



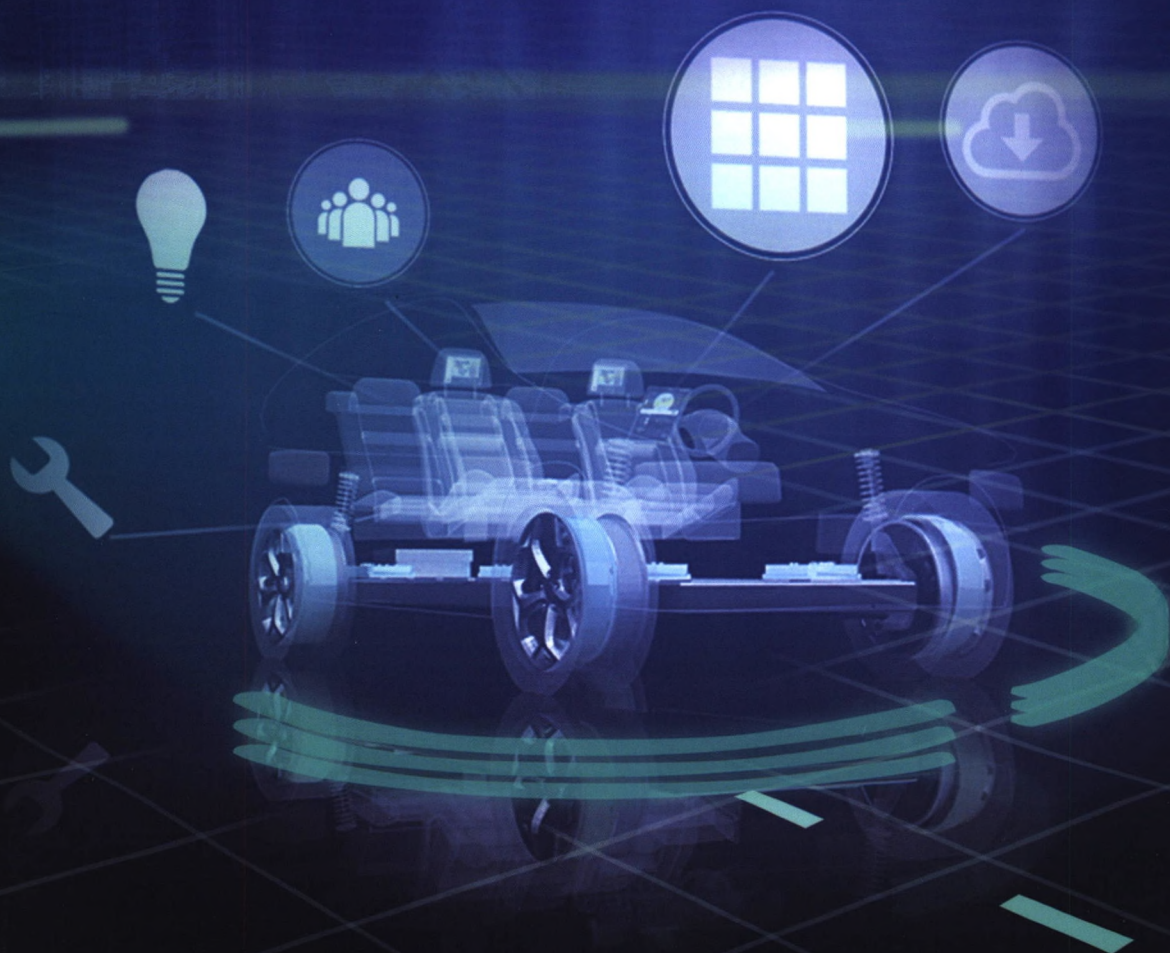
ISSN QK1933473  
CODEN CHHKA2

# 机械工程学报<sup>®</sup>

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

四轮轮毂电机驱动电动汽车驱动防滑控制关键技术综述

王震坡 丁晓林 张雷



中国机械工程学会 主办

2019年55卷12期 半月刊

万方数据



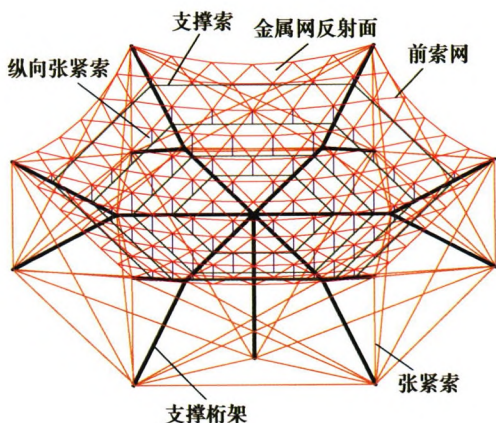
/// 特邀专栏 ///

空间机构设计青年学者专栏

策划编辑：张强（《机械工程学报》编辑部）

1 大口径索肋张拉式折展天线索网结构动力学特性分析

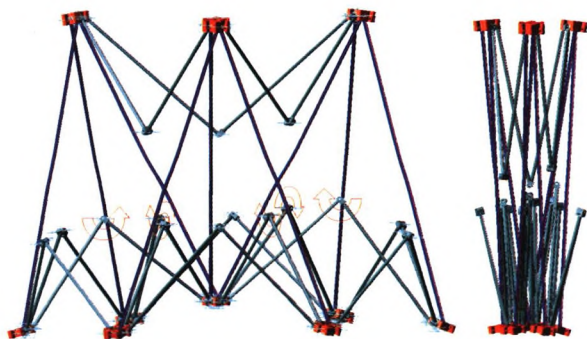
刘瑞伟 郭宏伟 刘荣强 唐德威 王洪祥 邓宗全



**摘要：**索网结构是空间可展开网面天线的关键组成部分。为了更好地研究索网结构的动力学特性，首先介绍大口径索肋张拉式折展天线的系统组成。基于索网结构的节点分布规律，通过节点坐标矩阵和构件连接矩阵，建立该折展天线索网结构的参数化数学模型。在此基础上，针对索网结构的几何非线性特征，采用非线性有限元法推导索网结构的整体切线刚度矩阵及质量矩阵，建立索网结构的非线性动力学模型。并通过特征值分解，得到索网结构的前六阶固有频率和振型。该方法适用于任意预应力索网结构和索-杆结构的非线性建模和求解。此外，基于动力学模型，分析结构参数对索网结构刚度的影响规律，计算各参数的频率敏感度，得出提高索网结构刚度的有效方法。

