

促进批判性思维发展的人智协同学习模式构建研究

□ 张 琪 罗 霞 陈玉杰 张 锦

[摘 要]生成式人工智能(generative artificial intelligence,GAI)的迅猛发展,正推动“人智协同”逐步成为常态化的学习形态,由此构建科学有效的协同学习模式成为关键议题。研究在系统梳理生成式人工智能赋能批判性思维培养及人智协同学习模式相关研究的基础上,以活动理论与批判性思维发展模型为理论框架,构建了旨在促进批判性思维发展的人智协同学习模式,进而引入知识建构螺旋模型,以“双螺旋结构”为隐喻,阐释了“学生认知链”与“GAI能力链”双链交织、协同演进的内在机理。研究以大学三年级学生为对象,设计准实验研究流程,综合运用单因素协方差分析、有序网络分析等方法进行实证检验。研究发现:第一,人智协同学习模式能有效提升学生的批判性思维水平;第二,多轮对话机制与GAI的动态角色转换共同推动批判性思维发展;第三,该模式在提升批判性思维的同时,也同步增强了学生的知识掌握程度与协作学习成效;第四,智能体作为“认知伙伴”能有效驱动批判性思维向更深层次发展。研究发为优化人智协同学习的设计与实践提供了理论依据与路径参照。

[关键词]生成式人工智能;人智协同;批判性思维;有序网络分析;人智协同学习;知识建构螺旋模型

[中图分类号]G42 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1672-0008(2026)01-0061-12

[DOI]10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2026.01.007

一、引言

在数智融合驱动教育强国建设背景下,生成式人工智能(generative artificial intelligence,GAI)凭借其强大的内容生成能力与持续的多轮交互模式,为新教育场景的创设、教学流程的革新与师生关系的重塑提供了有力支撑。然而,GAI固有的“幻觉”问题、内容趋同性以及信息过载等问题,均可能影响使用者对信息的辨别和独立思考,导致“元认知懒惰”和“认知外包”等思维退化风险(余胜泉,2025)。因此,学术界开始关注技术运用背后的应对能力,尤其是有效融入人智协同学习的高阶思维培养(张琪,等,2025)。其中,批判性思维作为一种具有合理性、批判性、反思性等特质的思考方式,有助于学习者深入理解GAI技术,识别并规避其潜在风险,成为数字时代有效学习的核心能力。联合国教科文组织(UNESCO)在2024年提出的《教师人工智能能力框架》(Miao,et al.,2024a)和《学生人工智能能力框架》(Miao,et al.,2024b),均强调在人工智能环境中培养学生批判性思维的重要价值。

随着多模态大模型与教育智能体的成熟,GAI已从辅助教学工具演变为教育系统变革的驱动引擎,推动人智协同学习走向常态化。在此环境中,学

生与扮演不同角色的智能体展开多角度讨论、协商论证等社会互动,激发质疑意识并产生思维碰撞。然而,纵观当前实践,人智协作学习中还存在学生思维浅表化、师生角色定位不清、教学模式不明晰等不足;学界的相关理论研究主要集中在GAI的使用意向、认知发展、学习效果以及实践样态等方面。如何在智能技术深度介入的协作学习中,厘清人智角色分工与“师—生—智”的交互机制,构建科学有效的学习模式以促进集体知识共创,成为亟待解决的关键问题。鉴于此,本研究以促进批判性思维发展为导向,围绕人智协同学习模式构建展开探索,并综合运用量化和质性数据进行分析 and 验证,以推进人智协同机理研究,为破解GAI融入教学引发的认知风险等困境提供实践指导。

二、文献综述

(一)GAI 赋能批判性思维培养

批判性思维作为促使个体开展深度反思并形成独立判断的重要认知能力,其思想源流可追溯至苏格拉底的问答法。在当前教育语境下,批判性思维源于对“反思性思维”的认识,即强调个体从困惑、犹豫与怀疑的心理状态出发,通过证据搜寻与论证检验逐步达成合理判断。随着GAI深度融入教育,其强

基金项目:本文系2025年度教育部人文社会科学研究一般项目“GAI视域下人机对话过程中学生思维互动规律挖掘及其增值评价研究”(项目编号:25YJC880016)、安徽省教育厅科研创新团队“智能教育范式创新”(项目编号:2025AHGXSK10012)的研究成果。

作者简介:张琪,博士,淮北师范大学教育学院教授、博士生导师(安徽淮北 235000),zqzqhata@sina.com;罗霞,厦门大学教育研究院,教师发展中心博士研究生(福建厦门 361005);陈玉杰、张锦,淮北师范大学教育学院硕士研究生(安徽淮北 235000)。

引用信息:张琪,罗霞,陈玉杰,张锦,2026.促进批判性思维发展的人智协同学习模式构建研究[J].远程教育杂志,44(1):61-72.

大的内容生成与多轮对话能力,为培养这一高阶思维提供了新路径。研究表明,GAI能够提供多元视角、即时反馈和个性化对话,从而有效支持反思性学习与论证技能发展(Chang, et al., 2025)。例如,通过设计人机辩论场景或采用渐进式提示策略,GAI能够引导学生进行分阶段深度思考,进而促进其批判性分析能力的形成(de la Puente, et al., 2024)。鉴于技术赋能的效果并非由工具本身决定,而是深刻根植于“人机互动过程”的设计与质量,GAI对批判性思维的影响同样呈现显著的“双向张力”:学生将其作为“思维协作伙伴”还是“劳动替代工具”,将导致截然不同的认知参与深度与思维成果(Ritz, et al., 2024)。其理论根源在于,当前人机交互在本质上仍缺乏真实人际对话所固有的“关系性”“具身性”与“意义共建的涌现性”,其回应往往是基于模式匹配的泛化输出。若缺乏有效引导,这种交互极易诱发学生的“元认知失衡”与“虚假掌握感”。

为破解上述问题,教育研究者正致力于通过精心的教学设计重构人机互动模式,核心方向是推动互动从“机械问答”迈向“思维协作”。例如,通过数字叙事教学将GAI嵌入复杂情境(Chen, 2025),或开发内置“争论噪音”的会话机器人,以激发批判性质疑(李海峰,等,2024),均旨在创设具有认知挑战的交互环境。更具结构化的探索体现在设计扮演“苏格拉底式提问者”的对话代理,通过连续追问引导学生审视自身推理逻辑(Xi, et al., 2025);或开发作为“探究学习助手”的智能体,在STEM项目学习中提供适时支架,以避免学生陷入被动依赖(Li, et al., 2024)。上述研究已超越了对GAI应用可行性的初步验证,步入对互动机制深度设计的探索阶段。相关实践共同表明:GAI的教育效能取决于交互模式与特定学习活动、思维目标之间的精准映射与设计。

(二)人智协同学习模式研究

在大语言模型和智能体的驱动下,人机协同发展为人智协同(human-AI collaboration, HAC)新形态。HAC的实质是人与GAI充分发挥各自的优势以弥补对方的短板共同完成任务,强调由人与GAI共同组成团队的整体工作质量和效率(龚江涛,等,2025)。从人技交互到人智协同,这一变化本质上是技术与主体的交互模式持续形塑的过程,不仅反映了技术自身的迭代升级,也彰显了人与技术的关系从单向赋能向双向协同的结构性进化(黄涛,等,2025)。在此背景下,教育领域中的人机协同学习也逐步发展为人智协同学习(human-AI collaboration learning, HACL)。在大模型等智能技术支持下,GAI可以作为评价者和监控者,引导并调节学习者学习,在察觉学习者语气或情感有波动时,转变为情感激励者或动机激发者,进而激发学习者的学习动机和

