

DOI:10.19479/j.2095-719x.2501074

## 基于“虚实结合”的电工学实验教学改革与实践

王秀丽,潘雷,李梅,顾贵芬  
(天津城建大学 控制与机械工程学院,天津 300384)

**摘要:**针对我校电工学实验教学存在的问题,开展了“虚实结合”实验教学模式改革.阐明了“虚实结合”实验教学改革的设计思路,开发设计了智能型电工实验平台及配套的虚拟仿真软件,进行了“虚实结合”电工学实验教学改革与实践.通过预习仿真软件场景式的学习和操作,实现实验预习可视化;通过自主考评软件,实现实验成绩的精准客观评价,完成了自主指导实验过程,减轻了教师的重复性劳动.实验成绩对比分析表明“虚实结合”实验教学模式在电工学实验教学中的有效性和可行性.

**关键词:**电工学实验;虚实结合;自主实验;预习仿真;自主考评

**中图分类号:**TM1-4 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-719X(2025)01-0074-06

### Reform and Practice of Electrotechnics Experimental Teaching Based on "Integration of the Virtual and the Real"

WANG Xiuli, PAN Lei, LI Mei, GU Guifen

(School of Control and Mechanical Engineering, TCU, Tianjin 300384, China)

**Abstract:** In the era of education informatization 2.0, it is necessary to deeply integrate and innovate informatization technology and education, which puts forward higher requirements for the renewal of the education concept and the reform of teaching mode. In view of the problems existing in the experimental teaching of electrotechnics in our university, the reform of the experimental teaching mode of "integration of the virtual and the real" is carried out. The design idea of experimental teaching reform based on "integration of the virtual and the real" is expounded, and the intelligent electrotechnical experiment platform and supporting virtual simulation software is designed. Meanwhile, the reform and practice of "integration of the virtual and the real" experimental teaching is implemented. Visualization of experiment preview is realized by scenario-based learning and operation of preview simulation software. Through the self-evaluation software, the accurate and objective evaluation of experimental results is achieved, and the self-guided experiment process is completed, the repetitive labor of teachers is reduced. The comparative analysis of experimental results shows that the experimental teaching model based on the "integration of the virtual and the real" is effective and feasible in electrotechnics experimental teaching.

**Key words:** electrotechnics experiment; integration of the virtual and the real; self-guided experiment; preview simulation; self-evaluation

教育信息化 2.0 时代,赋予了高等教育全新发展理念,要求教育现代化水平更高、层次更深、领域更宽、范围更广<sup>[1]</sup>,反映了教育以育人为本、追求人适应时代要求全面发展的本质特征<sup>[2]</sup>.促使教师将先进的信息技术与教育深度融合,提升信息技术素养,向创新融合发展的方向转变<sup>[3]</sup>.教师借助信息化技术,通过营造一个生动形象的学习环境,提供给学生自主式、协作式和探究式的学习资源、机会,培养学生的终身

学习能力和创新能力<sup>[4]</sup>.将教师为主导的课堂变为学生的自主学习平台,构建以自主学习为中心,现代教育技术综合运用教育教学机制,是未来人才培养的核心任务和目标.近年来,在教育部门的积极引导和推动下,各高校积极与相关企业深入地开展虚拟仿真实验教学项目的建设,建设完善信息化实践教学项目新体系,促进高校实验教学质量和水平的提升<sup>[5]</sup>.

收稿日期:2023-09-25;修订日期:2023-10-10

基金项目:天津城建大学校级教育教学改革与研究重点项目(JG-ZD-22052)

作者简介:王秀丽(1977—),女,天津人,讲师.

