

课堂智慧教学生态驱动下《构造地质学》教学改革研究与实践

刘露¹, 孙永河², 李小刚², 李杰²

¹重庆科技大学重庆非常规油气开发研究院, 重庆

²重庆科技大学石油与天然气工程学院, 重庆

收稿日期: 2026年5月3日; 录用日期: 2026年6月4日; 发布日期: 2026年6月11日

摘要

《构造地质学》具有空间关系复杂、过程连续、图件解释要求高和实践应用性强等特点。针对传统课堂中三维结构建构困难、演化过程理解不足、图件解释能力偏弱和知识迁移不足等问题, 课程以课堂智慧教学生态建设为主线, 面向近三届相关专业学生开展教学改革, 构建三维交互认知、过程模拟理解、智能分析训练和工程案例应用相结合的改革体系。通过融入基于网页版DeepSeek辅助生成的三维交互模型、物理与数值模拟资源、数据图件分析训练和工程案例, 优化课堂组织与学习任务, 并结合问卷调查、课堂观察、作业批改记录和课堂任务表现评价实施效果。实践表明, 该体系提升了课堂教学的可视化、交互性和任务支撑度, 促进学生由结果识别转向过程解释、由机械作图转向构造判读、由知识记忆转向综合应用, 可为地学类课程数字化改革提供参考。

关键词

《构造地质学》, 课堂智慧教学生态, 三维可视化, 过程模拟, 教学改革

Research and Practice on Teaching Reform of "Structural Geology" Driven by the Smart Classroom Teaching Ecosystem

Lu Liu¹, Yonghe Sun², Xiaogang Li², Jie Li²

¹Chongqing Unconventional Oil and Gas Development Research Institute, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

²School of Petroleum Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Received: May 3, 2026; accepted: June 4, 2026; published: June 11, 2026

文章引用: 刘露, 孙永河, 李小刚, 李杰. 课堂智慧教学生态驱动下《构造地质学》教学改革研究与实践[J]. 教育进展, 2026, 16(6): 345-352. DOI: 10.12677/ae.2026.1661135

Abstract

“Structural Geology” is characterized by complex spatial relationships, continuous tectonic processes, high requirements for geological map interpretation, and strong practical applicability. To address problems in traditional teaching, including difficulties in constructing three-dimensional structures, insufficient understanding of tectonic evolution, weak ability in map and data interpretation, and limited knowledge transfer, teaching reform was carried out for students of related majors over the past three cohorts, guided by the construction of a smart classroom teaching ecosystem. A reform system integrating three-dimensional interactive cognition, process simulation-based understanding, intelligent analysis training, and engineering case application was developed. By incorporating three-dimensional interactive models generated with the assistance of the web-based DeepSeek platform, physical and numerical simulation resources, geological map and data analysis training, and engineering cases, the reform optimized classroom organization and learning tasks. Its effectiveness was evaluated through questionnaires, classroom observation, assignment grading records, and students' performance in classroom tasks. The results show that this system improved classroom visualization, interaction, and task support, and promoted students' transition from result identification to process interpretation, from mechanical drawing to tectonic interpretation, and from knowledge memorization to comprehensive application. This study may provide a reference for the digital reform of geoscience courses.

Keywords

“Structural Geology”, Smart Classroom Teaching Ecosystem, Three-Dimensional Visualization, Process Simulation, Teaching Reform

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

《构造地质学》是资源勘查工程及相关地学专业的重要基础课程，具有空间性强、过程性突出和实际应用广等特点[1]。课程不仅要求学生掌握褶皱、断层、节理等构造类型及判别标志，还要求其具备地质图判读、构造过程解释和实际地质问题分析能力。随着构造地质学理论体系、研究方法与前沿问题不断深化[2]，课程教学也需要从单纯知识讲授转向能力培养与问题解决。

