

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2026.01.004

欢迎按以下格式引用: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.

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

白冰

(北京交通大学 土木建筑工程学院, 北京 100044)

摘要:人工智能(AI)正广泛应用于土木工程类岩土工程学科领域,打破了传统教学方法的局限性,同时也为学科内涵的革新与人才培养模式的升级提供了新的思路和方法。基于岩土工程学科土动力学及应用核心课程,系统分析了教学中存在的课程体系滞后、跨学科合作不足、实践脱节等七大问题,并提出AI赋能土动力学及应用课程升级基本思路,旨在构建“AI+岩土”交叉学科课程体系、打造“产学研用”协同培养平台、推行“双导师制”与跨学科团队指导、强化伦理与工程风险教育、建立动态能力评估体系。基于地震液化分析案例,探讨了AI赋能对于提升学生解决复杂工程问题能力的有效性,以期为土木工程领域新工科人才培养提供系统性解决方案,推动学科与行业向智能化转型。

关键词:人工智能;岩土工程;土动力学;地震液化;课程改革

中图分类号:G642

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2026)01-0030-07

随着信息技术的快速发展,人工智能(AI)已经得到深入发展和应用,新的土木工程类岩土工程学科土动力学及应用课程面临着如下亟待解决的问题:(1)如何在有限的学时条件下,向研究生传授学术研究的精髓,并能有效、快速、充分地解决未来工程中遇到的实际问题;(2)课程核心内容涉及复杂动力荷载作用下的土力学特性、地震波动理论和抗震技术的不确定性,如何利用人工智能技术为学科发展注入新的活力;(3)在高速铁路建设等交通战略背景下,课程教学内容持续作为北京交通大学土木工程和铁道工程研究生学术研究和当前工程应用的前沿领域,如何深化学生解决复杂问题的综合能力与高级思维,促进其“知识、能力、素质有机融合”(即课程的高阶性)^[1],并增强教学吸引力至关重要。人工智能技术的广泛应用不仅是科技进步的体现,还是国家创新驱动发展战略的重要支撑。在这一背景下,人工智能与岩土工程学科深度融合,将对研究生培养的方向和目标产生深远影响。

修回日期:2025-07-12

基金项目:北京交通大学土动力学及应用专业核心课程建设项目(YJSSQ20250060)

作者简介:白冰,男,二级教授,博士,博士研究生导师,岩土工程系主任。

一、课程现状与AI融入需求分析

(一) 培养需求

1. 适应行业变革与技术升级需求

岩土工程学科本身具有高度的不确定性,复杂的地质条件、环境因素和力学行为,使得传统研究方法在处理海量数据时显得力不从心,难以高效挖掘数据中的深层次规律。然而,人工智能技术的出现为这一困境带来了转机。机器学习、深度学习和数据挖掘等技术,能够通过对大数据的分析和建模,为工程决策提供科学、精准的支持。以地震土层液化预测为例,液化是地震引发的主要灾害之一,这种现象可能引起地面的垂直沉降和横向侧移,从而对建筑结构造成严重破坏。传统的液化等级和侧移等级计算方法未能充分体现各影响因素的重要程度及其相互之间的耦合关系。当数据量较大时,这些方法的计算效率也面临挑战,人工智能算法可以对大量的土层液化数据进行快速处理和分析,准确预测地震液化触发概率和土体液化可能造成的灾害。同时,还可以判断影响因素对预测结果的贡献度,有针对性地采取措施减小地震液化灾害造成的损失,为防灾减灾提供科学决策依据。因此,将人工智能知识应用于岩土工程学科,是满足行业技术升级需求,使工程技术人员更好地适应未来职业发展的关键^[2]。

