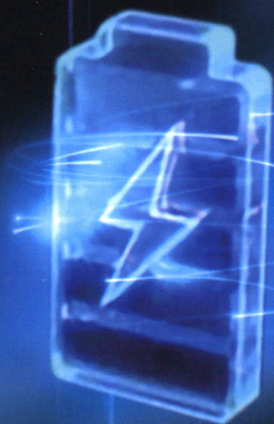
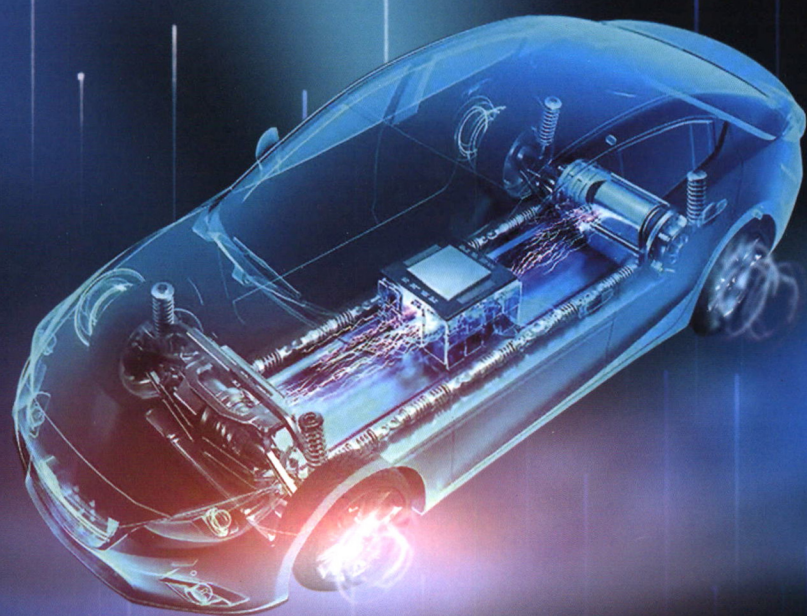


机械工程学报®

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

封面文章：大数据驱动的动力电池健康状态估计方法综述

作者：王震坡 王秋诗 刘鹏 张照生



59卷 **2** 期 **半月刊**
2023年1月刊

// 仪器科学与技术 //

1 基于稀疏贝叶斯学习的压缩球波束形成声源识别方法

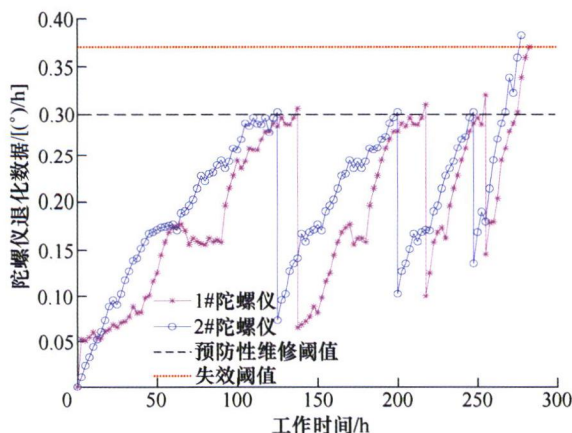
褚志刚 赵洋 杨亮 张晋源 杨洋



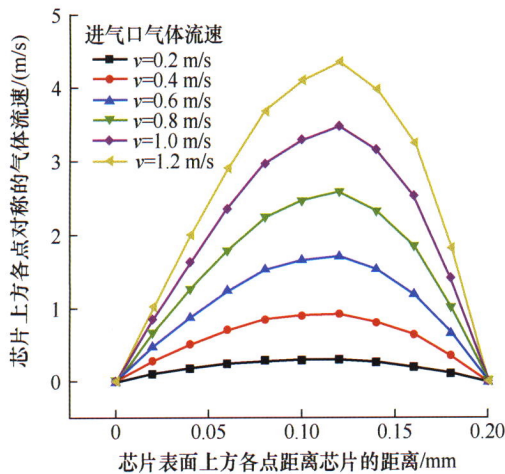
摘要: 基于实心球传声器阵列的压缩球波束形成具有声学成像全景、适宜中远距离测量而易于布置等优势,在汽车、飞机等噪声源识别领域具有广阔应用前景。新近提出的基于稀疏贝叶斯学习(Sparse Bayesian learning, SBL)的压缩球波束形成能够获得良好的低频声源识别性能,但由于其采用了第二类最大似然估计(Maximum type-II likelihood estimation, MLE-II)进而需要估计声源稀疏度,且抗噪声干扰能力和计算效率也有待提升,推广应用受限。为此,首先将压缩球波束形成数学模型求解问题转化为SBL框架下的源强分布最大后验(Maximum a posterior, MAP)估计问题,并采用期望最大化优化算法(expectation maximization, EM)加以求解,提出无需稀疏度估计的MAP-EM压缩球波束形成方法;在此基础上,将多快拍复声压矩阵输入转换为多快拍平均的声压互谱矩阵输入,并基于互谱矩阵对角重构降噪建立了抗噪声干扰能力增强的EMAP-EM(Enhanced MAP-EM, EMAP-EM)压缩球波束形成方法。仿真和试验均表明,提出的MAP-EM和EMAP-EM压缩球波束形成均具有高的空间分辨率和计算效率,且EMAP-EM压缩球波束形成抗噪声干扰能力更强,尤其在低频、低信噪比环境中声源识别性能更佳。最后,分析了迭代次数和快拍数对MAP-EM和EMAP-EM压缩球波束形成性能的影响规律并给出推荐值。

14 考虑不完美维修的随机退化设备剩余寿命自适应预测方法

庞哲楠 裴洪 李天梅 胡昌华 司小胜



摘要: 在现有考虑不完美维修的随机退化设备剩余寿命预测研究中,通常仅考虑维修活动对退化状态或退化速率的单一影响,仅有考虑二者双重影响的研究,忽略了退化设备的个体差异性。鉴于此,提出一种基于多阶段扩散过程的自适应剩余寿命预测方法,同时考虑不完美维修活动对设备退化状态和退化速率的影响,并利用随机游走模型描述退化速率随观测数据的更新过程以表征设备的个体差异性。基于历史退化数据,利用极大似然估计法得到退化模型参数的初值;基于状态观测数据,利用卡尔曼滤波算法和期望最大化算法自适应的更新模型参数。利用卷积算子和蒙特卡洛方法推导得到了首达时间意义下设备剩余寿命的概率密度函数。最后,通过仿真算例和陀螺仪的实例研究验证了所提方法的有效性和优越性。

