

认知摩擦：人工智能介入学习何以未必促进认知发展

易凯谕

(中国教育科学研究院 教师发展研究所, 北京 100088)

【摘要】 人工智能正深度介入教与学全过程,但不少实证研究表明,人工智能的介入未必带来学习者认知的发展,反而导致“思维惰化”。针对人工智能带来学习“周期加速”与认知“发展停滞”并存的悖论,本研究从思维发生机制出发,揭示人工智能何以未必促进认知发展,并提出“认知摩擦”概念作为解释框架。认知发展本质上可表征为学习者主动展开信息感知、预测假设、信息加工、反馈回塑与组织输出等认知思维过程,并推动大脑世界模型更新。人工智能的过度介入可能在上述关键环节产生替代效应,消解认知发展的必要条件。本研究将认知摩擦界定为个体先验世界模型与外部认知对象存在差异时,为达到新的认知平衡而主动进行认知加工所经历的有意义阻力,并据此建构了由媒介系数、个体认知基础、个体驱动力和认知偏角共同作用的认知摩擦强度函数模型。教育设计可对认知摩擦进行调节干预,通过给技术注入教育逻辑、夯实学习者基础知识、激发个体驱动力与坚持人类思考前置,将认知摩擦维持在学习者可承受、可加工、可转化的合理区间,从而促进学习者的认知发展。

【关键词】 认知摩擦; 认知发展; 人工智能; 人智协同; 思维能力

【中图分类号】 G442

【文献标识码】 A

【文章编号】 1007-2179(2026)04-0016-12

人工智能正普及式融入各级各类教育课堂,技术赋能教与学的变革方兴未艾。然而,麻省理工学院的神经科学研究表明,借助 ChatGPT 完成写作的群体仅数分钟后,就有 83.3% 的被试无法引述自己文章中的任何完整句子,且文章的逻辑性和概念内容呈现高度同质性(Kosmyna et al., 2025)。围绕这个问题,学界不乏关于“认知外包”“认知卸载”等讨论。通常而言,认知外包指个体将部分认知活动交由外部技术承担的行为,当低阶认知任务被有限外包时,技术能有效降低学习者的内在认知负荷,

释放认知资源(孙妍妍等, 2026),但原本应由个体承担的高阶认知加工任务完全外包让渡给机器时,则演变为“认知卸载”,主体维持认知在场的意志与能力随之弱化,学习者也可能由意义的主动建构者退化为知识产品的被动消费者(薛耀锋等, 2026)。既有讨论揭示了人工智能介入后认知活动被“外包”或“卸载”的静态结果,据此提出的对策也多在于使用与否或使用多寡,一定程度上遮蔽了人工智能介入人类认知活动的动态作用,难以针对具体学习过程开展精准的干预设计。鉴于此,本研究从

【收稿日期】 2026-06-20

【修回日期】 2026-06-22

【DOI编码】 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2026.04.002

【基金项目】 中国教育科学研究院 2025 年度基本科研业务费专项资金项目“面向青年教师发展的高校支持服务组织体系建设研究”(GYJ2025048)。

【作者简介】 易凯谕,博士,助理研究员,中国教育科学研究院教师发展研究所,研究方向:教育数字化、学习科学、教师发展(yiky@cnaes.edu.cn)。

【引用信息】 易凯谕(2026). 认知摩擦:人工智能介入学习何以未必促进认知发展[J]. 开放教育研究, 32(4): 16-27.

思维发生机制的视角出发,剖析人工智能作用于学习者思维活动的过程机制,澄清人工智能介入学习何以未必促进认知发展,提出“认知摩擦”概念,探索通过教育设计调控“认知摩擦”的合理范围,探讨促进学习者认知发展的可能路径。

一、悖论: 加速与停滞

在人类传统的学习与知识生产活动中,活动任务完成通常伴随着相对连续的认知加工过程,任务推进所需的时间在一定程度上为认知发展提供了必要的加工空间,因此个体的认知发展往往与任务执行周期同步。然而,人工智能的介入加速了任务完成周期,大幅缩短任务完成时间,也挤压了认知发展的加工空间。因此,任务完成周期的加速未必同步促进学习者认知结构的更新(解丽霞, 2025)。学习者面临前所未有的“周期加速”与“发展停滞”并存的悖论。

(一) 周期加速: 人工智能对学习活动的加速

人工智能介入学习最明显地表现为全面加速学习任务完成过程,这种加速贯穿信息获取、认知流程到成果产出全过程,是对学习活动执行周期的整体性压缩。

首先,人工智能加速了学习者的信息获取过程。在传统学习情境中,信息获取不仅要占有资料,还需要学习者经历使用工具或社会交往进入问题情境、感知信息差异、筛选有效证据等认知过程。人工智能介入后,学习者不再直接面对开放而庞杂的信息环境,只需通过简单的自然语言交互即可获得经由人工智能加工的信息。人工智能以“按需供给”的方式缩小了信息范围,缩短了资料占有周期,也剥夺了学习者必要的认知准备过程,学习活动的起点被动前移。

其次,人工智能加快了学习者的认知进程。一般来说,学习过程需经历问题理解、路径选择、方案比较、意义组织和反馈修正等环节,需要学习者持续投入认知精力,并在反复试错中逐步推进。人工智能工具的介入,压缩了上述认知环节,产生了一种新的注意力割裂模式: 频繁的提交与等待循环。学习者通过连续追问迅速获得学习支持,并在多轮对话中快速调整学习方向。这种近乎零延时的即时交互,消解了认知迭代过程中深度加工的阻滞感,

使原本需要较长时间思考、试错和修正的过程被高度集成在“提问—生成—反馈—再生成”的循环中,认知反馈流高频顺畅。这种流畅性被称为“流畅性陷阱”——当学习者阅读信息非常流畅时,他们往往会高估自己的理解程度,减少对内容的深入解读,产生元认知惰性(Yan et al., 2024)。

再者,人工智能加速了学习成果的产出。从大脑中模糊的不确定表征转化为逻辑清晰的、结构严密的符号文本,往往需要经历高强度的认知加工,且耗时较多,这也是学习者处理新旧知识、完善认知图式的重要环节。当前,学习者只需输入未经严密组织的初步意图和简单提示词,就可获得形式规范的完整成果。人工智能流水线式的生成极大缩短了从“人类意图”到“最终成果”的转化路径,显著提升了学习产品的产出速度。

(二) 发展停滞: 人工智能介入的替代性假象

从本质上看,人工智能对学习任务完成的加速,与人类认知发展的同步提升之间没有必然的因果关系。人工智能介入的“高效”学习所形成的是一种表面繁荣: 信息似乎更充分,流程似乎更顺畅,成果似乎更高产。但实际上,其背后可能是以下三种假象:

