

机械工程学报[®]

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

面向机械装备健康监测的数据质量保障方法研究

雷亚国 许学方 蔡潇 李乃鹏 孔德同 张勇铭



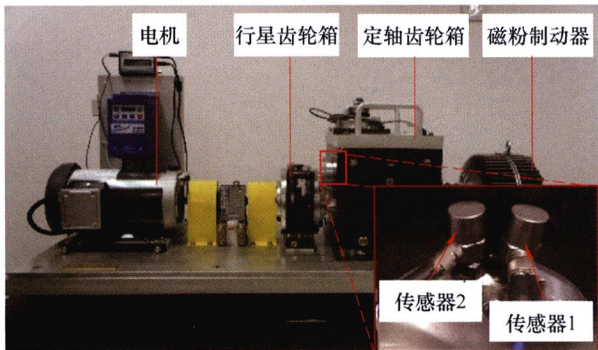
中国机械工程学会 主办
万方数据

57卷 4 期 半月刊
2021年2月

仪器科学与技术

1 面向机械装备健康监测的数据质量保障方法研究

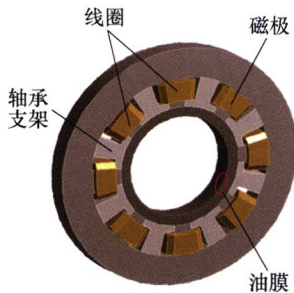
雷亚国 许学方 蔡 潇 李乃鹏 孔德同 张勇铭



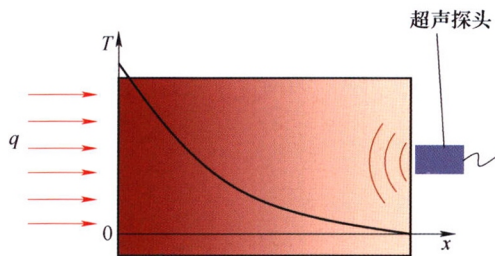
摘要：工业“大数据”时代的到来为机械装备健康监测带来了新机遇。然而，由于运行环境异常、人为因素干扰以及采集设备故障等，机械装备健康监测大数据中往往混杂大量与健康状态无关的异常值或缺失值数据，从而造成数据质量下降。监测数据中掺杂的劣质数据容易造成对机械装备健康状态的误判，进而导致运维策略制定不当。为保障数据质量，提出一种机械装备健康监测振动数据恢复的张量分解方法。针对机械装备不同转速的振动数据，构建以转速、时窗、小波尺度和时间为维度的四阶张量，利用 Tucker 分解从中挖掘蕴含的机械健康状态信息，并通过张量填充对缺失值数据进行恢复。分别采用仿真数据和试验台数据验证了提出方法的有效性，结果表明，与传统数据恢复方法相比，提出方法恢复的数据与真实数据的拟合度更高。将提出方法应用于风电装备监测数据恢复，保障了监测数据的质量。

10 多跨转子系统多频传递力变步长神经网络控制

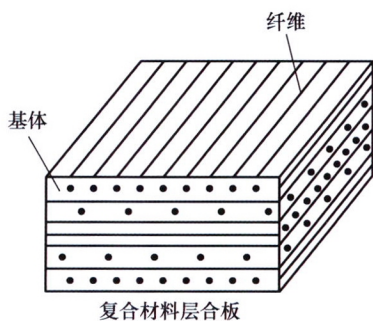
王金健 徐 晖 祝长生



摘要：转子在旋转过程中，转子上的各种激励力会通过轴承传递给基础，从而导致基础的振动。为了抑制多频传递力，提出一种基于跟踪滤波后轴颈位移和传递力误差信号的变步长神经网络算法。设计一种集电磁执行器与固定瓦滑动轴承于一体的混合支承结构，并建立其动力学模型。用有限元法建立多跨转子系统的动力学模型，分析传递力控制的基本原理，采用离散跟踪微分器和状态观测器分别解决位移信号夹杂白噪声不易微分和传感器与执行器不同位时执行器位置处轴颈位移的重构问题。提出一种能够抑制多跨转子系统多频传递力的变步长神经网络算法。以一个四轴承二跨转子系统的仿真模型为例进行仿真分析，对所提出的变步长神经网络算法抑制双跨转子系统传递力的有效性进行了验证。结果表明，变步长神经网络算法能够有效地抑制转子系统对基础的多频传递力。



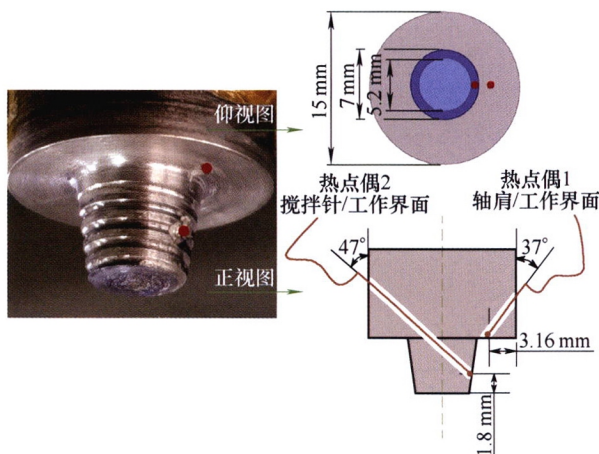
摘要：同时预测结构内部温度场和厚度对量化评估油气管道等高温石化设备的安全可靠性有重要意义。采用增大初始时间和时间步，建立稳态传热条件下基于热/声耦合分析的超声同时测厚测温模型。采用超声回波法和热传导反问题分析方法相结合，将结构内部温度场的预测转化为等效热边界条件的反演和热传导正问题的计算问题，发展一种同时测量结构厚度和内部温度场的方法。研究表面，不仅避免了参数识别中输入信息不足带来的矩阵奇异问题，而且反映了波传播路径上由于温度不同所带来的声时累积特性，可有效提升稳态传热条件下超声同时测温测厚的准确性。试验验证可行性和可靠性，不同采样点数、热边界条件和试件厚度等算例分析也表明了该方法有很好的抗噪性。



摘要：针对碳纤维增强树脂基复合材料(Carbon fiber reinforced polymer, CFRP)弱导电性和异质多相结构特点，通过设计开发高分辨率涡流线圈探头结合空频域信号处理方法，实现对碳纤维复合材料板中 $10^{-6} \sim 10^{-3}$ m 细观尺寸范围内的纤维分布以及纤维缺失、褶皱和空隙过大等缺陷的涡流成像。主要从线圈探头耦合特性建模仿真和图像特征参数提取两个方面对碳纤维复合材料的电涡流细观尺度成像技术进行研究，建立分离式线圈探头耦合阻抗信号模型和点扩散函数数学模型，综合考虑这两方面影响因素设计一种自调零涡流探头并确定了其结构参数。对多方向CFRP层合板进行了检测并研究了图像的特征参数提取方法，基于复平面相位旋转的方法确定每个扫描点的像素值，得到了清晰的纤维纹路分布和缺陷图像，进一步提高检测的分辨率。

