



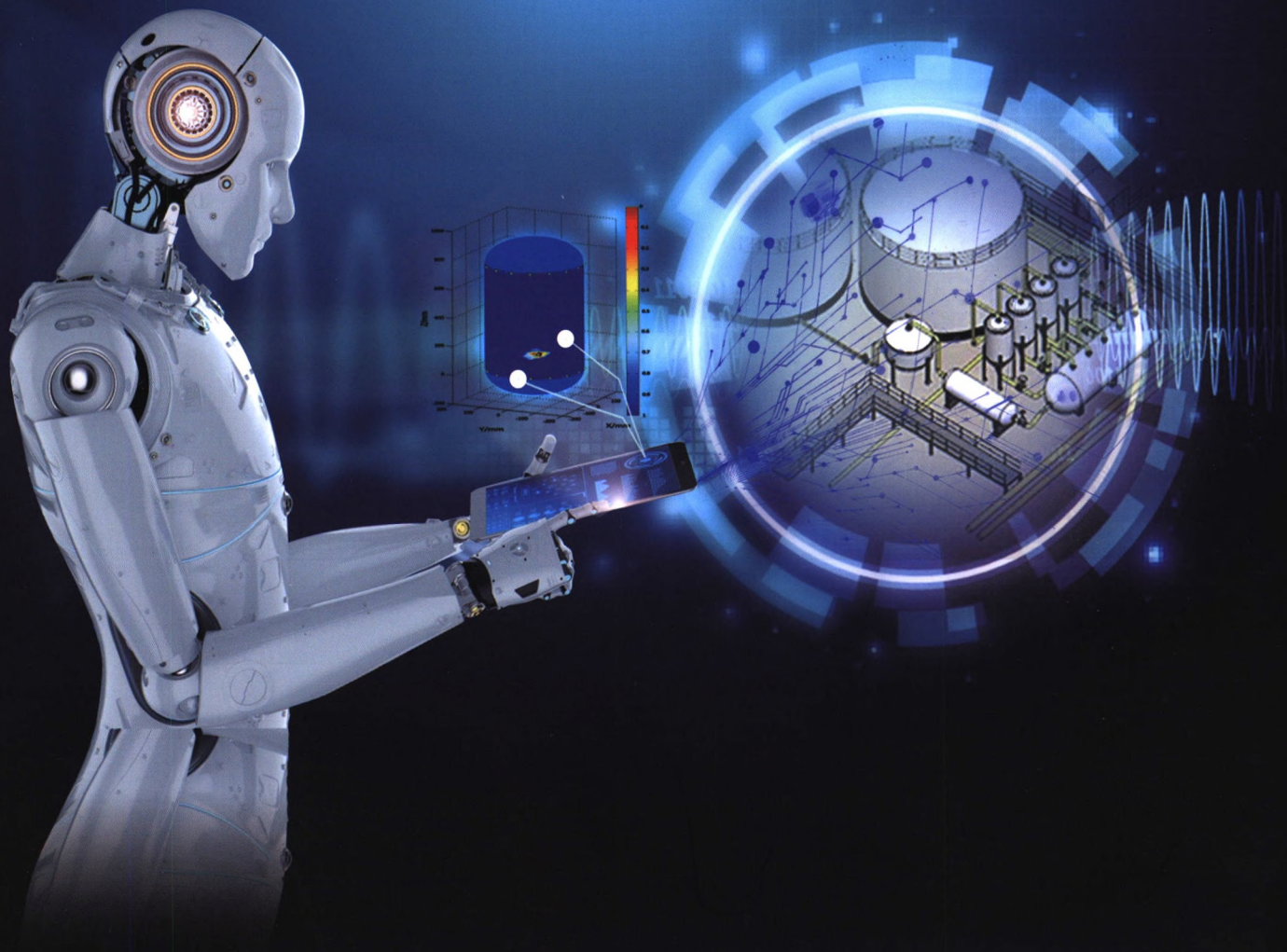
ISSN QK2016725
CODEN CHHKA2

机械工程学报[®]

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

基于超声导波的压力容器健康监测：
波传导行为及损伤定位

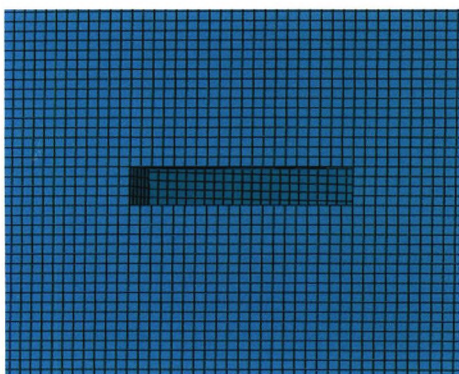
杨 斌 胡超杰 轩福贞 罗承强 项延训 肖 飏



/// 仪器科学与技术 ///

1 基于超声导波的压力容器健康监测 I: 波传导行为及损伤定位

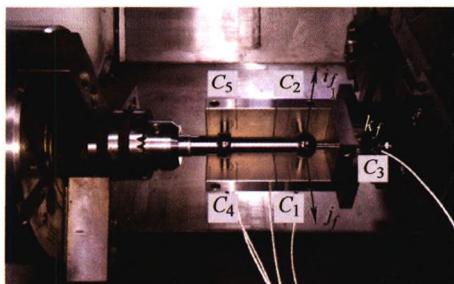
杨斌 胡超杰 轩福贞 罗承强 项延训 肖飏



摘要: 严苛的使用环境造成的压力容器损伤会导致结构失效而造成巨大安全隐患; 超声导波具有大面积、长距离监测的优点, 能及时避免压力容器失效。开展基于超声导波的压力容器健康监测研究, 分三个部分。第一部分主要研究超声导波在压力容器中的传播行为及损伤定位方法。首先利用有限元法研究超声导波在压力容器中的传播行为, 开发出针对压力容器圆柱筒体及球形封头的损伤定位算法程序, 并重点讨论信号处理方法对压力容器不同部位损伤定位精度的影响。研究表明, 导波在压力容器传播易产生多模态, 其在压力容器中不断地循环传播直至能量衰减耗尽, 且极少发生边界反射; 在基于超声导波的压力容器缺陷定位时, 截取合适的时域导波信号并对信号进行滤波和降噪处理能够有效提升压力容器缺陷的定位精度; 缺陷信号相对于基准信号的时间零点漂移及非检测模态波包的干扰是影响压力容器缺陷定位精度的两个主要原因, 修正后的算法对压力容器筒体和封头缺陷的定位误差在 5% 以内。

11 回转精度测评的运动几何学原理与不变量方法

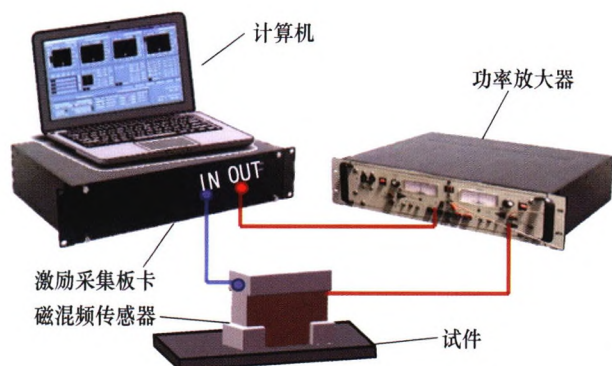
王智 董惠敏 王德伦



摘要: 提出轴系回转精度测评的误差运动几何学原理, 由转子误差运动、被测几何要素、传感器测试参数等三要素构造轴系回转精度测量的运动几何学模型, 建立测量闭环矢量基本方程; 推导出轴系误差运动参数测量的完备性条件, 讨论回转误差运动参数测量的完备性及其演变形式, 阐明各类回转精度测量数据与评价指标的运动几何学内涵。给出轴系回转误差运动的不变量定理, 得到轴系回转误差运动的最小球面像曲线与最小准线, 从而将轴系回转误差运动分解为角摆误差运动与平移误差运动, 建立角摆误差运动不变量、平移误差运动不变量与各类回转精度指标之间的关系, 形成轴系回转精度评价的不变量方法, 有效地避免被测几何要素不同对测评结果的影响, 为轴系回转精度的测量与评价提供理论依据。

