·技术与教育·

AI驱动医学微生物学教学新范式：课程建设与实践反思

邹清华，刘 佳，邓 娟，屠 静
北京大学基础医学院，北京 100191

【摘要】在全球教育数字化转型与“国家教育数字化战略行动2.0”实施的背景下，智慧课程建设已成为推动高等教育生态变革的关键。医学微生物学作为医学核心课程，其知识体系庞杂、更新迅速，传统教学模式在帮助学生构建系统化认知、培养高阶能力方面面临严峻挑战。本研究旨在探索人工智能（artificial intelligence，AI）与医学微生物学教育的深度融合，构建一个以能力培养为核心的智慧课程新范式，以破解传统教学困境。本研究依托雨课堂智慧教学平台，创新性地设计了“知识图谱-问题图谱-能力图谱”三位一体的课程体系，并实施了贯穿课前、课中、课后的线上线下混合式教学模式。教学实践表明，该课程显著提升了学生的到课率、课堂参与度和学习效果，为医学基础课程的智慧化转型提供了可复制的范式。

【关键词】人工智能；医学微生物学；知识图谱；问题图谱；24H智能学伴
【中图分类号】R-4；G434.0 【文献标志码】A 【文章编号】1004-5287(2026)04-0473-07
【DOI】10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202604007

AI-driven novel paradigm for Medical Microbiology education: Curriculum development and practical reflections

ZOU Qinghua, LIU Jia, DENG Juan, Tu Jing
School of Basic Medical Sciences, Peking University, Beijing 100191, *China*

【**Abstract**】Against the backdrop of global digital transformation in education and the implementation of the “National Digital Education Strategy Action Plan 2.0” in China, smart curriculum development has become key to transforming the higher education ecosystem. Medical Microbiology, as a core medical course, presents a complex and rapidly updating knowledge base. Traditional teaching approaches, therefore, face considerable difficulties in enabling students to build systematic cognitive frameworks and cultivate higher-order competencies. This study seeks to investigate the deep integration of artificial intelligence (AI) into Medical Microbiology education, with the goal of establishing a novel smart course paradigm that prioritizes competency cultivation, thereby overcoming the limitations inherent in conventional teaching approaches. Leveraging the Rain Classroom smart teaching platform, this study innovatively designed a tripartite curriculum system integrating “knowledge graph-problem graph-competency graph” and implemented a blended online-to-offline teaching model that spans pre-class, in-class, and post-class activities. Teaching practice demonstrates that this course has significantly improved student attendance, classroom engagement, and learning outcomes, providing a replicable paradigm for the smart transformation of foundational medical courses.

【**Keywords**】artificial intelligence; Medical Microbiology; knowledge graph; problem graph; 24H AI learning companion

基金项目：教育部产学合作项目（240905695192112；240803257174455）
收稿日期：2025-11-05
作者简介：邹清华，副教授，博士，研究方向为细菌致病及耐药机制。E-mail：zouqinghua@bjmu.edu.cn

2025年5月，中华人民共和国教育部正式颁布《中国智慧教育白皮书》，并宣布启动“国家教育数字化战略行动2.0”，此举标志着我国教育数字化转型正式进入一个崭新的发展阶段。在全球范围内，智慧教育时代已经到来，人工智能（artificial intelligence，AI）以前所未有的速度与深度渗透到教育教学的各个环节，为破解传统教育模式的痛点、重构教学流程、提升教学质量带来了全新可能[1-4]。医学微生物学是医学院校的核心基础课程。近年来，新的病原体不断出现[5-6]，耐药菌株问题日益严峻[7]，微生物学诊断技术和疫苗研发也在持续突破[8]，这使得医学微生物学的知识更新速度远超以往。传统教学模式难以帮助学生建立系统化认知框架，亦难以全面培养其临床思维、科研创新等高阶能力。因此，深度融合人工智能技术，探索以能力为导向的智慧课程新范式，成为破解当前教学瓶颈的必然选择[9-12]。

AI驱动的教学融合了建构主义学习理论与认知负荷理论的核心要义，强调学习者在互动与探究进程中主动构建知识体系。AI借助个性化学习路径、智能问答以及动态反馈等手段，为学生提供了开展自主探索与意义建构的技术支撑。与此同时，AI通过知识图谱可视化、问题链分层设计以及智能资源推送等形式，切实降低了学生的外在认知负荷，增强了其知识整合与迁移能力。因此，将AI融入医学微生物学教学，不仅是对教学手段的技术升级，更是对“以学生为中心、以能力为导向”的教育理念的实践深化。

