



ISSN 0254-3087  
2179/TH  
YYXUDY

# 仪器仪表学报

YIQI YIBIAO XUEBAO

CHINESE JOURNAL OF SCIENTIFIC INSTRUMENT

2020(9)

第41卷 第9期

Vol.41 No.9



中国仪器仪表学会主办

# 仪器仪表学报

YIQI YIBIAO XUEBAO

第 41 卷 第 9 期 2020 年 9 月

## 目 次

### 精密测量技术与仪器

旋转运动能量收集及其实现 .....	芮小博	张 宇	曾周末( 1 )
非侵入式负荷识别边缘计算颜色编码研究 .....	陈军锋	王 雪	张效天( 12 )
激光跟踪仪多参数误差模型与标定 .....	张和君	马俊杰	张 军( 20 )
基于双轴转台的寻北仪标定方案设计及验证 .....	翁 浚	陈学忠	刘 芸( 31 )
基于电流探头的标准场法环天线校准及不确定度分析 .....	秦 瑶	吴艳丽	刘 潇( 37 )
基于分布式光纤传感技术的结构受力测量新方法 .....	张中流	何 宁	何 斌 许滨华 姜彦彬( 45 )

### 故障预测与健康管理

无人机故障诊断技术研究进展概述 .....	苗建国	王剑宇	张 恒	苗 强( 56 )
系留式四旋翼无人机起降时的运动稳定性分析 .....	丁 力	刘 晨	刘小峰	郑 欣 吴洪涛( 70 )
基于 LSTM 循环神经网络的数控机床热误差预测方法 .....	谭 峰	李成南	萧 红	苏祖强 郑 凯( 79 )
风电场集电线路单相接地故障组合测距 .....	彭 华	朱永利	袁胜辉	( 88 )

### 传感器技术

集测厚与导波检测于一体的复合式电磁超声换能器研究 .....	唐志峰	孙兴涛	张鹏飞	郑 阳	吕福在( 98 )
用于检测压力与刚度的柔性磁致伸缩触觉传感器阵列 .....	翁 玲	高绍阳	王博文	黄文美	孙 英( 110 )
二维激光雷达与可见光相机外参标定方法研究 .....	黄志清	苏 毅	王庆文	张晨光	( 121 )
cTracker: 一种基于毫米波雷达传感器的室内人员快速检测与追踪系统 .....	黄 旭	牛 洁	( 130 )		
共模电流对多探头天线测量系统影响的研究 .....	郑煜铭	漆一宏	黎福海	王维龙	( 140 )

### 检测技术

管道纵向超声导波的对称模态转换特性分析 .....	王晓娟	赵 锴	郑 毅( 151 )		
城市空间典型下垫面温度监测与估算 .....	房国志	罗 毅	谢文清	刘汉林	商春雪( 161 )
多孔式套筒调节阀开孔设计及流激共振特性研究 .....	王伟波	蒋永兵	祝欣慰	王 凯	邵 杰( 169 )
基于漏磁内检测的自监督缺陷检测方法 .....	刘金海	赵 贺	神祥凯	鲁丹宇	唐建华( 180 )
一种基于视频的铁路周界入侵检测智能综合识别技术研究 .....	王 瑞	史天运	包 云	( 188 )	

### 生物信息检测

基于分数阶阻抗控制的 7 自由度机器人辅助主动康复训练方法 .....	陈 盛	邵 春	徐国政	高 翔( 196 )	
基于改进 VNet 的肺结节分割方法研究 .....	钟思华	王梦璐	郭兴明	张 瑶	郑伊能( 206 )
胶囊机器人驱动磁场的建模与测量 .....	郭志明	梁 亮	彭正乔	宋辉煌	( 216 )
基于图像法表征复杂背景下石膏雨液滴实验研究 .....	田 昌	蔡 杨	苏明旭	( 224 )	

### 信息处理技术

连续时间 T-S 动态故障树重要度分析方法 .....	陈东宁	魏 星	姚成玉	王传路	吕世君( 232 )
基于 LC 储能的串联电池组主动均衡方法研究 .....	郭向伟	刘 震	耿佳豪	胡治国	司 阳( 242 )
复杂城市环境下 GNSS/INS 组合导航可观测度分析及鲁棒滤波方法 .....	沈 凯	刘庭欣	左思琪	邓明涛	( 252 )
基于优化 FAEMD-OSELM 的 WSN 流量预测算法研究 .....	熊 俊	何 宽	李颖川	郁 滨	( 262 )
一种鲁棒且线性的 PnP 问题求解方法 .....	王 平	周雪峰	安爱民	何倩玉	张爱华( 271 )
基于扩展 Kalman 滤波的姿态信息融合方法研究 .....	卢艳军	陈雨荻	张晓东	张太宁	( 281 )

