



中国高等教育学会实验室管理工作分会会刊
中文核心期刊
RCCSE中国权威学术期刊

ISSN 1002-4956
CN 11-2034/T
CODEN SJYGAR

实验技术与管理

实验技术与管理

Shiyan Jishu yu Guanli

Experimental Technology and Management

3
2022

第39卷 第3期
Vol. 39 No.3

月刊

高质量虚拟仿真实验教学课程内涵和特征

基于虚拟仿真的线上线下融合专业实验教学体系构建

基于多模态深度学习的脑肿瘤分割实验研究

二维WSe₂化合物晶体图形化构筑综合性实验设计

局部遮荫下12种光伏阵列结构的输出特性研究

汽车CAN网络的入侵检测模型及装置研究

磁性纳米细菌传感器表征污染土壤生物毒性的教学实验设计

典型化学实验室大气污染物的排放特征及臭氧生成潜势研究

第三十九卷第三期

二〇二二年三月

ISSN 1002-4956



9 771002 495224

03>

中华人民共和国教育部主管

清华大学主办

万方数据

主管：中华人民共和国教育部

主办：清华大学

主编：黄开胜

副主编：彭远红

编辑部主任：彭远红（兼）

编辑：罗立胜 张文杰 彭远红

张利芳 孙 浩 杨荫荫

编务：杨荫荫 陈 昕

发行：段 然 吴 岩

封面题字：刘仙洲院士、清华大学原第一副校长，
1963 年题

编辑：《实验技术与管理》编辑部

地址：北京市海淀区清华大学科技服务楼

邮编：100084

在线投稿：<http://syjl.cbpt.cnki.net>

编辑部电话：010-62783005

邮箱：sjg@tsinghua.edu.cn

广告电话：010-62797828

订刊发行电话：010-62792635

邮箱：syjsygl@tsinghua.edu.cn

出版与发行：清华大学出版社有限公司

地址：北京市海淀区双清路学研大厦A座6层

邮编：100084

印刷：北京卓诚恒信彩色印刷有限公司

发行范围：国内外公开发刊

国际标准连续出版物号：ISSN 1002-4956

国内统一连续出版物号：CN 11-2034/T

国际期刊编码：CODEN SJYGAR

广告发布登记：京海市监广登字20200045号

出版日期：3月20日

定价：26.00元/期 全年12期 312.00元

收录本刊内容的国内外数据库与媒体：

- 中国学术期刊(光盘版)
- 中国核心期刊(遴选)数据库
- 万方数据资源系统数字化期刊群
- 中国期刊网
- 中国学术期刊综合评价数据库
- 中国期刊全文数据库
- 中文科技期刊数据库
- 中文电子期刊服务
- 中国学术期刊文摘(中文版)
- 中国科技论文在线
- 美国《剑桥科学文摘》(CSA)
- 美国《化学文摘(网络版)》(CA)
- 美国《乌利希期刊指南(网络版)》(Ulrichsweb)
- 英国《世界陶瓷文摘(网络版)》(WCA)
- 日本《日本科学技术振兴机构数据库(中国)》(JST China)
- 美国《艾博思科数据库》(EBSCOhost)

万方数据

目 次

第 39 卷 第 3 期(总第 307 期) 2022 年 3 月

特约专栏——新时代高校虚拟仿真实验项目建设

- 高质量虚拟仿真实验教学课程内涵和特征 张 敏, 文福安, 刘俊波 1
基于虚拟仿真的线上线下融合专业实验教学体系构建 熊宏齐 5

实验技术与方法

- 基于多模态深度学习的脑肿瘤分割实验研究 李 阳, 许凌复, 崔渭刚, 等 11
重油热改质与功能性应用综合实验设计 陈 坤, 李 锐, 宫明慧, 等 15
船体空间板架结构非线性振动测试分析 姚熊亮, 陈博鑫, 方 明, 等 26
钙钛矿太阳能电池材料制备、器件组装及性能测试综合实验设计
..... 杨广武, 程元壮, 田忠诚, 等 30
原子力显微镜在细胞辐射损伤研究中的应用 吴安庆, 胡文涛 37
石墨烯基 TiO₂ 光催化产氢实验设计及性能研究
..... 刘 威, 张淑婷, 罗 颖, 等 42
二维 WSe₂ 化合物晶体图形化构筑综合性实验设计
..... 王震东, 王剑宇, 王 立 47
弱监督的无人机影像地裂缝自动提取 王 臻, 王 辉, 李国锋 51
基于磁性纳米光催化剂的氯酚废水光降解综合实验设计
..... 张春辉, 赵春霞, 周 郡, 等 57
聚合物支撑型亚胺键 COFs 的制备及其对酚类污染物的吸附性能综合研究实验
..... 李春玲, 刘岩岩, 吕 强, 等 62
退役动力锂离子电池正、负极材料浮选回收实验设计
..... 朱学帅, 张晨瑜, 杨小娟, 等 66

