

新工科背景下基于生成式 AI 的目标递归教学模式研究

陈潘 刘懋航 李青

湖北工程学院土木工程学院

摘要: 随着新一轮科技革命与产业变革的深入发展,新工科建设对工程科技人才的培养提出了更高要求,尤其强调解决复杂工程问题的能力与创新思维的构建。然而,传统的工科基础课程教学常陷入知识线性堆砌与工程实践脱节的困境,学生难以在面对非良构问题时有效调用底层逻辑。生成式人工智能(Artificial Intelligence, AI)的突破性进展,为重塑工程教育模式提供了新的契机。本文在剖析传统教学痛点的基础上,引入生成式 AI 作为认知支架与思维引擎,构建了目标递归教学模式。该模式基于第一性原理,以工程目标为牵引,识别认知断点后由 AI 递归补差,最终重构底层逻辑,形成逆向主动学习闭环。研究以理论力学课程中的工程案例为例,详细阐述了该模式的教学设计与实施路径。实践表明,该模式能有效降低认知负荷,提升学生的工程直觉与元认知能力,为新工科背景下创新型人才的培养提供了可复制的教学模式。

关键词: 新工科;生成式 AI;目标递归;第一性原理;理论力学;教学模式

DOI: 10.65976/3080-0374.2026.08.045

在当今世界,新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图,重塑全球经济结构。作为支撑国家产业发展的核心力量,工程教育的改革已成为各国高等教育关注的焦点。我国适时提出的“新工科”建设战略,旨在培养能够适应未来新兴产业和新经济需要,实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型新工科人才^[1-2]。这就要求高等工程教育必须跳出传统的学科知识传授范畴,转向对学生解决复杂工程问题能力、跨学科交叉融合能力以及深度批判性思维的培养。从生产力的发展视角来看,新质生产力的形成迫切需要教育体系提供强有力的人才支撑,而传统以教为中心的模式在应对知识爆炸和技术迭代时显得捉襟见肘,难以满足新时代对工程科技人才“厚基础、宽视野、强创新”的素质要求^[3-4]。

然而,在当前的工科基础课程教学中,尤其是理论力学、材料力学等经典力学课程,仍普遍存在着教学痛点。一方面,教学内容多遵循学科逻辑的线性铺陈,学生往往需要在修完漫长的数学、物理基础课后,才能接触到实际工程应用,这种先储备后应用的模式导致了严重的学用脱节,学生在面对真实的、复杂的工程问题时,往往因无法快速提取和重组知识而感到无从下手,缺乏工程直觉^[5-6]。另一方面,传统的课堂互动难以顾及每位学生的认知差异,大班授课制下的“满堂灌”使得学生处于被动接受状态,缺乏深度的思维卷入和顿悟体验,导致学习兴趣寥寥,甚至产生厌学

情绪^[7]。

2022 年底以来,以 ChatGPT、DeepSeek 为代表的生成式人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术的横空出世,为破解上述教育难题提供了全新的技术杠杆。与传统分析式 AI 不同,生成式 AI 具备强大的自然语言理解、多模态内容生成及逻辑推理能力,能够作为全天候的智能导师,深度参与到教与学的全过程中^[8-9]。它不仅能够提供个性化的学习资源,更能通过人机对话引导学生进行深层思维,使得遇到问题再学知识的逆向学习成为可能。教育部及相关部门多次强调,要积极推动人工智能技术在教育领域的深度应用,构建智慧教育新生态^[10]。

在此背景下,本文提出目标递归教学模式,旨在利用生成式 AI 的强交互与强推理能力,将宏观的工程目标层层拆解,引导学生在解决问题的过程中不断触碰认知边界,通过与 AI 的递归式问答填补知识空白,最终回归到学科的第一性原理。这不仅是对传统教学流程的重构,更是对工程人才培养逻辑的尝试。本文将结合理论力学课程改革实践,探讨该模式的理论构建、实施路径与评价体系,以期为新工科教育改革提供新的思路^[11]。

