

实践教学与基地建设

虚拟仿真技术在周口店野外实践教学中的探索和实践

刘得文^{1,2}, 王根厚¹, 徐德兵¹, 魏玉帅¹

1. 中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 地质学国家级实验教学示范中心, 北京 100083

摘要: 野外实践是地学特色化基础教学环节。野外三维地质体实践教学是理论联系实际的重要桥梁, 是学以致用用的先决条件。受制于时空范围约束, 如何将不同尺度地质体简化成地质专业图件是科学研究的一项基本技能。但受到技术(自然)条件限制, 一日不可及和肉眼不可见的区域不能集中呈现的问题是一大教学难点, 理论和实际联系困难, 由此导致地质观和地质思维的形成周期动辄数载。自从虚拟仿真技术应用于教学以来, 突破了地质学教学的时空桎梏, 将自然界的地质现象与专业术语一一对应, 通过可视化呈现强化了地质现象的直观性和内在性, 便于学生对现象的理解。通过大数据平台实时监测反馈实现了教学相长, 缩短了地质人才的成才周期。虚拟仿真技术的应用填补了野外地质实践教学中的时空短板, 实现了周口店野外实践线上和混合教学质的飞跃。

关键词: 虚拟仿真; 野外实践教学; 周口店

中图分类号: G642

文献标识码: A

文章编号: 1006-9372(2024)02-0129-05

DOI: 10.16244/j.cnki.1006-9372.2024.02.021

Title: Exploration and Practice of Virtual Emulation Technology on Field Practical Teaching in Zhoukoudian

Author(s): LIU Dewen, WANG Genhou, XU Debing, WEI Yushuai

Keywords: virtual emulation; field practical teaching; Zhoukoudian

一、虚拟仿真教学及发展

虚拟仿真是模仿或模拟一个现实中物理的或系统的实体过程, 虚拟的现实可以近似, 仿真的过程和结果要求一致, 即虚拟场景中的过程和结果应与现实一致或高度近似。相比于模拟, 仿真的要求更高。在电子计算机高度发达的今天, 利用3D(Three Dimensional Technology)可视化技术可以实现虚拟仿真^[1]。

21世纪以来, 凭借着三维技术应用的商业化, 大型沉浸式游戏快速吸引了大量玩家持续的关注^[1-3]。沉浸式的环境屏蔽了外界的干扰, 可以快速将使用者带入虚拟现实中并依据场景变换创造剧情, 引导使用者身历其境、融入并跟随。这种基于场景的沉浸式体验完全可用于日常教学过程, 将受制于文字、语言和肢体表达的传统教学手段和平面展示的二维教学课件升级换代, 把不易于展示、高成本和现实中不好实现的内容在虚拟现

实中交互, 则更能有效地传达核心知识, 激发学生自主学习积极性, 充分调动学生的主观能动性, 也将充分扩展学习的时空外延。相较于传统教学模式, 三维技术构建出的场景交互教学模式将成为信息化时代受大数据支撑的网络环境下的主流模式之一, 迅速与传统教学模式相辅相成。受到该现象启发, 早在21世纪初期就已经有多位学者希望能将3D技术引入教学环节, 创建一些寓教于乐的虚拟学习环境, 从而激发学生的自主学习能力, 提高教育的质量和水平^[4]。经过10多年的努力融合, 现今高等教育领域虚拟仿真技术已经广泛应用在课程教学中, 丰富了教学形式, 优化了教学内容, 提高了教学质量。但相对于其他基础学科, 地学领域对于虚拟仿真教学的应用深度和广度还不够, 还存在线上线下课程结合的逻辑性不强、针对性较弱等问题, 导致虚拟仿真在教学环节没有完全发挥优势作用。

收稿日期: 2023-08-20; **修回日期:** 2023-10-20。

基金项目: 中国地质大学(北京)2022年教学实验室与实验技术研究应用教改项目(640121006)。

作者简介: 刘得文, 男, 工程师, 主要从事构造地质学、综合地质学、地质教育学的教学与科研工作。

投稿网址: www.chinageoeducation.net.cn **联系邮箱:** bjb3162@cugb.edu.cn

引用格式: 刘得文, 王根厚, 徐德兵, 等. 虚拟仿真技术在周口店野外实践教学中的探索和实践[J]. 中国地质教育, 2024, 33(2): 129-133.