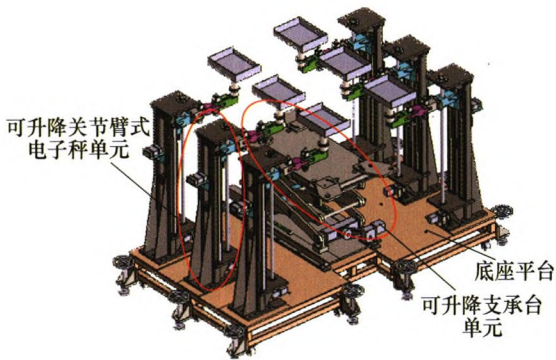
9 基于四面体单元的新型可展机构自由度分析

郭金伟 许允斗 刘文兰 姚建涛 赵永生



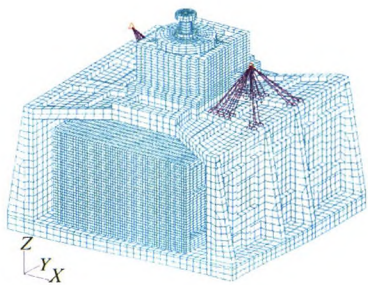
**摘要：**基于 3RR-3URU 四面体单元构造对称和非对称两种可展组合单元机构，提出 3UU-3URU 四面体单元机构，并基于此单元构造可展组合单元机构，对这三种可展机构进行自由度分析。首先，基于拆杆等效法分析 3RR-3URU 四面体单元的自由度数及性质，进一步将基本单元组合成对称组合单元和非对称组合单元两种形式，定义这两种组合单元的结构及需要满足的几何约束条件，并应用螺旋理论和 G-K 公式分析两种组合单元的自由度。其次，针对基于 3RR-3URU 构成的组合单元无法组网成大型可展天线机构的问题，提出 3UU-3URU 四面体单元及其组合单元机构，根据 G-K 公式得到其自由度数。最后，应用 ADAMS 仿真软件建立三种组合单元机构的仿真模型，对三种组合单元进行运动仿真，仿真结果验证其自由度分析的正确性。研究结果为四面体可展天线机构的设计与分析提供重要理论依据。





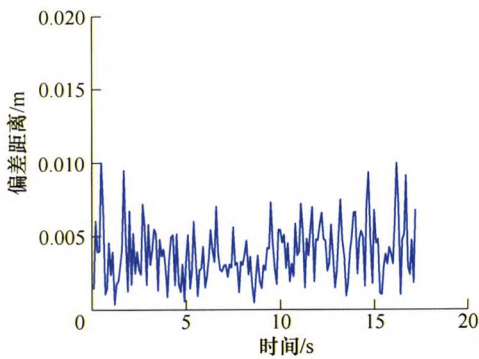
**摘要：**研究确定多构态星球车质心位置的测量方法，对提高整车控制性能和越障能力、降低行驶能耗具有重要意义。通过分析星球车的构型特点及其构态与质心位置的关系，确定采用举升法的测量原理进行质心测量。基于星球车的构型，给出构态变换矩阵，并根据静力平衡方程和举升法的测量特点，建立适应多构态星球车质心测量计算的统一模型；在此基础上推导出测量精度更高的降维质心测量计算模型。充分考虑星球车六轮多构态的特点，确定质心测量系统的测试台采用六套可升降关节臂式测量单元的构型方案，进而设计星球车质心测量系统的机械系统和电控系统，并完成系统样机的研制。应用星球车质心测量系统样机进行多构态下星球车质心测量试验，验证所给出的质心测量方法和所研制的质心测量系统的有效性。根据试验数据，拟合得到星球车质心与构态参数的关系曲线，并通过进一步分析获得星球车质心变化区域，确定星球车质心区域端点所对应的构态参数。质心测量试验及其数据分析的结果，为星球车的地面低重力模拟行驶试验和运动控制提供数据参考。采用蒙特卡洛法对多构态下的质心测量不确定度进行评定，根据评定结果得到星球车各方向质心测量精度分别为 0.28 mm、0.33 mm 和 0.89 mm。

29 空间高光谱相机调焦机构精度分析与试验



**摘要：**针对空间高光谱相机的使用特性及要求，设计一套调焦范围 $\pm 3\text{ mm}$ 的像面移动式调焦机构，对偏离的焦面进行校正，以满足高光谱相机成像质量要求。介绍调焦机构的工作原理，对调焦机构的传动关系、定位精度进行理论分析；建立调焦机构的动力学模型，进行有限元分析；详细论述编码器码值与 CMOS 靶面位移关系测试方法，得到真实可靠的调焦公式；动力学试验表明，调焦机构一阶自然频率为 182.7 Hz，可以有效地避免共振现象，加速度响应合理，具有较好的强度、刚度；同时在动力学试验前后，对调焦机构分别进行闭环精度测试，定位精度均优于 $\pm 6\text{ }\mu\text{m}$ ，试验结果表明调焦机构具有较好的稳定性，满足 $\pm 10\text{ }\mu\text{m}$ 的设计指标要求，验证调焦公式以及闭环控制程序设计的有效性。目前，此套调焦机构已经成功在轨运行，各项指标状态良好，满足高光谱相机的成像质量要求。

37 空间多机器人协同运动规划研究

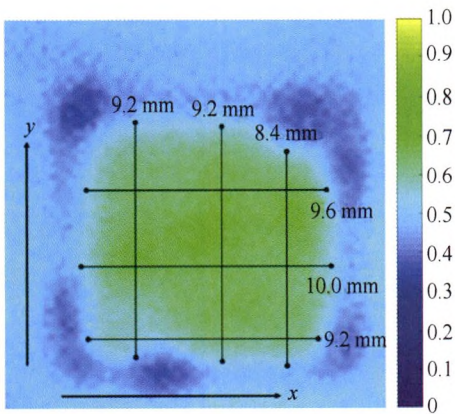


**摘要：**面向空间在轨装配任务提出基于优先级的多机器人协同运动规划方法。多机器人系统包括一个 7 自由度操作机器人和一个 13 自由度超冗余照明机器人。采用两种规划方法规划高优先级的操作机器人，即关节空间点到点的离线路径规划和基于伪逆的笛卡尔空间在线运动规划。针对低优先级的超冗余照明机器人，将操作机器人视为已知障碍，采用基于 A\*算法和末端轨迹跟随的可重构运动规划方法，将运动规划分解为末端路径规划和机器人各关节对轨迹的跟随问题，并验证算法的可重构性。采用具有特定运动学形式的机器人模型进行仿真试验，仿真结果表明，提出的各个机器人的运动规划方法均能有效满足任务需求，且照明机器人的运动规划算法具有可重构性，多机器人系统基于优先级的协同策略能够满足空间在轨装配任务需求。