虚拟仿真技术的应用给工程实践教学带来了深刻变革,中国矿业大学电工电子教学实验中心建立了远程开放、资源共享的“虚实结合、互为补充”实验室教学平台,打破了实验教学时空的限制<sup>[6]</sup>,长春工业大学智能制造专业引入虚拟现实技术,构建了虚实结合智能制造实训平台,有效提升了学生工程意识、工程素养、实践能力和创新意识<sup>[7]</sup>。浙江安防职业技术学院安全防范技术专业完成了虚实结合、四位一体的专业课程体系构建<sup>[8]</sup>,通过实践教学实景实操与虚拟仿真相融合,为学生打造一种沉浸式学习环境,形成全方位情境化的实践教学模式<sup>[9]</sup>。

以仿真、虚拟现实技术和多媒体为核心的虚拟实验应用于实训、实践教学中,将虚拟仿真技术与传统实验教学手段深度融合,践行《教育信息化 2.0 行动计划》,探索在数字化教学环境下,培养学生成为社会发展所需的应用型、创新型人才,提升实践教学质量,是高校实践教学改革的一个方向<sup>[10]</sup>。

## 1 电工学实验教学现状分析

电工学作为高校非电类工科学生的专业基础课,是应用性和实践性较强的一门课程,电工学实验环节是培养学生良好工程素质及实践与创新能力的启蒙阶段。在电工学课程的教学与改革中,实验教学是教学改革的重点、难点;改革的目的是更加注重提高学生的自主实践能力,保证学生能够理论联系实际,同时在实践操作环节锻炼学生的创新思维能力。

我校电工学实验教学主要存在以下 4 个问题:

(1)实验设备陈旧,影响实验教学效果。

我校电工技术实验设备陈旧,实验测试仪器老化严重,调试困难,影响了实验教学效果,学习效率较低,限制了对学生创新思维和开发应用能力的培养。

(2)实验预习效果差。

因时空限制,学生在预习时只能看实验说明书,而无法练习操作,对实验的原理和实验操作难以理解,缺乏预习考核环节,学生预习的积极性和主动性不高,导致预习效果较差。

(3)实验过程学生学习自主性差。

传统的实验教学模式是以教师为主体,在实验过程中学生往往只是根据教师讲解演示,机械、简单地完成实验,一味地被动接受,限制了学生进行实验的积极性和自主性,不利于培养学生积极思考和发现、分析、解决问题的能力。

(4)实验过程教师示教效果差,存在很多重复性

工作,难以做到精准评价。

实验教学过程中教师以示教演示为主,在教师示教过程中受实验场地、人数、观看角度的限制,学生无法清楚全面掌握示教内容。实验过程中,教师很难全面及时掌握学生的操作情况,难以做到精准的教学效果评价<sup>[11]</sup>。教师对相同的问题不断重复讲解,浪费教师的时间和精力。

为了解决以上问题,必须积极探索实验教学的新模式和新手段。

## 2 智能型电工实验平台建设

随着国家虚拟仿真实验资源建设工作的稳步推进,将虚拟仿真技术引入电工实验教学成为新的趋势。我校电工实验室积极进行实验教学改革和设备更新,与大连通科应用技术有限公司合作,完成了 TK408 电工技术虚实结合智能实验平台的建设,本平台包括 TK408 电工技术实验装置及 TK408 通科电工智能实验预习仿真软件和自主实验考评软件,实验平台结构如图 1 所示。

实验装置的硬件采用模块化、可视化的实验挂箱、组件,实现可自学、可自连、可组合、可扩充,为学生自主实验奠定了基础。

为提高实验设备使用寿命,同时实现实验教学过程的信息化管理,实验室在原有电工学虚实结合自主实验系统软件基础上,结合实际生产环境,二次开发设计了配套的预习仿真软件和自主考评软件。预习仿真软件将每个实验项目设有任务目标、认识电路、工作原理、实验器材、电路 DIY、排除故障、仿真实训、考考你等模块,预习内容涵盖实验项目的全部知识点和技能点,预习软件通过提供给学生一种沉浸式的虚拟学习环境,达到提高实验预习效果的目的。自主实验考评软件主要包括实验预习考核、自主实验指导、实验报告生成及评价三部分。学生登录考评软件后即可进行预习测试,成绩达标者方可开始实验,否则继续测试,保证了实验操作的安全性和实验效果。在自主指导环节,学生的实验进程、计时与得分在系统中均有记录;软件界面设置了“帮助”功能,系统能够根据学生实验过程中的问题,为其进行自主指导,提升学生主动探索学习的积极性,减少教师的重复性劳动。软件系统能够自动记录实验全部过程,自动提取实验数据与采集的图片等信息,并逐项对所得数据、结果讨论、实验技能、信息化能力、实验纪律等进行评价、计分,最终生成符合标准格式的实验报告。

