



机械工程学报[®]

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

基于鱼侧线感知原理和深度学习的水下平动目标方向识别

张勇 郑贤德 李明江 林鑫 邱静 刘冠军



中国机械工程学会 主办

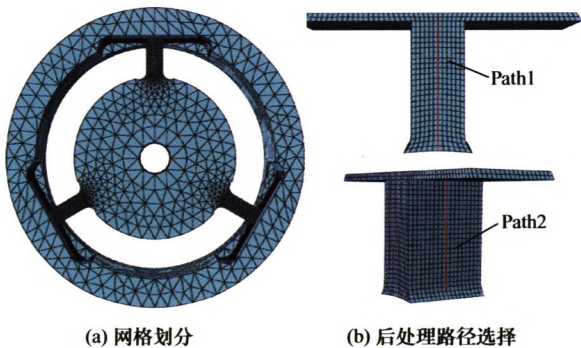
万方数据

2020年56卷12期 半月刊

仪器科学与技术

1 Y 形横梁六维力/力矩传感器的应变分析

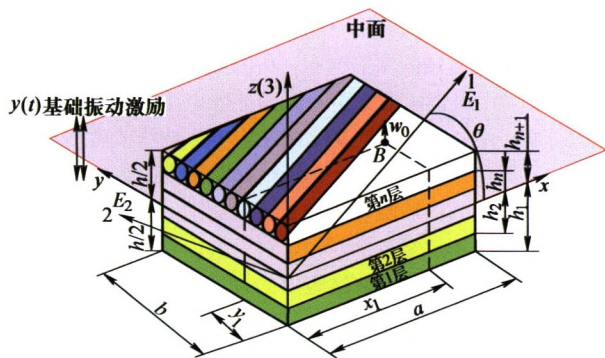
左 盟 陈伟球 杨 明 鲍荣浩



摘要: 设计电阻应变式六维力/力矩传感器的前提是预知其弹性结构的应变分布, 而传统的基于几何建模的有限元分析设计方法存在耗时长、效率低等问题。针对 Y 形横梁六维力/力矩传感器的弹性结构, 提出一种高效、精确的解析分析方法。详细考察了该六维力/力矩传感器弹性横梁在各轴力/力矩载荷作用下的变形特征, 基于铁木辛柯梁理论建立简化的力学模型, 从而解析地得到各轴力/力矩载荷作用下弹性横梁中应变的显式表达式, 与有限元模拟进行对比。结果表明: 解析模型给出的预测结果与有限元数值解基本吻合, 说明了该解析模型的正确性和有效性, 从而为 Y 形横梁六维力/力矩传感器的设计提供了高效、精确的解析手段。

9 基于细化共振法辨识纤维增强复合薄板的非线性阻尼

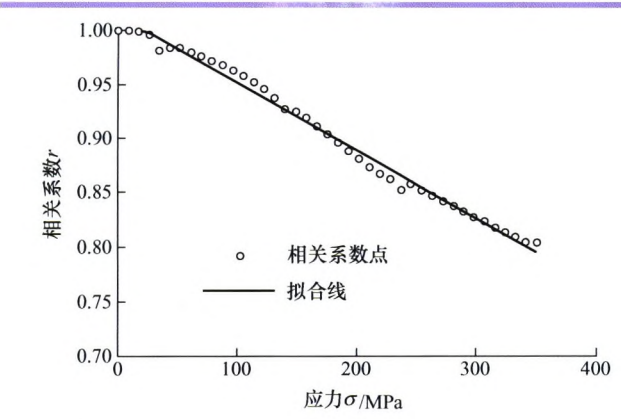
李 晖 常永乐 韩清凯 闻邦椿



摘要: 从频域细化角度, 提出了细化共振法来准确辨识纤维增强复合薄板的非线性阻尼参数。首先, 基于频率细化法和共振法理论, 重新推导具有振幅依赖的复合薄板结构非线性阻尼的表达式, 明确从频域测试角度获取非线性阻尼参数的理论原理。然后, 通过仿真信号算例, 验证了该方法的正确性, 并讨论了频率分辨率和细化倍数对阻尼辨识精度的影响。最后, 总结并概括出一套合理、规范的阻尼辨识流程, 并对 TC500 碳纤维/树脂基复合薄板进行实际测试。研究发现, 利用该方法可定量评价具有振幅依赖特点的复合薄板的非线性阻尼, 且随着激励幅度的增大, 其阻尼特性呈现逐步增大的趋势。

19 预应力薄板材料液固界面声反射/透射系数的声弹效应表征新方法

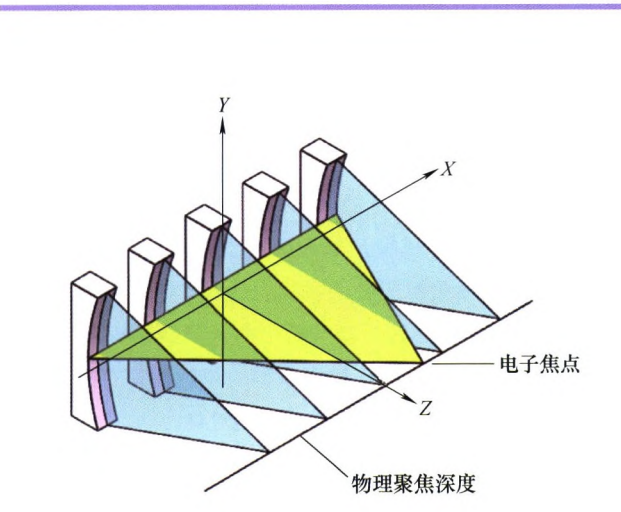
宋国荣 杜晓宇 吕 炎 石雨宸 张斌鹏 何存富



摘要：针对材料性能参数受应力影响时，利用现有无应力状态下反射/透射系数求解方法，计算结果存在稳定性差和误差大等问题。基于声弹性理论，提出应力条件下反射/透射系数理论计算方法，应用于铝板的反射系数求解，结果与文献计算结果相吻合，表明方法正确、结果可靠。针对应力状态下各向同性单层板的反射/透射系数谱数值计算，基于相关系数分析不同应力对反射/透射系数的影响，研究结果表明，随着应力的增大，反射系数频谱和透射系数角度谱的相关系数幅值均逐渐减小，且与应力大小呈明显线性关系。研究成果为利用超声反射/透射系数表征材料应力状态提供了理论依据。