2. 响应国家发展战略要求

随着国家“双碳”目标的明确提出,土木工程领域迎来了绿色低碳发展的新机遇与新挑战。岩土工程作为土木工程的重要组成部分,其绿色化发展已成为必然趋势。在此背景下,人工智能技术的融入为岩土工程的绿色低碳转型提供了强大动力。同时,国家高度重视高层次人才的培养,强调要造就大批德才兼备的创新型人才,以适应党和国家事业发展的迫切需要。在人工智能快速发展的今天,培养创新型岩土工程研究生显得尤为重要。这些学生不仅需要掌握扎实的专业知识,还需要具备较强的创新与实践能力,从而为国家的绿色发展和可持续发展贡献智慧和力量。

3. 推动学科自身发展

岩土工程学科作为传统工科专业,面临着课程课时有限、课程教学深度不足、科研参与度低等问题,难以满足现代社会对复合型人才的需求^[3]。引入人工智能技术,能够促进学科交叉融合,为学科发展注入新的活力。

(二) 存在的问题

1. 课程体系滞后于人工智能技术的发展

目前,传统课程占比过高。大多数高校的土木工程课程仍以本专业传统理论为主,跨专业课程,如涉及人工智能、机器学习、大数据分析的课程较少,即使开设了相关课程也往往作为选修课,未与岩土工程专业深度结合。

2. 跨学科合作机制不完善

基于数据驱动的土木工程研究往往需要计算机、数学、统计学等领域的支持,但目前高校的学科交叉培养机制尚不成熟。如:岩土工程研究生想研究“基于深度学习的地震液化预测”,可能因缺乏计算机学科导师的指导而难以深入。

3. 实践环节与智能化需求脱节

首先,实验与仿真仍以传统方法为主。当前岩土工程研究生的实践训练主要依赖物理实验(如三轴试验)和模拟软件(如FLAC3D、ABAQUS、COMSOL),而AI驱动的数据分析、智能监测、自动化建模等新方法尚未充分融入实践教学。

其次,真实数据获取困难。基于数据驱动的模式训练依赖大量高质量数据,但岩土工程数据往

往分散在不同单位,且涉及保密问题,学生难以获取足够的真实数据训练AI模型,导致研究停留在理论层面。

最后,实践机会不足。当前的培养模式过于注重理论学习,缺乏足够的实践机会。学生在应用人工智能技术解决岩土工程实际问题的能力较弱,难以将所学的理论知识与实际工程场景相结合。

4. 研究方向与行业需求不匹配

研究生的学术研究课题与工程应用脱节。部分学生选择的课题聚焦于传统岩土力学理论或过分夸大了AI模型的复杂性,表现出“华而不实”的鲜明特征与弊端,抑或是,研究结果未产生实际效用,学术研究与工程需求严重脱节,使得毕业生在就业市场缺乏竞争力。已有AI应用研究缺乏深度,虽尝试将AI引入岩土工程,但研究浮于表面。例如,仅用机器学习算法拟合已有数据,而未深入分析模型的可解释性、泛化能力及工程适用性。

5. 师资队伍方面

已有教师的专业素养不足,缺乏跨专业背景。目前,高校中具备跨学科背景的教师相对较少,部分教师对人工智能技术的掌握不够深入,难以有效地将人工智能与土木工程的教学内容有机融合。这可能导致在教学过程中,教师无法准确讲解人工智能在岩土工程中的应用方法。

6. 教学模式方面

教学方法单一,教学与科研脱轨。传统的“传递—接受”式教学方法(即教师单向知识传授、学生被动接收)仍占据主导地位,难以激发学生的学习兴趣 and 主动性。前期课程教学与后期毕业研究课题之间存在割裂,课程教学阶段主要传授理论知识,科研参与度较低,而学生进入毕业课题研究时,会感到科研能力存在明显短板,创新思维不足。

