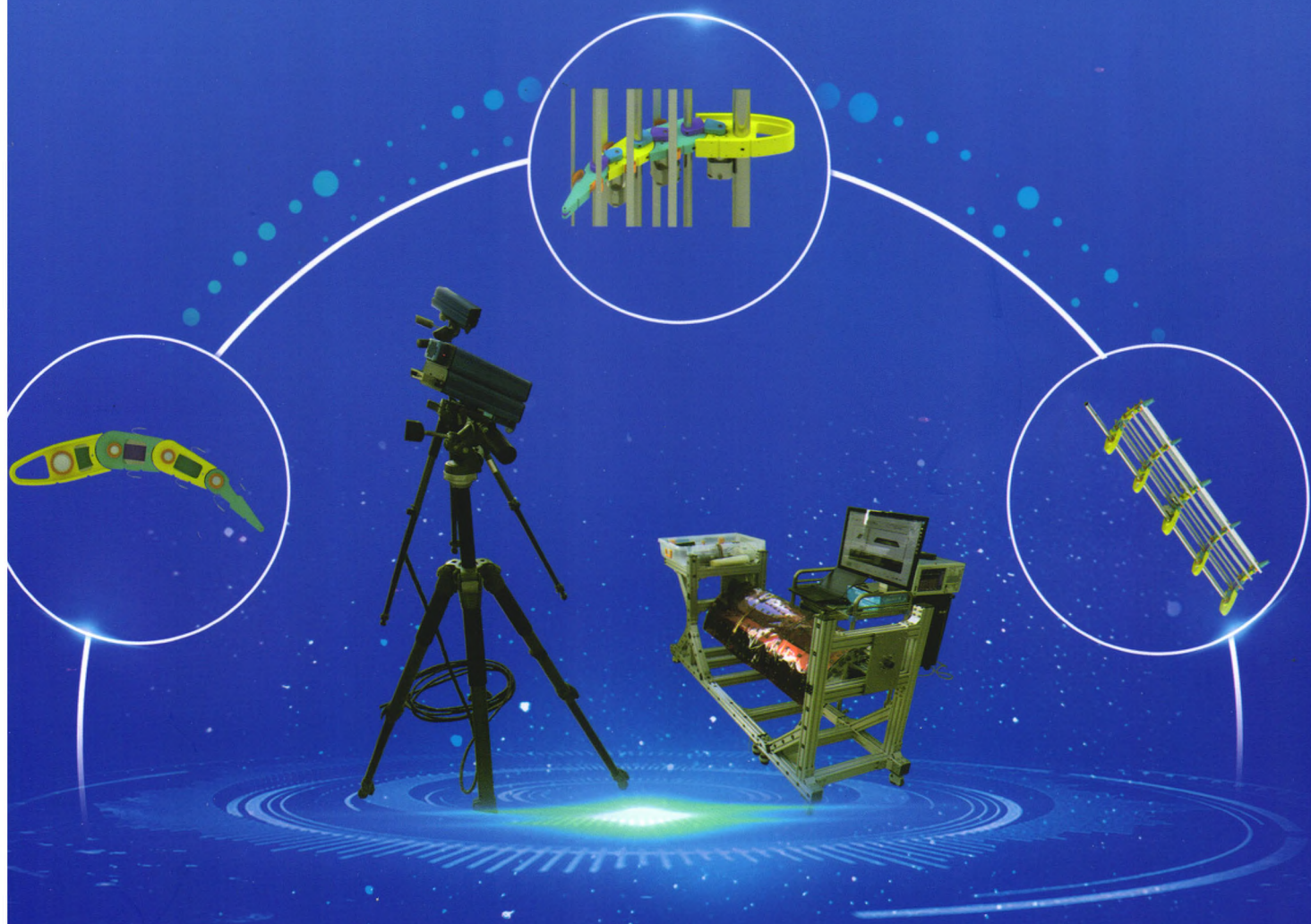


机械工程学报[®]

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

智能柔性变形机翼技术的应用与发展

祝连庆 孙广开 李 红 董明利



中国机械工程学会

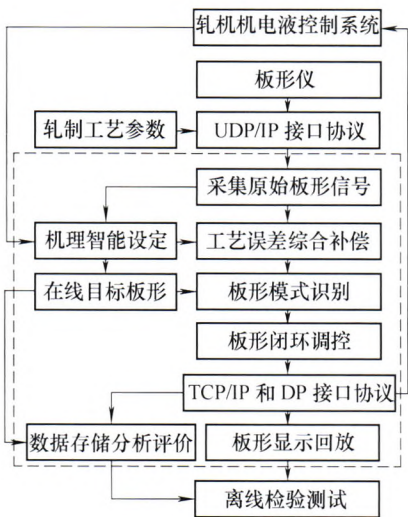
万方数据

2018年54卷14期 半月刊

仪器科学与技术

1 冷轧带钢虚拟仪器板形测控系统及其应用

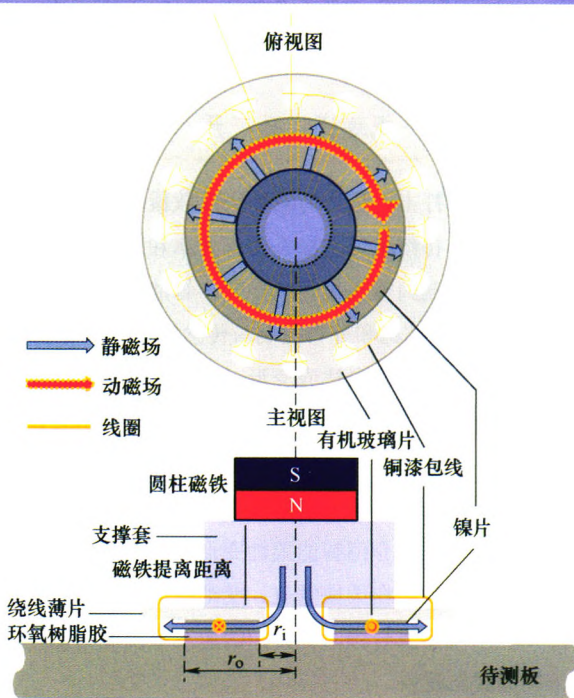
杨利坡 于华鑫 张永顺 刘宏民



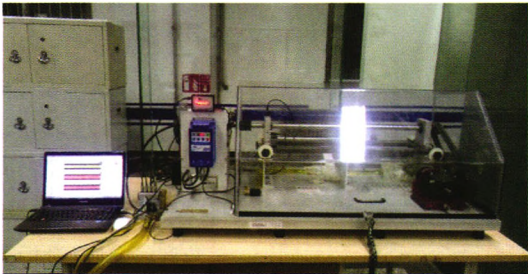
摘要: 针对大宽厚比冷轧带钢复杂板形测控问题,从板形检测单元划分、工艺误差综合补偿、非对称高次板形模式识别、板形统计评价和板形手段协同调控等角度,详细地分析了影响板形测控精度和调控效率的物理机制,并基于机理-智能协同调控模型和虚拟仪器平台,研制了新型的冷轧带钢智能板形测控系统。首先,细化板形检测单元有助有改善带钢边部板形的检测效果,同时还能提高复杂板形缺陷的识别精度;其次,根据各板形控制手段的响应时间和调控特性,实施分层次的组合调控策略,能够充分利用各板形控制手段的调控潜力,避免不同板形控制手段的性能冲突;此外,对在线板形实施智能统计评价,可以准确评估轧机板形控制特性和轧后带钢板形指标,有助于优化板形测控模型。工程案例表明,新型的虚拟仪器板形测控系统闭环周期缩短在 100 ms 以内,板形控制在 6 I 以内。

