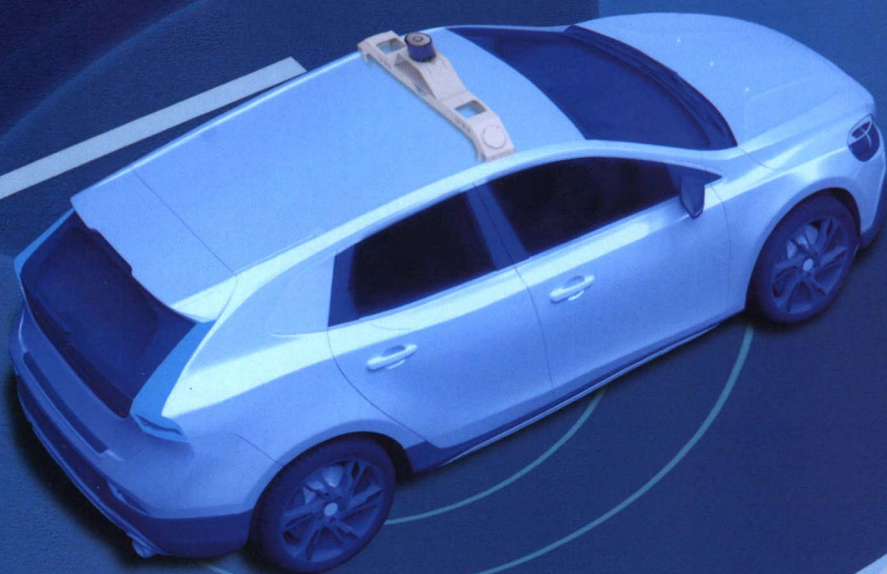
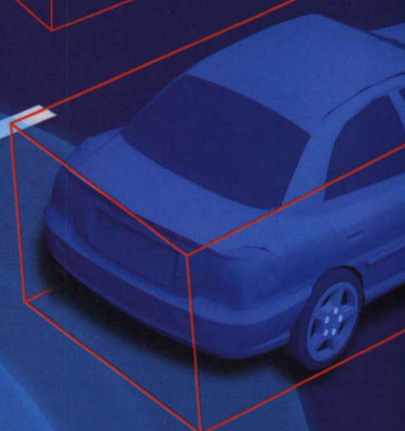
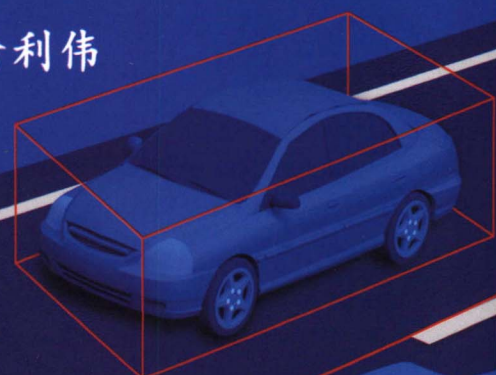


机械工程学报[®]

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

基于传感器融合里程计的相机与激光雷达自动重标定方法

彭湃 耿可可 殷国栋 庄伟超 刘帅鹏 徐利伟

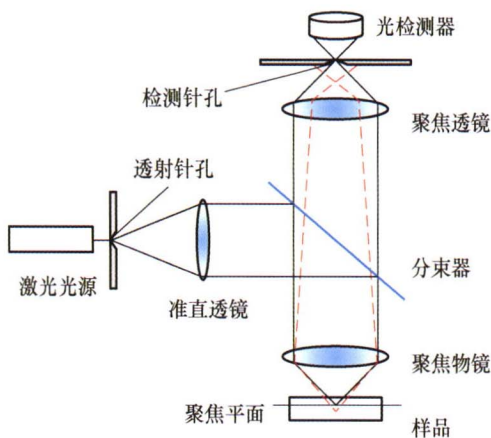


57卷 **20** 期 **半月刊**
2021年10月

仪器科学与技术

1 熔石英光学元件加工亚表面缺陷检测及抑制技术研究进展

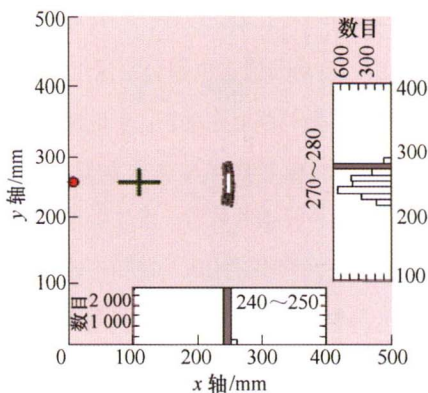
陈明君 王会尧 程健 赵林杰 杨浩 刘启 谭超 尹朝阳 杨子灿 丁雯钰



摘要: 熔石英材料因具有硬度大、热膨胀系数低、透射光谱范围广等良好的机械性能和热学、光学特性,广泛应用于国防、航天等领域中关键光学元件的制造。作为一种典型的硬脆材料,在传统的研磨抛光加工中,不可避免地会引入亚表面层的微裂纹、划痕等结构性缺陷,这些缺陷会严重降低熔石英元件在高功率激光使用环境下的激光损伤阈值,并影响其在高冲击载荷使用环境下的抗断裂损伤能力。从硬脆材料的磨削机理出发,对熔石英光学元件亚表面缺陷的产生机制、亚表面缺陷的检测技术、熔石英亚表面缺陷抑制技术的研究现状进行综述,重点对比针对加工亚表面缺陷的有损检测和无损检测技术的优缺点,探讨多种先进表面加工技术在抑制熔石英光学元件亚表面缺陷中的应用。希望为优化大口径、高精度、高质量熔石英光学元件加工工艺,并提升其在高功率激光、高冲击载荷等极端服役环境下使用性能、延缓其使用寿命提供有益参考。

20 基于密集阵列的参数化 Lamb 波检测技术研究

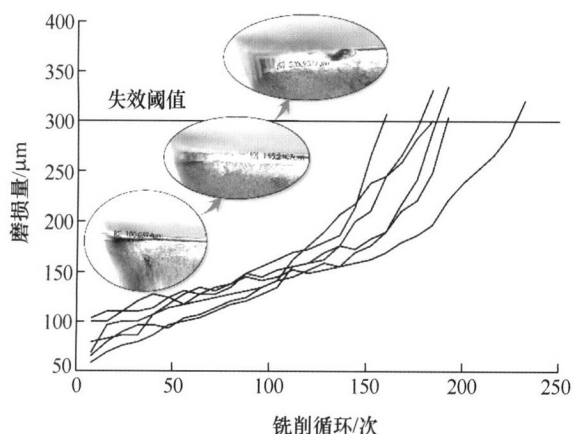
陈洪磊 刘增华 吴斌 何存富



摘要: Lamb 波具有衰减慢、模态多、对结构几何特性和材料属性变化敏感等特点,在大型板壳结构的远距离、大范围快速检测技术研究领域得到了众多的关注。传统 Lamb 波成像算法将多组散射信号时间相关参数映射到结构每一个离散空间网格上实现缺陷信息的可视化。该类算法的执行效率低,且无法直接提供缺陷位置参数信息。将缺陷成像问题转换为散射信号源点求解问题进行分析,提出一种基于十字形密集阵列的参数化 Lamb 波检测技术。首先基于时飞原理建立散射信号源点求解函数模型;并提出一种融合烟火算法和统计分析技术的信号源点求解函数模型分析算法,实现缺陷空间位置的参数化分析。最后通过有限元模型和试验验证了所提出的检测技术对不同角度裂纹缺陷检测的有效性,并分析了模型参数设置对检测效果的影响。

