



# 数字教育背景下虚拟仿真在野外地质 实习中的应用

王挽琼, 葛玉辉\*, 郝爱华, 付敬浩, 张云峰, 张锦让

(西南石油大学 地球科学与技术学院, 成都 610500)

**摘要:** 野外实践教学是地质类专业人才培养的重要核心内容, 在高等教育数字化的背景下, 将具高度互动性及共享性的虚拟仿真技术应用在野外实践中已经成为教学方式变革的趋势。基于 Unity3D 及 MAYA 等技术建设的重庆北碚野外实习典型剖面地质虚拟仿真系统, 由背景知识、天体与地球、中国大陆构造演化、典型剖面地质和实习区地质演化 5 个模块组成。该系统已在西南石油大学地质学“数字化地质填图实习”及其他院校实习中进行了实践与应用, 促进了学生地质思维能力的培养, 提升了野外实践教学的质量。

**关键词:** 虚拟仿真; 教育数字化; 野外实践教学; 地质学

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20240010

## Application of Virtual Simulation in the Field Geology Practice in the Context of Digital Education

WANG Wanqiong, GE Yuhui\*, XI Aihua, FU Jinghao, ZHANG Yunfeng, ZHANG Jinrang

(School of Geoscience and Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

**Abstract:** Field practice teaching stands as a pivotal element in the education of geological professionals. Amidst the ongoing digitalization of higher education, there is a growing trend towards integrating highly interactive and collaborative virtual simulation technologies into field practice teaching methods. Chongqing Beibei Field Practice Typical Section Geological Virtual Simulation System, constructed using technologies like Unity3D and MAYA, consists of five modules, i.e., background knowledge, celestial bodies and the Earth, tectonic evolution of China, typical section geology, and geological evolution of the practice area. This system has been practically applied in the digital geological mapping practice of the Geology Department in the Southwest Petroleum University and in fieldwork at other educational institutions, which has effectively fostered students' geological conceptualization abilities and enhanced the quality of field practice teaching.

**Key words:** virtual simulation; digitalization of education; geographical field practice teaching; geology

当代大学生是互联网的“原住民”, 习惯并善于使用互联网学习知识、获取信息<sup>[1]</sup>。大数据、虚拟现实等人工智能技术的飞速发展, 为大学教学带来了新的可能和挑战, 同时也影响了学生的学习行为<sup>[2]</sup>。顺应科技发展及教育主体的时代特点已成为新形势下普通高等教育教学改革的发展趋势, 事关教育高质量发展的战略, 是实现高等教育从学习革命到质量革命再到高质量发展的突破口和创新路径<sup>[3]</sup>。中国教育部部长怀进鹏在世界数

字教育大会上强调, 落实习近平主席在世界互联网大会上提出的全球数字发展道路的需求迫在眉睫, 数字化转型是世界范围内教育转型的重要载体和方向<sup>[4]</sup>。

野外实践教学是地质类人才培养的重要核心内容, 是系统培养学生地质思维能力和创新意识的重要途径<sup>[5-6]</sup>。但是, 由于野外地质资源的不可再生性、形成过程的长周期性和地质演化的不可逆性, 典型的地质现象和地质剖面常受到人工

收稿日期: 2024-01-12

基金项目: 四川省 2021—2023 年高等教育人才培养质量和教学改革项目(JG2021-007, JG2021-015); 西南石油大学一流本科课程培育建设项目。

作者简介: 王挽琼, 博士, 讲师, 主要从事岩石学、矿石学方面的实验教学和科研工作。E-mail: 809249638@qq.com

\*通信作者: 葛玉辉, 博士, 副教授, 主要从事古生物学与地层学方面的教学和科研工作。E-mail: 783582862@qq.com

及突发地质灾害的破坏,也受到地表风化作用及居民生产生活的制约。同时,野外实践教学活动的开展,也受到天气、传染性疾病等因素的严重影响。虚拟仿真实验教学作为高等教育数字化建设的重要举措<sup>[7-8]</sup>,提供了丰富的实验教学资源,实现了实践教学的数字化转型,摆脱了时间、空间的限制,为学生自主实验、合作学习和创新实践提供了先进手段<sup>[9]</sup>,虚拟仿真实验教学的开展可以有效解决野外实践教学面临的困难。教育部已认定的高校虚拟仿真实验教学一流课程主要分布在中东部地区<sup>[10]</sup>,西部地区相对资源不足。为了保障野外实践教学顺利、有效开展,丰富西部地区虚拟仿真实验建设,均衡教育资源,本文以西南石油大学校级一流本科课程“北碚野外实习典型剖面路线地质虚拟仿真系统”为例,介绍了重庆北碚地区野外地质虚拟仿真实验的建设与实践。

