



QK1842307

ISSN 0577-6688  
CODEN CHHKA2

# 机械工程学报®

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

钻削CFRP的双顶角钻头磨损及抑制新方法

王福吉 钱宝伟 成德 贾振元 付饶 殷俊伟



中国机械工程学会  
CHINESE MECHANICAL ENGINEERING SOCIETY

2018年54卷15期 半月刊

万方数据

## /// 机构学及机器人 ///

### 1 软体机械臂仿生机理、驱动及建模控制研究发展综述

闫继宏 石培沛 张新彬 赵杰



**摘要:** 软体机械臂由柔性材料制作,具有高柔顺性、复杂环境适应性及安全人机交互性等特点,研究涉及材料学、仿生、机械设计和制造、传感器技术等多学科交叉融合,其发展为柔性材料应用、仿生机器人研究等提供参考和技术支持,在工业生产、医疗手术、救灾探测、生活护理等方面具有广阔应用前景,受到国内外学者及机构的广泛关注和研究。文章从仿生原理、驱动方式、变刚度方式、建模及控制等方面对软体机械臂研究进行综述,介绍章鱼臂及象鼻等生物结构仿生机理;按驱动类型将软体机械臂分为流体驱动、线驱动、气动人工肌肉、形状记忆合金、电活性聚合物、混合驱动等;介绍拮抗机构、阻塞、材料相变三种变刚度方式;以及目前常用于软体机械臂上的建模方法及控制策略。从中归纳和分析,得到软体机械臂的关键问题包括可重复性、精度、低输出力和建模控制等,其关键技术及未来发展方向包括新柔性材料制备和成型技术、刚柔结合/可变刚度机器人、柔性传感器技术等。

### 15 一种有效的自主机器人迭代最近点定位算法

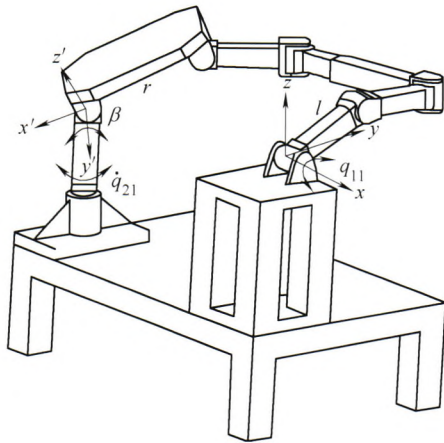
杨晶东 孙磊明 邵雨婕 师艳伟



(a) 试验场景

(b) 移动机器人起点

**摘要:** 迭代最近点算法(Iterative closest point, ICP)在一定程度上可获得较好配准效果,但算法收敛较依赖于输入初始值,容易造成局部最优。正态分布变换(Normal distribution transform, NDT)算法虽精度较高,但需要扫描点数量较多,在长距离导航中会导致较大的转角偏差。提出一种基于滤波 ICP 自主定位方法(FICP)。构建了基于 ICP 算法的激光扫描点特征匹配误差模型,采用多种滤波器减少匹配噪声,加快 ICP 算法收敛速度。推导了滤波后匹配点位姿更新算法,提高全局定位精度。试验表明,相对于传统 ICP 算法和 NDT 算法, FICP 算法具有较好实时性和定位精度。



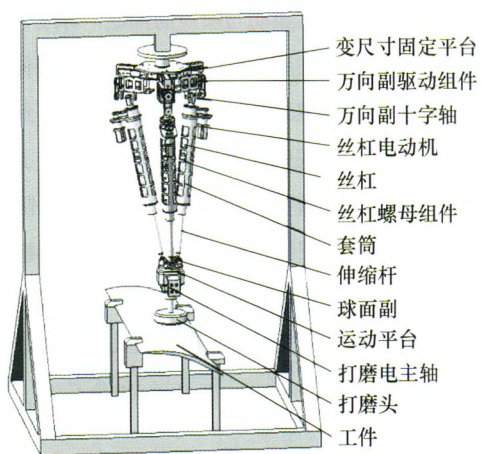
**摘要:** 并联机构型综合是机构学和机器人领域的一个极具挑战性难题。为解决一般型综合方法得到的并联机构具有强运动学耦合性的问题,提出一种无耦合二自由度转动并联机构型综合的系统方法。基于驱动力螺旋理论建立了无耦合转动并联机构的输入-输出运动间的数学模型;分析了转动并联机构的运动输出特性与分支主动副通过运动链施加到动平台上的驱动力螺旋之间的内在关系;按照雅可比矩阵为对角阵的条件确定出分支驱动力螺旋和主动运动螺旋的形式,再根据驱动力螺旋与同一分支中除主动运动螺旋外的其他运动螺旋互易积恒等于零的特性确定出非主动运动螺旋;建立了分支运动链型综合的准则,实现了具有预期自由度类型的并联机构型综合。运动学分析表明,所综合出的机构雅可比矩阵均为对角阵,机构的输入和输出运动之间呈现线性映射关系,验证了所提出的型综合方法的正确性。尤其是当第一条分支的主动运动螺旋为零节距螺旋时,在满足一定结构条件下雅可比矩阵为单位阵,机构在整个工作间内表现为完全各向同性。