一、理论溯源与目标递归模式构建

(一) 新工科教育的认知困境与第一性原理的回归

新工科建设的核心在于从学科导向转向产业需求导向,强调工程教育的实践性与创新性。然而,现有

基金项目:湖北工程学院教学改革研究项目(JY2025063、JY2025060);2025年湖北省教育科学规划一般课题(2025GB205)。

作者简介:陈潘(1994—),男,博士,讲师。

的工科教学体系往往过分强调知识的完整性与系统性,导致学生陷入烦琐的公式推导与习题训练中,只见树木不见森林。当面对一个未经简化的真实工程问题时,学生往往因为缺乏将复杂问题抽象为物理模型的能力而束手无策。这种现象的根源在于,学生未能掌握学科的第一性原理,即那些最基本的、不证自明的、能够推导出其他知识的元命题或基本定律。

第一性原理思维(First Principles Thinking)强调打破类比思维和经验主义的束缚,通过回溯事物最本质的真理来重新审视和解决问题^[12-13]。在理论力学中,牛顿定律、动量定理、动能定理等即为第一性原理。传统的顺向教学往往是先讲原理再讲应用,学生在学习原理时缺乏场景感,导致理解停留在符号层面。而回归第一性原理的教学,应当鼓励学生在解决实际问题的困境中,逆向追溯到这些基本定律,从而产生深刻的认知连接。生成式 AI 的出现,为这种逆向追溯提供了强大的技术支持,它能够辅助学生剥离问题的表象,直达物理本质。

(二) 生成式 AI 赋能下的目标递归教学模式内涵

受启发于工程实践中“自上而下”的设计思维及计算机科学中的递归算法^[14-15],本研究提出目标递归教学模式。该模式是指在新工科以成果为导向(OBE)的理念下^[16],借助生成式 AI 的强推理能力与知识检索能力,将宏观的、具有挑战性的工程目标作为教学起点,引导学生自上而下地将其递归拆解为若干子任务。在解决子任务的过程中,学生必然会遇到知识盲区或认知断点,此时不再是等待教师灌输,而是利用 AI 工具进行即时反馈和递归式追问,填补认知空白,直至掌握底层的核心元知识,最后再自下而上地综合运用知识解决宏观目标问题。

如图 1 所示,目标递归模式的核心逻辑架构包含三个层次。

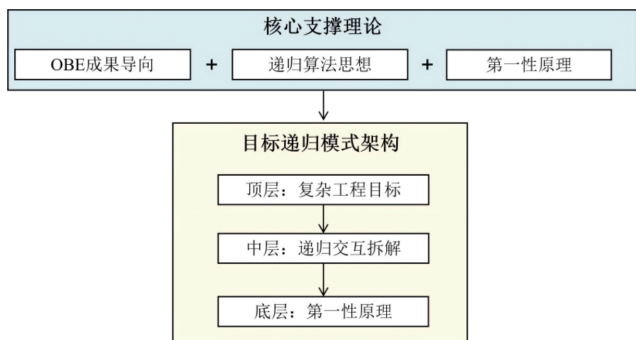


图 1 目标递归教学模式原理

顶层是复杂工程目标层,由教师根据课程标准和产业需求设定,如设计一个特技自行车飞跃水塘的坡

道方案,该目标具有高阶性、挑战度和综合性。中层是递归交互层,这是学习发生的主战场。学生在 AI 的辅助下,对大目标进行结构化分解。例如,要解决飞跃问题,必须先解决速度问题;要解决速度问题,必须先解决受力问题。每一层分解都可能暴露学生的知识缺陷。底层是第一性原理层,这是递归的终点,也是知识的源头。所有的工程问题最终都归结为对基本物理定律的运用。

(三) 生成式 AI 在模式中的角色定位

在目标递归模式中,生成式 AI 不再仅仅是提供标准答案的搜题工具,而是扮演着双重关键角色。首先,它是动态认知脚手架。根据维果茨基的最近发展区理论,教学应当在学生现有水平与潜在发展水平之间搭建支架^[17]。传统的支架通常由教师提供,具有滞后性和统一性,难以满足个性化需求。而生成式 AI 能够根据每位学生的提问内容和思维路径,提供即时的、定制化的解释、示例或反例,帮助学生跨越认知障碍,实现知识的平滑过渡^[18-19]。

