

# 机床与液压

MACHINE TOOL & HYDRAULICS

2021.12

半月刊 第49卷  
总第534期  
www.jcyyy.com.cn

ISSN1001-3881  
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

JICHUANG YU YEYA

1973 年创刊

第 49 卷第 12 期 (总第 534 期) 2021 年 6 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  
编 辑: 张楠  
版面设计: 斯淑珍  
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  
广告热线: 020-32385311  
发行热线: 020-32389676  
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

ISSN1001-3881  
CN44-1259/TH

# 目 次

## ◀ 试验与研究 ▶

管内智能封堵器调速节能装置模糊 PID 控制方法研究

..... 高博轩 赵弘 吴婷婷 (1)

高温合金切削刀具表面凹槽织构参数的优化研究

..... 乐祺中 雷学林 吴波涛 张俊楚 肖懿洋 (6)

外圆车削 TC4 钛合金颤振稳定性极限预测

..... 李绍朋 王利强 吕志杰 (12)

空间直线度最小区域的一般化判别方法

..... 秦玲 黄美发 唐哲敏 刘廷伟 (19)

利用开关卡尔曼滤波器的目标跟踪技术研究

..... 尹旷 王红斌 胡帆 张铁 方健 喇元 (23)

数字图像相关亚像素位移测量中迭代相关系数曲面拟合

算法研究

..... 李荣丽 郭琦 刘小勇 秦昕洲 范依航

高嵩 郝兆朋 孔清屿 (29)

基于非线性能量阱的小卫星飞轮微振动抑制

..... 蒋权 鄢吉多 林芸 (33)

航空形状记忆合金永久连接钛管连接件性能评价技术及

试验研究

..... 郭浩然 张宗华 隋明丽 黄自力 蒋红岩 (41)

恒压恒流凸轮柱塞泵凸轮曲线特性分析及优化

..... 董小杏 骆科技 王和顺 朱维兵 (47)

采用电动液压执行机构对机床进行主动隔振研究

..... 李爱民 王启广 (52)

环境振动对工业机器人位置重复性的影响

..... 吴清锋 胡伟健 王清忠 王海霞 (57)

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。

异形薄壁件加工工艺优化研究

..... 刘冠成 李玲辉 张海洋 毕凯  
张东东 李强 王凯 (60)

基于 UG 和 VERICUT 的维纳斯四轴数控加工研究  
..... 佛新岗 (64)

◀ 设计与开发 ▶

新型压力管道绘制技术的研究  
... 周航 周伟 李治和 刘泽威 唐琪 (68)

面向维修的备件共享服务及配置优化 .....  
王成 许建新 李连玉 王红军 张振明 (71)

基于视觉路径识别的智能车控制系统设计  
..... 焦冰 李琳 邱会然 (78)

基于 STM32+FPGA 的多轴运动控制器的设计 .....  
..... 胡呈祖 周军连 (82)

基于 WSNs 的大型机械设备远程监控系统设计  
..... 王斌 (87)

基于田口法与遗传算法相结合的液静压导轨优化  
设计  
..... 马辉 冉翠翠 (93)

一种多轴电液转向系统的优化设计  
..... 李西德 胡文才 彭建军 张国勇 (99)

基于 ADAMS 的理想铰约束模型的局限性研究  
..... 兰希园 (104)

重载精密数控回转工作台的滚滑复合导轨设计  
..... 王全宝 张伟华 李佳  
杨靖 杨林 (108)

预充针管脱巢机系统设计  
..... 胡世福 (112)

◀ 建模与仿真 ▶

三角形均压槽气浮轴承结构分析和仿真研究 .....  
..... 唐志文 李佳 刘源炯 (116)

湿式离合器液压执行系统建模与仿真  
..... 曾小华 陈虹旭 董兵兵 宋大风 (120)

基于静态加载和 CEL 的纯水射流冲击压力有限  
元分析 ..... 崔贝贝 董建沛 贺占蜀  
赵树森 李大磊 王培卓 (126)

风沙流对戈壁风区桥梁防风栅响应规律的研究  
..... 高卫强 金阿芳 岳海燕 杨世佳 (131)

基于辨识模型的轨迹误差预测方法  
..... 张易晗 李学伟 孔令毅  
郑光明 井宸 (136)

摆线轮齿廓逆向设计的仿真加工  
..... 苏建新 孔令举 郭浩 (141)

复合载荷作用下轮轨接触特性有限元分析  
..... 涂文兵 项云鹏 杨锦雯 刘思雨 (146)

两栖复合腿机器人运动仿真及能耗分析  
..... 张冯 张尚盈 陈皓晖 (153)