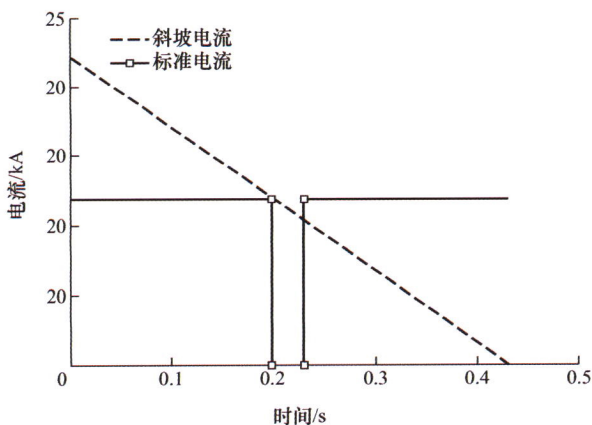


摘要: 流量测控在生物医疗、农业监测、汽车电子等方面具有举足轻重的作用。针对现有热堆式气体流量传感器普遍存在着器件尺寸大、灵敏度低、成本高等不足, 基于(111)硅片的单面微机械加工工艺设计了一款 p^+ Si/Au 热电堆式气体流量传感器。采用高塞贝克系数的 p^+ Si/Au 材料制作热电偶, 结合“鱼骨状”隔热薄膜和嵌入式隔热腔体结构, 最大程度增大了器件的热阻, 降低了热损耗, 提升了器件的灵敏度。同时, 热电偶冷端与单晶硅衬底之间采用高导热的复合金属相连, 不仅增大了热电偶冷热端之间的温度差, 而且简化了工艺的复杂度。得益于单面微机械加工工艺, 传感器尺寸仅有 $0.65 \text{ mm} \times 0.65 \text{ mm}$ 。在此基础上, 基于气体流道封装以及信号处理电路, 设计了集传感器芯片, 气流流道以及处理电路于一体的气体流量检测模块。测试结果表明, 在 320 倍电压放大及 1.0 V 的电压偏置下, 该器件的归一化灵敏度约为 5.4 mV/sccm/mW , 响应时间为 1.44 ms。

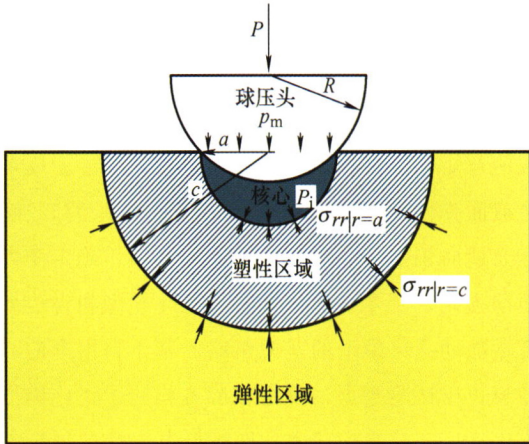
材料科学与工程

39 镀锌高强钢电阻点焊焊接头液态金属脆化裂纹研究进展

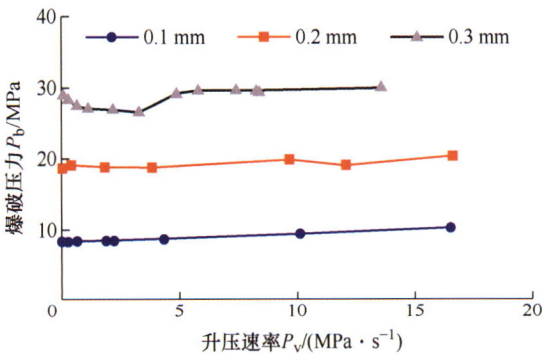
谢永 王晓南 周相 刘珍光 姚俊 杜宝瑞 鲍成人



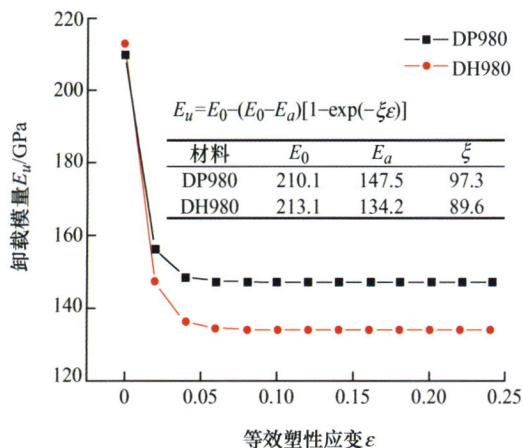
摘要: 镀锌高强钢因具有高强度、耐腐蚀以及延展性优良等特点被应用于汽车构件领域, 在实现减重的同时, 提高汽车安全性能。电阻点焊作为材料连接的重要技术之一, 因具有焊接过程简单、热影响区小、焊接变形与应力小及焊接速度快等优点, 被广泛应用于连接镀锌高强汽车用钢。但在焊接过程中锌镀层会在电阻热的作用下熔化并渗入至焊点内部, 从而在焊接接头形成液态金属脆化裂纹(Liquid metal embrittlement cracks, LME), 液态金属脆化裂纹会使焊接接头在拉伸过程中发生脆性断裂, 严重恶化焊接接头的力学性能。从液态金属脆化裂纹形成机理、表征手段和母材显微组织的影响等方面详细总结了国内外在此方面的研究, 并归纳出改善镀锌高强钢焊接接头液态金属脆化裂纹的措施, 为后续的研究工作提供一定的参考与借鉴。



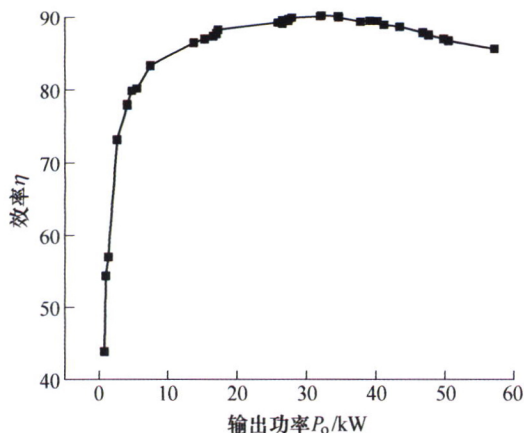
摘要:微米压入技术已可实现延性金属材料力学性能的准无损检测,相对于传统力学性能测试手段,该技术不仅可实现焊接接头、增材修复界面等微尺度复杂结构力学性能的准无损评价,还可用于在役设备关键重要部件力学性能的在线监测,为其安全预警与寿命预测提供依据。系统总结基于微米压入的延性金属单轴拉伸性能及断裂韧性评价技术的研究及应用现状。首先,较完整地阐述各类评价模型的基本原理、技术路线及实际应用现状,深入讨论不同评价模型的优点及局限性,给出领域内规范、标准的制定进展;然后,分别从理论研究和工程应用两个角度论述了基于微米压入力学性能评价方法存在的问题和挑战;最后,对微米压入力学性能检测技术的发展与应用趋势进行了展望。



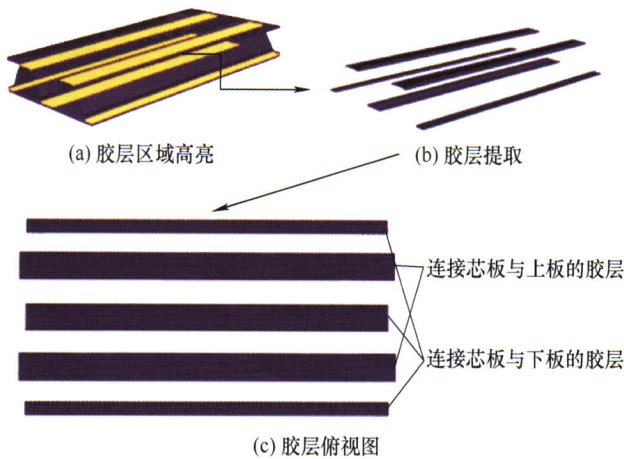
摘要:爆破片在设定的爆破压力下迅速动作、及时泄放压力是确保承压设备能够安全运行的关键。影响爆破压力大小的因素很多,其中介质的升压速率直接影响爆破压力的精确度。在0~300 MPa/s 范围内测试了升压速率对正拱普通型爆破片爆破压力的影响,发现在较低的升压速率范围内,随着升压速率的提高,爆破压力首先发生一定程度的振荡(有的逐渐降低,有的先升高再降低),当升压速率继续升高达到某个范围(拐点)时,又逐渐呈上升状态,上升到某个数值后,趋于稳定。基于试验结果,建立爆破片升压速率与应变速率的关系,提出考虑升压速率影响的爆破压力工程估算方法;对不同应变速率的拉伸试样及爆破片进行金相分析和断口形貌分析,揭示不同升压速率下的材料行为对爆破压力的影响机理:低升压速率情况下,升压速率对材料延伸率及应变硬化的影响是爆破压力波动的主要原因;高升压速率下抗拉强度的改变、动载冲击及应力波是爆破压力提高的主要原因。



