



建筑电气与智能化专业虚拟仿真实实践教学平台的构建与实践

张瑞祥, 王新军*, 张 玮, 李庆辉, 钟 啸

(火箭军工程大学 作战保障学院, 西安, 710025)

摘要: 实践教学对建筑电气与智能化专业人才培养体系支撑作用强, 地位突出。在线下教学组织过程中, 往往受到场地、设备台套数、课时、安全等多方面因素限制, 同时部分实战化背景下的教学内容无法有效开展。为克服以上不足, 利用虚拟仿真技术开发了建筑电气与智能化专业实践教学平台并应用于课程教学。实践表明, 基于该教学平台的线上线下混合虚拟仿真教学效果良好, 对提高本专业人才培养质量有着重要意义。

关键词: 虚拟仿真; 实践教学; 教学改革

中图分类号: TP399

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20240153

Construction and Practice of the Virtual Simulation Teaching Platform for the Major of Building Electricity and Intelligence

ZHANG Ruixiang, WANG Xinjun*, ZHANG Wei, LI Qinghui, ZHONG Xiao

(Department of guarantee for fight Rocket Force university Of Engineering Xi'an 710025, China)

Abstract: Practical teaching has a strong supporting effect on the professional personnel training system for the major of building electricity and intelligence. In the offline teaching process, it is often limited by many factors such as venue, number of equipment, class hours, and safety. At the same time, part of teaching content under actual combat background can't be carried out. To overcome the above shortcomings, a professional practice teaching platform is developed based on the virtual simulation technology and the platform is applied to the course teaching. Practice has shown that the mixed virtual simulation teaching effect of online and offline based on this teaching platform is good, and it is of great significance to improve the quality of talent cultivation in this specialty.

Key words: virtual simulation; practical teaching; educational reform

虚拟仿真实验是一种将逼真的、具有视、听、触等多种感知的虚拟实验环境融入实验教学, 使学生获得身临其境的感受, 可拓展实验教学内容的深度和广度、延伸实验教学的时间和空间的新型实验教学方法^[1]。因其具有低成本、不受设备台套数限制、不受地域和时空局限等特点, 能大幅提高课程实验教学效果而广受关注。2022 年 11 月, 工业和信息化部、教育部等 5 部门联合印发《虚拟现实与行业应用融合发展计划(2022—2026 年)》, 提出加速虚拟现实在教育培训等多行业、多场景的应用落地, 要在高等院校、职业学校等建设一批虚拟现实课堂、教研室、实验室与

仿真训练基地^[2]。

当前国内外许多高校结合自身科研和教学需求, 在材料、电气、自动化等专业领域探索开发了多门课程的虚拟仿真教学实践平台^[3-6]。火箭军工程大学建筑电气与智能化专业以电力工程为主线, 以建筑环境保障、综合信息管理等学科知识为理论教学支撑, 以发供电、通风空调、给排水和信息化设备及系统的操作使用、维护保养、设计调试等技能为实践教学目标。实践教学与毕业生的岗位任职能力密切相关, 教学地位突出。但在实践教学组织中, 存在教学难度大、课时安排与教学效果矛盾突出、缺少实战化训练组织等

收稿日期: 2024-03-25

基金项目: 火箭军工程大学教学成果立项培育项目(JXCG202421)。

作者简介: 张瑞祥, 博士, 副教授, 主要从事电力系统及其自动化方面的研究。E-mail: 31343484@qq.com

*通信作者: 王新军, 博士, 副教授, 最主要从事内燃机制造与应用方面的研究。E-mail: Wxj744101@163.com

突出问题。运用虚拟仿真技术开发建筑电气与智能化专业实践教学平台, 并就平台在教学中的应用的深度、广度开展研究, 对提高本专业实践教学效果、提升人才培养质量有着重要现实意义。

