人工智能联合雨课堂在临床医学生超声实践教学中的创新路径探索

富 璐,赵 辉

大连理工大学附属中心医院(大连市中心医院)健康管理中心,辽宁 大连 116033

【摘要】在数字技术赋能教育革新的背景下,人工智能技术已在临床医学人才培养中得到广泛应用。同时,伴随医学教育改革的不断深化,开展临床医学生超声课程实践教学,对于培养其多学科临床思维、提升综合素养、夯实诊疗决策能力具有重要意义。本研究构建“人工智能赋能超声仪器+雨课堂”一体化教学融合体系,借助人工智能辅助模块实现实践教学中的实时纠错与病灶精准辨识;依托雨课堂搭建全流程闭环教学路径,二者协同为超声实践教学改革提供理论与实践支撑,助力临床医学生执业技能提升。

【关键词】人工智能;雨课堂;临床医学生;超声实践教学

【中图分类号】R-4;G642.4 【文献标志码】A 【文章编号】1004-5287(2026)04-0442-07

【DOI】10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202604003

Exploration of innovative pathways for artificial intelligence combined with Rain Classroom in ultrasound practical teaching for clinical medical students

FU Lu, ZHAO Hui

Health Management Center, Central Hospital of Dalian University of Technology (Dalian Municipal Central Hospital), Dalian 116033, *China*

【**Abstract**】In the context of digital technology empowering educational innovation, artificial intelligence (AI) technology has found extensive application in the training of clinical medical professionals. With the continuous deepening of medical education reform, the implementation of ultrasound practical courses for clinical medical students is instrumental in fostering their multidisciplinary clinical thinking, enhancing comprehensive competencies, and solidifying diagnostic and therapeutic decision-making skills. This study developed an integrated teaching system of “AI-empowered ultrasound equipment + Rain Classroom”. The AI auxiliary module facilitates real-time error correction during hands-on practice and enables accurate lesion identification. Relying on Rain Classroom, a full-process closed-loop teaching pathway is established, providing both theoretical and practical support for the reform of ultrasound practical teaching and contributing to the improvement of clinical medical students’ professional skills.

【**Keywords**】artificial intelligence; Rain Classroom; clinical medical students; ultrasound practical teaching

随着医学教育改革的持续深化与医疗技术的精准化发展,临床实践教学在医学生培养中的关键作用日益凸显。在此背景下,系统化推进实践教学,已成为构建临床医学生核心课程知识体系的重要基础。其中,超声学的理论学习与技能培训是临床医学生必备的核心实践素养之一。因此,在临床医学生的超声学课程中强化实践教学环节,既是医学教育的内在要求,也是提升医学生临床思维、夯实诊疗决策能力的

基金项目:大连医科大学教学改革研究项目(DYLXZX2300)

收稿日期:2026-01-05

作者简介:富璐,副主任医师,硕士,研究方向为基于人工智能手段的长学制医学生培养。

通信作者:赵辉,教授,博士,研究方向为基于人工智能手段的长学制医学生培养。E-mail:zhaohui_dlmu@sina.com

重要路径。然而，我国面向临床医学生的超声教学工作长期面临“理论与实践割裂、教学资源供给不足、指导模式固化单一”的结构性难题，这使得传统教学模式难以适配当今高素质医学人才的培育需求[1]。而人工智能技术在医学人才培养中的创新应用，为该领域的改革突破提供了关键思路[2]。近年来，在数字技术赋能教育革新的背景下，人工智能技术与智慧教学工具的融合应用更是为超声实践教学创新注入了强劲的动力。其中，人工智能超声诊断系统依托深度学习算法，实现实时图像分析、操作即时纠错与个性化能力反馈，可有效弥补传统教学中教师指导精力有限、精准度不足的短板[3]。同时，雨课堂作为集多媒体教学、实时互动、数据化评估于一体的智慧平台，已构建“课前预习-课中互动-课后巩固”的全周期教学闭环模式，可推动教学过程的动态优化[4]。正是基于二者各自的应用优势，目前已有部分研究分别对人工智能技术或雨课堂在超声教学中的单独应用进行了初步探讨[3-4]，但二者融合应用于超声实践教学、实现多环节功能深度协同的相关探索仍较为有限，暂未形成较为成熟且可广泛推广的教学范式。为此，本文立足于临床医学生超声实践能力培养的核心诉求，创新提出基于“实操精准赋能＋全流程教学闭环”协同理念的人工智能赋能超声教学设备联合雨课堂融合教学模式。通过对二者的系统整合与功能优化，推动超声教学从经验主导向数据驱动的转型，为医学教育工作者提供实践参考，助力高质量、应用型临床医学生的规范化培育。