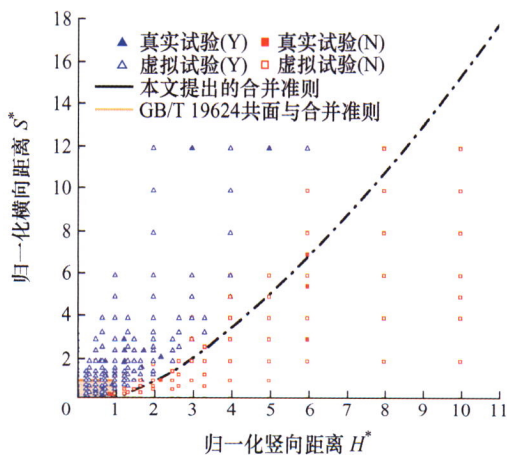
摘要: 高强钢通过微观组织调控获得高强度, 但不同牌号高强钢微观的不均匀变形和微观诱导塑性机理不同, 使得高强钢卸载及反向加载行为更加复杂, 并且牌号间差异增大, 为此给出模型自适应匹配及参数解耦匹配的系统化策略, 实现了高强钢回弹精确预测。首先建立幂函数和指数函数混合硬化模型, 基于混合模型给出自由弯曲加载的弯矩平衡方程和曲率约束方程, 基于变模量模型构建截面弹性弯矩的积分方程, 基于加载和卸载解析模型建立逆向识别卸载参数的子优化模型。确定变模量线性随动强化、变模量非线性随动强化模型和含边界面的变模量随动强化模型的匹配策略。基于自由弯曲、单向拉伸和拉压试验数据, 确定相应本构的子优化模型参数的优化次序, 最终形成本构匹配及其参数解耦标定的系统化策略, 并基于 Fortran 语言开发标定程序库。建立 U 形弯曲件和弧形弯曲件预测模型, 分别对 DP980 和 DH980 两种高强钢不同应变水平下的识别结果及回弹预测结果进行对比分析, 验证了解耦标定策略不仅提高了不同牌号数据的相关度, 而且大幅度提升了同一牌号下的模型精度和稳定性, 为基于数据材料性能统一自辨识方法研究奠定了基础。



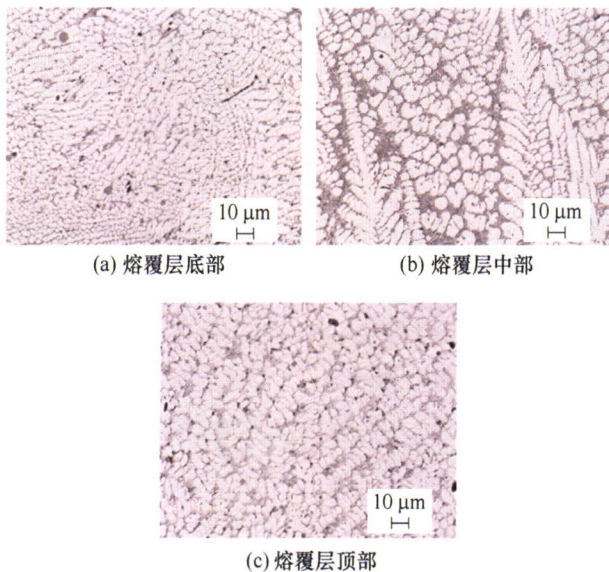
摘要: 为改善埋弧焊的焊接质量, 结合脉冲焊接和交流焊接两者优势, 提出一种交流脉冲埋弧焊接方法, 并研制了一台大功率交流脉冲埋弧焊接电源。功率变换电路采用双主电路并联设计, 可实现 1 250 A 交流脉冲电流输出; 主电路次级采用耦合电感结构, 加快交流过零点速度并提高极性切换时的电弧稳定性; 搭建了以 STM32F405RGT6 芯片为核心的数字化控制系统, 通过多特性数字均流策略实现了双主电路的可靠均流和多种电流波形的平稳输出, 采用分离式增量 PID 算法进一步提升动态响应性能。工艺试验结果表明, 在同等的焊接条件和交流参数下, 交流脉冲埋弧焊比交流方波埋弧焊可获得更深的熔深、更宽的熔宽以及更细化的焊缝晶粒。



摘要：三明治波纹板采用轻质化和薄壁化的结构设计方法，可以作为承载和吸能结构应用于汽车底盘前纵梁、车身 Y 字梁等，而现有文献缺少针对胶层厚度对波纹板性能影响的研究。通过制备胶接波纹板并开展三点弯曲工况准静态加载失效试验，分析了不同胶层厚度对三明治波纹板整体承载和吸能特性的影响规律。试验发现，不同胶层厚度下铝合金胶接波纹板结构承载能力和破坏样貌存在差异，相比于 0.5 mm 和 1.0 mm，0.2 mm 胶层厚度的三明治结构的各项力学性能和稳定性较好。随后建立胶接波纹板三点弯曲加载有限元模型，实现了对波纹板整体加载变形过程和胶层损伤的模拟，通过与试验结果对比验证了有限元建模方法的有效性，为轻质金属胶接波纹板结构设计和性能评价提供可靠方法。



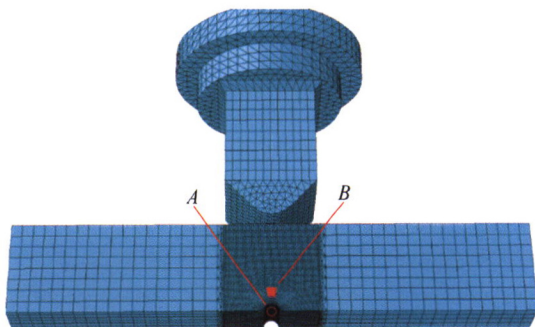
摘要：多裂纹的扩展与合并行为显著影响工程构件的剩余强度与使用寿命。为获得裂纹合并规律，对含不同长度和不同相对位置的非等长穿透双裂纹平板试样进行了拉伸试验，并基于延性损伤模型开展了有限元分析。结果表明，数值模拟中裂纹张口位移变化、扩展与合并行为与试验结果一致。此外，非等长穿透双裂纹长度及相对位置的变化，显著影响裂纹尖端的应力三轴度分布，进而影响双裂纹的合并行为。通过大量数值模拟分析，提出一种基于裂纹长度和相对位置的新合并准则。对照 71 组试验结果发现，新合并准则预测准确率高达 84.5%；对照 274 组数值模拟结果发现，准确率高达 91.2%。所提出的拉伸载荷下裂纹合并准则不仅具有显著高于现行含缺陷结构安全评定标准中合并准则的准确率，并且具有必要的保守性，可为工程构件中多裂纹合并与否提供有效判断。