1 建筑电气与智能化专业实践教学问题分析

传统方式下, 建筑电气与智能化专业实践教学主要依托模拟训练器材、实验装置和设备开展。教学过程中往往受制于场地、台套数、课时、安全等因素限制导致教学效果不佳。以内燃机构造与使用课程为例, 该课程开设有结构认知、机组拆装、喷油泵调试、气门间隙检查与调整等实践项目, 目的是培养学生掌握柴油机的工作原理、结构组成及使用维护的相关知识。教学过程中存在以下5点问题:

1) 实践教学用柴油机占地面积大, 单机费用高, 受制于场地和经费, 机组台套数难以满足单人单机实践教学所需;

2) 课内实践学时有限, 加之军校学生课余可供自由支配的时间较少, 无法充足、自由、有针对性地进行课后实践锻炼;

3) 实践中柴油机运转过程、台架实验过程和喷油泵调试过程中均存在安全隐患;

4) 柴油机是由数百个机械和电气元件组成的复杂设备, 其工作过程涉及配气、润滑、冷却、燃油供给、增压等多个系统的相互配合, 依靠现场实践难以直观观察机体内部各系统内压力变换、燃油燃烧、油气组织等各种复杂工作过程;

5) 实践中无法开展机组遭敌袭击、电站火灾等特情处置科目的组织训练。

因此, 开发建筑电气与智能化专业虚拟仿真实实践教学平台作为传统线下实践教学的有益补充, 为学生提供一种不受时空局限、沉浸式的实践体验, 使他们充分利用课余时间, 获得在工作原理解、结构认知强化、操作技能训练、系统优化设计、组织指挥锻炼等全方位的实践效能提升。

2 建筑电气与智能化专业虚拟仿真实实践教学平台设计

建筑电气与智能化专业虚拟仿真实实践教学平台基于服务器/浏览器(B/S)架构开发, 对应用环境依赖小, 大幅减少了系统开发和运维的成本。平

台由管理软件和虚拟仿真实实践教学资源两部分构成。

2.1 平台管理软件

虚拟仿真实实践教学平台管理软件包括用户管理、虚拟仿真教学和实践考核3个功能界面, 分别实现用户权限分发与数据管理、教学资源调用与展现、考题抽组与考核评判功能。按照不同权限点击进入各课程实践教学单元, 选择不同实践项目, 系统能自动调用并加载对应的虚拟仿真实实践教学资源。此外平台还提供了三维模型、音视频、电子图纸、图片等其他不同类型资源, 并开放支持后续用户自行添加和维护。平台内容框架和课程项目界面如图1和图2所示。

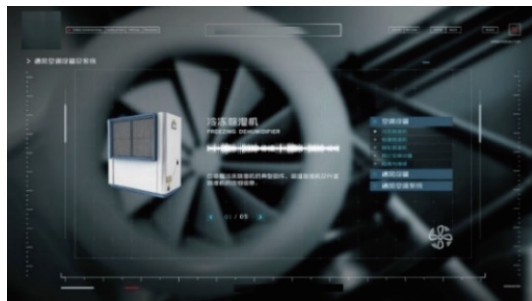
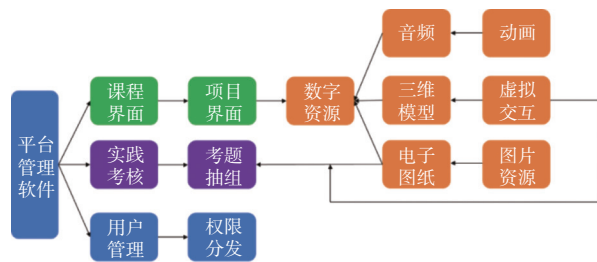