近年来，围绕《构造地质学》课程建设与教学方法改革，已有研究从一流本科专业课程建设[3]、新工科背景下“金课”建设[4]、课堂教学方法改进[5]以及学科发展导向[6]等方面进行了探索。这些研究为课程内容更新和教学组织优化提供了有益借鉴。然而，从课堂实践看，传统教学仍较多依赖教材图件、板书示意和多媒体课件，在三维空间关系表达、构造演化过程呈现、数据图件解释训练和课堂即时反馈方面支撑不足，学生容易停留在概念记忆和结果识别层面，难以实现由“看图识构造”向“析因明过程、综合用构造”的能力提升。在教育数字化持续推进的背景下，三维可视化、智能分析和过程模拟等技术为《构造地质学》课堂教学重构提供了新的可能。本文立足课程教学痛点，以课堂智慧教学生态建设为主线，系统阐述《构造地质学》教学改革的实施路径、实践成效与改进方向，以期在地学类空间性、过程性和实践性课程改革提供参考。

2. 《构造地质学》课程教学中的主要问题

2.1. 二维静态呈现仍占主导，空间认知支撑不足

构造地质学涉及岩层产状、褶皱位态、断层组合、地质界线出露和构造叠加等复杂空间关系。学生在由二维图件向三维结构转换时，常表现为“能看图、难想象，能记忆、难迁移”。例如，在“V 字形法则”和褶皱位态分类学习中，学生能够记住基本规则，却难以在地形坡向、岩层倾向或枢纽倾伏发生变化时进行灵活判断，说明其空间认知仍缺少直观支撑。

2.2. 结果识别训练较多，过程推理能力不足

传统教学多以典型剖面、分类表和最终形态作为主要讲授对象，学生对变形阶段、控制因素和构造响应之间的关系理解不够深入。在叠加褶皱、断层相关褶皱、同沉积断层等内容中，学生容易停留在类型判断层面，难以进一步解释构造形成原因、演化过程及其地质意义。由此导致学生对构造问题的分析往往依赖结论记忆，过程推理和综合判断能力不足。

2.3. 数据训练偏重操作，构造解释能力不足

节理统计、玫瑰图和赤平投影等内容不仅要求学生会作图，更要求其能够从图件中提取构造信息。实际教学中，部分学生能够完成统计和绘图，却难以说明优势方向、应力指示及区域地质意义，说明其尚未建立“数据整理、图件表达、构造解释”之间的有效联系。数据训练若停留在操作层面，难以支撑构造分析能力的形成。

2.4. 应用情境融入不足，知识迁移能力偏弱

《构造地质学》与资源评价、油气勘探、工程地质和地质灾害分析密切相关。但在传统课堂中，若工程案例融入不足，学生容易将课程知识理解为抽象概念和考试内容，难以认识构造分析在实际地质问题中的应用价值。例如，断裂控藏、褶皱圈闭、同沉积断层控砂等内容，均需要学生将构造知识转化为问题分析能力。

3. 改革思路与研究设计

本研究以提升学生空间认知、过程理解、数据解释和应用迁移能力为核心目标，构建适配《构造地质学》课程特点的课堂智慧教学生态。改革并非简单叠加数字资源，而是围绕课程目标重构知识呈现方式、学习参与方式、任务训练方式和评价反馈方式，使智慧资源服务于学生地质思维形成。

改革实践面向资源勘查工程等相关专业近三届学生开展，覆盖学生约 200 人。研究资料主要来自四类来源：一是课堂问卷反馈，用于了解学生对三维交互、过程模拟、智能分析和工程案例的接受度；二是课堂观察记录，用于分析学生参与度、讨论质量和表达情况；三是作业与课堂任务成果，用于判断学生在图件判读、构造解释和案例分析中的表现；四是教师教学反思，用于修正资源使用方式和课堂任务设计。需要说明的是，本文所称“智能工具”主要指课程建设过程中使用的网页版 DeepSeek 生成式人工智能工具。课程团队通过自然语言提示词输入教学目标、构造类型、模型参数和交互需求，由 DeepSeek 辅助生成三维交互模型的网页代码、模型操作提示和图件解释要点，并由教师结合构造地质学知识进行校核、修改和课堂转化。由于网页版 DeepSeek 为在线服务，模型版本会随平台更新动态调整，本文不将其视为固定版本的本地软件，也不涉及自研深度学习算法或底层模型训练。其“智能”属性主要体现为基于大语言模型的自然语言理解、代码生成、内容组织和交互方案生成能力。本文的技术应用重点不在于算法创新，而在于将生成式人工智能工具转化为服务构造地质学课堂教学的交互模型资源和学习任务