29 一种融合多传感器数据的数模联动机械剩余寿命预测方法

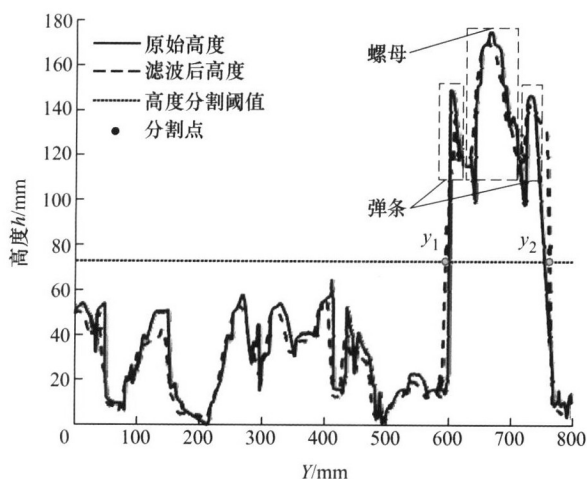
李乃鹏 蔡 潇 雷亚国 徐鹏程 王文廷 王 彪



摘要: 随着传感和信息技术的发展, 各式各样的传感器获取了机械装备海量的监测数据, 让剩余寿命预测有“据”可依, 推动机械剩余寿命预测进入了大数据时代。但由于数据类型多样、量大面广, 如何利用丰富的多传感器数据, 从中快速挖掘健康状态退化信息, 指导寿命预测, 成为大数据时代下机械寿命预测的全新挑战。基于模型的寿命预测方法大多仅针对单一监测数据进行建模分析, 无法有效利用丰富的大数据资源。数据驱动的方法则过分依赖训练数据, 缺乏必要的经验指引, 方法的可解释性差。为了有效利用多传感器数据指导寿命预测, 从数模联动的思路出发, 建立了一种融合多传感器数据的数模联动寿命预测方法。采用一种通用的 Wiener 过程模型对健康状态退化过程进行描述, 分别建立多源观测函数和多源映射函数对状态与数据之间的因果关系和关联关系进行描述, 采用粒子滤波算法将多传感器数据与模型进行动态匹配, 预测剩余寿命。在提出方法的统一框架指导下, 选取三种特定模型对铣刀剩余寿命进行预测, 验证了提出方法的有效性。

38 多传感器信息融合的铁路扣件缺陷检测方法

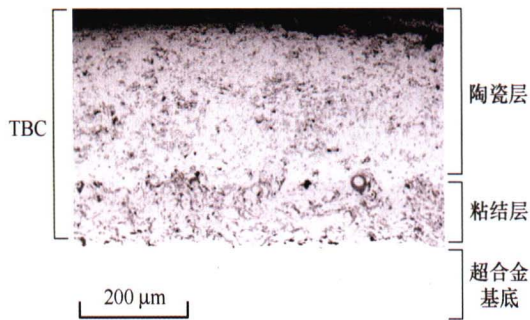
金 鹏 黄 浩 刘检华 刘少丽 方 玥 何 森 戚慧志 刘 威



摘要: 基于机器视觉的二维图像铁路扣件缺陷检测已经取代人工检测, 提高了检测效率。但是, 铁路扣件缺陷样本数量少且标注困难, 以及检测结果受光照条件影响大等问题仍然是当前所面对的主要挑战。因此, 提出一种多传感器信息融合的铁路扣件缺陷检测方法, 采用结构光设备快速高效地采集铁路扣件的深度和强度信息, 设计一种针对深度图的自适应定位分割方法, 自动准确定位和分割深度图中的铁路扣件, 并将定位分割参数与强度图融合, 实现铁路扣件的定位分割; 针对样本不均衡和样本标注效率低的问题, 通过 DCGAN 扩充缺陷扣件样本的数量; 设计了具有 8 个残差块共 18 层的 ResNet 神经网络, 完成铁路扣件螺母缺失、弹条断裂和弹条缺失三种缺陷类别检测, 并采集 WJ-7 类型铁路扣件样本设计了相关试验, 验证结果表明, 缺陷扣件检测平均准确率达到 97.6%, 满足工程应用的需求。

47 热障涂层折射率与厚度的太赫兹无损检测

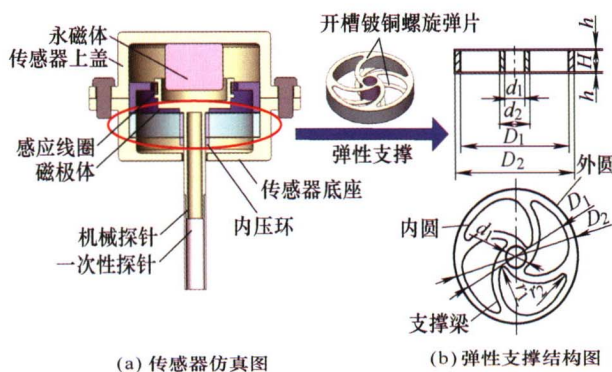
张平 钟舜聪 张秋坤 戴晨煜 陈伟强 林杰文



摘要: 精确提取陶瓷层(Top coat ,TC)与热生长氧化层(Thermally grown oxide, TGO)层在太赫兹频段的折射率是进行热障涂层(Thermal barrier coatings, TBCs)太赫兹无损检测研究的重要条件。由于对涂层样品只能采取反射式测量,所以首先比较了反射式与传统透射式测量条件下提取样品太赫兹光学参数及厚度的结果,随后利用反射式太赫兹时域脉冲成像系统提取等离子体喷涂的 8YSZ 热障涂层(TBCs)中 TC 层与 TGO 层的折射率,并依据所提取折射率进一步对 TC 层的厚度分布进行测量及成像。试验结果表明在材料中衰减较小的有效频段下反射式测量同样可以精确提取样品的折射率以及厚度,反射式测量 TC 层的平均折射率为 5.23, TGO 层的折射率为 2.91, TGO 的主要成分 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 的折射率为 2.85。TBCs 样品中 TC 层的平均厚度为 257 μm ,从 TC 层厚度的太赫兹图像中可观察到 TC 与粘结层(Bond coat, BC)界面的不均匀程度。反射式太赫兹无损检测可精确提取 TBCs 中 TC 与 TGO 的折射率和厚度,这对于 TBCs 中裂纹和气泡等缺陷的识别以及 TGO 生长太赫兹检测具有重要意义。

57 体外凝血动态检测传感器装调检测误差控制方法

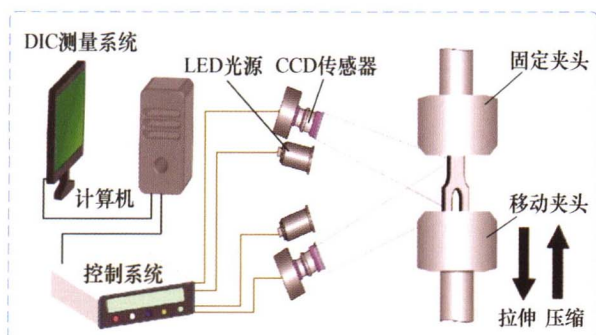
王哲 于源华 孟祥凯 于占江 孙昊 陈启梦



摘要: 针对体外凝血检测传感器装调检测误差而引起传感器精度降低的关键问题,建立一种体外凝血动态检测传感器的装调检测误差控制方法。根据体外凝血检测传感器工作原理及结构特点,对于传感器装调及测量中所出现的关键误差进行了分析,通过理论分析推导了存在装调误差情况下传感器核心元件弹性支撑与机械探针装调误差与控制公式,搭建装调误差分析控制装置,建立消除装调误差前后传感器振幅变化关系,采用有限元数值分析法对传感器检测位置与倾角误差进行分析,并计算存在检测误差情况下传感器的振幅变化关系。利用本方法对体外凝血动态检测传感器装调检测误差进行消除试验,结果表明弹性支撑装调误差、探针装调偏转误差、检测对中误差对传感器振幅影响分别为 8.263 Pa、9.56 Pa、11.28 Pa,经计算系统总装调检测误差为 16.999 Pa,小于体外凝血检测传感器分辨力要求的 21.85 Pa,所以本系统的精度可以保证体外凝血检测的精度,验证建立的体外凝血动态检测传感器的装调检测误差控制方法可以满足传感器误差分析的要求,为完善传感器生产工艺、提高产品质量方面提供技术保障,在提升临床凝血快速检测技术中发挥重要的作用。