本研究依托雨课堂智慧教学平台，创新性地将AI技术与医学微生物学教学深度融合，探索了“知识图谱-问题图谱-能力图谱”三位一体的智慧课程体系，以期为医学基础课程的智慧化转型提供可复制的范式。

1 “知识图谱-问题图谱-能力图谱”三位一体的智慧课程体系探索

本研究依托雨课堂教学平台，构建了包含知识图谱、问题图谱、能力图谱三位一体的智慧教学体系。知识图谱是学科知识的结构化呈现，其将课程知识点进行拆解，并按照逻辑关系组织成网状结构，解决“学什么”的问题。问题图谱是认知路径的情境化模拟，它围绕知识图谱中的关键节点，设计一系列具有梯度的测试题、讨论或案例，解决“会什么”的问题。能力图谱是素养目标的可视化表征，解决“会到什么程度”的问题。

医学微生物学课程内容庞大，本研究首先将课程内容进行了细致的梳理，将传统教学内容解构为绪论、细菌学总论、致病性细菌、病毒学总论、医学相关病毒、致病性真菌六大模块，以这六个模块为二级知识单元，再细分为更细的知识单元和知识点，每种微生物以“三性两法”主线内容为核心，形成了系统性的知识图谱。与此同时，本研究在整合知识点的基础上，创新性地融入了拓展元素，如生物安全、诺贝尔奖专题、AI在医学微生物学中的应用前沿以及中国科学家贡献等特色内容，引导学生在学习知识的同时培养自主学习能力、知识综合运用能力以及创新思维能力，提升民族自豪感。

在知识图谱的基础上，我们进一步构建了问题图谱。以问题为导向，针对每个章节内容，依据布鲁姆认知目标分类（记忆→理解→应用→分析→评价→创造）设计逐级递进的三个层次的问题，初级层次涉及对术语、概念的记忆和理解，中级层次涉及对所学问题的应用和分析，高级层次涉及对信息、论点或过程的评估或批判。问题图谱链不仅覆盖了知识图谱中的各个知识点，还注重引导学生进行深入思考和探究，培养他们的批判性思维和问题解决能力。例如，在“细菌的形态与结构”章节中，初级问题：“细菌最基本、最普遍的三种形态是什么？”中级问题：“青霉素等β-内酰胺类抗生素通过干扰细菌细胞壁中肽聚糖的合成来杀菌，请解释为什么这类抗生素通常对支原体无效，而对大多数其他细菌（如金黄色葡萄球菌和大肠杆菌）有效？”高级问题：“许多教科书在描述细菌的运动器官时，会强调‘鞭毛是细菌主要的运动器官’，请评估这一论断的准确性。它是否适用于所有能运动的细菌？是否存在例外或需要补充说明的关键点？请举例并阐述你的理由。”将这些问题按照逻辑关系和难易程度进行组织，引导学生进行思考。通过学习，学生不仅能够加深对微生物学理论的理解，还能提高信息评估能力、临床思维和实践能力，从而达到更好的学习效果。

医学生能力培养是医学教育的核心任务，其重要性远超单纯的知识传授，但如何培养以及评价学生的能力仍是需要解决的问题。本研究根据医学微生物学课程内容，细化了学生在学习过程中的各项能力要求，包括理论知识掌握、实验技能、临床应用、科研创新以及人文素养等方面。我们分析每个知识点所包含的能力要素，将能力点与知识点进行链接，形成能力图谱，引导学生学习的同时达成能力目标的培养。

知识图谱、问题图谱与能力图谱并非孤立存在，

而是相互渗透、有机联动的整体。知识图谱提供结构化的知识基础；问题图谱基于知识图谱中的关键节点设计分层问题，引导学生从记忆理解走向分析评价；能力图谱则明确每个知识点与问题背后所对应的能力目标，如临床推理、科研思维等。三者通过教学平台动态链接，形成“知识引导→问题驱动→能力达成”的闭环。例如，在“结核分枝杆菌”章节中，知识图谱呈现其形态、染色、培养特性等知识点；问题图谱对应设计从“什么是抗酸染色？”（初级）到“如何解释结核菌素试验的临床意义？”（中级）再到“评估不同结核病防治策略的优缺点”（高级）的问题链；能力图谱则明确该章节对应“病原识别能力”“临床诊断推理能力”和“公共卫生决策能力”的培养目标。教师可通过平台查看学生的能力分布，动态评估其能力达成情况，并推送相应拓展资源或个性化指导。

最终，通过知识图谱、问题图谱和能力图谱的有机结合，形成了一个全面的医学微生物学智慧课程体系（图1）。相较于传统教学方式，该体系不仅能够帮助学生系统地掌握知识，而且能够提升他们解决实际问题的能力，鼓励学生发展批判性思维和创新解决问题的能力，为未来在医学微生物学领域的深入研究和专业实践打下坚实的基础。

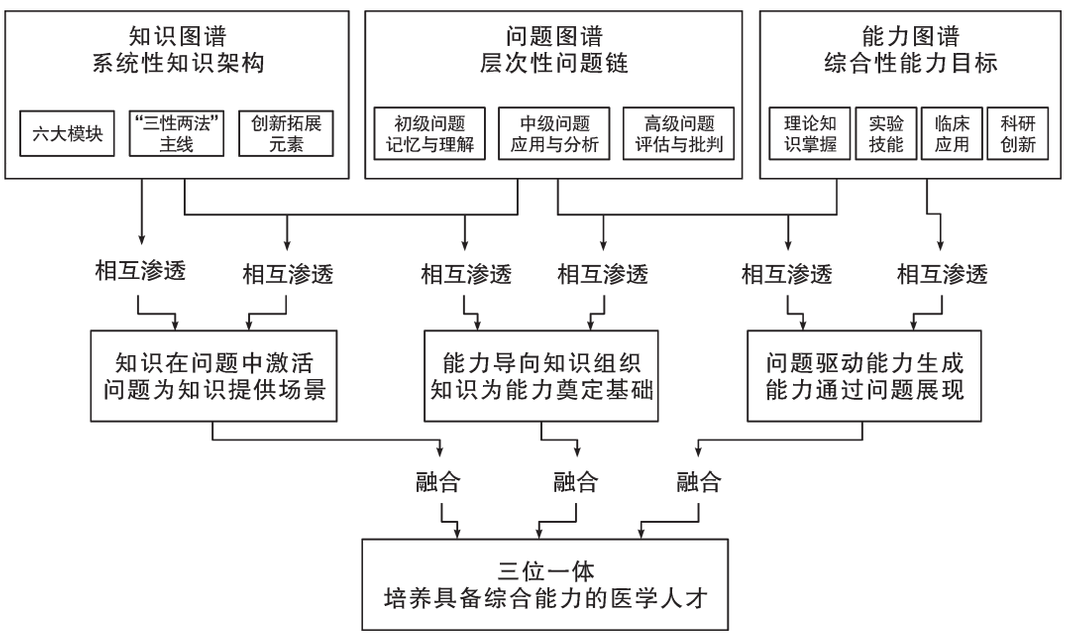


图1　智慧课程核心体系

2　课程思政元素贯穿全课程

中国科学家在医学微生物学领域取得了举世瞩目的成就，为全球医学发展贡献了中国智慧。我们在课程中特别开设了“中国科学家的贡献”模块，深入探讨了我国科学家在病原微生物研究、疫苗研发以及传染病防治等领域所做出的卓越贡献。以沙眼衣原体为例，本专题详细阐述了汤飞凡教授发现沙眼衣原体的历史过程，并介绍了他以身试毒证明沙眼衣原体是沙眼病原体的伟大精神，这一发现显著降低了我国国民沙眼的发病率。与传统教学模式相比，我们在智慧课程中整合了多种学习资源，如视频、学术文献、教材、论坛等，内容丰富，深入浅出，可以有效提升学生的民族自豪感和责任感，激励学生继承和发扬前辈的科研精神，为我国医学事业的持续发展贡献自己的力量。此外，课程特别开设“医学微生物学中的诺贝尔奖”模块，带领学生回顾改变世界的伟大发现，加深对知识点的理解，同时感受科学家在探索微生物世界过程中展现的勇气、智慧与坚持，激发科研热情与创新精神。

在AI驱动的课程体系中，思政元素并非静态呈现，而是通过智能推荐、价值引导等技术手段动态渗透。例如，系统可根据学生的学习进度，个性化推送相关科学家的案例视频或文献；全天候在线的AI智能学习助手24H智能学伴可围绕“科学家精神”“科研伦理”等主题发起讨论或提问，引导学生从科学贡献中感悟责任与担当；在问题图谱的高阶问题中，融入对科研成果社会价值、伦理影响等的批判性思考，实现知识传授与价值塑造的深度融合。

3　智慧学习工具的探索

相较于传统教学，我们在智慧课程中设置了众多智慧学习工具供学生使用，包括资源检索、知识点答疑、轻松学习及一键出题等模块。其中，知识点答疑、

轻松学习及一键出题模块嵌入AI智能学习助手24H智能学伴中，资源检索模块单设。智慧学习工具的辅助能够帮助学生更加灵活地掌握医学微生物学的难点和重点，提高学习效率和兴趣。例如，资源检索模块可检索并推荐个性化学习资源，检索范围包括课程知识库、学堂在线慕课平台、学术网站等，学习资源涵盖视频、论文、教材、案例、论坛等，给学生提供精准的个性化学习资源。

医学微生物学涉及的微生物在形态、生理、遗传和致病机制等方面具有多样性和复杂性。如何区分并识别不同微生物的特点，对于深入探讨这些微生物的特性、揭示它们如何与宿主相互作用具有重要意义。为了帮助学生更好地理解和掌握这些复杂的知识点，本研究在24H智能学伴中设置的轻松学习模块，提供了多种学习工具和方法，如思维导图、比较记忆、助记表格、要点速记等。这些工具能够帮助学生在学习过程中形成系统的知识结构，提高记忆效率，加深理解能力，从而全面掌握医学微生物学的复杂内容。学生可自定义对比维度，如图2所示的比较记忆表格对不同病原体进行列表比较，揭示它们之间的细微差异，从而加深对每种病原体特性的理解。

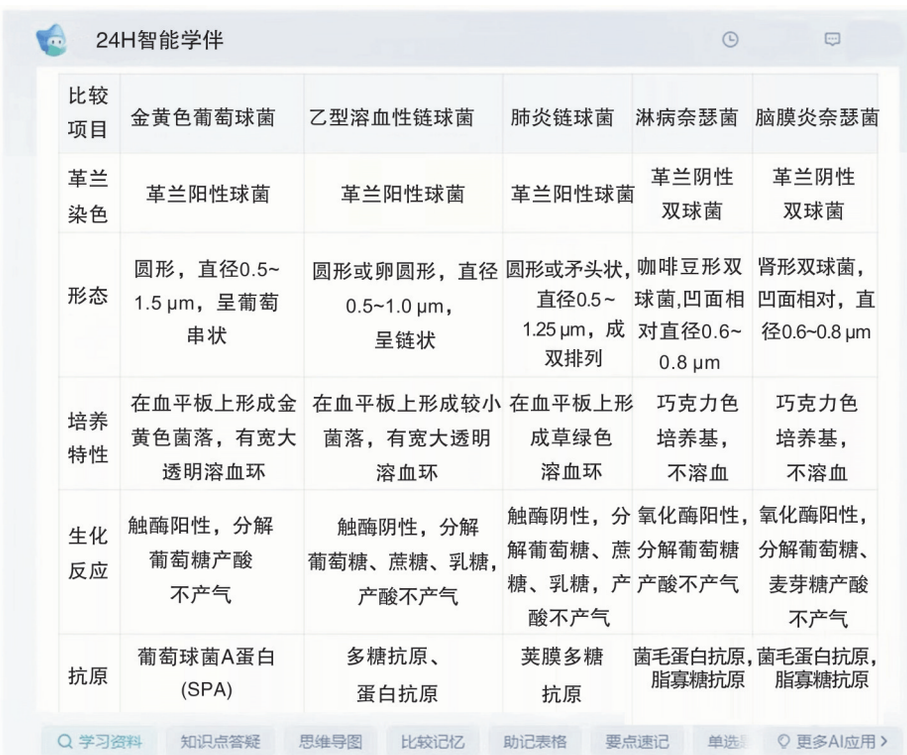


图2 比较记忆表格帮助学生比较知识点

一键出题模块可以根据指定的学习内容，生成各种形式的题目，确保学生能够及时检测学习效果。这样的即时反馈机制，使得学生能够迅速发现自己在学习过程中存在的知识漏洞，并及时进行弥补。

从课程平台后台数据来看，学生对24H智能学伴中的知识点答疑模块使用率较高，学习的问题主要集中在微生物的致病性机制、鉴别诊断要点等方面，24H智能学伴的即时解答有效满足了学生的个性化学习需求。资源检索模块的使用频次也位居前列，学生通过该模块获取了大量课程相关的慕课视频、经典文献及临床案例，拓展了知识面。一键出题模块是学生使用频率最高的工具。

尽管AI工具在提升学习效率、提供即时反馈与个性化支持方面表现出显著优势，但其在实际教学中仍存在一定局限。一方面，当前AI智能学习助手24H智能学伴在回答复杂、开放性或跨学科问题时，其逻辑推理与语境理解能力尚有不足，难以完全替代教师的高阶引导与人文关怀；另一方面，AI生成的题目与资源虽然覆盖面广，但在临床情境的真实性、学科前沿的及时性等方面仍需教师人工审核与补充。因此，在推进AI融合教学的过程中，应明确AI的“辅助”定位，强调其在拓展学习资源、提升互动效率、支持个性化学习方面的工具性价值，而非取代教师的引导作用与学生的主动建构过程。

4　线上线下混合式智慧教学模式实践

智慧课程的建设给教师及学生提供了更加灵活智慧的教学和学习方式。本研究分别从课前、课中和课后三个环节进行了智慧课程教学实践的探索(图3)。

在课前环节，为了提高教师备课效率，我们在课程中设置了智能备课助手的功能，教师可进行知识点梳理、生成教学大纲、生成教学案例，提升备课质量。同时利用AI根据PPT内容一键出题，插入PPT中，实现课堂实时测试、及时调整的效果。在课程开始前，教师通过雨课堂平台发布课件以及预习任务。学生可通过知识图谱进行相关内容的预习，同时利用资源检索等功能查找相关资料，做好预习。这种智能化预习模式显著提升了学生的课前准备质量，为课堂互动讨论奠定了良好基础。

在课堂授课环节，教师借助雨课堂的实时答题、弹幕互动、分组讨论等功能，引导学生开展深度思考。系统能够即时分析学生的答题情况，自动识别普遍存在的知识盲区，教师据此动态调整教学节奏和重点。

在课后巩固阶段，系统内置的学习分析模块能够追踪学生的知识掌握曲线，教师可通过平台收集学情数据，持续优化教学方案，形成教学闭环。学生可利用24H智能学伴随时答疑解惑，对每个章节的内容进行巩固复习，加深对知识点的理解与记忆，了解最新前沿进展。

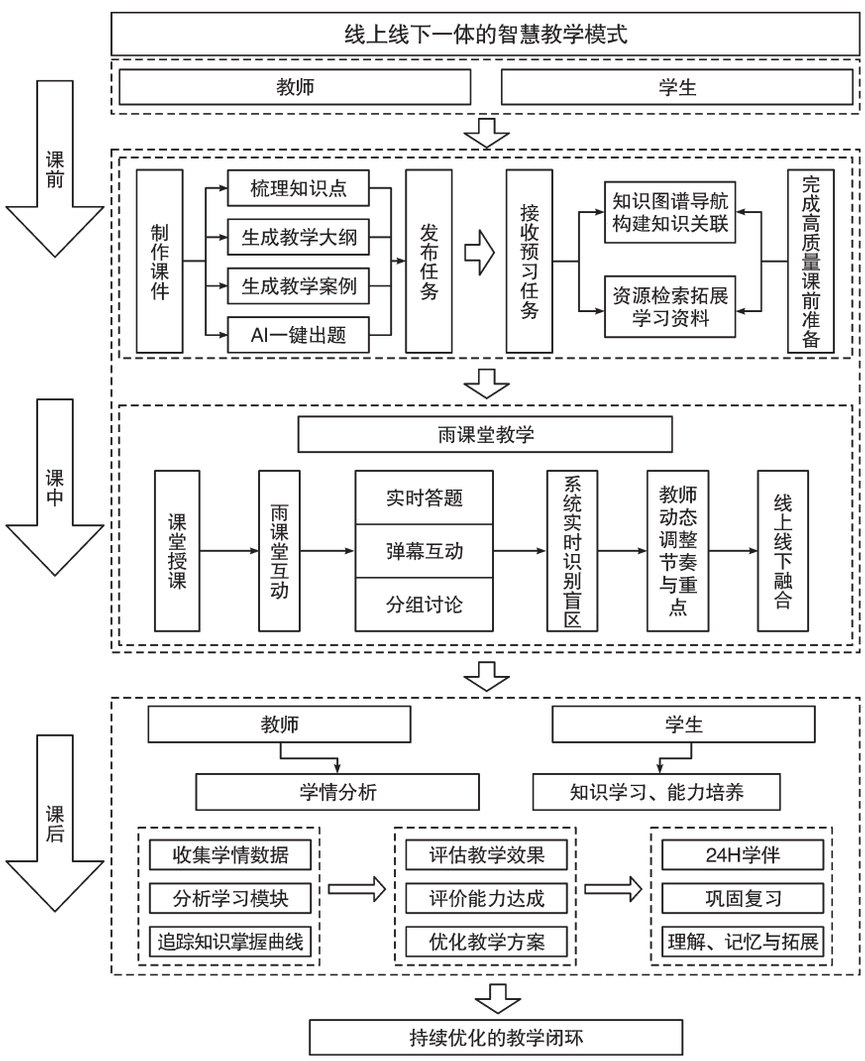


图3　线上线下混合式教学模式

5　智慧课程教学评价及反馈

5.1　课程使用情况反馈

本研究以2023级临床5年制学生作为实验组，使用智慧课程教学，同时以2022级未使用智慧课程的5年制学生作为对照，两组学生入学成绩无显著差异，学习习惯相似。结果显示在同等师资、课程大纲一致的情况下，智慧课程比传统课程显示出更大的优势，学生对智慧课程认可程度高，认为其能够有效辅助学习，提升学习效率，如表1所示。

表 1 学生对智慧课程使用情况反馈

研究对象	班级	学生反馈
使用智慧课程组	2023 临床 5 年制（108 人）	智慧课程系统功能丰富实用，操作便捷，84% 的学生认为能有效辅助学习，提升学习兴趣与主动性 学生反馈：“轻松学习模块中的思维导图和比较记忆工具，让零散的知识点变得有条理，尤其是不同病原体的鉴别诊断，通过助记表格一目了然，记忆起来事半功倍”“一键出题模块非常实用，既能按章节生成练习题进行针对性巩固，也能模拟考试检验整体学习效果，答案解析详细，能清楚知道自己错在哪里，复习更有方向”
未使用智慧课程组	2022 级临床 5 年制（112 人）	未使用智慧课程组学生在传统学习模式下，主要依赖课堂听讲、教材阅读及课后习题巩固知识，学习资源获取渠道相对单一，遇到问题时多通过课后请教教师或小组讨论解决 学生反馈：“部分知识点理解不够透彻时，难以快速找到针对性资料”“复习时缺乏系统梳理工具，知识点容易混淆”“课后练习形式较为固定，个性化查漏补缺效果有限”

5.2 课程授课效果反馈

以 2023 级临床医学五年制 108 名学生为实验组，2022 级同专业 112 名学生为对照组，结果显示使用智慧课程组学生整体到课率达到 94.3%～95.2%，显著高于传统授课模式的班级（60%～70%），提示课程对学生有较高的吸引力。传统授课模式下，学生与老师的互动相对匮乏，多数学生不愿直接回应老师的问题，师生互动次数每节课仅几十次。相对于传统授课模式，智慧课程的使用显著提升了互动效果和频率，每节课师生互动次数（包括弹幕、习题互动、随机点名、不懂问题互动）平均达 300 次，显著活跃了课堂气氛，提高了学生课堂参与度。与此同时，智慧课程授课模式下，随堂小测客观题答题正确率为 86%～91%，而传统模式下，正确率仅为 70%～75%，提示智慧课程授课模式下绝大部分学生进行了认真听讲，授课效果良好。对学生进行问卷调查，共发放问卷 108 份，回收有效问卷 108 份，回收率 100%（图 4），结果显示 87% 的同学认为智慧课程提升了学习参与度，73% 的同学认为学习效果非常好或较好，87% 的同学认为智慧课程学习氛围非常积极或较为积极，83% 的同学希望老师继续使用智慧课程授课。同学最喜欢智慧课程的弹幕功能，认为它能够实时表达疑惑和观点，增强了课堂的互动性和趣味性。其次，课后回看功能也受到了广泛好评，学生表示这一功能极大地方便了课后复习和查漏补缺。此外，本研究还通过案例分析报告等方式，对学生的高阶能力进行评价。例如，在学习完“各论”章节后，学生需提交一份关于“某新发传染病病原体档案”的报告，教师从信息整合、病原体特性分析、致病机制阐释、防控策略提出及科研伦理考量等维度进行评分。结果显示，通过使用智慧课程，学生能够准确整合文献资料，系统描述病原体的生物学特征与流行现状，结合所学理论，深入分析其致病机制，并提出针对性的预防与治疗思路；同时在报告中体现出对科研伦理问题的思考，如病原体研究的生物安全规范等，表明智慧课程在培养学生信息整合能力、临床思维及科研素养方面取得了较好成效。

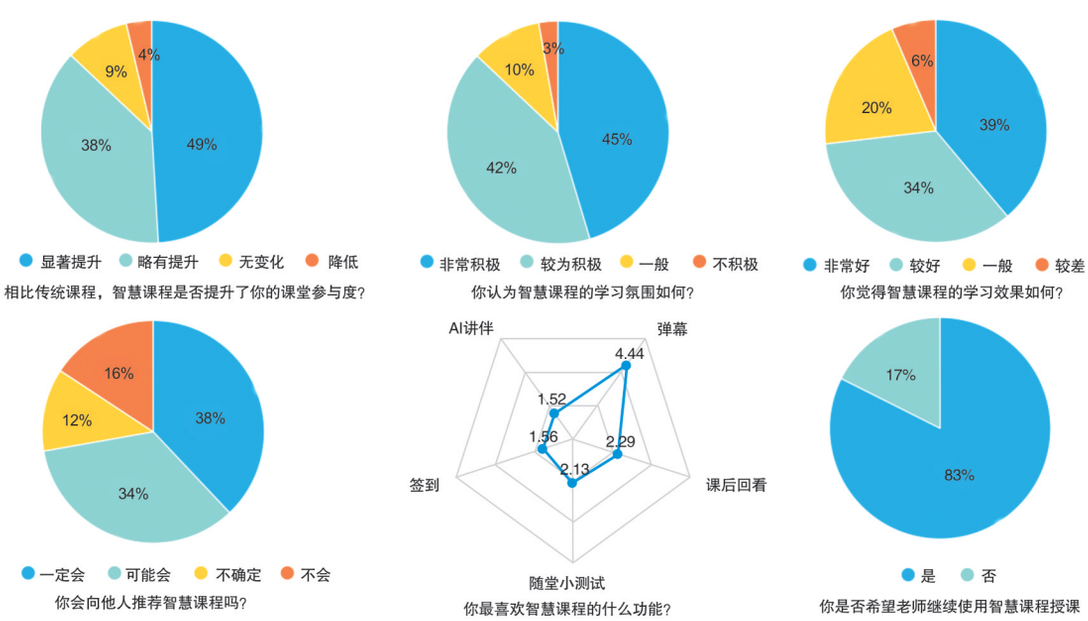


图 4 智慧课程使用效果反馈（数据来自 108 名使用智慧课程的临床 5 年制学生）

6　结论与展望

过往研究对智慧教学环境下医学类课程混合式教学模式的实践[13-15]展开了探索，但针对医学微生物学课程，尚未形成成熟模式。本研究对人工智能驱动下医学微生物学教学的新范式进行了探究，从课程内容的重构、智慧教学工具的设计到课程实践，开展了全面且深入的探索。研究结果表明，以“知识图谱-问题图谱-能力图谱”为核心的课程体系能够全面提升学生的素养。智慧课程凭借其灵活性、互动性和个性化特征，显著增强了学生的学习兴趣与参与度，优化了教学成效，为师生带来了全新的教学体验。本研究亦存在一定局限性，研究以“2023级临床5年制”与“2022级临床5年制”学生分别作为使用与未使用智慧课程的比较对象，属于非同期对照设计，可能存在与时间相关的混杂因素，未来我们会采用同期对照设计进一步验证智慧课程的教学效果。