## 1 虚拟仿真系统的架构与内容

该系统主要以地球演化历程为背景,以区域上沉积环境变迁形成不同沉积岩石为支撑,以典型地质剖面宏观与微观地质现象为依据,模拟上扬子板块晚古生代—中生代—新生代喜山期漫长地质历史时期的地球物质运动及沧海桑田的环境变迁,建立了如图1所示的虚拟仿真系统。该系统由背景知识、天体与地球、中国大陆构造演化、典型剖面地质和实习区地质演化5个模块组成。其中,典型剖面地质是整个虚拟仿真系统的核心部分,以实习基地重要的石笋沟—金剑山地质路线为主,通过无人机三维地质航拍、典型地质现象的视频讲解与剖面基础数据经Unity3D、MAYA及Visual Studio等开发工具处理后,建立3D建模及计算机转换功能的自然场景虚拟再现,让学生在使用时产生如图2(a)所示的身临野外的感观。将实际教学内容通过计算机仿真技术刻画不同时代地层的颜色、产状、岩性、接触关系、化石种类、原生沉积类型、后期构造活动过程及其特点,模拟不同地质历史时期沉积环境的变迁、构造作用的演化及不同生物的繁衍及消亡,将野外实习教学的分散知识点串连成场景宏大的地质故事,让学生在生动有趣的实验中理解地质作用过程,提升理论与实践相结合的教学效果。

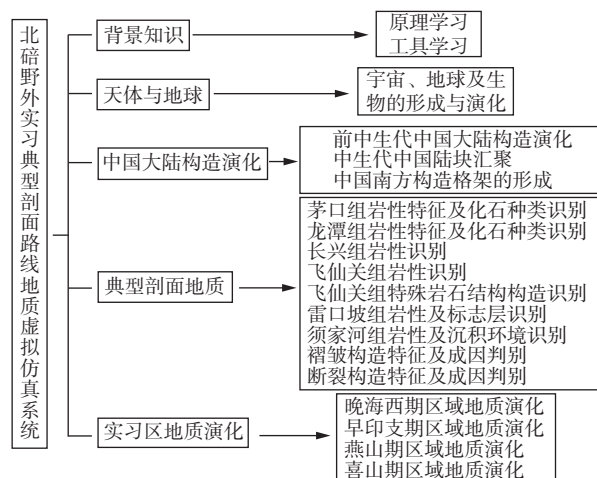


图1 虚拟仿真系统的架构图

### 1.1 背景知识、天体与地球和中国大陆构造演化模块

背景知识模块主要让学生了解实习目的与意义,熟悉野外地质工作常用的传统工具和化学试剂,如罗盘、放大镜、地质锤、小刀和稀盐酸等,通过连线的方式熟知这些工具及试剂的作用。

天体与地球模块以视频的形式介绍了宇宙的形成及其演化过程,地球及生物的形成与演化历史,引导学生了解、思考地球科学系统中的前沿性科学问题。内容直观、形象的科普视频,增添了虚拟仿真系统大众科普的功能。

中国大陆构造演化模块以图片、文字形式介绍了现今中国大陆由塔里木、华北、华南3个陆块拼贴而成的演化过程<sup>[11-12]</sup>,其中古生代以来的中国大陆构造演化,在实习区地质剖面上留下了不同程度的印记。

### 1.2 典型剖面地质模块

选择实习区地层出露较为齐全的石笋沟—金剑山剖面,展示实践教学需要认识的中二叠统茅口组、上二叠统龙潭组、长兴组、下三叠统飞仙关组、嘉陵江组不同时代地层单元的地质特征。同时,将代家沟路线中发育的中三叠统雷口坡组和上三叠统须家河组按照时代新老关系“移植”至下三叠统嘉陵江组之上,形成了实习区区域大地质剖面,便于学生构建实习区地层框架、理解区内地质演化历史。

虚拟仿真系统界面左侧设置有步骤导航,即路线概述、地层和构造3部分内容,可任意选择相关内容进行反复学习。“概述”介绍了剖面的地理位置、构造背景、信手剖面及3D模型,

