

## 课程与教学

## 数字资源线上教学平台融入“岩石学”课程实习的建设和探索

李红<sup>1</sup>, 段亮<sup>1</sup>, 焦鑫<sup>1</sup>, 刘军<sup>2</sup>, 刘林玉<sup>1</sup>, 屈红军<sup>1</sup>,  
李文厚<sup>1</sup>, 张明军<sup>2</sup>, 余曼丽<sup>2</sup>

1. 西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069; 2. 西安象呈网络科技有限公司, 陕西 西安 710075

**摘要:** 实习是“岩石学”课程的重要组成部分, 其有助于学生将理论与实践相结合并系统掌握常见岩石类型的相关知识。数字信息化时代为岩石学实习革新带来了机遇和挑战, 通过线下实习与线上实习对比, 发现二者各具优势和局限。线上实习作为常规实习的辅助手段以及非常时期的应急举措, 亟待建设和发展相关网络教学资源。利用数字资源线上教学平台的三维岩石模型和岩石薄片资源, 将线下线上混合实习教学模式应用于岩石学实习课, 取得了良好的教学效果。

**关键词:** 岩石学; 实习教程; 数字资源线上教学平台

**中图分类号:** G642

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-9372(2025)04-0073-05

**DOI:** 10.16244/j.cnki.1006-9372.2025.04.001

**Title:** Exploration and Construction on Integrating Online Teaching Platform of Digital Resource into Practice of Petrology Course

**Author(s):** LI Hong, DUAN Liang, JIAO Xin, LIU Jun, LIU Linyu, QU Hongjun, LI Wenhong, ZHANG Mingjun, YU Manli

**Keywords:** petrology; practice course; online teaching platform of digital resource

新时期, 习近平总书记强调“要根据科技发展新趋势, 优化高等学校学科设置、人才培养模式, 为发展新质生产力、推动高质量发展培养急需人才”<sup>[1]</sup>。随着互联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等技术蓬勃发展, 全球加快进入数字互联互通时代, 也为高等教育领域带来了前所未有的机遇<sup>[2-5]</sup>。各种在线教学平台和软件不断推陈出新, 各类数字教育资源也实现了跨越式增长<sup>[6-8]</sup>。“数据+人工智能+教育”的融合发展将是教育领域的大势所趋。尽管线上教学模式具有覆盖面广、方式灵活、互动性强和评估便捷等优势, 但对于注重实践性的课程而言, 仍然面临一些严峻挑战, 虚拟演练与现实操作毕竟不同, 无法提供实操体验<sup>[9]</sup>。“岩石学”作为地质学的核心课程之一, 实习是培养学生实践能力和创新思维的重要环节。西北大学地质学系近几年尝试将虚拟数

字资源逐步融入岩石标本和薄片鉴定实习中, 并进行了数字资源线上教学平台建设。

### 一、“岩石学”课程实习建设

“岩石学”是岩浆岩岩石学、变质岩岩石学和沉积岩岩石学等课程的总称, 是为地质学专业二年级本科生开设的一门学科平台课。它的主要内容包括三大岩类的矿物组成、结构、构造、分类、化学成分、形成机理、分布规律、产出的构造环境及地质演化过程等, 是帮助地球科学领域各分支专业学生客观认识地球及类地天体的基础学科系统。由于课程内容丰富、涉及岩石类型繁多, 根据人才培养方向的不同, 三大岩类既可以形成独立课程, 也可以合在一起作为一门综合课程授课。

#### 1. 教学目标与任务

为响应国家对“瞄准世界科技前沿和国家重

收稿日期: 2025-01-20; 修回日期: 2025-04-20。

基金项目: 教育部国家级一流本科课程建设项目“基础学科拔尖学生培养计划2.0基地”。

作者简介: 李红, 女, 副教授, 主要从事岩石学的教学和研究工作。

投稿网址: [www.chinageoeducation.net.cn](http://www.chinageoeducation.net.cn) 联系邮箱: [bjb3162@cugb.edu.cn](mailto:bjb3162@cugb.edu.cn)

引用格式: 李红, 段亮, 焦鑫, 等. 数字资源线上教学平台融入“岩石学”课程实习的建设和探索[J]. 中国地质教育, 2025, 34(4): 73-77.

