

虚拟仿真综合实践教学平台的整体规划与设计路径研究

邱涵, 徐珊珊

黑龙江工商学院, 黑龙江 哈尔滨 150000

DOI:10.61369/EST.2025120013

摘 要 : 针对传统实践教学设备资源不足、场景搭建受限、教学评价主观、高风险高成本实验难以开展等痛点, 结合“新工科”“新农科”等教育改革要求, 本文开展虚拟仿真综合实践教学平台的整体规划与设计路径研究。在明确平台建设原则与目标的基础上, 从整体架构、功能模块、技术体系三方面进行系统规划, 提出分阶段的设计实施路径, 并构建全维度的评价与运营保障体系, 最终实现“教-学-练-评-管”全流程闭环。研究结果可为高校实践教学数字化转型提供标准化、可落地的实施方案, 助力复合型、创新型人才培养, 推动实践教学质量与效率的双重提升。

关 键 词 : 虚拟仿真; 实践教学平台; 整体规划; 设计路径; 教学数字化

Research on the Overall Planning and Design Path of Virtual Simulation Comprehensive Practice Teaching Platform

Qiu Han, Xu Shanshan

Heilongjiang University of Commerce, Harbin, Heilongjiang 150000

Abstract : In response to the pain points of insufficient equipment resources, limited scene construction, subjective teaching evaluation, and difficulty in conducting high-risk and high cost experiments in traditional practical teaching, combined with the requirements of educational reforms such as "New Engineering" and "New Agricultural Science", this article conducts a research on the overall planning and design path of a virtual simulation comprehensive practical teaching platform. On the basis of clarifying the principles and goals of platform construction, a systematic planning is carried out from three aspects: overall architecture, functional modules, and technical system. A phased design and implementation path is proposed, and a comprehensive evaluation and operation guarantee system is constructed to ultimately achieve a closed-loop process of "teaching learning practice evaluation management". The research results can provide standardized and practical implementation plans for the digital transformation of practical teaching in universities, help cultivate compound and innovative talents, and promote the dual improvement of practical teaching quality and efficiency.

Keywords : virtual simulation; practical teaching platform; overall planning; design path; digitalization of teaching

在智能制造、数字中国建设的时代背景下, 我国高等教育对实践教学提出了更高要求, “十四五”教育发展规划及“新工科”“新农科”建设方案均明确提出要强化实践能力培养, 培育兼具创新思维与实操能力的复合型人才。但当前高校实践教学仍面临诸多现实制约: 实验设备购置与维护成本高、更新滞后, 物理空间限制了复杂场景与多组并行教学的开展; 高风险、高消耗、不可逆的实验项目难以落地, 教学评价多依赖教师主观判断, 缺乏标准化数据支撑。同时, 传统实践教学模式以演示性操作为主, 交互形式单一, 难以激发学生的主动探索意识, 与新时代人才培养需求存在差距。

一、虚拟仿真综合实践教学平台的整体架构规划

(一) 感知层

感知层是平台的硬件基础, 负责采集用户的操作指令、动作信息与环境数据, 实现虚拟场景与用户的实时交互。基于6DoF惯

性传感器、眼动追踪技术、手部捕捉器等设备, 实现0.05毫米级的空间定位与0.05秒的指令响应延迟; 同时整合VR头显、AR眼镜、触控终端、多工位实训操作台等硬件设备, 支持多终端接入, 满足沉浸式体验、桌面操作、协同实训等不同实践教学场景的需求。

课题信息: 2023年度黑龙江省教改课题, 课题编号: SJGY20220745, 课题名称: 虚拟仿真综合实践教学平台建设的规划设计。

（二）网络层

网络层是平台的数据传输通道，负责实现感知层、服务层与应用层之间的高速、稳定数据传输。采用5G专网+边缘计算的架构设计，将数据处理任务下沉至边缘节点，确保数据传输延迟控制在100ms以内；同时部署三级负载均衡机制，网络层通过F5 BIG-IP设备实现流量分发，应用层采用Nginx+Keepalived双机热备，保障平台在百万级并发用户情况下的稳定运行，满足多学生同时在线实训的需求。

