



电类实验数字化教学模式的研究与实践

曾思明, 陈安, 谢小柱, 陈灵敏, 胡永俊

(广东工业大学 实验教学部, 广州 510006)

摘要: 在大力推进教育数字化的大背景下, 通过数智赋能, 将数字化技术与实验教学深度融合, 构建了线上线下混合式实验教学模式, 对学生的实验全过程进行考核、指导和评价, 并对学生进行个性化实验教学。通过对学生实验过程中的数据进行有效的挖掘和分析, 及时调整教学策略, 从而提升实验教学质量。实践证明, 该教学模式能有效地激发学生的学习兴趣, 提高课堂效率, 实现了对学生实验的实时监控和指导, 也满足了学生的个性化实验需求。

关键词: 数字化; 混合式教学; 过程评价; 个性化实验

中图分类号: G642

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20240032

Research and Practice of Electrical Experiment Teaching Mode in the Digital Background

ZENG Siming, CHEN An, XIE Xiaozhu, CHEN Lingmin, HU Yongjun

(Department of Experimental Teaching, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Under the background of vigorously promoting the digitalization of education, the digital technology has been deeply integrated with experimental teaching through digital intelligence empowerment, constructing a blended experimental teaching model that combines online and offline approaches. This model assesses, guides, and evaluates students throughout the entire experimental process and provides personalized experimental teaching. By effectively mining and analyzing data from students' experimental processes, teaching strategies are adjusted in a timely manner to enhance the quality of experimental teaching. Practice has proven that this teaching model can effectively stimulate students' interest in learning, improve classroom efficiency, achieve real-time monitoring and guidance of student experiments, and meet the personalized experimental needs of students.

Key words: digitization; blended teaching; process evaluation; personalized experiment

党的二十大突出强调要“加快建设教育强国、科技强国、人才强国”, 并将“教育数字化”首次写进报告^[1]。2022 年 12 月教育部部长在《人民日报》撰文指出, “推进教育数字化”是新时期我国教育强国的总指导思想, 也是我国教育现代化的重要内容^[2]。以数智赋能促进高校高质量发展, 既是新时期高校面临的一个历史契机, 也是高校落实国家战略的一项重大举措^[3-6]。在此大背景下, 本文对数智赋能背景下的电类实验教学模式展开研究与实践。

1 当前实验教学的现状分析

电类实验作为本校工科专业一门重要的专业基础实验课程, 在“新工科”人才培养和素质教育中起着非常重要的作用^[7-9], 也备受学校和教师的重视^[10-12]。近年来, 随着网络技术和信息技术的不断发展, 高校对实验教学模式也进行了数字化改革尝试^[13-15]。但由于多方面的原因, 现有的实验教学模式仍然存在一些问题和不足, 体现在以下 4 个方面。

收稿日期: 2024-01-26

基金项目: 广东省 2022 年度本科高校课程思政改革示范课堂项目(粤教高函[2023]14号); 广东省 2022 年高等教育教学改革项目(粤教高函[2023]4号); 广东省 2022 年本科高校在线开放课程指导委员会研究项目(2022ZXKC131); 广东省 2022 年实验室管理专业委员会研究基金项目(GDJ20220264)。

作者简介: 曾思明, 博士, 讲师, 主要从事电子科学与技术的教学与科研相关工作。E-mail: zengsiming@gdut.edu.cn

1) 学生课前预习的积极性较差且难以监控。当前的实验预习数据停留在“理论值”方面,学生学习兴趣不高,教师也难以真正掌握学生的真实预习情况。

2) 课堂教学效率较低,学生在做错实验时,无法及时得到错误反馈和指导。

3) 学生个性化实验需求得不到满足。在现有的教学模式下,实验内容相对固化,所有的学生都被要求做同样的实验内容,只是一种“合格”培养,无法做到因材施教。

4) 挖掘和分析实验过程数据的能力不足。借助现代信息技术,可以采集到学生实验过程中的各种数据,但教师并没有有效地挖掘、分析和利用学生的实验过程数据,因而对于教学的改进并没有多大的意义。

