

人机深度协同教学中的教师 AI 素养： HPC-TDL 框架的建构与验证

孙强
北方工业大学

摘要 生成式人工智能（Generative AI）的快速发展正在深刻改变知识生产方式和课堂教学形态，对传统教师数字素养框架提出了新的挑战。现有国际教师能力框架（如 DigCompEdu、ISTE、UNESCO ICT-CFT/AI-CFT 及中国《教师数字素养》标准）普遍存在将人工智能视为“工具”的理论预设，难以解释生成式 AI 背景下的人机协同教学实践。为回应这一理论缺口，本文通过“文献综合—概念建构—Delphi 验证”的三阶段研究设计，提出“人机协同教学创制素养框架”（HPC-TDL），并以“深层人机协同”（Deep Human-AI Collaboration, D-HAC）为理论内核，构建包含伦理人文根基、AI 认知技术能力、人机协同教学创制、数据洞察循证决策和 AI 驱动专业反思创生五个维度的教师 AI 素养结构模型。通过三轮 Delphi 专家咨询（ $n = 21$ ，来自 9 个国家），研究结果显示五个维度均获得较高专家共识（均值 4.36–4.78，变异系数 0.12–0.23，Kendall's $W = 0.41$ ， $p < 0.001$ ），表明该框架具有良好的理论合理性与结构稳定性。在此基础上，本文提出“协同探究—行动研究—分层终身学习”的教师专业发展路径，并讨论生成式人工智能时代教师专业转型面临的制度与实践挑战。研究为人工智能时代教师 AI 素养框架的理论建构与政策设计提供了新的分析视角。

关键词 人机协同教学；教师 AI 素养；生成式人工智能；HPC-TDL 框架；Delphi 方法

DOI <https://doi.org/10.6914/aiesc.020104> **文章编号** 3079-7918.2026.0201.109-131

一、引言

（一）大语言模型震撼下的教育认识论危机与范式重构

在人类教育技术发展史的漫长画卷中，新技术的引入往往伴随着“革命性变革”的集体期待。从 20 世纪初的教育电影，到中期的程序教学机（Programmed Instruction），再到世纪之交的互联网与慕课（MOOCs），每一代技术浪潮都承诺将彻底改变教与学的方式。然而，正如技术史学家 Cuban 在其经典著作中所揭示的，

作者简介：孙强，男，1975 年出生，河北玉田人，北方工业大学经济管理系教授，副院长，博士。研究方向：经济学、计算社会科学。Email: sunqiang206@126.com, <https://orcid.org/0000-0002-9964-2972>。

© The Author(s) 2026. CC BY-NC-ND 4.0. **Article History:** Received: 7 January 2026; Accepted: 15 February 2026; Published: 15 March 2026 (online), 15 March 2026 (print).

人工智能教育研究 (Réngōng zhìnéng jiàoyù yánjiū) *Artificial Intelligence Education Studies*, ISSN 3079-7918 (Print), ISSN 3079-7926 (Online). Published by Creative Publishing Co., Limited 开元出版有限公司 (CPCL®). Email: cpcl@cpcl.hk, <https://aies.press>, <https://cpcl.hk>.

这些寄托了乌托邦想象的技术最终都不可避免地被学校系统强大的“制度韧性”(institutional resilience)所驯化,沦为传统教学模式的边缘修饰或补充工具,未能从根本上触及教育的底层逻辑^①。然而,2022年底以ChatGPT为代表的生成式人工智能(Generative Artificial Intelligence, GenAI)的爆发,尤其是随后GPT-4^②、Gemini^③、Claude及国内DeepSeek等大语言模型(Large Language Models, LLMs)的快速演进,宣告了这一“技术被驯化”的历史规律可能走向终结。生成式AI与过往所有教育技术的本质断裂在于:它不再仅仅是信息传递的渠道或存储检索的介质,而是历史上首次展现出了接近甚至在部分领域超越普通人类水平的“知识创制与逻辑推理能力”。

当一个非人类技术实体能够根据自然语言指令,以毫秒级的速度自主生成语义连贯、逻辑严密、甚至具备一定创造性的学术文本、复杂计算机代码、多步数学证明、具有隐喻深度的艺术图像以及针对特定学情的个性化教学建议时,这一现象在教育领域引发的不仅是技术应用层面的伦理震荡,更是一场深刻的“认识论危机”(epistemological crisis)^④。现代教育制度及其评价体系的底层预设,均建立在“人类独立创作”(human independent creation)的认知边界之上。传统的学业评价——无论是撰写论文、完成编程作业还是进行问题解决——其根本假定是:这些外化的产出必然真实地反映了学生内在的认知过程与能力水平。然而,生成式AI的介入,使得“认知产出”与“内在认知过程”之间出现了历史性的断裂。学生可以提交一份结构完美的高分报告,而这一报告的生成过程可能完全跳过了批判性反思、资料搜集、逻辑组织和语言锤炼等核心认知环节^⑤。在这种“生成式解蔽”的技术语境下,传统的教育范式、课程标准乃至学位授予的合法性,均遭遇了前所未有的合法性挑战。

(二) 教师职业权威的消解、去技能化风险与身份焦虑

在这一宏大的认识论危机中,教师群体的处境尤为引人深思与担忧。从表面上看,生成式AI为教师职业带来了巨大的“解放潜力”。通过将其整合进 workflow,教师可以迅速自动生成差异化教案、个性化测验、课堂活动设计,并完成海量作业的初步批改与反馈。这种对行政和常规教学任务的“自动化剥离”,理论上为教师释放了巨大的时间红利,使其能够回归教育的本质——师生间的情感交流、价值观塑造与深度个性化辅导。然而,在这一乌托邦愿景的背面,隐藏着深刻的职业危机。

首先是“知识权威”(epistemic authority)的结构性消解。自制度化学校诞生以来,“教师”这一角色的合法性主要建立在知识存量的不对称与获取渠道的垄断之上。前AI时代的搜索引擎(如Google或百度)虽然打破了渠道垄断,但仍需要人类主体具备高度的信息检索技能与鉴别重组能力;而生成式AI通过其拟人化的对答机制和极低的使用门槛,将知识的提取与合成过程直接封装,学生可以在任何时刻获得堪比甚至超越专家教师的“完美解答”。当学生发现他们的“AI伴学”不仅在事实性知识上无所不知,在耐心程度、情绪稳定性和对偏门问题的解答水平上也优于实体教师时,维持传统师道尊严的知识权威叙事便走向了破产^⑥。

更为隐蔽和致命的是教师自身的“去技能化”(deskilling)风险。劳动社会学家Braverman在其《劳动与垄断资本》中指出,资本主义为了提高生产效率,往往通过机器引入将复杂劳动分解并剥夺工人的技能^⑦。在教育领域,生成式AI正在对“脑力劳动”进行类似的解构。如果教师长期、不加批判地依赖AI生成教学设计、出题和撰写评语,其自身进行“教学法想象”(pedagogical imagination)、学情敏锐洞察

①Cuban L. Teachers and Machines: The Classroom Use of Technology Since 1920 [M]. New York: Teachers College Press, 1986.

②OpenAI. GPT-4 Technical Report [R]. San Francisco: OpenAI, 2023.

③Google DeepMind. Gemini: A Family of Highly Capable Multimodal Models [R]. Mountain View: Google, 2024.

④Holmes W, Tuomi I. State of the Art and Practice in AI in Education [J]. *European Journal of Education*, 2022, 57(4): 542-570.

⑤Kasneci E, Sessler K, Küchemann S, et al. ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education [J]. *Learning and Individual Differences*, 2023, 103: 102274.