36 搅拌头/工件界面峰值温度的测量及预测

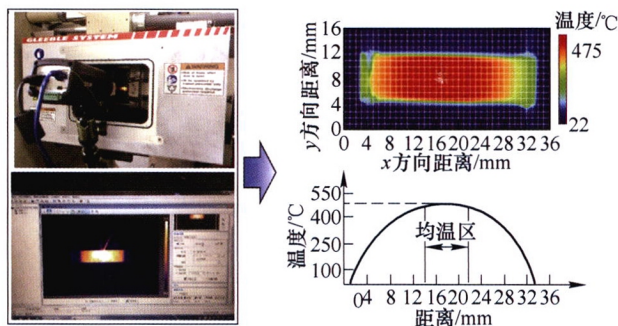
翟 明 武传松



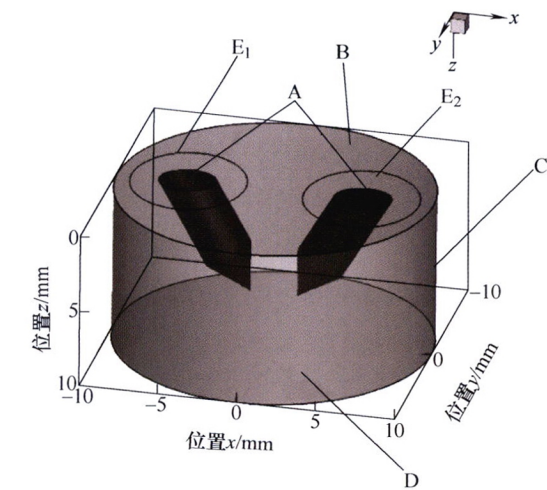
摘要: 搅拌摩擦焊接过程中搅拌头与工件接触界面处的界面峰值温度对接头的组织与性能有决定性影响。研发界面温度测量系统, 将热电偶置入搅拌头的轴肩底面和搅拌针侧面来分别监测两个接触界面的温度, 信号采集、放大和处理等单元与搅拌头紧凑集成于一体, 以蓝牙方式将温度数字信号以无线方式传输到计算机。通过 AA6061-T6 铝合金对接测温工艺试验, 分析不同工艺条件对界面峰值温度的影响。结果表明, 界面峰值温度随着转速的提高或焊速的下降而升高, 且随着转速的提高升温幅度逐渐变缓, 转速变化对温度的影响大于焊速的变化。搅拌头倾角对界面温度有一定提升作用; 在下压量不同时界面动态温度曲线也有不同, 可在一定程度上判断焊缝成形质量。利用测量数据, 修正峰值温度的预测经验公式; 与计算流体力学数值模拟方法相比, 对界面峰值温度的预测更为简便和高效, 有利于工程应用。

44 热冲压条件下 2219 铝合金的本构行为测试与建模

安 剑 李永丰 张云光 李淑慧



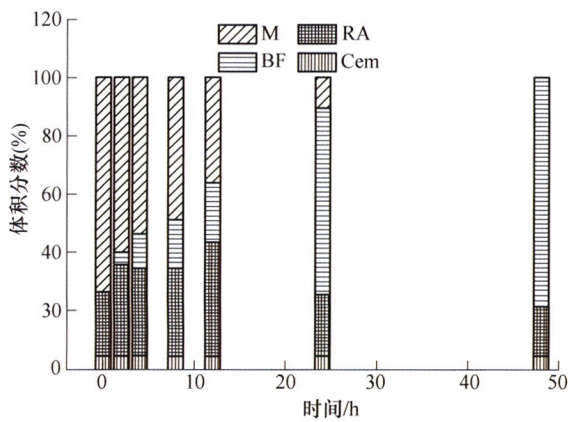
摘要: 铝合金热冲压过程中板料在非等温连续冷却过程中发生塑性变形。为了表征 2219 铝合金在热冲压条件下的变形行为, 基于 Gleeble 热模拟试验机开发了新型夹具和高温高速 DIC 全场应变测试方法, 在 350~475 °C, 0.01~1 s⁻¹ 应变速率下进行热拉伸试验。综合 Swift 模型的强硬化和 Hockett-Sherby (H-S) 模型的弱硬化特性对 Johnson-Cook(J-C)模型进行了修正, 并提出新的混合硬化模型, 通过建立混合硬化因子与温度和应变率的关系实现了各种变形条件下 2219 铝合金高温变形行为准确描述, 利用试验所获流变曲线对本构模型参数进行了识别, 识别结果显示修正 J-C 模型能够准确描述 2219 铝合金的高温流变行为。建立航空发动机唇口特征件热冲压成形仿真模型, 仿真结果显示预测零件壁厚减薄率与试验测试结果较为吻合, 验证了提出变形测试方法和修正 J-C 模型的可靠性。



摘要: 建立氧在双钨极惰性气体(Tungsten inert gas, TIG)电弧中传质过程的三维稳态数学模型, 研究总电流相同时, 两钨极不同的电流分配条件下氧质量分数的分布。结果表明, 氧在双 TIG 电弧中呈现不均匀分布, 不同的电流分配对氧分布有显著影响。当两钨极电流不同时, 从小电流钨极侧混入的氧更多的向这一侧的电弧区域外围扩散; 当两钨极电流相同时, 氧向电弧中心区域的扩散更加明显, 浓度也更高; 但在这两种情形下, 氧整体上都明显的聚集于混入一侧的电弧区域。距离阳极上表面 0.1 mm 位置处, 氧的分布同样不均匀, 两钨极电流不同时, 氧质量分数和粒子数通量比两钨极电流相同时更低, 预示着进入熔池的氧更少。