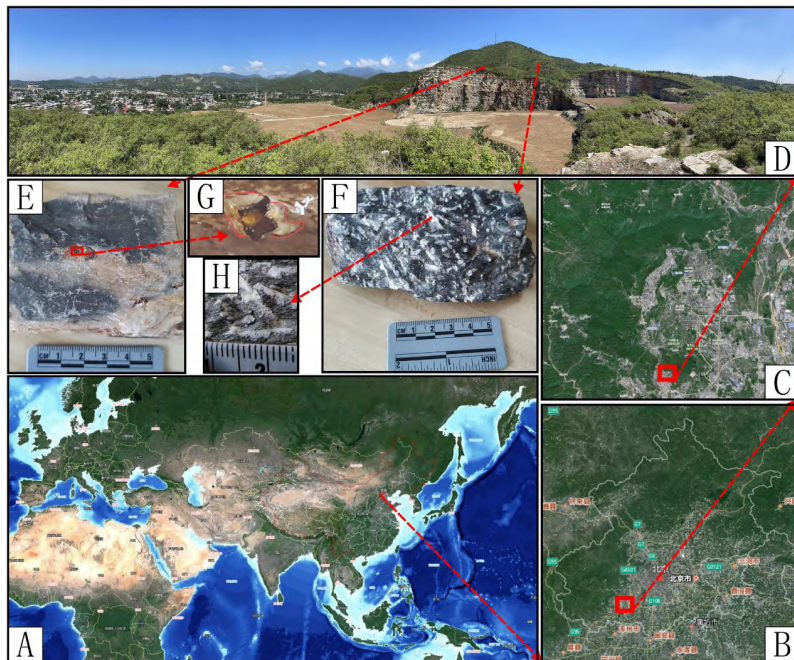
教育部在2014—2016年间,陆续批准了清华大学数字化制造系统虚拟仿真实验教学中心等200个虚拟仿真实验教学中心为国家级虚拟仿真实验教学中心。教育部办公厅《关于开展2018年度国家虚拟仿真实验教学项目认定工作的通知》明确了开展国家虚拟仿真实验教学项目认定的工作,此后均以项目形式认定虚拟仿真实验教学课程^[4]。至今,数百门虚拟仿真一流课程获得了教育部的认证,成为其所在学科进军“双一流”的有力支撑。

二、地质学虚拟仿真教学的必要性

地质学隶属于地球科学,地球科学是六大自然科学之一。狭义上说,地质学研究的对象是固体地球,核心是岩石圈的物质组成、结构构造以及形成演化,方法为将今论古,通过野外研究、室内分析、综合演绎、实验证明等手段,力求复原地质体的形成、演化过程^[5]。研究地质问题首要任务是构建地质思维^[6-8]。其难点在于如何将三维的地质体投影到平面的地质图上,并以时间轴为参照恢复其动态演化过程,即突破时空的桎梏以培养四维思维能力。受技术条件的限制,传统教学中只能通过手绘平、剖面图展示地质体特征,无法立体透视三维地质体全貌,更无法动态恢复地质体形成和演化的过程。不仅如此,要恢复不可逆的地质历史过程,极限也只能是接近或合理。因此,地质人才培养往往历时数载方能建立起完

整的空间感与时空观,成才周期较长;地质学基础教学手段和实践教学手段都不能完美展示动态地质过程,教学质量难以质变。开展实践教学就是为了培养学生地质填图的基本技能,具体要求包含掌握主要造岩矿物的野外肉眼鉴别标志和方法,掌握三大岩类岩石学特征、野外识别标志和肉眼鉴定方法,掌握地层描述和划分的基本内涵,掌握中、小尺度构造的野外识别和描述方法;通过大比例尺地质填图训练掌握野外地质调查工作方法、专题研究报告编写要求和流程,培养学生基本地质技能。教学路线安排从地层(建造)到构造(改造),运用辩证方法论展开实践教学,重点剖析地质调查工作的全过程^[9-10];通过室内外教学结合,反复磨炼理论结合实际的能力,塑造空间地质思维,将大尺度的空间地质体用地质填图方法搬回室内进行深入研究,总结内在地质规律,揭示形成、演化的动态发展过程,强化学生地质思维的建立和解决实际问题的能力。

