



ISSN 0577-6686
CODEN CHHKA2

机械工程学报[®]

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

绿色切削微量润滑增效技术研究进展

袁松梅 韩文亮 朱光远 侯学博 王 莉



 中国机械工程学会 主办

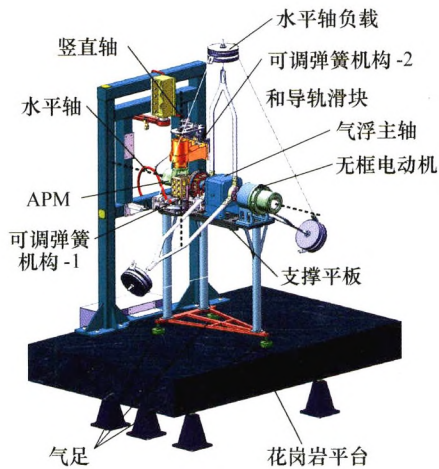
2019年55卷5期 半月刊

万方数据

/// 机构学及机器人 ///

1 气浮试验台重力卸载精度分析

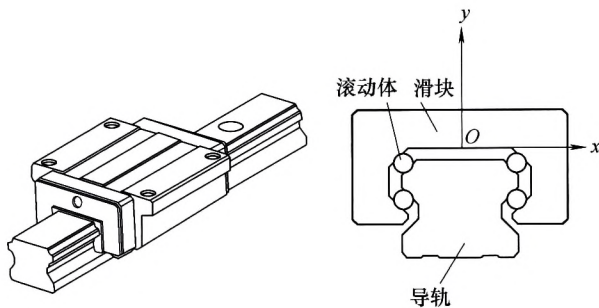
杨国永 王洪光 姜勇 凌烈 常勇 高峰 杨帆



摘要: 针对中继卫星天线驱动机构, 提出了一种在地面进行分级同步重力卸载的气浮试验台, 对卫星天线驱动机构的性能进行测试。介绍了分级同步重力卸载的机理和气浮试验台的结构, 通过运动学动力学推导, 计算了天线驱动机构两个关节的驱动力矩, 通过对其运行状态进行分析, 得到试验台稳定运行时的重力卸载精度影响因素, 包括可调弹簧机构的弹簧力、水平轴负载不平衡、同轴度偏差、气足和气浮主轴黏滞阻力和花岗岩平台的水平程度。对各个影响因素进行详细的分析, 确定其对重力卸载精度影响的程度, 采用层次分析法, 得到了气浮试验台的重力卸载精度。结果表明可调弹簧机构和水平轴负载的不平衡对重力卸载精度的影响较大, 因此在试验台调试阶段需要对这两项进行微调, 提高重力卸载精度。通过对试验台的测试, 证明了重力卸载的有效性, 同时得到各个因素对重力卸载精度的整体影响程度, 与理论分析结果相符。

11 基于几何误差不确定性的滚动导轨运动误差研究

马雅丽 李阳阳



摘要: 产品设计阶段, 滚动导轨几何误差是未知的, 具有不确定性, 其运动精度亦是不确定的。为了研究设计阶段滚动导轨几何误差不确定对其运动误差的影响规律, 提出将不确定的几何误差等效为滚动体弹性变形的运动误差分析方法。采用区间参数和小位移旋量描述滚动导轨的几何误差, 并采用蒙特卡罗模拟 (Monte Carlo simulation, MCS) 方法进行不确定模拟仿真, 获得满足约束的几何误差分布范围。基于此, 将滚动导轨几何误差等效为滚动体的弹性变形并根据赫兹接触理论建立滚动导轨的静力平衡方程, 从而实现了滚动导轨运动误差的不确定性分析。以某一滚动导轨为例, 基于提出的方法分析了滚动导轨几何误差不确定性下其运动误差的分布规律, 并分析了不同直线度公差、预紧力以及外载荷对导轨运动误差的影响规律。

19 基于高速视觉的绳索牵引并联机器人轨迹跟踪控制

游虹 尚伟伟 张彬 张飞 丛爽



摘要: 在绳索牵引并联机器人中, 实时测量动平台位姿是实现高精度轨迹跟踪控制的关键环节。为此, 设计一种基于高性能工业相机的高速视觉测量系统, 实现绳索牵引并联机器人的运动学视觉伺服控制。设计一种基于感兴趣区域的位姿跟踪算法, 并且加入 Auto-Regressive(AR)模型对位姿进行实时预测, 避免了绳索牵引并联机器人复杂的正运动学求解。以此为基础, 构建了工作空间的运动学视觉伺服控制方案, 在实际 6 自由度绳索牵引并联机器人上进行了轨迹跟踪控制试验, 试验结果表明基于高速视觉测量的工作空间控制方案明显优于基于编码器反馈的关节空间控制。

27 轮足式仿生软体机器人设计与运动分析

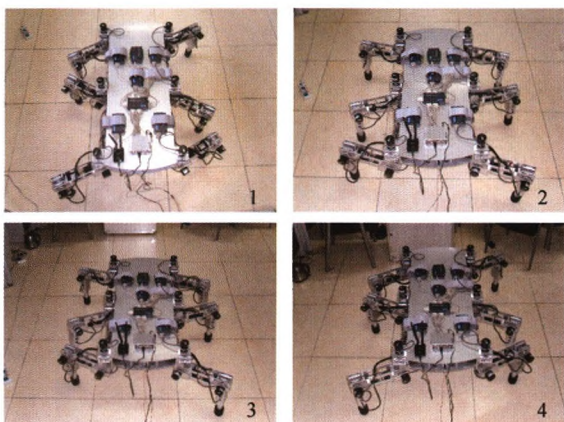
姚建涛 陈新博 陈俊涛 张弘 李海利 赵永生



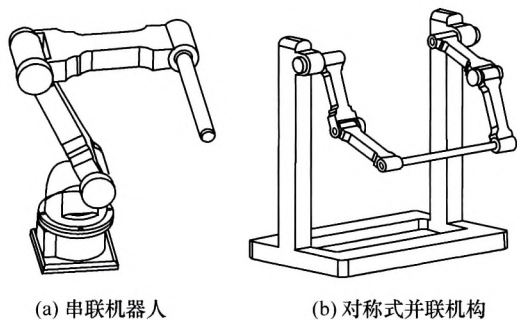
摘要: 基于自然界中弯曲蠕虫的运动原理, 借鉴其结构特点, 设计一种双腔结构的轮足式仿生蠕动软体机器人, 利用硅橡胶材料的超弹性特征, 通过在多气囊结构中充气挤压变形使软体机器人本体结构发生弯曲, 周期性的充放气实现软体机器人的蠕动运动。引入轮足式设计, 将软体机器人软体基体的蠕动运动转变为车轮的旋转运动, 加快蠕动型机器人的运动速度, 通过向软体基体双腔充入不同气压, 实现大角度转弯。分析了蠕虫机器人周期性的直线运动和转向运动过程, 研究了机器人运动过程中的非线性力学特性, 测试了软体基体双腔充气状态下变形量与气压的关系以及单腔状态下转弯角度与气压的关系, 分析了软体机器人的最快行进速度和最小转弯半径, 确定了软体机器人的运动性能。

