模拟选区激光烧结增材制造的热传导过程, 再现温度场的演化历程。与使用通用有限元软件的模拟方法以及使用高斯积分的标准无网格法相比, 该方法大幅度缩短了计算时间, 显著提高了选区激光烧结过程传热分析的计算效率。



摘要: 针对当前多股簧数控加工机床存在的钢丝张力一致性不佳、张力控制系统调试效率低的问题,研究了张力产生机理,建立了时变非线性动力学模型。以3股钢丝的多股簧为例研究了钢丝间张力互相作用机制,并基于 Matlab / Simulink 搭建张力控制系统仿真平台,探索了某一通道阻尼突增对所有钢丝张力一致性的影响。仿真结果表明,钢丝张力突增使得钢索成型点后移,各钢丝捻角变大,进而导致放卷速度、牵引速度及张力产生波动。通过不同预设张力值下控制系统的仿真偏差与试验偏差曲线的对比,验证了仿真模型的有效性。仿真系统具有与实际张力控制系统相匹配的响应特性,仿真结果重现了多股簧实际加工过程中存在的一些现象及问题,对实际加工过程中张力控制系统参数的调整具有指导意义。

155 基于中轴线的曲面网格质量优化

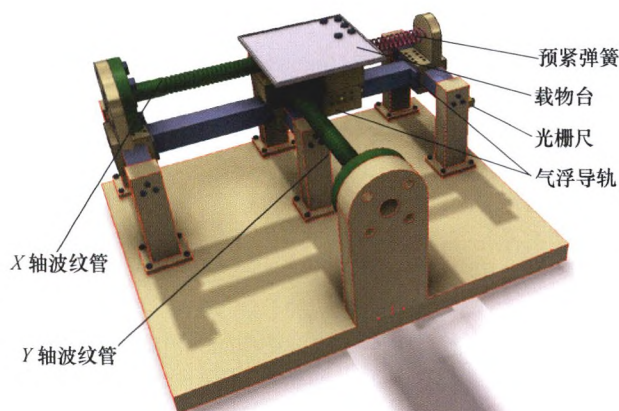
彭威 吉卫喜



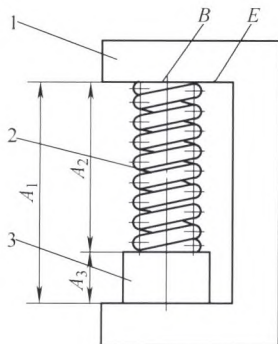
摘要: 网格质量对数值模拟的精度和效率有着重要影响,为了提升曲面网格质量,提出一种基于中轴线的曲面网格质量优化算法,由几何特征保持和节点光滑操作组成。采用法向量投票理论对网格节点进行分类,保证了原始网格的几何特征。节点光滑操作通过不断的调整节点位置来提升网格质量,直到网格质量的变化量小于给定的阈值。针对光滑节点,采用二分法求解邻域多边形中轴上的最优中心点,并将该最优中心点投影回三维网格上,折痕点的最优位置则通过二次多项式插值法求得。应用实例表明,该方法在保证网格几何特征的基础上,较为明显地提升了曲面网格的质量。

163 气动二维超精密伺服系统输出反馈滑模控制

田艳兵 徐亚明 刘庆龙 陈霞



摘要: 针对气动波纹管二维伺服系统的超高精度控制问题,提出了一种基于逐阶反馈的递归滑模控制方法。通过对三阶系统的各阶输出分别进行二次估计,设计新型逐阶状态观测器,降低了常规观测器对系统三阶状态的观测误差。通过设计逐阶滑动模态,设计递归滑模面,减少了常规动态滑模控制信号抖振问题。通过递归滑模控制器与逐阶状态观测器的结合,在提高伺服系统精度的同时改善了控制系统的动态品质。用李雅普诺夫函数理论证明了气动波纹管伺服系统所有状态全局一致最终有界。数值仿真结果表明,气动伺服系统跟踪轨迹无超调、响应速度快、精度高,实现了运动行程 20 mm,稳态误差小于 100 nm 的大行程精密控制。