虚拟仿真技术

- 局部遮荫下 12 种光伏阵列结构的输出特性研究
..... 章文龙, 肖文波, 郁 纪, 等 70
虚拟环境下的中国古建筑大木构件认知实验研究
..... 张远翼, 张 鹰, 刘淑虎, 等 80
冻融混凝土纵筋滑移和锚固长度研究 王月华, 冒刘燕, 戴勤友, 等 85
基于 Unity3D 部件虚拟拆装的干涉解决方案 鲁宇明, 涂传明, 张平生, 等 93
基于 RobotStudio 的智能制造单元实验平台仿真设计
..... 何剑敏, 羊荣金, 沈孟锋 99

仪器设备研制

- 100 kV/1 kJ 小型冲击电压发生器教学装置设计 王 燕 105
土壤呼吸 CO₂ 浓度在线监测实验系统设计 贾良权, 朱同宇, 祁亨年, 等 111
风电机组电驱独立变桨距实训平台开发 邢作霞, 李 泽, 徐 涛, 等 117
多功能重塑土制样装置的研制与应用 王章琼, 白俊龙, 张 明, 等 121
汽车 CAN 网络的入侵检测模型及装置研究 刘蓬勃, 彭海德, 赵 剑, 等 126
基于 FDM 技术的彩色 3D 打印机设计 初少刚, 张自强, 刘金敏, 等 132
基于石墨烯干电极设计的便携式脑电采集系统
..... 梁 铁, 李瑞凯, 程 彤, 等 137

实验教学研究改革

- 可视化离心泵汽蚀实验装置研制与教学应用 王 君, 赵玺皓, 孙卓辉, 等 141
基于容器云的分布式深度学习实验平台构建 应 毅, 刘亚军, 任 凯 147

期刊基本参数: CN11-2034/T * 1963 * m * A4 * 272 * zh * P * ¥26.00 * 6500 * 51 * 2022-03

..... 闫莎莎, 刘伟韬, 张同军, 等	153
Z-型 FeOOH/ZnIn ₂ S ₄ 复合光催化材料的构筑及其降解四环素废水综合实验设计	
..... 罗 金, 周训富, 宁小媚, 等	160
七核铁配合物合成、晶体结构与磁性质的综合实验研究	
..... 王会生, 叶思琪, 乐 琳, 等	165
基于风力机平台和 MATLAB 的故障诊断实验设计	
..... 王向华, 王静远, 任衍恒, 等	171
基于高光谱成像技术的复合绝缘子表面污秽状态检测实验平台设计	
..... 耿江海, 孔逸萱, 刘云鹏, 等	176
PCN-224 合成、表征及性能测试综合性实验设计	182
基于 ANSYS 的谐振式加速度计优化设计仿真与实验	
..... 李 艳, 靳 彪, 杨福铃	188
基于增强现实的工程图学装配引导沉浸式教学实验平台设计	
..... 赵昕玥, 何再兴, 刘振宇, 等	195
信用卡欺诈风险识别综合实验设计	200
SHPB 测试技术在采矿工程力学实验教学中的应用	
..... 焦振华, 崔智丽, 袁秋鹏	205
磁性纳米细菌传感器表征污染土壤生物毒性的教学实验设计	
..... 张 凯, 暴凯凯, 熊珍玉, 等	209
数学物理方法课程仿真实验实践探索	214
..... 江 萍, 杨华军, 郭劲轶, 等	

