

多维度突破：人工智能赋能科学教育模式构建与实践

田女

辽宁省铁岭市实验学校

摘要：构建“技术-教育-生态”三维分析框架，提出三条路径：认知重构、实践创新、生态进化，人工智能赋能科学教育。通过剖析智能诊断、虚拟实验、情感计算等前沿技术的教育应用机制，结合芬兰“AI 科学教室”、中国“强基计划”等典型案例，论证人工智能在培养科学思维、提升实践能力、构建教育新生态方面的关键作用，为智能时代科学教育变革提供理论支撑与实施路径。

关键词：人工智能；科学教育；模式构建

步入 21 世纪高速发展的数字化时代，人工智能技术如潮水般席卷教育领域，作为培育创新思维和增强实践能力的关键环节，科学教育与人工智能的融合成为教育变革的前沿阵地。当下，传统的科学教育模式在资源分配不均、个性化教学难落实等方面的弊端逐渐显现，而人工智能凭借其强大的数据分析和智能交互能力，带来了突破困境的曙光。本文将深入剖析人工智能赋能科学教育的模式构建与实践路径，探寻智能时代科学教育的创新发展方向。

一、理论框架：人工智能重构科学教育的三个逻辑

（一）认知逻辑的智能化演进

在科学教育中，传统的“一刀切”教学模式难以满足学生多样化的学习需求，而基于认知诊断模型的个性化学习路径生成，借助项目反应理论（IRT）与贝叶斯网络的融合，能够精准洞察学生的知识掌握程度和认知水平。IRT 理论通过建模学生在一系列测试项目中的反应，从而将学生的科学推理能力、问题解决能力等潜在特质进行量化的转化。贝叶斯网络则是基于概率推理，更新对学生知识状态的估计，以学生的回答为基础，为每个学生量身定制个性化的学习路径。如学生在物理电路知识模块测试中，如果串联电路相关问题出错频繁，系统分析后会优先推送串联电路基本概念讲解、经典例题解析等学习资源，在对复杂电路问题进行逐步深入的学习前，引导学生夯实基础。

知识图谱技术在科学教育领域更是大放异彩，它可以将海量分散的科学概念转化为直观

动态的可视化网络，以化学学科为例，从元素周期表中的各种元素，到化合物的形成、化学反应的机理，都可以清晰地呈现在知识图谱中。元素之间的关联、化学反应的转化路径一目了然，帮助学生构建系统完整的知识体系，而且随着科研工作的不断进步，新知识的产生和旧知识的更新都能在知识图谱中实时反映，始终保持其内容的时效性和科学性。美国 Carnegie Learning 系统是成功应用的典范，该系统通过持续跟踪分析学生学习数据，借助认知诊断和知识图谱技术，精准定位学生学习难点，为他们提供针对性的学习建议，大幅提升 40% 的数学问题解决效率。

（二） 实践逻辑的虚实化延伸

数字孪生技术的兴起，为科学教育实验环境带来革命性的变革，能够构建起覆盖“微观-宏观-宇观”全尺度的实验场景，在量子物理领域，微观世界的量子现象很难通过传统实验直接观察和操作。而量子物理虚拟实验室则借助数字孪生技术，对量子系统的状态和行为进行精确模拟，学生可以在虚拟环境中操纵量子比特，观察量子纠缠、量子隧道等神奇现象，对量子力学原理有深入的理解。在宏观层面，如地理学科的地震模拟实验，数字孪生技术能够逼真地还原地震发生过程中地壳运动、建筑物倒塌等场景，使学生在地震灾害发生时身临其境地感受地震灾害的威力和影响因素。对于宇观的天文学研究，虚拟天文台可以模拟星系演化、天体碰撞等宇宙大事件，突破时空限制，为学生打开探索宇宙奥秘的大门，可谓一举多得。