虚拟仿真技术能将物体多尺度同平台展示,多维度短时间呈现,很好地弥补了传统教学手段和技术的短板,无疑为教学与人才培养提供了新型手段和有效平台(图1)。对于地质学教学而言,沉浸式场景可以通过视角转换迅速建立空间概念,动画的展示可以模拟长时间跨度的变化过程,这些可视化内容和交互式体验不仅极大地提高了学



A. 全球尺度视角; B. 北京市视角; C. 房山区视角; D. 露头视角(太平山脚164°背斜); E. 压力影板岩; F. 红柱石角岩;
G. 黄铁矿压力影; H. 长柱状红柱石矿物

图1 北京周口店多尺度可视化对比图(底图引自星球地图)

生学习的兴趣，更能迅速将学生带入地质演化过程中去；通过虚拟可视化技术充分展示地质学的相关概念、理论，使晦涩生硬的语言辅以简明的图像说明，极大地提高了学生的学习热情，有效缩短地质人才培养周期。尤其疫情以来，虚拟仿真成为线上教学的重要手段，极大地弥补了实践教学环节缺失的桎梏。

三、周口店野外实践教学虚拟仿真建设

周口店及北京西山地区自 19 世纪以来一直是地质学教育的“摇篮”^[6-7,11-12]。1914 年，我国最早的地质专修班在此开展野外实习；1916—1918 年完成我国首幅自测地质图；1920 年出版我国首部区域地质专著。周口店和北京西山地区无愧为我国地质调查与人才培养的发源地。1954 年，中国地质大学前身——北京地质学院在周口店创建野外实践教学基地，培养出数以万计的地质人才。经过近 70 载数代地质工作者的前赴后继，周口店野外实践课程已成为国内地学实践教学领域的领头羊^[12-15]。周口店野外地质实践教学始终贯彻党和国家的教育方针，坚持社会主义办学方向，践

行“练思想、练作风、练本领”的三练精神，秉承“艰苦朴素，求真务实”的校训，以立德树人为根本任务（图 2）。2022 年，周口店实践教学涉及 31 个自然班，设计了 4 周、5 周和 6 周三套教学大纲分别对应地质工科、地质学及地质学理科基地班和拔尖班三种类型的二年级小学期实践教学环节；野外地质路线 19 条，教员队伍、辅导员队伍和相关管理人员配备齐全，结构合理。

随着教育部“双万计划”推出，中国地质大学（北京）周口店野外地质仿真模拟实习入选首批国家级一流课程。应用至今，该课程已突破 4 万线上浏览量，实验人次超 7000 人，实验完成率 93%，通过率 92.9%，优秀率 90.97%。尤其是在疫情期间，常规的实践课程缺失了现实条件，线上教学配合虚拟仿真平台，成为教学主体承载着地质人才的培养重任，很好地解决了特殊条件下实践教学的实现问题，不仅保障了教学进度，同时保证了教学质量。

周口店野外实践虚拟仿真课程建设是从课程电子化阶段逐步过渡到应用化阶段的，未来会随



a. 官地村野外授课；b. 黄院村野外授课；c. 掌子面露头观测大型平卧褶皱；d. 猿人洞缅怀地质前辈，开展课程思政教学；e. “党旗在山谷中飘扬”主题党日活动

图 2 周口店野外实践教学掠影

随着社会需求精细化和行业标准精准化而逐步完善。理论教学线上建课为虚拟仿真教学的开展提供了物质基础，线上实验教学和实践教学是虚拟仿真教学的主战场。随着问题导向教学、翻转课堂、互动教学、沉浸式教学等多种新型教学模式的相继开展，高等教育教学质量在稳步提升。对比其他教学模式，虚拟仿真是经验性学科教学首选的拓展模式：其空间可视化、人机可互动等特性完美地突破了多尺度空间的技术壁垒；强大的大数据平台对于用户行为进行实时分析和统计，同时反馈学习效果，教与学实时双向促进。自开展以来，虚拟仿真教学平台不仅成为线下实践课程的有效补充，更是教师们开展新型教学模式的线上平台，收效颇丰。