26 自聚焦线阵声场特征和检测应用

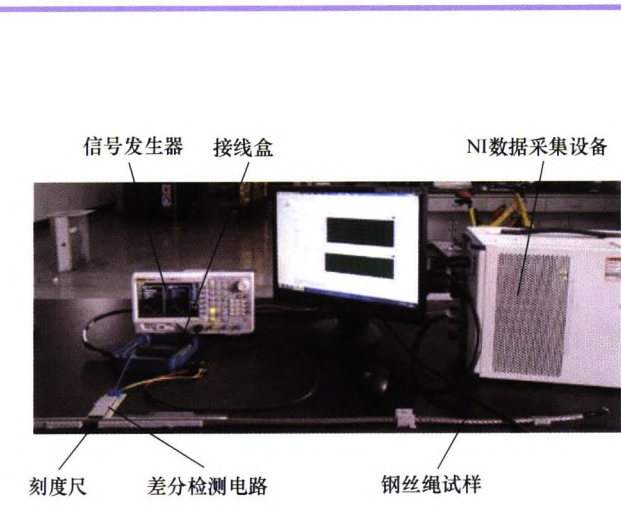
赵新玉 闫浩明 张佳莹



摘要：相控阵超声技术近些年发展迅速，并被广泛应用于工业无损检测领域，但采用线阵换能器检测时，存在阵元长轴方向检测分辨力较差的问题。针对传统线阵换能器无法在阵元长轴方向聚焦的问题，提出采用自聚焦线阵换能器检测，可同时在阵元长轴和短轴方向获得较好检测分辨力。针对自聚焦线阵换能器声场计算方法和分布特征开展研究，发展了近轴近似高斯声束叠加方法来计算自聚焦线阵辐射声场，为验证该方法的有效性，与瑞利积分数值方法进行精度和效率比较。进一步，利用上述理论方法来对比分析传统线阵和自聚焦线阵焦点强度、焦点尺寸和焦柱长度等参数随偏转角度变化的分布特征。对圆柱形工件进行检测，结果表明自聚焦线阵换能器可以检测出普通线阵换能器难以检测出轴向缺陷。理论和试验结果表明所提出的近轴近似高斯声束叠加方法可以较准确地计算自聚焦线阵辐射声场，同时自聚焦线阵换能器对轴向和环向缺陷的检测灵敏度均较高。

34 矩形线圈钢丝绳捻距涡流检测研究

李军霞 李聪豪 焦少妮 李腾宇 寇子明



摘要：捻距不均匀会造成钢丝绳提前报废，对捻距进行检测可以为其生产工艺的改进提供设计依据，提升钢丝绳的安全使用性能。针对传统捻距检测无法对运动中钢丝绳进行实时检测，机器视觉检测对外界光照和钢丝绳表面清洁度要求高等问题，提出用涡流法对钢丝绳捻距进行检测。为扩大细长钢丝绳结构表面磁场的覆盖面积，利用矩形线圈组成的差分电桥进行检测。对钢丝绳捻距双矩形差分电桥涡流检测进行有限元分析，差分电压实部变化曲线中相邻波峰或者波谷的间距为钢丝绳的股间隙，一个捻距扫描范围内出现的波峰和波谷数量与钢丝绳的股数相对应。矩形线圈上、下边电流元感应的涡流会在钢丝绳表面对消，对消效应越小，钢丝绳捻距检测灵敏度越高。为提取试验中的有用信号，利用集合经验模态分解对扫描信号进行后处理。当相关系数较大时，相邻波峰或波谷的间距为钢丝绳捻距。当相关系数较小时，一个捻距内的波峰或波谷数与有限元分析结果吻合。涡流法得到的捻距与理论捻距的最大相对误差为 2.38%。

42 不同屈服准则与硬化模型对 DP780 双相高强钢拉延弯曲回弹预测影响规律研究

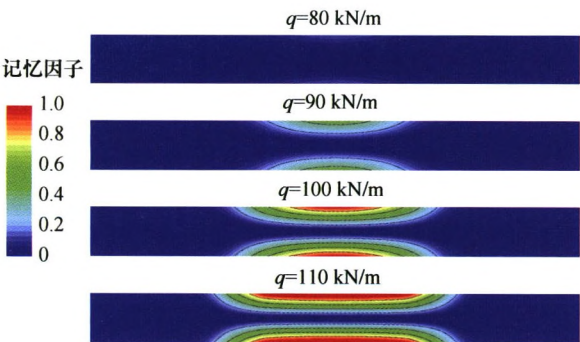
李小强 董红瑞 于长旺 王海波 杨岩峰 宋炳毅 万 政 李东升



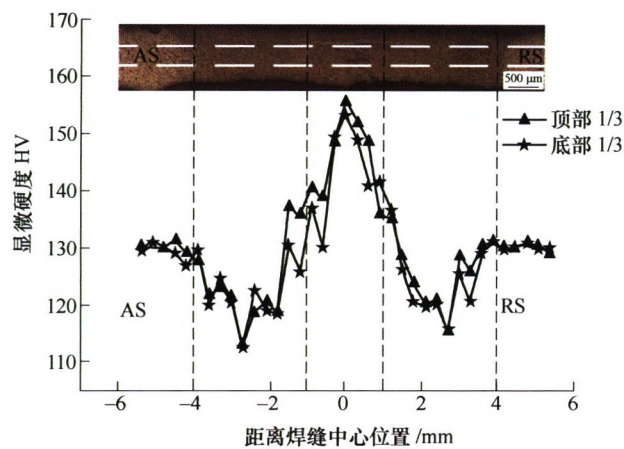
摘要：随着汽车车身对轻量化、高效节能等要求的提高，先进高强钢因其高比强度、比刚度等性能在汽车工业中应用呈上升趋势。因此，研究先进高强钢的回弹现象，总结其回弹规律，对改善先进高强钢零件的成形精度具有重要意义。目前的研究主要是基于 U 弯试验研究不同材料模型对回弹的影响规律，而屈服准则和硬化模型对 Draw-bending 回弹预测的适用性需要进一步研究。基于建立的 Draw-bending 试验平台，研究圆辊半径与名义张紧力对 DP780 回弹的影响规律。并利用 PAM-STAMP 有限元分析软件研究不同硬化模型(Hollomon 模型、Y-U 模型)和屈服准则(Mises、Hill48、Yld2000)对 Draw-bending 回弹预测的影响规律。研究表明，在试验方面，增大弯曲半径和张紧力都能减小侧壁卷曲回弹。在有限元仿真回弹预测方面，当采用双精度求解器求解 Y-U 模型材料参数时，可以提高 Draw-bending 回弹的预测精度。由于 DP780 各向异性的特殊性，采用 Y-U 硬化模型和 Mises 屈服准则或 Yld2000 屈服准则可以得到更高的回弹预测精度。对于厚度与截面半径的预测，采用 Y-U 硬化模型与 Yld2000 屈服准则可以得到更好的预测精度。