大战略需求推进科研创新,不断提升原始创新能力和人才培养质量”<sup>[1]</sup>的要求,西北大学地质学系近年对“岩石学”课程体系进行了一系列改革和探索,强调以培养基础过硬、善于思考、勇于创新的高质量人才为核心目标,将授课、实习与数字资源线上教学平台相结合,使学生了解岩石学的基本概念和重要理论,掌握典型岩石标本、薄片的鉴定方法,培养关注学科发展前沿的科学习惯,锻炼发现问题、分析问题、解决问题的能力,为岩理学和其他专业课程的学习打下坚实基础。

“岩石学”课程的教学任务包括:通过岩石学基础知识的学习,明确岩浆岩、变质岩、沉积岩的物质组成、结构、构造、岩石分类与命名原则;了解典型岩石的矿物组合、化学成分、成因机制、形成环境、分布规律、演化过程、研究意义、环境及资源价值等。通过实习开展岩石手标本观察与薄片镜下鉴定,引导学生独立观察和思考,进

而对各类岩石准确定名;以小组形式开展相似岩石类型的鉴别和讨论,归纳和总结它们的异同特征及形成条件,培养学生质疑精神和批判思维能力;利用标本室和线上数字教学资源,开展岩石鉴定报告撰写的技能训练,根据作业存在的问题进行反馈和针对性训练,使学生掌握撰写岩石鉴定报告的能力。

## 2. “岩石学”课程体系中的实习内容

实习是“岩石学”课程的重要组成部分,课时为总课时 1/2 以上。在实习环节,通过具体岩石标本和薄片观察和描述,不仅可以巩固已学的基础知识,直观认识更多的岩石类型,还能强化学生的动手能力与发现、分析和解决问题的能力,激发学习兴趣。以资源勘查工程专业为例,“岩石学”课程总学时为 81 学时,分两个学期完成,实习部分为 42 学时,约占总课程 52% (表 1),通过 21 次实习以及至少 18 次作业的训练要求学生了解并掌握自然界常见岩石类型的鉴别特征。

表 1 西北大学地质学系资源勘查工程专业“岩石学”课程实习环节的教学设计

课程名称	实习安排	实习内容和任务
岩浆岩岩石学 (授课 8 学时, 实习 10 学时)	1. 岩浆岩的结构和构造 (2 学时)	内容: 观察至少 10 块岩浆岩手标本的结构、构造特征; 镜下观察至少 15 片岩浆岩薄片的结构特征。 作业: 绘图并描述至少 3 种典型岩浆岩的结构
	2. 超基性岩浆岩 (2 学时)	内容: 掌握超基性岩浆岩的鉴别特征及分类标准; 熟悉岩浆岩鉴定报告的记录格式; 观察、描述、分组讨论 8 块超基性岩浆岩的手标本和岩石薄片。 作业: 在 3 种不同类型超基性岩浆岩中任选 1 种岩石标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	3. 基性岩浆岩 (2 学时)	内容: 掌握基性岩类主要特征及分类命名原则; 掌握基性岩类常见的结构和构造; 观察、描述、分组讨论 10 块基性岩浆岩的手标本和岩石薄片。 作业: 在 3 种不同类型基性岩浆岩中任选 1 种标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	4. 中性岩浆岩 (2 学时)	内容: 掌握中性岩类常见的矿物组合、结构和构造; 讨论辉石类、角闪石类、云母类、斜长石类的鉴别特征; 认识常见副矿物; 观察、描述、分组讨论 8 块中性岩浆岩的手标本和岩石薄片。 作业: 在 3 种不同类型中性岩浆岩中任选 1 种标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	5. 酸性岩浆岩和碱性岩浆岩 (2 学时)	内容: 掌握由超基性、基性、中性、酸性到碱性岩的变化规律; 熟悉酸性侵入岩、喷出岩和碱性岩浆岩的化学成分、矿物成分、结构与构造特征; 熟悉斜长石、碱性长石、石英的区别; 观察 15 块酸性岩浆岩、碱性岩浆岩手标本; 观察、描述、分组讨论 10 片岩石薄片。 作业: 在 2~3 种酸性岩浆岩中任选 1 种标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
变质岩岩石学 (授课 8 学时, 实习 10 学时)	6. 特征变质矿物、变质岩的结构和构造 (2 学时)	内容: 借助《光性矿物学》和示教系统, 观察至少 12 种常见特征变质矿物的光性特征; 观察至少 12 块变质岩标本和薄片的结构和构造特征。 作业: 总结至少 3 种富铝特征变质矿物的光性特征; 总结变余斑状结构、斑状变晶结构与斑状结构的区别
	7. 接触变质岩和交代变质岩 (2 学时)	内容: 掌握至少 7 块不同接触变质相代表岩石的矿物成分、结构和构造特征; 通过观察反映交代关系的各种现象, 了解至少 6 块典型交代变质岩类型、矿物成分、结构和构造特征; 掌握变质岩鉴定报告的基本格式和内容。 作业: 在 2 种接触变质岩中任选 1 种标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	8. 动力变质岩 (2 学时)	内容: 了解动力变质岩的形成环境和形成机理; 掌握碎裂岩、糜棱岩类的结构、构造及显微构造特征; 观察、描述、分组讨论 9 块动力变质岩的手标本和岩石薄片。 作业: 在 2 种动力变质岩中任选 1 种标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	9. 区域变质岩 (一): 板岩、千枚岩、片岩 (2 学时)	内容: 熟悉低-中 P/T 条件下不同区域变质相的主要岩石类型、矿物成分、结构和构造特征; 掌握板状构造、千枚状构造、片状构造在手标本和薄片中的区别; 观察、描述、分组讨论至少 9 块区域变质岩的手标本和岩石薄片。 作业: 在 2 种区域变质岩中任选 1 种标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	10. 区域变质岩 (二): 角闪岩、片麻岩、麻粒岩、榴辉岩、大理岩、混合岩类 (2 学时)	内容: 了解高角闪岩相、麻粒岩相、高 P/T 条件下的主要变质岩类型、矿物成分、结构和构造特征; 了解常见混合岩类的矿物成分、结构和构造特征; 作业: (1) 在 2 种高级区域变质岩中任选 1 种标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告; (2) 以变质程度增高为序, 总结中压相系泥质区域变质岩的岩性变化及岩石学特征; (3) 以变质程度增高为序, 总结中压相系基性区域变质岩的岩性变化及岩石学特征