7. 资源与平台支撑不足

计算资源短缺,专业AI工具缺乏。许多高校的岩土工程实验室缺乏相关硬件支持,主流岩土工程软件尚未深度集成AI功能,学生需自行编写算法,增加了研究的难度。

二、AI赋能土动力学及应用课程升级基本思路

(一) 构建“AI+岩土”交叉学科课程体系

在人工智能技术快速发展的背景下,传统的岩土工程研究生培养模式已难以满足新时代人才培养需求。构建“AI+岩土”交叉学科课程体系成为改革的首要任务。具体而言,应在现有课程体系中增设人工智能核心课程模块,包括机器学习基础、深度学习原理与应用、大数据分析与应用等内容。同时,应着力开发岩土工程领域专用的人工智能课程模块,即开发一类深度融合人工智能且面向岩土工程领域,注重工程实践的课程。这类课程要特别注重实践环节的设计,要与岩土工程实际工程紧密结合。为此,要求学生熟练掌握常用的编程语言,能够将其应用于实际工程问题的解决中。在教学方式上,应采用案例驱动教学模式,即选取岩土工程典型案例(例如砂土液化、边坡稳定等),引导学生利用人工智能方法针对具体的工程进行建模、分析和优化。教师通过实际案例加深学生对理论知识的理解,同时培养其解决实际工程问题的思维能力。北京交通大学在岩土工程学科培养方案制定过程中,构建了AI赋能土动力学及应用课程升级的课程体系,总体框架如图1所示。

(二) 打造“产学研用”协同培养平台

为了提高学生培养质量,建立高效的产学研用协同培养机制非常关键。首先,与企业合作搭建联合实验室。例如,与智能建造企业,或专注岩土工程数字化服务的科技公司共建人工智能岩土实

实验室。这些实验室不仅能够提供高性能硬件设施,还能共享宝贵的工程数据资源。在培养过程中,应坚持以实际工程问题为导向,做对社会真正有意义的研究,鼓励学生参与企业横向课题,通过解决实际问题,快速将所学专业理论知识内化于心、外化于行,加深对本专业的理解;应建立相应的激励机制,将学生参与横向课题的成果纳入考核体系。此外,还需加强国际学术交流与合作,与国外高校建立联合培养机制,聚焦人工智能在岩土工程领域的前沿问题,展开线上或线下研讨,帮助学生拓宽学术视野,提升其国际竞争力。