图2 课程项目界面

2.2 虚拟仿真实实践教学资源

虚拟仿真教学资源是以数字化形式建立在虚拟世界的物理、化学和社会模型^[7]。面向不同专业, 为用户提供各种数字化的仿真环境, 包括仿真场景、仿真对象、仿真现象等。当用户与虚拟世界交互时, 虚拟教学资源根据科学模型和程序逻辑做出响应^[8]。综合考虑建筑电气与智能化专业的教学目标、专业特点、知识架构和课程设置, 以本专业课程实践教学体系为蓝本, 区分通风、给排水、发供电、信息化不同专业方向, 将虚拟仿真实实践教学资源划分为沉浸体验、认知强化和技能训练3个大类。建筑电气与智能化专业虚拟仿真实实践教学资源内容结构如图3所示。

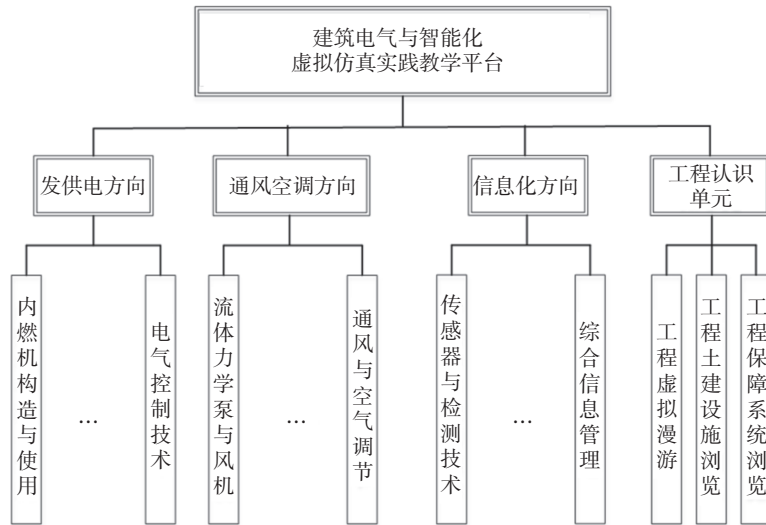


图 3 建筑电气与智能化专业虚拟仿真实实践教学资源内容结构

1) 沉浸体验类。沉浸体验类仿真教学资源为学生提供一个可直观体验、能感官沉浸式漫游的虚拟国防建筑工程。学生通过鼠标和滚轮移动在工程场景内实现自由漫游、细节缩放，全方位观察，以获得对国防建筑的整体结构、土建造造、技术保障设施设备及各子系统空间布局的感官体验。通过勾选选框，可实现对风、水、电、信息化各子系统分级加载漫游，以达到对单一方向设备及系统的细致观察。沉浸体验类实践教学资源如图 4 所示。

2) 认知强化类。认知强化类仿真教学资源以学生个体成功获得知识技能认知加工为目的，对学习过程进行可视化分解，辅助他们快速完成从感知到记忆、从理解到掌握的全过程，由表及里、由简到难、循序渐进地完成知识与技能学习。如在变配电设备课程中低压开关柜虚拟单元，通过对开关柜三维模型旋转、缩放、爆炸图拆解和部分虚化，清晰展示开关柜各部分结构组

成、连接关系及工作原理，使学生掌握低压开关柜维修技能。在通风与空气调节课程除湿机虚拟实践单元，通过对除湿机壳体以及部分组件虚化，重点展示不同战备等级下工程内新风、排风、回风在各风阀、风管之间以及保障房间内的气流组织过程，使学生掌握实战化条件下空气环境保障组织指挥技能。认知强化类实践教学资源如图 5 所示。



图 4 沉浸体验类实践教学资源



图 5 认知强化类实践教学资源

3) 技能训练类。技能训练类教学资源是实践教学平台的核心内容，可支持学生在虚拟环境中

针对某一核心技能进行反复练习。平台对每次训练结果给予反馈和评价，从而为受训对象将虚拟

实践所学技能迁移到真实操作提供帮助。

根据训练技能和课程特点不同,实践教学平台中技能训练类教学资源细化为动作训练和流程训练两类。动作训练类针对单一课程中单一技能知识点开展强化训练,以虚拟拆装和虚拟交互为主要形式,重在使学生掌握实践技能的动作要领和规范步骤。如在内燃机构造与使用课程中设置柴油机主体机件、配气机构、燃油供给系统、润滑系统、冷却系统及增压系统的虚拟拆装科目以及喷油泵调试、气门间隙检查与调整、工具量具使用、机组维护与保养等虚拟交互科目。在综合信息管理课程实践教学设置环境监控、音视频监控、火灾报警等子系统的设备安装、综

