

## 目次

## 装备理论与装备技术

水陆两栖车水动力性能与防浪板受力特性研究	王少新,王 涵,金国庆,巩秋野,李鹏宇(1)
两级串联型 ISD 悬挂构型设计与分析	徐 龙,毛 明,陈轶杰,杜 甫(7)
扑翼飞行器气动仿真分析	邵伟平,郭梦辉,郝永平,李 伦(13)
多传感器融合的弹道环境参数存储测试系统研究	王亚斌,郭开心(18)
中心孔药型罩射流成型理论及仿真	韩 峰,张东辉,陈 放(23)
爆炸环境下车辆底部 V 型结构多参数优化研究	徐克非,王显会,周云波,胡文海,张 明(28)
基于组合方法的烟幕弹烟雾颗粒生成与扩散状态模拟	张 帅,傅德彬,朱希娟(33)
外罩开槽式双层药型罩毁伤元数值模拟	吴浩宇,周春桂,王志军,汤雪志,张增军(38)
从缩短杀伤链时间角度看近距空中支援空地协同作战	刘 纯,徐卫国,刘 洁,张 阔,滕建方,黄超强,张素忠(43)
多尾翼式高超声速制导炮弹气动布局设计与特性分析	朱 胤,王旭刚(48)
爆炸冲击下某车辆底部梁结构设计优化	胡建宇,王显会,周云波,张 明,孙晓旺,李高伟(53)
基于视觉伺服的并联装填平台自动对准方法	赵修平,齐嘉兴(59)
杀爆战斗部联合作用场的毁伤效能研究	张志倩,赵太勇,王昭滨,刘大龙,葛如意,王维占,成乐乐(64)
火炮回转支撑结构刚度特性研究	刘更喜,顾克秋,张新建(68)
反舰导弹摆式机动对舰空导弹的突防有效性分析	张 林,马 良(73)
弹带挤进过程膛线受力的影响分析	常星星,吴星超,张晓川(78)
基于 Virtools 的多人协作式导弹模拟训练系统	郭 含,王 茜,周弘扬(83)
一种基于图像的冲击波波阵面参数计算方法	叶希洋,苏健军,姬建荣,申景田(87)
高速双轨橇车用固体火箭发动机动力学分析	肖 军,章玮玮,陈 炜,张林锐,薛 强(91)
小型飞航导弹发展综述	陈胜政,高晓波(94)

## 信息科学与控制工程

一种基于区域标记的弹孔环值判定方法

张立民,柳华林,王海鹏,李雪腾(100)

高超声速飞行器反演鲁棒控制

王鹏飞,王光明,梁建刚,蒋 坤(105)

基于能力价值的 NIC-SoS 演化建模及分析方法

禹明刚,何 明,权冀川(111)

基于协方差稀疏迭代的柱面共形阵 2-D DOA 估计

张状和,韩 东,刘德亮(117)

基于改进国密算法与区块链的数据登记系统

邓建球,方 轶,丛林虎,李海君(122)

导弹发射车智能电源管理系统设计

魏建峰,刘晓斌,原 芳,徐亚军,徐宏斌(126)

基于演化博弈的物联网最优防御策略选择

甘 炜,陈赵懿,王 谦(130)

空间机械臂连杆—关节质量比和惯量比影响分析

程文华,李 智(136)

## 后勤保障与装备管理

基于 Hadoop 的船舶轴承健康状态监测系统

吴 军,陈作懿,严 喆,王 吉,胡 奎(140)

基于灰色理论的维修经费投入预测模型

李建华,张雪胭,王秀华,于洪敏(145)

基于案例推理的导弹装备维修保障资源需求分析

杨 超,邢维艳,徐庆尧,金 涛,邓友义(149)

数字签名技术在导弹数据数字化登记中的应用

丛林虎,方 轶(153)

基于改进 EMD 的排气温度裕度预测

戴邵武,陈强强,丁 宇(157)

## 机械制造与检测技术

止推垫片磨损预测模型研究

苏长青,黄家豪,甘泉源(163)

基于相似性的 T/R 组件剩余寿命预测方案研究

侯晓东,杨江平,常春贺,孙知建,郭 健(169)

## 基础理论与应用研究

感应电磁推进器绕组电磁设计

李贞昕,熊 玲,程军胜,王秋良(178)

石墨烯改性 Ag/AgCl 电极的表面特性研究

李红霞,宋玉苏,陈闻博,李 曦(184)

浅埋地雷爆炸载荷分布的数值仿真分析

李晓坤,郭香华,张庆明(188)

舰载机无杆式牵引车纵向动力学分析

戚基艳,金嘉琦,邹姗姗(193)

基于球面  $A \cdot r$  约束的大地距离解算模型

单玉浩,杨晓东,邢世宏(200)

