

QK1837869

ISSN 0577-6686
CODEN CHHKA2

机械工程学报[®]

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

特邀专栏

大国重器：复兴之路上的轨道交通技术

客座主编：金学松 教授

客座编辑：赵 鑫 副研究员



中国机械工程学会 主办

万方数据

2018年54卷12期 半月刊

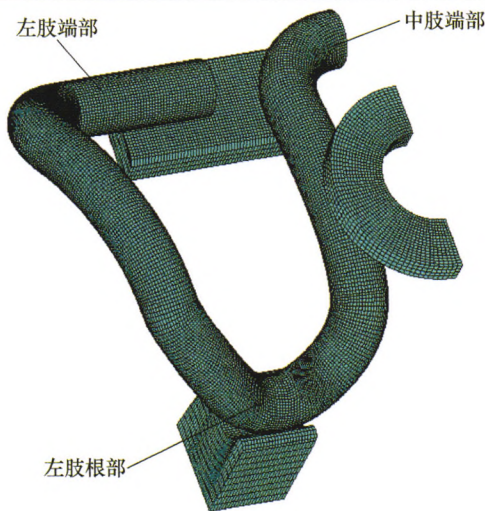
特邀专栏

大国重器：复兴之路上的轨道交通技术

客座主编：金学松 教授（西南交通大学）
客座编辑：赵 鑫 副研究员（西南交通大学）
策划编辑：张 彤（《机械工程学报》编辑部）

1 客货混运线路扣件弹条疲劳特性准静态分析

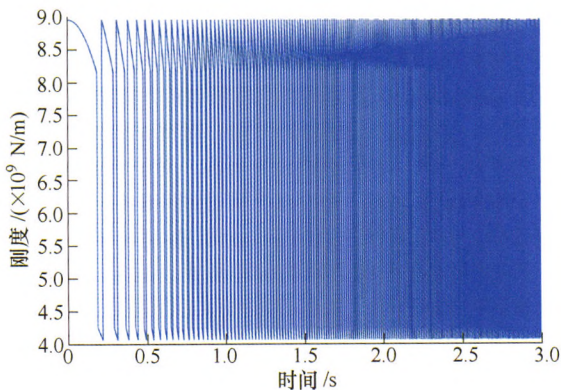
亓 伟 刘玉涛 陈 江 赵振航 李成辉



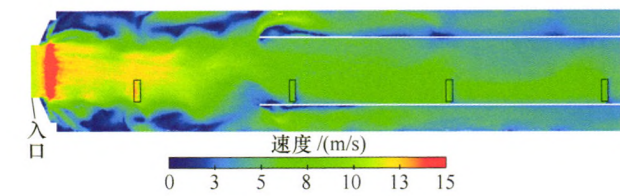
摘要：在客货混运线路中，弹性支承块式无砟轨道的扣件弹条疲劳损伤情况比较严重，为探明原因并制定解决方案，建立包含扣件系统精细化模型的轨道模型，同时确定了扣件疲劳损伤的计算步骤。由于客货混运线路扣件刚度较小，而货车轴重较大，当一个货车转向架通过时，其造成的弹条疲劳损伤度达到 5.77×10^{-7} ，远高于客车的 2.47×10^{-9} 。由此得出，货车是造成客货混运线路弹条断裂的主要原因。通过对比分析扣件刚度、橡胶套靴刚度等因素的影响，可知增加扣件刚度可以降低弹条的疲劳损伤度，建议在客货混运线路中，弹性支承块式无砟轨道的扣件刚度提高至 80 kN/mm，橡胶套靴刚度降至 50 kN/mm。

8 城轨列车齿轮系统变速载工况扭振特性

王金海 杨建伟 李 强 刘 传

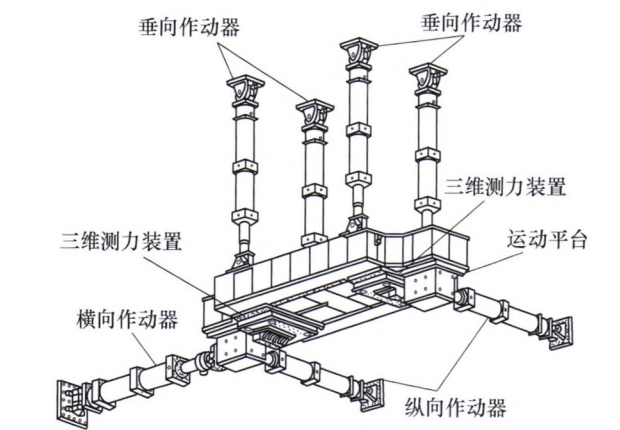


摘要：城轨列车实际运行工况是变速载的，传统的定常转速齿轮研究不能满足动态特性分析的需要。为此，提出一种新的时变速载齿轮系统动态特性研究方法。综合考虑时变啮合刚度、时变外部激励、静态传递误差、随机位移激励以及非线性侧隙的影响，建立城轨列车时变速载齿轮系统扭振模型。通过分析直齿轮啮合过程，修正齿轮啮合频率计算公式。基于微元法思想，计算城轨列车惰行工况、牵引工况和制动工况的速度、转速以及转角，得到时变啮合刚度的变化规律。研究结果揭示牵引工况的齿轮扭振运动在这三种运行工况中的扭振功率密度最低。在惰行工况下，齿轮系统低速运行呈现分频的现象，高速运行有陷入混沌运动的趋势；在牵引工况下，齿轮系统随转速的提高稳定性有所下降；在制动工况下，齿轮系统的扭振不显示含啮合频率的影响。



摘要：为分析卧铺动车组客室温度分布的合理性，基于计算流体力学理论，建立卧铺动车组客室温度场数值模拟计算模型，分析了客室温度场分布特性。根据仿真计算结果，对送风道内的包厢进风口结构提出四种优化方案，即增加包厢进风口面积、包厢进风口处增设挡板、进风口处增设引流道以及增设挡板和引流道结合方案，然后对每一种优化方案进行仿真计算分析。结果表明：原始卧铺动车组紧邻送风道入口的包厢空气流量明显比远离送风道入口的包厢少，导致此包厢夏季温度较高，冬季温度较低；增加送风口面积方案不如增设挡板方案和增加引流道方案对增加包厢的空气流量有效；增设挡板和增设引流道结合的方案可以有效的增加包厢的空气流量，改善客室温度场的均匀性；增设挡板和引流道结合方案优化效果最佳。