摘要:采用预置粉末法在 42CrMo 基体表面制备 CrFeCoNiNb 高熵合金激光熔覆层,探索激光能量密度对 CrFeCoNiNb 熔覆层组织和性能的影响规律。对于预置粉末激光熔覆工艺,激光功率、扫描速度、光斑直径作为工艺参数三要素,不是独立影响熔覆层质量与性能,且激光功率对熔覆层质量与性能的影响最大。通过改变激光功率进而改变作用于熔覆层的激光能量密度,研究激光能量密度对 CrFeCoNiNb 高熵合金熔覆层硬度、耐磨性和耐腐蚀性的影响规律。试验结果表明:熔覆层主相为面心立方结构相(FCC 相)和密排六方结构相(Laves 相)。随着激光能量密度的增加,其衍射峰面积先减少后增加,熔覆层晶粒先细化后粗化,转折点处的激光能量密度都为 116.7 J/mm^2 。而且,此时熔覆层物相分布更均匀,磨损形貌主要为光滑的犁沟,相应的减摩效果好,磨损率有所降低。主相含量的改变和晶粒尺寸的改变分别是影响熔覆层平均显微硬度和耐腐蚀性的主要因素。Laves 硬质相的增加有利于熔覆层硬度的提高,细化的晶粒可以形成致密的钝化膜,有利于提高熔覆层耐腐蚀性。

138 材料重复冲击损伤模型与数值计算方法研究

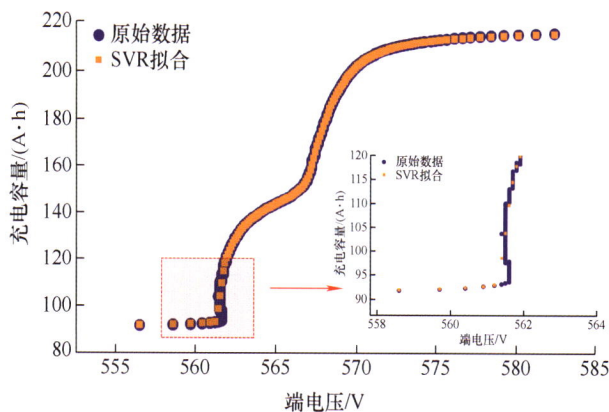
王 标 杨素淞 白春玉 杨 强 胡伟平 詹志新



摘要:基于连续介质损伤力学,将有效应力概念和应变等效假设应用于 Johnson-Cook 本构模型中,建立了重复冲击载荷作用下材料力学性能退化的损伤模型,以及考虑材料性能退化对冲击应力应变响应影响的数值计算方法。首先,推导了基于损伤耦合 J-C 本构模型的应力应变数值计算关系式,并在 ABAQUS 中进行二次开发,采用两种方法实现了考虑损伤影响的应力应变数值计算。进一步,建立了试件在重复冲击下损伤累积的计算方法,并采用所建方法对含缺口三点弯试件的重复冲击损伤进行了数值计算,研究了缺口根部应力应变及损伤度,并对试件整体损伤规律进行了分析。进一步开展了缺口三点弯试件的重复冲击试验,通过计算结果与试验结果的对比如验证了建立的数值计算方法的可行性和适用性。与无损伤耦合模型计算结果相比,损伤耦合模型更能合理反映出缺口根部材料的力学性能退化过程以及损伤累积与冲击响应之间的相互影响。

151 大数据驱动的动力电池健康状态估计方法综述

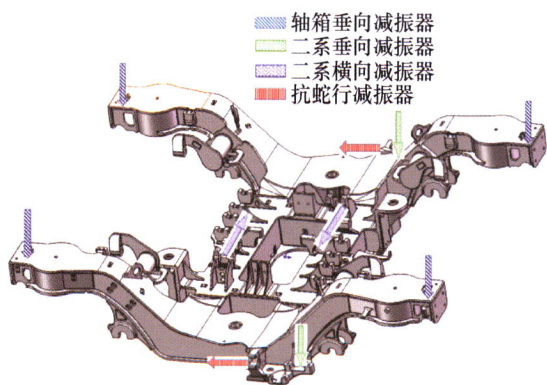
王震坡 王秋诗 刘鹏 张照生



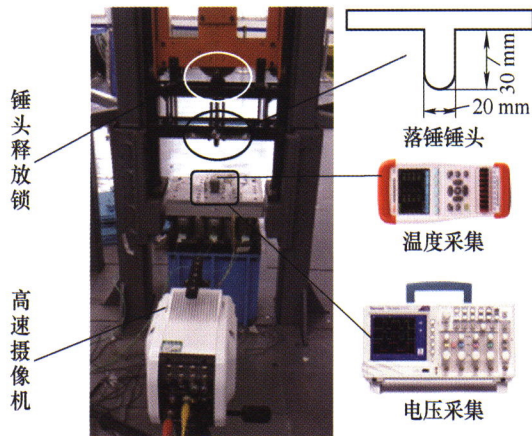
摘要: 动力电池健康状态估计是电池管理系统关键算法之一, 对提高动力电池能量利用效率、降低电池热失控风险, 以及动力电池的维保和残值评估具有重要意义。对比分析试验法、模型法、数据驱动法的优势和不足, 并以数据驱动方法为核心, 分别从动力电池健康状态数据集构建、健康状态特征参数提取、健康状态估计模型建立三个方面对现阶段健康状态估计方法的理论基础和技术方案进行综述。总结常用的大数据采集方法以及数据预处理方法, 明确大数据在健康状态评估中的意义。比较现有健康状态特征提取方法, 对其优劣以及适用场景做了分析。阐述不同健康状态估计模型的基本原理, 提出模型融合是未来技术发展方向。最后, 面向未来大数据实车应用场景, 对动力电池健康状态估计方面存在的问题和发展前景进行了总结和展望。

169 高速动车组减振器载荷特征研究

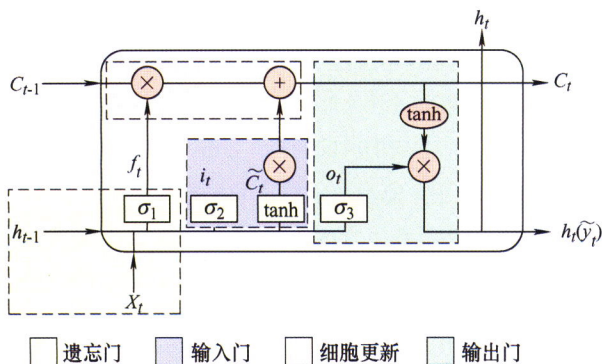
任君临 李强 任尊松 杨广雪



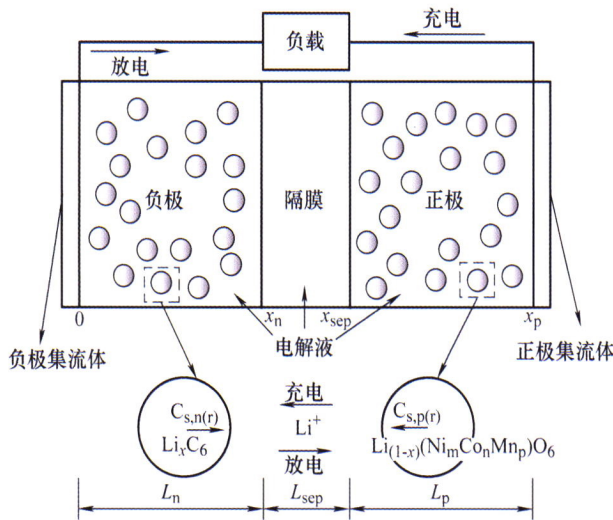
摘要: 减振器的主要功能是提供阻尼力以衰减和抑制车辆系统振动, 对高速动车组动力性能有十分重要的影响。既有研究主要将减振器处理为阻尼力以研究车辆系统动力性能, 极少从动力学和结构可靠性角度关注减振器自身承受的载荷。制作某型高速动车组转向架抗蛇行减振器、轴箱减振器、二系横向和垂向减振器测力元件, 在大同-西安高速线路上测试并获得该型动车组运行过程中四种减振器载荷引起的应变信号。对测试数据进行处理和分析, 获得高速动车组运行工况下四种减振器载荷的时间历程, 分析减振器载荷的时域和频域特征。采用雨流计数法统计减振器载荷峰值和频次, 获得不同速度等级下载荷分布。结果表明, 高速动车组抗蛇行减振器载荷最大、二系横向减振器载荷最小。轴箱减振器相对速度最大、二系横向减振器相对速度最小。减振器载荷总体上呈正态分布, 而且一般有列车运行速度越高减振器载荷越大。列车正线行驶时曲线半径对轴箱减振器、二系垂向减振器以及二系横向减振器载荷影响不明显, 列车速度和线路小半径曲线对抗蛇行减振器载荷影响明显。