其次,它是苏格拉底式导师。生成式 AI 可以通过多轮对话,引导学生不断追问“为什么”,从现象层层深入到本质。例如,当学生询问“为什么滑块会从斜面上滑落”时, AI 不是直接给出摩擦力公式,而是被设定为引导学生分析受力情况,进而引出库仑摩擦定律。这种递归式的追问过程,正是批判性思维和工程逻辑形成的过程^[20]。通过这种人机协同,教学从传统的线性积累转向了网状重构,从被动接受转向了主动索取,极大地提升了学习的深度与广度。

二、教学模式设计:全流程的人机协同路径

如图 2 所示,为了将目标递归理念落地,本研究设计了覆盖课前、课中、课后全流程的人机协同教学路径,旨在构建一个无缝衔接的学习环境。

(一) 课前阶段:目标牵引与认知试错

在课前阶段,教学的重心在于激发兴趣与试错。教师首先发布一个经过精心设计的高阶工程挑战任务(即宏观目标),该任务应具备一定的开放性和实际应用背景,能够通过多学科知识的综合运用解决。例如,在理论力学课程中,可以发布“设计过山车轨道”或“大型机械臂运动控制”等任务。学生接收到任务后,不再是阅读枯燥的教材,而是被鼓励直接尝试解决问题,或者制定初步的解决方案。

在此过程中,学生必然会面临知识储备不足的困境。此时,学生利用生成式 AI 工具进行初步的探索。他们可以向 AI 询问相关的概念、公式或者设计思路,甚至让 AI 生成初步的代码或草图。这一阶段的关键在

于暴露问题。学生通过与 AI 的交互，能够快速识别出自己不知道什么，从而建立起初步的、可能存在漏洞的知识图谱。教师则通过智慧教学平台收集学生与 AI 的交互记录或初步方案，分析共性的认知盲区和难点，从而为课中的深度教学做准备。这实际上是一种基于 AI 赋能的翻转课堂，将低阶的知识获取前置，将高阶的思维训练留给课堂^[21]。

(二) 课中阶段：深度递归与原理内化

课中阶段是目标递归模式的核心，重点在于通过深度的师生互动、生生互动及人机互动，实现知识的内化与原理的透彻理解。教师不再按照教材章节逐一讲授知识点，而是针对课前暴露出的核心问题和共性盲区进行深度点拨。

课堂组织形式转变为人机协作工坊。针对复杂的工程子任务，教师引导学生现场利用 AI 工具进行辅助推导或仿真。例如，在推导复杂的动力学方程时，学生可以先让 AI 给出推导步骤，然后由教师引导学生逐行审查 AI 的推导逻辑，通过“为什么这一步是这样？”“如果条件改变，公式还适用吗？”等递归式追问，验证第一性原理在具体工程场景中的应用边界和适用性^[22]。这种审视、批判、修正的过程，不仅让学生掌握了公式本身，更重要的是掌握了公式背后的物理和数学逻辑。同时，教师需实时纠正 AI 可能产生的幻觉或错误信息，培养学生对 AI 输出结果的鉴别能力和批判性思维^[23]。

(三) 课后阶段：迁移应用与高阶拓展

课后阶段旨在巩固所学并实现知识的迁移与创新。学生利用课上掌握的第一性原理，完善课前的工程设计方案，并生成最终的技术报告或作品。此时，生成式 AI 转变为拓展助手。教师可以布置变式问题，或者要求学生利用 AI 生成不同参数下的模拟结果，检验方案的适用性。

此外，学生还可以利用 AI 进行跨学科的知识拓展。例如，在完成力学分析后，询问 AI 该结构在材料选择、

成本控制或环境影响方面的考量，从而将力学知识与材料学、经济学等知识融合，培养大工程观。评价方式也随之改变，不再局限于标准答案的对错，而是关注学生解决问题的逻辑闭环是否完整、对 AI 工具的运用是否得当以及对底层原理的理解是否透彻。

三、实践案例：以理论力学课程为例

为了验证目标递归教学模式的有效性，教学团队在某高校土木工程专业的理论力学课程中进行了教学改革实践。本案例选取了“飞跃水塘自行车特技坡道设计”作为贯穿整个动力学部分的工程案例。该案例源于真实的极限运动场景，具有极强的趣味性和挑战性，且涵盖了静力学、运动学和动力学的三大核心知识板块。

(一) 案例背景与目标重构

传统的动力学教学往往按部就班地讲授质点动力学、动量定理、动量矩定理、动能定理，学生虽然会做题，但不知道这些定理在实际工程中如何选用^[24-25]。在本案例中，团队将教学目标重构为“设计一个安全、精彩的自行车特技表演方案”，如图 3 所示。具体要求包括：确定起跳坡道的角度与高度，计算自行车在空中的轨迹与落点，评估落地时对车手和车辆的冲击力并设计缓冲方案。这一目标直接关联到工程安全与性能，能够极大地激发学生的探索欲。

(二) 目标递归的实施过程

整个教学过程被设计为三次螺旋上升的递归循环，每一次循环都由工程问题触发，深入到力学原理，再回归到方案优化。

1. 第一轮递归：轨迹预测与运动学原理

学生首先面临的问题是：“如何让自行车准确落到对岸的接收坡上”，这直接指向了运动学中的抛物线运动。学生通过向 AI 提问“如何计算斜抛运动的射程”，AI 会给出基于初速度和角度的公式。然而，在应用公式时，学生发现实际情况并非理想质点。此时，递归深入到“点的合成运动”与“刚体平面运动”知

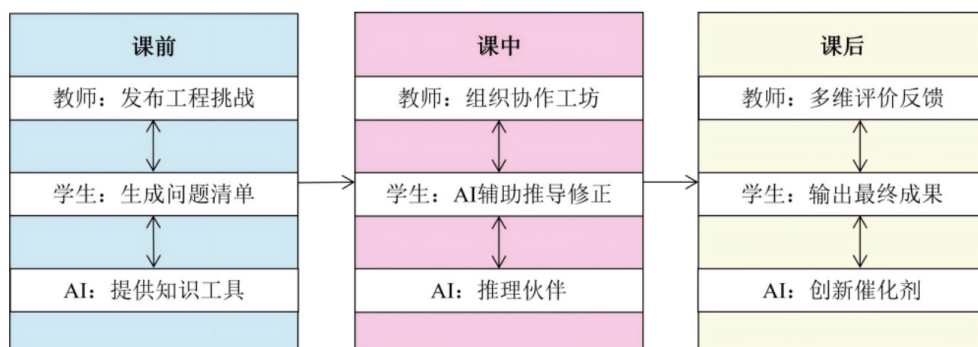


图 2 目标递归教学模式全流程人机协同路径

识点。教师引导学生追问 AI：“自行车在空中的转动如何描述”，从而引出刚体转动的角速度、角加速度等概念，回归到运动学的基本定义。

2. 第二轮递归：受力分析与动力学方程

当轨迹确定后，学生需要考虑：“车手在起跳瞬间会不会因为过载而受伤？坡道会不会塌陷？”，这引发了第二轮递归，指向动力学普遍定理。学生利用 AI 辅助进行受力分析，但 AI 生成的受力图可能存在遗漏。教师以此为契机，组织学生利用牛顿第二定律（第一性原理）对 AI 的结果进行找茬。通过递归追问“为什么在曲线运动最高点压力最小”，学生深入理解了达朗贝尔原理的本质，实现了从感性认识到理性计算的跨越。

3. 第三轮递归：能量守恒与系统优化

最后，学生需要解决“如何以最小的体力消耗完成表演”以及“落地缓冲装置的设计”。这触发了第三轮递归，指向动能定理和机械能守恒定律。学生问 AI：“如何计算落地时的冲击力”，AI 提供了冲量和动量的关系。学生进一步追问：“如果增加弹簧减震，受力如何变化”，从而深入到功能原理和势能的概念。通过对比动量法和能量法的优劣，学生掌握了不同力学原理的适用边界，最终完成了基于第一性原理的优化设计方案。

（三）教学资源与支持环境

为了支持上述递归过程，课程组构建了 AI+ 虚拟仿真双引擎支持环境。一方面，引入了通用的生成式 AI 大模型，并预设了特定的 Prompt（提示词）指令集，使其扮演“力学助教”角色；另一方面，开发了配套