63 热处理工艺对纳米贝氏体渗碳轴承钢表层组织和性能的影响

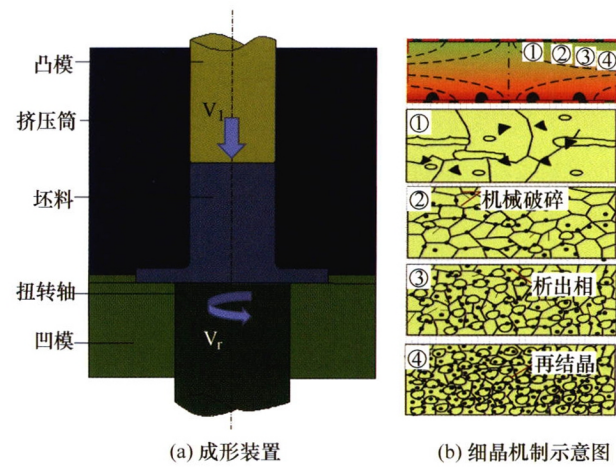
李 伟 秦羽满 李艳国 张 明 杨志南 张福成 尤蕾蕾 龙晓燕



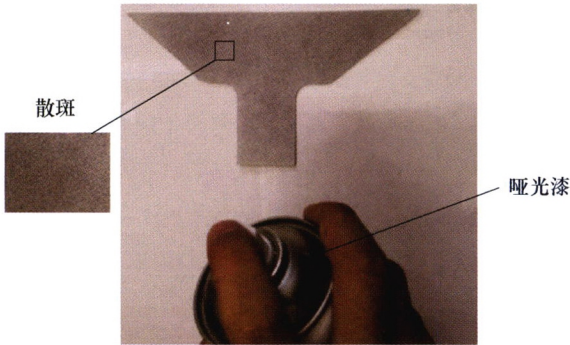
摘要: 目前渗碳纳米贝氏体轴承钢表层高碳成分组织与性能的演变规律还不是很清楚。设计一种高碳钢模拟 G23Cr2Ni2Si1Mo 纳米贝氏体渗碳轴承钢表层高碳成分, 利用 SEM、TEM、硬度和冲击等研究微观组织与力学性能随相变时间的演变规律。结果表明, 试样在 200 ℃贝氏体等温相变需要总时间为 48 h。随着等温时间从 0 h 延长到 48 h, 组织中的马氏体含量逐渐降低、贝氏体铁素体含量逐渐升高、残余奥氏体含量先升高后降低, 在等温 12 h 时含量最高 38.5%。等温 48 h 后, 组织中贝氏体板条平均厚度为 48 nm。随等温时间的延长, 试验钢的硬度先降低后升高, 在等温 12 h 有最小值 58.1 HRC; 冲击韧性值逐渐增大, 在等温 48 h 达到最大值 96.0 J/cm²; 抗压强度逐渐降低, 断裂应变逐渐增大。该研究结果更清晰地展示了纳米贝氏体渗碳轴承钢表层组织与性能的变化规律, 为其工艺优化提供了理论支撑。

73 镁合金板形件扭-挤成形载荷的主应力法求解模型

徐宁宁 孙朝阳 钱凌云 倪克志 蔡 旺

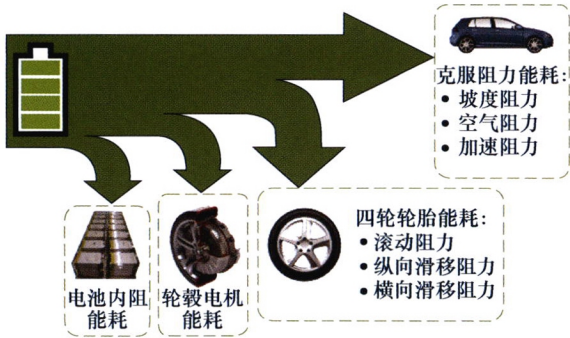


摘要: 结合挤压工艺和高压扭转工艺的优势提出一种扭-挤成形工艺新方法及开发了模拟装置, 该工艺不仅能够保证成形, 而且还能够有效的细化晶粒。通过分析扭-挤成形工艺金属流动和变形区特点, 建立了镁合金扭-挤成形载荷的主应力法求解模型, 该模型将变形区划分为四个区域, 依次推导了不考虑扭转和考虑扭转成形载荷的求解模型, 剪切屈服强度考虑温度和应变速率的效应。通过与成形试验的载荷对比, 模型计算结果与试验的结果误差在 8% 以内。采用该模型分析了不同参数对成形载荷的影响, 结果表明随着扭转轴转速的增加, 不仅坯料剪切变形增加, 且成形载荷减小; 成形载荷随坯料半径的增加而增加, 随坯料高度的增加呈线性增加, 随板件宽度的增加而减小, 随板件高度的增加先骤减后平缓减小, 且坯料半径和板件高度对成形载荷影响显著。

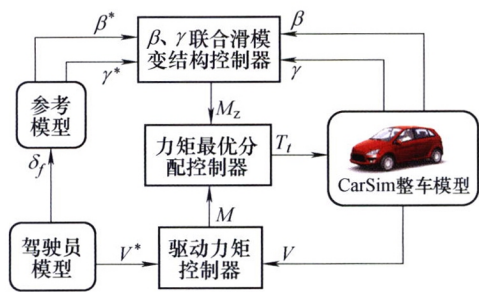


摘要：随着航天、航空、国防、汽车等制造技术领域对金属产品轻质化、强韧化的要求不断提高，塑性失稳成为制约其整体成形的难题之一，高效准确预测和预防薄壁构件成形过程中起皱失稳缺陷具有十分重要的意义。以楔形件拉伸试验作为研究对象，通过建立楔形件数值失稳起皱模型，结合分岔原理，提出一种板壳起皱极限图(Wrinkling limit diagram, WLD)数值求解及绘制方法。针对在金属板壳试件成形过程中应力加载路径对起皱失稳的显著影响，通过分析楔形件不同区域的应力加载路径，探究板壳变形时应力加载路径对临界起皱极限的影响。结果表明：对于存在彼此独立、不同受力状态起皱区域的试件，应对不同区域分别建立 WLD。不同区域单元应力加载路径对 WLD 的影响可归纳为临界皱屈主应力比对主应变比的影响：当临界皱屈单元的主应力比越大时，临界皱屈主应变比就越大，即 WLD 斜率越大，工艺抗皱性越弱；同时，通过比较楔形件不同起皱失稳区域的承载变化过程可知，起皱单元的临界主压应力增加速率会影响板料的临界起皱失稳时刻。

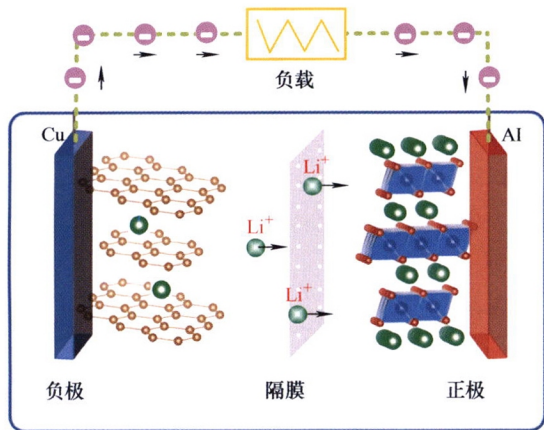
/// 运 载 工 程 ///



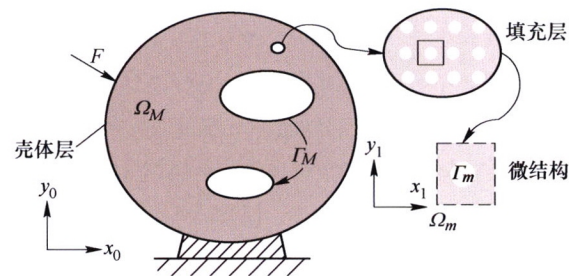
摘要：四轮独立驱动电动汽车被认为是目前最有发展前景的电动汽车驱动方案之一。由于采用轮毂电机独立驱动，提高系统的可操作性，使得轮胎产生的能量消耗可以独立控制，为汽车节能控制提供了发展潜力。而精确的四轮独立驱动电动汽车轮胎纵、横向滑移能耗模型是实现节能控制的关键与理论基础。针对轮胎纵、横向滑移能耗模型的研究有待进一步深入，针对四轮独立驱动电动汽车的能耗仿真建模的研究也需要进一步完善。针对四轮独立驱动电动汽车轮胎的纵、横向能耗特性，分析其能耗机理，搭建轮胎纵、横向能耗模型；基于滑移能耗模型与电动汽车能耗特性，得到改进的整车能耗模型；在 Carsim/Simulink 联合仿真环境中，搭建四轮独立驱动电动汽车整车模型与能耗模型，为四轮独立驱动电动汽车能耗研究提供精确可靠的仿真平台；不同工况下的仿真结果证明了考虑横向滑移能耗进行能量优化控制的必要性。