总体而言,上述不足阻碍了实验教学的持续改进。

2 数字化实验教学平台的构建

针对以上问题,广东工业大学与相关企业合作,研制了一套数字化实验教学平台。该平台以网络为载体,是一套线上线下相结合的智能教学平台。

2.1 远程在线真实实验系统

实验系统的典型架构如图1所示,主体部分为在线智能实验平台,搭配不同的实验配件包及测试仪器,将这一整套设备连接到网络,学生只需要一台连接好网络的计算机,即可实现远程电路的搭建、仪器仪表的控制、实验数据的读取等一系列功能,实现真实的远程实验。

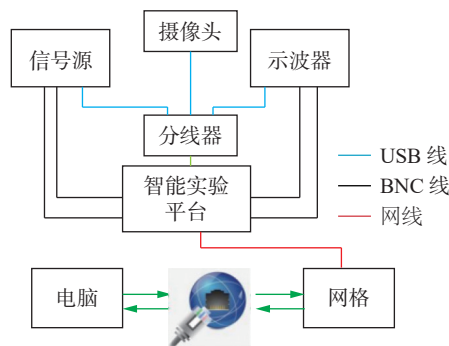


图1 远程在线真实实验系统典型架构图

2.2 实验教学智能辅助系统

系统包括智能实验终端和实验教学管理平台两部分。

1) 智能实验终端

学生可以利用实验室的智能实验终端完成签到、记录和上传实验数据、接收实验结果提示及故障排查指导、拍照上传实验结果图片等多项实验任务,并允许学生多次上传实验结果,确保所有学生最终都能得到正确的实验数据。

2) 实验教学管理平台

该实验教学管理系统的主要功能包括实验教学管理、信息交互展示、实验资料查看与考核、实验成绩统计与分析、师生互动等功能。

3 混合式实验教学模式的构建

3.1 线上线下相混合的教学方法

为了激发学生自主实验的热情,提高学生实验的积极性,借助数字化实验教学平台,采用了线上线下相混合的“四步法”实验教学策略,如图2所示。具体实施方案有以下4点。

1) 线上实验预习

在实验教学中,实验预习是十分重要的一个环节。因此,在实验课前,要精心设计预习形式和预习内容。借助数字化实验平台,教师可以很方便地在实验课前将预习资料以视频或者文字的形式推送给学生,学生在完成预习资料的学习后,根据预习要求完成相关的预习任务。为了在有限的实验课堂中让学生掌握更多的实验技能,我们尝试将比较基础的实验内容放到实验预习阶段。学生可以通过远程在线真实实验系统,在实验室外远程控制实验平台进行实验操作,实验中的物理器件、电路搭建和仪器测量都是真实的,还可以利用摄像头来观测实验台真实环境,如图3所示。此外,本系统还可以监测学生在线实验的情况,包括学生的实验操作和实验结果等,教师可以很方便地掌握学生的预习情况,为后续实验课堂教学内容的制定提供了可靠的依据。这种实验预习方式大大提高了学生的实验学习兴趣,进而提高了实验预习的效率。

2) 线下实验操作

学生在完成实验预习后,才允许来实验室进行实验操作。学生进入实验室后,先利用实验室的移动终端设备进行人脸识别打卡。随后,教师简要地向学生介绍实验背景、原理、步骤和注意事项等,并发送随堂测试题让学生限时完成。这不仅能让學生保持课堂专注度,同时也可以让教师及时了解学生的课堂知识掌握程度。接着,学生按照教师课前设置好的实验任务自

主完成实验操作，并利用智能实验终端设备将实验结果(包括图像和数字)记录和上传到实验管理平台，如图 4 所示。为了提高实验课堂指导效率，借助实验教学智能辅助系统，教师可以在学生实验出错时通过实验教学平台实时发送错