3D 模型可查看了解各个地层单元的空间展布、接触关系、岩石组合、发育的化石、矿产及风化后的岩貌、地貌等特征。“地层”部分可任意选择地层单元学习其地质特征，每个地层单元设置有数个“小气泡”展示相关内容，针对不同的知识点，以选择题的形式设置了对学生理解情况的考核，如点击“放大镜”气泡，显示如图 2(b)所示的岩石宏观特征，观察结束后弹出如图 2(f)所示的相关知识测试；点击“显微镜”，显示如图 2(c)所示的微观岩石学(古生物学)特征；点击“稀盐酸”，通过如图 2(d)所示的视频、照片等资料，观察将浓度为 5% 的盐酸滴至岩石新鲜面后，

是否产生气泡及气泡数量的多少来区分白云岩、灰岩与泥灰岩，如图 2(g)所示；点击“小刀刻划”，观察如图 2(e)所示的小刀刻划岩石新鲜面后，是否出现划痕、粉末来判断岩石与小刀硬度的相对大小；点击“知识拓展”，了解如图 2(h)所示的碳酸盐岩区发育的喀斯特地貌等知识。观察完以上岩石学及古生物学等特征后，以图 2(i)所示的选择题让学生判断茅口组的沉积环境。

“构造”部分主要以 3 维模拟视频的形式展示了实习区内褶皱和断层的形成原理、地质图中褶皱的形态及以信手剖面的形式展示实习区断层的发展特征。



图 2 虚拟仿真系统典型剖面地质模块界面

### 1.3 实习区地质演化模块

以动画视频的形式模拟区域应力场对岩层的改造过程, 包括观音峡背斜、背斜核部破轴断裂、区域走滑断裂对地形地貌的改造等, 揭示实习区海相—海陆交互相—陆相—褶皱成山的地质演化历程。利用计算机模拟造山作用过程, 重现实习区亿万年来地质演化过程, 培养学生创造性的地质思维。

## 2 教学方法

实验教学过程为 5 个模块内容的多次学习, 共设置有 20 步学生交互性操作, 交互性实验类型主要有岩性识别、古生物化石鉴定、层面层理构造及形成环境判别、构造类型及成因分析、沉积岩与沉积相判定。学生要高质量地完成这些具有一定挑战度的交互性实验, 必须经过系统的学习并掌握矿物学、岩石学、古生物与地层学、构造地质学等相关知识, 将地质类知识有机融合。该过程培养了学生解决复杂问题的综合能力和地质

思维。在实验过程中, 以学生操作、观察、分析探索为中心, 综合运用了以虚补实、虚实结合、以实助虚、设计式、任务驱动式、探究式、交互式等多种教学方法开展实验。

虚拟仿真系统在野外实践教学, 主要分以下 3 个阶段开展。

### 2.1 以虚补实阶段

野外实践教学前期, 学生利用碎片化时间, 结合实验指导书及虚拟仿真系统中的背景知识、天体与地球和中国大陆构造演化模块的学习, 了解实验目的、内容、意义及虚拟仿真系统的结构、操作原理。通过典型剖面地质和实习区地质演化模块的学习, 预习实习区发育的地层、构造等地质特征。学生可多次反复使用虚拟仿真系统并自动生成如图 3 所示的实验综合得分和实验报告, 将最高分作为学生以虚补实阶段的学习成绩, 如图 4(a)所示。在该环节, 教师引导学生进行研讨交流, 形成对实习区及实验内容的共识或争议。



(a) 实验综合得分详情

(b) 实验报告

图 3 虚拟仿真系统自动生成的实验得分组成和实验报告

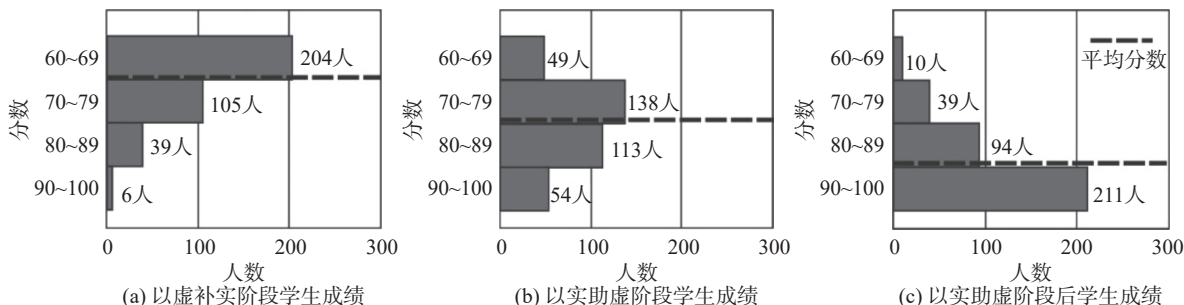


图 4 学生虚拟仿真系统操作成绩统计

## 2.2 虚实结合阶段

学生在野外观察地质剖面时, 教师引导学生将其在虚拟仿真系统中学习过的地质现象与野外现实中的地质现象进行有机关联。教师引导学生就实习区地质特征, 在收集当前研究成果的基础上, 发现科学问题, 如中三叠统雷口坡组底部绿豆岩富锂的成因、上二叠统龙潭组一段玄武质火山凝灰岩成因等科学问题, 并设计研究方案, 在野外进行系统采样, 这些工作可支撑后期开放性实验或者毕业设计的开展。