36 基于增强学习的六足机器人自由步态规划

李满宏 张明路 张建华 田颖 马艳悦



摘要: 为解决六足机器人步态规划问题, 实现特定地形上机器人自由步态的优化学习, 基于机器人单足步距的离散化处理, 融合 CPG 模型的时间节拍原理与反射模型的空间规则约束机制, 构建六足机器人离散化步态模型。通过机器人稳定性分析与步态规划策略研究, 将复杂的步态规划问题转化为以振荡周期为时间间隔的位置状态间的排序问题, 从新的视角提出了一种六足机器人自由步态规划的基本框架与方法。在此基础上, 模仿生物步态的学习行为, 基于步态序列的离散化处理, 构建了基于增强学习的步态模型, 并以机器人平均稳定裕量为优化目标, 通过制定步态离散单元间动态转换概率的调整策略, 提出了基于增强学习的自由步态规划方法。样机试验显示, 自由步态规划方法与基于增强学习的自由步态规划方法均可规划出相对符合生物步态行为特征的稳定自由步态, 且后者可利用步态历史信息实现特定地形上自由步态的优化学习。



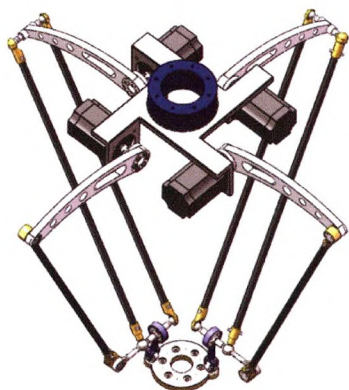
(a) 串联机器人

(b) 对称式并联机构

摘要: 提出了一种可实现平面轨迹导引的新型机构设计方法。该类机构一侧支链为串联机构,另一侧支链为可控五杆机构,通过两条支链的协调运动,使得末端操作器在运动过程中,支链两侧所受的力与速度保持一致。这一设计克服了串联机构精度受限的缺点,同时可通过可控五杆机构实现轨迹精确导引。基于螺旋理论的方法综合出一系列导引机构。对导引机构进行运动学与性能分析:基于速度雅可比矩阵,分析了机构的静刚度,并与串联机构进行了对比。以高铁转向架 U 型槽研磨任务为例,对机构进行了设计分析、轨迹规划与仿真研究,验证了设计方法的正确性。

53 一种零耦合度且运动解耦的新型 3T1R 并联操作手 2-(RPa3R)3R 的设计及其运动学

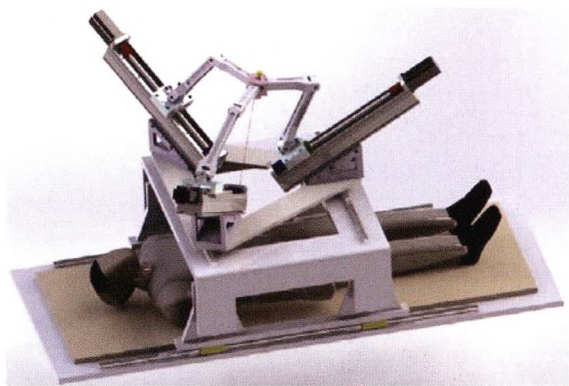
沈惠平 许 可 杨廷力 邓嘉鸣



摘要: 零耦合度($\kappa=0$)及输入-输出运动解耦的三平移-转动(3T1R)并联机构,不仅运动学、动力学分析简单,而且运动控制与轨迹规划容易,因而在制造业中具有潜在的运用前景。根据基于方位特征(POC)方程的并联机构拓扑结构设计理论和方法,设计出一种零耦合度且部分运动解耦的新型 3T1R 并联操作手 2-(RPa3R)3R,并对之进行拓扑特性分析,给出了其方位特征 POC、自由度 DOF、耦合度 κ 等主要拓扑特征;根据基于序单开链(SOC)的运动学建模原理,给出了该机构位置正解求解的封闭形代数方程,并求得其数值解;基于导出的机构位置反解公式,分析了机构产生三种奇异的几何条件;同时,求解了机构的工作空间和转动能力;给出了该操作手机械结构设计的三维 CAD 模型。本文工作为该操作手的运动尺寸优化、样机研发以及动力学研究奠定了理论基础。

65 一种远中心并联机构运动学与性能分析

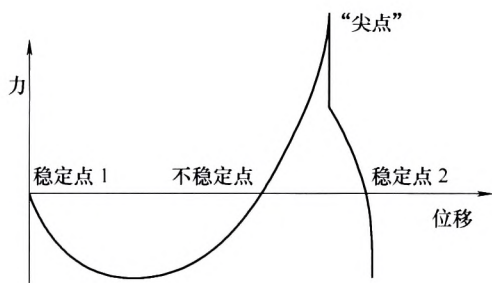
叶 伟 杨 臻 李秦川



摘要: 由固定移动副驱动的并联机构具有刚度好、精度高等优点,适合应用于外科手术领域。微创穿刺活检等手术要求机器人可驱动手术器械绕远端固定点转动。提出了一种 2PURR-PUR 远中心并联机构,采用螺旋理论分析了机构的自由度,确定了其运动特性。机构可执行绕远端中心的两个转动运动和一个通过该中心的移动运动。建立机构的位置模型,得到了位置逆解表达式。通过速度分析建立了雅可比矩阵,并得到了机构的奇异位形。机构具有逆解奇异和正解奇异。分析机构的工作空间。基于运动/力传递性能方法,分析机构的性能指标,绘制工作空间内的性能分布图,对机构进行了尺度优化。提出的远中心机构可用于穿刺活检、近距离放射治疗、冷冻手术等单一微小创口的外科手术。