44 基于声压反射系数幅度谱特征的涂层脱粘超声 C 扫描成像检测研究

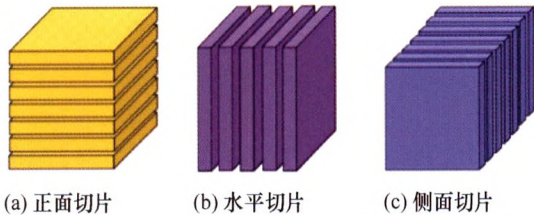
孙珞茗 林 莉 马志远



**摘要:**涂层脱粘常采用超声 C 扫描成像技术进行定量检测，但涂层厚度过小或探头频率较低均可使顺序界面回波混叠而无法直接采用 C 扫描方法有效表征脱粘。文中基于声压反射系数幅度谱特征，通过分析幅度谱极值与谐振频率随粘界面反射系数的变化规律，提取幅值波动范围、谐振频率阶数两个幅度谱特征重构 C 扫描图像。采用该方法对厚度 0.3 mm 环氧树脂基涂层/5 mm 铝板构成的含 10×10 mm 界面脱粘试样进行定量表征，重构 C 扫描图像量化的脱粘尺寸相对误差分别为 4.9%和 1.0%。该技术可以克服传统超声 C 扫描成像的局限性，提高涂层脱粘尺寸定量精度。

50 基于张量分解的滚动轴承复合故障多通道信号降噪方法研究

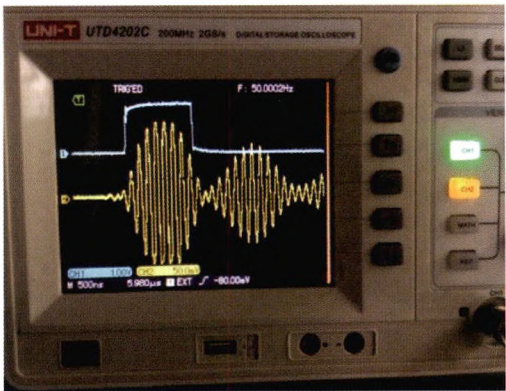
胡超凡 王衍学



**摘要:**针对滚动轴承多通道信号同时滤波的问题，提出一种新的基于张量分解的多维降噪技术。该方法在高维空间中时将时域信号、频率和通道建模为一个三阶张量模型，首先通过 Tucker3 分解张量模型，然后通过 L 曲线准则来选取截断高阶奇异值分解(Truncated HOSVD)的截断参数，根据截断参数求解张量模型，最后根据原张量的组建方式通过逆变换得到新的目标张量。通过滚动轴承复合故障仿真分析对所提出的滚动轴承复合故障检测技术的性能进行了评价，然后应用该方法对轴承试验台采集的振动信号进行降噪分析，试验结果表明该方法在滚动轴承复合故障多维降噪以及特征提取中的有效性和可行性。基于张量分析的多维信号滤波技术将拓宽大数据时代处理异构、多维数据的视野。

58 TP347HFG 钢高温老化非线性超声检测技术

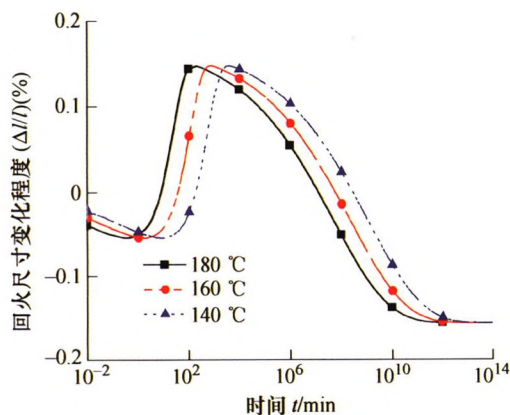
袁廷璧 纳日苏 常 青 杨新军 张广兴



**摘要:**高温老化过程和早期损伤快速检测研究对 TP347HFG 这种脆性大，稳定扩展期短的奥氏体耐热钢非常重要。非线性超声技术对微纳米尺度缺陷敏感，在早期损伤检测方面具有极大的应用潜力。利用非线性超声技术得到材料热损伤程度与超声非线性系数之间的关系曲线，并根据材料的显微组织演变特征进行分析。结果显示，TP347HFG 钢的超声非线性系数随时效时间的增加，首先在 500 h 时出现极大值点，然后单调增加，这种趋势与材料共格应变状态的形成和失去有关。试验结果为高温工况下 TP347HFG 钢非线性超声检测提供了理论依据。

64 基于 GCr15 轴承钢淬回火组织的时效尺寸变化预测模型

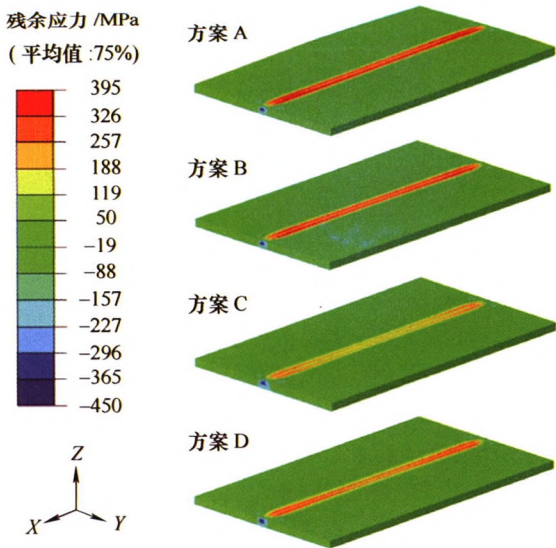
刘青龙 魏文婷 华 林



**摘要:** 轴承钢在服役过程中的尺寸变化及尺寸稳定性对轴承的精度保持性和服役性能有着重要影响。针对轴承钢尺寸变化行为的预测问题, 提出基于高碳铬轴承钢亚稳组织转变的时效尺寸变化预测模型。对比时效尺寸变化的预测值与测量值, 预测值的相对误差不超过 5%, 两者吻合良好。然后, 基于时效尺寸变化预测模型分析淬火和回火工艺对时效阶段尺寸变化的影响规律。分析结果显示, 淬火工艺决定了时效尺寸变化程度的上下限, 且上限随淬火加热温度提高而增加。回火工艺决定其起点, 且提高回火温度可以显著降低时效尺寸变化程度。分析结果还显示, 淬火态 GCr15 轴承钢在 180 °C 等温回火 2 h 即可获得较高的尺寸稳定性。该时效尺寸变化预测模型可为预测 GCr15 轴承时效尺寸变化程度及优化和控制淬回火工艺提供依据。