职业技术教育

安全技术与管理专业群校内共享实训室建设研究	
..... 黄 辉, 赵明全, 徐 阳, 等	220

实验室环境健康与安全

氮气窒息的实验室临界面积测算	225
加强督导建设 促进实验室安全管理提质增效	
..... 穆渴心, 刘 健, 张平清, 等	228
典型化学实验室大气污染物的排放特征及臭氧生成潜势研究	
..... 王晨龙, 王 望, 左朋莱, 等	231
安全管理责任追究与隐患消除机制的研究	238
基于惯性传感器的实验室安全员用户画像模型研究	242
..... 丁 静	

实验室建设与管理

蕴含课程思政的自动化实验教学中心建设	247
学科交叉背景下的实验室建设新路径	252
新工科背景下工程训练实践教学模式探索	256
大型科研仪器保险保障机制的探索研究——以浙江理工大学为例	
..... 沈 涛, 陈 璐, 朱 慧	260
高校教学仪器设备维修管理内控建设的探索与实践	
..... 徐 文, 方文强, 陈一兵, 等	264
基于 G1-熵权法的高校化工实验室多级可拓评价	
..... 刘 音, 马吉燕, 陈 森, 等	268

· 广告索引 ·

江苏埃德伯格电气有限公司 (封二)
无锡赛弗安全装备有限公司 (插 1)
北京东方迪格信息技术有限公司 (插 2)
天津市基理科技股份有限公司 (插 3)
上海万欣计算机信息科技有限公司 (插 4)
北京华力通达机电科技有限公司 (封三)
重庆步航科技有限公司 (封底)



《实验技术与管理》
微信公众号

第十一届编辑委员会名单

主 任: 曾 嵘

顾 问: (按姓氏笔画排序)

朱 静 邱爱慈 陈小明 周 玉 周远清
高 松 席葆树 程建平 潘际奎 瞿振元

副主任: (按姓氏笔画排序)

王小力 朱 臻 刘克新 孙 骞 孙小平
应 敏 张云怀 张社荣 罗正祥 罗立胜
宗俊峰 荣 昶 胡国庆 敖天其 席海涛
唐睿康 黄开胜 符宁平 梁 宏 董 林
蒋兴浩 雷敬炎 熊宏齐

编 委: (按姓氏笔画排序)

马 腾 马国玉 王 建 王 强 王志国
王秀梅 王树彬 王海东 毛昌杰 毛继泽
方建慧 石宏伟 史天贵 付洪利 冯建刚
朱竹青 任志波 向坚持 庄志鸿 刘 仁
刘 哲 刘 锋 刘丕平 刘庆刚 刘莞健
刘拥军 刘幽燕 许四杰 农春仕 孙 福
孙文磊 孙占久 孙春阳 孙胜春 孙桓五
芦 燕 李 莉 李 崧 李 清 李 霆
李天书 李文中 李文涛 李方伟 李双进
李声威 李格升 李震彪 杨 波 杨旭静
杨红英 杨培飞 杨德嵩 吴 卫 吴祝武
吴福根 邱化寅 何都良 汪必琴 沈 江
沈如群 张 帆 张 林^(中) 张 林^(苏) 张 莉
张 巍 张若好 张建成 张界新 张洪清
张冠鹏 张海峰 张燕勤 陈 越 陈 澜
陈小鸿 陈心浩 陈灵泉 陈晓猛 罗茂斌
金仁东 周立超 赵 明 荆 莹 胡惠君
钟 冲 钟华勇 施芝元 姚丽华 贺占魁
袁 若 袁友亮 袁洪学 贾果欣 夏海兰
徐秀吉 高 欣 郭 平 郭 庆 郭松斌
郭建中 唐俊峰 黄春麟 黄富贵 曹 蓓
崔宏伟 崔锦峰 康传红 康智勇 梁 勇
蒋开东 韩英霞 傅志刚 管国华 廖梦圆
熊龙彪 潘志峰 薛凌云 魏永前

特邀编委: (按姓氏笔画排序)

王 杰 王 健 冯建跃 兰中文 吕厚均
严 薇 李鸿飞 张家栋 赵建新 胡今鸿
黄 刚

特别支持单位

江苏埃德伯格电气有限公司 杨 勇
北京东方迪格信息技术有限公司 达 汉
上海万欣计算机信息科技有限公司 谢卫民
无锡赛弗安全装备有限公司 顾 瑾

CONTENTS

Special column: Construction of university virtual simulation experiment projects in new era