8 基于全向性 SH_0 模态磁致伸缩贴片型传感器阵列的铝板缺陷成像研究

刘增华 钟栩文 李欣 何存富 吴斌



摘要: 板材在生产、运输或使用过程中易产生缺陷,影响板材的使用并造成安全隐患。采用传感器阵列成像技术能够直观、清晰地显示出缺陷的相关信息。 SH_0 模态在铝板中传播时无频散现象,波速恒定,在对信号进行处理时,不需要考虑频散特性带来的影响,有利于缺陷定位和成像。基于磁致伸缩换能机理,研制出一种能在板中激励接收 SH 波最低阶模态即 SH_0 模态的磁致伸缩贴片型传感器,并测试其全向性。以工程中应用广泛的铝板作为研究对象,运用研制的全向性 SH_0 模态磁致伸缩贴片型传感器布置成分布式传感器阵列。利用椭圆成像算法,实现了铝板中不同直径的模拟缺陷成像检测,探究了全向性 SH_0 模态磁致伸缩贴片型传感器阵列的检测能力,并基于 ROC 曲线设定成像通用阈值,提高了缺陷成像质量。



摘要：针对设备故障信号的非线性、非平稳特征，提出了基于快速变分模态分解、参数优化多尺度排列熵和特征加权 GK 模糊聚类的故障诊断方法。首先，在变分模态分解的基础上，引入快速迭代的思想，提出快速变分模态分解方法，以减少算法运行时间与迭代次数；其次，针对多尺度排列熵算法的参数确定问题，综合考虑参数之间的交互影响，提出一种基于多作用力微粒群算法的参数优化方法，并通过快速变分模态分解和参数优化多尺度排列熵算法提取故障特征；之后，考虑到样本特征矢量中各维特征在聚类过程中的贡献不同，提出基于 ReliefF 特征加权的 GK 模糊聚类方法，由特征加权 GK 模糊聚类确定标准聚类中心，通过择近原则实现故障模式的分类识别；最后，以在机械故障实验平台上采集到的轴承不同故障类型的振动信号为研究对象，应用所提方法进行分析。结果表明，相对于改进前的变分模态分解、多尺度排列熵和 GK 模糊聚类方法，本文所提方法不仅能够有效提取故障特征，还能准确实现故障模式的分类识别，而且故障识别率得到提高。

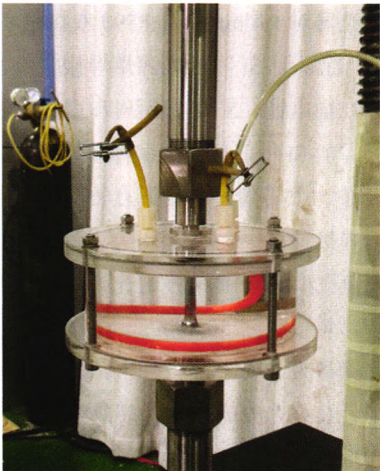
材料科学与工程



摘要：军事侦察打击、远程运输和医疗救援对飞机的性能要求不断提高，传统机翼在提升飞行效率和任务适应性等方面存在瓶颈，制约着飞机性能提升。智能柔性变形机翼将柔性材料、变形结构和分布控制与传感等技术结合起来，实时感知载荷和姿态并自适应变形，在不同环境和任务下都获得优异性能，对克服传统机翼不足、提升飞机性能具有重要作用。目前，国内外学者已开展相关研究，虽然取得一定进展，但是存在若干问题限制了技术的应用发展，亟待探讨解决方法。介绍智能柔性变形机翼的研究现状，分析关键问题，指出在柔性蒙皮、变形机构、分布控制、智能感知和系统集成与协同等方面的研究重点和方法，并对未来发展提出建议。

43 FV520B 钢在湿 H₂S+Cl⁻环境中的腐蚀疲劳性能

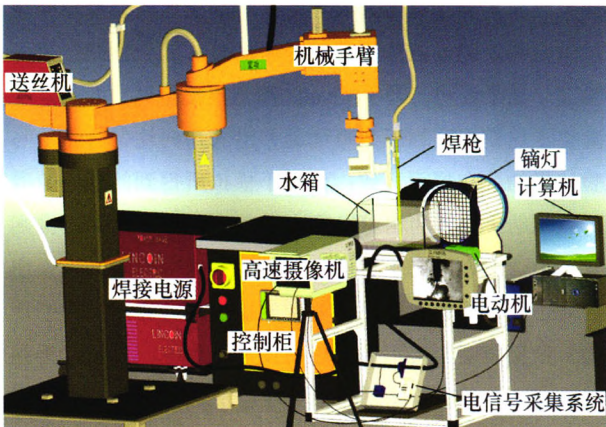
魏仁超 陈学东 范志超 聂德福 吴乔国 金有海



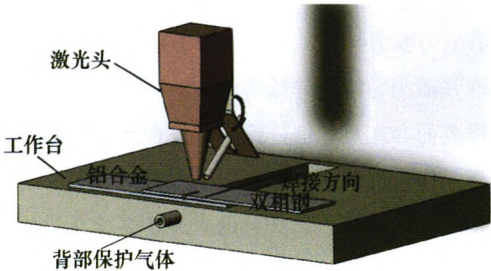
摘要：针对离心压缩机叶轮叶片疲劳寿命研究的需要，考虑到服役环境对疲劳寿命的影响，开展叶轮典型材料 FV520B 钢在湿 H₂S+Cl⁻环境中的腐蚀疲劳试验研究，结合断口形貌观察分析其疲劳失效机理，建立疲劳寿命预测模型。结果表明，FV520B 钢在湿 H₂S+Cl⁻环境中的疲劳性能相较于大气环境大幅下降，并随着环境中 H₂S 浓度升高而下降；随着应力幅值降低，介质中的 H₂S 对疲劳性能的影响逐渐显现并随应力幅值降低而增大。疲劳断口形貌观察表明，试样表面存在点蚀坑，疲劳裂纹在点蚀坑处萌生并扩展。最后，在点蚀演化寿命预测模型的基础上，结合氢对疲劳演化过程的影响，建立考虑应力及腐蚀介质共同作用的疲劳寿命预测模型，预测结果与试验数据吻合较好。该模型可为湿 H₂S+Cl⁻环境下材料的疲劳寿命预测提供基础支持。

50 基于电弧气泡调控的水下湿法焊接稳定性研究

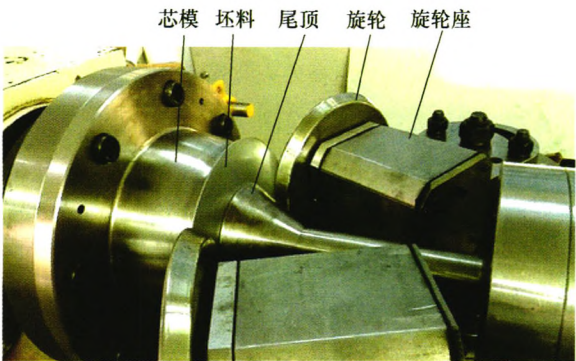
王建峰 孙清洁 张 顺 刘一搏 冯吉才



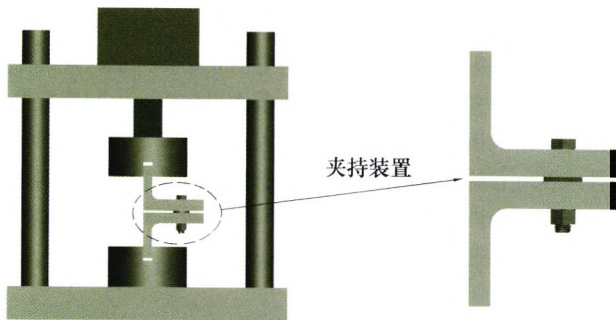
摘要：为利用机械约束装置实现对水下湿法焊接过程中电弧气泡周期性上浮的可控调节，开展了机械约束装置辅助水下湿法焊接试验。采用高速摄像观察电弧气泡的动态行为，利用传感器采集施加机械约束装置时瞬时焊接电流、电弧电压值，通过光学显微镜分别观察焊缝截面尺寸和焊接接头微观组织，并与相同参数下常规水下湿法焊接进行对比。研究表明，机械约束装置能够实现对电弧气泡的可控调节，克服电弧气泡上浮破裂所带来的湿法焊接过程不稳定的问题。随着机械约束高度的降低，电流电压波动程度减弱，电弧稳定性明显提高。同时，机械约束装置的施加能够增大焊缝横截面尺寸，减小焊缝余高，并且减少焊缝和热影响区脆硬组织的含量。分析认为，机械约束装置通过增大电弧气泡尺寸，降低了熔池表面与动态水环境的直接热传导，进而延缓了水下湿法焊接接头的冷却速度，产生了优异的工艺效果。