摘要: 将上偏差小于下偏差的公差定义为虚公差,把具有公差(包括虚公差)要求的两个极限值之间的尺寸用一个集合表达,探究公差值由正数连续变小成为负数时产生质变的过程,抽象出虚公差的物理意义:虚公差的绝对值为误差补偿量,两极限值之间的尺寸为误差补偿范围。从量纲和谐原理、尺寸链通用公式存在的条件、公差计算结果的准确性等方面阐述提出虚公差概念的必要性及其与公差的对立统一关系。通过实例验证,在虚公差物理意义明确后,可大大简化带补偿件的装配尺寸链分析计算过程,使之计算更加灵活方便,并可实现误差与误差补偿量的并行分析计算,使公差分配更加经济合理;推导出机械加工过程中假废品尺寸区间的通用计算公式,提出了概率法确定假废品尺寸区间的方法,有效地提高了假废品判断的效率。

178 基于模态预测及敏度分析的机床动特性设计方法

李天箭 吴晨帆 沈磊 孔祥志 丁晓红

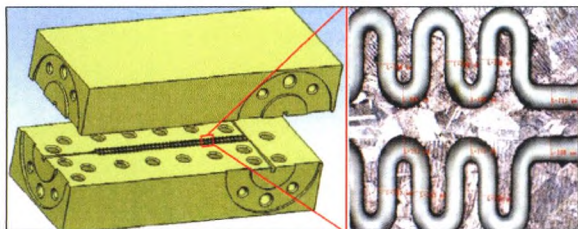


摘要: 为了提高机床的动态性能,以机床整机固有频率和频响函数振幅为目标,提出基于机床测试数据、进行试验模态分析及灵敏度计算的机床动态特性设计方法。方法首先提取机床测试数据建立机床结构原型模型,逐步计算机床大件结构和整机的固有频率对刚度、质量的灵敏度,确定结构薄弱环节;继而,对薄弱结构,采用模态预测和灵敏度分析方法设计计算,获取更合理的质量和刚度;之后,将设计分析结果输入 LMS_Test.lab 软件,借助软件完成对原型结构的模态修改,对修改后结构的动力学特性进行模态预测;最后,进行预测结果模态置信验证,确认模态预测的正确性,完整机床动态特性设计方法体系。将该方法应用于实际机床设计中,对比整机优化前后的频响函数曲线和仿真分析验证均证明,基于模态预测及灵敏度分析的机床动态特性设计方法完成的机床优化设计使得机床固有频率得到提高的同时振幅下降,机床的大件结构及整机的动态性能均有提升。

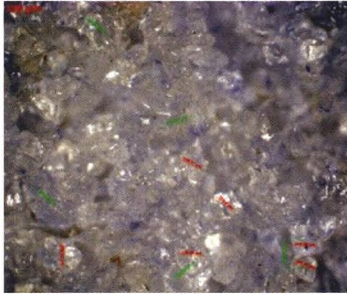
/// 制造工艺与装备 ///

187 太赫兹段慢波结构的微细加工技术研究新进展

吴春亚 郭闯强 裴旭东 王廷章 陈妮 陈明君



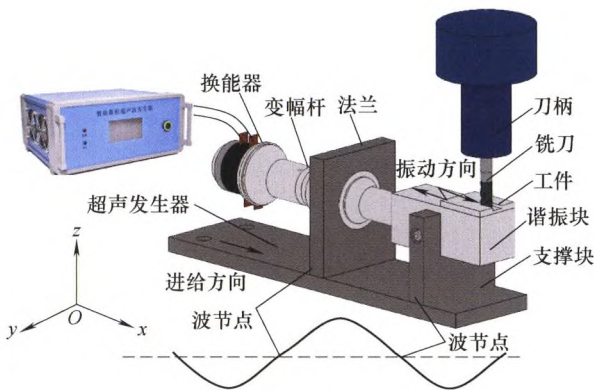
摘要: 太赫兹波兼具穿透性强、使用安全性高、定向性好、带宽高等技术特性,在国防、深空通信、远程成像、安全检查和医疗诊断等领域具有重大应用前景。基于慢波结构的电真空器件是在太赫兹频段产生瓦级功率输出,同时实现太赫兹辐射源小型化和经济化最具潜力的一种解决方式。慢波结构作为此类电真空器件的核心零件,其物理设计及制造水平将直接影响器件的带宽和增益,因此,从适合工作在太赫兹频段的慢波结构类型、加工精度与表面质量要求,以及制备工艺 3 个方面出发,对慢波结构的微细加工技术研究现状进行综述,重点分析太赫兹频段慢波结构的关键制造技术水平及应用现状,并探讨其在发展过程中需要面临的挑战和仍需注重解决的问题,希望能为后续高频器件研究工作的推进提供参考。



