

# 机床与液压® JICHUANG YU YEYA

1973 年创刊

第 51 卷第 17 期(总第 587 期)2023 年 9 月

半月刊 (每月 15 日、28 日出版)

www.jcyyy.com.cn

主 管：中国科学技术协会  
主 办：中国机械工程学会  
广州机械科学研究院有限公司  
协 办：国家机器人检测与评定中心(广州)  
编辑出版：《机床与液压》编辑部  
地址：广州市黄埔区茅岗路 828 号 (510700)

### 编委会成员

主 任：宋天虎  
副 主 任：黄 兴 孔祥东 焦宗夏 姜继海  
孙立宁

委 员：(按姓氏笔划排序)  
丁问司 王军政 王太勇 卢文辉  
刘昕晖 刘晓初 刘延俊 刘奕华  
权 龙 阮 健 陈超志 陈章位  
李宝仁 李小宁 李运华 闵新和  
张宪民 张 涛 赵升吨 郝玉成  
施光林 高殿荣 袁锐波 韩俊伟  
冀 宏

主 编：闵新和  
执行副主编：张艳君  
版面设计：邓琳倩  
美术编辑：陈雁京  
电 话：020-32385312  
电子邮箱：jcy@gmeri.com

广告发行部  
广告发行：徐瑾瑾  
广告发行：020-32385311  
电子邮箱：adv@gmeri.com  
发行范围：国内外发行

国内发行：广东省报刊发行局  
订 购 处：全国各地邮局  
国外发行：中国国际图书贸易集团有限公司  
广告发布登记通知书：440100190022  
印 刷：广州一龙印刷有限公司

国内邮发代号：46-40  
国外发行代号：SM 550  
ISSN 1001-3881  
CN 44-1259/TH  
定价：20 元/期，480 元/年

## 目 次

### ◀ 工业机器人专栏 ▶

具有惯性补偿的机器人变刚度碰撞传感器研究  
..... 林义忠 易雨晴 秦琦航 杜柳明 梁科 (1)

基于作业轨迹约束的机械臂多闭环标定方法  
..... 蒋周翔 秦鹏举  
苏瑞 龙忠杰 宋宝 唐小琦 (6)

基于数字孪生的发动机螺栓拧紧研究  
..... 王元钰 刘勇 王军义  
徐志刚 杨啸 武琳丰 (14)

基于神经网络的工业机器人力控制研究  
..... 周帅 刘晓鸣 (21)

基于改进 LuGre 摩擦模型的机器人关节摩擦力辨识研究  
..... 王晓强 穆春阳 马行 张春涛 (26)

基于梯度奖励的深度强化学习移动机器人路径规划  
..... 喻凯旋 林富生 宋志峰 余联庆 (32)

基于视觉激光惯性相结合的机器人 SLAM 算法  
..... 王立玲 朱旭阳 马东 王洪瑞 (39)

具有不确定性的主从机械手自适应模糊控制  
..... 李超凡 王福杰  
余元佳 郭芳 任斌 樊开夫 (45)

基于自适应降阶滑模算法的受约束多机械臂力/位混合控制  
..... 朱志浩 李蔚 高直 郭毓 (51)

### ◀ 试验与研究 ▶

表面润湿性与粗糙度对配流副摩擦特性的影响  
..... 高殿荣 王子朋  
梁瑛娜 刘晓辉 申苗苗 (57)

基于电机拖拽系统的垂直管柱振动响应特性试验研究  
..... 宋微 张亚楠 王素玲 董康兴 岳欠杯 (64)

本刊已入编“万方数据——数字化期刊群”，“中国核心期刊(遴选)数据库”，“中国期刊全文数据库(CJFD)”，“中文科技期刊数据库”及 CNKI 系列数据库，作者如不同意将文章入编，投稿时敬请说明。

基于改进超螺旋算法的永磁同步电机快速积分终端滑模速度控制  
 …… 南宇洋 朱其新 刘红俐 朱永红 (70)

基于YOLOX-Nano网络的废旧产品螺钉检测方法研究  
 …………… 杨晨 张秀芬 (75)