23 基于试验台的转向架二系悬挂刚度测定试验



摘要：为实现转向架二系悬挂静动刚度的测试，提出针对整备状态转向架二系悬挂三向动、静态刚度进行单独测定试验方法，建立二系空簧动、静刚度测试模型，根据模型分析二系空簧动、静刚度与所受载荷和形变的关系。利用转向架参数试验台对某型号地铁拖车转向架二系悬挂的动、静刚度进行测定试验，计算出系统的测试重复性误差为 0.58%，测试重复性较好。根据试验数据得到横向止挡特性曲线与橡胶材料特性相符合，1#二系空簧纵向静态刚度试验值与设计值误差达到 18.1%，并且 1#二系空簧纵向动态刚度在 5 Hz 左右有一个快速增加的波峰。基于试验结果，推测是由于 1#空簧质量或者装配尺寸不符合要求造成了 1#二系空簧纵向刚度的异常变化，应对 1#二系空簧的装配关系进行调校，可根据测试结果对转向架二系悬挂参数及装配关系进行优化。

31 高速列车齿轮箱箱体在位模态识别



摘要：通过台架试验识别出高速列车齿轮箱装配状态下箱体的模态参数。试验中齿轮箱装配于实际的轮对系统并且模拟齿轮箱在转向架构架上的实际约束。采用多频带平稳随机激励，运用 PolyMAX 方法完成齿轮箱箱体前六阶模态参数(包括模态频率、阻尼比、振型)的识别，对比试验结果与仿真计算，两者相一致，表明参数识别可靠。对于模态参数识别过程中出现的虚假模态，通过在不同激励点的锤击试验获得轴、齿轮箱、轴箱等部件的响应，分析轴-齿轮箱、轴箱-齿轮箱、轴-轴箱等子系统之间的传递函数，确定虚假模态主要振动来源并探究车轴、轴箱等零部件对台架试验中齿轮箱箱体振动响应的影响。采用连续小波变换和奇异值分解相结合的方法弱化能量值较低的虚假模态，进一步提高箱体在位模态参数识别的准确性。

42 高速列车制动盘制动过程的有限元模拟及表面划伤对应力场的影响研究

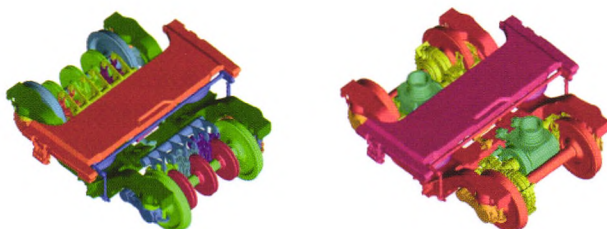
孟繁辉 刘 艳 吴 影 马元明 陈 辉



摘要：在高寒环境下高速列车制动盘由于外界硬质颗粒随着冰雪包裹进入制动盘和闸片而导致划伤是制动盘的主要失效形式，因此对制动盘的制动过程进行有限元模拟分析有助于辅助研究和解决制动盘失效问题，而针对数值模拟划伤的产生对制动盘制动性能的影响规律国内外鲜有研究。采用 ABAQUS 软件中的子模型技术研究了划伤位置、深度和缺口角度对铸钢制动盘紧急制动过程中的温度场及应力场分布的影响。研究结果表明：在相同的缺口圆角半径下($r=0.1\text{ mm}$)，对制动盘最大等效应力的影响程度为划伤深度>划伤位置>缺口角度。最大等效应力随着划伤深度的增大而增加，但在划伤深度一定的条件下，最大等效应力对缺口角度的敏感度较低。在划伤处于半径为 247.5 mm ，缺口角度为 30° ，当划伤深度为 3 mm 时，最大等效应力超过常温时制动盘材料的屈服强度。

49 高速列车转向架区域气动特性及流场规律研究

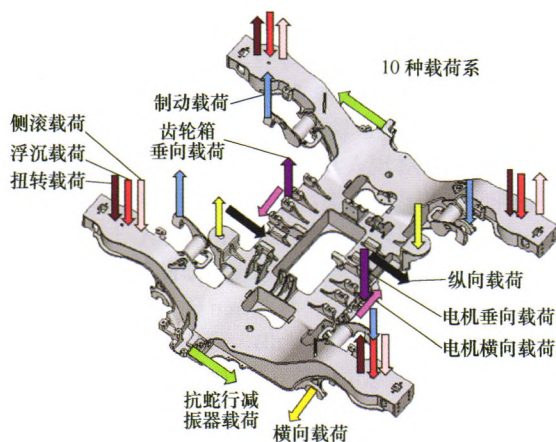
蔡华闽 张继业 李 田



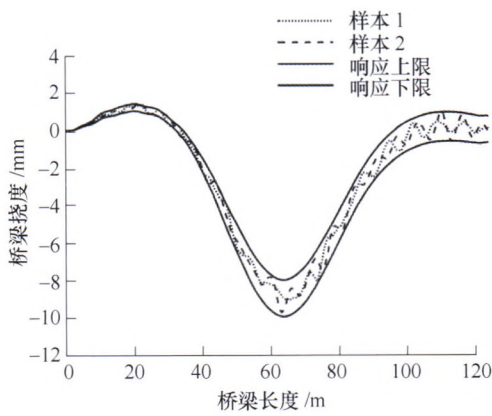
摘要：为研究高速列车转向架区域的气动性能及流场规律，建立列车空气动力学模型，基于 SST $k-\omega$ 两方程模型对运行速度分别为 250 km/h 、 300 km/h 和 350 km/h 的高速列车气动性能进行了数值模拟，分析动车及拖车转向架各部件对列车气动性能的影响。计算结果表明：列车运行速度对转向架阻力的影响是显著的，其中对头车转向架影响最大；头车转向架的阻力占总转向架阻力的 54.9% ，其中构架和轮对分别占 35.6% 和 46.5% ，部分部件由于前后压差形成负阻力；拖车转向架的流场结构比动车转向架更加复杂，闸片等部件对转向架区域的流场结构有显著影响；转向架区域外形和设备舱隔墙倾角也会影响其流场结构，斜角入口比直角入口的流场结构更加复杂。