（三）服务层

服务层是平台的核心支撑，负责实现资源管理、数据处理、业务逻辑调度等功能，是连接硬件与应用的桥梁。部署在混合云环境中，整合阿里云、本地私有云的资源优势，采用微服务架构与容器化部署，实现资源的动态调配与模块化扩展；核心包含三维建模引擎、物理仿真模块、智能分析引擎、数据管理平台等组件，为应用层的各类功能提供技术支撑与数据服务。

（四）应用层

应用层是平台面向用户的核心功能模块，直接服务于教师与学生的教与学需求，是平台功能的最终呈现。按照“教-学-练-评-管”的教学流程，设计多维仿真教学模块与智能管理服务模块两大核心模块，覆盖实践教学的全场景，实现教学功能与管理功能的一体化。

（五）数据支撑体系

作为平台的数据大脑，数据支撑体系基于分布式数据库与Redis集群构建，负责采集、存储、处理平台运行过程中的所有数据，包括学生操作数据、学习成绩、教学资源数据、系统运行数据等；同时采用区块链技术记录实验过程数据，保障数据的完整性与不可篡改，为智能分析、教学评价、决策优化提供数据支撑。

（六）安全防护体系

构建纵深防御的安全防护体系，涵盖物理隔离、网络安全、应用安全、数据安全四个层级：物理层通过IDC机房权限控制实现物理隔离；网络层部署WAF+IPS联动防御系统，抵御网络攻击；应用层按照OWASP Top 10标准进行漏洞扫描，保障应用安全；数据层通过数据加密、脱敏处理、访问控制实现数据安全。同时开发AI驱动的行为异常检测系统，自动识别并阻断违规操作，保障平台的稳定、安全运行。

二、虚拟仿真综合实践教学平台的核心功能模块设计

基于四层两翼的整体架构，结合实践教学的实际需求，对平台的核心功能模块进行精细化设计，其中应用层的多维仿真教学模块与智能管理服务模块是设计的核心，两大模块相互协同，实现实践教学的全流程覆盖。

（一）多维仿真教学模块

多维仿真教学模块是平台的核心教学功能模块，面向学生与

教师，提供沉浸式、个性化、协作式的虚拟仿真实践教学体验，针对不同学科的教学需求，设计四大子模块，实现多场景、多形式的实践教学。

1.AR端实训内容引导子模块

聚焦实践操作的基础教学，通过视觉识别技术对实物教具进行三维匹配，自动触发虚拟内容展示，实现实物+虚拟的融合教学。例如在机械制造专业教学中，可对发动机缸体、变速箱壳体等实物进行三维建模，学生通过AR眼镜即可查看零部件的内部结构、装配流程、工艺参数等信息，将抽象的理论知识与具体的实物相结合，降低基础学习的难度。

2.PC端仿真培训考核子模块

等比例还原真实的实验与生产场景，内置设备动态模拟模块，实时呈现实验过程与工艺变化，实现所见即所学的知识关联。模块中整合理论知识库，以三维标注、工艺参数弹窗、图文侧栏等形式将理论知识嵌入虚拟操作场景，学生在虚拟操作的同时同步学习理论知识；同时集成考核模块，从理论知识掌握度、操作规范性、工艺过程合理性等维度实时生成过程评价，实现“学练考”一体化。

3.VR端沉浸式场景体验子模块

依托VR头显设备，打造沉浸式的虚拟实践场景，支持学生在虚拟场景中自由漫游、自主操作，还原实体实验难以开展的高风险、高成本、复杂场景。例如在化工专业教学中，还原易燃易爆的化学反应场景；在农业专业教学中，构建智慧农场的全流程场景，学生通过沉浸式体验，提升对复杂实践场景的理解与操作能力。

4.多工位协同实训子模块

支持多人同时进入同一虚拟场景，采用小组协作模式，根据不同实践任务进行角色分工，开展协同作业，还原真实的团队协作实践场景。例如在智能制造专业教学中，学生可分别担任操作岗、监控岗、调度岗，协同完成产品从原料预处理到成型的全流程生产；模块实时记录各工位的操作数据与协作情况，培养学生的团队沟通与资源整合能力。