74 柔性双稳态结构分岔跳跃模式的探讨

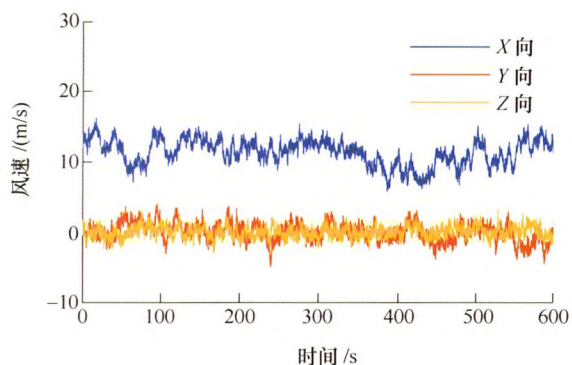
赵 剑 程 凯 高仁璟 黄 毓 刘蓬勃



摘要: 针对柔性双稳态结构跳跃路径不唯一及其力位移曲线存在不连续点(即尖点)的问题, 基于有限元大变形理论建立了双稳态柔性结构的跳跃控制方程, 采用多步位移载荷循环加载/卸载的方法数值模拟了跳跃过程中存在的可能屈曲模态及其变换方式, 得到了其对称跳跃分岔的完整解。分析了双稳态结构参数对跳跃不连续点(尖点)和跳跃路径的影响关系, 提出将结构品质因数作为双稳态跳跃“尖点”判据的方法, 得到了具有稳定单一跳跃路径的双稳态结构。采用热成型方法研制了类余弦梁双稳态结构, 考虑残余应力、夹持边界条件及载荷加载方式的影响, 仿真预测的屈曲模态转换过程与实验结果基本一致, 为双稳态跳跃特征的精确设计与控制提供理论依据。

82 紧急停机工况下风力发电机系统动态特性分析

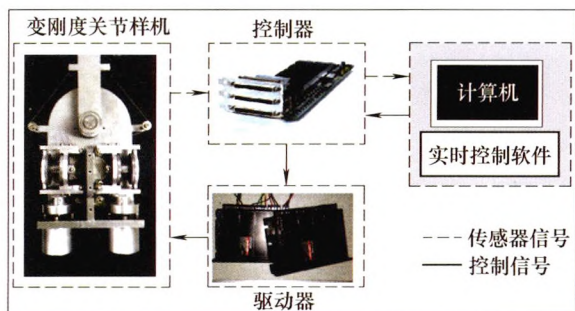
陈 旭 朱才朝 宋朝省 谭建军 朱永超



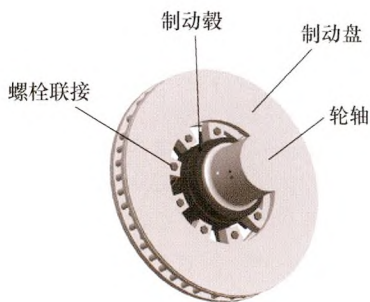
摘要: 以 NREL 5-MW 风力发电机为研究对象, 综合考虑叶片和塔筒柔性、随机风载和控制策略, 利用 Simulink 和 FAST 建立包含结构动力学和空气动力学的风力发电机系统耦合动力学模型。研究叶片卡死故障紧急停机工况下风机动态特性, 分析停机时叶片参数对动态特性影响规律。结果表明: 叶片卡死故障紧急停机工况下, 塔筒底部受到较大反向冲击载荷, 塔筒底部绕 Y 轴最大弯矩随故障叶片在停机初始时刻的方位角呈现周期性变化, 变桨速度越大, 风轮和塔筒底部受到的载荷也越大, 停机时间越短; 与正常停机工况相比, 叶片卡死故障紧急停机时机舱 X 方向振动变大, 其振动频率除了 0.326 Hz 塔筒前后 (X-X) 弯曲频率外, 还出现 0.668 Hz 叶片一阶摆振频率, 主轴俯仰力矩增大, 塔筒底部绕 Y 轴最大弯矩及风轮最大推力减小。

89 永磁变刚度柔性关节的力学分析与控制器设计

张 明 房立金 孙 凤 陶宏一



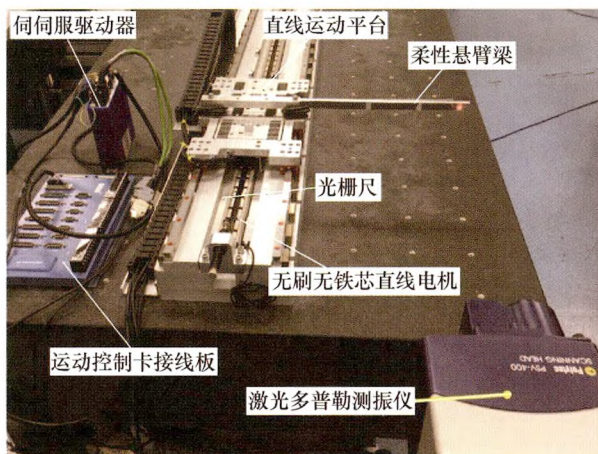
摘要: 提出一种采用永磁弹簧、绳索驱动、梯形布置的拮抗式变刚度柔性机器人关节, 能够根据任务需要, 实时调节关节刚度。所述永磁弹簧装置, 在绳索提供力矩一定的情况下, 增加了关节刚度变化范围, 同时减小操作臂的质量与惯量。对提高柔性机器人关节的运动性能具有重要意义。对关节空间与绳索空间的映射关系进行推导并利用雅可比矩阵和模型间静力学关系, 得到关节刚度模型, 进而实现关节刚度与位置解耦。以轨迹控制为目标, 设计了一种双闭环解耦控制器, 并进行了试验验证。仿真分析与试验结果共同表明, 该柔性关节在较宽刚度调整范围内, 都具有较好的位置响应特性和轨迹跟踪能力。上述结构与控制方式同样也适用于多自由度并联柔性机器人关节。