支撑。在学习成效分析方面,本文主要依据作业批改记录、课堂任务表现和教师观察记录,对学生在构造识别、过程解释、图件分析和应用迁移等方面的表现变化进行归纳;同时参考布鲁姆教育目标分类学构建评价量规,为后续持续评价学生高阶思维能力提供依据。由于本研究属于课程改革实践研究,现阶段主要采用描述性统计和质性分析相结合的方式评价实施效果,后续仍需进一步补充前后测或对照班数据,以增强结论的解释力。

课程团队围绕“空间认知、机制理解、数据解释、应用迁移”的能力递进关系,形成了四个相互支撑的改革模块:以三维交互支撑空间认知,以过程模拟深化机制理解,以智能工具提升数据解释,以工程案例促进知识迁移。整体实施框架如图1所示。

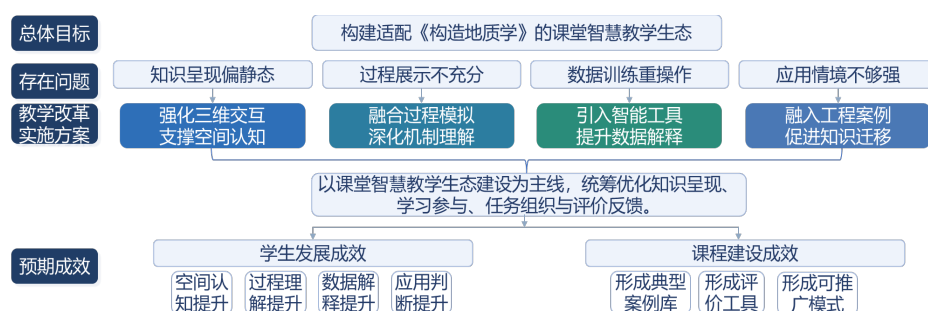


Figure 1. Implementation framework for the construction of the smart classroom teaching ecology in “Structural Geology”

图 1. 《构造地质学》课堂智慧教学生态改革建设实施框架

4. 教学改革实施路径探索

4.1. 强化三维交互, 支撑空间认知

围绕“V 字形法则”、岩层产状与地形关系、褶皱位态分类、断层效应等内容,课程建设了可旋转、可剖切、可调参数的三维交互模型。模型构建主要采用网页版 DeepSeek 辅助完成,课堂中,教师先引导学生依据二维图件进行预判,再通过三维交互模型进行旋转观察、剖切验证和参数对比,使抽象空间关系转化为可观察、可操作、可讨论的学习对象。该方式有助于学生在平面图、剖面图和三维结构之间建立联系,提升空间转换能力。

4.2. 融合过程模拟, 深化机制理解

针对同沉积断层、逆冲断层相关构造、底辟作用和褶皱形成等过程性内容,课程将砂箱物理模拟、数值模拟和动态演示融入课堂。以同沉积断层教学为例,教师先展示地震剖面中的上盘增厚、断距变化和滚动背斜等现象,引导学生提出成因假设;随后通过物理模拟和动态演示观察断裂活动与沉积充填的耦合过程;最后回到剖面资料中解释构造响应与沉积差异。通过这一过程,学生能够从静态识别转向动态理解。

4.3. 借助生成式人工智能辅助, 提升图件分析与解释训练

针对节理玫瑰图、赤平投影和构造图件解释等训练内容,课程引入网页版 DeepSeek 作为生成式人工智能辅助工具,用于支持课堂任务设计、图件解释提示、分析步骤梳理和结果对比讨论。具体教师将课堂重心由作图步骤讲解转向图件解读、规律识别和构造意义分析,引导学生围绕优势方位、应力状态和区域构造背景展开讨论。学生由“完成图件”转向“解释图件”,数据训练目标由操作熟练提升为构造

