

# 机床与液压

MACHINE TOOL & HYDRAULICS

工业机器人专辑

2020.15

半月刊 第48卷  
总第513期  
www.jcyyy.com.cn

ISSN 1001-3881  
CN44-1259/TH



中文核心期刊 中国科技期刊精品数据库收录期刊 中国科技论文统计源期刊 CODE JYEEV 1973年创刊  
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）



机器人及关键零部件  
智能装备 智能工厂

密封 润滑 密封胶  
液压 光机电一体化

机器人检测  
汽车零部件检测  
油液与设备状态检测



让智能科技更好地为人类服务



机床与液压

2020年第15期

第48卷第513期

2020年8月上半月

# 机床与液压 JICHUANG YU YEYA

1973 年创刊

第 48 卷第 15 期 (总第 513 期) 2020 年 8 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: 卢文辉  
编 辑: 张楠  
版面设计: 斯淑珍  
电话: 020-32385312 电子邮箱: jcy@gmeri.com  
英文专版采编中心 (重庆理工大学期刊社)  
电话: 023-68667984, E-mail: jdygcyw@126.com  
**广告发行部**  
广告策划: 徐瑾瑾  
美术编辑: 陈雁琼  
电话: 020-32385311  
电子邮箱: adv@gmeri.com  
发 行: 廖孟洁 发行热线: 020-32389676  
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  
ISSN1001-3881 国外发行代号: BM 550  
CN44-1259/TH 定价: 20 元/期, 480 元/年

# 目 次

## ◀ 工业机器人专栏 ▶

破拆机器人臂系液压系统能量回收仿真研究  
..... 柴鹏 岑豫皖 叶小华 黄建中 王丽华 (1)

基于正交试验的柔性微夹持器参数权重分析  
..... 伍建军 刘拓 朱迅 (7)

铁路牵引变电所智能巡检机器人的研制  
..... 谢佳奇 朱家诚 魏俊杰 杨徐 (12)

工业机器人整机性能影响机制试验研究  
..... 王茂林 李本旺 管越 易渝蛟 (17)

一种海洋平台清洗机器人吸附机构研究  
..... 王春光 周玉林 张志利 张建新 (22)

三相伞状支撑式管道清洁机器人的设计与研究  
..... 李东炜 李嘉锐 (27)

特种检测设备的运动学分析  
..... 何高清 曹亮 (30)

基于工业机器人的木托盘自动打钉系统  
..... 尹志浩 何玉安 高晋生 (34)

仿人手精巧抓取柔性末端结构设计与变形特性研究  
..... 涂琴 岳东海 王延杰 刘光新 (38)

两轮自平衡机器人姿态误差的神经网络补偿研究  
..... 黎小巨 殷素峰 陈洵凇 谢小鹏 (44)

KR16-2 机器人运动学分析及路径规划  
..... 丛志文 王好臣 高茂源 王泽政 李家鹏 (50)

串联液压伺服机械手消除抖动的控制算法研究  
..... 张传胜 秦宇飞 赵利锋 (56)

基于任务优先级选择方法的双机器人协调联控研究  
..... 何彬彬 黄青丹 宋浩永 饶锐 (59)

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。

机器人制造单元自动装卸控制系统设计  
..... 王元生 朱璟 王其松 (62)

基于多机器人的智能生产线仿真设计  
..... 熊隽 陈运军 陈林 (66)

铸件毛坯自动修复机器人设计与实验研究  
..... 田有贵 (72)

卷积神经网络算法在工件抓取中的应用  
..... 田跃欣 吴芬芬 (76)

拖动示教喷涂机器人的设计与优化  
..... 王艳春 耿金良 刘达 (81)

◀ 试验与研究 ▶

磁流变液阻尼器阻尼通道内部塞流区边界位置的分析  
..... 刘增光 胡远志  
魏列江 罗小梅 吕庆军 (88)

数控机床可控励磁直线同步电动机无速度传感器控制研究  
..... 蓝益鹏 任朝斌 (93)

准双曲面齿轮 HFT 磨齿齿面接触区预测方法研究  
..... 唐思成 聂少武  
黄菊花 张华 揭钢 徐勇 (97)

基于 QGA-SVR 的工件表面粗糙度预测和分析  
..... 陆德光 张太华 徐卫平 (103)

航空叶片精锻模具设计与数控加工  
..... 杨根 张立昌 林何 魏忠轩 (109)

高温合金 GH4169 铣削振动试验研究  
..... 于风云 郭绍炳  
付云良 张力猛 高坡 (114)

基于液压调平大阻尼系统的模糊 PID 控制研究  
..... 罗艳蕾 屠松庭 石立明 (118)

基于 MATLAB 图像处理的直齿圆柱齿轮参数测量  
..... 郭忠峰 杨子豪 王赫莹 (122)

双转台五轴机床加工代码的转换与应用  
..... 唐佳 韩鹏飞 蔡晔敏 冷星环 (127)

基于 LabVIEW 钻孔测斜设备承压性能试验台的设计  
..... 陈赟 (133)