摘要: 制动毂是动车组制动系统的重要联接部件, 由于目前在其强度校核与设计设计中仅考虑车辆制动状态, 而忽略了正常运行状态, 无法解释其早期疲劳失效的机理。通过车辆正常运行状态下的制动毂动力学分析, 其主要受制动盘旋转及路谱冲击作用下的两种惯性力作用, 建立了制动盘毂的力学模型; 采用弹性力学和动力学的方法, 通过模型简化, 建立制动盘与毂的变形协调条件, 进而提出制动毂齿的动应力分析方法, 得出制动毂齿主要处于随机动拉应力状态的结论, 阐述制动毂齿的主要失效形式为疲劳失效。最后以动车组制动毂为计算分析实例, 对比分析了不同附加垂向加速度和运行速度下制动毂齿的合应力变化规律, 结果表明, 路谱冲击下的附加加速度及运行速度越大, 制动毂齿的合应力也越大, 并且由力学模型可知, 制动盘毂的尺寸、质量都会影响制动毂齿的应力状态。

104 考虑阻尼衰减的点位操作时间最优运动规划

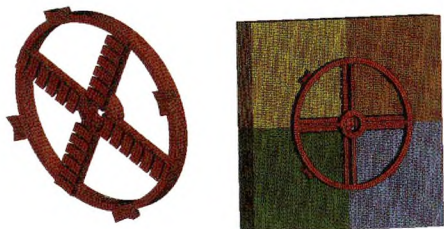
白有盾 陈 新 杨志军



摘要: 阻尼在机械系统中普遍存在, 然而现有运动规划方法普遍不考虑阻尼衰减影响, 不能体现运动过程的振动衰减效应。提出一种考虑阻尼衰减的时间最优运动规划模型。在优化模型中的定位误差约束条件基于采用 Laplace 方法获取的阻尼柔性运动系统的残余振动响应进行定义。同时, 定义了一种包含 7 个独立设计变量的三阶非对称 S 曲线运动规划模型以便于在运动规划中充分考虑阻尼的影响。数值试验表明阻尼衰减效应对小阻尼运动系统的残余振动响应也有可能产生较大的影响。数值试验与实际运动平台测试结果均表明: 优化后的运动规划中加速阶段的急动度要大于减速阶段, 以便充分利用阻尼衰减效应来抑制残余振动, 从而导致所得时间最优运动规划曲线为一种高加速低减速的非对称运动规划曲线。试验测试结果表明基于所述时间最优运动规划模型得到的最优运动规划较之传统的对称 S 曲线运动规划方法, 可以显著地缩短满足定位精度要求所需的时间。

113 盾构刀盘振动掘削动力学建模与仿真研究

蒋建东 章恩光 赵颖娣 李聪聪 乔 欣



摘要: 研究主动振动激励对盾构刀盘掘削的推进力及扭矩的影响。在加振动激励影响下, 刀具与土体接触状态变化和土体结构参数不稳定, 实现了盾构刀盘振动掘削减阻的效果。在数值模型中, 土壤失效采用 Drucker-Prager 破坏准则, 利用 LS-DYNA 软件建立了刀盘掘削土壤有限元动力学模型。刀盘在推进和圆周旋转方向分别施加主动余弦激励, 对掘削过程中的刀盘推进力及扭矩曲线做了数据分析。结果表明, 在旋转方向施加主动振动, 掘削阻力随振幅增加而减少, 能耗随振幅增加而增加。在 16 组正交试验中推进力、扭矩、能耗均减少。单独在旋转方向施加 21.2×10^{-3} rad 振幅, 15 Hz 的余弦激励可以实现推进阻力减少 24.4%, 扭矩减少 22.3%, 能耗增加 4.3%。同时在推进方向施加 0.254 mm 振幅, 10 Hz 振动频率和旋转方向 6.36×10^{-3} rad 以及 20 Hz 振动频率下, 推进力减少 1.3%, 扭矩减少 6.5%, 能耗减少 1.5%。

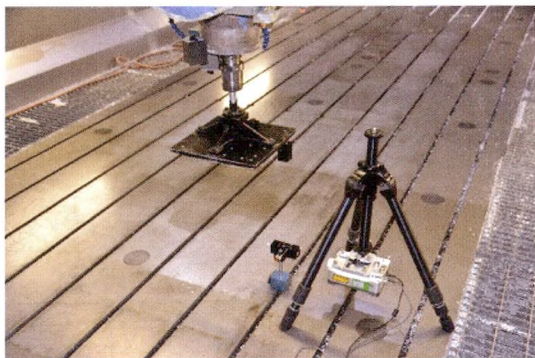


摘要: 超声纵-扭复合振动加工具有加工效率高、切削力及切削热量较低、可降低刀具磨损等优势,而纵-扭复合空心变幅杆可提供较好的冷却和排屑效果。利用四端网络法设计了圆锥过渡空心复合变幅杆,在其锥面开设螺旋沟槽作为“模态转换器”,从而在变幅杆末端成功输出纵-扭复合振动。通过有限元仿真探究了螺旋沟槽数目 n 、螺旋沟槽角度 θ 及沟槽槽宽 w 对谐振频率 f 的影响规律及敏感度,结合中心孔直径 d 对变幅杆节点位置、谐振频率 f 、放大倍数 m 、扭纵分量比 i 等的影响规律,针对开设沟槽后频率偏移问题,提出一种谐振频率修正方法,并设计试验进行了验证。

// 数字化设计与制造 //



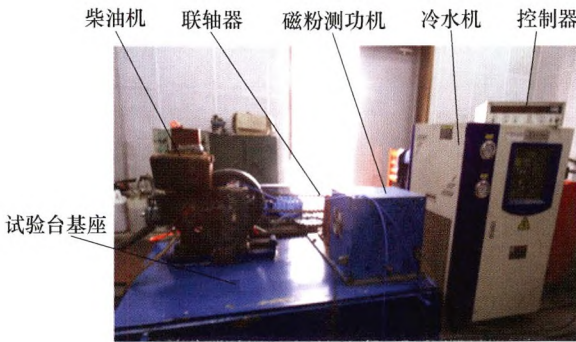
摘要: 针对数控机床精度保持性定量评价难题,分析精度保持性基本内涵,提出精度保持度的概念,并给出精确数学描述;在此基础上,建立基于多体理论的机床空间位置精度保持性评价模型,形成机床精度保持能力的刻画与表达。采用 SOBOL 全局敏感度分析法,分析各误差项时变状态对机床空间位置精度保持度的影响,实现误差溯源。以某三轴立式加工中心为实验对象,对机床的 9 项关键精度指标进行了为期 400 天的长期跟踪检测,计算分析各单项精度保持度与机床空间位置精度保持度随时间的变化规律,完成机床精度保持性的误差敏感度定量评估,验证了所提出方法及模型的有效性。