第一,信息占有即知识内化的假象。知识越容易获得,学习反而越可能由于缺乏系统建构与深度加工而停留在表层(王梓霖, 2026)。学习者在面对庞杂、不确定性的信息环境时,需要投入认知努力去辨别、筛选,这一“费力的占有”过程本身就是对长时记忆和认知结构的深度激活,学习者正是在这一过程中建立新旧知识之间的联系。当学习者习惯于通过简单的自然语言交互直接获取被人工智能清洗、组织过的信息时,外在的信息检索效率虽大幅提升,但内在的认知发展却因缺乏必要的刺激而停滞甚至萎缩。人工智能提供的结构松散的碎片化信息,因脱离个体的具身经验,学习者无法完成知识内化。

第二,形式表达即思维外显的假象。维特根斯坦(2025)说:“语言伪装了思想。从这种伪装的外衣里你不可能推知下面的思想是什么样的,因为这种外衣的形式本来就不是为了让人看出身体的样子而设计的,它有完全不同的目的。”他旗帜鲜明地批判“语言即思想”的工具论观点。人类自己

组织的语言尚不能完全反映其思想, 人工智能生成的文字就更难以真实反映学习者的思维过程, 文本的成熟性可能遮蔽思维的青涩性, 表达的流畅性也可能掩盖理解的空心化。

第三, 产出成果即认知发展的假象。皮亚杰(Piaget, 1964)的认知发展论指出, 个体的认知发展是由图式、同化、顺应及平衡构成的阶段性认知加工过程, 其演进的关键源于主体的亲身经验与逻辑判断, 离不开个体的主动建构。认知发展所需的认知加工在看似顺畅的“提问—生成”中被消解, 学习者可以借助人工智能快速完成任务, 获得符合评价标准的成果, 却可能绕过问题理解、试错修正、意义建构和反馈内化等认知环节。

二、认知发展: 从思维做功到世界模型更新

要理解人工智能介入学习为何可能造成学习加速与认知发展之间的背离, 还需要回到更基础的问题: 何谓认知发展? 认知发展是如何发生的?

(一) 认知发展的表征

从思维的发生机制看, 在问题情境中持续完成信息感知、预测假设、信息加工、反馈回塑与组织输出的主体建构过程即思维的展开过程, 认知发展不是外部信息进入大脑后的自然结果, 而是思维主动做功后获得的认知结构和认知能力的更新。学习者需先将外部信息纳入已有认知结构, 对问题情

境作出初步识别和意义定位(Johnson-Laird, 2005), 然后基于已有知识、经验图式和任务目标形成若干解释或行动路径, 在不确定性的问题空间(problem space)中生成候选假设的预测集合(Simon, 1979)。随后, 大脑按需启动双加工路径(dual-process), 或诉诸隐性知识进行快思考联想加工, 或高度卷入工作记忆、在多认知资源模块交互中启动有意识的慢思考推演(Evans, 2012)。在此基础上, 学习者通过比较、推理、验证和修正, 对不同的预测假设进行加工处理, 并将所得结论与初始预测进行比较。在这一过程中, 学习者通过同化或顺应不断回塑初始世界模型, 进而重塑认知结构, 最终输出外显的符号文本或行为等多模态内容。认知发展正是发生于这一持续思维过程中(见图1)。

认知发展可被表征为经由思维加工后的世界模型更新。所谓“世界模型”, 是个体基于既有知识、经验和行动反馈所形成的关于外部世界及其运行关系的内部表征, 它使个体能够理解问题、预测结果并选择行动(李永智等, 2025)。学习的发生, 实质上是新信息、新问题和新经验进入个体认知结构后, 引发原有世界模型的修正、扩展或重组的过程。具体而言, 世界模型更新至少表现为三个方面: 一是问题表征方式发生变化, 即学习者不再以原有框架理解问题, 而形成新的问题结构; 二是知识组织发生变化, 即零散信息被连接为更稳定的概念网络; 三是行动预期发生变化, 即学习者能基于

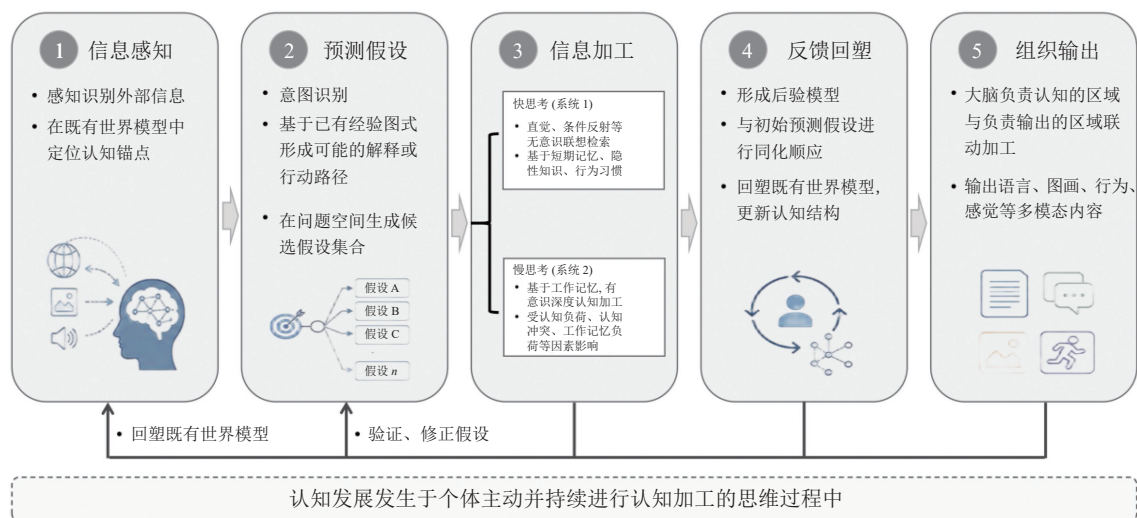


图1 思维发生过程

新的理解对类似情境作出更有效的判断和迁移。

(二) 人工智能介入学习的认知替代效应

基于上述认知发展表征可以看到, 学习是否真正发生, 认知是否发展, 关键不在于外部信息是否获得、成果是否产出, 而在于学习者是否经历了足够的主体加工并推动自身世界模型的更新。人工智能介入学习之所以未必促进认知发展, 原因可能在于其改变了学习者原本应当经历的思维过程, 对问题感知、假设生成、深度加工、反馈回塑、多模态内容输出等关键环节产生替代效应, 使认知发展所必需的主体加工被转移、压缩或外包。

在信息感知环节, 人工智能的介入导致学习者认知加工对象的隐性转移, 从思考问题本身转向审视人工智能生成的内容, 学习者的认知活动从“如何理解问题”转向“如何判断、修改和使用人工智能输出”。这种转移并不意味着学习者停止了思考, 而是思考对象发生了变化, 从对问题本身的建构性加工, 转向对机器生成内容的反应性处理。有研究表明, 当学习者感知到人工智能的强大智能时, 更容易进入“专注沉浸”状态, 但深度的沉浸感从主动验证问题变为对人工智能顺畅逻辑内容的被动认可时, 人工智能依赖便随之产生(Tian, 2026)。因此, 即使学习者看似仍在参与学习任务, 仍然在思考, 却可能是在思考人工智能生成的内容, 弱化了对问题本身的思考和把握。