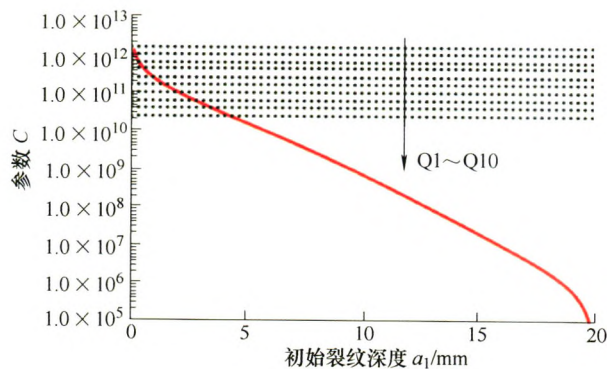
摘要：钢/铝结构件在现代交通领域具有广泛应用前景，易生成脆性 Fe-Al 化合物是钢/铝异种金属焊接亟待解决的难题。采用光纤激光器对 1.4 mm 厚 DP590 双相钢和 1.2 mm 厚 6016 铝合金进行添加 Si 粉激光深熔焊接实验，利用卧式金相显微镜、扫描电镜、X 射线衍射和微机控制电子万能试验机等研究添加 Si 粉前后焊接试样金相组织、断口形貌、界面元素分布、主要物相与接头力学性能，采用高速摄像机同步拍摄焊接过程中金属蒸汽/等离子体形貌，采用光谱仪采集金属蒸汽/等离子体的发射光谱。结果表明，激光功率 2 000 W，焊接速度 50 mm/s，离焦量+2 mm，Ar 气为保护气体且流量为 15 L/min 条件下，添加 Si 粉焊接试样焊缝表面成形性良好，没有气孔、裂纹等缺陷，焊接接头平均线载荷 108 N/mm，与没有添加 Si 粉相比，线载荷提高 8%。由于添加 Si 粉增大焊接试件对激光能量吸收，增加焊接熔深，熔宽两侧 Al 含量变化不大，焊接区晶粒未粗化，钢、铝熔池流动性得到改善，钢/铝界面层厚度降低，Si 与 Fe、Al 发生冶金反应形成延性 $Al_{0.5}Fe_3Si_{0.5}$ 新相，抑制或减少脆性 Fe-Al 化合物生成，因此添加 Si 粉能改善焊接接头力学性能。



摘要：破裂是剪切旋压时最主要的失效形式。为实现对剪切旋压时破裂的精确预测，根据剪切旋压成形时变形区材料的受力特点，提出对基于材料压缩变形塑性本构模型的 Oyane 准则进行研究。以 DP600 高强钢为研究对象，通过 ABAQUS 软件的 VUSDFLD 子程序二次开发，将 Oyane 准则耦合到剪切旋压有限元模型进行断裂损伤的计算及断裂阈值的判断。通过椭圆形芯模旋压试验对断裂预测结果进行验证。结果表明，基于 Oyane 准则模拟得到的断裂危险位置位于已变形区靠近变形区处并沿着切向均匀分布，与试验结果的分布规律一致；但基于模拟所得到的极限减薄率与试验结果之间的相对误差达到 33.8%。在 Oyane 准则的基础上，通过考虑平均应力和最大剪切应力对韧性损伤过程的影响，构建出适用于剪切旋压成形的修正韧性断裂准则。结果表明，采用修正后的韧性断裂准则，模拟得到的极限减薄率与试验结果的相对误差仅为 15.9%；与 Oyane 韧性断裂准则相比，相对误差减小了 17.9%。获得适用于剪切旋压时的韧性断裂准则，为金属剪切旋压成形破裂的精确预测奠定理论基础。



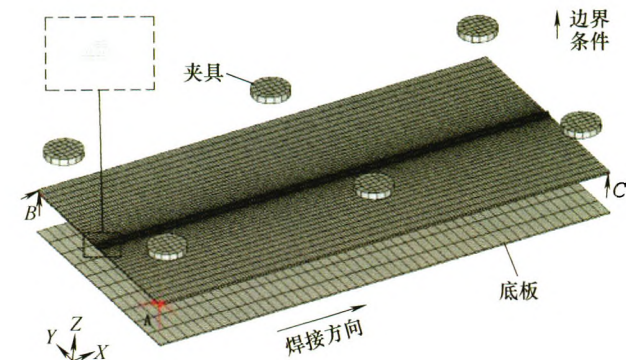
摘要：在不同试验参数下，采用自主设计的螺栓加载装置，系统地开展偏心载荷作用下螺栓连接结构的松动试验。通过获取螺栓轴向力时变曲线，研究偏心载荷作用下螺栓连接结构的松动行为；运用三维显微镜(Optical microscope, OM)、扫描电子显微镜(Scanning electron microscope, SEM)以及 X 射线电子能谱仪(Energy dispersive X-ray, EDX)等分析方法对试验后的螺纹接触表面进行损伤形貌分析，深入讨论螺纹接触界面的微动运行行为(微观滑移和微动磨损)对螺栓松动的影响规律，进一步揭示螺栓连接结构的松动机理。结果表明：在偏心载荷作用下，螺栓轴向力表现出明显的下降趋势，但拧松力矩变化较小。螺栓轴向力的下降过程可以分为两个阶段：① 由于螺纹接触表面粗糙峰被去除和连接结构的塑性变形，轴向力迅速下降；② 由于材料的棘轮效应，塑性变形趋于安定极限，螺纹接触面之间的微动磨损导致螺栓轴向力缓慢下降。螺纹接触面之间的损伤机制主要表现为疲劳磨损，并伴随磨粒磨损和黏着磨损。此外，运用 ABAQUS 对试验过程进行数值模拟，其计算结果与试验结果相互吻合。



摘要：针对含裂纹焊接结构的疲劳评定，基于断裂力学的传统方法依据 Paris 公式需多次迭代计算估计结构寿命，计算量较大、耗时较长，不利于对工程问题做出及时快速决策。通过含裂纹结构疲劳强度与 S-N 曲线的等效关系，建立含裂纹结构的质量等级方法，实现快速疲劳评定。针对无限长裂纹，推导计算出与 S-N 曲线对应的含无限长裂纹结构质量等级，确定不同质量等级下无限长裂纹的允许深度。进而，针对有限尺寸裂纹进行疲劳裂纹扩展分析计算，基于等疲劳强度和等疲劳寿命建立无限长裂纹的等效方法，获得有限尺寸裂纹对应的等效无限长裂纹深度。以轴向载荷下含表面裂纹板为对象，采用该方法计算出一系列板厚下不同质量等级的无限长裂纹允许深度，以及不同裂纹形状比的等效无限长裂纹深度，形成裂纹尺寸等效图和无限长裂纹质量等级图。采用该方法对一典型含裂纹结构进行疲劳评定，并与基于断裂力学的传统方法进行比较，验证了质量等级方法的可行性。研究方法将有助于质量等级方法在含裂纹结构疲劳评估中推广应用，对实现含裂纹设备疲劳寿命的快速评估具有重要意义。