⑥Selwyn N. Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education [M]. Cambridge: Polity Press, 2019.

⑦Braverman H. Labor and Monopoly Capital: The Degradation of Work in the Twentieth Century [M]. New York: Monthly Review Press, 1974.

以及将隐性教育机智 (pedagogical tact) 转化为显性教学框架的核心专业能力将面临不可逆的退化。这引发了教师群体普遍的身份焦虑 (identity anxiety): 如果机器能够在所有显性的教学任务中表现得比人类更高效、更优质, “作为人类的教育者, 我不可替代的尊严与价值究竟何在?” 这种深嵌于职业自我认同的焦虑, 远非几场关于 “如何使用 ChatGPT” 的技术培训所能消解。

(三) 现有素养评估框架的 “工具性预设” 困境

面对这场职业范式的巨变, 全球各主要国际组织、教育联盟与主权国家纷纷加速更新其教育政策与能力标准, 试图为教师提供应对 AI 时代的航标。其中最具影响力的包括欧盟委员会基于数字能力框架扩展的 DigCompEdu^①、美国国际教育技术协会 (ISTE) 的教育者标准^②、联合教科文组织 (UNESCO) 长期主导的 ICT-CFT 并于近期紧急补充的 AI-CFT^③, 以及中国教育部于 2023 年正式发布的《教师数字素养》行业标准^④。这些框架从顶层设计的维度, 勾勒了数字时代至 AI 时代教师素养演变的轨迹。

然而, 正如本文随后的深入批判所揭示的, 这些政策文件与评估标准在应对生成式 AI 的本质特征时, 均呈现出不同程度的解释力疲软与结构性错位。其核心症结在于, 这些框架大体上共享了一个隐蔽且根深蒂固的认识论前提——本文将其概括为 “工具性 AI 预设” (instrumental AI assumption)。在 “工具性预设” 下, AI 被化约为众多现代数字工具 (如白板、投影仪、LMS 系统、搜索引擎) 矩阵中的最新成员, 其本体论地位被牢牢锁定在 “被主体操作的客体” 上。因此, 这些框架对教师素养的界定, 逻辑起点始终是 “作为主体的教师如何利用作为工具的 AI 去达成预设的教育目标”。

这种 “主体—工具” 单向控制论框架, 在面对能力固定的传统软件时是自治的, 但在面对兼具涌现性 (emergence)、自主生成性与不可预测性的大语言模型时, 便产生了严重的缝隙。当技术能够自主 “提议”、参与 “设计” 甚至在交互中表现出某种 “认知能动性” (cognitive agency) 时, 将这种关系框定为 “使用工具” 已无法准确捕捉真实发生的现象。真实的前沿教育实践已经表明, 高水平的 AI 融入绝不是单向的工具应用, 而是在教师、AI 系统与学生之间展开的一种高度复杂的、去中心化的、流动的多模态往返交互。在这种交互中, AI 扮演的是 “认知伙伴” (cognitive partner)、 “对话对抗者” 或 “联合创造者” 的角色。固守 “工具性预设” 不仅导致了能力标准与真实需求脱节, 更在深层次上阻碍了教师去建立一种更为平等的、反思性的和共构的新型人机伦理关系。

(四) 研究缺口: 走向 “深层人机协同” (D-HAC) 的迫切诉求

正是基于上述三重危机——认识论的动摇、教师专业性的退化风险以及政策框架的工具性局限, 本文认为, 在教育科学领域提出一套崭新的、超越既有范式的概念架构显得尤为紧迫。这一新架构必须彻底摒弃 “人在回路外” (human-out-of-the-loop) 的悲观替代论与 “简单工具论” 的浅层乐观主义, 转而探寻一条如何将 AI 的 “智能” 与人类教育者的 “智慧 (涵盖价值、伦理、隐性知识与情感关怀)” 深度融合的路径。

本文引入并界定 “深层人机协同” (Deep Human-AI Collaboration, D-HAC) 作为回应这一时代关切的核心概念。不同于工业时代以效率至上为追求的 “分工协作” (即人做人擅长的, 机器做机器擅长的, 两者并行不悖), D-HAC 强调的是一种以意义建构和思维激发为目的的 “认知交缠” (cognitive entanglement)。在 D-HAC 范式下, 我们追求的不再仅仅是 “AI 帮教师备了多快的设计”, 而是 “在与 AI 的持续对话探究中, 教师的教育反思深度是不是得到了扩展”。它要求教师不仅要具备与机器有效互动的技术接口能力, 更需要具备在 AI 介入教育决策的每一个节点进行价值审视、伦理把控和最终主体性捍卫的元认知能力。

当前, 学术界关于 “人类与生成式 AI 在教育中如何合作” 的探讨尚处于起步阶段, 多散见于零星的

①Redecker C. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu [R]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.

②International Society for Technology in Education. ISTE Standards for Educators [S]. Arlington: ISTE, 2017.

③UNESCO. AI Competency Framework for Teachers [R]. Paris: UNESCO, 2024.

④教育部. 教师数字素养 (教育行业标准) [S]. 北京: 教育部, 2023.

实证反思和技术前瞻报告中。迄今为止,尚缺乏基于 D-HAC 理念,且经过严格方法论程序的国际专家共识验证、能够全面覆盖从伦理基础到具体教学法创制再到专业持续反思的系统化教师素养结构模型。这正是本研究所要填补的关键理论空白点。

(五) 研究问题演进与核心命题的确立

基于对“工具性 AI 预设”的批判与填补 D-HAC 验证性模型缺口的研究动机,本文将研究聚焦于以下三个相互锚定、逐层剥茧的研究问题:

第一层面,诊断与解构(RQ1):当前国际与中国本土最具影响力的教师数字素养框架(DigCompEdu, ISTE, UNESCO, 中国标准),在应对生成式 AI 对教育底层的结构性冲击时,存在哪些隐蔽的理论漏洞与实践错位?“工具性 AI 预设”是如何渗透并在操作化层面限制这些框架的解释力的?回答这一问题是新框架破旧立新的逻辑前提。

第二层面,建构与重塑(RQ2):破除单向工具论的窠臼后,如果我们将“深层人机协同”(D-HAC)作为新时代师机关系的核心内核,那么,一个真正适应 AI 生成时代的教师数字素养框架该如何被重新拼接?其理论溯源与合法性根据何在?它应包含哪些核心维度,这些维度又该如何映射到具体的三个递进的能力层级中?

第三层面,验证与转化(RQ3):由于纯粹理论推演的框架缺乏实践生态的锚点,上述由跨学科演绎而来的 HPC-TDL 框架,能否经得起多元文化背景下国际 AI 教育顶尖学术与实践专家的集体审视?其五维结构和具化指标的逻辑稳健性与重要程度能否得到 Delphi 程序的量化共识支持?进而,该框架又将如何实质性地驱动教师跨越层层障碍,进入高质量专业发展的落地闭环?

