

机械工程学报®

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

特邀专栏：车载电化学能源系统

客座编辑：戴海峰 徐梁飞 郑岳久



20世纪

21世纪

18世纪

58卷 **22**期 半月刊
2022年11月刊

/// 特邀专栏 ///

车载电化学能源系统

客座编辑: 戴海峰 教授(同济大学)

徐梁飞 副教授(清华大学)

郑岳久 教授(上海理工大学)

策划编辑: 张 彤(《机械工程学报》编辑部)

1 序言

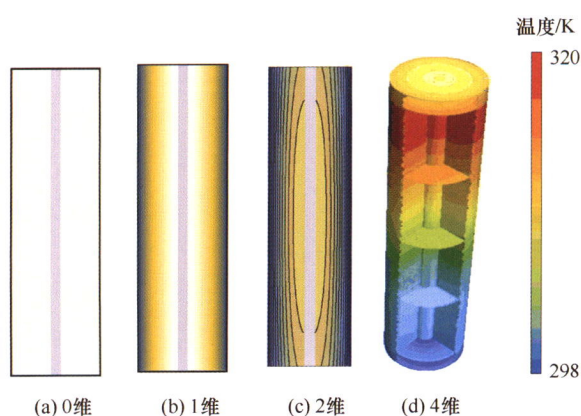
戴海峰 徐梁飞 郑岳久

3 面向“双碳”战略目标的锂离子电池生命周期评价: 框架、方法与进展

来 鑫 陈权威 顾黄辉 韩雪冰 郑岳久



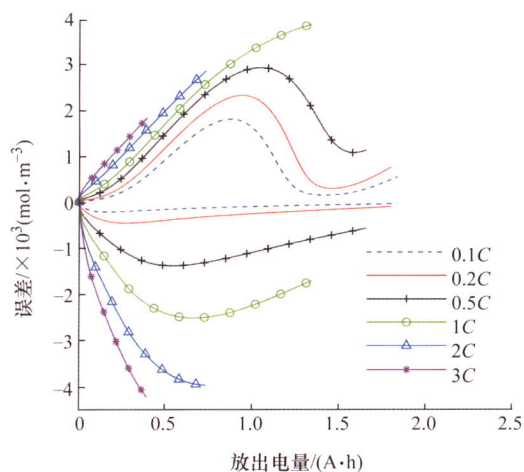
摘要: 在国家“双碳”重大战略驱动下, 锂离子电池在迎来了重大发展机遇的同时, 它的全生命周期碳足迹追踪与环境指标评价成为研究热点, 在碳排放计算及减碳措施方面遇到严峻挑战。首先, 对全生命周期评价的基本框架、基本方法、评价指标等基础共性问题进行简要概述。然后, 从锂离子电池可持续发展出发, 提出从“摇篮”到“摇篮”的全生命周期闭环评价路线, 对电池全生命周期内(包括电池生产、电池使用、梯次利用、电池回收与再制造等环节)各阶段碳排放计算的研究现状与进展进行详细综述, 总结各阶段潜在的研究热点与难点, 提出一种“技术-生态-价值”综合评价框架。在此基础上, 对锂离子电池生命周期价值评价存在的机遇与挑战进行讨论, 对资源风险与供应链风险进行分析与梳理。最后, 总结与展望了能源脱碳、体系创新、智能制造、优化管理、材料回收、碳捕集等六大潜在的锂离子电池全生命周期减碳措施。



摘要: 拥有高能量密度、低自放电率和长寿命的锂离子电池是电动车辆的主要储能单元,其性能直接影响了车辆的动力性和安全性。然而,锂离子电池是复杂的电化学系统,其内部状态具有时变性和不可观测性。此外,电池在使用过程中性能将不断衰减,将给车辆的安全性带来隐患。为保证电池在车用工况下的高效、安全和可靠运行,需要对电池实施有效管理。电池模型是管理算法的理论基础,参数辨识是模型应用的前提,而寿命预测是保证电池安全的关键技术。针对上述实际应用需求,综述了锂离子电池高精度电化学-热耦合机理建模、模型参数辨识和寿命预测的最新研究进展。重点关注宏观电化学模型中模型重构和模型简化两种模型降阶方法,对比分析参数辨识中试验测量和非拆解式辨识方法的特点,全面总结寿命预测中基于模型、基于数据驱动和融合式算法的算法架构。在此基础上,总结现有研究的不足并对未来研究方向提出展望。

37 锂离子电池简化电化学模型理论误差分析研究

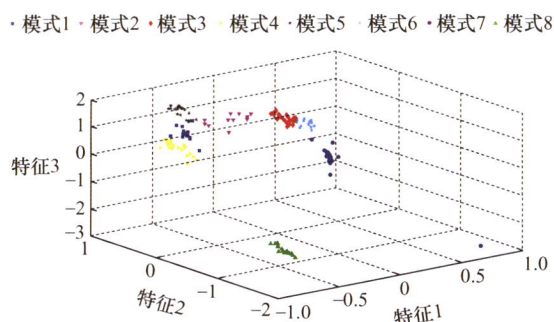
谢奕展 程夕明



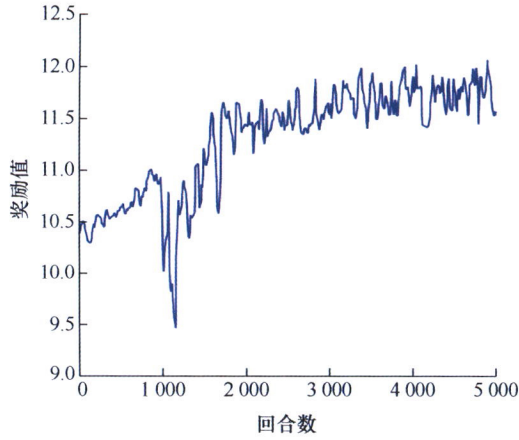
摘要: 准确的电池模型是电池状态估计和能量管理的基础。锂离子电池电化学模型描述电池内部机理,具有物理意义明确和准确度高的优点。目前,常用的电化学模型为 P2D 伪二维电化学模型、SPM 单粒子模型和 SPMe 考虑电解质动态的单粒子模型。其中, P2D 模型的精度最高而计算量最大,而简化模型 SPM 或 SPMe 的计算效率高,但存在模型简化产生的误差。为探究误差的产生机理,首先比较 SPM、SPMe 和 P2D 模型的电极电流源、固相浓度和液相浓度,然后从平衡电势、过电势、液相浓差极化电势、液相欧姆压降和端电压对简化模型进行了误差分析,并指出误差传递路径。结果表明,电极电流源是模型端电压误差产生的根源,液相正负极欧姆压降和负极平衡电势误差是端电压误差的主要来源。上述结果可为 SPM 和 SPMe 模型的误差补偿方法设计提供理论依据。最后还提出了模型端电压误差补偿建议。

56 基于机械振动信号的锂离子电池组连接故障诊断

申东旭 吕超 葛亚明 张刚 杨大智 王立欣

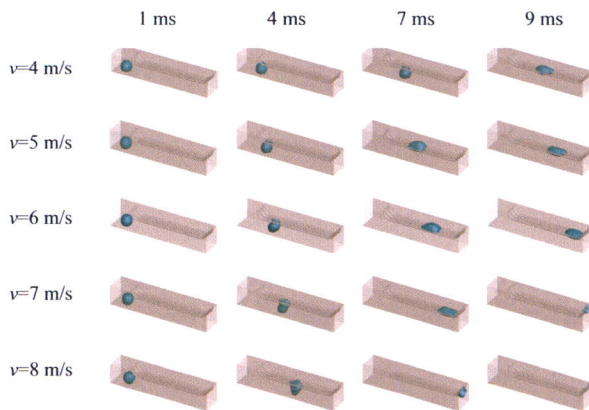


摘要: 为满足高电压大容量的实际应用场景和需求,锂离子电池组往往由成百上千的电池单体通过螺栓、焊接等方式串并联组成。电池组单体间的连接故障会导致接触电阻升高和连接处异常发热,严重影响电池组的性能和安全性。提出一种基于机械振动信号的锂离子电池组连接故障诊断方法。利用压电陶瓷传感器实现电压信号和振动信号的相互转换,在每种故障模式下采集振动信号;基于稀疏测度指标和熵测度方法在频域和时域提取故障特征以描述锂离子电池组在不同连接故障模式下的故障特性;利用最大相关最小冗余算法降低高维特征空间的冗余度,选择出最重要的特征;在此基础上,建立基于差分进化算法优化的支持向量机诊断模型。结果表明,该方法诊断准确率为 0.963,可以准确检测到锂离子电池组的连接故障并明确故障发生的位置。

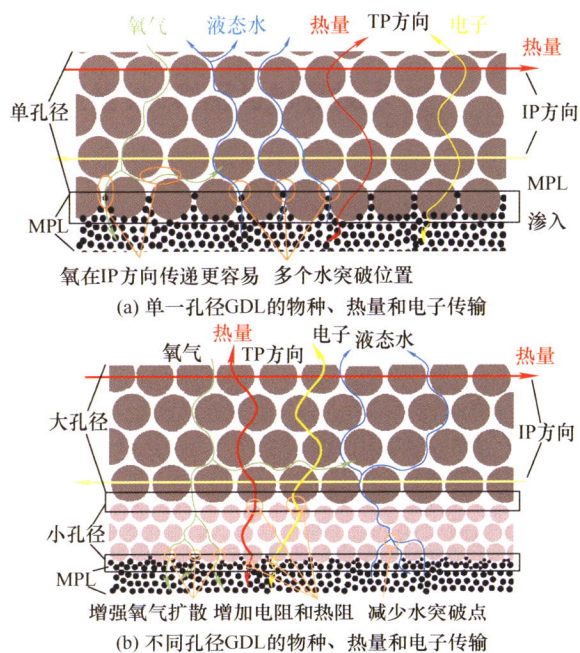


摘要: 安全高效的锂电池充电控制策略对于电动汽车的发展具有重要推动作用。针对锂电池的快速充电问题,提出一种综合考虑锂电池充电速度、能量损耗、安全约束多目标优化充电控制策略。基于动作-评价网络框架,利用基于近端策略优化的深度强化学习算法,训练出使得充电目标对应的奖励函数最大的充电策略神经网络和策略评估神经网络。然后,利用训练完成的充电策略神经网络根据当前电价和电池SOC智能决策出最优的充电电流。该充电控制策略的优势在于能够在保证快速充电的同时,实现充电花费最小化。同时,充电策略神经网络在线运算量较小,与基于模型的在线优化算法相比更能满足充电控制的实时性要求。最后,仿真结果表明,该充电控制策略与传统恒流-恒压法相比,具有兼顾充电速度与电费支出的优势,满足快速充电任务需求的同时,最高可降低25%的充电成本。

