

科教融汇引领下“AI+基因工程”教学新模式探索

符雷蕾¹, 王会革¹, 王贯^{2*}, 黄新河^{1*}

¹西南交通大学生命科学与工程学院 四川成都

²四川大学华西临床医学院、华西医院 四川成都

【摘要】在人工智能技术深刻变革教育模式的当下，基因工程作为生命科学前沿学科，面临知识更新迅速、实践性强、传统教学模式难以满足前沿技术学习需求的挑战。本文以“科教融汇”为引领，探讨如何将人工智能技术与基因工程课程教学进行深度融合，通过理论框架构建与实践路径设计，推动科研与教学的系统性结合与相互促进。针对实施过程中可能遇到的技术壁垒、资源限制等挑战，提出了相应的对策，以期为基因工程乃至更广泛的生命科学领域教学改革提供参考与借鉴。

【关键词】科教融汇；AI+基因工程；生命科学领域；教学新模式

【基金项目】四川大学高等教育教学改革工程（第十一期）研究项目（编号：SCU11201）；四川大学华西临床医学院 2025 医学人文学术创新研究项目（编号：HXYXRW2025C006）；四川大学华西临床医学院研究生教育教学改革研究项目（编号：HXYJS202433）

【收稿日期】2026 年 1 月 9 日

【出刊日期】2026 年 2 月 6 日

【DOI】10.12208/j.ije.20260006

Exploring a new teaching paradigm of "AI + Genetic Engineering" under the guidance of research-teaching integration

Leilei Fu¹, Huiping Wang¹, Guan Wang^{2*}, Xinhe Huang^{1*}

¹School of Life Science and Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan

²West China School of Medicine and West China Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan

【Abstract】 During current era where artificial intelligence technology is profoundly transforming educational models, genetic engineering, as a cutting-edge discipline in life sciences, faces challenges such as rapid knowledge updates, strong practicality, and the inadequacy of traditional teaching methods versus the expanding learning demands of advanced technologies. This paper, guided by the principle of "integrating science with education," explores how to deeply integrate artificial intelligence technology with genetic engineering course instruction. Through the construction of theoretical frameworks and the design of practical pathways, it promotes systematic integration and mutual reinforcement between research and teaching. In response to potential challenges such as technical barriers and resource limitations during implementation, corresponding countermeasures and suggestions are proposed, aiming to provide references and insights for teaching reform in genetic engineering and broader life sciences.

【Keywords】 Integration of science and education; AI + genetic engineering; Life sciences domain; New teaching paradigm

1 研究背景与意义

近年来，国家层面密集出台了一系列推动教育数字化与人工智能（Artificial Intelligence, AI）技术深度融合的战略规划，为构建教学新模式提供了坚实的政策保障。2024 年启动的“人工智能赋能教育行动”进

一步明确了到 2030 年基本普及人工智能教育的发展目标^[1]。2025 年初，中共中央、国务院印发的《教育强国建设规划纲要（2024-2035 年）》中，明确提出要“以教育数字化开辟发展新赛道、塑造发展新优势”，并将“促进人工智能助力教育变革”列为关键任务^[2]。该纲

第一作者简介：符雷蕾，西南交通大学，副教授，从事生物医药多学科交叉的教学科研工作

*通讯作者：王贯，黄新河

要强调建设集成化、智能化、国际化的数字教育体系, 尤其指出需“构建人工智能教育大模型”, 从而为高校教育教学改革指明了实施路径。在政策引导下, 教育部着力推动 AI 与各学科深度融合, 其中“AI+X”行动方案为基因工程等前沿学科的教学改革提供了直接依据。与此同时, 教育部已在多地布局建设国家级人工智能学院及人工智能产教融合创新平台, 为“AI+基因工程”教学模式的实践探索奠定了必要的设施基础。