68 基于虚场法的铝合金各向异性屈服及硬化属性参数同步表征

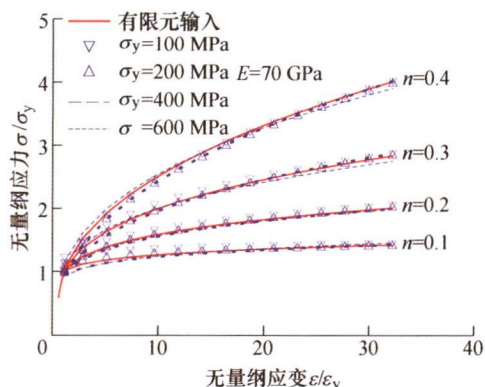
付佳伟 马臻 聂祥樊 谢稳伟 齐乐华



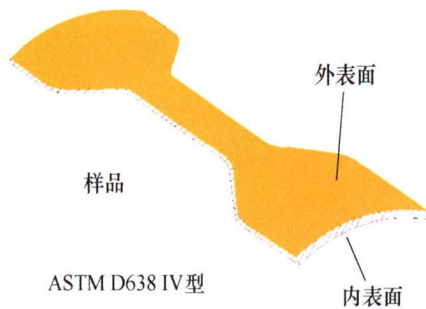
摘要: 变形铝合金板材因轻质、高比强和比模量等优点广泛应用于航空航天工业中,其轧制生产过程引起的塑性各向异性可显著影响板材的变形行为,加大零部件成形精度控制和服役行为数值模拟预测的难度。针对目前常规测试方法表征材料各向异性屈服及各向异性塑性硬化属性所需试验数量多、种类复杂、限制条件多的现状,结合全场变形测量和虚场法,通过一种桥型试件的循环拉伸-压缩试验,首次实现2024 铝合金板材各向异性屈服与塑性硬化本构参数的同步表征,大幅减少试验数量,简化试验过程。研究表明,采用当前的加载构型,在参数优化目标函数中结合材料 0° 和 90° 两个拉伸加载方向的试验数据,并配合多虚场约束,可以在不同参数表征初始猜测值下产生稳定的 Hill1948 各向异性屈服参数表征结果,保证解的准确性;对于非线性运动硬化模型,采用单材料方向加载和单虚场的目标函数即可获得对应材料方向稳定可靠的非线性运动硬化参数表征结果。研究成果可为铝合金板材成形工艺分析提供理论依据、数据参考和便捷的测试技术支持。

79 预测铝合金单轴力学性能的复合型双锥压入法

陈辉 蔡力勋 彭晖



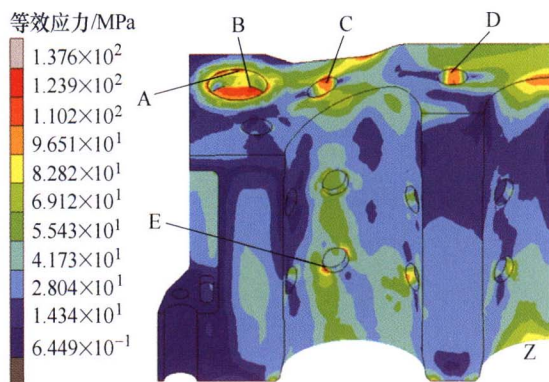
摘要: 锥形压入作为一种发展较早的压入测试手段,可在一定范围内实现材料单轴力学性能的唯一获取,但目前仍存在稳定性和简便性等方面的缺陷。为避免传统锥形压入需要两个或以上压头分别压入不同位置且压点之间存在匹配性等问题,创新地设计和使用了复合型双锥压头。基于能量等效原理建立了锥形压入的弹塑性加载模型,并通过较大范围的数值计算验证了该模型的准确性。通过关联复合型双锥压入与单锥压入的响应曲线,发展了一种复合型双锥压入方法 (Composite dual-conical indentation method, CDIM)。针对 3 种铝合金,利用复合型压入试验获得了稳定的载荷-深度曲线,并结合 CDIM 预测了材料的单轴应力-应变曲线。结果表明,复合型压入预测结果与单轴拉伸结果较为一致。



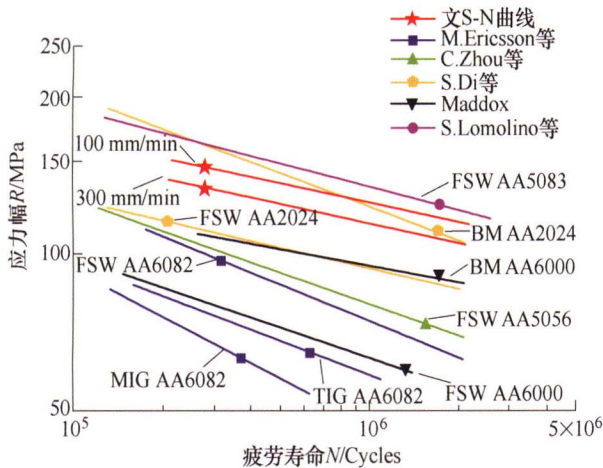
摘要: 由于聚合物材料的黏弹性, 柔性立管内衬层易发生蠕变而“嵌入”至骨架层沟槽中, 这一现象可能造成立管结构完整性缺失和骨架层撕裂等安全隐患, 但现有的分析理论及有限元模型中, 对材料的性质均是做了简单的线性假设, 并未考虑聚合物材料的非线性黏弹性特性。基于 PA11 的试验测试结果, 分别采用时间硬化非线性本构模型和考虑时温影响的多重积分非线性本构模型来表征材料性质, 并对比两种模型与试验数据拟合情况。根据内衬层与骨架层的真实结构建立二维有限元数值模型, 采用两种理论模型进行结构的非线性蠕变行为分析及对比。结果表明: 非线性蠕变本构模型能够在非稳态阶段和存在温度梯度的条件下, 更加准确地预测的结构关键部位应变和应力, 可为柔性立管内衬层的设计及评估提供借鉴和参考。