58 基于动应力的转向架构架载荷识别

高云霄 王 曦 邹 骅 王斌杰

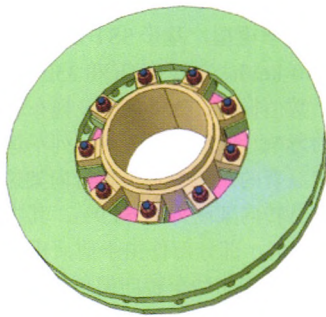


摘要：通过测力构架法进行转向架构架载荷识别的精度较高，但其制作程序复杂，成本较高，而且在某些情况下不具备制作和使用测力构架的先决条件。因此，提出在仅有关键测点的动应力数据和载荷-应力传递关系的条件下进行构架载荷识别的方法。这种情况下载荷-应力传递系数矩阵往往是病态矩阵，会影响载荷识别的精度。从病态矩阵的实质出发，详细分析了病态矩阵误差的来源和截断奇异值法控制误差的原理。采用截断奇异值法将某型动车组的动应力数据和载荷-应力传递关系矩阵进行载荷识别，并将得到的载荷与利用测力构架法获取的实测载荷进行对比。识别载荷在幅值、相位，以及等效载荷幅值上都与实测载荷接近。结果表明采用截断奇异值法可以较好的识别浮沉、扭转、侧滚、抗蛇形、齿轮箱、制动载荷，具有一定的工程意义。



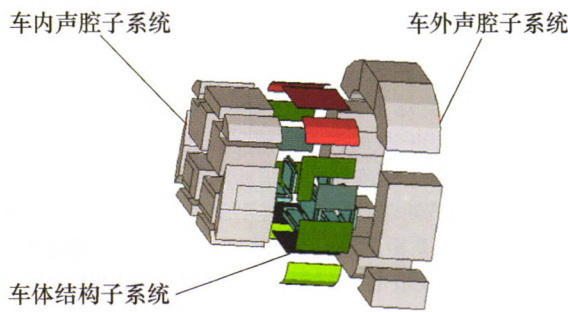
摘要：随着行车速度的不断增高，路面高低随机不平顺引起车桥结构强烈的耦合振动严重影响工程结构的服役性能，乘客舒适性、桥梁及车辆的安全性受到大量的关注。在设计领域，动力学分析及优化受到诸多困难的干扰。将虚拟激励法与辛数学方法相结合对车桥系统动态响应进行数值分析，基于正交分析技术建立影响因素强度分析，以识别设计因素的相对重要性，例如车辆重量、刚度、速度、轨道不平顺、接触模型、桥梁跨度、支撑形式和材料参数。基于参数重要度推导基于虚拟激励法的高效灵敏度分析方法用于优化关键因素，并用数值算例证明了方法的准确性和计算效率。结果表明，影响桥梁各个位置的因素差异很大，冲击系数随着桥表面的粗糙度增加而增加，影响因素主要是车辆悬架刚度、阻尼和速度参数，并通过参数优化有效降低了主要影响因素对桥梁的影响。

71 持续制动工况下轴装制动盘螺栓载荷演化规律

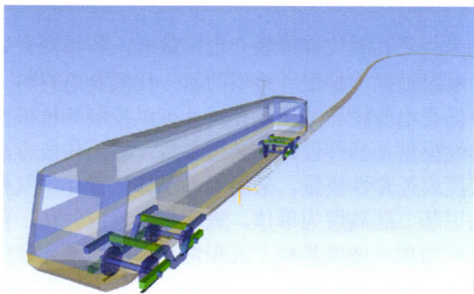


摘要：制动盘螺栓紧固结构的完整性对于保证良好的制动性能至关重要。通过建立热-机耦合有限元分析模型，研究列车在长大下坡持续制动过程中轴装制动盘螺栓的载荷演化规律。结果表明，在制动表面产生的热量向制动盘内部及其他连接结构传递的过程中，制动盘中的温度梯度是导致螺栓载荷出现变化的主导因素。螺栓的轴向拉伸载荷出现先下降后反弹的演化规律，不均匀的温度场使螺栓内部出现弯曲载荷，且螺栓的周向弯曲载荷明显大于径向弯曲载荷。对流换热系数的增加可以减小螺栓轴向拉伸载荷和弯矩的变化，但当对流换热系数增加到一定值时，这种影响逐步减小。螺栓与周围结构热膨胀系数的差异会加剧螺栓载荷的变化，可能会导致螺栓自松的风险增加或者螺栓弯曲失效。螺栓预紧力对螺栓弯矩变化没有影响，而对螺栓轴力变化有一定的影响。

78 基于心理声学的高速列车车内噪声预测及选材方法

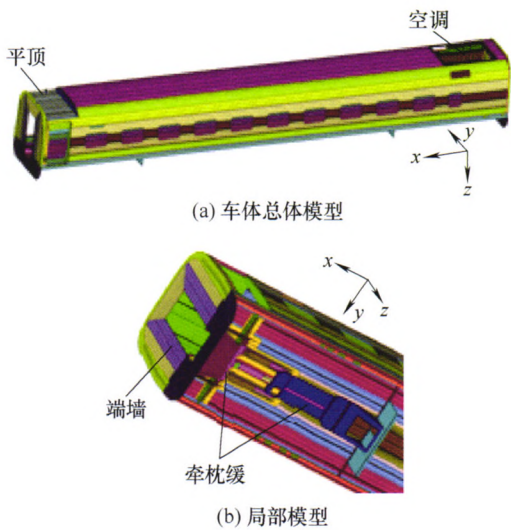


摘要：为改善高速列车车内声场环境，优选出最佳的车体结构选材方案，以高速列车车顶结构为研究对象，将车顶隔声性能、客室内噪声以及心理声学三者联系起来，提出了基于心理声学的高速列车车内噪声预测及选材方法，并得出结论：基于心理声学客观参量的车内噪声评价方法相比于 A 声级能够更为合理地体现人耳的主观感受，并以此为基础确定出最佳的车顶结构选材方案；将车顶结构中的玻璃棉替换成岩棉后，结构计权隔声量提高 1.3 dB，车内 A 计权声压级总值差异只有 0.01 dBA，总响度和总噪度却发生恶化分别提高了 1~1.5 sone 和 1~2 Noy；将 5 mm 隔音垫调至靠近车外一侧，结构计权隔声量提高 1.4 dB，而车内 A 计权声压级总值车内 A 计权声压级总值差异 0.1 dBA 左右，而总响度、总噪度总值也发生恶化分别提高了 3~5 sone 和 2~3 Noy。所提出的研究和评价方法对于高速列车车内噪声预测及车体结构的选材具有工程实用性和借鉴意义。