- Connotation and characteristics of high quality virtual simulation experiment teaching course..... ZHANG Min, WEN Fuan, LIU Junbo 1
- Construction of online-merge-offline specialized experiment teaching system based on virtual simulation.....XIONG Hongqi 5

Experimental technology and method

- Experimental research on brain tumor segmentation based on multimodal deep learningLI Yang, XU Lingfu, CUI Weigang, et al 11
- Comprehensive experimental design of thermal upgrading and functional application of heavy oil
..... CHEN Kun, LI Rui, GONG Minghui, et al 15
- Measurement and analysis of nonlinear vibration of hull space plate structure..... YAO Xiongliang, CHEN Boxin, FANG Ming, et al 26
- Comprehensive experimental design of material preparation, device assembly and performance test of perovskite solar cells
.....YANG Guangwu, CHENG Yuanzhuang, TIAN Zhongcheng, et al 30
- Application of atomic force microscopy in study of radiation-induced cell damage..... WU Anqing, HU Wentao 37
- Experimental design and performance study of graphene based TiO₂ for photocatalytic hydrogen evolution
..... LIU Wei, ZHANG Shuting, LUO Ying, et al 42
- Comprehensive experimental design on patterning two-dimensional WSe₂ compound crystal WANG Zhendong, WANG Jianyu, WANG Li 47
- Automatic extraction of ground fissures from UAV images by weakly supervised learning WANG Zhen, WANG Hui, LI Guofeng 51
- Comprehensive experimental design on photodegradation of chlorophenol wastewater based on magnetic nano photocatalyst
.....ZHANG Chunhui, ZHAO Chunxia, ZHOU Jun, et al 57
- Comprehensive research experiments on synthesis of polymer-supported imine bond COFs and adsorption performance for phenolic pollutants
..... LI Chunling, LIU Yanyan, LYU Qiang, et al 62
- Experimental design on flotation recovery of cathode and anode materials from spent power lithium-ion batteries
.....ZHU Xueshuai, ZHANG Chenyu, YANG Xiaojuan, et al 66

Virtual simulation technology

- Research on output characteristics of twelve photovoltaic array structures under partial shading
..... Zhang Wenlong, Xiao Wenbo, Yu Ji, et al 70
- Cognitive experimental research of ancient Chinese architectural wooden components in virtual environment
.....ZHANG Yuanyi, ZHANG Ying, LIU Shuhu, et al 80
- Study on longitudinal bar slip and anchorage length of freeze-thaw concrete.....WANG Yuehua, MAO Liuyan, DAI Qinyou, et al 85
- Interference solution of virtual disassembly and assembly of components based on Unity3D
..... LU Yuming, TU Chuanming, ZHANG Pingsheng, et al 93
- Simulation design of experimental platform for intelligent manufacturing unit based on RobotStudio
..... HE Jianmin, YANG Rongjin, SHENG Mengfeng 99

Development of instruments and equipment

- Design of 100 kV/1 kJ small impulse voltage generator teaching device WANG Yan 105
- Design of online monitoring system for soil respiration CO₂ concentration..... JIA Liangquan, ZHU Tongyu, QI Hengnian, et al 111
- Development of wind turbine electric drive independent variable pitch training platform XING Zuoxia, LI Ze, XU Tao, et al 117
- Development and application of multifunctional remodeling soil sample preparation device
..... WANG Zhangqiong, BAI Junlong, ZHANG Ming, et al 121
- Research on intrusion detection model and device of automobile controller area network (CAN)
..... LIU Pengbo, PENG Haide, ZHAO Jian, et al 126
- Design of color 3D printer based on FDM technology..... CHU Shaogang, ZHANG Ziqiang, LIU Jinmin, et al 132
- Portable electroencephalogram acquisition system based on graphene dry electrode design..... LIANG Tie, LI Ruikai, CHENG Tong, et al 137

Research and reform on experimental teaching

- Development and teaching application of visual cavitation experimental device for centrifugal pumps
.....WANG Jun, ZHAO Xihao, SUN Zhuohui, et al 141
- Construction of experimental platform for distributed deep learning based on container cloud..... YING Yi, LIU Yajun, REN Kai 147
- Development of micro-heavy load uniaxial compression testing machine and its experimental teaching application
..... YAN Shasha, LIU Weitao, ZHANG Tongjun, et al 153

