



“指控装备维修”测试设备实践教学设计

霍晓磊, 李晓辉, 李 擎*

(中国人民解放军陆军工程大学(石家庄校区), 石家庄 050003)

摘要: 典型测试设备的熟练运用能力是从事指控装备检测维修工作的必要前提。实践教学是培养和提高学员工程实践能力与素质的重要途径, 是高等院校教育不可或缺的重要环节。为提高实践教学效果、提升学员维修保障能力, 该文对检测维修课程测试设备实践教学内容进行了设计, 形成了需求明确、重点突出、层次丰富、覆盖全面的实践教学体系, 并在教学活动中进行了验证与优化完善, 取得了较好的教学效果。

关键词: 实践教学; 测试设备; 检测维修; 教学设计

中图分类号: TN98

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230383

Design of Practical Teaching for Testing Equipment in “Command and Control Equipment Maintenance”

HUO Xiaolei, LI Xiaohui, LI Qing*

(Shijiazhuang Campus of Army Engineering University of PLA, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: The proficient use of typical testing equipment is a necessary prerequisite for engaging in the inspection and maintenance of command and control equipment. Practical teaching is an important way to cultivate and improve students' engineering practical abilities and qualities, and is an indispensable part of higher education. In order to improve the effectiveness of practical teaching and enhance the maintenance and support ability of students, this article has designed the practical teaching content of inspection, maintenance and testing equipment, forming a practical teaching system with clear needs, prominent focus, rich levels, and comprehensive coverage. It has been verified and optimized in teaching activities, achieving good teaching results.

Key words: practical teaching; testing equipment; inspection and maintenance; instructional design

实践教学是高等院校根据人才培养目标, 组织和引导学员参与实践环节并使其接受教育、培养实践运用能力与工程素养的一类教学活动。实践教学在高校人才培养中起着非常重要的作用, 强化实践教学环节是加强高等教育改革的重要内容, 对于加强学员动手实践能力、提高学员创新意识、完善学员的综合素质等方面起到很大的作用^[1-2]。

指控装备维修课程主要培养学员对装备操作使用、检测维修和维护保养的能力。通过对典型故障的案例分析与故障排除实践训练, 对于提高学员装备维修保障能力具有重要作用, 在培养学员形成科学思维方式、良好保障技能、严谨技术

作风等方面占据重要地位^[3-5]。

由于课程学时有限, 要保障的装备种类却非常多, 不可能所有类型装备都涉及。因此, 优选典型测试设备故障案例, 按照精讲多练、案例驱动、强化技能的思路组织教学, 使学员达到“精通一型, 旁通一类”的效果, 具有重要的意义^[6-7]。

1 实践教学体系设计

随着电路技术的飞速发展, 装备信息化程度不断提高, 大规模集成电路得到了广泛应用。指控装备功能越来越强大, 通信协议越来越多元化, 信号处理过程也越来越复杂。上述特点给指控装备的维修保障也带来了困难, 原来仅依靠电

收稿日期: 2023-08-22

作者简介: 霍晓磊, 博士, 副教授, 主要从事指控装备检测维修的研究。E-mail: 13731146286@139.com

* 通信作者: 李擎, 硕士, 讲师, 主要从事指控装备检测维修的研究。E-mail: eric_frank@163.com

路图、万用表就能完成设备维修的模式已不再适用，必须要依靠更先进的仪器仪表来辅助完成测试^[8]。

俗话说，“工欲善其事，必先利其器”，在电子信息类装备检测维修中，选择合适的测试设备，不仅能够有效提高测试效率，还能改善测试结果一致性和降低测试成本^[9]。

因此，在指控装备维修课程(共 46 学时)前期规划了 14 学时对典型测试设备的操作使用进行学习，以提高学员检测维修的基础技能，为后续单体设备及通信网络的故障排除打下良好基础。