25 铁磁性材料早期疲劳损伤磁混频检测方法

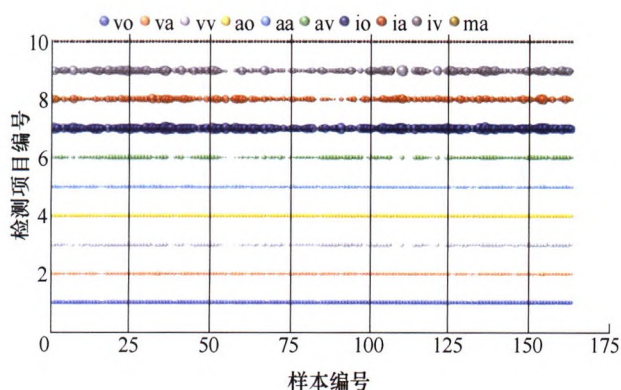
焦敬品 常予 李光海 吴斌 何存富



摘要: 在金属材料常见的早期力学性能退化损伤中, 疲劳对结构的潜在危害性最大。基于铁磁性材料的磁滞非线性特性, 在高低频叠加励磁条件下, 研究铁磁材料中磁混频效应的产生机理及表现形式。分析混频分量和局部磁滞回线与材料早期损伤的关系, 提出磁混频非线性因子与局部磁滞损耗幂律系数两种特征参量用于铁磁性材料磁混频效应的表征。在此基础上, 将磁混频检测技术用于铁磁性材料疲劳损伤检测。结果表明, 提出的两种磁混频特征参量可用于铁磁性材料早期疲劳损伤的表征。为铁磁性材料早期疲劳损伤检测提供了可行的技术方案。

35 基于多维高斯贝叶斯的机械设备失效/故障智能诊断及参数影响分析

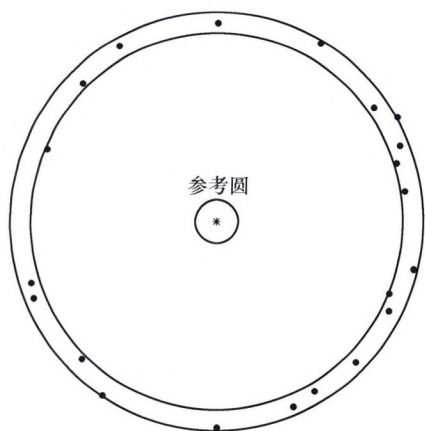
朱建新 陈学东 吕宝林 王溢芳 乔松 陈嘉宏



摘要: 采用多维高斯贝叶斯机器学习方法研究机械设备的失效/故障智能诊断方法, 基于极大似然分析基础上, 提出一种基于“马氏距离”估算的关键特征参量影响分析方法, 用于评价各特征参量对失效/故障分类的影响。该方法用于两个机械设备的失效/故障数据库的智能诊断分析, 在获得高诊断识别率(失效/故障模式正确识别率分别达到 96%和 86%)的同时, 也识别了影响失效/故障分类的关键特征参量。分析表明特定的失效/故障模式往往取决于少数关键特征参量, 而不确定的失效/故障模式的关键特征参量往往呈分散分布, 关键特征的分散性会影响多维高斯贝叶斯分类器的诊断识别率。该方法可用于机械设备的失效/故障的智能识别与关键特征参量的智能诊断, 也为失效/故障的影响因素分析指明方向。

42 基于最小包容区域法的圆度误差评定方法

岳龙龙 黄强先 梅隼 程荣俊 张连生 陈丽娟



摘要: 圆度误差的准确评定对轴和孔类零件的质量评判有很重要的意义。针对目前常用的圆度误差评定方法存在原理误差或模型误差的问题, 提出一种完全符合最小包容区域法定义的圆度误差评定方法。该方法将区域搜索算法和圆度误差最小包容区域法评定的几何结构相结合, 利用区域搜索算法确定准圆心, 再根据准圆心位置和几何结构, 对其进行判断和调整, 最终找到准确的最小包容区域圆心, 并给出最小包容区域圆度误差的精确解。构造多组仿真数据, 利用此方法的评定结果与预设值相比较, 证明了该方法的有效性和正确性; 并利用该方法对其他文献中的数据进行评定与比较, 数据处理的结果进一步显示了该方法的评定结果精确可靠, 稳定性好, 且效率高, 可以有效地克服现有圆度误差评定方法难以找到准确最小包容区域圆心的缺陷。

49 高压气瓶辊模拉拔力的理论计算与数值模拟

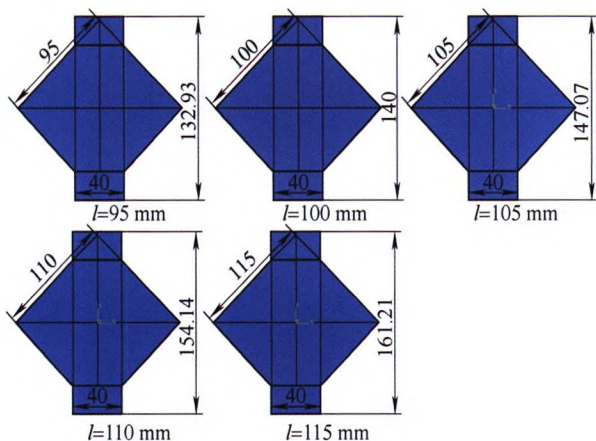
赵长财 袁荣娟 郝海滨 胡丽梅 贾向东



摘要: 高压气瓶是高压气体的主要盛装容器, 广泛应用于石油化工、冶金、机械、交通、采矿、医药等行业部门及日常生活中。拉拔工艺是制造高压气瓶的重要方法。辊模的拉拔力是高压气瓶拉拔工艺中重要的参数之一。针对气瓶拉拔工艺, 通过塑性力学对气瓶辊模拉拔过程进行分析, 建立气瓶辊模拉拔过程中的几何模型和力学模型, 并且给出辊模拉拔力的理论计算公式。在 34CrMo4 气瓶用钢热态拉伸试验的基础上, 建立气瓶 5 辊拉拔的有限元分析模型并与所建立的理论模型的计算结果进行对比分析, 分析结果表明, 理论计算结果和数值模拟结果二者吻合较好, 因此, 建立的理论分析模型为气瓶的辊模拉拔实际生产中拉拔力的计算提供重要的理论依据。该理论计算模型和数值模型对气瓶的辊模拉拔工艺具有重要的参考意义。

57 能量法理论与数值模拟相结合的方板对角拉伸临界起皱失稳预测

杜冰 宋鹏飞 谢军 赵长财 关风龙



摘要: 在薄板塑性成形起皱失稳预测研究领域, 由于理论和试验研究方法各自的局限性, 有限元模拟成为了不可或缺的研究手段。由于有限元法不包含起皱失稳判据, 虽然利用引入初始缺陷等手段能够输出后屈曲形貌, 但却无法界定确切的临界起皱时刻, 且模拟结果会受到网格参数设置的影响发生波动。针对该问题, 以吉田屈曲试验为验证试验, 利用能量法理论与数值模拟相结合建立 304 不锈钢方板对角拉伸临界起皱判定线。探讨不均匀拉伸载荷性质下的临界起皱判定线的形貌及特征, 讨论几何条件和边界条件对试件起皱失稳判定线的影响。通过全场应变测量系统 VIC-3D 拍摄的试验应变云图证实了所建立的起皱判定线的有效性。研究内容为板料起皱失稳极限图的建立提供了研究方法和部分数据支撑。