对话积极性(刘永贵,等,2025)。

从本质上来看,基于GAI的人智协同学习仍然是一种更高阶的混合学习模式。例如,余亮等(2025)从人智共构、人智共驱、人智共生、人智共建以及人智共判五个维度建立了人智协同学习的要素体系,帮助理解混合式教学中人智协同学习的主要特征。在传统人机交互过程中,学习者往往因过度依赖GAI而导致学习能力退化;而在人智协同学习中,GAI的高效率与学生的主体性得以有机结合,在一定程度上促进了学生自主学习能力的提升。针对如何平衡GAI赋能与学生自主学习能力提升问题,张静(2025)提出了AI智能体辅助混合式外语自主学习模式。此外,有研究设计了基于迭代学习循环的人智协同监督学习模式(Gnjatović, et al., 2020),该模式结合人类的认知与机器的数据驱动优化,旨在弥补人类学习能力缺失的问题。鉴于仅依赖GAI或者人类主体单方面实施学习干预并不可行,于爽等(2025)开发了联结人智协同学习干预设计与应用的理论模型,强调人类经验与智能系统的融合共生,并在实际应用中取得了显著成效。

综上,现有研究视角缺乏整合性的理论框架来系统揭示“人智交互如何具体、分阶段影响批判性思维发展”的内在机理;且对于如何依据学习过程组织人机互动,厘清结构化协作方式对学生批判性思维各维度的具体影响过程仍有待深入探索。此外,如何在激发技术赋能的同时通过具体的协同模式强化学生的思维主体性,尚缺乏充分的实证检验。鉴于此,本研究首先将研究焦点转向“协同过程”,构建以促进批判性思维发展为导向的人智协同学习模式;其次采用准实验设计,通过单因素协方差分析验证模式对学生批判性思维及知识掌握水平的整体提升效应;继而运用有序网络分析对会话交互进行时序建模,揭示批判性思维要素的动态演变路径与交互模式类型。从而在“过程机理”与“模式构建”两个层面弥补现有研究不足,为提升人智协同学习效果提供实践参照。

三、人智协同学习模式构建

(一)促进批判性思维发展的人智协同学习模式

1. 理论基础

(1) 活动理论

人智协同学习的本质在于通过人工智能技术的外延功能和主体性角色,形成人智互补的学习共同体,实现学习者认知能力扩展与技能生成。恩格斯托姆(Engeström, 2001)提出的活动理论为理解人智协同学习模式提供了理论基础,该理论涵盖主体、客体、工具、共同体、规则和分工六个要素,以及生产子系统、交流子系统、协作子系统和共享子系统四个系

统,揭示了主体基于一定的规则和劳动分工,在工具和共同体的支持下,通过与客体相互作用产生结果的活动过程(顾小清,等,2025)。整个活动过程是动态变化的,且主体和客体之间存在双向互动,契合人智协作的动态互动性与角色流动性特征。

(2)批判性思维培养四阶段模型

加里森等(Garrison,et al.,2001)借鉴杜威的实践探究理论,提出了情境化的批判性思维发展模型。该模型认为批判性思维的培养过程本质上即问题解决过程,是一个基于社会建构的协作过程,而非单纯的个体思考,强调个人反思和社会协作同等重要。其实现路径涵盖触发、探索、整合和实践四个阶段,可有效提升学生的批判性思维,被研究者和教育实践者广泛应用于混合学习情境中,为设计促进批判性思维发展的人智协同学习模式提供了重要的理论框架。此外,该模型区分了学习者的内部心理世界和外部世界空间:内部心理世界活动以思考为主;外部世界活动以认知会话为主,批判性思维的发展是由外部因素诱发的内部思维的质变(俞树煜,等,2015),该研究明确学习并非线性推进,而是在不断触发、探索、整合与实践循环往复中逐渐深化。

2.模式构建

在上述基础上,通过活动理论明确“师—生—智”三者的角色定位与分工,将批判性思维培养四阶段模型融入人智协同学习流程,构建促进批判性思维发展的人智协同学习模式,如图1所示。

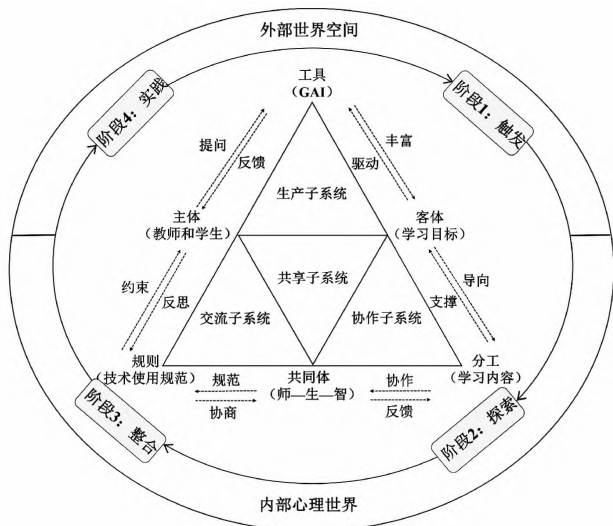


图1 促进批判性思维发展的人智协同学习模式

(1)“师—生—智”角色定位与分工

在人智协同学习模式中,“师—生—智”三元主体结构通过动态角色转换和角色分工形成人智学习共同体,四个子系统协同作用以推动有意义学习的发生,各角色的具体定位和分工如表1所示。这些角色随学习任务推进逐步切换,从而形成对学生探究、

协作与反思的连续支持。在协作流程中,为避免GAI直接给出答案而削弱学生独立思考的能力,教师采用苏格拉底式对话策略,精心设计的提示语引导GAI扮演启发者角色,以递进式提问推进多轮问答互动,帮助学生逐步深化对问题的理解,从而培养其批判性思维 and 创新能力。

表1 角色定位与分工

子系统	角色	角色定位	角色分工
交流子系统 (主体、规则和共同体)	教师	宏观调控者	规范GAI的使用,监督学习共同体的整个互动过程
	学生	互动参与者	在规则下通过多轮对话互动,实现对知识的深度理解
	GAI	思维引导者	帮助理清思路,确保对话能够顺利进行
生产子系统 (主体、工具和客体)	教师	目标设定者	明确学习目标和任务,创设问题解决情境
	学生	任务执行者	在GAI和教师的辅助下产出成果
	GAI	认知伙伴	激活学生的元认知能力和批判意识
协作子系统 (客体、分工和共同体)	教师	总结反馈者	对学习过程与阶段性成果进行归纳总结
	学生	内容集成者	根据对话内容进行提炼和重组,整合碎片化信息
	GAI	实践指导者	提供策略建议,辅助学生优化学习成果
共享子系统 (主体、客体和共同体)	教师	迁移引导者	引导学生反思学习过程,促进知识的迁移与应用
	学生	反思内化者	审视自己的学习过程,将新知识与已有经验联系
	GAI	智能助理	分析学生的学习轨迹,预测并优化学习路径

(2)人智协同学习协作流程

人智协同学习协作流程本质上是“师—生—智”三元角色在活动理论的子系统框架内,依据批判性思维发展四阶段模型开展的协同与互动。具体而言,三元主体在触发、探索、整合、实践四个流程间进行动态的功能适配与角色演进。教师从问题引导和目标设定,转向迁移引导与总结反馈;学生从认知激活与任务执行,深化为反思内化与内容集成;GAI则从资源提供者与认知伙伴,转化为智能助理与实践指导者。通过持续的人智对话与社会性论证,学生在问题驱动下深入思考,在尝试解决复杂问题的过程中,促使外部空间的现实问题和内部心理世界已有经验相联系,并将问题解决方案迁移至真实情境进行实践验证,最终推动批判性思维向更深层次发展。

(二)基于双链交互的人智协同学习机理

本研究引入协同知识建构螺旋模型(SMCKI)(Chen,et al.,2021),将促进批判性思维发展的“触发—探索—整合—实践”四阶段分别对应学生的“个

http://dej.zjtvu.edu.cn

体头脑风暴—组内创意协同—组间交流互评—组内反思精炼—个人成果完善”学习过程。根据前文角色定位与分工明确教师、学生与 GAI 相应职能,通过持续对话、任务协调与知识共创,共同完成复杂任务并促进批判性思维发展。在此基础上,本研究阐释了基于双链交互的人智协同学习机理,如图 2 所示。以双螺旋结构为隐喻,将人智协同学习过程看作是“学生认知链”(实线)与“GAI 能力链”(虚线)围绕共同的中心轴盘绕,形成认识螺旋上升的协作过程。

第一阶段:触发阶段。学生通过“个体头脑风暴”开启学习进程,教师作为“问题引导者”,将学习从外部任务情境迁移至具有探索性与挑战性的认知空间,通过精心设计的问题引导学生思考;学生作为“认知激活者”的角色,在问题情境的持续刺激下产生多元构思,主动利用 GAI 搜集、整理与主题任务相关的学习资料;GAI 以“资源提供者”的身份融入教学过程,向学生提供挑战性的问题、多模态素材以及相关案例资源,激发学生的思维困惑与问题意识。该阶段的目的在于促进学生多元观点的产生并拓展思维路径,打破原有思维定式,为后续群体协作中的观点整合与知识共建奠定基础。

第二阶段:探索阶段。学生首先经历“组内创意协同”环节,实现从个体探索到群体协作的学习过渡。教师作为“目标设定者”,通过明确学习目标与任务来创设问题解决情境;学生作为“任务执行者”围绕既定学习任务开展组内协商,针对讨论中的盲点

与争议点开展批判性设问,以此触发认知冲突;GAI 则以“认知伙伴”的身份融入讨论过程,在不影响学生主导权的前提下,引导学生辨别观点差异与对话逻辑并提供策略性支持与建议,从而拓展对话的广度与深度,学生在比较、修正与整合中实现思维深化与逻辑优化(冯晓英,等,2025)。此环节旨在通过组内协商产生更多创新思路,推动任务进展并逐步达成观点共识。随后进入“组间交流互评”环节,学习活动进入对话与观点碰撞的高峰。教师作为“宏观调控者”全程监督学习活动、规范 GAI 使用,并依据任务目标与学习动态实时调整任务结构、资源配置与活动节奏(欧志刚,等,2024);学生作为“互动参与者”,聚焦跨组任务协作与经验互补,通过成果展示、互评与交流,在互动中协同解决问题与推进实践任务;GAI 则扮演“思维引导者”角色,对同伴评价进行要点提炼与观点整合,协助小组突破思维瓶颈并推动任务深入开展。作为整个学习过程中观点生成最密集、思维碰撞最活跃的阶段,本阶段借助持续多维对话,使批判性思维在比较、质疑与论证中不断深化。

第三阶段:整合阶段。进入“组内反思精炼”环节,教师作为“迁移引导者”,引导学生回顾与反思学习过程,促进知识向应用场景迁移;学生作为“反思内化者”,基于他组建议和 GAI 反馈整理思路,对任务方案开展系统性自评与优化,通过梳理因果逻辑、审视合理性与改进方向,将新知识融入已有经验;GAI 化身“智能助理”,通过学习过程数据追踪学生

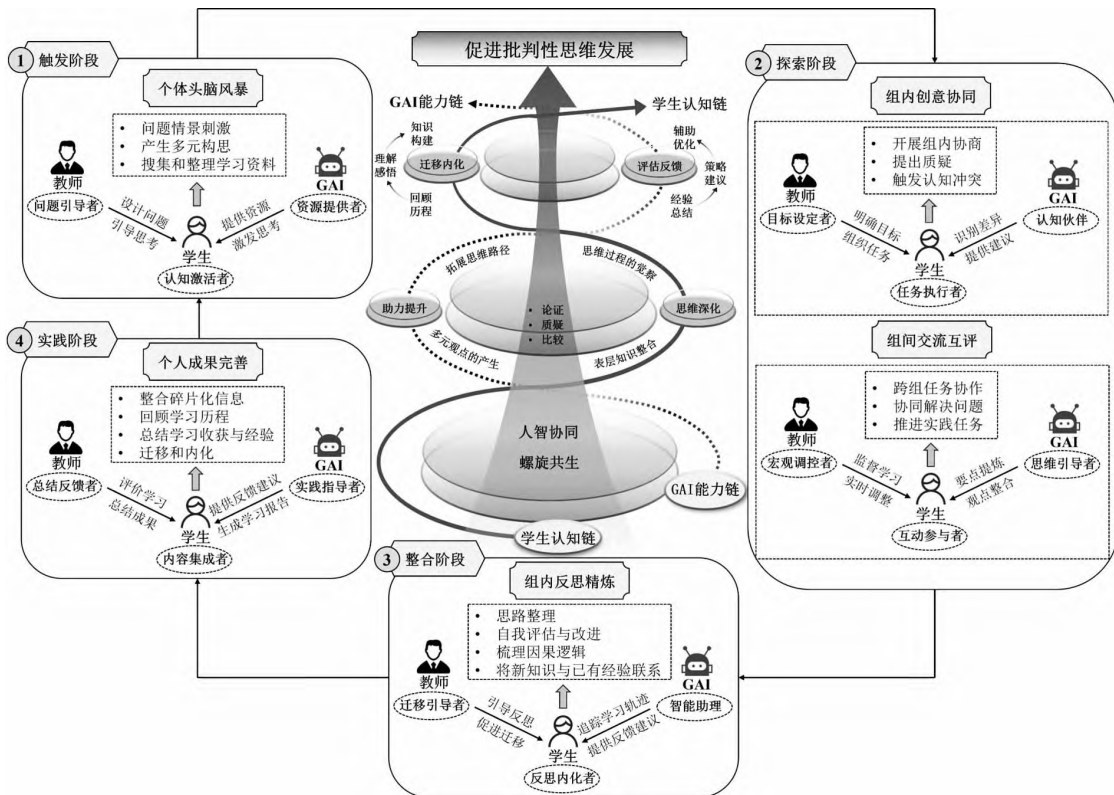


图 2 基于双螺旋隐喻的人智协同学习机理

的学习轨迹,实时提供个性化反馈和针对性建议,助力高阶思维的內化与提升。此阶段旨在引导学生从表层知识整合转向对自我思维过程的觉察,从而强化其问题解决与批判性思维能力。

第四阶段:实践阶段。在“个人成果完善”环节,教师作为“总结反馈者”对学习过程与阶段性成果进行全面评价总结;学生作为“内容集成者”提炼和重组对话内容以整合碎片化信息,回顾学习历程并总结学习收获,在比较前后任务方案中实现知识迁移与內化,从而将学习经验应用于新情境;GAI则以“实践指导者”的身份介入学习过程,在学生完善成果与实践任务时提供即时反馈与策略建议,通过提供新范例支持学以致用,并基于交互过程数据生成个性化学习报告以优化学习成果。该阶段可有效推动学生在协作实践中发展批判性思维,实现从认知建构到实践应用的完整闭环。

四、人智协同学习模式的效果验证

(一)研究目的与问题

为验证人智协同学习模式在真实课堂中的适切性与有效性,本研究将其应用于“教育研究方法”课程教学中,该课程旨在帮助学生掌握研究设计的思路与方法。鉴于批判性思维的发展并非脱离具体学科知识而独立发生,其提升往往依赖于学生在真实任务中对知识的理解、运用与重构过程,因而有必要在考察思维发展效应的同时,同步检验该模式是否对学生的知识掌握与协作学习成效产生影响。基于此,本研究在关注批判性思维发展的基础上,进一步从学习结果层面考察人智协同学习模式的综合教学效果。准实验研究主要回答以下三个问题:

- 1.人智协同学习模式能否促进学生批判性思维发展?
- 2.人智协同学习模式如何影响学生的批判性思维?
- 3.人智协同学习模式能否有效提高学生知识掌握水平,促进协作学习效果?

(二)研究设计

1.研究对象

本研究选取某师范大学30名教育技术学专业大三学生作为研究对象,将其随机分配至实验组(15人)和对照组(15人),每组下设3个由5名学生组成的协作小组。为确保研究的伦理合规性,研究人员已获取所有被试的知情同意书,并明确告知了实验目的、流程及其在实验任何阶段均可自由退出的权利。

2.研究工具

(1)批判性思维量表。本研究采用侯玉波等(2022)编制的《中国人批判性思维量表》,基于整合批判性思维理念设计了17个题项,具有良好的内部一致性信度(Cronbach's $\alpha=0.89$)。该量表涵盖批判性分析

技能、对批判的开放性和运用批判性三个维度,突破将批判性思维视为单一认知技能或稳定人格特质的传统取向,利用信息评估、证据解释与逻辑推理等表征个体在问题解决中“分析—审视—实践”的认知与行动过程。该过程与人智协同学习模式中学生的批判性思维动态变化相契合,学生对GAI生成的多元信息进行分析判断(对应“批判性分析技能”),在组间互评中开放接纳不同观点并调节自身认知(对应“对批判的开放性”),并将思维策略主动运用迁移(对应“运用批判性”)。因此,本研究从上述三个维度综合考量学生在多元主体互动情境中的思维演进状态,以刻画学生在多轮互动、观点协商与角色转换中批判性思维从激活到行动的发展轨迹。已有研究在学习情境中结合技术接受模型应用该量表,验证了其能够有效揭示学习者的批判性思维发展过程,具备良好的情境适配性与解释力(Han, et al., 2025)。

(2)批判性思维编码表。本研究参考墨菲(Murphy, 2004)提出的批判性思维编码体系,将批判性思维划分为辨识、理解、分析、评价和创造五个维度,如表2所示。为确保编码有效,由两名研究者对会话数据进行独立编码,编码结果一致性良好($\kappa=0.79, p < 0.05$),针对有分歧之处,在协商后达成一致。

表2 批判性思维编码结果

编码类别	编码	描述	举例
辨识 (recognize)	RE	辨认或识别存在的话题、矛盾、问题等	“此研究设计可能存在哪些影响结果的潜在问题?”
理解 (understand)	UN	探究相关的论据、知识、调研、信息和观点	“如何理解研究变量之间的关系及其理论依据?”
分析 (analyze)	AN	深入寻找有关问题,组织已知信息,鉴别未知信息,剖析问题、矛盾及其基本的逻辑组成	“研究问题与研究方法之间是否存在不匹配之处?”
评价 (evaluate)	EV	批评或评价相关的信息、知识、观点	“所选研究方法是否能充分验证研究问题的合理性?”
创造 (create)	CR	产生新知识、新观点或新方法,并加以实施	“我们能否结合这些观点构建一个新的模型或研究设计?”

(3)知识掌握水平测验。为评估学生对研究设计知识的掌握水平,本研究依据唐鑫等(Tang, et al., 2025)编制的《定量、定性与混合方法研究质量评估表》改编形成评分量表。量表由两位具有丰富教育研究经验的专家审阅并修订,内部评分一致性为0.85,表明评分具有较高的一致性,其维度包括研究问题与背景(25%)、研究方法设计(35%)、研究结构与逻辑(20%)、反思与改进意识(10%)以及表达与规范性(10%)。

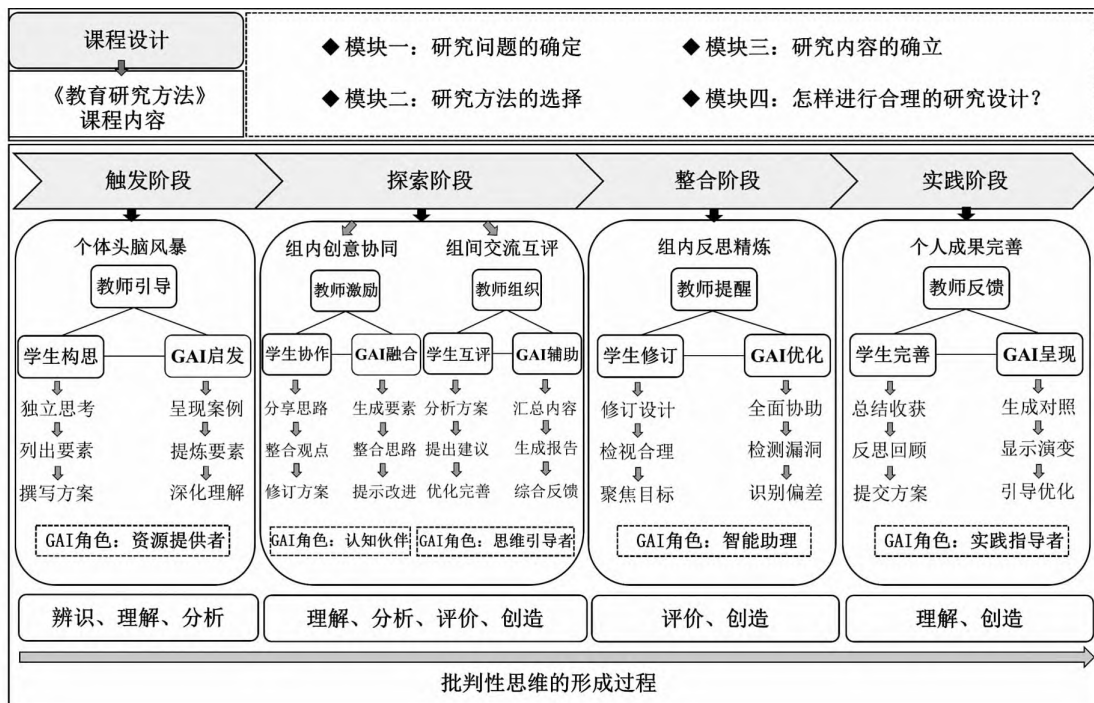


图4 教学流程

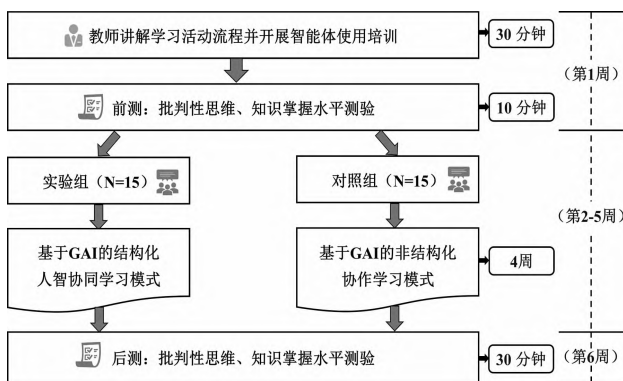


图5 实验流程

5. 数据收集与处理

首先, 研究团队在实验前后收集所有被试的批判性思维问卷数据, 进行描述性统计与单因素协方差分析, 以探究所构建的人智协同学习模式对学生批判性思维是否有影响。此外, 收集 30 名学生在第 5 周与 GAI 产生的共计 443 轮完整交互文本。经提取学生输入部分、切分为独立语义片段, 并剔除无关内容后, 最终获得 526 条有效数据。其次, 研究团队根据批判性思维编码表对数据进行独立编码, 编码一致性系数为 0.865, 信度良好。研究团队将编码结果导入 Web ENA 进行有序网络分析, 以探究 GAI 影响学生批判性思维的具体路径。最后, 研究团队收集并整理学生研究设计报告的评分结果进行单因素协方差分析, 以揭示学生在人智协同学习模式中知识掌握水平的提升效果。

