

AI赋能地质工程专业教学

——以《岩土钻掘工程学》课程为例

徐绍涛

中国地质大学(北京)工程技术学院, 北京

收稿日期: 2026年7月27日; 录用日期: 2026年9月14日; 发布日期: 2026年9月22日

摘要

《岩土钻掘工程学》是地质工程专业的核心主干课程, 具有学科交叉性强、工程实践性突出、实验依赖性高的显著特点。当前, 该课程面临教学内容滞后于行业前沿发展、学生学科基础差异显著制约教学深度、实践教学受限于设备场地与安全条件、教学评价方式单一等结构性困境。本文系统梳理了AI赋能地质工程教学改革既有成果, 在精准诊断课程痛点的基础上, 提出“知识图谱重构课程内容 - AI助教支撑教学模式转型 - 虚拟仿真突破实践瓶颈 - AI驱动多元评价机制”的三维协同改革框架。围绕这一框架, 文章阐述了知识图谱以“主题 - 子主题 - 知识点 - 属性”四层结构重塑教学内容体系并融入大陆科学钻探、大洋钻探、极地钻探等前沿应用领域案例的实现路径, 分析了AI智能体贯通“课前 - 课中 - 课后”全流程个性化学习支持的技术原理, 论证了虚拟仿真技术构建“认知 - 操作 - 设计”三层次实践教学平台的能力培养价值, 并探讨了AI驱动的全过程数据采集、多维度能力画像与即时性反馈预警对教学评价革新的推动作用。同时, AI赋能需警惕技术依赖与算法偏见等潜在风险, 应坚持“以学生发展为中心”的价值导向。本文提出的改革方案可为地质工程类课程的数智化转型提供可借鉴的范式参考。

关键词

地质工程, 人工智能, 岩土钻掘工程学, 知识图谱, 教学改革

AI-Empowered Teaching in Geological Engineering

—Taking the Course “Geotechnical Drilling and Excavation Engineering” as an Example

Shaotao Xu

College of Engineering Technology, China University of Geosciences (Beijing), Beijing

Received: July 27, 2026; accepted: September 14, 2026; published: September 22, 2026

Abstract

Geotechnical Drilling and Excavation Engineering is a core backbone course of the Geological Engineering major, characterized by strong interdisciplinary nature, prominent engineering practicality, and high dependence on experimental teaching. Currently, the course faces structural challenges including curriculum content lagging behind industry frontiers, significant disparities in students' disciplinary foundations restricting teaching depth, practical teaching constrained by equipment, site and safety conditions, and a unitary teaching evaluation method. This paper systematically reviews the existing research on AI-empowered teaching reform in geological engineering, and based on a precise diagnosis of the course's pain points, proposes a four-dimensional collaborative reform framework of "knowledge graph reconstructing curriculum content, AI teaching assistant supporting teaching mode transformation, virtual simulation breaking through practical bottlenecks, and AI-driven multi-dimensional evaluation mechanism". Around this framework, the paper elaborates on the implementation path of knowledge graphs restructuring the teaching content system through a four-layer "topic - subtopic - knowledge point - attribute" structure while integrating cases from frontier application domains such as continental scientific drilling, ocean drilling, and polar drilling; analyzes the technical principles of AI agents providing personalized learning support throughout the "pre-class - in-class - post-class" entire process; demonstrates the competency development value of virtual simulation technology in constructing a three-level "cognition - operation - design" practical teaching platform; and explores the driving role of AI-enabled whole-process data collection, multi-dimensional competency profiling, and real-time feedback and early warning in reforming teaching evaluation. Meanwhile, AI empowerment requires vigilance against potential risks such as technological dependence and algorithmic bias, and should adhere to the value orientation of "student-development-centered". The reform scheme proposed in this paper can provide a reference paradigm for the digital and intelligent transformation of geological engineering courses.