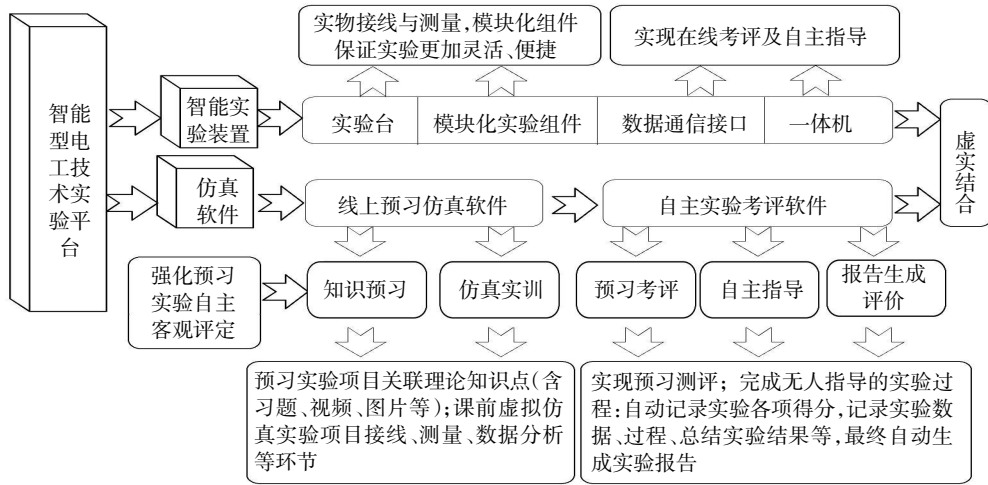


图 1 虚实结合智能型电工技术实验平台结构图

虚拟仿真软件引入实验教学,使学生成为实验教学的主体,为学生提供了由浅入深的进阶式学习环境,为开展虚实结合的实验教学模式提供了条件。

### 3 开展虚实结合实验教学的设计思路

能实不虚,虚实结合,强化预习,实现自主实验,客观评定。课前采用虚拟仿真实验预习,课堂上做到理论联系实际。虚实有效结合,通过沉浸式学习体验,激发学生的研究兴趣和创造性。通过将现代信息技术“嵌入”到实践教学中,实现信息技术对实验教学的支撑作用,减少实验教师的重复性劳动,体现学生的完全自主性。

#### 3.1 预习可视化,增强互动

在互联网及多媒体技术支持下,通过网络发布,学生可利用智能型实验平台的虚拟仿真预习软件进行预习,预习软件的实验基础部分可提供电工仪器仪表的使用、实验中的练习操作规程、实验原理、实验内容及虚拟接线和测试练习等,涉及图片、视频、动画等多种形式的学习资源,整个过程学生可进行实验的虚拟操作,预习不再是纸上谈兵,学生预习不受时空限制,提升学习过程的便捷性和直观性。考评软件完成预习测试,强化预习过程,可有效提高学生学习的主动性和积极性,增强实验预习的互动性和趣味性。

#### 3.2 自主实验,虚实结合

通过自主实验软件的引导,学生可自主完成各项实验,若遇到问题,可求助软件进行一对一智能指导,既减少了教师的实验指导工作量,也免去了学生等待时间,提高了实验效率。实验过程中,每部分有相应的总结思考题,引导学生积极思考,将理论与实践相结合,做中思,思中学,增强学生在实验中的参与度,激

发学生学习的积极性和主动性。

#### 3.3 全程跟踪,客观评定

自主考评软件所有的操作过程可通过检测技术、物联网技术与数据库技术等自动记录、判断,可实现实验过程的全程跟踪、判断,并根据考试策略自动判分,既能减轻教师评分的工作量,也使评判更加客观合理。

实验全过程由系统自动记录,学生填写的实验数据与采集的图片由系统自动插入,以生成符合标准格式的电子实验报告,改变了传统学生手工记录实验数据,手动撰写实验报告的形式,使学生更好地集中精力在实验过程,提升实验质量。

