

# 电气工程专业VR虚拟仿真实践课程建设研究\*

许傲然 冷雪敏 谷彩连

(沈阳工程学院 电力学院 辽宁沈阳 110136)

**摘要:** 目前,我国高校电气工程专业电力系统方向实践教学面临实物平台高经费、高危险等多种问题,因此,建设相关虚拟实践仿真课程成为热点。随着VR技术在高校教育中的应用,越来越多相关实践课程采用并取得非常好的教学效果。本文主要论述利用VR技术开发电气专业变电站实训课程过程,实施方案及相关配套措施,经过培养过程及就业跟踪,证明了利用VR技术的虚拟实践仿真课程可有效提升学生实践能力。

**关键词:** 实践平台 电力系统 VR技术 虚拟仿真

**中图分类号:** G64 **文献标识码:** A

**DOI:** 10.12218/j.issn.2095-4743.2022.41.096

## 引言

虚拟实验室是通过虚拟现实、仿真技术、多媒体技术等信息技术体现出来。它利用计算机软件等有关设置程序,从中获取大量数据,分析实验结果,构建可视化的完整实验,实现了虚拟实验、在线实验、远程实验等功能。这对促进高校教学改革,提高学生教学质量,完善教学资源共享等起到重要作用。虚拟仿真实验室在高校教学实验中,不仅提高了实验效果,做到精准实验,而且还支持人人互动和人机交互等效果。学生在实验中通过设计或程序运算,得到相应的实验结果,同时,通过在线交流,协同实验,提高了学习质量和趣味性。另外,对一些危险的实验,也可通过计算机模拟技术等得以实现。由于虚拟实验仪器设备,耗材能够重复使用,使实验节省了时间,降低了成本,提高了效率。

当前,随着社会对人才越来越高标准的需求,传统的实践教学体系也越来越暴露了其无法满足人才培养的实际缺陷。

1. 理论与实践严重脱节,在实际教学中老师是根据教材确定题目,具有很大的局限性且脱离真实环境;
2. 教师在教学过程中也只限于逐点传授,无法体现出教学的系统性和连贯性;
3. 学生参与度不高,无法激发学生的创新意识;
4. 由于设备师资等的限制,和电力系统相关的大部分实际操作不能现场演示,只能演示,效果不佳;
5. 传统实践环节的真实实践环境难以打造,设备投资昂贵,危险性高;

6. 由于电力系统高电压、大电流的专业特点,学生很难有机会接触和了解真实电网安全运行防护控制;

7. 电力系统的运行是一个非常复杂的系统,模拟电力系统短路等故障、发电机功率极限等实验时会造成的设备损坏等。同时,学生在强电环境下完成实验过程,对学生的人身安全也存在潜在危险。

电气工程及能源专业实践环境面临设备昂贵,高电压,大电流,高危险,无法进行重复性破坏实验等问题,同时,3D平面仿真系统操作性差,学生只能依靠键盘鼠标进行操作,高校很难建立同企业现场一致的实践操作条件,因此,结合VR虚拟仿真技术可以应对以上问题,为学生提供安全沉浸式的操作环境。学生可以利用VR头盔和操作手套在虚拟空间与现场一致感官的操作环境和设备,对标相关国家标准和操作规程进行实践操作学习提升实践能力,同时,在虚拟环境可以进行相关大电流观摩实验和相关破坏性实验,无须考虑安全和造价问题。

基于全景智能变电站的仿真实验教学系统采用虚实结合、理论结合实践的教学方法。根据虚拟仿真教学虚实结合的教学原则,学生可以使用校内220kV实际变电站一次设备基地进行实物观摩,然后进入实验室在虚拟仿真实验环境动手操作。同时,针对相关操作实验,本系统设置“练习”和“考核”两种模式,系统设定了每一步实验操作的基本原理和操作规范,详细地介绍了每种设备的使用方法。学生可以完全自主学习,之后在考核模式中根据相关国家标准和操作

