

QK1859040

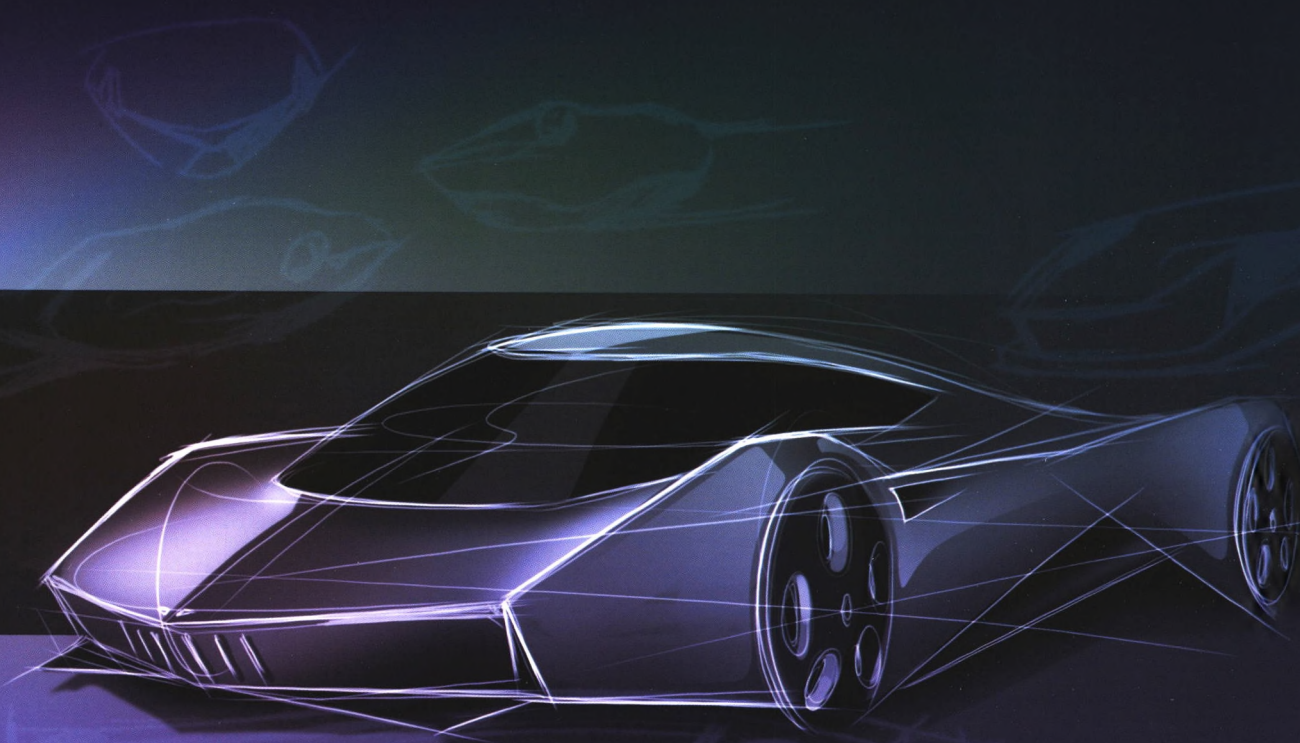
ISSN 0577-6686
CODEN CHHKA2

机械工程学报[®]

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

产品外形仿生设计研究现状与进展

罗仕鉴 张宇飞 边泽 单萍



中国机械工程学会 主办

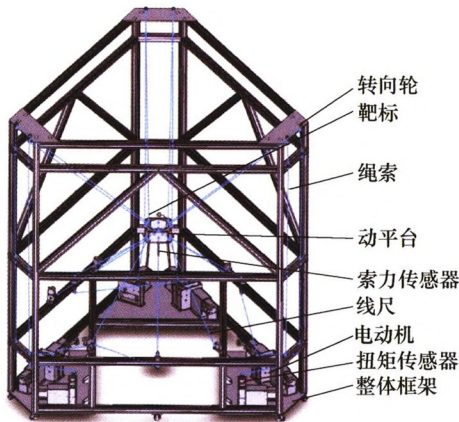
万方数据

2018年54卷21期 半月刊

/// 机构学及机器人 ///

1 考虑输入饱和和状态受限的九索并联机构自适应容错控制

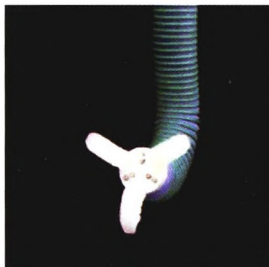
易旺民 郑 昱 刘辛军 孟凡伟



摘要: 针对一种用于月面起飞模拟的九索驱动并联机构, 在考虑输入饱和和状态受限的情况下, 采用基于反步法的自适应容错控制方法(Adaptive fault tolerant control, AFTC)设计九索并联机构控制器, 提升索并联机构在驱动系统故障状态下的运行性能。控制器设计过程中, 以乘性误差和加性误差的形式描述驱动系统故障对控制信号的影响, 设计带有指令滤波器的辅助系统确保控制信号满足输入饱和条件, 采用正切型界限李雅普诺夫方程(Tan-type barrier Lyapunov function, tan-type BLF)设计控制器确保动平台状态满足限制条件。仿真试验表明, 基于 AFTC 方法设计的控制器可以有效辨识控制信号中的乘性误差和加性误差, 在考虑输入饱和和状态受限的情况下, 位置误差和姿态误差均可以被控制在一定范围内, 同时保证控制过程中, 九索并联机构索力连续变化且满足索力限制条件。

11 可控三维运动的软体驱动器仿真与试验

谢哲新 龚哲元 王田苗 文 力

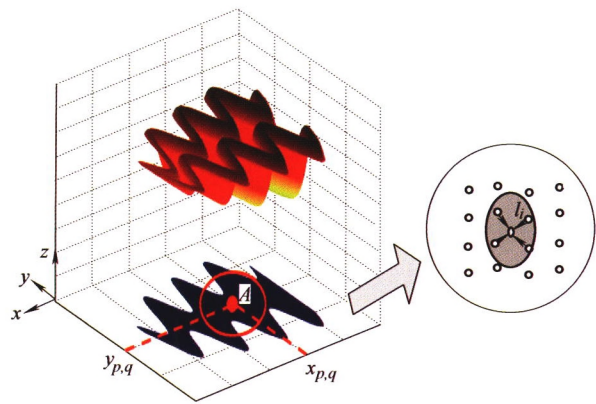


(a) 三维软体臂



(b) 三维软体臂水下抓取物体

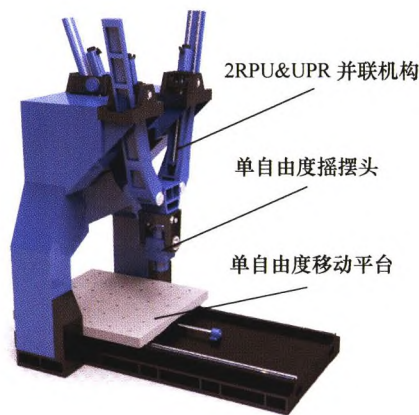
摘要: 介绍一种多自由度, 可以在空间内任意运动的三维软材料仿生驱动器。利用有限元分析软件对三维软体驱动器进行了设计优化, 针对驱动器制作材料以及气腔截面形状、腔道壁厚进行了有限元仿真分析。通过软体驱动器结构仿真分析, 结果表明半圆形腔道软体驱动器能提供更高的变形气压和刚度, 而环形腔道则能给软体驱动器带来较低的气压和柔性。三维软体驱动器使用较高硬度材料、半圆形腔道能够在给定气压下获得更大的刚性及输出力; 低硬度材料、较小壁厚的环形腔道能够在给定气压下获取更好的柔性和灵活性。根据仿真优化结论, 制造出在低气压下灵活运动并具有一定载荷能力的软体驱动器模块。为测试软体驱动器模块的性能, 设计一系列运动学以及力学试验, 包括软体驱动器在气压下的弯曲试验、气压与软体驱动器输出力与刚度的测量试验。最后, 通过试验展示了软体臂三维运动以及抓持不同物体的性能。



摘要：超声磨削加工在难加工材料领域得到广泛应用，超声辅助磨削过程中，超声振动参数对磨削后的表面微观形貌具有重要影响，因此，为了在加工前对超声加工后的表面微观形貌进行预测，以优化加工参数。提出一种考虑耕犁的超声磨削表面微观形貌建模与预测方法。假设磨粒为球形，磨粒直径与间距服从高斯分布，给出砂轮形貌的数值生成方法；根据超声磨削运动学，建立考虑磨粒实时切削深度与耕犁影响的三维运动轨迹方程；在此基础上，提出超声磨削表面微观形貌生成的区域逼近求解算法，进而给出超声磨削表面微观形貌生成模型，模拟出超声磨削的三维表面微观形貌。通过试验分别从表面微观形貌的轨迹纹理、表面粗糙度数值两个方面对超声磨削表面微观形貌的模型的正确性进行了验证。

19 一种所有转轴均连续的五自由度混联机器人机构

许允斗 胡建华 张东胜 侯照伟 姚建涛 赵永生



摘要：根据两转一移并联机构两转动自由度转轴的分布，提出构造五自由度混联机器人机构构造的新思路，基于2-RPU&UPR 并联机构构造一种新型五轴混联机器人机构。建立2-RPU&UPR 并联机构的位置正反解模型，由于该并联部分存在两条连续转轴，可将其等效成一个三自由度串联机构RPR，进而将整个混联机器人机构等效为一个四自由度串联机构RPRR 和一个移动平台的组合进行分析，根据这两部分位姿之间的解耦性，建立了混联机器人完整的位置正反解模型，并用加工球面轨迹的算例验证了所建运动学模型的正确性。提出的5 自由度混联机器人所有转动自由度均具有连续转轴，能够得到解析的位置模型表达式，能够很容易实现轨迹规划与运动控制，具有良好的应用前景。

25 7 自由度拟人臂仿人运动的逆运动学解析解

赵 京 龚世秋 张自强

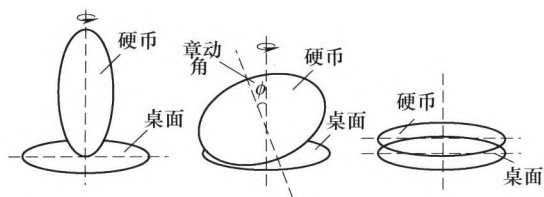


(a) 试验设备 (b) 操作软件

摘要：为了求解末端位姿已知时拟人臂的仿人臂姿，以人臂运动特性为依据，针对7 自由度拟人臂提出了一种新的逆运动学求解方法。该方法将人臂的末端运动转化为腕部的达点运动，利用肘部的自运动理论解耦了人臂的冗余度，并结合最小势能指标确定了自运动角。在利用末端位姿确定腕部位置的基础上，依据自运动角求解肘部位置，进而推导出拟人臂仿人运动的逆运动学解析表达式。试验和仿真结果证明了该方法解的仿人性和连续性。最后，从拟人臂的运动灵活性的角度分析了方法的失稳现象，结果表明自运动角发生突变时拟人臂奇异。该方法属于解析方法，有利于对拟人臂进行实时的仿人运动控制。

33 踝关节章动式康复运动轨迹规划

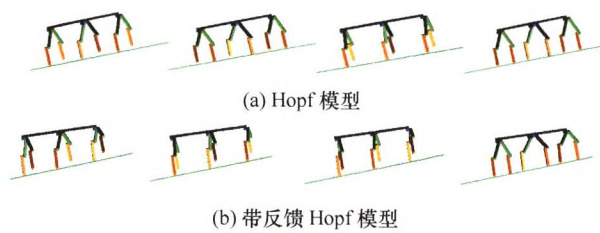
姚立纲 廖志炜 卢宗兴 张 俊



摘要：作为一种常见的骨骼损伤方式，踝关节损伤的康复过程十分漫长。现有研究中规划的踝关节康复轨迹模式较单一、且容易造成踝关节的二次损伤。为避免踝关节的二次损伤，需要对其康复运动轨迹进行精心规划。有鉴于此，提出一种混联式踝关节康复装置，并提出一种基于章动原理的康复运动轨迹规划方法。结合踝关节康复运动的安全性要求，借助生物力学软件 AnyBody 分析了不同位姿下相关肌肉的活动度，进而确定了章动式踝关节康复运动轨迹的章动角。在此基础上，通过运动学推导，给出了混联式踝关节康复装置中各推杆的位移。最后，以所提混联式踝关节康复装置为对象搭建系统的运动控制平台，并通过激光跟踪仪对动平台上的运动参考点进行跟踪。理论和实测数据对比表明，所提章动式踝关节康复运动轨迹能够实现跖屈/背屈、内翻/外翻的复合运动，并满足康复安全性要求。所设计的混联式踝关节康复装置及章动式康复运动轨迹可为踝关节患者的康复训练提供有效的解决方案。

41 基于带反馈 Hopf 振荡器的六足机器人斜坡步态发生器设计

杨雪锋 郭振武 王斌锐 王 凌 金英连

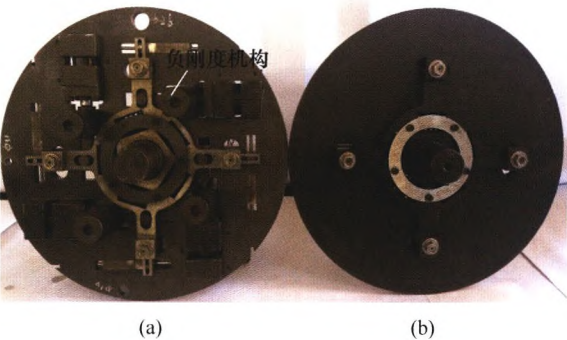


摘要：为了提高六足机器人斜坡运动的稳定性，基于三支撑足步态，分析六足机器人的斜坡运动，得到斜坡运动静态稳定裕度与躯体俯仰角的定性关系；研究带反馈 Hopf 振荡器的输出特性与收敛系数、反馈量之间的关系，并设计基于带反馈 Hopf 振荡器的单腿三关节信号和斜坡步态发生器模型；确定收敛系数的组合，并引入躯体俯仰角构造反馈信号，实现在只改变膝关节摆角而不影响步态其他特性的情况下提高六足机器人斜坡运动的稳定性；搭建 Matlab-ADAMS 联合仿真平台与实物样机进行验证。仿真表明：与 Hopf 模型相比，基于带反馈 Hopf 模型六足机器人上 12°斜坡稳定裕度提高 6.3%，下 12°斜坡稳定裕度提高 7.2%；试验表明：在 12°斜坡上前进 1 m 时，基于 Hopf 模型的六足机器人向左偏移 0.3 m，基于带反馈 Hopf 模型的六足机器人向左偏移 0.05 m，稳定裕度显著提高。

机械动力学

49 准零刚度扭转隔振器振动传递特性研究

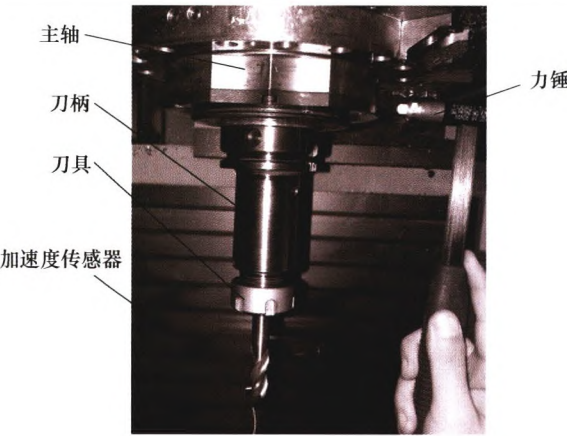
王晓杰 刘 辉 邴文平 高田田



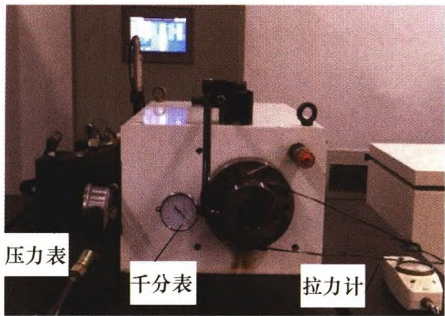
摘要：针对一种应用连杆弹簧负刚度结构所设计的正负刚度并联扭转隔振器，通过分析其设计参数，得到了其在静平衡位置达到准零刚度的条件。针对所述系统，建立二自由度非线性动力学微分方程，应用谐波平衡法求解了准零刚度隔振器的振动响应。考虑激励幅值、系统阻尼和转动惯量等因素，从扭转振动力矩传递和扭转振动功率流传递两个角度分析了准零刚度隔振系统的非线性振动传递特性。结果表明，此隔振系统具有良好的低频隔振效果，且表现为振动传递的硬特性；从功率流角度的分析还表明，系统的瞬时传递功率流峰值与输入功率流和耗散功率流的变化趋势保持一致。在低于共振区域的低频区间内，隔振系统前后两端的转动惯量对系统振动具有较大影响。最后，对扭转隔振器的振动隔离特性进行了试验验证，试验结果表明，隔振器具有良好的低频振动隔离特性。

57 采用小波包能量熵的铣削振动状态分析方法研究

张 智 刘成颖 刘辛军 张 洁

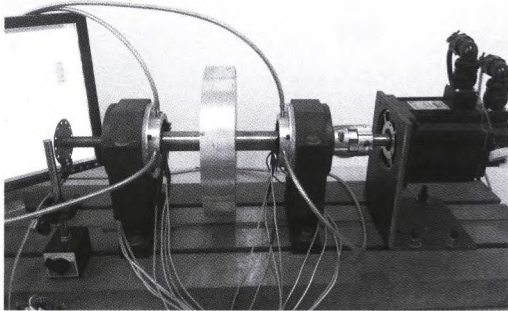


摘要：颤振是影响机床加工质量的重要原因之一。为实现切削颤振的实时在线识别与评价，采用加速度传感器，获取主轴振动信号，以小波包能量熵值为指标，对铣削加工的稳定状态及振动形式进行识别。通过多传感器对加工过程进行监测，确定加工的稳定性的；对主轴振动信号进行频谱分析，了解不同加工状态下的信号频谱特点，分析其振动形式。对信号进行小波包分解，发现在不同的振动状态下，信号的能量分布有显著规律。试验表明，切削从稳定状态到不稳定状态，本质上是强迫振动和颤振的能量强度和分布发生了变化。能量熵描述能量分布的变化，是识别切削状态和振动状态变化的有效方法。



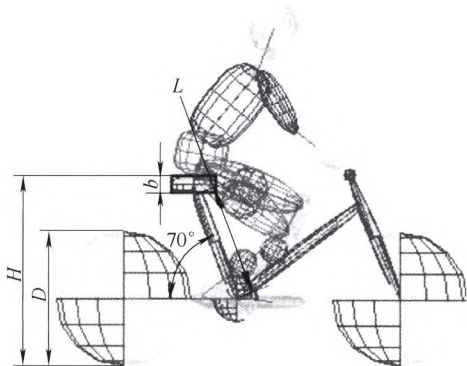
摘要：节流器是液体静压主轴的核心元件，其节流特性对液体静压主轴的刚度和回转精度具有直接影响。针对现有节流器在主轴工作时节流特性不可控的不足，提出一款预压预调型可控节流器。在分析可控节流器工作原理和节流特性基础上，根据流体润滑理论，建立基于可控节流器的液体静压轴承承载性能的理论模型，研究可控节流器供油压力、弹簧刚度和控制油腔压力等参数对液体静压轴承承载性能的影响规律，并与固定节流液体静压轴承的承载性能进行对比。研究发现，在其他结构参数及工作参数一定的条件下，可控节流器能够显著地提高液体静压轴承的油膜刚度；在不同偏心率条件下，可控节流液体静压轴承的最佳油膜刚度对应的节流参数不同。在开发的液体静压电主轴试验台上进行了试验研究，通过对油腔压力和油膜刚度的理论计算值与试验测量值的对比，证实了可控节流方案的有效性。

72 适合变速转子的不平衡质径积搜索电磁轴承振动抑制

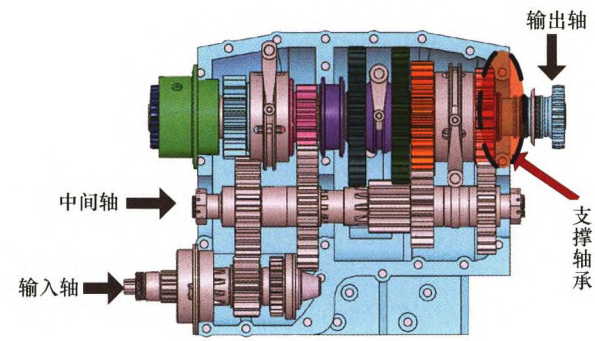


摘要：转子不可避免地存在质量不平衡是转子运行产生同步振动的主要原因。一种适合在变速条件的电磁轴承转子不平衡控制方法被提出。该方法能够自适应地搜索转子不平衡质径积的大小和方位，并以此为依据产生控制信号，抑制转子振动，强迫转子绕其几何中心旋转，提高转子的旋转精度。不平衡质径积是转子的固有特性，与转速无关。与基于不平衡力的控制方法相比较，在跟踪变速引起的不平衡力剧烈变化时，基于不平衡质径积的控制方法不需要频繁更新控制参数，只需要为克服系统非线性而调整控制参数。同时，该方法能根据振动抑制误差调节搜索步长，调和了搜索速度和控制精度的矛盾。试验表明，所述方法能够有效抑制转子的不平衡振动，并且在变转速条件下，大幅降低控制器的计算负荷，提高在快速变速、转子过临界等转子振动随转速变化较快应用场合的控制性能。

81 自行车座椅高度对事故中骑车人动力学响应的影响

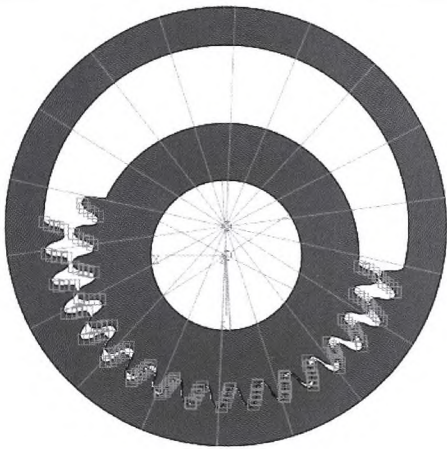


摘要：通过 PC-Crash 软件建立自行车、骑车人和汽车模型，并进行事故仿真试验。引入自行车的座高参数对骑车人损伤进行研究，可以进一步深入的分析骑车人损伤情况。通过分析典型碰撞事故中自行车座椅高度参数对骑车人头部和下肢损伤的影响，同时建立了相应的数学模型，并通过真实事故案例验证了模型的可靠性。仿真试验的结果表明，当汽车车头中部与自行车发生碰撞，且座高较低时，骑车人头部碰撞位置主要集中在引擎盖上上部；随着座椅高度的增加，头部碰撞位置逐渐上移到靠近挡风玻璃上边框的位置；受车型影响，自行车座椅高度参数对骑车人造成的影响具有不同特点；在各个碰撞角度下，不同自行车座高所对应的骑车人动力学响应有所差异；骑车人头部损伤风险和下肢骨折风险与自行车座高具有相关性。



摘要: 利用峭度指标识别滚动轴承共振频带, 结合包络分析解调故障特征, 是滚动轴承故障诊断的常用方法。峭度指标虽然能够表征瞬态冲击特征的强弱, 却无法利用瞬态冲击特征循环发生的特点, 导致其难以区分脉冲噪声和循环瞬态冲击, 无法准确识别共振频带, 进而容易导致错误的故障诊断结果。受峭度和信号自相关的启发, 重新定义相关峭度, 提出平方包络谱相关峭度新指标; 并结合 Morlet 小波滤波和粒子群优化算法, 提出一种滚动轴承最优共振解调方法。通过与峭度、谱峭度等进行对比, 仿真和试验分析结果表明平方包络谱相关峭度能够准确识别循环瞬态冲击; 最优共振解调能够稳健确定共振频带的最优中心频率和带宽, 准确解调诊断滚动轴承故障, 验证了平方包络谱相关峭度在检测循环瞬态冲击和识别最优共振频带中的有效性和优越性。