（三） 生态逻辑的协同化发展

人工智能驱动下，“教师-学生-机器”三元互动模式正在重塑科学教育生态。双师协同教学系统作为典型代表，一个教师是熟悉学科的教师，负责给学生讲授课堂知识、指导学生开展科学探究活动；另一个是智能教学机器，基于对学生学习数据的实时分析，为教师提供教学决策支持，例如针对学生普遍知识薄弱点，给出个性化教学策略和补充学习资源；同时为学生提供及时反馈，回答学生学习过程中的疑问，全程陪伴学生学习。

二、实践路径：人工智能赋能的四大创新模式

（一）智能诊断与精准教学

清华大学“AI 学伴”项目致力于基于大模型构建科学素养动态评价体系，该体系通过课堂表现、作业完成、实验报告等多源数据，对学生在科学学习过程中产生的自然语言处理、机器学习等技术进行深度分析，并通过对学生进行科学素养动态评价，从而实现对科学素养的动态评价。通过构建科学素养评价模型，实时监测学生科学知识掌握、科学思维发展、科学探究能力等方面的动态变化。例如，系统能从学生撰写的化学实验报告中，分析其实验

设计思路、数据处理能力、结论推导的合理性等，准确定位学生科学素养的优势与不足。

（二）虚拟仿真与深度探究

分子模拟技术在化学微观机制教学中起着关键作用，以 Gaussian 软件教学为例，学生可以利用该软件模拟分子的结构、性质和化学反应过程。在学习有机化学中苯环的结构和性质时，通过高斯安软件构建苯分子模型，可以直观地观察苯环的平面六边形结构、电子云分布，模拟苯与溴、硝酸等发生替代反应的过程，从微观层面深入理解化学反应机理，突破了传统教学中仅靠二维图解和模型讲解的局限，加深学生对抽象化学知识的认识和记忆，从而达到了对苯环的认识和认识，提高了学生对苯环的认识和理解能力。

NASA 的 STEM 教育计划利用航天工程数字孪生平台，给学生提供系统思维培养的环境，模拟航天器发射、轨道运行、太空探索任务等全流程，了解航天工程所涉及的多学科知识及复杂系统工作原理。模拟航天器轨道调整任务，需要考虑天体力学、轨道动力学、飞行器控制等多方面因素，制订轨道调整方案，培养学生的系统分析能力、问题解决能力、多学科知识应用能力。

（三）情感计算与态度培养

斯坦福大学的“AI 情感导师”利用情感识别技术优化探究式学习体验，在学生探究过程中，当学生出现焦虑、沮丧等负面情绪时，“AI 情感导师”会通过摄像头、语音识别等设备，对学生面部表情、语音语调等情感信号进行捕捉，再利用情感计算模型对学生情绪状态进行分析，如果发现学生出现负面情绪，便及时对学生给予鼓励、引导和帮助，比如推送相关成功案例给学生，鼓励学生克服困难，保持积极的学习态度。

MIT 神经教育学研究借助脑机接口技术揭示科学学习中认知负荷的变化，脑机接口设备可实时采集学生学习过程中的脑电信号，分析大脑神经元活动特点，对学生认知负荷程度进行评估。例如，在物理复杂电路学习中，如果学生脑电信号显示认知负荷过高，说明当前学习内容难度过大或教学方式不当，教师可据此调整教学节奏、优化教学方法，如简化知识讲解、增加实例演示等，确保学生在适宜的认知负荷下高效学习，培养学生对科学学习的积极态度。

（四）跨学科项目与创新实践

在 STEAM 教育中，通过 Scratch 机器学习插件的结合，学生可以更加便捷地接触 AI 工具，通过 Scratch 编程界面将人工智能应用到项目作品中，如在环保主题项目中，学生运用机器学习插件训练图像识别模型，让程序能够识别不同类别的垃圾，实现垃圾智能分类模拟系统。在利用 Scratch 编程过程中，学生动手编程，同时初步了解机器学习原理，熟悉机器

