

# 机床与液压

## JICHUANG YU YEYA

1973 年创刊

第 50 卷第 23 期 (总第 569 期) 2022 年 12 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：陈雁琼  
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：BM 550

定价：20 元/期，480 元/年

ISSN 1001-3881  
CN 44-1259/TH

# 目 次

## ◀ 工业机器人专栏 ▶

基于测地线的移动机器人轨迹规划方法  
..... 刘鹏程 张连东 宋雪萍 (1)

宏微 3-RPR 并联机构运动学精确求解  
..... 许有熊 顾人杰 刘晓锋 朱松青 (6)

面向狭小环境检测的柔性机器人运动建模与控制研究  
..... 张恒 齐飞 窦小明 姜加伟  
    白东明 裴海珊 朱靖 (12)

融合改进 RRT 和动态窗口法的路径规划算法  
..... 辛鹏 马希青 (20)

隧道反光环清洗机器人的设计与实验研究  
..... 沈玉频 李玉寒 首照宇 赵晖 (25)

基于气动软体驱动器的可穿戴手功能康复装置  
..... 李康 毕学文 李隆飞 赵云伟 (30)

融合动态窗与改进 RRT 的全位置机器人路径规划算法研究  
..... 张海波 严小珊 毕齐林 唐惠玲 (35)

UKF 算法在七自由度机械臂逆运动学求解的应用  
..... 黄宗建 方涛 (44)

气动技术与构型组合在机器人领域的应用  
..... 姜飞龙 刘昊 柳民 柴大霞  
    胡月明 曹坚 李心雨 (50)

一种用于控制工业机器人运动轨迹误差的观测控制策略  
研究  
..... 马磊 郭鹏远 杨小强 (56)

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。

### ◀ 试验与研究 ▶

- 直写铸造蜡沉积成型数值模拟分析与实验  
..... 莫海军 王顺栋 梁道明 (61)
- 新型立铣刀高速铣削碳纤维复合材料试验研究  
..... 范宜鹏 林有希  
王林建 禹杰 黄俊轲 (70)
- 不同磨削参数下高温合金磨削温度场的数值模拟  
及试验研究  
..... 韩昭 曹蔚 陈子琦 闫建颖  
吴佳军 胡盈盈 瞿金秀 张曼 (76)
- 非结构环境空置域识别与放置点选取算法研究  
..... 任工昌 张路平 刘朋 桓源 (82)
- 自走式蓝莓采摘机行走液压系统的设计与仿真  
..... 李健 张皓瑜 郭艳玲  
王扬威 李志鹏 (88)
- 基于改进 Faster R-CNN 的航空发动机制件表面  
缺陷检测算法  
..... 唐嘉鸿 黄硕 田春岐 (93)
- 基于复合电液式的大惯量回转机构制动能量回收  
研究  
..... 王天义 田勇 徐凤乾 (99)
- 燃油泵齿轮受力分析及其近似计算方法  
..... 顾广溪 郭垠昊 王峥嵘 (105)
- 基于残差全连接神经网络机床传动轴刚度预测  
研究  
..... 林皓纯 陈秀梅  
史凤梁 王鹏家 (110)
- 基于离散傅里叶变换的永磁同步电机驱动系统  
电流测量偏置误差在线补偿方法  
..... 张军 张杰 龙江 (114)
- 某型飞机尾橇缓冲器动态性能分析和试验方法  
研究  
..... 张奇 (119)
- 伺服阀小开口的流量非线性特征  
..... 蒋博文 张振华 王飞 延皓 (124)
- 基于协同作业的智能制造生产线设计  
..... 李坤 伍星亮 (128)

- 刀片定位精度标定方法设计  
..... 张中明 高庆云  
吴晓苏 王赞 (134)
- 大数量级难加工小孔零件数控加工工艺分析及切  
削参数优化研究  
..... 刘冉冉 宁玲玲 郑健 (141)