摘要: 数控机床在制造行业中有着广泛的应用,数控机床精度对保证被加工零件质量起着关键作用,对机床平动轴几何误差进行补偿是进一步提升数控机床加工精度能力的重要手段。几何误差建模是几何误差补偿的基础,通常采用 18 项或 21 项几何误差建模方法,基于这两种建模方法,进行误差检测、辨识与补偿。但这两种建模方法对误差补偿的不同影响还没有系统的验证研究,根据验证结果指导采用更适宜的几何建模方法,对于改善误差补偿效果有着至关重要的意义。通过已经建立的数控机床的两种几何误差建模方法建模,开展了基于这两种误差模型的数控机床平动轴几何误差检测、辨识和补偿的仿真和试验研究,并对这两种误差补偿的有效性进行了系统性的分析比较。试验研究发现,18 项几何误差建模方法能够精简地描述三轴数控机床的全几何误差项,21 项几何误差建模方法则存在 3 项冗余角度误差项,造成精度预测模型的准确性降低。当通过建立精度预测模型进行机床空间误差补偿,试验研究发现采用 18 项几何误差建模方法的误差补偿效果优于采用 21 项几何误差建模方法的误差补偿效果,即 18 项几何误差建模方法更适用于三轴数控机床几何误差的软件补偿方法。该研究结论对于进一步提升数控机床加工精度的能力具有理论和实际的指导意义。

148 基于磨损间隙下碰撞能耗模型的发动机曲轴服役-再制造状态分析方法

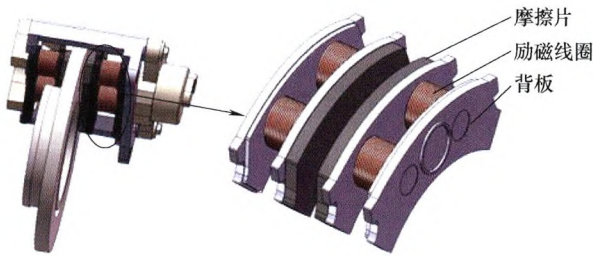
柯庆镛 詹伟 宋守许 刘光复



摘要: 由于机电产品服役环境中存在各类负载,增加了其关键零部件(如曲轴)的状态不确定性,极大阻碍了机电产品定期维护及其关键零部件(如曲轴)的服役维护及末端再制造。针对这一问题,基于曲轴连杆部件的动力学分析,构建磨损间隙下曲轴连杆部件碰撞能量消耗模型。同时结合在线监测技术,基于台架实验获取发动机服役状态监测数据,并利用小波包分析方法提取相关监测特征参数,分析其与碰撞运动能量消耗之间的映射关系,提出了磨损间隙下曲轴连杆状态监测特征参数的演化规律模型。该能量消耗模型及特征参数可用于发动机曲轴服役状态监测及失效预测过程,为发动机维护及再制造提供技术支撑。

156 摩-磁复合制动性能及恒力矩制动控制研究

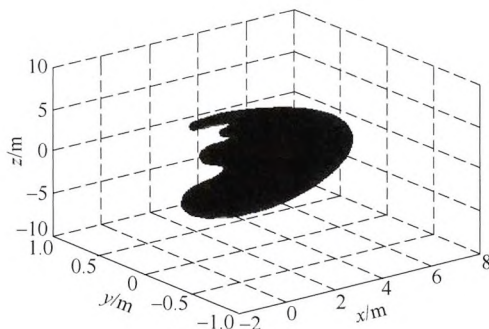
鲍久圣 纪洋洋 阴妍 黄山



摘要: 摩-磁复合制动将摩擦制动的优点有机结合起来,是一种很有前途的新型制动方式,但目前对摩-磁复合制动性能及其调控方法的研究还存在很大不足。利用摩-磁复合制动性能检测试验台,开展了有、无磁场作用下的模拟制动试验,分析了摩-磁复合制动性能的变化规律;提出制动过程恒力矩制动的控制目标,利用BP神经网络和模糊PID等智能技术分别设计建立了基于磁场的摩-磁复合制动性能智能调控方法;分别开展了常规摩擦制动试验和恒力矩制动试验,并对试验结果进行了分析。结果表明,通过输入制动压力和制动初速度两个参数,所建立的BP神经网络预测模型可以有效地预测摩擦制动力矩终值;通过降低制动力矩的波动幅值,所建立的模糊PID反馈调控法可以实现制动系统以近似恒力矩制动;相比常规的摩擦制动,摩-磁复合制动方式拥有更大的制动力矩和更短的制动时间,表现出更好的制动性能。

166 挖掘机的最优时间轨迹规划

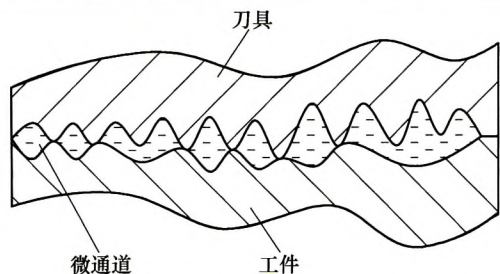
孙志毅 张韵悦 李虹 孙前来 王银



摘要: 利用分段的多项式插值方法对挖掘机自主作业时的运动轨迹进行规划,存在优化轨迹不平滑或各关节存在不必要的往复运动等问题,导致挖掘机各关节受到较大冲击,影响挖掘机的使用寿命。针对挖掘轨迹规划存在的问题,提出了基于4-3-3-3-4多项式的关节角度分段插值策略以实现挖掘机最优时间轨迹规划。该策略利用4-3-3-3-4多项式,以角速度和角加速度为约束条件,采用差分进化算法求取插值时间的最优值,得到了各关节最优角度曲线,实现了挖掘机最优时间轨迹规划。对基于4-3-3-3-4多项式分段插值策略进行仿真试验,并在相同条件下与其他多项式插值策略进行了对比。试验结果表明,该多项式插值策略得到的挖掘轨迹更加平滑,各关节能够以较小的角速度和角加速度的变化到达目标点,避免了各关节在运行过程中产生较大冲击,同时节省了工作时间,使得挖掘机自主作业更加平稳高效。

175 绿色切削微量润滑增效技术研究进展

袁松梅 韩文亮 朱光远 侯学博 王莉



摘要: 微量润滑技术作为一种绿色高效的加工方法, 具有切削液用量少、切削力低、防止黏结、延长刀具寿命、提高工件表面质量等优点。但在特定工况下单独使用微量润滑技术又存在润滑不充分、冷却性能不足等问题, 为此专家学者提出了若干种微量润滑增效技术。综述了微量润滑增效技术的原理、实施方案和工艺应用的最新研究进展, 旨在扩展微量润滑技术的应用范围, 也为微量润滑增效技术的进一步研究提供理论支撑和科学指导。