79 燃料电池新型流道对气体扩散层表面水去除的影响

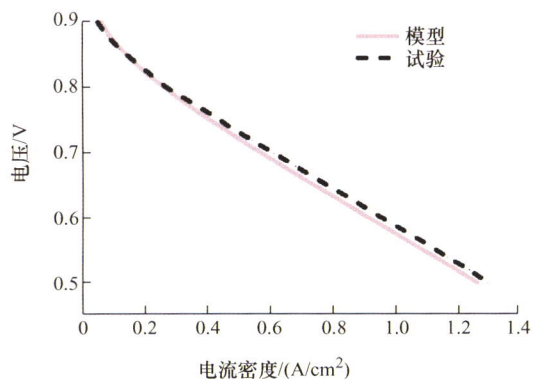


摘要: 质子交换膜燃料电池(Proton exchange membrane fuel cell, PEMFC)中气体扩散层(Gas diffusion layer, GDL)表面液态水的有效去除和输送对 PEMFC 的水管理非常重要。为了有效去除 GDL 表面液态水,提出一种新型流道结构,采用流体体积法对流道内液态水的传输过程进行三维数值研究,研究进气速度、表面润湿性和液滴尺寸对流道内液态水的传输过程和 GDL 表面液态水去除的影响。研究表明,新型流道结构可以有效去除 GDL 表面液态水。随着进气速度的增大,沿流动方向的空气剪切力增大,流道内水去除速率和压降增大,GDL 表面水覆盖率降低。表面润湿性对液态水传输影响显著, GDL 表面润湿性增强会减缓液滴运输,流道内阻力降低,压降减小,GDL 表面水覆盖率增大。管表面润湿性增强,流道内压降和 GDL 表面水覆盖率降低。新型流道适用于流道内大液滴的去除。当 $\theta_{GDL}=150^\circ$ 和 $\theta_{pipe}=30^\circ$ 时,新型流道结构有较好的 GDL 表面除水性能。本研究工作为流道结构提供了一种新的选择,对 GDL 表面液态水的去除具有一定的指导意义。



摘要: 燃料电池(Fuel cell, FC)与外部环境之间的传热和多孔层的传质均会影响 FC 内的水热气电状态, 进而影响到催化层的电化学反应速率, 从而显著影响其瞬态性能(Transient performance, TSP)。多孔层的孔隙特性和各向异性是影响其传热传质能力的关键因素, 充分认识其对 FC-TSP 的影响规律, 对于优化车载 FC 动力源的负载响应有重要意义。为此, 综合考虑 FC 与外部环境动态热交换, 内部水热气电等各物理性质的空间动态分布以及气、液和溶解相等多相时变转化关系, 建立 FC 多相三维瞬态传质传热数值模型, 以分析多孔层非均质性质对动态过程的影响。进一步, 以电流密度的阶跃变化模拟动态负载, 分析 FC 的电压, 膜的水含量和温度, 微孔层|催化层界面的氧浓度。结果表明, 多孔层的孔径大小和分布及各向异性对 FC 的 TSP 有明显影响。另外, 不同热条件对 FC 的内部物理量分布的影响较对 TSP 的影响更为显著。

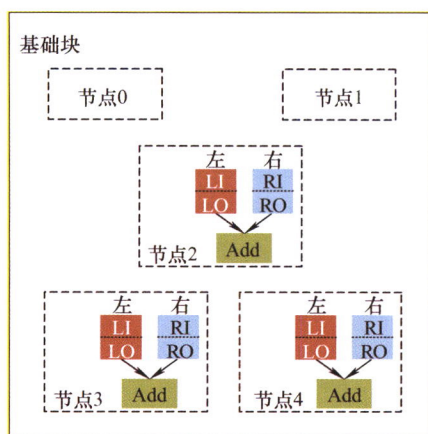
106 基于磁场的质子交换膜燃料电池故障诊断方法



摘要: 故障诊断作为解决质子交换膜燃料电池(Proton exchange membrane fuel cell, PEMFC)的安全和寿命问题的重要途径之一, 备受研究人员关注。然而在当前 PEMFC 诊断中, 对其早期故障诊断的研究较少, 而在亟需早期故障诊断以便及时进行维护控制的 PEMFC 应用领域, 如燃料电池汽车等, 在故障发生早期对其进行精确诊断极其重要。该文针对现有 PEMFC 早期故障诊断方法匮乏问题, 提出一种基于磁场的 PEMFC 故障诊断方法。首先建立 PEMFC 三维仿真模型, 研究燃料电池性能变化与其外部磁场间关联机制, 在此基础上搭建燃料电池磁场检测系统, 并构建卷积神经网络(Convolutional neural network, CNN)对采集的磁场数据进行分析, 验证其在包括水淹、膜干等不同 PEMFC 故障中的早期诊断效果。结果表明, 采用基于磁场数据和卷积神经网络的故障诊断方法, 可实现燃料电池不同程度、不同类型故障的在线识别和早期诊断。研究结果验证了磁场数据用于 PEMFC 故障诊断的可行性, 对促进 PEMFC 故障诊断方法进一步发展、提升 PEMFC 系统可靠性和耐久性具有重要意义。

115 面向旋转机械迁移诊断的分层并行网络模型自动创建方法

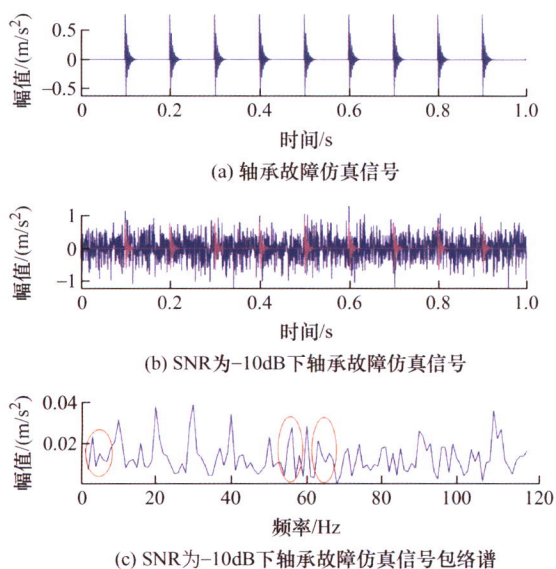
周 健 郑联语 王艺玮 王移川



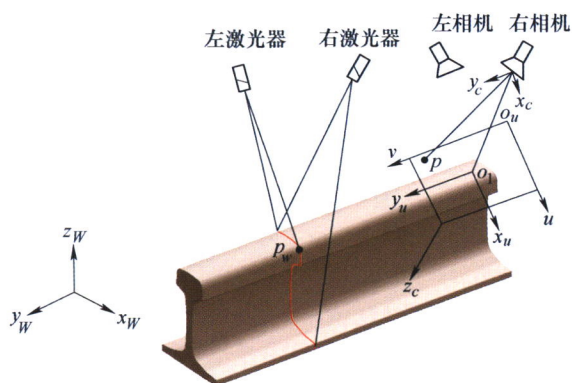
摘要: 针对当前基于深度学习的旋转机械故障诊断方法存在的依赖人工建模经验、需手动调参、试错迭代、面对不同诊断任务需重新创建诊断模型、异构迁移性差等问题,文中提出一种面向旋转机械迁移诊断的分层并行网络模型自动创建方法,可根据不同诊断任务快速自动地搜索出具有异构迁移性能的高精度诊断模型。基于神经结构搜索(Neural architecture search, NAS)与模块化设计的思想,设计了两类包含多层网络并行结构的基础块,区别于逐网络层搜索的模式,以基础块为单位进行搜索提高效率,控制器输出决策序列确定基础块的内部结构,并将其堆叠形成分层并行结构的子模型,根据子模型在诊断任务上的验证结果利用策略梯度算法优化控制器,循环迭代上述过程不断提高子模型的诊断精度。子模型的分层并行结构支撑了其良好的异构迁移性能,此外为解决 NAS 搜索耗时的瓶颈问题,在子模型训练过程中设置了权值共享机制以提高自动建模效率。所提方法面向四个不同旋转机械故障数据集进行自动建模和异构迁移诊断试验,结果表明针对四个不同诊断任务,所提方法均能高效创建出 100%精度的诊断模型,消耗时间 313 s 到 1 601 s 不等,并且所创建的子模型在仅用 10%目标域数据耗费 100 s 时间进行微调的条件下,即可面对目标诊断任务达到 95%以上的迁移诊断精度。

129 快速固有成分滤波特征融合的轴承故障诊断方法

江星星 彭德民 沈长青 刘 颖 郭剑峰 朱忠奎



摘要: 稀疏滤波故障特征增强方法依托故障信息固有的稀疏性可以有效实现轴承微弱故障诊断,但其存在两类弊端:经验地设置其输入、输出维度,引起特征提取效果的不确定性;需要利用先验知识从优化的权重矩阵中严格地筛选出特定成分,造成故障特征信息损失。针对上述问题,提出快速固有成分滤波特征融合方法。首先,引入复杂性测度设计自适应的稀疏滤波维度参数选取准则,并采用稀疏滤波优化目标指数遴选出簇故障信息丰富的融合源;其次,建立故障特征融合源流形学习融合策略,包括改进流形学习方法融合遴选出的融合源,构造融合分量异常幅值检测策略和给出了最大化故障信息的融合分量加权表示。提出方法可解决稀疏滤波维度参数选择、特征筛选造成信息损失和固有流形幅值异常引起包络谱奇异等问题。仿真和试验结果验证所提出方法相较于现有流形学习和稀疏滤波等方法具有更强的轴承微弱故障特征提取能力。