1.1 基因工程的学科特点与教学挑战

基因工程 (Genetic Engineering) 作为现代生命科学的核心与前沿学科, 具有知识更新迅速、技术性强和高度交叉融合的典型特征。如以 CRISPR 基因编辑、AlphaFold 蛋白质结构预测等为代表的技术突破, 持续推动着基因工程领域的知识呈爆炸式增长^[3]。与此同时, 人工智能技术在基因操作领域的深入应用, 也对传统以教材为中心的教学模式提出了新的挑战, 使其难以适应前沿技术快速迭代的学习需求^[4]。基因工程本质上具有强烈的实践属性, 要求教学过程必须与科研实践紧密结合。其课程内容通常涉及基因克隆、重组子构建、转化与筛选等复杂操作流程, 对学生的动手能力与综合应用能力要求极高。然而, 传统教学实验室往往受限于设备成本高、安全规范严、课时紧张等因素, 难以提供充足的实践机会。例如, 基因工程实验所用试剂昂贵、操作流程长, 在有限的教学课时内难以完成完整实验, 导致学生理论知识与实际操作能力之间出现明显脱节。尽管虚拟仿真技术的引入部分缓解了这一矛盾, 但如何实现人工智能技术与实践教学环节的有机融合, 目前仍面临诸多挑战。

此外, 基因工程的高度交叉性要求教学内容必须整合生物学、信息学、化学等多个学科领域。现代基因工程的研究与应用早已超越传统生物学范畴, 与人工智能技术深度交织。这种跨学科特性迫切要求教学体系打破学科壁垒, 构建融合融入人工智能技术的新型课程系统^[5]。

1.2 当前基因工程教学面临的现实瓶颈

当前基因工程教学在现实应用中仍存在若干瓶颈, 制约了创新人才的培养。首先, 理论教学与科学实践之间存在脱节。现有课堂多以“讲授+实验”为主, 学生往往只在现有理论框架内获取知识, 难以直接体验科学研究的过程、培养创新思维与解决实际问题的能力。其次, 基因工程教育资源的区域分布不均衡, 制约了优质教学的普及程度。高水平的教学资源主要集中在少数知名高校, 许多地方高校在仪器设备、软件工具、教

学资源及师资水平方面仍存在明显短板, 导致资源难以被充分利用。即便具备较好的硬件条件, 师资水平的不足也可能降低资源的利用效率, 造成浪费。此外, 当前的课程评价体系相对单一, 偏重考试成绩, 重视知识记忆而忽视对创新思维、动手能力和和社会责任感等综合素质的评估, 难以真实反映学生在实际情境中的综合能力与应用潜力。

2 “AI+基因工程”教学新模式核心理念

科教融汇是“AI+基因工程”教学新模式核心理念, 其核心在于科研与教学相互滋养、教学对科研的反哺, 超越传统的“科教相长”表述。该理念强调教育链、创新链与人才链的有机衔接与协同支撑, 超越以往的“科教结合”模式, 推动教育与科研之间建立更紧密、互惠的协同关系^[6]。

2.1 科研反哺教学

将前沿科研成果及时转化为教学资源, 是科教融汇的关键路径。具体而言, 基因编辑技术、蛋白质结构预测工具等前沿科研工具应被系统性地引入教学实践。例如, 在蛋白质结构预测教学这一章节, 可引导学生利用 AlphaFold 工具预测酶突变位点对活性的影响, 理解“计算驱动实验”的新科研模式。这种转化不仅对教学内容进行更新, 更重要的是让学生直接接触和掌握当前科研界使用的真实工具与方法^[7]。

智能体研发和应用是科研服务教学的一个典型案例 (如图 1 所示)。通过模拟专家推理过程, 自动完成从提出假设、设计实验到分析结果的完整流程, 具备三项核心科研能力, 为教学应用提供坚实基础。在教学实践时, 可引导学生和 AI 智能体互动, 体验真实的科研决策过程, 理解基因功能解析的完整逻辑链条。在基因工程课堂上, 学生可通过智能体快速了解某个基因的已知功能、相关研究进展和潜在应用方向, 形成系统性认知。基于知识图谱对“基因-性状-环境”关系进行非线性建模, 实现全基因组范围的关键基因筛选是智能体的核心优势, 它能够突破传统依赖序列同源性进行推理的方式。这一能力在教学过程的应用, 可让学生体验前沿研究方法, 学习如何从海量数据中挖掘有价值的信息。实验推理与设计优化能力使智能体能够模拟专家推理过程, 自动完成从假设提出、实验设计到结果分析的完整科研流程。这一功能为实施问题导向学习 (PBL) 提供理想平台, 学生可在虚拟环境中设计并优化实验方案, 培养科研思维能力^[8]。