186 石英玻璃超精密磨削加工的表面完整性研究

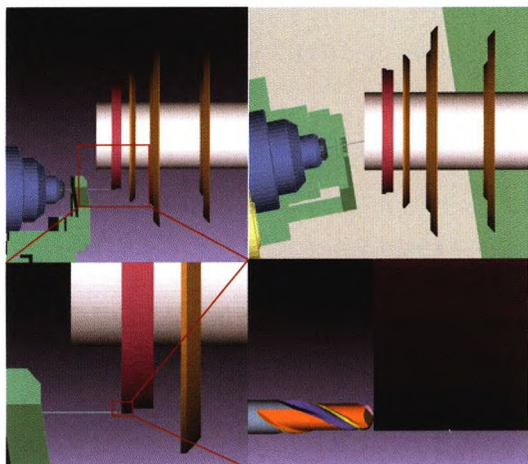
高尚 耿宗超 吴跃勤 王紫光 康仁科



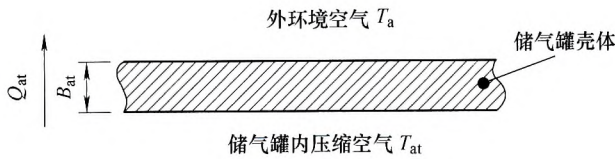
摘要: 为了实现石英玻璃的高效低损伤超精密磨削加工, 研究不同粒度金刚石砂轮磨削石英玻璃的表面和亚表面质量, 建立表面粗糙度与亚表面损伤深度之间的关系模型。通过石英玻璃磨削试验研究 400#、1 500#、2 000#和 5 000#金刚石砂轮磨削石英玻璃的表面微观形貌、表面粗糙度及其亚表面损伤深度, 分析相应的材料去除方式; 基于压痕断裂力学理论分析脆性域磨削石英玻璃时工件表面微观形貌和亚表面微裂纹的形成机理, 建立表面粗糙度 PV 值和亚表面损伤深度 SSD 之间的定量关系。研究结果表明: 随着砂轮粒度的减小, 石英玻璃磨削表面的凹坑、微裂纹、深划痕等缺陷逐渐减少, 表面粗糙度 R_a 和 PV 以及亚表面损伤深度 SSD 均随之明显减小, 从 400#砂轮磨削表面的 R_a 274.0 nm、 PV 5.35 μm 和 SSD 5.73 μm 降低至 5 000#砂轮磨削表面的 R_a 1.4 nm、 PV 0.02 μm 和 SSD 0.004 μm 。500#和 1 500#砂轮磨削表面的材料去除方式为脆性断裂去除, 2 000#砂轮磨削表面的材料去除方式同时包括脆性断裂去除和塑性流动去除, 但以塑性流动去除为主, 5 000#砂轮磨削表面的材料去除方式为塑性流动去除; 脆性域磨削石英玻璃的表面粗糙度 PV 与亚表面损伤深度 SSD 之间满足 $SSD=(0.627\sim 1.356)PV^{4/3}$ 的数学关系。

196 等法向前角和等径向向后角微细球头铣刀刃磨研究

梁志强 李世迪 周天丰 高鹏 张东东 王西彬

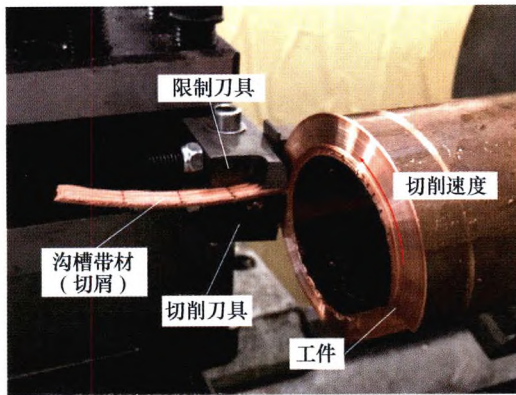


摘要: 微细球头铣刀因其在制造复杂的曲面和零部件方面具有很大的优势而广泛应用于微机械加工领域。目前多轴数控磨削方法仍是实现微细球头铣刀批量化制造的主要方法, 但是由于微细球头铣刀尺寸小, 误差敏感性大, 在刃磨过程中难以保证其制造精度和质量, 因此迫切需要精确高效的刃磨方法来提高微细球头铣刀制造精度, 降低其刃磨制备难度。为此, 基于球面等导程螺旋线切削刃曲线, 提出了用于等法向前角前刀面的刃磨模型。为了实现球部和圆柱形部分的后刀面的平滑连接, 提出了等径向向后角后刀面的刃磨模型。基于提出的刃磨模型和 6 轴 CNC 磨床运动原理, 通过 Matlab 编程求解等法向前角和等径向向后刀面微细球头铣刀刃磨过程中机床各轴运动轨迹。最后, 通过磨削仿真和实验成功制造了直径为 0.5mm 的硬质合金微细球头铣刀, 其最大几何误差不得超过 5%, 从而验证了磨削方法的正确性和有效性。



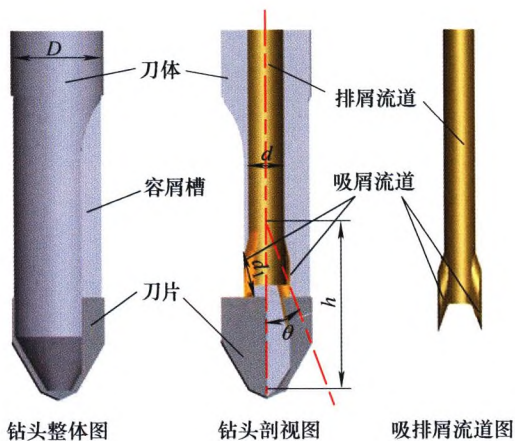
摘要: 在大批量干切削加工中, 通常使用压缩空气对切削区进行冷却。为解决干切削机床的热平衡问题, 提出一种干切削机床压缩空气冷却系统热力学模型及热平衡控制方法。建立了喷嘴出口处压缩空气的温度、速度及质量流量与压缩空气冷却系统及环境相关参量的热力学关系模型, 进一步建立了干切削机床热平衡模型, 然后以压缩空气的温度、质量流量及供给时间为调控变量, 对干切削机床的热平衡调控方法进行了研究。以高速干切滚齿机床为例进行了验证, 结果表明, 该方法可有效保证在持续加工时干切削机床加工内区域的温度变化在可控范围内。