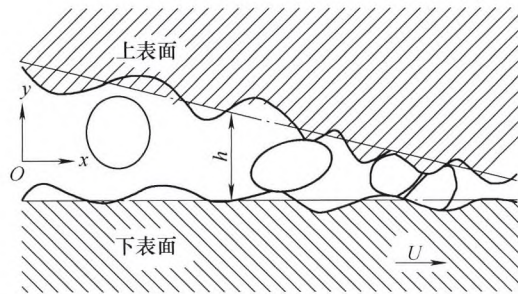
101 高重合度摆线内齿轮副时变啮合刚度计算与齿间载荷分配研究



摘要: 高重合度摆线内齿轮副时变啮合刚度计算和齿间载荷分配是其动力学分析和强度设计的基础, 由于是多齿啮合, 齿间载荷分配非常复杂, 属于静不定问题。结合现有文献, 考虑了真实的过渡曲线和精确的轮齿建模, 采用更为准确的齿面赫兹接触刚度计算方法, 基于势能法建立了与摆线齿形相适应的单轮齿对啮合综合刚度模型, 针对该齿轮副的传动特点, 构建了其变形协调方程, 提出了多齿啮合齿间载荷分配模型。为验证所建模型的正确性并提高仿真分析效率, 在 ABAQUS 中利用 Python 脚本编程进行二次开发, 实现了精确化建模、参数化分析和自动化操作, 根据齿轮加载接触分析结果和基于有限元法的轮齿对受载啮合刚度计算方法, 得到了不同负载转矩作用下单轮齿对、多轮齿对的啮合综合刚度和轮齿啮合力。对比表明, 计算结果趋势吻合、数值接近, 验证了建模分析的正确性, 可为动力学分析和强度计算提供基础。

摩擦学

113 考虑软三体接触的粗糙界面混合润滑模型研究



摘要: 软三体颗粒润滑是利用大量松散的固体软颗粒在界面中的承载和剪切行为实现特殊环境下界面的减摩, 因此研究软颗粒介质摩擦界面在剪切过程中的受力情况, 对软三体颗粒润滑机理的分析以及润滑装置的设计都具有重要意义。研究中将第三体颗粒类比为流体, 基于雷诺方程、黏度方程、Greenwood 和 Williamson 接触模型(G-W 模型)等建立了含大颗粒粗糙界面的混合润滑模型。该模型中摩擦副的总载荷及总摩擦力由流体、微凸体和大颗粒三部分共同构成。通过采用有限差分法对上述物理模型进行求解分析, 探究膜厚比、第三体大颗粒的质量浓度、粒径以及试件的表面形貌、弹性模量对三体接触界面的承载和摩擦力的影响情况, 进而分析大颗粒粒径和接触表面粗糙度耦合时软三体接触界面的力学性能。基于对所构建的软三体接触界面混合润滑模型的研究可知: 合理选择大颗粒质量浓度、粒径以及试件的表面形貌、弹性模量有助于提高承载、减小摩擦力, 使得软三体颗粒流具有更好的减摩润滑性能。

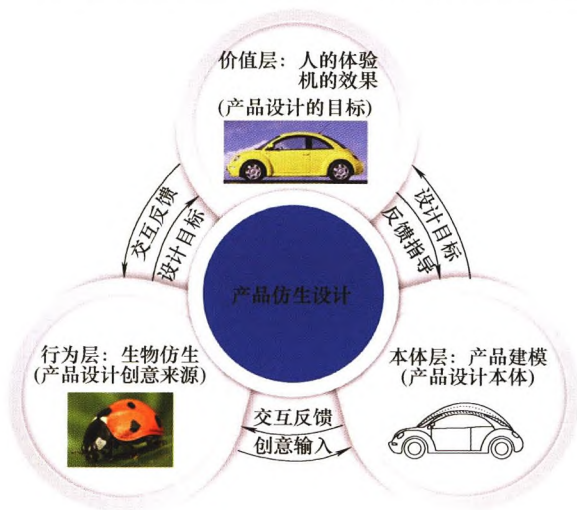


摘要：为探讨摩擦副表面微观几何形貌的影响，基于试验数据的分析，利用分形几何理论和 FLUENT 等软件，分析和仿真模拟了磨削加工与电化学光整加工的表面微观几何形貌对动压效应的影响。结果表明：与磨削加工相比，电化学光整加工借助对表面微观几何形貌的改形，提高其规则化程度来改变微观动压效应的强弱分布；微观动压效应集成的结果形成膜压分布不均的压力场，而传递使压力场具有波动特性，形成压力波；与磨削加工相比，电化学光整加工的表面具有强化动压效应、改善压力场的波动及其稳定性的能力，可实现减阻、降磨及减振，有利于提高摩擦副的使用性能。

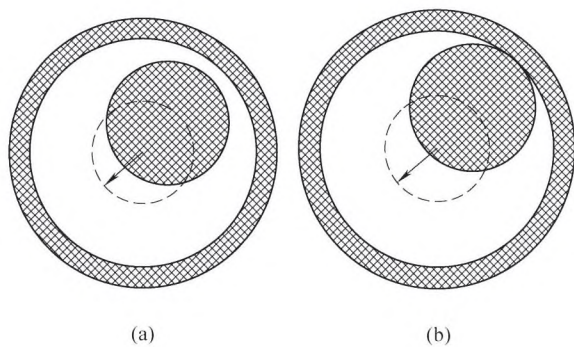


摘要：基于分形理论，利用双变量 Weierstrass-Mandelbrot 函数模拟三维分形结合面，建立尺度相关的三维分形结合面法向接触刚度模型。推导出各等级微凸体发生弹性、弹塑性以及完全塑性变形的存在条件。确定结合面上各等级微凸体的面积分布密度函数，推导出法向接触刚度和法向接触载荷的解析表达式。计算结果表明：当结合面上的微凸体只能发生弹性变形，即自身等级小于弹性临界等级的微凸体，该部分微凸体引起的法向接触刚度和对应法向载荷关系呈非线性。当微凸体的等级大于弹性临界等级，在结合面接触过程中，微凸体弹性变形引起的法向接触刚度与对应的法向载荷关系为线性，非弹性变形引起的法向接触刚度与法向载荷关系为非线性。微凸体的等级范围对结合面的刚度影响较大，在相同的法向载荷作用下，高等级微凸体的结合面产生较高的法向接触刚度，即结合面越平整，结合面的法向刚度越高。