摘要: 随着民用无人机在各领域的大量应用,其安全问题引起了广泛关注,现有研究大多是以硬物撞击的形式分析无人机撞击航空器问题,很少关注其机载锂离子电池可能带来的安全隐患。为了更好地分析碰撞过程中轻型无人机电池包的破坏机理,先通过放电容量和倍率性能试验,进行电池寿命及一致性的评估,开展不同冲击能量的电池单体落锤冲击试验,研究冲击能量与单体失效模式的关系,随后通过不同荷电状态电池包的落锤冲击试验,研究其碰撞安全特性。结果表明,试验用单体和电池包均处于许用寿命范围内,且具有较好的一致性;冲击能量大小与单体的破坏模式密切相关,三个区域的冲击能量对应着三种不同的破坏形式,中等冲击能量对电池产生了最严重的破坏;机械冲击致使电池发生内短路,进而诱发热失控是导致电池包严重破坏的主要原因,这些结果为民用无人机整机碰撞问题的研究提供有益的启示。

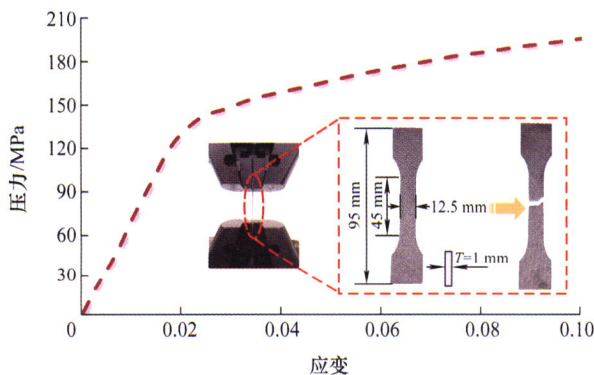


摘要: 自动驾驶等级的逐级提升意味着驾驶执行权从驾驶人向车辆自动控制系统逐渐转移,驾驶人所承担的责任也随之发生变化。大量研究表明,自动驾驶车辆驾驶人的注意力跨度与行驶安全性密切相关,且不同等级自动驾驶所要求的驾驶人状态阈值存在差异。提出一种融合长短记忆(Long short term memory, LSTM)网络和驾驶人状态判别机制的驾驶人负荷状态预测模型(long short term memory network driver state prediction model, LSTM-DSDM),实现驾驶人负荷状态的预测及其状态转变阶段的识别,并基于不同自动驾驶等级下驾驶人的任务要求,提出了“低等级识别,高等级预测”的驾驶人负荷状态监测策略。试验结果表明本研究搭建的驾驶员负荷状态预测模型在低自动驾驶等级情况下的负荷识别率可达 90%以上;在高自动驾驶等级情况下实现可靠的负荷预测和驾驶人负荷状态过渡阶段的辨识,有效应对不同自动驾驶等级驾驶人负荷状态的监测需求。

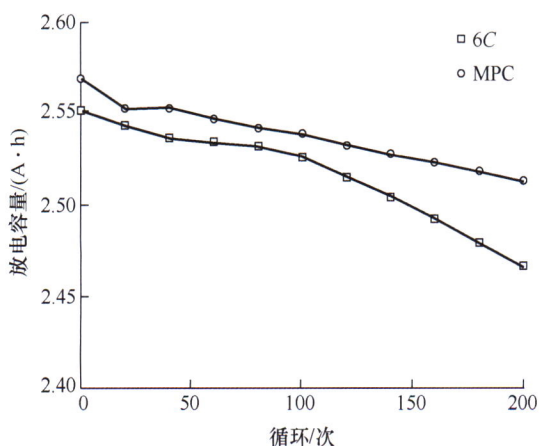


摘要: 锂离子电池外部短路瞬间产生大电流引发安全事故频繁发生, 精确的模型是风险预警的基础。围绕外部短路故障, 从不同初始荷电状态(State of charge, SOC)、不同温度两方面开展了 Thevenin 等效电路模型与单粒子电化学模型的电压预测精度评价与复杂性对比。结果表明, Thevenin 模型精度随初始 SOC 降低而下降, 随环境温度升高上升; 单粒子模型精度受初始 SOC 影响较小, 随温度升高先上升后下降。针对 Thevenin 模型短路中精度下降等问题, 提出了应用电感元件的模型优化方法。模型方均根误差小于 60 mV, 精度提升了 76%; 针对单粒子模型在外部短路大电流中精度变差的问题, 提出了使用双电层放电和锂离子扩散限制进行建模的模型优化方法。模型方均根误差小于 40 mV, 精度提升了 64%。优化后的模型分析结果表明: Thevenin 模型实时性高, 单粒子模型弥补了电池漏液时 Thevenin 模型的失效, 但计算复杂; 前者可用在外部短路的前期诊断和预警中, 后者可用在外部短路发生后的热管理或热安全研究中。

212 圆形子胞驱动的层级柱状结构在轴向载荷下的抗冲击性研究

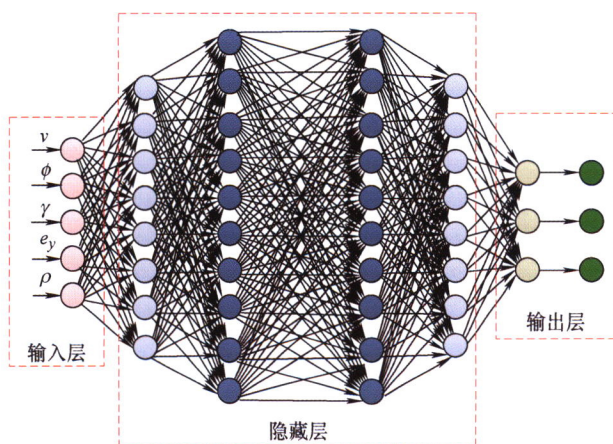


摘要: 为了解决单胞薄壁结构能量吸收效率低的缺陷, 进一步改善薄壁结构的防护吸能性能, 提出一种基于圆形子胞元的层级柱状结构设计方法, 建立方形与圆形层级薄壁柱的几何与数值模型, 采用试验研究调查了层级柱状结构的轴向抗冲击性能, 发现层级柱状结构吸能性能大大优于相同质量下的单胞薄壁结构; 此外, 进一步数值调查了层级柱状结构的几何参数(薄壁壁厚 t 、子胞元直径 D)对其吸能特性的影响, 发现壁厚 t 对层级柱的吸能特性有积极作用, 且壁厚与子胞元直径的比值 t/D 对结构的变形模式具有决定性作用。因此, 研究也形成了基于壁厚与子胞元直径比值 t/D 的层级柱状结构设计准则。此外, 进一步基于超折叠单元理论对层级柱状结构的平均碰撞力展开了理论预测研究, 推导了层级柱状结构在渐进折叠模式下平均碰撞力的理论预测模型, 进一步揭示了层级柱状结构的变形与吸能机制与平均碰撞力的内在联系, 并且, 不同壁厚下方形层级与圆形层级柱状结构的理论预测与数值结果具有较好的一致性, 从而验证了层级柱状结构的平均碰撞力理论模型的预测精度。研究结果对具有高吸能效率的轻质薄壁结构的设计具有好的指导意义。



