

# 短学时地下工程专业《岩土工程勘察》课程的人机协作教学模式探索

费 凯

中国地质大学(北京)工程技术学院, 北京

收稿日期: 2026年4月21日; 录用日期: 2026年6月19日; 发布日期: 2026年6月30日

## 摘 要

基于地下工程专业《岩土工程勘察》课程的教学实践, 针对该课程在特定培养方案下存在的学时受限、内容繁杂及野外实践教学缺失等问题, 本文开展了基于BOPPPS模型、融合真实工程资料复盘与人工智能(AI)辅助的混合式教学探索。研究旨在通过依托真实工程情境, 将工程一线原始勘察数据引入课堂, 并借助AI工具优化教学流程。对30名学生的教学实践显示: 该教学模式有效提升了学习积极性, 期末平均成绩达82分; 事故案例导入与参与式学习环节获得了85.7%的正面评价。问卷调查同时显示, 约25%的学生在岩石宏观辨识与复杂参数取值上仍存在掌握不足。实践表明, AI工具虽能显著提升规范查询与报告编写效率, 但无法完全替代实物感知训练; 后续教学需进一步完善人机协作下的数据复核机制, 兼顾数智化技能与工程伦理培养。

## 关键词

地下工程, 岩土工程勘察, BOPPPS模型, AI协作, 教学实证

# Exploration of a Human-AI Collaborative Teaching Mode for the “Geotechnical Investigation” Course in Underground Engineering Majors under Limited Class Hours

Kai Fei

School of Engineering and Technology, China University of Geosciences (Beijing), Beijing

Received: April 21, 2026; accepted: June 19, 2026; published: June 30, 2026

文章引用: 费凯. 短学时地下工程专业《岩土工程勘察》课程的人机协作教学模式探索[J]. 创新教育研究, 2026, 14(6): 561-567. DOI: 10.12677/ces.2026.146461

## Abstract

Based on the teaching practice of the “Geotechnical Investigation” course for Underground Engineering majors, this paper addresses challenges such as limited teaching hours, complex content, and the absence of field practice within specific training schemes. It explores a blended teaching approach based on the BOPPPS model, integrating the review of authentic engineering data with Artificial Intelligence (AI) assistance. The research aims to return to engineering fundamentals by introducing raw frontline investigation data into the classroom and leveraging AI tools to optimize the teaching process. Teaching practice involving 30 students demonstrates that this mode effectively enhanced learning enthusiasm, resulting in an average final score of 82. Furthermore, the introduction of accident cases and participatory learning segments received 85.7% positive feedback. However, questionnaire surveys indicate that approximately 25% of students still show deficiencies in macroscopic rock identification and the selection of complex parameter values. Practice suggests that while AI tools significantly improve the efficiency of standard code consultation and report writing, they cannot fully replace physical perception training. Future teaching should further refine data verification mechanisms under human-AI collaboration, balancing the cultivation of digital intelligence skills with engineering ethics.

## Keywords

Underground Engineering, Geotechnical Investigation, BOPPPS Model, Human-AI Collaborative, Empirical Teaching Study

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. 问题的提出

《岩土工程勘察》是地下工程专业的核心专业课程，承担着培养学生获取地质参数、识别工程风险等关键职业能力的任务[1]。与地面建筑工程相比，隧道、城市地下空间等地下工程具有显著的隐蔽性、不确定性与不可逆性，这对勘察数据的精准判读与地质逻辑推演提出了更高的要求[2][3]。以笔者所在院校的教学现状为例，该课程在实际运行中面临着学时受限、要求具体的客观压力，因此必须提高教学效率，将有限学时集中用于最核心内容。

首先是学时严重不足与教学内容繁多的矛盾。随着行业标准的不断更新，课程内容覆盖岩土物力学性质、勘探测试技术、地下洞室围岩分级以及成果报告编写等完整体系。传统单向讲授模式容易使学生停留在规范条文的记忆层面，难以在有限时间内形成工程化理解，常出现懂理论但不会处理数据、背规范但不会用于工程的情况[4]。其次，理想化数据与工程真实情境存在脱节。受安全与经费限制，野外实验教学难以常态化开展，课堂案例多采用经过整理的标准数据，导致学生面对真实且含噪声的现场记录时缺乏应对方法，难以建立对地质数据的敏感性[5][6]。最后，数智化工具在教学中的应用不足。当前岩土工程行业加速向数智化转型，AI在地质信息表达、参数反演与辅助决策等方面已显示潜力，但课堂教学仍较多停留在手工查表与经验式计算阶段。如何在不断增加学时负担的条件下，引入大语言模型等工具提升学习效率与工程能力，是需要解决的问题[7][8]。