（二）智能管理服务模块

智能管理服务模块是平台的核心管理功能模块，面向教师与教学管理人员，提供教学资源、教学过程、学生学习、设备运维的全方位智能化管理，设计四大子模块，实现“管、评、析、服”一体化。

1.教学资源管理子模块

实现对虚拟仿真教学资源的标准化管理，支持三维模型、实验视频、理论课件、考核题库等各类资源的上传、存储、分类、检索与更新；同时规范资源的格式与标准，支持跨学科资源的共享与复用，教师可根据教学需求自主组合、编辑教学资源，打造个性化的实践教学课程。

2.教学过程管理子模块

覆盖课前、课中、课后全教学流程，实现教学过程的智能化

管控。课前教师可在线发布教学任务、推送学习资源、设置实验参数；课中支持一键分发学习资料、远程控制学生端桌面、实时指导学生操作，学生可在线提交协助请求、开展协作实训；课后教师可在线批阅作业、点评实验报告，学生可在线复习实训内容、完成课后巩固练习。

3. 数据智能分析子模块

依托平台的数据支撑体系，实时采集学生的学习数据、操作数据、考核数据，通过深度学习算法进行数据挖掘与分析，动态生成学习成效分析报表。报表可精准定位学生的知识薄弱点、操作不规范环节，同时以班级、专业为单位进行整体分析，为教师调整教学策略、优化教学内容提供数据支撑；学生可通过报表查看自身学习情况，实现个性化查漏补缺。

4. 设备运维管理子模块

实现对平台所有实训终端与硬件设备的智能化管理，支持实训前一键唤醒学生机、批量升级软件；实训过程中实时监控设备运行状态，及时预警设备故障；实训后一键关机、统一维护。同时记录设备的使用情况、维护记录，实现设备全生命周期管理，降低设备运维成本，提升设备使用效率。

此外，平台还配套视频分屏管理子模块，支持多信号源的智能调度与可视化呈现，将教师操作画面、学生实训场景、仿真动画等通过教学大屏分屏显示，满足集体教学、现场演示等场景的需求。

三、虚拟仿真综合实践教学平台的设计实施路径

基于平台的整体规划与功能设计，结合技术开发规律与高校教学实际，提出四阶段递进式的设计实施路径，各阶段目标明确、任务具体，层层推进平台的建设与落地，同时各阶段可根据实际需求进行动态调整，确保平台建设的科学性与可操作性。

（一）基础平台搭建阶段

本阶段的核心目标是完成平台“四层两翼”整体架构的基础搭建，实现平台的基本运行。核心任务包括：完成感知层硬件设备的采购与部署，整合 VR/AR 设备、触控终端、传感器等基础硬件；搭建网络层与服务层的基础架构，部署 5G 专网、边缘计算节点、混合云环境，集成 Unity3D+Unreal Engine 双引擎架构、物理仿真模块等核心技术组件；构建数据支撑体系与安全防护体系的基础框架，完成数据库、缓存系统、基础安全防护设备的部署；实现平台基础功能的开发，包括用户管理、资源上传、简单虚拟仿真场景展示等。本阶段的关键是保障平台基础架构的稳定性与兼容性，为后续功能开发奠定基础。

（二）核心功能开发阶段

本阶段的核心目标是完成平台应用层核心功能模块的开发与集成，实现“教—学—练—评—管”的基本功能。核心任务包括：开发多维仿真教学模块的四大子模块，完成 AR/VR/PC 端的虚拟

仿真场景建模、交互设计、考核体系开发；开发智能管理服务模块的核心功能，实现教学资源管理、教学过程管理、数据初步分析等功能；完成各功能模块的集成与调试，确保模块之间的互联互通，实现数据的顺畅流转；针对 1-2 个核心学科进行定制化开发，打造示范型虚拟仿真实验课程。本阶段的关键是保障核心功能的实用性与交互性，满足基本的实践教学需求。