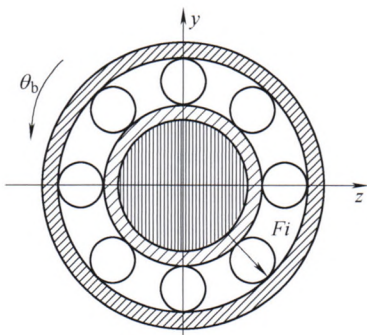
摘要：为实现高速列车关键零部件国产化，结合高速列车对减振器的性能要求及运行环境，对高速列车 CRH380BL 二系横向减振器的活塞结构进行了创新设计。应用三维设计软件 SolidWorks 完成减振器新型活塞结构设计，新型活塞结构具有更优秀的工作特性和工艺可控性。在 MSC. Easy5 环境下建立减振器的液压控制模型，通过减振器性能的仿真测试，完成新型活塞结构参数优选。将减振器试验台的测试结果与仿真数据进行对比分析，减振器仿真性能测试与试验结果基本吻合。结果表明：采用新型活塞结构减振器的压缩力值、复原力值以及不对称率等基本参数满足动车组油压减振器技术条件；减振器液压模型具有良好的仿真精确度；创新设计的液压减振器活塞满足设计需要和工作要求。

93 动车组车体模态灵敏度及优化设计研究



摘要：建立动车组车体有限单元模型，计算整备状态下的车体模态，以车体主要板件厚度为设计变量，用数值微分法计算整备状态下车体模态频率对板件厚度的灵敏度；通过灵敏度分析车体各部件对车体模态的影响规律，并基于灵敏度合理选择设计变量，以提高车体低阶模态频率和降低车体质量互为目标和约束条件，建立优化设计数学模型，实现了车体优化设计，优化后车体一阶菱形模态和一阶垂弯模态频率分别提高了 1.05 Hz 和在 0.95 Hz，但保持了车体质量不增加，分析校核了优化后的车体强度。优化结果表明，所提出的基于灵敏度的综合提高车体性能的优化设计方法在显著提高车体前二阶模态频率的同时，保持车体质量不增加，并保持车体强度相对不降低，综合提高了车体性能，取得了明显的优化效果。

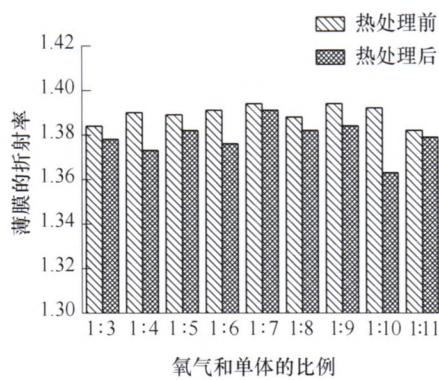
102 机车传动系统振动分析



摘要：随着机车速度的提高，对机车的运行安全性和稳定性提出了更高的要求。考虑不平衡质量、齿轮啮合刚度、轴承支撑刚度和轮轨接触的影响下，建立机车传动系统有限单元动态模型。其次，采用迭代法，求取了临界转速值及振型响应。分析齿轮啮合刚度、轴承支撑刚度、轮轨接触力作用下，传动系统齿轮单元幅频响应变化。结果表明：复杂环境因素下，传动系统齿轮啮合频率及固有频率处，系统振动响应较大。轴承通过频率的振动响应微弱。轮轨接触刚度影响下，传动系统啮合频率、固有频率及轴承通过频率的振动响应受到极大干扰。

109 纳米多孔氧化硅薄膜的表征及其基于 UAFM 弹性性能的检测

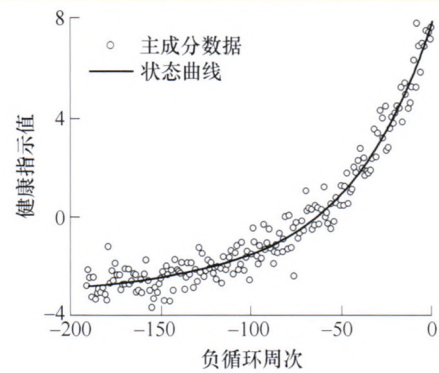
张改梅 王 灿 宋晓利 何存富 陈 强



摘要: 纳米级多孔氧化硅薄膜介电常数低, 和铝复合后可以大大降低电阻损耗, 是最有希望的新一代低介电材料。在纳电子器中低介电薄膜孔隙率及孔尺寸可以控制其机械性能。薄膜的弹性模量是器件设计的必需参数, 然而传统方法很难在纳米尺度表征弹性模量。采用等离子体增强化学气相沉积法, 以六甲基二硅氧烷为单体, 氧气作为反应气体, 再加入少量的有机物质在玻璃基材上沉积纳米厚度的氧化硅薄膜, 再进行热处理使氧化硅薄膜中的有机成分挥发形成孔隙(以下称纳米多孔氧化硅薄膜), 从而降低薄膜介电常数。结果表明氧化硅薄膜的折射率热处理后得到减小, 当放电功率为 100 W 时, 氧气与单体的比例为 1:4 时, 放电时间 10 min 沉积的薄膜热处理后的纳米多孔氧化硅薄膜的折射率最小, 介电常数 1.885。首次采用超声原子力显微镜技术对纳米多孔氧化硅薄膜的弹性性能进行无损检测, 分别检测纳米氧化硅薄膜和纳米多孔氧化硅薄膜的前两阶接触谐振频率。以纳米氧化硅薄膜为参考试样, 利用参考法计算得到纳米多孔氧化硅薄膜的压痕模量为 35.24 GPa。相比纳米氧化硅薄膜的压痕模量 78.18 GPa, 纳米多孔氧化硅薄膜的压痕模量降低了 42.94 GPa。

115 一种基于数据驱动和贝叶斯理论的机械系统剩余寿命预测方法

赵申坤 姜 潮 龙湘云



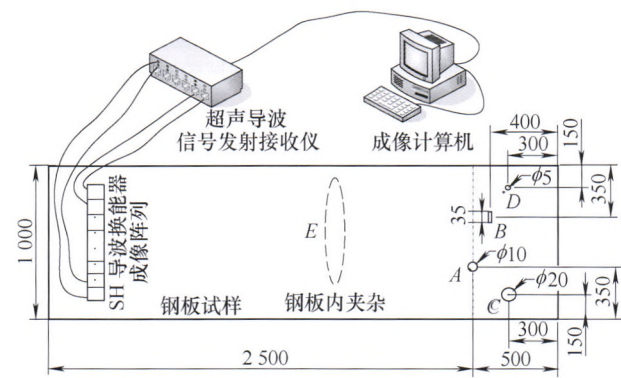
摘要: 针对复杂机械系统剩余寿命预测问题, 提出一种基于数据驱动方法和贝叶斯理论的机械系统剩余寿命预测方法。该方法基于数据驱动方法, 对相同或相似系统的历史状态监测数据进行融合, 并建立表征系统退化程度的健康指示量和预测剩余寿命的状态模型; 基于贝叶斯理论, 建立状态模型参数的贝叶斯模型; 在此基础上, 基于待估系统的实时状态监测数据和贝叶斯模型, 利用马尔科夫链蒙特卡洛方法来更新模型参数并预测待估系统的剩余寿命; 通过一个航空发动机的预测问题, 来说明该方法的有效性。