基于UG POST的卧式双工位四轴加工中心后处理定制  
 …………… 王钧 李玮 李小鹏  
 郭志伟 魏新宇 刘斌 (81)

双定子轴向力偶型柱塞马达的转矩特性分析  
 …… 闻德生 苗宇航 黎亚洲 朱鸿飞 (89)

轻载装载机变速箱振动特性分析与试验  
 …………… 杨嘉骏 田从丰  
 张媛媛 李东浪 张彦 赵勇 (94)

基于有限状态机的煤矿辅助运输转载自动化控制研究  
 …………… 王雯 吴娟 金书奎 邱建都 (101)

悬垂结构零件多轴增材加工非均匀层填充方法  
 …………… 耿聪 耿大鹏 王金杰 (109)

垃圾桶提升机结构改进与控制系统设计  
 …… 李长征 朱宝华 屠佳佳 史伟民 (115)

高黏度齿轮泵运行与结构参数对泵内压力场影响  
 …………… 刘春波 孙智 胡加辉 张旭东 (122)

HRB500高强度钢筋剥肋倒角装置设计与研究  
 …………… 牛虎利 杨硕  
 杨佳俊 孙晓婷 张嘉钰 (128)

应变片位置的应变水平对旋转弯曲疲劳试验的影响  
 …………… 张凌云 傅垚  
 何建冬 田笑添 刘泗栋 (135)

基于PLC的特殊容器自动装卸装置控制系统设计  
 …………… 范志恒 杨大志  
 黄仁杰 柳忠彬 段林 (141)

油气混合式减振器动态特性研究  
 …………… 赵峰 龙江 王智龙 林青松 (146)

磁流变传动装置尺寸优化分析与设计  
 …………… 麻建坐 丁平 陈松 (153)

正流量液压挖掘机行走跑偏诊断序列决策  
 …………… 张金戈 罗南岚  
 郑海涛 王高龙 章浩 (159)

### ◀ 建模与仿真 ▶

四配流窗口轴向柱塞泵三角阻尼槽结构优化  
 …………… 周围 卫立新 高有山 张瑞 (166)

基于空间力系的液压支架顶梁承载特性感知分析  
 …………… 李恒 高飞 袁祥 廉自生 (171)

H型平台双环交叉耦合滑模同步控制  
 …………… 刘强 高力伟  
 王伟 曹旺辉 王子羲 (177)

基于液电馈能悬架的车身姿态控制研究  
 …… 唐宇飞 武志斐 张翠平 王增荣 (183)

不同流态下织构化动压滑动轴承润滑特性研究  
 …………… 吴舟 赵建新 毛亚洲 (190)

比例溢流阀调速和负载敏感控制算法研究  
 …………… 孔祥凯 李俊士 (197)

### ◀ 故障诊断与可靠性 ▶

多尺度加权CEEMD-1DCNN旋转机械故障诊断  
 …………… 杜文辽 高军杰  
 杨凌凯 巩晓赞 王宏超 纪莲清 (202)

基于特征融合与HPO-RVM的滚动轴承剩余寿命预测  
 …………… 栗子旋 高丙朋 (209)