摘要: 假设磨粒形状为球形, 其粒径和突出高度服从瑞利分布, 将磨粒接触半径表达式应用泰勒公式展开, 建立磨削弧区高阶函数曲线热源模型。通过对比分析三至六阶函数热源模型的拟合误差, 发现当函数阶数达到五阶后, 其误差值小于 2.5%且下降程度趋于平缓, 故提出一种新型五阶热源模型。将新建的五阶热源模型与传统的矩形、三角形热源应用于磨削温度场仿真, 并与热电偶测量结果进行对比分析, 结果表明: 五阶函数曲线热源相对于三角形热源和矩形热源而言, 不论是整体符合程度、磨削弧区最高温度位置, 还是实测结果应有的滞后性, 其结果都更接近实际情况, 从而验证了高阶函数曲线热源模型的正确性和优越性。

207 超声振动辅助铣削钛合金铣削力信号及切屑特征研究

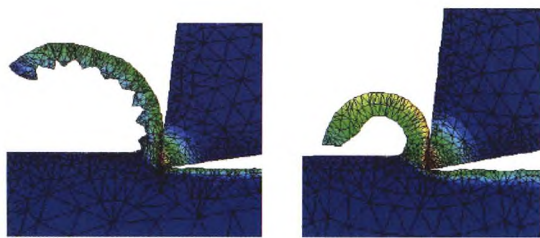
倪陈兵 朱立达 宁晋生 杨志超 刘长福



摘要: 通过对刀具-工件的运动学分析, 研究了超声振动辅助铣削过程中断续加工机理, 建立了超声辅助铣削过程中刀具净切削时间模型, 得到了加工参数和振动参数与刀具净切削时间之间的关系。针对超声加工过程中高频断续加工的特点, 进行了超声振动辅助铣削和普通铣削钛合金加工试验, 对超声振动铣削和普通铣削钛合金过程中的铣削力信号和切屑特征进行了详细的对比研究。试验结果表明: 与普通铣削加工相比, 超声振动铣削力信号和切屑形态具有独特特征。施加超声振动之后, 超声铣削力信号幅值显著下降, 超声铣削力信号由连续信号转变为离散的脉冲式力信号, 铣削力信号的频谱特性发生明显变化; 超声振动振幅对铣削力幅值具有显著影响。此外, 相比普通铣削切屑, 超声铣削切屑的尺寸和表面形貌均发生明显改善。

217 基于直角切削的高温合金 John-Cook 本构参数逆向识别

陈冰 刘卫 罗明 张晓腾



(a) 自定义 J-C 本构模型

(b) 自带材料模型



(c) 直角切削试验中切屑

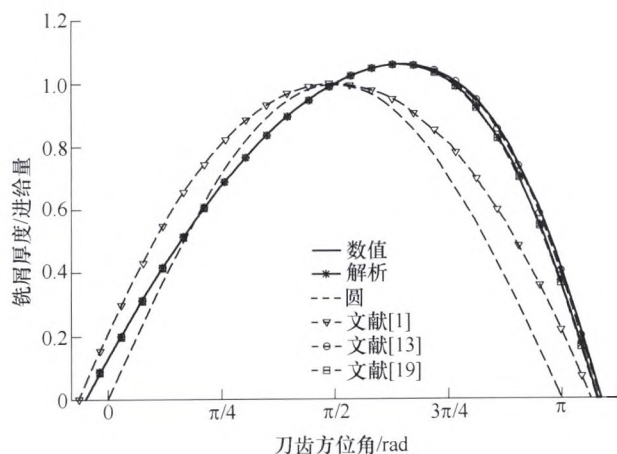
摘要: 随着计算机技术的发展, 有限元仿真越来越广泛应用于切削加工中参数优化、切削机理研究等领域。John-Cook(J-C)本构模型是高温合金切削仿真的基础, 关系到仿真结果的准确性与可靠性。针对传统的霍普金森杆试验(Split Hopkinson pressure bar, SHPB)获得的材料流动特性不能准确描述切削加工中材料的热塑性变形, 其参数辨识的结果与实际切削状况有较大偏差的问题。提出了一种基于 OXLEY 切削理论和直角切削试验相结合的高温合金 J-C 本构参数逆向辨识方法。首先, 基于不等分剪切区模型, 给出了切削过程中应变、应变率、剪切区温度的分布规律; 然后, 针对传统车削与二维仿真模型无法直接比较的问题, 设计并搭建了直角切削试验平台; 最后, 基于不等分剪切区模型与直角切削试验, 分别计算了主剪切面流动应力的理论值和试验值, 在给定本构参数约束条件下, 以理论值与试验值差距最小为目标函数, 通过遗传算法搜索本构参数的最优组合, 实现了 5 个 J-C 本构参数(初始屈服应力 A , 应变强化系数 B , 应变率强化系数 C , 热软化系数 m , 加工硬化指数 n)的最小二乘辨识。最后, 将获得 J-C 本构参数的仿真值与试验结果进行对比, 验证了逆向辨识方法的可行性与本构模型的准确性。