(三) 结果分析

1. 批判性思维分析

(1) 单因素协方差分析

为验证人智协同学习模式是否促进学生批判性思维发展, 本研究使用 SPSS 27 软件, 通过回归系数一致性统计检验, 对实验组和对照组的批判性思维前测数据进行了分析, 结果表明两组前测并无显著差异 ($F=0.93, p=0.35>0.05$)。本研究以前测数据为协变量、后测数据为因变量, 对实验组和对照组的总体批判性思维及其三个维度 (批判性分析技能、对批判的开放性、运用批判性) 进行单因素协方差分析, 结果如表 3 所示。实验组在总体批判性思维上显著高于对照组, 差异具有统计学意义 ($F=14.326, p<0.01, \eta^2=0.491$), 说明“基于 GAI 的结构化人智协同学习模式”显著提升了学生的批判性思维水平。进一步分析表明, 实验组在批判性分析技能 ($F=12.084, p<0.01, \eta^2=0.452$) 和运用批判性 ($F=6.517, p<0.05, \eta^2=0.301$) 两个维度的提升效果显著, 而在对批判的开放性维度上, 两组间差异未达到显著水平 ($F=1.842, p>0.05, \eta^2=0.089$), 表明该模式不仅提升了学生的批判性分析技能, 也增强了其在实际情境中运用批判性思维的能力。

(2) 有序网络分析

本研究进一步采用有序网络分析法以深入挖掘人智协同学习模式如何影响批判性思维的内在机制。有序网络分析 (ordered network analysis, ONA) 是一种结合定量分析精度和定性分析深度的混合研究方法, 通过构建有向加权网络, 在一定程度上可以反映批判性思维之间的结构特征和时序性 (马志强, 等, 2024)。本研究对所有会话数据进行建模, 得到如图 6 所示的各组批判性思维有序网络图和叠减图,

http://dej.zjtvu.edu.cn

表 3 单因素协方差分析结果

测量维度	组别	n	前测		后测		调整均值	标准误差	F	η^2
			平均值	标准差	平均值	标准差				
批判性思维	实验组	15	4.55	0.27	5.30	0.26	5.28	0.07	14.326**	0.491
	对照组	15	4.52	0.31	4.69	0.36	4.67	0.07		
批判性分析技能	实验组	15	4.45	0.26	5.23	0.25	5.21	0.07	12.084**	0.452
	对照组	15	4.48	0.34	4.65	0.38	4.64	0.07		
对批判的开放性	实验组	15	4.83	0.29	5.62	0.59	5.60	0.13	1.842	0.089
	对照组	15	4.83	0.31	5.23	0.41	5.21	0.13		
运用批判性	实验组	15	4.38	0.27	5.05	0.29	5.03	0.09	6.517*	0.301
	对照组	15	4.15	0.29	4.73	0.34	4.71	0.09		

注: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ 。

为使叠减图呈现更加清晰, 图中将实验组命名为 A 组, 对照组命名为 B 组。

根据两个组与 GAI 协同完成学习任务时的会话互动特征, 将其总结归纳为两种交互模式: ①人智共融产出型交互模式。A 组以“分析”(AN)→“评价”(EV)→“创造”(CR)模式为主, 即小组成员能够对别人的观点快速辨析后作出评估, 并在此基础上将这些信息整合内化以实现知识再创造, 在与 GAI 的多轮审辨慎思对话中形成螺旋上升的知识建构和批判性思维发展路径。学生并不盲目将 GAI 生成的内容视为权威, 而是审慎分析和评估内容的可靠性, 重组其反馈信息与已有知识, 最终完成具有创造性的高质量作品。②人智依赖响应型交互模式。B 组以“理解”(UN)→“分析”(AN)→“辨识”(RE)和“理解”(UN)→“辨识”(RE)两种模式为主, 说明在非结构化的协作学习中, 小组成员主要依赖 GAI 就讨论内容进行概念性的提问与简单分析, 与 GAI 的互动主要集中于对信息的辨识、理解和分析的浅层加工, 难以通过阶段性的学习过程逐步建构系统化的推理与反思。值得注意的是, 人智协同过程中虽也涉及对学习任务的创造, 但“评价”(EV)和“创造”(CR)这种高阶的批判性思维活动通常是由个别成员主导发起, 这些学生具有较好的学习经验和自我调节学习能力,

在任务初期就能快速激活已有知识并与当前的学习任务建立关联, 有效引导 GAI 生成更契合需求的反馈; 而大部分学生往往难以运用精准提示词, 导致低层次的人智交互, 对 GAI 表现出过度依赖和被动响应。

此外, 本研究对实验组各阶段批判性思维进行有序网络分析, 如图 7 所示。鉴于个体头脑风暴和个人成果完善环节未涉及协作过程, 所以这两个环节数据不纳入分析。在组内创意协同阶段中, “分析”(AN)和“评价”(EV)是该阶段发生最频繁的响应行为, 且“V”字形从“分析”(AN)指向“评价”(EV), 说明学生在进入组内创意协同时通常会先对协作内容细致分析, 然后展开以评价为导向的深度讨论, 助力更高阶批判性思维的发展。同时, GAI 节点落于第二象限“分析”(AN)附近, 反映了 GAI 在该阶段作为“认知伙伴”充分发挥其强大的信息整合和逻辑推理能力, 促进学生对学习内容进行深入分析。在组间互评交流阶段中, GAI 节点分布在“分析”(AN)和“评价”(EV)之间, 以“思维引导者”身份辅助学生进行互评与反思, 积极推动学生认知协调与意义建构, 形成“分析”(AN)→“评价”(EV)→“创造”(CR)的循环模式。协作至组内反思精炼环节, GAI 节点落于第三象限, “分析”(AN)与“评价”(EV)两个节点的颜色饱和度减弱, 而“理解”(UN)节点明显变大, “创造”(CR)节点变小。该阶段 GAI 化身“智能助理”向学生生成客观分析报告, 将反思主导交予学生, 促进其自我调节学习能力和批判性思维的深化。此阶段学生可能因时间压力和任务完成焦虑导致创造性思维有所减弱, 转而专注于理解和整合 GAI 的反馈内容, 完善最终成果并实现知识的反思与内化。

在整个实验过程中, GAI 的智能反馈与精准个性化支持成为关键驱动力, 引导学生在持续对话、反思与意义协商中重构认知结构, 形成应对复杂问题解决的深度学习范式。这与已有研究结论相呼应, 印证了互动性、建构性活动对高阶思维发展的重要作用 (Zhao, et al., 2024)。GAI 的角色定位直接影响协作学习的成效, 若仅将其视为答案生成或信息检索工具, 则其角色趋于模糊, 学习效果甚至可能低于传统同伴协作 (Tong, et al., 2025)。反之, 若将 GAI 定位为“认