### 4 虚实结合实验教学实施过程

开展虚实结合的实验教学中,学生可充分利用仿真预习软件和自主实验考评软件设置的丰富、多样的学习指导环节,进行实验各个阶段的虚拟练习、测评及自主指导。整个实验过程主要包括仿真预习、预习测评、自主实验指导、实验接线与测量、实验总结、自动生成实验报告 6 个环节,实验过程图如图 2 所示。

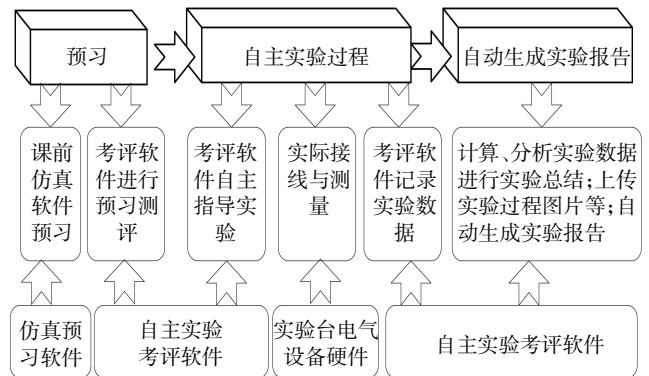


图 2 实验过程图

开展虚实结合的实验教学过程中,要求学生必须利用仿真预习软件进行实验项目的预习,软件界面如图3所示. 仿真预习环节设置了实验电路原理讲解视频、场景式电路接线及仿真运行等模块,通过各模块的学习,使学生对实验电路各部分装置的结构、工作原理、实际应用等有更加深刻全面的认识. 软件中设置的场景式接线操作等,保证学生能够真正掌握实验电路的结构及原理,有助于学生在实验室的实际操作,同时提升了学生独立思考解决实际问题的能力. 在实验电路仿真运行过程中,设置了实验任务目标、实验原理、实验演示、考考你等环节. 以单项交流电路实验为例,首先介绍该实验任务和目标,以动画视频的形式介绍感性负载提高功率因数方法及原理. 通过提示一步一步引导学生进行实验电路的接线、数据测量及数据分析,通过考考你环节,达到理论联系实际的目的. 通过仿真预习,将实验电路由部分到整体再到部分,不断反复循环强化,有效提高了学生该实验项目的预习效果.

学生进入实验室开始实验前,需先登录自主实验考评系统进行预习测试,成绩达标方可开始实验,否则继续测试,以保证实验效果,预习考评界面如图4所示. 在实验操作过程中,采用虚实结合,将自主指导考评软件和智能型实验装置有效结合. 考评系统的自主指导环节,要求学生首先进行虚拟实验操作练习,



图3 仿真预习软件界面图



图4 预习考评界面

在此基础上,学生方可在实验台上进行实际操作,通过智能系统实现一对一指导.

实验全部过程系统能逐项对所得数据、结果讨论、实验技能、信息化能力、实验纪律等进行评价、计分,细化了实验成绩,并最终自动生成标准格式的实验报告. 实验成绩构成如表1所示,自动生成的实验报告截图如图5所示.

表1 实验成绩构成

预习成绩	实验仪器	实验过程	实验总结	个人总结	整理	评价	总成绩
10	8	55	10	5	5	7	100

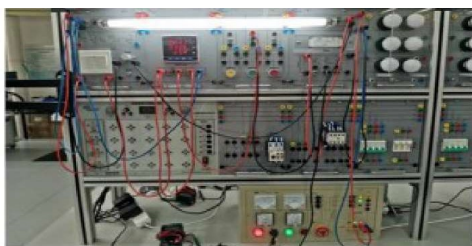


图5-1 实验电路照片

2. 并联电容——电路功率因数的改善 (每个测量数据1分, 每个计算数据2分, 共28分) 确保接线正确无误后, 接通电源, 灯亮后, 测量电路中功率、电压和三条支路电流值, 改变接入电路的电容值, 再进行三次重复测量, 将数据填入下表.