在假设生成环节, 人工智能生成内容可能解构问题空间并弱化主动预测能力。在问题被初步定位后, 学习者本可以基于已有知识和任务目标, 自主生成一些可以解释或候选的行动路径, 并在不确定的问题空间不断预测和比较。然而, 若不经过程思考, 直接使用人工智能获得选项、路径和答案, 学习者的问题空间就会被机器预先组织。表面上看, 这或许能扩大学习者的选择范围, 但实际上, 人工智能生成内容会限制学习者的自主想象空间, 减少学习者自主界定问题、建构假设和试错验证的机会。学习者不再从不确定性中生成自己的预测集合, 而是在人工智能提供的方案之间选择, 问题空间的主动建构过程被削弱。

在信息加工环节, 认知负荷的“不合理转移”, 可能诱发快思考(系统1)并抑制慢思考(系统2)的深度加工。认知负荷理论通常将学习过程的负荷

分为内在负荷、外在负荷和生成性负荷: 内在负荷来自知识内容或任务本身, 外在负荷来自不良呈现方式或外部环境的干扰, 生成式负荷指学习者将新信息与既有知识结构整合时所需的认知努力(Paas et al., 2003)。一般而言, 降低外在负荷有助于释放认知资源, 但内在负荷和生成性负荷不应被简单消除, 因为它们往往是促成理解、推理和重构的重要动力。人工智能既能通过高效简洁的自然语言交互降低技术使用的外在负荷, 也可以通过直接给出分析或答案, 替代学习者原本需要承担的内在负荷与生成式负荷。如果学习者长期面对低阻力的人工智能输出, 那么大脑就可能倾向于绕过高能耗的慢思考, 习惯性地信息加工切入低能耗、依赖直觉与机械响应的快思考通道。长此以往, 学习者的深度加工思考能力就可能逐渐钝化与被悬置。

反馈回塑阶段是认知发展最关键的表征环节, 关键是学习者能否将加工结果、错误反馈和行动经验重新纳入自身认知结构, 使原有世界模型得到强化和重构。人工智能过度介入学习, 让算法作为一种“外部记忆”与“代理世界模型”, 人类大脑的神经网络便减少了提取与强化的机会, 认知发展就可能停留在对人工智能结果的使用层面, 难以转化为主体自身稳定的理解结构。学习者的既有世界模型并未充分参与问题理解与信息加工, 最终也难以通过反馈完成有效回塑。

多模态内容输出阶段常被误认为是认知加工完成后的结果呈现, 仿佛思考先在头脑中完成, 输出的表达只是将既有的思考结果转为文字、图像、语言或行动。事实上, 输出本身就是认知加工的重要组成部分, 是思维过程不可分割的部分。无论哪种类型的输出, 学习者都需要重新组织已有信息、协调语义记忆与工作记忆间的关系, 并根据具体目标调整表达内容与结构。一项关于写作的研究表明, 内容生成至少涉及两个相互交织的过程: 一是在语义记忆约束下进行的主动知识建构过程, 作者需调动隐性知识对内容进行综合与组织; 二是面向修辞目标展开的反思性知识转化过程, 学习者需将从情景记忆中提取的内容置于工作记忆中加以操作, 以适应当前的表达任务(Galbraith, 2018)。可见, 输出不是思维的简单外化, 而是思维继续推进的场域。正因如此, 人工智能对输出环节的替代, 影响

的不只是表达效率,更会削弱学习者在意义组织、知识转化和结构重塑中的认知加工,认知发展因而失去一条重要通道。

三、认知摩擦: 认知发展的必要思维阻力

霍米斯效应(Hormesis)是生物学概念,又叫“毒物兴奋效应”,指生物体(包括人体和大脑)受到适度的压力、挑战等时,会激发出更强的适应性和修复能力,从而变得更加强韧,但刺激必须控制在生物体能够承受和修复的良性压力范围内。一旦超出阈值变为恶性压力,刺激就会对身体造成不可逆的损伤(Wan et al., 2024)。认知发展需要学习者在适度的挣扎中完成感知、预测、修正、回塑和输出等思维做功过程。人工智能介入学习消解了学习者在思维发生不同环节必须经历的良性刺激和认知挣扎,因此未必能够促进认知发展。正是在这一意义上,本文提出“认知摩擦”概念,用以解释世界模型更新过程中不可被完全消除的必要阻力。

(一)定义

“认知摩擦”(cognitive friction)最早出现于人机交互设计领域。“交互设计之父”阿兰·库珀(Cooper, 1999)将其界定为“人类智力在面对随着问题演进而不断变化的复杂规则系统时所遭遇的阻力”。在早期人机交互与用户体验研究中,认知

摩擦主要用于描述用户心智模型与系统运行规则之间的不匹配:当界面反馈不足、操作逻辑反直觉或系统规则难以预测时,用户便需要额外投入认知努力来理解系统并完成行动。因此,在可用性设计语境中,认知摩擦常被视为需要降低的操作阻力。不过,库珀也指出,如同物理世界中的摩擦一样,少量认知摩擦未必是消极的,关键在于其是否超出用户可理解和可掌控的范围。随着信息环境与社会技术系统变得日益复杂,认知摩擦的内涵逐渐从单纯的界面可用性问题的扩展为人与复杂信息系统互动时面对的认知阻力。认知摩擦并非单纯源于个体能力不足,而是系统架构错位(architectural misalignment)的伴生性问题,是结构复杂、规则变化和竞争的数字环境自然导致的一种阻力状态(Canas, 2026)。

在一些语境下,“认知摩擦”总与“认知过载”或“认知冲突”(cognitive conflict)混用(见图2)。

“认知冲突”强调新信息与既有认知结构之间的不一致,是认知摩擦得以发生的必要条件,但冲突本身不等于摩擦,只有当这种不一致进入学习者的认知加工过程,才会转化为认知摩擦。“认知过载”描述的是认知资源需求超过工作记忆承受范围,导致认知摩擦过高、个体难以进行有效认知加工的状态。常见的“认知卸载”,关注的是个体将部分认知任务转移给外部工具的现象,描述的是认知外