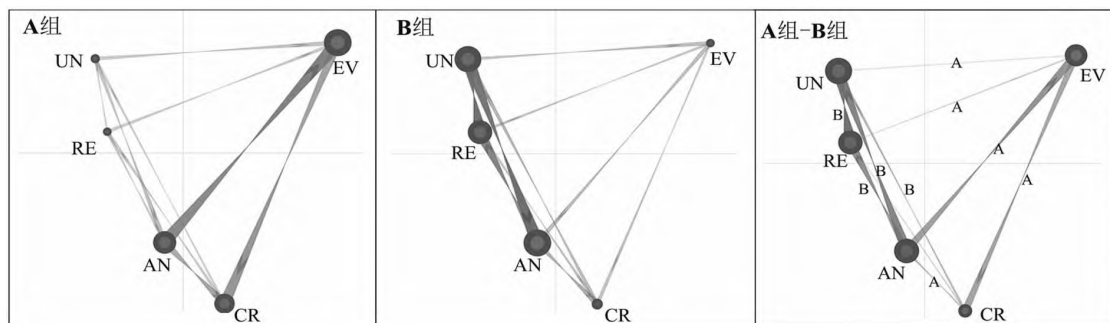


图 6 各组批判性思维有序网络分析

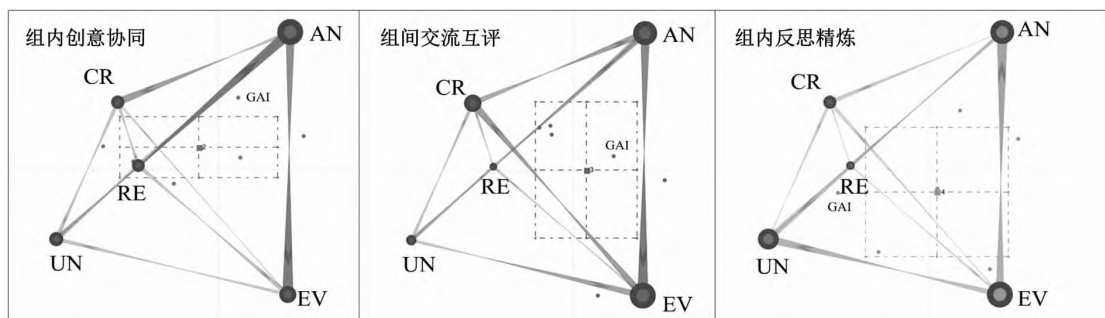


图7 实验组各阶段批判性思维有序网络分析

知伙伴”或“协作主体”,学习过程便从个体活动转向持续的人智互动、意义协商与知识共建,进而催生超越单方认知的涌现智能(Katsenou, et al., 2025),协作主体性因而成为理解人智协同学习模式的核心。

2. 知识掌握水平分析

学生提交的研究设计报告均由两位具有教育研究方法教学经验的教师进行盲评。评分标准涵盖研究问题与背景、研究方法设计、研究结构与逻辑、反思与改进意识以及表达与规范性五个方面,总分100分。学生的最终成绩取两位教师评分的平均值作为其知识掌握水平成绩。以实验组(N=15)与对照组(N=15)前测成绩为协变量,后测成绩为因变量,进行单因素协方差分析,如表4所示。实验组平均得分为91.75,对照组平均得分为83.50,两组差异显著($F=5.87, p=0.023<0.005$)。这表明人智协同学习模式能显著提升学生的知识掌握水平。

表4 单因素斜方差分析结果

维度	组别	平均值	F	p
知识掌握	实验组	91.75	5.87	0.023*
	对照组	83.50		

注:* $p<0.05$ 。

知识建构理论强调,学习者作为认知主体通过持续协作对话实现知识创新与拓展,知识并非经由单向传输获得,而是学习者在主动探索、交互反馈与批判性反思中逐步建构的结果(Chen, et al., 2018)。实验组学生在GAI与教师的协同引导下,通过持续互动交流、即时反馈与深度反思不断调整学习策略并重组知识结构,实现从知识获取到知识重构的转变(Mercer, et al., 2012)。此过程与既有研究提出的渐进式知识建构理论相吻合,即学习者在人智对话中逐步经历从信息接收、意义协商到知识共建的认知发展路径(Chen, et al., 2023)。同时,本研究结果也呼应了克雷斯等(Cress, et al., 2023)提出的“人智共演模型”,即GAI的介入促使学习共同体形成认知与社会互动并存的双循环结构,学生通过外化思考、协

商意义与内化知识,实现认知互补与思维共生。

五、讨论与建议

(一) 人智协同学习模式有效促进批判性思维提升

本研究验证了构建的模式在促进批判性思维方面的有效性。根据赫拉勒等(Helal, et al., 2025)的研究,GAI对批判性思维的影响呈现“双重路径”:一条是经由高质量提示、自我调节、深度参与等“认知—元认知中介因素”导向思维提升的积极路径;另一条则是因自动化偏见、AI幻觉、直接生成依赖等抑制因素导致思维退化的消极路径。人智协同学习模式通过“角色分工”与“动态流程适配”将GAI整合进以问题驱动、证据比较与反思修订为核心的学习流程中,其多视角生成、即时反馈与对话交互等提升了学生的自我调控与元认知批判能力,从而避免因技术的高流畅性对批判性思维产生抑制效应(Salido, et al., 2025)。有序网络分析揭示的“人智共融产出型”交互模式进一步从过程层面证实,学生在与GAI的迭代对话中能够超越对信息的浅层辨识与理解,使得GAI的潜力得以充分发挥,推动批判性思维向更高阶发展。

人智协同学习并不意味着削弱教师的作用,教师在设计任务、限定GAI角色与引导反思等方面的作用是该模式发挥效能的关键。故需要在不同阶段明确教师的引导与调控职责,引导学生在使用GAI的同时关注观点阐释与论证推理。具体来看,在触发阶段需要关注“非良构”问题设计,强化GAI扮演“资源提供者”的角色,向学生提供挑战性的问题以引发思维困惑。探索阶段的设计重点在于支持组内与组间的论证深化。教师可指导学生使用特定的提示策略,引导GAI对小组讨论中的观点进行逻辑梳理并提供策略性建议。整合与实践阶段重点关注学生的反思与迁移,提供将新知识应用于不同情境的范例。教师应将教学重点转向培养学生如何向GAI提出有效问题、如何交叉验证信息,并要求他们对协同过程本身进行反思,从而将外部的技术互动内化为可迁移的批判性思维能力。

(二) 多轮对话模式与 GAI 角色转换共同推动批判性思维发展

人智协同学习模式对学生批判性思维的影响并非单一作用,而是通过塑造特定的认知路径实现的。多轮对话模式通过不断延展问题空间,为高阶认知加工提供了必要的情境支持,学生向 GAI 反复追问与质疑,促使复杂批判性思维技能的激活和持续发展(Suriano, et al., 2025)。在“人智共融产出型”交互模式中,学生与 GAI 的对话呈现出“分析→评价→创造”的循环模式,表明 GAI 成功介入了高阶思维的发展过程,学生将 GAI 输出作为思维素材,进行理性剖析、审慎评估与创造性重组。这佐证了“协作式 AI 支持互动”模式,即学生在迭代追问和对比验证的过程中构建对话式认知脚手架,能够促使 GAI 从资源提供者转化为认知协作者(Nasr, et al., 2025)。研究进一步揭示, GAI 在不同学习阶段的动态角色定位和批判性思维要素的激活强度直接关联。当 GAI 作为“认知伙伴”介入探索阶段时,“分析”与“评价”维度被显著强化;当其转变为“智能助理”支持组内反思精炼时,批判性思维则向“理解”维度迁移。

推动人智协同交互模式从“依赖响应型”向“共融产出型”演进,关键在于实现对话结构和 GAI 角色转换之间的系统化协同设计。在探索阶段,教师可引入“辩证对话回合”机制。要求学生以“多轮深度对话”的方式质疑性追问或提供与初始观点相反的论据,帮助学生跳出思维舒适区,重新审视自身论证的潜在局限与逻辑盲区。在整合阶段,教学设计应明确嵌入“溯源与交叉验证”任务,借助结构化反思提示模板,引导学生追溯 GAI 所提供信息的事实依据、数据来源及案例出处。此外,还需注重从整合到实践阶段的衔接,通过设计“微型实践”任务,让学生在接近真实的情境中检验、修正并应用所建构的知识,从而在反馈迭代中实现思维的持续进阶。