表5-2 测量结果

电容值 <sup>①</sup> ( $\mu\text{F}$ ) <sup>②</sup>	测量数值 <sup>③</sup>					计算值 <sup>④</sup>
	P (W) <sup>⑤</sup>	U (V) <sup>⑥</sup>	I <sub>1</sub> (A) <sup>⑦</sup>	I <sub>2</sub> (A) <sup>⑧</sup>	I <sub>3</sub> (A) <sup>⑨</sup>	
0 <sup>⑩</sup>	30.700 <sup>⑪</sup>	0.550 <sup>⑫</sup>	220.000 <sup>⑬</sup>	0.254 <sup>⑭</sup>	0.000 <sup>⑮</sup>	0.550 <sup>⑯</sup>
1 <sup>⑰</sup>	30.700 <sup>⑱</sup>	0.690 <sup>⑲</sup>	220.000 <sup>⑳</sup>	0.250 <sup>㉑</sup>	0.073 <sup>㉒</sup>	0.700 <sup>㉓</sup>
2.2 <sup>㉔</sup>	30.700 <sup>㉕</sup>	0.810 <sup>㉖</sup>	220.000 <sup>㉗</sup>	0.250 <sup>㉘</sup>	0.170 <sup>㉙</sup>	0.820 <sup>㉚</sup>
4.7 <sup>㉛</sup>	30.700 <sup>㉜</sup>	0.530 <sup>㉝</sup>	220.000 <sup>㉞</sup>	0.253 <sup>㉟</sup>	0.373 <sup>㊱</sup>	0.550 <sup>㊲</sup>

表5-2 实验操作成绩表

序号 <sup>①</sup>	实验内容 <sup>②</sup>	实验数据 <sup>③</sup>				小计 <sup>④</sup>
		满分 <sup>⑤</sup>	得分 <sup>⑥</sup>	满分 <sup>⑦</sup>	得分 <sup>⑧</sup>	
1 <sup>⑨</sup>	日光灯线路的搭接与测量 <sup>⑩</sup>	16 <sup>⑪</sup>	14 <sup>⑫</sup>	3 <sup>⑬</sup>	3 <sup>⑭</sup>	满分: 55分 <sup>⑮</sup> 得分: 39 <sup>⑯</sup>



图7-1 试验台整理后的全景照片(全景图)

### 八、系统评价

该生实践能力较强, 比较认真, 用时较短, 技能较熟练, 有待提高, 数据测量存在错误, 请继续努力加油!

### 九、成绩统计表

表9-1 实验过程与成绩统计一览表

名称 <sup>①</sup>	目的 <sup>②</sup>	测试 <sup>③</sup>	电路 <sup>④</sup>	实验1 <sup>⑤</sup>	实验2 <sup>⑥</sup>	实验 <sup>⑦</sup>	个人 <sup>⑧</sup>	总结 <sup>⑨</sup>	整理 <sup>⑩</sup>	评价 <sup>⑪</sup>	总计 <sup>⑫</sup>
满分 <sup>⑬</sup>	0 <sup>⑭</sup>	10 <sup>⑮</sup>	8 <sup>⑯</sup>	19 <sup>⑰</sup>	36 <sup>⑱</sup>	10 <sup>⑲</sup>	5 <sup>⑳</sup>	5 <sup>㉑</sup>	5 <sup>㉒</sup>	7 <sup>㉓</sup>	100 <sup>㉔</sup>
得分 <sup>㉕</sup>	0 <sup>㉖</sup>	9 <sup>㉗</sup>	8 <sup>㉘</sup>	17 <sup>㉙</sup>	22 <sup>㉚</sup>	10 <sup>㉛</sup>	5 <sup>㉜</sup>	0 <sup>㉝</sup>	5 <sup>㉞</sup>	5 <sup>㉟</sup>	76 <sup>㊱</sup>
计划时间 <sup>㊲</sup>	2:00 <sup>㊳</sup>	10:00 <sup>㊴</sup>	5:00 <sup>㊵</sup>	50:00 <sup>㊶</sup>	5:00 <sup>㊷</sup>	10 <sup>㊸</sup>	8:00 <sup>㊹</sup>	0 <sup>㊺</sup>	0 <sup>㊻</sup>	0 <sup>㊼</sup>	90 <sup>㊽</sup>
实际时间 <sup>㊾</sup>	0: 09 <sup>㊿</sup>	2: 23 <sup>①</sup>	0: 59 <sup>②</sup>	3: 53 <sup>③</sup>	2: 49 <sup>④</sup>	0: 25 <sup>⑤</sup>	4: 45 <sup>⑥</sup>	0: 04 <sup>⑦</sup>	⑧	⑨	⑩