/// 数字化设计与制造 ///

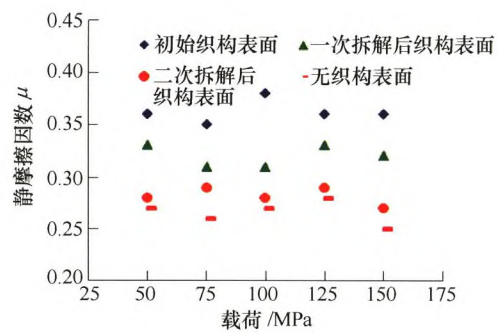


摘要：创新是当前及未来发展的关键，而仿生是灵感来源的重要途径。仿生设计是工业设计中重要的研究方法，也是创新的重要手段。通过对国内外相关文献的研究，论述了产品外形仿生设计的相关概念，分析了产品外形仿生设计在形态仿生、功能仿生、结构仿生、肌理仿生、色彩仿生、意象仿生领域的发展，针对已有的产品外形仿生设计案例，提出了“自上而下”和“自下而上”两种设计过程，罗列了产品外形仿生设计中的主要方法。在产品外形仿生设计研究方法方面，提出了产品外形仿生设计的本体层、行为层和价值层三个层次模型，系统地探讨了产品外形仿生设计生物外形本征提取、产品外形设计与表达、生物外形本征与产品外形的融合三个方面的研究内容与体系结构，以及关键技术和存在的问题。针对仿生设计与信息技术的融合发展，提出产品外形仿生设计的研究热点和发展趋势。



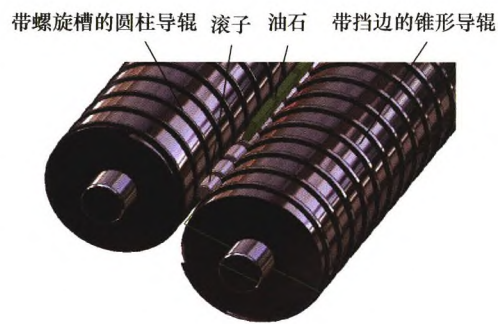
摘要：要实现多环闭链机构的精度预测和反演设计，建立其几何精度模型至关重要。由于存在闭环耦合、结构复杂等不利因素，多环闭链机构精度建模相比开链机构更加困难。为了解决上述问题，提出一种适应于任意多环闭链机构的几何精度建模方法。首先对多环闭链机构中的误差源进行分析和建模，利用提出的两个新概念——独立环和耦合环来描述机构中存在的所有闭环类型。然后通过首次定义的新算子——低层环算子和新序列——低层环序列来表征多环闭链机构中的环与环邻接关系，并以此获得多环闭链机构误差传递规律。在此基础上，利用多环闭链几何位置方程建立精度计算模型，并基于该精度模型和误差源概率分布函数实现多环闭链误差空间分析。最后以平面 SAR 天线可展支撑机构作为算例，验证了上述方法和理论的有效性。

166 面向再制造低拆解损伤需求的过盈配合界面织构试验研究



摘要：过盈配合界面在再制造拆解过程中，易形成划痕、犁沟、黏着堆积等干摩擦损伤，增加修复成本，降低再制品过盈联结的可靠性。为降低界面拆解损伤，将表面织构引入配合表面，以 KMN 与 40CrNiMo7 为材料对象，通过试验研究了圆形凹坑织构对界面拆解损伤的影响。发现因织构的存在，降低了拆解滑动表面上的游离磨粒数量，界面拆解损伤明显减弱。且由承载能力试验发现，该织构能有效提高配合面初始承载能力。在结合面压力 50~200 MPa 范围内，织构表面的静摩擦因数(μ)较无织构表面提高了 0.1 左右。但拆解导致的微观划痕破坏了织构周边的环状熔融区，使得 μ 随拆解次数的增加而递减，经过两次再制造拆解模拟试验后，织构表面的 μ 值仅高于无织构表面 0.01~0.03。

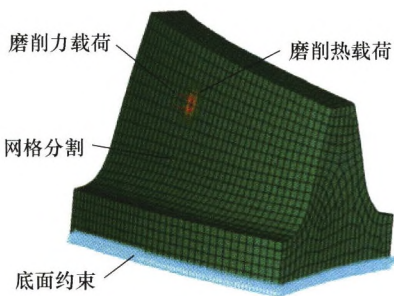
173 圆锥滚子凸度超精研锥柱匹配导辊形面分析



摘要：提出圆锥滚子凸度贯穿式超精研修形加工的一种新型的锥柱匹配的导辊配置方式，其后导辊是圆柱形形面，可通用于不同型号的滚子；其前导辊采用匹配的专用螺旋锥形形面。对锥柱匹配导辊配置方式的滚子姿态进行简化分析表明，这是一种具有特定滚子姿态的斜置贯穿式超精研，可以获得凸度。依据共轭曲面原理建立斜置贯穿式超精研导辊的理想形面方程，通过数值计算分析锥柱匹配导辊形面和相应滚子姿态问题，结果表明，一般斜置贯穿式超精研前后导辊理想形面的轴向截形均为相对于导辊轴线倾斜的轻微内凹曲线，但存在特定的滚子姿态，可以使后导辊形面曲线不倾斜而只有轻微内凹；锥柱匹配导辊配置方式中，后导辊的圆柱面是近似形面，但其形状误差很小，一般不超过 4 μm ，对滚子的支撑稳定性影响不大。给出了锥柱匹配导辊配置方式中圆柱导辊形状误差、锥形导辊形面参数以及相应滚子姿态参数的精确计算方法。