本研究的实践过程也引发了对智慧课程可持续发展与推广路径的深层思考。首先，教师角色正从知识传授者转变为学习设计者、引导者与协作者，其须具备AI工具应用能力、课程重构思维与跨学科整合素养，这对教师专业发展提出了更高要求。其次，学生在智慧课程中自主学习能力的真实提升仍需系统引导，虽然AI提供了丰富资源与即时反馈，但如何培养学生信息筛选、目标制订与认知能力，避免陷入“浅层互动”，是未来教学实践中需持续关注的问题。最后，课程可持续性与推广面临多方面瓶颈，包括技术平台的迭代维护成本、教师培训体系的不完善、跨校资源共享机制缺乏，以及教学评价体系尚未完全适应能力导向与过程性评价转型等。未来需在政策支持、校企合作、师资培训、评价改革等多方面协同推进，方可实现智慧课程从“试点探索”到“生态构建”的系统演进。

参考文献

[1] Chan K S, Zary N. Applications and challenges of implementing artificial intelligence in medical education: Integrative review [J]. JMIR Medical Education, 2019, 5(1): e13930.

[2] Simoni J, Urtubia-Fernandez J, Mengual E, et al. Artificial intelligence in undergraduate medical education: An updated scoping review[J]. BMC Medical Education, 2025, 25(1): 1609.

[3] Sriram A, Ramachandran K, Krishnamoorthy S. Artificial intelligence in medical education:Transforming learning and practice [J]. Cureus, 2025, 17(3): e80852.

[4] Mir M M, Mir G M, Raina N T, et al. Application of artificial intelligence in medical education: Current scenario and future perspectives [J]. Journal of Advances in Medical Education & Professionalism, 2023, 11(3): 133-140.

[5] Cao C J. The emerging fungal pathogen Cryptococcus gattii: Epidemiology, pathogenesis, immunomodulatory attributes, and drug susceptibility [J]. PLoS Neglected Tropical Diseases, 2025, 19(7): e0013245.

[6] Morens D M, Fauci A S. Emerging pandemic diseases: How we got to COVID-19 [J]. Cell, 2020, 182(5): 1077-1092.

[7] Fayyaz A, Iqbal M D, Ghafoor F. Longitudinal trends in antibiotic resistance of Escherichia coli: A 10-years retrospective analysis in a tertiary care hospital in Lahore, Pakistan [J]. Pakistan Journal of Medical Sciences, 2025, 41(11): 3221-3228.

[8] Goyal P A, Bankar N J, Mishra V H, et al. Revolutionizing medical microbiology:How molecular and genomic approaches are changing diagnostic techniques [J]. Cureus, 2023, 15(10): e47106.

[9] Graf E, Soliman A, Marouf M, et al. Potential roles for artificial intelligence in clinical microbiology from improved diagnostic accuracy to solving the staffing crisis [J]. American Journal of Clinical Pathology, 2025, 163(2): 162-168.

[10] 刘鲁峰，李铆，刘雅婷，等. 数智赋能微生物学课程教学改革与实践[J]. 生物学杂志，2025，42(4)：23-26.

[11] 乐率，饶贤才，周晶，等. 基于雨课堂及微课的BOPPPS教学模式在医学微生物学课程中的设计与应用[J]. 微生物学通报，2024，51(12)：5240-5248.

[12] Mihalas G I, Cotoraci C, Boru C. Integrating artificial intelligence in the medical curriculum: Approaches and strategies [J]. Studies in Health Technology and Informatics, 2025, 329: 1402-1406.

[13] 张晗，陈廷，马群，等. 智慧教学环境下医学类课程混合式教学模式的实践[J]. 中国医学教育技术，2024，38(4)：493-497.

[14] 张灵琳，马志强. 智慧课程中的问题图谱：概念界定、设计框架与建设逻辑[J]. 开放学习研究，2025，30(4)：25-34.

[15] 钱翠娟，姚军. AI赋能“临床微生物学检验技术”课程重构：五维协同驱动智慧教育新生态[J]. 中国医学教育技术，2025，39(6)：779-784.