摘要: 锂离子电池在快速充电过程中极易触发内部过热,并加速寿命衰退,因此在确保快速充电的同时主动约束锂离子电池重要中间物理状态具有重要意义。因此,提出一种基于多物理过程变量约束的电池快速充电方法。建立电-热-老化综合模型,并在典型充电场景下进行电热模拟精度验证;在此基础上,设计基于模型的荷电状态与内部温度估计方法,兼顾充电速度、温度约束与寿命衰退抑制,设计基于模型预测控制的快速充电策略。试验验证结果表明,所提出的充电策略能主动限制电池内部温度始终低于预定阈值,在相似的充电速度前提下,所提出的充电策略相比优选的恒流恒压充电法具有更低的寿命衰退速率,两者 200 次快充-放电循环的容量衰减分别为 2.12%和 4.88%。所提出的快速充电策略基于模型预测控制方法实现了电池内部状态的有效约束,综合提升了锂离子电池充电过程的快速性、安全性和耐久性。

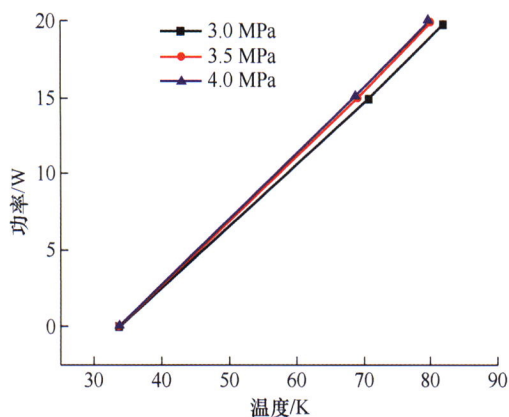
233 基于相邻车道安全态势划分的换道决策



摘要: 针对大多数换道决策研究中存在的相邻车道的交通状态分析不足致使换道安全性难以保证的问题,提出一种基于相邻车道安全态势划分的换道决策方法。根据车-车相对位置关系,建立关联车辆分类准则,确定当前车道、相邻车道和相邻第二车道上需要监测横、纵向运动状态的车辆。设计深度神经网络和基于左、右换道差异的横向偏离判断标准对关联车辆的车道保持、车道偏离和换道的横向运动行为进行预测。考虑关联车辆不同横向运动行为对自车相邻车道安全态势的影响,结合车-车相对纵向运动状态,设计自车相邻车道的安全态势划分方法,确定自车相邻车道的安全等级。在此基础上,设计换道决策准则,实现车辆换道的精准决策。仿真结果表明,所提出的换道决策方法能够准确的预测关联车辆的横向运动行为,可以在不同行驶环境下实现更加精准的换道决策,提高了车辆换道的安全性,并通过实车试验,进一步验证了所提出的换道决策方法的有效性。

245 20W@80K 空间大冷量脉冲管制冷机试验研究

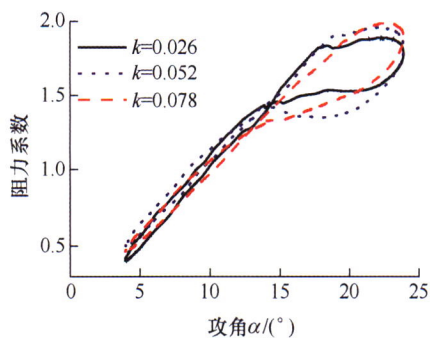
张广伟 王乃亮 荀玉强 蔡京辉



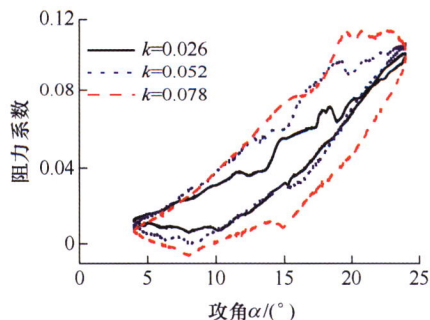
摘要: 空间应用对于 80 K 温区的冷量需求日益增加, 然而国内空间大冷量脉冲管制冷机的研究起步较晚, 目前制冷机的冷量不能满足红外探测的发展需求。为了进一步提高脉冲管制冷机的制冷量, 研制了一台由线性压缩机驱动的小型脉冲管制冷机。通过试验研究了调相机构、充气压力、输入功率等因素对脉冲管制冷机制冷性能的影响规律, 并测试了降温速率, 探究了调相机构对压缩机输出功率的影响等。研制出的制冷机在输入电功率为 350 W, 热端温度为 300 K 时, 在 80 K 获得了 20.5 W 的制冷量, 整机的相对卡诺效率达到了 16.1%。

251 振荡参数对涡流发生器抑制风力机翼型动态失速影响研究

冯俊鑫 赵振宙 江瑞芳 孟令玉 陈明 许波峰

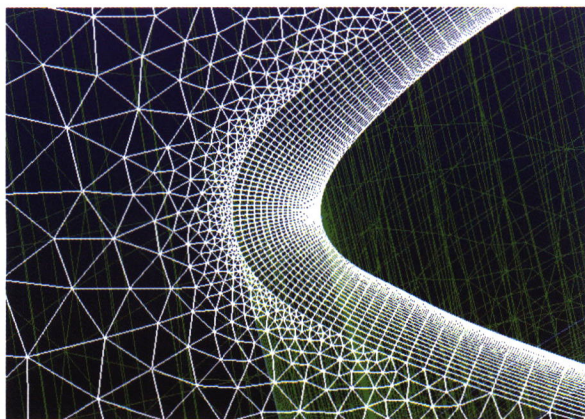


(a) 升力系数迟滞曲线



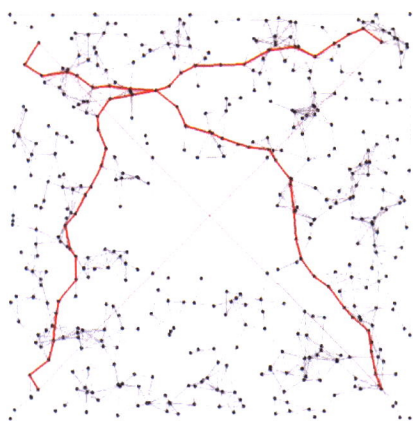
(b) 阻力系数迟滞曲线

摘要: 动态失速对风力机叶片气动特性具有重要影响, 涡流发生器(Vortex generators, VGs)是目前风力机领域应用最为广泛的流动控制技术, 对动态分离具有一定的抑制作用。为探索 VGs 对风力机翼型动态失速的抑制作用, 采用 SST $k-\omega$ 湍流模型, 研究振幅 $\Delta\alpha$ 、折合频率 k 对加 VGs 的 DU91-W2-250 翼段动态失速特性的影响。结果表明: 振幅增大, 动态失速迟滞效应增强, 失速角延后, 最大升力系数增加, 下俯阶段的升力系数减小, 平均升力系数降低。折合频率较大时, 阻力系数迟滞效应增强, 上仰阶段阻力增大, 下俯阶段阻力减小, 平均升阻力系数随折合频率增大先增大后减小; 折合频率越大的工况, 流场动态响应明显, 加 VGs 翼段失速严重。与光滑翼段相比较, VGs 延迟动态失速效果与振幅成正比, 与折合频率成负相关。