合布线、仿真调试虚拟交互科目。在给排水技术课程设置水管套丝、管路焊接和管路连接等虚拟交互科目。流程训练类以实战化条件下风、水、电、信息化各子系统以及国防建筑全要素参与作战保障流程为背景,以提升毕业学生岗位任职能力为目标,以虚拟交互为主要形式,针对专业多门课程的若干知识点,科学设置若干任务单元,按照技能点层层展开。如在工程管理与保障指挥课程中设置工程内发生火灾、工程遭受自然灾害、工程遭敌打击等若干特情处置科目以及不同战备等级下工程内各子系统参与作战保障的组织指挥科目。技能训练类实践教学资源如图6所示。



图6 技能训练类实践教学资源

3 基于教学平台开展虚拟仿真教学实践过程

建筑电气与智能化专业实践教学内容大多具有可重复性特征,将虚拟仿真技术和实践教学场景相融合,采用虚拟仿真手段改造传统实践教学方法,达到实践平台和教学方法手段同步创新,探索构建线上虚拟实践与线下实体实践混合式教学模式。通过虚拟仿真教学,前置培养学生发供电、通风、给排水、信息化单个子系统的分析与设计能力以及系统工程整体优化设计能力,发挥虚拟仿真教学的灵活性与精准性、自主性与规范性、直观性与整体性,最大化实现教学方法、技术手段和实践效果融合提升。

以通风与空气调节课程中通风空调系统设计教学内容为例,实践组织过程分为3个阶段。

1) 课前线上阶段。教员通过雨课堂发布课前预习问题,学生预先了解课程实践教学的内容、方法和目的。学生利用虚拟单元完成某房间内防护通风空调系统的初步方案设计、仿真计算和设备选型并通过虚拟模型自由观察管道内气流流向、阀门启闭过程、房间气流组织以及核生化气

体滤毒通风全过程,获得对系统设计的感官印象。

2) 课中线下阶段。运用翻转理念,针对学生在虚拟实践中遇到的问题和难点辅导答疑。学生利用真实设备和管路搭建模拟系统,对虚拟单元的仿真结果测量、验证并加以校正和迭代。通过前置的虚拟仿真实践有效解决了学生线下实践的盲目性,并将在虚拟实践中获得的体验、认知和技能在实体实践教学加以验证和强化,大幅提升了教学效果。

3) 课后线上阶段。学生利用课余时间再次回到虚拟实践平台开展有针对性的反复强化训练。通过设置不同设备及参数条件,重新自主完成系统仿真设计,最终获得技能的固化与提升。

为加强在线上阶段学生参与虚拟仿真实践的过程监督,在考核成绩中对参与实践的时长和考核结果进行量化打分。以该专业电气控制技术课程中典型电气控制线路虚拟实践教学单元为例,在总计12个学时的实践教学,辅助设置有3个虚拟实践教学内容,具体安排如表1所示。

通过融入引导式、开放式、互动式虚拟实践教学,强调以学生的自学为主^[9-11],大幅激发实践

兴趣, 搭建起沟通理论教学和实践教学的桥梁。一方面, 虚拟实践融入理论课堂, 将理论教学中难以理解的知识点, 如电路、油路、燃烧、气流组织等过程进行直观展示, 有力促进加深理

解。另一方面, 虚拟实践结合线下实践, 打破了线下实践的时空局限, 形成由理论知识到技能生成、由课程教学到创新应用的理论教学、虚拟仿真、实践教学一体化的教学新模式。