56 热-机载荷下形状记忆合金梁的力学模型及其求解

周 博 王志勇 薛世峰



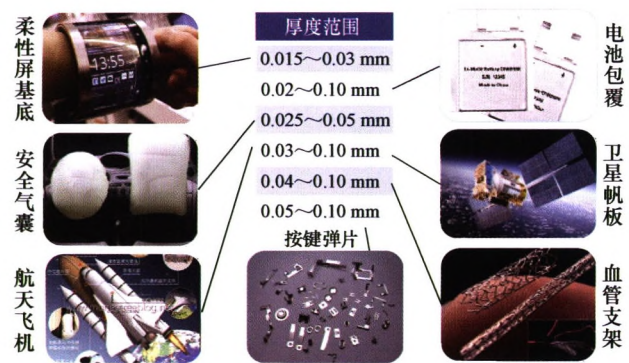
摘要：在现有的形状记忆合金(Shape memory alloy, SMA)简化模型的基础上，结合温度与相变临界应力的关系，从应变角度出发，提出一种形式简单、物理意义更加明确且能反应 SMA 在热-机载荷下力学行为的分段线性模型。基于 Bernoulli-Euler 梁理论，利用 SMA 分段线性模型，建立 SMA 梁非线性弯曲过程中弯矩与曲率关系的力学模型。结合 SMA 梁力学模型，设计一套简便易行的求解流程，分别对纯弯曲和受均布载荷的简支梁进行数值求解，分析梁截面上应力分布、弯矩与挠度关系、记忆因子的变化等。结果显示建立的 SMA 分段线性模型能有效描述热-机载荷下 SMA 的力学行为，可建立简单有效的 SMA 结构的力学模型，更便于工程应用和理论分析。



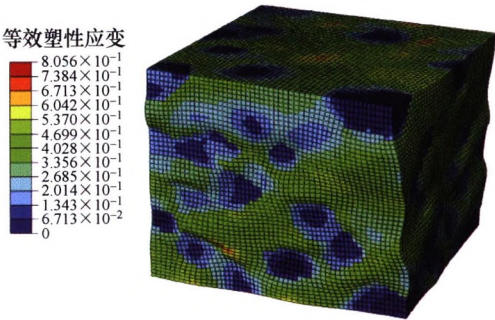
摘要：铜及铜合金的微连接可在航空技术、电子技术及能源技术等方面广泛应用，但材料的软化温度高、薄板焊缝区塑性金属减少带来的摩擦产热减少、薄板比表面积增大带来的传热速度快等问题，使得微搅拌摩擦焊接 (Micro friction stir welding, μ FSW) 工艺过程易产生焊接缺陷而不利于接头成形。以 0.6 mm 厚的超薄板 H62 黄铜为研究对象，开展对接焊接试验研究，深入研究不同工艺参数下接头的微观组织、力学性能及断口形貌，进而优化工艺参数；在此基础上，分析该工艺过程中温度、轴向力和横向力的变化规律。研究表明：工艺优化后的焊缝成形良好，接头最大抗拉强度达 370 MPa，约母材 (Base metal, BM) 的 92.5%；焊缝处的热影响区 (Heat affected zone, HAZ)、热机影响区 (Thermo-mechanically affected zone, TMAZ)、焊核区 (Nugget zone, NZ) 存在明显的分界线，且 NZ 在横向和纵向上晶粒形状和尺寸存在不均匀性，NZ 硬度最高约为 155.4 HV (约 BM 的 119.5%)，断裂失效易发生在硬度最小的位置 (Advancing side of the weld, AS)，其失效机理为韧性断裂。在 μ FSW 过程，稳定的轴向力和横向力可提供适当的热输入量以及更好的挤压和搅拌作用，从而得到性能良好的焊缝。通过对高熔点铜及其合金超薄板的搅拌摩擦焊的基础研究，从而为微连接技术的材料推广提供技术支撑。

73 精密极薄带轧制理论研究进展及展望

任忠凯 郭雄伟 范婉婉 王 涛 熊晓燕

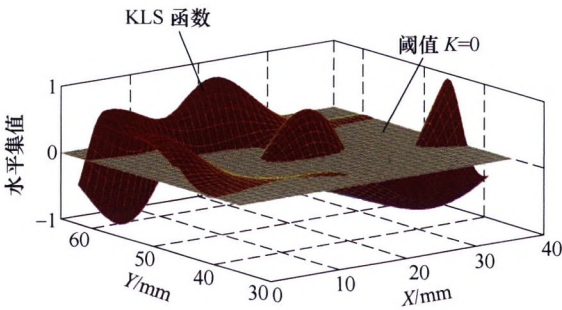


摘要：精密极薄带具备优异的精度、耐蚀性、表面光洁度等性能。随着微制造、微电子等高新技术领域的快速发展，对极薄带的综合性能提出了更苛刻的要求，但是极薄带轧制生产中仍然存在成材率低、残余应力大、局部泡泡浪等问题。为了进一步推动人们对极薄带生产的深入研究，促进精密极薄带轧制理论的发展，主要综述极薄带轧制力理论、最小可轧厚度理论、极薄带塑性变形理论、辊系弹性变形理论的研究进展及存在的问题。针对上述综述进行分析，发现传统的最小可轧厚度理论存在明显的局限性，导致理论分析结果与试验结果误差比较大；极薄带轧制过程中经常会出现辊端压靠现象，但传统压扁计算理论在轧辊端部计算误差比较大。针对上述问题，建立适用于极薄带轧制的条件最小可轧厚度理论和考虑辊端压靠的板形控制模型。但是极薄带轧制过程中出现的一些特殊科学难题，无法利用传统理论进行解释，因此展望其未来的研究趋势——从微/介观尺度分析精密极薄带轧制过程中变形机理与微观结构特性。

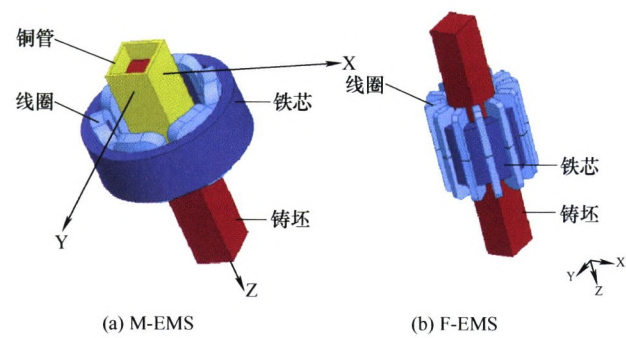


摘要：双相金属材料通常可以兼顾两相的优点，但由于两相性能的异质性，使两相的变形不协调，受力状态及变形特征较为复杂。基于代表体元法(Representative volume element, RVE)构建奥氏体+铁素体双相钢 3D 仿真模型，进行不同两相比例压缩变形的数值模拟，分析变形协调特性，讨论组元相微观性能与双相钢宏观性能间的关联规律。结果表明：两相的相内应力、应变分布不均，其中等效塑性应变呈正态分布，而等效应力则呈负偏态分布。在初始变形阶段，两相间表现出显著的变形不协调性；随变形量的增加，两相间的变形协调性得到改善并趋于稳定。两相的塑性应变与宏观应变基本满足线性关系，两相应变增量分别与宏观应变增量之差的比值为一个与相比例相关的定值。引入与两相相比比例相关的应变配分参数 K ，建立了基于广义体积分数的应变混合公式，可更加准确地表征复相材料组元相应变与宏观应变间的关联规律，为分析复相材料相间变形协调行为提供理论支持。