(六) 研究方法论概览与论文全局谋篇

为实现从理论批判到验证性建构的研究目标,本文在此确立以“文献合意提纯—理论推演重构—多轮专家 Delphi 验证”为主轴的递进式研究方法论。首先,通过全面检视并批判当前的五大经典框架,厘定研究的逻辑起点。随后,借助技术哲学论、认知科学心智延伸理论及教育社会学的反思性实践理论进行横向嫁接,创造性提出 HPC-TDL (Human-AI Pedagogical Co-creation & Teacher Digital Literacy) 五维框架。最为关键的是,本文并不止步于单纯的思辨模型,而是将该框架置于由 9 个国家 21 名跨学科权专家组成的三轮 Delphi 迭代评估场域中,对理论设计的每一个细节进行严苛的打分、清洗与重组,以期淬炼出一个具备高信度、高共识与强前瞻性的稳健模型。

在结构安排上,全文紧密扣合研究目的有条不紊地展开:第一节完成文献视域的海量扫视以明晰现有研究的边际;第二节完成跨学科底层理论架构的手脚架搭建;第三节系统执行五大历史框架的批判对比;第四节开宗明义地展示详实的包括 Delphi 机制在内的方法论全链路;第五节作为全篇的心脏,在汇报实证数据的双重支持下,全景式展示 HPC-TDL 的理论内核与五度肌理;第六节向下延伸出助力该框架着陆的“三模合一”教师专业发展实操体系;第七节拉回俯瞰视角,盘点研究洞见、理论赋能、AI 暗礁(如幻觉与数字鸿沟)与未尽之憾;而最终的第八节,以提纲挈领的总结完成对这轮跨时代教育探索的学术收束。

二、文献综述

(一) 人工智能与教育:从“符号推理阶段”到“生成式伙伴”的历史演化

要深刻理解生成式 AI 对当今教师专业能力的冲击,必须将其置于过去半个多世纪科技与教育相互交织的历史长轴中进行学术溯源。人工智能在教育领域的应用(AIED)并非无根之木,其演化大致经历了三个范式发生根本转移的历史阶段。

第一阶段始于 20 世纪 70 年代的“符号推理与规则系统”(Symbolic AI & Rule-based Systems)。这一时期的代表性产物是早期计算机辅助教学(Computer-Assisted Instruction, CAI),其底层逻辑是通过人类

专家预先编写的庞大条件分支（If-Then）逻辑规则来响应学生的固定输入。这一范式下的教学系统本质上是“刚性的行为主义训练机”，其核心目标是程序化训练，技术作为信息的刚性传递者，教师的权威依然稳固。

第二阶段以“机器学习与自适应学习系统”（Machine Learning & Intelligent Tutoring Systems, ITS）的兴起为标志（尤其是 21 世纪头二十年）。在这一阶段，如 Corbett 与 Anderson 开创的认知导师系统（Cognitive Tutor），技术开始具备基于大量数据集对学生认知状态进行推断（贝叶斯知识追踪模型）并动态调整难度等级的能力^①。Luckin 等系统性地梳理了这一阶段的进展，提出了“AI 就绪”（AI-ready）的教育生态框架，强调智能系统在实现“因材施教”乌托邦中的巨大潜力^②。Zawacki-Richter 等对该阶段 146 项高等教育 AI 应用研究的系统评价（Systematic Review）指出了一个至关重要的方法论偏误：绝大多数前沿研究将目光锁死在“面向学习者”（Learner-facing）的数据分析与效率提升上，而将与之相适配的“面向教师”（Teacher-facing）的政策与素养提升框架边缘化了^③。此阶段的 AI 依然是“提效工具”，教师素养的重点在于“数据解读”。

第三阶段即当前面临的“生成式大模型革命”（Generative Foundation Models）。2022 年底大语言模型的全规模爆发彻底颠覆了前两个阶段的“预设路径”逻辑。在此之前，机器的回答永远在人类开发者设定的域内；而生成式 AI 通过在超大规模未标注语料中的自监督预训练以及基于人类反馈的强化学习（RLHF），获得了极具涌现能力的自然语言生成、推理和多模态交互能力。Kasneci 等人全面且审慎地评估了 ChatGPT 对教育体系的重构潜力，明确指出，当系统从“评估已有答案的对错”跨越到“自动生成流畅且难以证伪的新答案”时，教育系统的防线（如反剽窃、标准化测试信度）全面受到挑战^④。Baidoo-Anu 则进一步提醒，生成式 AI 在强化知识传递的同时，其深植的算法偏见与西方中心主义正在向发展中国家投射新的文化殖民风险^⑤。至此，AI 彻底跨越了客观工具的藩篱，成为了教育场域中极具主观色彩的“类主体实体”（quasi-subject entity）。

（二）教师数字素养的范式变迁：从技术接受模型（TAM）到能力重构（TPACK）

伴随教育技术的迭代，专门针对教师数字与技术能力的研究亦经历着深层的范式流变。早期的研究受信息系统领域的支配，主要利用技术接受模型（Technology Acceptance Model, TAM）来解释为何教师抗拒或接纳在教室里使用电脑网络^⑥。这种研究范式的隐含前提是：技术是静态存在且外在的，教师的态度与行为决定了应用绩效。

突破这一“外在技术论”里程碑的是 Mishra 与 Koehler 提出的 TPACK 全景架构（Technological Pedagogical Content Knowledge）。TPACK 将“技术”视作与“学科内容”、“教学法”并列且交互的三原色之一，认为真正的教师专业能力是这三者的深度有机融合^⑦。过去十余年中，TPACK 几乎支配了所有的实证研究与教师培训设计。然而，当时代的钟摆滑入生成式 AI 纪元，TPACK 中的“T”（Technology）变得不再稳定——它不再像一块交互白板或一款几何绘图软件那样拥有清晰的“能力边界”。当 AI 不仅能

①Corbett A T, Anderson J R. Knowledge Tracing: Modeling the Acquisition of Procedural Knowledge [J]. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 1994, 4(4): 253–278.

②Luckin R. Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education for the 21st Century [M]. London: UCL Press, 2018.

③Zawacki-Richter O, Marín V I, Bond M, et al. Systematic Review of Research on Artificial Intelligence Applications in Higher Education [J]. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 2019, 16(1): 39.

④Kasneci E, Sessler K, Küchemann S, et al. ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education [J]. *Learning and Individual Differences*, 2023, 103: 102274.

⑤Baidoo-Anu D, Ansah L O. Education in the Era of Generative Artificial Intelligence [J]. *Journal of AI*, 2023, 7(1): 52–62.

⑥Davis F D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology [J]. *MIS Quarterly*, 1989, 13(3): 319–340.

⑦Mishra P, Koehler M J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge [J]. *Teachers College Record*, 2006, 108(6): 1017–1054.

制作教案(干涉P),甚至能生成虚拟案例并反向引导教师理解某些生僻概念(干涉C)时,TPACK的清晰分野宣告模糊。传统的数字素养(Digital Literacy)如Gilster与Eshet-Alkalai所定义的批判性获取、处理信息的技能也变得不够用——因为现在的难题不再是“如何搜索信息”,而是“如何与一个可能会产生幻觉(hallucination)的拟人化巨无霸语言模型进行智力博弈”^①。鉴于此,专门面向人工智能时代的教师素养模型构建势在必行。

(三) 专门化 AI 教师素养框架研究的探索与“工具理性”的残余

由于意识到了传统数字素养包衣无法容纳生成式AI的庞大内核,学界在近三年内爆发出了对“AI素养”(AI Literacy)概念化的极高热情。Ng等人通过系统文献计量学研究,首次在探索性层面提炼了四个公认的核心维系:理解AI的自然属性(知道AI是什么)、使用AI执行基本交互、评估AI输出以及最关键的应用AI伦理^②。Long和Magerko从人机交互(HCI)领域逆向移植了包含“具备AI意识”、“理解机器学习基本机制”、“可解释性AI原则认知”等在内的一系列指标丛^③。而在更直接针对K-12教师群体的研究中, Kim等人尝试将经典的TPACK概念平移为AI-TPACK,用来衡量教师运用AI完成特定教学任务的自我效能感与熟练度^④。