65 NiTiNb 记忆合金热力学性能的试验及其唯象本构模型

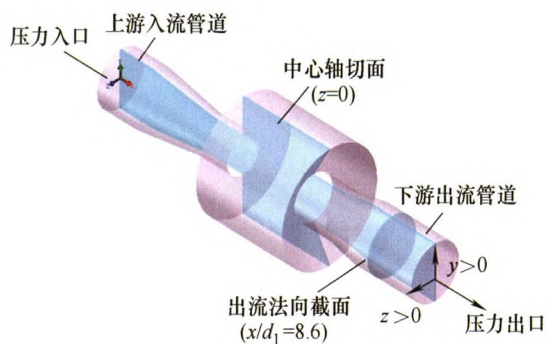
陈翔 陈伟 禄盛 金晓清 马文生 赵洋



摘要: 现有形状记忆合金(Shape memory alloy, SMA)管接头数值分析中没有考虑塑性变形及其影响, 基于不可逆热力学框架, 考虑塑性变形对逆向马氏体相变的影响, 构建相变和塑性耦合的 NiTiNb SMA 唯象学本构模型, 基于有限元软件 ABAQUS 二次开发功能, 编译用户自定义子程序, 对 SMA 热机耦合作用过程进行数值模拟, 并与 NiTiNb 合金低温下的拉伸和约束升温性能试验研究结果对比。结果表明, 数值分析结果能够很好地描述试验所得的应力应变曲线和升温过程的应力温度曲线特征, 能够描述材料预变形提高逆向马氏体相变温度的规律, 得到低温变形及升温恢复过程中材料内部 Mises 应力、等效相变应变和等效塑性应变的演化规律。结果表明数值仿真与试验取得了较好的一致性, 为进一步的 SMA 管接头装配性能模拟及设计优化奠定基础。

76 基于剪切涡流运动的自激振荡脉冲射流减阻特性

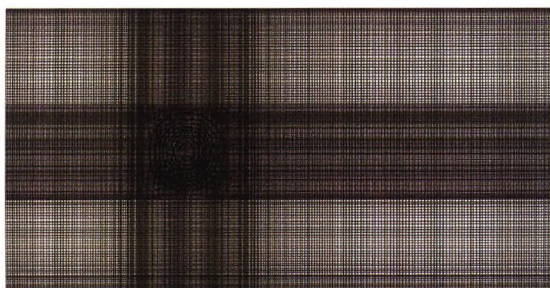
汪朝晖 饶长健 孙笑 高全杰



摘要: 流体运动特性对管道近壁面阻力变化有重要影响。以速度梯度和切应力线性表示壁面摩擦阻力,分析了自激振荡腔室出流管道剪切涡流演变规律及圆截面涡流层次分布状态变化。采用大涡模拟数值方法,计算得到出流管道某轴切面及法向面的瞬时速度和平均速度、不同上下游管径比下出流管道的壁面切应力以及不同长径比下出流管道的法向速度梯度。研究表明:自激振荡脉冲射流流动受反向助推涡影响具有强烈三维特性,射流流型呈现“波浪式”运动且发生周向偏转,射流流速及流型均发生周期性波动变化;当自激振荡腔室上下游管径比大于1时,出流管道壁面切应力开始减小,且随腔室上下游管径比增大,切应力缩减率最大达到约30%,壁面摩擦阻力随之减小;自激振荡腔室长径比在0.55时射流最大法向速度梯度波动幅值达到最大,当长径比继续增大时,出流管道内射流法向速度梯度逐渐减小,摩擦阻力亦随之减小。研究结果可为自激振荡脉冲增输装备设计及优化提供理论基础与科学依据。

85 典型山丘地形与风力机诱导涡流耦合演变规律

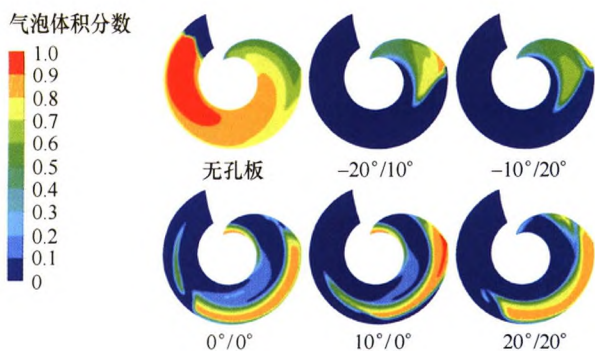
史俊杰 许昌 雷娇 李林敏 薛飞飞 韩星星



摘要: 风电场空气动力场是以涡流形式产生和演变,采用能够提供涡流演变细节特征的大涡模拟(Large eddy simulation, LES)方法模拟典型山丘地形的涡流结构,通过风洞试验数据验证湍动能输运(Kinetic energy transport, KET)模型模拟结果的准确性,并探讨不同入流风速对山丘地形风电场瞬时特性的影响。随后探索地形诱导涡与风力机尾涡耦合的时空演化机制,发现单台风力机与两台并列风力机工况的尾涡结构的耦合演变机理存在差异,单台风力机工况是由于二次涡的形成及其与尾涡的耦合作用,两台并列风力机则归因于二次涡与尾涡的耦合及两机组间涡流耦合的共同作用。针对复杂地形涡流演变的研究可以为风电场规划设计与运行提供参考。

95 高速离心泵回流漩涡及空化特性

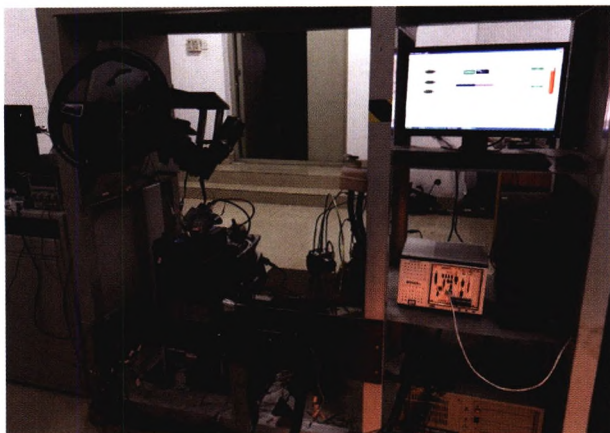
宋文武 石建伟 魏立超 胡帅 罗旭 陈建旭



摘要: 基于高速离心泵的比转速十分高,通常高速离心泵的进口处和内部是回流漩涡和空化空蚀等现象的高发区域。孔板等空化抑制装置是否能针对回流漩涡起一定的抑制作用的研究还比较少。采用对诱导轮的前置空化抑制装置进行优化,共设计了改变装置前、后倾角等几何参数的25种方案进行数值模拟计算分析。优选出水力性能最好的5种方案并进行了回流漩涡范围和强度的分。其中着重研究了 α 角度的改变是否会影响相关的回流速度和压力。同时对高速离心泵诱导轮、叶轮内部空化发生及发展的影响分析。最终确定了 $-10^\circ/20^\circ$ 和 $-20^\circ/10^\circ$ 的两个最优方案,在对回流漩涡的强度和影响范围方面表现均优于其他方案;气相体积分数在诱导轮和叶轮的内部分布面积很少,强度较低;设计工况下,相较于 $0^\circ/0^\circ$ 方案,泵的效率约提高了2%,更好地抑制回流漩涡并提高了高速泵的抗空化性能,为高速离心泵内部空化的优化设计提供一定的参考意义。

104 基于 μ 综合方法的智能车辆人机共驾的鲁棒横向控制

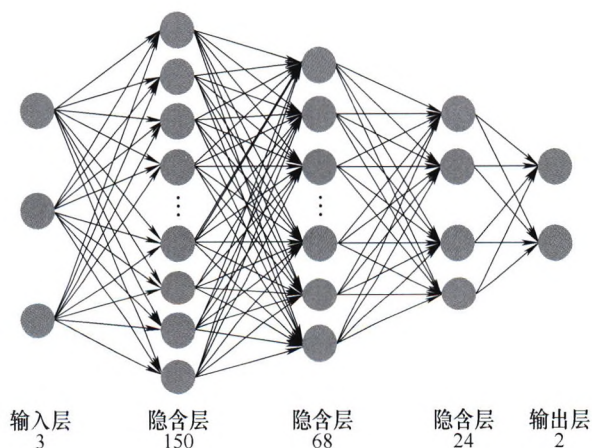
谢有浩 魏振亚 赵林峰 王家恩 陈无畏



摘要: 在大多数智能车辆横向控制研究中, 存在未考虑驾驶员误操作的影响这一不足。以人机共驾控制问题为研究对象, 将驾驶员操纵转矩和车辆状态作为控制器输入。首先, 建立转向系统和车辆二自由度模型, 在车辆局部坐标系中, 根据预瞄点曲率信息实现虚拟路径的规划, 基于车辆状态和目标车道设计上层期望横摆角速度控制器。其次, 将侧向风和驾驶员误操作作为干扰输入, 以车辆状态中的横摆角速度、转向盘转角、转矩传感器测量值和期望横摆角速度作为控制器反馈变量, 考虑车辆参数扰动及传感器测量噪声等影响, 设计下层 μ 综合控制器, 使车辆跟踪期望横摆角速度和期望的横向位移, 确保车辆能稳定地跟踪目标路径。最后, 进行自动换道和车道保持仿真, 并基于 Carsim/Labview 的硬件在环试验台上进行硬件在环试验, 仿真和试验结果均表明, 提出的横向控制方法能辅助驾驶员更好的跟踪目标车道, 且对侧向风和驾驶员误操作均有很好的干扰抑制性能。