的虚拟仿真实验平台，学生可以将 AI 计算出的参数（如速度、角度、摩擦系数）输入仿真软件，直观地看到自行车是成功飞跃还是落水，从而验证理论计算的正确性。这种虚实结合、人机协同的环境，极大地降低了试错成本，提高了探究效率^[26-27]。

四、教学评价与成效分析

（一）从考知识转向考能力的评价改革

配合目标递归教学模式，课程评价体系也进行了相应的变革。传统的“平时成绩+期末考试”模式难以全面衡量学生在高阶思维和 AI 协作方面的能力。因此，团队引入了全过程、多元化的评价机制，如图 4 所示。

首先，增设了 AI 协作过程评价。通过分析学生与 AI 的对话记录，评估其提问的质量、逻辑链条的完整性以及对 AI 输出结果的批判性修正能力。这部分评价旨在引导学生正确使用工具，而非依赖工具^[28]。其次，强化了工程项目成果评价。以“飞跃水塘”等案例报告为载体，重点考核学生是否能从第一性原理出发，建立合理的力学模型，并得出科学的工程结论，而非仅仅看最终答案的数值精度。最后，保留了部分闭卷考试，但题目类型从单纯的计算题转变为情境化、综合性的分析题，重点考察学生对基本原理的深度理解和迁移应用能力。

（二）实践成效与反思

经过一学期的教学实践，该模式取得了显著成效。从学生维度来看，问卷调查显示，超过 90% 的学生认为这种以目标为导向、AI 辅助的学习方式极大地提升了学习兴趣，消除了对枯燥力学公式的恐惧感。学生