# JOURNAL OF ORDNANCE EQUIPMENT ENGINEERING

Vol. 41    No. 1 (Sum. No. 258)    Jan. 2020

## CONTENTS

<b>Study on Hydrodynamic Performance of Amphibious Vehicle and Mechanical Characteristics of Wave Board</b>	.....	WANG Shaoxin, WANG Han, JIN Guoqing, et al(1)
<b>Design and Analysis of Two-Stage-Series-Connected ISD Suspension</b>	.....	XU Long, MAO Ming, CHEN Yijie, DU Fu(7)
<b>Aerodynamic Simulation Analysis of Flapping Wing Aircraft</b>	.....	SHAO Weiping, GUO Menghui, HAO Yongping, et al(13)
<b>Multi-Sensor Fusion Ballistic Environment Parameter Test System</b>	.....	WANG Yabin, GUO Kaixin(18)
<b>Theoretical Calculation and Numerical Simulation of Jet Forming of Conical-Liner with Center-Orifice</b>	.....	HAN Feng, ZHANG Donghui, CHEN Fang(23)
<b>Multi-Parameter Optimization of Underbody V-Shaped Structure Under Explosion Load</b>	.....	XU Kefei, WANG Xianhui, ZHOU Yunbo, et al(28)
<b>Simulation of Smoke Bomb Particle Generation and Diffusion State Based on Combined Method</b>	.....	ZHANG Shuai, FU Debin, ZHU Xijuan(33)
<b>Numerical Simulation of Slotting Type Double Shaped Charge Liner Formed Penetrator</b>	.....	WU Haoyu, ZHOU Chungui, WANG Zhijun, et al(38)
<b>Study of Air-Ground Cooperative in Close Air Support from Perspective of Shortening Kill Chain Time</b>	.....	LIU Chun, XU Weiguo, LIU Jie, et al(43)
<b>Aerodynamic Layout Design and Characteristic Analysis of Multi-Tailed Hypersonic Guided Projectile</b>	.....	ZHU Yin, WANG Xugang(48)
<b>Structural Optimization of a Vehicle Underbody Beam Configuration Under Explosion Shock Load</b>	.....	HU Jianyu, WANG Xianhui, ZHOU Yunbo, et al(53)
<b>Automatic Alignment Method of Parallel Loading Platform Based on Visual Servo</b>	.....	ZHAO Xiuping, QI Jiaxing(59)
<b>Research on Damage Efficiency of Joint a Action Field</b>	.....	ZHANG Zhiqian, ZHAO Taiyong, WANG Zhaobin, et al(64)
<b>Research on Stiffness Characteristics of Artillery Slewing Support Structure</b>	.....	LIU Gengxi, GU Keqiu, ZHANG Xinjian(68)
<b>Anti-Ship Missiles Pendulum Maneuvering of Ship to Air Missile Penetration Effectiveness Analysis</b>	.....	ZHANG Lin, MA Liang(73)
<b>Influence of Rifle Force on Rotation Band Engraving Process</b>	.....	CHANG Xingxing, WU Xingchao, ZHANG Xiaochuan(78)
<b>Multi-Person Cooperative Missile Simulation Training System Based on Virtools</b>	.....	GUO Han, WANG Qian, ZHOU Hongyang(83)
<b>Research on Image-Based Calculation Method of Shock Wave Wavefront Parameters</b>	.....	YE Xiyang, SU Jianjun, JI Jianrong, et al(87)
<b>Dynamic Analysis of Solid Rocket Engine for High Speed Double Track Sled</b>	.....	XIAO Jun, ZHANG Weiwei, CHEN Wei, et al(91)
<b>Summary of Development of Small Cruise Missiles</b>	.....	CHEN Shengzheng, GAO Xiaobo(94)
<b>Bullet Hole Ring Value Determination Method Based on Area Marking</b>	.....	ZHANG Limin, LIU Hualin, WANG Haipeng, et al(100)

# JOURNAL OF ORDNANCE EQUIPMENT ENGINEERING

Vol. 41 No. 1 (Sum. No. 258) Jan. 2020

Back-Stepping Robust Controller Design for Hypersonic Flight Vehicles	.....	WANG Pengfei, WANG Guangming, LIANG Jiangang, et al	(105)
Method of Modeling and Analyzing Capability Requirement of Networking Information-Centric System-of-Systems	.....	YU Minggang, HE Ming, QUAN Jichuan	(111)
2-D DOA Estimation for Cylindrical Conformal Array Antenna Based on Sparse Iterative Covariance-Based Estimation Method	.....	ZHANG Zhuanghe, HAN Dong, LIU Deling	(117)
Data Registration System Based on Improved National Encryption Algorithm and Blockchain	.....	DENG Jianqiu, FANG Yi, CONG Linhu, et al	(122)
Design of Intelligent Power Management System for Missile Launcher	... ..	WEI Jianfeng, LIU Xiaobin, YUAN Fang, et al	(126)
Choice of Optimal Defense Strategy for Internet of Things Under Evolutionary Game	.....	GAN Wei, CHEN Zhaoyi, WANG Qian	(130)
Space Robot Link-Joint Mass Ratio and Inertia Ratio Analysis	.....	CHENG Wenhua, LI Zhi	(136)
Development of Ship Bearing Health Condition Monitoring System Based on Hadoop	.....	WU Jun, CHEN Zuoyi, YAN Zhe, et al	(140)
Grey Prediction Model of Maintenance Expenditure Investment	.....	LI Jianhua, ZHANG Xueyan, WANG Xiuhua, et al	(145)
Requirement Analysis of Missile Equipment Maintenance Resource Based on Case-Based Reasoning	.....	YANG Chao, XING Weiyan, XU Qingyao, et al	(149)
Application of Digital Signature in Missile Data Digital Registration	.....	CONG Linhu, FANG Yi	(153)
Prediction of Exhaust Gas Temperature Margin Based on Improved EMD	... ..	DAI Shaowu, CHEN Qiangqiang, DING Yu	(157)
Research on Prediction Model of Thrust Pad Wear	.....	SU Changqing, HUANG Jiahao, GAN Quanyuan	(163)
Research on Solutions of Residual Life Prediction for T/R Module Based on Similarity	.....	HOU Xiaodong, YANG Jiangpin, CHANG Chunhe, et al	(169)
Winding Electromagnetic Design of Induction Electromagnetic Propeller	.....	LI Zhenxin, XIONG Ling, CHENG Junsheng, et al	(178)
Study on Surface Properties of Graphene Modified Ag/AgCl Electrode	.....	LI Hongxia, SONG Yusu, CHEN Wenbo, et al	(184)
Numerical Simulation Analysis on the Distribution of Explosive Loads in Shallow Buried Mines	.....	LI Xiaokun, GUO Xianghua, ZHANG Qingming	(188)
Longitudinal Dynamics Analysis of Carrier-Based Towbarless Aircraft Tractor	.....	QI Jiyan, JIN Jiaqi, ZOU Shanshan	(193)
Geodetic Distance Calculation Model Based on Spherical Constraints	.....	SHAN Yuhao, YANG Xiaodong, XING Shihong	(200)

## 《兵器装备工程学报》第一届青年编委会

### 主任委员

王 兵(兼) 清华大学

### 副主任委员

张昊春(兼) 哈尔滨工业大学

刘小康(兼) 重庆理工大学

刘 吉 中北大学

刘永寿(兼) 西北工业大学

高兴勇(兼) 陆军工程大学

蔡光斌 火箭军工程大学

宋 勇(兼) 北京理工大学

闻 泉 南京理工大学

### 委 员 (按姓氏笔画排序)

马文生 重庆机电集团公司

邓 磊 华中科技大学

吕梅柏 西北工业大学

杜飞平 西安航天动力研究所

李玉新 中北大学

宋鸿武 中国科学院金属研究所

张兰勇 哈尔滨工程大学

周 欢 中国工程物理研究院

赵芃沛 陕西空天动力研究院

梁导伦 东南大学

翟红波 西安近代化学研究所

王 涛 火箭军工程大学

付传铎 中国南车戚墅堰所

刘帅奇 河北大学

李 波 西北工业大学

李高春 海军航空大学

张 涛 北京控制工程研究所

张兴高 军事科学院防化研究院

郑文芳 南京理工大学

赵 斌 西北工业大学

雷振达 中船重工第716研究所

毛 亮 北京理工大学

付小龙 西安近代化学研究所

刘 洋 西北工业大学

李 泳 陆军炮兵防空兵学院

吴 军 华中科技大学

张子骏 中国运载火箭技术研究院

陈少平 太原理工大学

单 宁 武警工程大学

高正明 荆楚理工学院

管 军 南京理工大学

## 兵器装备工程学报

1980年创刊 月刊

第41卷 第1期(总第258期)

2020年1月25日出版

总 编:简 易

主 编:彭 熙

执行主编:胡亚民

常务副主编:周江川

国际标准连续出版物号:ISSN 2096-2304

国内统一连续出版物号:CN 50-1213/TJ

广告经营许可证号:渝工商广字011584

主管单位:中国兵器装备集团有限公司

主办单位:重庆市兵工学会  
重庆理工大学

出版发行:《兵器装备工程学报》编辑部  
编辑部地址:重庆市巴南区红光大道69号  
重庆理工大学明德楼6楼

邮 编:400054

网 址:<http://bzxb@vip.cqut.edu.cn/>

电 话:(023)68852703

电子邮箱:bqzbgxb@126.com

印刷单位:重庆紫石东南印务有限公司