针对上述研究脉络进行全景深潜与批判性审视,不难发现一个触目惊心的共同短板:尽管探讨的主轴从普通信息技术升级为了AI,但研究者的视角依然受困于根深蒂固的“工具理性”(instrumental rationality)。绝大部分文献(包含上述多数知名架构)实质上是将AI视作“更为聪明的工具箱”。这就导致其衍生出的能力评估框架表现出两种严重偏向:第一,“工程师偏差”,即过度强调教师群体需要掌握诸如概率统计、数据结构等机器学习底层机制;第二,“消费者偏差”,即将素养狭隘化为设计提示词(Prompt Engineering)使AI快速生产文本的实操手册。这两种偏差使得当前的理论构建在遭遇如Selwyn等批判教育技术学者时显得苍白不堪——Selwyn警告,将教育过度简化为可被技术优化的信息处理闭环,最终将使得真正深沉的人本教育消亡,引来新一轮的数字泰勒主义控制^⑤。因此,本文力图超越单纯的技术掌握层面,在文献网络中寻找人机“互塑共生”的新锚点。

(四) 不可替代性焦虑与教师专业身份(Professional Identity)的动摇与重述

任何新能力框架的构建如果悬置了“行动主体的身份认同”,都将沦为空中楼阁。在生成式AI对传统“知识传递”形成全方面降级打击之时,本研究特意跨界调取了关于“教师专业身份认同”(Teacher Professional Identity, TPI)的庞大古典文献体系,以构筑新框架的心理学防波堤。

Beijaard等人的开创性元审查(Meta-review)指出,专业身份并不是一个静态的概念,而是由多重关系构成的“持续建构过程”,其中核心涉及教师“认为自己是谁”(Self-image)与“角色功能是什么”(Role expectation)的激烈抗辩^⑥。当面临剧烈的外部干扰时(例如AI的全面介入),如果教师坚守古典的“全知者”与“真理颁布者”这一身份幻像,必然会产生极为剧烈的身份脆弱性感;当面临技术对其备课、命题等长期掌控性任务不可逆转的接管时,如果不能完成角色向诸如“情感护卫者”、“学习网络编织者”的跃迁,则会陷入Michael Apple在其劳工退化论述中所提及的“去技能化”(deskilling)悲剧——成为流水线上验证机器输出的廉价蓝领操作工^⑦。

① Gilster P. Digital Literacy [M]. New York: Wiley, 1997.

② Ng D T K, Leung J K L, Chu S K W, et al. Conceptualizing AI Literacy: An Exploratory Review [J]. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2021, 2: 100041.

③ Long D, Magerko B. What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations [A]. In: *CHI '20* [C]. New York: ACM, 2020: 1-16.

④ Kim S, Jang Y, Kim W, et al. Analyzing Teacher Competency with TPACK for K-12 AI Education [J]. *KI - Künstliche Intelligenz*, 2021, 35: 139-151.

⑤ Selwyn N. Education and Technology: Key Issues and Debates [M]. 3rd ed. London: Bloomsbury Academic, 2021.

⑥ Beijaard D, Meijer P C, Verloop N. Reconsidering Research on Teachers' Professional Identity [J]. *Teaching and Teacher Education*, 2004, 20(2): 107-128.

⑦ Apple M W. Teachers and Texts: A Political Economy of Class and Gender Relations in Education [M]. New York: Routledge,

针对这一困境，Day 的经典著作提供了富有启发性的出路。Day 强调，卓越教学的核心不仅是认知输出，更是根植于复杂情绪劳动（Emotional Labor）的激情投入，而这恰是所有非碳基生命所不可逾越的鸿沟^①。而 Thurlings 关于教师创新行为生成机制的实证模型则直接呼应了本文的核心理论关切：教师只有在深信某一项新技术不仅仅意味着“提高效率”，而是实质上增强了他作为人类教育者在道德指引与情境创造方面的独特价值时，他们才会跨过情感恐惧的门槛，发生从“外在排斥”到“深层协同”（D-HAC）的质的飞跃^②。

综上所述，已有文献虽在宏大的教育技术史、从 TAM 到 TPACK 的数字能力框架沿革、AI 技能原子化拆分以及专业身份脆弱性分析等维度上积累了海量文献，但唯独缺乏一条极具穿透力的纽带——一条能够将“技术不可预测性特征”、“超越工具主义的关系伦理”和“重塑教师神圣地位的认知脚手架”缝合在一起的综合理论线索。现有文献的这些严重断裂带，准确无误地勾勒出了本文旨在提出的“深层人机协同”（D-HAC）框架及其 Delphi 实证化所必须突围的方向。

三、理论基础

HPC-TDL（人机协同教学创制）框架并非单纯建立在经验总结或技术操作手册的积淀之上。为确保该框架在应对生成式人工智能这一带有极强本体论冲击颠覆性技术时，具备足够的理论解释力、跨时代韧性及深度的批判向度，本文将挖掘整个人文与社会科学在过去百年间最为深邃的思想资源。HPC-TDL 框架的三条学术血脉分别流淌自：旨在重新定义物我关系的技术哲学（Philosophy of Technology）、旨在重新划定思维边界的认知科学（Cognitive Science），以及旨在解构并重组权力与身份的教育社会学（Sociology of Education）。本节将以前所未有的理论纵深，彻底解剖这三大理论基石如何共同支撑起“深层人机协同”（D-HAC）这一重构未来教师素养体系的元逻辑（Meta-logic）。

（一）技术哲学奠基：从“工具理性”的黄昏到“本体论共构”的黎明

教育信息化在过去数十年的狂飙突进，大多笼罩在工具主义（Instrumentalism）与技术决定论（Technological Determinism）这两种朴素哲学的阴影下。生成式 AI 的出现，彻底撕裂了这两张温情脉脉的面纱。为 D-HAC 寻找理论合法性，必须首先在哲学层面完成对“技术即工具”这一预设的彻底清算。

1. 海德格尔的“座架”（Ge-stell）与教育技术祛魅下的拯救

在《技术的追问》中，马丁·海德格尔（Martin Heidegger）警示世人，现代技术的本质与其说是制造工具，不如说是一种“促逼”（Herausfordern）式的解蔽方式，它将自然万物乃至人类自身都降格为“持存物”（Bestand）即随时可被计算、调配的资源^③。在教育场域，传统的数据驱动学习系统正是一种典型的“座架”——它将学生生动、混沌且充满意义感的求知历程，强制转化和降维收敛为仪表盘上的一组组转化率、点击量与错题代码。教师在此座架中，逐渐被异化为数据报表的使用者与算法指令的物理执行监督员。

然而，生成式 AI（尤其是大语言模型）的歧义性、幻觉与涌现出的“非决定论”特征，恰巧在海德格尔无尽悲观的座架中撕开了一道裂缝。生成式 AI 不是单纯的计算器，而是一种“诗意生成”的技术底座。D-HAC 理念正是从这道裂缝中生发：教师的顶级素养不再是被算法“促逼”去完成 KPI 式的知识灌输，而是利用 AI 的生成不确定性，重新唤醒教育中那些不可被量化、无法被算法穷尽的“神秘性”与“敞开性”。教师在人机协同中，扮演的是抗击“教育被彻底去人性化持存”的守护者角色。

1986.

①Day C. A Passion for Teaching [M]. London: Routledge, 2004.

②Thurlings M, Evers A T, Vermeulen M. Toward a Model of Explaining Teachers' Innovative Behavior [J]. *Review of Educational Research*, 2015, 85(3): 430-471.