表 1 电气控制技术虚拟实践教学安排表

序号	虚拟实践内容	线上学时	教学目的
①	电机可逆运行控制	2	熟悉常见低压电器结构和原理
②	电机星三角降压启动控制	2	掌握电气控制线路接线工艺
③	电机反接制动	2	掌握电气控制线路接线过程 掌握电气控制故障排除流程

4 虚拟仿真实实践教学效果

以电气控制技术课程为例, 对学校 2018 和 2019 级共 109 名建筑电气与智能化专业学生进行随机抽组, 分为实验组和对照组, 分别采用线下传统实践教学(对照组)和开展线上线下混合实践教学(实验组)。从回收的 82 份问卷调查反馈, 96.4% 的同学反映开展虚拟实践教学大幅增强了学习趣味性, 激发了学习兴趣和主动参与度; 92.3% 同学认为虚拟仿真实实践教学更加自主高效, 增强了实际动手能力, 提高了对部队岗位的熟悉和认知, 培养了面对实际问题分析与解决的能力; 93.1% 的同学认为通过虚拟仿真实实践教学加深了对课堂理论知识的理解, 有力提高了本专业人才培养质量。对实验组和对照组的期末成绩用 SPSS 22.0 软件统计分析, 采用 T 校验进行平均分比较, 在相同评判标准下实践成绩和期末考试成绩均有显著提高, 如表 2 所示。

表 2 两组实践成绩和期末考试成绩对照

分组	人数	实践成绩	期末成绩
实验组	54	89.43±2.38	88.21±2.11
对照组	55	81.32±1.25	81.32±3.14

5 结束语

经过数年的不断建设实践, 建筑电气与智能化专业开展线上虚拟实践教学取得了一系列丰硕成果。综合信息管理、内燃机构造与使用、电气控制技术、通风与空气调节等课程分别获得了全国多媒体教育大赛一、二等奖, 其中内燃机构造

与使用课程被评为陕西省和全军优秀精品课程。该课程在“学堂在线”和“军职在线”同步上线运行以来, 选课人数累计已突破 3 万余人。教研室也获批“陕西省虚拟仿真教学中心”。

参考文献

- [1] 岳利可, 梁兴雨, 高文志, 等. 发动机拆装虚拟仿真实验建设与应用[J]. 实验室科学, 2022, 25(6): 114-121.
- [2] 王伟, 宋婧, 赵晨. “虚拟现实+”赋能千行百业(2022—2026 年)[N]. 中国电子报, 2022-11-04(8): 2.
- [3] 王琳, 贾国良, 李怡欣, 等. 单缸内燃机拆装与结构分析虚拟仿真实验开发和教学设计[J]. 实验科学与技术, 2023, 21(2): 39-43.
- [4] 高志强, 王晓敏, 闫晋文, 等. 我国虚拟仿真实验教学项目建设的现状与挑战[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(7): 5-9.
- [5] 卢艳丽, 董文强, 王永欣, 等. 材料类专业虚拟仿真实验教学中心的建设与实践[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(11): 153-157.
- [6] 朱筠, 刘有耀, 张霞. CMOS 闩锁效应虚拟仿真实验系统设计[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(3): 112-115.
- [7] 王娟, 陈瑶. 资源建设新形态: 虚拟仿真资源的内涵与设计框架[J]. 中国电化教育, 2016(3): 91-96.
- [8] 张敏, 文福安, 刘俊波, 等. 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): 1-6.
- [9] 岳利可, 高文志, 梁兴雨, 等. 内燃动力装置虚拟仿真实验研究与实践[J]. 实验室科学, 2021, 24(6): 41-44.
- [10] 胡波, 肖泽亮, 李圣雨. 融合真实与虚拟实验的液压传动实验教学与实践[J]. 现代信息科技, 2022, 12(6): 33-36.
- [11] 刘建立, 赵文锐, 贺秋森. 纱线打结结构的仿真设计与虚拟测试教学[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(9): 14-17.

编辑 钟晓