### 31 基于自抗扰转矩补偿的采煤机截割传动系统动载荷主动控制

葛帅帅 秦大同 胡明辉 刘永刚



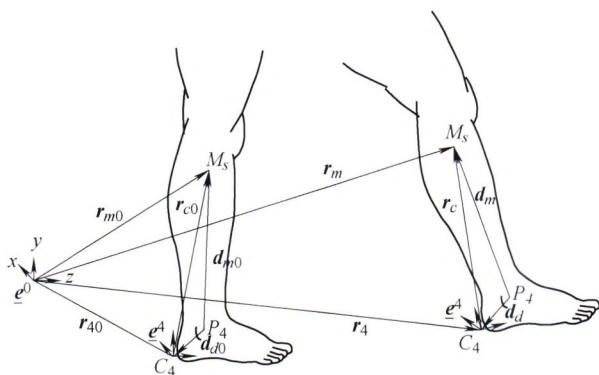
**摘要:** 为有效抑制由冲击载荷引起的采煤机截割传动系统动载荷,提出基于自抗扰转矩补偿的采煤机截割传动系统动载荷主动控制方法。综合考虑电动机动态特性、齿轮时变刚度以及滚筒负载特性等,建立采煤机截割传动系统机电耦合动力学模型;以弹性扭矩轴两端的转速差为反馈状态变量,设计了传动系统动载荷自抗扰转矩补偿控制器,该控制器以弹性轴两端的转速差等于零为跟踪目标,将动载荷抑制问题转换成目标轨迹跟踪问题,通过控制电动机转矩来抑制截割传动系统动载荷;最后分析突变工况下所提控制方法对传动系统动载荷的抑制效果。研究表明:基于自抗扰转矩补偿的采煤机截割传动系统动载荷主动控制可有效地衰减由外部突变载荷引起的截割传动系统动载荷;载荷突增和突减工况下,与截割电动机直接转矩控制相比,基于自抗扰转矩补偿的传动系统动载荷分别减少46.51%和38.87%。



**摘要:** 为研制一种用于铝合金铸件打磨、抛光的机械臂, 将 3-UPS 机构作为初始构型, 通过定义运动灵活性和静力承载能力评价指标, 揭示出 3-UPS 机构的尺寸参数与其运动学、静力学评价指标之间的关系, 表明: 随着尺寸参数的取值变化, 3-UPS 机构的运动灵活性和静力承载能力变化规律相反, 如果要追求其中一种性能, 就必然导致另一种性能降低。为了使机械臂的构型、最优机构学性能可以根据不同工况而实时改变, 在 3-UPS 机构每个分支与固定平台之间增加 1 个移动驱动副, 提出一种基于 3-PUPS 机构的超冗余机械臂, 该机械臂可以通过对各分支电动机抱闸锁定的组合实现变胞而得到 31 种新构型, 当其处于 3-UPS 构型时还可以通过改变固定平台万向副分布半径数值, 实时选择性调整运动灵活性最好、或静力承载能力最强。对超冗余 3-PUPS 机构进行了运动学和静力学建模与分析, 揭示了其运动灵活性和静力学传递性能分布规律。结合打磨、抛光工艺制定出机械臂在不同工况的变胞规则、变尺寸规则, 实现了机械臂在不同工况具有不同的自由度状态和最优性能。研制出超冗余机械臂的试验样机, 通过一套综合试验系统验证了其变胞构型的可实现性, 并测量出其处于 3-UPS 构型时的定位误差, 试验表明: 机械臂的运动平台的位置误差均小于 0.4 mm, 姿态误差均小于 0.45°, 基本达到了通用式工业机器人的精度水平。

## 52 基于机构运动学分析的人体下肢几何参数提取

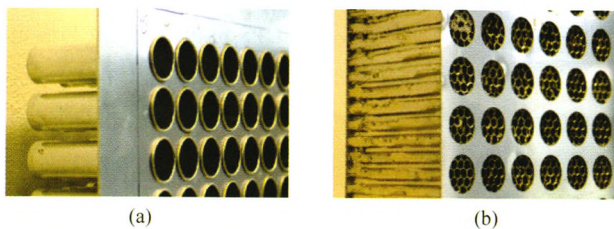
张书涛 钱晋武 王笑一



**摘要:** 由关节中心(轴)位置所确定的下肢几何参数是步态运动测量与分析的关键参数。已有的基于三维运动捕捉系统的步态运动测量应用中, 人工干预因素较多, 存在一定的主观性, 从而对步态运动的测量信度产生显著的不利影响。针对这一问题, 在对下肢环节和关节进行合理机构学简化的基础上, 建立了人体下肢多刚体运动学模型; 通过下肢机构运动学分析, 改进了标志点设置方案; 通过构造下肢运动的约束方程, 充分利用大量的采样数据, 推导了关节位置、模型几何参数的拟合算法。并通过试验验证测量方案及算法的有效性。