Keywords

Geological Engineering, Artificial Intelligence, Geotechnical Drilling and Excavation Engineering, Knowledge Graph, 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

人工智能技术正以前所未有的深度和广度重塑高等教育形态[1]。2023年以来,教育部持续推进“人工智能 + 高等教育”应用场景建设,2025年《国务院关于深入实施“人工智能+”行动的意见》¹系统部署“人工智能 + 科学技术”、“人工智能 + 产业发展”等重点方向[2]。在这一背景下,如何借助AI技术破解传统工科课程中长期存在的教学结构性矛盾,已成为工程教育高质量发展的关键议题[3]。《岩土钻掘工程学》是地质工程专业的核心主干课程,其教学内容涵盖钻探工艺、钻掘设备、钻井液流变行为与护壁堵漏等关键技术模块,涉及地质学、机械工程、流体力学、材料科学等多学科知识[4]。该课程兼具理论严谨性、工程实践性和实验研究性,要求学生不仅系统掌握专业基础理论,还需具备复杂工程问题分析、智能装备应用及创新性解决方案设计等综合能力[5]。然而,长期以来,该课程的教学实践面临

¹https://www.gov.cn/gongbao/2025/issue_12266/202509/content_7039598.html

三重现实挑战：其一，教材内容更新滞后于行业技术发展，大陆科学钻探、自动化智能化钻掘装备、数字孪生钻井平台等前沿成果难以及时融入课堂教学；其二，学生学科背景差异显著，既有地质类生源，亦有机电、力学等跨专业学生，教学目标的统一性与内容适配性难以兼顾；其三，钻掘实验对设备、专用场地及严格安全管控具有强依赖性，导致学生实操覆盖率低、过程性训练不足[4][5]。

近年来，AI 赋能地质工程教学改革的研究持续深化。刘瑾等构建了“知识-能力-素质”三维协同的“AI+ 地质”人才培养体系，提出“地学智能认知金字塔”模型以重构教学内容逻辑，并融合 OBE 理念与 PBL/CBL 混合教学模式，搭建虚实融合的智慧实践平台，形成覆盖“课程教学-科创训练-工程实践-能力评估”的全周期闭环培养路径[6]。白冰以《土动力学与应用》课程为对象，系统诊断课程体系陈旧、跨学科协作机制欠缺等问题，提出构建“AI+ 岩土”交叉课程群、推行双导师制与跨学科联合指导、建立动态化能力画像与评估系统等改革框架[7]。刘文惠等以青海大学为案例，探索 AI 支持下西部高校地质工程教学的差异化发展路径，提出通过虚拟仿真实现“教学空间突围”、强化区域特色地质案例库建设、构建“政-校-企-研”协同的产教融合生态[8]。

上述研究从人才培养体系构建、交叉课程群设计到差异化教学路径探索，在不同维度上验证了 AI 技术赋能地质工程类课程教学改革的可行性与有效性，为本课程改革提供了坚实的理论参照与实践范例。然而，既有成果多聚焦于宏观层面的体系设计或相邻课程的改革经验，尚缺乏针对《岩土钻掘工程学》课程特点的系统性 AI 赋能方案。该课程兼具理论严谨性、工程实践性和实验研究性三重属性，其知识体系的交叉性、实践环节的高成本性以及学生基础的差异性，决定了其 AI 赋能路径不能简单移植其他课程的经验，而需要立足课程本体特征进行专门化设计。为此，本文在系统诊断课程教学痛点的基础上，引入知识图谱、AI 智能体、虚拟仿真与 AI 驱动评价四类关键技术手段，构建“知识图谱重构课程内容-AI 助教支撑教学模式转型-虚拟仿真突破实践瓶颈-AI 驱动评价促进过程考核”的三维协同改革框架(见图 1)，并将论证重心收敛到知识图谱与 AI 助教两个关键模块，设计聚焦“冲击回转钻进”章节的小规模教学实验，同时围绕技术、资金、师资和管理等现实条件提出分阶段实施策略，以期地质工程类课程的数智化转型提供可操作、可推广的范式参考。

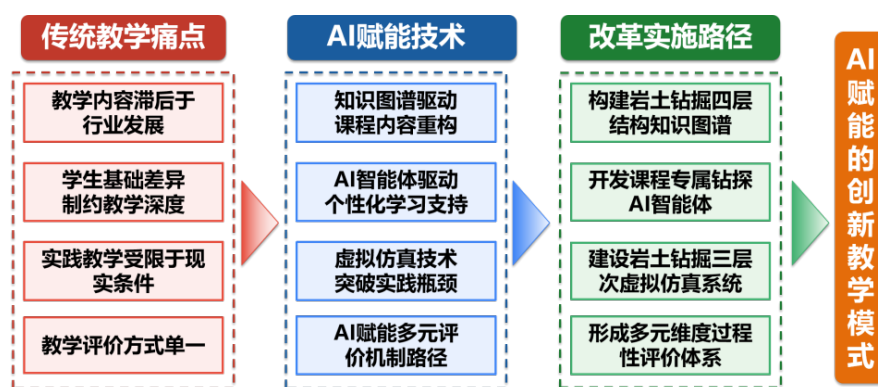


Figure 1. AI-empowered innovative teaching model for Geotechnical Drilling and Excavation Engineering