125 一种船机油液多污染物检测新方法研究

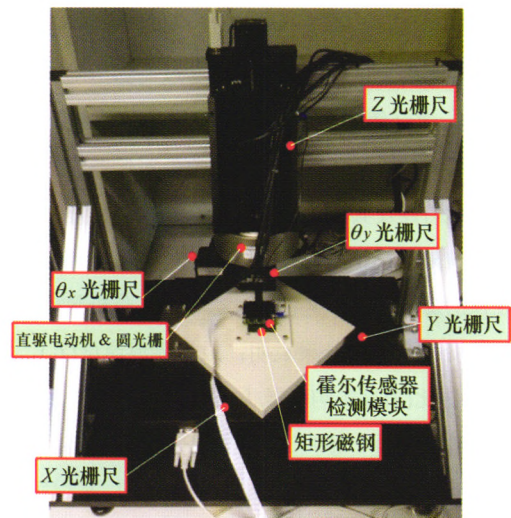
曾 霖 张洪朋 滕怀波 张兴明



摘要: 提出一种基于微流体芯片的新型油液多污染物区分检测方法, 该方法设计的传感器由一个直通道微流体芯片以及嵌入芯片中的两个相同的单层线圈组成, 不仅从电感原理对船舶液压油中的铁磁性和非铁磁性金属颗粒进行区分检测, 也能从电容原理对油液中的水滴和气泡进行区分检测。相较于传统单线圈电感传感器, 该双线圈传感器不仅能够检测多种参数, 而且具有更高的分辨率。从检测原理对该方法进行了仿真及分析, 然后用该传感器搭建检测系统对油液中的多种污染物进行检测试验, 在试验中成功检测到了油液中 40 μm 的铁颗粒和 110 μm 的铜颗粒; 作为电容传感器时能够检测 100 μm 的水滴和 180 μm 的气泡。该研究对船机油液污染物的快速区分检测提供了技术支持, 这对于船舶机械系统的故障预防与诊断具有重要意义。



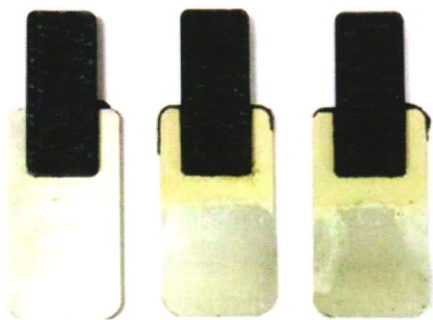
摘要：为探讨接收孔径对超声导波合成孔径阵列成像检测的影响机制，提出将接收矩阵作为分析工具对超声导波合成孔径阵列成像原理展开研究。针对板中超声水平剪切(Shear horizontal, SH)导波直线合成孔径阵列，运用波幅接收矩阵和渡越时间接收矩阵对接收孔径进行讨论，分析直线阵列信号所特有的圆锥曲线特征和合成孔径成像算法，重点就满秩接收孔径、半(满)秩接收孔径和单(位)秩接收孔径对超声导波合成孔径阵列成像检测的影响机理进行研究。研究结果显示，波幅接收矩阵和渡越时间接收矩阵具有相同的秩，与接收阵元数成正比关系，秩的大小决定阵列成像的信噪比，阵列图像信噪比随秩单调递增；半秩接收孔径图像与满秩接收孔径图像信噪比较为接近，单秩接收孔径图像的信噪最小，图像背景噪声最为强烈。成像试验验证了理论分析的合理性，表明接收矩阵是研究超声导波合成孔径阵列成像的有力工具，接收矩阵的秩是接收孔径对阵列成像检测的结决定性影响因素，论文研究工作可为深入开展超声导波非规则阵列成像检测研究与应用提供基础。



摘要：利用矩形永磁体自身有规律分布的磁场信息，提出一种使用霍尔传感器阵列作为传感检测模块的非线性计算测量方案。该方法可实现空间六自由度的微位移精密测量，并能保证测量轴间的严格数学正交特性。此方案利用矩形永磁体分布磁场与空间位置间的对应关系，建立永磁体的磁感应强度空间分布数学关系 $B(X)$ ，作为测量模型，并设计均匀布置的霍尔传感器阵列检测空间磁感应强度 B 。然后，基于运动连续性原理，采用顺序求解法对测量模型 $B(X)$ 进行快速解算。通过高斯白噪声条件下的 500 次蒙特卡洛仿真验证了此方案的可行性。试验结果表明，在微位移 10 mm 测量范围内，XY 平动测量误差标准差小于 80 μm ，Z 向 2 mm 垂直位移范围内测量误差标准差小于 10 μm ，转动 $\pi/6$ 范围内测量误差标准差小于 5 mrad。

148 界面微构对注射成型铝塑复合件性能的影响研究

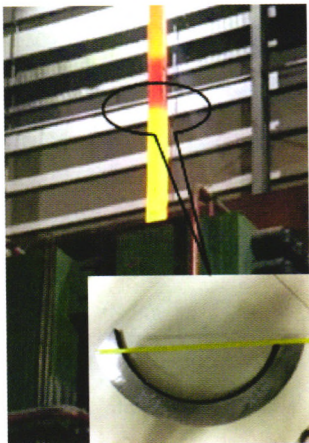
刘傅文 李熹平 官宁宁 曾水萍 黄 平 杨 灿



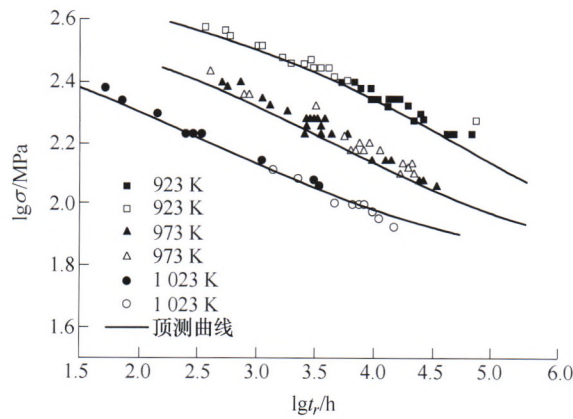
摘要：铝塑复合构件具有强度高、质量小、易成型复杂结构等优点，在航天、能源、汽车、通信等领域的应用逐渐广泛。提出采用注射方法直接成型铝-塑复合构件的方法，采用阳极氧化对铝合金表面进行处理，获取金属表面的纳米级微结构形态。为提高金属与聚合物之间的界面作用，将阳极氧化的金属表面进行活化处理，X 射线能谱分析仪(X-ray photoelectron spectroscopy, XPS)对处理后的表面微结构进行形态和成分表征，探讨活化处理后铝合金表面组织成分的变化，并优化获得了最佳的处理时间。对表面处理完成的铝合金试样置入高温模具中进行注塑成型，成功获得了铝-塑复合构件。采用激光共焦扫描显微镜(Laser scanning confocal microscopy, LSCM)和扫描电子显微镜(Scanning electron microscope, SEM)分析拉伸剪切断裂后金属表面的界面形态，讨论了铝塑复合件的失效原因和机理，为金-塑复合产品的生产成型提供了理论基础。