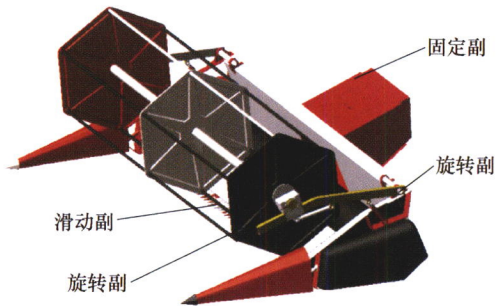
摘要: 钢轨波磨的高精度测量是研究钢轨波磨问题的基础。基于钢轨波磨检测与定位问题,提出了一种结合结构光视觉、波磨横向测量线以及连续小波变换的波磨测量系统。建立基于结构光视觉的钢轨轮廓测量模型,提出依据 11 条波磨测量线来提取轨面不平顺并运用连续小波变换时频分析方法,实现了波磨的横向与纵向位置定位。通过搭载测量系统的波磨小车对实际线路进行测试,结果表明,该曲线内轨曲中点和缓圆点处均存在波磨,且曲中点处波磨幅值大于缓圆点处;外轨曲中点和缓圆点处轨面在所有测量线处无周期性,不存在波磨。该曲线波磨纵向位置在 K19+555~K19+650 范围内,横向位置在 B-B 测量线上,波长约为 200 mm,横向定位后的轨面不平顺水平要比未经定位的轨面不平顺水平大 4.2 dB。波磨测量系统实现了钢轨波磨的精确定位与测量。

148 基于改进谐波小波包的柔性薄壁轴承背景周期性冲击分离

赵学智 叶邦彦 陈统坚



摘要: 柔性薄壁轴承是一种特殊的轴承,其内外圈是椭圆,在旋转时椭圆的长、短轴会对轴承产生一种周期性冲击,这种周期性冲击和轴承元件的故障周期性冲击混合在一起,对故障周期性冲击是一种极大的干扰。为消除这种干扰,通过分析椭圆长短轴引起的周期性冲击的特点,结合谐波小波的盒形频率特性,提出一种改进的谐波小波包来消除这种周期性冲击。普通谐波小波包的子带频率范围是根据分解层数确定的,而改进的谐波小波包的各个子带频率范围则针对椭圆长短轴引起的周期性冲击的频率分布特点而设计,可以有效地提取到这种冲击的每一个谐波分量,从而可准确地分离出整个周期性冲击。对实际柔性薄壁轴承振动信号的处理结果表明,改进的谐波小波包从混合的复杂周期性冲击中准确地分离出了椭圆长短轴引起的周期性冲击,而故障周期性冲击却被完好保留,从而消除背景周期性冲击的影响,实现对柔性薄壁轴承损伤的正确识别。

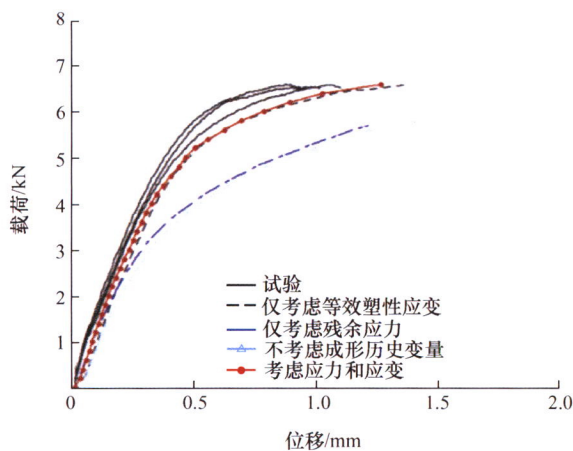


摘要: 针对实际工况下结构可靠性影响因素复杂多样的特点, 提出一种基于响应面修正敏度模型的结构可靠性影响因素分析方法。首先, 融合最优多项式响应面函数与 Sobol' 灵敏度算法, 推导出兼顾多影响因素局部与全局灵敏度分析的响应面修正灵敏度模型。并在此基础上, 结合耦合因素的试验设计与极差验证、多体动力学分析、结构静力学分析, 建立一种结构可靠性影响因素的灵敏度量化分析方法。最后, 以典型收割机结构为分析对象对提出方法进行实例研究, 研究结果表明脱粒滚筒转速对结构可靠性的灵敏度影响最大, 粮仓负载的影响最小, 其平均预测精度为 97.36%, 提出的方法可以实现多种耦合影响因素的灵敏度精确分析, 从而为结构可靠性影响因素评估提供了一种思路。

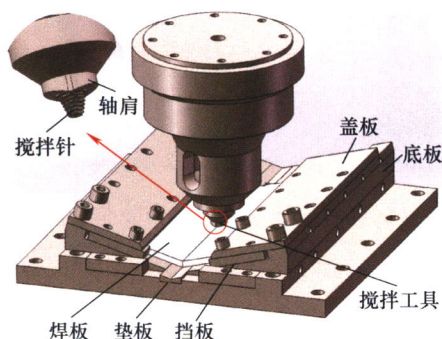
材料科学与工程

168 自冲铆接头成形及力学性能数值模拟关键技术研究进展

刘洋 庄蔚敏 何晓聪



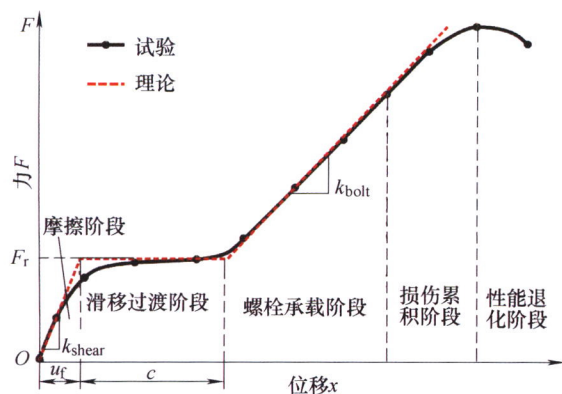
摘要: 自冲铆接仿真涉及复杂多体接触、材料失效和大变形, 连接过程中基板经历复杂应力状态和应变路径, 接头的力学性能仿真需要考虑成形历史因素, 因此材料本构模型的构建和相关仿真技术影响模拟的准确性。为了推动自冲铆数值模拟技术的发展, 综述了自冲铆成形仿真、接头精细模型拉伸仿真和接头简化模型仿真的研究进展及存在的问题。针对自冲铆成形及接头拉伸特性, 总结了材料本构模型构建时需要考虑的关键因素。提出了纤维增强复合材料/金属自冲铆接头拉伸仿真建模方法, 并通过试验验证了模型的有效性。最后, 针对仿真中亟待解决的问题, 展望了自冲铆数值模拟的研究方向。对自冲铆接数值模拟研究和应用具有重要的参考价值。



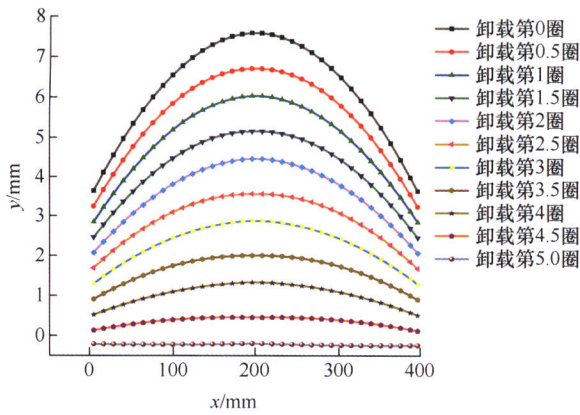
摘要: 采用自主研制搅拌针长度为 8.5 mm 的静止轴肩搅拌工具和 2A14-T4 厚板铝合金进行 150° 角焊缝接头静止轴肩搅拌摩擦焊工艺试验, 探讨焊接工艺参数对接头组织和力学性能的影响规律。结果表明: 在 500~700 r/min 主轴转速与 40~100 mm/min 焊接速度范围内均可获得表面光滑无内部缺陷的角焊缝接头, 其外观尺寸可精确控制基本无残余焊接角变形。焊缝区主要由焊核(Stir zone, SZ)组成, SZ 形状类似搅拌针圆锥台状或椭圆状、其宽度沿厚度方向分布比较均匀; 热力影响区(Thermal mechanical affected zone, TMAZ)及热影响区(Heat affected zone, HAZ)宽度明显较小。焊缝区硬度分布具有明显不均匀特征, 最薄弱区位于 TMAZ 与 HAZ 的交界处。主轴转速变化对焊缝区平均硬度影响较小, 但随着焊接速度增加其平均硬度明显增大。角焊缝前进侧等效拉伸强度大于后退侧, 等效拉伸强度随转速增加而减小, 焊速的增大而增大。在 500 r/min-100 mm/min 焊接工艺下所得到的接头等效拉伸强度最高, 可达到母材的 79.24%。在拉-剪复合加载模式下, 角焊缝拉伸试样宏观塑性变形很小呈现脆性断裂特征。

198 复合材料螺接力学行为精细化有限元分析方法

杨宇星 鲍永杰 王金龙 杜凤鸣

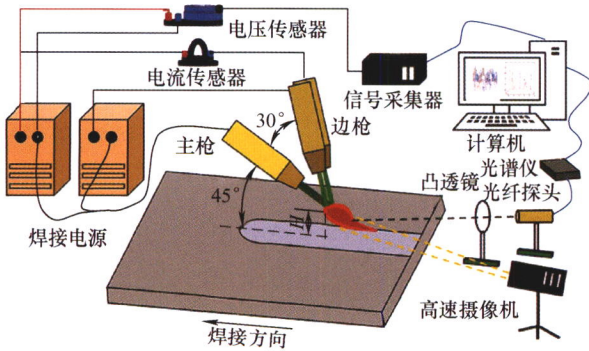


摘要: 针对航空用纤维增强树脂基复合材料螺栓连接的力学行为研究难题, 采用有限元软件二次开发的方法, 提出了涵盖层合板高效建模、扭矩与预紧力关系、钉孔配合间隙与滑移过渡段、渐进损伤判断与性能退化等方面的精细化有限元分析模型。提出了基于应变等效原理的紧固件预紧力-扭矩试验测试方法, 降低了紧固件预紧力-扭矩转换精度对数值模拟精度的影响。提出了基于修改螺栓头与层合板接触平面摩擦因数的方法以实现含钉孔配合间隙的复合材料螺接接头的力-位移响应在滑移过渡段的较好模拟。复合材料单搭接螺接接头单剪试验和有限元预测的力-位移曲线对比结果显示极限载荷最大预测误差为 17.2%, 证明了所提方法能有效地预测复合材料单钉/多钉螺接结构的力学性能演变规律, 且所提方法提高了预测结果与试验结果的匹配度, 提升了有限元分析的效率, 为航空先进复合材料连接结构的力学行为分析奠定了建模技术基础。