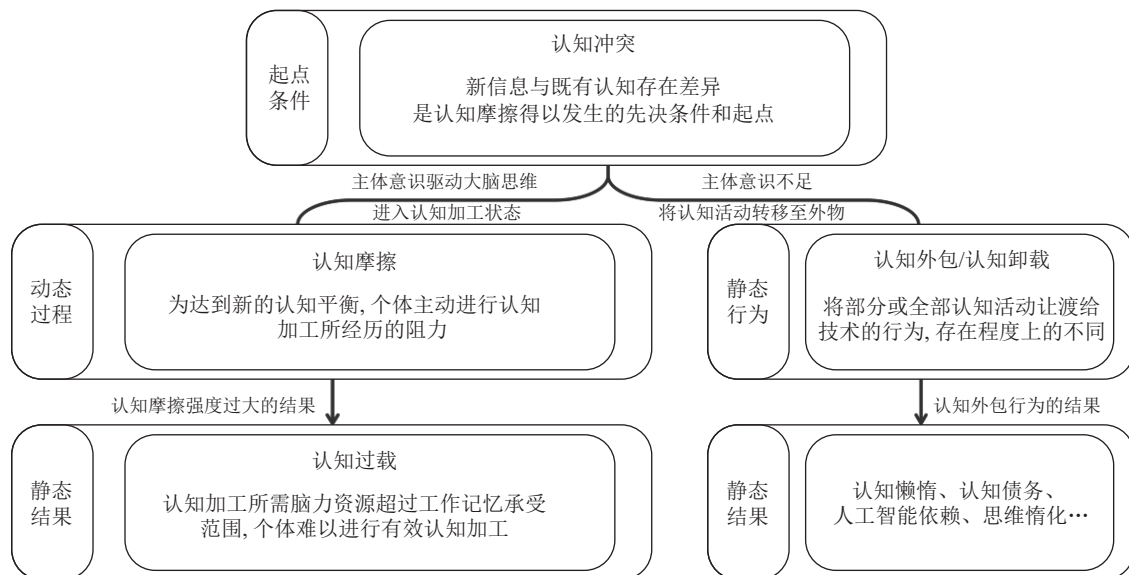


图2 概念辨析

包程度。由此可见, 认知冲突、认知过载和认知卸载更多指向认知活动的静态状态或结果, 而认知摩擦关注的是学习者在认知结构更新过程中经历的动态加工过程。综上, 本研究将“认知摩擦”界定为: 个体的先验世界模型与外部认知对象存在差异时, 为达到新的认知平衡而主动进行认知加工所经历的有意义阻力。

(二) 基本特征

认知摩擦有四个显著特征:

其一, 交互性。认知摩擦主要源自学习者内部世界模型与外部认知对象交互时的差异。同一外部对象对不同学习者可能带来的认知摩擦强度不同, 同一学习者面对不同对象也会经历不同类型的摩擦。一方面, 个体先验世界模型的结构、开放性和稳定性, 会影响其对外部对象的接纳与调适方式, 已有知识越零散, 经验图式越固化, 面对复杂对象时越容易产生较高的认知摩擦; 认知结构越完整, 学习者越能将外部差异转化为可加工的理解任务, 认知摩擦越低。另一方面, 外部认知对象的新颖性、复杂性、模糊性等, 都会影响认知摩擦生成的方式和强度。

其二, 主体性。认知摩擦产生并持续发生于个体的主动建构过程。外部认知对象与先验世界模型之间的差异会形成认知冲突, 但这只是认知摩擦生成的前提, 只有当个体主动调用思维能力, 对这一差异进行认知加工时, 才会真正产生认知摩擦。也就是说, 认知摩擦并非差异本身, 而是个体为达到新的认知平衡, 在同化、顺应与调适过程中产生和经历的阻力。若个体仅被动接收信息, 或直接采纳外部结论, 差异和认知冲突虽然存在, 却难以转化为推动认知发展的摩擦力量。因此, 认知摩擦具有鲜明的主体建构性。

其三, 挣扎性。认知摩擦作为一种阻力, 意味着学习者在达到新的认知平衡之前, 必须经历困惑、迟疑、追问、比较和反复修正。柏拉图为苏格拉底教育方式的经典论述提供了思想旁证。柏拉图在《泰阿泰德篇》中将学生的智力劳动类比为“孕妇分娩”, 形象地描绘了新思想诞生前必须经历的痛苦与挣扎; 在《游叙弗伦篇》和《申辩篇》中, 学生作为“被提问者”和“慵懒的马”, 在遭遇苏格拉底式的诘问与“牛虻”式的刺痛时, 同样会体验到理

智被挑战的不适与思想挣扎(Napone, 2026)。这些隐喻都指向同一教育逻辑, 即真正的学习来自个体在被追问、被唤醒和被迫自我澄清中的思想生成。《论语》的“不愤不启, 不悱不发”描述的也是这样一种状态, 学习者需要在“不知”与“欲知”、原有理解与新的解释之间经历智识上的紧张状态, 才能推动自身理解的发展。

其四, 调节性。认知摩擦不是固定的状态, 而具有可调节的区间范围。认知摩擦过低, 极度去阻力化的流畅性会使大脑启动节能机制, 导致慢思考(系统2)逐渐失效, 学习者在智能工具的包裹下产生“元认知懒惰”; 认知摩擦适中时, 也就是符合最近发展区理论的“必要难度”(desirable difficulties)时(Bjork, 2011), 外部对象才能对既有世界模型形成有效刺激, 促使学习者投入深度认知加工以达成新的认知平衡, 并实现对新知识的长期保持和有效迁移; 认知摩擦过高, 超出个体的认知基础和调节能力, 学习者容易进入认知过载、回避加工与依赖外部工具的状态, 摩擦由有效的良性阻力转化为无效的恶性阻力。因此, 认知摩擦的教育价值取决于摩擦强度是否处于学习者可承受、可加工、可转化的区间范围。

(三) 认知摩擦的影响因素及解释模型

认知摩擦的生成何以可能, 又受何种因素制约? 基于上述剖析, 本研究认为认知摩擦是由媒介属性、个体认知基础、个体驱力、人智认知差异共同作用的结果。为量化表征这四者如何共同调节认知摩擦强度, 本研究建构了由学习者主体变量与外部环境变量协同驱动的认知摩擦强度函数模型:

$$F_{(c)} = \mu \cdot C \cdot M \cdot \sin \theta \quad (\theta \in [0^\circ, 180^\circ])$$

认知摩擦强度 $F_{(c)}$ 代表个体在思维发生过程中感知到的认知阻力大小。四个变量可从三个维度看, μ 表示媒介系数, 代表客观外部维度; C 表示个体认知基础, M 表示个体驱力, 此二者代表主体内部维度; θ 是个体认知与外部信息表征之间差异的认知偏角, 代表主客关系维度。该模型刻画了四者共同调节认知摩擦强度的非线性动态过程。

1. 媒介系数

媒介系数(tech-coefficient)指不同媒介环境对认知加工所形成的阻力水平, 是影响认知摩擦强度

的外在条件。这里所说的媒介, 不限于人工智能, 而泛指承载、呈现并组织学习活动的工具与环境, 包括书本教材、纸笔书写、教室环境、电子屏幕、互联网和人工智能等。马歇尔·麦克卢汉(2019)提出的媒介分类理论认为, 媒介不仅传递信息, 还在预设个体与知识、问题和任务之间的关系, 媒介作用于人的方式不同, 也会引发不同的认知、心理和行为反应, 从而反向塑造认知活动的结构。不同媒介在信息清晰度、受众参与程度、感官调动方式及媒介特性等方面存在显著差异。例如, 互联网检索需学习者自行完成信息检索、筛选与整合, 而人工智能能够快速提供相对精准且结构化的信息, 从而显著降低学习者获取信息过程的认知摩擦。又如, 多媒体课件对粉笔板书的替代, 使原本伴随教师书写而逐步展开的思维过程, 被预制内容的快速切换翻页所取代, 学生在等待、记录、跟随和消化手写板书中的必要认知加工随之减少。由此可见, 媒介并非中性的知识载体, 其属性差异会直接影响学习活动中认知摩擦的强弱与形态。

2. 个体认知基础

个体认知基础是学习者在长期发展过程中形成的知识结构、认知能力与认知风格等综合思维能力, 也包括对媒介技术的使用能力, 是学习者承载、联结和重组新信息的内部认知条件。认知主义和建构主义学习理论均表明学习效果主要取决于学习者已有的认知基础。建构主义认为, 学习不是学习者被动接受知识, 而是基于自身已有的知识经验、认知结构, 与外界环境互动, 主动建构新知识的过程。它强调新知识的理解必须依托学习者原有的认知基础, 脱离原有经验的知识难以内化。认知主义学习理论强调学习是学习者主动在头脑内部构建认知结构的过程, 学习受主体原有认知结构和当前情境的制约。新信息进入学习活动, 不会自动转化为认知加工对象, 需要学习者在既有的认知世界模型中完成检索、定位与比对。只有在原有认知结构中找到可供联结的认知锚点时, 学习者才可能进一步展开认知加工。若原有知识结构零散或思维能力较弱, 新信息便难以被有效锚定, 认知摩擦也就难以进入深层加工。反之, 认知基础越扎实, 学习者越能将外部差异转化为可供处理的认知任务。需强调的是, 同一媒介对不同学习者的认

知摩擦影响不同, 这主要取决于学习者对媒介的熟悉程度和使用素养。对于人工智能介入的学习而言, 这种能力尤其体现为学习者能否有效提出问题、判断输出质量, 并将外部生成内容转化为自身认知加工的对象。

3. 个体驱动力

个体驱动力(motivation)是驱动学习者进入、维持并调控认知加工过程的综合动力系统, 是认知摩擦得以启动和持续的内在动力来源。美国课程重构中心(Center for Curriculum Redesign, 2024)认为在不确定的世界, 首要的学习驱动因素是动机。从心理学上看, 驱力本质上是促使个体行动并维持行动方向的心理动力, 其来源可能是本能和后天认知(彭静雯等, 2022), 也可能是由外部评价、任务要求等触发的外部牵引。前者即为“内驱力”, 植根于个体内部的本能或兴趣、意义感、价值认同和目标意识, 并通过对未来状态及其后果的想象与预测得以激活和维持, 带有明显的主观性、波动性和非理性成分, 动力强度会随着个体意义赋予和心理预期的变化而变化。自我决定论、自我效能感等, 正是通过影响个体对未来可能状态的想象与判断, 进而作用于内驱力的生成。也正是由于这种非理性的想象预测和意义赋予, 人工智能即便能够呈现路径规划和任务执行等表面的“主动性”, 仍然难以生成心理学意义上的内驱力。“外驱力”主要由奖惩、评价、要求和制度压力等外部条件所触发, 其行动方向与外部结果之间常存在清晰的对应关系, 因而具有更强的工具理性和结果导向特征。

奥苏贝尔的成就动机理论将内驱力分成三类: 认知内驱力、自我提高内驱力和附属内驱力(Ausubel, 1968)。认知内驱力主要表现为求知欲、探究欲和理解世界的天然好奇需要; 自我提高内驱力主要体现为通过胜任和成就获得能力确认与地位提升的需要; 附属内驱力则更多表现为为了获得教师、家长或评价体系的认可而投入学习的赞许需要。三者虽都可能推动学习行为发生, 但对认知摩擦的激活方式并不相同。认知内驱力更容易将学习者推入对问题本身的探索, 使其在不确定、模糊和冲突中开展认知加工; 自我提高内驱力可以通过即时反馈, 促进学习者在遇到阻力时保持认知投入; 单纯依赖附属性驱力, 往往只能维持任务完成

层面的投入,学习活动多围绕外部评价和结果达成而展开,未必真正进入深层认知加工。当前教育评价实践对附属内驱力的过分强调和关注,恰恰可能削弱学习者在知识理解、问题探究和自我提升层面的认知发展。

4. 认知偏角

认知偏角(cognitive differences)指学习者的认知基础与外部信息表征之间的偏角,用以度量学习者的先验世界模型与外部认知对象(如人工智能生成内容)之间的差异。正弦项 $\sin\theta$ 起到“摩擦调节杠杆”的作用,决定了认知摩擦是否有效,即是否真正激发了思维,影响了认知发展(见图3)。需说明的是,该公式是理论解释模型,不是经由数据拟合得到的数理模型,且认知摩擦是多变量共同作用形成的, μ 、 C 、 M 与 θ 在真实学习过程中可能动态变化。为揭示认知偏角对认知摩擦强度的调节作用,本研究采取特定分析截面上的局部静态处理:在某一相对稳定的学习情境中,媒介环境、个体认知基础和个体驱力可被暂时视为相对稳定的常量, $\mu \cdot C \cdot M$ 共同构成认知摩擦曲线的幅值, θ 则作为核心自变量决定摩擦强度的变化。

其中有三个关键节点:当认知偏角为 0° , 正弦项 $\sin\theta = 0$ 时,学习者观点与外部认知对象完全一致,表现为用户完全顺应并采纳人工智能的生成内

容。此时,主客体之间不存在任何认知差异,自动化同化路径顺畅。这种极端状态意味着人智交互活动对个体的世界模型未带来任何拓展与反思空间,即认知摩擦强度为 0 时,认知加工没有启动,认知发展也未发生。

当认知偏角为 180° , 正弦项 $\sin\theta = 0$ 时,外部认知对象与个体的先验世界模型完全相反,理解差距过大,学习者在心理上排斥,完全不采纳人工智能的相反观点。此时,外部异质线索无法与主体的先验图式发生实质性的信息交互,用户遵从并退回到自身的既有想法,外部刺激被个体的防御机制技术性屏蔽,内在的认知摩擦强度同样为 0。

当认知偏角为 90° , $\sin\theta = 1$ 时,学习者与人工智能内容的有效认知冲突达到峰值,学习者为了使认知重新达到平衡,需要调用思维能力进行认知加工,可逼近或达到工作记忆能够承担的上限阈值,认知摩擦强度达到极大值。但该极值点不等同于促进认知发展的最优点。此时极端阻力能否促进深度加工,取决于主体内部维度两个变量的调节。若缺乏足够的认知基础和持续驱动力,高强度摩擦可能迅速促成认知过载,学习者放弃认知加工。

此外,模型在 $[0^\circ, 90^\circ]$ 与 $[90^\circ, 180^\circ]$ 之间所体现出来的认知摩擦强度数理对称特征,可以理解为一个体面对不同认知偏角的信息所开展的性质截然

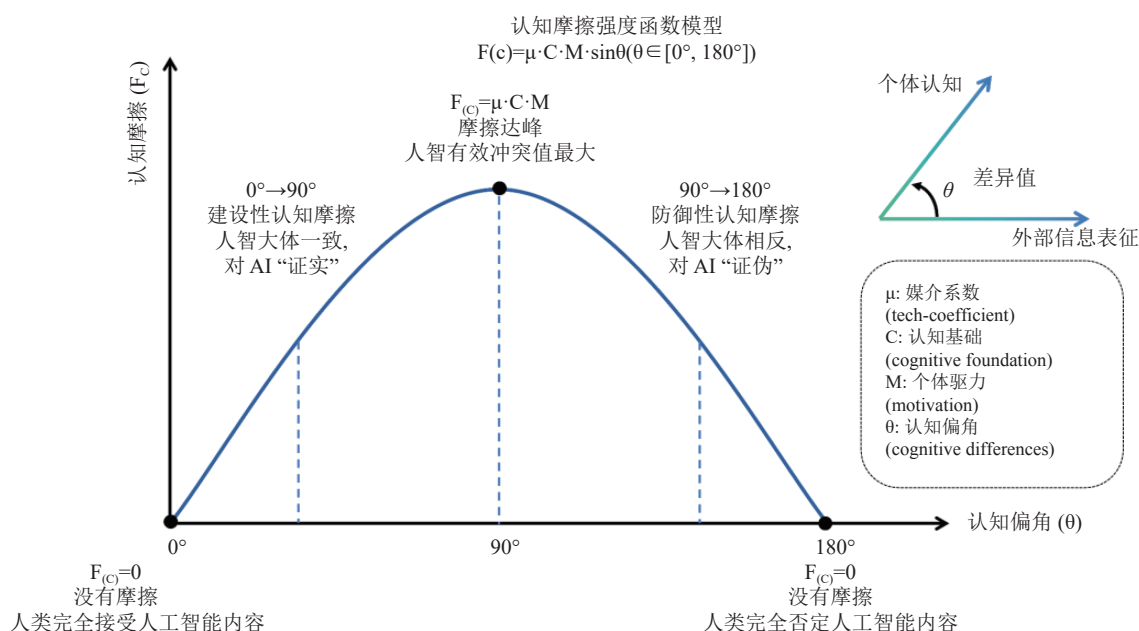


图3 认知摩擦强度模型

不同但能耗对等的认知加工路径。认知偏角在 $[0^\circ, 90^\circ]$ 区间,是一种证实倾向的建设性加工,人工智能的生成内容与学习者的先验世界模型大体方向一致,但部分内容存在认知冲突,学习者对外部信息整体持认可态度。大脑在这个过程中不断寻找证据来“证实”和“扩充”观点,同时修正微观参数,大脑展开的是在既有轨道上做加法的建设性认知摩擦。认知偏角在 $[90^\circ, 180^\circ]$ 区间,是一种证伪倾向的防御性加工,人工智能呈现的信息与学习者的先验世界模型方向相反,甚至产生根本性冲突与颠覆。此时,学习者的心理姿态切换为怀疑与防御。学习者为了捍卫自己的先验模型,必须主动调用高阶认知能力,用批判性思维来审视人工智能逻辑中的漏洞,通过检索自己世界模型中的反例来“证伪”人工智能,大脑在此进行严密的逻辑推理与思辨碰撞。无论是建设性加工还是防御性加工,大脑需要全面激活慢思考(系统2),高负荷地占用工作记忆。因此,在相同偏差距离下,两种不同的认知加工方式或可经历相近的认知摩擦强度。 $\sin\theta$ 的对称性所表征的是认知摩擦强度的对称,而非认知加工性质的同一。

四、摩擦调节:面向人智协同生态的教育设计转向

长期以来,传统教育学研究在很大程度上依循经验科学与发现科学的逻辑范式,致力于回答在既定、自然的教学情境中人类学习“是什么”“为什么”“遵循什么规律”等问题。随着生成式人工智能全面嵌入人类生活,人类学习范式已然发生了根本性转变。科学问题的本质是真理性问题,而工程问题的本质是价值论问题,是来自人们有关满足或改善现实生活中的生产和生活需求的责任心(李伯聪, 2024)。这一技术质变不仅为教学形态带来变革机遇,更对教育学的基础研究提出系统性挑战。

与以往被动响应的传统媒介不同,人工智能不再是传递信息的静态载体,而能够对个体世界模型进行主动高强度智能化干预的人工制品(赫伯特·A·西蒙, 1987)。这使得学习过程的关键变量有了更大的设计空间,比如可以通过介入方式、模型微调、交互界面等改变媒介系数,通过生成动态支架、个性化资源激活个体认知基础,通过智能画像精准

调动个体驱力,通过智能反馈、问题设计和知识呈现等调节认知偏角。当人类思维的关键影响要素进入可技术性调控的范畴时,学习环境便从原生态的自然规律场,变成高度可控、可调、可创制的复杂系统工程。

科学研究关注的是“自然物”,旨在发现既有的客观规律;工程研究关注的则是“人工物”,旨在通过控制参数去创造和改变世界(殷瑞钰等, 2023)。工程研究与科学研究最大的区别,在于对“人工物”的设计。经济合作与发展组织在《数字教育展望 2026》中指出,若缺乏清晰的教学设计与教学引导,将任务外包给生成式人工智能往往只会提升任务表现,却难以带来真实学习收益。其背后的关键原因在于,学习始终依赖学生主动的认知活动,课程与教学法的关键价值在于设计能够引发学生认知推理的任务并为其展开推理创造条件(OECD, 2026)。人智协同的认知摩擦既非不可调控的自然演进,亦非应被一味抹平的技术弊端,而是可以通过精细化干预进行重塑的“人工变量”。只要对认知摩擦进行战略性调节,使认知卸载维持在适宜阈值内,学习者就有可能从低水平、重复性的认知加工中释放出更多心理带宽与认知资源,并将其投入更高层次的认知活动中(Wang et al., 2026)。

(一)注入教育逻辑:研发个性化教育垂类智能体

首先需要改变的是技术底座的开发和使用,即优化当前通用大模型即时响应、直接回应的去摩擦化设计,将教育学逻辑注入教育智能系统的底层架构,加速研发和部署面向教育的专用大模型与多智能体系统,使其能够精准捕捉学习者的知识基础、数字素养、人工智能使用习惯与即时认知状态,自适应地调整反馈方式、支架强度与内容深度,具备基于学习者画像的实时诊断和策略性干预能力。这意味着,技术中介的设计目标应从“完成任务的效率加速器”转向“激发思维的认知脚手架”,让人工智能适配于人而非让人适应人工智能:通过提高技术媒介的基准阻力,在适度卸载低水平认知负担的同时,为学习者保留并激活理解所需要的有效认知摩擦。

(二)夯实基础知识:筑牢思维发展的认知底座
在人类主体的认知准备层面,我们必须坚决反

驳时下“知识无用论”“记忆无用论”误区。基础知识与核心认知能力始终是思维发展的必要条件(李永智等, 2026)。诚然, 从技术进化史看, 从文字发明到智能手机对符号信息的外置接管, 人类确实在持续向媒介技术让渡部分记忆能力, 以在“内脑”与“外脑”之间达成动态的卸载平衡。然而, “内脑”的完全空心化绝不可能自发驱动高阶的认知加工。在人智协同生态中, 学习者只有具备相对稳定的基础概念、学科结构和认知框架, 才能识别人工智能输出与自身理解之间的差异, 这是接收外部信息、定位世界模型、识别主客体之间认知偏角并展开深层审辩式加工的认知基础。人工智能时代被质疑与调整的不应该是知识教育的地位, 而是知识与记忆的形态。未来的记忆不必停留于细颗粒、原封不动的逐字复述, 而应强调建立在“理解”基础上的粗颗粒检索记忆, 使关键概念、基本关系和方法框架能够被大脑稳定调用, 并在需要时借助人工智能获得进展。人工智能固然可以无限延展人类的数字外脑, 但外脑始终无法跨越主体意识的边界, 成为驱动人类思维跃迁的认知底座。

(三) 激发个体驱动力: 强化认知加工的心理动力

个体驱动力是人类主体面对认知冲突主动启动认知加工、产生认知摩擦并在摩擦中持续加工的根本动力。个体驱动力的强弱决定了学习者是积极面对认知摩擦, 还是消极滑入认知卸载。教育设计可以从激发内驱力、调节外驱力两个方面进行干预。如前所述, 内驱力源自个体的本能或兴趣、意义感、价值认同和目标意识, 因而人工智能时代的学习设计应从学习者真实的兴趣、经验和问题出发, 打破教师预设、全员一致的同质化起点, 转而将学习者的原生兴趣与自主提问作为学习展开的起点; 依托生成式人工智能等技术赋能开放世界中的泛在学习, 深度挖掘跨真实情境的问题探究空间; 通过引入真实的社会治理或科学工程情境, 有效唤醒学习者的公民意识与主体责任, 使其在真正参与并改造现实社会的意义感中获得自我效能。与此同时, 个体还需要通过学习共同体获得社会支持, 群体协作、同伴互评和共同创作能够为学习者提供持续投入的情感联结与身份认同。在此基础上, 教师可设计适合每个人的外驱激励措施, 即基于学习者画像, 为学习者构建全流程、微颗粒度的即时

性反馈闭环, 使学习者及时看见进步与不足, 从而形成持续加工的目标牵引。

(四) 坚持思考前置: 有效人智协同的第一原则

思考前置是维系人类在人智协同中主体地位的第一原则。任务范式与操作时序需确立“生物智慧先行、技术智能后置”的刚性流程。只有当学习者先行完成问题理解、经验调用和初步判断, 形成属于自身的认知立场与解释框架, 人工智能输出才可能作为外部参照进入学习过程, 并与其既有世界模型交互。反之, 若学习者尚未形成任何自主表征便直接调用人工智能, 外部答案极易成为其思考的起点和边界, 认知活动便会沿着人工智能预设的路径展开, 关于问题本身的认知摩擦也随之被弱化。教师可通过任务结构安排要求学习者在调用人工智能之前先提出问题、作出假设、给出理由或形成方案, 再借助人工智能进行校验、拓展和反思。与此同时, 教师应强化学习者的元认知调节能力, 使其主动意识到自身观点与人工智能输出之间的差异: 当偏角过小, 即自身观点与人工智能观点过于一致时, 应追问或要求提供反向证据, 以适度扩大认知偏角, 防止人智协同退化为对人工智能既有内容的简单确认; 当偏角过大, 学习者应回到基础概念和问题条件, 重新建立理解支点。

五、结语

认知摩擦是认知发展的充分必要条件, 是思维能力得以在认知挣扎中进化的内在机制, 更是人工智能时代人类主体性存在的自我确证。本研究提出“认知摩擦”概念, 旨在说明个体先验世界模型与外部认知对象之间的差异, 主张只有经过主体的主动加工, 感受摩擦、消除摩擦, 才可能转化为推动认知发展的思维做功。正如神经生物学家米格尔·尼科莱利斯(2022)所揭示的, 生命的意义在于通过耗散抵制熵增。在开放的生命系统中, 有机体只有不断进行能量耗散, 从而将外部信息嵌入内部有机成分中, 才能维持自身的生存与生长。树木的年轮如此, 大脑的神经可塑性亦如此。倘若为了追求绝对高效而消除一切探索的痛苦与瑕疵, 本质上便是向算法让渡了人类“体验生命的权利”。在马斯克“人工智能与机器人消灭绝对物质匮乏、机器人数量超过人类”言论甚嚣尘上的世界里, 人

之为人的独特价值, 恰恰在于用肉身去体验一切, 包括承受摩擦的痛苦与挣扎。就像意大利作家伊塔洛·卡尔维诺(2020)在小说里说的, 在被现代理性异化的城市中, 需要更多的“马可瓦尔多”, 带着“身体在场”的温度、面向真实, 执着地等待春天的蘑菇、捕捉风的走向。

“物物而不物于物”(方勇, 2010), 这是智能时代教育设计转向的终极旨归。人可以借助技术扩展自身的能力边界, 也需要在感知、体验、思考和行动中持续葆有作为主体性存在的驾驭技术。面对“新摩尔定律”的智能浪潮, 教育要因时乘势、借力打力, 在技术层面注入教育逻辑, 在认知层面夯实知识底座, 在动力层面激发个体驱动力, 在过程层面坚持思考前置。人工智能越是强大, 教育越需要坚守人类主体“努力挣扎”的认知发展机会; 技术越是全盘代劳, 学习者越需要有主动入局、承担真实后果并将主观理解转化为创造性行动的智慧 and 勇气。

[参考文献]

- [1] Ausubel, D. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*[M]. New York: Holt, Rinehart & Winston: 497-498.
- [2] Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning[A]. *Psychology and the Real World: Essays Illustrating Fundamental Contributions to Society*, 2: 56-64.
- [3] Canas, P. (2026). Cognitive friction: The accumulated performance cost of cognitive strategy switching in professional work[EB/OL]. (2026-03-21) [2026-06-19]. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=6451259.
- [4] Center for Curriculum Redesign. Drivers: Why should students learn, given AI?[EB/OL]. (2026-6-7). <https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/Drivers-Why-Should-Students-Learn.pdf>.
- [5] Cooper, A. (1999). 14 principles of polite apps[J]. *Visual Basic Programmers Journal*, 62: 66.
- [6] Evans, J. (2012). Dual process theories of deductive reasoning: Facts and fallacies[A]. *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning*: 115-133.
- [7] 方勇(2010). 庄子[M]. 北京: 中华书局: 318.
- [8] Galbraith, D., & Baaijen, V. M. (2018). The work of writing: Raiding the inarticulate[J]. *Educational Psychologist*, 53(4): 238-257.
- [9] 赫伯特·A·西蒙(1987). 人工科学[M]. 武夷山译. 北京: 商务印书馆: 8-9.
- [10] Johnson-Laird, P. N. (2005). Mental models and thought[A]. *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*: 185-208.
- [11] Kosmyna, N., Hauptmann, E., Yuan, Y. T., Situ, J., Liao, X. H., Beresnitzky, A. V., Braunstein, I., & Maes, P. (2025). Your brain on ChatGPT: Accumulation of cognitive debt when using an AI assistant for essay writing task[J]. *arXiv preprint arXiv: 2506.08872*, 4.
- [12] 李伯聪(2024). 再论设计思维——设计哲学研究之二 [J]. *高等工程教育研究*, (5): 6-14.
- [13] 李永智, 孙蕾蕾, 王玉国(2025). 人工智能时代的课程逻辑: 世界模型与场景学习 [J]. *电化教育研究*, 46(8): 5-14.
- [14] 李永智, 亚伦·贝纳沃特, 胡钦太, 吴刚(2026). 智能时代的人才培养与教育创新(笔谈)[J]. *开放教育研究*, 32(3): 4-18.
- [15] 伊塔洛·卡尔维诺(2020). 马可瓦尔多 [M]. 马小漠, 译. 南京: 译林出版社: 1-6.
- [16] 马歇尔·麦克卢汉(2019). 理解媒介 论人的延伸 [M]. 何道宽译. 南京: 译林出版社: 36-49.
- [17] 米格尔·尼科莱利斯. (2022). 脑机革命 [M]. 程致远, 张胜男, 等译. 杭州: 浙江教育出版社: 28-43.
- [18] Napone, V. C. L. (2026). Plato's metaphors and Socratic style: An insight to education[J]. *Educational Philosophy and Theory*, 58(3): 249-268.
- [19] OECD. (2026). Digital Education Outlook 2026: Exploring Effective Uses of Generative AI in Education[EB/OL]. (2026-01-19)[2026-06-07]. https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-education-outlook-2026_062a7394-en.html.
- [20] Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments[J]. *Educational Psychologist*, 38(1): 1-4.
- [21] 彭静雯, 刘疏影(2022). 在“本能”与“认知”之间: 学习内驱力提升的分野及融合 [J]. *高等工程教育研究*, (5): 111-118.
- [22] Piaget, J. (1964). Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3): 176-186.
- [23] Simon H. A. (1979). *Models of thought*[M]. New Haven: Yale University Press, 1979: 245-255.
- [24] 孙妍妍, 温思凡, 苏佳桦, 彭迪(2026). 应对认知外包风险: 基于科学论证任务的以教为学人机协同模式 [J]. *现代远程教育研究*, 38(3): 103-112.
- [25] Tian, J., & Zhang, R. (2026). Outsourcing thinking to AI? Focused immersion, AI dependency, and the double-edged impact on critical thinking[J]. *Humanities and Social Sciences Communications*.
- [26] Wan, Y., Liu, J., Mai, Y., Hong, Y., Jia, Z., Tian, G., Liu Y., Liang, H., & Liu, J. (2024). Current advances and future trends of hormesis in disease[J]. *npj Aging*, 10(1): 26.
- [27] Wang, S., & Zhang, H. (2026). Pedagogical partnerships with generative AI in higher education: How dual cognitive pathways paradoxically enable transformative learning[J]. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 23(1): 11.
- [28] 王梓霖(2026). 培养高级智能主体: 在数智时代重构“教什么” [J]. *教育家*, (19): 10-11.
- [29] 维特根斯坦. (2025). 逻辑哲学论 [M]. 北京: 中国华侨出版社: 21.

[30] 解丽霞(2025). 技术的“时间化”与时间的“技术化”——生成式人工智能时代教育的时间困境及其破解路径 [J]. 同济大学学报(社会科学版), 36(6): 11-18+64.

[31] 薛耀锋, 许宏鑫(2026). “学习主体性”的重构与“元主体性”的教育回应 [J]. 开放教育研究, 32(3): 82-90.

[32] Yan, L., Greiff, S., Teuber, Z., Gašević, D.(2024). Promises

and challenges of generative artificial intelligence for human learning[J]. Nature Human Behaviour, 8(10): 1839-1850.

[33] 殷瑞钰, 李伯聪(2023). 工程哲学的兴起与中国学派的开创 [J]. 人民论坛·学术前沿, (9): 6-15+81.

(编辑: 赵晓丽)

Cognitive Friction: Why the Intervention of Artificial Intelligence in Learning May Not Necessarily Promote Cognitive Development

YI Kaiyu

(Institute of Teacher Development, China National Academy of Educational Sciences, Beijing 100088, China)

Abstract: Artificial intelligence (AI) is becoming deeply embedded in teaching and learning. However, a growing body of empirical research suggests that AI intervention does not necessarily lead to synchronous improvement in learners' cognitive development; instead, it may contribute to a deterioration of thinking. AI has produced a paradox in learning: the acceleration of learning cycles coexists with the stagnation of cognitive development. Starting from the mechanism of thinking generation, this study aims to explain why AI may not necessarily promote cognitive development and proposes the concept of “cognitive friction” as an explanatory framework. Cognitive development can essentially be characterized as a thinking process in which learners actively engage in cognitive processing, including information perception, predictive hypothesis formation, information processing, feedback reconstruction, and organized output, thereby promoting the updating of the brain's world model. Excessive AI intervention may generate substitution effects in these key stages and dissolve the necessary conditions for cognitive development. This study defines cognitive friction as the meaningful resistance individuals experience when actively engage in cognitive processing to achieve a new cognitive equilibrium in response to differences between their prior world model and external cognitive objects. Cognitive friction is characterized by interactivity, agency, struggle, and adjustability. Based on this definition, the study constructs a functional model of cognitive friction intensity jointly shaped by the Tech-coefficient, cognitive foundation, motivation, and cognitive deviation angle. Through educational design, cognitive friction can be regulated and addressed by embedding educational logic into technology, consolidating learners' foundational knowledge, stimulating individual motivation, and adhering to the principle that human thinking precedes AI use. In this way, cognitive friction can be maintained within a reasonable range that learners can tolerate, process, and transform, thereby promoting their cognitive development.

Key words: cognitive friction; cognitive development; artificial intelligence; Human-AI collaboration; thinking