鉴于此，本文基于 BOPPPS 教学模型[9]，尝试引入真实数据复盘与 AI 辅助双轨策略[10]，探索适用

于短学时背景的教学优化路径，以强化学生工程实战思维的形成。

## 2. 基于 BOPPPS 模型与 AI 协作的模块化教学探索

针对短学时的限制，本研究不再沿用教材章节的线性讲授，而是基于成果导向理念，将教材核心内容划分为地质基础与识图、数据获取与清洗、地下工程专项评价、成果产出四大逻辑模块，并将 BOPPPS 模型的六个环节(导入、目标、前测、参与式学习、后测、总结)嵌入课堂教学全过程(图 1)。

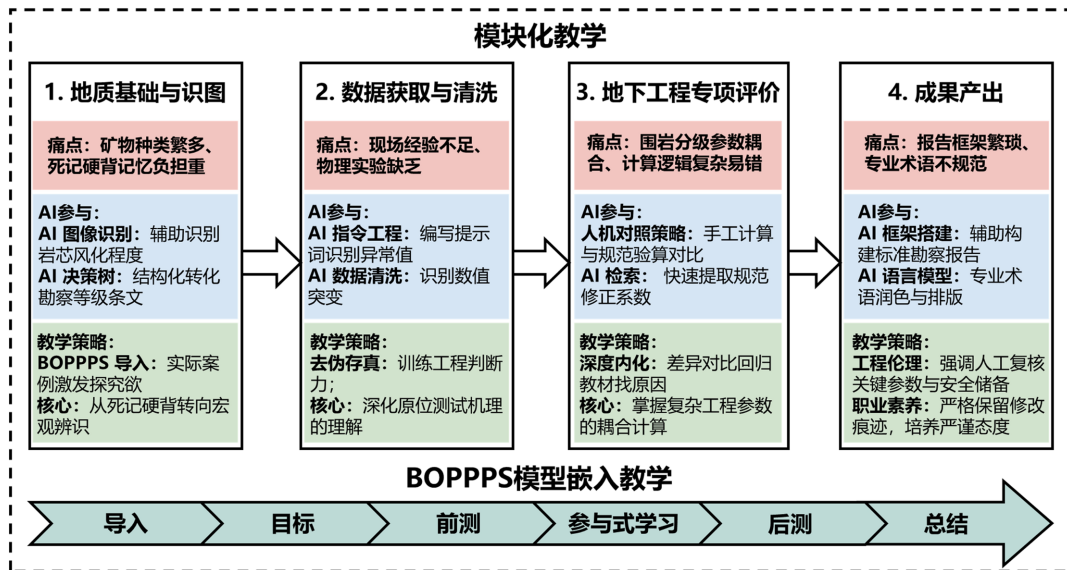


Figure 1. Implementation path diagram of BOPPPS modular teaching assisted by AI  
图 1. AI 辅助下的 BOPPPS 模块化教学实施路径图

在地质基础与识图模块中，教学重点由矿物晶体结构等偏记忆性内容转向岩石宏观辨识与勘察等级判定。针对矿物种类多、记忆负担重的痛点，在 BOPPPS 导入环节直接呈现隧道塌方、突水等真实地下工程事故案例，以工程场景引出地质判识的重要性，激发学生学习动机。在参与式学习环节，引入豆包、DeepSeek 等 AI 图像识别作为辅助工具：学生上传岩石照片，利用 AI 辅助识别风化程度，并依据规范判定等级。针对勘察等级划分中较复杂的文字条文，引导学生借助 AI 将条文转化为结构化决策树，以支持宏观地质概念的建立。

在数据获取与清洗模块中，尝试弥补现场经验的不足。教学中引入工程中真实的、包含噪声的野外取样记录及原位测试数据作为教学素材。尤其是在原位测试的教学中，引入 AI 作为数据清洗工具。学生需编写提示词，指令 AI 识别标准贯入试验(SPT)中的异常高击数，并提出剔除或修正方案。这一过程旨在训练学生去伪存真的工程判断力，使其在掌握统计学工具的同时，深化对原位测试机理的理解，从而在一定程度上弥补物理实验缺乏带来的影响。以下为针对核心任务的典型“提示词”设计案例(表 1)。

Table 1. Standard penetration test design case  
表 1. 标贯实验设计案例

人机协作阶段	内容详情	教学意图与认知分析
学生提示词设计	“你现在是一名资深岩土工程师。以下是我获取的未经处理的 SPT 击数序列。请帮我识别其中的异常值，并给出剔除或修正的建议，输出格式需为 JSON 结构。”	赋予 AI 特定专家角色并规范输出格式，测试学生结构化表达工程需求的能力。