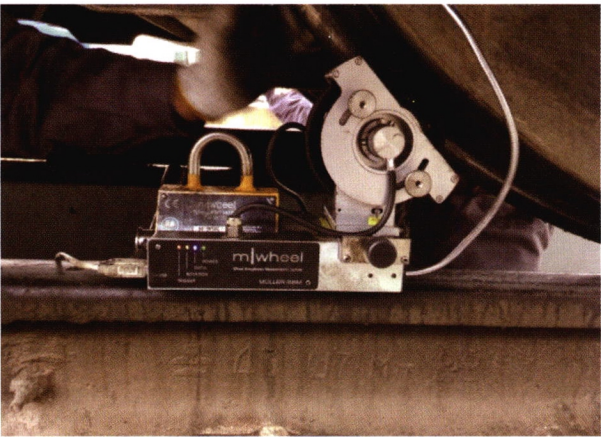
摘要：针对四轮轮毂电机独立驱动汽车各轮力矩解耦可控的特点，分析车辆转向受力对四轮独立驱动电动汽车行驶稳定性的影响，提出四轮独立驱动电动汽车转向稳定性控制策略，为四轮独立驱动电动汽车四轮转矩协调控制，提升整车行驶稳定性提供了思路。基于模型跟踪控制的思想，采用分层控制思想设计控制器，控制器包含参考模型、顶层控制器、底层控制分配器。采用带质心侧偏角约束的2自由度车辆模型作为参考模型，设计出一种新的非线性联合滑模变结构主动控制的顶层控制器，该方法可以在一定程度上实现车辆横摆角速度和质心侧偏角的解耦控制，避免了横摆角速度和质心侧偏角的较大变化，从而保证汽车稳定性。在底层控制分配器中，采用基于轮胎稳定裕度最大化的最优分配方法。在Carsim软件中，搭建四轮轮毂电机独立驱动电动汽车模型，在Simulink软件中搭建控制策略模型。针对双移线工况，Carsim/Simulink联合仿真的结果表明，滑模变结构控制器具有较好的收敛性，控制分配模块可以实现四轮力矩的优化分配，能够提升车辆在极限工况下的稳定性。研究将为轮毂电机驱动车辆分布式协调控制提供理论支撑。



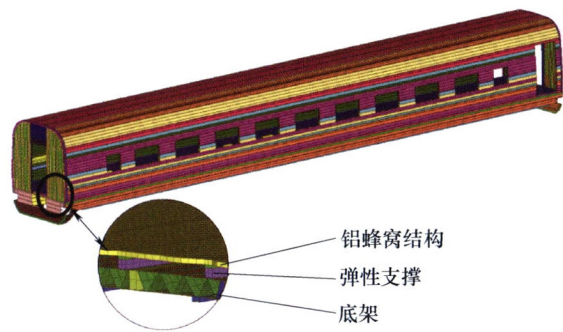
摘要：动力电池环境适应性，尤其是低温性能受限严重制约新能源汽车在高寒地区的安全、耐久、高效和长里程运行。为解决动力电池低温预热难题，提出一种基于短时大电流自放电的电触发极速自加热方法，以18650类锂离子动力电池为研究对象，分析加热过程中的动力电池产热及温升特性，进而设计基于动力电池温度预测的极速加热控制策略；结合COMSOL仿真系统模拟动力电池加热效果，进而开发带有极速加热样机的测试平台，测试结果表明，该方法可以实现快达0.65℃/s的瞬时加热速率，在87s内将动力电池从环境温度-20℃加热到20℃，目标温度的控制误差仅0.4%，且该加热方法对动力电池寿命的影响很小，对动力电池模组加热时温升标准差小于2.7℃。最后对该加热方法的应用前景、所需进一步解决的科学问题及研究路线进行探讨。



摘要：提出一种基于滤波/映射边界描述的壳-填充结构拓扑优化方法，用以实现壳-填充结构宏观拓扑构型和填充区域材料微观分布协同优化。该方法针对宏观单元密度引入两步 Helmholtz 滤波映射和空间梯度范数归一化，用以描述壳层区域和填充区域几何特征；基于惩罚的固体各向同性材料方法设计微观结构，基于均匀化理论分别获得壳层实体区域和填充孔隙区域等效弹性矩阵，在此基础上发展出融合壳-填充几何特征信息的材料插值模型；基于所提出的材料插值模型，建立以最小应变能为目标，双体积比约束下的多尺度拓扑优化模型并进行求解；以悬臂梁和 MBB 梁为算例，开展有壳/无壳设计、载荷工况、微结构体积分数和微结构的初始设计等不同因素对最终设计的影响，分析结果验证所发展算法的有效性。

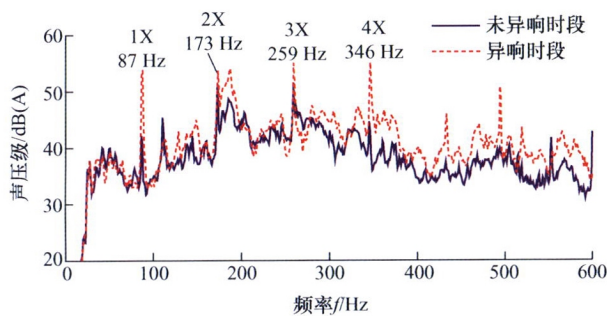


摘要：严重的车轮非圆化磨耗会导致剧烈的轮轨冲击作用，降低车辆轨道疲劳寿命，威胁行车安全。为调查分析电力机车车轮非圆化磨耗特征及其对机车车辆系统振动的影响，对国内某型号电力机车车轮非圆化磨耗进行大量测试，对其中频繁发生异常振动报警和运营正常的机车进行动态测试；此外为探究车轮镟修对非圆化磨耗消除作用的影响，对镟修前后的车轮非圆化磨耗进行跟踪测试。测试结果表明，车轮高阶非圆化磨耗是造成机车轮对异常振动报警的主要原因；相比于从未发生振动报警的机车车轮，频繁发生振动报警的车轮除低阶非圆化磨耗外，还存在 15~25 阶非圆化磨耗，所对应的中心波长为 158~250 mm；采用 Q 型不落轮镟床不能有效消除车轮高阶非圆化磨耗，经过一段时间运营后车轮非圆化磨耗发展明显。基于机车车辆-轨道耦合动力学仿真，系统分析非圆化磨耗幅值和阶次以及车辆运行速度对轮轨系统动态行为的影响，提出机车车轮非圆化磨耗的养护维修安全限值。