续表

课程名称	实习安排	实习内容和任务
沉积岩岩石学 (授课 23 学时, 实习 22 学时)	11. 沉积岩的构造和颜色 (2 学时)	内容: 观察至少 17 种不同类型沉积岩的颜色和沉积构造; 掌握各种沉积构造的主要特征, 并能够进行环境解析; 观察沉积岩的颜色, 注意原生色和次生色的区别, 联系其成因分析沉积岩形成时的古气候条件及氧化-还原环境。 作业: (1) 总结常见的沉积构造特征; (2) 总结不同古气候条件及氧化-还原环境中形成的沉积岩颜色特征
	12. 陆源碎屑岩的结构、填隙物和胶结类型 (2 学时)	内容: 观察至少 5 种砾岩和角砾岩标本, 掌握它们的基本特征; 观察粗碎屑岩、中碎屑岩、细碎屑岩的结构特征; 区分碎屑颗粒、基质和胶结物等三种结构组分; 观察、分组讨论至少 13 种常见的杂基和胶结物类型。 作业: 绘图说明至少 3 种不同类型砂岩的填隙物及胶结类型
	13. 石英砂岩 (2 学时)	内容: 掌握砂岩成分分类特征; 了解石英砂岩类的岩石学特征; 熟悉砂岩鉴定报告的基本格式和内容; 观察、描述、分组讨论至少 7 种石英砂岩的岩石标本和薄片, 掌握碎屑颗粒、填隙物、重矿物的基本特征及描述方法。 作业: 在 2 块石英砂岩中任选 1 块标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	14. 长石砂岩 (2 学时)	内容: 了解长石砂岩类的岩石学特征; 观察、描述、分组讨论至少 6 种长石砂岩的标本和薄片。 作业: 在 2 块长石砂岩中任选 1 块标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	15. 岩屑砂岩 (2 学时)	内容: 了解岩屑砂岩类的岩石学特征; 观察、描述、分组讨论至少 5 种岩屑砂岩的标本和薄片。 作业: 在 2 块岩屑砂岩中任选 1 块标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	16. 粉砂岩和泥质岩 (2 学时)	内容: 了解粉砂岩的岩石学特征; 了解泥质岩的分类、常见类型和岩石学特征; 观察、描述、分组讨论至少 6 种粉砂岩和泥质岩的标本和薄片。 作业: 在 2 块粉砂岩和泥质岩中任选 1 块标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	17. 火山碎屑岩 (2 学时)	内容: 火山碎屑岩的分类及岩石类型; 掌握凝灰岩的颗粒类型和结构特征; 观察、描述、分组讨论至少 7 种火山碎屑岩标本和薄片。 作业: 在 2 种凝灰岩中任选 1 种标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	18. 碳酸盐岩的结构 (2 学时)	内容: 了解碳酸盐岩的结构和结构组分; 掌握灰岩的颗粒类型; 观察、描述、分组讨论至少 10 种石灰岩薄片的结构和粒屑类型。 作业: 绘图并描述至少 3 种石灰岩的结构组分特征
	19. 碳酸盐岩的系统鉴定 (2 学时)	内容: 了解碳酸盐岩的分类及常见岩石类型; 了解石灰岩、白云岩薄片染色的基本原理; 熟悉碳酸盐岩鉴定报告的基本格式和内容; 观察、描述、分组讨论至少 12 种石灰岩、白云岩的标本和薄片。 作业: 在 2 块石灰岩中任选 1 块标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	20. 硅质岩、蒸发岩和其他内源沉积岩 (2 学时)	内容: 了解硅质岩、石膏岩、硬石膏岩、铝质岩、铁质岩、锰质岩、磷质岩的岩石学特征; 观察、描述、分组讨论至少 13 种非碳酸盐岩的内源沉积岩标本和薄片。 作业: 在 2 块硅质岩或石膏岩中任选 1 块标本和薄片进行系统鉴定, 并撰写鉴定报告
	21. 碎屑岩的粒度分析 (2 学时)	内容: 学习掌握粒度分析的基本内容; 掌握粒度分析曲线的绘制方法和沉积环境解释; 利用砂岩薄片在显微镜下统计颗粒粒度。 作业: 利用课堂统计的粒度数据做出累积曲线、频率曲线、直方图和概率曲线并求取平均值、标准偏差、偏度、尖度等参数