98 GS-20Mn5 钢非对称循环应力-应变本构模型及其应用

邹宗园 翟东林 宋春艳 韩舒婷 金 淼



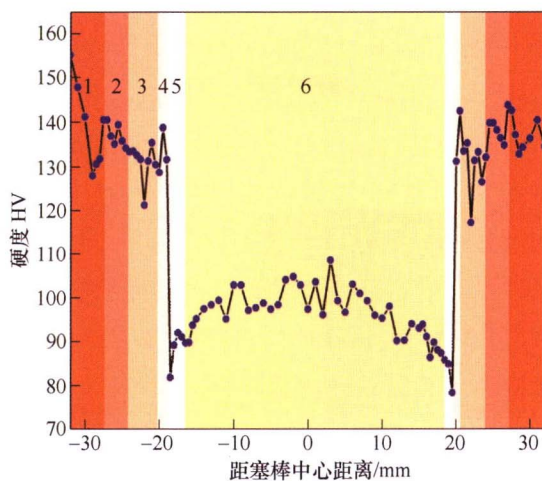
摘要: 在实际工程中, 机械结构件承受反复载荷时, 内部往往是非对称的应力应变状态。在非对称循环加载条件下, 材料不仅会表现出循环软/硬化特性, 还会表现出平均应力松弛行为。这会影响其在循环稳定状态下的力学性能, 进而影响结构在相应工况下承载服役的强度安全性。针对大型压机本体结构常用 GS-20Mn5 钢进行了单向拉伸及应变比 R 为 0.5, 应变幅 0.20%、0.25%、0.27%、0.30% 和 0.40% 的非对称应变循环加载试验研究, 分别构建了基于单向拉伸试验结果的 A-F 随动硬化模型, 以及基于非对称循环加载的 Landgraf 模型来描述其平均应力松弛特性, 将其应用到 Ramberg-Osgood 公式中, 结合 A-F 非线性随动硬化模型, 建立了非对称循环加载条件下对应于循环应力-应变曲线的本构模型, 并确定了相应模型参数。针对承受非对称循环载荷的某大型锻造液压机上横梁, 应用所建立的本构模型分别进行了安定性数值分析, 评估了其在循环载荷下的弹塑性强度安全性。结果显示, 与采用单向拉伸条件下的 A-F 模型时的计算结果相比, 采用非对称循环应力-应变本构模型时上横梁的安定极限载荷提高了约 7%。



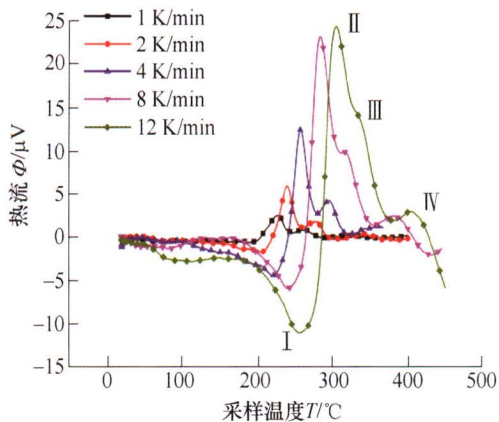
摘要: 利用自主开发的静止轴肩焊接工具及工装,在不同的焊接参数下均获得了外观成形良好、无焊接缺陷的 T 形接头,并对接头内部成形、显微组织、硬度、静载强度和疲劳性能及疲劳失效机制进行了研究。研究表明铝合金静止轴肩搅拌摩擦焊 T 形接头内部质量良好,无缺陷,接头表面存在表面超细晶区,且焊核区内部由于流动状态不同导致组织及硬度存在一定差异,T 形接头底板及筋板硬度较母材有不同程度的降低,底板和筋板拉伸试验均断裂于接头热影响区,在优化的参数下底板和筋板方向的接头系数均高于 0.7,在 2×10^6 疲劳寿命下的特征疲劳强度可达 101.0 MPa,远高于 IIW 建议的设计准则。焊接速度对接头疲劳性能及疲劳失效机制影响较大,疲劳裂纹萌生于 T 形接头底板和筋板过渡处,低焊速时断裂机制为穿晶断裂,高焊速时由于晶界稳定性差,断口呈现穿晶断裂和晶间断裂的混合形貌。完成了铝合金 T 形接头的无缺陷焊接及组织性能研究,为铝合金静止轴肩搅拌摩擦焊 T 形接头在新型轻量化航天器密封舱结构中的应用提供了技术支撑。

117 轴向拉力对铝合金拉拔式摩擦塞焊接头组织及力学性能的影响

邵震 崔雷 王东坡 杨君 高彦军



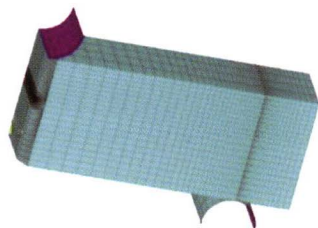
摘要: 拉拔式摩擦塞补焊是一种固相连接技术,具有接头强度高,焊后残余应力和变形小等优点,在航天领域具有潜在的应用前景。研究轴向拉力对 2A70 铝合金拉拔式摩擦塞焊接成形及接头性能的影响,并分析焊接缺陷、微观组织及断口形貌特征。结果表明,轴向拉力在 20~30 kN 范围内能够得到良好的焊缝成形;轴向拉力为 20 kN 时,结合界面存在未焊合缺陷;轴向拉力提高至 22 kN 及以上,未焊合缺陷完全消除;轴向拉力提高至 28~30 kN 时,塞棒与母材形成完好的冶金结合,焊接接头的抗拉强度可达到 376 MPa,接头系数为 83.6%。当轴向拉力较低时(22~25 kN),结合界面上易出现弱结合缺陷,微观特征为沿结合界面断续分布的微孔,可导致接头抗拉强度和断后伸长率下降;焊接接头中,塞棒侧热影响区硬度值最低,分析表明该区域的晶粒形态和尺寸未发生明显变化,但 θ' 相部分溶解, θ 相发生粗化,导致局部强度下降;断口形貌显示,在优化参数下断口呈现韧性特征。研究结果可为铝合金拉拔式摩擦塞补焊工艺及机理分析提供借鉴和参考价值。



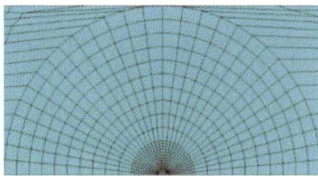
摘要: 应用 Kampmann-Wagner Numerical (KWN)模型模拟计算 AA6061 铝合金在 190 °C、210 °C 和 225 °C 等温时效过程中沉淀相的析出动力学行为, 得到沉淀相尺寸分布、数量密度和体积分数的演变规律, 准确预测到时效进入粗化阶段时沉淀相粒子尺寸和体积分数变化曲线的拐点。利用不同升温速率下差示扫描量热试验的实测数据并结合等转变量分析方法, 获得了沉淀相相对转变量曲线, 其与模型计算结果吻合较好。应用析出强化模型, 计算等温时效过程中 AA6061 铝合金屈服强度的变化, 并通过与实测的由硬度转换的屈服强度进行比较, 验证了计算方法的有效性。

133 氢化物对锆合金薄板焊缝断裂行为的影响

王 博 包 陈 魏连峰 何广伟



(a) 结构1/2模型



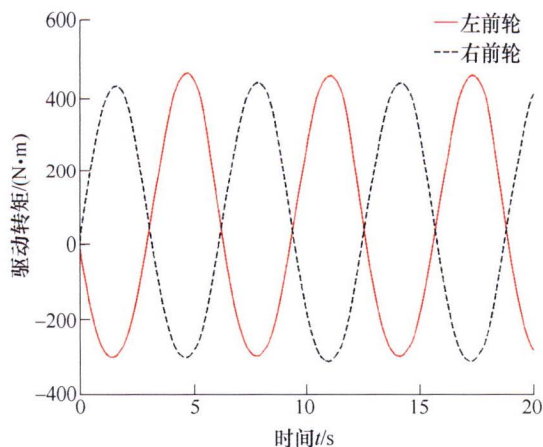
(b) 裂尖网格细化

摘要: 锆合金被广泛应用于反应堆的燃料管包壳材料, 当服役过程中锆合金的力学性能改变时, 对其力学性能完整性的评估至关重要。基于小尺寸三点弯曲试样, 建立锆合金薄板焊缝的断裂韧性测试方法, 完成腐蚀渗氢后锆合金焊缝在室温和 360 °C 下准静态断裂韧性试验, 分析氢腐蚀和温度对锆合金焊缝断裂性能的影响。研究表明, 氢腐蚀和温度均能对锆合金焊缝断裂性能产生显著影响, 由于高温条件下聚集在裂尖附近的氢化物溶解, 使得 360 °C 下锆合金渗氢焊缝断裂韧性较室温下的断裂韧性有显著提升。