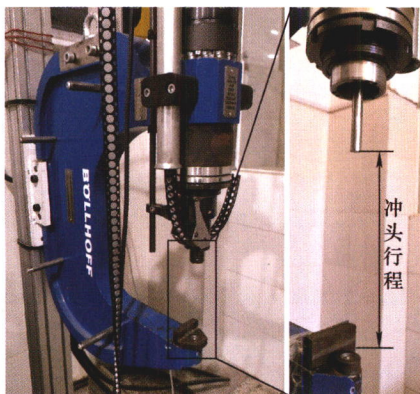
摘要: 直线度是轴类零件重要的质量参数之一, 矫直是轴生产过程中的一道必要工序。针对现有矫直工艺的局限性, 提出中小型轴类零件旋转弯曲矫直工艺。基于通用有限元软件 LS-DYNA, 使用 Y-U 强化模型对工艺过程进行了数值模拟研究, 揭示其矫直机理, 探究各因素对矫直效果的影响。研究表明, 矫直过程中材料任意质点应力均经历多次的正负交替变化, 在逐渐卸载过程中使轴向任意微段的曲率逐渐趋近于零, 实现其矫直。残余挠度随着弯曲量的增加而降低, 当弹区比达到 0.2 时, 残余挠度达到了最小。随着旋转速度的增加, 残余挠度先减小再增大, 当旋转速度与弯曲量的比值为 125 r/rad 时, 矫直效果较好。长径比、初始挠度(大小及挠曲形式)以及初始残余应力对矫直效果影响较小, 采用相同的工艺参数均取得了良好的矫直效果。数值模拟结果验证了工艺的可行性, 无需经过复杂的初始挠度测量, 光轴和阶梯轴矫直后残余挠度均在 0.1 mm 以内。

219 不同极性下的三丝间接电弧中厚板焊接研究

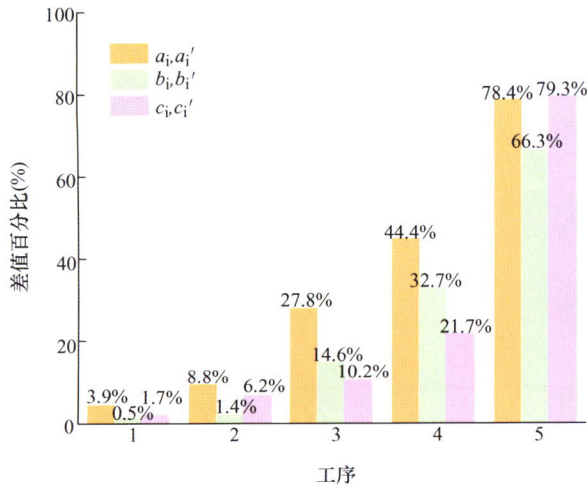


摘要: 三丝间接电弧焊是一种新型电弧焊技术, 电弧放电通道形成于三个电极之间, 电极极性的连接方式会对焊接过程产生重要影响。为揭示不同极性连接方式的三丝气体间接电弧中厚板焊接过程工艺特点, 采用主丝接正和主丝接负的连接方式分别对 8 mm Q345 低碳钢板进行了对接焊试验。结果表明, 在两种极性连接方式的三丝间接电弧中厚板焊接过程中, 由于电弧形态以及熔滴过渡路径的差异, 主丝接正时的稳定性不受电弧所处阶段的影响; 而主丝接负时, 熔滴在焊接阶段容易发生短路爆炸造成焊接过程稳定性下降, 这是焊缝表面气孔以及接头局部未熔合缺陷产生的主要原因; 随着焊接电流的增大, 两种极性下的电弧弧柱区宽度均增大, 且主丝接正时的弧柱区的电子温度均大于主丝接负时的。

227 铝合金自冲铆工艺参数的多元非线性回归模型

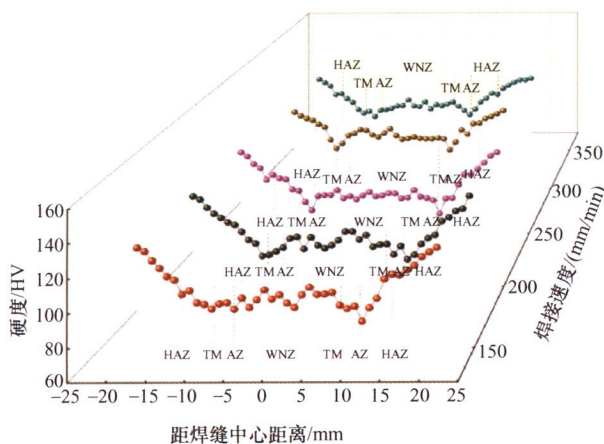


摘要: 建立有效、可靠的自冲铆工艺及力学性能预测模型是其工业应用推广过程中亟待解决的一个重要问题。选取 AA5182、AA5052 和 AL1420 三种铝合金薄板材料, 基于 Box-Behnken Design(BBD)响应面法开展了铝合金自冲铆连接试验研究。以板厚、板材硬度和铆钉硬度为三参数输入条件, 以冲头行程、最大冲压力和失效载荷为输出响应值, 建立影响因素与响应值之间的回归模型, 探究多种输入参数对响应值的影响规律。试验结果表明: 依据回归模型得到的工艺和强度理论预测值与试验值之间的误差在 8% 以内, 建立的回归模型具有较高的工程应用可靠性。通过三维响应面和等高线分析表明, 板厚和铆钉硬度的交互作用对最大冲压力和失效载荷的影响最大, 冲头行程主要受板材硬度和铆钉硬度的交互影响。

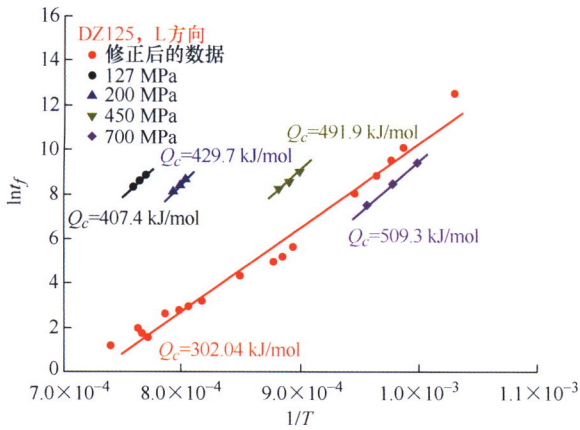


摘要: 盒形件有限元模拟通常采用壳单元进行建模, 由于薄壳单元在计算中忽略了厚向应力, 因此在多道次拉深成形及变薄拉深成形工况下的适用性存在质疑。以 3003H14 高盒形件多道次变薄拉深为研究对象, 利用 Dynaform 并结合 LS-DYNA 有限元软件进行数值模拟, 对比壳体单元与实体单元的模拟计算数据, 通过分析外观模拟结果和 Levy-Mises 增量理论中瞬时本构关系系数的模拟数据, 得到单元类型对薄板多道次变薄拉深成形模拟计算精度的影响规律。利用实际工程中的毛坯尺寸样本数据对建立的盒形件拉深毛坯尺寸计算程序进行训练, 从而实现了盒形件拉深工艺毛坯尺寸预测软件的开发。此外, 在明确建模方法后, 结合实体单元有限元模拟结果研究板料在变薄拉深过程中材料的减薄与增厚的机理, 揭示了材料流动规律。研究表明: 实体单元模拟计算结果与实际更接近。若以坯料单元在工序前后的理论变形厚度的百分比差值作为变形程度衡量指标, 当变形程度为 0~11.1% 时, 两种单元计算差异为 0.5%~27.8%; 当变形程度为 24.2%~34.9% 时, 两者计算差异为 44.4%~79.3%。经多道次变薄拉深后, 金属材料增厚区域多发生在凸缘及长边与短边交界处的圆角上; 在模具的限制作用下, 减薄区域多发生在底部圆角, 长边与短边区域都有一定减薄; 除工序 1 外, 其他各个工序长边侧直壁平均厚度比工艺设计的理想值大 1.00%~2.02%, 短边侧直壁平均厚度比工艺设计的理想值小 0.86%~12.90%。

250 2219 铝合金双轴肩搅拌摩擦焊工艺及接头组织性能研究

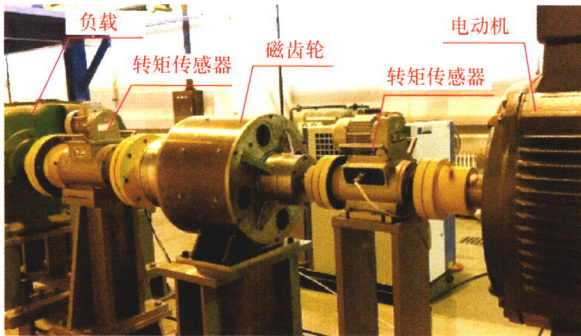


摘要: 通过对 8 mm 厚 2219 铝合金进行双轴肩搅拌摩擦焊试验, 研究了不同焊接速度对接头成形、组织演变及其对力学性能的影响规律。工艺试验结果表明: 在固定转速(200 r/min)下, 不同焊接速度下的接头均成形良好, 未出现微裂纹、隧道以及疏松等焊缝表面缺陷。随着焊接速度的增加, 接头区域晶粒尺寸减小; 接头显微硬度受到晶粒尺寸与沉淀相分布的制约, 硬度分布曲线呈“W”形, 热影响区硬度最低。并且随着焊接速度的增加, 接头最低硬度和抗拉强度逐渐提高, 断裂位置发生在热影响区与热影响区交界处。在焊接速度为 350 mm/min 时, 接头抗拉强度达到最大值 335 MPa, 约为母材的 72.8%。



