

虚拟仿真技术在仪器分析实验教学中的应用

陈文娟

北方民族大学生物科学与工程学院, 宁夏 银川 750021

DOI: 10.61369/SDME.2025310029

摘 要： 目的 探索数字化实验教学项目的建设思路，为现代仪器分析实验课程的教学改革提供参考。方法 针对大型仪器分析实验教学中存在的问题，结合我校高效液相色谱虚拟仿真实验开发和申报的相关问题展开讨论，深入阐述和探讨虚拟仿真技术在仪器分析实验课程教学中的应用。结果 将现代信息技术与实验教学相融合，进一步完善了实验教学体系。结论 虚拟仿真教学是真实实验教学资源的重要补充，一方面顺应了以教育信息化工作为主线的高等教育改革发展趋势，另一方面也满足了实验室建设和实验教学改革与创新的需要。

关 键 词： 虚拟仿真技术；仪器分析实验；高效液相色谱；数字化教学

The Role of Virtual Simulation Technology in Instrument Analysis Experiment Teaching

Chen Wenjuan

College of Biological Science and Engineering, North Minzu University, Yinchuan, Ningxia 750021

Abstract： **OBJECTIVE** To explore the construction ideas of digital experimental teaching projects and provide reference for the teaching reform of modern instrument analysis experimental courses. **METHODS** In response to the problems existing in the teaching of large-scale instrument analysis experiments, it discusses the development and application of virtual simulation experiments for high-performance liquid chromatography in our school, and deeply elaborates and explores the application of virtual simulation technology in the teaching of instrument analysis experiments. **RESULTS** The integration of modern information technology with experimental teaching has further improved the experimental teaching system. **CONCLUSION** Virtual simulation teaching is an important supplement to real experimental teaching resources. On the one hand, it conforms to the trend of higher education reform and development with educational information technology as the main line. On the other hand, it also meets the needs of laboratory construction and experimental teaching reform and innovation.

Keywords： virtual simulation technology; instrumental analysis experiments; high performance liquid chromatography; digital teaching

引言

虚拟仿真技术近年成为新型教学手段，通过软硬件与数学模型构建逼真虚拟场景，支持用户在安全、可控、可重复条件下交互、操作与训练，有效提升学生学习积极性与参与度。^[1-2] 仪器分析实验是食品科学与工程专业核心实践必修课，具有跨学科、强实践与应用性特点，要求学生掌握仪器原理、结构、操作及数据解析，具备解决食品分析问题的能力。但本科教学中存在设备昂贵、操作要求高、极端与破坏性实验难演示、学生参与度低等问题，制约实践能力培养，凸显教学模式滞后，因此该课程数字化教学改革势在必行。^[3]

一、本科生仪器分析实验教学中存在的问题

（一）学生实训能力培养受阻

1. 学生实际动手操作机会严重不足：在高校本科实践教学

中，一般大型精密仪器每种只有1台，这些尖端仪器价格昂贵、原

理复杂、操作使用要求严格。在实践教学中，不可能实现学生人手一台仪器操作训练。基本上都是演示实验，绝大多数学生无法实际操作，这种教学方式基本无法真正实现提高学生动手操作能力的教学目标^[4]。

2. 学生技能训练碎片化受大型仪器安全风险与高昂维护成本

项目信息：

北方民族大学教育教学改革研究项目一般项目（2022JY005）；

教育部产学合作协同育人项目（231003880191055）。

作者简介：陈文娟（1976-），女，博士，职称：讲师。研究方向为食品中营养成分、添加剂等分析检测。

限制, 极端参数、破坏性实验无法实际操作, 易造成仪器不可逆损坏(如高效液相色谱高速导致超压漏液)。教师多采用简化实验演示, 学生无法接触完整流程, 缺乏对极端条件下仪器性能变化的直观认知, 难以掌握校准、参数调整及故障排除等核心技能, 导致异常数据分析经验不足、技术适应性差。

