



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

QK2132836

实验技术与管理

7
2021

Shiyan Jishu yu Guanli

第38卷 第7期
Vol. 38 No. 7

Experimental Technology and Management

月刊



北京东方迪格信息技术有限公司
Beijing Orient Digit Technology Co., Ltd

广告

安全 · 开放 · 智能 · 专业
safety · openness · intelligence · specialty

智能型实验室 管理生态体系

实验室
安全管理平台

安全准入在线培训与考试
实验室安全巡检
隐患上报及整改管理
危化品管理
物联网安全监测中心
应急处置管理

实验教学
管理系统

教学大纲管理
教学任务管理
自动化排课
教学过程管理
在线课程学习
工作量统计
移动端教学平台

智慧实验室
综合管理平台

实验室信息管理
实验室建设项目管理
仪器设备管理
耗材管理
教育部数据报表
3D可视化实验室展示
门户及数据大屏

AI实验室
智能管控平台

实验室管控大屏
危险气体检测
人脸识别班牌
自动化智能锁/门禁
AI摄像机

实验室(设备)
开放预约平台

实验室开放管理
设备预约管理
工位派发管理
大型仪器开放预约管理
样品检测预约管理
安全准入考试
信誉积分
物联网硬件智能联动



电子班牌



物联网传感器



智慧大屏



移动应用

400-6911-662

北京东方迪格信息技术有限公司

北京市海淀区阜成路81号院2号楼4层



www.odig.com.cn



odig@odig.com.cn



ISSN 1002-4956



9 771002 495217

万方数据

中华人民共和国教育部主管

清华大学主办

主管：中华人民共和国教育部
主办：清华大学

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
中国高校优秀科技期刊
《CAJ-CD 规范》执行优秀期刊

主编：黄开胜

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

网址·在线投稿：

<http://syjl.cbpt.cnki.net>

<http://syjl.chinajournal.net.cn>

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

印刷：北京卓诚恒信彩色印刷有限公司

发行范围：国内外公开发行

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

广告经营许可证：京海工商广字第 0081 号

出版日期：7月20日

定价：23.50元/期 全年12期 282.00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）

目次

第38卷 第7期（总第299期） 2021年7月

清华大学建校110周年特约专栏——重大科技基础设施建设

暗物质直接探测实验辐射本底研究——以锦屏大设施项目为例

程建平, 李元景, 曾志 1

实验室创新与发展

虚实结合实践教学的现状分析与发展探究……………王宏宇, 丁建宁, 许颖英, 等 11

“学、练、竞、践”四位一体“双创”型人才培养模式研究

……………许礼刚, 周怡婷, 徐美娟 17

新工科背景下地方高校智能制造人才培养改革探索……………封志明, 郑亮, 费凌, 等 23

数字孪生技术在实验室建设中的运用研究——以物联网专业为例……………田中, 甘芳吉 30

实验技术与方法

分析超速离心技术在蛋白质研究中的应用……………李冬冬, 褚文丹, 李文奇 36

水体氮污染物测定的2种仪器在生态学实验教学中的对比研究

……………何磊, 牛少丹, 姜航, 等 44

采用分频器联合单片机结构的通信原理实验系统……………吴戈, 汝玉星, 任瑞治 49

自动石墨合成系统（AGE-3）制样方法……………何建华, 曹辉辉, 王宗礼 55

牛顿环等厚干涉条纹清晰度的探究……………骆敏, 张锡晨, 余观夏 59

双容水箱液位自抗扰控制系统稳定性分析及实验教学设计……………李大宇, 李国强, 张建青 63

基于机器视觉的连接器插针缺陷检测实验系统……………郝志丹, 王俊飞, 毛玉玉 67

豚鼠心室肌细胞膜和线粒体膜K_{ATP}通道检测及其对动作电位的影响……………范茁, 崔思颖 73

一种基于晶闸管的串联LED故障保护电路的设计……………海涛, 陆代泽, 陆代强, 等 78

SnAgCu焊料蠕变行为试验及微电子功率模块热疲劳失效检测

……………黄小光, 张典豪, 叶贵根 83

飞秒激光烧蚀石英玻璃微结构的标定实验设计……………王福斌, 陈波, 曾凯, 等 88

复合催化材料Bi₂Fe₄O₉/BiOCl的制备及其光催化性能实验设计

……………陈克来, 牛志成, 陈懿寒, 等 95

基于MATLAB图像处理的非接触式位移测量系统设计……………李立云, 李雷 99

仪器设备研制

基于USRP的V2X通信系统实验平台……………尹才渊, 朱正航, 胡宏林 106

基于单目视觉与IMU融合的SLAM教学实验仪器开发……………刘涛, 杜宏旺 111

纳滤膜分离教学装置的设计与应用……………李存玉, 郑云枫, 程建明, 等 116

X射线散射实验测量装置设计……………张锋, 范瑞亭, 王新光, 等 120

智能网联汽车硬件在环虚拟仿真实验平台设计开发……………史延雷, 孟庆浩, 龚进峰, 等 125

旋转机械运行大数据综合实验云平台的研制……………卢国梁, 陈子旭, 叶新来, 等 129

地基沉降作用下管道安全性测试平台设计与研制……………张玉, 侯正森, 李大勇, 等 135

虚拟仿真技术

磁强计标定虚拟教学实验课程建设……………于向前, 郭艳军, 张媛, 等 141

电的产生及传输原理虚拟仿真实验设计……………迟晓春, 康智慧, 张汉壮 147

生物类虚拟仿真实验教学分析和探讨——基于国家虚拟仿真实验教学项目共享平台数据

分析……………王东浩, 王世强, 孙燕, 等 151

期刊基本参数：CN11-2034/T * 1963 * m * A4 * 296 * zh * P * ¥23.50 * 6500 * 57 * 2021-07

卫星辐射效应及防护虚拟仿真实验教学平台设计 翁程琳, 方美华, 全荣辉, 等 156

实验教学研究与管理

Boost 变换器电路的“再生”教学与实验仿真 阎昌国, 李 伟, 李 青, 等 161

可视化 WebIDE 编程实训系统的构建与教学实践 黄剑锋, 苏 庆, 刘添添, 等 166

“新工科”背景下地震地质综合解释实验设计与探索 刘思涛, 王 华 172

“新工科”背景下基于企业应用的实训案例设计——以“STM32 嵌入式系统设计”课程为例 刘江霞, 元红妍 177

基于 MATLAB GUI 的信息论与编码教学演示平台设计及实现 赵志欣, 温 俊, 刘俊杰 181

电催化氧化法处理压裂返排液的综合实验设计 赵瑞玉, 刘大鹏, 洪美媛, 等 186

针板缺陷形下局部放电击穿特性实验教学研究 邹丹丹, 潘捍宇, 钱沐杨 191

微地震监测数值模拟与定位虚拟实验系统设计与实施 李洪丽, 田 有 197

大数据在线实训平台及综合实验课程体系设计 顾 荣, 殷 瀚, 王肇康, 等 201

嵌入式心音信号采集系统实验设计与实现 李肃义, 李 凤, 边 江 208

基于 CBL 及体验式教学理念的临床医学消化科教学改革 张明君, 蒋 绚, 郭晓娟, 等 214

将“强芯筑统”思想贯穿计算机专业人才培养过程的实践 秦国锋, 张冬冬, 尹学锋, 等 217

本科生转录组学的探究型实验和挑战性学习 张润锋, 陈新鹏, 王卫东, 等 222

基于开放实验的车辆工程专业实践教学创新模式探究 张 坤, 张晋群, 柯泽锋, 等 227

本科生实验中中学生心理现象分析 李 青, 潘明虎, 林海平 232

职业技术教育

基于产教融合的 BIM 综合实训探索与实践 邓开豪, 苏雪梅, 胡瑛莉 234

嵌入式人工智能与物联网实验开发板教学应用 杨焕峰, 崔业梅, 杨贝贝, 等 238

实验室建设与管理

智能算法在实验教学排课中的应用 刘 明 244

金属材料实验研究平台信息管理系统建设 杨 红, 李建平, 孙 涛, 等 248

基于高校采购人视角的防范废标措施 韦 京, 关兆东, 邹彦宁 254

基于 DEA-Tobit 模型的实验室投入产出绩效分析 白 帆, 任 鹏 257

“双高计划”背景下高职院校实训室绩效评价 程载和, 黄春麟 261

实验室环境健康与安全

高校实验室环境污染治理的理论技术研究与应用思考 周骥平, 张 键, 徐钟林, 等 267

燃烧实验室安全风险控制研究 刘安源, 冯洪庆, 姜 焯, 等 273

基于冗余设计的高校实验室安全管理——以燃气实验室为例 陈 力, 肖晨剑 278

基于网格化管理的高校实验室安全管理研究 台红祥, 贾桂颖, 陈彦军, 等 282

高校实验室信息安全机制探索与实践 李 凯, 周丽娟, 吴 驰 286

基于“2-4”模型的高校实验室安全文化建设水平模糊综合评价 张 苏, 王雅先, 王金贵 291

· 广告索引 ·

北京东方迪格信息技术有限公司 (封面)

北京博创智联科技有限公司 (封二)

上海万欣计算机信息科技有限公司 (插 1)

天津市基理科技股份有限公司 (插 2)

江苏财经职业技术学院智能制造综合实训平台 (封三)

中国科学技术协会公益广告 (封底)



《实验技术与管理》
微信公众号

实验技术与管理

第十一届编辑委员会名单

主任:王希勤

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 方东红 朱 臻 刘克新 孙 睿
孙小平 杨佩青 应 敏 张云怀 张社荣
罗正祥 罗立胜 宗俊峰 荣 昶 敖天其
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 强 马国玉 王 建 王 浩 王 辉
王 强 王 勤 王秀梅 王树彬 王海东
毛继泽 尹珍宝 石宏伟 史天贵 付洪利
冯建刚 朱再明 朱竹青 向坚持 庄志鸿
刘 仁 刘 锋 刘庆刚 刘拥军 刘幽燕
许四杰 农春仕 孙 福 孙文磊 孙学军
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 李声威 李格升 李晓辉
李震彪 杨 波 杨 琦 杨旭静 杨建新
杨培飞 杨德嵩 吴 卫 吴国新 吴祝武
吴福根 邱化寅 何一萍 何都良 汪必琴
汪盛科 沈 江 沈如群 张 帆 张 旭
张 林⁽¹⁾ 张 林⁽²⁾ 张 莉 张宏玉 张若好
张建成 张界新 张洪清 张冠鹏 张海峰
张维平 陈 越 陈 澜 陈小鸿 陈心浩
陈灵泉 罗茂斌 金仁东 周立超 赵 明
荆 莹 胡惠君 钟 冲 钟华勇 施芝元
贺占魁 袁 若 袁友亮 袁洪学 贾果欣
徐四平 徐秀吉 徐美勇 高 欣 高 鸿
高志华 郭 平 郭 庆 郭松斌 郭建中
唐俊峰 黄春麟 黄富贵 崔宏伟 崔韩峰
康传红 康智勇 梁 勇 韩英霞 傅志刚
曾 莉 楚丹琪 管国华 廖梦圆 颜忠诚
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 吴 兵 邹永松 张文桂
张家栋 赵建新 胡今鸿 姜文凤 黄 刚

编辑部成员

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

编 务:杨荫荫 陈 昕

发 行:段 然 吴 岩

广 告:孙 浩 张利芳 陈 红(兼)

封面题字:刘仙洲院士、清华大学原第一副校长,
1963 年题

CONTENTS

Special column for 110th anniversary of founding of Tsinghua University: Construction of major scientific and technological infrastructure

- Research on radioactive background of dark matter direct detection experiment: Taking Jinping underground facility project as example
 CHENG Jianping, LI Yuanjing, ZENG Zhi 1

Laboratory innovation and development

- Actuality analysis and development exploration on virtual-real combination practical teaching
 WANG Hongyu, DING Jianning, XU Zhenying, et al 11
- Research on "Double innovation" talent training model with four-in-one integration of "Learning, exercise, competition and practice"
 XU Ligang, ZHOU Yiting, XU Meijuan 17
- Exploration on talent training reform for intelligent manufacturing in local universities under background of new engineering
 FENG Zhiming, ZHENG Liang, FEI Ling, et al 23
- Research on application of digital twin technology in laboratory construction: Taking Internet of Things as example
 TIAN Shen, GAN Fangji 30

Experimental technology and method

- Application of analytical ultracentrifugation technology in protein research LI Dongdong, CHU Wendan, LI Wenqi 36
- Comparative study of two instruments for determination of nitrogen pollutants in water for ecological experiment teaching
 HE Lei, NIU Shaodan, JIANG Hang, et al 44
- Communication principle experiment system with structure of frequency divider combined with MCU WU Ge, RU Yuxing, REN Ruizhi 49
- Sample preparation method of automatic graphite synthesis system (AGE-3) HE Jianhua, CAO Huihui, WANG Zongli 55
- Research on clarity of equal thickness interference of Newton rings LUO Min, ZHANG Xichen, YU Guanxia 59
- Stability analysis and experimental teaching design of double tank liquid level auto disturbance rejection control system
 LI Dazi, LI Guoqiang, ZHANG Jianqing 63
- Experiment system of connector pin defect detection based on machine vision YAN Zhidan, WANG Junfei, MAO Yuyu 67
- Detection of K_{ATP} channels in cell membrane and mitochondrial membrane of guinea pig ventricular myocytes and their effects on
 action potential FAN Zhuo, CUI Siying 73
- Design of series LED fault protection circuit based on thyristor HAI Tao, LU Daize, LU Daiqiang, et al 78
- Creep behavior test of SnAgCu solder and thermal fatigue failure detection of microelectronic power module
 HUANG Xiaoguang, ZHANG Dianhao, YE Guigen 83
- Design of calibration experiment for femtosecond laser ablation of quartz glass microstructure WANG Fubin, CHEN Bo, ZENG Kai, et al 88
- Design of experiment on synthesis of complex catalytic material $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9/\text{BiOCl}$ and photo-catalytic properties
 CHEN Kelai, NIU Zhicheng, CHEN Sihan, et al 95
- Design of non-contact displacement measurement system based on MATLAB image processing LI Liyun, LI Lei 99

Development of instruments and equipment

- V2X communication system experiment platform based on USRP YIN Caiyuan, ZHU Zhenghang, HU Honglin 106
- Development of SLAM teaching experimental instrument based on integration of monocular and IMU LIU Tao, DU Hongwang 111
- Design and application of nanofiltration membrane separation device for teaching LI Cunyu, ZHENG Yunfeng, CHENG Jianming, et al 116
- Design of measuring device for X-ray scattering experiment ZHANG Feng, FAN Junting, WANG Xinguang, et al 120
- Design and development of hardware-in-loop virtual simulation experimental platform for intelligent networked vehicle
 SHI Yanlei, MENG Qinghao, GONG Jinfeng, et al 125
- Development of big data integrated experimental cloud platform for rotating machinery operation
 LU Guoliang, CHEN Zixu, YE Xinlai, et al 129
- Design and development of pipeline safety test platform under foundation settlement ZHANG Yu, HOU Zhengsen, LI Dayong, et al 135

Virtual simulation technology

- Construction of virtual teaching experiment course for magnetometer calibration YU Xiangqian, GUO Yanjun, ZHANG Yuan, et al 141
- Design on virtual simulation experiment of electric generation and transmission principle
 CHI Xiaochun, KANG Zhihui, ZHANG Hanzhuang 147
- Analysis and exploration of biological virtual simulation in experimental teaching: Data analysis based on national virtual simulation
 experiment teaching project sharing platform WANG Donghao, WANG Shiqiang, SUN Yan, et al 151
- Design of virtual simulation experiment teaching platform for radiation effects and protection of satellites
 WENG Chenglin, FANG Meihua, QUAN Ronghui, et al 156

Research and reform on experimental teaching

- "Regeneration" teaching and experimental simulation of Boost converter circuit YAN Changguo, LI Wei, LI Qing, et al 161

Construction and teaching practice on visual WebIDE programming training system·····	HUANG Jianfeng, SU Qing, LIU Tiantian, et al	166
Design and exploration of seismic and geological comprehensive interpretation experiment under background of “New engineering” ·····	LIU Entao, WANG Hua	172
Training case design based on enterprise application under background of “New engineering”: Taking “STM32 embedded system design” course as example ·····	LIU Jiangxia, YUAN Hongyan	177
Design and realization of information theory and coding teaching demonstration platform based on MATLAB GUI ·····	ZHAO Zhixin, WEN Jun, LIU Junjie	181
Design of comprehensive experiment for treating fracturing flowback fluid by electrocatalytic oxidation ·····	ZHAO Ruiyu, LIU Dapeng, HONG Meiyuan, et al	186
Experimental teaching research on breakdown characteristics of partial discharge under defect configuration of needle-plate ·····	ZOU Dandan, PAN Hanyu, QIAN Muyang	191
Design and implementation of virtual experiment system for numerical simulation and location of micro-seismic monitoring ·····	LI Hongli, TIAN You	197
Design of online big data training platform and comprehensive experiment course ·····	GU Rong, YIN Han, WANG Zhaokang, et al	201
Design and realization of experiment on embedded heart sound signal acquisition system ·····	LI Suyi, LI Feng, BIAN Jiang	208
Reform of gastroenterology teaching based on CBL and experiential teaching concept ·····	ZHANG Mingjun, JIANG xuan, GUO Xiaojuan, et al	214
Practice of applying “Strengthening chip and building system” thought into training process of computer professional talents ·····	QIN Guofeng, ZHANG Dongdong, YIN Xuefeng, et al	217
Inquiry experiment and challenge learning of transcriptomics for undergraduates ·····	ZHANG Runfeng, CHEN Xinpeng, WANG Weidong, et al	222
Research on innovative practice teaching model of vehicle engineering specialty based on open experiment ·····	ZHANG Kun, ZHANG Jinqun, KE Zefeng, et al	227
Analysis of psychological phenomenon of undergraduates in experiments ·····	LI Qing, PAN Minghu, LIN Haiping	232
Vocational technology education		
Exploration and practice of BIM comprehensive training based on integration of industry and education ·····	DENG Kaihao, SU Xuemei, HU Yingli	234
Teaching application of experimental development board for embedded artificial intelligence and Internet of Things ·····	YANG Huanzheng, CUI Yemei, YANG Beibei, et al	238
Laboratory construction and management		
Application of intelligent algorithm in experimental course arrangement ·····	LIU Ming	244
Construction of information management system for experimental research platform of metal materials ·····	YANG Hong, LI Jianping, SUN Tao, et al	248
Preventive measures for failed bidding from perspective of university purchasers ·····	WEI Jing, GUAN Zhaodong, ZOU Yanning	254
Analysis of laboratory input-output performance based on DEA-Tobit model ·····	BAI Fan, REN Peng	257
Performance evaluation of training room in higher vocational colleges under background of “Double-high plan” ·····	CHENG Zaihe, HUANG Chunlin	261
Environmental health and safety in laboratories		
Research and application thinking on theory and technology of environmental pollution control in university laboratory ·····	ZHOU Jiping, ZHANG Jian, XU Zhonglin, et al	267
Study on safety risk control of combustion laboratory ·····	LIU Anyuan, FENG Hongqing, JIANG Ye, et al	273
Safety management of university laboratory based on redundant design: Taking gas laboratory as example ·····	CHEN Li, XIAO Chenjian	278
Research on safety management of university laboratory based on grid management ·····	TAI Hongxiang, JIA Guiying, CHEN Yanjun, et al	282
Exploration and practice of information security mechanism in university laboratories ·····	LI Kai, ZHOU Lijuan, WU Chi	286
Fuzzy comprehensive evaluation of university laboratory safety culture construction level based on “2-4” model ·····	ZHANG Su, WANG Yaxian, WANG Jingui	291

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

把论文 写在 祖国大地上

研当以报效国家为己任，学必以服务人民为荣光。



中国科学技术协会
China Association for Science and Technology

万方数据

致敬平凡的伟大

中国科学技术协会第十次全国代表大会

公益广告