1　临床医学生开展超声实践课及人工智能与雨课堂融合的必要性

1.1　社会发展需求：精准医疗转型与健康中国建设的必然要求

随着我国经济社会的持续发展，居民健康需求不断升级，医疗服务已从疾病治疗向精准预防、精准诊疗转型。超声技术作为一种无创、便捷、高效、低成本的影像学检查手段，成为适应这一转型的核心支撑，也成为推进“健康中国”建设的重要技术载体。在临床诊疗中，视、触、叩、听等传统体格检查常常被视为病史采集的基础方式，但是其诊断效能高度依赖于医生的经验积累，存在间接性与主观性的局限，难以适应精准医疗的发展诉求。与之相比，超声技术凭借高频声波的组织穿透特性生成动态实时影像，可精准捕获脏器形态学特征及血流动力学参数，推动临床诊断从经验预判向可视化循证的转型，显著提升诊断的客观性与精准度；同时降低医疗检查成本，减轻患者经济负担，契合我国医疗资源优化配置、推进普惠医疗的发展导向。近年来，该技术的临床应用已突破传统影像科的固有领域，现已拓展至外科、急诊、重症医学、妇科等多个临床学科，在急危重症救治、术中精准定位、辅助生殖指导等医疗环节发挥着重要作用，成为临床诊疗中不可或缺的技能。临床医学生作为未来医疗服务的核心力量，其超声技能水平直接关系到临床医疗服务质量、精准医疗落地成效，更关系到“健康中国”建设的推进进度。若缺乏规范化的超声实践培训，其临床实践能力将存在显著技术欠缺，难以满足当前医疗服务与精准诊疗工作对复合型医学人才的需求。这不仅会影响其个人职业发展，更会制约我国医疗服务整体水平的提升。因此，开展超声实践课是顺应社会发展、落实“健康中国”战略的重要举措。

1.2　行业学科发展趋势：医学诊疗升级与医学教育改革的核心导向

从行业发展来看，超声医学作为医学学科的重要分支，近年来随着人工智能、数字化技术的融合，实现了快速升级。其应用场景不断拓展、操作要求不断规范，对临床医务人员的超声技能提出了更高要求。当前，我国医疗正加速向“精准化、高效化、数字化”转型，医疗机构对具备系统超声理论与实操技能的临床人才需求激增。《国家卫生健康委科教司关于印发紧缺人才培训项目和县级医院骨干专科医师培训项目实施方案的通知》（国卫科教教育便函〔2024〕125号）要求，超声诊断学已被纳入紧缺人才培训项目。文件明确提出，要着力强化临床医务人员的超声技能培养，切实弥补超声专业人才供给不足的短板。从医学教育发展导向来看，强化超声实践教学与能力培养，已成为国际临床医学教育领域的主流发展趋势，更是我国医学教育主动与国际接轨、深化医学教育改革的核心方向之一。在国际医学教育领域中，超声教学已成为临床医学生培养的核心环节。美国早在2012年便将超声课程纳入临床医学生的必修体系，Bahuer等[5]对美国134所医学院的调查显示，62.2％的院校将超声培训纳入本科教育，且多布局在大三的关键阶段，充分印证了超声教学在临床医学生培养中的重要地位。反观我国临床医学生超声教学现状，仍存在起步较晚、实践教学环节薄弱、教学体系尚不健全等突出问题，不仅与国际先进医学教育水平存在显著差距，也难以适配我国临床诊疗行业的实际需求[6]。相关研究显示，目前我国仅45％的医学院校开设超声实践课程，学生人均实操时长不足20 h，显著落后于国际平均水平[7]。这导致部分临床医学生毕业后难以