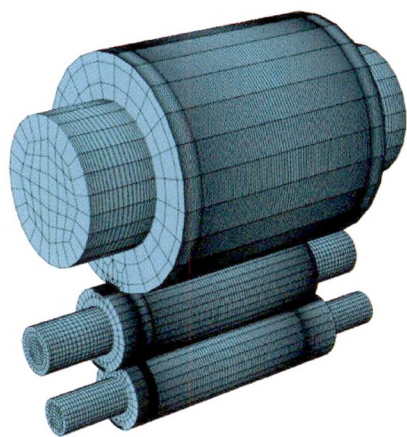
72 合并焊道法对 SUS304 不锈钢平板对接接头焊接残余应力计算精度和效率的影响

胡 兴 戴培元 张超华 李 索 邓德安



**摘要:** 厚大不锈钢焊接接头广泛应用于核电、火电和化工等行业中, 焊接残余应力一直是一个被关注的焦点问题。随着计算焊接力学理论的日臻成熟, 采用有限元方法来模拟焊接残余应力已经成为了可能。但是由于计算机硬件条件的限制, 目前的计算效率还难以满足实际工程的需求。基于 ABAQUS 有限元软件平台开发高效的瞬间热源模型来模拟板厚为 25 mm 的对接接头的热输入, 并与移动热源模型的计算结果进行比较。为了进一步提高计算效率, 基于奥氏体不锈钢母材和相应填充材料的性能特点, 尝试采用不同的焊道合并方式来缩短焊接温度场和应力场的计算时间。同时, 还采用应力释放法测量板厚 25 mm、焊道数为 17 道的平板对接接头的残余应力分布, 并将数值模拟结果与实验结果进行比较。结果表明, 采用瞬间热源模型可较精确地模拟焊接残余应力的分布和大小, 计算时间与移动热源模型相比可以大幅缩短。此外, 采用数值模拟方法研究合并焊道法对板厚为 75 mm 的对接接头残余应力计算结果的影响。数值模拟结果表明, 焊道合并方式对纵向残余应力的计算结果影响较小。对横向残余应力而言, 焊道合并方式对计算精度有较显著的影响, 表层焊道合并方式严重低估了表面横向残余应力, 而内部焊道整体合并方式虽然略微低估了表面横向残余应力, 但能较好地预测接头上下表面的横向残余应力分布与大小。采用瞬间热源模型再结合焊道合并方式是一种解决厚大焊接接头残余应力计算的有效手段。

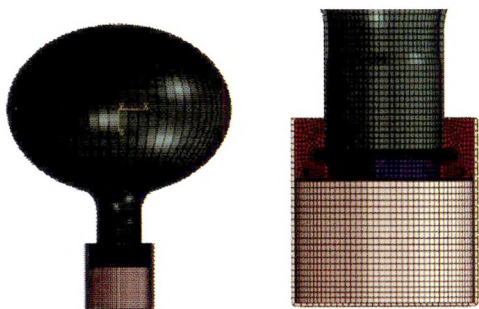




**摘要：**使用带有辊形的工作辊是六辊轧机减小带刚边降的有效手段之一，然而目前对于辊形设计规律的研究仍显不足。首先在分析各种轧机辊系弹性变形计算算法优缺点的基础上，提出分割矩阵求解方法：针对六辊轧机建立影响函数线性方程组，将方程组系数矩阵分割后，把矩阵条件数最小的系数矩阵作为最终迭代环节，同有限元法对比显示其精度合格、速度更快，适用于承担大规模辊系弹性变形预设分析时的高强度计算任务。其次利用分割矩阵影响函数法，针对工作辊辊形曲线段高度、锥度段斜率对边降调控能力的影响进行研究。结果表明，工作辊辊形高度越大，边降调控能力越强，同凸度控制耦合作用越强；斜线段斜率对边降调控能力影响不大，斜率越小，越有利于同平坦度控制解耦。最后根据以上规律，为工业现场设计了新式辊形曲线，进一步提高 5  $\mu\text{m}$  边降合格率。研究结果表明，通过分割矩阵迭代法，辊系弹性变形计算更为精确，同时大的曲线段高度与小的直线段斜率是提高工作辊辊形边降控制能力的有效方案。

91 基于正交试验的玻璃壳热应力影响因素分析

钱小辉 马骁妍 秦中华 侯少静 徐美杭 张 鹏 朱自安

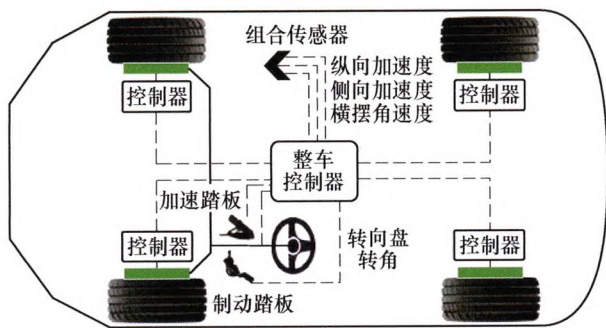


**摘要：**为研究江门中微子试验(JUNO)光电倍增管(PMT)玻璃壳在温度载荷下的应力分布，以避免玻璃壳发生脆性破坏，对不同灌密封胶材料下的玻璃壳热应力进行有限元模拟分析。采用正交试验方法，选取灌密封胶材料属性参数中的弹性模量、泊松比和热膨胀系数作为研究因素，建立  $L_{25}(5^3)$  正交表并得到 25 组数值模拟方案。对数值计算结果进行极差和方差分析，结果显示影响设计指标的主要因素为弹性模量和热膨胀系数，次要因素为泊松比。弹性模量对玻璃壳热应力有显著影响，热膨胀系数对玻璃壳热应力有一定影响，泊松比对玻璃壳热应力无显著影响。对各因素水平的算术平均值进行曲线拟合，提出基于拟合函数解析解的敏度分析方法来得到设计指标对各因素的敏感程度。结果表明，玻璃热应力对不同灌密封胶材料的各参数敏感度不同。实际工程可针对最大敏度参数进行材料的改性工作，从而使得灌密封胶材料的选用和改性更具有针对性和方向性，研究结果对实际工程具有极强的指导意义和参考价值。



