

DeepSeek 驱动的《高等土力学》教学改革： 生成式 AI 的实践路径与风险应对

张明飞, 刘昊钰, 窦国涛, 顾展飞, 于海莉

郑州航空工业管理学院, 河南 郑州 450046

DOI: 10.61369/SDME.2025040005

摘要：随着大语言模型（LLM）的突破性发展，人工智能技术正在重构高等教育范式。本研究以 DeepSeek-R1 为核心工具，探索其在《高等土力学》教学改革中的应用实践。结果表明：DS 可动态生成水滴形屈服面本构模型推导、原位测试设备设计方案（如无人机-十字板剪切仪）及教学辅助资源（如土力学卡通人物），有效降低认知门槛并提升效率；但存在专业可靠性不足（知识幻觉、计算缺陷）及削弱批判性思维的风险。对此，提出“LLM+领域模型”协同框架与分层任务设计（基础概念动画→进阶文献修正→AI挑战作业），并建议普通高校采取“轻量化集成”策略——短期利用 LLM 填补资源缺口，长期构建领域校验模块，推动以批判性思维为核心的 AI 协同教学改革。

关键词：大语言模型；DeepSeek-R1；高等土力学；教学改革；本构模型；批判性思维

DeepSeek-Powered Teaching Reform in Advanced Soil Mechanics: Practical Pathways and Risk Mitigation for Generative AI

Zhang Mingfei, Liu Haoyu, Dou Guotao, Gu Zhanfei, Yu Haili

Zhengzhou University of Aeronautics, Zhengzhou, Henan 450046

Abstract： With the breakthrough development of Large Language Models (LLMs), artificial intelligence technology is reshaping the paradigm of higher education. This study employs DeepSeek-R1 as a core tool to explore its practical application in the teaching reform of Advanced Soil Mechanics. The results demonstrate that DeepSeek-R1 can dynamically generate derivations of waterdrop-shaped yield surface constitutive models, designs for in-situ testing equipment (e.g., drone-mounted vane shear apparatus), and teaching aids (e.g., soil mechanics cartoon characters), effectively lowering cognitive barriers and improving efficiency. However, it also presents risks of insufficient professional reliability (e.g., knowledge hallucination, computational inaccuracies) and potential weakening of critical thinking skills. To address these challenges, we propose a collaborative "LLM + Domain-Specific Model" framework and a tiered task design (basic concept animations → advanced literature revision → AI challenge assignments). We further recommend that universities adopt a "lightweight integration" strategy: leveraging LLMs to bridge resource gaps in the short term while constructing domain-specific validation modules in the long term, thereby advancing AI-assisted teaching reform centered on cultivating critical thinking.

Keywords： large language model (LLM); DeepSeek-R1; advanced soil mechanics; teaching reform; constitutive model; critical thinking

引言

近年来，随着人工智能技术的不断发展，在高等教育领域，AI技术的深度应用正在重构传统大学的职能边界^[1]。基于 Deepseek、通义千问、豆包、Kimi、ChatGPT、文心一言等基于通用人工智能的大语言模型（LLM）取得突破性进展，使得大学生和研究生对于知识信息部分的获取和利用更加容易，给课程的传统教学设计带来了机遇与挑战^[2]。例如，高校接入 DeepSeek 背景下研究生教学和科研的方便性有所提高，但“学而不思则罔”，不深入思考也容易产生创新下降的问题^[3]。

袁杰等^[4]以广州大学为例，提出“互联网+土力学”的教育改革方法和路径。孙林娜等^[5]探索“智能+教育”背景下工科专业基础

基金项目：河南省高等教育教学改革研究与实践项目（2024SJGLX0632）、河南省研究生教育改革与质量提升工程项目（YJS2025XQC36）、郑州航院研究生教育改革与发展研究项目（2024YJSJG44、2025YJSJG35、2025YJSJG36）、河南省教育科学规划2025年度一般课题（2025YB0141）、郑州航院校级教改（zhzy25-87）。

作者简介：张明飞（1989—），男，博士，主要从事地下工程、原位测试、地基处理和边坡等方面的工作。

课程 MOOC+SPOC 教学模式在专业核心课程《土力学》中的应用。

高等土力学是岩土工程前沿研究的核心基础学科之一，但因涉及多场耦合理论、复杂本构建模以及数值模拟等跨领域知识与技术，往往需要长期的学术积累与专业训练，方能支撑研究人员深入探索非饱和土、结构性土等复杂土体行为。

基于 LLM 的语义交互能力，可动态生成广义位势理论推导、多场耦合仿真代码及智能本构模型参数反演方案，这为攻克岩土机理认知瓶颈与高性能计算实现开辟了范式革新的路径^[6]。DeepSeek-R1(简称 DS)是由中国深度求索公司开发并于 2025 年 1 月正式发布的 LLM。凭借其在数学、代码整合机制和长链推理任务方面的性能，以及成本优势，它受到了学术界和工业界的广泛关注^[7]。鉴于此，本研究以 DS 为主要研究对象，针对 AI 在辅助高等土力学中研究的应用开展了研究。