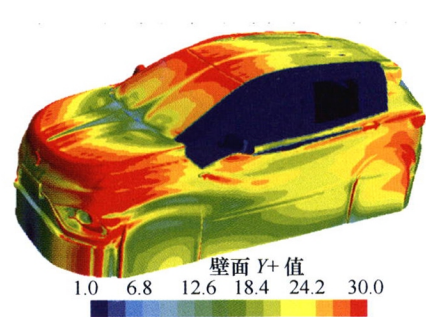


摘要：高速动车组地板局部共振现象时有发生，对车辆运行舒适性造成极大的负面影响。以某型高速动车组车辆为研究对象，结合地板振动测试与仿真分析，探究地板局部共振的成因机理和控制措施。建立包含铝蜂窝地板及地板弹性支撑的精细化动车组车体有限元模型，并基于车体模态参数及地板振动响应测试结果对模型进行校验。基于该模型，通过仿真分析发现：由于地板局部刚度不足使得地板模态频率较低，而通过转向架悬挂传递至车体的激励频率与地板模态频率接近，导致地板局部共振发生。据此，分别提出加装波纹板的局部刚度优化和基于加速度响应最优的动力吸振两种地板振动控制方法，并对控制效果进行对比分析。结果表明，两种控制方法均可有效抑制地板局部共振，其中，加装波纹板的局部刚度优化方法可有效提高地板局部刚度，使地板模态频率得到提升，从而避开原始激励频率，但易导致地板产生新的共振频带；而动力吸振方法可实现地板局部共振的精准控制，无附加共振频带产生。相比而言，采用基于加速度响应最优的动力吸振地板振动控制方法在提高车辆运行舒适性方面具有更优的效果。

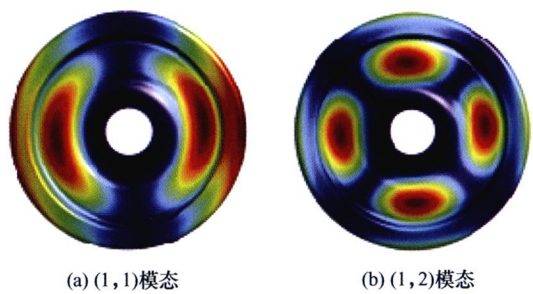
148 铁道车辆异常振动噪声的原因分析



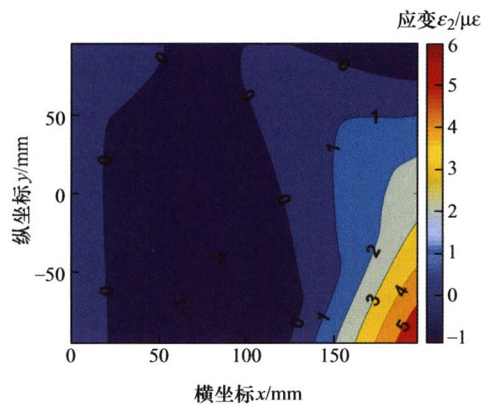
摘要：针对动车组在高速运行阶段出现的客室内异常噪声现象，结合线路试验测试数据，通过频域与时域分析方法，进行声源识别与振动传递分析。数据分析结果显示客室异响是由于地板的异常振动引起的声辐射。由于轴箱的异常振动主频幅值小于构架，且车辆系统异常振动频率为牵引电机转频及其倍频，故排除轮轨激励与车下设备产生异常振动的可能性，将故障定位于传动系统。依据牵引电机与齿轮箱典型故障的振动频谱特征，因其与异常振动频率不相符，故可将故障锁定在联轴节处。结合转子动力学理论，推导弹性联轴节不对中状态下的受力方程，理论分析可知，不对中效应会导致转子系统产生以转动频率为基频的倍频振动，这与数据分析结果是吻合的。因此在后续试验中更换联轴节，结果表明，更换联轴节后客室地板异常振动衰减，惰行工况尤为明显，加速度方均根值降低 67%，异常振动 1X 与 3X 主频幅值消失，2X 与 4X 主频幅值分别降低了 78%与 66%。客室地板振动水平达到理想效果，理论分析与试验结果得到相互验证。



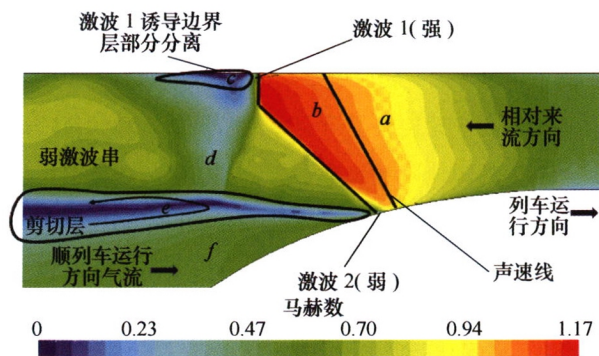
摘要：当前天窗风振已得到控制，而侧窗风振难以控制，且侧窗风振特性相关研究较少。以某 SUV 为例，结合风洞试验与仿真，探究风振噪声仿真精度的影响因素，通过仿真研究侧窗风振噪声分布与风振特性。结果表明，湍流模型采用大涡模拟(Large eddy simulation, LES)与改进的延迟分离涡模拟(Improved delayed detached eddy simulation, IDDES)精度较高，而可实现 $K-\epsilon$ 的精度较差；介质采用可压气体的仿真精度更高，采用不可压气体时风振声压级远低于实际；侧窗风振在车内均匀分布，前窗风振弱于后窗；随风速升高，侧窗风振声压级先高后低，频率递增；侧窗风振声压级不随车窗开度而连续变化；负角度偏航时，左侧窗风振增强，反之风振减弱；随乘员人数增加，风振先减弱后增强；任意组合开窗可以抑制侧窗风振，右前窗开启时左后窗风振最低。对风振仿真精度影响因素的研究与侧窗风振特性的总结，可为乘用车侧窗风振的仿真开发与控制提供参考。



摘要：轮轨噪声是铁路噪声的主要组成部分，而车轮辐射噪声是轮轨噪声的重要来源。因此，开发低噪声车轮是降低铁路噪声的重点之一。以我国某直辐板高速列车车轮为基体，设计 9 种阻尼车轮，利用 2.5 维有限元法和 2.5 维声学边界元法考虑车轮旋转对包括标准车轮在内的共 10 种车轮进行振动声辐射计算。研究表明，在径向轮轨力激励下，考虑车轮旋转得到的车轮辐射声功率级总是大于未考虑旋转时的结果，最大相差 3.55 dBA，并且是否考虑车轮旋转甚至会得到相反的降噪结论；约束阻尼车轮的最佳降噪效果要优于自由阻尼车轮的最佳降噪效果；对于相同形式的约束阻尼车轮，采用钢质约束层的降噪效果要优于铝质约束层；在车轮辐板单侧粘贴 3 mm 厚的钢质约束层和 3 mm 厚的阻尼层时降噪效果最好，且在辐板内、外侧粘贴效果相当，总的降噪效果达 4.3 dBA；约束阻尼层主要是通过抑制单位轮轨力下车轮的 1 节圆模态振动在发挥降噪作用，而所引起的轮轨力变化发挥的作用有限。