(二) 教学内容与模式滞后

首先, 教材与设备脱节。仪器更新速度远超教材修订周期, 学生预习时接触的仪器型号、操作流程与实际设备不匹配, 无法实现教学一致性。其次, 实验设计单一化。实验项目多以验证性为主, 缺乏创新性设计。实验教学中, 由于受课时、学生人数等因素限制, 为了节约时间, 一般提前备好样品, 调好仪器, 学生被动按照步骤操作, 缺乏自主设计实验方案的机会。这种教学模式难以培养学生分析问题、解决问题的能力^[5]。

(三) 教学条件不足

本科实验教学中不仅受场地及仪器设备等硬件条件的限制, 同时还受限于本科教学运行安排及实验室管理规定, 导致学生无法随时随地进入实验室进行仪器操作学习。

二、虚拟仿真技术简介

虚拟仿真技术作为一项尖端科技, 它集成了计算机图形技术、计算机仿真技术、人工智能、传感技术、显示技术、网络并行处理等技术的最新发展成果。它利用计算机生成一种多源信息融合的交互式的三维动态视景和实体行为的系统仿真, 使用户沉浸到该环境中, 并逐步形成其理论体系^[6]。该技术在实验教学过程又被成为“虚拟仿真实验技术”, 是借助图像、仿真和虚拟现实操作流程等技术在计算机上营造可辅助或者部分代替传统实验各环节的相关软硬件环境。由于仪器分析课程涉及物理学、化学、电子学、精密机械制造和计算机科学等多学科交叉的课程, 许多三维虚拟仿真软件已被引入到大型仪器分析实验教学过程^[7], 并处于一个快速推广和发展的阶段。目前, 三维虚拟仪器系统部分不仅能在实验过程中发挥作用, 而且在相关理论课程教学过程中也可以起到良好的辅助教学功能^[8]。

三、高效液相色谱虚拟仿真实验项目的实施

(一) 高效液相色谱虚拟仿真实验流程设计

以高效液相色谱法检测食品抗氧化剂实验为例, 开发出具有独立知识产权的虚拟仿真实验项目。该软件包含实训、测评及报告三部分, 实训模块为练习模块, 成绩不录入; 测评模块为考核模块, 成绩录入; 报告模块查看成绩并上传。该虚拟仿真实验项目的流程设计与教学目标对应关系如图1所示。该实验项目共包括13个知识点, 分别是: 抗氧化剂检测的原理和方法、样品的采集与前处理、检测波长的测定、配制流动相、真空脱气安全操作、检测波长的优化、柱温的优化、流速的优化、梯度洗脱程序的优化、定性分析、定量分析、样品测定及结果分析判定。

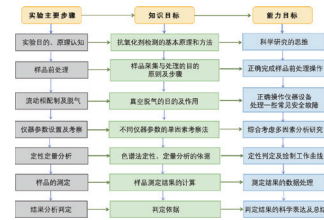


图1 实验流程设计及教学目标达成对应关系图

(二) 高效液相色谱虚拟仿真实验核心要素仿真设计

基于真实实验数据的数值仿真, 真实仪器的结构模型和操作过程的场景动画再现等方式, 实现了核心要素的仿真度设计。例如, 样品前处理过程仿真设计, 根据样品前处理过程进行虚拟仿真建模; 同时考虑不同用户对样品前处理需求不同, 设计了3种不同的路径。路径1自主设计验证, 学生线下已经完成了供试品的前处理及全部测定过程, 学生可将线下已经完成的供试品前处理数据, 输入到虚拟实验中进行验证。路径2在线进行前处理, 学生可在虚拟软件中完成供试品前处理的所有过程。路径3学生不需要完成样品前处理, 直接进行检测, 由软件提供典型前处理数据。仪器设备操作仿真, 实验过程需要用到多种大型精密仪器设备, 如高效液相色谱仪、紫外-可见分光光度计等。根据仪器设备使用的真实操作环境, 如仪器结构、仪器工作站界面等进行虚拟仿真3D建模, 在虚拟环境中学生体验错误参数的设置导致仪器出现问题及故障, 学生能正确发现问题并处理问题, 解决故障。实验测定数据仿真, 基于线下实验操作测定的真实数据, 构建了虚拟数据模型, 模拟方法测定过程中仪器参数的考察、定性、定量分析等过程, 保证了仿真实验数据的真实准确性。实验结果仿真, 学生选择不同的前处理路径, 进行实验, 就会有不同的测定结果数据。学生选择则相同的前处理路径, 进行实验, 在定量分析中会得到不同的标准曲线方程, 最终测定结果也不会相同。最终计算出抗氧化剂的含量, 依据国标限量规定, 能正确进行结果的判定, 获得正确的结论, 最后得到实验报告。