学习插件的使用，促进科学、技术、工程、艺术与数学多学科知识的融合应用。

例如在 iGEM 竞赛中，AI 协作模式的参赛队伍体现出 AI 协作平台在推动气候科学创新方面的重要作用。全世界各高校学生围绕合成生物学与气候变化相关课题进行跨时空协作，成员间共享实验数据、研究思路，使用 AI 算法分析挖掘气候相关生物数据，探究使用合成生物学技术应对气候变化的创新解决方案，例如设计高效吸收 CO₂ 的工程微生物等，培养学生全球视野、团队协作和创新实践能力。

三、挑战与展望：智能时代的科学教育演变方向

（一）技术伦理困境与治理机制

随着人工智能在科学教育中的广泛应用，教育数据隐私保护成为亟待解决的重要问题。GDPR 教育应用指南为构建教育数据隐私保护框架提供了重要参考。学校和教育平台在对学生教育资料进行采集、存储和使用时，只对教学、评估等必要环节相关资料进行采集，并严格加密存储，应遵循“最小必要”原则。同时，明确数据主体（学生和家長）的知情权、访问权、删除权等权利，确保学生数据隐私得到充分尊重和保护。

算法偏见防范是技术伦理治理的重要环节。可解释 AI 例如，在基于人工智能的学生成绩预测模型中，可解释 AI 可以展示模型的预测结果的依据和推理过程，使得教师、学生、家長能够理解模型为何做出这样的预测，发现并纠正算法偏见，保障科学评价的公平性与准确性。

（二）教师能力结构转型路径

为适应人工智能赋能科学教育的新趋势，“智能+学科”双师型教师培养体系。以北京师范大学研修模式为示范，“智能+学科”双师型教师培养模式，整合教育技术学、学科教学法、人工智能技术等学科课程，对教师进行系统培训，教师在研修过程中，深入学习学科专业知识，掌握智能教学工具的使用，如如何使用智能教学平台开展学情分析、如何设计人工智能教学活动等。

联合国教科文组织发布的《教师 AI 能力框架》为教师数字素养标准的发展提供了国际指导，该框架从 AI 基础知识、AI 教学应用、AI 伦理与安全等维度对教师应具备的数字素养要求进行了明确规定。学校和教育部门可以根据这个框架，结合自身教育的实际情况，制定本土化教师的数字素养标准，引导教师不断提高自己的数字素养，这样才能更好地应对科学教育在智能时代的变革。

（三）教育生态的系统性变革

全国理科教育数字化资源库建设对于整合优质教育资源，促进理科教育均衡发展具有重

要意义， IEEE LTSC 2025 为资源库建设提供了涵盖资源元数据描述、内容格式、质量评价等多个方面的标准规范。资源库要保证所收录资源的科学性、权威性和适用性，包括丰富的教学课件、虚拟实验软件、科普视频、在线课程等各种类型的资源，建立方便教师和学生随时随地获取所需资源的便捷资源检索和共享机制，使所收录的资源在全国各地都能及时、及时、快捷地被收录。

OECD “AI for Science” 国际合作计划体现了人工智能促进科学教育全球化发展势态，汇集了各国科研、教育力量，共同开展人工智能科学教育前沿研究实践，共同分享经验、交流成果，共同应对智能时代科学教育所面临的挑战，促进全球科学教育理念、方法、技术交流融合，推动科学教育全球化发展，培养具有全球竞争力的创新型科学人才。

参考文献

- [1] 教育部。教育信息化中长期发展规划（2021 - 2035）[Z]。2021.
- [2] Anderson J, Rainie L. The Future of AI and Education[R]. Pew Research Center, 2024.
- [3] 顾小清。智能教育系统的理论建构与实践创新 [J]。中国电化教育，2024（5）.
- [4] UNESCO. AI in Education: Recommendations for Policy Makers[M]. Paris: UNESCO, 2023.