60 板结构振动与噪声抑制研究综述

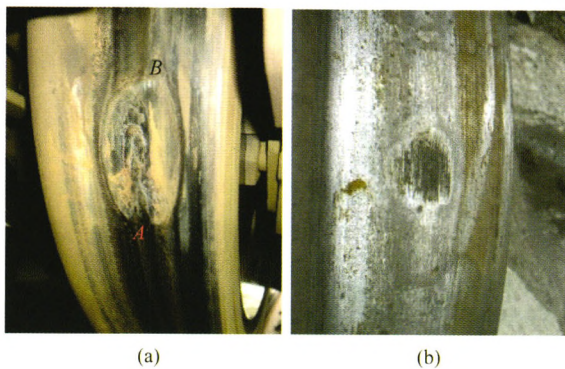
宋玉宝 温激鸿 郁殿龙 沈惠杰



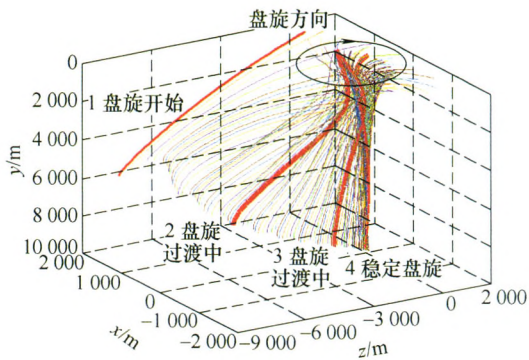
**摘要:** 减振降噪已成为现代交通工具所必须面对的关键问题之一。板结构在工程中有着广泛的应用,是各类交通工具舱室结构的主要组成部分,其振动与噪声的抑制,对改善舱室声学环境具有重要意义。在过去的几十年里,针对多种板结构声振抑制手段展开了研究,部分措施已在工程中得到了广泛应用,但时至今日,相关研究工作依然非常活跃。首先,综述了包括结构设计与参数优化、安装动力吸振器、阻尼处理、阻振质量、噪声主动控制、振动主动控制以及结构声主动控制等典型声振抑制方法,进而,介绍了基于人工周期结构设计的声振抑制方法的研究情况,以为相关减振降噪研究与应用提供一定借鉴。

78 车轮踏面三维扁疤轮轨系统冲击振动研究

任尊松



**摘要:** 车轮扁疤是铁道机车车辆轮对踏面常见的一种擦伤,对轮轨系统振动和结构损伤等有十分重要的影响。既有工作主要是在考虑车轮扁疤附加冲击速度或者扁疤形状引起的轮径变化的基础上,研究车轮扁疤引起的轮轨冲击振动特性。在建立包含扁疤长度和宽度及深度的车轮踏面三维扁疤模型和车辆-轨道耦合系统动力学模型的基础上,考虑轮对旋转走行和轮轨接触几何关系,研究高速车辆-轨道系统三维车轮扁疤轮轨冲击振动特征。结果表明,扁疤长度一定时,扁疤宽度越宽轮轨冲击振动越激烈,宽度越小轮轨冲击越弱。车轮扁疤宽度与长度之比越接近 1,轮轨冲击力峰值对扁疤冲击临界速度越敏感。在一定扁疤长度范围内,长度小但宽度大的扁疤引起的轮轨冲击振动,比长度大但宽度小的扁疤引起的轮轨冲击振动大。研究结果对全面揭示车轮扁疤轮轨冲击振动特征和扁疤轮轨接触走行关系等具有良好的理论意义。

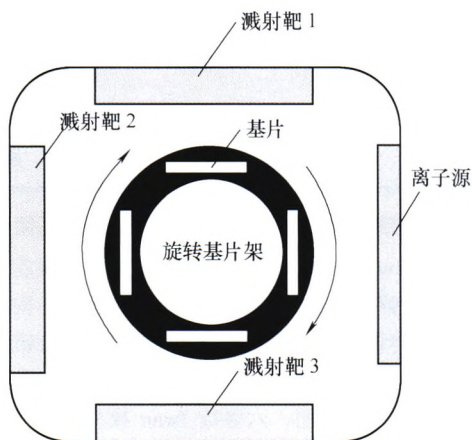


**摘要:** 近年来, 各国都在积极探索机载拖曳天线对潜通信系统。天线姿态、受力和天线释放过程的干扰问题是该系统动力学研究的重点。基于此, 根据真实机载拖曳天线系统建立瞬态(含释放过程)的双天线动力学分析模型, 采用数值计算方法研究了载机、天线及稳定锥参数对天线张力的敏感性及其影响规律; 选取适当的天线释放方式, 从天线张力及释放过程双天线是否干扰的角度对系统安全性进行分析研究。研究结果表明: 对长、短天线全过程最大瞬态张力影响较明显的四个参数均为  $V$ 、 $C_D$ 、 $d$  和  $L$ 。为尽量减小张力, 对于长、短天线均可减小  $d$ 、 $L$ 、 $C_D$  和  $V$  来实现。对于天线释放过程, 选择盘旋释放更有利; 所研究算例条件下, 载机盘旋状态下长短天线释放不产生严重的不利干扰。