1.1 维修测试需求分析

在进行电子信息类装备检测维修时，通常按照以下 3 个方面进行操作。

1) 确定装备整机技术工作状态，一般依靠对整机性能指标进行测量，主要包括射频信号的频率、功率、频偏，音频信号的失真系数、音频响应、信噪比等指标。

2) 对内部电路板功能进行测试，一般是产生电路板输入激励信号，再对电路板输出响应信号特征参数进行测量，主要包括中频信号的频率、频偏、幅度、调幅度等指标。

3) 替换故障电路板后看故障是否被排除，如果故障仍然存在则证明此次故障定位失败，需要进行新一轮的信号测试和故障定位过程。

从上述检测维修流程中不难看出，维修中需要对典型电气信号特征指标进行测量。

1.2 实践教学体系设计思路

在综合考虑被测装备类型、信号测试需求等因素后，整个实践教学体系设计如图 1 所示，区分为基础实践、功能集成和系统拓展 3 个层次。

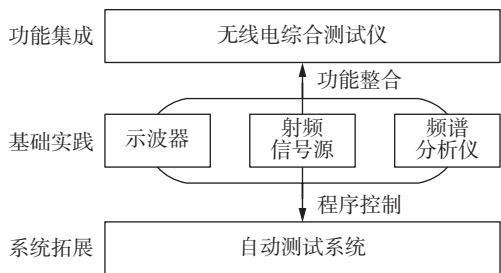


图 1 实践教学设备体系

整个实践教学体系设计具有以下 3 个特点。

1) 需求牵引，指向明确

在教学体系中，示波器、信号源和频谱分析仪 3 个典型独立测试设备的操作使用是基础实践教学的重点内容，也是整个实践教学的基础。

掌握上述设备的使用方法就具备了维修测试的基础技能，能够完成大部分信号测试任务。

2) 功能拓展，触类旁通

在独立测试设备基础上，通过功能整合、系统集成可以得到功能全面、性能强大的综合性测试设备(无线电综合测试仪)，能有效提高测试效率。

学员通过熟练掌握 4 种典型测试设备的操作使用，加深对不同类型电信号测试原理与方法的理解，进而能够推广应用到其他类型测试设备上，从而达到“精通一型，旁通一类”的效果。

3) 了解前沿，把握趋势

通过引入程控技术，可利用多个独立测试设备构建大型测试系统，以提高测试测量的自动化程度，这也是当前测试技术发展的主流趋势。

随着教学进程的深入，仪器控制由手动设置到软件自动控制，测试任务完成由人工测试转换为自动测试，整个体系设计便于学员由浅入深、由简单到复杂的理解与掌握自动测试的原理与方法。

2 实践教学内容及方法设计

2.1 教学内容设计

在确定实践教学设备体系后，结合教研室现有条件，并充分考虑检测维修任务需求，课程组有针对性地设计了实践训练科目，具体实践教学科目设置如表 1 所示。

1) 示波器测试实践

示波器是一种用途十分广泛的电子测量仪器。利用示波器能观察不同电信号幅度随时间变化的波形曲线，工程实践中可以用示波器测试多种电量指标，如电压、频率、相位差、调幅度等。

但教学实验中通常是对稳定的、周期信号进行测量，而维修测试中更多要面对的是突发的、非周期信号。因此，通过针对性训练，使学员熟练掌握示波器触发采集模式的使用，并进一步熟悉多通道数据采集、测试结果存贮与调用等功能，以更好地应对工程实践中的维修任务。

表1 实践训练科目

科目名称	设备型号	实践训练内容
示波器测试	Agilent DSO6102A	① 示波器常用参数设置; ② 信号波形特征的测量; ③ 触发方式捕获非周期信号
串口协议分析	USB转RS232	① 串口助手软件的使用; ② 波特率的测量; ③ 负逻辑及逆序发送的观测; ④ 帧格式的观测与分析
信号源测试	IFR 2025	① 信号源常用参数设置; ② FM调频信号生成; ③ SSB单边带信号生成
频谱分析仪测试	Agilent E4408B	① 频谱分析仪常用参数设置; ② 门磁信号、跳频信号频谱的测量; ③ RBW带宽对观测的影响
无线电综合测试仪	R&S CMA 180	① 综合测试仪常用参数设置; ② FM信号的接收与解调; ③ 蓝牙信号的观察与测量
程控仪器测试	Agilent N5181A	① LabVIEW程控仪器配置方法; ② USB接口控制信号源生成信号; ③ 网口控制示波器信号采集分析
自动测试系统应用	PXI总线程控仪器	① 自动测试系统结构与组成; ② 电路板自动测试方法与实现

2) 串口协议分析实践

完整的串行数据示意图如图2所示, 串口通信的特点是电路及通信协议简单、工作稳定可靠, 但通信速率不高。因此串口通信虽然在民用领域应用不多, 但是在工业控制、军事、航空航天中仍然具有极为广泛的应用。