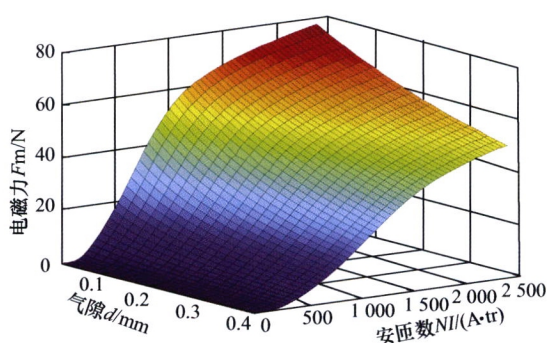
摘要:以高速列车转向架构架为研究对象对强耦合结构的动载荷识别方法进行了研究。分析构架的结构特点及载荷系分布,以齿轮箱载荷识别为例通过加载齿轮箱载荷工况及干扰载荷工况获得强耦合边界测点的应变响应,通过三次样条空间插值的方法分别获得了三种工况下的强耦合区域内的应变分布,将两种干扰载荷工况应变等高线交叉为零的点选为齿轮箱载荷识别测点,通过逐级加载的“载荷-应变”传递系数标定试验获得了标定散点,通过对散点进行回归分析获得最终的齿轮箱载荷系“载荷-应变”传递系数从而完成了载荷识别。通过线路实测获得了齿轮箱载荷系的时域数据,利用短时傅里叶变换得到了齿轮箱载荷系的时频图及频谱图,通过频域分析验证了该载荷解耦方法的有效性。



摘要:真空管道列车运行环境变化复杂,研究管道内部气动现象对真空管道列车设计及优化等具有重要意义。利用收敛-扩张进气道理论阐明亚音速真空管道列车壅塞机制。建立考虑悬浮高度的二维亚音速真空管道列车数值模型,利用重叠网格技术研究了真空管道列车运行前方的气动壅塞现象与尾部的激波现象。结果表明:重叠网格技术适用于数值模拟真空管道列车气动特性。管道内列车前方的壅塞高压区域长度随着运行速度的增加而降低,随着运行时间的增加而增大,且壅塞高压区长度与列车运行速度和时间均呈线性关系。列车尾部区域存在膨胀波和激波,尾部激波长度随着运行速度的增加而增加。由于悬浮间隙的存在,列车尾部激波呈现上下不对称现象。通过理论和仿真计算相结合方法揭示真空管道列车运行前方气动壅塞现象产生机制,得到了列车后方的非对称尾部激波现象。

191 多电压复合驱动的高速开关阀性能研究

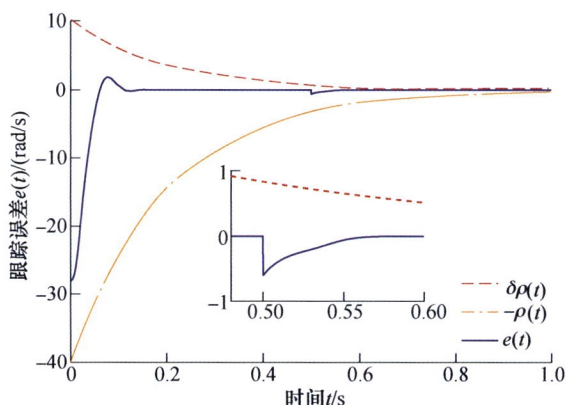
钟 麒 谢 耿 汪谢乐 李研彪 杨华勇 张 斌 陈 波



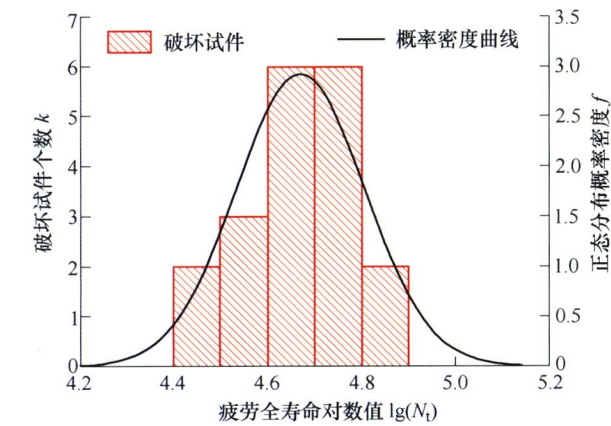
摘要：高速开关阀是数字液压技术的核心元件。高速开关阀的动态特性是决定数字液压技术响应速度和控制精度的关键。提出多电压复合驱动策略，通过预加载方法优化了高速开关阀启闭初始电流，并结合电流反馈和数字逻辑触发机制，实现了5个驱动电压的自适应切换，最大程度上确保了高速开关阀的快响应切换和低功耗驱动。理论分析探究了初始电流和驱动电压对高速开关阀动态特性的影响规律，并基于该规律得到了改善高速开关阀动态特性的方法。搭建了高速开关阀仿真模型，开展了动态性能试验，通过直接测试和间接测试两种方法对所提出的多电压复合驱动方法的有效性进行了验证。结果表明，相比较于双电压驱动方法，多电压复合驱动方法在不增大驱动电压的前提下，通过优化启闭初始电流，大幅提高了开关阀的响应速度，减少开启滞后时间66.7%、缩短关闭滞后时间87.5%，并能改善高速开关阀流量控制特性，将其流量线性范围扩大了17.1%，同时还降低热功率损耗64.8%，减小工作钢球压迫受力，延长高速开关阀使用寿命。

202 未知扰动下冷轧机扭振自适应预定性能控制

华长春 陈佳强 陈健楠 陈树宗

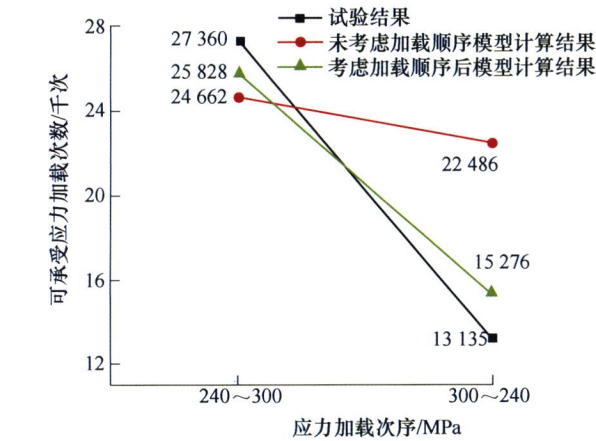


摘要：轧机振动一直是板带材轧制生产中普遍存在并难于解决的问题。针对冷轧机主传动系统由于外界不确定性扰动导致的扭振问题，提出一种自适应预定性能控制策略，有效抑制了轧机主传动系统的扭转振动。基于拉格朗日动力学方程，考虑刚度、摩擦及电动机死区等非线性特性和外界不确定性扰动对轧机主传动系统的影响，建立具有下三角结构的轧机主传动系统模型。针对该不确定性非线性模型设计一种自适应预定性能控制器(Adaptive prescribed performance controller, APPC)，并利用Lyapunov稳定性理论对所设计的控制器进行严格的理论证明，得出系统的有界稳定性。针对某厂2 030 mm冷连轧机主传动系统进行Matlab数值仿真分析，试验结果表明轧辊转速跟踪误差被严格地限制在预定域内，有效避免了扭振现象的产生。通过性能函数的引入，为轧机的扭转振动问题提供了一种有效的控制策略。