90 外部拘束条件下 Q345 钢单道堆焊接头面外变形机理的探讨

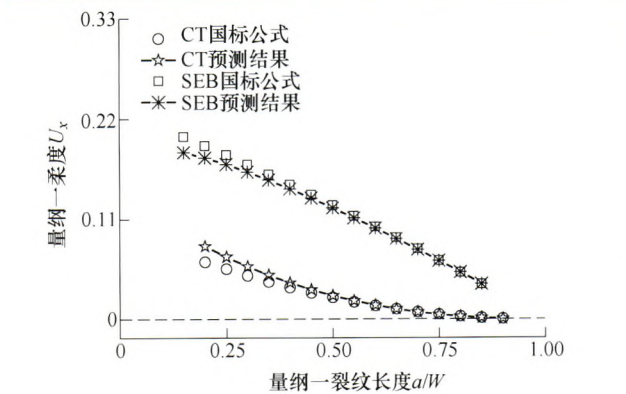
刘剑桥 李滋亮 任森栋 梁伟 邓德安



摘要：采用数值模拟和试验手段相结合的方法研究外部拘束对低合金高强钢 Q345 单道堆焊接头面外变形影响的机理。基于有限元软件 ABAQUS 平台，开发同时考虑材料非线性、几何非线性与接触非线性的热-弹-塑性有限元算法来模拟板厚为 2 mm 和 4 mm 的低合金高强钢薄板单道堆焊的温度场、残余应力和焊接变形。同时，采用试验方法测量了薄板接头的面外变形。通过比较试验结果和模拟结果，验证了所开发的有限元计算方法的有效性。分析自由状态和外加约束条件下接头的面外变形模式；比较中央截面平均压应力和其临界失稳应力的数值；研究不同拘束位置对纵向塑性应变和横向塑性应变分布的影响。结果表明，在薄板发生失稳变形时，外加拘束对面外变形的控制作用不明显；而在薄板未发生失稳变形时，外部拘束能够明显减小面外变形。

98 基于能量等效原理的 K 因子、柔度统一模型

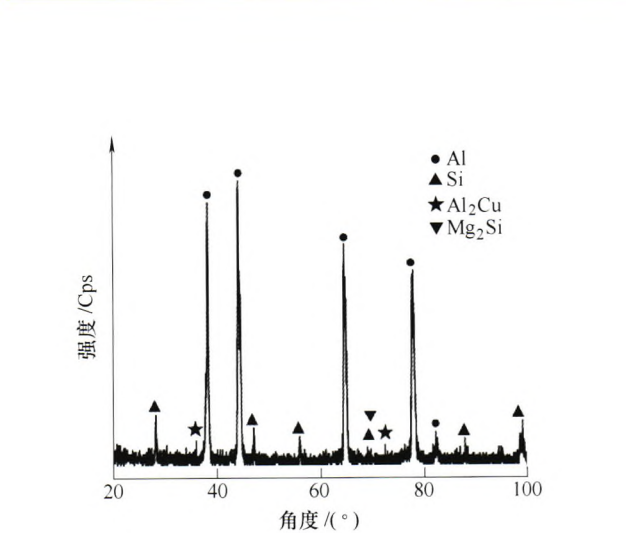
贺屹 蔡力勋 陈辉



摘要：当前常用裂纹试样的 K 因子和柔度 C 表达形式各异且参数的数量较多，有的裂纹试样 K 因子和柔度式中参数达到或超过 6 个，不利于计算；对于非标准试样的 K 因子和柔度 C 表达式的获取主要根据有限元分析数据而采用回归和拟合的方式，比较繁冗。针对 9 种 I 形裂纹试样，基于 Chen-Cai 能量等效原理提出仅有 2 或 3 个参数的 K 因子、柔度 C 的统一模型。结果表明， K 因子和柔度 C 统一模型与文献式、有限元结果吻合良好。统一模型的建模方法简便有效，便于工程应用，对于获得各类异型小试样的 K 因子和柔度 C 的半解析表达式十分方便。

107 喷射沉积 Al-7Si-0.5Cu-0.5Mg 热变形行为研究

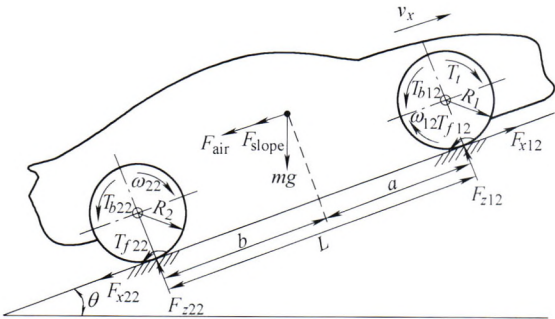
郑惠锦 彭云 阎璐 朱若凡



摘要：亚共晶铝硅合金因具有轻质、耐腐蚀、高的比强度和优异力学性能等优点，被广泛应用于航空、航天、军事及汽车工业领域。利用喷射沉积技术制备亚共晶 Al-7Si-0.5Cu-0.5Mg 合金，通过高温压缩试验结合微观组织分析，研究温度和应变速率对沉积态亚共晶铝硅合金热变形行为的影响规律，最终确定沉积态合金优化的致密化工艺参数。研究发现，采用双曲线正弦函数建立的沉积态合金的本构方程，能够准确描述沉积态合金的流变行为。喷射沉积合金主要由 Al 相、Si 相、 Al_2Cu 相和 Mg_2Si 相组成，硅相平均尺寸为 $8.5\text{ }\mu\text{m}$ 。当温度为 $300\text{ }^\circ\text{C}$ ，随着应变速率由 1 s^{-1} 减小至 0.001 s^{-1} ，合金的压缩应力由 112.19 MPa 减小至 61.26 MPa 。在应变速率为 0.001 s^{-1} 下，随着变形温度由 $300\text{ }^\circ\text{C}$ 升高至 $450\text{ }^\circ\text{C}$ ，合金压缩流变应力由 61.26 MPa 减小至 21.35 MPa 。合金在低应变速率(0.001 s^{-1})和相对较高的温度($450\text{ }^\circ\text{C}$)下变形时，由于相对充足的变形时间和铝基体较高的软化程度，导致组织中硅相尺寸增大，不利于合金性能的提高。沉积态合金最佳的变形参数为变形温度 $400\text{ }^\circ\text{C}$ ，应变速率 0.01 s^{-1} 。

116 基于多传感数据融合滤波的纵向坡度识别算法

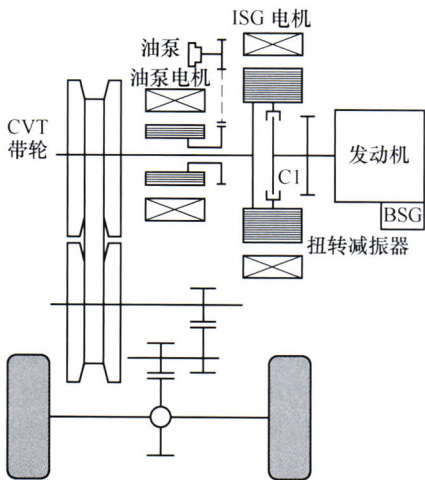
雍文亮 管欣 王博 卢萍萍



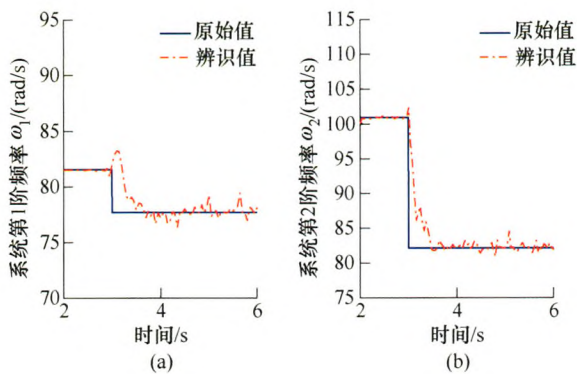
摘要：道路纵向坡度是汽车动力传动电控系统和底盘主动安全电控系统控制策略的关键参量。以往对道路坡度估算的研究大多假定坡度为常值，且采用单一传感信息估算纵向坡度。然而实际道路和汽车行驶工况复杂多变，易导致传感信号失真甚至错误，采用单一的坡度道路模型和传感信息很难保证坡度估算值的精度。建立定坡度和定坡度变化率两个道路模型，利用车辆纵向动力学和加速度传感两个量测，采用多传感数据融合滤波算法通过加权融合获得精确的坡度估计值。通过驾驶模拟器场地试验，验证了该方法能实时有效地对复杂道路坡度进行估计，辨识精度较高，为汽车先进电控系统控制策略提供基础。

