

新工科视域下采矿工程虚拟仿真实验教学体系的构建与改革路径研究

陈忠强

内蒙古工业大学 资源与环境工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010051

DOI: 10.61369/SSSD.2025130014

摘要 随着新工科建设的推进, 采矿工程教育正加速向数字化、智能化转型。针对传统实验教学存在的安全风险高、成本大、条件受限等问题, 本文构建了以“基础认知—过程仿真—综合分析—创新实践”为主线的虚拟仿真实验教学体系, 并建立了配套的实施与评价机制。研究结果表明, 该体系能有效提升学生的工程认知与实践能力, 推动理论与实践的深度融合, 为采矿工程教学改革提供了可行路径。

关键词 数字化; 智能化; 虚拟仿真; 新工科

Research on the Construction and Reform Path of Virtual Simulation Experiment Teaching System for Mining Engineering from the Perspective of New Engineering

Chen Zhongqiang

School of Resources and Environmental Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot, Inner Mongolia 010051

Abstract : With the advancement of the New Engineering Education initiative, mining engineering education is rapidly shifting toward digitalization and intelligence. To address the limitations of traditional experimental teaching—such as high safety risks, high costs, and environmental constraints—this study proposes a virtual simulation - based experimental teaching system structured around four stages: "fundamental cognition, process simulation, comprehensive analysis, and innovative practice." An implementation and evaluation mechanism was also established. The findings show that this system effectively enhances students' engineering understanding and practical skills, deepens the integration of theory and practice, and provides a feasible path for reforming mining engineering education.

Keywords : digitization; intelligence; virtual simulation; new engineering

引言

随着新工科建设的深入推进, 采矿工程教育正面临由传统教学向数字化、智能化教学的转变^[1]。传统实验存在安全风险高、成本大、条件受限等问题, 学生难以全面理解复杂的采矿作业过程。虚拟仿真技术的发展为教学改革提供了新的途径, 可在安全、低成本的环境中再现露天开采、边坡稳定等典型场景, 使学生获得接近真实的工程体验。相较传统实验, 虚拟仿真具备安全性高、可重复性强、资源占用少的优势, 能有效弥补教学实践的不足。我国部分高校虽已建设了相关平台, 但总体上仍存在系统性不足、课程衔接不紧和数据支撑有限等问题。构建符合采矿工程特点的虚拟仿真实验教学体系, 是推动专业教学改革、提升人才培养质量的重要方向。

一、理论基础与研究方法

(一) 新工科理念引领工程教育改革方向

新工科建设的根本任务, 是推动工程教育从传统的学科导向

逐步转向需求导向, 从以知识传授为中心转向以能力培养为核心, 从封闭的课堂教学走向与产业紧密结合的开放式教学。虚拟仿真技术的引入, 正是实现这一教育理念的重要手段。通过数字化建模和交互式操作, 它可以在安全、低风险的环境下再

基金项目:

内蒙古工业大学教学改革研究项目 (20222252) ;
内蒙古自治区中央高校基本科研业务费专项资金 (JY20220259);
内蒙古教育厅科研基金 (NJZY17093);
以及内蒙古工业大学科研项目 (ZD201621)。

作者简介: 陈忠强 (1984—), 男, 汉族, 山西文水人, 博士, 副教授, 研究方向: 智慧化矿山。

现真实的矿山生产场景，使学生在实验过程中完成原本难以实现或成本过高的操作，从而在模拟实践中深化理论理解，提升综合应用能力^[2]。这种以学习成果为核心的教学理念，与 OBE (Outcome-Based Education, 成果导向教育) 的核心思想相一致，强调学生在知识掌握、能力提升与素质培养三方面的协调发展^[3]。

二、采矿工程虚拟仿真实验教学体系的构建

(一) 构建分层递进的教学体系结构

采矿工程虚拟仿真实验教学体系的构建以新工科教育理念为指导，遵循工程教育认证“以学生为中心、以产出为导向、持续改进”的基本原则^[4]，围绕采矿工程专业知识体系的完整性和工程实践能力的培养需求进行系统化设计。总体思路是依据采矿工程知识结构与生产实践逻辑，建立一个“虚拟—真实—再现”相结合的多层教学体系，使学生能够在虚拟环境中完成从理论学习到实践应用的全过程认知^[5]。整个体系以学习过程的渐进性为基础，划分为“基础认知—过程仿真—综合分析—创新实践”四个层级，形成由浅入深、由单一技能向综合能力过渡的教学结构。

(二) 明确知识、能力与素质三维教学目标

教学目标体系的设计以 OBE 理念为核心，注重学生综合能力的培养与学习成果的可验证性。知识目标侧重于帮助学生系统掌握露天采矿学、岩石力学与边坡工程的基本理论和核心概念，理解采场结构要素、岩体力学性质及边坡稳定性影响因素。能力目标强调学生对露天矿场复杂工况的分析与判断能力，能够运用虚拟仿真平台开展边坡稳定性评价、岩体参数计算及开采工艺建模^[6]。

(三) 设计模块化教学内容体系

在教学内容体系的构建上，课程设置紧扣采矿工程的核心知识链条，按照工程实践逻辑依次展开。第一模块为露天采场认知与地质结构虚拟建模，学生通过无人机实景数据建模了解采场地形地貌及地质构造特征；第二模块为大型采装设备动态仿真与操作认知，利用三维仿真技术展示电铲、钻机、卡车等设备的工作过程，使学生掌握设备运行机理与协同作业关系；第三模块为岩石力学实验仿真与参数获取，学生在虚拟实验室中完成抗拉、抗压及抗剪实验，获得岩石力学参数并理解其在工程设计中的意义；第四模块为边坡稳定性分析与滑移机理可视化模拟，通过模拟不同滑动模式与地质条件的变化，引导学生理解边坡失稳机理并进行稳定性评价；第五模块为虚拟综合考核与报告生成，学生在系统中完成综合任务并自动生成实验报告，实现学习成果的过程化评价。