锂离子铝壳电池模组焊丝末端智能监测系统研究  
..... 刘立新 盛青山 赵晓燕 (137)

低压密封性能检测回路中溢流安全阀设计  
..... 孙磊厚 刘光新 朱银芬 吴锋 (141)

面向无人机协助的应急响应中的危急感知调度策略  
..... 林勇 (144)

◀ 建模与仿真 ▶

油气润滑条件下电主轴轴承腔内多相流特性分析  
..... 张丽秀 屈鑫 吴玉厚 张日 (149)

布浆器的纸浆适用性仿真分析  
..... 巩飞 郭鸿浩 王研艳 (156)

带有三角形节流槽的支架换向阀工作性能分析  
..... 张占东 吕凯波 姚利花  
韩灏 王晨升 张瑞平 (161)

镍基高温合金车削热通量模型研究  
..... 李钦奉 宋霄  
李辉 庞浩 李国超 (166)

电动公交车驱动与再生制动遗传优化鲁棒控制  
..... 李华鑫 张光德 马强 (171)

HMCVT 液压系统自适应模糊 PID 联合仿真研究  
..... 鲍明喜 倪向东 赵新 韩双蔓 (177)

3D 打印技术在武器装备零件维修中的应用  
..... 张永弟 李宁 崔洪斌 杨光 (184)

◀ 综述与分析 ▶

高硬度航空合金铣削颤振研究进展  
..... 刘添亿 林有希 左俊彦 (188)

设备上云技术研究现状与展望  
..... 李文迪 陈华伟 伍权 徐卫平 (194)

◀ 故障诊断与可靠性 ▶

张量秩- $(L_r, L_r, 1)$  分解算法在机械故障盲源分离中的应用  
..... 魏连友 朱亚军  
金林彩 张珍 易灿灿 (199)

工业机器人末端执行器配套风管故障风险评估研究  
..... 杨云鹏 (204)



---



---

# MACHINE TOOL & HYDRAULICS

Half-Monthly

Vol. 48 No. 15 Aug. 2020

---



---

**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:** Lu Wenhui

**Editor:** Zhang Nan

**Layout Design:** Si Shuzhen

**Tel:** (8620) 32385312

**Web:** www.jcyyy.com.cn

**E-mail:** jcy@gmeri.com

English Special-Edition Editorial Center (Periodicals  
Office of Chongqing University of Technology)

**Tel:** (8623) 68667984

**E-mail:** jdygcyw@126.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:** BM 550

---



---

## CONTENTS

### INDUSTRIAL ROBOT COLUMN

- Energy Recovery Simulation Research of Demolition Robot Arms  
Hydraulic System ..... CHAI Peng    CEN Yuwan  
YE Xiaohua    HUANG Jianzhong    WANG Lihua (1)
- Parameter Weight Analysis of Flexible Microgripper Based on  
Orthogonal Test  
..... WU Jianjun    LIU Tuo    ZHU Xun (7)
- Development of Intelligent Inspection Robot for Railway Traction  
Substation ..... XIE Jiaqi  
ZHU Jiacheng    WEI Junjie    YANG Xu (12)
- Experimental Study on the Impact Mechanism of Overall Machine  
Performance of the Industrial Robot  
..... WANG Maolin    LI Benwang  
GUAN Yue    YI Yujiao (17)
- Research on Adsorption Mechanism of a Marine Platform Cleaning  
Robot ..... WANG Chunguang  
ZHOU Yulin    ZHANG Zhili    ZHANG Jianxin (22)
- Design and Research of Three-phase Umbrella Supported Pipeline  
Cleaning Robot  
..... LI Dongwei    LI Jiarui (27)
- Kinematics Analysis of Special Detection Equipment  
..... HE Gaoqing    CAO Liang (30)
- Automatic Nailing System for Wooden Pallet Based on Industrial  
Robot  
..... YIN Zhihao    HE Yu'an    GAO Jinsheng (34)
- Study on the Structure Design and Deformation Characteristics  
of Flexible End-effectors with Humanoid Exquisite Grasp  
Function ..... TU Qin  
YUE Donghai    WANG Yanjie    LIU Guangxin (38)
- Research on Neural Network Compensation for Attitude Error of  
Two-wheeled Self-balancing Robot  
..... LI Xiaoju    YIN Sufeng  
CHEN Xunlin    XIE Xiaopeng (44)
- Kinematics Analysis and Path Planning of KR16-2 Robots  
..... CONG Zhiwen    WANG Haochen  
GAO Maoyuan    WANG Zezheng    LI Jiapeng (50)
- Research on the Control Algorithm for Eliminating Series Hydraulic  
Servo Manipulator Jitter  
..... ZHANG Chuansheng    QIN Yufei    ZHAO Lifeng (56)
- Research on Coordination Control of Dual-robot Based on Task  
Priority Selection Method  
..... HE Binbin    HUANG Qingdan  
SONG Haoyong    RAO Rui (59)