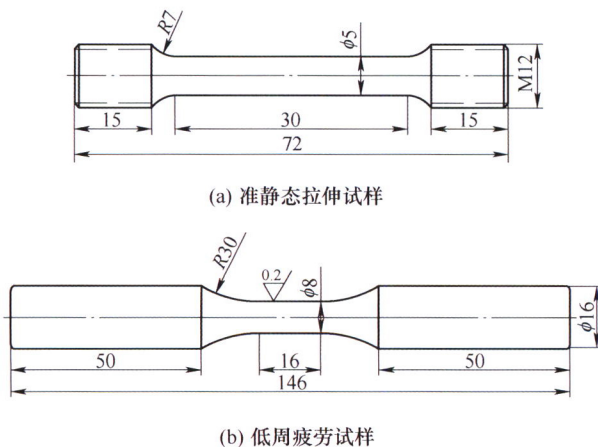
摘要: 一种应用简单、物理依据清晰、稳健的蠕变和持久寿命性能方法是开展航空发动机热端部件强度评价的重要基础。针对航空发动机用典型的镍基高温合金, 首先讨论了 Wilshire 方法对宽温度/应力条件下蠕变性能的预测精度, 并证实该方法体系中的等效蠕变激活能比传统方法更接近晶格扩展激活能, 所预测的应力分界点与合金不同温度/应力条件下的蠕变变形机制密切相关; 其次, 通过引入拉伸强度相关的晶向函数对 Wilshire 和传统的 Larson-Miller 法进行修正, 结果显示修正方法顺利实现了不同晶向下蠕变持久性能的高精度预测; 最后, 基于 Wilshire 方法提出了一种基于归一化应力的热强综合参数, 该热强综合参数可用于评估高温合金材料在归一化应力条件下的蠕变持久性能, 同时基于该热强综合参数有利于发挥材料的高温性能潜能。

269 调磁环材料性能对永磁齿轮损耗的影响研究

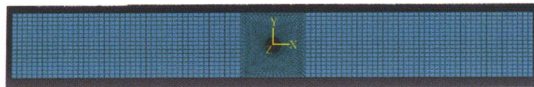


摘要: 磁场调制型永磁齿轮作为一种新型永磁变速装置, 易产生较大磁场损耗, 降低永磁齿轮工作效率, 限制其传递能力的进一步提升。提出整体成型动力传动式调磁环提高了扭矩传动能力, 建立调磁环三维模型开展了强度、刚度和损耗计算, 并结合永磁齿轮性能测试分析了调磁环骨架材料和调磁极片材料的损耗, 研究三种不同调磁环承载骨架材料参数对永磁齿轮损耗和效率的影响, 对永磁齿轮参数进行优化并确定最优扭矩骨架承载材料。结果表明, 特种工程塑料调磁环骨架材料能大幅降低永磁齿轮损耗, 有效提升传动效率, 永磁齿轮实测传动效率可达 93.8%。

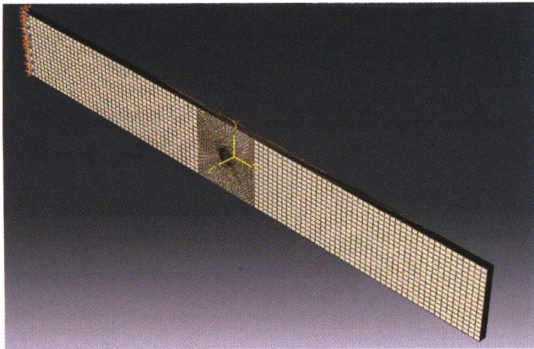
276 VC 析出相对 Fe-Mn-Si-Al 相变诱导塑性钢微观组织演变及力学性能的影响



摘要: Fe-Mn-Si-Al 相变诱导塑性钢因具有较低屈服强度和良好低周疲劳性能, 有潜力替代现有抗震用低屈服点钢制造钢阻尼器。对试验用钢进行准静态拉伸和低周疲劳试验, 并借助多种组织表征方法研究试验用钢变形前后的微观组织演变, 揭示 VC 析出相及奥氏体晶粒尺寸对其力学性能的影响规律及作用机理。结果表明: 奥氏体晶粒粗化可以促进 ϵ 马氏体生成交叉状多变体, 从而在准静态拉伸过程中, 提高试验用钢断后伸长率; 而在低周疲劳变形过程中, 交叉状多变体削弱 ϵ 马氏体相变可逆性, 使其疲劳寿命降低。VC 析出相有助于提高试验用钢的屈服强度和抗拉强度, 但其对 ϵ 马氏体生长具有抑制作用, 使断后伸长率降低。在低周疲劳变形过程中, VC 析出相钉扎 ϵ 马氏体/奥氏体两相界面, 抑制 ϵ 马氏体逆相变, 从而使试验用钢的循环加工硬化程度显著提高, 低周疲劳寿命降低。



(a) 模型平面图



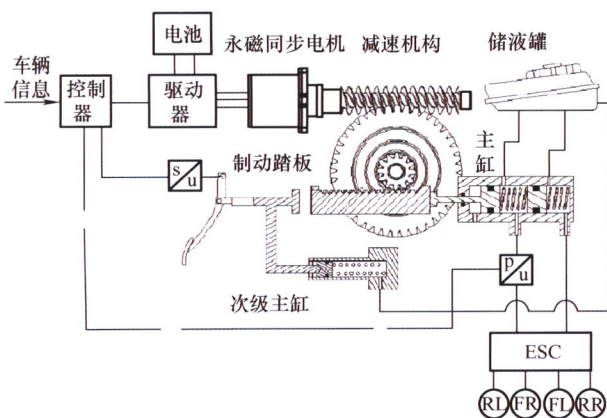
(b) 模型立体图

摘要: Hashin 准则在复合材料渐进损伤分析中得到广泛应用, 它的原始形式用应力表达, 而在渐进损伤实际计算中用到了应变形式。推导了这两种形式下渐进损伤计算中需要的复合材料非线性本构关系及对应的切线刚度矩阵, 对比分析了它们之间的不等价性。将这两种 Hashin 准则形式与不同损伤演化模型相结合, 应用于开孔板的渐进损伤数值模拟, 并与试验数据相对比。将 Linde 损伤演化模型分别与 Hashin 准则变形式和应力形式组合, 前者的计算结果与试验值符合更好; 将 Sleight 损伤演化模型与 Hashin 准则应力形式相结合, 选取不同的衰减控制参数进行数值模拟, 控制参数取 0.8 时比取其他值与试验结果符合更好。理论推导和数值模拟结果对复合材料渐进损伤实际应用中合理选取损伤准则形式和损伤演化模型有指导意义。

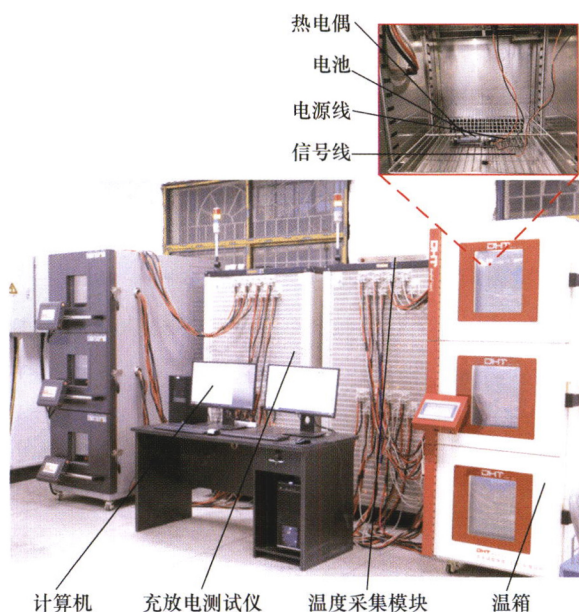
// 运载工程 //

294 集成式电子液压制动系统位移压力特性理论研究

余卓平 史鹏飞 卓桂荣 熊璐 舒强



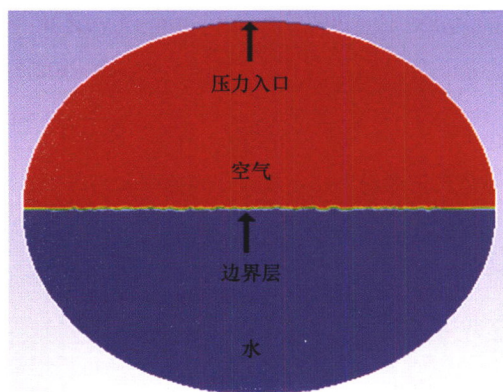
摘要: 集成式电子液压制动系统(Integrated electro-hydraulic brake system, IEHB)的位移压力特性对于现有的 IEHB 主缸压力控制算法及未来可行的主缸压力估计算法均至关重要, 现有研究多以实测和曲线拟合为主, 缺乏理论依据。为此, 从含气制动液等效体积弹性模量和制动回路变形特性分析入手, 首先基于合理假设, 提出制动回路简化模型; 之后通过由制动回路变形表示的等效体积弹性模量与制动液自身的等效体积弹性模量相等, 推导出主缸活塞位移与压力的函数关系, 即位移压力模型; 最后通过台架试验对位移压力模型进行参数辨识和模型验证, 结果表明, 在 0~10 MPa 的压力范围内, 所提出的位移压力模型与试验数据的误差最大不超过 0.255 MPa。



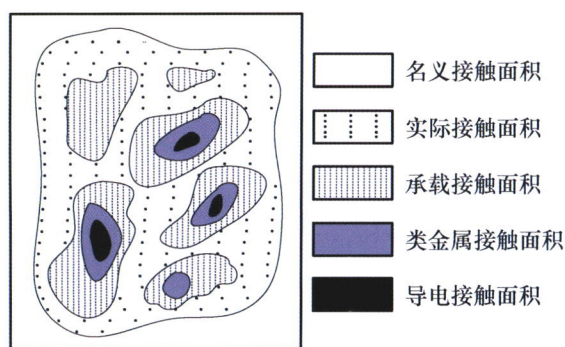
摘要: 电池模型对电池系统的健康管理和故障诊断至关重要。随着电池技术的发展,电化学模型正成为研究热点。电化学模型由偏微分方程构成,计算复杂度高。模型数学重构和模型结构简化是两类降低复杂度的方法。不同复杂度模型的对比研究可为模型工程应用选择提供指导,然而现有研究多基于仿真数据且忽略了温度对电池电化学行为的影响。针对上述不足,通过理论分析、数值仿真和试验测试开展了电化学-热耦合模型的对比研究工作。基于理论与仿真分析,明确不同模型的误差来源;通过敏感性分析,提升了模型参数的辨识精度和效率;通过耦合热模型,考虑温度对电化学反应的影响,并在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间开展试验验证。结果表明,反应电流的均匀分布假设是简化模型的主要误差来源。该假设在低倍率条件下成立,在大倍率下将造成较大误差;耦合热模型来引入温度修正可有效提升电化学模型在不同温度下的精度;非简化的电化学-热耦合模型在不同温度和工况下均能保证高精度,端电压方均根误差小于 25 mV 。简化的电化学-热耦合模型在小倍率工况下精度较好,但在低荷电状态和大倍率工况下将出现明显偏差,其最大端电压方均根误差超过 50 mV 。