Design of comprehensive experiment based on construction of Z-scheme FeOOH/ZnIn₂S₄ composite photocatalyst for the degradation of tetracycline LUO Jin, ZHOU Xunfu, NING Xiaomei, et al 160

Comprehensive experimental studies on synthesis, crystal structure and magnetic properties of heptanuclear iron complex WANG Huisheng, YE Siqu, YUE Lin, et al 165

Experiment design of fault diagnosis based on wind turbine platform and MATLAB WANG Xianghua, WANG Jingyuan, REN Yanheng, et al 171

Experimental platform design of composite insulator surface contamination detection based on hyperspectral imaging technology GENG Jianghai, KONG Yixuan, LIU Yunpeng, et al 176

Comprehensive experimental design for synthesis, characterization and performance test of PCN-224..... LU Kebin, DAI Fangna 182

Simulation and experiment of resonant accelerometer optimization and design based on ANSYS LI Yan, JIN Biao, YANG Fuling 188

Design of immersive teaching experimental platform for assembly guidance of engineering graphics based on augmented reality ZHAO Xinyue, HE Zaixing, LIU Zhenyu, et al 195

Comprehensive experimental design of credit card fraud risk identification XIE Tianbao, QI Dewei, CHEN Mengyuan, et al 200

Application of SHPB testing technology in mechanics experimental teaching of mining engineering JIAO Zhenhua, CUI Zhili, YUAN Qiupeng 205

Didactic experimental design for characterization of biotoxicity in contaminated soils with MNPs-P-phosphoreum biosensor ZHANG Kai, BAO Kaikai, XIONG Zhenyu, et al 209

Practice and exploration of simulation experiment in course of mathematical physics methods JIANG Ping, YANG Huajun, WU Shaoyi, et al 214

Vocational technology education

Research on construction of shared campus training room for safety technology and management specialty cluster HUANG Hui, ZHAO Mingquan, XU Yang, et al 220

Environmental health and safety in laboratories

Calculation of laboratory critical area for nitrogen asphyxiation LI Kuan, HUANG Kaisheng, AI Desheng, et al 225

Strengthening supervision construction and promoting quality and efficiency of laboratory safety management MU Kexin, LIU Jian, ZHANG Pingqing, et al 228

Study on emission characteristics of air pollutants and ozone generation potential in typical chemical laboratories WANG Chenlong, WANG Kun, ZUO Penglai, et al 231

Study on accountability and hidden danger elimination mechanism of safety management..... LI Jiang, ZHANG Huiqin, CHEN Yibing, et al 238

Research on user portrait model of laboratory safety officer based on inertial sensor..... DING Jing 242

Laboratory construction and management

Construction of automate experimental teaching center containing curriculum for ideology and politics ZHANG Ting, GAO Feng, ZHAO Ruiying, et al 247

New path of laboratory construction under interdisciplinary background..... JIA Jiwen, LIU Zhiguang, WANG Chun 252

Exploration of engineering training practical teaching model under the background of new engineering HU Man, ZHAO Yunlong, LUAN Xiaona, et al 256

Exploration and research on insurance guarantee mechanism of large-scale scientific research instruments: Taking Zhejiang University of Technology as example.....SHEN Tao, CHEN Lu, ZHU Hui 260

Exploration and practice of internal control construction in teaching instrument and equipment maintenance management in colleges and universities.....XU Wen, FANG Wenqiang, CHEN Yibing, et al 264

Multi-stage extension evaluation of university chemical laboratory based on G1-entropy weight method LIU Yin, MA Jiyan, CHEN Sen, et al 268

Experimental Technology and Management (Monthly, Started in 1963)

Supervised by	Ministry of Education of the People’s Republic of China
Sponsored by	Tsinghua University
Editor-in-Chief	Huang Kaisheng
Published by	Tsinghua University Press
Edited by	Editorial Board of Journal of Experimental Technology and Management
Address	Service Building of Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China
Tel	86-10-62783005; 86-10-62797828; 86-10-62792635(Tel)
E-mail	sjg@tsinghua.edu.cn
Network	http://syjl.chinajournal.net.cn/
Standard Serial Number	ISSN 1002-4956 CN11-2034/T
CODEN	SJYGAR