125 基于电动油泵的混合动力 CVT 能耗对比分析

刘云峰 周云山 瞿道海 王建德 傅兵 张飞铁



摘要：为开发基于无级自动变速器(Continuously variable transmission, CVT)的混合动力变速箱液压系统，分析对比目前基于 CVT 的混合动力量产车型所采用的液压系统供油方案，结合混合动力变速箱实现纯电动行驶的功能需求及进一步降低液压系统能量消耗的需要，提出采用电动油泵作为混合动力 CVT 液压系统动力源的供油方案；并通过仿真方式对比电动油泵方案与其他几种供油方案在 NEDC 循环工况下的能量消耗情况，仿真表明采用电动油泵能够较其他方案减少更多的油泵能量消耗。为进一步验证采用电动油泵的节能效果，开发 1 台基于电动油泵的混合动力 CVT，并通过台架试验的方式测定采用电动油泵与机械油泵供油方案在 1 500 r/min 时的效率情况，结果表明电动油泵方案相比机械泵供油方案可以明显提升变速箱效率，在输入转矩 150 N·m 时，电动油泵方案能够较机械泵供油方案提升变速箱效率 3.72%。最后基于开发的混合动力变速箱搭载 1 台样车进行实车测试，验证采用电动油泵的实际可行性。



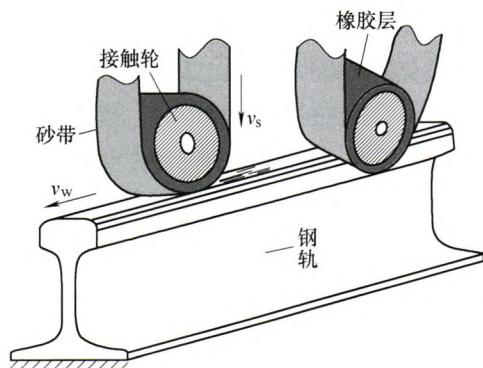
141 高速无人驾驶车辆最优运动规划与控制的动力学建模分析

刘 凯 龚建伟 陈舒平 张 玉 陈慧岩

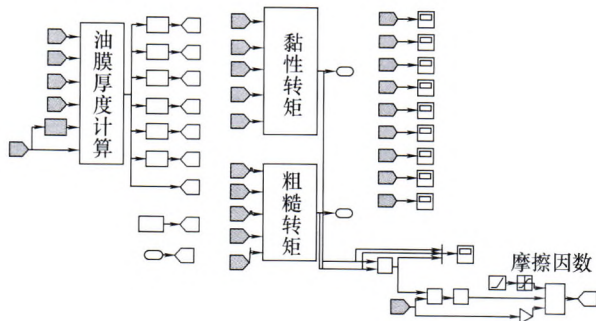
摘要：在高速无人驾驶车辆的运动规划与跟踪控制过程中，滑移和侧倾是很难克服的高度非线性约束，特别是在复杂地形条件下，容易导致车辆失稳甚至侧翻。通过研究地形因素对车辆转向特性和稳定性的影响，建立高速车辆的等效动力学模型，并提出了一种变步长的模型离散化方法，能够在保证及时动态响应的基础上，实现较长的轨迹预测时域以及计算的实时性。针对高速无人驾驶车辆的滑移和侧倾等动力学安全因素，通过对车辆稳定行驶状态进行分析，推导了基于包络线和零力矩点的高速车辆稳定性约束条件。根据在高速、滑移、侧倾等复杂约束下车辆安全行驶的要求，运用模型预测控制算法求解最优运动轨迹及跟踪控制序列，在保证道路环境约束的同时满足车辆的滑移和侧倾等稳定性约束。仿真试验表明，该方法可以有效的考虑道路曲率和地形对高速车辆动力学特性的影响，保证车辆无碰撞行驶，同时防止车辆出现滑移和侧倾等现象。

152 基于内凹型接触轮的钢轨砂带打磨静态接触行为与仿真研究

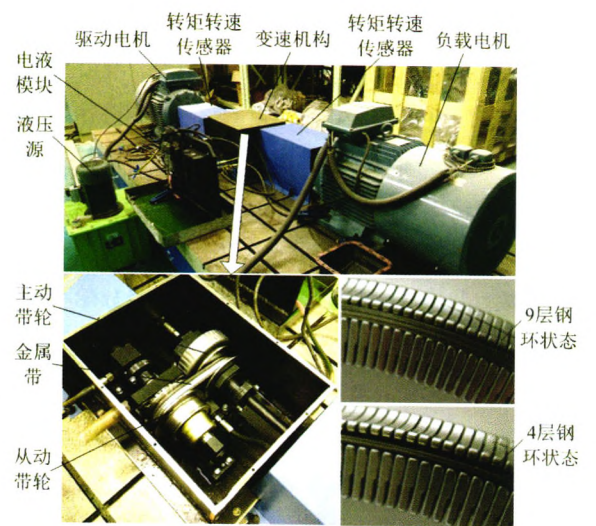
樊文刚 程继发 吴月峰 李建勇 宋晓阳



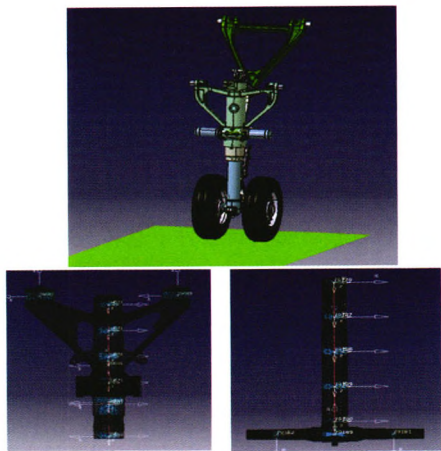
摘要：为揭示基于内凹型接触轮的钢轨砂带打磨静态接触行为，分析内凹型接触轮与钢轨接触几何关系，建立内凹型接触轮与钢轨宏观静态接触理论模型。采用 Hertz 接触理论对钢轨横截面和纵截面两方向微元积分，得到接触区域边界曲线函数和应力分布函数，获得打磨压力、接触轮直径等参量对接触区域形态和应力分布的影响规律。理论计算和有限元仿真结果表明，内凹型接触轮与钢轨接触区域是由四条曲线围成的封闭图形，与传统椭圆形接触区域差异显著；最大接触应力随打磨压力的增大而增大，随接触轮直径的增大而减小；仿真数据和理论计算数据基本吻合，验证理论模型的正确性和有效性。



摘要: 分动器作为智能四驱汽车的关键部件, 关于其性能研究较多从机械传动角度考虑, 没有考虑动力传动中摩擦生热的影响。针对这一问题, 首先建立基于热负荷特性作用下的分动器力学模型; 接着基于 Matlab/Simulink 软件建立性能仿真模型, 分析结果表明热负荷对分动器摩擦片的摩擦因数以及润滑油黏度的影响较大; 在此基础上, 构建分动器试验平台, 获得热负荷条件下总转矩和转矩响应时间的变化规律与仿真值基本保持一致, 验证了所建模型的正确性。最后探明峰值黏性转矩约等于峰值总转矩的 1/3, 达到峰值总转矩需要 0.3 s 左右; 在热负荷条件下, 不同摩擦片数和不同压力对所能传递的转矩起决定性作用, 不同油槽的宽度对黏性转矩影响较大, 对粗糙转矩基本上不起作用。通过对比分析热负荷条件下有无沟槽的分动器传递转矩变化情况, 说明了热负荷在分动器工作过程中的重要作用, 获得了分动器接合过程中工作特性的变化规律, 为分动器的设计提供了理论依据。