摘要: 铣削力是优化工艺参数,设计机床、刀具和夹具的重要依据。针对自由曲面平头立铣刀五轴宽行加工,提出了一种基于空间限定法的刀刃接触区解析算法,建立了考虑刀具偏心的铣削力预报模型。基于微分离散思想,自由曲面看成一系列微小斜平面,以斜平面平头立铣刀五轴加工为研究对象,参数化定义刀具几何、进给方向和工件三者间的任意关系,界定刀刃微元参与切削的条件,沿刀刃曲线搜索获得整个刀刃接触区,结合微元铣削力模型,构建了平头立铣刀斜平面五轴加工铣削力模型,即可实现对自由曲面平头立铣刀五轴加工的铣削力预报,并推导出铣削力由刀具坐标系到工件坐标系的转换矩阵。刀刃接触区仿真表明,该空间限定法与刀具接触区域限定法相比算法更简单,通用性更强;与实体法相比效率更高。铣削力试验表明,测量铣削力与预报铣削力在趋势和幅值上总体吻合良好,证明了该铣削力预报模型的有效性。

234 基于摆线刀齿轨迹的未变形铣屑厚度分析

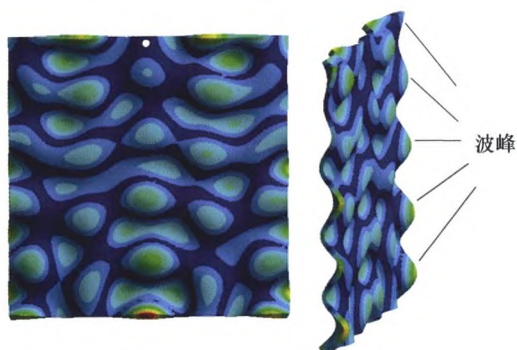
窦 炜 崔岗卫 袁胜万 何晓聪



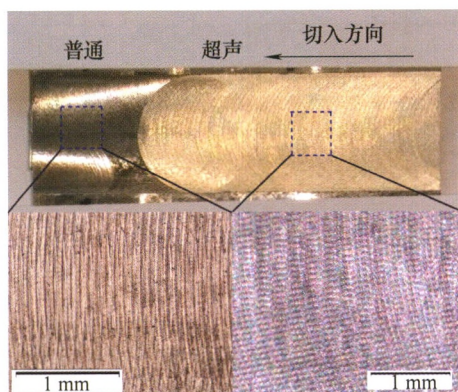
摘要: 利用动态变化的未变形铣屑厚度与铣削力之间的相互作用关系,研究铣削过程的动态特性是铣削过程建模的基本思路。未变形铣屑厚度的值取决于相继切入工件的刀刃在工件上留下的切削痕迹之间的相对位置关系。处于切削状态的刀刃与前一齿尖所经过的摆线运动轨迹相交,以其方位角与前一刀齿过同一交点时的方位角之差为辅助变量,建立满足铣屑形成条件的运动学超越方程。若该辅助变量已知,则可进一步求出铣削迟滞参数及未变形铣屑厚度。基于这一思路,给出两种新的求取铣屑厚度的方法:一种是将原方程转化为解描述辅助变量动态变化的微分方程,采用数值方法求得其数值解;另一种是以辅助变量的线性函数近似原方程中的三角函数,采用近似解析法解出其显式表达式。仿真结果表明:对于当前制造业普遍采用的铣削参数,所提近似解析法可以满足实际应用的精度要求,并且与现有摆线铣屑厚度模型相比数学表达式更为简洁;所提数值法不需要循环迭代求解超越方程,非常适合嵌入到对分析精度和运算效率有较高要求的铣削过程仿真或稳定性预测算法。