泵阀并联驱动液压缸抗干扰控制器设计  
..... 吴斌 柏艳红 宋亦静 赵志诚 (158)

机床丝杠热膨胀零点及补偿技术研究  
..... 刘宏伟 杨锐 向华  
王平江 李波 陈国华 (162)

基于自适应滑模控制的随车起重机控制特性  
分析  
..... 曹传剑 宋慧 姜云春  
王培芹 于晓 (166)

多级液压缸级间缓冲性能数值模拟  
..... 周文平 杨彬 (171)

组合式空气减压阀性能建模研究  
..... 蔡冰 (175)

基于 Fluent 的径向柱塞泵滑靴设计及分析  
..... 何广进 (180)

◀ 综述与分析 ▶

多机器人轨迹规划研究综述及发展趋势  
..... 牛启臣 张弓 张功学 徐征  
吴月玉 侯至丞 杨文林 徐群华 (184)

◀ 故障诊断与可靠性 ▶

基于数据驱动的空压机集群智能诊断系统  
..... 侯大立 王宇 成凡 (190)

基于 MED 和 1.5 维能量谱的滚动轴承故障诊断 .....  
..... 刘晶 (196)

信息 ..... (11)、(170)

# MACHINE TOOL & HYDRAULICS

Half-Monthly

Vol. 49 No. 12 Jun. 2021

**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 Ruiibo   | Han Junwei    |
| Ji Hong       |               |               |

**Chief Editor:** Min Xinhe

**Vice Chief Editor:** Zhang Yanjun

**Editor:** Zhang Nan

**Layout Design:** Si Shuzhen

**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

### TEST & RESEARCH

|                                                                                                                                         |                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Research on Fuzzy PID Control Method of Speed Regulation and Energy Saving Device for In-pipe Intelligent Plugging Tool                 | GAO Boxuan ZHAO Hong WU Tingting (1)                                                        |
| Optimization Research on the Texture Parameters of Surface Grooves on Superalloy Cutting Tools                                          | YUE Qizhong LEI Xuelin WU Botao ZHANG Junchu XIAO Yiyang (6)                                |
| Prediction of Flutter Stability Limit of TC4 Titanium Alloy with Cylindrical Turning                                                    | LI Shaopeng WANG Liqiang LV Zhijie (12)                                                     |
| A General Discrimination Method for the Minimum Zone of Spatial Straightness                                                            | QIN Ling HUANG Meifa TANG Zhemin LIU Tingwei (19)                                           |
| Research on Target Tracking Technology Based on Switched Kalman Filter                                                                  | YIN Kuang WANG Hongbin HU Fan ZHANG Tie FANG Jian LA Yuan (23)                              |
| Study on Iterative Correlation Coefficient Surface Fitting Algorithm of Sub-pixel Displacement Measurement in Digital Image Correlation | LI Rongli GUO Qi LIU Xiaoyong QIN Xinzhou FAN Yihang GAO Song HAO Zhaopeng KONG Qingyu (29) |
| Microvibration Suppression of Flywheels Based on Nonlinear Energy Sink for Optical Satellites                                           | JIANG Quan YAN Jiduo LIN Yun (33)                                                           |
| Research on Performance Evaluation Technology and Experiment of SMA Permanent Joints with Titanium Alloy Tubing                         | GUO Haoran ZHANG Zonghua SUI Mingli HUANG Zili JIANG Hongyan (41)                           |
| Analysis and Optimization of Cam Curve of Constant Pressure and Constant Current Cam Pump                                               | DONG Xiaoxing LUO Keji WANG Heshun ZHU Weibing (47)                                         |
| Research on Active Vibration Isolation of Machine Tool by Using Electro-hydraulic Actuator                                              | LI Aimin WANG Qiguang (52)                                                                  |
| Influence of Environmental Vibration on Position Repeatability of Industrial Robots                                                     | WU Qingfeng HU Weijian WANG Qingzhong WANG Haixia (57)                                      |
| Research on Machining Process Optimization for Special-shaped Thin-walled Parts                                                         | LIU Guancheng LI Linghui ZHANG Haiyang BI Kai ZHANG Dongdong LI Qiang WANG Kai (60)         |

Research on Four-axis CNC Machining of Venus Based on UG  
and VERICUT  
..... FO Xingang (64)

DESIGN & DEVELOPMENT

Research on New Pressure Pipe Drawing Technology  
..... ZHOU Hang   ZHOU Wei   LI Zhihe  
LIU Zewei   TANG Qi (68)

Maintenance-oriented Spare Parts Sharing Service and Allocation  
Optimization  
..... WANG Cheng   XU Jianxin   LI Lianyu  
WANG Hongjun   ZHANG Zhenming (71)