误提示，并给出操作指引，如图 5 所示。如果学生按照操作指引仍未能解答问题，就可以请教师现场答疑。这样，学生在实验课堂遇到问题时，就可以及时得到解答，从而大大提高了实验效率。

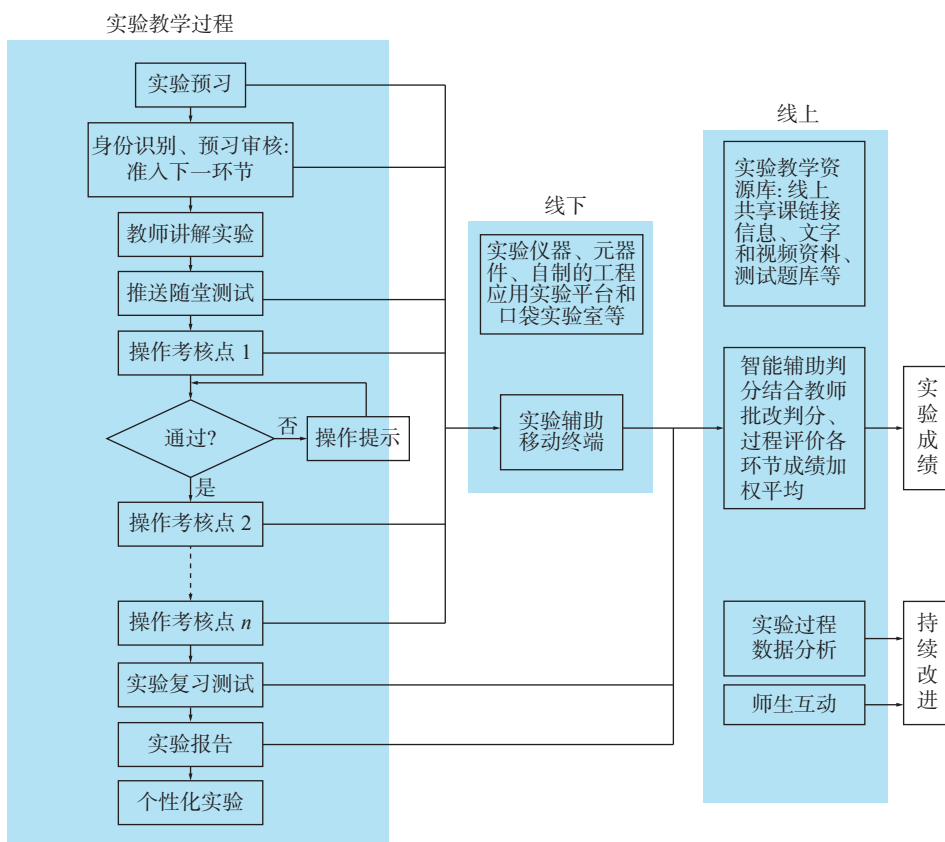


图 2 线上线下混合式实验教学流程图

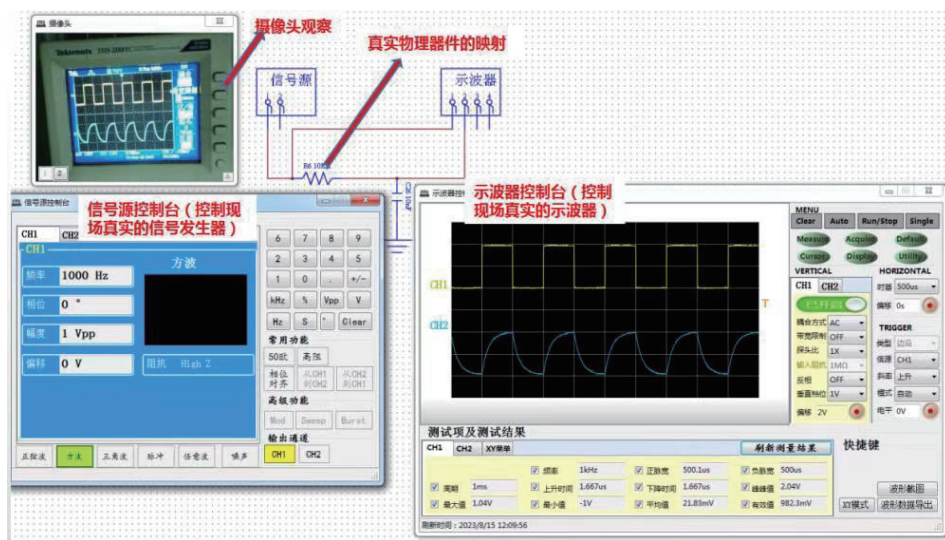


图 3 远程在线真实实验操作图



图 4 学生利用智能实验终端设备记录和上传实验过程

3) 线上实验复习

为了进一步巩固学生的实验学习效果, 教师会在课后根据学生的实验操作情况精心设计课后练习测试题, 让学生通过完成复习测试题来改正实验原理理解和实验操作方法中的不足之处。学生在实验结束后, 利用手机 APP 自主完成复习

测试题。

4) 课后补做实验和个性化实验

对于不能在课堂内完成实验的部分学生, 允许他们在课外借助预约系统自行补做实验, 系统也将全程记录实验过程。为了满足学生的个性化实验需求, 教师在课后利用远程在线真实实验系统制作和发布个性化实验项目。学生在课后利用实验预约系统预约时间选做个性化实验项目, 如图 6 所示, 还可以利用系统里面的模块和器件进行个性化实验研究。这种远程在线真实实验系统打破了时间和空间的限制, 允许学生随时随地进行真实性的实验探究, 大大提高了学生的实验兴趣和实验效率。此外, 学生还可以通过“电工电子工程应用实验平台”和“基于模电实验的口袋实验室”等自制实验仪器进行一些创新性的实验研究, 满足他们的个性化实验需求, 如图 7 所示。

