

《石油工程岩石力学》课程的教学改革与实践研究

徐建根, 李 猛, 苏堪华, 齐成伟, 万立夫

重庆科技大学石油与天然气工程学院, 重庆

收稿日期: 2025年7月22日; 录用日期: 2025年8月14日; 发布日期: 2025年8月22日

摘 要

《石油工程岩石力学》作为石油工程专业的核心课程, 在连接理论与油气钻采实践中发挥着关键作用。当前教学存在诸多问题, 如理论公式与现场应用脱节, 如井眼稳定性计算与页岩气开采实际存在偏差; 虚拟仿真实验与真实操作割裂, 如单轴抗压强度虚拟仿真难以转化为实际操作能力; 考核结果与岗位能力不匹配。同时, 课程思政融入浅表化, 未能与专业内容深度结合。本文针对这些痛点实施靶向改革: 构建“基础理论-现场难题-创新突破”三维案例库, 将四川盆地页岩储层改造案例与石油会战精神结合; 创新“虚实互馈”教学法, 通过误差溯源研讨和现场数据反演渗透严谨态度与责任意识; 推行“能力锚定”考核, 纳入方案安全性与团队协作评价。实践表明, 改革有效提升了学生现场问题解决能力, 为同类课程教学提供了参考。

关键词

《石油工程岩石力学》, 靶向性改革, 三维案例库, 虚实互馈

Research on Teaching Reform and Practice of the Course “*Petroleum Engineering Rock Mechanics*”

Jianguan Xu, Meng Li, Kanhua Su, Chengwei Qi, Lifu Wan

School of Petroleum and Natural Gas Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Received: Jul. 22nd, 2025; accepted: Aug. 14th, 2025; published: Aug. 22nd, 2025

Abstract

“*Petroleum Engineering Rock Mechanics*”, as a core course for petroleum engineering majors, plays

文章引用: 徐建根, 李猛, 苏堪华, 齐成伟, 万立夫. 《石油工程岩石力学》课程的教学改革与实践研究[J]. 教育进展, 2025, 15(8): 1353-1357. DOI: 10.12677/ae.2025.1581584

a key role in connecting theories with oil and gas exploitation practices. There are many problems in current teaching. For example, theoretical formulas are disconnected from on-site applications, such as the deviation between wellbore stability calculation and the actual situation of shale gas exploitation; virtual simulation experiments are separated from real operations, and the virtual simulation of uniaxial compressive strength is difficult to be transformed into actual operational capabilities; and assessment results do not match post capabilities. At the same time, the integration of curriculum ideological and political elements is superficial and fails to be deeply combined with professional content. To address these pain points, this paper implements targeted reforms: constructing a “basic theory - on-site problems - innovative breakthroughs” three-dimensional case library, combining cases of shale reservoir reconstruction in the Sichuan Basin with the spirit of the oil campaign; innovating the “virtual-real feedback” teaching method, infiltrating rigorous attitudes and sense of engineering responsibility through error traceability discussions and on-site data inversion; and promoting “ability-anchored” assessment, incorporating the evaluation of scheme safety and team collaboration. Practice has shown that the reform has effectively improved students’ ability to solve on-site problems and provided a reference for the teaching of similar courses.

Keywords

Petroleum Engineering Rock Mechanics, Targeted Reforms, Three-Dimensional Case Database, Virtual-Real Feedback

Copyright © 2025 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

《石油工程岩石力学》是石油工程专业的核心课程，肩负着培养学生运用岩石力学原理解决油气钻采实际问题的使命，涵盖地应力分析、井眼稳定性评估等关键知识点，是连接地质理论与现场实践的桥梁，其教学效果直接影响学生的岗位适应能力[1]。当前教学存在诸多痛点：理论层面，学生虽掌握莫尔-库仑准则等理论工具，却难应用于四川盆地页岩气开采井眼坍塌分析，导致“学用两张皮”；实践环节，单轴抗压强度等虚拟仿真停留在表层操作，学生对实验误差和岩心处理规范认知不足，实践能力培养受限；考核侧重知识点记忆，无法评价工程问题诊断和团队协作能力，与行业需求差距明显；思政元素融入零散，未与专业内容有机衔接，难以培育行业责任感[2]。