115 基于不同紧急工况辨识的车辆主动避撞自适应控制

汪 奕 殷国栋 耿可可 董昊轩 刘帅鹏 陈 南

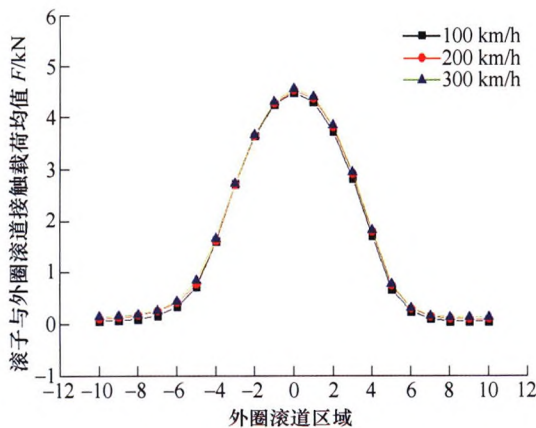


摘要: 针对车辆高速紧急工况下的主动避撞问题, 提出一种基于工况辨识的自适应避撞控制策略。以实时交通环境信息与车辆状态信息为基础构建一种紧急工况避撞模式分类方法, 该方法把紧急工况避撞模式分为制动避撞、转向避撞、协调避撞三种模式。对于制动避撞模式, 设计一种考虑路面附着条件和驾乘人员舒适度的纵向制动避撞策略; 对于转向操纵避撞模式, 构建基于多项式路径规划的避撞策略; 对于制动和转向协调避撞模式, 设计一种基于数据驱动的自学习协调控制策略。不同控制策略的期望输出通过比例积分微分(Proportional integral differentiation, PID)下层控制器对期望值进行跟踪来完成避撞。在 Matlab/Simulink 环境中搭建 Simulink-Carsim 汽车紧急避撞控制联合仿真平台, 基于该平台进行多种工况的虚拟试验来验证控制系统的实时性和有效性。结果表明, 控制系统能自动有效识别当前紧急工况该采取何种避撞操纵, 在完成避撞的同时也能保证车辆的稳定性。



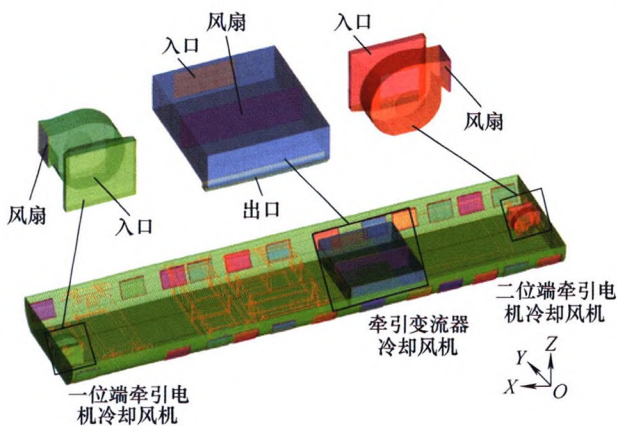
摘要: 针对自主泊车路径规划最优控制问题求解收敛速率慢的问题, 提出基于 hp 自适应高斯伪谱法的自主泊车路径规划方法。首先建立车辆运动学模型, 并考虑自主泊车过程中避障约束和边界约束, 再以泊车时间最短为性能目标函数, 将自主泊车路径规划问题转化为最优控制问题。采用高斯伪谱法对最优控制问题进行离散化处理并采用序列二次规划进行求解, 在求解过程中通过动态调整网格区间个数和多项式阶数实现提高求解收敛速率。根据实际场景选取 4 种工况并进行路径规划仿真, 并将 3 种伪谱法进行对比分析, 仿真结果表明 hp 自适应高斯伪谱法能够提升自主泊车路径规划最优控制问题求解收敛速率, 同时该算法可以实现在狭窄泊车位内的泊车路径规划, 通过实车试验验证提出的方法获得的自主泊车路径的有效性。

135 高速动车组轴箱轴承滚道载荷特性研究

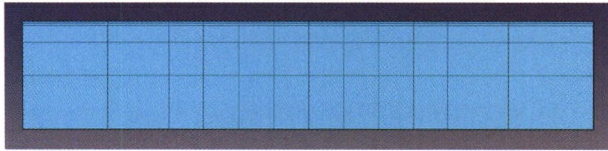


摘要: 轴箱轴承作为列车走行部件中重要核心部件之一, 由于其受载工况恶劣使其成为易损坏的部件之一, 研究其在运行过程中滚子滚道间的载荷特性对基于载荷分布的轴承寿命预测, 保证其在运用过程中的安全性和可靠性具有重要意义。基于包含轴承的车辆-轨道动力学模型, 研究了轨道激励和列车运行速度下滚子滚道接触载荷特征。研究结果表明, 无激励条件下, 车速对滚子滚道接触载荷基本没有影响, 但在非承载区, 滚子与外圈滚道会发生接触, 接触载荷与速度成平方关系; 轨道激励条件会影响能够引起滚子滚道接触载荷瞬时值发生变化; 外圈受到的接触载荷标准差值, 车速越快, 标准差越大; 对外圈受到的接触载荷最大的区域进行研究, 发现随着速度的增加, 轨道激励造成的振动越大, 滚子滚道接触载荷数据波动越大。

143 高速列车设备舱格栅通风性能仿真分析



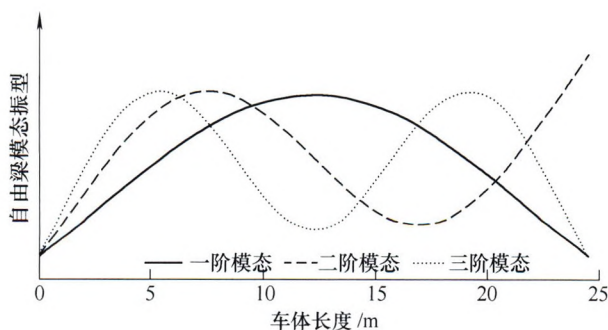
摘要: 为实现抗风沙型动车组的封闭式设备舱的通风格栅合理布置, 建立包含车底设备舱通风格栅和舱内设备的高速列车空气动力学模型, 采用 CFD 方法对高速列车运行时的设备舱流场进行数值模拟, 分析格栅布置方式对设备舱通风性能的影响。结果表明: 格栅的通风性能主要受格栅布置位置处裙板外侧压力的影响; 头车裙板上靠近一位端的位置适宜布置出风格栅, 靠近二位端适宜布置进风格栅; 中间车裙板上靠近一位端的位置适宜布置出风格栅, 其他区域适宜布置进风格栅; 尾车裙板上中间区域适宜布置进风格栅、两端适宜布置出风格栅。另外, 设备舱底部出口对其附近的格栅进风性能也有一定影响, 设备舱内风机的格栅进风阻力受列车运行速度的影响较小。设计阶段可定性利用裙板上格栅位置与格栅进排风性能的关系, 初步确定适宜的格栅布置方案。



摘要: 针对目前摩擦热流加载方式对环块摩擦中圆环温度场影响规律的研究不全面的问题, 深入分析旋转热流法和均布热流法这两种摩擦热流加载方式计算得到的圆环温度场之间的差异及内在联系。计算结果表明, 环块摩擦中圆环的最高温度出现在环块摩擦面的中心线上(称为 A_0 点), 旋转热流法与均布热流法计算得到的 A_0 点的温度值及其变化特性存在明显差异。在 A_0 点下方, 随着距离圆环摩擦面深度的增加, 这种差异迅速减小, 在 2 mm 处可近似认为相同。同时, 随着环块摩擦时间的增加, A_0 点的温度不断增加, 但旋转热流法计算得到的 A_0 点的温度波动以及两种热流加载方式计算得到的 A_0 点的温度差异迅速趋于稳定, 据此提出一种圆环最高温度值的快速算法。此外, 系统考察不同环块摩擦工况(圆环转动角速度、环块压力、圆环材料以及环块接触弧面圆心角)对圆环温度场的影响, 揭示了 A_0 点的温度波动在不同环块摩擦工况下的变化规律。研究成果为环块摩擦条件下圆环温度场计算中摩擦热流加载方式的选择提供了理论依据。

160 基于最优控制理论的高速列车车下悬吊系统半主动悬挂

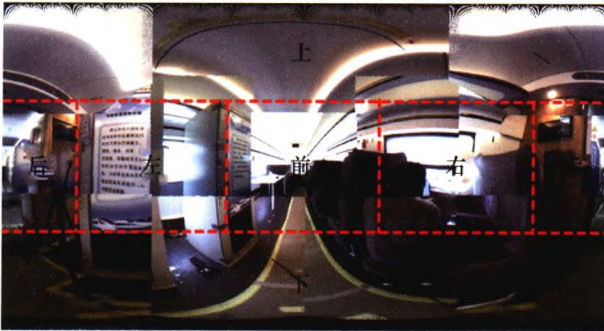
汪群生 曾京 朱彬 吴一 王勇



摘要: 针对高速列车服役环境的复杂性, 造成车体振动幅值增大和旅客乘坐舒适性降低等问题。基于 LQR 算法的最优控制理论, 提出车下悬吊系统安装半主动悬挂的思路, 并建立考虑车体弹性和车下悬吊设备的高速列车垂向耦合振动模型, 分析 LQR 算法的加权系数 R 对车体减振的影响规律, 并对分析被动悬挂和半主动悬挂的车体振动控制效果。研究表明, 以降低车体弹性振动为控制目标, 减小加权系数 R 有利于降低车体的弹性振动, 而且当加权系数减小至 1×10^{-5} 时, 车体弹性振动会出现明显的降低, 但是不会对车体的刚性振动产生影响; 半主动悬挂对车体振动控制的效果与车体弹性振动能量密切相关, 车体弹性振动能量越大, 半主动悬挂的控制效果越好; 当车体出现弹性振动时, 半主动悬挂的车体减振效果明显优于被动悬挂, 在车体弹性振动最明显的速度级下, 半主动悬挂下的车体振动 RMS 值降低了约一半。通过半主动悬挂对车体减振效果的研究, 为工程化应用提供了理论支撑。

168 高速列车转向架上方客室噪声传递路径分析

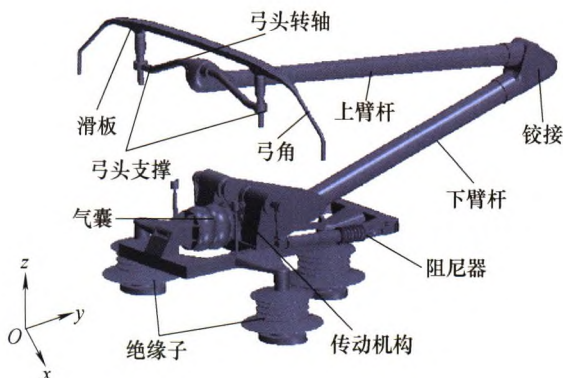
高 阳 朱自未 谢素明 聂嘉兴 韩 健 肖新标 王金田



摘要: 为实现列车低噪声设计,给乘客营造良好的乘车环境,需要对列车车内噪声贡献来源进行探究,而目前对于各个速度下高速列车车内噪声贡献来源的研究还不够全面,全面分析列车车内噪声贡献来源对于实现高速列车噪声与振动控制具有重大意义。基于工况传递路径分析(Operational transfer path analysis, OTPA)方法,以带有受电弓的拖车端部(转向架上方)客室内距离地板 1.2 m 处噪声作为目标响应点,建立列车客室内噪声的传递路径分析模型,详细分析车内噪声的传递路径贡献量以及声源贡献量。结果表明,列车低速运行时转向架区域贡献占主导地位,当高速列车速度高于 300 km/h 时主要贡献位置变为受电弓与顶板区域。车外噪声激励以结构传声的形式传播为主,空气传声对车内噪声影响不大。牵引拉杆振动在 160~315 Hz 的 1/3 倍频程频带内贡献量较大,受电弓区域振动在 250 Hz 的 1/3 倍频程频带处贡献量最大,抗侧滚扭杆振动在 630 Hz 的 1/3 倍频程频带处是主要贡献量。研究结果可为轨道交通车辆噪声与振动控制措施提供指导方向。

177 高速受电弓开口运行气动特性及对比研究

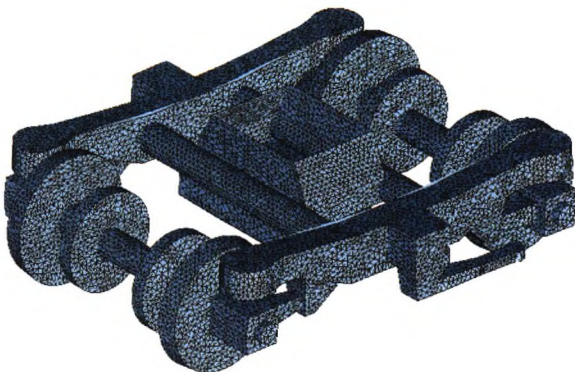
李 田 秦 登 邹 栋 张继业 张卫华



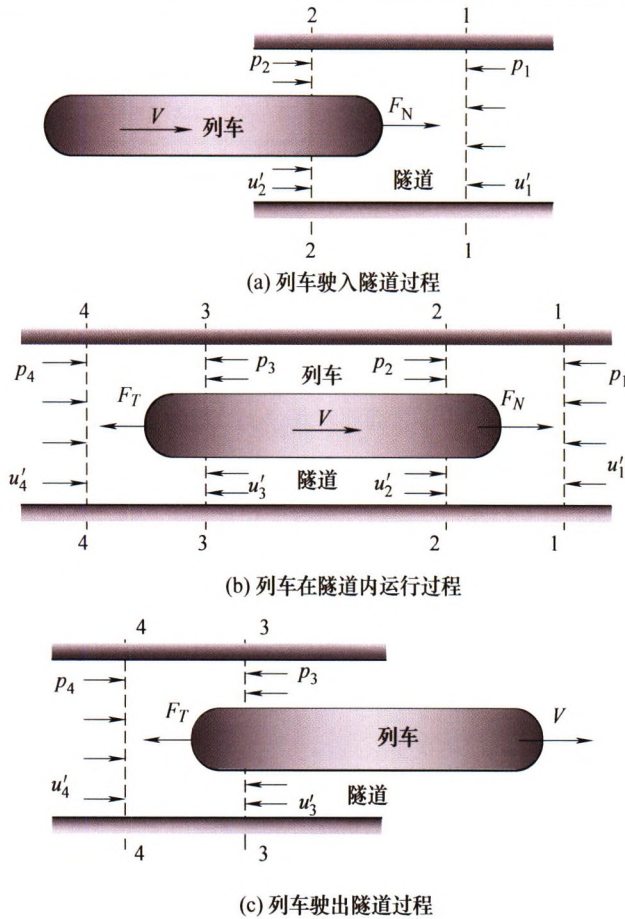
摘要: 受电弓的气动性能严重影响其受流质量,是高速列车安全运行的关键要素之一。基于计算流体动力学理论,建立高速受电弓空气动力学模型,对比分析了高速受电弓在开口和闭口两种运行状态下的流场结构和气动力特性。数值模拟得到的受电弓气动阻力与风洞试验误差为 4.07%,弓头气动升力的误差为 7.95%。研究表明:在研究的速度等级范围内,高速受电弓开口运行气动阻力比闭口运行大 2.24%~3.33%,弓头升力较闭口运行大 5.45%~7.98%;不同开闭口运行状态对弓头滑板升力的影响较小。在同一开闭状态下,当高速受电弓运行速度大于等于 400 km/h 时,气体压缩效应对受电弓气动阻力的影响较大,且随速度的增加而增大,然而,气体压缩性对弓头气动升力的影响较小。

185 强风雨环境下高速列车空气动力学性能研究

于梦阁 李海庆 刘加利 李 田



摘要: 为研究强风雨环境对高速列车空气动力学性能的影响,利用 Lagrangian discrete phase model 模拟雨滴在空气中的运动,并考虑空气与雨滴之间的相互作用,采用相间耦合方法实现强风雨环境模拟。通过开展强风环境下高速列车空气动力学计算及重力作用下的雨滴降落计算,验证计算模型的准确性。在此基础上,开展不同侧偏角、不同降雨强度条件下的高速列车风-雨两相流计算,研究强风雨环境下高速列车的流场特性及气动载荷特性。计算结果表明:当侧偏角相同时,随着降雨强度的增加,受雨滴撞击的影响,头车迎风侧的正压有所增大,头车背风侧的负压有所增大,列车横向气动性能恶化。强风雨环境下,气动载荷系数随着侧偏角和降雨强度的增加而增大,且近似与降雨强度成线性关系。当侧偏角相同时,气动载荷系数增加百分比随着降雨强度的增加而增大;当降雨强度相同时,气动载荷系数增加百分比随着侧偏角的增加而减小。强风雨环境下,高速列车气动载荷系数可以近似拟合为关于侧偏角和降雨强度的二次多项式,且降雨强度的二次项可以忽略不计。



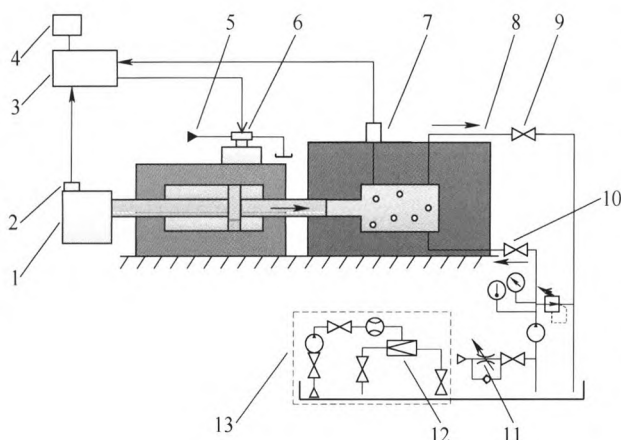
摘要: 应用一维可压缩非定常不等熵流动模型和广义黎曼变量特征线法, 研究中国标准动车组 CR400AF 单列车通过隧道时的空气阻力。详细分析高速列车通过隧道时空气阻力与列车周围空气压力、空气流速及压缩波和膨胀波传播叠加三者间的关系, 揭示高速列车通过隧道时空气阻力的变化特征。研究隧道长度、阻塞比、车速及列车长度对高速列车通过隧道(尤其长大隧道)时空气阻力的影响规律。结果表明, 研究高速列车隧道压力波时, 只需要考虑列车驶入驶出隧道诱发的压缩波和膨胀波的反射和叠加; 而在研究列车空气阻力和列车周围空气流速时还必须同时考虑压缩波和膨胀波的传播方向。单列车通过隧道的空气阻力均随隧道长度、阻塞比、车速和列车长度增大而增大。特长隧道时, 各因素按其影响程度由大到小排列依次为车速、列车长度、阻塞比和隧道长度。其中, 平均空气阻力与车速的 2 次方、与阻塞比的 0.60~0.79 次方、与隧道长度的 0.02 次方近似成正比。

201 高速列车牵引电机冷却风机悬挂参数选择

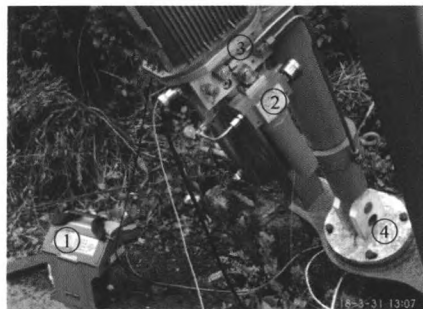
贺小龙 罗天洪 王盛学 伍国果 唐帮备 汪群生



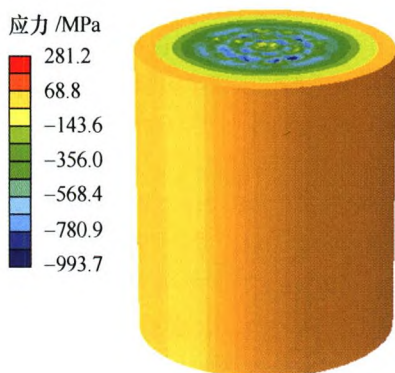
摘要: 为了获得最优高速列车牵引电机冷却风机双层悬挂参数, 对轮轨和设备激励共同作用下的风机悬挂参数选择进行研究。建立车辆-设备动力学模型, 并对系统振动响应进行积分求解, 探讨刚、弹性悬挂, 单、双层悬挂风机的振动特性。根据风机、框架悬挂参数对系统振动特性的影响筛选出最优悬挂参数取值范围, 基于风机、框架悬挂参数匹配关系确定最佳悬挂频率比。研究表明, 风机系统悬挂参数对车辆舒适度影响较小, 但会影响风机系统振动, 风机采用双层弹性悬挂能显著降低自身振动, 当框架悬挂频率比取 0.7~0.9, 风机悬挂频率比取 1.8~2.0 时风机系统能获得较好振动水平。根据悬挂参数匹配关系, 最终确定风机、框架最优悬挂频率比分别为 1.8、0.9。



摘要: 体积弹性模量是气液混合流体的基本属性之一,但现有模型与流体压缩和膨胀过程中动态体积弹性模量的匹配度仍有待进一步提高。采用集中参数法,以完全空化模型为基础,结合改进的 Henry 定律和气体多变过程方程,确定气液混合流体动态体积弹性模量理论模型(Model1)。计算结果表明,由于压缩和膨胀过程中混合流体中自由气体的含量不同,动态体积弹性模量出现较为明显的“迟滞”现象,在相同压力下,压缩过程的计算结果均小于膨胀过程。由参数影响分析可知,不论是压缩过程还是膨胀过程,压力变化周期相同时,初始含气率越高,相同压力下的动态体积弹性模量越小;初始含气率相同且压力高于空气分离压时,压力变化周期越长,相同压力下的动态体积弹性模量越大,且当压力超过空气分离压的时间足够长时,气液混合流体所含空气完全溶解,体积弹性模量基本保持不变。将试验结果与 Model1 模型、三种稳态模型和另一种动态模型(Sakama 模型)进行对比,在压缩与膨胀过程中 Model1 模型与试验数据间的拟合优度分别为 0.976 3 和 0.985 9, Sakama 模型与试验数据间的拟合优度为 0.969 7 和 0.952 1,说明 Model1 模型与试验结果更接近,提高动态体积弹性模量预测的准确性。本项研究可为气液混合流体动态体积弹性模量的准确计算提供理论依据。



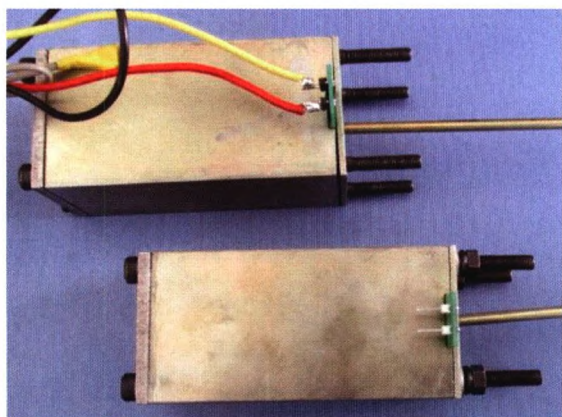
摘要: 500 m 口径球面射电望远镜(Five-hundred-meter aperture spherical radio telescope, FAST)促动器液压系没有过滤设计,随着运行时间的增长,设备的油液清洁度等级普遍超过设计许用范围,对其可靠性和使用寿命构成严重影响。针对该问题,提出液压系统动态平衡过滤概念,建立促动器液压系统污染控制数学模型,结合促动器现有条件设计了外挂式过滤系统方案。Matlab 软件仿真显示,安装外挂式过滤系统后,液压促动器经 10 次工作循环达到动态平衡,油液清洁度等级为 NAS6 级。样机试验表明,理论和试验结果一致性较好,验证了污染控制模型建立的准确性和外挂式过滤系统方案的有效性。通过理论分析与试验相结合的方法,为 FAST 液压促动器油液污染问题处理提供了一种有效的外挂式过滤系统解决方案,也为类似液压系统油液污染控制研究提供参考。



摘要: 针对前混合水射流的液固湍动特性与喷丸过程多重非线性耦合作用行为, 提供一种射流喷丸强化残余应力场的有限元分析法。采用液固两相流动理论与计算流体动力学方法分析喷嘴内流特性, 建立射流多弹丸喷丸模型; 基于弹丸速度冲击载荷加载制度, 利用多线性各向同性强化弹塑性模型, 应用动态接触对称罚函数法, 运用 ABAQUS 软件模拟不同弹丸数量作用下射流喷丸在 45 钢材料表层产生的残余应力场, 获得残余应力场的分布规律及残余应力沿深度的变化规律; 得出射流喷嘴内流呈均质流型, 不同弹丸数量射流喷丸在材料表层产生的径向残余应力沿深度的变化规律相同, 但在材料表面产生的径向残余压应力值受喷丸模型影响较大, 对弹丸分三层排列、相邻弹丸之间径向和周向中心距离均为弹丸半径的多弹丸喷丸模型, 数值模拟获得的表面径向残余压应力值与射流喷丸试验数据基本吻合。

233 新型高性能动圈式电液比例阀及其性能

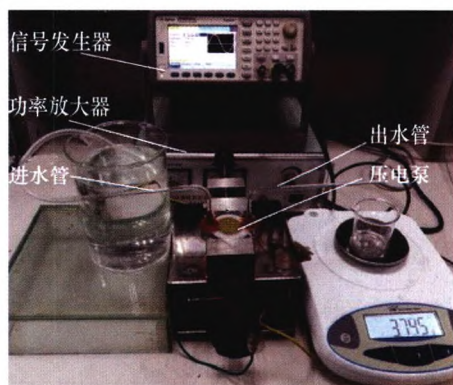
许小庆 权龙 王旭平



摘要: 动铁式比例电磁铁作为电液比例阀的机电转换器, 其电磁力本身对铁心位移是非恒定的, 其恒定化是研究人员研究的重点之一, 并因为铁心的存在导致其线圈电感很大, 不利于提高电路的响应速度。为研制高性能电液比例阀/电液伺服比例阀, 在前期完成了研究动圈式比例电磁铁及其相关理论的基础上, 研制出高性能动圈式比例电磁铁样机, 提出了利用动圈式比例电磁铁组成电液比例阀的结构方案, 分析具有所提结构的电液比例阀的主要性能, 提出了相应的动静态性能试验研究方案, 并对这种结构方案进行试验研究。研究表明, 利用所研制的动圈式比例电磁铁组成比例阀的方案具有动静态性能高的优点, 所研制的比例电磁铁静态具有非常好的恒力特性, 开环情况下被控阀芯位移对 100% 输入信号的阶跃响应时间不超过 15 ms。研究结果对研制高性能电液伺服比例阀具有积极意义。

239 螺线形流管无阀压电泵的试验研究

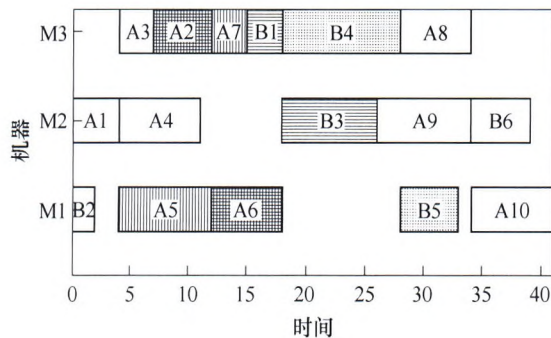
王颖 张建辉 刘志玲 刘永强



摘要: 流体在螺线形流管中流动时受到的哥氏力, 能够增强流体的传质效果, 实现输送流体的功能。研究表明进出流管一侧为斜线另一侧为螺旋线的单螺线形流管无阀泵具有泵功能, 而进出流管形状为异向螺线时相较于单螺线形流管哪种泵输出性能更优, 以及进出流管形状为同向螺线形时是否具有“泵”功能, 或者其输出是否低于异向螺线形流管无阀泵, 却没有相关研究。为了更好地发挥螺线形流管在无阀压电泵中的优势, 拓展该种类无阀泵的应用场合, 需要进一步探讨螺线形流管的布局方式对泵输出性能的影响。分析流体在螺线形流管内部的流动情况, 推导顺、逆时针流动时的速度差公式, 认为螺线形流管无阀泵流量是由进、出水流管的流阻差造成的。利用 3D 打印技术, 设计制作同向螺线、异向螺线以及单螺线形流管三种不同流管布局的无阀压电泵, 测量不同频率下三种泵的流量。发现相同电压下, 单螺线形流管无阀泵的流量最大, 且其最佳工作频率也最大; 同向螺线形流管无阀泵也有泵输出, 但是输出量很小; 当螺线形流管无阀泵的驱动功率较小, 其驱动力不足以抵抗流管沿程的流阻损失时, 反而体现不出其螺线形流管的优势。

246 基于虚拟零部件的零等待约束复杂产品综合调度算法

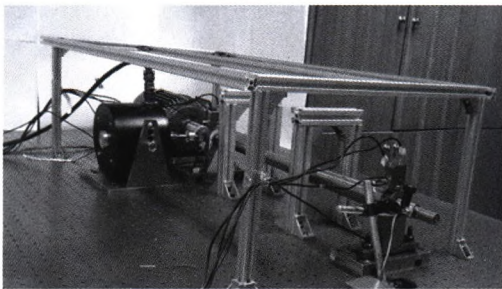
郭伟飞 雷琦 宋豫川 吕向飞 李磊



摘要: 针对复杂产品实际生产中工序间存在零等待约束的综合调度问题, 提出一种基于设计结构矩阵和遗传算法的综合调度算法。该算法在提出零等待虚拟零部件、非零等待虚拟零部件、叉点虚拟零部件以及子虚拟零部件等概念的基础上, 设计一种更为有效的基于数字化虚拟零部件下三角设计结构矩阵的编码方式, 不仅满足了复杂产品的加工装配顺序约束关系, 而且体现了工序间存在的零等待约束; 设计了能满足加工装配顺序约束的遗传算子, 避免了不可行子代个体转化操作; 提出一种满足零等待约束的解码方法, 且能确保染色体经过解码后能够产生主动调度。与现有算法进行对比试验, 结果表明所提出的调度算法对于存在零等待约束的复杂产品综合调度问题具有良好的求解速度和质量。

258 变截面轴中弹性波传播特性试验研究

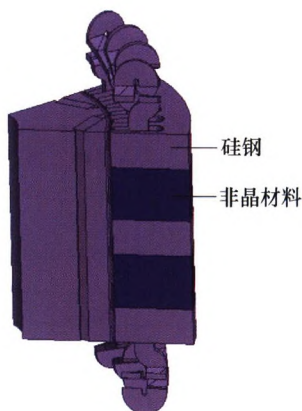
魏义敏 潘骏 杨世锡 陈文华 赵志伟



摘要: 在对大型旋转机械转轴进行状态监测时, 振源的振动需要通过轴等的传播后进行间接测量, 振动信号在轴中传播时也可能发生变化, 因此有必要对轴中弹性波的传播特性进行研究。轴中弹性波的传播特性则受到轴本身几何尺寸、形状等因素的影响, 同时转速也可能对弹性波在转轴中的传播特性产生影响。在理论研究的基础上搭建试验系统, 研究变截面轴截面变化形式、端面面积比以及转速对弹性波传播特性的影响。试验结果与理论分析结果吻合, 证明了轴截面面积变化、面积比以及转速对弹性波的传播特性存在影响。