99 四轮轮毂电机驱动电动汽车驱动防滑控制关键技术综述

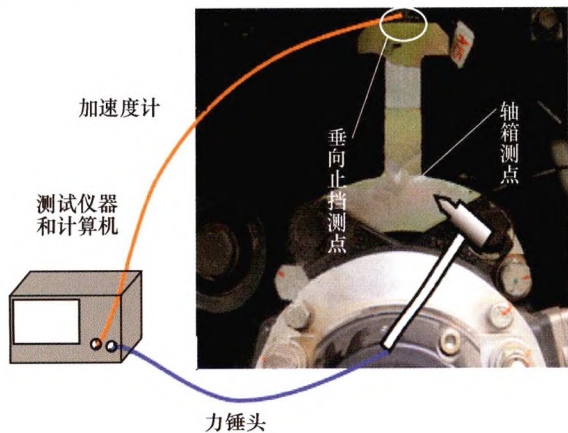
王震坡 丁晓林 张 雷



**摘要：**驱动防滑控制是四轮轮毂电机驱动电动汽车主动安全控制关键技术之一。分别从车速估计方法、路面识别方法、驱动防滑控制算法三个方面综述了四轮轮毂电机驱动电动汽车驱动防滑控制的关键技术与难点。通过比较车速估计方法中基于运动学和基于动力学的估计方法的优缺点，明确了基于多方法、多信息融合的估计方法是提高车速估计精度的重要措施。比较了基于试验与基于模型的路面识别算法，分别对路面识别中涉及的路面附着系数估计方法、路面类型识别方法进行了分析，并指出：基于试验的路面识别方法仍需提高对测试环境的鲁棒性，基于模型的识别方法则需提高轮胎模型精度以及不同工况的自适应性。总结了基于滑转率控制和基于电机输出转矩控制的驱动防滑控制策略，对现有驱动防滑控制算法进行了分析，并指出提高算法的适应性和鲁棒性是未来的研究重点。最后对四轮轮毂电机驱动电动汽车驱动防滑关键技术发展方向进行了展望。

121 高速动车组垂向止挡异常振动特性及成因分析

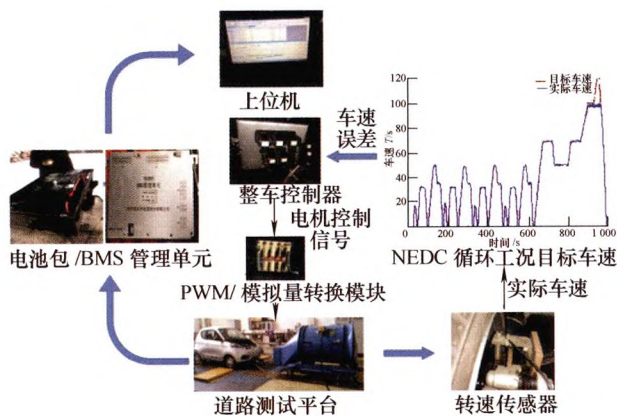
彭来先 韩 健 初东博 高 阳 李志辉 肖新标



**摘要：**针对高速动车组在运营过程中出现的垂向止挡异常振动，且个别存在明显断裂裂纹的典型振动问题，基于现场车轮粗糙度与振动响应同步测试，分析了镟修前后的车轮非圆特征及其对轴箱及垂向止挡振动特性的影响；采用试验与计算相结合的垂向止挡模态分析，确定了垂向止挡的模态特性，据此分析了高速动车组垂向止挡异常振动的成因。结果表明，测试的高速列车动车组车轮存在较为明显的 25~27 阶多边形，在 192 km/h 运营速度下，会对轴箱和垂向止挡形成显著的 515Hz 频率振动激励。而垂向止挡一阶弯曲模态频率也为 510 Hz，且其模态应变最显著区域与断裂裂纹位置一致。由此可判断垂向止挡异常振动是车轮多边形激励引起垂向止挡结构共振所致。车轮镟修可有效减缓或抑制其异常振动，相关研究可为高速动车组减振降噪提供参考。

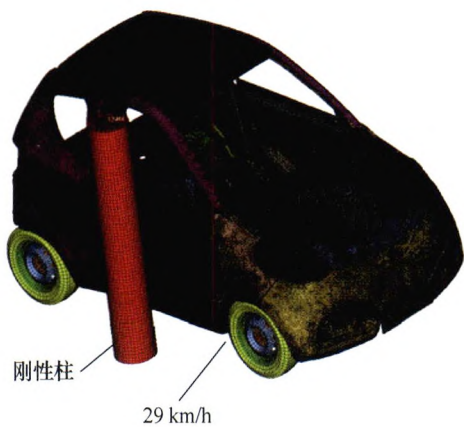
128 车用锂离子动力电池电化学模型修正方法

徐 兴 徐琪凌 王 峰 杨世春 周之光

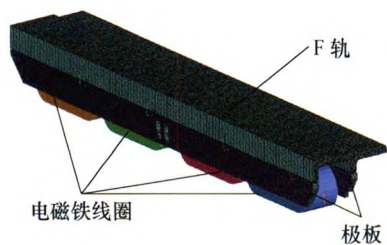


**摘要：**针对锂离子动力电池伪二维(P2D)电化学模型在高倍率放电工况下精度降低的问题，提出基于平均电极模型的修正方法。分析锂离子动力电池电化学平均电极模型灵敏性参数-固相扩散系数与颗粒粒径对模型的影响，基于恒压-恒流充电容量比方法建立电流与固相扩散系数的耦合关系；通过充放电测试获取锂离子动力电池电极颗粒的粒径分布特征，将其归纳为最大粒径、中粒径和最小粒径三种不同粒径颗粒的权重系数，构建了变固相扩散系数三粒子电池电化学模型。搭建了面向单体电池的多倍率放电试验和电池组的 NEDC 循环工况试验平台，对比分析结果表明，相比传统的 P2D 电化学模型，提出的变参数模型精度提高了 80%，输出电压平均误差不超过 0.02 V、最大偏差在 0.05 V 左右，验证了变参数修正模型的有效性和准确性，为锂离子动力电池管理系统状态估计与控制提供了理论支撑。





**摘要：**动力电池包是一个复杂系统综合体，对复杂系统而言仅考虑组件的可靠安全性并不能保证其系统的安全性，迫切需要从系统层面分析评价动力电池包的安全性。运用复杂系统安全理论结合电动汽车实际工况，提出基于整体精细化模型可量化、层次化的动力电池包系统安全性评价。保证单体锂电池模型精细化的情况下，从正碰、侧碰、振动冲击三种常见工况对动力电池包进行仿真分析，采用层次分析(AHP)和模糊综合评价(FCE)相结合的方法对影响动力电池包系统安全的关键因素指标进行综合性安全评价。结果表明动力电池包系统安全性等级较低，安全性能较差。所提方法可为动力电池包正向结构设计和系统安全改善等工作提供参考。