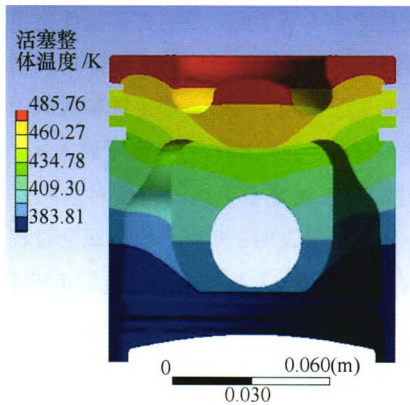
## /// 摩擦学 ///

### 92 调制周期对纳米多层类石墨薄膜力学性能及摩擦学性能的影响

马国政 雍青松 王海斗 何鹏飞 徐滨士



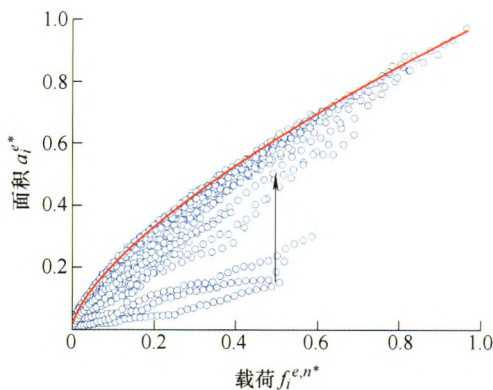
**摘要:** 采用等离子增强多靶磁控溅射系统在溅射沉积类石墨(Graphite-like carbon, GLC)薄膜过程中交替掺杂金属 W 制备了 6 种纯 GLC 子层和 W-GLC 子层交替堆垛的纳米多层 GLC 薄膜。薄膜调制周期分别为 300 nm、180 nm、90 nm、40 nm、15 nm 以及 8 nm 共 6 种。研究了调制周期对薄膜力学性能和摩擦学性能的影响。结果表明: 各纳米多层 GLC 薄膜均具有良好的力学性能与摩擦学性能, 且随着调制周期的减小, 薄膜的力学性能与摩擦学性能均大幅提高, 并表现出显著的协同效应。纳米多层 GLC 薄膜中 WC 或  $W_2C$  纳米晶的弥散强化效应和纳米多层膜的界面效应是薄膜具有优异力学性能的主要原因, 而薄膜在摩擦对偶表面形成的厚实致密的富碳转移膜又确保了薄膜具有良好的摩擦学性能。当调制周期减小至 8 nm 时, 薄膜的硬度高达 35.13 GPa, 结合强度为 45.28 N,  $H/E$  为 0.109 5,  $H^3/E^2$  为 0.375, 且在“100 r/min, 12 N”条件下连续摩擦 480 min, 平均摩擦因数仅为 0.002, 磨损率低至  $9.0 \times 10^{-18} \text{ m}^3/(\text{N} \cdot \text{m})$ , 综合性能极为优异。



**摘要:** 在考虑连杆惯性的基础上, 根据活塞的力和力矩平衡建立活塞的二阶运动模型。在对活塞-缸套系统的混合润滑和活塞动力学行为进行耦合分析的基础上, 研究活塞裙部纵向、横向型线、活塞销偏置和热变形对裙部摩擦学性能的影响。运用 FDM 求解裙部润滑的平均 Reynolds 方程, 在此基础上, 运用 Runge-Kutta 法求解活塞的二阶运动轨迹。在综合考虑连杆惯性、活塞裙部和缸套表面粗糙度的基础上, 研究了活塞纵向、横向型线、活塞销偏置和热变形对活塞裙部二阶位移、速度和摩擦功耗等的影响。数值结果表明, 连杆惯性力对活塞裙部摩擦特性的影响较大。当中凸椭圆活塞采用纵向抛物线型轮廓, 分别取较小的上端椭圆度和较大的下端椭圆度, 较小的上端径向缩量 and 较大的下端径向缩量, 并将活塞销向主推力边偏置时, 可减小二阶运动幅值和速度, 同时增大裙部润滑油膜厚度, 减小活塞-缸套系统的摩擦功耗。研究为考虑活塞裙部热变形的轮廓型线设计提供了依据, 可进一步改善活塞-缸套系统的摩擦学性能。

## 117 基于分形几何重构与侧向接触力学模型的弹性微凸体分层次接触仿真方法

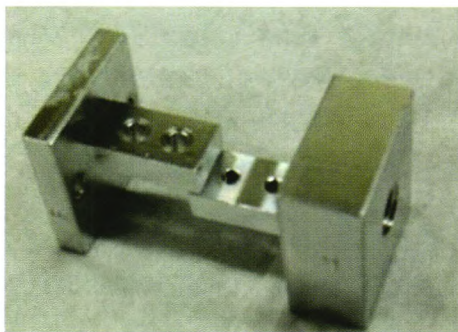
陈 鼎 侯 亮 郭腾鹏



**摘要:** 依据分形几何重构与弹性微凸体侧向接触的研究基础, 提出两者相结合的分层次仿真方法, 并用于确定弹性微凸体的法向载荷与接触面积, 法向变形量与切向载荷之间的关系, 以及进一步讨论并分析了不同分形维数对接触矢量角和侧向接触特性的影响。结果表明, 分层次接触的仿真过程具有描述低层级中一对微凸体侧向接触数、接触矢量和接触面积向高层级粗糙面传递和累计的能力; 随着高层级粗糙面载荷的变化, 低层级中的一对微凸体展现出不同的接触面积与载荷区间, 并具有向相应弹性极限值变化的趋势; 随着粗糙面分形维数的增大, 微凸体的侧向接触矢量角的幅值呈线性下降, 但平均值呈非线性降低; 当分形维数大于 2.4 时, 极窄的幅值范围以及接近于  $\pi/2$  的接触矢量角使得微凸体间可以近似为完全法向接触。

## 125 连接结构宏观滑移能量耗散特性研究

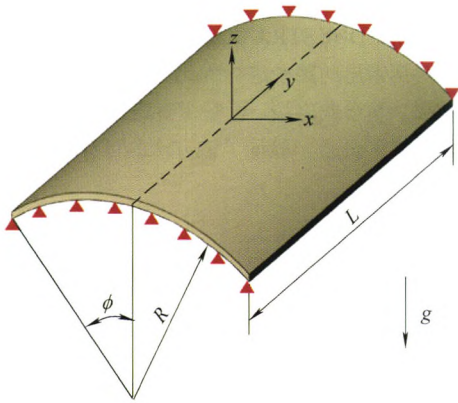
李一堃 郝志明



**摘要:** Iwan 模型常用于描述连接结构的能量耗散与阻尼特性。基于六参数 Iwan 模型, 推导得到宏观滑移阶段能量耗散-加载力幅值的解析表达式。提出基于螺栓连接结构宏观滑移试验的参数辨识方法, 对六参数 Iwan 模型进行辨识。将连续的六参数 Iwan 模型离散为有限个 Jenkins 单元并开展有限元数值计算。结果表明, 六参数 Iwan 模型解析解与螺栓连接结构试验结果符合较好; 由于宏观滑移阶段接触界面存在残余刚度, 螺栓连接结构在宏观滑移阶段的能量耗散-加载力幅值关系为线性关系; 在宏观滑移阶段, 有限元数值计算结果与解析解符合较好。六参数 Iwan 模型能够准确描述宏观滑移阶段螺栓连接结构能量耗散特性。

132 基于非结构化 T 样条的薄壳等几何分析

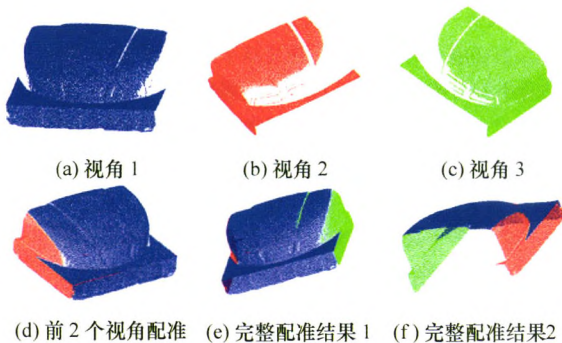
袁 沛 刘振宇 袁 迪 谭建荣



**摘要:** 等几何分析方法采用几何的样条基函数来构建分析模型, 从而避免传统有限元法的网格离散过程。采用非结构化 T 样条构建复杂模型, 结合 Kirchhoff-Love 薄壳理论构造基于非结构化 T 样条的薄壳单元, 并研究其在模态计算和弹性变形分析中的应用。由于样条几何基函数缺乏插值性, 等几何分析中单元所受载荷无法像传统有限元法一样直接均分到单元各个节点上, 针对这一问题, 将任意载荷作用区域分为两种基本形式, 通过一定的映射关系将这两种形式由规则形状表示, 从而将规则形状的高斯积分点同样映射到不规则区域上。数值算例结果表明, 和传统有限元相比, 基于非结构化 T 样条的薄壳等几何分析能够以更少的系统自由度获得精确解, 而任意区域的积分映射方法也有效地解决了等几何分析中载荷施加的问题。

141 基于局部泊松曲面重建的点云刚性配准方法

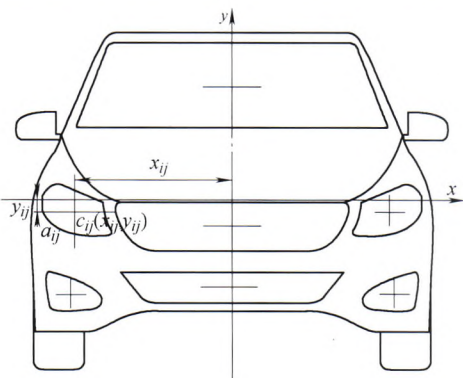
孙殿柱 郭洪帅 李延瑞 聂乐魁



**摘要:** 为兼顾点云配准精度与收敛速度, 提高配准过程收敛的稳定性, 提出一种基于局部泊松曲面重建的点云刚性配准方法。该方法基于曲面局部样本重建泊松曲面并将其作为配准参考曲面, 以采样点至参考曲面的最近点作为匹配点, 将匹配范围由曲面局部样本扩大为该样本所拟合的曲面域, 提高点对匹配精度。同时, 基于所重建的泊松曲面计算配准误差, 消除采样误差对配准过程收敛判定的延迟影响, 加快配准过程的收敛速度。在配准过程中, 通过调整因子调节匹配点在曲面域的匹配范围, 增大点对在配准误差偏大情况下匹配的概率, 提高配准过程收敛的稳定性。试验表明, 该方法在保证配准精度的同时可显著减少收敛时的迭代次数, 配准过程收敛于全局最优的稳定性更高。

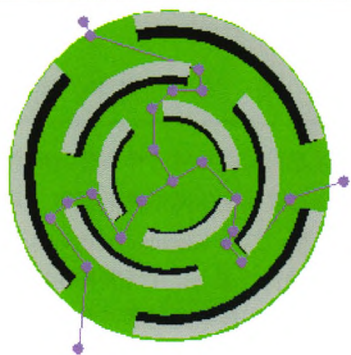
150 产品形态审美综合评价的非线性信息动力学模型

周爱民 苏建宁 阎树田 欧阳晋焱 石 程 郁王白云



**摘要:** 为了客观、定量地评价产品形态美度, 从系统演化的角度, 提出了一种审美综合评价的模型。依据形式美学与完形心理学原理, 构建出由 15 个产品形态美度指标组成的评价体系, 获得系统演化的信息体; 基于最大流原理建立了产品形态审美综合评价的非线性信息动力学模型, 各美度指标通过自组织进化得到合适的权值, 使系统趋于稳定, 从而实现产品形态美度的综合评价。运用自组织特征映射网络实现模型的模拟, 对九个汽车前脸样本进行审美综合评价实例研究, 结果与网络大数据对比分析, 验证了模型的有效性。