321 液罐车流-固耦合分析及优化设计

李波 丁月 赵又群 贝绍轶 茅海剑



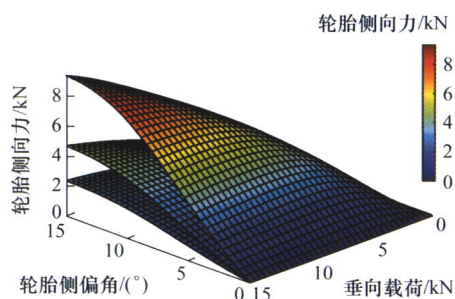
摘要: 在液罐车转向的过程中,罐体内液体的晃动会对液罐车产生侧向冲击力和侧倾力矩。以非满载液罐体为研究对象,采用流体体积法(Volume of fluid, VOF)对转向工况下的液体晃动进行数值分析,获得了侧向加速度和充液比对液晃的影响规律。建立液罐车侧向动力学模型,仿真结果表明,充液比为 $50\%\sim 70\%$ 时液罐车侧翻阈值较小。对罐体内部结构进行优化设计,设计一种倒V型防波板装置来降低液体对罐壁冲击。研究了9种倒V型防波板在不同充液比时的减晃效果,结果表明,安装三块夹角为 150° 的V型防波板防晃效果最好。搭建缩比液罐车侧倾台架,利用电动液压缸举升整个钢板平面和滑台以模拟罐车侧倾状态,同时滑台带动罐体向反方向平移,实现质心位置纠正,从而减小液体侧向晃动力与侧倾力矩,提高了液罐车的侧向稳定性。



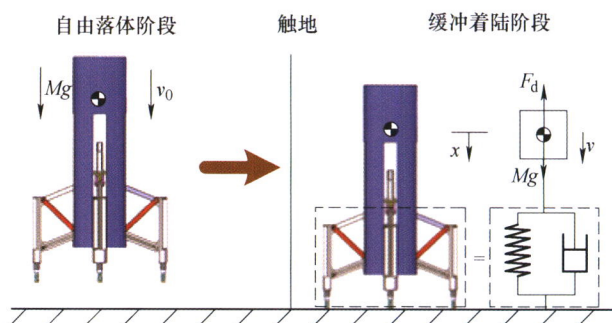
摘要: 空间导电滑环是通过弹性电刷在导电环道内的滑动电接触来实现航天器连续转动部分和相对固定部分间传输电功率和电信号的关键部件, 目前工程上对空间服役环境下导电滑环磨损量、摩擦力矩波动、接触电阻及电噪声等方面性能表现不稳定尚缺乏有效解决方法。空间导电滑环技术研究涉及材料、机械、物理、化学、空间环境等多学科概念及理论, 通过梳理导电滑环近些年来的研究热点和难点, 发现其性能实现与接触表面粗糙度、材料硬度、电刷压力、耐磨性、抗疲劳性、耐腐蚀性、真空下的自润滑、微重力环境等相关。目前对空间导电滑环电接触表面的微观特征及其演化过程、滑动电接触的磨损机制及磨屑运动路径和电传输性能及其控制方面的研究还存在不足, 现有的知识储备和技术储备不足以支撑在轨更长寿命、更高可靠、更稳定运行的空间导电滑环研制, 亟需提高对导电滑环在空间极端工况及多场耦合条件下相关特性的科学认识, 以期为保障航天器在轨安全运行提供更多的理论指导和技术支持。

349 极限工况下无人驾驶车辆运动规划策略研究

阳鑫 唐小林 杨凯 徐正平 胡晓松

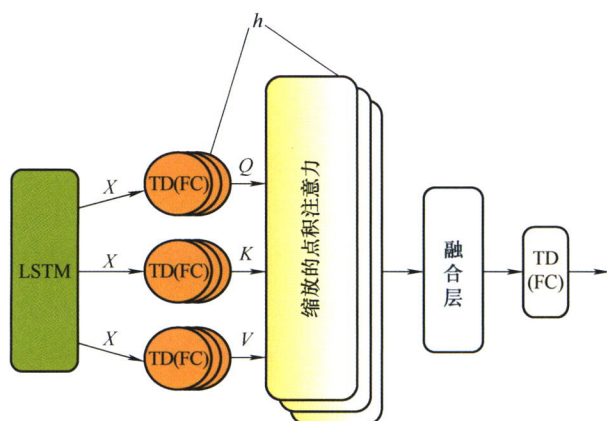


摘要: 针对无人驾驶车辆在极限工况下的运动规划问题, 提出一种适应极限工况的无人驾驶车辆运动规划策略。首先, 建立了准确描述车辆运动的动力学模型, 并采用修正的非线性轮胎模型反映轮胎与不同路面之间的动力学特性; 其次, 提出一种基于安全制动距离的自适应势场模型, 以适应极限工况下外界条件与车辆参数的变化; 再次, 考虑到车辆在极限工况下易发生横向失稳, 设计出横向稳定性指标(Lateral stability index, LSI)作为关键优化参数, 并展开车辆横向稳定性分析; 然后, 基于模型预测控制方法(Model predictive control, MPC), 将极限工况下的运动规划问题转化为多目标优化问题; 最后, 构建出 PreScan-Simulink-CarSim 联合仿真平台, 并在冰雪路面等多种极限工况下对所提出的运动规划策略进行了验证。仿真结果表明, 该策略有效提升了无人驾驶车辆在极限工况下的安全性与稳定性。

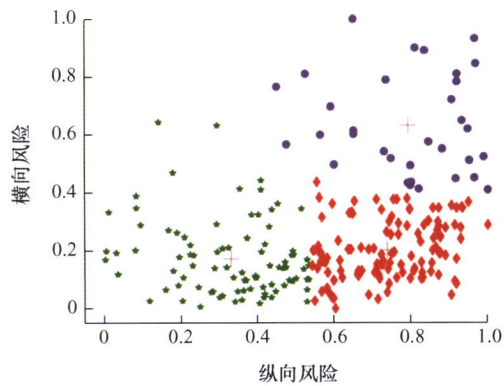


摘要: 为节省整机实验成本, 实现运用垂直降落运载器缩比模型试验反演原型的着陆过程, 为垂直降落运载器着陆研究提供便利, 运用相似性分析理论, 建立垂直降落运载器着陆过程的缩比模型, 定量反映其原型着陆过程的动力学行为。针对着陆过程中碰撞、缓冲两种典型动力学行为建立分析模型, 碰撞过程分别以速度跳变及冲击力作为分析目标, 建立离散型、连续型(包含弹性与弹塑性两种模型)碰撞模型, 采用量纲分析法和方程分析法, 分别导出原型-缩比模型间的相似准则及力学参量比例关系。开展垂直降落运载器原型、缩比模型着陆过程仿真, 验证离散型碰撞与连续型弹性碰撞、缓冲过程及着陆过程的动力学、运动学相似性, 仿真结果数据与相似性分析理论推导吻合程度较高, 该成果可为垂直降落运载器缩比样机设计及等效试验提供理论依据。

369 基于多头注意力的 CNN-LSTM 的换道意图预测



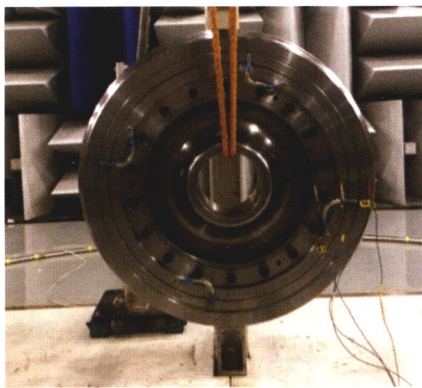
摘要: 自动驾驶车辆与传统车辆混行的交通环境中, 车辆的换道意图预测能够为自动驾驶车辆安全行驶提供有效保证。为了更准确地预测车辆的换道意图, 将多头注意力与卷积神经网络(Convolution neural network, CNN)和长短时记忆(Long-short term memory, LSTM)网络结合, 提出一种新型车辆换道意图预测算法。首先对 NGSIM(Next generation Simulaion)数据集进行处理, 提取车辆横向位置信息和周围环境信息。然后输入基于多头注意力(Multi-head attention)的 CNN-LSTM 模型, 提高对输入序列特征的提取能力和预测精度。最后在 NGSIM 数据集验证该模型的有效性。试验结果表明, 该模型能够从大量数据中提取到重要特征, 同时通过特征对比试验发现, 横向位置信息作为预测的主要特征, 而周围环境信息作为预测的辅助特征。最后通过模型的对比试验得出, 该模型的换道意图预测准确率在换道前 1 s、2 s、3 s 相比于 LSTM、CNN、CNN-LSTM 模型具有更好的预测精度, 可以为自动驾驶汽车设计先进的意图预测算法提供帮助和参考。



摘要: 通过研究驾驶员情绪来降低由情绪引发的事故风险一直是多学科研究的重要课题。针对驾驶员情绪、驾驶行为和驾驶风险之间的关系进行定性分析, 阐述情绪对驾驶风险的影响过程机理, 构建驾驶风险计算模型。为对驾驶员情绪-驾驶行为-驾驶风险之间的关系进行定量分析, 采集驾驶员情绪诱导材料库, 开展驾驶员多种情绪下的驾驶行为数据采集实验。通过对不同情绪下驾驶员情绪对驾驶行为影响的定量分析, 建立驾驶行为与驾驶风险等级映射关系, 阐明了驾驶员情绪对驾驶风险的影响机理。结果表明对于离散情绪, 愤怒、恐惧、悲伤、惊讶与厌恶这几种情绪下的高风险比例较大; 而中性与高兴情绪则表现出较低的高风险比例。对于维度情绪, 在愉悦度、激活度和优势度三个维度上, 低愉悦度和高愉悦度、低激活度和高激活度以及低优势度和高优势度下高风险比例较高。驾驶员情绪-驾驶风险机理分析结果将为设计驾驶员不同情绪的识别方案和调节策略提供重要依据, 对智能网联汽车的决策规划等具有重要意义。