## 2.3 以实助虚阶段

学生在野外剖面现场观察完地质现象之后, 对剖面上的地层、岩性、化石、层面及层理构造等特征形成了更深层次的感性认识后, 再次使用仿真系统, 解答交互性操作中设计的地质问题, 获得图 4(b)所示的成绩。通过虚实结合、以实助虚的教学训练后, 使学生加深了对野外地质现象识别及成因判别的认知。

根据以实助虚阶段的实验报告, 学生查找自

己基础地质问题掌握相对薄弱的环节, 设计解决方案并及时学习、理解该部分知识。之后所有学生再次操作虚拟仿真系统, 获得如图 4(c)所示的成绩。

实习结束后, 学生根据虚拟仿真系统操作过程中发现的问题, 提出改进建议, 以促进仿真系统持续有效改进、完善。

## 3 考核方法

该虚拟仿真系统辅助了地质学、资源勘查工程和勘查技术与工程专业的数字化地质填图实习、构造综合实习、构造地质认识实习和沉积相实习的开展, 根据不同专业培养目标、教学计划、教学大纲和教学内容的不同, 采用不同的评价内容和过程。以地质学专业数字化地质填图实习为例, 该实习共 88 学时, 其中虚拟仿真系统操作占 4 学时。采用实验过程与实验结果并重的考核方式, 百分制计算, 具体考核内容及对应分值占比如表 1 所示。

表 1 实验考核内容及相应分值占比

评定类型	评定指标	考核内容	占比/%
实验过程	实验主动性	以虚补实阶段的预习积极性及效果	5
	研讨交流	虚拟仿真系统中的交互性实验内容、野外地质现象研讨	10
	实验态度	实验的操作次数及每次有效时长, 尤其是典型剖面地质模块	10
	虚实结合	以虚补实阶段的预习认识与野外地质现象实地观察时的结合	30
实验结果	实验报告	如图 4 所示的三次成绩取平均值作为实验报告成绩	35
	创新能力	资料收集能力、科学问题的提出、解决方案的设计	10

学生完成 5 个模块的学习、操作之后, 系统根据每个模块交互性操作的权重, 自动汇总出图 3(a)所示的实验综合得分, 取图 4 所示的学生 3 次成绩的平均值作为表 1 中实验报告部分的成绩给定依据。实验过程部分的考核, 需要指导教师了解每位学生在以虚补实、虚实结合、以实助虚阶段的学习情况, 这就要求师生比不超过 1:10, 方可公平公正给出相应分数。

## 4 教学效果及开放共享

### 4.1 教学效果

虚拟仿真系统自 2020 年 6 月上线至 2023 年 9 月, 共开展了 4 次实践教学, 使用学生共 392 人, 完成 3 个阶段学习且获得如图 4 所示成绩的学生共 354 人。以虚补实阶段学生成绩主要集中在 60~79

分, 其中 60~69 分、70~79 分占比分别为 57.6% 和 29.7%, 平均分数为 69.9; 以实助虚阶段的成绩呈现正态分布, 主要集中在 70~89 分, 其中 70~79 分、80~89 分占比分别为 39.0% 和 31.9%, 平均分为 79.5 分; 以实助虚阶段后再次进行虚拟仿真系统学习的成绩集中在 90~100 分, 占比高达 59.6%, 平均分为 89.6 分。随着教学阶段的推进, 学生成绩呈现显著提升的趋势, 反应了教学方法的科学性。

在野外实地观察地质现象时, 发现完成以虚补实阶段学习的学生, 识别岩性、化石类型、构造类型等地质特征时正确率更高, 在教师讲解下, 可以在短时间内建立起实习区的构造格架, 反映了这种以虚补实、虚实结合、以实助虚的教学方式效果显著。学生对实习区的地层、岩石、构造及区域地质演化过程有了深刻的理解与认