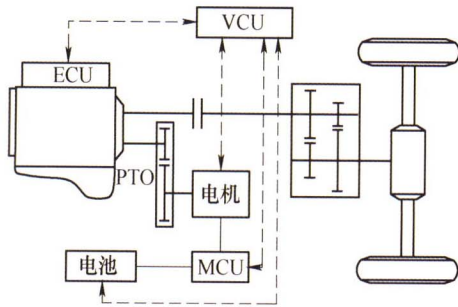
// 运载工程 //

141 四轮轮毂电机驱动智能电动汽车转向失效容错控制研究

张 雷 王子浩 孙逢春 王震坡



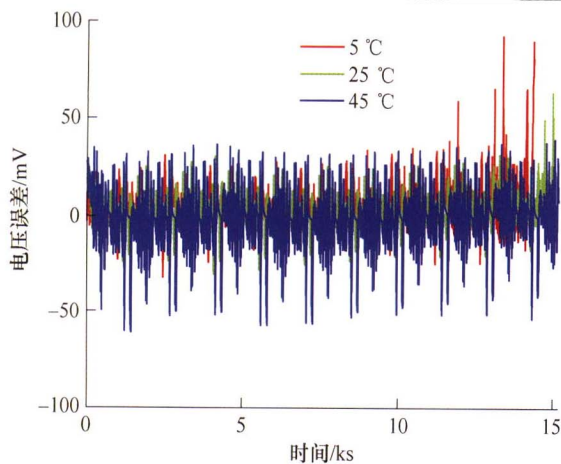
摘要: 四轮轮毂电机驱动电动汽车各轮驱动力矩独立可控, 可通过控制前轴左右两轮的力矩差实现前轮转向。以四轮轮毂电机驱动智能电动汽车为研究对象, 针对线控转向系统执行机构失效时的轨迹跟踪和横摆稳定性协同控制问题, 提出一种基于差动转向与直接横摆力矩协同的容错控制方法。该方法采用分层控制架构, 上层控制器首先基于时变线性模型预测控制方法求解期望前轮转角和附加横摆力矩, 然后考虑转向执行机构建模不确定性以及路面干扰, 设计基于滑模变结构控制的前轮转角跟踪控制策略。下层控制器以轮胎负荷率最小化为目标, 利用有效集法实现四轮转矩优化分配。最后, 分别在高速换道和双移线工况下仿真验证了该控制方法的有效性和实时性。



摘要: 针对混合动力商用车工作模式多、油耗分析耦合因素多且复杂的问题,从系统能量流角度出发,建立基于能量计算的混合动力系统理论油耗计算模型和综合理论油耗增量计算模型,并通过不同案例的仿真与理论计算结果的对比分析来验证所建立的理论计算模型的合理性,对比分析结果表明所提的理论计算模型误差在4%以内。此外,基于能量计算模型推导出混合动力商用车各油耗影响因素的理论节油量及节油率公式,分别对各油耗影响因素进行定性和定量分析,特别定量计算滚动阻力系数、电机效率、机械效率及发动机平均燃油消耗率变化后混合动力商用车节油能力的变化。所建立的理论计算模型简化了混合动力系统能量分析复杂的问题,对混合动力商用车前期匹配设计和经济性摸底具有一定的借鉴作用。

161 功率需求驱动的电动载运装备用动力电池充放电能力预测方法

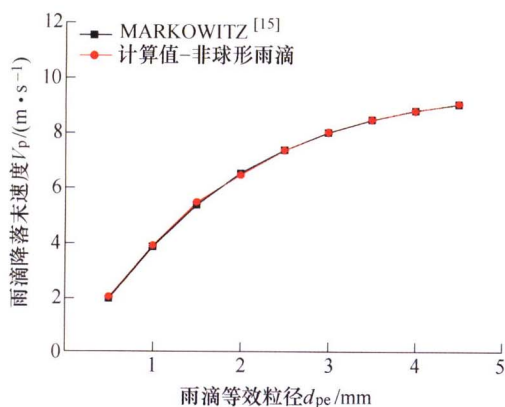
熊瑞 闫良基 王 桀



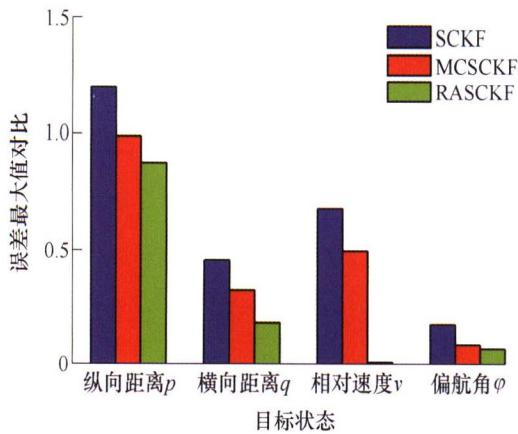
摘要: 充放电功率能力的准确评估是动力电池及电动载运装备安全、高效运行的基础。针对电动载运装备,建立以输入/输出功率为控制目标的动力电池模型,描述功率需求驱动的动力电池充放电行为;通过动态优化电池截止电压,提出多步功率预测方法,建立动力电池恒功率需求时的充放电能力预测策略;考虑荷电状态、温度、持续时间等的影响,采用长短期记忆神经网络建立功率修正模型,提升了动力电池充放电功率能力预测性能。结果表明,多步功率预测法能兼顾预测精度和计算效率,最大误差小于3%;全电量区间和宽温度范围内应用效果表明:采用功率修正的功率预测最大误差小于3%,均方根误差低于1%。

172 强风雨环境下高速列车运行安全特性

于梦阁 刘加利 李 田 张 骞

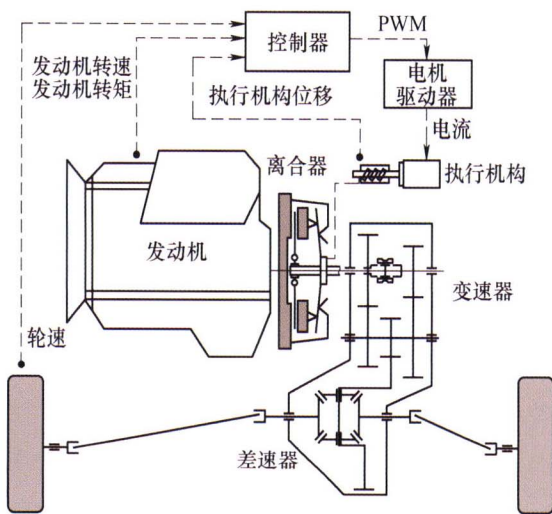


摘要: 为确保高速列车在强风雨环境下安全运行,结合EULER-LAGRANGE方法和计算多体动力学方法,系统地研究风雨环境下高速列车的气动特性及运行安全特性。基于非球形雨滴,建立高速列车空气动力学计算模型,并验证计算模型的准确性,进而计算强风雨环境下作用于高速列车的气动载荷。建立高速列车车辆系统动力学模型,计算强风雨载荷作用下的高速列车运行安全特性。研究表明,在不同风速下,高速列车的侧力、升力、侧滚力矩及摇头力矩均随降雨强度的增加而增大,且与降雨强度近似成线性关系,对于点头力矩,当风速较小时,点头力矩随降雨强度的增加而增大,而当风速较大时,点头力矩随降雨强度的增加而减小。与单纯的强风环境相比,降雨使得高速列车的运行安全特性进一步恶化,在不同风速下,高速列车脱轨系数、轮重减载率、倾覆系数及轮轴横向力均随降雨强度的增加而增大,特别是当风速接近于临界风速时,降雨对高速列车运行安全特性的影响显著。当降雨强度为500 mm/h时,由不同运行安全指标确定的高速列车安全运行的临界风速降低2.3~4.2 m/s。研究结果可为高速列车在风雨环境下的安全限速提供参考。