395 弹性车轮对地铁直线段轨道减振特性研究

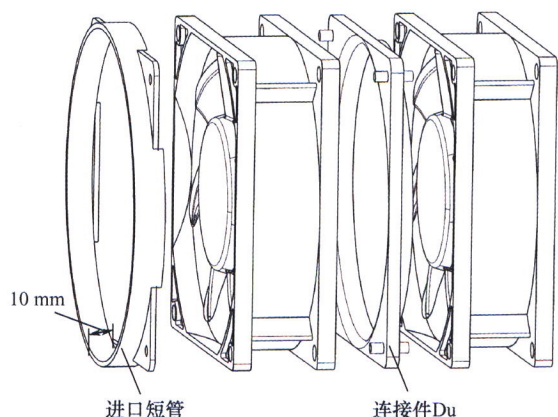
邬奇睿 祁孟孟 周 信 王安斌



摘要: 为了评估弹性车轮在地铁直线电机线路的减振效果, 结合试验与仿真分别对直线段正常工况与极端工况下弹性车轮减振特性进行研究。现场试验获取了直线段正常工况下轨道和隧道壁的振动水平, 试验结果表明, 弹性车轮对正常工况下的直线轨道系统的振动有一定的抑制作用, 减振量可达 2~3 dB, 同时对车轮多边形冲击振动有明显的减振效果。为了进一步探究对轨道存在钢轨波浪形磨耗或钢轨焊接接头几何缺陷的极端工况下弹性车轮的减振效果, 建立车辆-轨道耦合动力学模型, 将弹性轮对解耦为轮芯、左轮辋和右轮辋, 采用 6 个自由度建模, 轮芯与轮辋间通过弹性橡胶层耦合连接。模拟弹性车轮通过有波磨和焊接接头的钢轨时的振动特性, 其数值仿真结果表明, 在极端工况下, 弹性车轮减振效果可达 4~7 dB, 弹性车轮减振效果随着车辆速度的增加更加显著。

406 电子器件散热串联轴流风扇短管降噪试验

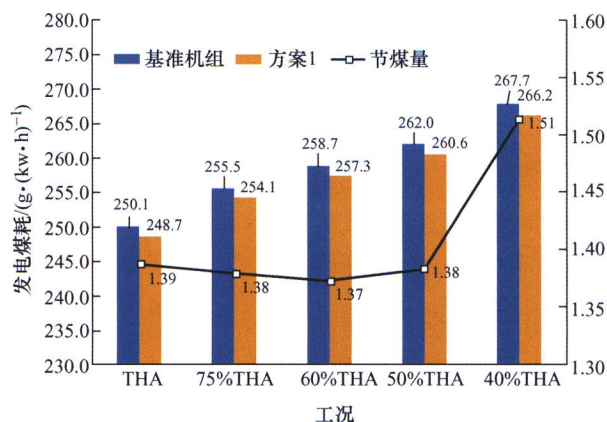
孙宗翰 田杰 杜朝辉 欧阳华



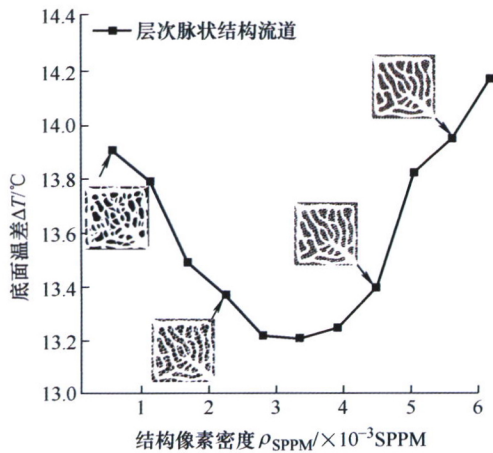
摘要: 对两台电子器件散热轴流风扇采用不同方式串联时的气动噪声特性开展试验研究。首先利用风扇等高平面内环形布置的传声器阵列对单风扇和串联风扇的远场噪声进行测量,发现串联风扇相比单风扇具有更高的宽频噪声和更复杂的单音噪声特性。然后对比加装方框、蜂窝和短管中间连接件的串联风扇在不同转速下的噪声声压级指向性分布,发现短管连接件对串联风扇的单音和宽频噪声均具有良好的降噪效果,其中设计转速下单音相比方框连接的串联风扇下降 1.2 dB(A),宽频下降 0.5 dB(A)。最后,提出串联风扇的两段短管降噪方法并验证了其在多转速运行工况下的降噪效果。论文对串联电子器件散热风扇气动噪声的研究可为工程应用中的降噪措施提供参考。

416 650 °C一次再热超超临界燃煤发电机组设计优化

王婧 段立强 杨名



摘要: 针对 650 °C一次再热超超临界燃煤发电机组热力系统抽汽过热度较高、空气预热器换热温差较大的问题,在 650 °C基准机组基础上提出加装 2 级前置式蒸汽冷却器 (Outside steam coolers, OSCs)(方案 1)和采用前置式空气预热器+OSCs(方案 2)进行性能对比研究。通过 Epsilon 建模,采用单耗分析法对比了 650 °C一次再热机组在变工况下的能耗分布情况。结果表明: 650 °C一次再热机组发电煤耗比 600 °C二次再热机组降低 10.67 g·(kW·h)⁻¹,比 700 °C一次再热机组高 9.77 g·(kW·h)⁻¹(100%THA),节煤效果显著。650 °C一次再热不同优化方案中,方案 2 在各工况下性能均优于方案 1 和基准机组,方案 2 发电煤耗 246.71 g·(kW·h)⁻¹(100%THA),比方案 1 降低 1.99 g·(kW·h)⁻¹,比基准机组降低 3.32 g·(kW·h)⁻¹,在低负荷下仍具有良好的节煤效果。

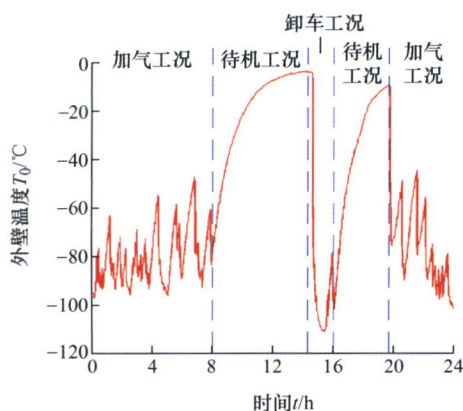


摘要: 由于耐热型植物具有良好的传热传质能力,结合流道拓扑优化设计和耐热型植物高级脉序的叶脉结构特征,提出一种层次脉状结构液冷均温板的设计方法。以热交换最大和流阻最小为目标开展主流道拓扑优化设计,提取胡杨叶高级脉序的结构特征,形成液冷均温板的次流道。定义结构像素密度作为描述次流道中孔的密度参数,分析其对层次脉状结构液冷均温板的传热传质性能的影响。研究表明,层次脉状结构的液冷流道具有较小的流阻和良好的均温性,同时主、次流道尺寸存在最优匹配。进一步研究胡杨叶脉的分布规律,发现液冷板主、次流道尺寸最优匹配规律与胡杨叶低、高级脉序尺寸匹配规律相近。研究结果不仅为液冷均温板的设计提供新思路,而且验证了耐热植物叶脉结构特征对其传热传质性能产生的正面影响。最后加工液冷板,通过试验验证了设计方法的有效性数值模拟的准确性。

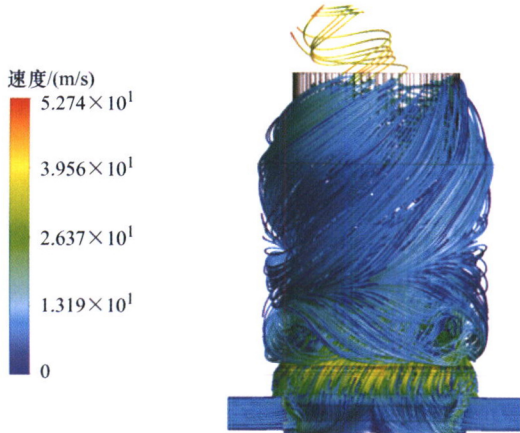
交叉与前沿

438 LNG 加气站管路布局多目标优化研究

万启航 何柏岩 聂锐 王国彪 杨建坤

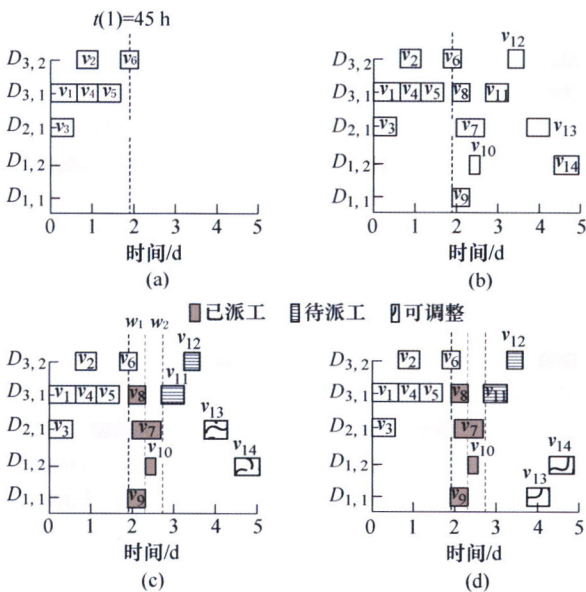


摘要: 针对液化天然气(Liquefied natural gas, LNG)加气站管路具有常温安装,低温、内压、大范围温度波动下运行的特点,为降低管路建设与运行成本、提高安全性,提出了一种基于非支配解排序多目标遗传算法的 LNG 管路布局优化设计方法。该方法通过引入传递矩阵法建立简化模型,实现对管路受力变形情况的快速有效分析,进而可对管路进行综合评价。为了在符合工程规则的前提下完成最小化长度、弯头数、流阻损失以及受力变形的管路布局,基于遗传算法建立了 LNG 管道优化模型,使用多目标优化方法得出了在路径短、能耗低、安全性高等方面达到帕累托最优的布局方案。最后,在不同工况下对优化所得管路布局方案进行热-结构耦合分析,以确保其能够安全可靠运行,并验证该方法的正确性及有效性。



摘要: 大规模复杂颗粒-流体系统主要运行参数与多物理场形态的关联机制不清晰, 试验研究方法难以对这些运行参数和质量特性之间的耦合关系进行精准描述。为了探究大型立磨运行过程中多物理场耦合工作机理, 通过构建粗粒非解析 CFD-DPM 耦合模型进行数值模拟, 分析主要运行参数对立磨流场、颗粒分级、粒度分布以及成品质量的影响, 模拟结果与实际工况运行结果吻合度较好, 验证了所建数值计算模型能够有效地模拟出大规模颗粒-流体系统的动态选粉过程。结果表明, 系统风量与选粉机转速直接影响着立磨离心分级的切割粒径与成品细度, 当其它参数不变, 随着系统风量增大切割粒径值变大、成品比表面积越小; 当只改变选粉装置转速, 切割粒径随着转速增大而减小、成品比表面积越大。

462 基于遗传算法和分枝定界的多车间空闲产能调度方法



摘要: 个性化产品具有多变的产品结构和复杂的加工特征, 使得单一车间难以满足如此广泛的加工参数, 需要借助外协车间才能完成生产任务。每个外协车间负载不同, 空闲时段也不同, 为了提升这些时间的利用率, 提出基于遗传算法和分枝定界的混合调度方法。设计基于混合优化策略的动态重调度机制, 将动态的生产过程转化为一系列在时间上连续的静态调度问题; 建立以最小化总拖期为目标的数学模型; 采用遗传算法和分枝定界方法对调度过程中的两个阶段分别进行优化, 即在每个事件时刻采用遗传算法生成预调度方案并划分为已派工部分、待派工部分和可调整部分, 在已派工部分正在执行的时间段采用分枝定界方法对可调整部分进行改进优化。采用运筹学优化器 OR-Tools 验证所提模型的正确性。试验数据表明, 与单一方法相比, 混合方法在所有实例上获得改进, 验证了所提方法是有效可行的。

CONTENTS

- 3** Life Cycle Assessment of Lithium-ion Batteries for Carbon-peaking and Carbon-neutrality: Framework, Methods, and Progress
LAI Xin CHEN Quanwei GU Huanghui HAN Xuebing ZHENG Yuejiu
- 19** Review on Research Progress in High-fidelity Modeling, Parameter Identification and Lifetime Prognostics of Lithium-ion Battery
XU Le DENG Zhongwei XIE Yi HU Xiaosong
- 37** Investigation on Theoretical Errors of Simplified Electrochemical Models for Lithium-ion Batteries
XIE Yizhan CHENG Ximing
- 56** Connection Fault Diagnosis of Lithium-ion Battery Pack Based on Mechanical Vibration Signals
SHEN Dongxu LÜ Chao GE Yaming ZHANG Gang YANG Dazhi WANG Lixin
- 69** Fast Charging Control for Lithium-ion Batteries Based on Deep Reinforcement Learning
TANG Xin OUYANG Quan HUANG Lianghui WANG Zhisheng MA Rui
- 79** Influence of Novel Channel in Fuel Cell on Water Removal from Gas Diffusion Layer Surface
ZHANG Libin LIU Shuai WANG Zhong LI Ruina ZHANG Qixia
- 90** Effect of Pore Characteristics and Anisotropy of Porous Layer on the Transient Performance of Fuel Cell
LIU Qingshan LAN Fengchong CHEN Jiqing ZENG Changjing WANG Junfeng
- 106** Fault Diagnosis of Proton Exchange Membrane Fuel Cell Using Magnetic Field Data
SUN Yuning MAO Lei HUANG Weiguo ZHANG Heng LU Shouxiang
- 115** Automatic Model Creation Method of Hierarchical Parallel Network Model for Transfer Diagnosis of Rotating Machinery
ZHOU Jian ZHENG Lianyu WANG Yiwei WANG Yichuan

- 129 Feature Fusion of Fast Intrinsic Component Filtering for Bearing Fault Diagnosis**
JIANG Xingxing PENG Demin SHEN Changqing LIU Jie GUO Jianfeng ZHU Zhongkui
- 140 Research on Detection and Positioning Method of Rail Corrugation Based on Structural Light Vision**
MA Kuikui YANG Xinwen ZHANG Zhao QIAN Dingwei
- 148 Separation of Background Periodic Impact of Flexible Thin-wall Bearing Based on Improved Harmonic Wavelet Packet**
ZHAO Xuezhi YE Bangyan CHEN Tongjian
- 160 Analysis Approach for Influencing Factors of Structural Reliability Based on Response Surface Corrected Sensitivity Model**
ZHU Lin WANG Peng JIA Minping XU Feiyun
- 168 Research Progress on Key Technology of Numerical Simulation of Forming Process and Mechanical Properties of Self-piercing Riveted Joint**
LIU Yang ZHUANG Weimin HE Xiaocong
- 186 Microstructure and Mechanical Property of Fillet Welded Joint by Stationary Shoulder Friction Stir Welding for 2A14 Aluminum Alloy Thick-plate**
YAN Xinzhong YANG Xinqi TANG Wenshen ZHAO Huihui GUO Lijie
- 198 Refined Finite Element Analysis Method for Mechanical Behavior of Composite Bolted Joints**
YANG Yuxing BAO Yongjie WANG Jinlong DU Fengming
- 208 Numerical Simulation Research on Straightening Process of Small and Medium-sized Shaft Parts by Rotational Bending**
MENG Qingdang ZHAO Jun MU Zhenkai ZHANG Yu YU Gaochao
- 219 Study on Triple-wire Indirect Arc Welding of Medium and Thick Plates with Different Polarity**
XU Guomin DIAO Guoning WANG Zeli LIU Liming
- 227 Multiple Nonlinear Regression Model of Process Parameters for Aluminum Alloy Self-piercing Riveting**
CHEN Guikun ZENG Kai XING Baoying HE Xiaocong
- 235 Research on the Mechanism of Multi-pass Ironing Drawing Process of High Box-shaped Parts and Establishment of Numerical Simulation Model**
DU Bing TANG Shengqiang HUANG Xiudong LIU Fenghua CUI Hailong
- 250 Research on Welding Process and Joint Microstructure-properties of Bobbin Tool Friction Stir Weld for 2219 Aluminum Alloy**
ZHANG Haifeng HAO Yunfei LI Gaohui YAN Xu YANG Haifeng ZHOU Li

- 258 Improved Method for Creep Life Prediction of Nickel-based Directionally Solidified Superalloys**
HUANG Jia HE Zhenzhuo YANG Xiaoguang SHI Duoqi SUN Yantao
- 269 Influence of Material Properties of Magnetic Adjusting Ring on the Loss of Magnetic Gear**
LU Yanghui LUO Shuai WU Sujun
- 276 Effect of Vanadium Carbide Precipitates on Microstructure Evolution and Mechanical Properties of Fe-Mn-Si-Al TRIP Steel**
SUN Qidi FU Cong JIN Jingjing YANG Weitao HAO Qingguo ZHANG Bin YANG Qi
- 284 Comparison between the Stress Form and Strain Form of Hashin Criteria in Progressive Failure Analysis of Composite Materials**
LI Xiang JIA Yuming HONG Runmin
- 294 Theoretical Research on Pressure-position Relationship of the Integrated Electronic-hydraulic Brake System**
YU Zhuoping SHI Biaofei ZHUO Guirong XIONG Lu SHU Qiang
- 304 Comparative Study of Electrochemical-thermal Models for Li-ion Batteries**
XU Le DENG Zhongwei XIE Yi HU Xiaosong
- 321 Liquid-solid Coupling Analysis and Optimization Design of Tank Vehicle**
LI Bo DING Yue ZHAO Youqun BEI Shaoyi MAO Haijian
- 334 Overview of Research and Development on Space Slip Rings**
ZHANG Qiang ZHANG Kemo LIU Jikui QU Qiang JIANG Jun LI Ri
- 349 Research on the Motion Planning Strategy for Autonomous Vehicles in Extreme Conditions**
YANG Xin TANG Xiaolin YANG Kai XU Zhengping HU Xiaosong
- 360 Similarity Analysis of Vertical-landing Carrier for Scaled-down Model**
GAO Haibo WANG Yingchao YU Haitao LIU Zhen DING Liang SONG Baoyu
DENG Zongquan
- 369 Lane Change Intention Prediction of CNN-LSTM Based on Multi-head Attention**
GAO Kai LI Xunhao HU Lin CHEN Bin DU Ronghua
- 379 Analysis of the Influence Mechanism of Driver's Emotion on Driving Risk**
LI Wenbo LIU Yujing ZHANG Juncheng XIAO Huafei GUO Gang CAO Dongpu
- 395 Research on Vibration Reduction Characteristics of Straight Section of Metro Track with Damping Wheel**
WU Qirui QI Mengyu ZHOU Xin WANG Anbin

- 406 Experimental Study on Aerodynamic Noise Reduction of In-series Axial Cooling Fans for Electronic Devices**
SUN Zonghan TIAN Jie DU Zhaohui OUYANG Hua
- 416 Design Optimization of 650 °C Ultra-supercritical Coal-fired Power Generation System with Single Reheat System**
WANG Jing DUAN Liqiang YANG Ming
- 426 Study on Optimal Design of Liquid Cooling Uniform Temperature Plate Embedded with Hierarchical Vein Structure**
MENG Fanzhen DING Xiaohong LI Hao XIONG Min
- 438 Research on Multi-objective Optimization of Pipeline Layout of LNG Refueling Station**
WAN Qihang HE Baiyan NIE Rui WANG Guobiao YANG Jiankun
- 450 Numerical Simulation and Analysis of Large-scale Particle Fluid System Based on CFD-DPM Method**
LI Hao CHENG Jiahui SUN Chunya LI Ke XIE Guizhong WANG Haoqi HUANG Rongjie
HAO Bing LIU Jun WANG Xinchang
- 462 Multi-shop Idle Capacity Scheduling Method Based on Genetic Algorithm and Branch and Bound**
XIE Zhiqiang XIA Yingchun

《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)

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 (院士) 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 (院士) 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 (院士) 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 668224

22