图 1. AI 赋能《岩土钻掘工程学》课程的创新教学模式

2. 课程学情与痛点分析

破解《岩土钻掘工程学》教学困境，首要任务在于厘清问题究竟出在哪里。《岩土钻掘工程学》作为一门兼具理论深度、工程广度与实践强度的专业核心课程，其教学困境集中体现在以下四个维度：课程内容与行业发展之间的结构性脱节，学生学科背景差异对教学深度的刚性制约，实践教学对设备与场地

的强依赖性所带来的资源瓶颈，以及单一评价方式对能力培养导向的弱化效应。四者相互叠加、彼此强化，亟需从系统层面予以破解。

2.1. 教学内容滞后于行业发展

《岩土钻掘工程学》现行教材出版年份普遍较早，以《钻探工艺学》(1992 年)、《岩土钻掘工程学》(2001 年)、《岩土钻掘工艺学》(2014 年)为代表，虽经再版，整体内容体系仍以传统技术框架为主。在钻探设备方面，教材主要介绍立轴式钻机、转盘式钻机等传统机型，对近年快速发展的模块化全液压钻机、自动化智能钻探装备鲜有涉及；在钻进工艺方面，定向钻进技术、科学钻探理论、极地冰钻技术等内容几近空白[4][9]。在钻探技术加速向深空探测、深海钻探、深地钻探与极地钻探等前沿应用领域发展的背景下(如图 2)，目前的课堂教学内容与行业技术发展的脱节，导致学生进入工程现场后“书本讲的找不到、现场见到的没学过”[10]-[13]。此外，随着矿产资源勘查技术的推进，绿色勘查、智能钻探等新技术对钻掘工程人才提出了更高要求，传统教学内容已难以适应行业对人才知识结构的新需求[9][14]。



Figure 2. Drilling technology is expanding into deep-space, deep-sea, deep-earth and polar frontier application domains [10]-[13]
图 2. 钻探技术向深空、深地、深海、极地等前沿应用领域拓展[10]-[13]

2.2. 学生基础差异制约教学深度

《岩土钻掘工程学》涉及多学科知识交叉融合，对学生知识储备要求较高。然而，地质工程专业不同方向的课程体系设置差异显著：在系统开设钻掘类课程的高校中，通常会配套设置机械设计基础、流体力学、液压传动等前置课程；而在以工程地质为主要方向的教学体系中，这些基础课程往往缺失[4]。以“冲击回转钻进”章节为例，若学生缺乏机械设计和流体力学的基本概念，面对液动冲击器和气动潜孔锤原理图时往往无从下手。教师在教学实践中不得不放慢进度、降低难度，教学深度因此受限。

2.3. 实践教学受限于现实条件

钻掘实验教学对设备和场地的要求极高。岩石可钻性实验、钻具认知实验、钻探设备操作等环节，通常需要大型实验设备和专门场地，且设备操作过程中还存在钻机旋转部件绞缠、提升系统断绳溜钻、钻具装卸砸伤等安全风险。多数高校难以提供充足的实验台套数和实操课时，学生参与度低。为此，国内高校和教师开展了部分探索。例如，针对煤矿井下钻探传统实践教学方式存在的“实训课堂单一、教学钻机维护成本高、设备故障及井下钻场安全隐患难以实物模拟”问题，陈果采用虚拟现实技术模拟井

下逼真的钻场环境,开发了煤矿井下钻探施工全流程 VR 课件[15]。针对煤矿井下钻探设备设计中维护困难、数据安全性差的问题,朱国等利用云计算和虚拟化技术搭建了瓦斯抽采钻机设计虚拟化云桌面平台[16]。如何突破实践教学的资源瓶颈,成为课程改革必须破解的难题。

2.4. 教学评价方式单一

当前多数高校的《岩土钻掘工程学》课程仍以期末闭卷考试为主要评价方式,侧重理论知识记忆,难以反映学生在工程实际问题解决、实践动手和创新思维等方面的能力。部分学生通过死记硬背取得高分,却缺乏将理论转化为实践的能力。对此,刘恒全等通过构建面向研究生工程伦理课程的数字化教学评价体系,以智能分析平台为技术支撑,以多维评价指标体系为测量工具,以动态反馈机制为优化路径,旨在实现教学评价的精准诊断与个性化干预,提升课程评价的科学性与有效性[17]。

3. AI 赋能教学的理论框架

3.1. 知识图谱驱动的课程内容重构

知识图谱以“实体-关系-属性”三元组建模,可将课程知识点转化为可视化的关联网络。长沙理工大学岩土与隧道工程系明确提出了智慧课程的核心公式:智慧课程 = 知识图谱 + 人工智能(AI) + 教学应用,强调以能力培养为目标、以问题解决为核心、以知识体系为基础、以教学资源为支撑的四维建设体系[18]。同济大学《基础地质》课程在这一方向上进行了深入探索,利用知识图谱对课程内容进行重构,将传统“章节模块”转化为“知识点网络”,通过多维关联消除知识屏障,突出跨章节知识的关联,帮助学生形成非线性、系统性认知[19]。太原理工大学矿业工程学院依托人工智能知识挖掘算法与大数据学习行为分析模型,深度解构 10 门核心课程,将碎片化知识重组为具有拓扑结构的知识图谱,实现知识节点的逻辑互联,通过多源数据融合形成动态化“学生认知矩阵”[20]。刘瑾等提出的“地学智能认知金字塔”模型,则从知识重构、能力培养、素质提升三个维度重构教学内容,实现“知识-能力-素质”的协同培养[6]。这些成果为《岩土钻掘工程学》的知识图谱建设提供了系统的方法论参照。

3.2. AI 智能体驱动的个性化学习支持

传统教学模式难以应对学生基础差异显著的教学情境。AI 智能体的引入为解决这一问题提供了新思路。同济大学《基础地质》课程基于扣子空间平台,构建了课程专属 AI 智能体,包括“地质思维与地质智慧多模态智能体”和“岩性智能识别训练工具”两大模块,通过问答方式引导和训练学生分析地质问题的思维模式[19]。安庆师范大学《数据结构》课程自主研发的课程智能体“启思”,围绕数据关系、结构选择和算法效率与学生“对话”,通过连续追问、方案比较和多轮反馈,引导学生说明选择依据、分析适用条件[21]。刘瑾等研发的“三维能力动态映射算法”,实现了人才能力与产业需求的智能适配[6]。白冰提出构建“AI + 岩土”跨学科课程体系,实施双导师制与跨学科团队指导,通过 AI 技术实现个性化学习路径规划与动态评估[7]。刘文惠等指出,AI 能够破解西部高校地质工程专业“师资力量薄弱、学生基础差”的瓶颈。AI 智能体可在课前提供个性化预习资料、课中实时答疑解惑、课后推送针对性练习,形成“预警-干预-评估”的闭环支持[8]。

3.3. 虚拟仿真技术突破实践瓶颈

钻掘实验的高成本、高危险特征,使其成为虚拟仿真技术的理想应用场景。长江大学石油工程学院将数字孪生与 AI 技术深度融入钻井操作教学全过程,研制了钻井模拟器与全数字孪生网络版仿真操作软件,实现多人在线交互操作[22]。陈果采用 VR 技术模拟井下逼真的钻场环境,研究多人协同操作方式,开发了

煤矿井下钻探施工全流程 VR 课件,以高沉浸感、移动自由、友好的交互方式给予学员全新的教学体验[15]。太原理工大学矿业工程学院搭建了全息虚拟教学矩阵,依托 26 个仿真场景重构井下环境,培育安全意识与创新思维;依托数字孪生技术打造数智决策平台,助力学生开展生产全周期数字化监测与决策推演[20]。刘瑾等搭建的虚实融合智慧实践平台,融合 OBE 理念与 PBL、CBL 混合教学模式,形成“课程-科创-实践-评估”全周期闭环培养路径[6]。通过三维建模与人机交互技术,可在虚拟空间中构建逼真的钻探施工现场,学生可反复练习高风险操作而无需担心安全后果,可以有效弥补实物操作的诸多短板。

3.4. 多元评价机制的 AI 赋能路径

教学评价应贯穿教学全过程,发挥诊断、反馈与促进发展的作用。传统工科课程评价面临终结性评价主导而过程性评价缺位、维度单一难以衡量实践能力与创新思维等矛盾, AI 技术为解决上述问题提供了新路径。AI 驱动评价机制通过学习行为数据的采集与分析,实现评价从“静态判断”向“动态诊断”的转换。在技术层面, AI 赋能评价体现为全过程数据采集、多维度能力画像与即时性反馈预警三个维度,分别记录学习轨迹、构建动态评估模型并实现学习风险早期识别。重庆交通大学的“AI 过程性评估+教师综合反馈”实践表明,该模式能有效提升学生学习投入度[23] [24]。AI 驱动的多元评价并非替代教师判断,而是拓展评价的广度与深度,最终指向“以评促学、以评促教”的目标。

4. AI 赋能《岩土钻掘工程学》的改革路径

4.1. 构建四层结构知识图谱, 重塑教学内容体系

借鉴刘瑾等“地学智能认知金字塔”模型和同济大学“多层次知识图谱”建设经验,首先梳理《岩土钻掘工程学》全部知识点,建立“主题-子主题-知识点-属性”四层结构的知识分类体系。主题层包括钻探设备、钻进工艺、钻孔护壁等核心模块;子主题层对各模块细分;知识点层是教学的基本单元;属性层标注各知识点的难度等级、前置要求、思政元素和应用案例。在属性层的应用案例中,注重融入大陆科学钻探(如地壳一号钻机、深地塔科 1 井)、大洋钻探(如“梦想”号钻探船)及极地钻探等前沿应用领域的典型工程案例,并将 SPE Journal、《钻探工程》等国内外期刊的前沿研究成果纳入知识点关联资源,使教学内容及时反映钻探技术的最新进展。在此基础上,建立“依赖-递进”的知识点顺序关系和“数据-思政-应用”的横向关联,将慕课视频、虚拟仿真实验、工程案例库等教学资源与知识点挂接,实现“知识点-资源”的智能匹配。同时可参考太原理工大学矿业工程学院的做法,依托 AI 知识挖掘算法与大数据学习行为分析模型,形成动态化“学生认知矩阵”,实现“概念-关系-场景”三维语义网络的构建。课程知识图谱投入使用后,预期可大幅提升课堂互动频率。

4.2. 开发专属钻探 AI 智能体, 贯通全流程教学

参照同济大学《基础地质》课程基于扣子空间平台构建课程专属智能体的经验,以及安庆师范大学“启思”智能体“AI 助学-AI 助教-AI 诊断”一体化应用体系的设计思路,开发《岩土钻掘工程学》课程专属钻探 AI 智能体。该智能体应具备三大功能模块:知识问答模块,基于课程知识图谱和教学资源库,为学生提供 7×24 小时智能答疑服务,采用检索增强生成技术以降低“AI 幻觉”风险;学情分析模块,记录学生知识图谱学习轨迹、AI 助教交互记录、作业完成情况等数据,参照重庆交通大学提出的“AI 过程性评估+教师综合反馈”模式实现动态监测;虚拟导师模块,针对钻机结构理解、钻进参数计算、事故原因分析等难点问题,以“苏格拉底式”提问引导学生逐步思考,推动课程学习由知识掌握走向思维发展。在教学模式上,可借鉴长江大学石油工程学院“四层次五联动六考核”教学模式的思路,构建“课前精准预习-课中深度交互-课后持续巩固”的全周期教学闭环。

以“卡钻”事故分析为例，钻探 AI 智能体可设计如下对话流程：

(1) 现象描述：学生输入钻压升高、扭矩增大、泵压异常等钻进参数，AI 助教则相应提示学生区分卡钻的典型先兆；

(2) 参数回溯：AI 助教引导学生回看钻压、转速、泵量与扭矩随时间的变化曲线，并对其进行初步分析，判断钻进异常出现的先后顺序；

(3) 原因假设：AI 助教给出孔壁坍塌、钻屑堆积、缩径、掉块等潜在可能性原因，并询问学生各项假设对应的地质与工艺依据；

(4) 验证：AI 助教要求学生结合岩性、井深、泥浆性能与操作记录筛选支持证据，排除相互矛盾的假设；

(5) 基于上述分析流程，学生最终提出上提下放、循环冲洗、调整泥浆等对应的处置方案，AI 助教进一步追问方案对孔壁稳定的影响。

通过该流程，学生不仅记忆“卡钻”的定义，而且能够建立“现象-参数-原因-证据-对策”的工程诊断思维。

4.3. 建设多层次虚拟仿真系统，强化实践教学

借鉴陈果开发的煤矿井下钻探 VR 培训考核平台和长江大学石油工程学院的钻井仿真操作软件，与钻掘设备生产企业合作开发虚拟仿真系统。太原理工大学“三维一体”实践育人范式的经验表明，真实场景、全息虚拟课堂与数字孪生系统的深度融合，可形成“感知-抽象-应用”的高效知识内化闭环。系统应包括三个层次：认知层，通过三维模型展示钻机、钻具、泥浆泵的结构组成和工作原理，支持“设备结构全透视”；操作层，模拟钻探施工完整流程，学生通过交互界面完成操作任务，参照煤矿井下钻探 VR 课件的“多人协同操作”方式设计；设计层，给定地质条件和钻探任务，要求学生进行钻机选型、钻孔结构设计、泥浆体系配置等综合决策。

以“复杂地层钻进”仿真任务为例，系统界面应包括四个部分：

(1) 地层剖面区：动态显示第四系松散层、砂泥岩互层、破碎带与硬岩等地层单元及其实测或假设岩性参数；

(2) 操作参数区：提供钻压、转速、泵量、扭矩与钻头类型等可调参数；实时反馈区，显示机械钻速、孔底压力、循环压力与钻具振动等物理量；

(3) 事件预警区：当参数组合超出安全边界时触发卡钻、井漏、孔壁坍塌等预警；

(4) 物理反馈区：将钻头-岩石相互作用、钻柱力学与孔内流体循环耦合计算，硬岩层中钻压不足时机械钻速下降并产生钻头振动，破碎带中泵量过大可能引发孔壁失稳，松散层中转速过高则可能导致钻孔超径。

基于上述仿真系统，学生可通过调整参数观察反馈曲线变化，比较不同地层条件下的最优钻进参数组合，从而加深对“地层条件-钻进参数-工程响应”之间关系的理解。

4.4. 形成多元维度评价体系，实现过程性考核

白冰提出建立“动态能力评估系统”，刘瑾等构建的“课程-科创-实践-评估”全周期闭环也强调了过程性评价的重要性。长江大学石油工程学院建立了“四多”考评机制，通过“多维度、多手段、多方式、多目标”相结合的评价模式，实现主观与客观评分、线上与线下考核的有机统一。改革后，过程性评价应包括：知识图谱学习进度(考察学生自主学习的持续性)、AI 助教交互记录(考察学生提问质量和思考深度)、虚拟仿真操作记录(考察实践操作的规范性和熟练度)。结果性评价则应增加工程案例、钻探方案设计等开放性题目比重，考察学生运用知识解决实际问题的能力。

5. 教学实验、实验策略与适用性

5.1. 小规模教学实验设计

为检验改革效果,本文聚焦知识图谱与 AI 助教两个关键模块,以《岩土钻掘工程学》中“冲击回转钻进”章节为试点,拟采用实验班与对照班的准实验设计,围绕“卡钻”事故开展问题链教学。实验班采用“知识图谱导航 + AI 助教引导”的教学流程:课前通过知识图谱推送前置知识与预习题;课中以卡钻案例分析为主线,由 AI 助教以追问方式引导学生完成现象描述、参数回溯、原因假设、证据验证与处置方案设计;课后通过知识图谱复习路径与针对性练习巩固。对照班沿用原有讲授与习题教学。两班教学内容、课时与考核范围保持一致。实施流程包括前测、教学干预、后测、问卷与访谈四个环节,周期为一个教学单元。数据采集包括前后测问卷、卡钻归因评分量表、AI 交互日志和访谈问卷,分析采用描述统计、配对样本检验并结合访谈进行三角验证。受单章、小样本限制,结果仅用于初步检验,后续将扩大试点范围。

5.2. 现实挑战与分阶段实施策略

改革方案能否落地,取决于对现实约束的清醒认识。该方案的实施面临技术、资金、师资与管理四类现实挑战:技术层面,四层知识图谱的构建依赖高质量知识点标注与关系抽取,工作量较大,AI 助教存在生成内容失准风险,虚拟仿真系统需要持续迭代维护;资金层面,平台开发、设备购置、云资源与系统运维均需稳定投入,单门课程难以独立承担;师资层面,教师需要同时具备专业教学能力、AI 工具应用能力与数据分析素养,改革初期工作量显著增加;管理层面,学习行为数据涉及隐私与数据安全,跨院系资源共享、课时安排和考核制度调整也需要学校层面协调。

建议实施分为三阶段:准备期(约 6 个月)完成知识图谱、AI 助教语料和教师培训;试点期(6~18 个月)开展小规模教学实验并迭代系统;推广期(18~36 个月)扩展至其他章节和同类课程,通过校际共建降低成本。针对风险规避,建立“AI 生成 - 教师审核 - 学生反馈”的质量机制,优先使用现有平台和校企资源,坚持数据最小化;教师培训按理念、技术、教学和数据四个层次推进,并将培训学时纳入教师发展学分。

5.3. 适用边界与推广条件

本文提出的改革范式并非适用于所有课程,其适用性与课程属性密切相关。最适宜的课程应同时具备三项特征:高实践性,即课程目标强调复杂工程问题解决与实践动手能力;高风险性,即实物操作存在安全风险或成本较高;高设备依赖性,即教学效果受大型设备、专用场地与实验资源制约。典型课程包括岩土钻掘工程学、钻井与完井工程、岩土工程施工、基础工程、安全工程、工程材料与机械设计基础等。

对于其他类型课程,应进行针对性调整。理论性强、实践环节少的课程,可重点采用知识图谱与 AI 问答模块,弱化虚拟仿真的比重;设计导向型课程,可突出仿真平台的设计层与方案评审功能,并与课程设计、毕业设计衔接;人文社科或管理类课程,则应减少设备仿真投入,聚焦 AI 评价、课堂交互与伦理规范建设。不同资源条件的院校可按“轻量起步、逐步升级”的策略实施:先利用开源工具与通用平台建设知识图谱和 AI 问答,再视条件引入高保真仿真与数字孪生系统。因此,本文框架可迁移的核心并非具体技术栈,而是“问题诊断 - 技术匹配 - 试点验证 - 制度保障”的方法论。

6. 结论与展望

AI 技术为《岩土钻掘工程学》课程改革提供了重要技术赋能。知识图谱可破解课程知识碎片化难题,构建多学科交叉认知网络;AI 智能体可弥合学生基础差异,实现个性化学习支持;虚拟仿真可突破实验

教学的安全与成本瓶颈,拓展实践教学的可能性边界;AI驱动评价可将教学评价从结果判断转向过程诊断。本文进一步将论证重心收敛到知识图谱与AI助教两个关键模块,拟设计聚焦“冲击回转钻进”章节的小规模教学实验,并提出了分阶段实施与风险规避策略,使四维协同改革框架具备了可检验、可落地、可推广的路径。

AI赋能的本质不是技术工具的简单叠加,而是教育理念与模式的系统性重构。改革的核心应始终指向“以学生发展为中心”的根本目标,同时需正视技术应用可能带来的风险:知识图谱构建的基础数据偏差可能影响教学内容的科学性;AI助教的“幻觉”问题可能误导学生认知;过度依赖技术可能导致师生人际互动的弱化。此外,算法透明度与可解释性不足、数据隐私保护等问题也需在教学实践中予以重视。未来研究应重点关注:基于前后测、问卷与访谈数据的循证评估与量化分析;试点章节向全课程及同类课程的推广验证;地质工程垂直领域AI工具的深度开发与优化,人机协同教学的伦理规范建设;以及跨校和跨区域的AI教学资源共享机制探索。

基金项目

国家自然科学基金:长7中低熟页岩油自生热原位转化有机质热裂解产物氧化反应控制机制(42502222);中央高校新教师基本科研能力提升项目:新型高效长寿命孕镶金刚石钻头设计、制备与性能研究(2652025021)。

参考文献

- [1] 李钦,钱泉,胡坤.人工智能赋能高等教育拔尖创新人才培养的模式探索[J].豫章师范学院学报,2026,41(3):45-50.
- [2] 苏艳红,王梦璇.高等教育中人工智能应用的模式创新与实践启示——基于教育部“人工智能+高等教育”应用场景典型案例[J].黄河科技学院学报,2026,28(7):75-81.
- [3] 陈久朋,袁勇,程子文.AI赋能机械学基础的教学改革与实践[J].模具制造,2026,26(3):144-146.
- [4] 时元玲,张平松,谢焰,等.多学科交叉型专业课程教学方法探索和应用——以“岩土钻掘工程”课程为例[J].中国地质教育,2022,31(4):84-88.
- [5] 刘永升,王瑜,刘宝林,等.新工科背景下岩土钻掘工程学课程教学改革创新探索[J].高教学刊,2022(31):127-130.
- [6] 刘瑾,车文越,宋泽卓,等.人工智能赋能地质类大学生创新实践能力培养的教学改革研究[J].中国地质教育,2025,34(5):1-5.
- [7] 白冰.人工智能背景下岩土工程学科核心课的升级——兼论土木类课程的发展方向[J].高等建筑教育,2026,35(1):30-36.
- [8] 刘文惠,李国荣,刘亚斌,等.人工智能赋能西部高校地质工程教学改革的路径探索——以青海大学为例[J].中国地质教育,2025,34(5):18-22.
- [9] 袁进科,王胜,蔡国军,等.新一轮找矿背景下钻掘工程课程教学设计与探索——以岩土钻掘设备课程为例[J].高教学刊,2025,11(24):114-117.
- [10] 李振祥,蔡家品,沈立娜,等.地外天体取心钻头技术研究进展及关键突破[J].钻探工程,2026,53(3):10-23.
- [11] 本刊编辑部.2018年探矿工程十大新闻[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(1):1-4.
- [12] 《钻探工程》编辑部.2025年探矿工程十大新闻[J].钻探工程,2026,53(1):1-3.
- [13] 李亚洲,孙友宏,张楠,等.极地中深及深冰芯钻探项目进展及对我国的启示[J].钻探工程,2024,51(6):1-13.
- [14] 王瑜.自然资源部部署“十五五”新一轮找矿突破战略行动[N].中国自然资源报,2026-06-17(001).
- [15] 陈果.煤矿井下钻探虚拟培训考核平台建设[J].煤矿机械,2025,46(12):251-254.
- [16] 朱国,刘桂芹,陈果.煤矿井下钻探装备设计虚拟化云桌面平台研究[J].煤矿机械,2024,45(10):196-198.
- [17] 刘恒全,李峻峰,刘春海.基于AI赋能的数字化工具教学评价路径探索——以工程伦理课程为例[J].科教导刊,2026(1):4-7.

-
- [18] 岩土与隧道工程系举办“工程地质与水文地质”智慧课程建设研讨会[EB/OL].
<https://www.csust.edu.cn/tmjz/info/1269/17641.htm>, 2025-11-12.
- [19] 智慧课程探索与实践系列展示:“知识贯通、项目驱动、智能赋能”[EB/OL].
<https://jwc.tongji.edu.cn/a0/9c/c30551a368796/page.htm>, 2026-04-22.
- [20] 太原理工大学矿业工程学院. 数智赋能·全链融通 创新采矿工程人才培养体系[N]. 光明日报, 2025-07-07(7).
- [21] 中安在线教育网. AI 赋能教学 让每一次思考都被看见——安庆师范大学《数据结构》课程智能教学改革探索[EB/OL]. http://edu.anhuinews.com/ahxy/202607/t20260702_9364651.html, 2026-07-02.
- [22] 教育在线. 长江大学石油工程学院: 数智赋能钻井操作教学 匠心培育知行合一石油人才[EB/OL].
https://hubei.eol.cn/hubgd/202511/t20251113_2700310.shtml, 2025-11-13.
- [23] 重庆交通大学岩土与地质工程系. 岩土与地质工程系开展 2025-2026-1 学期第一次教研活动[EB/OL].
<http://hhxy.cqjtu.edu.cn/info/1393/19690.htm>, 2025-09-29.
- [24] 重庆交通大学岩土与地质工程系. 岩土与地质工程系开展 2025-2026-1 学期第二次教研活动[EB/OL].
<http://hhxy.cqjtu.edu.cn/info/1393/19689.htm>, 2025-10-27.