续表

AI 原始输出	{"Anomaly_Detection": {"Depth": "13m", "Value": 52}, "Correction_Suggestion": "建议将其作为异常噪声剔除, 并使用前后两点的均值进行平滑处理。"}	大语言模型基于纯统计学逻辑进行预测, 敏锐识别了数值异常, 但缺乏对三维地质属性的物理感知。
学生批判性修正	“我拒绝了 AI 的建议。经调取比对同深度的岩芯影像, 我发现该处夹带了密实含砾粗砂透镜体。该高击数客观反映了局部地质特征, 属于‘地质真值’。盲目平滑将导致工程设备选型失误。”	学生克服了自动化偏见, 将 AI 结论与物理地质资料交叉验证, 完成了从“数据处理者”向“地质推演者”的认知提升。

在地下工程专项评价模块中, 教学核心在于地下洞室围岩分级这一难点。该内容涉及岩石强度、完整性、地下水、地应力等多参数耦合, 计算逻辑复杂且易出现误判。为此, 教学采用人机对照策略。学生首先基于真实掌子面地质图开展手工计算, 再利用 AI 检索《工程岩体分级标准》<sup>1</sup>中的修正系数进行独立验算。当人机结果存在差异时, 引导学生回到教材与规范追溯原因, 例如地下水修正系数取值依据不同等, 以促进概念理解与方法内化。

在成果产出模块中, 利用 AI 辅助学生搭建符合国家要求的勘察报告框架, 并对术语表达进行规范化润色。此阶段教学重点转向工程伦理与责任意识培养, 要求学生对 AI 生成内容进行复核, 尤其对地基承载力、围岩级别等关键参数核查安全裕度, 并保留修改痕迹, 以形成严谨的工程写作与质量控制习惯。

### 3. 实证数据分析与讨论

课程结束后, 为了客观评估本次教学改革的有效性, 研究对参与试点的 30 名地下工程专业学生进行了全样本成绩分析, 发放并回收了 28 份有效调查问卷。数据客观反映了教学方法的成效与不足。

对 30 份期末总评成绩的统计显示, 教学改革有效保障了教学质量的底线, 并促进高分段学生的提升(图 2)。期末平均分为 81.99 分, 标准差为 5.42, 整体水平良好。最低分为 74.8 分, 实现了全员及格。这一数据表明, AI 工具的引入有效降低了规范查询和报告编写的认知门槛, 使得基础相对薄弱的学生也能在有限学时内完成符合标准的基本作业, 消除了不及格的尾部风险。同时, 成绩分布呈现出明显的高分段聚集效应, 85 分以上的学生占比达到 33.3%, 最高分达到 92.0 分。这部分学生成功从繁琐的公式计算中解脱出来, 将精力集中在复杂的工程决策分析与地质逻辑推演上, 验证了人机协作模式在培养高阶思维方面的有效性。

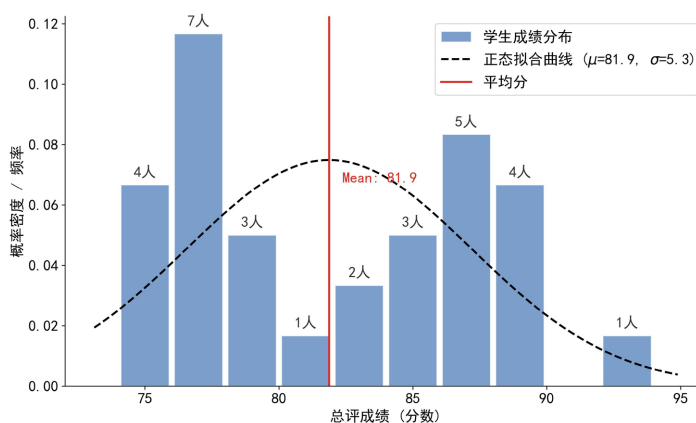


Figure 2. Distribution of student scores  
图 2. 学生成绩分布情况

<sup>1</sup><https://www.mohurd.gov.cn/file/old/2014/20140828/GBT50218-2014%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E5%B2%A9%E4%BD%93%E5%88%86%E7%BA%A7%E6%A0%87%E5%87%86.pdf?n=%E5%B7%A5%E7%A8%8B%E5%B2%A9%E4%BD%93%E5%88%86%E7%BA%A7%E6%A0%87%E5%87%86>