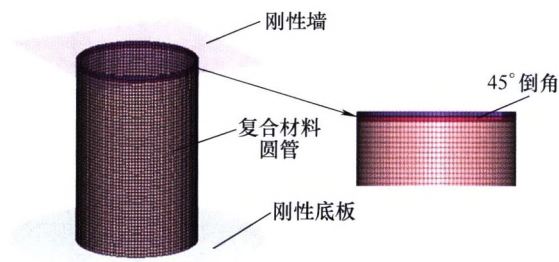
92 基于水平集理论和 Kriging 模型的镁合金差温成形伪拉延筋设计及优化



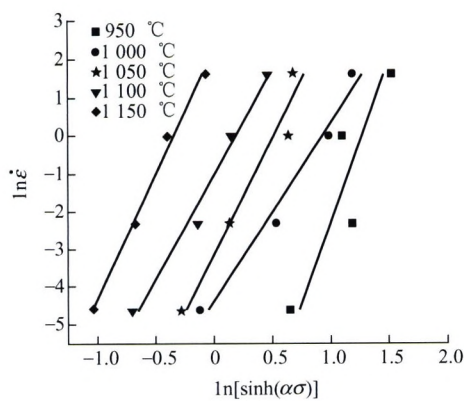
摘要：压边圈结构对改善差温成形中压边圈摩擦、传热及材料的流动阻力起着重要的作用。利用水平集理论和 Kriging 模型，对镁合金差温成形中的压边圈结构进行优化，提出一种伪拉延筋。以 NUMISHEET2011 十字杯形件为研究对象，建立相应的热力耦合模型，利用相关的试验数据，对有限元模型进行验证。基于一阶理论反求影响镁合金成形件质量的压边圈关键区域，并对该区域进行了重新离散化及处理。以部分节点坐标为设计变量，以随机水平集值为目标，建立压边圈的 Kriging 水平集模型。利用初始水平集阈值，对伪拉延筋进行设计。利用拉丁超立方对水平集阈值、凸模温度和凹模温度进行抽样，获得伪拉延筋样本。基于镁合金差温成形热力耦合模型，对相应的样本进行有限元仿真分析，获得镁合金成形件的成形质量，建立水平集阈值与质量之间的 Kriging 模型。利用粒子群算法，对该 Kriging 模型进行优化，获得最佳水平集阈值，实现伪拉延筋的优化。利用最优伪拉延筋，进行相应的差温成形分析。研究表明，基于水平集理论和 Kriging 模型，优化伪拉延筋能有效地提高成形件的减薄率均匀性。该方法为压边圈设计提供一种有益的指导。



摘要：组合搅拌模式是控制特殊钢铸态组织与均质性的重要手段。为深入揭示连铸结晶器电磁搅拌(Mold electromagnetic stirring, M-EMS)和凝固末端电磁搅拌(Final electromagnetic stirring, F-EMS)的复合作用行为，基于麦克斯韦方程和低雷诺数湍流模型建立断面 250 mm×280 mm 的 20CrMoA 齿轮钢大方坯连铸过程电磁-流动-传热与凝固三维耦合数值模型。基于实测 M-EMS 中心线磁感应强度及 F-EMS 作用下的铸态组织白亮带宽度验证模型的可靠性。研究表明，M-EMS 促使结晶器区域钢液产生水平旋流并冲刷凝固前沿，加强钢液和凝固坯壳的换热，可使钢液过热完全耗散及其凝固终点位置不同程度地前移，促进柱状晶向等轴晶的转变(Columnar to equiaxed transition, CET)，从而可实现 F-EMS 作用区域为中心等轴晶区。组合搅拌作用下铸坯末端区域液相穴宽度减小，糊状区内钢液对凝固前沿的冲刷速度降低，从而不易产生常见的负偏析白亮带缺陷。碳偏析检测结果表明，M-EMS 可能造成大方坯出现一定程度的皮下负偏析和 CET 转变区的正偏析，但其中心偏析和铸态碳极差可获得明显改善。综合表明，合理的组合搅拌模式可有效改善特殊钢大方坯铸态组织的均质性，进而提高其轧材产品的热处理与服役性能。



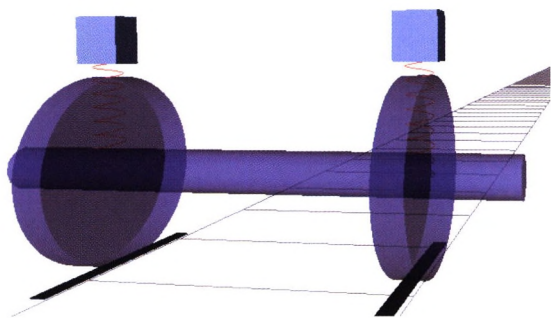
摘要：为了模拟单向碳纤维增强复合材料圆管的压溃失效形式及吸能特性，对圆管进行轴向压溃试验，获得圆管的压溃失效形式及压溃载荷-位移曲线。采用单层壳单元模型进行压溃仿真，确定 MAT54 材料模型中非试验可测量参数。建立多层壳单元模型，基于 Tiebreak 接触模拟分层失效，研究网格划分尺寸及壳单元层数对压溃失效形式的影响，通过与试验结果对比验证所建立模型的准确性。研究表明参数 YCFAC 和 SOFT 影响压溃载荷-位移曲线的峰值载荷和平均压溃载荷。网格尺寸和壳单元层数影响圆管的失效形式，网格尺寸越小，分层失效和基体开裂现象越明显。随着壳单元层数增加，初始峰值载荷呈递减趋势，所需计算时间呈指数型增长趋势。综合考虑计算成本和预测准确性，采用 4 层壳单元模型能够准确预测碳纤维圆管的轴向压溃性能和分层失效。



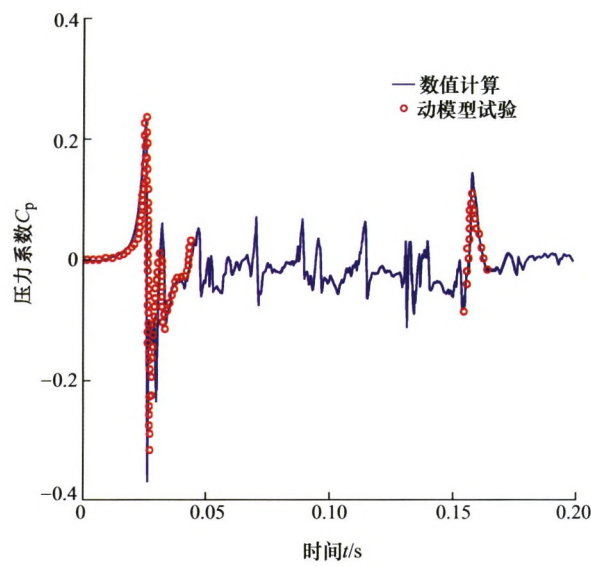
摘要:采用 Gleeble-3500 热模拟机对 Fe-1.3C-5Cr-0.4Mo-0.4V 超高碳钢在温度为 950~1 150 ℃, 变速率为 0.01~5 s⁻¹, 变形量为 40% 条件下进行热压缩模拟试验。研究 Fe-1.3C-5Cr-0.4Mo-0.4V 超高碳钢在热压缩过程中变形温度和应变速率对超高碳钢真应力-应变曲线, 以及对再结晶组织演变的影响规律, 并构建出超高碳钢本构方程。结果表明, 在升高变形温度和降低应变速率的情况下, 超高碳钢更容易发生再结晶。在应变速率一定时, 流变应力随着温度的升高而降低; 在温度一定时, 流变应力随应变速率的减小而降低。通过流变应力曲线获得本构方程, 能够准确地描述超高碳钢的流变行为, 同时获得超高碳钢的激活能为 $Q=729.37$ kJ/mol。在微观组织方面, 变形温度为 1 050 ℃时, 应变速率由 0.01 s⁻¹ 增加到 5 s⁻¹ 时, 晶粒尺寸降幅 5.21 μm。因此, 超高碳钢应该在温度为 1 000~1 050 ℃和应变速率在 1~5 s⁻¹ 下进行热变形。

运载工程

124 轮轨高频动力作用模拟中接触模型的影响分析



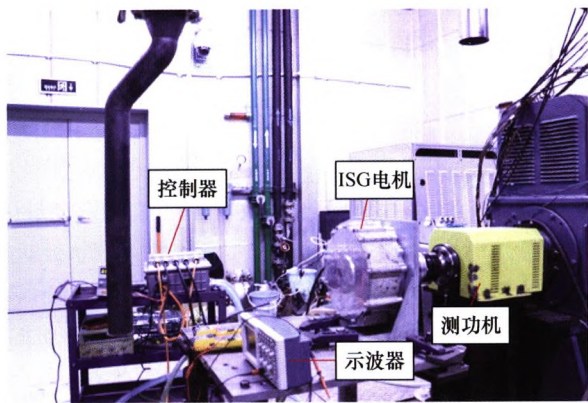
摘要:轮轨高频动力分析模型目前多沿用了传统的赫兹接触模型, 其在高速轮轨系统上的适用性尚未得到验证。针对赫兹接触工况, 建立基于多体动力学的车轮-轨道耦合动力学和车辆动力学模型, 其中轮轨法向接触由赫兹弹簧表征, 作为对比也建立基于显式有限元的三维高速轮轨瞬态滚动接触有限元模型, 采用可考虑三维接触几何的“面-面”接触算法精确求解轮轨接触。对比 150~500 km/h 速度范围内典型钢轨短波波磨(波长 20~140 mm、波深 0.01~0.20 mm)激励下的高频轮轨力结果, 发现三种模型预测的幅值存在显著差异, 但未发生轮轨脱离时(波磨尚浅), 三种模型预测的幅值均与波深线性正相关。具体而言, 相较于瞬态滚动接触模型, 车轮-轨道耦合动力学和车辆动力学模型预测的垂向轮轨力更大, 其特征幅值的最大差值分别为静轮重的 39.2%和 88.4%, 三种模型预测波长 30 mm 波磨的临界波深(恰好发生轮轨脱离)相应为>0.2 mm、0.14 mm 和 0.05 mm。开展高速、高频轮轨动力分析时, 传统的赫兹接触弹簧会带来不可忽略的计算误差。



摘要: 高速列车底部流动是形成道砟飞砟的重要原因。基于延迟分离涡模型计算模拟了包含地面的高速列车底部流动特性, 结果表明, 由于流动分离与湍涡发展, 列车周围(尤其在车头、转向架、车厢连接处与尾车等部位)产生了高湍流度非定常流动。车头部位产生的强压力脉动, 极易诱发道砟颗粒在列车风作用下产生飞砟。列车底部流场内, 与钢轨踏面以下区域相比, 踏面以上部位流动湍流发展充分, 强度较高, 使得道砟颗粒在轮轨动力作用下振离道床面后, 易于在流场脉动力作用下产生飞砟。铰接式转向架区域流场, 受到车厢连接部位流动干扰, 产生较多涡流, 湍流强度较大。列车尾迹内形成的大尺度尾涡下洗扫掠道床面形成较强压力脉动, 容易导致道砟颗粒被列车风卷起, 散落至钢轨面上。因此, 车头流线型设计、平顺车厢连接部位与控制列车尾流发展, 将有利于降低列车底部流动对于道床面作用、减少飞砟现象发生。



摘要: 全球老龄化的时代正在来临。自动驾驶车辆的出现, 对于老年人来说, 将会是最便利的交通出行工具, 可以减少因操作失误而引起的汽车碰撞事故。自动驾驶车辆依靠雷达等传感器能够在汽车发生碰撞前约 350 ms 内识别不可避免的碰撞, 这段时间对于乘员的主动安全防护至关重要。研究提出一种通过旋转座椅来改变人体朝向与碰撞方向相对位置, 从而提高老年乘员在自动驾驶车辆中碰撞安全性。通过尸体试验数据对老年人体乘员有限元模型进行验证; 将已验证过的模型应用于自动驾驶车辆的正面碰撞试验中, 分析不同座椅朝向(0°、45°、90°、135°、180°)下的老年人体碰撞响应; 研究老年人体乘员在座椅旋转过程中的运动响应; 预测老年人体乘员在先自主旋转后发生碰撞的损伤风险。试验结果表明, 在不同朝向正面碰撞模拟试验中乘员损伤对比, 得出座椅朝向与碰撞方向呈 180° 时人体损伤风险最低。在 200 ms 内将座椅旋转至与碰撞方向呈 180° 的位置, 老年乘员的损伤风险低于阈值。研究表明自动驾驶车辆当感应到不可避免的碰撞时, 及早地对座椅朝向进行调整, 如果能够在碰撞发生前的 350 ms 内将座椅朝向调整到 180° 的“朝后”位置, 将有利于降低老年乘员的损伤。



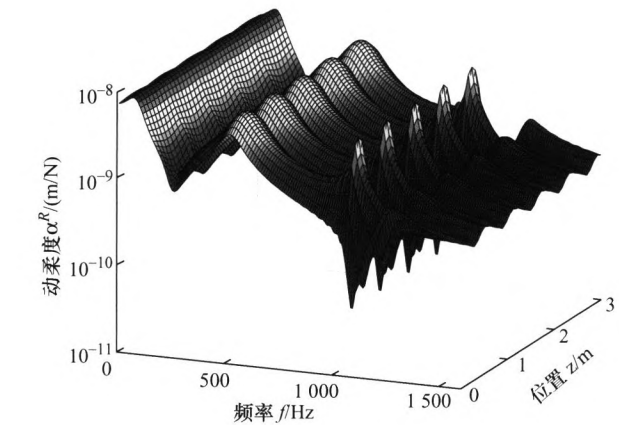
摘要: 针对内转子内置式永磁同步电机在高速运行时转子永磁体所产生温升严重的问题,以“一”型和“V”型两种不同磁极结构的 35 kW 永磁同步电机为研究对象,在永磁体总量和磁极分块相同的情况下,利用有限元法与解析法,分析了两种磁极结构在弱磁条件下永磁体表面的磁通及其变化情况,探究了两种磁极结构的电机在相同的弱磁条件下不同转速、不同弱磁角和不同去磁电流时的转子永磁体涡流损耗大小和特点,得到在相同弱磁条件下“V”型磁极结构的永磁体涡流损耗大于“一”型磁极结构的结论。最后制造样机并进行试验,验证了有限元模型的有效性,为永磁同步电机在弱磁条件下的永磁体涡流损耗情况提供参考。



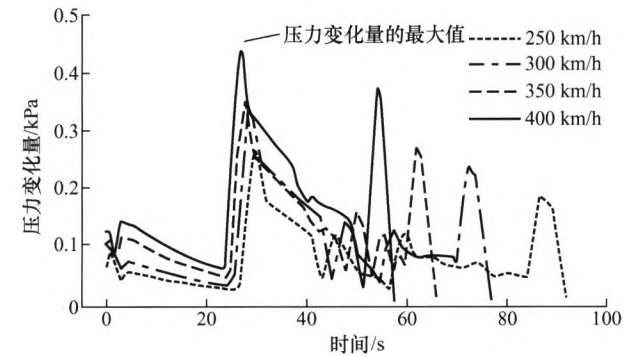
摘要: 针对单一传感器感知维度不足、实时性差的问题,提出一种激光雷达与相机融合的城市自主车辆实时目标识别方法。建立两传感器间的坐标变换模型,实现两传感器的像素级匹配。改进 yolov3-tiny 算法,提高目标检测准确率。对激光雷达点进行体素网格滤波,根据点云坡度进行地面分割。建立聚类半径与距离作用模型,对非地面点云进行聚类。引入图像中包络的思想,获取目标三维边界框以及位姿信息;将视觉目标特征与激光雷达目标特征融合。试验结果表明,改进的 yolov3-tiny 算法对于城市密集目标具有更高的识别率,雷达算法能够完整的完成三维目标检测以及位姿估计,融合识别系统在准确率、实时性方面达到实际行驶要求。



摘要: 基于轮胎六分力测试结果,研究不同磨损状态下轮胎的侧偏力学特性,得出轮胎侧偏特征参数随着轮胎磨损量的变化规律。通过建立胎面磨损模型阐明轮胎磨损特性变化的机理,得到胎面刚度与磨损量的表达式,之后根据该表达式和考虑轮胎磨损状态的轮胎刷子模型,建立考虑胎面磨损的轮胎复杂刷子模型。通过模型推导得到磨损量与轮胎侧偏刚度、回正刚度的关系,以该关系为 UniTire 轮胎模型的建模基础表达公式,建立考虑磨损的 UniTire 侧偏模型。为验证模型的正确性,采用 3 种磨损状态的侧偏数据进行参数拟合,得到考虑磨损的 UniTire 侧偏模型,并预测其他 2 种磨损状态下的轮胎侧偏特性。预测模型的仿真结果与试验结果之间的误差较小,有效证明了考虑磨损的 UniTire 侧偏模型的预测能力。本研究有助于完善 UniTire 轮胎模型,为 UniTire 模型室内外扩展应用提供理论和技术支持。



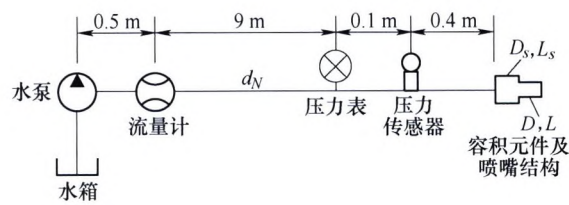
摘要：城市轨道交通线路在小半径曲线、加减速区段等特殊地段，具有较高的减振性能需求，附加钢轨吸振器是一种有效抑制轨道系统振动的方法。以抑制地铁特殊地段的钢轨振动为目的，建立含附加钢轨吸振器的轨道垂向动力学模型，求解钢轨的振动响应，以分析钢轨的振动形式为基础，建立评价振动大小的 Pinned-Pinned 振动突变量化指标与分级标准。提出了单个钢轨吸振器抑制钢轨振动的设计方法并拟合优化设计频率表达式，指出附加单个钢轨吸振器带来的不利影响，进而提出双重钢轨吸振器的设计方法。结果表明，钢轨的动柔度在 900~1 300 Hz 发生体现为尖峰与低谷的突变现象，建立的突变指标可以用于评价钢轨的 Pinned-Pinned 振动的大小；单个钢轨吸振器可以有效地抑制钢轨振动，但附加的吸振器会给轨道系统带来不利影响，导致轮轨作用力的加剧；双重钢轨吸振器因存在两个减振频率的特点，不仅可以有效地抑制钢轨振动，而且对钢轨的不利影响较小，使钢轨的振动响应更平缓。对钢轨 Pinned-Pinned 振动的量化评价以及钢轨吸振器的理论参数设计具有重要的参考价值。



摘要：由于高速列车通过隧道时产生较大压力波动，传入车内引起司乘人员出现耳感不适等问题，使得列车采用气密性车体技术和压力保护装置技术。气密性车体的应用对高速列车的制造和运营成本产生了较大影响，在满足车内压力舒适性标准前提下合理制定车体气密性指标是上述重要手段之一。针对我国山区高速铁路隧道长度特点，基于我国研制的时速 350 km 标准动车组和国内隧道断面面积特点，在应用一维可压缩不等熵非定常流动模型的广义黎曼变量特征线方法获得大量工况列车通过隧道时的车内外压力波动特征前提下，归纳不同时间间隔标准下的编组长度、速度、隧道长度、时间常数对车内压力变化量的最大值影响规律，将车-隧系统进行耦合分析，提出针对不同时间间隔标准下密封列车车内压力的最不利隧道长度。依据中国、德国、UIC、ERRI 不同标准的阈值要求计算列车时间常数，拟合出时间常数阈值随隧道长度增加的变化曲线，总结对比四种不同标准下时间常数阈值的理论数学关系式。

207 自振射流装置结构及频率特性

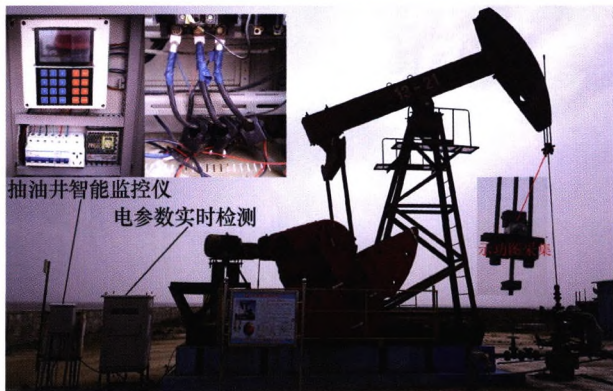
潘 岩 蔡腾飞 马 飞 邱林宾 高路路



摘要：自振射流频率特性包括低频脉动与高频振荡，其发生机理与应用条件均存在较大差异，而现有研究较少。基于流体网络理论建立数学模型，分别计算流体管网与喷嘴的声谐固有频率；基于信号分析方法，获取自振射流的全频谱结构，进而探讨射流装置结构与射流频率特性的关系。试验结果表明，一个完整的自振射流频谱由低频脉动和高频振荡两部分组成，但两者相差近两个数量级；自振射流的低频脉动通常由管网内流体扰动引发，当扰动频率与管网固有频率接近时，低频振荡增强；其高频振荡由喷嘴出口处流体涡激振动引发，当涡振频率与喷嘴声谐固有频率接近时，射流产生强烈的高频振荡；低频脉动射流不受喷嘴出口形状和外部环境参数影响，可应用于非淹没或低围压环境下，而高频振荡射流受喷嘴出口形状和外部环境参数影响大，可应用于围压条件下。研究成果揭示了射流装置结构与射流频率特性的关系，为自振射流装置结构设计及深海资源开采提供了技术支撑。

214 多相流体进泵过程机理建模

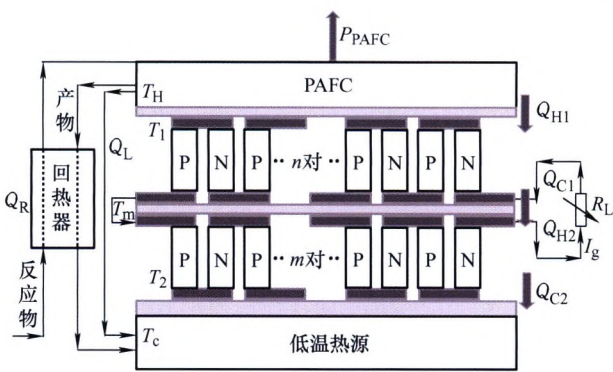
李翔宇 高宪文 袁春华 侯延彬



摘要：从举升过程中油气水多相流体质量比变化的角度出发，在确定溶解气油质量比随压力变化规律的基础上，综合考虑有杆泵抽汲过程中泵腔内气体可压缩性、原油中溶解气析出、泵阀局部阻力和抽油杆柱弹性振动等因素的影响，建立泵腔压力、进泵流体流量、泵腔内液体体积与柱塞运动之间相互关系的数学模型，得到一组描述多相流体进泵过程的新模型。油田现场应用表明，使用新模型预测的泵效与实际泵效的相对误差小于 5%，仿真功图与泵功图几何特征符合生产实际，模型精度能够满足工程应用的要求。新模型适用于有杆泵系统泵效分析计算、优化设计与故障诊断等。

222 基于温差发电的磷酸盐燃料电池余热利用

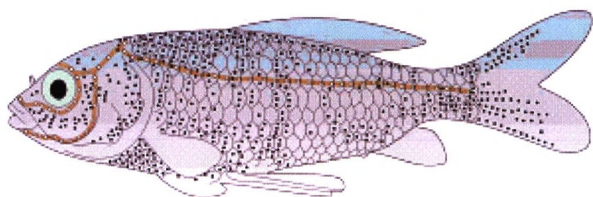
郑 壮 黄跃武



摘要：现有燃料电池与半导体耦合系统的研究中，为了方便计算，通常会忽略汤姆逊效应的存在，影响了结果的精确性。以磷酸盐燃料电池(Phosphoric acid fuel cell, PAFC)与双级半导体热电发电机(TEG)耦合的系统为研究对象，综合考虑汤姆逊效应、PAFC 以及半导体的主要不可逆损失，推导出混合系统的功率、能量效率和焓效率表达式，探究燃料电池的工作温度、工作压力和热电元件对数对混合系统性能的影响，分析汤姆逊效应对混合系统性能的影响。结果表明，汤姆逊效应降低了混合系统的最大功率密度及其对应的能量效率和焓效率，降低比例分别是 5.04%、1.21%和 1.37%。考虑汤姆逊效应所得结果可为进一步探究 PAFC 与半导体热电发电器的混合系统性能提供理论依据。

231 基于鱼侧线感知原理和深度学习的水下平动目标方向识别

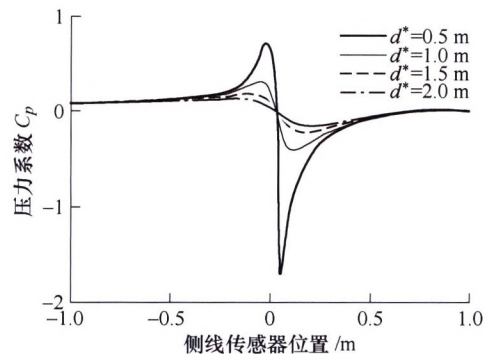
张 勇 郑贤德 季明江 林 鑫 邱 静 刘冠军



摘要：鱼侧线感知原理为潜航器水下目标感知技术研究提供了一种新的思路，但由于流场模型难以准确构建，基于模型的解析方法难以准确感知水下平动目标，提出基于鱼侧线感知原理和深度学习的水下平动目标方向识别方法。通过构建偶极子源周围压力场分布模型分析鱼侧线感知目标原理，在理论上分析压力变化与偶极子源尺寸、运动参数、位置的关系，理论分析表明，流场中压力的大小与偶极子源的位置密切相关，偶极子源振动频率处的压力变化特征明显，可用于训练和识别。采用时频分析方法处理压力传感器信号并提取时频分布特征，研究表明不同平动方向产生的压力变化具有不同的时频分布特征。提出利用卷积神经网络训练压力传感器信号，进而识别水下平动目标方向。在十字形传感器阵列及试验平台上开展试验验证，试验结果表明水下平动目标方向综合识别准确率在80%以上。在无需准确建立流场模型的情况下，通过深度学习可较准确识别水下平动目标，为潜航器水下目标感知提供了一种新的技术途径。

240 基于侧线感知机理对水下三角形干扰源感知方法的研究

林兴华 武建国 王晓鸣 张敏革 刘海涛



摘要：为提高自主水下机器人(Autonomous underwater vehicle, AUV)的环境自适应能力，基于侧线感知机理，对水下目标进行形态识别和位置定位方法的研究。采用数值模拟的方法对流场中等边三角形的流场结构进行研究，提取“侧线”上的压力信号作为形态识别信息，训练并建立支持向量机(Support vector machine, SVM)识别模型。采用二步网格寻优的方法对 SVM 模型中的惩罚因子 C 和核函数参数 g 进行优化，模型测试表明，基于压力系数的时域波形结构可以对干扰源的形态进行辨识。通过提取压力系数波形中的特征值，对相对检测距离进行分析和拟合，结果表明利用压力信号的振幅，可以有效地计算出干扰源的相对位置。因此证明利用压力信号和 SVM 的方法，可以对水下目标进行识别和定位，为提高 AUV 的环境自适应能力提供了一种新思路。