(三) 高效液相色谱虚拟仿真实验教学过程

本项目设计了仪器介绍、仪器操作及数据分析、仪器考核等三个阶段, 根据学生对高效液相色谱仪认知规律, 在仪器操作及分析阶段, 构思了仪器操作体验、色谱条件优化、分析应用三层递进式的实验模块, 共设计了仪器结构及工作原理、仪器开机及真空脱气仿真、色谱条件优化多参数仿真、样品测定及数据分析多参数仿真、仪器关机六个实验环节。让学生在虚拟环境中掌握色谱仪器结构、工作原理、色谱条件优化及应用的。为实现教学目标, 在教学过程中, 采用自主式、互动式和问题引导式的教学方法, 体现了以学生为中心的教学理念。如图2所示。

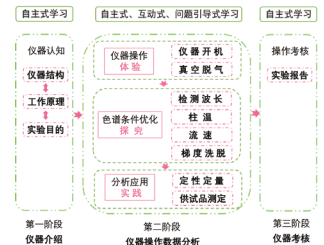


图2 实验架构及教学方法

（四）高效液相色谱虚拟仿真实验方法

该虚拟仿真实验采用观察法、控制变量法、比较法、类比法等实验方法，使学生全面掌握高效液相色谱仪的结构、原理、色谱参数对测定结果的影响。如图4所示实验架构与实验方法。

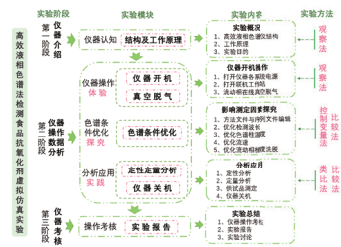


图4 实验架构与实验方法

四、虚拟仿真技术在实验教学中的优势及不足

（一）虚拟仿真技术在实验教学中的优势 虚拟仿真技术在实验教学中的应用优势主要体现在以下几个方面：

1. 提升教学效率与质量：在高校本科实践教学中，大型精密仪器通常仅配备1台，操作要求高且专人管理，无法实现学生人手一台训练。教学多以教师或少数学生演示为主，多数学生难以实操，难以提升实践能力。采用虚拟仿真实验线上教学，可解决高效液相色谱仪等大型仪器成本高、线下操作难、设备不足等问题。坚持“虚实结合、能实勿虚”原则，以虚拟仿真模块替代现场演示，破解仪器昂贵、操作要求高、极端参数难模拟、实践教学不充分及学生动手能力培养不足等难题。

2. 通过交互操作增强学生参与度：通过高仿真度还原现实仪器结构、原理及操作，同时通过人机交互性操作中预设错误参数练习，提醒学生在实际操作过程中要避免此类问题发生。启发学生自己找到问题所在，并从基本原理上能理解由于仪器参数的变化，所引起的色谱图的差异性。同时通过提出拓展问题，引导学生拓展相关知识点内容，并对拓展的内容在线下授课中与学生探讨式交流，从而加深学生对高效液相色谱法原理的理解以及仪器的正确使用。让学生在虚拟仿真软件过程中能体会更有价值的交互内容。

3. 设备简单突破时空限制：利用虚拟仿真软件，学生可以在任何场合利用碎片化时间进行学习，突破了传统实践教学受实验场地及仪器设备等硬件条件的限制。在虚拟环境中，学生可以预习答题、操作考试和查看成绩等，能够大大提高学生的学习兴趣 and 增强学生对理论知识的理解与认识。