### ◀ 建模与仿真 ▶

- 基于新型趋近律的永磁同步电机非奇异终端滑模  
控制  
..... 朱其新 黄旭 朱永红 (148)
- 基于小位移旋量公差建模和蒙特卡洛模拟的装  
配体公差优化设计方法  
..... 李晓晓 吴昊荣  
孙付春 赵永鑫 (153)
- JZG72 型偏心式死绳固定器绳轮的力学特性分析  
..... 易先中 张仕帆 周元华  
陈泽群 冀玉松 蔡星星 李培梅 (160)
- 机电液动力耦合电动汽车动力传动原理  
..... 刘朔 张洪信  
赵清海 杨健 孟泽文 (166)
- 基于小波变换的双阈值水下焊缝图像边缘检测  
研究  
..... 李盛前 张小帆 (173)

### ◀ 故障诊断与可靠性 ▶

- 基于模糊认知图的轴承故障诊断方法研究  
..... 韩光信 甘群丰  
于天暝 陆洋 胡云峰 (179)
- 基于随机共振的轴承早期微弱故障诊断  
..... 赵团团 蒋甲丁 臧能义 (184)
- 矿用梭车蜗轮蜗杆减速器故障分析与改进  
..... 刘小霞 惠忠文 (190)
- 基于小波包能量谱的工业机器人智能故障诊断  
..... 李振东 李先祥 周星 (194)
- 信息 ..... (24)、(43)、(49)、  
(69)、(92)、(133)、(193)

# MACHINE TOOL & HYDRAULICS

Half-Monthly

Vol. 50 No. 23 Dec. 2022

**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:** BM 550

# CONTENTS

## INDUSTRIAL ROBOT COLUMN

Method for Trajectory Planning of Mobile Robot Based on Geodesics .....	LIU Pengcheng ZHANG Liandong SONG Xueping (1)
Kinematics Precise Solution of Macro-Micro 3-RPR Parallel Mechanism .....	XU Youxiong GU Renjie LIU Xiaofeng ZHU Songqing (6)
Motion Modelling and Control of Flexible Robots for Narrow Environment Detection .....	ZHANG Heng QI Fei DOU Xiaoming JIANG Jiawei BAI Dongming PEI Haishan ZHU Jing (12)
Path Planning Algorithm Based on Improved RRT and Dynamic Window Method .....	XIN Peng MA Xiqing (20)
Design and Experimental Research of a Cleaning Robot for Tunnel Reflective Ring .....	SHEN Yupin LI Yuhan SHOU Zhaoyu ZHAO Hui (25)
Wearable Robot for Hand Rehabilitation Based on Pneumatic Soft Actuator .....	LI Kang BI Xuewen LI Longfei ZHAO Yunwei (30)
Research on Path Planning Algorithm of All-Position Robot Based on Dynamic Window and Improved RRT .....	ZHANG Haibo YAN Xiaoshan BI Qilin TANG Huiling (35)
Application of UKF Algorithm in Solving Inverse Kinematics of 7-DOF Manipulator .....	HUANG Zongjian FANG Tao (44)
Application of Pneumatic Technology and Configuration Combination in Robotics .....	JIANG Feilong LIU Hao LIU Min CHAI Daxia HU Yueming CAO Jian LI Xinyu (50)
Design of a Motion Error Observation Control Strategy for the Motion Trajectory of Industrial Robot .....	MA Biao GUO Pengyuan YANG Xiaoqiang (56)

## TEST & RESEARCH

Numerical Simulation Analysis and Experiment of the Extrusion and Deposition for Casting Wax with Direct Ink Writing  
 ..... MO Haijun WANG Shundong  
 LIANG Daoming (61)

Experimental Research on High Speed Milling of Carbon Fiber Composite Material with New Type of End Mill  
 ..... FAN Yipeng LIN Youxi  
 WANG Linjian YU Jie HUANG Junke (70)

Numerical Simulation and Experimental Verification of Temperature Field under Different Grinding Parameters  
 ..... HAN Zhao CAO Wei CHEN Ziqi  
 YAN Jianying WU Jiajun HU Yingying  
 QU Jinxiu ZHANG Man (76)