156 P91 厚壁管铸挤复合成形工艺参数对组织和力学性能的影响

惠恬静 雷步芳 李永堂 贾 璐



摘要：铸挤复合成形工艺是生产大口径厚壁管的新型成形技术，与传统工艺相比，具有工艺流程短、节能节材等优点。以铸态 T/P91 耐热合金钢为研究对象，通过高温压缩试验和金相组织分析，建立铸态合金钢的本构模型和组织演变机理；利用虚拟正交试验，分析不同工艺参数对厚壁管平均晶粒尺寸、组织均匀性及其最大挤压力的影响主次顺序；借助于理论分析与有限元模拟，研究挤压工艺参数对金属变形和组织演变规律的影响；对厚壁管进行热处理，分析热处理前后组织、性能变化。研究表明：原始坯料温度(T_0)、挤压速度(v)和挤压比(λ)是影响晶粒大小及其均匀性的主要因素，当原始坯料温度为 1 250 ℃、挤压比为 7~9、挤压速度为 30~50 mm/s 时，厚壁管晶粒细小且分布均匀，获得组织、性能优良的厚壁管；热处理前管材组织为针状马氏体+板条状马氏体，热处理后为回火马氏体，强度、硬度明显下降，塑韧性大幅提高。

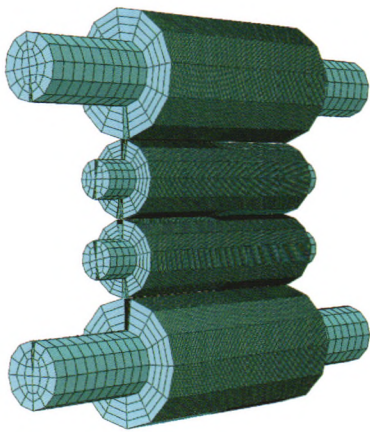


摘要: 新型奥氏体耐热钢 Sanicro25(UNS S31035)适用于温度高达 700 ℃ 的超超临界火电机组的高温构件——过热器和再热器管等,其蠕变寿命的预测对电厂的生产安全具有一定的理论和现实意义。基于 Sanicro25 钢在 700 ℃ 以上三个温度和四个应力水平下的蠕变试验数据以及 Sandviken 公司的蠕变试验数据,分别求取基于时间温度参数法的 Manson-Harferd(MH)模型、基于蠕变损伤力学的改进的 Kachanov-Rabotnov(KR)模型,以及基于幂律蠕变控制孔洞长大理论的蠕变延性模型的参数,利用外推法和有限元模拟技术,获得了 700 ℃ 以上的基于三个本构模型的时间-应力曲线,并分析探讨三个本构模型对 Sanicro25 钢的长时低应力下的蠕变寿命的预测效果。研究发现,在温度高达 700 ℃ 以上时,蠕变延性模型更加适用于 Sanicro25 钢的长时蠕变寿命的预测。

173 冷轧毛化工作辊表面粗糙度衰减过程的试验与数学模型研究



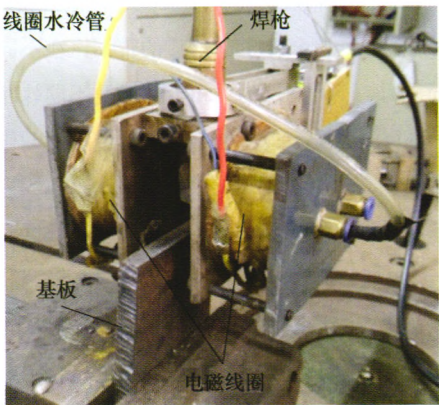
摘要: 为了分析影响冷轧带钢工作辊表面粗糙度衰减的因素,探究典型毛化工作辊表面粗糙度的衰减规律,得到可应用于生产现场的工作辊表面粗糙度衰减过程数学模型,针对 9Cr2Mo 材质的工作辊和 Q345 材质的带钢,在不同初始粗糙度、不同压力、不同润滑油体积分数以及不同轧制里程数等条件下,进行一系列模拟冷轧带钢轧制过程的毛化表面微观形貌磨损试验。试验结果表明:在试验水平范围内,初始粗糙度、轧制里程数、轧制力对表面粗糙度衰减过程的影响高度显著,其中初始粗糙度的影响最大,其次是轧制里程数,再次是轧制力;而润滑油体积分数无显著影响;从变化过程的数学描述上,工作辊表面粗糙度的衰减量与轧制里程数成指数关系,与初始粗糙度、试验力呈线性关系。以此为依据建立毛化工作辊表面粗糙度衰减过程数学模型,并与现场实测轧辊表面粗糙度数据进行对比,验证了模型的可行性与可靠性。



摘要：针对极薄镀锡基板(马口铁)冷轧生产中出现的一类新的复杂板形翘曲缺陷，通过测量分析其翘曲位移模式并与常见的板形 C 翘及 L 翘等简单板形翘曲缺陷比较而将其命名为反向 C 翘缺陷，通过力学建模及模拟计算提出该反向 C 翘类板形翘曲缺陷产生的力学机理——带钢横截面上各点的纵向延伸在厚度方向存在差值并且该差值沿宽度方向呈复杂不均匀分布所导致的带钢复杂弯曲变形行为。在板形同向 C 翘研究基础上，抽象建立带钢反向 C 翘的初应变驱动弯曲变形力学模型，分别推导建立带钢反向 C 翘变形的解析模型和样条有限元模型及相应求解算法，两种方法的计算结果可相互验证模型及算法的正确性并都与工厂实际存在的反向 C 翘现象取得一致。研究揭示带钢板形 C 翘的变形规律与影响因素，获得板形 C 翘与带钢纵向延伸在厚度方向的差值沿宽度方向的分布形式的关系，发现当此延伸差值沿带钢宽向呈均匀分布或者对称抛物线分布形式时将对应产生不同曲率及翘高的同向 C 翘，当此延伸差值沿带钢宽向呈不均匀线性分布或者不均匀单调非线性曲线分布形式时将对应产生不同曲率及翘高的反向 C 翘，进一步还发现如果此延伸差值沿带钢宽向呈更为复杂的曲线分布形式时将会对应产生更为复杂的 C 翘模式，计算给出了 3 种典型对称复杂延伸差分布形式所导致产生的对称周期性 C 翘模式。将生产中所见的反向 C 翘和仿真预测到的周期性 C 翘，纳入本课题组前期研究提出的带钢平直性缺陷分类，建立新的带钢平直性缺陷分类。