212 成形挤出切削法制备翅片及其成形能力研究



摘要: 切屑是一种再利用难度高且消耗大的加工废料, 而目前的切屑转化利用工艺都是将已成形的切屑进行回收再利用, 流程复杂, 经济效益较差。成形挤出切削(Forming extrusion cutting, FEC)作为一种新的切屑再利用工艺, 可以在不影响正常切削的情况下直接在切削过程中将切屑塑形为具有工业价值的翅片带材, 具有高效, 经济, 节能的特点。然而, FEC作为一种新的切屑回收工艺, 对其成型过程的研究还十分匮乏。通过不同切屑压缩比 λ , 切削刀具前角 α 和翅片齿形结构所影响下的纯铜材料成形结果对 FEC 的变形过程进行了研究。结果表明, 在 $0.7 < \lambda < 1.5$ 的范围内, FEC 的成形效果随切屑压缩比 λ 的减小而提高; 在 $10^\circ < \alpha < 30^\circ$ 时, 切削刀具前角的变化对于 FEC 成形效果没有明显的影响。在 $\lambda = 0.7, \alpha = 10^\circ$ 条件下, 不同结构的沟槽带材齿形填充率均超过了 80%, 说明 FEC 具有较强的成形能力。另外, 生成的翅片表面具有丰富的亚结构, 这使得 FEC 制备的翅片带材在热交换领域中拥有广泛的应用前景, 因而 FEC 具有巨大的实用价值与发展潜力。

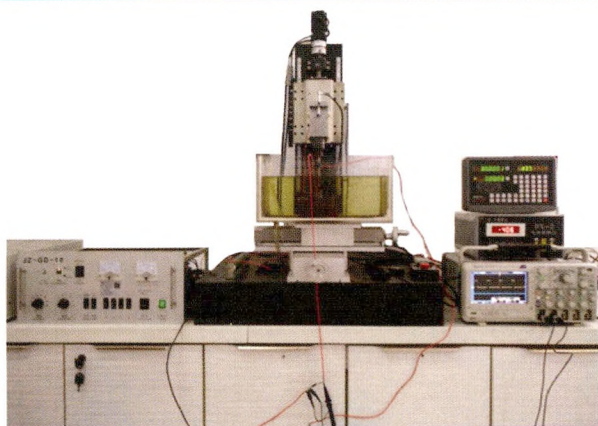
223 CFRP 加工用内排屑钻头排屑条件的仿真分析及试验研究



摘要: 钻削加工碳纤维复合材料(Carbon fiber reinforced polymer CFRP)时会产生粉末状切屑, 能否及时排屑会影响刀具的使用寿命, 扩散的切屑对环境、加工设备及操作者有较大的危害。针对碳纤维复合材料制孔加工中切屑无法实现实时回收的问题: 提出一种新型钻削加工排屑工艺系统——吸气式内排屑系统, 它能够及时有效地排出制孔加工中产生的切屑, 实现绿色加工; 以自主设计制造的吸气式内排屑系统用 CFRP 钻削专用 PCD 内排屑钻头为研究对象, 在研究 CFRP 切屑性质和计算系统排屑所需最低气流速度的基础上, 基于流体仿真软件 Fluent, 对内排屑钻头的排屑过程进行流体力学仿真, 通过仿真得出: 当刀具转速 $n = 3\ 000\ \text{r/min}$ 、进给量 $f = 0.06\ \text{mm/r}$ 、排屑负压 $P \geq 9\ \text{kPa}$ 时, 系统能够将加工时产生的切屑及时有效的排出; 当排屑负压 $P = 9\ \text{kPa}$ 、进给量 $f = 0.06\ \text{mm/r}$ 、钻头转速 $n \leq 3\ 000\ \text{r/min}$ 时, 系统能够将加工时产生的切屑及时有效的排出; 最后, 搭建吸气式内排屑系统试验平台并制造 PCD 内排屑刀具, 验证以上仿真和理论计算的正确性。

232 放电加工极间等离子体伏安特性与间距建模研究

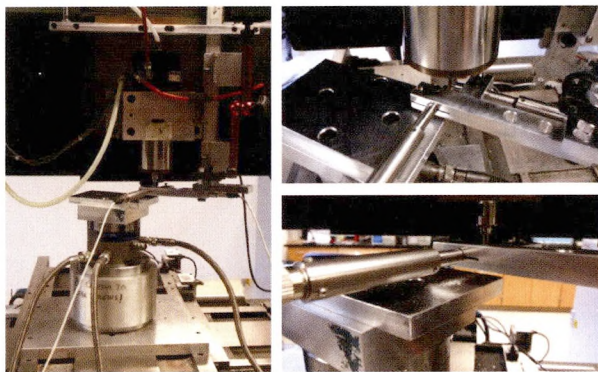
李淑娟 辛彬 杨宇祥 路雄 李言 蒋百灵 贾祯 李玉玺



摘要: 放电加工中, 工具电极和工件间的间距确定是该类加工方法中的难点, 间距过大, 导致放电加工过程停止, 间距过小, 则会产生短路或者工件表面烧伤等。因此, 获得合理的放电加工过程的极间间距范围, 并精确的描述其模型成为关键。以 N 型单晶 Si 的放电加工为背景, 分析了极间绝缘介质被击穿后放电通道中等离子体伏安特性曲线的变化趋势, 从理论上证明了放电通道可等效为纯电阻模型。通过最小二乘拟合得到等效电阻率与极间间距的模型, 进一步推出极间间距与电压、电流的数学模型。在试验的基础上结合 3σ 检验法对模型进行验证, 结果表明, 所建立的模型可以描述实际加工过程中的极间间距。