# CHINESE JOURNAL OF SCIENTIFIC INSTRUMENT

VOLUME 41 NUMBER 9 SEPTEMBER 2020

## CONTENTS

### Precision Measurement Technology and Instrument

- Rotational motion energy harvesting technology and its realization ..... Rui Xiaobo, Zhang Yu, Zeng Zhoumo( 1 )
- Non-intrusive load recognition using color encoding in edge computing ..... Chen Junfeng, Wang Xue, Zhang Xiaotian( 12 )
- Multi parameter error model and calibration of laser tracker ..... Zhang Hejun, Ma Junjie, Zhang Jun( 20 )
- Design and verification of north finder calibration scheme based on dual-axis turntable ..... Weng Jun, Chen Xuezhong, Liu Yun( 31 )
- Standard field method for loop antenna calibration and uncertainty analysis based on the current probe ..... Qin Yao, Wu Yanli, Liu Xiao( 37 )
- New method to measure structure stress based on distributed optical fiber technology ..... Zhang Zhongliu, He Ning, He Bin , Xu Binhua, Jiang Yanbin( 45 )

### Prognostic and Health Management

- Review of the development of fault diagnosis technology for unmanned aerial vehicle ..... Miao Jianguo, Wang Jianyu, Zhang Heng, Miao Qiang( 56 )
- Kinematic stability analysis of the tethered unmanned aerial vehicle quadrotor during take-off and landing ..... Ding Li, Liu Chen, Liu Xiaofeng, Zheng Xin, Wu Hongtao( 70 )
- A thermal error prediction method for CNC machine tool based on LSTM recurrent neural network ..... Tan Feng, Li Chengnan, Xiao Hong, Su Zuqiang, Zheng Kai( 79 )
- Combined fault location for single-phase grounding of wind farm collection line ..... Peng Hua, Zhu Yongli, Yuan Shenghui( 88 )

### Sensor Technology

- Research on composite electromagnetic ultrasonic transducer integrating thickness measurement and guided wave detection ..... Tang Zhifeng, Sun Xingtao, Zhang Pengfei, Zheng Yang, Lyu Fuzai( 98 )
- Flexible magnetostrictive tactile sensor array for pressure and stiffness detection ..... Weng Ling, Gao Shaoyang, Wang Bowen, Huang Wenmei, Sun Ying( 110 )
- Research on extrinsic parameter calibration method of 2D laser rangefinder (LRF) and visible light camera ..... Huang Zhiqing, Su Yi, Wang Qingwen, Zhang Chenguang( 121 )
- cTracker: A fast-indoor people detection and tracking system based on mmWave radar sensor ..... Huang Xu, Niu Jie( 130 )
- Research on common mode current aspect of multi-probe antenna measurement system ..... Zheng Yuming, Qi Yihong, Li Fuhai, Wang Weilong( 140 )

### Detection Technology

- Characteristics of symmetric mode conversion of longitudinal guided-wave modes in pipeline ..... Wang Xiaojuan, Zhao Kai, Zheng Yi( 151 )
- Urban area typical underlying surface temperature monitoring and estimation ..... Fang Guozhi, Luo Yi, Xie Wenqing, Liu Hanlin, Shang Chunxue( 161 )
- Study on the hole design and flow-induced resonance characteristics for porous sleeve regulating valve ..... Wang Weibo, Jiang Yongbing, Zhu Xinwei, Wang Kai, Shao Jie( 169 )
- Self-supervised defect detection method based on magnetic flux leakage internal detection ..... Liu Jinhai, Zhao He, Shen Xiangkai, Lu Danyu, Tang Jianhua( 180 )
- Research on an intelligent comprehensive recognition technology in railway perimeter intrusion detection based on videos ..... Wang Rui, Shi Tianyun, Bao Yun( 188 )

### Bioinformation Detection Technology

- 7-DOF robot-assisted active rehabilitation training method based on fractional impedance control ..... Chen Sheng, Tai Chun, Xu Guozheng, Gao Xiang( 196 )
- Study on the improved VNet network based pulmonary nodule segmentation method ..... Zhong Sihua, Wang Menglu, Guo Xingming, Zhang Yao, Zheng Yineng( 206 )
- Modeling and measurement of magnetic field for capsule robot driving ..... Guo Zhiming, Liang Liang, Peng Zhengqiao, Song Huihuang( 216 )
- Research on the measurement of gypsum rain based on digital imaging technique ..... Tian Chang, Cai Yang, Su Mingxu( 224 )

### Information Processing Technology

- Importance measures for continuous-time T-S dynamic fault tree ..... Chen Dongming, Wei Xing, Yao Chengyu, Wang Chuanlu, Lyu Shijun( 232 )
- Research on the active balancing method of series battery pack based on LC energy storage ..... Guo Xiangwei, Liu Zhen, Geng Jiahao, Hu Zhiguo, Si Yang( 242 )
- Observability analysis and robust fusion algorithms of GNSS/INS integrated navigation in complex urban environment ..... Shen Kai, Liu Tingxin, Zuo Siqi, Deng Mingtao( 252 )
- Research on WSN traffic prediction algorithm based on optimized FAEMD-OSELM ..... Xiong Jun, He Kuan, Li Yingchuan, Yu Bin( 262 )
- Robust and linear solving method for Perspective-n-Point problem ..... Wang Ping, Zhou Xuefeng, An Aimin, He Qianyu, Zhang Aihua( 271 )
- Attitude information fusion method based on extended kalman filter ..... Lu Yanjun, Chen Yudi, Zhang Xiaodong, Zhang Taining( 281 )