2.2 问题导向学习

问题导向学习 (PBL) 模式以真实科研问题为切入

点, 优化传统课程内容(如图2所示)。例如以“基因工程如何帮助小麦抗旱?”“远红光和基因工程如何治疗小鼠糖尿病?”等新兴科学问题为切入点, 通过模块化教学, 打破按部就班从教材到章节讲授知识点的传统教学方式方法, 让学生在解决问题的过程中自主调用基因工程原理、分子操作技能与数据计算。在教学过程中, 还可以采用“问题导向五步学习法”, 即开展课前准备、提出问题、带着问题听课、课后研讨和延伸研

究等步骤, 引导学生深度参与学习过程。通过引入真实科学研究案例, 学习情境呈现出更高的挑战性与真实性。例如, 在以“利用远红光与基因工程技术治疗小鼠糖尿病”为情境的教学实践中, 学生被引导讨论并动手构建实验所需的两种质粒即光传感器质粒与响应报告质粒, 实现理论设计与实验实现的无缝对接。这种基于真实科研情境的学习, 能够显著提升学生的科学思维水平、跨学科协作能力与解决复杂问题的综合素养。



图1 AI智能体的开发应用于基因工程课程教学



图2 科研反哺教学的具体实现方式

2.3 教学目标革新

“基因工程”教学新模式的核心在于从知识传授转向促进学生创新能力的系统性培养,重新界定课程目标,使之包括批判思维、创新思维与社会责任感三方面^[9]。具体而言,课程设计以提高学生的科学怀疑精神、证据导向的推理能力以及跨学科整合能力为着力点,强调在面对基因编辑等前沿技术时能够进行深度分析与独立判断。同时,通过将AI驱动的工具与平台嵌入学习过程,促使学生在获取新知、评估证据与提出新假设的全过程中,逐步建立起系统性、可迁移的创新思维框架。这一转变不仅提升学生的学术能力,也为其在未来科研与社会实践中的自主学习与持续创新奠定基础。此外,在批判性思维培养方面,课程将AI驱动的苏格拉底式对话引入日常教学场景,促使学生围绕基因编辑技术的伦理边界、潜在风险与社会影响展开深度辩证与证据评估;通过情境化讨论、案例对比与多方观点的整合,培养学生在复杂问题中辨别信息来源、权衡利弊、形成有据可依的结论。与此同时,科学思维培养强调“像科学家一样思考”的学习理念,帮助学生掌握科学探究的方法论、数据解读的规范化流程以及对不确定性与数据局限性的理性把握,使他们不仅记忆结论,更能理解推理路径、设计可重复的实验与分析策略。通过跨学科的学习活动,学生在理论与实践的融合中提升分析、归纳与推理能力,逐步具备将观察转化为可验证假设的能力。在社会责任素养方面,课程坚持以伦理维度和社会影响评估为核心内容,强调基因工程技术的公共利益、公平性、安全性与治理难题。教学中可引入基因编辑技术的社会争议案例,促使学生从多角度分析技术发展的伦理边界、监管框架与政策工具,培养对科技进步可能带来之负面效应的敏感性与责任意识。通过系统性的伦理讨论、法规文本解读与治理情景模拟,学生将学会在创新与风险之间寻找平衡,形成能够在专业实践中自觉遵循伦理规范、并为社会公共利益负责的专业态度。这一三维能力体系的培养,旨在使学生在未来的科研与社会应用中,既具备创新能力又具备扎实的伦理判断力与社会责任感。

3 教学新模式的实践路径设计

3.1 知识体系可视化构建

知识图谱技术(Knowledge Graph)是基因工程课程内容重设计的核心方法^[10]。通过系统梳理基因工程知识体系,将分散的知识点整合为有机联系的概念网络,形成结构化知识体系。以《基因工程》课程为例,知识图谱构建遵循以下流程:数据收集与预处理阶段。

此阶段从学术论文、实验报告、在线课程等来源收集基因工程相关文本数据,并进行数据清洗以去除重复和错误信息。随后进入信息抽取阶段,通过相应技术识别实体、关系与属性等关键元素,形成初步的知识网络。知识图谱的可视化展示是提升学习效果的关键环节。应设计直观、易用的可视化界面,利用颜色、图标等方式突出重要知识点,帮助学生快速定位和理解相关内容。例如,在展示“基因编辑技术”这一概念时,可以将其与CRISPR-Cas9、TALEN等技术节点相连,并将“应用”关系连接到具体的基因工程案例,清晰展示知识点之间的层次和关联关系。例如,西南交通大学在知识图谱建设中采用“六维知识图谱建设模式”,从培养目标层、毕业要求层等多维度出发,系统梳理课程知识体系,构建知识点间的相互关联。在具体实施时,首先需要明确知识领域和关键概念,包括基因结构、基因编辑技术、基因组学、遗传工程等核心内容。对课程的核心内容进行系统整合,涵盖基因工程的基本原理与方法,如获得目标基因、基因克隆的工具与载体、重组子的鉴定表达、基因测序技术、基因组学以及基因工程的应用等。通过使各知识点既保持相对独立,又强化彼此之间的逻辑关系,知识图谱成为教学与育人实践的导航工具。