## 广告刊户索引

杭州爱力智控技术有限公司 …………… 封二  
 埃马克(中国)机械有限公司太仓分公司 …………… 封三  
 黎明液压有限公司 …………… 彩插1

宁波华液机器制造有限公司 …………… 彩插2  
 江苏无锡市压力仪表厂有限公司 …………… 彩插3  
 南京翰坤机电科技有限公司 …………… 目录对页

**MACHINE TOOL & HYDRAULICS®**

Half-Monthly

Vol. 51 No. 17 Sep. 2023

**Authorities in Charge:** China Association for Science and Technology**Sponsor:** Chinese Mechanical Engineering Society  
Guangzhou Mechanical Engineering Research Institute Co., Ltd.**Co-organizer:** National Robot Test and Assessment Center (Guangzhou)**Editor & Publisher:** Editorial Office of MACHINE TOOL & HYDRAULICS**Add:** No. 828 Maogang Road, Huangpu District, Guangzhou, China**Editorial Committee****Chairman:** Song Tianhu**Vice Chairmen:**Huang Xing Kong Xiangdong Jiao Zongxia  
Jiang Jihai Sun Lining**Members of Editorial Committee:**Ding Wensi Wang Junzheng Wang Taiyong  
Lu Wenhui Liu Xinhui Liu Xiaochu  
Liu Yanjun Liu Yihua Quan Long  
Ruan Jian Chen Chaozhi Chen Zhangwei  
Li Baoren Li Xiaoning Li Yunhua  
Min Xinhe Zhang Xianmin Zhang Tao  
Zhao Shengdun Hao Yucheng Shi Guanglin  
Gao Dianrong Yuan Ruibo Han Junwei  
Ji Hong**Chief Editor:** Min Xinhe**Vice Chief Editor:** Zhang Yanjun**Layout Design:** Deng Linqian**Tel:** (8620) 32385312**Web:** www.jcyyy.com.cn**E-mail:** jcy@gmeri.com**Distributed Range:** Distribution at home and abroad**Domestic Distributor:** Newspapers and Publications Board of Guangdong**Overseas Distributor:** China International Book Trading Corporation**Post Distribution Code:** 46-40**International Code:** SM 550**CONTENTS****INDUSTRIAL ROBOT COLUMN**

Research on Variable Stiffness Collision Sensor of Robot with Inertia Compensation

..... LIN Yizhong YI Yuqing  
QIN Qihang DU Liuming LIANG Ke (1)

Calibration Method for Robot Arm Based on Multiple Closed Loops Constrained by Work Trajectory

..... JIANG Zhouxiang QIN Pengju SU Rui  
LONG Zhongjie SONG Bao TANG Xiaoqi (6)

Research on Engine Bolt Tightening Based on Digital Twin

..... WANG Yuanyu LIU Yong WANG Junyi  
XU Zhigang YANG Xiao WU Linfeng (14)

Research on Force Control of Industrial Robot Based on Neural Network

..... ZHOU Shuai LIU Xiaoming (21)

Robot Joint Friction Identification Based on Improved LuGre Friction Model

..... WANG Xiaoqiang MU Chunyang  
MA Xing ZHANG Chuntao (26)

Path Planning of Mobile Robot with Deep Reinforcement Learning Based on Gradient Reward

..... YU Kaixuan LIN Fusheng  
SONG Zhifeng YU Lianqing (32)

A Robot SLAM Algorithm Based on Vision Laser and Inertia Sensor

..... WANG Liling ZHU Xuyang  
MA Dong WANG Hongrui (39)

Adaptive Fuzzy Control for Master-Slave Manipulators with Uncertainties

..... LI Chaofan WANG Fujie YU Yuanjia  
GUO Fang REN Bin FAN Kaifu (45)

Force/Position Hybrid Control of Constrained Multi-manipulator Based on Adaptive Reduced Order Sliding Mode Algorithm

..... ZHU Zhihao LI Wei GAO Zhi GUO Yu (51)

**TEST & RESEARCH**

Effect of Surface Wettability and Roughness on Friction Characteristics of Port Pair

..... GAO Dianrong WANG Zipeng  
LIANG Yingna LIU Xiaohui SHEN Miaomiao (57)

Experimental Study on Vibration Response Characteristics of Vertical Pipe String Based on Motor Towing System

..... SONG Wei ZHANG Yanan  
WANG Suling DONG Kangxing YUE Qianbei (64)

Fast Integral Terminal Sliding Mode Speed Control of Permanent Magnet Synchronous Motor Based on Improved Super-Twisting Algorithm  
..... NAN Yuyang ZHU Qixin  
LIU Hongli ZHU Yonghong (70)

Research on Screws Detection Method of Waste Products Based on YOLOX-Nano Network  
..... YANG Chen ZHANG Xiufen (75)

Post-Processing Customization of Horizontal Double-Station Four-Axis Machining Center Based on UG POST  
..... WANG Jun LI Wei LI Xiaopeng  
GUO Zhiwei WEI Xinyu LIU Bin (81)