判读。

4.4. 融入工程案例, 促进知识迁移

围绕断层控藏、褶皱圈闭、断裂连通性、同沉积断层控砂和结构面稳定性等内容, 课程将典型工程案例融入课堂教学。教师通过真实或近真实地质问题引导学生分析构造现象背后的控制因素, 使学生认识构造知识在资源评价、工程建设和灾害防治中的应用价值。工程案例的引入有助于增强学生的问题意识, 促进知识由课堂学习向专业应用迁移。

5. 改革成效与反思

改革实践已在资源勘查工程等相关专业近三届学生中开展, 覆盖学生约 200 人。通过问卷调查、课堂观察、作业批改记录和课堂任务表现分析发现, 课堂智慧教学生态建设对提升学生空间认知、过程理解、图件解释和知识迁移能力具有积极作用。

5.1. 学生学习体验与课堂参与变化

问卷结果显示, 82% 的学生认为三维交互模型有助于理解地质图、剖面图与三维构造之间的关系; 78% 的学生认为过程模拟资源加深了对褶皱、断层等构造演化阶段及控制因素的认识; 75% 的学生认为智能分析工具促进了由机械作图向图件解释转变; 80% 的学生认为工程案例增强了对构造知识应用价值的理解; 84% 的学生认为课堂互动性明显提升。

从课堂观察看, 改革后课堂活动由教师单向讲授逐步转向问题引导、模型操作、比较讨论和解释表达相结合, 学生参与方式更加多元。在三维模型与过程模拟资源支持下, 学生能够更主动地比较不同构造样式及其形成条件; 在智能分析工具辅助下, 学生的注意力由制图操作逐步转向结果解释; 在工程案例任务中, 学生能够尝试从断裂组合、构造圈闭、沉积充填和储层改造等角度进行综合分析。

5.2. 基于课堂任务与作业批改记录的学习表现分析

为进一步分析学生能力变化, 课程团队综合课堂任务完成情况、作业批改记录和教师教学观察等过程性资料, 对改革前后学生在典型构造分析任务中的学习表现进行归纳分析。分析重点围绕构造识别、过程解释、图件判读和应用迁移等维度展开, 以呈现学生由结果识别向过程解释、由机械作图向构造判读、由知识记忆向综合应用转变的学习表现。

改革前, 学生在构造图件分析任务中多停留在结果识别层面。例如, 在同沉积断层、断层效应和节理玫瑰图等任务中, 部分学生能够指出“发育正断层”“存在地层重复或缺失”“优势节理方向较明显”等基本结论, 但对构造形成过程、控制因素和地质意义解释不足, 回答内容往往表现为概念复述和类型判断。

改革后, 随着三维交互模型、过程模拟资源、智能分析提示和工程案例任务的融入, 学生作业和课堂表达中逐渐出现更多过程性、证据性和应用性表述。例如, 在同沉积断层分析任务中, 学生不再仅判断断层类型, 而是能够结合上盘地层增厚、断距变化和滚动背斜等现象, 解释断层活动与沉积充填之间的关系; 在节理玫瑰图任务中, 学生不再仅完成统计作图, 而是能够围绕优势方向、应力指示和区域构造背景进行说明; 在断层控藏案例中, 学生能够尝试从断裂组合、输导条件和圈闭有效性等角度分析构造意义。

上述变化表明, 学生的学习表现由“识别构造类型”逐步转向“依据图件证据解释形成过程”, 并进一步向“联系地质背景分析应用意义”拓展。这说明课堂智慧教学生态建设在促进学生高阶思维发展方面具有一定积极作用。相关典型学习表现变化归纳见表 1。

Table 1. Summary of changes in students' typical learning performance before and after the reform**表 1.** 改革前后学生典型学习表现变化归纳

评价维度	改革前常见表现	改革后表现变化	能力指向
构造识别	能判断断层、褶皱等基本类型，但依据说明较少	能结合产状、断距、地层厚度变化等现象说明判别依据	由类型识别转向证据判读
过程解释	多停留在“是什么”，较少解释“为什么形成”	能结合构造活动、变形过程和控制因素解释形成机制	由结果判断转向过程推理
图件分析	能完成基本读图或作图，但解释较简单	能围绕图件特征、优势方向和构造背景进行分析	由机械操作转向构造解释
应用迁移	较少联系资源、工程或沉积背景	能分析断层控砂、构造圈闭、储层改造等地质意义	由知识记忆转向应用分析