193 外加横向磁场作用电弧增材成形过程中的传热传质仿真

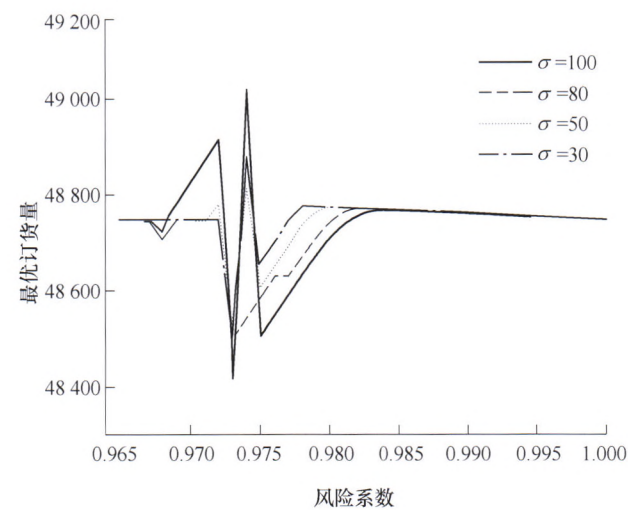
周祥曼 田启华 杜义贤 柏兴旺 张海鸥



摘要：为了揭示外加横向磁场对电弧增材成形过程中电弧和熔池传热传质以及成形件微观组织影响的内在机理，建立基于 GMAW 电弧增材成形过程中电弧和熔池的弱耦合数值模型，通过数值模拟对比分析了有/无外加横向磁场作用下熔池电磁力分布、电弧和熔池传热传质的差异，发现横向磁场作用使电弧向熔池后方偏转，使熔池发生单向强制对流并驱动熔融金属和热量向熔池后方运动，从而更加直接地冲刷熔池结晶面。由此预测横向磁场作用能降低熔池凝固过程中枝晶前沿温度梯度和溶质浓度，提高枝晶前沿的成分过冷，使得靠近熔池中心的枝晶前端生长加速并细化晶粒。相同工艺条件的对比试验表明：相比无外加磁场的普通熔积，横向磁场作用下熔池底部等轴晶区域减小，整个结晶面上细密的胞状枝晶区域面积增大，验证了数值模拟的预测。研究结果可为外加磁场在电弧增材成形微观组织控制中的应用提供依据和参考。

207 价格随机条件下供应商风险厌恶的应急回购契约

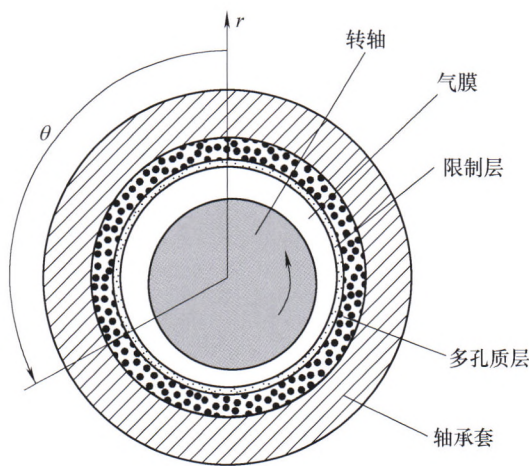
刘浪 刘崇光 吴双胜 巩玲君



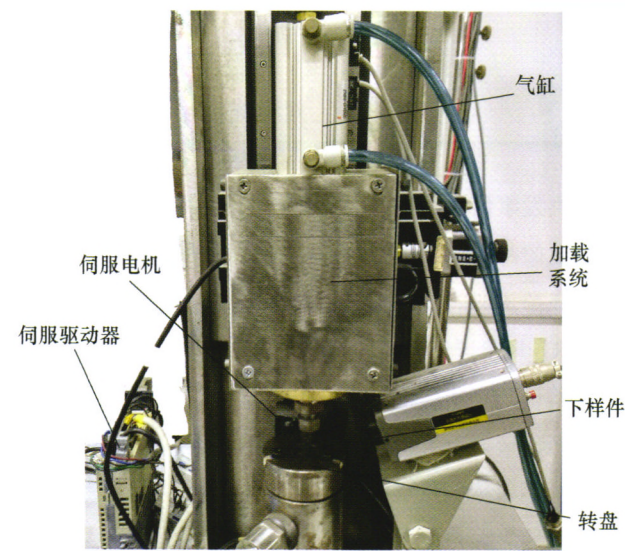
摘要：突发事件会导致市场需求和市场价格随机波动，供应商的风险态度由中性变为厌恶。此条件下建立价格随机、供应商风险厌恶的应急回购契约模型。将分散决策的“利润-CVaR”风险评价准则修正为集中决策的“利润-CVaR”风险评价准则，并在新的准则下研究回购契约能否实现二级供应链的协调。最后对模型进行数值仿真，结果表明：当市场需求服从正态分布时，供应链的最优订货量与风险因子变化的步长和正态分布函数的方差密切相关。当风险因子以一个比较小的步长变化时，在特定的区间内，最优供应量发生分岔突变现象，供应商、零售商和供应链的期望收益以及批发价也随之发生分岔突变现象。这种分岔突变的区间和上述各种值的振幅会随方差的增大而增大。在分岔突变区域供应链不能实现协调，在非分岔突变区域供应链能实现协调。

216 带有限制层的多孔质静压气体轴承温度特性分析

冯凯 李文俊 霍彦伟 霍彩娇



摘要：多孔质气体轴承越来越多地应用在超高速、超精密的旋转设备中。当轴承在高速重载的环境下工作时，气膜的温升会对轴承性能产生很大的影响。对带有限制层的多孔质静压气体轴承的温度特性进行研究，通过求解雷诺方程得到轴承气压分布，结合能量方程和热传导方程预测轴承的温度场分布。计算结果表明，转轴在高速转动时，气膜会产生较大的温升；当载荷越大、转速越高、轴承间隙越小时，气膜的温度越高；轴承间隙较小时，其最高气膜温度随载荷的增加变化较小。相比于载荷对温升的影响，转速对温升的影响更为明显。同时温升易使转轴产生热膨胀，且热膨胀量随转轴壁厚的增加而增加。与不考虑转轴的热膨胀变形相比，考虑转轴的热膨胀变形时，最小气膜厚度变小，最大气膜压力变大。