241 微铣削中考虑刀具跳动的瞬时刀具挠度变形研究

张雪薇 于天彪 王宛山



摘要: 基于对将刀具跳动(包括轴线偏移跳动及轴线倾斜跳动)的影响考虑在内的微铣削力的研究, 提出一种新的微铣削加工过程中刀具挠度变形解析计算方法, 在微铣削加工刀具挠度变形理论模型的建立过程中, 以微立铣刀为例, 将微立铣刀假设为连续的铁木辛柯梁(Timoshenko beam)并采用刀具工件切削接触区域内沿刀具切削刃方向作用于切削刃离散微元上的分布微铣削力载荷取代作用于刀尖位置的总微铣削力。此外, 为获取微铣削加工过程中的刀具挠度变形具体数值, 设计并搭建包括 x 轴及 y 轴两方向电容式传感器的测量系统, 并通过实验对所提出的微铣削加工过程中考虑刀具跳动的刀具挠度变形理论模型进行对比验证和分析, 验证所提出模型的正确性, 并为进一步研究微铣削加工过程工件表面质量及参数优化提供理论依据。

35 第 8 届上银优秀机械博士论文奖——优秀奖

52 第 8 届上银优秀机械博士论文奖——优秀奖

103 第 8 届上银优秀机械博士论文奖——优秀奖

CONTENTS

- 1 Gravity Unloading Precision Analysis of Air Bearing Facility**
YANG Guoyong WANG Hongguang JIANG Yong LING Lie CHANG Yong GAO Feng YANG Fan
- 11 Motion Error of Rolling Guide Based on Uncertainty of Geometric Error**
MA Yali LI Yangyang
- 19 Trajectory Tracking Control of Cable-driven Parallel Robots by Using High-speed Vision**
YOU Hong SHANG Weiwei ZHANG Bin ZHANG Fei CONG Shuang
- 27 Design and Motion Analysis of a Wheel-walking Bionic Soft Robot**
YAO Jiantao CHEN Xinbo CHEN Juntao ZHANG Hong LI Haili ZHAO Yongsheng
- 36 Free Gait Planning for a Hexapod Robot Based on Reinforcement Learning**
LI Manhong ZHANG Minglu ZHANG Jianhua TIAN Ying MA Yanyue
- 45 Design and Analysis of Novel High Performance Plane Trajectory Guidance Mechanisms**
GUO Sheng MIAO Yuting QU Haibo ZHAO Fuqun
- 53 New 3T1R Parallel Manipulator 2-(RPa3R)3R with Zero Coupling Degree and Partial Decoupling: Design and Kinematics**
SHEN Huiping XU Ke YANG Tingli DENG Jiaming
- 65 Kinematics and Performance Analysis of a Parallel Manipulator with Remote Center of Motion**
YE Wei YANG Zhen LI Qinchuan
- 74 Snap-through Bifurcation Analysis of Compliant Bistable Structures**
ZHAO Jian CHENG Kai GAO Renjing HUANG Yu LIU Pengbo
- 82 Dynamic Characteristics Analysis of Wind Turbine under Emergency Shutdown Events**
CHEN Xu ZHU Caichao SONG Chaosheng TAN Jianjun ZHU Yongchao
- 89 Mechanical Analysis and Controller Design of the Permanent Magnetic Variable Stiffness Flexible Joint**
ZHANG Ming FANG Lijin SUN Feng OKA Koichi
- 97 Modeling and Stress Analysis of Brake Hub of EMU Train under Running State**
QI Hongyuan QIN Fangfang ZHANG Lei SHEN Lin HAO Wenxiao ZHOU Yongjie YIN Fang
- 104 Time-optimal Motion Profile Planning Considering Damping Attenuation for Point to Point Operation**
BAI Youdun CHEN Xin YANG Zhijun

- 113 Dynamic Modeling and Simulation of Shield Tunneling Cutter-head in Oscillatory Excavation**
JIANG Jiandong ZHANG Enguang ZHAO Yingdi LI Congcong QIAO Xin
- 121 Vibration Analysis of Ultrasonic Longitudinal-torsional Composite Hollow Horn**
ZHAO Bo YIN Sen WANG Xiaobo ZHAO Chongyang
- 130 Quantitative Evaluation and Error Sensitivity Analysis of Accuracy Retentivity of CNC Machine Tools**
WANG Yongqing WU Jiakun LIU Kuo LIU Haibo LIU Zhisong LIAN Meng
- 137 Experimental Study on the Effectiveness of Two Different Geometric Error Modeling Methods for Machine Tools**
DONG Zeyuan LI Jie LIU Xinjun MEI Bin CHEN Junyu
- 148 Analyzing Method for Service & Remanufacturing performance of Engine Crankshaft Based on Collision Energy Consumption Model with Wearing Clearance**
KE Qingdi ZHAN Wei SONG Shouxu LIU Guangfu
- 156 Braking Performance and Constant Torque Controlling of Frictional-magnetic Compound Brake**
BAO Jiusheng JI Yangyang YIN Yan HUANG Shan
- 166 Time Optimal Trajectory Planning of Excavator**
SUN Zhiyi ZHANG Yunyue LI Hong SUN Qianlai WANG Yin
- 175 Recent Progress on the Efficiency Increasing Methods of Minimum Quantity Lubrication Technology in Green Cutting**
YUAN Songmei HAN Wenliang ZHU Guangyuan HOU Xuebo WANG Li
- 186 Surface Integrity of Quartz Glass Induced by Ultra-precision Grinding**
GAO Shang GENG Zongchao WU Yueqin WANG Ziguang KANG Renke
- 196 Research on Grinding of Micro Ball End Mill with Equal Normal Rake Angle and Equal Radial Relief Angle**
LIANG Zhiqiang LI Shidi ZHOU Tianfeng GAO Peng ZHANG Dongdong WANG Xibin
- 204 Air Cooling System Thermodynamic Analysis and Thermal Balance Control of Dry Cutting Machine Tool**
ZHU Libin CAO Huajun HUANG Haihong LIU Zhifeng
- 212 Study on Forming Extrusion Cutting (FEC) Producing Fins and Its Forming Performance**
ZHANG Jiayang DENG Wenjun LIU Liangwei YIN Xiaolong XIA Wei
- 223 Simulation Analysis and Experimental Study on Chip Removal Conditions of Internal Chip Removal Bits for CFRP Machining**
WANG Yiwen XU Chengyang XU Jiazhong LIU Xianli
- 232 Investigation of Plasma Volt-ampere Characteristics and Gap Modeling of EDM**
LI Shujuan XIN Bin YANG Yuxiang LU Xiong LI Yan JIANG Bailing JIA Zhen LI Yuxi
- 241 Study on Instantaneous Tool Deflections Considering Tool Run-out in Micro Milling Process**
ZHANG Xuewei YU Tianbiao WANG Wanshan

《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) 张崢(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)