摘要：为了提高风力机的气动性能，基于 NREL Phase VI 水平轴风力机叶片，设计出的一种双层翼叶片。通过计算流体力学的方法，在不同来流风速下，对比分析了双层翼叶片与按比例缩放各叶高处弦长的 NREL Phase VI 水平轴风力机叶片的扭矩与弯矩，研究了叶片实度的影响，发现实度增加并不是双层翼叶片的气动性能优于原始 NREL Phase VI 风力机叶片的主要原因。对不同弦长比、垂直距离及水平距离的大小叶片所组成的双层翼结构进行数值模拟研究，利用流线图着重分析了大小叶片水平距离对风力机气动性能的影响，总结了气动性能随双层翼叶片几何参数的变化规律，发现在 15 m/s 至 25 m/s 的风速下，选择较大弦长比、较大垂直距离或者较小水平距离的双层翼叶片可得到较高的扭矩值，但弯矩值也会随之增加。

// 交叉与前沿 //



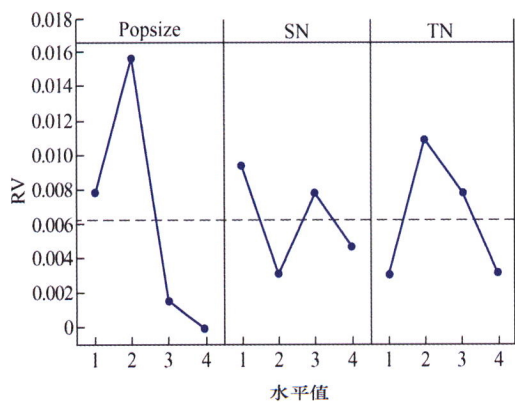
摘要：电缆布局设计作为机电产品研发过程的重要一环，一直以来都受到学术界的热切关注。在深入研究电缆布局设计的基础上，按其发展历程对现有电缆布局设计技术进行综述。首先介绍传统电缆布局设计技术的工艺流程及其时代局限性和不相适应性。然后从桌面式计算机辅助设计系统和沉浸式虚拟现实技术两方面介绍人机交互式电缆布局设计技术。最后针对现在的研究热点——电缆自动布局设计技术展开详细介绍：一方面从电缆整体自动布局设计系统入手，分析有关电缆自动布局的自主开发系统和二次开发系统；另一方面重点介绍盲目搜索算法、启发式搜索算法、智能优化算法和基于采样的路径规划算法在电缆自动路径规划中的应用。对电缆布局设计技术的未来研究方向进行了展望，为今后电缆数字化布局设计技术的研究提供借鉴与支持。

肖原 胡斌 沈功田 陈涛 刘书娟 张勇 陈卫卫



摘要: 游乐设施是改善人民群众的精神文化生活质量的重要设施,近年来,乘员人身伤害事故偶有发生。为了减少游乐设施的意外伤害现象,分析游乐设施运行过程中的各种加速度对乘员安全性和舒适性的影响因素,给出针对性的防护和控制措施;在此基础上,提出适合我国人群生理特征的游乐设施加速度耐受阈值曲线和能够反映乘员舒适程度、加速度耐受能力和加速度风险等级之间量化关系的加速度评价指数,形成基于乘员加速度影响分析的设计方法,初步实现游乐设施设计过程中安全性、刺激性和舒适性的协调统一,为游乐设施设计提供了理论指导。

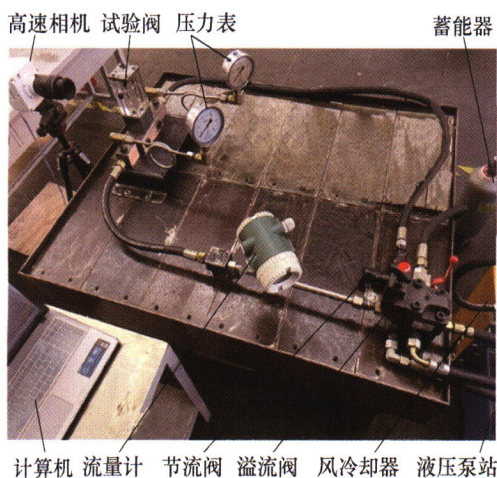
李浩然 高亮 李新宇



摘要: 分布式制造(Distributed manufacturing, DM)已成为当前主流制造模式之一,广泛存在于航空、电子等行业实际生产中。在DM中,各个工厂存在诸如机器数量、机器工艺、原料运输条件的差别,即异构性。然而,目前的分布式调度研究中均未考虑工厂的异构性。因此,结合实际需求,研究一种考虑序列相关准备时间的多目标分布式异构零等待流水车间调度问题(Multi-objective distributed heterogeneous no-wait flowshop scheduling problem with sequence-dependent setup time, MDHWNFSP-SDST)。首先,建立了以最大完工时间和总滞后为目标的多元目标优化模型。基于问题特征及多元目标特性,提出了一种多元目标离散人工蜂群算法(Multi-objective discrete artificial bee colony, MODABC)。其次,改进了PWQ算法(Improved PWQ, IPWQ)初始化种群,解决了PWQ存在的数量级和重复解等问题;在雇佣蜂阶段,结合分布式调度问题特点,设计了四种邻域结构生成可行解以提升种群质量;在跟随蜂阶段,改进了工件位置交叉方法以生成子代种群,在保留父代优良特性的同时保持种群多样性;在侦查蜂阶段,嵌入了一种多元目标局部搜索方法以保证解空间的充分搜索。最后,通过与其他多元目标优化算法对比,验证了所提出MODABC的有效性和优越性。

307 基于图像灰度统计的调节阀空化分布特性研究

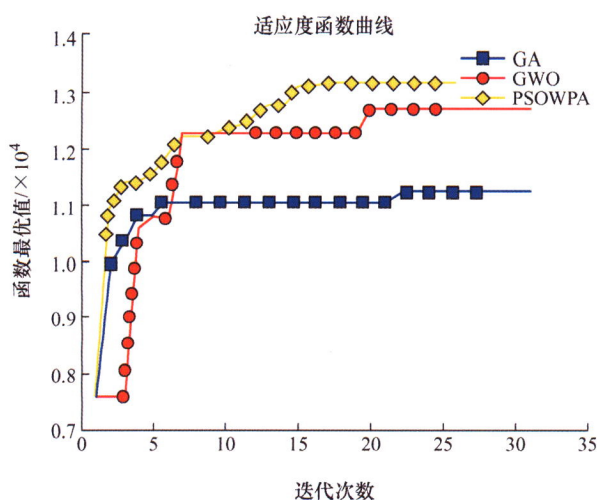
吴姿宏 刘秀梅 李贝贝 赵巧 张弛 谢永伟 彭佳佳



摘要: 针对调节阀内复杂的空化流动现象, 研究调节阀内的空化形态特征和分布特性。建立调节阀空化图像采集试验系统, 采用高速相机对空化形态进行捕捉。由于空泡的生长、溃灭等动力学行为使空泡群的密度和数量的不同, 捕获的图像上灰度值的变化与空泡的演变过程之间存在相关性。该文通过空化图像中灰度值的变化来识别空化区域, 且为提高分析可靠度, 引入三个特征量: 相似系数 R 确定所需样本数量、灰度变化率 λ 来表征空泡的动力学行为变化、平均灰度值 ψ 表达空化长度。根据这三个特征量, 我们准确获得了调节阀内空化产生的位置、分布区域以及形态的变化。调节阀流道内空化附着区域可分为空化形成区(IR)、发展区(DR)和溃灭区(CR)。背压是影响空化附着区域形态的一个重要因素。随着背压的增加, 其对空化的抑制作用比较明显, 空化形成区的终点也是溃灭区的起点, 即空化在流道内的分布形式仅为空化形成、溃灭这两种分布形式。此外, 随着背压的增加, 空化强度减弱, 空化长度亦减小。