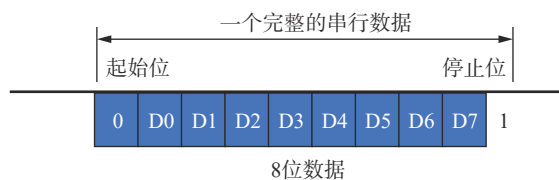


图2 串口协议分析示意图

在指控装备中, 串口不仅可用来直接进行短距离通信, 而且还是大部分单体设备的调试接口, 因此有必要熟练掌握串口的操作使用及协议分析等内容。在训练中, 通过对串口信号波形的捕获及观测, 强化学员示波器工程实践能力; 通过对串口通信协议的分析, 使学员理解和掌握通信协议分析的基本步骤与方法, 为后续复杂通信协议的解析打下良好基础。

3) 信号源测试实践

无线通信接收测试如图3所示, 利用射频信号源产生一个调制信号由接收机天线口注入, 通过测量接收机音频口输出单音信号的频率、幅度等指标, 来判断设备的接收、解调功能是否正常。

目前市售大部分信号源都内置了模拟调制功能, 能够生成调幅、调频信号, 可用来测试短波

和超短波接收机; 一些矢量信号源还能进行数字键控, 生成更加复杂的移频键控 (frequency shift keying, FSK)、相移键控 (phase shift keying, PSK)、正交幅度调制 (quadrature amplitude modulation, QAM) 等数字键控调制信号, 可用来测试数字接收机性能指标。

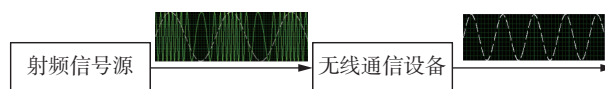


图3 无线通信接收测试示意图

因此, 对于指控装备中多型号、多类型通信设备而言, 信号源也是必须要熟练掌握的一类测试仪器。通过训练, 使学员加深对通信原理中多模式调制与解调知识的理解与掌握, 能够控制射频信号源产生调幅波和调频波射频测试信号用于测试。

4) 频谱分析仪测试实践

频谱分析仪如图4所示, 主要从频域对输入信号进行处理与分析, 能够处理的信号带宽、动态范围要远远大于示波器, 因此特别适合用于测量和分析天线接收的微弱射频信号, 也是从事无线通信设备维修必须要掌握的一种测试设备。

通过训练, 使学员掌握利用频谱分析仪的基础操作使用方法, 能够发现、捕获和测量无线信号频谱, 理解 RBW 带宽、底噪电平与分辨率带宽之间的关系, 并掌握工程实践中测量微弱射频信号的方法。



图 4 频谱分析仪

5) 无线电综合测试仪实践

无线电综合测试仪如图 5 所示，是集多种射频仪器和电子测量仪器为一体的多功能测试仪器。该设备通常集成有频率计、功率计、射频信号源、音频信号源、调制度计、信纳比仪、数字电压表、失真度计等多种功能。由于综合测试仪