Torque Characteristic Analysis of Double Stator Axial Couple Piston Motor  
..... WEN Desheng MIAO Yuhang  
LI Yazhou ZHU Hongfei (89)

Analysis and Test of Vibration Characteristics of Light Load Loader Gearbox  
..... YANG Jiajun  
TIAN Congfeng ZHANG Yuanyuan  
LI Donglang ZHANG Yan ZHAO Yong (94)

Research on Automatic Control of Coal Mine Auxiliary Transportation Transfer Based on Finite State Machine  
..... WANG Wen WU Juan  
JIN Shukui QIU Jiandu (101)

Nonuniform-Layer Filling Method for Multi-axis Additive Manufacturing of Parts with Overhang Structure  
..... GENG Cong GENG Dapeng WANG Jinjie (109)

Structural Improvement and Control System Design of Garbage Bin Elevator  
..... LI Changzheng ZHU Baohua  
TU Jiajia SHI Weimin (115)

The Influence of High Viscosity Gear Pump Operation and Structural Parameters on the Pressure Field in Pump  
..... LIU Chunbo SUN Zhi  
HU Jiahui ZHANG Xudong (122)

Design and Research of Rib Peeling and Chamfering Device for High Strength Steel Bar  
..... NIU Huli YANG Shuo YANG Jiajun  
SUN Xiaoting ZHANG Jiayu (128)

Effect of Strain Level at Strain Gauge Position on Rotary Bending Fatigue Test  
..... ZHANG Lingyun FU Yao  
HE Jiandong TIAN Xiaotian LIU Sidong (135)

Design of Control System for Special Container Automatic Packaging Equipment Based on PLC  
..... FAN Zhiheng YANG Dazhi  
HUANG Renjie LIU Zhongbin DUAN Lin (141)

Study on Dynamic Characteristics of Oil-Gas Hybrid Shock Absorber  
..... ZHAO Feng LONG Jiang  
WANG Zhilong LIN Qingsong (146)

Analysis and Design of Magnetorheological Transmission Device Size Optimization  
..... MA Jianzuo DING Ping CHEN Song (153)

Diagnosis Sequence Decision-Making of Positive Flow Hydraulic Excavator Walking Deviation  
..... ZHANG Jing LUO Nanlan  
ZHENG Haitao WANG Gaolong ZHANG Hao (159)

**MODELING & SIMULATION**

Structural Optimization of Triangular Damping Groove of Four Assignment Windows Axial Piston Pump  
..... ZHOU Wei WEI Lixin  
GAO Youshan ZHANG Rui (166)

Research on the Sensing Method of Carrying Capacity of Hydraulic Support Canopy Based on Space Force System  
..... LI Heng GAO Fei  
YUAN Xiang LIAN Zisheng (171)

Dual Loop Cross-Coupled Sliding Mode Synchronous Control for H-platform  
..... LIU Qiang GAO Liwei  
WANG Wei CAO Wanghui WANG Zixi (177)

Research on Vehicle Attitude Control of Hydraulic Electrical Energy-Regenerative Suspension  
..... TANG Yufei WU Zhifei  
ZHANG Cuiping WANG Zengrong (183)

Study on Lubrication Characteristics of Textured Hydrodynamic Journal Bearing under Various Flow Regime  
..... WU Zhou ZHAO Jianxin MAO Yazhou (190)

Research on Real-Time Speed Regulation and Load-Sensing Control of Proportional Relief Valve  
..... KONG Xiangkai LI Junshi (197)

**FAULT DIAGNOSIS & RELIABILITY**

Multi-scale Weighted CEEMD-1DCNN Rotating Machinery Fault Diagnosis  
..... DU Wenliao GAO Junjie YANG Lingkai  
GONG Xiaoyun WANG Hongchao JI Lianqing (202)

Remaining Life Prediction of Rolling Bearings Based on Multi-Feature Fusion and HPO-RVM  
..... LI Zixuan GAO Bingpeng (209)