(三) 人智协同学习同步提升知识掌握与协作学习效果

数据表明,人智协同学习模式在促进批判性思维发展的同时,也显著提升了学生的知识掌握水平。GAI 的介入重构了协作学习的互动结构,在主动建构、社会协商与批判性反思的协作任务情境中,学生将内隐的理解外化为可供审视的文本与话语,并通过意义整合将碎片化信息升华为结构化的知识体系,形成以“共享认知对象”为驱动的高质量互动,实现对学科核心概念的深度理解。此外,有序网络分析揭示的“人智共融产出型”交互模式指向“创造”,意味着学生最终产出的学习成果是经过批判性加工和重构的知识综合体,其质量提升直接反映了知识掌握水平的深化。这表明,数智时代的高阶思维发展与知识学习并非此消彼长,而是可以通过精心设计的

人智协同学习活动实现共生共强。

在教学实施中,教师应聚焦于关键决策与质量把控,设计“从知识演练到思维迁移”的递进式学习方案,推动学生完成从个体内部生成、社会协商到跨组交流、反思内化的学习闭环,使核心概念在多元主体审视下不断重构。例如,在课程设计中,明确设置从“知识验证性任务”“知识整合性任务”到“知识创造性任务”的渐进流程,引导学生调用 GAI 的多样化功能,逐步实现从知识掌握到思维提升的自然过渡与融合,最终指向复杂问题解决能力与跨情境知识迁移能力的养成。在评价设计上,有必要将评价重心从“答案质量”转向“推理质量”,将问题提出、证据选择、反例处理与迁移验证等过程性指标纳入评价体系,使知识掌握转化为可解释、可论证、可迁移的能力。

(四) 智能体作为“认知伙伴”驱动批判性思维的深化

智能体作为“认知伙伴”驱动批判性思维深化的关键,并不在于生成更多信息,而在于通过对话结构与任务规则维持学习者的投入与质疑状态,使学生在持续的分析、评价与重构中逐步形成可迁移的辨别能力。在人智协同学习模式中,智能体以“更具知识性的他者”身份,提供了近乎无限的耐心、即时反馈与多元视角,为学生创造了低风险、高频率的“思维试炼场”,助力知识理解与逻辑推演。本研究中的智能体角色呈现动态演进特征,其设计架构以“知识输入—内部推理—对话管理—逻辑诊断”为核心,围绕触发、探索、整合与实践阶段动态演变,并通过阶段化角色配置与脚本化互动嵌入人智协同学习中,印证了智能体作为“认知座架”的核心价值。

后续可从三个方面对智能体设计进行优化。一是强化主题导向与跨学科协同能力。围绕协作学习任务,在任务解析、角色适配、行为调节及多源数据比对等关键环节提供支持。在架构设计上,可采用多智能体协作框架,依据学习共同体的动态需求部署不同职能的智能体,形成角色互补、行为协同的智能代理网络,从而促进高阶思维发展与创造性知识产出(李海峰,等,2025)。二是提升学科知识的结构化与解释力。当前基于通用大模型的智能体在特定学科内容生成中仍存在表述模糊、逻辑松散等问题,为此应构建专业化、高质量的学科领域知识库,围绕学科特点整合虚拟探究、论证分析与交互式评价等多种资源,提升智能体在学科教育中的知识准确性与解释力。三是拓展多场景自适应与复杂问题解决能力。应以快速适配多样化的教育场景为逻辑起点(郑娅峰,等,2025),利用情境学习理论作为大模型认知论框架,进一步延展其在情境感知、工具调用与流程嵌入方面的优势,并基于“角色定位—技能体系—任务解构”框架构建数字身份,通过智能体的记忆机

制、持续反馈与决策质量的多维评估,提升其在人智协同教学中的适配性。

六、结语

本研究基于活动理论与批判性思维培养四阶段模型,构建并验证了促进批判性思维发展的人智协同学习模式。该模式将智能体视为“认知座架”,通过明确不同阶段“师—生—智”角色定位与分工,实现学生认知链与GAI能力链的螺旋上升,从而促进知识建构与批判性思维发展。总的来看,当前研究仍存在一些局限。首先,现有实证研究多基于小样本、单一院校或短期教学干预,未能排除“技术的新奇效应”,也缺乏对不同学科领域的差异性分析。其次,研究数据主要依赖自我报告与行为编码,缺少细粒度、时序性数据,还未能充分揭示人智协同过程中批判性思维逐步演化的深层机制以及认知结构重组的关键节点。未来需要开展长周期、跨地域、多群体的验证,持续关注GAI常态化融入情境下,学生批判性思维能力的发展趋势,并深入探讨“提示词质量”“人机信任”“元认知意识”等对批判性思维的调节作用,设计与验证面向特定学科或跨学科场景的人智协同模式和策略。此外,需要进一步纳入涵盖学习行为序列、协作学习文本、社会性对话质量、注意力焦点等过程性学习数据,建立更为客观的数据表征模型,开展数据驱动的学习规律挖掘,从而为建立基于证据的人智协同机理框架提供更为扎实的方法论支持。

【参考文献】

- 冯晓英,陈天娇,王麒淋,2025.GenAI赋能课堂教学变革:混合式教学4.0的概念内涵和设计框架[J].现代远程教育研究(6):80-91.
- 龚江涛,王大阔,孙婧婧,等,2022.联手人机交互专业委员会:“人智协同”术语发布[EB/OL].(2022-07-01)[2025-10-20].https://www.ccf.org.cn/Media_list/gzwyh/jsysdwyh/2022-07-01/789818.shtml.
- 顾小清,王成梁,王培均,等,2025.生成式人工智能赋能教学的机制、需求与路径[J].中国教育学报(4):15-22.
- 侯玉波,李强强,李昊,2022.中国人批判性思维结构的构建及量表编制[J].北京大学学报(自然科学版)(2):383-390.
- 黄涛,张振梅,刘三女牙,2025.以共存求共生:人智协同共育如何可能[J].教育研究(1):147-159.
- 李海峰,王伟,2024.人机争论探究法:一种争论式智能会话机器人支持的学生高阶思维能力培养模式探索[J].电化教育研究(3):106-112.
- 李海峰,王伟,2025.从多智能体到人智学习型组织——多角色智能体支持的人智学习共同体学习活动研究[J].远程教育杂志(5):20-31.
- 刘永贵,睦雨婷,2025.从支持工具到学习主体:“GenAI-学习者”协作学习系统的模型构建与促进策略[J].现代教育技术(4):53-61.
- 马志强,尤欣雅,崔鑫,等,2024.有序网络分析:面向教育会话互