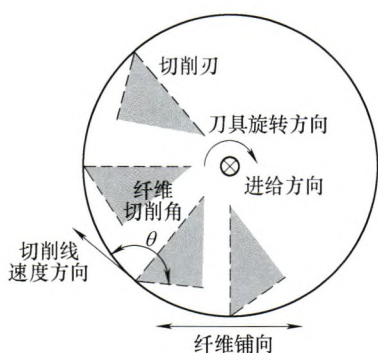


**摘要:** 针对非正交分支管路的自动布局问题, 提出一种基于局部二次学习概率路径图算法(LTL-PRM)的分支管路自动布局方法, 该方法首先采用回溯算法计算出端点之间的最小斯坦纳树, 并对其中的斯坦纳点位置进行优化处理, 从而获得管路系统的分支点位置, 在此基础上通过局部二次学习构建路径图, 并利用 DIJKSTRA 算法搜索出各分支管路的最短路径, 最后对搜索出的路径进行优化, 从而获得分支管路的最优布局结果。基于此方法, 开发了管路自动布局设计软件系统并进行了实例分析, 验证了该方法的可行性。

## /// 制造工艺与装备 ///

### 171 钻削 CFRP 的双顶角钻头磨损及抑制新方法

王福吉 钱宝伟 成 德 贾振元 付 饶 殷俊伟



**摘要:** 为满足高性能碳纤维增强复合材料(CFRP)结构件的高质量制孔需求, 现阶段广泛采用双顶角钻头钻削 CFRP, 但因其“钻、扩、铰”一体的结构形式, 双顶角钻头第二主切削刃的磨损程度和状态是决定钻削孔壁质量的关键因素。此外, 由于 CFRP 中碳纤维磨蚀性强, 制孔中钻头快速磨损, 切削刃严重钝化, 极易导致孔壁损伤。通过引入切削刃钝圆半径, 揭示双顶角钻头第二主切削刃钝化后, 在严重的后刀面磨损作用下, 第二主切削刃刃口钝圆半径又减小的磨损机制, 在此基础上, 结合不同纤维切割角下 CFRP 成屑机制, 详细探究了双顶角钻头第二主切削刃钝化状态对钻削孔壁损伤的影响规律; 最后创新性地钻头第二主切削刃末端开设内冷孔, 利用微量冷却(MQL)工艺, 实现了钻头第二主切削刃钝化磨损的有效抑制, 显著提升了高性能碳纤维增强复合材料的制孔质量, 为高质量复合材料制孔工艺和工具研究奠定了重要基础。

### 180 基于时变热源的丝杠旋风铣削瞬态温度建模方法研究

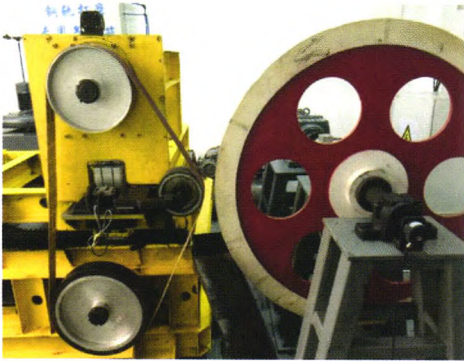
何 彦 刘 超 李育锋 王乐祥 王禹林



**摘要:** 丝杠旋风铣削是一种高效、生态的加工工艺。其加工过程中会产生大量的切削热, 从而会影响刀具寿命、工件完整性和加工精度。目前旋风铣削加工工艺的研究缺乏对丝杠旋风铣削加工过程中切削区域温升的研究。为此, 综合考虑了旋风铣削加工过程未变形切屑厚度、宽度与面积时变特性, 提出了一种适用于丝杠旋风铣削加工过程中切削加工区域刀具、工件和切屑的时变热源瞬态温度建模方法。首先基于丝杠旋风铣削加工过程中未变形切屑时变特性的分析, 对丝杠旋风铣削加工过程中热源时变特征进行建模, 包括时变未变形切屑几何特征、时变刀屑接触区域与时变边界模型; 在此基础上, 构建旋风铣削加工过程中时变热释放强度模型; 进一步建立丝杠旋风铣削时变热源瞬态温升模型。试验分析结果证明了该方法的有效性, 并基于该模型揭示了未变形切屑的几何特征、切削线速度对切削区域温度的动态变化规律, 为旋风铣削工艺设计人员制定工艺时提供支持。

## 191 基于弹性赫兹接触的钢轨砂带打磨材料去除建模研究

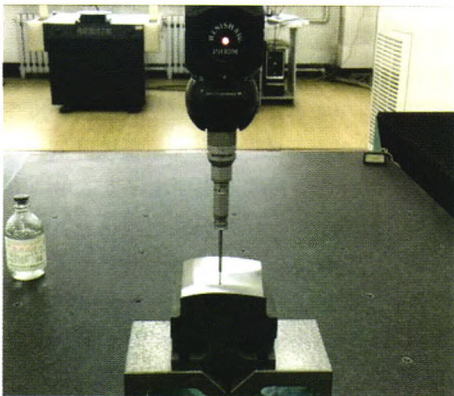
樊文刚 刘月明 王文玺 李建勇 王荣全



**摘要:** 为揭示钢轨砂带打磨材料去除机理, 针对接触轮-钢轨曲面接触和砂带表面磨粒尺寸、位置随机特点, 基于弹性赫兹接触理论, 分析接触轮-钢轨宏观接触区域状态, 获得接触面积和名义接触压力分布; 结合砂带表面磨粒出刃高度分布统计学模型与单颗磨粒微观受力分析, 获得单位面积打磨压力与磨粒最大切入深度关系; 综合考虑磨粒出刃高度、磨粒外形、磨粒密度、砂带旋转速度、行车作业速度、打磨压力、接触轮硬度以及接触轮与钢轨之间的相对主曲率等多项参数, 最终建立钢轨砂带打磨材料去除深度数学模型和材料去除量数学模型。试验结果表明, 材料去除深度与材料去除量预测值同试验结果的最大偏差分别为 3.6%和 11.95%, 验证了上述模型的正确性和有效性。