识,助力学生由矿物岩石的微观证据到地球岩石圈物质循环宏观地质思维的建立。将野外地质现象与地质理论相结合,加深了学生对地质理论知识与专业知识的理解,提升了综合运用专业知识解决复杂地质问题的能力。

#### 4.2 开放共享与展望

新时代是教育发展的时代,现代大学将实验教学资源开放共享,是科技发展的趋势,是实现经济效益和社会效益同步的有效保障,同时又可以充分有效发挥各个高校的办学特色<sup>[13-14]</sup>。学生通过使用不同高校共享的虚拟仿真系统,可以普及优质教学资源,促进教育公平,提升教学质量。在对西南石油大学学生使用虚拟仿真系统2个教学周期后,对该系统进行了推广。陇东学院于2022年12月使用该系统,采用“线上+线下”的综合方式完成了疫情期间的野外地质实习,对虚拟仿真系统给出了较高的评价。后续在不断完善仿真系统内容的同时,将会继续面向高校野外地质实习教学、中石油及中石化等企业、国内外碳酸盐岩沉积及储层研究单位进行推广。

### 5 结束语

重庆北碚实习基地自1982年创建以来,一直在开展地质学、资源勘查工程、勘查技术与工程及石油工程等相关专业的野外地质实践教学,前人从教学路线内容、教学体系和教学模式等方面不断探索野外教学实习的内容、方式和方法<sup>[15-17]</sup>,已形成了比较完善的野外地质实践教学体系。结合本文多样化的教学方法和考核方法,虚拟仿真系统在野外实践教学中的使用,激发了学生学习的兴趣和自主学习的积极性,燃起了主动探索发现科学问题、解决科学问题的激情。通过以虚补实、虚实结合和以实助虚等教学方法的综合应用,有效提高了野外实践教学质量,促进了学生实践能力和创新意识的培养。在今后的实践中,该虚拟仿真系统仍会不断改进、完善,面向高校、社会进行推广,力争提供高质量的数字化教学资源,推进高校教育数字化转型。

### 参考文献

- [1] 吴岩. 建好用好学好国家精品在线开放课程 努力写好高等教育“奋进之笔”[J]. 中国大学教学, 2018(1): 7-9.
- [2] 李洪修, 吴思颖. 人工智能背景下大学教学思维的审视与回归[J]. 高校教育管理, 2020, 14(2): 29-36.
- [3] 吴岩. 国际共识 中国创新: 准确把握新时代高等教育发展的着力点[J]. 中国高教研究, 2022(8): 7-10.
- [4] 怀进鹏. 数字变革与教育未来[N]. 中国教师报, 2023-02-15(001).
- [5] 赵连泽, 蔡元峰. 野外实习与学生能力培养[J]. 实验室研究与探索, 2000, 19(2): 140-141.
- [6] 刘子洲, 翟方国, 陈旭, 等. 虚拟仿真在海洋调查实验教学中的应用[J]. 实验科学与技术, 2024, 22(1): 44-51.
- [7] 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.
- [8] 朱安庆, 胡安超. 基于 Unity 3D 的船舶制造虚拟仿真教学系统构建[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(6): 117-120.
- [9] 王建秀, 刘琦, 叶真华, 等. 教学虚拟地质实验室系统的设计与开发[J]. 中国地质教育, 2023, 32(1): 92-96.
- [10] 李琰, 张佳琳, 饶星, 等. 基于数字化的高校虚拟仿真实验教学平台建设与实践[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(10): 233-238.
- [11] 李江海, 王洪浩, 李维波, 等. 显生宙全球古板块再造及构造演化[J]. 石油学报, 2014, 35(2): 207-218.
- [12] 潘桂棠, 陆松年, 肖庆辉, 等. 中国大地构造阶段划分和演化[J]. 地学前缘, 2016, 23(6): 1-23.
- [13] 李平, 高东锋, 徐进, 等. 推动大学实验教学资源的开放共享[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(7): 1-5.
- [14] 李平. 推进虚拟现实技术应用 提高高校教育教学质量[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(1): 1-4.
- [15] 强子同. 华蓥山上二迭统长兴组发现生物礁[J]. 天然气工业, 1983, 3(3): 31.
- [16] 陆廷清, 胡明, 王占磊. 改革构造地质野外实习教学方法 增强学生实践和创新能力[J]. 石油教育, 2010(6): 86-88.
- [17] 冯明友, 刘小洪, 夏青松. 化教为学、互动式教学模式探讨: 以勘查技术与工程专业重庆北碚野外地质综合实习为例[J]. 教育教学论坛, 2015(40): 193-194.

编辑 王燕