## 二、“岩石学”课程实习的历史经验

### 1. 线下实习

传统“岩石学”课程实习在标本陈列及显微镜实验室进行, 每次实习控制在 2 小时内 (2 学时), 学生借助放大镜、小刀、稀盐酸、偏光显微镜等工具观察特定岩石手标本和相应薄片, 掌握该类岩石宏观与微观特征。线下实习不仅可以直观获取、验证和巩固教科书上的理论知识, 同时也锻炼了学生的动手能力和分析问题的能力。不过, 受课时所限, 线下实习每次观察的岩石标本和薄片不超过 3~5 种, 难有足够时间进行讨论和验证; 对结构、矿物组合稍微复杂的岩石不易形成深刻印象; 有限的实习时间难以满足同学们旺盛的求知需求; 此外, 个别注意力不集中的同学可能会使实习流于形式, 造成个体之间实习效果参差不齐的现象。因此, 要提高实习质量, 应该对教学方式方法进行改良。

### 2. 线上实习

新冠肺炎疫情期间, 为响应“停课不停学”的号召, “岩石学”课程将常用教学标本和薄片进行数字化, 尝试了线上实习模式。实践表明, 线上实习时间灵活、条件简单、资源可反复利用, 还能及时获得教师的反馈, 确保了教学活动不中断。然而, 面对需要亲自操作才能掌握的实习步骤, 线上实习也有无法回避的局限性, 包括: (1) 线上实习体验感不强。学生无法亲自操作放大镜、偏光显微镜等设备, 无法获得实际操作经验。(2) 数字化图像无法提供实际观感, 网络传输有时会降低图片清晰度, 影响实习质量。(3) 线上实习为虚拟体验, 学生的实践能力得不到充分锻炼。由于缺少教师现场辅导, 具体操作细节无法得到监督和纠正, 影响实习效果。(4) 对网络设备有一定要求, 当网速过慢或软件故障时也会影响实习效果。

上述历史经验表明, 无论是传统线下实习还



是线上实习,各自有着不可替代的优势和局限。作为非常时期的应急之策,开发和建设与线上课程相关的网络教学资源很有必要,而在常态教学过程中,要提升实习质量,保证真实感和互动性,发展线上线下相结合的混合式教学模式可能是未来岩石学实习课程一个重要发展方向。