183 螺旋伞齿轮磨削残余应力分布规律及仿真分析

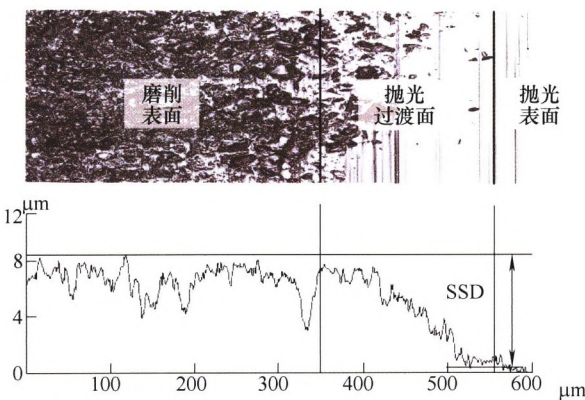
梁志强 黄迪青 周天丰 李宏伟 刘心葵 王西彬



摘要：螺旋伞齿轮作为重型车辆传动系统的关键零部件，其表面完整性对整车机动性和可靠性起着关键作用。磨削作为齿轮最后一步加工工序，磨削过程产生的残余应力将直接影响齿轮疲劳性能。若残余应力控制不当，将导致齿轮在使用过程中过早发生疲劳失效，产生齿面疲劳点蚀和根部疲劳断裂等问题。针对重型车辆螺旋伞齿轮设计磨削试验，研究不同磨削参数下螺旋伞齿轮残余应力的分布规律；结合磨削前后齿轮残余应力的状态，获得实际磨削过程残余应力；基于力热耦合有限元仿真法计算螺旋伞齿轮磨削残余应力。研究结果表明：齿轮凸面平行磨削方向残余压应力最小，磨削过程使齿面产生拉应力而亚表层产生压应力，力热耦合有限元仿真法能有效用于螺旋伞齿轮磨削残余应力的预测和分析。

191 石英玻璃的单颗磨粒划擦应力场解析模型及损伤可控磨削机理研究

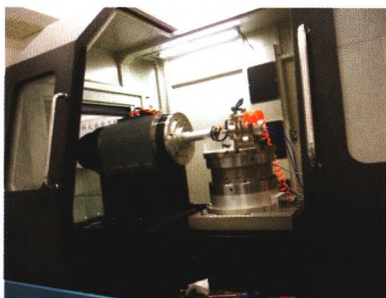
姚 鹏 王 伟 黄传真 朱洪涛



摘要：构建了单颗磨粒划擦各向同性硬脆材料的弹性应力场解析模型，并以此为基础提出单颗磨粒划擦各向同性硬脆材料表面的裂纹失稳扩展临界函数，临界函数包含原始表面应变速率、磨削液等因素对裂纹扩展造成的影响。将石英玻璃作为研究对象，深入分析了表面微裂纹损伤的可控磨削机理。在进行石英玻璃的磨削试验中，材料的磨削机理随单颗磨粒磨削深度的增加而变化，依次是塑性域去除、低载半脆性域去除、全脆性域去除和高载半脆性域去除。在 1 mm/min 的工件进给速度下，可以对石英玻璃进行塑性域磨削，从而获得无裂纹损伤的光滑磨削表面，然而其磨削效率较低，在实际生产中不能发挥理想的作用。对石英玻璃开展全脆性域磨削时，材料去除率较高、加工表面表面质量好、微裂纹损伤深度较小，砂轮自锐性良好，是一种优良的精密磨削工艺。

205 小口径非球面斜轴磨削及磁流变抛光组合加工工艺及装备技术研究

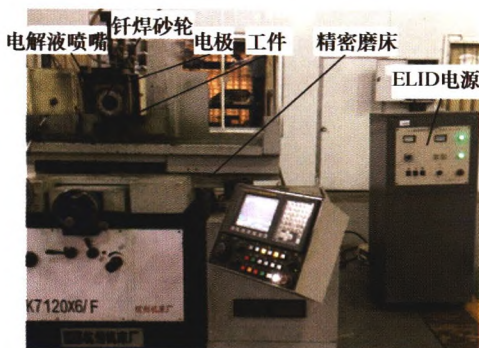
尹韶辉 龚 胜 何博文 陈逢军 尹自强 曹成国



摘要：为提高小口径非球面模具加工效率和加工精度，提出一种结合斜轴超精密磨削和斜轴磁流变抛光的组合加工方法，将两种超精密加工方法集成在一台机床上，以缩短装夹时间以及降低装夹误差。研制新型的小口径非球面超精密复合加工机床，对直径 $\Phi 6.6\text{ mm}$ 的非球面碳化钨模具进行了加工试验。斜轴磨削后加工表面粗糙度达到 $R_a\ 6.8\text{ nm}$ ，斜轴磁流变抛光后表面粗糙度达到 $R_a\ 0.7\text{ nm}$ ，面型精度可以达到 $PV\ 221\text{ nm}$ 。结果表明，所开发的小口径非球面超精密复合加工装备能达到加工要求，可有效提高加工精度和加工效率。

212 基于多层钎焊金刚石砂轮在线电解修整技术的超细晶硬质合金精密磨削研究

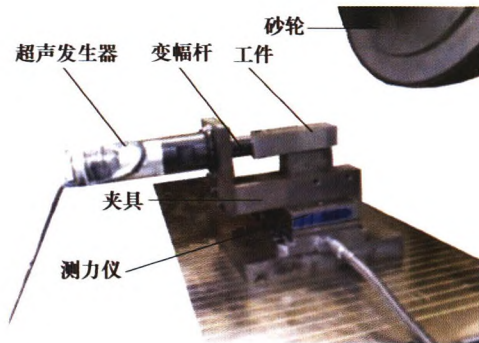
伍俏平 王 煜 赵 恒 郑维佳 邓朝晖



摘要：利用模压成型技术和真空钎焊技术制备出了磨粒把持力大、力学性能优良的多层钎焊金刚石砂轮；采用在线电解修整技术促使磨钝的磨粒及时脱落，使砂轮在磨削过程中始终保持锋利性；并开展了基于多层钎焊金刚石砂轮在线电解修整技术的超细晶硬质合金精密磨削试验。试验结果表明：在相同磨削条件下，多层钎焊砂轮在线电解修整磨削力较无修整时的磨削力下降了 $33.7\%\sim 57.9\%$ ；多层钎焊砂轮在线电解修整磨削技术能有效提高加工表面质量。当进给速度为 30 mm/s ，磨削深度为 $15\text{ }\mu\text{m}$ 时，无电解磨削加工表面粗糙度为 $0.35\text{ }\mu\text{m}$ ，而在线电解修整磨削表面粗糙度仅为 82.1 nm ；多层钎焊砂轮在线电解修整磨削残余应力仅为无电解磨削时的 $38.2\%\sim 49.5\%$ 。且在线电解修整磨削表面完整性较好，没有出现表面/亚表面裂纹等相关缺陷，可实现超细晶硬质合金等难加工材料的高效精密加工。