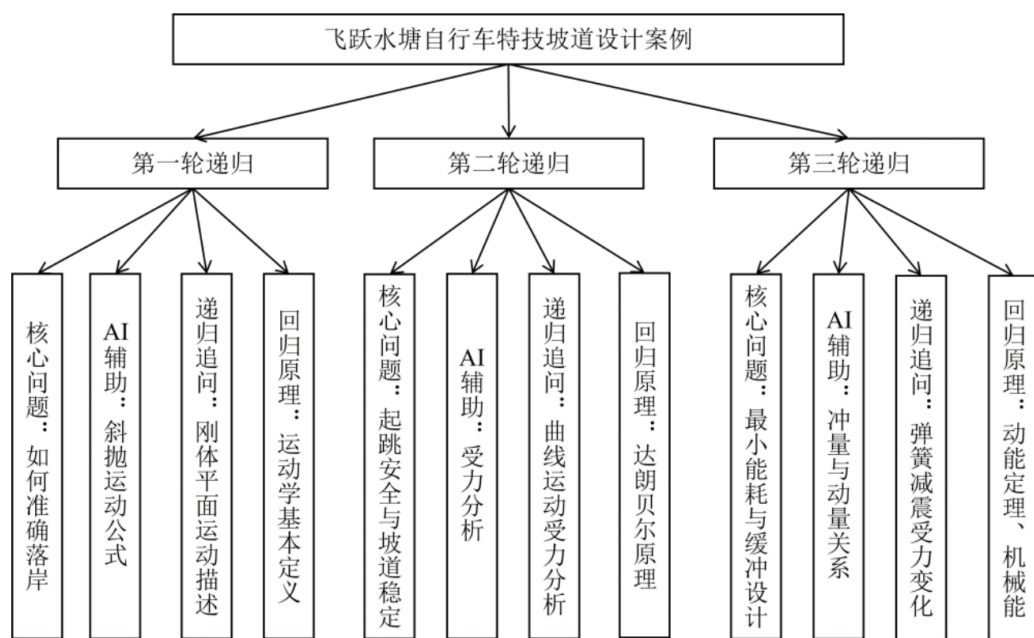


图 3 “飞跃水塘自行车特技坡道设计”案例三次递归实施逻辑

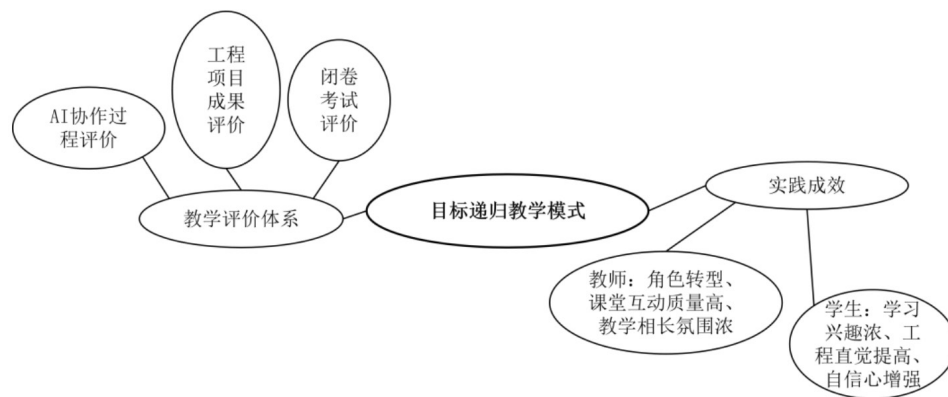


图4 目标递归教学模式评价与成效

在面对复杂工程问题时,不再盲目套用公式,而是习惯于先分析物理本质,再寻求工具支持,展现出了较强的工程直觉和自信心。

从教师维度来看,教师从繁重的知识搬运工作中解放出来,转型为思维的引导者和学习的共同探索者。课堂互动的质量明显提升,学生提出的问题更具深度和挑战性,教学相长的氛围日益浓厚。

然而,实践中也暴露出一些挑战。例如,部分学生存在搭便车心理,过度依赖 AI 生成的内容而缺乏独立思考;生成式 AI 在处理涉及复杂空间几何关系的力学问题时,偶尔会出现“一本正经胡说八道”的幻觉现象,对基础薄弱的学生造成误导^[29-30]。这提示我们,在未来的教学中,需要进一步加强科技伦理教育,并强化学生对底层原理的批判性掌握,使之具备驾驭 AI 而非被 AI 驾驭的能力。

五、结语

新工科建设呼唤工程教育的深层变革,而生成式 AI 的崛起为这一变革提供了强劲的动力。本文提出的目标递归教学模式,以工程目标为牵引,通过 AI 递归补差识别认知断点,最终重构底层逻辑,形成逆向主动学习闭环。该模式将先进技术与经典教学理论深度融合,有效破解了传统力学教学中理论与实践脱节、被动学习效率低下的困境。

该模式不仅适用于理论力学课程,其核心理念对于其他工科基础课程同样具有普适性的借鉴意义。在人工智能时代,教育的本质不再是知识的静态囤积,而是调用知识解决未知问题的动态能力。未来,随着 AI 技术的不断进化,期待建立更加智能化、自适应的工程教育生态系统,让 AI 不再仅仅是学生日常娱乐的工具,而是成为通往科学真理与工程创新殿堂的坚实阶梯,真正培养出能够引领未来技术发展的卓越工程师。

参考文献:

[1] 林红,刘秀全,杨蕾.新工科背景下“工程力学”

课程思政建设与教学实施途径[J].黑龙江教育(理论与实践),2026(1):72-74.

[2] 王晓杰,陈佩江.新工科背景下“理论力学”课程建设与学生科学思维培养[J].科技与创新,2021(12):104-105+107.

[3] 郑海峰.生成式人工智能赋能高校教育数字化转型的路径探索[J].创新创业理论与实践,2025,8(17):75-77.

[4] 黄华恢,赵宾杰.工程教育认证为导向的工程力学教学改革探讨[J].教育观察,2023,12(19):111-114+124.

[5] 于月民,刘宝良,梁翠香.基于目标问题导向的“材料力学”课程教学创新[J].黑龙江教育(高教研究与评估),2022(3):45-46.

[6] 卢慧,党小娟,李艳利,等.案例教学法在应用型大学材料力学教学中的应用[J].造纸装备及材料,2025,54(5):223-225.

[7] 韩铁林,梁鑫,王砚,等.新工科背景下以目标问题为导向提高大学生学习材料力学兴趣的实践探索[J].陕西教育(高教),2025(5):28-30.