### 三、数字资源线上教学平台建设

为了创建信息化、数字化的岩石学标本和薄片数据库,我校数字资源线上教学平台运用二维和三维扫描建模技术,对地质学系实验中心保存的500多块岩石标本、180多件教学薄片进行了二维数码拍照和三维岩石模型的采集(图1)。同时,研发一套虚拟实习软件,将各种图像资源、线上实习报告、数据分析等多种功能整合在一起,以满足线上教学需求。



图1 数字资源线上教学平台岩石标本、薄片展示图

#### 1. 设计思想

该教学平台旨在为岩石标本和薄片的分类、管理和展示提供高效、便捷的三维线上展示。系统的开发语言为面向对象且具有跨平台特性的Java语言;数据库为开源、轻量的MySQL,采用关系型数据库模型和SQL支持,它和Java语言结合可以构建稳定、可扩展的应用系统;选择OSS(Object Storage Service,对象存储服务)海量数据存储的分布式存储服务,支持海量用户并发读写,防止

数据丢失;采用B/S(Browser/Server,浏览器/服务器架构)软件架构模式,兼容多种设备并节省存储空间;采用前后端分离架构,前端网站使用Vue3响应式组件化架构驱动前端交互逻辑,结合Canvas实现画布绘制,后台使用Vue2提供数据驱动视图与组件化架构管理,通过WebGL底层与Three.js实现三维模型渲染。平台为确保数据的高标准和高精度,三维岩石模型精度不低于0.1 mm,超高清图片成像像素不低于3000万像素,不仅能使岩石标本模型更逼真,还可在低带宽环境下高效加载和展示。平台界面友好,支持电脑和手机等多种设备以及多人同时沉浸式使用需求。平台还具有完整的数据管理和应用功能,适用于教学、科研及科普等多种场景。

#### 2. 主要功能

数字资源线上教学平台通过数字化的岩石标本和薄片为教师和学生提供查询、浏览、在线实习作业和批改等服务,支持教师备课和学生自主学习。学生可以一边观察标本和薄片一边在线填写实习报告,非常便利。除了教学之外,该平台还可扩展至其他相关学科的资源管理和共享,目前处于试用阶段,主要有以下几种功能。

(1)后台管理功能。可对用户账户、角色、权限进行设置及系统操作日志查询;批量导入并管理教师和学生信息;配置学期起止时间及代课老师信息;对模型和图片进行维护等。

(2)浏览、查询功能。系统支持根据树形分类目录列表浏览各类岩石标本和薄片,还支持按中文名称、英文名称、标本或薄片编号等模糊和精确查询。

(3)图像和模型旋转、缩放和测量。所有三维标本模型均可360°旋转,所有二维标本和薄片照片均可任意放大与缩小,并提供测距功能,可测量标本和薄片造岩矿物的粒径,其中标本照片以厘米为单位,薄片照片以微米为单位。