功能强大，往往携带一台仪器就能完成无线通信设备的检测和调校，非常适用于通信设备的现地测量与抢修。

通过训练，使学员了解无线电综合测试仪的基本结构与组成，掌握综合测试仪的基本操作方法，能够进行简单的工程测试应用。

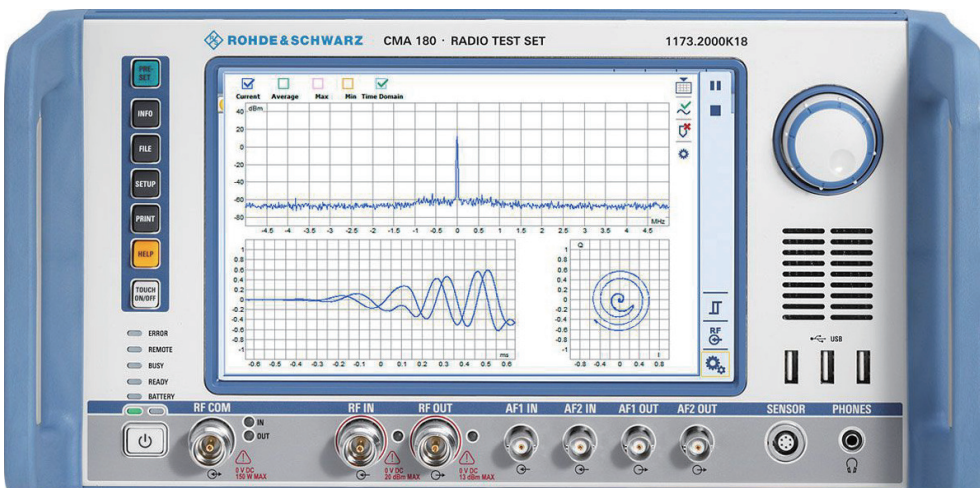


图 5 无线电综合测试仪

6) 程控仪器测试实践

当今主流测试仪器绝大部分都支持程序控制，常见的控制接口包括串口、GPIB 接口、USB 接口、以太网口等^[10]，如图 6 所示。

程控测试技术是利用软件程序来控制设备完成测试的技术，该技术主要为解决以下 3 个方面问题。

① 提高测试效率，如无线接收机工作频点多达 2 000 个，若采用人工逐个测试的方法测试效率极低。

② 程控设备能够和主控计算机双向通信，有利于实现测试数据的存贮、共享和分发。



图 6 常见仪器控制接口

③多种测试设备可受计算机程序控制,从而使构建大型、综合性测试系统成为可能。

通过训练,使学员掌握仪器设备典型程序控制接口及方法;通过实际配置 LabVIEW 环境,掌握设备程控需要的必要参数条件;通过修改示波器和信号源范例控制程序,掌握利用程序控制测试设备的原理与方法^[11-12]。

7) 自动测试系统应用实践

自动测试就是在计算机程序的控制与管理

下,控制外围测量仪器进行自动测试与数据处理的技术,该技术能有效缩短测试周期,降低测试成本,因此是测控技术当前的一个主流发展方向。

基于 PXI 总线的程控仪如图 7 所示,机箱内每个槽位上的模块都对应了一个传统的测试设备。模块上仅保留了必要的信号输入输出接口,体积小、重量轻、可靠性高,特别适用于系统集成,因而在装备维修保障领域中的应用也越来越广泛。



图 7 PXI 总线自动测试系统

通过训练,使学员了解自动测试系统结构与组成,进而掌握自动测试的原理与方法,了解自动测试在装备维修保障中的应用。

2.2 教学方法设计

在具体实践教学过程中,以讲解示范、操作实践、研讨交流、总结讲评为基本教学环节,总体贯彻“精讲多练”的教学思路,并且在教学中注意以下 3 个方面教学方法的运用以提高教学效果。

1) 综合运用情景式、任务驱动等方法组织教学。通过设计实验报告,由测试任务引导学员实践训练,从而由浅入深、由表及里地逐步掌握各型测试设备的典型操作使用方法。

2) 适时引入竞争机制以提高学员训练的积极性。如在串口协议分析中可由教员发送不同信号给学员解码,评比各组解码速度和准确率;在频谱分析实践中,组织学员同时对未知信号进行观察和测量,以得到其频率、调制类型等信号特征。

3) 理论联系实际,运用前期理论指导测试实践。如在射频信号生成实践中,通过回忆通信原理课程相关内容,并综合运用启发式、对比式教学方法来讲授 AM 调幅波和 FM 调频波的信号差异,以巩固和强化学员对该知识点的理解与掌握,并应用到具体工程测试实践。

3 实践教学实施

3.1 教学过程实施

实践教学环节采用“讲解示范—强化练习—总结讲评”的方式进行。

1) 讲解环节一般是由教员对测试仪器设备的性能参数、特征指标和操作使用方法等内容进行理论讲解,要求讲解要尽量简明扼要、深入浅出,便于学员的理解和掌握。示范环节就是教员在理论讲解的基础上进行实际操作示范,要求动作准确、熟练、完整、规范。

2) 强化练习环节又称分组强化训练,是学员

在教员指导下进行实践操作训练、巩固理论知识、形成实践技能的重要环节和手段。

3) 总结讲评环节主要对实践环节中出现的讲评问题进行讲评。通过对共性问题的讲评进一步规范、明确实践操作的步骤及要领；通过对个性问题的讲评使全体学员统一认识并能够举一反三。