从学术脉络看，国内外工程教育领域已形成成熟理论框架：PBL (基于问题的学习)以提出的问题驱动模式为核心，在工程教育中强调通过真实问题激发探究欲；CBL (基于案例的学习)侧重以典型案例为载体实现知识迁移；能力本位评价(CBE)则聚焦岗位需求构建评价体系。国内研究中，石油工程领域虽已探索案例教学，但多停留在单一案例应用，缺乏分层递进设计；能力评价仍以知识考核为主，与行业实操要求衔接不足。本研究以建构主义学习理论为基础，融合 PBL 的问题导向与 CBL 的案例载体特性，针对中国石油工程教育中“理论-现场脱节”“虚拟-实操割裂”的特定情境，创新构建“三维案例库”(突破 CBL 单一案例局限，形成“基础-现场-创新”递进链)、“虚实互馈”教学法(强化 PBL 中虚拟与真实的闭环验证)及“能力锚定”考核(拓展 CBE 评价维度，纳入石油行业特有的安全责任指标)，并适度融入行业精神等思政元素。这种适应性创新既扎根于成熟理论，又聚焦中国油气田钻探开发实践，旨在培养兼具专业技能与职业素养的人才，为同类课程改革提供借鉴。

2. 《石油工程岩石力学》课程教学现存痛点

2.1. 教学环节的典型矛盾

《石油工程岩石力学》课程教学环节存在三对突出矛盾，直接制约教学质量与人才培养实效。其一，理论公式与现场应用严重脱节，课程中大量推导的地应力计算模型、岩石强度准则等理论知识，多以理想均质岩体为前提，而实际油气开采中，页岩气储层的非均质性、天然裂缝发育特征等复杂条件，导致井眼稳定性计算结果与现场钻井工程出现显著偏差。学生掌握了莫尔-库仑准则等理论工具，却难以解释四川盆地龙马溪组页岩水平井井壁坍塌的实际案例，形成“公式全会、问题难破”的困境。其二，虚拟仿真实验与真实操作存在明显割裂，以单轴抗压强度虚拟仿真实验为例，现有教学中，学生通过软件输入岩石试样参数即可获得应力-应变曲线，但对实验过程中试样端面平整度控制、加载速率对结果的影响等关键操作细节缺乏认知，导致在后续实操中，常因操作不规范使实验数据失真，虚拟环境下的“高分”与真实操作中的“低能”形成鲜明反差。其三，考核结果与岗位能力匹配度不足，传统考核侧重理论知识记忆与公式应用，如通过闭卷考试检验学生对岩石弹性模量、泊松比等参数计算的掌握程度，但忽视了对工程问题诊断能力的评价。实际岗位中，石油工程师更需具备根据测井数据反演地应力场、结合岩石力学参数优化压裂方案的综合能力，而现有考核体系难以有效识别学生在这类核心能力上的短板，造成“考试成绩高、岗位适应慢”的现象[3]。

2.2. 思政融入的浅表化问题

课程思政在《石油工程岩石力学》教学中的融入存在明显的浅表化问题，未能与专业内容形成深度融合。其一，思政元素呈现形式单一且碎片化，多集中于课堂导入环节的行业人物事迹介绍，如简要提及地质学家李四光、石油工人王进喜等行业先驱的贡献后便转入纯理论教学，既未结合王进喜“跳进泥浆池搅拌”所体现的攻坚克难精神，与岩石力学实验中“岩心取样完整性控制”等操作规范相结合，阐释严谨求实、不畏艰难的职业态度，也未将李四光地质力学理论对油气资源勘探的指导意义，与页岩气开采中“攻克地应力测试难题”的工程实践建立联系，导致思政教育沦为孤立的“课前小故事”，难以引发学生情感共鸣与价值认同。其二，与核心知识点的逻辑关联断裂，在讲解井眼稳定性分析、压裂裂缝扩展等关键内容时，仅关注力学模型推导与公式应用，忽视了其中蕴含的工程伦理与社会责任。例如分析井眼坍塌案例时，未结合现场工程师“宁可多做三次地应力测试，绝不放过一个安全隐患”的决策过程，也未引入因计算失误、数据造假导致井喷事故的真实案例，错失通过事故反思渗透“生命至上、诚信为本”职业操守的契机；讨论水力压裂技术参数优化时，未关联“绿色开采”要求，缺乏对环境保护责任的引导，使思政元素与专业知识成为两条平行线。其三，思政目标与能力培养脱节，现有融入方式多停留在“认知层面”的价值观传递，未转化为可落地的行为准则。比如在岩石力学实验教学中，虽强调“数据真实性”的重要性，却未将“篡改实验数据会导致现场钻井事故”的案例纳入教学，也未建立“实验操作规范性”与“工程师职业操守”的评价关联，导致学生虽知晓“要诚信”，却难以理解其在岩石力学参数获取中的具体实践意义，最终使思政教育流于口号，无法真正塑造学生的职业素养[4]。

3. 《石油工程岩石力学》靶向性改革措施

3.1. “三维案例库”建设

针对传统教学中理论与现场脱节、思政融入浅表化等痛点，构建“基础理论-现场难题-创新突破”三维案例库，实现知识传递、能力培养与价值引领的协同。在基础理论层，选取与岩石力学核心概念紧密对应的典型案例，如以松辽盆地砂岩储层地应力计算为例，将弹性力学中的应力张量理论与现场测井

数据解读结合,同时穿插早期石油地质工作者在简陋条件下通过大量野外实测建立地应力分布规律的事迹,让学生理解理论公式背后的实践积累。现场难题层聚焦行业前沿挑战,把四川盆地页岩储层改造案例拆解为“地应力各向异性分析-裂缝起裂压力预测-压裂液选型优化”递进式问题链,在讲解裂缝扩展模拟时,引入“石油会战精神”中“有条件要上,没有条件创造条件也要上”的理念,对比老一辈石油人用手工计算完成储层评估与当代工程师借助数值模拟技术突破难题的过程,凸显技术传承中的精神内核。创新突破层则收录近年技术革新案例,如页岩气水平井井眼稳定性控制的技术突破,详细呈现工程师团队在面对龙马溪组页岩高孔隙压力难题时,如何通过反复修正岩石强度准则参数、优化钻井液密度,最终形成一套适合川南地区的解决方案,在分析技术创新点时嵌入工程师连续三个月驻守井场、每天工作16小时的纪实素材,让学生直观感受“扎根一线、攻坚克难”的职业品质。整个案例库通过“理论公式+现场数据+人物故事”的三元结构,既解决了“公式懂用但不会解决实际问题”的困境,又使思政元素从孤立的事迹介绍转化为贯穿知识学习的精神线索,让学生在掌握地应力测试、井眼稳定分析等专业技能的同时,潜移默化地树立严谨务实的工作态度和扎根行业的职业追求[5][6]。

3.2. “虚实互馈”教学法

针对虚拟仿真实验与真实操作割裂、学生对实验数据可靠性认知不足的痛点,构建“虚拟仿真-误差溯源-现场反演”的“虚实互馈”教学法,实现技术训练与素养培育的双向赋能。在虚拟仿真环节,依托岩石力学实验平台开展单轴抗压强度等基础实验时,不再停留于软件操作层面,而是在学生获得虚拟数据后立即启动“误差溯源”研讨:先引导学生对比虚拟试样与真实岩心的物理特性差异,分析虚拟环境中“无孔隙裂隙”假设对强度参数的影响;再引入某油田实验室因忽略岩心含水率导致实验数据偏差的真实案例,组织学生分组排查虚拟实验中“加载速率设置”“试样尺寸选取”等参数对结果的敏感性。在讨论过程中,穿插老工程师“为获取准确地应力数据,在戈壁油田连续三个月重复测试上百组岩心”的经历,让学生理解“1%的误差可能导致现场钻井方案颠覆性失误”的工程逻辑,将严谨治学态度转化为对实验细节的极致追求。现场数据反演环节则打破虚拟与真实的壁垒,选取塔里木油田超深井井眼监测数据,让学生基于虚拟仿真中掌握的井眼稳定性分析方法,反推现场钻井液密度调整、井眼轨迹优化的决策依据。例如在分析克深区块高陡构造井眼坍塌事件时,先通过虚拟软件模拟不同地应力条件下的井壁应力分布,再对比现场工程师通过“微裂缝监测+地应力反演”技术制定的解决方案,让学生直观感受“虚拟模型的理想化”与“现场条件的复杂性”之间的差距。在此过程中,强调工程师“每一个决策都关乎井下安全”的责任担当,结合钻井事故案例中“一次参数误判导致的经济损失与安全风险”,将工程责任意识具象化为“数据必须反复校验、方案必须多维度论证”的操作准则。通过这种“虚拟中学习-真实中验证-反思中强化责任”的循环机制,既解决了学生“虚拟实验高分、真实操作低能”的问题,又让严谨求实、责任担当等思政元素成为连接虚拟训练与现场实践的纽带,实现技能提升与素养培育的同步落地[7][8]。

3.3. “能力锚定”考核改革

针对传统考核重理论轻实践、与岗位能力脱节的痛点,构建以“现场问题解决能力”为核心的“能力锚定”考核体系,将知识掌握、实践技能与职业素养纳入综合评价。在考核结构上,压缩闭卷考试占比,重点考查岩石力学基础理论的灵活应用;增设“现场问题诊断”实操环节,选取如渤海油田疏松砂岩储层井眼缩径、鄂尔多斯盆地致密砂岩压裂裂缝形态失控等典型场景,要求学生在限定时间内完成“地质资料分析-力学参数选取-解决方案制定”全流程操作。实操环节采用“双维度评分标准”,技术维度关注地应力计算准确性、岩石强度准则适用性等专业指标,素养维度则重点评价方案设计的安全性与

团队协作效率：例如在页岩气水平井钻井方案设计中，若学生忽略龙马溪组页岩的脆性特征导致井眼坍塌风险评估不足，将在“社会责任”项扣分；若小组出现“数据分析师与方案设计者信息传递脱节”的情况，则在“团队精神”项反映，以此呼应现场工程师“既要有技术精度，更要有责任温度”的职业要求。为强化思政元素的渗透，考核素材中融入真实案例的精神内核，如在展示松辽盆地某井钻井事故处理过程时，要求学生不仅还原“地应力反演-钻井液密度调整”的技术逻辑，还要分析工程师团队“连续72小时轮班推演几十种方案”的协作模式，让考核过程成为“解决工程问题”与“传承行业精神”的融合载体。这种改革打破了“一纸试卷定优劣”的局限，通过模拟真实岗位场景，使学生认识到“考核不是终点，而是对未来工程责任的预演”，推动考核从“知识评价”向“能力与素养综合评判”转变^{[9][10]}。

4. 结语

《石油工程岩石力学》课程的靶向性教学改革，针对传统教学中理论与实践脱节、虚拟与实操割裂等痛点，通过“三维案例库”“虚实互馈”教学法及“能力锚定”考核等措施，有效提升了教学质量。改革过程中，将石油行业精神等思政元素适度融入，实现了知识传授与价值引领的协同，为学生职业素养培育奠定了基础。然而，改革仍存在案例库更新速度滞后于行业技术发展、思政元素融入深度需进一步加强等问题。未来可拓展“校企双导师案例共创”模式，动态补充前沿案例；深化思政与专业知识的逻辑关联，让价值引领更自然。此次改革实践为同类课程教学优化提供了参考，助力培养适应石油行业发展需求、兼具专业能力与职业素养的高素质人才。

基金项目

重庆市教育科学规划课题年度规划青年课题“《石油工程岩石力学》课程思政教学体系构建与实践研究”(K23YY2150009)。

重庆市高等教育教学改革研究一般项目“基于案例驱动和智能化赋能的石油工程岩石力学教学模式改革与实践”(253241)。

参考文献

- [1] 梁利喜. 工程教育专业认证促进下的“石油工程岩石力学”课程考核探索[J]. 高教学刊, 2019(18): 189-191.
- [2] 徐建根, 李猛, 苏堪华, 等. “石油工程岩石力学”课程中融入思政教育的探索[J]. 职业技术, 2023, 22(6): 24-29.
- [3] 侯冰, 张其星, 李世远. “石油工程岩石力学”本博一体化课程改革[J]. 教育教学论坛, 2023(42): 41-44.
- [4] 彭岩, 李世远, 张广清. 石油工程专业“岩石力学”课程思政实践探索[J]. 教育教学论坛, 2023(18): 81-84.
- [5] 郭旭洋. 基于油田现场工程案例的教学模式改革——以本科“石油工程岩石力学基础”课程为例[J]. 科教导刊, 2021(31): 107-109.
- [6] 许成元, 游利军, 李相臣, 等. 基于案例教学的石油工程“岩石力学”课程典型案例设计实践[J]. 科教导刊, 2021(19): 102-104.
- [7] 谭强, 刘伟, 冯永存, 等. 石油工程岩石力学数值模拟技术在教学中的应用[J]. 创新创业理论与实践, 2024, 7(22): 157-160.
- [8] 谭强. 石油工程岩石力学课程实验教学综合设计探索[J]. 大学教育, 2022(11): 61-63+67.
- [9] 许成元, 余继平, 张浩. “岩石力学”课程科研-教学一体化案例教学改革[J]. 教育教学论坛, 2020(28): 165-166.
- [10] 梁利喜, 刘向君. 提升石油工程岩石力学教学质量措施探讨[J]. 科技资讯, 2015, 13(19): 169-170+172.