问卷数据进一步呈现学生的学习体验(图 3)。在课程设计维度,事故案例导入与参与式学习策略获得了极高的认可。调查结果显示,71.43%的学生非常同意事故案例导入激发了学习兴趣,另有 14.29%表示同意;75%的学生非常同意参与式学习提升了工程师的角色代入感。两项合计的正面评价均超过 85.7%。这一数据表明,针对地下工程看不见、摸不着的专业痛点,情境化教学有效解决了短学时课程枯燥的问题,情境化教学在短学时课程中有助于提升课堂投入度与学习动机。

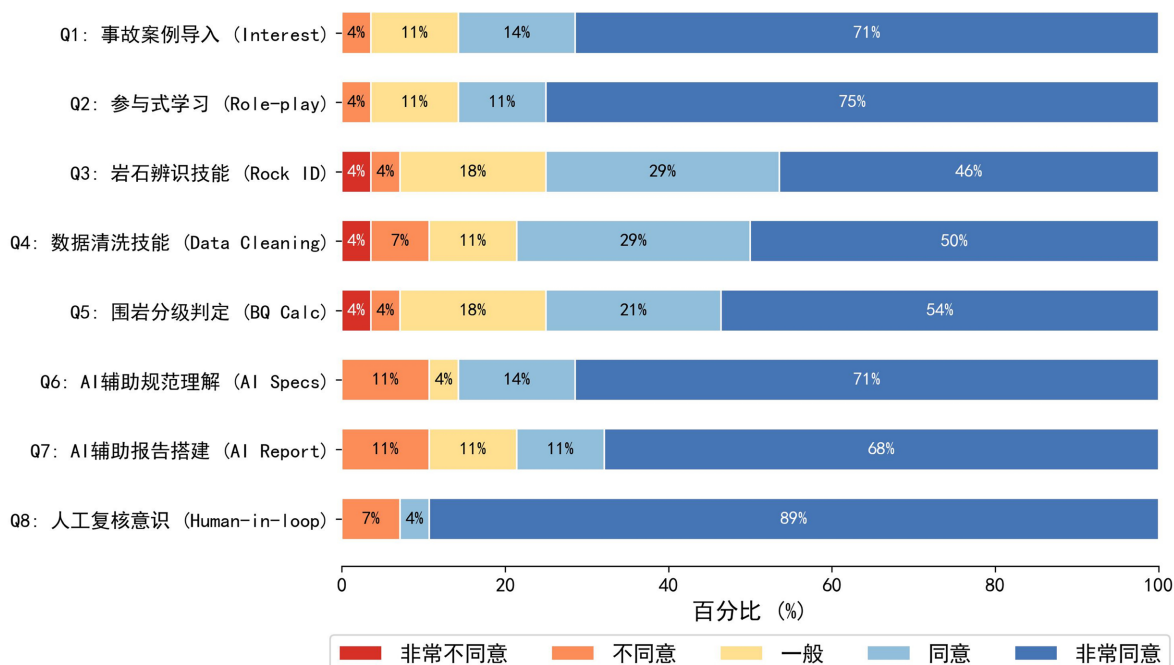


Figure 3. Analysis of student questionnaire survey results

图 3. 学生问卷调查结果分析

在技能掌握维度,问卷呈现出一定分化。虽然多数学生对技能掌握持肯定态度,但在岩石辨识、数据清洗以及围岩分级判定等关键技能方面,仍有较明显的薄弱群体。岩石辨识方面虽有 46.43%“非常自信”,但“一般及以下”合计约 25%;面对含噪声的原位测试数据清洗时,约 21.4%的学生表现为犹豫或不掌握;围岩分级 BQ 值计算中,自评不足比例亦达到 25%。这一结果提示:约四分之一学生虽能完成考核要求,但底层地质判别逻辑仍未充分内化。仅依赖照片与软件模拟难以完全替代实物标本的直观训练,同时 AI 工具的便捷性也可能掩盖部分学生基础薄弱的问题。

在 AI 应用与伦理维度,调查结果展现了学生良好的工具素养。约 70%的学生认可 AI 在规范理解与报告润色中的助教作用,认为其有效提升了学习效率。最为积极的数据在于工程伦理意识的内化,高达 89.29%的学生强烈认同 AI 生成的结论必须经过人工复核。这一高比例证明了课程在传授技能的同时,成功植入了风险意识与责任意识,学生并未盲目依赖技术,而是建立了清晰的人机协作边界。

#### 4. 结论与建议

综上,在学时受限且以课堂教学为主的条件下,基于真实数据与 AI 辅助的 BOPPPS 教学设计具有可行性。实证结果显示,该模式在不增加学时的前提下提升了学习积极性与工程伦理意识,期末成绩分布总体良好,体现出较高的教学效率与可操作性。

针对问卷反映的技能掌握差异,后续教学可从以下方面持续优化:

1) 加强实物观察与接触。AI 图像识别便捷,但岩石具有高度空间变异性。未来课堂应建立标准岩芯实体库,引入真实标本供传阅比对,并辅以高精度三维数字模型。通过“实体触摸 + 三维虚拟”叠加,弥补纯数字化认知的盲区,提升学生对岩体宏观特征的直观感知与判别稳定性。

2) 增加针对性强化训练。针对含噪数据清洗、围岩分级参数取值等高阶难点,拟开发微项目模块。通过课外分层训练,引入含典型测试噪声的工程数据集,要求学生结合地质逻辑自主甄别并修正畸变参数。以此引导学生跳出套公式思维,切实提升处理复杂地下工程数据的能力。

3) 将人工复核纳入考核要求。明确要求学生在勘察报告作业中,提供 AI 初稿与人工修正的详细对照轨迹,并对围岩级别等关键参数的安全裕度给出规范核查依据。通过过程性评价提升学生坚守工程安全底线,在应用数智化工具的同时,持续强化独立的专业判断力与质量控制意识。

未来教学将继续以学生能力需求为导向,进一步探索数智化背景下地下工程人才培养的有效路径。

## 基金项目

本文得到中国中央高校基本科研业务费专项资金[2-9-2024-018]的资助。

## 参考文献

- [1] 陈志芳. 当前岩土工程勘察中存在的问题分析[J]. 建筑设计管理, 2011, 28(12): 56-57.
- [2] 王梦恕. 中国铁路, 隧道与地下空间发展概况[J]. 隧道建设, 2010, 30(4): 351-364.
- [3] Yu, P., Liu, H., Wang, Z., Fu, J., Zhang, H., Wang, J., et al. (2023) Development of Urban Underground Space in Coastal Cities in China: A Review. *Deep Underground Science and Engineering*, 2, 148-172. <https://doi.org/10.1002/dug2.12034>
- [4] 黄宝忠. 从“大工程观”到“大教材观”: “新工科”人才培养与教育出版创新[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2018, 4(5): 105-116.
- [5] 张晓鹤, 黄颖怡, 何贤钊, 等. 野外与室内实验融合优化教学模式探索——以海岸水质遥感智能探测实验课为例[J]. 教育进展, 2024, 14(9): 1012-1017.
- [6] 祖辅平, 杜菊民, 蔺晓燕, 等. 《工程地质分析原理》课程的教学实践与思考[J]. 高校地质学报, 2022, 28(3): 394-401.
- [7] 杨彬, 肖鸿儒, 高尚, 等. 基于协同专家系统的建筑施工大语言模型问答系统[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2026, 54(1): 13-21, 30.
- [8] Qadir, J. (2023) Engineering Education in the Era of ChatGPT: Promise and Pitfalls of Generative AI for Education. 2023 *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Kuwait, 1-4 May 2023, 1-9. <https://doi.org/10.1109/EDUCON54358.2023.10125121>
- [9] 曹丹平, 印兴耀. 加拿大 BOPPPS 教学模式及其对高等教育改革的启示[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(2): 196-200, 249.
- [10] 杨庆, 孔纲强, 孔宪京, 等. 生成式人工智能驱动高等工程教育新生态的构建[J]. 高等建筑教育, 2025, 34(1): 11-17.

---

## 附录

调查问卷内容:

本问卷旨在了解本学期的学习体验,用于教学研究与改进。问卷匿名,请根据真实感受填写。(1~5分,1表示非常不同意,5表示非常同意)

- 1) 课程中引入的“地下工程事故案例”(如隧道塌方、突水)作为导入环节,极大地激发了我的学习兴趣。
- 2) 在“参与式学习”环节,我能感受到自己作为一名“勘察工程师”在解决实际问题,而不是在机械记忆。
- 3) 通过对真实钻孔岩芯照片的辨识练习,我能够区分花岗岩、玄武岩及岩石的风化程度。
- 4) 面对真实的、包含噪声的原位测试原始数据(如 SPT、CPT),我掌握了对其进行清洗和统计分析的方法。
- 5) 我能够运用岩石强度和完整性指数,结合《工程岩体分级标准》,独立完成地下洞室围岩分级(BQ值计算)的判定。
- 6) 使用 AI 工具(如 ChatGPT/文心一言等)帮助我快速理解了晦涩难懂的《岩土工程勘察规范》条文。
- 7) AI 工具在协助我搭建勘察报告框架及润色专业术语方面,起到了明显的“助教”作用。
- 8) 我认识到 AI 生成的勘察结论可能存在错误,必须经过人工复核(Human-in-the-loop)才能写入报告。