5.3. 面向高阶思维能力的评价值规构建

为进一步回应《构造地质学》课程由知识识记向能力培养转变的要求，课程团队参考布鲁姆教育目标分类学，围绕“记忆理解、分析解释、综合应用、评价反思”等层级，初步构建了面向学生高阶思维能力的评价量规。该量规不以单一考试成绩为依据，而是关注学生在构造识别、空间理解、过程解释、图件判读和工程应用等任务中的综合表现，可用于后续课堂任务、过程性作业和案例分析报告的评价。

该评价量规能够将学生学习成效由笼统的“掌握较好”转化为可观察、可比较的能力表现。一方面，它可用于课堂任务和作业评价，帮助教师判断学生是停留在概念识记层面，还是已经进入过程解释和综合应用层面；另一方面，它也可用于后续课程改革的持续跟踪，为开展前后测比较、对照班分析和学习成果归档提供评价依据。具体评价维度与能力层级见表 2。

Table 2. Evaluation rubric for students' higher-order thinking ability in “Structural Geology”**表 2.** 《构造地质学》学生高阶思维能力评价量规

评价维度	基础水平	发展水平	较高水平	高阶水平
构造概念与类型识别	能说出基本概念和构造名称	能依据典型标志识别构造类型	能结合多种证据判断构造类型	能比较不同构造样式并说明判别依据
空间结构理解	能读懂简单平面图或剖面图	能建立平面图与剖面图之间的联系	能借助三维模型解释空间关系	能在复杂图件中进行空间转换与综合判断
构造过程解释	能描述最终构造形态	能说明主要形成条件	能解释构造演化阶段及控制因素	能建立“现象、过程、机制”的解释链条
数据图件解释	能完成基本统计和绘图	能读出优势方向或主要特征	能结合构造背景解释图件意义	能基于图件证据提出合理地质解释
工程案例应用	能指出构造与工程或资源问题有关	能说明构造对沉积、储层或稳定性的影响	能将课程知识用于案例分析	能综合多类资料提出判断依据和应用认识

5.4. 改革反思与持续改进

需要指出的是，当前学习成效评价仍以问卷反馈、课堂观察、作业批改记录和课堂任务表现为主，能够反映学生学习体验和能力的变化趋势，但严格的前后测数据、对照班比较和长期跟踪评价仍需进一步补充。尤其是受前期教学资料留存方式限制，本文尚未直接呈现学生匿名作业原件，而是基于作业批改记录和课堂任务表现进行归纳分析。后续改革将进一步规范学生学习成果的匿名化留存，结合评价量规、前后测数据、案例分析报告和阶段性测试，形成更加完整的学习成效证据链。

同时,评价量规的使用也需要在后续教学中进一步细化和验证。课程团队可围绕同沉积断层、断层效应、节理玫瑰图、褶皱位态判断和工程案例等典型任务,建立学生学习成果样本库,持续收集不同章节、不同任务类型和不同能力层级的作业成果,进一步分析学生在空间认知、过程理解、数据解释和应用迁移方面的变化,从而提高教学改革成效评价的客观性、规范性和可推广性。

6. 讨论

6.1. 改革成效的适用边界

本研究围绕《构造地质学》课程中空间认知困难、过程理解不足、图件解释能力偏弱和知识迁移不足等问题,构建了由三维交互模型、过程模拟资源、AI辅助分析任务和工程案例共同支撑的课堂智慧教学生态。实践表明,该模式有助于改善传统课堂中过度依赖二维图件和静态讲授的不足,对提升学生空间结构理解、构造过程解释、图件数据分析和实际问题判断能力具有积极作用。

但需要指出的是,本研究主要面向同一高校相关专业学生开展,样本来源和教学条件相对集中,研究结论在不同高校、不同专业基础和不同教学条件下的适用性仍需进一步验证。虽然本文已通过问卷调查、课堂观察、作业批改记录、课堂任务表现归纳和评价量规构建呈现改革成效,但严格的前后测数据、对照班比较、学生匿名作业原件展示和长期跟踪评价仍需进一步补充。后续应围绕课程目标达成度,持续完善过程性作业、案例分析报告、阶段性测试和学生作业成果库建设,提高改革成效分析的客观性和说服力。