摘要: 准确的自车和前车状态估计是智能汽车有效决策和控制的前提, 而以往的研究通常不考虑噪声统计特性不确定的问题, 导致某些情况下车辆状态估计的误差很大。为此, 提出一种鲁棒自适应平方根容积卡尔曼滤波(Robust adaptive square-root cubature Kalman filter, RASCKF)算法, 以降低噪声统计不确定性对估计精度的影响。首先, 采用最大后验概率准则估计了过程噪声协方差和测量噪声协方差的统计值, 以提高噪声稳定时状态估计的精确性。然后, 基于标准化测量新息序列设计了故障检测规则, 利用实时测量新息对噪声协方差进行校正处理, 保证状态估计算法的鲁棒性。最后, 在不同的噪声干扰工况下对 RASCKF 算法进行了仿真验证。结果表明, RASCKF 算法在估计精度和稳定性上明显优于标准 SCKF 算法, 有效地解决了智能汽车目标状态跟踪过程中噪声统计特性不确定的问题。

194 提升车辆驾驶品质的干式离合器抗扰最优滑磨控制



摘要: 电控机械式自动变速器(Automated manual transmission, AMT)换挡品质难以控制, 其主要原因是干式离合器没有油膜缓冲, 且存在摩擦因数变化、膜片弹簧衰退等不确定因素。为了提高换挡过程的驾驶品质, 提出对离合器滑磨与驱动力矩恢复进行并行控制的动力换挡模式, 并为此过程设计“抗扰最优控制+模型误差观测”的换挡控制策略。通过扰动观测器得到离合器与车辆动力传动系统的建模误差及外界扰动, 进而将其视为系统扰动, 设计可处理快变扰动的最优换挡控制器, 实现任意工况下滑磨功和冲击度的综合优化。联合仿真与实车试验结果表明, 提出的方法不仅提升换挡过程的驾驶品质, 而且对不同工况有自适应能力, 从而解决 AMT 车辆难以保证驾驶品质控制效果一致性的行业难题。

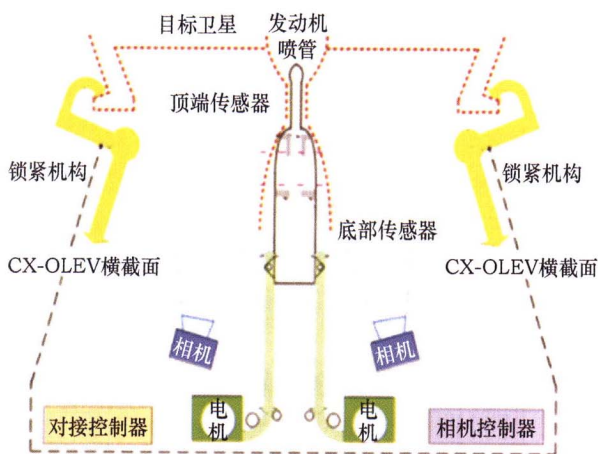
206 基于传感器融合里程计的相机与激光雷达自动重标定方法



摘要: 智能驾驶车辆行驶环境复杂多样, 不可避免地导致传感器相对位姿发生变化, 此时需要进行重新标定。针对智能驾驶车辆的相机和激光雷达发生漂移后的重标定问题, 提出一种基于传感器融合里程计的自动重标定方法。基于点云投影和图像配准原理建立基准点云和观测图像之间的 3D-2D 点对, 利用 N 点透视投影得到平移尺度不准的相机运动; 通过融合估计的激光雷达运动来恢复准确尺度的相机运动, 并将基准点云根据相机运动转换到观测位置下, 与观测点云通过点云配准求解变换矩阵, 使用时域均值滤波得到最终的外参矩阵。基于智能驾驶车辆试验平台进行室内外实车试验。结果表明所提出的基于传感器融合里程计的方法无需设置标定板, 不受环境和数据特征限制, 能够实现相机和激光雷达的精确重标定, 对传感器漂移具有较高的鲁棒性。

215 航天器对接与捕获技术综述

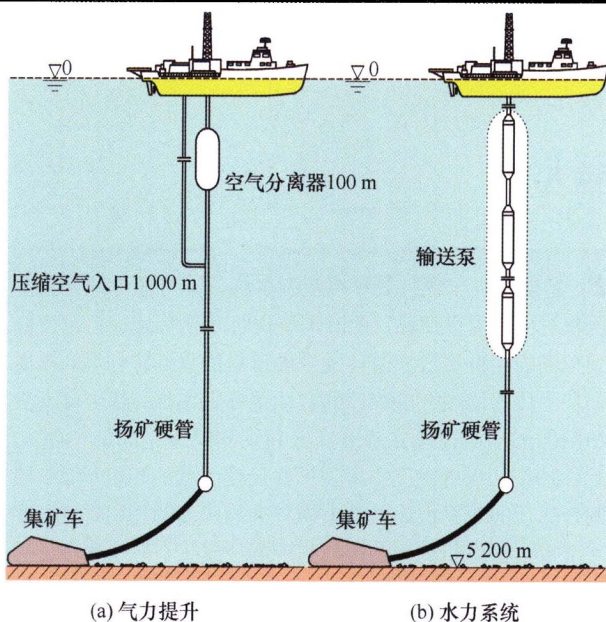
王文龙 杨建中



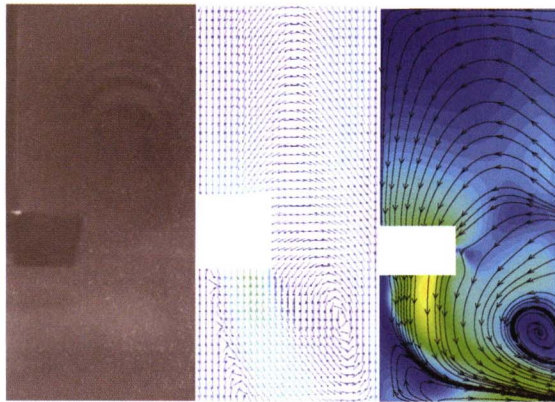
摘要: 航天器对接与捕获技术(Docking & capture technology, DCT)是实现航天器之间在轨连接、控制与分离,建立组合体间人或资源交互的技术。对航天器对接与捕获技术的研究背景、发展历程、发展趋势、应用前景、技术内涵等内容进行了综述,首先从运载局限性催生对接技术发展、在轨服务需求爆发促进对接技术发展、空间碎片清理任务推动捕获技术发展等角度阐述了航天器对接与捕获技术的研究背景。从时间维度总结了该技术发展的三个历程,从技术途径角度概括了该技术的五个发展趋势。从在轨延寿、在轨手术、地外基建、轨道修正四个方面梳理了该技术的应用前景,提炼了该研究领域的八项关键技术。最后,给出了我国在该领域开展研究的方向和建议,预期为航天器在轨对接与捕获技术研究提供参考。