摘要：为避免自治型水下机器人-机械手系统(Autonomous underwater vehicle-manipulator system, AUVMS)的机械臂完全伸展引起振动冲击,提出一种基于虚拟工作空间约束的 AUVMS 协调运动规划方法。利用机械臂灵活工作空间的子集组成的虚拟工作空间对机械臂的运动范围进行约束,通过软关节角运动范围处理运载器和机械臂之间的运动干涉,采用基于凸包射线检测算法判断机械手末端与虚拟工作空间之间的位置关系;推导 AUVMS 不同自运动状态所对应的运载器命令速度,实现虚拟工作空间内机械臂尽可能少的移动目标。仿真与试验结果表明,基于虚拟工作空间约束的 AUVMS 协调运动规划方法解决了机械臂出现完全伸展的问题,其轨迹跟踪精度相比加权最小范数法有着明显提高,位置误差保持在 $\pm 0.04\text{ m}$ 内,姿态误差保持在 $\pm 3^\circ$ 内。

115 第 9 届上银优秀机械博士论文奖——特别奖

123 第 9 届上银优秀机械博士论文奖——特别奖

195 第 9 届上银优秀机械博士论文奖——特别奖

CONTENTS

- 1 Strain Analysis of Six-axis Force/Torque Sensors with Y-shaped Crossbeam**
ZUO Meng CHEN Weiqiu YANG Ming BAO Ronghao
- 9 Identification of Nonlinear Damping of Fiber-reinforced Composite Thin Plate with Vibration Amplitude Dependent Characteristics Based on Refined Resonance Method**
LI Hui CHANG Yongle HAN Qingkai WEN Bangchun
- 19 New Acoustoelastic Effect Characterization Method for Acoustic Reflection and Transmission Coefficient of Prestressed Thin Plate at Liquid-solid Interface**
SONG Guorong DU Xiaoyu LÜ Yan SHI Yuchen ZHANG Binpeng HE Cunfu
- 26 Self-focusing Linear Array Sound Field Characteristics and Testing**
ZHAO Xinyu YAN Haoming ZHANG Jiaying
- 34 Research on Eddy Current Testing of the Lay Length of Wire Rope with Rectangular Coil**
LI Junxia LI Conghao JIAO Shaoni LI Tengyu KOU Ziming
- 42 Influence of Yield Criteria and Hardening Model on Draw-bending Springback Prediction of DP780**
LI Xiaoqiang DONG Hongrui YU Changwang WANG Haibo YANG Yanfeng SONG Bingyi WAN Zheng LI Dongsheng
- 56 Mechanical Model and Numerical Solution of Shape Memory Alloy Beam under Thermal-mechanical Load**
ZHOU Bo WANG Zhiyong XUE Shifeng
- 65 Thermo-mechanical Characteristics and Microstructure and Properties of Micro-stir Friction Welding of H62 Brass Ultrathin Plate**
ZHANG Changqing QIN Zhuo RONG Chen SHI Wenchen WANG Shuwen WANG Xijing
- 73 Research Progress and Prospects of Precision Ultra-thin Strip Rolling Theory**
REN Zhongkai GUO Xiongwei FAN Wanwan WANG Tao XIONG Xiaoyan
- 85 Deformation Coordination between Component Phases in Duplex Steel Based on 3D Simulation**
JIN Miao ZHANG Wenbin ZHANG Qingling JIA Qixiang GUO Baofeng CHEN Lei
- 92 Design and Optimization of Pseudo Drawbeads in Nonisothermal Stamping of Magnesium Alloys Based on Level Set Theory and Kriging Model**
XIE Yanmin YUE Yuepeng FENG Meiqiang GUO Yuanheng WANG Dongtao ZHU Yun

99 Effect of Combined Stirring Modes on the Solidification Behavior of Special Steel Bloom Casting
WANG Pu LI Shaoxiang ZHANG Zhuang TIE Zhanpeng DONG Yannan ZHANG Wei
ZHANG Jiaquan

107 Simulation on Delamination Failure of Carbon Fiber Reinforced Epoxy Resin Composite Circular Tube under Axial Crushing
ZHUANG Weimin LIU Yang LIU Xiyang

116 Hot Deformation Behavior and Recrystallization Structure of Fe-1.3C-5Cr-0.4Mo-0.4V Ultra High Carbon Steel
ZHANG Wei YAN Zhijie WANG Rui LI Dazhao KANG Yan WU Zhonghao YANG Xiaomin

124 Influence of Contact Modeling on Numerical Analyses of High Frequency Wheel-rail Interactions
ZHANG Peng ZHAO Xin LING Liang TAO Gongquan WEN Zefeng

133 Investigation on the Characteristics of the Underbody Flow Around High-speed Train
ZHU Jianyue LÜ Su CHEN Li SHEN Zhe

144 Research on Collision Response of Elderly Occupant in Autonomous Vehicles
WU Hequan KUANG Shijie HU Lin

155 Analysis of the Eddy Current Losses of Permanent Magnets in Permanent Magnet Synchronous Motors for Electric Vehicles Under Weak Magnetic Conditions
WANG Xiaoyuan DIAO Jian WANG Lixin ZHAO Xiaoxiao YU Sheng

165 Real-time Target Recognition for Urban Autonomous Vehicles Based on Information Fusion
XUE Peilin WU Yuan YIN Guodong LIU Shuaipeng LIN Yiheng HUANG Wenhan
ZHANG Yun

174 Study on Influence of Wear on Tire Cornering Stiffness and Aligning Stiffness
LU Dang LU Lei WU Haidong LI Lun WANG Wei LÜ Manyi

184 Study on Vibration Suppression of Track System via Double Rail Vibration Absorber
WEN Yongpeng JI Zhonghui WENG Lin ZOU Yu SUN Qian

196 Numerical Simulation Study on Dynamic Air-tightness Thresholds Characteristics of High-speed Train Body in Mountain Area High Speed Railway
MEI Yuangui MA Yao WANG Lei

207 Device Configuration and Frequency Characteristics of Self-resonating Water Jet
PAN Yan CAI Tengfei MA Fei QIU Linbin GAO Lulu

214 Mechanism Modeling for Multiphase Flow Entering Pump Process
LI Xiangyu GAO Xianwen YUAN Chunhua HOU Yanbin

222 Waste Heat Recovery of phosphoric acid Fuel Cell Based on Thermoelectric Generator
ZHENG Zhuang HUANG Yuewu

231 Underwater Translational Target Direction Recognition Based on Lateral Line Perception Principle and Deep Learning
ZHANG Yong ZHENG Xiande JI Mingjiang LIN Xin QIU Jing LIU Guanjun

240 Research on Underwater Triangle Source Sensing Method Based on the Lateral Line Sensing Mechanism
LIN Xinghua WU Jianguo WANG Xiaoming ZHANG Minge LIU Haitao

249 Coordinated Motion Planning Based on Virtual Workspace Constraints for AUVMS
YU Fujie CHEN Yuan LI Qingzhong

《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)		