（三）优化升级与试点应用阶段

本阶段的核心目标是对平台进行优化升级，并在高校内部开展试点应用，根据试点反馈持续完善平台功能。核心任务包括：基于技术标准与教学需求，优化平台的性能与体验，提升场景还原度、交互响应速度，优化数据智能分析算法，提高评价的精准度；扩大虚拟仿真教学资源的建设范围，覆盖更多学科专业，打造标准化的资源库；选择高校内部的 2-3 个学院开展试点应用，组织教师与学生进行平台使用培训，收集使用反馈与优化建议；根据试点反馈，对平台的功能模块、交互设计、教学资源进行针对性修改与完善，解决平台运行过程中的问题。本阶段的关键是通过试点应用实现平台的迭代优化，确保平台符合实际教学需求。

（四）全面推广与长效运营阶段

本阶段的核心目标是实现平台的全面推广与长效运营，构建“建设—应用—优化—升级”的良性循环。核心任务包括：在高校全校范围内推广平台使用，将虚拟仿真实践教学融入各专业的人才培养方案，实现与传统实践教学的有机融合；实现平台与学校智慧校园系统、教学管理系统、教务系统的互联互通，打破数据壁垒，实现资源共享与数据互通；构建平台的长效运营机制，成立专门的运营团队，负责平台的日常维护、资源更新、技术支持；建立平台的升级迭代机制，跟踪虚拟仿真、人工智能、5G 等技术的发展趋势，定期对平台进行技术升级与功能扩展，保障平台的先进性与实用性。

四、结语

本文针对传统实践教学的痛点，结合数字教育发展趋势，开展虚拟仿真综合实践教学平台的整体规划与设计路径研究，得出以下核心结论：虚拟仿真综合实践教学平台的建设需遵循虚实融合、学生中心、标准规范、模块化设计、全程评价五大原则，以构建“教—学—练—评—管”全流程闭环教学体系、打造跨学科综合实践资源体系、实现教学管理与评价智能化为核心目标。平台采用“四层两翼”的整体架构，即感知层、网络层、服务层、应用层四层技术架构，配套数据支撑体系与安全防护体系，各层级相互协同，保障平台的稳定运行与功能实现。平台的核心功能模块包括多维仿真教学模块与智能管理服务模块，其中多维仿真教学模块设计 AR 端、PC 端、VR 端、多工位协同四大子模块，智能管理服务模块设计教学资源、教学过程、数据智能分析、设

备运维四大子模块，覆盖实践教学全场景。提出四阶段递进式的设计实施路径，即基础平台搭建、核心功能开发、优化升级与试点应用、全面推广与长效运营，同时构建技术、教学、经济、社会四维评价体系与组织、制度、人才、技术四位一体的运营保障体系，确保平台的建设质量与长效运行。

本研究提出的平台规划与设计路径，实现了虚拟仿真技术与实践教学的深度融合，能够有效解决传统实践教学的痛点，为高校实践教学数字化转型提供了标准化、可落地的实施方案，对提升实践教学质量、培养复合型创新人才具有重要的应用价值。

参考文献

[1] 唐睿妮. 经管类跨专业虚拟仿真综合实训课程教学实践探究 [J]. 山西青年, 2025(12):184-186.
[2] 陈元芳, 屈亚龙, 刘春. 压力铸造生产虚拟仿真综合实验项目建设与教学实践 [J]. 科教导刊 - 电子版 (中旬), 2020(8):170-171.
[3] 李萱. 高校虚拟仿真实践教学综合平台建设的研究与实践 [J]. 新课程研究 (中旬 - 单), 2017(2):100-101.
[4] 赵杨, 仲旭, 李江霞, 等. VBSE 跨专业虚拟仿真综合实训实践教学评价体系的建立与实践 [J]. 黑龙江科学, 2022, 13(3):32-33.
[5] 孙涛, 缪丽萍, 邵国强, 等. 基于线上线下 + 虚拟仿真的多元化实验教学实践 [J]. 电脑与电信, 2024(9):83-88.