221 基于动态轮廓采样法的轴向超声振动辅助磨削工件表面形貌预测与试验验证

王 艳 李德茵 刘建国 宋红林 彭水平 汪 锐



摘要：提出了一种基于动态轮廓采样法的轴向超声振动辅助磨削的工件表面形貌预测方法。假设磨粒直径服从正态分布，磨粒位置服从随机分布，生成砂轮表面形貌的模型，从运动学角度建立了轴向超声振动辅助磨削过程中任意磨粒的轨迹方程，针对磨粒运动轨迹的特点，提出了动态轮廓采样方法。通过建立磨削沟槽变宽模型，引入了磨削弹性变形模型和塑性堆积模型，对动态轮廓采样方法进行了修正，最终得出工件表面形貌的预测结果。对预测结果进行了试验验证，对比分析了工件表面形貌的预测结果和实测结果，两者特征相似，且比较工件表面粗糙度的预测值和实测值平均误差为 5.3% ，从而验证了该预测方法的准确性。

CONTENTS

- 1 Adaptive Fault Tolerant Control for a Parallel Mechanism Driven by Nine Cables with Input Saturation and Full-state Constrains**
YI Wangmin ZHENG Yu LIU Xinjun MENG Fanwei
- 11 Simulation and Experiments of a Controllable Soft Spatial Fluidic Elastomer Manipulator**
XIE Zhixin GONG Zheyuan WANG Tianmiao WEN Li
- 19 A Kind of Five Degrees of Freedom Hybrid Robot with All Rotating Shafts Continuous**
XU Yundou HU Jianhua ZHANG Dongsheng HOU Zhaowei YAO Jiantao ZHAO Yongsheng
- 25 Analytical Inverse Kinematics of Anthropomorphic Movements for 7-DOF Humanoid Manipulators**
ZHAO Jing GONG Shiqiu ZHANG Ziqiang
- 33 Nutation Motion Based Trajectory Planning for a Novel Hybrid Ankle Rehabilitation Device**
YAO Ligang LIAO Zhiwei LU Zongxing ZHANG Jun
- 41 Gait Generator of Hexapod Robot on Slope Terrain Based on Hopf Oscillator with Feedback**
YANG Xuefeng GUO Zhenwu WANG Binrui WANG Ling JIN Yinglian
- 49 Vibration Transmission Characteristics of a Quasi-zero Stiffness Torsional Isolator**
WANG Xiaojie LIU Hui LI Wenping GAO Tiantian
- 57 Analysis of Milling Vibration State Based on the Energy Entropy of WPD**
ZHANG Zhi LIU Chengying LIU Xinjun ZHANG Jie
- 63 Research on the Influence of Controllable Restrictor Parameters on the Characteristics of Hydrostatic Journal Bearings**
XIONG Wanli HU Can LÜ Lang ZHENG Lianggang
- 72 Vibration Suppression by Seeking Unbalance Mass-radius Product in Active Magnetic Bearing-rotor System with Varying Speed Condition**
JIANG Kejian WANG Jun ZHU Changsheng
- 81 Research on the Effect of Seat Height on Cyclists' Dynamics Response in Vehicle-bicycle Accident**
HU Lin CHENG Qiyin HUANG Jing CHEN Qiang
- 90 Rolling Bearing Fault Diagnosis with Optimal Resonant Frequency Band Demodulation Based on Squared Envelope Spectral Correlated Kurtosis**
CHEN Xianglong FENG Fuzhou ZHANG Bingzhi JIANG Pengcheng

101 Time-varying Mesh Stiffness Calculation and Load Distribution among Teeth of Cycloid Internal Gear Pair with High Contact Ratio
 GUI Xincheng LI Lishun LI Hongxun ZHAN Junqing XUE Xingdong

113 Research on Soft Three-body Contact of Rough Interface Mixed Lubrication Model
 WANG Chao KONG Junchao WANG Wei

120 Research on Influence of Friction Surface Micro-topography on the Integration, Transmission and Its Action of Micro-dynamic Pressure Effect
 ZHOU Shijie ADAYI-Xieeryazidan

127 Scale Dependent Normal Contact Stiffness Fractal Model of Joint Interfaces
 CHEN Jianjiang YUAN Yuan CHENG Yu HE Yafei

138 Status and Progress of Product Shape Bionic Design
 LUO Shijian ZHANG Yufei BIAN Ze CHAN Ping

156 Deviation Propagation Analysis and Accuracy Modeling for Multi-closed-loop Mechanism
 ZHAO Qiangqiang HONG Jun GUO Junkang LIU Zhigang

166 Experimental Study on the Texture of Interference Fit Interface for Remanufacturing of Low Disassembly Damage Demand
 ZHOU Dan GAO Xin YI Lixiang LIU Guangfu

173 Analysis of Surface Profile of the Cone-cylinder Match Guide Rollers for Superfinishing of Tapered Rollers with Crown
 GAO Zuobin YANG Xiaobo GAO Haoyuan GUO Xingcheng

183 Distribution Characteristic and Simulation Analysis on Grinding Residual Stress of Spiral Bevel Gears
 LIANG Zhiqiang HUANG Diqing ZHOU Tianfeng LI Hongwei LIU Xinli WANG Xibin

191 Analytical Model for the Elastic Stress Field during Scratching and Controllable Precision Grinding Mechanisms of Fused Silica
 YAO Peng WANG Wei HUANG Chuanzhen ZHU Hongtao

205 Development on Synergistic Process and Machine Tools Integrated Inclined Axis Grinding and Magnetorheological Polishing for Small Aspheric Surface
 YIN Shaohui GONG Sheng HE Bowen CHEN Fengjun YIN Ziqiang CAO Chengguo

212 Precision Grinding of Ultra-fine Cemented Carbide Based on Electrolytic In-process Dressing of a Multi-layer Brazed Diamond Wheel
 WU Qiaoping WANG Yu ZHAO Hengi ZHENG Weijia DENG Zhaohui

221 Prediction and Experimental Verification of Workpiece Surface Topology in Axial Ultrasonic Vibration Assisted Grinding Based on Dynamic Profile Sampling Method
 WANG Yan LI Delin LIU Jianguo SONG Honglin PENG Shuiping WANG Rui

231 Modeling and Predicting Surface Topography of the Ultrasonic Assisted Grinding Process Considering Ploughing Action
 CHEN Haifeng TANG Jinyuan DENG Zhaohui ZHOU Weihua

《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)
林尚扬 (院士) 周孔亢 (教授) 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) 陈炤彰 (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)		