智能教学系统 首页 新闻通知 仪器列表 开放实验 自主学习 平台介绍 质量评价 帮助

实验数据自动检测标准编辑

序号	检测条件	数据最小边界	数据最大边界	数据单位	最小分值	最大分值	错误提示
1	静态工作点 UBQ/V	1.8	2.7		8.33	8.33	请检查数据单位和测试点是否正确。
2	静态工作点 UCQ/V	6.5	9.2		8.33	8.33	请判断晶体管的好坏。
3	Uo/V	1.3	2.5		8.33	8.33	请检查是否连接了旁路电容。

图 5 实验错误提示和操作指引界面

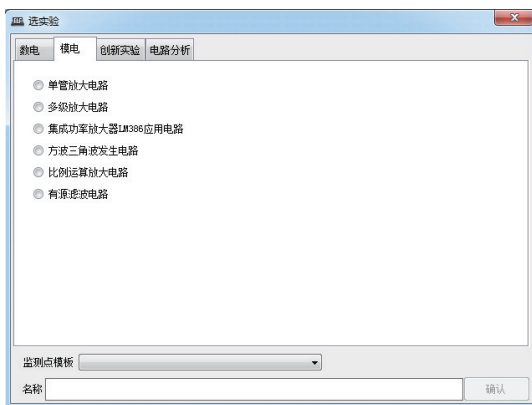


图 6 学生个性化实验选择界面

3.2 全过程的实验考核方法

当前, 我们实施的是基于成果导向教育 (outcome based education, OBE) 理念的教学模式, 已经根据学生的实验课程培养目标制定出相应的学习产出。为了能够较为精准地考查学生的学习产出, 确保 OBE 教学的实施效果, 就必须对学生实验的全过程进行考核, 全面了解学生的实验情况。为此, 我们借助现代信息技术, 将考核内容有机融入学生实验的全过程, 包括课前预习、随堂测试、实验操作点考核、课后复习和实验报告。具体有如下 3 种做法。