\*本篇论文资助信息:2021年度辽宁省普通高等教育本科教学改革研究项:电气与能源专业VR虚拟仿真实践教学体系的构建。

规范来检验自己的学习的成果。

### 一、虚拟实践课程实施方案

对220kV变电站运行环境和所有电力设备进行VR虚拟仿真建模及虚拟实验操作，构建虚拟模型主要包括变压器的外形结构，内部构造以及各零部件、组件等。针对电力现场检修常用实验操作仿真包括了高压侧直流电阻超标检测、高压侧相塔接面发热故障检修等实验项目，参照相关国家标准及操作规范设定虚拟环境各项操作，完全真实还原现场环境和操作过程，有效地提升虚拟培训效果和学生的实践能力。虚拟实验操作作为系统设置“练习”和“考核”两种模式，使学员可以在虚拟环境中，自主选择练习模式进行学习和练习，在考核模式中来检验自己的学习的成果。虚拟仿真实训系统通过先进稳定的3d Max进行三维建模，依据真实220kV智能变电站制作特高清实景系统，高度、无损还原变电站及周边3公里范围内真实环境，在100m的高空可看见场景全景，推进至1m的近端可观看设备的精确外观以及结构。针对变电站主设备变压器，学生可以根据鼠标键盘或者VR虚拟操作设备进行手动拆解，设备可根据基本组成拆解组装，单体部件可以放大旋转，完全还原变压器的所有基本组成原件。同时，针对变电站主要设备分别建模，可以在虚拟环境真实还原断路器，隔离开关，GIS，互感器等大型电力设备。在虚拟实验操作方面，根据国家标准及操作规范设定了相应的操作程序，建立变压器检修检测常用的各种表计模型及相关接线工具，学生可以在虚拟环境中根据与现场同样的技术装备和操作规范进行电力设备检测的学习训练，完全还原电力企业现场检修工作内容。同时，根据操作规范自动设定考核程序，学生可以选择考核模式，在规定时间内完成操作，根据相关评分标准评估实践成绩。基于全景智能变电站的仿真实验教学系统采用虚实结合、理论结合实践的教学方法，根据虚拟仿真教学虚实结合的教学原则，学生可以使用校内220kV实际变电站一次设备基地进行实物观摩，根绝电力系统设备课程学习相关设备的基本原理和组成结构，然后进入实验室在虚拟仿真实验环境动手操作。同时，针对相关操作实验，本系统设置“练习”和“考核”两种模式，学生可以自主在练习模式进行学习和练习，系统设定了每一步实验操作的基本原理和操作规范，详细介绍了每种设备的使用方法，学生可以完全自主学习，之后在考核模式中根据相关国家标准和操作规范来检验自己的学习的成果。

在电力设备变压器常规运行检修与维护虚拟实验中，学生可以在系统中选取与实际实验中完全一致的操作工具和相

关测量表计。学生在虚拟环境中利用工具进行接线操作，测量相关参数，判断电力设备运行状态，同时系统配合相关讲解，虚拟操作可以反复操作并根绝相关规范进行考核，利用虚拟环境规避了现实操作的成本消耗和安全风险，提升了学生的实践能力。

通过虚拟漫游参观，电力设备拆装分解学习，电力设备检修运行实践，学生将理论知识充分运用到实践操作之中，充分发挥了虚拟仿真实验带来的便利，规避了电力高电压、大电流、高损耗、高风险等因素，让学生在虚拟环境中完成了与现场一致的实验操作，提升了教学质量和学生的实践能力。平台采用B/S架构设计，学员即可通过浏览器进入云端服务器连接系统学习，借助鼠标键盘或者VR眼镜和操作手套，进行虚拟环境漫游，设备拆装和利用各种工具及实验仪器进行电力设备相关实验操作。登录系统后，进入系统主界面，选择相应实验进行学习和实验。



图1 虚拟实践操作界面

### 二、课程建设硬件平台

基于全景智能变电站的仿真实验教学系统的开放运行依托于开放式虚拟仿真实验教学管理平台的支撑，二者通过数据接口无缝对接，保证用户能够随时随地通过浏览器访问该项目，并通过平台提供的面向用户的智能指导、自动批改服务功能，尽可能帮助用户实现自主的实验，加强实验项目的开放服务能力，提升开放服务效果。