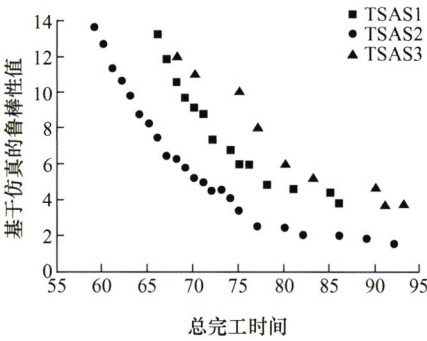


摘要：铁路重载货车牵引吨位增加导致钩舌裂纹率急剧上升，现有针对钩舌疲劳断裂的研究还缺乏试验和理论支撑，因此有必要开展基于可靠性的钩舌(16H 型)疲劳断裂寿命研究。基于线路实测载荷谱开展了系统的钩舌疲劳断裂台架试验，利用可靠性理论研究钩舌疲劳断裂寿命，然后从疲劳损伤分布的角度，对钩舌危险部位的损伤分布进行了深入分析，实现了与台架试验结果的相互印证。结果表明：在纵向冲击载荷作用下，钩舌主要呈现下牵引凸缘断裂和内腕面断裂两种失效形式，其中下牵引凸缘根部临界裂纹尺寸表面长度为 60 mm，深度为 23 mm，内腕面临界裂纹长度为 90 mm；在 99.9%可靠度下，钩舌断裂寿命为 47.5 万 km；钩舌内腕面疲劳断裂寿命是下牵引凸缘断裂情况下疲劳断裂寿命的 1.04~1.75 倍，寿命差异除偶然误差外还同时存在条件误差；钩舌最大损伤位于下牵引凸缘根部距离内腕面一侧 42 mm 处，上牵引凸缘根部损伤小于下牵引凸缘根部，内腕面损伤最小，但出现疲劳裂纹的范围最大，易同时萌生多段小裂纹导致断裂。研究工作对重载货车钩舌维修策略的制定和应用安全性具有重要的理论和工程指导价值。

219 废旧机床主轴剩余寿命评估模型

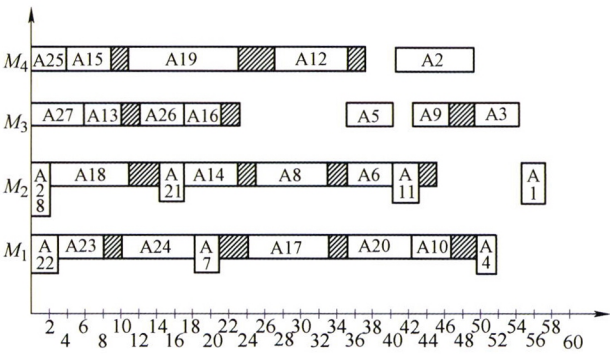


摘要：如何准确评估废旧主轴的剩余寿命是其可再制造性评估的关键。基于此，针对废旧主轴的疲劳断裂失效现状，综合考虑裂纹闭合效应，加入裂纹拓展有效因子，提出一种基于非线性连续疲劳损伤模型的主轴剩余寿命评估模型。为提高主轴 S-N 曲线的拟合精度，疲劳试件是通过原废旧主轴的轴身经线切割加工而成，将主轴谱响应分析获得的六级最大应力，作为拉压疲劳试验的循环应力，从而获得接近实际主轴的 S-N 曲线。对于主轴剩余寿命评估模型参数求解问题，把试验得到的数据和参数通过非线性拟合中的最小二乘法，构建关于应力和寿命的 S-N 曲线，采用 Python 的方法来求解该模型中的参数使主轴的剩余寿命评估模型更具有准确性，来保证预测评估主轴剩余寿命结果的准确性。以某机床集团的 CAK5085 型数控车床的主轴为例，对其进行剩余寿命评估。通过试验的数据和模型的计算结果进行对比，验证修正后模型的准确性、可行性。



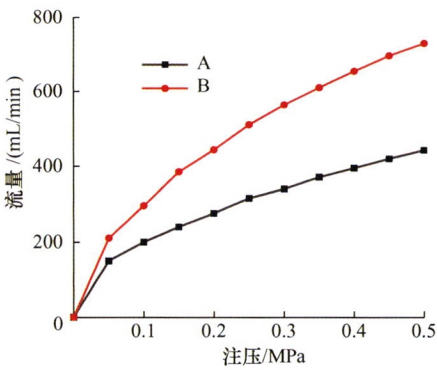
摘要: 针对机器-工人双资源约束下加工时间具有随机性的 Job shop 调度问题(Job shop scheduling problems, JSSP), 考虑工人熟练程度差异和工人数量不足的约束, 采用鲁棒调度的方法建立机器-工人双资源约束的鲁棒 Job shop 调度模型(Dual-resource constrained robust JSSP, DR-RJSSP)。鉴于 DR-RJSSP 同时考虑工人合理指派和双目标优化, 提出机器-工人两阶段指派方法, 在主动降低加工时间随机扰动同时最小化工人约束对调度性能的影响。其次, 提出多目标混合分布估计算法求解 DR-RJSSP, 以得到兼顾调度性能和鲁棒性的 Pareto 解集。最后, 采用 8 组仿真算例将所提出的兼顾工人熟练程度和负载均衡的指派策略与基于熟练程度的指派策略和随机指派策略进行对比, 验证了所提指派策略的 Pareto 优化性能。此外, 通过对制造企业调度案例的仿真分析, 验证了基于两阶段指派策略的 MO-HEDA 求解 DR-RJSSP 的有效性。

240 动态调整设备维护开始时间的综合调度算法



摘要: 针对综合调度领域中关于设备维护的问题, 提出动态调整设备开始维护时间的调度算法。算法在定义设备超负荷运行时间的基础上, 按照加工设备与加工工序的对应顺序, 首先调度叶结点工序分类集, 再以实际加工完毕时间与设备预计维护时间差值最小的原则, 利用动态规划的方法依次采用“关键路径法+短用时+层优先”的顺序调度工序集工序, 判断设备是否存在超负荷的情况调整设备的维护始点, 最后依据设备超负荷的具体情况决定设备开始维护的实际时间。通过实例表明, 算法能够有效减少设备的超负荷运转, 并提高设备利用率。

247 压力条件对旋流槽数不同的离心式喷嘴液膜破碎及雾化的影响研究



摘要: 利用粒子动态分析仪和高速摄影系统, 研究不同注压下的锥形液膜流动、破碎及雾化特性, 分析不同注压下液膜流动速度对液膜破碎的作用以及喷雾质量参数的变化规律, 并结合相应试验数据求解了锥形液膜的色散方程, 验证了注压对液膜破碎的影响。结果表明, 随着注入压力增大, 喷嘴流量增大, 喷嘴液膜破碎长度下降, 喷雾锥角先增加后趋于稳定, 雾场 SMD(索特尔平均直径)减小, 雾滴流动速度增大, 液膜切向速度对锥形液膜的作用效果显著; 旋流槽数的增加使液膜速度增加, 喷雾锥角减小, 雾滴流速增大, 雾场浓度增加且均匀性更好; 通过求解色散方程得到了液膜表面波增长率, 从理论的角度说明旋流槽数的增加使液膜表面波增长率增加, 导致锥形液膜破碎长度减小。

CONTENTS

- 1 Research on Data Quality Assurance for Health Condition Monitoring of Machinery**
LEI Yaguo XU Xuefang CAI Xiao LI Naipeng KONG Detong ZHANG Yongming
- 10 Variable-step Neural Network Control for Multi-frequency Transmission Forces of Multi-span Rotor Systems**
WANG Jinjian XU Hui ZHU Changsheng
- 21 Method for Simultaneously Sensing the Internal Temperature Field and Thickness of Solid Structure under Steady Heat Conduction Condition**
HU Bin WEI Dong SHI Youan SHOU Binan GUI Yewei
- 27 Application of Self-nulling Pancake-tangent Eddy Current Probe for Mesoscopic Imaging of CFRP Composites**
CHENG Jun XU Shuai WANG Buyun XU Dezhang YANG Jiquan QIU Jinhao
- 36 Tool/Workpiece Interface Temperature Measurement and Prediction**
ZHAI Ming WU Chuansong
- 44 Constitutive Behavior of 2219 Aluminum Alloy under Hot Stamping Condition**
AN Jian LI Yongfeng ZHANG Yunguang LI Shuhui
- 53 Numerical Analysis of Oxygen Mass Transfer in Two-TIG Arc**
WANG Xinxin CHI Luxin XU Huibin FAN Ding
- 63 Effect of Heat Treatment on Surface Microstructure and Properties of Nano Bainitic Carburized Bearing Steel**
LI Wei QIN Yuman LI Yanguo ZHANG Ming YANG Zhinan ZHANG Fucheng YOU Leilei
LONG Xiaoyan
- 73 Solution Model of Principal Stress Method for Torsion-extrusion Forming Load of Magnesium Alloy Plate**
XU Ningning SUN Chaoyang QIAN Lingyun NI Kezhi CAI Wang
- 83 Influence of Stress Loading Path on the Limit of Plastic Wrinkling and Instability of Plates and Shells**
DU Bing ZHAO Chonghao XIE Jun LI Han ZHAO Changcai DU Zhiming

92 Simulation and Analysis on Longitudinal and Lateral Slipping Energy Consumption of Four-wheel Independently Driven Electric Vehicle Tires
XU Xiangyang LI Guangyuan TAO Siyou ZHANG Hui

103 Driving Stability Analysis and United Sliding Mode Variable Structure Active Control of Four Wheel Independent Driven Electric Vehicles
WANG Weida PENG Haonan HUANG Guoqiang XIANG Changle MA Yue HAN Lijin

113 Extremely Fast Heating Method of the Lithium-ion Battery at Cold Climate for Electric Vehicle
CHEN Zeyu XIONG Rui LI Shijie ZHANG Bo

121 Multiscale Topology Optimization Method for Shell-infill Structures Based on Filtering/Projection Boundary Description
BAI Yingchun JING Wenxiu

130 Analysis on Essential Characteristics of the Polygonal Wear of Locomotive Wheels and Its Effect on Wheel/Rail Dynamic Impact
YANG Yunfan LIU Zhiqiang GAO Xianbo LING Liang WANG Kaiyun ZHAI Wanming

140 Research on Local Vibration Control of High-speed EMU Floor
YOU Taiwen ZHOU Jinsong GONG Dao SHI Suye

148 Causes Analysis of Abnormal Vibration and Noise in Railway Vehicles
ZHOU Yabo CHI Maoru CAI Wubin SUN Jianfeng XIAO Xinbiao

156 Side Window Buffeting Characteristics of SUV by CFD Simulation
WANG Qiliang CHEN Xin ZHANG Yingchao LIN Qinglong ZHANG Yanjin ZHANG Yanjie

164 Analysis of the Influence of Rotation on the Noise Reduction Effect of Damped Wheels
GE Shuai CHENG Gong SHENG Xiaozhen SHI Jiawei

174 Dynamic Load Identification Method of Strongly Coupled Structures
CHEN Daoyun XIAO Qian SUN Shouguang MOU Minghui

182 Aerodynamic Choked Flow and Shock Wave Phenomena of Subsonic Evacuated Tube Train
ZHANG Xiaohan LI Tian ZHANG Jiye ZHANG Weihua

191 Performance Analysis of High Speed on/off Valve by Multi-voltages Compound Excitation
ZHONG Qi XIE Geng WANG Xiele LI Yanbiao YANG Huayong ZHANG Bin CHEN Bo

202 Adaptive Prescribed Performance Control for Torsional Vibration of Cold Rolling Mill with Disturbance Uncertainties
HUA Changchun CHEN Jiaqiang CHEN Jiannan CHEN Shuzong

210 Fatigue Fracture Life of Heavy-haul Wagon's Coupler Knuckle Based on Reliability
YIN Minxuan ZHU Tao YANG Bing XU Jingtao WANG Chao XIAO Shoune

219 Prediction and Evaluation Model for the Residual Life of Wasted Machine Tool Spindle
MA Shuo JIANG Xingyu YANG Guozhe LIU Weijun QIAO Heting WANG Zisheng

227 Research on the Dual-resource Constrained Robust Job Shop Scheduling Problems
XIAO Shichang WU Zigao SUN Shudong JIN Mei

240 Integrated Scheduling Algorithm for Dynamic Adjustment of Equipment Maintenance Start Time
XIE Zhiqiang ZHOU Wei YU Zerui

247 Effect of the Slot Number on the Breakup and Atomization of Liquid Film in Swirl Nozzle
LIU Zhaomiao LI Zexuan LIN Jiayuan PANG Yan

《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)
Duc Truong Pham(英国)
Gui-Yun Tian(英国)
Hong-Chao Zhang (美国)
Jin Wang(英国)
Kai Cheng(英国)
Li-Hui Wang(瑞典)
S.S. Park(加拿大)
Tamás Insperger(匈牙利)
Wei-Ming Shen(加拿大)
Xi-Chun Luo(英国)
Y. Lawrence Yao(美国)
Yong Huang(美国)
Zhao-Jie Ju(英国)

Denis Cavallucci(法国)
Erhan Budak(土耳其)
Hai-Jun Su(美国)
Jian-Sheng Dai(英国)
Jorge Angeles(加拿大)
Kazushi Sanada(日本)
Marco Ceccarelli(意大利)
Shao-Ping Bai(丹麦)
Wei Gao(日本)
Xian-Wen Kong(英国)
Xu-Dong Zhao(英国)
Yan Jin(英国)
Yong-Bo Deng(德国)

Dong-Pu Cao(英国)
Guang-Bo Hao(爱尔兰)
Han Huang(澳大利亚)
Jie (Peter) Liu(加拿大)
Jun Wang(澳大利亚)
Lian-Xiang Yang(美国)
Ming-Jian Zuo (加拿大)
Shin Usuki(日本)
Wei-Dong Li(英国)
Xiao-Ping Du(美国)
Xun Chen (英国)
Ye-Hwa Chen(美国)
Yu-Chun Xu(英国)



ISSN 0577-6686