Research on the Algorithm of Vacant Domain Identifying and Placing Points Selection in Unstructured Environment  
 ..... REN Gongchang ZHANG Luping  
 LIU Peng HUAN Yuan (82)

Design and Simulation of Walking Hydraulic System of Self-propelled Blueberry Harvester  
 ..... LI Jian ZHANG Haoyu  
 GUO Yanling WANG Yangwei LI Zhipeng (88)

Aeroengine Parts Surface Defects Detection Algorithm Based on Improved Faster R-CNN  
 ..... TANG Jiahong HUANG Qi TIAN Chunqi (93)

Research on Braking Energy Recovery of Large Inertia Rotary Mechanism Based on Compound Electro-hydraulic  
 ..... WANG Tianyi TIAN Yong XU Fengqian (99)

Force Analysis and Approximate Calculation Method of Fuel Pump Gear  
 ..... GU Guangxi GUO Yin hao WANG Zhengrong (105)

Research on Stiffness Prediction of Machine Tool Transmission Shaft Based on Residual Fully Connected Neural Network  
 ..... LIN Haochun CHEN Xiumei  
 SHI Fengliang WANG Pengjia (110)

Online Current Measurement Offset Error Compensation Method for PMSM Drive System Based on Discrete Fourier Transform  
 ..... ZHANG Jun ZHANG Jie LONG Jiang (114)

Research on Dynamic Performance Analysis and Test Method of a Certain Aircraft Tail Skid Buffer  
 ..... ZHANG Qi (119)

Nonlinear Flow Characteristics of Servo Valve with Small Opening  
 ..... JIANG Bowen ZHANG Zhenhua  
 WANG Fei YAN Hao (124)

Design of Intelligent Manufacturing Production Line Based on Collaborative Operation  
 ..... LI Kun WU Xingliang (128)

Design of Verification Method of Blade Positioning Accuracy  
 ..... ZHANG Zhongming GAO Qingyun  
 WU Xiaosu WANG Yun (134)

CNC Processing Process Analysis and Cutting Parameters Optimization for Large-Scale Hard-to-Machining Holes  
 ..... LIU Ranran NING Lingling ZHENG Jian (141)

## MODELING & SIMULATION

Non-singular Terminal Sliding Mode Control of Permanent Magnet Synchronous Motor Based on New Reaching Law  
 ..... ZHU Qixin HUANG Xu ZHU Yonghong (148)

An Assembly Tolerance Optimization Design Method Based on SDT Tolerance Modeling and Monte Carlo Simulation  
 ..... LI Xiaoxiao WU Haorong  
 SUN Fuchun ZHAO Yongxin (153)

Mechanical Characteristics Analysis of JZG72 Eccentric Deadline Anchor Sheave  
 ..... YI Xianzhong ZHANG Shifan  
 ZHOU Yuanhua CHEN Zequn  
 JI Yusong CAI Xingxing LI Peimei (160)

Electro-Mechanical-Hydraulic Power Transmission Principle for Electric Vehicles  
 ..... LIU Shuo ZHANG Hongxin  
 ZHAO Qinghai YANG Jian MENG Zewen (166)

Research on Double-Threshold Edge Detection for Under-Water Welding Seam Image Based on Wavelet Transform  
 ..... LI Shengqian ZHANG Xiaofan (173)

## FAULT DIAGNOSIS & RELIABILITY

Research on Bearing Fault Diagnosis Method Based on Fuzzy Cognitive Maps  
 ..... HAN Guangxin GAN Qunfeng  
 YU Tianming LU Yang HU Yunfeng (179)

Bearing Early Weak Fault Diagnosis Based on Stochastic Resonance  
 ..... ZHAO Tuantuan JIANG Jiading  
 ZANG Nengyi (184)

Fault Analysis and Improvement of Worm Gear Reducer for Mining Shuttle Car  
 ..... LIU Xiaoxia HUI Zhongwen (190)

Intelligent Fault Diagnosis of Industrial Robot Based on Wavelet Packet Energy Spectrum  
 ..... LI Zhendong LI Xianxiang ZHOU Xing (194)