快速适配临床岗位需求，需经过长期岗前培训才能胜任超声相关操作；既增加了医疗机构的培养成本，也延缓了超声专业人才队伍的建设进程，间接影响临床超声诊疗服务的高效开展与精准落地。综上，强化临床医学生超声实践能力培养，既是顺应超声医学学科发展、契合临床诊疗工作实际需求、落实超声紧缺人才培养任务的客观要求，也是推动我国医学教育与国际接轨、深化医学教育改革、培育高素质复合型医学人才的核心举措，具有重要的行业价值与教育意义。

1.3 人工智能与雨课堂融合发展的必要性：破解教学困境的关键路径与协同赋能需求

人工智能技术在超声实践教学中，依托专用教学设备发挥作用，其核心优势是可实时纠正学生的实操行为、精准识别病灶，为超声实操训练提供针对性辅助。雨课堂是专注于教学流程管控的平台，可实现理论推送、学情采集等功能，助力教学流程规范化。结合超声实践教学的重要性及行业现状，单独依托人工智能或雨课堂平台，均无法彻底破解当前临床医学生超声实践教学的困境，二者深度融合具有不可替代的必要性，也是教学提质增效的核心路径。人工智能超声教学设备虽有实操辅助的优势，但仅专注于实操环节，无法覆盖课前预习、课中引导、课后巩固的全流程，易导致学生会操作却不懂原理的困境，难以培养系统性的临床思维。雨课堂虽能构建教学闭环、实现理论推送与学情采集，但与超声实操结合不紧密，无法实时获取实操动态数据、提供精准实操指导，教学反馈信息仅停留在理论层面，与超声实践重操作、强应用的核心需求不匹配。基于人工智能与雨课堂各自的优势与局限，将二者深度融合的核心是让人工智能的“实操精准辅助”与雨课堂的“全流程教学闭环”高效配合，精准破解当前超声实践教学中理论与实践脱节、资源供给不足、指导模式固化等突出问题，同时充分发挥二者各自优势，有效提升超声实践教学实效。这不仅能为临床医学生超声技能与临床思维的协同培养提供坚实支撑，也顺应了超声实操教学改革的发展趋势，是超声实操教学改革的必然选择。

2 临床医学生超声实践教学的现状及困境

2.1 资源供给不足：理论与实践均受限

临床医学生超声实践教学的重要性已得到行业认可，且契合社会发展与学科发展的双重需求，但结合当前我国临床医学生的教学实际情况来看，多数院校将超声课程设为选修，导致课时不足，实践课时尤为紧张，难以满足学生的实操需求。课程设置常聚焦在基础概念的普及，缺乏对超声物理原理、仪器操作规范、解剖与影像对应关系等核心知识的深度阐释。相关研究表明，临床医学生普遍存在难以将所学超声理论知识与临床实际病例有效衔接、灵活运用的问题，对超声报告专业术语的诊疗价值解读能力不足，这已影响临床应用的实效[8]。面对超声影像时，学生难以快速将解剖结构、超声征象与病理改变的临床意义进行逻辑串联，进而出现正常组织与异常病灶边界界定模糊、典型病变特征识别困难等问题，这显著制约了其实践操作的准确性与临床诊断思维的构建。

在实践教学中，存在显著的资源配置失衡问题，设备供给与训练场景设计均偏离了实践育人的核心需求。资源配置方面，多数院校超声设备生均配比低于1∶10，人均单课时实操时长不足10 min；且设备多为老旧型号，缺乏现代化的功能，难以保障操作的充分性与实效性[9]。这使得学生仅能初步演练基础的操作，难以针对不同的检查部位、病变类型开展系统性反复训练，进而引发操作手法生疏、采集图像质量欠佳等问题。在训练场景方面，部分院校采用phantom模型，其在组织弹性、解剖结构细节上与真实患者存在明显差异，导致学生在过渡至临床场景时易出现操作生疏、心理应激等适配性障碍。德国波恩大学的医院研究证实，这种“模型-临床脱节”的教学模式，会使初学者实操失误率提高37%[10]。此外，现有训练多聚焦于通用场景，缺乏与急诊、妇产等专科诊疗需求的针对性结合，导致学生所学技能与临床岗位的适配度不足，难以快速融入专科疾病的诊治流程。

2.2 师资模式滞后：师资配置短缺与教学范式固化

临床医学生超声实践教学面临双重现实困境。其一，高校超声教学专职教师数量不足，多数院校的教学任务由非超声专业的放射科及临床科室的医师兼任。临床医师参与教学是医学教育的常态，但他们的重心在临床诊疗，投入教学的时间有限，且兼具临床、专科教学与人工智能应用能力的复合型师资占比极低，形成“专职短缺、兼职精力不足”的现状。另外，超声实操专业性强，学生自主练习时容易出现操作偏差、认知误区，需要教师一对一精准指导，才能及时纠正操作偏差。然而当前师资数量与学生规模不匹配，教师无法兼顾每一位学生，导致部分学生的疑问无法及时解答，直接影响实践教学质量和学生能力提升[11]。其二，教学模式采用单向灌输式所带来的根本性局限。当前教学中仍普遍沿用“教师示范-学生机械复刻”的传统范式，侧重于操作流程的表层训练，缺

乏对超声物理原理、操作逻辑与临床诊疗决策链的深度解析。这导致学生形成操作与思维脱节的机械性实践惯性。同时，该模式存在明显的时间与空间限制，学生课前预习缺乏统一规范的学习资料和系统性指导，导致预习缺乏针对性、方向模糊，无法为实操训练奠定扎实基础。课后疑问难以获得及时答疑指导，这与现代医学教育强调强化实践能力、推进个性化学习的核心理念相冲突，进一步凸显了传统教学模式的局限性。

2.3　学习动力不足：认知偏差与自主内驱力弱化

临床医学生超声实践学习存在认知定位偏差与自主学习内驱力弱化的核心问题。认知层面，部分临床医学生尚未能充分认知超声技术的临床核心价值，仅将其视为选修辅助课程，形成通过考试即为基础达标的功利化心态，缺乏系统性的学习规划。自主学习层面，相关研究报道，临床医学生超声学习的内驱力弱化问题普遍存在；学生群体中多认为仅需完成 10 项基础实操即达学习标准，课后无需开展技能延伸训练，更有甚者存在请假规避实践课的现象[12]。另有调研数据显示，62％的临床医学生未制定超声学习计划，仅 35％的学生能够主动检索相关学术文献进行自主学习[13]；此外，临床医学生还会面临多学科的课业压力，导致其投入超声实践的时间与精力不足[14]，使其学习动力不足进一步加剧，难以适配临床诊疗的实际需求。

3　人工智能赋能超声教学设备联合雨课堂融合教学实施路径

3.1　人工智能赋能：搭建超声实操即时反馈体系，联动雨课堂实现数据互通

为满足临床医学生多学科就业导向的培养定位，依托超声教学设备外接乳腺、腹部、心血管等专科人工智能辅助系统，构建覆盖临床常见疾病的超声诊断全流程系统化训练平台，以显著提升教学内容的专业化适配水平与实践能力的转化效能。人工智能辅助模块主要以“精准识别”与“实时纠错”功能为核心，其具体应用及与雨课堂的融合要点如下。

3.1.1　精准识别功能：基于深度学习的专科影像特征提取与判别，为雨课堂分层教学提供数据支撑

精准识别功能依托深度学习算法与专科影像数据库的联动实现，通过卷积神经网络模型完成特征提取与判别。各模块预先导入海量临床典型病例的超声影像及病理确诊数据，经模型训练优化后，具备了像素级别的精准识别能力。其中，乳腺超声模块突破传统局限，在完成病灶定位及乳腺影像报告与数据系统（breast imaging reporting and data system，BI-RADS）分类的同时，通过像素级别特征提取技术，精准标注结节的边界形态、纵横比、内部回声等核心参数，同步关联病理机制解析与诊疗规范，为学生提供标准化诊断依据。心血管超声模块则依托特征点自动识别算法，捕捉心腔边界、室壁运动等关键信息，快速计算左心室射血分数等核心生理参数，为误差比对奠定了基础。尤为重要的是，人工智能模块将学生的病灶识别准确率、特征参数解读正确率等核心实操数据，实时同步至雨课堂平台，雨课堂结合课前预习数据，精准定位学生在影像识别、病理关联等方面的薄弱点，为后续分层教学、个性化资源推送提供精准的数据支撑，实现实操数据反哺理论教学。

3.1.2　实时纠错功能：动态影像比对与即时反馈的闭环机制，联动雨课堂实现双向反馈

实时纠错功能是基于动态影像比对与即时反馈机制，形成“采集-比对-反馈-指导”的模式，同时与雨课堂构建双向反馈通道，实现实操指导与理论补漏的协同推进。腹部超声模块搭载实时切面识别校准算法，预设脏器标准切面模板数据库，操作中系统每秒多次采集影像帧频，与模板进行灰度值、解剖结构比对，偏离标准时立即通过语音输出具体调整指令，智能提示界面同步显示标准切面及偏差标注，实现即时修正。心血管超声模块在自动测量参数后，实时比对学生手动测量结果与系统精准值，误差率超 10％时，通过算法追溯测量点位、测量线放置等偏差源头，生成可视化溯源报告并推送改进方案[15]。与此同时，人工智能设备将学生的操作规范度、偏差类型、纠错完成情况等动态数据，实时同步至雨课堂教师端与学生端，教师可通过雨课堂实时掌握每位学生的实操动态，针对共性问题开展集中示范指导，针对个性问题通过雨课堂答疑入口进行精准点拨；学生则可通过雨课堂查看自身实操数据报告，并结合雨课堂推送的相关理论微课程，补漏知识盲区，实现实操纠错与理论巩固的同步推进。两大功能协同发力，系统全程动态采集学生探头移动速率、标准切面获取时长、病灶识别准确率等核心指标，课后生成含操作技能量化评分、薄弱点定位及个性化提升路径的专项报告，并同步至雨课堂平台。针对操作熟练度不足者，雨课堂推送探头握持规范相关微课程，人工智能设备同步强化基础操作训练并配套视频复盘；针对诊断能力薄弱者，雨课堂推荐专属病例分析文献，人工智能设备增设“病灶鉴别诊断”模拟场景，实现二者协同赋能。国外研究显示，80％以上的医学本科生认可该模式，认

为实时影像指导可降低超声操作的学习难度，充分证实其临床教学效能与推广价值[16]。

3.2 雨课堂助力：搭建全流程实践教学链路，联动人工智能实现协同优化

为精准对接超声实践教学的核心需求，以雨课堂为技术依托构建“课前—课中—课后”三阶段闭环教学模式。通过靶向资源配置与动态反馈机制，与人工智能超声教学设备实现深度联动、协同优化，贯穿实操训练全流程，实现教学精准度的高效提升。

3.2.1 课前：学情驱动的数据同步与功能协同，为人工智能实操训练精准赋能

在课前阶段，雨课堂与人工智能超声教学设备通过专用数据同步接口实现双向数据流转，以“学情数据采集-需求预判-资源适配”为核心逻辑导向，实现理论预习与实操训练的提前衔接。授课教师主要围绕预设的核心教学目标，依托雨课堂平台搭建模块化预习资源体系，内容涵盖解剖学基础理论、超声核心知识微课程讲解及规范化操作指南、典型临床病例超声诊断解析、基础理论测评题库等专项预习素材，并完成前置推送。当学生完成在线预习及配套测评后，雨课堂采集学生预习行为数据（微课程观看时长、答题准确率、错题分布等），通过接口将所有采集数据实时同步至人工智能超声教学设备的终端[17]。人工智能系统则基于学情数据深度剖析，精准定位学生知识盲区与薄弱点（如超声物理原理掌握不扎实、解剖结构与影像对应关系不清晰等），自主迭代优化设备内置的实操训练方案；针对高频错误模块，预置匹配的临床病例模拟场景与标准化操作指引，生成个性化微课程资源与学习指导方案，并反馈给雨课堂平台。随后，雨课堂端再进行二次适配，接收人工智能系统推送的个性化资源，向学生精准推送定制化预习内容。最终形成“理论预习数据采集→人工智能学情评估→设备资源预置→个性化学习引导”的闭环，实现理论与实操的无缝衔接，让人工智能实操训练更贴合学生预习情况，提升训练针对性。

3.2.2 课中：动态闭环的双向协同机制，实现实操与理论的实时联动

课中实践环节则采用“基于问题式学习（problem-based learning，PBL）＋小组协作探究”的联合教学模式，并深度融入翻转课堂的教学理念[18]；依托双向数据传输通道，雨课堂与人工智能设备同时构建“实操训练-数据同步-即时干预”的动态协同机制，彻底打破二者割裂状态。学生可通过自主预习及分组协作，先在人工智能赋能的超声教学设备上开展病例模拟实操；当实践过程中遇见问题时，可通过雨课堂的匿名弹幕互动功能来突破传统课堂互动的局限，有效缓解学生在课上发言的心理顾虑，显著提升学生课堂参与的主观能动性并挖掘其思维深度，同时实现教与学的实时适配。人工智能超声设备则可实时采集学生操作数据（病灶识别错误率、操作规范性、诊断思路匹配度等），并通过传输通道同步给雨课堂。雨课堂基于这些数据，即时推送针对性微课程补漏理论盲区，或通过答疑入口提供现场支持。当设备监测到操作不规范时，自动触发内置引导系统提示学生，同时向雨课堂教师端发送学情预警，教师可结合平台数据开展针对性教学示范；反之，雨课堂也会实时捕捉学生互动答题正确率、知识点掌握情况等数据，反向反馈至人工智能设备，设备则动态调整后续病例训练难度与知识点覆盖密度[17]，最终形成“实操数据-理论补漏-操作矫正-训练优化”的课中双向闭环，实现实操训练与理论教学的实时联动、协同提升。

3.2.3 课后：分层训练的联合评估与迭代，实现全流程协同闭环落地

课后阶段，雨课堂与人工智能超声教学设备通过数据同步接口完成训练效果的联合采集与分析，落地分层协同策略，实现“理论巩固-实操强化-效果评估-模式迭代”的全流程闭环落地。雨课堂主要构建教学多维拓展与持续反馈体系，包括复习巩固、拓展学习、在线测试三类核心资源及24 h师生在线答疑机制，并以“分层训练-效果评估-模式迭代”为核心完成精准教学的闭环收尾。在此基础上，基于课前预习数据与课中实操数据的综合评定，构建出基础薄弱型、操作熟练但诊断能力不足型及综合能力较强型三类学生的分层教学模块，并实施差异化教学策略。雨课堂据此推送差异化理论资源，人工智能设备同步匹配差异化实操训练方案，实现二者协同分层：针对基础薄弱型学生，雨课堂则会提高理论微课程推送频次，人工智能赋能超声设备同步降低病例训练难度，聚焦标准化操作技能的夯实基础；针对操作熟练但诊断能力不足型学生，雨课堂会为其推荐“复杂病例分析库”进行学习，人工智能赋能超声设备亦会增设“病灶鉴别诊断”模块以强化其临床诊断思维；针对综合能力较强型学生则布置“远程超声会诊模拟”任务，通过多学科团队协作及对超声影像深度解读来完成跨科室的病例分析训练，提升学生的综合应用能力[19]。学生完成课后训练后，雨课堂与人工智能设备将再次同步采集训练效果数据，联合复盘形成

学情评估报告。该报告为学生提供个性化复盘建议，同时向教学管理端反馈整体效果，为后续的教学资源更新、分层策略优化、设备算法迭代提供数据支持，形成“综合评定-分层强化-效果反馈-模式迭代”的完整课后闭环。该闭环贯通“课前—课中—课后”的全流程，最终构建起多维度协同闭环体系，实现人工智能与雨课堂的深度融合、全程赋能。整个教学过程如图1所示。

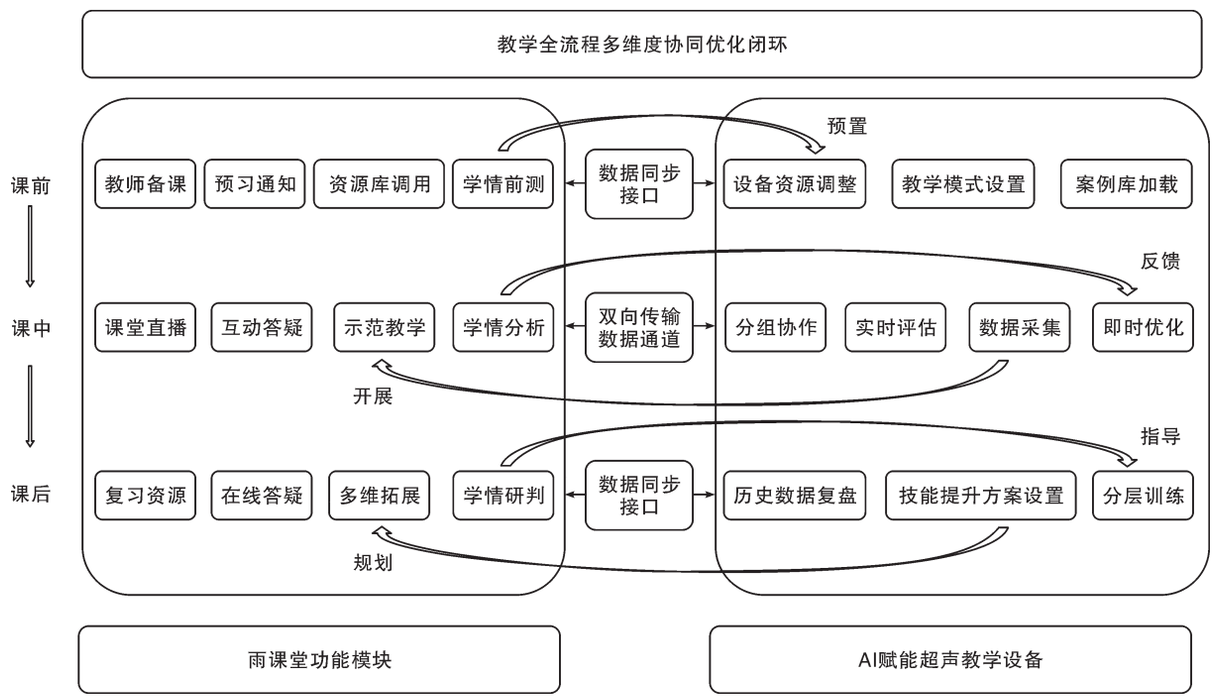


图1　人工智能赋能超声教学设备联合雨课堂教学过程技术路线图

4　结论

本研究构建了人工智能赋能超声教学设备联合雨课堂融合教学模式，以适配临床医学生超声实践能力系统化培养的迫切需求。该模式以技术与教学体系的耦合为核心，形成了协同闭环的教学范式，具备较强的可行性与适配性。在技术层面，该模式依托成熟的深度学习与图像识别技术实现人工智能超声教学设备的核心功能，无需全新研发；同时借助雨课堂这一智慧教学平台，可实现与设备的快速数据对接，降低技术落地门槛。在教学实施中，人工智能设备提供即时反馈，缓解实操中师资短缺的问题；雨课堂则覆盖全部学习流程，通过双向数据交互推动教学决策向数据支撑转型。该模式展现出良好的院校适配性：综合性医学院校可直接将其嵌入现有教学体系，支持多学科融合培养；地方院校无需扩建实训中心，通过少量设备投入即可缓解资源不足；高职高专院校则可聚焦标准化技能培养，贴合其应用型人才培养定位，且不增加额外教学负担。在实施保障方面，门槛可控，条件清晰。院校只需配备基础超声教学模拟器、雨课堂账号与稳定的网络；教师则经1～2天集中培训即可掌握操作技能，培训成本低、周期短，不影响现有教学秩序。尽管当前研究存在单一中心数据与短期效果评估的局限，但该模式通过技术与教学的深度融合，为超声实践教学提供了可复制、可推广的创新路径。它不仅实现了理论与实践的精准衔接与分层施教，助力医学生核心竞争力的提升，对推动医学教育高质量发展与强化临床实践效能也具备重要的应用价值。

参考文献

[1] 谢秀静，鲁玉婷，崔明勇，等. 超声医学住培血管超声带教面临的问题及对策[J]. 继续医学教育，2024，38(2)：125-128.

[2] 韩溟轩，吕枫枫，王强，等. 人工智能技术赋能医学人才培养的应用与探究：以首都医科大学为例[J]. 中国医学教育技术，2024，38(3)：261-265.

[3] 王慧，俞飞虹，巩海燕，等. 人工智能在乳腺超声教学中的应用价值[J]. 中国继续医学教育，2023，15(9)：181-184.

[4] 朱花敏，张金俏. 翻转课堂联合雨课堂在超声诊断学临床见习教学中的应用[J]. 中国继续医学教育，2025，17(4)：101-104.

[5] Bahner D P，Goldman E，Way D，et al. The state of ultrasound education in U. S. medical schools：Results of a

national survey[J]. Academic Medicine, 2014, 89(12): 1681-1686.

[6] 林岚, 李素淑, 刘红梅. 超声诊断学发展趋势及其在临床教学方面的现状分析[J]. 西北医学教育, 2012, 20(4): 803-805.

[7] 吴越, 翟双庆, 袁娜, 等. 我国医学教育研究热点与发展趋势分析[J]. 中华医学教育杂志, 2020, 40(11): 853-857.

[8] 程娟, 顾胜利, 蒋珺, 等. 超声医学科住院医师分级分段递进式培训模式的初步探索[J]. 中国毕业后医学教育, 2024, 8(7): 514-517.

[9] 孙丹丹, 姜紫薇, 李亚梦, 等. 医学影像专业本科生超声实验教学的改进和思考[J]. 中国教育技术装备, 2020(5): 121-122.

[10] Recker F, Neubauer R, Gottschalk I. Didaktik in der gynäkologisch-geburtshilflichen ultraschallausbildung: Evidenzbasierte lehrprinzipien und anwendung[J]. Gynäkologie, 2025, 58: 590-604.

[11] 蒋丹清. 超声诊断学教学模式应用探讨[J]. 现代医药卫生, 2021, 37(6): 1051-1053.

[12] 王业宁, 夏榕, 何育欣, 等. 不同专业医学生自主学习能力与实际学习行为研究及差异[J]. 现代医药卫生, 2023, 39(17): 3022-3025.

[13] Wang T C, Chen W T, Kang Y N, et al. Why do preclinical medical students learn ultrasound? Exploring learning motivation through ERG theory[J]. BMC Medical Education, 2021, 21(1): 438.

[14] 刘文民, 张艳青. 医学院学生自主学习现状调查及对策探析[J]. 全科医学临床与教育, 2022, 20(10): 913-917.

[15] 余翔, 袁鹰, 李胜利. 人工智能在超声医学领域的应用研究进展[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2025, 22(8): 698-702.

[16] Soliman A H, Geers J, Lowcock D, et al. Artificial intelligence-assisted focused cardiac ultrasound training: A survey among undergraduate medical students[J]. Ultrasound, 2025, 33(2): 123-128.

[17] 闫晓君, 乔飞, 王婉秋, 等. 人工智能辅助培训联合雨课堂教学在“超声诊断学”中实践应用研究[J]. 教育教学研究, 2025, 7(3): 1-6.

[18] 张志君, 李政英, 钟毓, 等. “翻转课堂+PBL+CBL”混合教学在超声医学本科实习教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志, 2025, 24(4): 546-550.

[19] 刘玉梅, 杜利勇, 雷娜, 等. 分层递进式教学在国家卒中血管超声示范中心培训中的应用[J]. 中国卒中杂志, 2024, 19(5): 592-596.