265 定子混合叠压再制造电机转矩优化分析

宋守许 胡孟成 李诺楠 杜毅



摘要: 永磁同步电机铁心再制造研究较少, 性能提升困难, 寻求切实可行的铁心性能再制造提升方案具有重要意义。利用旧电机硅钢材料与新型非晶合金材料制成再制造混合叠压定子, 分析再制造前后电机性能变化, 提出转矩叠加优化方法并对转矩进行优化分析。混合叠压再制造后, 电机损耗大幅降低, 效率有所提升, 转矩有所减小; 再制造电机转矩随着定子齿宽、绕组匝数以及电流的增大而增大; 通过参数化扫描与正交分析方法, 对再制造电机进行基于定子槽型尺寸与电流变化的转矩与损耗综合优化分析, 确立再制造电机转矩优化方案为电机定子齿宽减小 0.8 mm, 槽高增大 1.2 mm, 额定电流减小 1.7 A; 电机台架试验测试表明, 与原电机相比, 优化后再制造电机转矩基本不变, 效率有所提升, 验证了优化方案与仿真结果的有效性。混合叠压定子的研究为电机再制造研究及铁心性能提升方法研究提供了新的思路。

24 第9届上银优秀机械博士论文奖——铜奖

84 第9届上银优秀机械博士论文奖——铜奖

CONTENTS

- 1 Structural Health Monitoring of Pressure Vessel Based on Guided Wave Technology. Part I: Wave Propagating and Damage Localization**
 YANG Bin HU Chaojie XUAN Fuzhen LUO Chengqiang XIANG Yanxun XIAO Biao
- 11 Kinematic Geometry Principles and Invariants Method for Rotational Accuracy Measurements and Evaluations**
 WANG Zhi DONG Huimin WANG Delun
- 25 Magnetic Mixing Detection Method for Early Fatigue Damage of Ferromagnetic Materials**
 JIAO Jingpin CHANG Yu LI Guanghai WU Bin HE Cunfu
- 35 Smart Failure/Fault Diagnosis and Influence Analysis for Mechanical Equipment with Multivariate Gaussian Bayesian Method**
 ZHU Jianxin CHEN Xuedong LÜ Baolin WANG Yifang QIAO Song CHEN Jiahong
- 42 Method for Roundness Error Evaluation Based on Minimum Zone Method**
 YUE Longlong HUANG Qiangxian MEI Jian CHENG Rongjun ZHANG Liansheng CHEN Lijuan
- 49 Theoretical Calculation and Numerical Simulation on Roller Die Drawing Force of High Pressure Cylinder**
 ZHAO Changcai YUAN Rongjuan HAO Haibin HU Limei JIA Xiangdong
- 57 Prediction of Critical Wrinkle Instability of Thin Plates by Combining Energy Method Theory with Numerical Simulation**
 DU Bing SONG Pengfei XIE Jun ZHAO Changcai GUAN Fenglong
- 65 Thermodynamic Performance Test and Phenomenological Constitutive Model of NiTiNb Shape Memory Alloy**
 CHEN Xiang CHEN Wei LU Sheng JIN Xiaoqing MA Wensheng ZHAO Yang
- 76 Drag Reduction Characteristics of the Self-excited Oscillation Pulse Jet Based on Shear Vortex Motion**
 WANG Zhaohui RAO Changjian SUN Xiao GAO Quanjie
- 85 Evolution Law of Coupling Evolvement Mechanism of Vortex Field Induced by Typical Hilly Terrain and Wind Turbine**
 SHI Junjie XU Chang LEI Jiao LI Linmin XUE Feifei HAN Xingxing
- 95 Analysis of Backflow Vortex and Cavitation of High Speed Centrifugal Pump**
 SONG Wenwu SHI Jianwei WEI Lichao HU Shuai LUO Xu CHEN Jianxu
- 104 Robust Lateral Control of Intelligent Vehicle in the Human-machine Sharing Based on μ -synthesis**
 XIE Youhao WEI Zhenya ZHAO Linfeng WANG Jiaen CHEN Wuwei
- 115 Active Collision Avoidance Adaptive Control Based on Identification of Different Emergency Conditions**
 WANG Yan YIN Guodong GENG Keke DONG Haoxuan LIU Shuaipeng CHEN Nan
- 125 Path Planning of Autonomous Parking Based on hp-adaptive Pseudospectral Method**
 QIAN Lijun WU Bing QIU Duoyang HU Weilong

- 135 Load Characteristics of Axle Box Bearing Raceway of High-speed EMU**
ZHA Hao REN Zunsong XU Ning
- 143 Simulation Analysis on Ventilation Performance of Equipment Cabin Grille of High Speed Train**
CAI Lu ZHANG Jiye LI Tian
- 151 Simulation of Temperature Field of Ring-block Friction Based on Rotating Heat Flux Method and Uniformly Distributed Heat Flux Method**
ZHANG Jinyu YU Dalian LIU Shaoqing TIAN Aiqin
- 160 Semi-active Suspension Applied on Carbody underneath Suspended System of High-speed Railway Based on Optimal Control Theory**
WANG Qunsheng ZENG Jing ZHU Bin WU Yi WANG Yong
- 168 Transfer Path Analysis of Interior Noise above Bogie Area of High-speed Train**
GAO Yang ZHU Ziwei XIE Suming NIE Jiaying HAN Jian XIAO Xinbiao WANG Jintian
- 177 Study on Aerodynamic Characteristics and Comparisons of High-speed Pantograph in Knuckle-downstream or Knuckle-upstream Direction**
LI Tian QIN Deng ZOU Dong ZHANG Jiye ZHANG Weihua
- 185 Study on the Aerodynamic Performance of the High-speed Train under Strong Wind and Rainfall Environment**
YU Mengge LI Haiqing LIU Jiali LI Tian
- 193 Numerical Simulation on Air Resistance of High-speed Train Passing through Tunnel**
JIA Yongxing JING Jing MEI Yuanguai
- 201 Suspension Parameters Selection of Traction Motor Cooling Fan for High Speed Train**
HE Xiaolong LUO Tianhong WANG Shengxue WU Guoguo TANG Bangbei WANG Qunsheng
- 209 Research on Theoretical Model of Dynamic Bulk Modulus of Elasticity of Gas-liquid Mixed Fluid**
YUAN Xiaoming WANG Chu ZHU Xuan ZHANG Lijie
- 218 Filtration System for Hydraulic Actuators of FAST**
LEI Zheng WANG Qiming GAN Hengqian ZHU Ming JIANG Peng
- 224 Numerical Simulation of Multi-shot Shot Peening Models and Residual Stress Field of Premixed Water Jet**
DONG Xing LIU Yuqing DUAN Xiong
- 233 New High Performance Electro-hydraulic Proportional Valve and Its Performance**
XU Xiaoqing QUAN Long WANG Xuping
- 239 Experimental Studies on Valveless Piezoelectric Pump with Spiral Flow Tubes**
WANG Ying ZHANG Jianhui LIU Zhiling LIU Yongqiang
- 246 Integrated Scheduling Algorithm of Complex Product with No-wait Constraint Based on Virtual Component**
GUO Weifei LEI Qi SONG Yuchuan LÜ Xiangfei LI Lei
- 258 Experimental Study about the Propagation Characteristics of the Elastic Wave in Rod with Non-uniform Cross-section**
WEI Yimin PAN Jun YANG Shixi CHEN Wenhua ZHAO Zhiwei
- 265 Torque Optimization Analysis of Stator Hybrid Laminated Remanufacturing Motor**
SONG Shouxu HU Mengcheng LI Nuonan DU Yi

《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)