232 深海采矿提升系统研究综述

康娅娟 刘少军



摘要: 将粗颗粒矿物从数千米的海底提升到水面是深海采矿需要解决的一个关键技术难题。以深海矿物的商业开采为背景,从技术原理的角度对当前几种典型的深海采矿提升系统进行研究,根据深海矿物商业开采的高产能高效率要求,从提升系统的工作机理、结构方案、输送能力、系统效率及实施可行性等方面进行剖析,结果表明,机械式提升系统能量利用率高,但存在作业过程中缆绳可能发生缠绕,实现商业开采产能尚有难度;气力提升系统结构简单,但系统效率低且需采用大直径的提升管道,会增加管道布放回收及整个采矿系统运行的成本和难度;综合对比各方面,对于高产能的深海矿物提升而言,离心泵水力管道提升是一种综合性较优的提升方案。

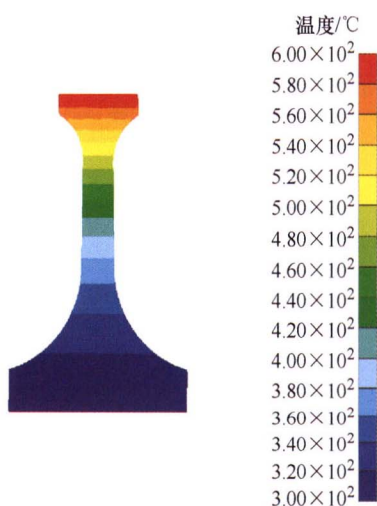


(a) 试验粒子分布图 (b) 试验速度流场 (c) 模拟速度流场

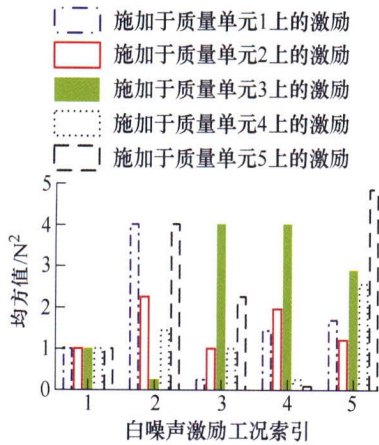
摘要: 在工业生产中获得广泛应用的机械搅拌混合, 其流体大都是非牛顿流体, 具有与牛顿流体不同的流变性质(弹性效应, 剪切稀化以及剪切变稠), 所以急需对非牛顿流体情况下搅拌槽内的内流特性开展研究。基于 Lin-A315 桨型的粒子图像测速技术(Particle Image velocimetry, PIV)试验结果对搅拌槽内非牛顿流体的流场特性进行定常/非定常数值模拟, 研究不同质量分数的黄原胶溶液在不同搅拌速度下的轴面流速分布、湍动能分布、径向截线的流速剖面、所需要的搅拌混合时间以及搅拌能耗。结果表明, 数值模拟可以很好地模拟分析机械搅拌槽内非牛顿流体的流场特性; 提高搅拌速度可以增加槽内主循环流的范围和强度, 搅拌槽内涡的分布和湍动能分布范围也相应变大, 与 100 r/min 相比, 300 r/min 和 500 r/min 工况下的轴向速度最大值增加 3.6 倍和 5.9 倍, 所需要的混合时间缩短 0.46 倍和 0.36 倍; 增加黄原胶溶液的浓度会减小流场的主循环流范围, 增加速度梯度, 降低槽底区域循环速度, 所以与非牛顿流体溶液浓度的变化相比, 所需要混合时间对转速变化更为敏感; 另外提高搅拌速度会增加搅拌能耗, 因此对低浓度非牛顿流体宜选择中等转速、高浓度非牛顿流体宜选择高转速以有利于溶液混合和能源节约。

254 改进鲸鱼优化算法及涡轮盘结构优化

曾念寅 宋丹丹 李寒 闫成 尤延铨

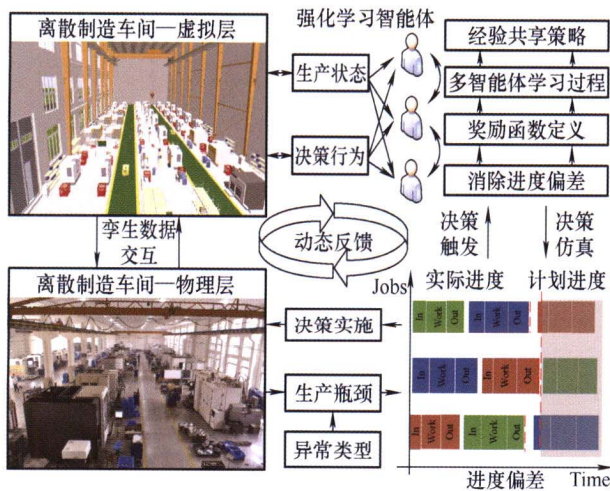


摘要: 涡轮盘是航空发动机的核心零件, 通过智能优化算法对涡轮盘结构进行优化, 降低涡轮盘质量, 有助于提升推重比。研究并改进了新型鲸鱼优化算法对涡轮盘截面进行结构尺寸优化。改进的鲸鱼优化算法中创新引入差分变异策略, 交叉操作和常规变异策略以增强鲸鱼优化算法跳出局部最优解的能力。特别地, 以改进的鲸鱼优化算法(Decomposition evolution based whale optimization algorithm, DEWOA)为例对 Isight 平台进行二次开发, 与 Isight 平台中的五种算法和基本鲸鱼优化算法就八个单目标测试函数进行了对比, 在均值和方差等指标验证了改进算法的稳定性和寻优性能。而且, 将结合改进鲸鱼优化算法的 Isight 优化模块组件与有限元分析方法在 Isight 平台中集成为全自动化优化流程, 对航空发动机涡轮盘进行结构优化, 并与其他四种算法的涡轮盘结构优化结果进行对比。实验结果表明改进的鲸鱼优化算法对涡轮盘减重达 26.09%, 超过自适应模拟退火算法减重比 2.24%, 超过多岛遗传算法减重比 5.29%, 超过鲸鱼优化算法减重比 1.94%, 落后于指针自动优化算法减重比 0.39%, 但改进的鲸鱼优化算法收敛速度更快, 达到最优解的代价更小, 表明了改进鲸鱼优化算法在工程实际问题上的实用性和通用性。



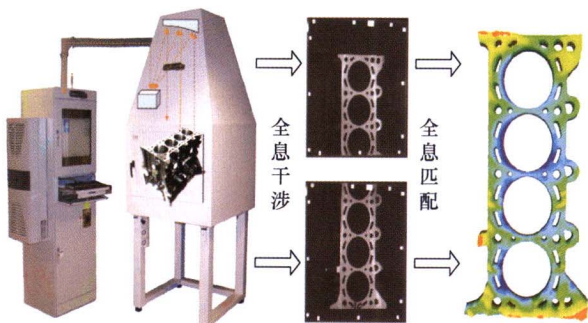
摘要: 基于传递率测量的伪频响函数法运行模态分析技术无需白噪声激励假设, 具有强“谐波模态抑制”能力, 但其模态识别结果依赖待分析伪频响函数的选取、稳定性欠佳。为解决该问题, 建立了基于伪频响函数矩阵法的运行模态分析方法。该方法首先构造多参考测点、多参考工况的伪频响函数矩阵, 然后基于伪频响函数矩阵采用最小二乘复频域法求解模态频率和阻尼比、基于传递率函数矩阵求解模态振型, 最后通过建立相应的稳态图并结合以多参考测点平均的传递率函数矩阵第2阶奇异值的倒数为基础的模态指示函数来确定模态阶数与最终的模态结果。5 自由度质量-弹簧-阻尼系统仿真结果及自由梁的运行模态试验结果均表明, 提出方法既继承了基于伪频响函数法的运行模态分析方法的强“谐波模态抑制”能力, 亦能有效解决伪频响函数法识别结果稳定性欠佳的问题、一定程度上提高模态识别精度, 且更利于自动化。