[8] 穆肃,陈孝然,周德青.生成式人工智能赋能教学设计分析:需求、方法和发展[J].开放教育研究,2025,31(1):61-72.

[9] 张路正,方雨菲,陈巧妹.生成式 AI 赋能教育:未来图景、现实审思与善治方略——以 ChatGPT 和 Sora 为视角展开[J].郑州师范教育,2025,14(2):45-50.

[10] 吕光洙,石森.生成式人工智能赋能高等教育数字化转型——基于斯坦福大学的分析[J].高等工程教育研究,2025(2):176-181+188.

[11] 遆子龙,黄胤卿,李永乐,等.AI 赋能的新工科教学方法探索与实践——以桥梁工程学科为例[J].高教学刊,2025,11(18):1-6.

- [12] 褚清源. 以“第一性原理”思考教学 [N]. 中国教师报, 2022.
- [13] 李志义, 宫文飞, 黎青青. 工程教育要回归第一性原理——基于《华盛顿协议》毕业要求框架的反思 [J]. 高等工程教育研究, 2026, (01):1-7.
- [14] 卜国. 加涅九段式学习法在“用递归法解决问题”教学中的应用探讨 [J]. 中国信息技术教育, 2014, (24):75-76.
- [15] Li K, Zhu Z, Ji W. A pedagogical interpretation of the ai recursive learning method and its application in vocal music learning [J]. Global Education Bulletin, 2025, 2(6):1-10.
- [16] 朱金波, 李勇, 王秋林, 等. 基于 OBE 教育理念的高职院校工程力学课程建设与实践 [J]. 现代职业教育, 2023, (12):57-60.
- [17] 林美. 重审知识的价值与生成——维果茨基的“科学概念”思想及其教育学意义探析 [J]. 教育学报, 2024, 20(06):34-47.
- [18] 孙科宏, 郑旭东, 杨海燕. 生成式 AI 支持的人机协同精准教学模式设计与实践研究 [J]. 数字教育, 2025, 11(05):70-77.
- [19] 陈倩. 生成式 AI 与体验式教学方法的整合应用——基于创新管理课程的实践 [J]. 科教导刊, 2024, (28):125-128.
- [20] 曾钦清, 冯梦萍, 胡力勤. 基于多模态分析与生成式技术的个性化教学方法研究 [J]. 现代职业教育, 2025, (20):5-8.
- [21] 张搏, 秦晓辉, 徐超华. 生成式人工智能在岩体力学教学中的应用与挑战 [J]. 科教导刊, 2024, (22):114-116.
- [22] 郑波尽, 代航. “第一性原理”在演化算法教学中的应用研究 [J]. 计算机教育, 2017, (10):81-83.
- [23] McCauley R, Grissom S, Fitzgerald S, et al. Teaching and learning recursive programming: a review of the research literature [J]. Computer Science Education, 2015, 25(1):37-66.
- [24] 缙瑞宾, 于敏, 王晶, 等. 多元目标导向下材料力学教学改革与创新研究 [J]. 洛阳理工学院学报 (自然科学版), 2024, 34(01):92-96.
- [25] 祝捷, 周宏伟, 左建平, 等. 面向专业人才培养目标的材料力学一流课程建设 [J]. 力学与实践, 2021, 43(03):457-462.
- [26] 邓元杰, 陈希勇. 乡村振兴背景下生成式人工智能在《农村发展研究方法》课程教学中的应用 [J]. 农村经济与科技, 2025, 36(12):252-256.
- [27] 林鸿州. 生成式 AI 在土力学教学与自主学习优势与问题 [J]. 工程地质学报, 2025, 33(06):2119-2125.
- [28] Doliwa T, Simon H U, Zilles S. Recursive teaching dimension, learning complexity, and maximum classes [C]. International Conference on Algorithmic Learning Theory. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010:209-223.
- [29] 李俊乐. 教学递归初探 [D]. 开封: 河南大学, 2008.
- [30] 韩芳, 曾国伟, 蒋培. 新工科背景下工程力学课程教学创新实践 [J]. 石材, 2025, (08):146-148.