# 《仪器仪表学报》第七届编辑委员会

## 7<sup>th</sup> Editorial Committee of Chinese Journal of Scientific Instrument

(以姓氏笔画为序)

主 编 (Editor-in-Chief) 张钟华

副 主 编 (Deputy Editor-in-Chief)

王威琪 王 雪 石为人 林 君 徐运忠 曾周末 谭久彬

委 员 (Editorial Committee Members)

Arkady Voloshin (USA)	Brian Lee (USA)	Christoph Busch (Germany)	Enbang Li (Australia)
H. K. Kwan (Canada)	Huosheng Hu (U.K.)	Jan Verspecht (Belgium)	Jong-Chul Lee (Korea)
John Gray (U.K.)	Kwei-Jay Lin (USA)	Katsunori Shida (Japan)	Masayoshi Esashi (Japan)
Nakanishi Masakazu (Japan)	Omar Elmazria (France)	Peter Ott (Germany)	Philip Dolan (U.K.)
Philip Leong (Australia)	Quanmin Zhu (U.K.)	Rami J Abboud (U.K.)	Rolf Johansson (Sweden)
Shili Liu (USA)	Shinji Ohyama (Japan)	Shizhuo Yin (USA)	Takayuki Furuzuki (Japan)
Wen H. Ko (USA)	Weijie Wang (U.K.)	W. Q. Yang (U.K.)	Yongping Xu (Singapore)
Yong Yan (U.K.)	Yoshio Nikawa (Japan)		

乐法成 (Hong Kong of China) 苗君易 (Taiwan of China) 徐扬生 (Hong Kong of China)

于海滨 马莒生 马健华 王天然 王永初 王厚军 王俊生 尤 政 牛 刚 古天祥 石照耀 史美纪  
曲兴华 吕武轩 向婉成 刘大同 刘君华 刘桂雄 年夫顺 孙延祚 李 智 李昌立 吴 捷 吴一全  
宋宗炎 宋爱国 张开逊 张立德 张汉权 张宏勋 张绪礼 陆祖宏 陆祖康 陈允昌 陈亚珠 陈光禔  
陈明仪 陈佳圭 范世福 明 东 周 渭 郑 刚 房建成 俞梦孙 祝连庆 费敏锐 姚天顺 袁保宗  
袁慎芳 钱尚武 徐小力 徐国卿 郝 群 曹 丽 彭 宇 彭喜元 蒋士强 景 博 樊尚春

执行副主编 (Executive Deputy Editor-in-Chief) 殷佳丽

译 审 (Senior Translator) 刘连胜 汪铁华

责 任 编 辑 (Editor in Charge) 王红宝

Ⓔ 美国工程索引 (Ei) 核心期刊 中文核心期刊  
Ⓕ 中国精品科技期刊 中国最具国际影响力学术期刊  
Ⓖ 百种中国杰出学术期刊 中国科技期刊卓越行动计划

### 仪器仪表学报

第41卷 第9期 2020年9月

YIQI YIBIAOXUEBAO (月刊 1980年2月创刊)

### CHINESE JOURNAL OF SCIENTIFIC INSTRUMENT

(Monthly, Started in 1980.2)

Vol.41 No.9 September, 2020

主管单位: 中国科学技术协会

主办单位: 中国仪器仪表学会

编辑出版: 《仪器仪表学报》杂志社

社 长: 吴幼华

常务副社长: 郭亚文

地 址: 北京市东城区北河沿大街79号

邮政编码: 100009

电 话: 010-53389119

传 真: 010-84851365

E-mail: cjsi@cis.org.cn

http://yqyb.etmchina.com

国内总发行: 同方知网(北京)技术有限公司

海外发行: 中国国际图书贸易总公司

印 刷: 山西同方知网印刷有限公司

Competent Authority: China Association for Science and Technology

Sponsor: China Instrument and Control Society

Editing & Publishing: Editorial Office of Chinese Journal of Scientific Instrument

Director: WU You-hua

Vice Managing Director: GUO Ya-wen

Address: NO.79 Beiheyuan Street, Dongcheng District, Beijing, China.

Post Code: 100009

Tel: +86-10-53389119

Fax: +86-10-84851365

E-mail: cjsi@cis.org.cn

http://yqyb.etmchina.com

Domestic Distribution: Tongfang Knowledge Network Technology Co., Ltd.(Beijing)

Abroad Distribution: China International Book Trading Corporation

Printing: Shanxi Tongfang Knowledge Network Printing Co., Ltd.

中国仪器仪表学会

http://www.cis.org.cn



多国仪器仪表展览会

http://www.miconex.com.cn

ISSN 0254-3087



9 770254 308207