243 超声振动改善电铸表面粗糙度的机理

杨 光 胡志超 张 军 皮 钧 刘中生



摘要: 探讨超声振动改善电铸表面粗糙度的机理。试验表明,阴极板的超声振动能明显改善电铸层表面的粗糙度。对其机理,归纳为三点:① 阴极板的超声振动使得电铸液在其边界层(阴极板附近的一个电铸液薄层)内产生众多的小涡流,其旋转方向以超声频率交替更换,这就使得镍离子浓度(垂直于电铸表面方向)在边界层内更趋于均匀化,提高了镍离子在边界层内的有效扩散系数;② 阴极板边界层内更加均匀的镍离子浓度分布,抑制了肌瘤和枝晶的生长;③ 阴极表面生成的氢气核,在其初级阶段,被超声微射流驱除,无法继续生长,从而使微小气孔等缺陷得到了抑制,同时,也降低了氢离子在阴极析出的反应速率,改善了电流效率。阴极板的固有振动模态计算、阴极板边界层的流场模拟、镍离子扩散系数的计算数据、电铸表面粗糙度测量和电子显微镜图像,都支持这个机理。



摘要: 针对航空航天常用的钛合金机械加工特性差、加工质量低、效率差的问题, 提出一种新的加工工艺, 高速超声椭圆振动铣削工艺。它是一种刀尖在平面内按椭圆轨迹运动的超声频间歇性切削方法, 能够有效地改善铣削质量且突破了常规超声振动加工对临界速度的限制。将高速超声振动铣削工艺引入航空常见薄壁零件结构, 腹板的加工中。先分析该工艺微观分离原理, 并设计试验验证该工艺在钛合金腹板加工中的效果。结果显示: 高速超声振动铣削工艺相比于普通铣削的加工方式在已加工表面让刀量及表面粗糙度值两方面均有稳定提升。粗糙度降幅约 10%~40%, 让刀量降幅 50% 左右。

64 第 8 届上银优秀机械博士学位论文奖——特别奖

101 第 8 届上银优秀机械博士学位论文奖——佳作奖

127 第 8 届上银优秀机械博士学位论文奖——佳作奖

162 第 8 届上银优秀机械博士学位论文奖——佳作奖

216 第 8 届上银优秀机械博士学位论文奖——佳作奖

CONTENTS

- 1 Deep Transfer Diagnosis Method for Machinery in Big Data Era**
LEI Yaguo YANG Bin DU Zhaojun LÜ Na
- 9 Fault Diagnosis for Planetary Gearbox Based on EMD and Deep Convolutional Neural Networks**
HU Niaoqing CHEN Huipeng CHENG Zhe ZHANG Lun ZHANG Yu
- 19 Health Assessment of Shield Equipment Cutterhead Based on t-SNE Data-driven Model**
ZHANG Kang HUANG Yixiang ZHAO Shuai LIU Chengliang WANG Jiyun
- 27 Deep Learning Theory with Application in Intelligent Fault Diagnosis of Aircraft**
JIANG Hongkai SHAO Haidong LI Xingqiu
- 35 Sparse Representation Method Based on Termination Criteria Improved K-SVD Dictionary Learning for Feature Enhancement**
WANG Huaqing REN Bangyue SONG Liuyang DONG Fang WANG Mengyang
- 44 Feature Extraction of Bearing Fault Based on Improved Switching Kalman Filter**
CUI Lingli WANG Xin WANG Huaqing XU Yonggang ZHANG Jianyu
- 52 Fault Diagnosis for Planetary Gearbox by Dynamically Weighted Densely Connected Convolutional Networks**
XIONG Peng TANG Baoping DENG Lei ZHAO Minghang
- 58 Application of Kernel Auto-encoder Based on Firefly Optimization in Intershaft Bearing Fault Diagnosis**
WANG Fengtao LIU Xiaofei DUN Bosen DENG Gang HAN Qingkai LI Hongkun
- 65 Intelligent Fault Detection for Rolling Element Bearing Based on FCKT and Deep Auto-coding Neural Network**
YANG Rui LI Hongkun WANG Chaoge HAO Baitian
- 73 Fault Diagnosis for 3D Printers Using Suboptimal Networked Deep Learning**
LI Chuan ZHANG Shaohui José Valente de Oliveira
- 81 Bearings Fault Diagnosis Based on Improved Deep Belief Network by Self-individual Adaptive Learning Rate**
SHEN Changqing TANG Shenghao JIANG Xingxing SHI Juanjuan WANG Jun ZHU Zhongkui
- 89 Review and Prospect of Triboelectric Nanogenerators in Self-powered Microsystems**
ZHANG Chi FU Xianpeng WANG Zhonglin
- 102 Lubrication Analysis of Oil-control-ring and Cylinder Liner Frictional Pair Considering Oil Feeding Condition**
LIU Guangsheng SUN Jun LI Biao ZHU Shaoyu