（二）虚拟仿真技术在实验教学中的不足 虚拟仿真技术在实验教学中有很大潜力和优势，但是也有一些不足和局限性。

1. 设备和技术依赖性：虚拟仿真技术依赖高性能硬件设备和先进的科技，需要长期投入对软件和硬件维护及更新。部分学校因成本高昂难以普及，或因设备故障等问题会影响教学效果。

2. 模型精确度限制^[8]：虚拟仿真的精确度受模型和算法的限制，部分虚拟仿真实验存在图像处理速度慢、分辨率低等问题。在模拟复杂的系统时，可能会出现一定程度的误差。

3. 与教学内容需要进一步融合^[9]：在设计教学内容时，需要将虚拟仿真技术融入教学过程，不能将其简单地作为一种教学的演示手段。现有的一些虚拟仿真教学软件过于简单，优质教学资源稀缺，且与学科需求匹配度低，部分领域针对性内容匮乏，难以满足专业教学的要求。

4. 教师信息化教学能力有待提升^[10]：虚拟仿真技术在实验教学的应用中面临着教师信息化教学能力不足的问题。如在教学过程中，存在对学生引导不及时，教学设计不合理等问题。虚拟仿真技术依托于计算机信息技术，它的应用需要教师具备一定的信息化教学能力，不仅具有专业的理论知识，还应具有专业的实操技能。另外部分教师缺乏虚拟仿真教学资源开发能力，不能自主开发适合本专业学生教学需求的虚拟仿真软件。

五、结论

新技术与新仪器不断涌现，传统实验教学受设备条件制约，难以满足教学需求，存在仪器昂贵、操作要求高、极端与破坏性实验难演示、学生实践操作受限等问题。虚拟仿真实验依托真实数据、仪器模型与场景动画，实现核心要素高仿真，通过人机交互提升教学效果，支持学生利用碎片化时间学习，突破场地与设备限制。教学采用自主、互动、问题引导方式，体现以学生为中心理念；项目设计层次递进，学生可按需选择实验难度，并通过观察、控制变量、比较、类比等方法，全面掌握高效液相色谱仪的结构、原理及参数影响。虚拟仿真教学是真实实验资源的重要补充，二者结合可完善实验教学体系，既顺应高等教育信息化改革趋势，也满足实验室建设与实验教学改革创新发展需求。

参考文献

- [1] 陈辉，马观凤. 虚拟仿真技术在大型仪器分析实验教学中的应用——以扫描电镜为例[J]. 科教导刊, 2025, (13): 70-72.
- [2] 张磊，谢媛媛，王淑美. 虚拟仿真技术在常用大型分析仪器实验教学中的应用[J]. 中药与临床, 2020, 11(5): 1-4.
- [3] 刘金库，葛云晓，黄婕，等. 虚拟仿真实验课程：数字赋能工程能力培养新模式[J]. 高等工程教育研究, 2023, (3): 85-88+113.
- [4] 祁文静，胡萍萍. 虚拟仿真技术在地方师范院校仪器分析教学中的应用研究[J]. 广东化工, 2020, 47(412): 199-200.
- [5] 张乐乐，王振杰，刘艳红，等. 食品专业仪器分析课程教学优化[J]. 阜阳师范大学学报(自然科学版), 2021, 38(1): 117-120.
- [6] 李平，毛昌杰，徐进. 开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设提高高校实验教学信息化水平[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(11): 5-8.
- [7] 张雨晗，何碧瑶，林淑婧，等. 基于GeoGebra的交互式色谱初学者学习工具开发与实践——以塔板理论为例[J/OL]. 色谱, 2025, (05): 1-8.
- [8] 袁迪. 关于虚拟仿真技术的概述与发展研究——2024中国系统仿真与虚拟现实技术高层论坛论文集[C], 2024: 146-149.
- [9] 叶通. 多模态交互的虚拟仿真技术在电子电工教学中的实践应用[J]. 中国多媒体与网络教学学报(中旬刊), 2025, (05): 13-16.
- [10] 刘浩. 虚拟仿真技术在食品快速检测技术课程实验教学中的应用[J]. 现代食品, 2025, (04): 161-163.