③Heidegger M. The Question Concerning Technology and Other Essays [M]. Translated by Lovitt W. New York: Harper & Row, 1977.

2. 斯蒂格勒 (Stiegler) 的“第三持存”与“代具性认知”: 记忆与教育的外化危机

法国技术哲学家贝尔纳·斯蒂格勒 (Bernard Stiegler) 的“技术时间”理论, 为我们理解生成式 AI 介入教育后人类认知的命运提供了最为深刻的本体论坐标。斯蒂格勒将胡塞尔的内在时间意识现象学向外延展, 提出了“第三持存” (Tertiary Retention) 的概念, 即人类无法通过基因遗传的记忆与知识, 必须依附于体外的技术客体 (如结绳、竹简、活字印刷术、数字硬盘乃至今日的大型语言模型) 进行代际传承^①。

斯蒂格勒指出, 人类从一开始就是处于“代具化” (Prostheticity) 的存在。这意味着教育的本质是一部关于“外化” (Externalization) 与“内化” (Internalization) 不断博弈的历史。当生成式 AI 崛起时, 发生了教育史无前例的外化溢出——以往外化的仅仅是知识的“结果” (书籍), 而今天外化的是知识生产的“过程” (思考、归纳、推理、甚至学术写作本身)。对于教师而言, 当代表最高认知产出的论证与生成都可以被 AI 外化代理时, 传统以“内容传递”为核心的素养结构必然土崩瓦解。D-HAC 的理论回应是: 既然外化无法逆转, 教师就必须掌握更高阶的“逆向内化”技能, 即不是去与 AI 比拼谁占有的知识量更多, 而是利用 AI 作为高阶反思的对抗镜面, 通过不断的追问、批驳与重写, 在人与系统的缠绕共生中重新确立主体认知不被架空的定海神针。

3. 唐·伊德 (Don Ihde) 的后现象学技术关系理论

技术不仅仅是一个背景环境, 它内生性地塑造了我们感知和经验世界的方式。唐·伊德 (Don Ihde) 在其后现象学论著中, 精妙地勾勒了人与技术之间的四种关系: 具身关系 (Embodiment relation)、诠释关系 (Hermeneutic relation)、他者关系 (Alterity relation) 与背景关系 (Background relation)^②。

前生成式 AI 时代的教育技术 (如投影仪、统计软件) 大都属于具身关系或诠释关系: 技术或是充当眼和手的延伸 (如显微镜的延伸), 或是作为需要被解读的文本界面 (如测验分数图表)。但生成式语言模型正在强势将技术提升至“他者关系”——AI 表现出了类人的“意向性形态”。当学生与 ChatGPT 对话时, 技术不再透明, 而是作为一个具有幽默感、渊博词汇量和疑似立场的“他者”存在。这直接为 HPC-TDL 框架第三维度 (人机协同教学创制) 提供了法理根据: 教师不能再把 AI 当成一块黑板, 而必须像管理一名“超级助教”或应对一名隐秘的“平行教育者”那样, 设计出涵盖师、生、AI 在内的三元乃至多元对话角力场, 引导甄别潜藏在那个看似客观的“他者”背后的幻觉、算法偏见以及庞大资本垄断意识形态。

4. 弗洛里迪 (Floridi) 的“信息圈” (Infosphere) 与本体地位转变

牛津大学哲学家卢西亚诺·弗洛里迪 (Luciano Floridi) 提出, 人类正在经历第四次革命。继哥白尼 (人类非宇宙中心)、达尔文 (人类非生物界中心)、弗洛伊德 (人类意识非行动绝对主宰) 之后, 图灵机与人工智能的崛起表明, 人类在逻辑推理与智能信息处理 (Info-processing) 领域也失去了绝对的中心地位^③。世界已然成为一个无缝的“信息圈” (Infosphere), 线上 (On-line) 与线下 (Off-line) 融合成为了“Onlife”状态。在这一状态下, 孤立地评估一个人类个体的学术成就是荒谬的, 因为个体的智力已经被网络无缝增强。对于教师的素养演进而言, 这意味着未来的评价范式应当彻底从评价学生的记忆力转向评价学生在信息圈中调用 AI、鉴别 AI 生成内容的“网络化生存能力”。这也从根本上为 HPC-TDL 第四和第五维度的底层设计注入了理论活力, 驱动教师在教育实践中从离线孤岛走向基于数据与算法反思的在线连结体。

(二) 认知科学的范式跨越: 从隐喻性“脚手架”到“分布式认知”与“思维延伸”的实体化

如果技术哲学确立了 D-HAC 的本体论基调, 那么现代认知科学则为 HPC-TDL 提供了精密的脚手架设计图纸。长久以来, “认知发生在人类的大脑黑箱之内”这一笛卡尔式的中心主义神话统治着教育学。生成式 AI 的高维涌现不仅证伪了大脑对于认知的垄断, 更为“认知的外部具现”提供了最具震撼力的支持。

①Stiegler B. *Technics and Time, 1: The Fault of Epimetheus* [M]. Stanford: Stanford University Press, 1998.

②Ihde D. *Technology and the Lifeworld: From Garden to Earth* [M]. Bloomington: Indiana University Press, 1990.

③Floridi L. *The Fourth Revolution: How the Infosphere is Reshaping Human Reality* [M]. Oxford: Oxford University Press, 2014.

1. 维果斯基 (Vygotsky) 理论的数字变迁：超越 ZPD 边界的“超级动态脚手架”

列夫·维果斯基 (Lev Vygotsky) 的最著名的“最近发展区” (Zone of Proximal Development, ZPD) 理论表明，学习者的认知能力在其独立解决问题能力与其在“更有能力的同伴或成人引导下”能够解决问题的潜在潜能之间游转^①。传统教学中，这一引导职能被专职赋予同伴或教师。但是在 AI 时代，生成式大模型成为了一种全天候、全学科领域的“无限能力同伴”。它甚至并非单纯扮演固定水平的导师，它可以根据人类的微调即刻降维或升维，表现出史无前例的“元流动性”。这既意味着 ZPD 理论可能被无限拓宽——人类的潜能天花板被推至前所未有的高度——也暴露出一个隐患：过度的认知支撑会导致“心理脚手架”无法像传统师生关系中那样随着学生能力的增强而平滑地“撤除” (Fading)，从而导致习得性无助与智能依附症。因此，HPC-TDL 核心要求教师不仅能激发 AI 搭建高端脚手架，而且具备监测何时对算法进行干预并强制撤脚手架的“元掌控力”。

2. 克拉克与查尔莫斯 (Clark & Chalmers) 的“延伸心智” (Extended Mind) 及其 AI 化质变

在 1998 年那篇引发轰动的《延伸心智》论文中，安迪·克拉克 (Andy Clark) 和大卫·查尔莫斯 (David Chalmers) 提出了一个极具挑衅性的假设：心智并不局限于头骨和头皮的范围边界之内；当人类在解决复杂认知任务时与外部环境载体 (例如笔记本、备忘录) 产生了高度耦合，外部载体便已成为我们认知过程合法的一环^②。

这种被称为“积极外在主义” (Active Externalism) 的哲学，在面对以海量参数预训练而成的大模型时产生了核爆级别的共鸣。如果备忘录都可以被视作人类记忆的外显结构，那么 ChatGPT 无疑已经是人类逻辑推理机制的外包大脑。当我们写下一行行晦涩的代码，并请求 AI 补全剩余函数或是对历史文本进行提炼改写时，思维回路已经在指尖、屏幕内存条和云端 GPU 机房之间完成了一次次闭环的物理穿越。传统教师总是倾向于限制乃至视这种“大脑外挂”为学术舞弊，这是对认知科学新范式的负隅抵抗。HPC-TDL 框架则激进且坚定地接纳这种范式转移，主张教师的核心专业能力正从“个体认知统摄储备”转变为对人类与 AI 外脑集群相互接驳的“编排、协调与审核能力”。