四、周口店野外实践教学

教学内容电子化是教学实现的基础。周口店野外地质教学内容包括了岩石学、地层学、古生物学、构造地质学以及第四纪地质学等诸多基础地质课程，以及相关的野外实践内容和区域地质调查工作方法。要将如此繁杂的教学内容搬到线上，必须通过地质体作为载体。通过载体的建模，将房山岩体及周边地貌、地形、地质等信息集成于一体来呈现。结合卫星图片提高仿真程度，在线上很好地解决了多尺度同框的难题：区域尺度一目了然的地质体、露头尺度一目了然的地质体与显微尺度肉眼不可见的地质体均可借助仿真平台同框展示；多条地质剖面构成的三维空间地质体形态也可借助平台同框展示；不仅如此，以时间轴串联起来的地质体形成演化过程也可以形象地展示其四维过程，从而更为深入地认识固体地球表面并透彻地理解地质学基础理论和概念。通

过地质体的详细剖析（实测地质剖面），将不同课程的要素有机融合，集中呈现，通过室内预、复习，室外验证，强化感官来增强记忆，运用可视化手段来拓展语言和文字的内涵，极大地提升了教育质量，调动了学习的主观能动性（表1）。

具体实现分三步走。首先，搭建实测地质剖面，电子化地质数据和地质信息。其次，通过多条实测地质剖面搭建三维地质体，通过计算机建模绘制三维空间形态，总结空间分布规律；对照课程内容逐步完善大数据分析平台，设置课程内容与考核内容，实时监测学习情况并反馈给教师参考，双向实时互动，双向实时调整。最后，运用网络技术将电子化数据信息呈现在网页上并开放使用。

虚拟仿真技术是教学质量质变的关键。通过虚拟可视化技术，将三维地质体电子化呈现，规避了人眼不可缩放的约束，在同一视角可以不断对比不同比例尺下的视觉效果。如此一来，对于初学者而言，形象又生动地理解了专业术语的内涵和外延，极大地调动了学习的主观能动性。通过人机互动技术，教学实时互动，既符合启发式教学原则，又满足了问题导向教学的要求，教师可以采用多种新型教学模式教学，学生的学习热情高涨，学习效率大大提高。通过大数据平台实时统计，双向检验教学过程，量化教学环节中的评价指标，针对不同的个体统计出个性化的数据，既为教师提供了参考数据，又为学生指出了学习中的短板与不足，在后续的课程中不断修正和完善，是教育质量提升的关键。

受众群体的拓展是学科发展的未来。随着虚拟仿真教学的不断推进，线上学员范围从不同高

表1 传统实践教学与虚拟仿真混合实践教学对比表

传统实践教学			虚拟仿真混合实践教学		
内容	实现过程	方法/手段	实现过程	新增手段	优势与劣势
地质点定点	野外测绘、GPS测量	后方交汇法、微地形法	数字地图3D平台支撑	电子地图定点	测量精确度提升，结合电子地图学习效果良好
地质体识别	野外讲解，图片展示	传授法	数据库支撑	卫星、无人机、三维地质体展示	多维度观察准确度提升，学生识别能力明显增强
地质要素测量	野外实测	测量法、投影法	数据库支撑和模拟系统实现	平台读取，手机测量，模拟测量	透视效果加强视觉冲击，学生识别能力和兴趣有所提升
地质剖面测量绘制	野外实测	分段投影法、总投影法	数据库支撑和模拟系统实现	模拟实测，自动生成，多剖面对比	精确度提高，空间感提升明显，学生倾向用自己采集的数据模拟
地质报告编写	室内整理撰写	科技报告编写方法	数据库支撑和模拟系统实现	对比编写，个性化编写	抄袭情况明显减少，学生倾向于生成个性化报告突显实习成果
地质图绘制	室内整理绘制	实测边界圈闭	数据库支撑和模拟系统实现	自动编绘，个性化编绘	对比常规图件精确度提高，地质体平面形态更为精准