3.2 信息化手段运用

在实践操作授课过程中，经常碰到的问题是由于学员人数众多以及测试设备显示屏幕较小，当教员进行操作实践示范演示时，后排学员很难观察清楚教员的操作动作细节和仪器测试结果画面，严重制约了教学效果。

为解决上述问题，在实践教学过程中充分借鉴了信息化教学手段，在教室内放置了 3 个大屏幕电视：第一个电视用于播放理论提示 PPT 课件；第二个电视连接测试设备的 VGA 或 HDMI 显示输出接口，用于同步显示测试仪器的测试界面，方便学员观察信号波形、频谱；第三个电视通过 HDMI 接口连接可移动视频展台，视频展台直接对准教员的操作区域，并且摄像头能够灵活旋转、调焦及缩放画面，可将教员操作测试设备按钮等细微动作同步投影到大屏幕电视，方便后排学员的观察。

这样，通过信息化手段的运用，将理论知识提示、操作示范步骤、测试结果展示同步显示在大屏幕电视上，给学员构建一个全流程、全要素、全方位汲取知识的空间，有效提升了实践教学效果^[13]。

3.3 实践考核

实践考核包括两部分：一是课程结束的实践操作考核，占总成绩的 60%，以装备故障排除为题目，在故障排除过程中综合考察学员对测试设备的运用能力；二是随堂的实验报告，占总成绩的 40%，重点考察学员在每次实践操作课上对课堂课程知识内容的掌握情况。

4 课程建设效果评价

通过实践训练，不仅学员的动手能力和工程实践素养得到了提升，而且还增强了专业自信。学员在 2021—2023 年积极参加中国工程机器人大赛、全国大学生智能汽车竞赛等活动，获省级以上奖励 20 余项，包括一等奖 4 项、二等奖 8 项。

为评价课程教学效果，课程组对实践教学设

计优化前后两批学员实践考核成绩进行对比，优秀和良好率分别提高 5% 和 11%，而合格和不合格率则有了明显下降，对比变化趋势如图 8 所示。

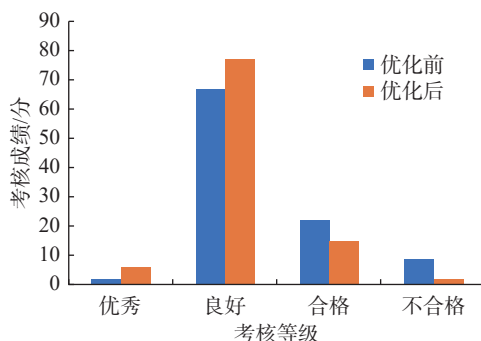


图 8 实践教学优化设计对考核成绩的影响

同时对两批学员进行问卷调查，调查主要针对实践教学模式、考核方式、实践和创新能力培养、课堂氛围、课堂信息量等选项展开。学员对课程教学总体满意和比较满意提高近 20%，不满意率降低 8%。不少学员课后反映：“这部分实践内容是学习专业课以来感觉非常有意义的一门课，让我理解了通信原理中调制、频偏等抽样概念，真正做到了理论联系实际”“实践训练采用任务驱动的组织方法，能够充分调动学习积极性；同时注重将理论与实践操作相结合，学以致用，能有效提升了我们的工程实践能力”。

学校督导专家听课后给出评价：实践科目设计巧妙，充分调动了学员积极性，突出体现了“教为主导，学为主体”的教学导向；“任务驱动”的组织模式能够活跃课堂氛围，注重培养学员分析问题和解决问题的能力，取得很好的教学效果。

5 结束语

本文从提升学员电子信息类装备维修保障能力出发，提出了“立足典型装备，面向保障需求；原理分析为牵引，实践训练为手段；强化维修技能，注重能力拓展”的教学思路，设计了包含基础指标测试实践、综合性能测试实践、程控测试实践、自动测试实践 4 个层面的实践内容，形成了多层次实践教学模式。