开放式虚拟仿真实验教学管理平台以计算机仿真技术、多媒体技术和网络技术为依托，采用面向服务的软件架构开发，集实物仿真、创新设计、智能指导、虚拟实验结果自动批改和教学管理于一体，是具有良好自主性、交互性和可扩展性的虚拟实验教学平台。

如图所示，支撑项目运行的平台及项目运行的架构共分为五层，每一层都为其上层提供服务，直到完成具体虚拟实验教学环境的构建。下面将按照从下至上的顺序分别阐述各层的具体功能。



图2 系统总体架构图

### 1. 数据层

基于全景智能变电站的仿真实验教学系统涉及多种类型虚拟实验组件及数据，这里分别设置虚拟实验的基础元件库、实验课程库、典型实验库、标准答案库、规则库、实验数据、用户信息等来实现对相应数据的存放和管理。

### 2. 支撑层

支撑层是虚拟仿真实验教学与开放共享平台的核心框架，是实验项目正常开放运行的基础，负责整个基础系统的运行、维护和管理。支撑平台包括以下几个功能子系统：安全管理、服务容器、数据管理、资源管理与监控、域管理、域间信息服务等。

### 3. 通用服务层

通用服务层即开放式虚拟仿真实验教学管理平台，提供虚拟实验教学环境的一些通用支持组件，以便用户能够快速在虚拟实验环境完成虚拟仿真实验。通用服务包括实验教务管理、实验教学管理、理论知识学习、实验资源管理、智能指导、互动交流、实验结果自动批改、实验报告管理、教学效果评价、项目开放与共享等，同时，提供相应集成接口工具，以便该平台能够方便集成第三方的虚拟实验软件进入统一管理。

### 4. 仿真层

仿真层主要针对该项目进行相应的器材建模、实验场景构建、虚拟仪器开发、提供通用的仿真器，最后为上层提供实验结果数据的格式化输出。

### 5. 应用层

基于底层的服务，最终时装秀虚拟仿真实验教学与开放共享。该框架的应用层具有良好的扩展性，实验教师可根据教学需要，利用服务层提供的各种工具和仿真层提供的相应

的器材模型，设计各种典型实验实例，最后面向学校开展实验教学应用。

## 三、VR仿真共享平台

开发建设VR仿真实验教学项目门户网站，网站展示的内容包括：实验教学项目相关信息、实验项目介绍视频、实验课件资料、通知公告、实验项目共享情况、实验教学服务团队、网络相关要求、项目架构及研发技术、实验教学项目特色、持续建设及服务计划、实验项目申报书等。门户网站展示的栏目和内容可根据学校的需求自行添加。平台不限客户端数，支持同时在线人数2000人以上。



图3 共享平台教学系统

电力系统VR实验实训系统具备相应的宽带技术，利用智能带宽分配技术合理调配在线人数和校外共享系统人数，优先满足校内实训要求，在带宽达到上限时针对校外共享需求提供排队等候服务。系统具备自动定时功能，在考核学生操作技能时，会自动提醒电力系统标准操作的时间，提醒学生注意操作速度。同时，系统具备自动统计功能，时间周期设定为7天、30天、180天、一年等不同的时间段，分别记录系统校内培训人数、时间、平均操作时间、校外共享时间、共享人次、分类共享实验的频次及实训操作效果和反馈。反馈服务包括实验设计、实验操作、实验考核设定规则及使用满意度多种，所有数据将为后续实训系统的升级提供数据支持。

## 结语

电气工程专业虚拟仿真系统结合电力系统及其自动化专业主干课程及相关实训环境，做到了虚实结合、理论与实践结合、人才培养与企业需求结合，突破电力专业传统理论教学缺乏实践学习的瓶颈，利用虚拟仿真技术解决了电力设备高造价、高危险的问题，让学生可以在理论学习的同时，在虚拟环境中，近距离地观察了解电力设备的构成与运行原理。在虚拟环境中进行电力设备的带电操作实验，极大地节省了实践教学的设备成本和师资成本，规避了风险，提升教学质量，有效地满足了企业现场的人才需求，提升了学生实践能力和学校的教学水平。