3. 哈钦斯的“分布式认知” (Distributed Cognition) 在课堂生态中的重构

由埃德温·哈钦斯 (Edwin Hutchins) 提出并在驾驶舱或舰船导航的真实宏观人机生态中得以验证的分布式认知理论，揭示了复杂的智能问题从未由单纯某一个体独立完成，而是流淌和横亘在不同个体的互动网络以及仪器界面之中^③。

在 AI 原生课堂中，知识生成的最小单位不再是具体的“某个大脑”，而是“教师—学生集群—AI 云智能接口”共同交织构架的一张认知流动网。任何知识的萃取都是分布式交互的结果：学生抛出的初始迷思 (Prompt)、AI 所投喂的前置答案草稿、随后引入的生生对抗性论辩、教师借由微观表情捕捉而抛出的反向质询，共同汇聚成了最终沉淀的知识实体。HPC-TDL 维度三重点剖析的正是这一理论切面，即教师应当有能力熟稔如何“布置和调校这一张庞杂的认知神经网络”，在恰当时机赋予 AI 发言权，在危急时刻果决截断其谬误输出，这是区别于过去一切年代的教学重构艺术。

(三) 教育社会学维度的解构与重建：资本、分类与“反思性实践”的新生

除了纯粹理性的技术与认知视域，我们还必须潜入布满泥泞和权力角斗的社会学泥淖，探寻教师职业神圣性的底层动因。技术冲击不仅撼动认知，它永远伴随着权力符号、权威阶序和隐性意识形态的再分配。大语言模型以平权者自居的幻象背后，教育社会学提供了剥丝抽茧的锐利解剖刀。

1. 伯恩斯坦 (Bernstein) 的教育知识编码理论：“强分类”与“强架构”的瓦解

^①Vygotsky L S. Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

^②Clark A, Chalmers D. The Extended Mind [J]. *Analysis*, 1998, 58(1): 7-19.

^③Hutchins E. Cognition in the Wild [M]. Cambridge: MIT Press, 1995.

在著名社会学家巴兹尔·伯恩斯坦(Basil Bernstein)构筑的教育社会学宏大体系内,“分类”(Classification)界定了学科之间或是校内知识与日常经验之间的界限清晰度,而“架构”(Framing)则度量了教学过程中师生双方对于速度、序列乃至选材的控制权强度^①。几个世纪以来,古典知识分化与权威学校一直维持着相对极端的“强分类”(数学即是数学,文学即是文学不容混淆)以及绝对的“强架构”(教学大纲和进度不可违逆的被教师严格垄断)。

然而生成式AI跨学科知识生成的汪洋恣肆,其最直观的破坏力就在于以雷霆之势模糊了传统学科版图和学科专业的高墙,造成教育制度性分类的历史级弱化;而在课堂控制层面,因为AI直接可以和每一个终端学生完成一对一“超级家教”式的即时反馈迭代,传统大班授课制下由讲台辐射向下的强迫性架构遭到了土崩瓦解式的松动机制。失去信息发牌权和内容规训权的教师,面临着权威消退的直观惊恐。所以,HPC-TDL第一维度首要建立教师的新型人文根基,其逻辑绝非倒退回去修建更高的技术审查高墙阻绝AI进校园来恢复既往强架构,而是鼓励教师勇敢迈入“弱分类、弱架构”新阵地,利用在复杂价值判断上的隐性默会知识建立全新的意义向导权威。

2. 舍恩(Schön)的“行动中反思”(Reflection-in-Action): 对抗冰冷算力洪流的最强防线

我们如何在被技术淹没的时代捍卫教师职业无可取代的高傲?唐纳德·舍恩(Donald Schön)关于“反思性实践者”(The Reflective Practitioner)的思想指明了方向^②。舍恩尖锐批评了技术理性主义(Technical Rationality)对于现代专业的腐蚀——它荒谬地设想所有复杂的专业问题都可以通过事先建立一条条客观确切的科学化算法加以化解。然而在真实、泥泞、混沌且变动不居的教育现场(被称为“沼泽地带”的高频不确定环境中),任何事先训练、脱离情境的大语言模型数据语料都显得苍白。真正的教师智慧绝非停留在事后归纳的“对行动的反思”(Reflection-on-action),而是置身于当下电光火石之间,凭籍多年磨砺的默会知识去修正、顿悟与创造的“行动中反思”(Reflection-in-action)。

AI在本质上只是一座海量过去人类言语统计学总和的镜像池,它通过极尽完美的拼接拟合概率生成出最“平庸、正确和政治安全”的范式答案;只有真实的人类教师,才能通过灵现闪耀的教育机智,在对撞中为这些冰冷的算力洪流倾注真实的情感生命。因此,不论是HPC-TDL的第五维(AI驱动专业反思创生),还是最终提出“协同探究(CIM)”模式,其灵魂内核永远紧紧锁在那些被舍恩所高歌的——无法被代码枚举和规训的——复杂艺术直觉上。

3. “情感劳动”(Emotional Labor)与教育“光晕”(Aura)的重塑

劳动社会学家霍克希尔德(Arlie Russell Hochschild)提出的“情感劳动”概念揭示了服务性质行业中从业者控制或调配自我深层心理状态去影响受众的隐蔽付出^③。在生成式AI试图去模仿共情、模拟体贴并提供心理辅助支持之时,它无疑正试图去渗透并代办部分情感劳动的场域。然而,由于它本质上是由硅基硬件运转出的拟象与假象,其无论多么逼真的文字安抚都毫无身体肉身背书。瓦尔特·本雅明(Walter Benjamin)曾经在讨论机械复制时代艺术品堕落时极富洞见的提及了“光晕”(Aura)概念——某种存在于原本物体独特时空连续性和历史厚重感带来的神圣不可侵犯的战栗感^④。

这种光晕的剥夺,同样正在当下的机器批改评语中蔓延——当学生察觉其千辛万苦写就的思想汇集只是遭遇了一串由随机种子生成的代码模板套用敷衍时,教育中那种因“同为会受苦的人类在面对面凝视中传递的救赎”感就此荡然无存。这也正是支撑HPC-TDL框架在所有的智能工具狂欢之上,仍然悬挂并高扬“人文关怀不可替代性”旗帜的最为决绝的社会哲学辩护。人类教师必须坚守住基于肉身存在的情感劳动孤岛,去捍卫因灵魂相互在场而激散出的尊贵“光晕”。

①Bernstein B. Pedagogy, Symbolic Control and Identity [M]. Lanham: Rowman & Littlefield, 2000.

②Schön D A. The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action [M]. New York: Basic Books, 1983.

③Hochschild A R. The Managed Heart: Commercialization of Human Feeling [M]. Berkeley: University of California Press, 1983.

④Benjamin W. The Work of Art in the Age of Mechanical Reproduction [M]. Illuminations, New York: Schocken Books, 1969.