(4)线上岩石鉴定报告。学生通过注册登录后,可以使用“鉴定报告”功能,根据提示填写标本和薄片特征,完成后可生成在线实习作业,并可随时调用、查看、打印。

(5)线上报告批改。教师注册登录后,可根据班级和专业信息调用本班学生提交的鉴定报告,并进行批改、赋分、撰写评语,提交系统后学生和教师均可随时调用、查看、打印。

(6)作业信息查询、统计、导出。系统提供所

有历史作业的成绩查询、简单统计、导出等功能，教师随时可利用导出结果进行成绩的统计分析。

(7) 游客功能。系统提供访客功能，访客无需注册即可浏览各类岩石标本及薄片，除了不能提交线上报告、不能查看鉴定报告外，其他不做限制。

#### 四、数字资源线上教学平台融入“岩石学”课程实习的初步实践

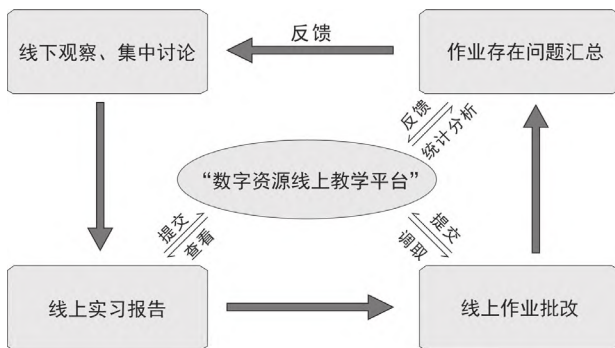
结合线上教学平台和线下实习的各自优势，本团队在“岩石学”课程中初步设计和实施了线上线下混合实习教学模式（图2）。在线下实习课前1~3天，将实习课件、需要思考的问题、参考资料和数字资源教学平台链接等分享到微信或QQ学习群，要求同学们进行10~30分钟的预习。在实习课堂，教师首先利用5~10分钟进行提问或讨论，然后将准备好的标本和薄片发给同学们进行观察和描述。与以往不同的是，根据标本和薄片数量，将同学们编成2~4人的实习小组，每组除了要求观察的标本和薄片外，会重点分配1种岩石类型，在实习课的后半段每个小组轮流给全班同学介绍该类岩石宏观、微观鉴别特征，并对争议问题开展讨论。以前需要完成的课堂作业则改为课后鉴定报告，同学们在课后通过手机或电脑终端登录数字资源线上教学平台，即可查看

平台上的三维岩石模型和照片，并在线撰写、提交岩石鉴定报告。节省出来的课堂时间则用于观察更多的岩石类型和分组讨论。教师通过平台查阅、批改、打印所在班级的作业，并对报告中存在问题进行汇总，在下次实习课前，集中解答存在问题并点评优秀作业。同学们也可以随时查看、下载、打印已批改的作业。

在试用阶段，这种线下和线上混合实习模式提高了课堂效率，每次实习可多观察2~3种岩石类型，尤其是岩石类型的讨论，增强了师生互动，锻炼了同学的表达能力，激发了学习兴趣和批判性思维，达到良好的教学效果。

#### 五、思考与展望

教无常法，学无止境，面对大数据、人工智能深入社会各个领域的数字化时代，高等教育也在不断创新、变革以适应国家和社会对人才培养的要求。建设数字教学平台，将分散的实物资源转为数据资源，将固定的学习场所转为虚拟的网络空间，让学习者随时、随地、按需学习，不仅为个体提供了便利学习条件，提高学习效率，也为沟通校际、跨区域资源共享提供了可能。展望未来，将人工智能识别、信息互联与数字教学平台相结合，发展体系化、规模化的共享数字教学资源库，可能会成为探索具有中国特色高素质地学人才培养模式的方向之一。对“岩石学”课程而言，线下实习与线上数字化资源平台的融合为教师提供了便捷有效的教学辅助手段，也为同学提供了个性化实习服务。而实习内容的线上反馈、实习成绩的统计和易错点分析等模块，则能帮助教师随时掌握学习动态，优化完善教学计划，提升教学质量。目前岩石学实习的线上线下混合教学模式尚处于起步阶段，未来会继续在实践中探索和完善。



#### 参考文献：

- [1] 习近平：扎实推动教育强国建设 [EB/OL]. (2023-09-15) [2025-03-25]. [http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xwfb/moe\\_176/202309/t20230915\\_1080579.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/moe_176/202309/t20230915_1080579.html).
- [2] 方建锋，王克宇，房欲飞：生成式人工智能对教育的颠覆性影响和应对 [J]. 全球教育展望，2024，53（8）：17-32.
- [3] 秦奔，密文天：地球科学大数据与人工智能融入“普通地质学”课程的探索 [J]. 中国地质教育，2024，33（3）：97-100.
- [4] 舒寅辉，李奕璇：新时期高校大学生数字化教学平台育人的思考与探索 [J]. 中国地质教育，2020，29（1）：19-21.
- [5] 顾承申，曾建，翟晓荣，等：快速开展在线教学工作的探索与实践 [J]. 中国地质教育，2020，29（3）：42-47.
- [6] 邱隆伟，杨勇强，马存飞，等：基于虚拟仿真平台的“结晶学”课程教学改革实践 [J]. 中国地质教育，2021，30（3）：34-37.
- [7] 石文杰，李艳军，谭俊，等：三维可视化矿产勘查实验教学系统建设及应用 [J]. 中国地质教育，2023，32（1）：82-87.
- [8] 肖凡：基于多视图立体视觉技术的三维数字岩石手标本数据库建设及其在实验教学中的应用 [J]. 中国地质教育，2021，30（3）：80-86.
- [9] 王舒琳，李旭超，董洁，等：疫情期间大学生参与线上教学的现状研究 [J]. 中国地质教育，2021，30（4）：16-20.