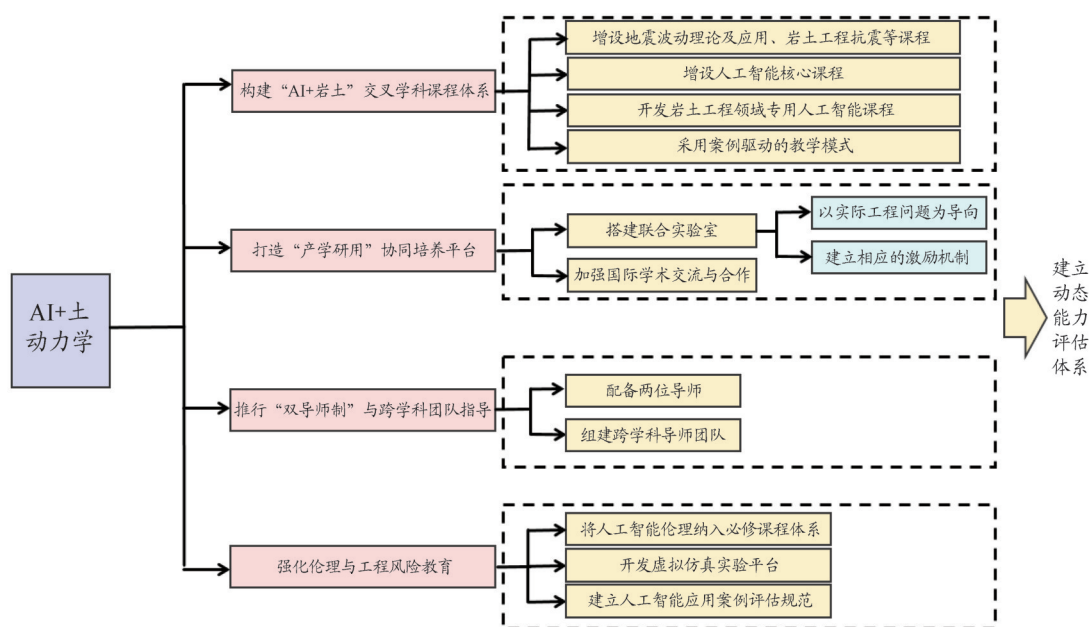


图1 AI赋能土动力学及应用课程升级框架

(三) 推行“双导师制”与跨学科团队指导

实施“双导师制”培养复合型人才,为每位研究生配备两位导师:一位是岩土工程领域的专家,负责指导岩土工程方面问题的提炼和评估解决方案的可行性;一位是人工智能领域的专家,负责指导计算机知识技术细节。为了更好地整合不同学科的优势资源,组建由3~5位来自岩土工程、计算机科学、数学等不同学科的导师构成的跨学科导师团队,定期召开联席会议,共同指导研究生开展课题研究。

(四) 强化伦理与工程风险教育

随着人工智能技术在岩土工程中的深入应用,相关的伦理问题和工程风险不容忽视。必须加强工程伦理教育,帮助学生在工程建设实践中建立科学严谨的思维方式^[4]。应将人工智能伦理纳入必修课程体系,不仅要帮助学生理解“失之毫厘,谬以千里”的深刻含义,引导其探讨数据偏差对工程的实际影响,还要讨论算法透明度与可解释性问题,以此培养学生的责任意识和道德品质,强化思政教育引领。此外,还可开发虚拟仿真实验平台,通过搭建岩土工程虚拟场景,模拟人工智能误判引发的工程事故,让学生通过沉浸式体验认识技术局限性,从而增强风险防控意识。

(五) 建立动态能力评估体系

随着人工智能的发展,能力评估体系也应与时俱进。已有的评价体系存在一定的局限性,需从三个核心维度构建全新的动态能力评估体系:一是数据素养,包括数据获取、收集、处理和分析的能力。二是创新能力,包括模型选择、搭建和优化的能力。三是工程问题抽象能力,即将实际工程问题转化为可计算模型的能力。这三个维度的评估应该采用量化的指标体系,并定期进行动态调

整。在实施过程中,可以采用量化评分表的形式,通过定量评价指标对学生进行过程性评价,并建立反馈机制,实现对学生的动态跟踪和评价体系优化。与此同时,还要保证评估方式的多样性,包括课程作业评价、项目实践评估、创新竞赛表现等。特别要落实过程性评价,通过建立学生成长档案,系统记录其在整个培养期间的能力发展轨迹。

三、实践范例:以“地震液化分析”为核心的教学案例

(一) 案例教学目标

岩土工程领域相关问题的传统解决方法存在一定的局限性,而当前教学过程中面临多重挑战,例如:AI技术融合不足、理论与实践脱节、数据获取困难、研究浮于表面、教学模式单一等。通过AI技术赋能,不断创新教学方式,有助于培养兼具扎实专业能力与优良品质的新时代土木工程研究型人才^[5]。为此,以“基于数据驱动的地震液化判别”为例,制定AI赋能的教学方案,教学目标主要如下。

1. 知识层面

理解并掌握地震土体液化机理及传统判别方法(如静力触探试验、标准贯入试验、贝克贯入试验、剪切波速试验、NCEER法、Seed&Idriss简化法)^[6-10]。掌握核心机器学习概念及相关评价指标(监督算法、聚类算法、分类、回归、模型评估指标如 Accuracy, Precision, Recall, F1 scores, AUC)^[11-13]。熟悉常用算法,如分类与回归决策树(Classification and Regression Tree)、极限梯度提升算法(eXtreme Gradient Boosting)、随机森林(Random Forest)、支持向量机(Support Vector Machine)、反向传播神经网络(Back Propagation Neural Network)等^[14]。