在知识图谱的基础上,将前沿技术以模块化形式融入基因工程课程体系,是提升课程深度与应用能力的有效路径。本设计以西南交通大学《基因工程》课程为例,强调通过模块化内容将理论知识与实际应用进行衔接,培养学生的计算思维、跨学科问题解决能力与创新意识。以往的教学往往停留在知识点的堆叠,而模块化设计则以能力培养链条为导向,逐步构建从数据获取到结果解释、再到科研设计的完整能力体系。这些模块的设计应遵循渐进式原则,从基础概念到复杂应用。蛋白质结构预测模块以前沿工具为核心,在教学过程中,学生依据具体案例要求预测蛋白质的三维结构,并分析结构与功能的关系。教学情境包括评估酶活性位点、预测突变对折叠与催化的影响,体现“计算驱动实验”的思路。蛋白功能与设计模块将结构预测与功能推断结合,推动学生提出改进的蛋白质设计思路,并讨论实现路径与挑战。基因序列分析模块基于深度学习与大规模序列数据,开展快速、精准的序列分析与注释,如变异识别、功能区预测与进化分析,训练模型选择与结果解读能力。数据驱动的研究设计模块将知识图谱与工具整合,帮助学生在海量数据中提出问题、制定实验方案、预测结果趋势,并进行推理与风险评估。

3.2 AI 辅助的互动式教学

人工智能技术为实现苏格拉底式对话教学提供理想平台。使用 AI 工具引导学生深度思考蛋白质结构预测、基因调控等复杂问题, 培养批判性思维和科学推理能力^[11]。以基因工程课程为例, 可以设计多轮对话机制, 围绕核心科学问题展开深入探讨。例如, 针对“如何利用基因编辑技术培育抗旱小麦?”这一问题, AI 系统可以引导学生思考基因编辑的靶点选择、编辑效率评估、潜在风险考量等多个维度, 通过连续提问和反馈, 促进学生思维的深度和广度发展。这种对话模式不仅关注正确答案的获取, 更重视思维过程的训练。项目式学习则是对知识、技能和素养的高效整合教学。在设计“作物抗逆基因智能挖掘”等跨学科项目时, 让学生在真实情境里应用基因工程知识和 AI 技术。

虚拟仿真实验是 AI 辅助教学的重要形式, 能够

突破实体实验的资源限制^[12]。借助 AI 构建细胞信号通路模拟系统, 支持学生动态干预并观察结果, 实现抽象过程的可视化及可操作化(如图 3 所示)。以国家虚拟仿真实验教学项目共享服务平台上中国药科大学的课程为例, 仿真重组门冬酰胺酶 II 的设计、制备及 GMP 车间生产全过程, 对生产环境、物料与参数变化进行仿真再现, 将信息技术与实验教学深度融合。学生可自主完成实验, 系统自动评判与打分, 克服因生物药物生产规范及厂房洁净要求导致的“无法动手操作”的局限。实验强调科研对教学的反馈, 关注探究性与设计性; 将看不见的分子水平操作转化为可动手的虚拟过程, 做到由抽象到具体的转化。在虚拟实验设计中, 应兼顾真实性与探究性, 基于真实科研情境的虚拟实验有助于培养学生的实验设计与科学探究能力。



图 3 AI 辅助教学--虚拟仿真实验的建设

4 关键挑战与展望

当前, “AI+基因工程”教学新模式实施面临的首要挑战是技术使用门槛。AI 工具操作的复杂程度显著高于传统教学软件, 要求师生具备一定的数字素养。既有研究显示, 具生物学背景的教师对人工智能技术的掌握存在局限, 而具信息技术背景的教师往往缺乏基因工程专业知识, 这种知识结构断层给跨学科教学团