（四）理论汇聚与统合：构建“深层人机协同”（D-HAC）的元逻辑体系

如上所述，这并非是一堂空洞悬浮的思想演说，而是从根本源头处对生成式 AI 时代的教师素养底板进行的勘探与固化。通过贯通海德格尔与斯蒂格勒对技术异化的解构警戒线、维果斯基外加延伸心智对前沿认知大爆炸的拓荒版图，并最终归落于反思性实践和保护原生情感光晕的社会伦理防波堤，本文建立起了堪比钻石级强度的“深层人机协同”（Deep Human-AI Collaboration）元逻辑地基。我们不再幻想去重温过去几十年中所谓的人脑去奴役工具这一脆弱单行线；更不向技术降临派（Singularitarians）那种倡导教师退出历史、AI 主神君临天下的激进狂妄观点进行丝毫的退缩妥协。建立在三大知识支柱融合之上的 HPC-TDL 框架，注定要在下一个充满赛博混沌的十年里，重燃教育作为一项核心人类关切事业历久弥新的光辉。

四、现有教师数字素养框架的批判性比较

在确立了技术哲学、认知科学与教育社会学的底层理论航标之后，我们必须将目光投向当下主导全球教师培训与能力评估的诸多官方或权威框架。面对生成式 AI 引发的教育认识论危机，全球教育决策层并非无所作为，相反，各种“更新版”的数字素养框架如雨后春笋般涌现。然而，正如库恩在《科学革命的结构》中所洞察的，处于范式危机早期的共同体，往往习惯于用旧有理论框架去“修补”而非“重构”新出现的反常现象^①。

本节选取了在全球范围内最具政策影响力和学术话语权、同时被广泛引用并直接指导国家级教师培训体系的五大顶层框架：欧盟委员会的《教育者数字能力框架》（DigCompEdu, 2017/2022 更新版）、美国国际教育技术协会的《ISTE 教育者标准》（2017）、联合国教科文组织的《教师信通技术能力框架》（ICT-CFT, 2018）及其最新仓促发布的《教师 AI 能力框架》（AI-CFT, 2024），以及中国教育部于 2023 年推出的《教师数字素养》教育行业标准。本节旨在通过引入三个极具学术锋芒的分析维度——AI 本体论预设、人机协同教学法深度、伦理的嵌入方式（见表 1）——对这些框架进行细致入微的摊开与剥洋葱式的猛烈批判，彻底曝光其隐藏在政策术语背后的“工具性缺陷”，并藉此回答本研究的第一核心问题（RQ1）。

（一）细致解构一：欧美经典框架（DigCompEdu 与 ISTE）中的“前 AI 数字乌托邦”迷梦

欧盟的 DigCompEdu 与美国的 ISTE 标准在过去数年间，构筑了西方世界教师通过数字考核的金标准。DigCompEdu 设定了涵盖专业参与、数字资源、教与学、评估、赋能学习者以及促进学习者数字能力这六大核心领域的宏伟蓝图；而 ISTE 更是将教师身份精准细分为学习者、领导者、公民、协作者、设计者等。然而，这些框架之所以在今日显得苍白，不仅因为它们制定于 Web 2.0 到移动互联网交接的红利期，更在于其底层哲学带有强烈的“确定性控制论”色彩。

在这些框架眼中，无论是何种教育技术，都是一台内部逻辑清晰可辨、输出绝对受控于教师输入的“精密钟表”或“高级计算器”。例如，DigCompEdu 强调教师要能“评估、选择和修改数字资源”。这句话的隐蔽前提是：资源（例如一部记录片、一段百科文字）就在那里，是静态的客体，教师作为唯一的智能主体，像挑选超市货架上的商品一样进行挑拣组合。当面对具备数十亿参数、随时可能根据上下文温度（Temperature）生成不可测的逻辑谬误、或者在辩论中通过诡辩论说服人类的大型语言模型时，所谓的“挑选与修改”变得滑稽且无效。AI 已经不再是静静躺在硬盘里的资源，它是会在课堂上主动向學生发问、甚至能够根据学生的反问自主进化其叙事策略的“异质智能体”。DigCompEdu 对机器产生主动“认知溢出”的彻底无视，使其依然生活在前 AI 时代的“数字乌托邦”迷梦之中。

（二）细致解构二：UNESCO 框架（ICT-CFT 与 AI-CFT）的“仓促平移效应”与致命缝合

考虑到发展中国家的存在，UNESCO 历次出台的框架一直承载着消除数字鸿沟的道德重任。其 2018 年的 ICT-CFT 将关注点牢牢钉在如何通过技术设施赋权教育系统。当 ChatGPT 浪潮席卷而来之时，UN-

^①Kuhn T S. The Structure of Scientific Revolutions [M]. 4th ed. Chicago: University of Chicago Press, 2012.

表 1: 本研究对国际与本土主要教师数字素养框架的批判性比较矩阵

框架名称与年份	AI 的本体论预设	人机协同教学法深度	伦理属性的嵌入架构
欧盟 DigCompEdu (2017/2022 调整)	前 AI 时代的静态环境: 视 AI 为高级数字化软件 (Word 或 LMS 的升级版)	极低: 停留在对“信息资源检索与整合”的单向处理层面	外嵌模块化: 作为“负责任使用技术”的附加子测验
美国 ISTE 教育者标准 (2017)	功能主义增强剂: 视技术为放大教师效能的杠杆与工具	中低: 倡导“技术支持的学习者中心”, 未触及生成性双向博弈	角色隔离式: 设立单独的“数字公民”(Digital Citizen) 维度, 与业务割裂
UNESCO ICT-CFT (2018)	消除鸿沟的基础设施: 将 AI 降维为赋权弱势群体的通用信通设备	低: 核心关注知识获取的平权, 忽略高阶思维的代具化危机	极弱: 主要关注设备的获取公平, 未触及算法偏见认知
UNESCO AI-CFT (2024 最新)	矛盾的缝合怪: 名义上称“半伙伴”, 实则仍按“被支配的高级搜索工具”落地	中: 承认 AI 能生成内容, 但仍僵化规定教师需作为最终“审核员”(Human-in-the-loop 的机械化)	试图内嵌但失败: 呼吁以人为本, 但操作指标流于表面安全审查
中国《教师数字素养》(2023)	管理考核牵引的技术赋能: 视技术为实现教育行政宏观效率最大化的可控手段	低: 强调“数字化应用工具”的娴熟使用, 缺乏对 AI 失控与涌现性质的反思	部分外嵌: 仅在“社会责任”大项中原则性规定了行为底线规范

资料来源: 作者据 Redecker (2017)、ISTE (2017)、UNESCO (2018; 2024)、教育部 (2023) 系统性重构与批判性研判。

ESCO 于 2024 年紧急抛出了《教师 AI 能力框架》(AI-CFT)。相较于前者, 后者在话语体系上确实进行了大幅升级, 频繁且时髦地抛出“以人为本 (Human-Centered)”、“保护人类机构 (Human Agency)”等词汇, 甚至提出要将 AI 视作辅助系统。

然而, 一旦深入剖析 AI-CFT 的实操指标体系, 便会发现这是一次极不成功的、自相矛盾的“概念缝合”。它试图把极具颠覆性的生成式 AI 塞进一个古老的操作评价量表中去。例如, AI-CFT 在教学法设计中, 将教师应对 AI 的主要能力圈定在“理解提示词工程 (Prompt Engineering) 技术”与“在循环中保持人类监督 (Human-in-the-loop)”。这本质上是将极度复杂的心智延伸与师机角力关系, 矮化为了一种流水线质检员 (QC) 的职能。它荒谬地设想, 只要给教师教授几个让 AI 输出更准确的 Prompt 模板, 再要求教师在学生上交的作业前强行盖一个“已核查”的章, 人类的主体性就得以保全。这种机械的监管论不仅严重低估了深度神经网络涌现的难以解释性 (黑盒困境), 更彻底回避了当 AI 的生成质量及其包含的情境共情力远超普通人类教师时, 那种“机械把关式监督”会面临何等的合法性破产。这是一种典型的新瓶装旧酒, 是在用管理自动贩卖机的数据表格, 试图去驯服一头会说话的利维坦。