2. 能力层面

在数据素养方面,具有获取并处理数据、筛选最合适的模型,以及建立、训练、优化模型的能力;具有工程问题抽象和模型应用能力,能够将实际问题与模型相对应,即选取影响液化的因素作为特征输入,液化等级或液化与否作为目标输出;具有批判性思维与可解释性分析的能力,做有意义的研究,保证模型的可信度和泛化能力,具备通过特征重要性分析,如SHAP值和决策树,理解模型决策逻辑及其工程意义,尝试改进现有模型或探索新应用场景的实践创新能力;具有伦理与风险意识,认识数据偏差和模型不确定性对工程决策的潜在影响。此外,还需要培养学生跨学科协作的意识和解决复杂工程问题的信心。

(二) 案例教学设计流程

1. 理论与实践融合

课堂精讲地震液化基本理论知识及AI模型相关内容。结合实际案例进行研讨,分析经典或前沿的地震土体液化判别方法,讨论其方法的局限性并加以改进。进行模拟实践,例如针对一个具体研究课题“液化等级和侧移等级”^[12]进行深度挖掘:收集2011年2月新西兰基督城地震液化CPT数据,并用Clik、excel等进行数据处理,选取影响因素作为特征输入,确定目标输出之后,利用Python或MATLAB进行建模,并对计算结果进行分析。

2. 课时安排与资源保障

明确课程的总课时,根据不同章节的难易程度及重要性分配理论讲述、实践操作和参与项目的时间,保证理论学习不只浮于表面。同时,通过实践加深学生对地震液化的理解。学校应通过搭建工作站和智能平台,为课程学习提供良好的硬件设施和强大的资源保障。加强校企合作,企业专家可将行业需求和前沿应用带入课堂,实现对学生的指导,并为学生提供实际工程项目。同时,设立

激励机制,将优秀的项目成果作为学生毕业考核的一部分,也可推荐给合作单位参考。

3. 伦理与工程风险教育

围绕数据偏差引发的模型偏见,进而导致工程误判的核心风险展开教学研讨,将教学理论与思政元素相融合^[4],着力培养学生高尚的道德情操,引导其树立责任担当意识,坚守行业道德和原则底线,助力学生成长为合格的建设者和接班人。同时,开展模型可解释性研究,让学生明晰模型计算逻辑与结果的实际工程意义;借助 SHAP 等分析工具,量化地下水位、峰值加速度等关键特征对模型预测结果的贡献度,并讨论模型对异常值的敏感性,如分析 PGA 测量误差在 $\pm 0.05g$ 范围内对预测结果的具体影响,引导学生思考“模型在什么情况下可能失效?”“过度依赖模型预测存在哪些工程风险?”等问题。

4. 教学效果评估与反思

采用多元化的评估方式,包括课程作业(试验报告)、阶段性汇报、科技竞赛(“互联网+”、创新创业大赛、新工科比赛等),综合评定学生的能力表现。强调过程性评价,依托在线平台建立学生成长电子档案,清晰展现其在数据处理、模型构建、分析反思等核心能力维度的进步轨迹。通过问卷调查与访谈相结合的方式,收集学生对知识的掌握度、能力提升感及学习体验(含双导师、项目驱动、伦理讨论)的反馈,重点体现学生在数据驱动方法流程的掌握、AI在岩土工程应用中的理解、复杂问题解决能力的提升,以及风险意识的增强等方面的积极反馈,为教学优化提供精准依据。

四、结语

人工智能与土木工程的深度融合,是响应国家战略需求、推动学科革新与行业转型升级的必然路径。本文通过 AI 赋能助力课程升级、产学研协同平台打造、双导师制推行、伦理教育及动态评估,系统解决传统课程滞后、实践脱节、跨学科支持不足等问题,并以土木工程类岩土工程学科土动力学及应用核心课升级改造中“地震液化分析”为范例进行实践探索。实践表明,AI 赋能的教学模式可以显著提升学生的数据素养、模型构建能力及工程风险意识。未来还需持续优化动态课程资源、深化校企数据共享机制,并进行 AI 可解释性研究,拓展其在岩土复杂场景的应用深度,为培养德智体美劳、兼具创新能力与伦理责任的新工科人才提供范式支撑。