- 动关系多维刻画的方法[J].现代远程教育(6):49-59.
- 欧志刚,刘玉屏,覃可,等,2024.人工智能多模态教学资源的生成与评价——基于AIGC在国际中文教育的应用[J].现代教育技术(9):37-47.
- 于爽,叶俊民,尹兴翰,等,2025.联结人智协同学习干预的设计与应用:理论模型及实践框架[J].电化教育研究(7):93-99.
- 余亮,张馨月,邓双洁,2025.混合式教学中的人智协同学习:本质特征与实践样态[J].西南大学学报(社会科学版)(5):1-13.
- 余胜泉,2025.跨越人工智能教育应用的认知外包陷阱[J].中国教育学报(4):1.
- 俞树煜,王国华,聂胜欣,等,2015.在线学习活动中促进批判性思维发展的问题解决学习活动模型研究[J].电化教育研究(7):35-41.
- 张静,2025.AI智能体辅助混合式外语自主学习模式:设计、实施与优化[J].外语界(3):29-37.
- 张琪,陈玉杰,2025.生成式人工智能在国内高等教育中的应用现状与发展路向——基于文献数据的可视化分析[J].中北大学学报(社会科学版)(5):56-66.
- 郑娅峰,黄璟玥,包昊昱,2025.教育智能体赋能科学教育:概念特征、应用价值与实施策略[J].远程教育杂志(3):24-32.
- CHANG C Y, LIN H C, YIN C, et al., 2025. Generative AI-assisted reflective writing for improving students' higher order thinking[J]. Educational Technology & Society, 28(1): 270-285.
- CHEN B, RESENDES M, CHAI C S, et al., 2018. Two tales of time: uncovering the significance of sequential patterns among contribution types in knowledge-building discourse [M]// In Learning Analytics. London: Routledge: 20-33.
- CHEN B, ZHU X, 2023. Integrating generative AI in knowledge building[J]. Computers and Education: Artificial Intelligence, 5(1): Article 100184.
- CHEN C Q, 2025. Fostering AI literacy and critical thinking in pre-service teachers through GAI-based digital storytelling within the CLEAR framework[J]. Journal of Computers in Education: 1-26.
- CHEN W, TAN J S H, PI Z, 2021. The spiral model of collaborative knowledge improvement: an exploratory study of a networked collaborative classroom[J]. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 16(1):7-35.
- CRESS U, KIMMERLE J, 2023. Co-constructing knowledge with generative AI tools: reflections from a CSCL perspective[J]. International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 18(4): 607-614.
- DE LA PUENTE M, TORRES J, TRONCOSO A L B, et al., 2024. Investigating the use of ChatGPT as a tool for enhancing critical thinking and argumentation skills in international relations debates among undergraduate students[J]. Smart Learning Environments, 11(1): 55.
- ENGSTRÖM Y, 2001. Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization[J]. Journal of Education and Work, 14(1): 133-156.
- GARRISON D R, ANDERSON T, ARCHER W, 2001. Critical thinking, cognitive presence, and computer conferencing in distance education[J]. American Journal of Distance Education, 15(1): 7-23.
- GNJATOVIĆ M, MAČEK N, ADAMOVIĆ S, 2020. Putting hu-

- mans back in the loop: a study in human-machine cooperative learning[J]. *Acta Polytechnica Hungarica*, 17(2): 191-210.
- HAN Y, YANG S, HAN S, et al., 2025. Exploring the relationship among technology acceptance, learner engagement and critical thinking in the Chinese college-level EFL context [J]. *Education and Information Technologies*, 30: 14761-14784.
- HELAL M Y, ELGENDY I A, ALBASHRAWI M A, et al., 2025. The impact of generative AI on critical thinking skills: a systematic review, conceptual framework and future research directions [J/OL]. *Information Discovery and Delivery*.(2025-08-08)[2025-12-12]. <https://doi.org/10.1108/IDD-05-2025-0125>.
- KATSENOU R, KOTSIDIS K, PAPAPOULOU A, et al., 2025. Beyond assistance: embracing AI as a collaborative co-agent in education[J]. *Education Sciences*, 15(8): 1006.
- LI P H, KINSHUK, HUANG Y M, 2024. Enhancing ChatGPT in POE inquiry learning for STEM education to improve critical thinking skills[C]// *International Conference on Innovative Technologies and Learning*, August 14-16, Tartu, Estonia. Cham: Springer Nature Switzerland:30-39.
- MERCER N, HOWE C, 2012. Explaining the dialogic processes of teaching and learning: the value and potential of socio-cultural theory[J]. *Learning, Culture and Social Interaction*, 1(1): 12-21.
- MIAO F, KELLY S, 2024a. AI competency framework for students[R/OL]. Paris: UNESCO. [2025-12-12]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391105>.
- MIAO F, MUTLU C, 2024b. AI competency framework for teachers[R/OL]. Paris: UNESCO. [2025-12-12]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391104>.
- MURPHY E, 2004. An instrument to support thinking critically about critical thinking in online asynchronous discussions[J]. *Australasian Journal of Educational Technology*, 20(3):295-315.
- NASR N R, TU C H, WERNER J, et al., 2025. Exploring the impact of generative AI ChatGPT on critical thinking in higher education: passive AI-directed use or human-AI supported collaboration?[J]. *Education Sciences*, 15(9): 1198.
- RITZ E, FREISE L R, Li M M, 2025. Offloading to digital minds: how generative AI can help to craft jobs[C]// *NeuroIS Retreat 2024*, June 9-11, 2024, Vienna, Austria. Cham: Springer: 11-20.
- SALIDO A, SYARIF I, SITEPU M S, et al., 2025. Integrating critical thinking and artificial intelligence in higher education: a bibliometric and systematic review of skills and strategies[J]. *Social Sciences & Humanities Open*, 12: Article 101924.
- SURIANO R, PLEBE A, ACCIAI A, et al., 2025. Student interaction with ChatGPT can promote complex critical thinking skills[J]. *Learning and Instruction*, 95: Article 102011.
- TANG X, ZENG Z, HUANG H, et al., 2025. Quality appraisal tools for quantitative, qualitative, and mixed methods studies: a review and a brief new checklist[J]. *ECNU Review of Education*: 1-29.
- TONG D, JIN B, TAO Y, et al., 2025. Exploring the role of human-AI collaboration in solving scientific problems[J]. *Physical Review Physics Education Research*, 21(1): Article 010149.
- XI L, ZHANG Y, WANG Q, 2025. Investigating the effects of an LLM-based socratic conversational agent on students' academic performance and reflective thinking in higher education[J]. *Computers & Education*: Article 105494.
- ZHAO J H, YANG Q F, LIAN L W, et al., 2024. Impact of pre-knowledge and engagement in robot-supported collaborative learning through using the ICAPB model[J]. *Computers & Education*, 217(1): Article 105069.

收稿日期:2025年11月10日
责任编辑:陈媛

Building a Human-AI Collaborative Learning Model for the Development of Critical Thinking

Zhang Qi¹, Luo Xia², Chen Yujie¹ & Zhang Jin¹

(1. College of Education, Huaibei Normal University, Huaibei Anhui 235000;

2. Institute of Education/Center for Teaching and Learning Development, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005)

[Abstract] The rapid development of generative artificial intelligence (GAI) is making human-AI collaboration an increasingly normalized form of learning, rendering the design of scientific and effective collaborative learning models a critical issue. Building on a systematic review of research on how GAI supports critical thinking and on existing human-AI collaborative learning models, this study proposes a human-AI collaborative learning model aimed at fostering critical thinking. Grounded in activity theory and a critical thinking development model, the study further introduces a knowledge-building spiral model and uses a “double-helix” metaphor to explain the internal mechanism through which a “student cognitive chain” and a “GAI capability chain” intertwine and co-evolve. A quasi-experimental design was implemented with third-year undergraduate students. Empirical tests were conducted using one-way ANCOVA and ordered network analysis. The findings indicate that: (1) the proposed human-AI collaborative learning model significantly enhances students' critical thinking; (2) a multi-round dialogue mechanism, together with GAI's dynamic role switching, jointly promotes critical thinking development; (3) while improving critical thinking, the model also enhances knowledge mastery and collaborative learning outcomes; and (4) when the intelligent agent functions as a “cognitive partner,” it effectively drives critical thinking toward deeper levels. These results provide theoretical grounding and practical guidance for optimizing the design and implementation of human-AI collaborative learning.

[Keywords] Generative artificial intelligence; Human-AI collaboration; Critical thinking; Ordered network analysis; Human-AI collaborative learning; Knowledge-building spiral model