277 大数据驱动的离散制造车间生产过程智能管控方法研究



摘要: 在智能制造背景下, 离散制造企业对利用大数据技术提高车间生产管控水平提出了迫切的需求。研究大数据驱动的离散制造车间生产过程智能管控方法, 在明确离散制造车间特点与管控需求的基础上, 分析了传统方法的局限性和大数据方法的优势, 进而提出大数据驱动的离散制造车间生产过程管控总体框架, 以制造大数据的“采集-处理-分析-服务”为主线开展研究。在“进度预测-瓶颈发现-异常溯源-智能决策”的生产过程闭环管控机制中, 分别提出: 基于堆叠稀疏自编码机的生产进度在线预测技术, 基于平行门控循环单元的生产瓶颈漂移发现技术, 基于密度峰值-模糊 C 均值的生产异常溯源分析技术和基于多智能体强化学习的生产过程智能决策技术。最后, 以某航空企业典型离散制造车间作为对象, 对所提出的大数据分析与智能决策方法进行了原型系统开发和应用验证。

292 基于时空全卷积循环神经网络的零件表面形貌预测



摘要: 零件表面形貌预测对于降低产品质量波动和加工成本、减少零件废品率有重要意义。基于高清晰测量数据, 提出一种时空全卷积神经网络非平稳时空序列预测模型, 实现零件加工表面三维形貌的预测。通过计算全局莫兰指数和时间自相关函数进行时空相关性分析, 为模型构建准确的输入, 并克服传统预测方法未充分利用数据全局特征和局部特征的缺点以及模型输入的随意性。实例研究的结果表明, 提出的方法具有更优的综合预测效果, 其预测精度优于传统方法 12%~18%, 预测时间是传统方法的 1/5。

CONTENTS

- 1 Progress in Detection and Suppression Techniques for Processing-induced Sub-surface Defects of Fused Silica Optical Elements**
CHEN Mingjun WANG Huiyao CHENG Jian ZHAO Linjie YANG Hao
LIU Qi TAN Chao YIN Zhaoyang YANG Zican DING Wenyu
- 20 Parametric Lamb Waves Detection Technology Based on Compact Array**
CHEN Honglei LIU Zenghua WU Bin HE Cunfu
- 29 A Model-data-fusion Remaining Useful Life Prediction Method with Multi-sensor Fusion for Machinery**
LI Naipeng CAI Xiao LEI Yaguo XU Pengcheng WANG Wenting WANG Biao
- 38 Fault Detection Method of Railway Fastener Combined with Multi-sensor Information**
JIN Peng HUANG Hao LIU Jianhua LIU Shaoli FANG Yue HE Sen QI Huizhi LIU Wei
- 47 Terahertz Nondestructive Testing of Refractive Index and Thickness of Thermal Barrier Coating**
ZHANG Ping ZHONG Shuncong ZHANG Qiukun DAI Chenyu CHEN Weiqiang LIN Jiewen
- 57 Error Control Method for Alignment and Detection of Extracorporeal Coagulation Dynamic Detection Sensor**
WANG Zhe YU Yuanhua MENG Xiangkai YU Zhanjiang SUN Hao CHEN Qimeng
- 68 Identification of the Anisotropic Yield and Hardening Constitutive Parameters for Aluminum Alloys Using the Virtual Fields Method**
FU Jiawei MA Zhen NIE Xiangfan XIE Wenwei QI Lehua
- 79 Composite Dual-conical Indentation Method for Predicting the Uniaxial Mechanical Properties of Aluminum Alloys**
CHEN Hui CAI Lixun PENG Hui
- 89 Analysis of Nonlinear Mechanical Behavior of Flexible Riser Inner Liner**
LIU Junpeng ZHANG Jiayu ZHOU Lei DUAN Menglan

- 98 Asymmetric Cyclic Stress-strain Constitutive Model of GS-20Mn5 Steel and Its Application**
ZOU Zongyuan ZHAI Donglin SONG Chunyan HAN Shuting JIN Miao
- 108 Microstructure Characteristics, Static and Fatigue Properties of Stationary Shoulder Friction Stir Welded T-joint of AA6061-T4**
LI Dongxiao YANG Chun HUANG Xin XING Guangqiang YANG Xinqi
- 117 Influence of Axial Force on the Microstructure and Mechanical Properties of 2A70 Aluminum Alloy Friction Pull Plug Welding**
SHAO Zhen CUI Lei WANG Dongpo YANG Jun GAO Yanjun
- 126 Simulation and Computation of Isothermal Precipitation Kinetics and Precipitation Strengthening for AA6061 Aluminum Alloy**
CHEN Zhenhao XU Jun LIU Qingdong LI Chuanwei GU Jianfeng
- 133 Effect of Hydride on Fracture Behavior of Zirconium Alloy Platy Welds**
WANG Bo BAO Chen WEI Lianfeng HE Guangwei
- 141 Fault-tolerant Control for Intelligent Four-wheel-independently-actuated Electric Vehicles under Complete Steer-by-wire System Failure**
ZHANG Lei WANG Zihao SUN Fengchun WANG Zhenpo
- 153 Fuel Saving Analysis of Hybrid Truck Based on Energy Calculation Model**
ZENG Xiaohua LIU Chilin SONG Dafeng LI Wenyuan
- 161 Power Demand-driven Battery Charging and Discharging Capability Prediction Method for Electric Vehicles**
XIONG Rui YAN Liangji WANG Ju
- 172 Operational Safety Characteristics of High-speed Train under Strong Wind and Rainfall Environment**
YU Mengge LIU Jiali LI Tian ZHANG Qian
- 181 Research on Intelligent Vehicle Target State Tracking Based on Robust Adaptive SCKF**
ZHANG Zhida ZHENG Ling LI Yinong WU Hang YU Yinghong
- 194 Optimal Clutch Slip Control of AMT to Improve Vehicle Drivability**
CHENG Yifan ZHANG Guoxu HONG Jinlong GAO Bingzhao CHEN Hong
- 206 Automatic Recalibration of Camera and LiDAR Using Sensor Fusion Odometry**
PENG Pai GENG Keke YIN Guodong ZHUANG Weichao LIU Shuaipeng XU Liwei
- 215 Spacecraft Docking & Capture Technology: Review**
WANG Wenlong YANG Jianzhong

- 232 Summary of Research on Lifting System of Deep Sea Mining**
KANG Yajuan LIU Shaojun
- 244 Study on Internal Flow Characteristics of Non-Newtonian Fluids in Mechanical Stirred Tank**
FANG Yujian ZHANG Min SUN Xianpeng ZHANG Jinfeng QU Yefei
- 254 Improved Whale Optimization Algorithm and Turbine Disk Structure Optimization**
ZENG Nianyin SONG Dandan LI Han YAN Cheng YOU Yancheng
- 266 Operational Modal Analysis Method Based on the Pseudo Frequency Response Function Matrix**
CHEN Tao CHU Zhigang LI Peiran PENG Chuan YANG Liang
- 277 Big Data Driven Intelligent Production Control of Discrete Manufacturing Process**
FANG Weiguang GUO Yu HUANG Shaohua LIU Daoyuan CUI Shiting LIAO Wenhe
HONG Dongpao
- 292 A Spatio-temporal Fully Convolutional Recurrent Neural Network Based Surface Topography Prediction**
SHAO Yiping TAN Jian LU Jiansha

《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 668217

20