- 110 Prediction of the Safety Factor of Mine Hoisting Rope Based on Fretting Wear**
ZHANG Jun GE Shirong WANG Dagang ZHANG Dekun
- 119 Wear Mechanism of Liquid Rocket Engine Turbopump Mechanical Seal Graphite Surface in the N₂O₄ Environment**
WANG Jianlei ZHANG Chen WANG Xiaohu WANG Dongping LI Jianke JIA Qian
CHEN Runlin CUI Yahui
- 128 Mechanism and Performance of 3D Printing and Recycling for Continuous Carbon Fiber Reinforced PLA Composites**
LIU Tengfei TIAN Xiaoyong ZHU Weijun LI Dichen
- 135 Efficient Meshfree Method for Heat Conduction in Selective Laser Sintering Process**
CHEN Songtao DUAN Qinglin WANG Yining LI Shuhui LI Xikui
- 147 Research on Time-varying and Nonlinear Tension Control Model in the Winding Process of SWHS and Simulation**
CAI Wanqiang WANG Shilong ZHANG Qi YANG Wenhan YI Lili
- 155 Surface Mesh Quality Improvement Based on Medial Axis**
PENG Wei JI Weixi
- 163 Sliding Mode Control for Pneumatic Two Dimensional Ultra-precision Servo System Based on Output Feedback**
TIAN Yanbing XU Yaming LIU Qinglong CHEN Xia
- 172 Theory and Application of Virtual Tolerance Based on Set Concept**
WANG Xiaohui GUO Shiyi CHE Dongdong LAN Guosheng
- 178 Improving Machine Tool Dynamic Performance Using Modal Prediction and Sensitivity Analysis Method**
LI Tianjian WU Chenfan SHEN Lei KONG Xiangzhi DING Xiaohong
- 187 New Progress of Microfabrication Techniques for Slow Wave Structures at THz Frequencies**
WU Chunya GUO Chuangqiang PEI Xudong WANG Tingzhang CHEN Ni CHEN Mingjun
- 199 Study on Heat Source Distribution Model of High-order Function in Grinding Arc Area**
HE Yuhui XU Yanbin TANG Jinyuan ZHAO Bo
- 207 Research on the Characteristics of Cutting Force Signal and Chip in Ultrasonic Vibration-assisted Milling of Titanium Alloys**
NI Chenbing ZHU Lida NING Jinsheng YANG Zhichao LIU Changfu
- 217 Reverse Identification of John-Cook Constitutive Parameters of Superalloy Based on Orthogonal Cutting**
CHEN Bing LIU Wei LUO Ming ZHANG Xiaoteng
- 225 Force Prediction Model for Five-axis Flat End Milling of Sculptured Surface**
GUO Minglong WEI Zhaocheng WANG Minjie LI Shiquan LIU Shengxian
- 234 Analysis of Uncut Milling Chip Thickness Based on Trochoidal Tooth Path**
DOU Wei CUI Gangwei YUAN Shengwan HE Xiaocong

243 Mechanism of Improved Surface Roughness in Electroforming Assisted by Ultrasonic Vibration

YANG Guang HU Zhichao ZHANG Jun PI Jun LIU Zhongsheng

249 Research on Surface Quality of Titanium Alloy Webs via High-speed Ultrasonic Elliptical Vibration Milling

GAO Ze ZHANG Deyuan LI Zhe JIANG Xinggang LIU Jiajia

《机械工程学报》第十一届编委会

名誉主任

王补宣(院士) 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(教授)
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(教授) 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(教授) 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(研究员) 项昌乐(教授) 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(教授) 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(教授) 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(教授)
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 668194