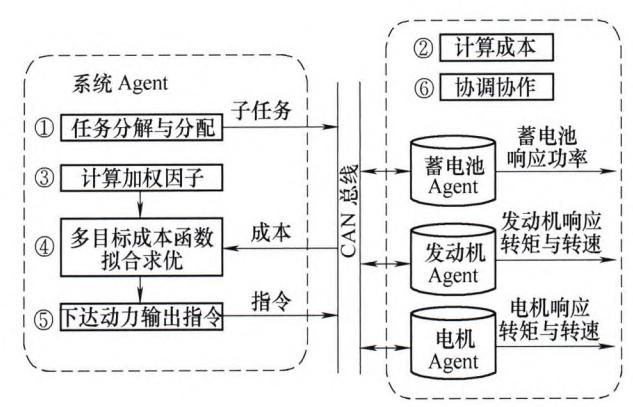


**摘要：**中低速磁浮列车每个悬浮模块包含四个电磁铁线圈，一般采用两端线圈串联的方式分别和一个控制器构成悬浮控制回路，称为一、二位连接方式(C12)。为提高磁浮车辆的悬浮性能，改善运行过程中的触轨和悬浮失效等问题，目前大部分研究从优化悬浮控制系统入手。从外部连接出发寻找较优的串接方式，提出一种新型的一、三位连接方式(C13)，通过动力学和电磁仿真将两种连接方式进行详细的对比。研究表明：在通过相同轨道垂向激励时，一、三位连接方式悬浮架与轨道的最小距离更大，即离轨道更远；用于调整的控制器的平均电流更低。所以从安全性和线圈发热考虑，一、三位连接方式优于一、二位。提出一种新型的线圈连接方式，证明了其优越性，可为工程应用提供选择依据。



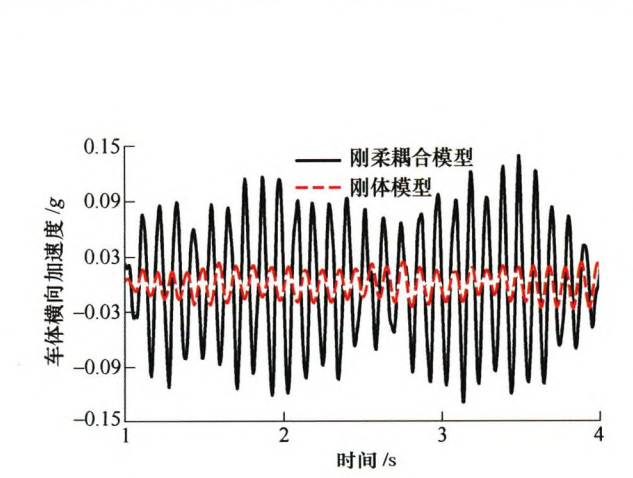
**摘要：**在分析平衡重式叉车的结构特性以及侧翻机理的基础上，将叉车的侧倾状况分为一级侧倾状况和二级侧倾状况，并提出一种平衡重式叉车的横向稳定性侧倾分级控制策略，叉车侧倾控制的执行机构设计为一种新型三连杆液压支撑调整机构；平衡重式叉车的侧倾分级控制器的设计采取变论域模糊控制方法，当叉车处于一级侧倾状况时，基于侧倾变论域的模糊控制的级别为一级；当叉车处于二级侧倾状况时，基于侧倾变论域的模糊控制的级别为二级；基于ADAMS 建立叉车整车虚拟样机模型并与 Matlab/ Simulink 进行联合仿真和实车试验验证，结果表明采取基于侧倾分级的叉车横向稳定性变论域的模糊控制策略可有效提高叉车的横向稳定性。





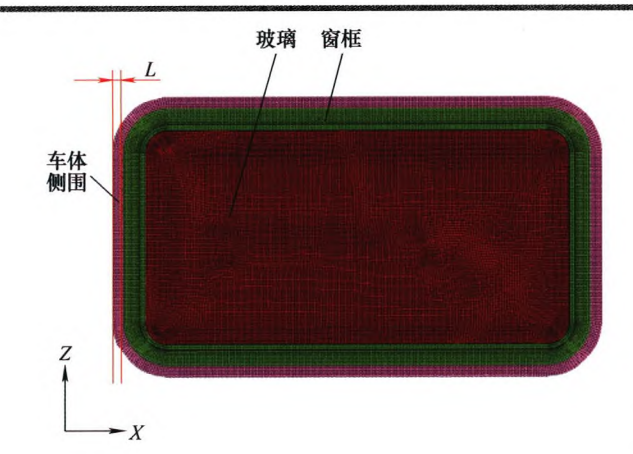
**摘要：**为提高混合动力电动汽车(Hybrid electric vehicle, HEV)整车性能，结合等效燃油消耗最小模型，提出一种多智能体(Agent)控制的动力总成集成控制策略。系统 Agent 实时分解整车动力总成任务并将其分配给发动机 Agent、电机 Agent 和蓄电池 Agent，各部件 Agent 计算完成任务所需付出的油耗(或等效油耗)、排放与蓄电池能量损耗成本，采用多目标拟合优化算法求取综合成本最小的动力分配关系，得到初步请求响应转矩指令。各部件 Agent 以自身工作效率优化为目标对请求响应转矩进行限制，并与其他 Agent 交互补偿转矩信息，协调协作完成 HEV 动力总成的集成控制。在 Simulink 中建立各 Agent 模型和集成控制策略模型，嵌入到 ADVISOR 整车模型中进行不同仿真循环工况下的联合仿真。研究表明，集成控制策略能够实时合理权衡动力性、排放性和燃油经济性，在未损失较多动力性的前提下能够提高 HEV 节能减排能力。

178 动车组车体异常弹性振动原因及抑制措施研究



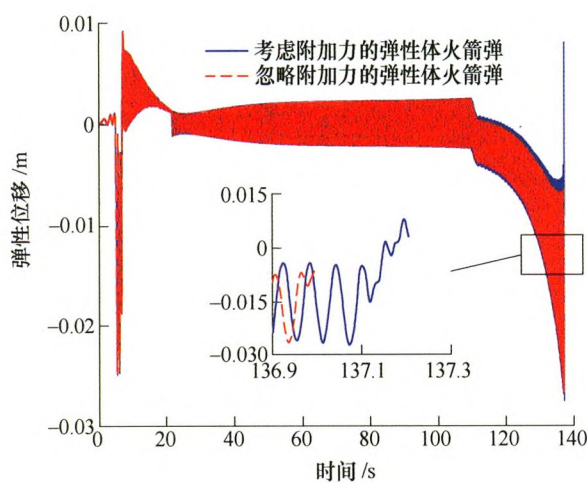
**摘要：**动车组车体正常运营状态下可以保持十分优异的动力学性能，给乘客创造舒适的出行环境，但在偶然情况下也会出现异常弹性振动，也被称为抖车问题，严重影响车辆运行品质。基于线路实测车轮和钢轨外形，建立考虑弹性车体的动车组刚柔耦合动力学模型，仿真再现了动车组车体异常弹性振动现象，并对异常振动原因进行了研究。结果表明：动车组车轮与钢轨匹配关系异常，轮对等效锥度达到 0.65，导致转向架蛇行运动频率达到 9~10 Hz，与动车组车体一阶菱形模态频率接近，是引发车体产生异常振动的原因。基于此原因，改善轮轨匹配条件、提升车体一阶菱形模态频率和控制转向架蛇行运动相位关系是抑制异常弹性振动的三大方向。通过仿真分析发现，打磨钢轨和镟修车轮均能改善轮轨匹配关系，进而有效解决抖车问题；提升车体一阶菱形模态频率可将转向架蛇行运动频率与车体弹性模态频率分隔开，从而降低车体异常弹性振动；另外，使前后转向架反相位蛇行运动也可以避免激发车体一阶菱形模态。最终建议对异常振动线路轨道进行打磨处理；对于新设计高速动车组车体，建议提升车体一阶菱形模态频率，以提升了动车组车体对磨损车轮和异常线路的适应性。