317 基于可达域的激光增材制造装备人机界面布局优化研究

王旭 姜兴宇 杨国哲 马明宇 赵文鹏 刘新昊 刘伟军



摘要: 由于激光增材制造装备具有多维度信息、多流程、多功能、多对象等人机交互特征, 导致其人机交互效率低、舒适安全性差, 直接影响制件成形质量的稳定性。基于此, 提出一种基于可达域的激光增材制造装备人机界面布局优化方法。依据双手垂直可达域的舒适性划分人机交互界面可达域等级, 构建基于可达域的激光增材制造装备人机界面布局优化模型。针对基于域模型构建的多决策变量界面布局模型求解问题, 提出一种基于狼群-粒子群算法的混合智能求解算法, 将狼群算法的奔走围攻行为机制引入粒子群算法, 解决粒子群算法因种群多样性较低而导致计算结果容易陷入局部最优解问题。最后, 以 LDM4030 激光增材制造装备为例, 对其人机界面布局进行优化, 并进行工效学仿真与眼动试验, 结果表明: 优化后的人机界面布局在舒适性、安全性以及界面的合理性上都优于原装备的设计, 验证了该模型的有效性和可行性。

CONTENTS

- 1 Compressive Spherical Beamforming Based on Sparse Bayesian Learning for Sound Source Identification**
CHU Zhigang ZHAO Yang YANG Liang ZHANG Jinyuan YANG Yang
- 14 Remaining Useful Lifetime Prognostic Approach for Stochastic Degradation Equipment Considering Imperfect Maintenance Activities**
PANG Zhenan PEI Hong LI Tianmei HU Changhua SI Xiaosheng
- 30 High-performance p+ Si/Au Thermopile-based Gas Flow Sensor in (111) Silicon and Its Packaging Technology**
HUANG Tao WANG Jiachou LI Xinxin
- 39 Research Progress of Grain Boundary Liquid Metal Embrittlement Cracks in Galvanized Ultra-high Strength Automotive Steel Resistance Spot Welded Joints**
XIE Yong WANG Xiaonan ZHOU Xiang LIU Zhenguang YAO Jun DU Baorui BAO Chengren
- 51 Review of Techniques for Evaluating the Uniaxial Tensile Properties and Fracture Toughness of Ductile Metallic Materials Based on Micron Indentation**
ZHAO Geng FANG Jinxiang ZHANG Xiancheng
- 69 Study on Effect and Mechanism of Pressure Rise Rate on the Bursting Pressure of Conventional Domed Bursting Disc**
XU Feng LIU Yinghua
- 80 Research on Matching of Variable Modulus Kinematic Hardening Constitutive Models and Decoupling Calibration Strategy for High-strength Steel**
DUAN Yongchuan SUN Lili ZHANG Fangfang ZHENG Xuebin DONG Rui GUAN Yingping
- 96 Digital High-power AC-Pulse Submerged Arc Welding Power Source**
WANG Zhenmin TANG Jiajian PAN Xiaohao RAO Jie LIN Sanbao XU Mengjia
- 104 Effect of Adhesive Thickness on the Mechanical Property of Adhesively Bonded Corrugated Structure under Three-point Bending Load**
HAN Xiao SUN Liangliang LIU Bo LIU Zheyuan WU Chengwei
- 113 Interaction Behavior and Combination Rules of Two Through-wall Cracks under Tensile Loading**
QI Lei FEI Jiawen WEN Jianfeng TU Shantung

- 127 Experimental Study on the Effect of Energy Density on Microstructure Evolution and Properties of CrFeCoNiNb Cladding Layer**
SONG Pengfang JIANG Fulin WANG Yuling YANG Fazhan WANG Ran
- 138 Study on Material Damage Accumulation Model and Its Numerical Implementation under Repeated Impact Loading**
WANG Biao YANG Susong BAI Chunyu YANG Qiang HU Weiping ZHAN Zhixin
- 151 Review on Techniques for Power Battery State of Health Estimation Driven by Big Data Methods**
WANG Zhenpo WANG Qiushi LIU Peng ZHANG Zhaosheng
- 169 Study on the Loads Characteristics of the Dampers of the High Speed EMU**
REN Junlin LI Qiang REN Zunsong YANG Guangxue
- 177 Research on Dynamic Impact Performance of Light-UAV Battery**
LIU Xinhua GUO Bin HE Rong JIA Pu LIU Xiaochuan GUO Yazhou YANG Shichun
- 187 Research on Driving Automation Level-adaptive Driver Condition Monitoring Models**
HUANG Jing CHEN Zilin YANG Mengting PENG Xiaoyan
- 199 Evaluation of Model for External Short Circuit Voltage Behavior Prediction of Lithium-ion Batteries**
YAN Runbo SUN Liqing YANG Ruixin XIONG Rui
- 212 Impact Resistance Investigation of Hierarchical Columnar Structures Driven by Circular Sub-cells under Sxial Load**
YOU Yi ZHANG Yong SU Liang DUAN Nian
- 223 Multiphysics-constrained Optimal Charging of Lithium-ion Battery**
WEI Zhongbao ZHONG Hao HE Hongwen
- 233 Lane Change Decision Based on the Safety State Division of the Adjacent Lanes**
WANG Huiran CHEN Wuwei WANG Qidong ZHAO Linfeng ZHU Maofei WEI Zhenya
- 245 Experimental Study of 20W@80K High Capacity Pulse Tube Cryocooler for Space Application**
ZHANG Guangwei WANG Nailiang XUN Yuqiang CAI Jinghui
- 251 Research on Effect of Vortex Generator on Dynamic Stall of Wind Turbine Blade at Different Oscillation Parameters**
FENG Junxin ZHAO Zhenzhou JIANG Ruifang MENG Lingyu CHEN Ming XU Bofeng
- 259 Investigation on the Influence of Double-Wings Blade Geometric Parameters on the Aerodynamic Performance of Horizontal Axis Wind Turbine**
PANG Kechao HUANG Diangui
- 268 Research Progress of Cable Layout Design Technology: A Review**
CUI Yuping ZHENG Guolei

- 281 Research on the Passenger Acceleration Influence Analysis on Safety and Comfort and Its Design Method of Amusement Rides**
XIAO Yuan HU Bin SHEN Gongtian CHEN Tao LIU Shujuan ZHANG Yong CHEN Weiwei
- 291 Discrete Artificial Bee Colony Algorithm for Multi-objective Distributed Heterogeneous No-wait Flowshop Scheduling Problem**
LI Haoran GAO Liang LI Xinyu
- 307 Research on Cavitation Distribution Characteristics in Regulate Valve Based on Image Gray Statistics**
WU Zihong LIU Xiumei LI Beibei ZHAO Qiao ZHANG Chi XIE Yongwei PENG Jiajia
- 317 Optimization of Human-machine Interface Layout of Laser Additive Manufacturing Equipment Based on Reachable Domain**
WANG Xu JIANG Xingyu YANG Guozhe MA Mingyu ZHAO Wenpeng LIU Xinhao
LIU Weijun

《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) 张峰(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 668231

02