Design of Intelligent Vehicle Control System Based on Visual  
Path Recognition   ... JIAO Bing   LI Lin   QIU Huiran (78)

Design of Multi Axis Motion Controller Based on STM32 + FPGA  
..... HU Chengzu   ZHOU Junlian (82)

Design of Remote Monitoring System for Large Mechanical  
Equipment Based on WSNs  
..... WANG Bin (87)

Optimal Design of Hydrostatic Guide Rail Based on Taguchi  
Method and Genetic Algorithm  
..... MA Hui   RAN Cuicui (93)

An Optimal Design of the Multiaxial Electro-hydraulic Steering  
System  
..... LI Xide   HU Wencai  
PENG Jianjun   ZHANG Guoyong (99)

Research on the Limitations of ADAMS-based Ideal Hinge  
Constraint Model   ..... LAN Xiyuan (104)

Design of Rolling and Sliding Composite Guide Rail for  
Heavy-duty Precision CNC Rotary Table  
..... WANG Quanbao   ZHANG Weihua  
LI Jia   YANG Jing   YANG Lin (108)

Design of Transfer Nest Assembly System for Prefilled Syringes  
..... HU Shifu (112)

MODELING & SIMULATION

Structural Analysis and Simulation Research of Aerostatic Bearings  
with Triangular Pressure Groove  
..... TANG Zhiwen   LI Jia   LIU Yuanjiong (116)

Modeling and Simulation of the Hydraulic Actuator System of  
Wet Clutch  
..... ZENG Xiaohua   CHEN Hongxu  
DONG Bingbing   SONG Dafeng (120)

Finite Element Analysis of Pure Water Jet Peening Impact  
Pressure Based on Static Loading and CEL  
..... CUI Beibei   DONG Jianpei   HE Zhanshu  
ZHAO Shusen   LI Dalei   WANG Peizhuo (126)

Study on Response Law of Wind-blown Sand Flow Around  
Bridge Wind Fences in Gobi Wind Area  
..... GAO Weiqiang   JIN Afang  
YUE Haiyan   YANG Shiquan (131)

Trajectory Error Prediction Method Based on Identification  
Model   ..... ZHANG Yihan   LI Xuewei   KONG Lingyi  
ZHENG Guangming   JING Chen (136)

Simulation Processing for Reverse Design of Cycloid Gear Profile  
..... SU Jianxin   KONG Lingju   GUO Hao (141)

Finite Element Analysis of Wheel-rail Contact Characteristics  
Under Combined Load  
..... TU Wenbing   XIANG Yunpeng  
YANG Jinwen   LIU Siyu (146)

Motion Simulation and Energy Consumption Analysis of  
Amphibious Compound Legs Robot  
..... ZHANG Feng   ZHANG Shangying  
CHEN Haohui (153)

Design of Anti-disturbance Controller for the Hydraulic  
Cylinder Driven by Pump-valve in Parallel   .....  
..... WU Bin   BAI Yanhong  
SONG Yijing   ZHAO Zhicheng (158)

Research on Thermal Expansion Zero Point and Compensation  
Technology of Machine Tool Lead Screw  
..... LIU Hongwei   YANG Rui   XIANG Hua  
WANG Pingjiang   LI Bo   CHEN Guohua (162)

Control Characteristics Analysis of Lorry-mounted Crane Based  
on Adaptive Sliding Mode Control  
..... CAO Chuanjian   SONG Hui   JIANG Yunchun  
WANG Peiqin   YU Xiao (166)

Numerical Analysis for Inter-stage Cushioning Characteristics of  
Telescopic Hydraulic Cylinder   .....  
..... ZHOU Wenping   YANG Bin (171)

Research on Performance Modeling of a Combined Air Pressure  
Reducing Valve   ..... CAI Bing (175)

Design and Analysis of Slipper for Radial Piston Pump Based  
on Fluent  
..... HE Guangjin (180)

REVIEW & ANALYSIS

Review and Development Trend of Multi-robot Trajectory  
Planning  
..... NIU Qichen   ZHANG Gong   ZHANG Gongxue  
XU Zheng   WU Yueyu   HOU Zhicheng  
YANG Wenlin   XU Qunhua (184)

FAULT DIAGNOSIS & RELIABILITY

Intelligent Diagnosis System of Air Compressor Cluster Based  
on Data-driven  
..... HOU Dali   WANG Yu   CHENG Fan (190)

Fault Diagnosis of Rolling Bearing Based on MED and 1.5-  
dimensional Energy Spectrum   ..... LIU Jing (196)