摘要: 针对现有金属带式无级变速器(Continuously variable transmission, CVT)传动效率偏低的问题, 以某国产 CVT 为研究对象, 在推导钢环压力模型的和钢环运动学模型的基础上构建钢环摩擦损失计算模型, 分析出钢环摩擦损失的分布特性及产生机理。研究表明: 钢环摩擦损失随输入转矩及转速的增加而增大, 其在中间档(Medium ratio, MED)速比至超速档(Overdrive ratio, OD)速比区间上对输入转速的敏感性高于中间档速比至低速档(Low ratio, LOW)速比区间; 整个速比范围内, 钢环摩擦损失呈近似 V 状分布; 各层钢环的摩擦损失由内至外逐层减小, 首层钢环损失是钢环摩擦损失的主要构成部分, 节圆间距是导致首层钢环损失的根本原因。计算模型的可信性得到了台架试验的验证。最后根据分析结果提出一种改进的金属带结构, 通过将节圆间距设置为零, 可大幅降低钢环摩擦损失。为从金属带结构层面改善 CVT 传动效率提供了一种新的设计思路。

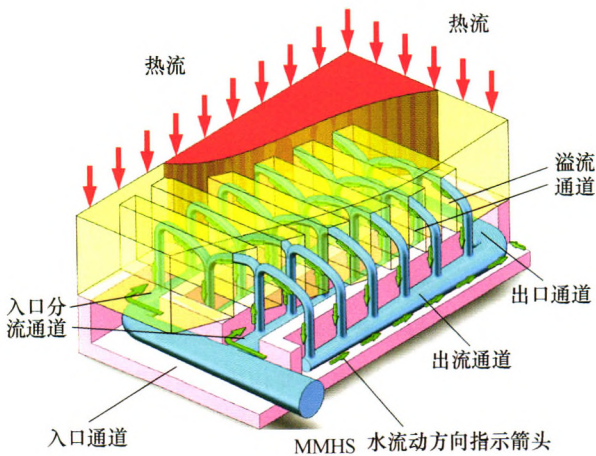


摘要：起落架摆振稳定性是现代民机研制和适航认证的重要关注问题。针对民用飞机复杂的前起落架系统，建立三维简化动力学仿真模型，分别模拟不同的摆振试飞场景-典型的摆振滑行速度、重量/重心和跑道障碍物摆振激励方式，开展刚柔耦合起落架结构的摆振特性分析。仿真结果验证飞机起落架在正常构型下的稳定性，分别评估起落架减摆阻尼、轮胎松弛长度和侧偏刚度对摆振稳定特性的影响。通过对适用的中国民航适航规章进行解析，并综合民机型号起落架摆振适航审定实践提出包含摆振适航需求捕获和仿真分析、虚拟试验及物理试验(设备鉴定试验、起落架系统台架试验和摆振试飞)的摆振稳定性验证与适航审定的“积木模型”。实例分析表明运用虚拟验证技术辅助摆振适航验证和符合性判定的可行性。

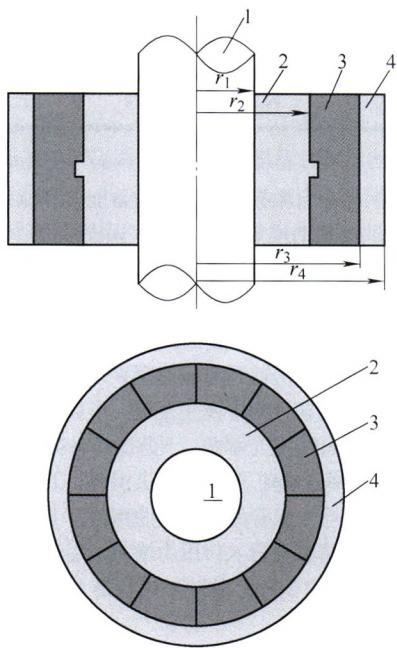
/// 可再生能源与工程热物理 ///

185 自相似结构微通道热沉内部流动特性及结构优化

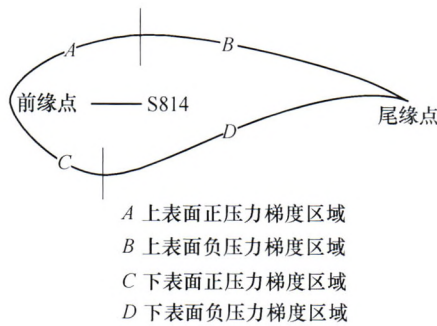
王 喆 刘洪涛 莫政宇 谢 果 唐继国 孙立成



摘要：电子设备高度集成化导致其发热功率同步大幅增加，需要更高效的冷却技术解决其散热问题。自相似微通道热沉(Self- similarity micro-channel heat sink, SSHS)是近几年提出的一种新型微通道换热结构，与一般的微通道热沉相比，具有更好的换热均匀性和更宽的适用性。利用数值方法对 SSHS 的一个完整工作单元内的流动过程进行了模拟计算，以进一步分析 SSHS 的综合性能，并在此基础上，改进和优化其结构参数。计算结果表明，SSHS 内各溢流通道(微通道)间存在较严重的流量分配不均问题，改变溢流通道结构参数对其流量分配过程影响很小，流量分配不均不是 SSHS 自身结构所决定的固有特性，通过将等截面分流通道结构设计改为渐缩式斜坡设计，可以减弱入口分流通道末端的滞止效应，从而可以大大缓解溢流通道间的流量分配不均匀性问题。优化计算结果表明，0.07~0.80 kg/h 的流量范围内，当斜坡角度为 5°时，可将溢流通道间的流量差由原来的数倍降至不超过 35%，而平均流动阻力增加不超过 10%。



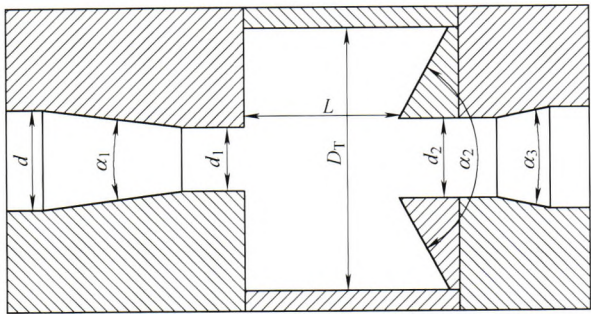
摘要: 多环套装重金属结构设计是一种有效提高核主泵飞轮转动惯量的结构设计方法之一, 为保证其在严苛工作条件下的结构强度安全, 采用有限元分析方法, 在考虑过盈配合预应力以及离心力的基础上, 首次对高温工作环境下的核主泵多环套装重金属钨合金飞轮进行稳态热应力分析, 探讨工作环境温度因素对核主泵飞轮结构设计的影响。通过建立由内轮毂、中间层重金属钨合金以及外保持环三层结构组成的核主泵飞轮结构有限元模型, 研究其在高温工作环境下的结构热应力; 此外将整体式与分块式钨合金层结构飞轮进行比较, 研究两种结构形式下的热应力特性; 为寻求钨合金层分块设计的最佳分块数, 研究了不同分块数下的核主泵飞轮结构热应力。研究表明, 在高温工作条件下, 核主泵飞轮中间钨合金层会产生很大的热应力, 通过钨合金层的分块设计以及采用合适的钨合金分块数可以有效降低这种热应力。



摘要: 基于正交试验的方法, 采用 XFOIL 软件研究最大相对厚度、最大相对弯度以及尾缘厚度对翼型前缘粗糙度敏感性的影响, 推导评价翼型粗糙度敏感性的指标, 并讨论翼型表面不同区域加密面元节点对 XFOIL 软件计算结果的影响。研究表明, 在翼型上表面正压力梯度区域加密面元节点会对 XFOIL 软件的计算结果产生明显的影响, 而在其它区域增加面元节点个数会增加计算的收敛速度, 但对计算结果没有明显的影响。通过极差和方差分析发现, 翼型前缘粗糙会导致翼型多方面的气动性能参数变坏, 翼型的最大相对厚度会对所有的敏感性指标产生显著性影响, 而最大相对弯度和尾缘厚度仅对其中一些指标产生明显的影响, 且增大翼型的尾缘厚度有利于降低由于前缘粗糙引起的升力系数和升阻比的下降。

207 基于瞬时涡量助推效应的自激振荡腔室脉动研究

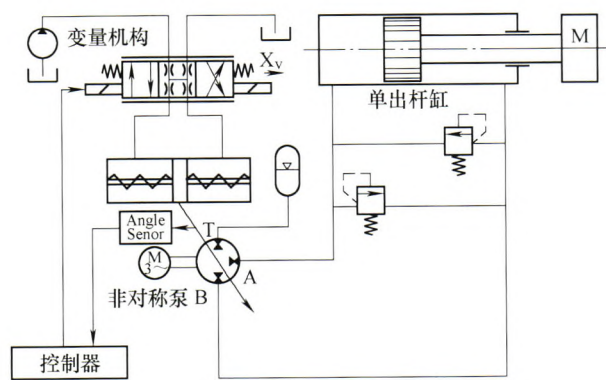
汪朝晖 饶长健 高全杰 孙 笑 王永龙



摘要：射流剪切层瞬时涡量变化对大结构涡环的脉动过程有重要影响。依据涡环在自激振荡腔室内的蓄能及释能状态，分析了自激振荡脉冲涡量助推效应。利用大涡模拟数值计算方法，分析入口压力为 1 MPa 时自激振荡瞬时涡量初生时刻扰动变化、一个脉动周期内瞬时流向涡量变化和自激振荡腔室下游出口流道流速变化。结果表明：自激振荡腔室内气流形成剪切层和初生大涡，当初始大涡被腔室碰撞壁夹角分离，剪切层产生反向扰动波，离散涡在分离区发生反馈，形成初生流向涡；当上一脉动周期大涡能量完全释放，下游出口轴向流速达到脉动最大。当剪切层中离散涡汇聚成新的大涡时，下游出口轴向流速达到脉动最低。当大涡开始不完全脱落时，下游出口轴向流速达到脉动平均；随着上游入口压力增大，流体脉冲率先增大后减小，当压力为 1.2 MPa，脉冲率达到最大 22.53%。

215 变排量非对称轴向柱塞泵特性仿真分析及试验

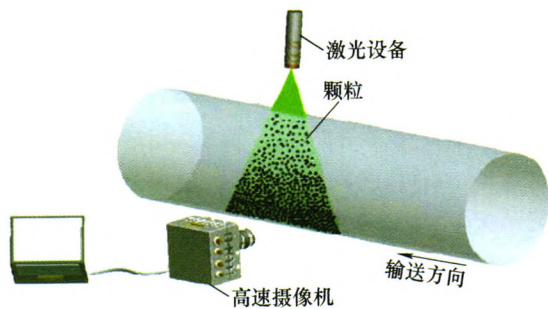
高有山 成 杰 黄家海 权 龙



摘要：直接泵控系统比阀控系统具有很大节能优势和应用前景，但泵控差动缸现有技术都不理想，采用非对称泵平衡差动缸不对称流量是一种有效的解决方案。基于非对称定量泵，提出一种非对称变量泵 VAPP(Variable-displacement asymmetric axial piston pump)。采用伺服比例阀和与斜盘固定连接的角度传感器组成闭环控制方式对 VAPP 斜盘倾角进行控制，实现 VAPP 的变量输出。仿真和试验表明，VAPP 通过变量机构控制斜盘倾角，B 口和 T 口的油液流量均随着斜盘角度的增大而增大，响应速度也加快。当出油口有工作压力，其流量脉动随着斜盘倾角的增大明显减小，但柱塞腔压力依旧随着斜盘倾角的增大而增大。当配流窗口 B、T 加载压力相等时，B 口的流量脉动周期比 T 口的长，流量波峰比 T 口波峰高；T 口流量脉动比 B 口流量脉动大，T 口应该连接在低压油箱或者蓄能器上，以免影响 VAPP 的性能。

225 基于自激振荡的低速气力输送节能试验

晏 飞 雒春升 王黎辉 苏世杰 刘高领



摘要：目前气力输送设备的开发与应用仍然局限在忽视能耗的粗放型阶段。基于此拟在水平管气力输送系统物料入口上游处安装自由摆动的软翅以产生自激振荡流，实现系统节能降耗的目的。首先，通过试验测量系统的压力损失、最佳输送速度并计算能量损失系数，结果表明：相对于传统输送，自激振荡流能有效降低气力输送系统的最佳输送速度和能量损耗，最大减小量分别为 15.2%和 25.5%。然后，采用粒子成像测试技术(PIV)测量不同工况下的粒子流型及粒子速度，发现低速输送时自激振荡流可以避免颗粒沉积，增大粒子的轴向和悬浮速度；同时采用快速傅里叶变换(FFT)方法，分析不同工况下的粒子脉动速度，发现自激振荡流作用下的粒子速度脉动强度大于传统输送，揭示了自激振荡流的节能机理。

CONTENTS

1	Shape Detection and Control System of Cold Rolling Strip Based on the Virtual Instrument and Its Industrial Application
	YANG Lipo YU Huaxin ZHANG Yongshun LIU Hongmin
8	Research on Damage Imaging Based on Omnidirectional SH₀ Mode Magnetostrictive Patch Transducers Array in Aluminum Plates
	LIU Zenghua ZHONG Xuwen LI Xin HE Cunfu WU Bin
16	Fault Diagnosis Based on FVMD Multi-scale Permutation Entropy and GK Fuzzy Clustering
	CHEN Dongning ZHANG Yundong YAO Chengyu SUN Fei ZHOU Nengyuan
28	Intelligent and Flexible Morphing Wing Technology: A Review
	ZHU Lianqing SUN Guangkai LI Hong DONG Mingli
43	Corrosion Fatigue Behavior of FV520B Steel in Aqueous H₂S + Cl⁻ Environment
	WEI Renchao CHEN Xuedong FAN Zhichao NIE Defu WU Qiaoguo JIN Youhai
50	Investigation on Underwater Wet Welding Process Stability Based on the Arc Bubble Control
	WANG Jianfeng SUN Qingjie ZHANG Shun LIU Yibo FENG Jicai
58	Microstructure and Mechanical Properties of Deep Penetration Laser Welding Joints in Steel/Aluminum with Si Powder Addition
	ZHOU Dianwu LIU Jinshui LU Yuanzhi ZHOU Laiqin PAN Jingchun
66	Ductile Fracture Criterion for Metal Shear Spinning
	XIA Qinxiang ZHOU Likui XIAO Gangfeng CHENG Xiuquan CHEN Weiping
74	Research on Self-Loosening Behavior of Bolted Joints under Eccentric Excitation
	DU Yongqiang LIU Jianhua LIU Xuotong CAI Zhenbing PENG Jinfang ZHU Minhao
82	Quality Category Approach of Fatigue Assessment for Welded Structures with Surface Cracks
	YANG Jianguo HAO Jiansong LI Yuebing ZHENG Wenjian GAO Zengliang ZHANG Pengcheng
90	Investigating the Mechanism of Out-of-Plane Deformation in Q345 Steel Single-pass Bead-on Welded Joint with External Restraint
	LIU Jianqiao LI Ziliang REN Sendong LIANG Wei DENG Dean
98	Unified Model of K Factor and Compliance Based on Energy Equivalence Principle
	HE Yi CAI Lixun CHEN Hui
107	Investigation on Hot Deformation Behavior of Spray Formed Al-7Si-0.5Cu-0.5Mg Alloy
	ZHENG Huijin PENG Yun YAN Lu ZHU Ruofan