摘要：针对气动加载系统压力跟踪控制中强非线性、强耦合性、模型不精确性等问题，提出一种线性/非线性自抗扰切换控制器，该控制器结合了线性自抗扰控制器参数整定简便、理论分析简单和非线性自抗扰控制器跟踪精度高、响应快的优点，设计线性/非线性切换扩张状态观测器对系统的耦合项以及不同幅值的扰动等不确定项进行估计，并采用切换状态误差反馈控制律给予实时主动补偿，进而实现系统加载压力的实时控制，并完成了线性/非线性切换扩张状态观测器的收敛性证明。最后，在气动变载荷摩擦磨损试验机试验平台上进行试验验证，与线性自抗扰和非线性自抗扰进行对比，试验结果表明，改进的控制器具有抗干扰性强、跟踪精度高、应用性强等特点。

CONTENTS

1	Quasi-static Analysis of Fatigue Characteristic of Rail Fastening Clip for Railways with Passenger and Freight Traffic
	QI Wei LIU Yutao CHEN Jiang ZHAO Zhenhang LI Chenghui
8	Dynamic Characteristics of Torsional Vibration of Urban Rail Vehicle Gear System Under the Condition During Variable Speed Process
	WANG Jinhai YANG Jianwei LI Qiang LIU Chuan
17	Numerical Simulation and Optimization for the Temperature Field of the Coach in the Sleeping EMU
	MENG Tian ZHANG Jiye LI Tian
23	Test of Bogie's Secondary Suspension Stiffness Based on the Bogie Test Bench
	NIU Zhihui SU Jian ZHANG Yirui WANG Qiming LIN Huiying
31	Modal Identification of Gearbox Housing of High Speed Train under Assembly Condition
	ZHANG Tao LI Qiang WANG Xi WANG Binjie
42	Research on Finite Element Simulation of Braking Process of High Speed Train Brake Disc and Influence of Surface Scratch on Stress Field
	MENG Fanhui LIU Yan WU Ying MA Yuanming CHEN Hui
49	Research on Aerodynamic Performance and Flow Field of High Speed Train Bogie Region
	CAI Huamin ZHANG Jiye LI Tian
58	Load Identification of Bogie Frame Based on Dynamic Stress
	GAO Yunxiao WANG Xi ZOU Hua WANG Binjie
64	Numerical Method Study of Key Factor Identification and Parameter Optimization for Dynamic Impact on Bridge Based on the Pseudo-excitation Method
	XU Wentao LIAO Jingbo ZHANG Zetong CHEN Yongjie TANG Guangwu
71	Variation of Bolt Loads of Axle Braking Disc under Continuous Braking Condition
	WANG Xi WANG Wenjing WANG Yu
78	Noise Prediction and Material Selection Method of High-speed Train Based on Psychoacoustics
	LI Ye WANG Ruiqian XU Qiuting WANG Jiazheng ZHANG Xuefei CHU Yuxia
86	Research and Simulation Experiment of New Type Piston Structure for High-speed Train Damper
	ZHOU Suxia SUN Chenlong WANG Chengguo LUO Jinliang GONG Tao
93	Research on Modal Sensitivity and Optimization Design for Car Body of the EMU
	ZHANG Jun ZHANG Xiaolin FANG Ji

102 Vibration Analysis of Locomotive Rotor System
 YANG Liu LI Qiang YANG Shaopu WANG Jiujian GU Xiaohui

109 Characterization and Measurement of Elastic Modulus Based on Ultrasonic Atomic Force Microscopy for Nano-porous Silicon Oxide Film
 ZHANG Gaimei WANG Can SONG Xiaoli HE Cunfu CHEN Qiang

115 Remaining Useful Life Estimation of Mechanical Systems Based on the Data-driven Method and Bayesian Theory
 ZHAO Shenkun JIANG Chao LONG Xiangyun

125 Novel Method for the Detection of Multi-contaminants in Marine Lubricants
 ZENG Lin ZHANG Hongpeng TENG Huaibo ZHANG Xingming

133 Influence of Receiving Aperture on Imaging and Testing of Synthetic Aperture Array for Ultrasonic Guided Waves
 ZHU Xinjie DENG Mingxi DU Dong HAN Zandong

141 Micro-displacement Precision Measurement of 6-DOF Based on Rectangular Permanent Magnet Magnetic Field Information
 CHENG Rong HU Jinchun DU Shengwu ZHU Yu GAO Zhenyu

148 Effect of Interfacial Microstructure on Properties of Aluminum-plastic Composite
 LIU Fuwen LI Xiping GONG Ningning ZENG Shuiping HUANG Ping YANG Can

156 Effects of Processing Parameters of Casting-extruding on Microstructure and Mechanical Properties of P91 Thick-wall Steel Tube
 HUI Tianjing LEI Bufang LI Yongtang JIA Lu

165 Creep-rupture Time Prediction of Sanicro25 Austenitic Heat Resistant Steel at Elevated Temperature
 JING Hongyang MENG Shan ZHAO Lei HAN Yongdian XU Lianyong

173 Experimental and Mathematical Model Study of Attenuation Process of the Surface Roughness of Textured Work Rolls during Cold Rolling
 YOU Yuan LI Hongbo XIA Chunyu KONG Ning ZHANG Jie JIA Shenghui

184 Analysis of Complex Warping Deformation for Cold-rolled Strip
 ZHANG Boyang LU Xingfu ZHANG Liyuan ZHANG Qingdong

193 Simulation of Heat and Mass Transfer in Arc Welding based Additive Forming Process with External Transverse Magnetic Field
 ZHOU Xiangman TIAN Qihua DU Yixian BAI Xingwang ZHANG Haiou

207 Emergency Buy-back Contract under Risk Aversion of a Supplier Considering Stochastic Price
 LIU Lang LIU Chongguang WU Shuangsheng GONG Lingjun

216 Thermal Characteristic Analysis of Aerostatic Porous Journal Bearings with Surface-restricted Layer
 FENG Kai LI Wenjun HUO Yanwei HUO Caijiao

225 Application of Linear/Nonlinear Active Disturbance Rejection Switching Control in Variable Load Pneumatic Loading System
 LIU Fucai WANG Lixin JIA Xiaojing MI Juxiang

《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) 陈昭彰 (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)
CHETWIND 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

12>