图5 实验报告截图

### 5 虚实结合实验教学效果

自 2021 年 9 月以来, 共计 6 个专业, 20 个班级, 约 600 人开展了“虚实结合”的电工学实验教学, 表 2 列出了 2022—2023 学年开展电工学实验教学的班级信息及采取的实验教学模式, 其中部分班级采取传统实验教学模式(简称传统班), 部分班级采取虚实结合实验教学模式(简称实验班). 图 6 将两个班型每个班的实验成绩平均值进行了对比, 在 9 个传统班中, 有 2 个班的成绩略高于 86 分, 其余 7 个班成绩均在 86 分以下; 实验班各班的实验成绩除 21 工设 2 班的 84.93 分外, 其余 8 个班均在 86 分以上. 图 7 统计了所有实验班和传统班的实验总成绩平均值, 实验班实验总成绩平均值比传统班高出了 4 分. 通过成绩对比分析表明了开展“虚实结合”实验教学对提高实验成绩效果显著.

表 2 2022—2023 学年电工学实验教学班级信息

教学模式	班级	班级简称
传统实验教学模式	21 级高分子材料与工程 1 班	高分子 1
	21 级环境工程 1 班	环 1
	21 级环境工程 3 班	环 3
	21 级给排水科学与工程 1 班	水 1
	21 级给排水科学与工程 3 班	水 3
	21 级给排水科学与工程 5 班	水 5
	21 级环境工程(中外合作半学)1 班	环境合 1
	21 级无机非金属材料工程 1 班	无机非 1
	21 级工业设计 1 班	工设 1
虚实结合实验教学模式	21 级高分子材料与工程 2 班	高分子 2
	21 级环境工程 2 班	环 2
	21 级环境工程 4 班	环 4
	21 级给排水科学与工程 2 班	水 2
	21 级给排水科学与工程 4 班	水 4
	21 级给排水科学与工程 6 班	水 6
	21 级环境工程(中外合作半学)2 班	环境合 2
	21 级无机非金属材料工程 2 班	无机非 2
	21 级工业设计 2 班	工设 2