116 Identification Algorithm of Longitudinal Road Slope Based on Multi-sensor Data Fusion Filtering
YONG Wenliang GUAN Hsin WANG Bo LU Pingping

125 Energy Consumption Analysis of Hybrid Continuously Variable Transmission Based on Electric Oil Pump
LIU Yunfeng ZHOU Yunshan QU Daohai WANG Jiande FU Bing ZHANG Feitie

132 Identification of Unknown Endpoint Payload Mass Parameter of Flexible Space Manipulator Based on Subspace Method
NI Zhiyu LIU Jinguo CHANG Chenguang

141 Dynamic Modeling Analysis of Optimal Motion Planning and Control for High-speed Self-driving Vehicles
LIU Kai GONG Jianwei CHEN Shuping ZHANG Yu CHEN Huiyan

152 Research on Static Contact Behavior and Simulation for Rail Grinding by Abrasive Belt Based on Concave Type Contact Wheel
FAN Wengang CHENG Jifa WU Yuefeng LI Jianyong SONG Xiaoyang

159 Research on Transfer Case Transmission Power of Heat Load Characteristics
WANG Yuming WANG Qidong CHEN Liqing HU Dongbao

169 Friction Loss of Steel Rings in Metal V-belt CVT
FU Bing ZHOU Yunshan HU Xiaolan LI Hangyang LIU Yunfeng ZHANG Feitie

179 Shimmy Simulation and Virtual Verification for Civil Aircraft Landing Gear Airworthiness Certification
HE Xufei AI Jianliang SONG Zhitao

185 Internal Flow Behavior in a Self-Similarity Microchannel Heat Sink and Optimization in Structure
WANG Zhe LIU Hongtao MO Zhengyu XIE Guo TANG Jiguo SUN Licheng

191 Structural Analysis of the Multi-ring Flywheel Packing Heavy Alloy for Reactor Coolant Pump
JIANG Lu WU Chengwei

198 Research of Geometric Features Effect on the Wind Turbine Airfoil Roughness Sensitivity
LIU Hongpeng YAN Rujing WANG Yuzhong WANG Qing

207 Study on the Pulsation of Self-excited Oscillation Chamber Based on Instantaneous Vortex Boosting Effect
WANG Zhaohui RAO Changjian GAO Quanjie SUN Xiao WANG Yonglong

215 Simulation Analysis and Test of Variable-displacement Asymmetric Axial Piston Pump
GAO Youshan CHENG Jie HUANG Jiahai QUAN Long

225 Experimental Study on the Low-velocity Self-excited Pneumatic Conveying System
YAN Fei LUO Chunsheng WANG Lihui SU Shijie LIU Gaoling

《机械工程学报》第十届编委会

荣誉主任

王补宣 (院士) 路甬祥 (院士) 潘际銮 (院士)

荣誉委员

王玉明 (院士) 王先逵 (教授) 石治平 (研高) 叶声华 (院士) 宁汝新 (教授) 过增元 (院士)
刘 飞 (教授) 刘人怀 (院士) 刘大响 (院士) 刘友梅 (院士) 关 桥 (院士) 杨叔子 (院士)
宋玉泉 (院士) 陈学俊 (院士) 林尚扬 (院士) 周孔亢 (教授) 周尧和 (院士) 柳百成 (院士)
钟 掘 (院士) 钟秉林 (教授) 闻邦椿 (院士) 徐金梧 (教授) 徐滨士 (院士) 郭孔辉 (院士)
温诗铸 (院士) 谢友柏 (院士) 熊有伦 (院士) 潘健生 (院士)

主 任

钟群鹏 (院士)

副 主 任

王文斌 (编审) 王国彪 (教授) 陈学东 (院士) 陈超志 (研高) 黄 田 (教授) 雒建斌 (院士)
MCCARTHY J Michael (教授)

国内委员

丁 汉 (院士) 王 雪 (教授) 王田苗 (教授) 王立平 (教授) 王庆丰 (教授) 王时龙 (教授)
王树新 (教授) 王祖温 (教授) 王润孝 (教授) 孔祥东 (教授) 邓宗全 (院士) 卢秉恒 (院士)
史铁林 (教授) 付铭旺 (副教授) 仪垂杰 (教授) 吕 明 (教授) 刘 强 (教授) 刘少军 (教授)
刘宏民 (教授) 刘献礼 (教授) 刘德顺 (教授) 孙汉旭 (教授) 严新平 (教授) 李大勇 (教授)
李永堂 (教授) 李圣怡 (教授) 李杨民 (教授) 李荣彬 (教授) 李荣德 (教授) 李剑峰 (教授)
杨华勇 (院士) 杨兆军 (教授) 杨兆建 (教授) 何存富 (教授) 张 峥 (教授) 张士行 (教授)
张义民 (教授) 张宪民 (教授) 张湘伟 (教授) 陈 新 (教授) 陈 鹰 (教授) 陈绍彰 (教授)
陈朝阳 (教授) 邵新宇 (教授) 苑世剑 (教授) 苑伟政 (教授) 范光照 (教授) 林忠钦 (院士)
周祖德 (教授) 项昌乐 (教授) 赵 继 (教授) 赵 韩 (教授) 赵丁选 (教授) 胡正寰 (院士)
钟志华 (院士) 姚振强 (教授) 秦大同 (教授) 袁巨龙 (教授) 袁寿其 (教授) 耿荣生 (教授)
贾振元 (教授) 顾佩华 (教授) 徐西鹏 (教授) 高咏生 (教授) 高金吉 (院士) 郭万林 (院士)
郭东明 (院士) 黄明辉 (教授) 黄洪钟 (教授) 梅雪松 (教授) 葛世荣 (教授) 韩 旭 (教授)
曾 攀 (教授) 谢建新 (院士) 雷源忠 (研究员) 廖运炫 (教授) 谭建荣 (院士) 谭援强 (教授)
翟婉明 (院士) 黎 明 (研究员) 檀润华 (教授)

国外委员

ALGIN Vladimir (白俄罗斯) CAO Dongpu (英国) CAVALLUCCI Denis (法国)
CECCARELLI Marco (意大利) CHEN Ye-Hwa (美国) CHEN Yongkang (英国)
CHEN Yubao (美国) CHENG Harry H (美国) CHENG Kai (英国)
CHETWND Derek G (英国) CHIU George (美国) DAI Jiansheng (英国)
DEAN Trevor Anthony (英国) DONG Zuomin (加拿大) FATIKOW Sergej (德国)
FENG Yuntian (英国) FLEWITT Peter E J (英国) GAO Wei (日本)
GE Qiaode Jeffrey (美国) GIOVANOLA Jacques (瑞士) GOGU Grigore (法国)
GU Fengshou (英国) GUO Yuebin (美国) HAGIWARA Ichiro (日本)
HUANG Yong (美国) HUANG Han (澳大利亚) IWATSUKI Nobuyuki (日本)
JAUREGUI Juan Carlos (墨西哥) Wallaschek Jörg (德国) LI Dongyang (加拿大)
LI Xiaoping (新加坡) LIM Teik Chin (美国) MORGAN Michael (英国)
PARK Jong-Kweon (韩国) SINAPIUS Michael (德国) SU Chunyi (加拿大)
SU Daizhong (英国) TIAN Guiyun (英国) WANG Jun (澳大利亚)
XUE Deyi (加拿大) YANG Lianxiang (美国) YE Lin (澳大利亚)
ZHANG Bi (美国) ZHANG Chun(Chuck) (美国) ZHANG Hongchao (美国)
ZHANG Liangchi (澳大利亚) ZHAO Xudong (英国) ZHOU Libo (日本)
ZUO Mingjian (加拿大)



ISSN 0577-6686



9 770577 668187

14>