实践教学效果表明，该部分内容设计明显提高了本门实践课程的系统性和规范性，学员的参与积极性也得到了充分调动，能有效达成学员实践能力与工程素养的培养目标。

参考文献

- [1] 张浩,刘晔.面向新工科非电类理工科专业的电工学系列课程教学体系改革与探索[J].电气电子教学学报,2021,43(5):10-15.
- [2] 许加柱,帅智康,罗安.以创新创业为导向实施高等教育供给侧改革[J].电气电子教学学报,2020,42(6):38-40.
- [3] 王琳,管庆,于永斌,等.新工科背景下的“综合设计”课程教改实践[J].实验科学与技术,2021,19(4):57-60.
- [4] 任光辉,付威,吴金栋,等.面向新工科的高校实验平台建设模式研究[J].实验技术与管理,2018,35(11):194-197.
- [5] 李露,罗晓燕,刘博,等.面向新工科的“多元交叉”实践教学改革研究[J].实验科学与技术,2021,19(1):53-58.
- [6] 黎海生,夏海英,宋树祥.基于新工科的电子信息类专业人才创新能力培养模式研究与实践[J].实验技术与管理,2019,36(4):200-202.
- [7] 袁小庆,史仪凯,王文东.“电工学”国家级一流课程建设与实践[J].电气电子教学学报,2021,43(3):36-40.
- [8] 李阳,武昌,雷志雄.装备维修保障信息化建设的若干问题[J].四川兵工学报,2009,30(4):113-115.
- [9] 赵春宇,马伦,孔祥群,等.信息化条件下装备维修保障技术发展现状及趋势[J].信息技术,2012,36(1):185-187.
- [10] 齐晓冰,朱斌,李佳亮.基于LabVIEW与Multisim的火控系统半实物联合仿真方法[J].计算机测量与控制,2017,25(10):108-111.
- [11] 袁小平,金鹏,蒋硕,等.基于LabVIEW的远程虚拟实验室建设与应用[J].实验技术与管理,2016,33(12):114-117.
- [12] 刘伟玲,杨彩双,杨泽青,等.基于LabVIEW与Multisim的电路实验平台设计[J].自动化与仪表,2016,31(11):70-73.
- [13] 刘洋,谢胜利,杜玉晓,等.面向新工科的工业4.0实验基地课程体系与平台构建[J].实验技术与管理,2018,35(11):229-233.
- [14] 强根荣,曾秀琼,杨振平,等.工科专业化学实验新型教学模式的构建与实践[J].实验室研究与探索,2018,37(9):236-239.
- [15] 张素平,王杰,邱恺培,等.专业课课程思政的实施与探索[J].教育教学论坛,2021(49):168-171.
- [16] 刘志刚,田枫,王梅,等.工程认证与产教融合双驱动的新工科人才培养探索[J].实验室研究与探索,2022,41(10):167-172.
- [17] 王保建,武通海,段玉岗,等.基于工程教育认证的实验教学质量评价体系[J].实验室研究与探索,2020,39(5):149-152.
- [18] 唐波,黄力,袁发庭,等.新工科建设下的专业课程实验教学模式改革[J].实验技术与管理,2019,36(5):235-238.
- [19] 任秀彬,王丽娜,章结兵,等.化学工艺学课程研讨式教学改革与实践[J].化工高等教育,2023,40(4):43-47.
- [20] 中华人民共和国教育部.高等学校课程思政建设指导纲要[EB/OL].[2020-06-01].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202006/t20200603_462437.html.
- [21] 马巧焕,李正要,徐承焱,等.实验课程思政教学研究与思政案例融入分析:以矿物化学处理实验课程为例[J].实验室研究与探索,2023,42(1):252-256.
- [22] 周丹.生物安全背景下的微生物学实验课程思政教学设计与实践[J].安徽农业科学,2023,51(6):275-279.
- [23] 中华人民共和国教育部.关于贯彻落实新时代全国高等学校本科教育工作会议精神的通知[EB/OL].[2018-08-27].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201809/t20180903_347079.html.
- [24] 中华人民共和国教育部.关于一流本科课程建设的实施意见[EB/OL].[2019-10-30].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031_406269.html.
- [25] 张敏,文福安,刘俊波.高校虚拟仿真教学环境构建逻辑探讨[J].实验技术与管理,2023,40(3):2-6.
- [26] 蔺凤琴,杨旭,李擎,等.面向新工科建设的加热炉智能燃烧控制虚拟仿真平台的开发[J].实验室研究与探索,2023,42(3):108-113.
- [27] 郭军红,崔锦峰,杨保平.新工科背景下虚实结合虚拟仿真实验项目的建设[J].实验技术与管理,2019,36(8):119-122.
- [28] 刘进波.多喷嘴对置式水煤浆气化技术工业应用总结[J].化肥设计,2012,50(2):50-56.

编辑 张俊

编辑 钟晓