6.2. 课堂智慧教学生态建设的改革特色

与已有《构造地质学》教学改革相比,本文并非单纯增加数字化资源或局部改进课堂环节,而是围绕课程“空间性强、过程性强、数据解释要求高和实践应用性强”的特点,将教学难点转化为智慧课堂建设任务,形成了“空间认知、过程理解、数据解释、应用迁移”相衔接的改革思路。

本研究的改革特色主要体现在三个方面:一是以三维交互模型支撑空间认知,帮助学生建立地质图、剖面图和三维构造之间的联系;二是以砂箱物理模拟、数值模拟和动态演示深化机制理解,引导学生由“识别结果”转向“解释过程”;三是利用网页版 DeepSeek 辅助生成模型代码、问题链和图件解释提示,并通过教师专业校核转化为课堂学习任务,促进学生由机械作图和简单判断转向证据分析和构造解释。本文的重点不在于人工智能算法创新,而在于探索适合《构造地质学》课程特点的智慧课堂组织方式。

6.3. 推广应用的现实挑战与改进路径

该教学模式对普通地质学、沉积学、石油地质学、工程地质学和地球物理资料解释等具有空间性、过程性和实践性的课程具有一定借鉴意义。其推广价值不在于复制某一工具或模型,而在于迁移其教学逻辑,即围绕课程目标识别学习难点,利用三维交互、过程模拟、AI辅助分析和工程案例重构课堂任务,促进学生由知识记忆转向过程解释和综合应用。

在推广过程中仍需注意三方面问题:一是教师需具备数字化资源建设和专业校核能力,确保三维模型和AI生成内容符合地质原理;二是资源建设需要持续积累,应通过课程团队协作和模块化资源库建设降低实施难度;三是学习成效评价需要更加规范,应通过评价量规、前后测数据、作业成果和案例分析报告等多元证据检验学生能力变化。后续改革应坚持“课程问题导向、能力目标牵引、智慧资源支撑、评价反馈闭环”的思路,推动《构造地质学》课堂智慧教学生态逐步走向稳定化、规范化和可推广应用。

7. 总结

课堂智慧教学生态驱动下的《构造地质学》教学改革,立足课程空间性、过程性和实践性特点,围

绕学生空间认知、过程理解、数据解释和应用迁移等关键能力,构建了三维交互认知、过程模拟理解、智能分析训练和工程案例应用相结合的改革体系。改革实践表明,该体系有助于推动课程教学由知识传授转向能力培养,由静态讲授转向交互参与,由结果识别转向过程解释。后续应继续深化智慧资源、工程案例和过程评价的融合,完善基于课程目标达成的证据链,不断提升《构造地质学》课程教学质量和地学类人才培养质量。

基金项目

本成果受重庆市首批市级“人工智能+”重点建设课程资助。

参考文献

- [1] 贾承造,雷永良,陈竹新.构造地质学的进展与学科发展特点[J].地质论评,2014,60(4):709-720.
- [2] 王洋,张进江,张培震,郑袁明.国家自然科学基金视域下我国大地构造学与构造地质学方向主要科学问题及进展解析[J].科学通报,2025,70(32):5424-5438.
- [3] 陈爱兵,王红岩,焦骞骞.“构造地质学”一流本科专业课程建设的实践与探索[J].中国地质教育,2022,31(4):48-52.
- [4] 能源,张津宁,马骁,等.新工科背景下打造“构造地质学”金课的探索与实践[J].中国地质教育,2022,31(1):40-43.
- [5] 郑求根,吴怀春,刘豪,等.构造地质学教学方法探索[J].高教学刊,2022,8(35):114-119.
- [6] 童亨茂,侯泉林,陈正乐,等.走向构造地质学健康发展之路——我国构造地质学有关问题及未来发展方向探讨[J].地质论评,2023,69(1):15-23.