(四) 实施问题驱动的互动教学模式

教学过程与方法设计遵循“课堂导入—系统仿真—问题驱动—综合考核”的教学流程。教师通过课堂讲授引入实验背景与任务目标，学生在系统中进行虚拟操作，通过问题驱动完成实验任务并提交报告，教师依据系统记录的操作数据与答题结果进行综合评定。

三、教学实施、评价与改革路径

采矿工程虚拟仿真实验教学体系的实施遵循“以学生为中心、以成果为导向”的教学理念，注重理论与实践的结合、线上与线下的协同及学习全过程的可追踪性。教学过程分为系统内与系统外两个层面。系统内教学依托虚拟仿真平台开展，学生可在系统中完成露天采场认知、设备动态仿真、岩石力学实验及边坡稳定性分析等操作，系统自动记录操作路径、完成时间和准确率，为后续评价提供数据支持。系统外教学由教师主导，重点放在理论讲解、数据分析与报告撰写，通过对实验数据的讨论与分析，使学生在理论与实践之间形成系统认知，构建起“预习—操作—分析—总结”的学习闭环。

教学评价以过程性和综合性为核心，通过多维度考核体系反映学生的学习成果。操作表现、答题考核和实验报告分析各占30%，学习过程记录占10%，涵盖学生的实验准确性、知识掌握程度、数据分析能力及学习主动性。系统通过对学习行为数据的自动采集和分析，实现智能化评价与个性化反馈，教师可据此调整教学策略，学生也能根据反馈优化学习路径，形成教学与学习的良性互动。近五年的教学实践数据显示，学生在虚拟实验中的参与度、操作完成率和学习满意度显著提升，成绩分布更趋稳定。与传统教学相比，虚拟仿真教学在知识理解深度、工程分析和创新能力方面优势明显，学生在虚拟环境中能够多次模拟复杂的采矿与边坡稳定过程，学习方式由被动接受转为主动探索。教师反馈表明，该体系有效降低了传统实验的风险与成本，提高了教学的安全性和可控性，整体上形成了理论教学、实验操作和结果评价的完整闭环，显著增强了学生的工程素养与创新意识。

在改革与推广方面，采矿工程教学应加强课程群协同与数据智能化建设，构建“露天采矿—岩石力学—边坡工程”贯通式课程链，将不同课程内容整合至统一的虚拟场景中，推动跨学科融合与系统认知的形成。体系优化应引入实时监测数据和人工智能分析模块，使教学内容与矿山生产实际同步。产教融合方面，可依托矿山企业共建“数字孪生实训基地”，实现科研、教学与产业的协同发展；教学资源共享方面，应搭建高校联合平台，促进课程资源互认与共享，推动虚拟仿真实验的广泛应用。同时，还需完善技术与管理保障体系，提升系统的兼容性与运行效率，加强教师的数字化教学能力培训，建立统一的教学标准与质量评价机制。整体来看，该体系的实施与改革有效促进了采矿工程教育的数字化转型，为新工科背景下工程类专业的教学创新提供了可推广的范式。

四、结论与展望

虚拟仿真技术的引入为新工科背景下的采矿工程教育提供了新的路径与解决方案。本研究通过构建以“基础认知—过程仿真—综合分析—创新实践”为主线的分层教学体系，并设计与之配套的教学内容、技术平台与评价机制，有效克服了传统实验教学在安全性、成本及时空条件上的局限。教学实践表明，该体

系显著提升了学生在工程认知、实践操作与创新思维等方面的能力，实现了“以学生为中心、以成果为导向”的教学目标。然而，虚拟仿真教学体系的持续发展仍面临系统兼容性、师资数字素养、课程标准化等挑战。未来，应着力于推动跨课程数据整

合、深化产教融合共建、优化技术平台性能，并建立健全的教学质量保障机制。虚拟仿真教学不仅是当前教学改革的有效手段，更将是培养适应行业智能化发展的新型矿业工程人才的核心支撑，为采矿工程教育的高质量与可持续发展注入持久动力。

参考文献

- [1] 杨民生, 李建奇, 梅彬运, 李建英. 新工科背景下信息与控制工程虚拟仿真实验教学中心建设与实践 [J]. 创新教育研究, 2020, 8(2): 140–146.
- [2] 吕庆功, 赵志毅, 张延凯等. 面向金属矿山采矿实习的虚拟仿真实践教学系统开发 [J]. 中国冶金教育, 2019, 24, (6): 55–58.
- [3] 李明耀, 左建平, 祝捷等. “以学生为中心, 以矿业为特色”的工程力学虚拟仿真一流课程建设与实践 [J]. 力学与实践, 2024, 46, (4): 851–858.
- [4] 汪德彪, 胡文金, 杨波等. 工业计算机控制系统课程改革与实践——基于工程教育认证 [J]. 重庆科技学院学报(社会科学版), 2018, (5): 110–113.
- [5] 徐剑坤, 王晓振, 周蕊等. 采矿工程实验实践教学虚拟仿真软件的开发与应用 [J]. 教育教学论坛, 2019, (37): 109–110.
- [6] 杨未柱, 何新党, 李磊等. 基于虚拟仿真实验的实验力学混合式一流课程建设 [J]. 实验科学与技术, 2024, 22, (2): 64–68.