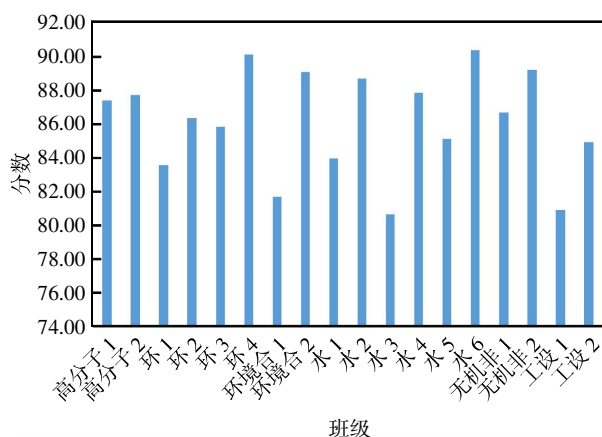


图 6 实验班与传统班实验成绩平均值

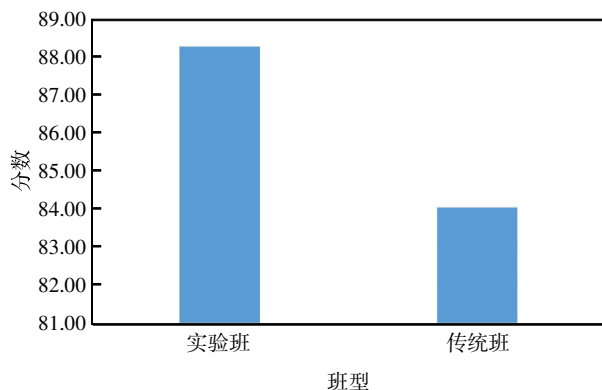


图 7 实验总成绩平均值对比图

表 3 统计了环境工程专业和给排水科学与工程专业传统班和实验班学生各分段实验成绩占比. 传统班中, 环 1 的中分段学生占比最高, 为 22.22%, 水 3 最低为 0, 其余传统班的中分段学生占比均在 8% 以上; 实验班中, 在中分段的学生占比最高的是环 2, 为 7.41%. 对比传统班和实验班学生成绩的优良率发现, 传统班中, 环 3 优良率虽达到 93.55%, 但其优秀率为 0, 其余各班优良率均低于 90%; 实验班中, 各班优良率均达到 90% 以上, 其中环 4 优良率最高, 达 96.43%, 且优秀率为 71.43%. 通过两个班型各分段学生占比分析可见, 实验班的高分段学生占比明显高于传统班, 进一步表明“虚实结合”实验教学模式的有效性及其可行性.

表 3 传统班与实验班各分段实验成绩占比表

分数段	传统班					实验班				
	环 1	环 3	水 1	水 3	水 5	环 2	环 4	水 2	水 4	水 6
70~79 分(中)	22.22	0.00	11.11	8.60	9.38	7.41	3.57	3.13	6.45	6.45
80~89 分(良)	55.56	93.55	83.33	78.23	43.75	70.37	25.00	53.13	45.16	29.03
90~100 分(优)	22.22	0.00	2.78	10.73	43.75	22.22	71.43	43.75	45.16	64.52

%

## 6 结 语

针对高校电工学实验教学中设备老化,学生预习效果差,实验效果不理想等现实问题,提出了“虚实结合,互为补充”的实践教学模式.充分利用场景化的仿真预习软件,让学生能够对线下实验设备、操作有充分的认识,并实现虚拟化接线和测量,提高了预习效果和课堂效率.通过预习、考评、无人指导、实际接线测量、自动生成实验报告等实验环节的设置,实现了对整个实验过程的精准评价,锻炼了学生独立思考解决实际问题的能力,降低了教师工作量和指导的重复性.通过实验成绩数据对比证明了“虚实结合”实验教学模式的有效性和可行性.今后,可进一步将虚拟仿真技术与无线网络技术结合,更加深入地开展网络化电工实验教学,为新时代培养工科人才的工程能力起到积极作用.

### 参考文献:

- [1] 汤 晓,彭振博.教育信息化 2.0 时代高职产教融合课程创新路径探索[J].教育与职业,2021(16):95-99.
- [2] 朱冠华,张义兵.教育信息化 2.0 背景下终身学习体系重构的理念与路径[J].教育与职业,2021(18):75-81.
- [3] 陆雅萍.教育信息化 2.0 的基础建设探究 [J]. 无线互联技术,2021(17):117-118.
- [4] 赵 月.教育信息化 2.0 时代高职教师网络教学能力提升策略[J].职业教育,2022,21(23):30-33.
- [5] 蔡晓磊,朱孝勇,徐 磊,等.新常态下“虚实结合”新常态下开展实验教学的探索[J].中国教育信息化,2022,28(8):110-115.
- [6] 袁小平.电工电子虚拟仿真实验教学中心建设的研究与探索[J].实验室研究与探索,2017,36(12):164-167.
- [7] 庞在祥,张邦成,孙中波.虚实结合的智能制造实训平台构建与研究[J].黑龙江教育(理论与实践),2022(7):85-87.
- [8] 罗婷婷,叶瑞辉,余 磊.虚实结合、四位一体的安全防范技术专业课程体系化建设[J].科技与创新,2022(18):117-119.
- [9] 刘文明,刘雪东,陆 怡.新工科背景下沉浸式实践教学体系构建研究[J].中国现代教育装备,2022(399):94-96.
- [10] 楼静梅,闫茂德,朱礼亚.电工电子虚拟仿真实验教学平台建设与实践[J].教育教学论坛,2021(4):149-152.
- [11] 李 玲,刘媛媛,张亚安,等.应用型人才培养视域下专业课多层次形成性评价体系构建策略探析[J].化工时刊,2022,36(11):60-62.