189 基于子模型法的动车侧窗粘接强度快速评价方法



**摘要：**根据动车结构的特点，基于有限元子模型法的基本原理，提出一种动车侧窗粘接强度的快速评价方法。车体结构采用尺寸相对较大单元建立整体有限元模型，侧窗结构采用尺寸较小单元建立有限元子模型，基于三角形面积插值法提取侧窗子模型的位移边界条件，对侧窗子模型进行强度分析获得胶粘剂的应力；通过单搭接接头和对接接头的轴向拉伸试验测试，建立二次应力准则作为失效准则，对侧窗胶粘剂的粘接强度进行快速评价，整个过程通过编写 FORTRAN 程序自动完成；最后将快速评价方法和传统的整体细化评价方法进行对比。结果表明，快速评价方法获得的胶粘剂安全系数略低于传统评价方法，但是计算时间是传统评价方法的约 1/17，这说明快速评价方法在保证可靠性的前提下，大幅度提高计算效率，为动车侧窗粘接结构的优化设计奠定基础。

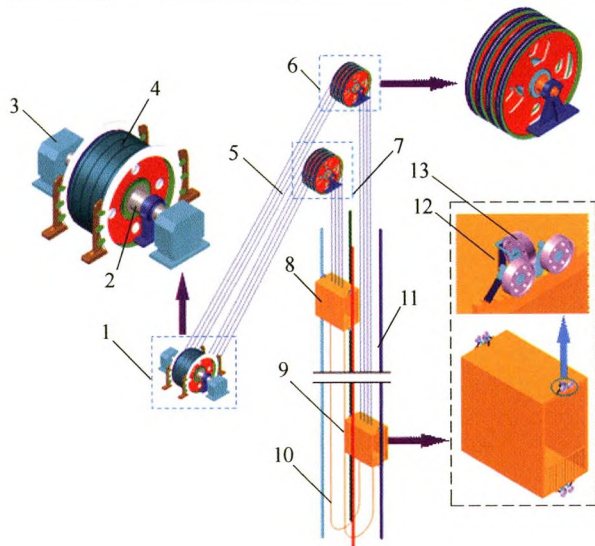




**摘要：**远程火箭弹具有长细比大、射程远的特点，为提高弹道分析精度，有必要充分考虑气动弹性和其它附加力的影响。以远程火箭弹非线性运动方程为基础，考虑气动弹性效应，分别采用细长体理论和气动导数法计算弹身和弹翼舵面产生的非定常气动力，并考虑地球自转和发动机燃料变化所引起的附加力以及地球曲率的影响，建立弹性体远程火箭弹六自由度运动模型。通过弹道仿真，对比分析气动弹性、附加力和结构刚度对远程火箭弹脱靶量的影响。仿真对比结果表明，气动弹性和附加力都对远程火箭弹脱靶量产生影响，且附加力与气动弹性高度耦合，在考虑气动弹性效应的前提下，附加力对远程火箭弹脱靶量的影响被显著放大，因此在全弹道仿真分析中必须同时考虑气动弹性和附加力的耦合影响；弹体结构刚度越小，远程火箭弹的脱靶量越大，在远程火箭弹初步设计中，应保证弹体结构刚度以确保命中精度。

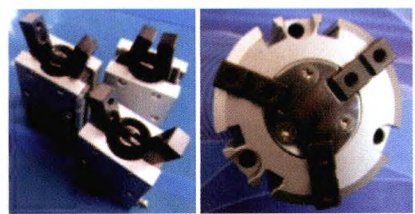
交叉与前沿

205 落地式摩擦提升机建模和振动特性分析



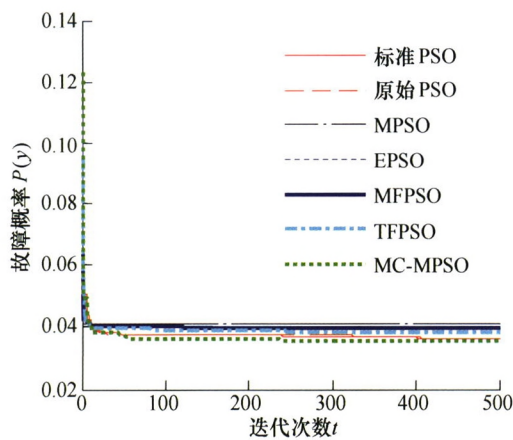
**摘要：**落地式摩擦提升机在制动过程中极易产生振动现象，影响设备的安全运行。有鉴于此，建立较为准确的提升系统动力学仿真模型，对其制动阶段的振动特性进行分析。结果表明无论是正常减速制动还是恒减速紧急制动，纵向振动均是主要振动方式，前者仅在制动末期产生较为明显的纵向振动，且以纵向加速度为 0 的平衡点作有阻尼衰减振荡，频率只有几赫兹。对于恒减速紧急制动，若钢丝绳未发生打滑，振动曲线在制动过程中将以给定减速度值为平衡点作有阻尼衰减振荡，制动末期系统会先产生一个峰值，然后呈现出与正常制动末期类似的振动特性；否则，纵向振动特征将明显区别于未打滑条件下的振动特征。研究过程中所采用的建模方法可拓展到电梯类提升系统的仿真建模中；摩擦提升机在制动过程中所展现的振动特征可为其运行状态监测提供判断依据。

215 基于主动包络和负压塑形的软体适形夹持器



**摘要：**借鉴软体生物的结构和功能特点，设计并制作一种气动软体塑形夹持装置。该装置的夹爪由软体材料制成，软体夹爪能张开和闭合，实现双向弯曲以夹持或释放物体。同时，提出多腔室软体和负压塑形单元相结合的结构型式，并得出技术实现方案，即用细颗粒物填充末端气囊，充气后先适应物体外轮廓发生变形，继而抽真空使气囊固化，为夹持物外形，从而与物体形成可靠约束，对于外形尺寸不规则的异型件有良好的夹持效果。试制完成的塑形夹持装置以气压驱动的软体结构增大夹持装置与物体的接触面积，并采用负压塑形技术以大幅提高形状适应能力。研究成果为软体塑形夹持装置提供了理论和技术支持，可为食品分拣、海洋生物研究、混流生产等领域提供有益参考。