参考文献:

- [1] 曾凡林,孙毅,张莉. 工科理论力学课堂教学高阶性的思考与探索[J/OL]. 力学与实践,1-8. [2026-02-02]. <https://link.cnki.net/urlid/11.2064.03.20250908.1027.002>.
- [2] 李程程,崔怡怡,刘中究,等. CPT液化判别方法对比及基于机器学习的液化影响因素分析[J]. 地震工程与工程振动, 2025,45(3):106-117.
- [3] 余鹏程,张迎宾,彭新艳,等. 岩土工程专业课程中科研育人的实践探讨[J]. 高教学刊,2023,9(35):163-166.
- [4] Yang J. Teaching practice of civil engineering in higher education from the perspective of ideological and political education [J]. Region - Educational Research and Reviews, 2023, 5(5): 61.
- [5] 白冰. 厚植研究生专业课教学中的思政元素[J]. 践行“四个一体化”人才培养模式构建新时代研究生教育高质量发展新格局,北京交通大学出版社,2024(11):62-66.
- [6] Seed H B, Idriss I M. Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential[J]. Journal of the Soil Mechanics and Foundations division, 1971, 97(9): 1249-1273.
- [7] 赵泽宁,段伟,蔡国军,等. 中国规范 CPT 砂土液化判别模型的改进与概率形式[J]. 岩土工程学报,2025,47(4):869-876.
- [8] Boulanger R W, Idriss I M. CPT and SPT based liquefaction triggering procedures [R]. Davis: University of California,

2014.

- [9] Stark T D, Olson S M. Liquefaction resistance using CPT and field case histories[J]. *Journal of Geotechnical Engineering*, 1995, 121(12): 856-869.
- [10] Andrus R D, Stokoe K H. Liquefaction resistance of soils from shear-wave velocity[J]. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 2000, 126(11): 1015-1025.
- [11] Tantithamthavorn C, McIntosh S, Hassan A E, et al. An empirical comparison of model validation techniques for defect prediction models[J]. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2017, 43(1): 1-18.
- [12] 于爽. 面向实例的分类性能评估与可信任分类器研究[D]. 长春: 吉林大学, 2021.
- [13] 孙佩发. 基于机器学习的挖矿流量识别及研究[D]. 济南: 济南大学, 2022.
- [14] 周志华. 机器学习[M]. 北京: 清华大学出版社, 2016.

Upgrading of core-courses in geo-engineering under the background of artificial intelligence: development direction of civil engineering

BAI Bing

(*School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, P. R. China*)

Abstract: The expanded application of artificial intelligence (AI) in the field of geotechnical engineering has broken through the limitations of traditional methods and provided new perspectives and approaches for disciplinary innovation and talent cultivation. Based on the course soil dynamics and applications, this paper systematically analyzes the problems existing in current teaching: outdated curriculum systems, insufficient interdisciplinary collaboration, disconnection from practice, and others. It proposes a fundamental framework for AI-empowered course enhancement: constructing an interdisciplinary AI + geotechnics curriculum system; building an industry-university-research-application collaborative training platform; implementing a dual-supervisor system and interdisciplinary team guidance; strengthening ethics and engineering risk education; establishing a dynamic competency assessment system. Using the seismic liquefaction analysis case study, the effectiveness of AI empowerment in enhancing students' ability to solve complex engineering problems is explored. This paper aims to provide a systematic solution for cultivating new engineering talents in the civil engineering field, promoting the intelligent transformation of both the discipline and the industry.

Key words: artificial intelligence; geotechnical engineering; soil dynamics; seismic liquefaction; curriculum reform

(责任编辑 梁远华)