## 199 椭球头铣刀设计及其刀具路径生成算法

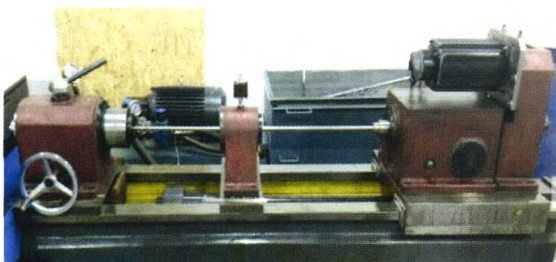
刘献礼 范梦超 计伟 王广越 赵泽民



**摘要:** 随着航空航天、汽车模具等领域内型面复杂程度的日益增大, 目前对不同形状、不同性能刀具的需求也不断增加。设计了一种刀具端部切削刃所在回转面为椭球面的整体铣刀, 以下称为椭球头铣刀。建立了椭球头铣刀参数化模型, 为刀具的参数化设计提供理论基础。提出了椭球头铣刀的三种切削刃曲线模型: 等螺旋角切削刃、正交螺旋形切削刃和新型切削刃, 精准的刀具切削刃曲线模型为椭球头铣刀的精准制造提供了理论依据。提出了椭球头铣刀三轴端铣加工曲面的刀具路径生成算法, 并通过试验验证了刀具路径生成算法的正确性和可行性, 分析了刀具的切削性能并验证了椭球头铣刀的优势, 为椭球头铣刀的推广应用提供了理论基础。对椭球头铣刀的参数化设计和应用研究, 也为其他新型刀具的设计和 应用提供了方法和理论依据。

## 213 BTA 深孔钻削过程切削热通量的追踪方法研究

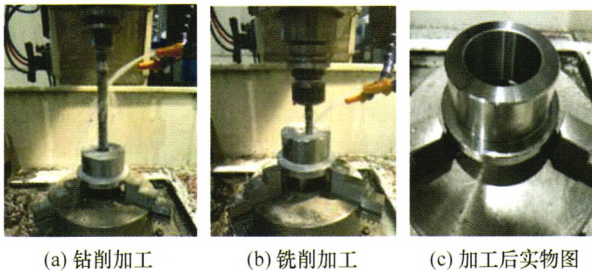
孔令飞 孙理论 刘瑶 李旭波 郭伟超



**摘要:** 深孔钻削所产生的切削热是引起加工孔表面损伤和热变形的主要原因, 该项研究对实现深孔制件质量的过程监测与控制具有重要的意义。依据 BTA 深孔钻削工艺的特点, 提出一种基于深孔制件多点温度的时空信息反演计算切削热通量分布特征的方法。通过对切削过程热源区域的合理划分及孔壁热通量连续函数的时空解耦, 采用顺序函数法来计算平均切削热通量, 并将其引入到瞬时热通量的迭代求解过程, 同时计算获得加工过程中深孔刀具外齿侧面和导向条部热通量的时空变化规律, 实现了对深孔制件热源和热分布的重构, 且具有相互协调一致的精度。通过合理地选择未来时间步长, 并结合深孔加工试验验证了所提出方法的可行性与有效性, 这些将为探索深孔加工过程刀具磨损、孔壁表面损伤与工件热变形的机理奠定基础。

## 221 面向能耗的多刀具孔加工刀具直径及工艺参数集成优化模型

陈行政 李聪波 吴磊 万腾 杨青山



**摘要:** 刀具直径和工艺参数对机床加工能耗影响显著。与单独优化刀具直径或单独优化工艺参数相比,开展刀具直径及工艺参数集成优化能进一步降低机床加工能耗。为实现面向低能耗的多刀具孔加工过程中刀具直径及工艺参数集成优化,首先,系统地分析了多刀具孔加工过程的加工时间和加工能耗;然后,建立以刀具直径和工艺参数为优化变量,以最小加工能耗和加工时间为优化目标的多刀具孔加工多目标集成优化模型,并采用粒子群算法对模型进行优化求解;最后,基于实际案例分析了刀具直径及工艺参数集成优化的必要性,并通过对比分析,验证了该模型的有效性和实用性。