一、DeepSeek 在高等土力学中的应用

（一）水滴形屈服面本构模型

从热力学^[8]和广义位势理论(GPT)^[9]的角度晦涩难懂和较为前沿的水滴形屈服面本构模型。

临界状态线(CSL)的约束：土体塑性理论的核心是临界状态概念。无论初始状态如何（正常固结或超固结），持续的剪切变形最终会使土体达到一个唯一的临界状态。在这个状态下偏应力 q 不再变化，体积不再变化，应力比达到一个材料常数 M 。所有不同的屈服面在塑性变形过程中，其顶点或特定的点最终都收敛于临界状态线(CSL)上。修正剑桥模型等基于临界状态理论的模型中，屈服面的大小是由唯一状态参数控制的。

水滴形模型工程意义：更准确预测超固结土边坡浅层滑坡、密砂液化后强度骤降等现象，因其捕捉了低应力区失稳破坏的热力学突变本质。水滴形屈服面更符合实际土体，其热力学本质是：在低围压下，土体从高有序度状态（低熵）向剪切带局部化状态（高熵）演化，伴随组构失稳与能量骤释。GPT 的解释是拉压不对称性(π 平面呈现三轴对称“水滴形”，拉伸区强度显著低于压缩区)和压力相关性(屈服面尺寸随平均应力 p 非线性变化)。通过严格区分耗散能与自由能，建立了符合热力学的本构模型框架，解决了经典模型的理论缺陷，并推导出能预测非关联流动、低应力剪胀、静态液化等现象的新模型($\alpha-\beta$ 族)。塑性功等于锁存能与耗散能。通过转换应力将耗散应力空间的屈服面映射至真实应力空间。GPT 将塑性应变增量分解为拟弹性部分和纯塑性部分，解决土体塑性方向非唯一性问题，并改善本构矩阵正定性。笔者建议广义位势理论的角度出发，确定单重势面条件下，塑性增量矩阵中的参数与剪胀比的关系，架起了广义位势理论与类剑桥模型的桥梁。

另外从数据中学习本构响应，无需预先假设具体的数学形式，这与广义位势理论^[10]和清华模型^[11]不谋而合。GPT 将塑性应变增量方向与大小统一表述为数学势函数问题，无需屈服函数等概念，改善本构模型的通义性，且更适应水滴形曲率的复杂演化。DS 建议：利用张量不变量理论和神经网络构建隐式应力-应变本构模型。其核心在于：将本构关系表示为基于不变量的残差函数 $G=0$ ，用神经网络逼近 G ，并在应用时通过迭代求解该隐式方程获得应力。

笔者提问能否将渗流场中的概念（流线、等势线）引入到土

力学塑性理论中。因为在土体塑性理论中，将热力学概念与渗流场类比：流线→塑性应变增量方向；等势线→屈服面；正交条件→关联流动法则；DS 给出建议步骤①建立正交微分方程，②插值(Kriging 插值或径向基函数 RBF)构建连续流场，③数值积分(四阶 Runge-Kutta 法)生成参考屈服面，④沿法向生成等势线族，⑤验证正交性与等势差。并指出在低围压区使用正则化避免数值振荡。

（二）适用于大面积软土的原位测试设备

针对新型无人机平台的原位测试设备，目前罕见。针对吹填造地等难进入软土工程中加固效果智能监测评估，DS 建议：无人机-十字板剪切设备，具有单日可达 20~30 个点位、克服无法取样困难以及无扰动测试等优势。增加无人机底部三轴云台，抵消悬停晃动；激光测距模块实时校准贯入深度。

（三）原创高等土力学卡通人物

在 DS 中通过简单提问：绘制一个原创的高等土力学卡通形象；便可给出形象名称：摩尔博士以及形象设计草图：想象一个由几块温暖棕褐色土块堆叠而成的 Q 版小人（约 3~4 个头身比）。他戴着一个酷炫的透明头盔，里面有个小小的圆柱形土样，头盔连着管子和表盘。圆圆的护目镜下是一双充满求知欲的大眼睛，镜片上正显示着一个带包络线的红色莫尔圆。他腰间挂着一串五彩缤纷的小石子（土颗粒）。背后一个装着蓝水的透明小背包“噗噗”地冒着泡（孔隙水压力）。他一手抱着一块发光的平板，上面满是跳动的公式，另一只手可能拿着一个小铲子或正在指指点点。脖子上系着一条绿色网格围巾。他的表情专注而略带一丝学者特有的“呆萌”，仿佛正在解决一个关于土体稳定性的世界级难题。脚下可能还散落着《Critical State Soil Mechanics》、《Unsaturated Soil Mechanics》等书。继而通过搞定 AI 软件绘制卡通人物（见图 1）。此图与手绘的土力学卡通人物（见图 2）相比，虽然都是土组成的人物，明显 AI 生成的更加偏人形，更丰富、立体和深刻。

（四）优势

大语言模型(LLM)如 DS 在《高等土力学》研究生课程教学中兼具显著优势与潜在风险。LLM 可生成土体本构关系（如剑桥模型）、渗流-应力耦合过程的三维动画或直观图像，降低学生认知门槛。快速提炼土力学前沿及进展（如“大面积超软土”），引导学生聚焦核心问题。