**摘要:** 针对粒子群(Particle swam optimization, PSO)算法进化后期收敛速度较慢, 易陷入局部极值点, 精度较差等不足, 提出膜计算多粒子群(MC-MPSO)算法。在该算法中, 将原始 PSO、标准 PSO、中值导向粒子群(MPSO)、扩展粒子群(EPSO)、多作用力粒子群(MFPSO)、两阶段作用力粒子群(TFPSO)等六种具有不同优点的粒子群算法分别放入六个基本膜内, 提出 MC-MPSO 算法的膜间交流与粒子更新机制, 在进化前期, 各粒子群算法按自身机制进行搜索寻优, 即各基本膜各自进化来充分发挥各基本膜内算法的优点; 在进化后期, 各基本膜内算法与比自身更好的表层膜内最优解粒子交流, 各表层膜逐步吞并搜索能力较差的基本膜, 而最适合问题优化求解的基本膜长大并按照表层膜输出, 使 MC-MPSO 算法集成了基本膜内六种粒子群算法的各自优势, 并具有适应不同类型优化求解问题的寻优能力。通过与基本膜内六种粒子群算法的测试对比, 与遗传算法、鱼群算法及其他基于膜计算的粒子群算法的比较, 证明了 MC-MPSO 算法具有更好的寻优能力和适用性。最后, 将 MC-MPSO 算法应用于串联和桥式系统可靠性优化问题, 验证了所提算法的有效性。



CONTENTS

1	<b>Dynamic Characteristics Analysis of Cable Net for Large Cable-rib Tension Deployable Antenna</b>	LIU Ruiwei GUO Hongwei LIU Rongqiang TANG Dewei WANG Hongxiang DENG Zongquan
9	<b>Mobility Analysis of Novel Deployable Mechanism Based on Tetrahedral Element</b>	GUO Jinwei XU Yundou LIU Wenlan YAO Jiantao ZHAO Yongsheng
19	<b>Centroid Measurement Method and Experimental Study of Multi-configuration Planetary Rover</b>	NA Qiang LI Bo TAO Jianguo YU Jinshan FAN Shichao
29	<b>Precision Analysis and Experiment of Focusing Mechanism of Space Hyperspectral Camera</b>	WANG Kai XU Minglin XIE Peng XU Zhen TAO Shuping
37	<b>Research on Cooperative Motion Planning of Space Multi-robots</b>	GUAN Yingzi LIU Wenxu YAN Ning SONG Chunlin
44	<b>Measurement of the Coatings Debonding Using Ultrasonic C-scan Imaging Based on Reflection Coefficient Amplitude Spectrum Characterizations</b>	SUN Luoming LIN Li MA Zhiyuan
50	<b>Research on Multi-channel Signal Denoising Method for Multiple Faults Diagnosis of Rolling Element Bearings Based on Tensor Factorization</b>	HU Chaofan WANG Yanxue
58	<b>High Temperature Aging TP347HFG Steel by Nonlinear Ultrasonic Detection Technology</b>	YUAN Tingbi NA Risu CHANG Qing YANG Xinjun ZHANG Guangxing
64	<b>Prediction of Dimensional Change of GCr15 Bearing Steel during Aging Based on Quenched and Tempered Microstructure</b>	LIU Qinglong WEI Wenting HUA Lin
72	<b>Influence of Lumped-pass Method on Calculation Accuracy and Efficiency of Welding Residual Stress in SUS304 Stainless Steel Butt Joints</b>	HU Xing DAI Peiyuan ZHANG Chaohua LI Suo DENG Dean
83	<b>Analysis of Edge Drop Control Performance of Work Roll Contour on Six-high Cold Rolling Mill</b>	FENG Xiawei WANG Xiaochen YANG Quan SUN Jiquan
91	<b>Analysis of Glass Shell's Thermal Stress Based on Orthogonal Experiment</b>	QIAN Xiaohui MA Xiaoyan QIN Zhonghua HOU Shaojing XU Meihang ZHANG Peng ZHU Zian



**99 Overview on Key Technologies of Acceleration Slip Regulation for Four-wheel-independently-actuated Electric Vehicles**  
WANG Zhenpo DING Xiaolin ZHANG Lei

**121 Analysis of Abnormal Vibration Characteristics and Causes of Vertical Block in High-speed EMU**  
PENG Laixian HAN Jian CHU Dongbo GAO Yang LI Zhihui XIAO Xinbiao

**128 Modification Method of Electrochemical Model for Vehicular Lithium-ion Power Battery**  
XU Xing XU Qiling WANG Feng YANG Shichun ZHOU Zhiguang

**137 Analysis and Evaluation on System Safety of Power Battery Pack under Mechanical Loading**  
LI Zhijie CHEN Jiqing LAN Fengchong ZHENG Wenjie

**149 Simulation of the Influence of Coil Connectionmode on Levitation Control Performance**  
ZHANG Min MA Weihua LI Tie LUO Shihui

**157 Variable Universe Fuzzy Control for the Lateral Stability of Forklift Based on the Roll Classification**  
XIA Guang DU Ke XIE Hai TANG Xiwen CHEN Wuwei

**168 Hybrid Electric Vehicle Integrated Control Strategy Based on Multi-agent**  
NIU Limin YANG Hongyuan ZHOU Yazhou LÜ Jianmei

**178 Research on Causes and Countermeasures of Abnormal Flexible Vibration of Car Body for Electric Multiple Units**  
LI Fansong WANG Jianbin SHI Huailong WU Pingbo

**189 Rapid Evaluation Method of Adhesive Strength for EMU Train's Side-window Based on Sub-model Technology**  
QIN Guofeng FAN Yisa NA Jingxin MU Wenlong TAN Wei

**196 Trajectory Analysis of Aeroelastic Long-range Rockets Considering Subsidiary Load Effect**  
WEI Zhao LONG Teng LI Huaijian WANG Zhu LIU Li

**205 Modeling and Vibration Characteristics of Ground Mounted Friction Hoist**  
HUANG Jiahai HE Yabin YU Pei ZHAO Bin

**215 Soft Adaptive Gripper with Active Enveloping Arms and Vacuum Jamming Technology**  
GUO Zhonghua LI Xiaoning LIN Haopeng

**222 Membrane Computing Multi Particle Swarm Optimization(MC-MPSO) Algorithm**  
CHEN Dongning WANG Yueying YAO Chengyu LIU Yidan LÜ Shijun

《机械工程学报》第十一届编委会

名誉主任

王补宣 (院士)    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 (教授)  
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 (教授)    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 (教授)    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 (研究员)    项昌乐 (教授)    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 (教授)    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 (教授)    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 (教授)  
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 )		