校同学科的师生拓展到社会各个相关行业的从业人员再到全社会。自 2018 年周口店虚拟仿真模拟实习上线以来, 共计服务我校师生 2000 余人, 实验超 7000 余人次, 在校生仅占 30% 左右。随着慕课、微课等新型教学媒体的兴起, 为了逐步满足产学研结合的要求, 培养多层次地质人才, 学科交叉课程和行业应用型课程正如雨后春笋般涌现。无论是基于对地质学的兴趣爱好, 抑或专业从业人员, 该实践课程已经走出校园, 面向全社会提供教育服务, 相信不久的将来将会更加开放融合进步。

五、结论

虚拟仿真技术应用于地质学实践教学提升了

学生学习兴趣, 缩短了地质人才培养周期, 显著提高了教学质量; 不仅为教学提供了新型技术手段, 更让学生的主观能动性被充分调动, 是现代教育改革的里程碑。大数据平台的支撑使得教学量化、细化, 同步进行且不断修正, 为教学过程评价建立了示范性数据指标并使教学效果同步提升。对比于其他基础学科, 地质学领域虚拟仿真技术应用仍不成熟, 还待深化细化。

致谢: 感谢周口店野外教学团队在撰写过程中给出的诚挚意见和指导, 感谢周口店野外地质虚拟仿真模拟实习项目组所有成员。

参考文献:

- [1] BARNEY D, ANDREA G B, WILLIAM A, et al. Effectiveness of a virtual laboratory as a preparatory resource for distance education chemistry students[J]. *Computers & Education*, 2009, 53 (3): 853-865.
- [2] DALGARNO B. What are the learning affordances of 3D virtual environments?[J]. *British Journal of Educational Technology*, 2010, 41 (1): 10-32.
- [3] THURMOND J B. Building simple multiscale visualizations of outcrop geology using virtual reality modeling language (VRML) [J]. *Computers & Geosciences*, 2005, 31 (7): 913-919.
- [4] 教育部办公厅关于开展 2018 年度国家虚拟仿真实验教学项目认定工作的通知 [EB/OL]. (2018-07-31) [2023-06-20]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201808/t20180810_344990.html.
- [5] 汪新文. 地球科学概论 [M]. 2 版. 北京: 地质出版社, 2014.
- [6] 王根厚. “周口店野外地质教学”改革浅析 [J]. *中国地质教育*, 2000, 9 (2): 48-50.
- [7] 王根厚. 周口店野外地质教学中地质思维的培养 [J]. *中国地质教育*, 2004, 13 (4): 49-51.
- [8] 魏玉帅. 地质路线信手剖面的绘制与教学——以周口店八角寨-拴马桩中-新元古代地层观察路线为例 [J]. *中国地质教育*, 2016, 25 (3): 63-66.
- [9] 万天丰. 关于“地球科学概论”的教学指导思想 [J]. *中国地质教育*, 2006, 15 (2): 47-52.
- [10] 颜丹平, 赵志丹, 王根厚, 等. 中国地质大学(北京)地质学实践教学理念凝练与教学体系构建 [J]. *中国地质教育*, 2015, 24 (4): 31-34.
- [11] 赵温霞, 章泽军. 周口店野外实践教学体系研究 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2004.
- [12] 赵温霞. 周口店地质及野外地质工作方法与高新技术应用 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2003.
- [13] 袁晏明, 赵温霞, 章泽军, 等. 周口店野外地质实践教学体系与内容 [J]. *中国地质教育*, 2008, 17 (2): 61-66.
- [14] 欧阳建平, 赵温霞. 以创新精神为指导 大力加强地学实践教学改革与基地建设 [J]. *中国地质教育*, 2004, 13 (1): 22-23.
- [15] 周鼎武, 崔智林, 张成立, 等. 地质学人才培养基地高年级野外地质教学改革的构想和实践 [J]. *中国地质教育*, 1999, 8 (2): 22-24.