队建设带来挑战。一方面, 教师需要掌握 AI 工具的基本操作; 另一方面, 还需将其有效融入教学设计。对学生而言, AI 工具的学习曲线较陡。例如, 在使用 AlphaFold 进行蛋白质结构预测或利用 DeepSeek 进行基因序列分析时, 学生不仅要理解生物学原理, 还需掌握基础的算法操作与结果解读方法。这种跨学科技能要求与单一学科教学模式形成鲜明对比, 部分学生因

此产生技术畏难情绪。虚拟仿真平台作为“AI+基因工程”教学的重要支撑,但其建设与维护需要大量资金投入。高质量基因工程教学资源高度集中在少数顶尖高校,许多地方高校面临实验设备不足、教学软件落后、师资力量薄弱等困境。特别是虚拟仿真平台等数字化教学资源建设成本高昂,使得不少院校难以承担相关平台的开发与维护费用。根据实践数据,虚拟仿真实训基地的年维护成本约为建设资金的5%,需要专业技术团队进行日常维护。这对资源有限的高校来说是一种经济压力。同时,虚拟仿真系统对硬件设备有较高要求,如VR头显、高性能计算服务器等,使得实施难度进一步增加。资源分布不均也是突出问题。东西部地区之间、重点院校与普通院校之间的数字鸿沟明显。一些地方高校由于资金和技术限制,难以建设先进的智慧教学实验室,导致学生无法获得与前沿技术接轨的学习体验。这种资源分配的不均衡可能加剧教育不公平,与“AI+基因工程”教学模式推广的初衷相悖。

“AI+基因工程”教学新模式是教育数字化时代的一次重要探索,它将人工智能技术与基因工程教育进行深度融合,实现教学内容、方法和评价的系统性创新。这一模式不仅能够回应国家教育数字化这一战略需求,也契合基因工程学科发展的内在规律,更为培养适应人工智能时代创新人才提供有效路径。面对技术壁垒、资源限制和伦理风险等挑战,需要通过师资培训、平台共建和伦理教育集成等策略加以应对。未来,随着AI技术不断进步和教育理念持续更新,“AI+基因工程”教学模式将进一步完善和发展,为生命科学领域的人才培养提供更加有力的支持。这一教学改革探索不仅对基因工程教育具有重要价值,也为其他学科的教学创新提供可借鉴的经验。随着教育数字化进程的深入推进,“AI+基因工程”教学新模式有望进一步提升高等教育质量。

参考文献

- [1] 国家教育数字化战略行动 2025 年部署会举行深入推动人工智能赋能教育变革 [J]. 中国教育技术装备, 2025, (07): 159.
- [2] 王运武, 田阳, 任楷文. 教育数字化赋能教育强国建设的战略构想及实现路径——《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》解读 [J]. 中国医学教育技术, 2025, 39(04): 425-31.
- [3] JUMPER J, EVANS R, PRITZEL A, et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold [J]. Nature, 2021, 596(7873): 583-9.
- [4] 左佳, 高婧. 基于立体施教、聚焦学科前沿的基因工程课程教学改革 [J]. 大学教育, 2024, (21): 33-6+51.
- [5] 范桂枝, 齐凤慧, 曾凡锁. 智能时代基因工程教育的转型——AI融合的理论逻辑与实践向度 [J]. 教育教学论坛, 2025, (47): 13-6.
- [6] 卢晓中. 科教融汇视角下高校教学与科研更好结合刍论 [J]. 中国高教研究, 2023, (11): 32-8.
- [7] 袁博. 人工智能(AI)赋能基因工程实验课程探析 [J]. 品位·经典, 2025, (05): 129-31+34.
- [8] 束涵. “AI 基因科学家”明年全球上线 [N]. 2025-12-02.
- [9] 顾佩华, 胡文龙, 林鹏, et al. 基于“学习产出”(OBE)的工程教育模式——汕头大学的实践与探索 [J]. 高等教育研究, 2014, (01): 27-37.
- [10] 袁葵洲, 邓云, 范雄伟, et al. 基因工程线上线下融合课程知识图谱混合式教学的实施 [J]. 生命科学研究, 2025, 29(02): 175-81.
- [11] 崔鹤, 张芳. 人工智能在“基因工程”课程教学中的应用探讨——以南京中医药大学生物制药专业为例 [J]. 教育教学论坛, 2025, (33): 13-6.
- [12] 邹文桐, 王艳君, 曹智. 虚拟仿真技术在生物工程专业实验教学中的应用 [J]. 大学, 2025, (08): 95-8.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS