·数智医学教育·

面向医学教育全流程的AI助学平台构建与应用

陈援帅[1,2]　江路华[3]　丁亦刚[2]　沈思思[3]　沈静[2]
[1]浙江大学医学院附属第二医院人工智能与信息化部，杭州 310009；[2]浙江大学医学院医学教育研究中心，杭州 310058；[3]浙江大学医学院本科生教育办公室，杭州 310058
通信作者：沈静，Email：shenjingwzy@zju.edu.cn

【摘要】 **目的**　构建并应用一个覆盖医学教育“学、教、考、评”全流程的人工智能助学平台，提升个性化学习支持与过程性评价能力。**方法**　以启真医学大模型为知识与推理底座，建设“启真智医”AI助学平台。该平台包括自主学习、学习活动、考核评价与教学质量监控4个功能模块，构建多场景智能体，面向教师端、学生端与督导端协同运行，形成数据驱动的教学闭环。**结果**　讨论课智能体已覆盖28间PBL讨论室，完成150次教学分析。考核评价模块已支持32场考试，累计考评2 505人次，并与教学质量监控模块联动输出课程与个体改进建议。**结论**　该平台通过“医学教育专属大模型+多智能体协同”实现一体化智能支撑与可量化的过程性评价，为第四代医学教育提供可落地、可复用的数字助学范式。

【关键词】 医学教育；　人工智能；　智能体；　个性化学习
【中图分类号】 R-0；R-4
基金项目：中华医学会医学教育分会、全国医学教育发展中心2025年医学教育研究课题（2025B349）；中国高等教育学会2024高等教育科学研究规划重点课题（24BJ0311）；浙江省高等教育学会2025高等教育研究重点课题（KT2025001）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20251012-02332

Development and application of an artificial intelligence-assisted learning platform for the entire process of medical education

Chen Yuanshuai[1,2], Jiang Luhua[3], Ding Yigang[2], Shen Sisi[3], Shen Jing[2]
[1]Department of Artificial Intelligence and Information, The Second Affiliated Hospital Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310009, China; [2]Medical Education Research Center, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310058, China; [3]Undergraduate Education Office, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310058, China
Corresponding author: Shen Jing, Email: shenjingwzy@zju.edu.cn

【**Abstract**】 **Objective**　To develop and implement an artificial intelligence (AI)-assisted learning platform covering the entire process of "learning, teaching, assessment, and evaluation" in medical education, and to enhance personalized learning support and formative evaluation capabilities. **Methods**　Using the Qizhen Medical Large Model as the knowledge and reasoning foundation, the "Qizhen MedInspire" AI-assisted learning platform was constructed. The platform consisted of four functional modules: self-directed learning, learning activities, assessment and evaluation, and teaching quality monitoring. Multiple scenario-based intelligent agents were developed to operate collaboratively across teacher, student, and supervisor interfaces, forming a data-driven closed-loop teaching system. **Results**　The discussion-class agent was deployed in 28 PBL rooms and completed 150 instructional analyses. The assessment module supported 32 examinations, involving a total of 2 505 assessment instances, and worked in conjunction with the teaching quality monitoring module to generate course-level and individual improvement recommendations. **Conclusions**　By integrating a "medical education-specific large model + multi-agent collaboration" approach, the platform provides comprehensive intelligent support and quantifiable formative evaluation. It offers a practical and replicable digital learning-support paradigm for fourth-generation medical education.

【**Key words**】 Medical education;　Artificial intelligence;　Intelligent agent;　Personalized learning

Fund program: 2025 Medical Education Research Project of the Medical Education Branch of the Chinese Medical Association and the National Medical Education Development Center (2025B349); Key Project of the 2024 Higher Education Science Research Plan of the Chinese Society of Higher Education (24BJ0311); Key Project of Higher Education Research of Zhejiang Higher Education Association in 2025 (KT2025001)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20251012-02332

生成式人工智能(generative artificial intelligence, GAI),作为人工智能(artificial intelligence, AI)技术领域的一项重大突破,在应对医学教育和实践领域面临的挑战方面,已展现出积极作用[1],其卓越的信息处理效率、多模态交互能力为医学教育中资源结构不均、个体差异显著、教学反馈滞后等关键问题提供了创新的解决思路和策略[2]。尽管当前AI技术在医学领域的应用已逐步覆盖诊疗全流程,并进一步拓展至新药研发、手术机器人及临床试验等前沿方向[3-4],但针对医学教育全过程的系统性支持和智能化应用仍显不足。通用大语言模型在医学教育情境下存在专业语义理解欠缺与推理稳定性不足等问题,需构建面向学科知识与教学任务的专业模型与多智能体协同机制,以实现人机协作教学。

1 医学教育模式的转变

医学教育模式历经4个发展阶段。20世纪初,打破以实践传授为主的传统学徒制模式,建立起以科学为基础的教育体系[5]。20世纪中叶,以问题导向和跨学科课程整合为核心的教育改革,进一步推动对学生解决实际问题能力的培养[6]。21世纪初,确立了以岗位胜任力为导向的教育模式,将标准化与个性化教育相结合,以满足医学教育、研究与临床实践的综合发展需求[7]。随着AI技术等科技进步为医学教育模式革新提供新的可能[8],第四代医学教育的核心特征是医学教育从以疾病为中心向以健康为中心转变;医学学科与教育呈现深度的跨界、交叉、融合以及对人类认知能力带来极大便利的人工智能的广泛应用[9]。

本研究围绕第四代医学教育的内涵与要求,构建了融合GAI和多模态数据支持的“启真智医”AI助学平台,以解决传统教育体系在资源碎片化、支持不足与反馈滞后等方面的痛点。

2 平台设计与技术结构

2.1 平台设计理念

“启真智医”AI助学平台以“学、教、考、评”4大核心维度为设计基础,致力于构建智能化、互动式医学教育环境。平台通过多模态数据和生成式AI技术的支持,在“学”的层面,利用多模态数据与GAI,提供高效的个性化学习服务,提升学生的自主学习能力;在“教”的层面,通过智能分析工具,辅助教师动态优化教学策略;在“考”的层面,构建智能化考核体系,对学生知识掌握度进行精准评估和反馈;在“评”的层面,则通过全过程数据监控,实现对教学质量与学习成效的综合性、发展性评价,从而推动医学教育的全流程提升与完善。

平台以临床医学多学科知识点大纲、专业胜任力图谱为框架,将相关要求转化为学习评价的指标点,支撑学生知识、能力和素养协同提升[10]。整体设计遵循以下3项原则:①结构化:围绕教学目标,构建具备可溯源性的知识图谱以及能力关联体系。②模块化:按自主学习、学习活动、考核评价、教学质量4个模块,实现多端分离与功能解耦,以利于教学场景的灵活组合。③个性化:在学生自主学习过程中,可灵活定位知识节点,实现从“点状提问”到“系统追踪”再到“定向补偿”的个性化学习路径构建[11]。

2.2 平台整体功能架构

平台根据用户分类,涵盖教师端、学生端和督导端,提供全面、智能的教学与评估支持。通过精准的角色划分与任务分配,实现教学管理、知识传授、评估与反馈的对接,支持医学教育的各环节。

教师端对应“学”“教”“考”3个维度,分别支撑知识库建设、课堂学习活动开展和在线考核设置。教师可便捷地进行题库、病例库及3D模型管理,确保教学资源的高效利用;实时跟踪学习活动中学生个体及小组的学习进度,进行个性化教学指导;实施考题管理、考试安排、批阅管理与考试分析,通过数据分析掌握学情,优化教学策略。

学生端对应“学”和“考”2个维度,整合自主学习、考核评价、个性化测评等功能。智能问答、病例学习与图像学习为学生提供丰富的医学资料,提升学习的沉浸感。学生能查看考试安排与成绩,并通过可视化分析功能,跟踪自己的学习与考试表现。此外,个性化评测功能为学生提供评估报告,助力学生不断改进学习效果。

督导端对应“评”维度,以教学质量监控为核

心，涵盖课程统计、问卷配置、课程公告管理等功能。督导员可以管理监督选课情况，跟踪教学进度，并通过发布督导报告进行质量评估。

平台构建了相互支撑、数据互通的4个功能模块（图1）：自主学习模块、学习活动模块、考核评价模块与教学质量监控模块。各模块通过数据的动态流转与语义关联，形成医学教育全过程的智能闭环。自主学习模块负责学生的个性化学习与自我测评，相应的学习轨迹与行为数据会被记录，供学习活动模块调用，为课堂分析与协作讨论提供语义基础。学习互动过程中形成的语料与数据，自动导入考核评价模块，用于支持学生知识掌握与能力测评的多维评估。平台实现了医学教育全过程的智能支撑，各环节相互衔接、信息互证，从而推动教学评价由结果导向向过程导向转变。

为了应对医学教育中的多样化教学需求[12]，平台除支持理论课的课前、课中和课后学习外，还创新性地研发“讨论课智能体”，服务于病例讨论小组教学，通过病例讨论课场景，促进学生与教师之间的互动交流，提高学生的问题识别与解决能力、临床决策能力、沟通合作能力。

在整体架构上，启真医学大模型作为统一的知识与推理底座，负责处理医学语义理解与跨模态推理；在其之上封装了面向不同教学任务的多场景智能体（包括自主学习、讨论课、考核评价和教学质量监控），每个智能体通过预设的“角色设定+工具调用+可观测指标”三元配置完成具体任务。智能体之间通过统一的数据总线共享学习日志与考核结果等结构化数据，但在接口设计上保持清晰的功能边界：大模型不直接管理业务流程，智能体不修改底层模型参数，从而实现“模型负责理解与生成、智能体负责场景编排与结果落地”的协作机制。

2.3　平台技术实现路径

“启真智医”平台的底层是启真医学大模型，是国内首个基于大学医学知识库的医学教育大模型[13]，成功入选教育部国家智慧教育平台2.0首批上线的13个学科大模型（唯一基础医学大模型）。集成了大量医学领域的专业知识，包括临床病例数据、医学文献和治疗指南，已构建不少于千万条的高质量训练数据。这使得模型能够为医学相关问题提供更加准确、专业的回答。此外，启真医学模型支持整合医学图像、视频、3D模型等多模态信息。图像和视频资源可以直观呈现解剖学、病理学等内容，3D模型则能够让学生身临其境地进行虚拟实验和解剖模拟，增强其空间想象力[14]和实践操作能力。平台结合大语言模型、指令路由与实体识别等技术，针对医学教学场景，开展专门的模型训练与调优，提供高精度的智能问答与课堂评估功能，并构建可复用的检索与分析服务，形成面向教学的智能服务体系，提升医学教学的实时性、精确性与可用性。

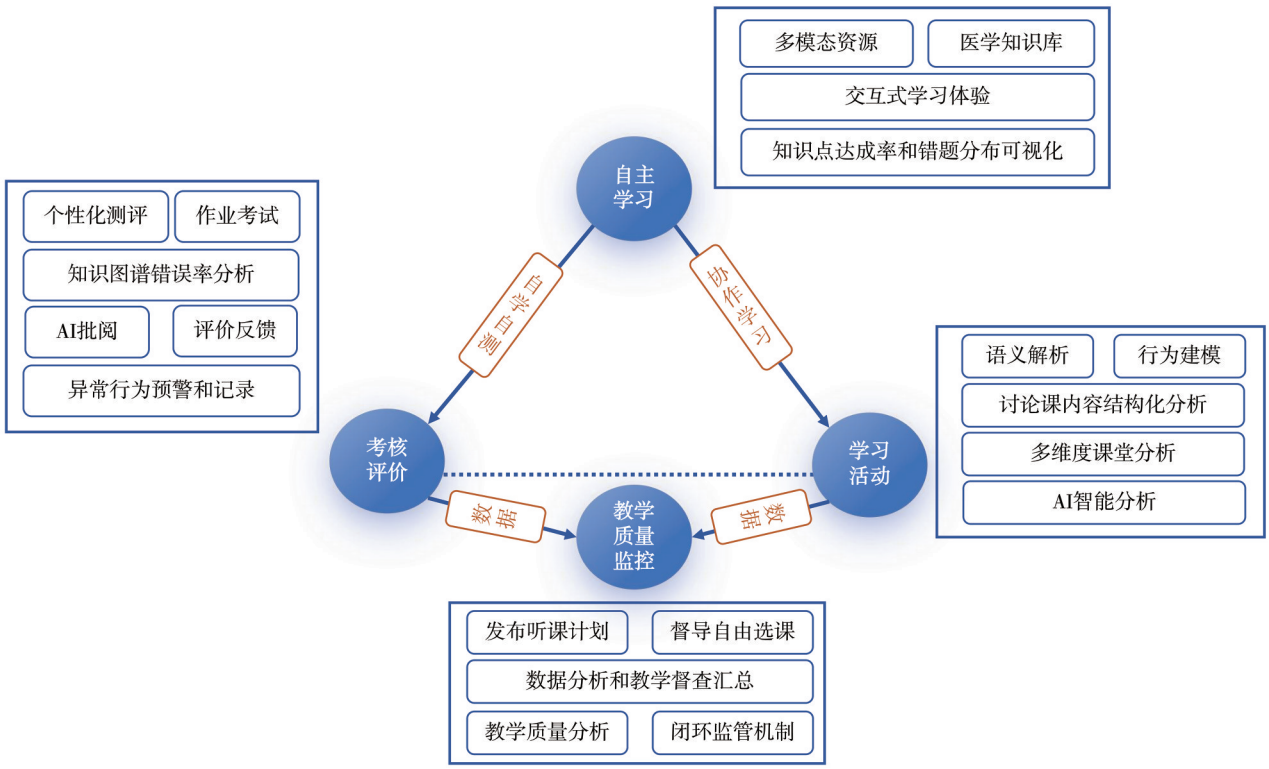


图1　功能设计图

在系统设计上，为提升稳定性与可维护性，将整个平台按功能拆分为若干子系统，类似将大型课堂划分为备课、授课、作业布置和批改、测评等环节。各模块采用微服务架构（即将复杂平台拆分为一组职责单一、可独立升级的小服务），便于不同教学功能在互不干扰的前提下迭代优化。部署阶段把每个子系统封装为标准化容器并实现容器化运行（即系统打包成“标准化教学工具箱”，在不同服务器上都能一键启动）[15]，同时构建标准化流程，提交更新后自动完成编译、测试与发布，实现一键部署，减少对教学的影响。业务结构自上而下包括访问层、展示层、API（应用程序接口）层、业务层、智能推荐层（题目与课程推荐、对话式助教、学习分析工具）以及数据层，各层协同保障系统的高可用性和可追溯性[16]。对教师而言，这一设计可确保教学不中断、成绩与讨论等数据的实时呈现、在线更新与修复无须占用课堂时间，以及在统一界面上追踪学生学习轨迹与知识薄弱点并给出针对性改进建议。对于学生而言，该设计可实现个性化学习资源与测评任务的即时精准下发。对于教学督导人员，该设计能够对教学数据异常波动进行预警，并生成标准化教学质量分析报告。技术架构图如图 2 所示。

3　教学场景建设

3.1　自主学习模块

自主学习模块作为平台的起点，为学生提供基于 AI 的个性化学习与自我测评支持。通过融合基础医学与临床医学语料进行再训练，增强模型的专业知识理解与语义推理能力。教师在课程建设中对教材知识点进行标注。在学习资源建设方面，平台集成了来自学院及附属医院的多模态教学内容，涵盖文本、图像、音视频与 3D 解剖模型。学生可通过自然语言与 AI 进行对话式学习，例如“请展示肾单位的三维结构并解释其功能”，系统可即时调取相关 3D 模型并结合文本解释进行讲解，实现图文并重、交互式学习体验。

模块同时支持通过历史记录查询追踪学习路径，对学习时长、知识点达成率与错题分布进行可视化呈现，针对学习不足或知识盲区推送微课视频、病例题与强化测试，辅助学生自主学习。产生的行为与测评数据将同步进入教师端与质量监控模块，用于教学策略调整与课程质量评估。

以《系统解剖学》课程为例，学生在进入关于“心脏与大血管”的课堂前，可在平台上完成由教师预设的自主学习单元：包括关键知识点概览、典型病例短视频以及 3D 心脏模型探索。平台自动记录学生观看进度、互动提问与自测结果，为学生提供学习反馈，为教师提供课前学情信息。

3.2　学习活动模块

学习活动模块以“讨论课智能体”为核心，以强化学生的批判性思维、问题解决能力与团队协作意识为目标。系统通过语音识别、语义解析与行为建

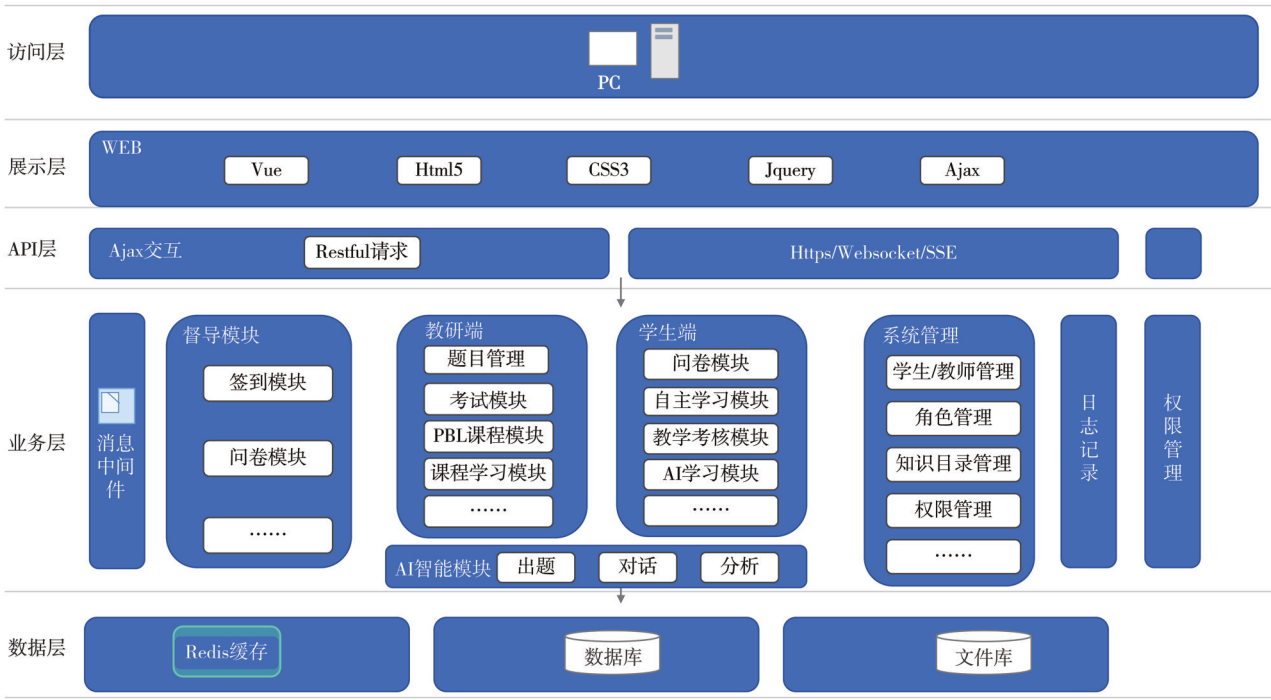


图 2　技术架构图

模，对课堂讨论内容进行结构化分析，自动识别发言频次、有效发言内容、问题类型、证据引用等关键指标，为教师提供多维度的课堂分析报告。“讨论课智能体”基于启真医学大模型的通用医学语义分析能力，额外封装了课堂角色指令、讨论流程编排（如提出问题、分组讨论、汇报点评）以及课堂评价量表等。教师可依据系统生成的个人与小组表现报告，了解学生在讨论中的逻辑表达、知识整合与合作互动情况。人工评分数据与原始音频同步存储，用于模型迭代优化训练时使用。

模块初步建立了涵盖5个维度的课堂学习活动即时评价体系：包括知识掌握、高阶思维能力、沟通与合作能力、语言与情感表达能力、人文与伦理素养。通过这些数据的可视化呈现，教师能够全面实时了解学生在课堂上的学习状况，并针对性地调整教学内容。目前该模块已覆盖28间PBL讨论室，完成150次教学分析，正在TBL、tutorial等多种讨论课中推广。前期研究显示：各能力评价维度的评分与同期教师评分之间具有中等一致性（n=900，平方加权 Kappa=0.420，95%*CI*=0.367~0.474），其中93.78%的样本评分差异在±1分以内。该模块产出的数据将与后续考核结果与质量监控体系衔接，为教学效果评价提供学习全过程的量化依据[17]。

3.3　考核评价模块

考核评价模块聚焦学生的知识掌握与能力水平的智能测评，是实现个性化评价和教学改进的重要支点。模块将学院标准化题库与国家执业医师考试知识点体系进行标准化映射，实现从课程考核到执业考试的纵向衔接。平台可根据学生的作答情况自动计算知识点正确率与错误率，并生成学习改进建议。例如，当学生在“阻塞性通气不足”知识点上反复出错时，平台将推送针对性的学习资源与模拟题集，辅助其强化薄弱环节。教师端的分析面板提供班级整体学情、题目难度分布与知识点热力图，帮助教师快速识别薄弱领域。

平台还支持对作答时长异常、切屏、相似答题等行为进行预警提示并记录。目前该模块已完成32场考试，考评人次2 505次。考核结果与学习行为数据同步进入教学质量监控模块，用于生成教学改进报告与个体化教学建议，从而实现以数据驱动的“教学评”协同优化。

3.4　教学质量监控模块

教学质量监控模块是平台的中枢环节，承担教学数据汇聚、过程分析与质量反馈功能，打造从学习过程到教学决策的闭环管理体系。平台提供课程进度、课堂互动频率、学生参与度与考核达标率等多维度分析指标，为教学督导员和管理者提供量化依据。督导员可通过平台完成课程选择、课堂观察、结果评估与报告生成，实现全过程可追溯的督导管理。平台支持双向反馈机制，教师可提交教学反思与课程改进计划，学生可通过问卷系统提供学习体验反馈。

此外，该模块在每学期末自动汇总多源数据，生成院级“教学质量报告”，涵盖课程评估、教师教学表现、学生学习成效与能力提升趋势，为学院层面的教育决策提供数据支撑。

四模块通过学习日志→课堂语料→考核结果→质量反馈→个性化推送，形成“数据驱动教学闭环”（图3）。

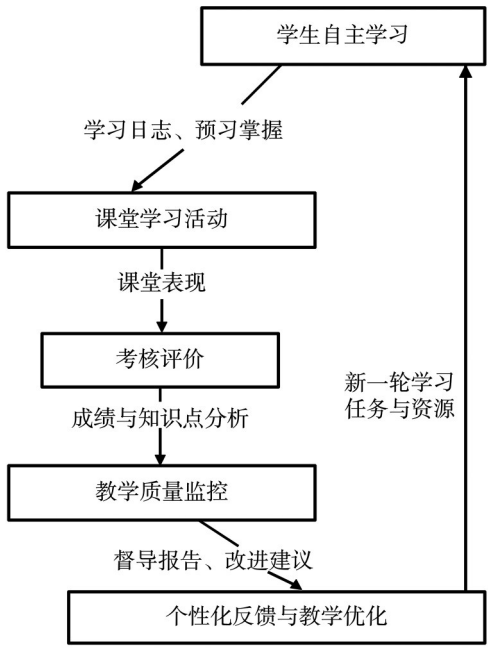


图3　数据驱动教学闭环流程示意图

自主学习模块采集学生的学习时长、知识点掌握度和自测结果；学习活动模块在此基础上补充课堂发言、质疑与合作行为等高阶学习数据；考核评价模块将形成的成绩与知识点分析结果与前述过程性数据进行关联；教学质量监控模块对不同课程、教师的纵向数据进行汇总分析，输出督导报告与改进建议；平台最终将这些分析结果再次推送到学生端与教师端，形成新的学习资源推荐与考试设计方案。

4　平台技术创新与实践应用

4.1　医学教育专属大模型优化范式

在平台构建过程中，针对医学教育场景中语言任务的专业性与高准确性要求，设计并实施了由增

量预训练[18]、监督微调[19]与强化学习构成的三阶段融合优化流程。首先，在增量预训练阶段（“系统补课”），选取包含医学专业知识、临床病例记录、执业医师考试题库解析以及教学督导评价语料在内的多源文本数据，对通用语言模型进行连续训练，以弥补其在医学教育领域特有术语、叙述习惯与知识结构方面的不足。该阶段的训练数据涵盖基础医学、临床医学等多个学科门类，预训练过程中采用分段学习率衰减策略，以保证在引入新知识的同时不破坏模型原有的语言生成能力。其次，在监督微调阶段（对带标准答案的典型教学任务“精讲精练”），构建了覆盖典型教学任务的标注数据集，包括讨论课发言记录及评分示例、师生问答对话、课堂测验解析文本等，通过交叉熵损失函数优化模型参数，使其在课堂评分、知识问答等高频任务中的输出更加符合实际教学需求与专业评价标准。最后，在强化学习阶段，引入人类反馈（reinforcement learning with human feedback，RLHF）[20]机制（请有经验的教师对模型回答逐条打分“纠错与加练”），由具备医学教育背景的专家对模型在实际教学场景中的生成结果进行多维度评分（如内容准确性、逻辑结构、用语规范性等），并将评分结果转化为奖励信号，通过策略梯度方法优化模型生成策略，从而提升其在真实教学互动中的稳定性与可信度。该三阶段融合优化范式确保了模型在医学教育特定语境下具备较强的知识覆盖度与任务适配性，并在实际部署中显著提高了讨论课评分的一致性和知识问答的正确率。一阶段后，针对生理学、病理学、病理生理学、医学微生物学、药理学的知识回答平均正确率达到 74.00%，三阶段后，针对相应测试集答题正确率达到 86.00%。

4.2　轻量化部署与高并发响应

“启真智医”平台在模型部署层面实现了小 GPU 环境下的高效推理与并发优化，最高同时在线使用大模型人数超过 500，响应时延低于 1.5 s，保障了教学实践的流畅性与可靠性。32B 参数量明显低于百亿级通用大模型（例如 DeepSeek-R1），在确保医学场景性能的基础上，降低硬件部署成本与推理延迟，以适配院校有限的算力资源。通过医学领域的专项评测（CMB-Clin-qa），该模型流畅性、相关性和完整性均可与“满血版”DeepSeek-R1 相媲美，达成了“小规模+高精度”的技术突破（图 4）。

平台整合文本、图像、3D 模型、视频等多模态教学数据。学生通过自然语言指令（如“请展示心脏模型”）即可快速调用关联资源，一键获取图文并茂、立体可视的学习内容。

4.3　多模态语义融合和模型调优

围绕病历、医学影像、手术视频、器官 3D 模型等多种医学数据，构建跨模态医学知识图谱。首先，以 SNOMED CT[21]等国内外权威术语系统作为核心词表，结合教学大纲与分科教材，定制疾病、症状、体征、操作、解剖结构等实体以及关系模式。通过低秩自适应（low-rank adaptation，LoRA）[22]进行模型调优（即在冻结原有大部分模型参数的前提下，仅增加少量新的可训练参数，以较低算力成本“微调”出适应医学教育场景的专用能力），记录该过程中的

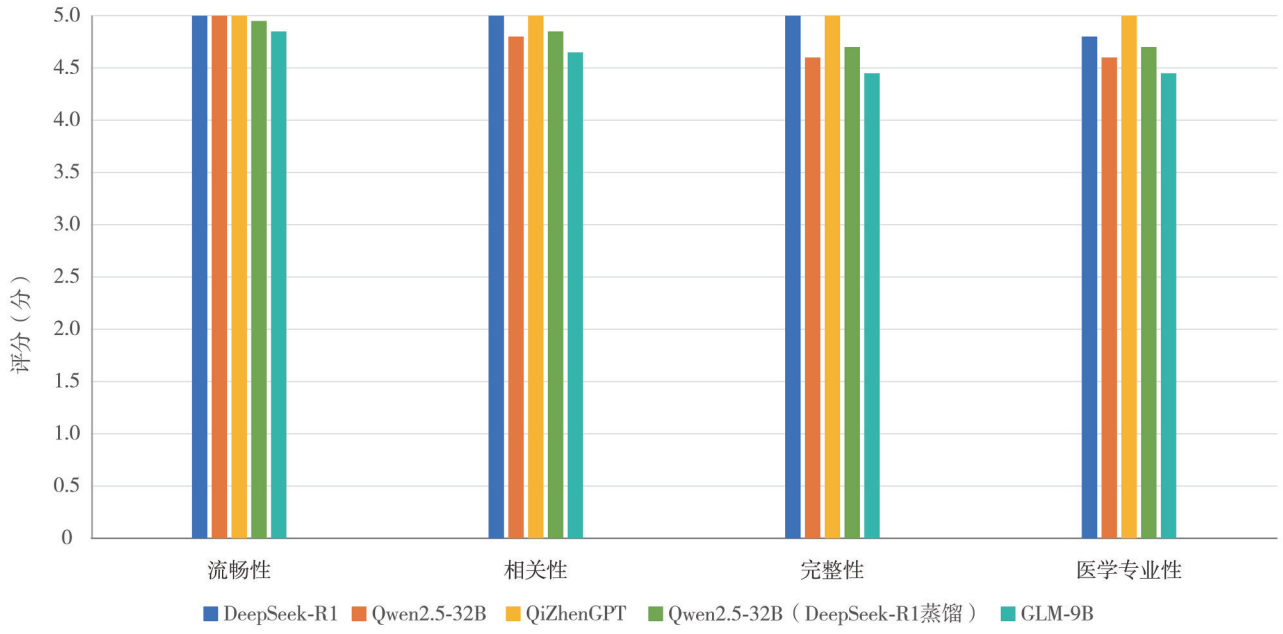


图 4　模型在 CMB-Clin-da 数据集上的效果对比

性能变化，其中横坐标代表训练步数，纵坐标表示模型在验证集上的损失值。从图5中能够观察到，随着训练步数的增加，模型的损失值逐渐降低，并在经过一定步数后达到稳定状态。

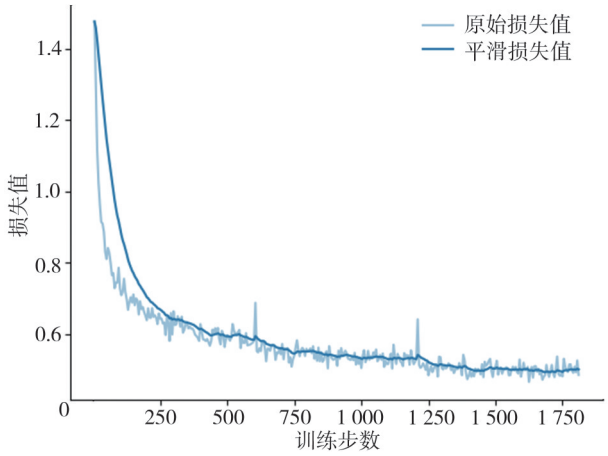


图5　LoRA微调过程中训练损失值变化

4.4　大规模病例数据脱敏与结构化建模

针对真实病例，构建“自动脱敏—语义映射—结构归一”的一体化流程，运用规则与模型相结合的方式识别个人健康信息[受保护的健康信息（protected health information，PHI），如姓名、证件号、联系方式]，采用k-匿名[23]、l-多样性以及差分隐私技术对特殊病种、时间戳等高风险属性进行再处理。利用临床事件抽取模型对主诉、现病史、既往史、治疗方案、预后评价等要素加以解析，在字段层面完成标准化编码工作。构建逻辑数据模型（logical data model，LDM）与物理数据模型（physical data model，PDM），达成多源病例的字段对齐，将自由文本指标转换为可计算特征（如数值、枚举、时间序列），并与知识图谱节点进行语义链接，形成“病例、知识点、教学目标”的三元关联。依据教学任务生成不同粒度的数据集（如A2型试题、模拟训练集），实现案例推送、自动评分以及难度分层。

4.5　平台建设与推广的可复用经验

从平台建设与实践看，其模式对其他医学院校具有一定的可借鉴性，主要体现在以下4个方面：第一，目标牵引的顶层设计。以医学教育岗位胜任力要求为牵引，优先明确“学生需要拥有哪些能力”“教师需要获得哪些反馈”，再逆向设计数据采集与功能模块，而非单纯从技术可行性出发搭建系统。第二，教学场景驱动的智能体配置。平台优先选取讨论课、过程性考核等“高价值场景”，围绕具体教学痛点设计场景化智能体的角色与任务清单。第三，平台支持渐进式升级。依托前述微服务与容器化设计，可以根据自身信息化基础与课程体系，逐步接入已有教务系统、在线课程平台和考试系统，而无须一次性完成“整体替换”。第四，与教师发展和教学研究深度融合。平台建设同步配套教师培训工作坊，坚持“建用结合、迭代完善”的原则；同时，将教学研究贯穿于平台建设的全周期，联动一线教师，共同参与从资源开发、智能体构建到教学创新的全过程，实现共建共享。

5　不足与展望

“启真智医”平台系统整理分析基础与临床医学知识，提取关键知识点融入模型，提升其在医学教育领域的理解应用能力，提供多模态学习资源，形成医学资源库，完善医学教学知识库。项目引入AI问答系统和教改资源，拓展学习途径，打造互动式自主学习环境，通过课后测试、考试考核及个性化测评，利用医学大语言模型智能生成题目，为基础和临床医学阶段的学习提供评估反馈，个性化展示知识点错误率、排名和学生学习画像。此外，项目建立教学质量监控中心，多维度评估和统计分析教学质量，为授课教师提供教学改进建议，建立闭环机制持续提升教学质量。

然而，在实施过程中发现当前平台在图像识别方面存在不足。后续计划采用多任务卷积网络与视觉Transformer来提取解剖结构[24]、病灶边界及操作步骤，并结合弱监督学习实现帧级/体素级标注。在质量控制与可解释性方面，目前同样存在若干问题，需设置一致性校验、人工抽检及可视化审计界面，以确保语义链接准确且可追溯，从而为智能化教学（包括个性化推送、虚拟仿真训练、智能答疑）提供更可靠的底层语义支撑。

当前平台仍以局部课程试点为主，缺乏在多课程、多年级层面的比较研究。未来拟重点开展以下几类教学研究，以更加严谨地论证平台的教育价值：①在不同课程与教学单元中设计“平台辅助教学”与“常规教学”的对照研究，比较在知识掌握度、高阶思维能力、临床推理与沟通能力等维度上的差异；②构建以胜任力为导向的纵向随访框架，跟踪学生在实习、规培乃至执业早期阶段的表现，分析其在校期间使用平台的频率、质量与其后续临床表现之间的关联性；③结合学习分析与质性访谈，深入探讨教师与学生对平台的使用体验、接受度及其对教学角色、课堂结构的影响。

6　结语

“启真智医”平台以启真医学大模型+多智能体

协同为核心，构建数据驱动的教学闭环，实现个性化学习、过程性评价与质量改进一体化落地；形成了面向第四代医学教育的“一体化数字助学范式”。与传统信息化系统相比，其创新之处主要体现在：一是实现了从资源管理型平台向“学习过程可感知、教学决策可量化”的智能教学基础设施转变；二是将大模型能力通过场景化智能体嵌入病例讨论、过程性考核和教学督导等关键教学环节，使AI不再仅仅是答疑工具，而是可被教师调度的“数字助教”；三是初步构建了支撑个性化学习路径与多维能力评价的指标体系。

目前，平台已在校内PBL课堂、过程性考试、教学督导等环节展开应用。未来的建设将围绕3个方向推进：其一，在推广使用方面，依托现有院校的教学应用经验，制定可复用的课程融合与师资培训方案，逐步在区域医学教育联盟内部实现跨院校共享与互评，探索优质教学资源、督导标准与案例库的区域化共建机制；其二，在场景拓展和技术演进方面，推进实验课、临床课等场景落地，并开展多智能体协作模型的研发，使课堂分析、个性化学习推荐与教学评价模块能够协同运行，实现教学改进建议与教案优化的实时闭环；其三，在教学成效与战略落实方面，持续跟踪平台对学生核心胜任力与综合素养培养的影响，建立基于数据追踪的纵向评估体系，为医学教育数字化战略的政策制定和持续优化提供实证支持。通过区域协同推广、技术持续迭代与教学反馈机制的紧密结合，“启真智医”平台有望在更大范围内构建起可持续的智能教育生态，助力医学人才培养模式的持续创新。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 陈榎帅：撰写论文；江路华、沈静：总体把关、审订论文；丁亦刚、沈思思：项目实施

参考文献

[1] 关庆, 陆萍, 韩旭, 等. 生成式人工智能赋能医学免疫学教学实践研究[J]. 中国免疫学杂志, 2025, 41(6): 1306-1309, 1314. DOI: 10.3969/j.issn.1000-484X.2025.06.006.

[2] 王涛, 王渊, 胡浩. 人工智能赋能医学基础实验教学的挑战与思考[J]. 中国医学教育技术, 2025(5): 563-567.

[3] 陈泞夙, 赵凯, 薛心雨, 等. 基于人工智能的临床辅助决策系统早期临床评价研究的报告规范(DECIDE-AI)解读[J]. 中国循证医学杂志, 2024, 24(9): 1100-1107.

[4] 吴敏敏, 王鑫钰, 王伟炳. 医学人工智能的技术发展和场景应用[J]. 复旦学报(医学版), 2025, 52(3): 470-474. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8467.2025.03.021.

[5] 李秀岩, 冯冬菲, 王艳宏, 等. 世界四大传统医学教育体系及对中医药教育的启示[J]. 中国医院管理, 2024, 44(8): 84-88.

[6] 王艳霞, 胡优敏, 倪雯雯, 等. 基于国家级虚拟仿真一流课程的实验PBL教学模式构建与实践[J]. 中华医学教育探索杂志, 2025, 24(3): 325-330. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20230620-01860.

[7] Frenk J, Chen L, Bhutta ZA, et al. Health professionals for a new century: transforming education to strengthen health systems in an interdependent world [J]. Lancet, 2010, 376(9756): 1923-1958. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)61854-5.

[8] 韩玉, 徐涵, 赵楚. 职业教育专业能力标准的数智化：能力图谱及应用场景开发[J]. 教育研究与实验, 2024(5): 99-107.

[9] 魏嵬, 罗高萌, 刘润铭, 等. 人工智能辅助教学在医学教育中应用效果的Meta分析[J]. 医学新知, 2025, 35(10): 1242-1248. DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202505084.

[10] 中国住院医师培训精英教学医院联盟. 中国住院医师培训精英教学医院联盟住院医师核心胜任力框架共识[J]. 协和医学杂志, 2022, 13(1): 17-23. DOI: 10.12290/xhyxzz.2021-0755.

[11] 李永智, 安德烈亚斯·施莱歇尔. 人工智能时代的能力重构与教育变革：全球趋势探析[J]. 全球教育展望, 2025, 54(9): 3-19.

[12] 厉旭云, 孙岑岑, 齐宏妍, 等. 四融支撑、四维一体医学生理学实验教学模式重构与实践[J]. 基础医学教育, 2025, 27(11): 1028-1031. DOI: 10.13754/j.issn2095-1450.2025.11.04.

[13] 朱平, 姜晓蓉, 许宇珩, 等. 新医科, 正在培育怎样的医学生[N]. 浙江日报, 2025-10-15.

[14] 孙江山. 基于3D CAD的中学生空间能力提升：模型构建与课堂实践[J]. 中国电化教育, 2022(9): 114-121.

[15] 徐建鑫. 基于Docker的网络安全靶场设计与实现[J]. 网络安全和信息化, 2025(5): 98-100.

[16] Niu X. Deep-learning-guided student intelligent classroom management system [J]. Appl Bionics Biomech, 2022, 2022: 1961631. DOI: 10.1155/2022/1961631.

[17] 田蕾, 孙宝志. 第四代医学教育考核评价：精准教育评价[J]. 中华医学教育探索杂志, 2025, 24(11): 1441-1446. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20250401-02127.

[18] 朱渝珊, 张文, 王晓珂, 等. 面向电子商务社交知识图谱高效增量预训练的双向模仿蒸馏[J]. 软件学报, 2025, 36(3): 1218-1239.

[19] 王欣宇, 杨涛, 王松, 等. 融合监督微调和检索增强的中医知识问答模型研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2025, 27(7): 1898-1905. DOI: 10.3321/j.issn:1673-8225.2007.35.013.

[20] Haider Z, Rahman MH, Devabhaktuni V, et al. A framework for mitigating malicious RLHF feedback in LLM training using consensus based reward [J]. Sci Rep, 2025, 15: 9177. DOI: 10.1038/s41598-025-92889-7.

[21] Chang E, Sung S. Use of SNOMED CT in large language models: scoping review [J]. JMIR Med Inform, 2024, 12: e62924. DOI: 10.2196/62924.

[22] Kim S, Yang H, Kim Y, et al. Hydra: Multi-head low-rank adaptation for parameter efficient fine-tuning [J]. Neural Netw, 2024, 178: 106414. DOI: 10.1016/j.neunet.2024.106414.

[23] 曹来成, 后杨宁, 冯涛, 等. 面向动态博弈的k-匿名隐私保护数据共享方案[J]. 西安电子科技大学学报(自然科学版), 2024, 51(4): 170-179. DOI: 10.19665/j.issn1001-2400.20240201.

[24] Misera L, Müller-Franzes G, Truhn D, et al. Weakly supervised deep learning in radiology [J]. Radiology, 2024, 312: e232085. DOI: 10.1148/radiol.232085.

（收稿日期：2025-10-12）
（本文编辑：唐宗顺）