图1 AI生成的高等土力学卡通人物

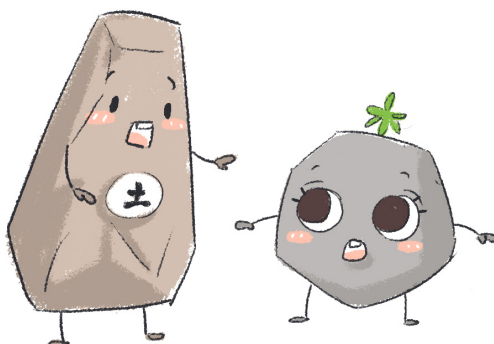


图2 手绘的土力学卡通人物

（五）劣势

1. 专业可靠性不足

（1）知识幻觉与领域局限 DS可能错误生成“广义位势理论”或“屈服面本构方程”等专业内容，因训练数据缺乏土力学权威文献（如《Geotechnique》最新成果）。比如即使提问笔者想到的简易三轴框架以及用热力学方法描述水滴形屈服面本构模型，DS也无法给出有效建议。

（2）数学计算缺陷：无法精准求解土体屈服准则微分方程或有限元矩阵，需依赖专业数值软件验证。

2. 批判性思维削弱风险

（1）答案依赖症：学生可能直接采纳 DS生成的“边坡稳

定系数计算流程”，忽视传统理论推导的严谨性，导致基础能力退化。

（2）逻辑漏洞忽视：DS对“土体液化机理”的表述可能存在因果谬误，建议教师设计“找茬任务”强制学生辨析。清华大学“海洋污染防治”课程通过“给 AI 视频找茬”任务，使学生错误识别率下降 40%。

二、普通高校建议

（一）“LLM+领域模型”协同框架

结合轻量化领域特定模型（DSM）约束 LLM 输出，例如：用本地化“土力学知识图谱”校验 LLM 生成的本构模型描述。构建课程专属数据库（如三轴试验数据集），提升回答准确性。

（二）分层任务设计

1. 基础概念学习

生成动画 / 类比解释（如从圆形→椭圆形→水滴形屈服面），直观理解抽象理论以及变化的解释。

2. 进阶研究任务

提供文献综述框架，要求手动修正错误 培养批判性验证能力。

3. 设计“AI挑错”作业

通过挑错分析“修正剑桥模型”表述的漏洞。

三、结论

DS在《高等土力学》教改中具有以下应用价值：

1. 核心价值：DS在《高等土力学》教学中显著降低教学成本、填补师资与实验资源缺口，通过生成本构模型动画、前沿研究综述及创新工具设计（如无人机-十字板设备），提升教学效率。

2. 潜在风险：专业可靠性不足（知识幻觉、数学计算缺陷）；削弱学生批判性思维（过度依赖生成答案）。

3. 改革路径：短期路径可以用 LLM 生成预习材料 / 虚拟实验，课堂聚焦深度讨论；长期建议构建“土力学领域模型数据校验模块”，发展以批判性思维为核心的 AI 协同教学模式。

参考文献

- [1] 别敦荣. AI 技术应用于大学教育教学的理论阐释 [J]. 中国大学教学, 2024, (05): 4-9+2.
- [2] 付龙龙, 周顺华, 王炳龙, 等. 大语言模型背景下土力学课程教学方法探讨——以交通工程方向研究生课程教学为例 [J]. 高教学刊, 2024, 10(11): 28-31.
- [3] 何迎春, 张月娟, 周芳亮, 等. 生物化学课程“数智”教学改革探索与实践 [J]. 高教学刊, 2024, 10(36): 143-146.
- [4] 袁杰, 赵倩怡, 董华伟, 等. 信息化时代土力学专业教学改革研究——以广州大学为例 [J]. 高等建筑教育, 2021, 30(06): 87-92.
- [5] 孙林娜, 时伟, 郭栋, 等. “智能+教育”背景下的 MOOC+SPOC 教学模式改革与探索——以《土力学》为例 [J]. 水利与建筑工程学报, 2022, 20(01): 207-210.
- [6] 李欣. 地方标准《岩土工程信息模型技术规程》编制解读 [J]. 福建建筑, 2021, (05): 88-91.
- [7] 游新冬, 张旭, 吕学强, 等. 面向实体搜索的大语言模型测试评估技术 [J]. 宇航计测技术, 2024, 44(06): 1-13.
- [8] Yao Y., He G., Luo T. Study on determining the plastic flow direction of soils with dilatancy [J]. Acta Geotechnica, 2023, 18(5): 2411-2425.
- [9] 杨光华, 温勇, 钟志辉. 基于广义位势理论的类剑桥模型 [J]. 岩土力学, 2013, 34(06): 1521-1528.
- [10] 杨光华. 土的现代本构理论的发展回顾与展望 [J]. 岩土工程学报, 2018, 40(8): 1363-1372.
- [11] 李广信. 土的清华弹塑性模型及其发展 [J]. 岩土工程学报, 2006, 28(1): 1-10.