1) 在实验课前, 教师将实验预习资料 and 任务 (包括预习测试题和基础实验设计要求) 上传到教学系统, 学生通过手机 APP 完成预习资料的学习后, 限时独立完成预习测试题, 系统自动批改并给出该部分的成绩。同时, 利用远程在线真实实验系统, 按要求完成基础实验的电路设计、搭建和测试任务, 这一部分的操作也由系统自动评分。学生需要在实验前完成实验预习任务, 否则

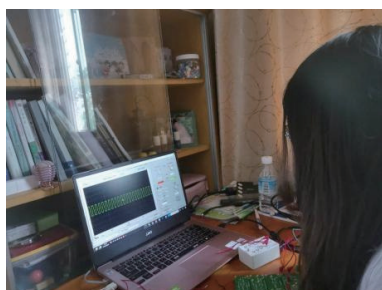


图 7 学生利用口袋实验室做个性化实验场景

就会失去到实验室进行实操的权限，从而确保每位学生都能在实验前完成预习任务。

2) 在实验课中，学生将利用实验室的人脸识别功能进行签到考勤。教师在实验课的讲解过程中会推送随堂测试题给学生限时完成，了解学生对课堂内容的理解情况。为了更好地考查学生的实验技能掌握情况，根据学生在本次实验中必须要达到的学习产出，设计一些实验过程考核点，学生每完成一个实验考核点，都需要通过智能实验终端设备记录实验图像和数据，系统将实验结果的对错实时反馈给学生。如果该考核点的实验结果有误，将不能进入到下一个实验考核点，直到得到正确的实验结果为止。在完成所有的实验考核点后，系统将根据学生提交的实验结果情况实施自动的差异化评分，力求较为准确地考查学生的真实实验操作水平。

3) 在实验课后，借助教学系统向学生发送复习测试题，学生完成后可以实时收到复习测试成绩和正确答案解析。最后，学生在系统内完成电子实验报告的撰写，教师手动批改后给出这一部分的成绩。

以上实验教学中所有环节的考核，系统都会实时将考核成绩、错题解析和学习建议反馈给学生，让学生及时了解和纠正自己的实验错误，客观上也督促了学生认真对待实验过程中的每一个环节，从而提高了课堂教学质量。具体考核指标如表 1 所示。

表 1 实验课程考核指标

一级考核指标		二级考核指标	
指标内容	分数比例/%	指标内容	分数比例/%
基础实验项目	70	课前预习	10
		按时签到	5
		随堂测试	10
		实验操作考核点	30
		课后复习	10
		实验报告	35
综合实验项目	30	课前预习	10
		按时签到	5
		随堂测试	10
		实验操作考核点	30
		课后复习	10
		实验报告	35

3.3 实验过程数据分析

为了能够有效地挖掘、分析和利用学生的实验过程数据，借助实验教学智能辅助系统，有针对性地抓取了整个实验教学过程中的实验数据，包括学生实验中的每一次仪器测试结果、试错率、操作时长等操作数据，并对数据进行多个维度的分析，力求全面了解学生的实验情况，从而为教学改革提供真实可靠的依据。此外，还通过实验过程数据分别得出针对每一个学生、每一个班级、每一个实验的分析数据以及相应的整体分析数据和错误点，并针对错误点向学生推送个性化的助学建议，如图 8 所示，使每一个学生都可以真正地理解和掌握实验内容。



图 8 个性化助学建议界面

4 教学实践与评价

在测试数字化教学平台能稳定运行后，对

2021 级电子科学与技术 2 班和 4 班进行了试点教学。从远程在线真实实验系统的实验预约记录来看，平均每位学生每次实验的预约次数超过 4 次，包

括实验预习和个性化实验,说明学生对利用该平台进行实验学习有较大的兴趣。通过问卷调查,发现相比于非试点班,试点班的学生认为数字化的实验教学模式更有利于提高自主学习的兴趣和能、及时获得有效的实验指导、提高分析排查故障能力、满足个性化实验需求和提高实验效率。因此,本实验模式得到了学生们的普遍认可。