Design of Automatic Loading and Unloading Control System for Robot Manufacturing Cell  
..... WANG Yuansheng ZHU Jing WANG Qisong (62)

Simulation Design of Intelligent Production Line Based on Multi-robot  
..... XIONG Jun CHEN Yunjun CHEN Lin (66)

Design and Experimental Study of an Automatic Repair Robot for Casting Blank  
..... TIAN Yougui (72)

Application of Convolutional Neural Network Algorithm in Artifact Grabbing  
..... TIAN Yuexin WU Fenfen (76)

Design and Optimization of Drag Teaching Spraying Robot  
..... WANG Yanchun GENG Jinliang LIU Da (81)

**TEST & RESEARCH**

Analysis of Boundary Position of Plug Flow Region in the Damping Channel of Magnetorheological Fluid Damper  
..... LIU Zengguang HU Yuanzhi  
WEI Liejiang LUO Xiaomei LV Qingjun (88)

Research on Speed Sensorless Control of Controllable Excitation Linear Synchronous Motor for CNC Machine  
..... LAN Yipeng REN Chaobin (93)

A Prediction Method of Tooth Contact State for Hypoid Gear with HFT Grinding  
..... TANG Sicheng NIE Shaowu  
HUANG Juhua ZHANG Hua JIE Gang XU Yong (97)

Prediction and Analysis of Workpiece Surface Roughness Based on QCA-SVR  
..... LU Deguang ZHANG Taihua XU Weiping (103)

Design and NC Machining of Precision Forging Die of Aviation Blade  
..... YANG Gen ZHANG Lichang  
LIN He WEI Zhongxuan (109)

Study on Vibration Test of Superalloy GH4169 Milling  
..... YU Fengyun GUO Shaobing  
FU Yunliang ZHANG Limeng GAO Po (114)

Research on Fuzzy-PID Control for Large Damping System Based on Hydraulic Leveling  
..... LUO Yanlei TU Songting SHI Liming (118)

Parameter Measurement of Straight Spur Gear Based on MATLAB Image Processing  
..... GUO Zhongfeng YANG Zihao WANG Heying (122)

Conversion and Application of Machining Code of Five-axis Machine Tool with Double Turntable  
..... TANG Jia HAN Pengfei  
CAI Yemin LENG Xinghuan (127)

Design of Pressure Bearing Performance Experimental Stand for Borehole Inclinomater Based on LabVIEW  
..... CHEN Yun (133)

Research on Intelligent Monitoring System of Welding Wire End of Lithium-ion Aluminum Case Battery Module  
..... LIU Lixin SHENG Qingshan ZHAO Xiaoyan (137)

Design of Overflow Safety Valve in Low Pressure Sealing Performance Test Circuit  
..... SUN Leihou LIU Guangxin  
ZHU Yinfen WU Feng (141)

Criticality Aware Scheduling Strategy for UAV Assisted Emergency Response ..... LIN Yong (144)

**MODELING & SIMULATION**

Analysis of Multi-phase Flow Characteristics in Bearing Cavity of Motorized Spindle under Oil-gas Lubrication  
..... ZHANG Lixiu QU Xin  
WU Yuhou ZHANG Ri (149)

Simulation Analysis of Paper Pulp Applicability of a Pulp Distributor  
..... GONG Fei GUO Honghao WANG Yanyan (156)

Operation Performance Analysis of Hydraulic Support Directional Valve with Triangular Throttling Groove  
..... ZHANG Zhandong LV Kaibo YAO Lihua  
HAN Hao WANG Chensheng ZHANG Ruiping (161)

Research on the Turning Heat Flux Model of Nickel-based Superalloy ..... LI Qinfeng SONG Xiao  
LI Hui PANG Hao LI Guochao (166)

Robust Control of Genetic Optimization Algorithm for Electric Bus Driving and Regenerative Braking  
..... LI Huaxin ZHANG Guangde MA Qiang (171)

Research on Adaptive Fuzzy PID Joint Simulation of HMCVT Hydraulic System  
..... BAO Mingxi NI Xiangdong  
ZHAO Xin HAN Shuangman (177)

Application of 3D Printing Technology in Maintenance of Weapon Equipment Parts ..... ZHANG Yongdi  
LI Ning CUI Hongbin YANG Guang (184)

**REVIEW & ANALYSIS**

Research Progress on Milling Vibration for High-hardness Aeronautical Alloy  
..... LIU Tianyi LIN Youxi ZUO Junyan (188)

Research Situation and Prospect of Equipment on Cloud Technology ..... LI Wendi  
CHEN Huawei WU Quan XU Weiping (194)

**FAULT DIAGNOSIS & RELIABILITY**

Application of Tensor Rank- $(L_r, L_r, 1)$  Decomposition Algorithm in Blind Source Separation of Mechanical Faults ..... WEI Lianyou ZHU Yajun  
JIN Lincai ZHANG Zhen YI Cancan (199)

Study on the Risk Assessment of Blast Pipe Failure of Industrial Robot End-effector ..... YANG Yunpeng (204)