## 232 硬质合金微坑车刀切削 304 不锈钢时的表面粗糙度研究

袁森 何林 占刚 蒋宏婉 邹中妃



**摘要:** 304 不锈钢因其良好的工作性能和难加工性,成为金属切削加工领域的研究热点尤其是良好的加工表面质量的获取及其控制广受业界关注。基于自主研发的切削性能良好的 304 不锈钢专用硬质合金微坑车刀,重点研究该微坑车刀切削 304 不锈钢表面粗糙度的特性。通过对比试验,研究原车刀和微坑车刀切削 304 不锈钢棒料时的表面粗糙度变化,揭示出微坑车刀切削 304 不锈钢的表面粗糙度降低机理。利用响应曲面试验,分析切削参数对表面粗糙度的单因素和交互影响规律,建立微坑车刀表面粗糙度预测模型。研究结果表明,微坑车刀相比较普通车刀在切削过程中具有较小的切削力,是导致微坑车刀加工 304 不锈钢表面粗糙度较低的主要原因;所建立的表面粗糙度预测模型具有较高可靠性,可用于切削参数优化;获得的优选切削参数方案,与实际生产推荐的参数相比,在优选切削参数下获得的表面粗糙度降幅达 42.47%。

**CONTENTS**

- 1 Review of Biomimetic Mechanism, Actuation, Modeling and Control in Soft Manipulators**  
YAN Jihong SHI Peipei ZHANG Xinbin ZHAO Jie
- 15 Efficient Iterative Closest Point Localisation Algorithm for Autonomous Robots**  
YANG Jingdong SUN Leiming SHAO Yujie SHI Yanwei
- 21 Type Synthesis of Uncoupled Rotational Parallel Mechanisms with Two Degrees of Freedom**  
ZHANG Yanbin JING Xianling HAN Jianhai GUO Bingjing ZHAO Yifu
- 31 Active Control on Dynamic Loads of the Drum Shearer Cutting Transmission System Based on Active Disturbance Rejection Torque Compensation**  
GE Shuaishuai QIN Datong HU Minghui LIU Yonggang
- 41 Design of Manipulator with Variable Performances Based on Metamorphic Mechanism**  
RONG Yu QU Mengke
- 52 Extraction of the Geometric Parameters of Human Low Limbs Based on Kinematics Analysis of Mechanism**  
ZHANG Shutao QIAN Jinwu WANG Xiaoyi
- 60 Review of Vibration and Noise Control of the Plate Structures**  
SONG Yubao WEN Jihong YU Dianlong SHEN Huijie
- 78 Study on Wheel/Rail Impact Dynamics with Three Dimensional Wheel Flat Model**  
REN Zunsong
- 86 Study on the Transient Dynamic and Safety Analysis of Double Aircraft-towed Cables**  
HAN Zhiren LIU Yong LUO Zhiqing HAN Xiyue WU Jianghao ZHOU Chao
- 92 Influence of Modulation Period on the Mechanical and Tribological Properties of Nano-multilayer Graphite-like Carbon Films**  
MA Guozheng YONG Qingsong WANG Haidou HE Pengfei XU Binshi
- 100 Effect of Piston Skirt Profile Parameter on Secondary Motion and Lubrication Performance of Piston**  
LÜ Yanjun LI Meng ZHANG Yongfang LIU Wanwan YAN Dong
- 117 Hierarchical Contact Simulation for Elastic Asperity Based on Fractal Geometry Reconstruction and Lateral Contact Model**  
CHEN Ding HOU Liang GUO Tengpeng
- 125 Investigation on the Energy Dissipation Properties of Jointed Structure during Macro-slip Stage**  
LI Yikun HAO Zhiming

- 132 Unstructured T-spline-based Isogeometric Analysis for Thin Shells**  
YUAN Pei LIU Zhenyu QIU Chan TAN Jianrong
- 141 Method of Rigid Registration Based on Poisson Reconstruction of Local Sample Points**  
SUN Dianzhu GUO Hongshuai LI Yanrui NIE Lekui
- 150 Nonlinear Information Dynamics Model of Synthetic Evaluation on Product Form Aesthetic**  
ZHOU Aimin SU Jianning YAN Shutian OUYANG Jinyan SHI Cheng YUWANG Baiyun
- 160 Method of Automatic Branch-pipe Routing Based LTL-PRM Algorithm**  
MA Jiangtao LIU Jianhua XU Lianjie WU Hongchao XU Jinbao
- 171 Wear of One-shot Drill Bit in Drilling CFRP and Novel Method for Tool Wear Reduction**  
WANG Fuji QIAN Baowei CHENG De JIA Zhenyuan FU Rao YIN Junwei
- 180 Transient Thermal and Analytical Model of Whirling Process Based on Time-varying Heat Source in Machining Screw**  
HE Yan LIU Chao LI Yufeng WANG Lexiang WANG Yulin
- 191 Research on Modeling Method of Material Removal for Rail Grinding by Abrasive Belt Based on Elastic Hertzian Contact**  
FAN Wengang LIU Yueming WANG Wenxi LI Jianyong WANG Rongquan
- 199 Ellipsoid End Mill Design and Tool Path Generation Algorithm**  
LIU Xianli FAN Mengchao JI Wei WANG Guangyue ZHAO Zemin
- 213 Tracing Algorithm of Workpiece Heat Flux in Deep Hole Processing**  
KONG Lingfei SUN Lilun LIU Yao LI Xubo GUO Weichao
- 221 Integrating Optimization of Cutter Diameter and Cutting Parameters for Energy-aware Multi-tool Hole Machining**  
CHEN Xingzheng LI Congbo WU Lei WAN Teng YANG Qingshan
- 232 Research on Surface Roughness of 304 Stainless Steel Cut by Cemented Carbide Micro Pit Tool**  
YUAN Sen HE Lin ZHAN Gang JIANG Hongwan ZOU Zhongfei

# 《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) 陈熠彰(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

15