5 结束语

在党和国家强调要大力推进教育数字化的大背景下,通过数智赋能,将数字化技术与实验教学深度融合,探索了数字化实验教学模式。实践表明,本教学模式有效激发了学生的实验兴趣,提高了实验课堂效率,实现了对学生实验全过程的评价,满足了学生的个性化实验需求。此外,通过有效地挖掘、分析和利用学生的实验过程数据,实现了对学生进行个性化的实验辅导,并持续改进了实验教学的质量。

参考文献

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗: 在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[R]. 北京: 全国人民代表大会常务委员会, 2022.
- [2] 怀进鹏. 加快建设教育强国[N]. 人民日报, 2022-12-21(9).
- [3] 陈芹, 郑月龙. 数智化时代“思政引领+数智赋能”人才培养路径探究[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估), 2023(7): 78-81.
- [4] 彭莉娜, 张志华, 季凯. 数智赋能教育变革: 可及前景、现实挑战与策略探析[J]. 终身教育研究, 2023,

- 34(3): 47-53.
- [5] 宋迎春. 信息空间框架下“课政融合”的数智赋能机制研究[J]. 太原城市职业技术学院学报, 2023(4): 140-142.
- [6] 高嘉佳. 数智赋能高职院校学生创业就业工作路径研究[J]. 创新创业理论与实践, 2023, 6(10): 196-198.
- [7] 严静, 李若舟, 屈科, 等. 针对创新能力培养的 optics 与光电子实验课程教学模式探讨[J]. 高教学刊, 2023, 9(22): 56-59.
- [8] 孙凡金, 张勤进, 陈洋, 等. 以竞赛为导向的电工电子课程实验教学模式研究[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(2): 200-203.
- [9] 郝学元, 赵静. 探究式教学在“1/V 变换电路设计与应用”实验中的研究[J]. 实验科学与技术, 2023, 21(3): 93-97.
- [10] 刘银萍, 宋亚男, 曾思明, 等. 工程专业认证背景下的电工电子实验教学改革[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(10): 221-225.
- [11] 薛睿, 王帅创, 高敬鹏, 等. 新工科背景下通信电子线路基础实验课程改革探索[J]. 实验科学与技术, 2023, 22(1): 107-113.
- [12] 胡仁杰, 堵国樑, 郑磊. 电工电子实验教学体系改革与建设[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(7): 206-211.
- [13] 钱扬义, 邓峰, 肖常磊, 等. “一研两网三室四模式多实践平台”手持技术数字化化学实验教学体系的构建与应用[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2021, 53(4): 115-120.
- [14] 曾思明, 万频, 陈安, 等. 基于现代信息技术的实验教学过程评价[J]. 高等工程教育研究, 2021, 69(6): 62-67.
- [15] 刘银华, 张振东, 段振霞. 面向教研一体化的数字化制造实验教学平台搭建与探索[J]. 实验科学与技术, 2022, 21(3): 140-144.

编辑 葛晋

(上接第 33 页)

- [10] 王合英, 孙文博, 陈宜保, 等. 自主探究实验对学生综合素质和创新能力的培养[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(12): 24-28.
- [11] 程凤梅, 李海东, 易洪雷. 新工科背景下省级实验教学示范中心的重点建设实践[J]. 实验室研究与探索, 2020, 39(12): 134-137.
- [12] 顾艳丽, 朱震华, 刘尧健, 等. 层次化电工电子实验教学平台建设思考与实践[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(10): 216-219.

- [13] 吴润强, 项璟晨, 郝鸣, 等. 基于 FPGA 的 LCR 测量仪的设计与实现[J]. 大学物理实验, 2023, 36(4): 62-68.
- [14] 张瑛, 孙科学, 朱震华, 等. 电工电子实验技术(下册)[M]. 2 版. 北京: 人民邮电出版社, 2022.
- [15] 洗进, 毕盛. 基于创新性综合实验的嵌入式教学研究[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(4): 82-85.
- [16] 印月, 雷勇, 周群, 等. 问题导向式教学在电子技术实验中的研究[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(3): 92-97.

编辑 葛晋