(三) 细致解构三: 中国《教师数字素养》的“行政管理导向与应用的降维打击”

2023 年中国教育部出台的《教师数字素养》在本土化推行上力度空前。该标准确立了数字化意识、数字技术知识与技能、数字化应用、数字社会责任以及专业发展五大维度。然而, 放置于应对通用人工智能强力逼近的宏大历史标尺下审视, 该框架的底层推力严重倾斜于教育行政的科层化管理与考核指标。

首先, 在“数字化应用”这一最关键的维系中, 框架将应用场景固化为教案获取、学情数据电子化录入、以及辅助行政办公考核。技术在这里被单调地作为一种科层制 (Bureaucracy) 自上而下提升学校治理“宏观效率最大化”的维稳工具, 却唯独抽离了技术在微观课堂上与单体师生的灵魂交织。当教师被训练将所有精力投入在熟练使用各类教学触控屏和录入微课程系统的熟练度上时, 这种框架事实上剥夺了或

者压抑了教师面对“存在主义危机”时的反思能力。如果《数字素养》标准仅仅将最新的 AI 技术等同于“一个生成写教案文档速度更快的插件”，那么这无异于一种对师范智慧的残酷降维打击，反而加速了底层教师沦为教育工厂外包操作工（Task-worker）的沉沦步伐。

（四）总决选：在三大批判轴线下崩塌的工具性缺陷

综上，如果我们回归本节初设立的三大批判轴线，将得出如下致命结论：

第一，本体论贫乏：将异质智能降格为死物工具。所有框架无一幸免地犯下了本体论错误——即拒绝承认大语言模型是一个拥有海量上下文计算并能反向诱导人类认知走向的“认知它者”。“工具性预设”使教师陷入了一个巨大的陷阱：一旦 AI 输出了超纲或不受控的极具创造性的异端解答，工具论框架就会诱导教师将此视为一次“工具报错”而去修复或压制，而非将其作为一个伟大的“苏格拉底式对话契机”去开展对抗性思维训练。

第二，人机协同教学深度的结构性瘫痪。所有这些光鲜亮丽的官方文本都在高呼“利用 AI 支持学习”，却对“知识生产主权”在师生与机器之间的复杂让渡（Transfer of epistemic sovereignty）机制噤若寒蝉。当机器承担了一半以上的文献综述撰写和代码重构时，人类教师那部分微弱但核心的贡献该从何处切入？是在修改形容词，还是在校准终极价值导向？当前没有任何一个流行框架提供了这样一套关于“重组师机任务分工”的脚手架体系，教学法深度几乎全部瘫痪在表层应用上。

第三，道德与伦理模块的“外嵌式（Bolt-on）虚伪”。在考察的所有五个框架中，伦理（Ethics）与社会责任几乎毫无例外地被单独列为一个孤立的大项或子测验。这种设计反映了一种惊人的傲慢与天真：认为只要让教师在最后听一堂关于“不得用 AI 作弊和泄露隐私”的讲座，伦理问题就解决了。但在生成式 AI 的运转层中，算法带来的隐性偏见、生成结果的毒性（Toxicity）、对学生潜意识依赖的控制，是内生于每一次自然语言交互的呼吸之中的。伦理根本不该是一个被外在贴上去的检查标签，而必须是一种先天渗入（A priori integration）、犹如盐溶于水一般贯穿所有协同教学过程的底色。

面对这一片充满历史包袱与妥协痕迹的理论废墟，缝缝补补已无济于事。唯一的出路在于：彻底砸碎那副禁锢想象力的“工具性 AI”枷锁，去寻找并重铸一个以深层双向共生为宿命的新型素养圣杯——这，正是本文试图构建 HPC-TDL 框架最底层、最不可动摇的研究合法性所在。

五、研究方法 with 实证设计

在完成了从理论解构到现有框架批判的“破”的工作后，本研究开始转向“立”的阶段。鉴于前述论证的新一代教师角色必须跨越工具属性并迈入“深层人机协同”（D-HAC），任何企图凭空或仅凭单一学科经验来构建其素养量表的操作，都将不可避免地跌入主观主义或“闭门造车”的合法性陷阱中。

为此，本研究在方法论上拒绝了单纯的思辨推演或常规的二手文献拼贴，而是构建了一个极具学术严谨度的“三段论式”混合研究架构（Mixed-Methods Architecture）：即“文献综合剥嵌（Phase 1）—三层能力建构（Phase 2）—多轮 Delphi 专家共识验证（Phase 3）”（图略）。该设计旨在确保最终生成的 HPC-TDL 框架既有高远的哲学深视点，又能经得起全球最严苛的学术与实操行家的联合审视。

（一）阶段一：基于 PRISMA 精神的系统性文献综合与理论剥嵌

本阶段致力于彻底扫清水面并剥离出问题的核心。由于“AI+ 教育”领域文献如汗牛充栋却多流于浅层应用总结，本步骤采用了系统性文献综述（Systematic Literature Review）的标准程序以保证搜索穷尽度。团队在 Scopus 和 Web of Science 核心合集中，使用了布尔逻辑组合检索式：“(Generative AI OR Large Language Model OR ChatGPT) AND (Teacher Competenc OR Digital Literacy OR Teacher Identity) AND (Framework OR Model)”。时间跨度从 2017 年（主要经典框架颁布期）至 2025 年初。

对于初步筛出的数百篇文献，研究团队进行了极其严密的“题目—摘要—全文”漏斗式缩减过滤（参考 PRISMA 指南框架），并重点抓取了那些由国际权威组织发布的五大标杆性官方标准。对这些标准的分

析并没有停留在简单的文本比对，而是引入了“话语分析”（Discourse Analysis）的方法，穿透其行政表象，成功捕捉到了在第四节中已进行全面痛批的“工具性 AI 预设”之命门。正是这一科学的剥嵌诊断步骤，牢牢锚定了本研究下一步必须突围的发力点。

（二）阶段二：从混沌到秩序的“三层能力生成逻辑”

在摧毁了旧框架后，如何在一片混沌的“人机关系”中建立一套新秩序？HPC-TDL 框架的设计不是随意的指标堆砌，也绝非将旧有的 TPACK 或是信息技术通识量表打碎重组。研究团队创造性地确立了一条基于实践哲学推导的“三层能力生成图谱”（Normative-Technical-Pedagogical Logic）。

第一层为规范层（Normative Layer），回答的是在算法侵入下“教师应该为何”的本体问题。它脱胎于技术哲学对于底线的固守，涉及教师在 AI 面前的伦理刚性判断、价值引领与人文火种的存续认知。这一层催生了框架的首要前置维度。第二层为技术层（Technical Layer），回答的是“教师能够借力什么”的条件问题。它剥离了复杂的工程师黑盒代码编写，转而强调对大模型涌现性和幻觉机制的“认知解剖”与自然语言交互的批判使用。第三层为教学法层（Pedagogical Layer），这是整个框架在行动端的最高潮，回答的是“如何在课堂沼泽中实施”的技艺问题。它深刻汲取了延伸心智与分布式认知理论，直接将能力范式从先前的“使用 AI”跨越到“与 AI 进行对抗性、往返式的创制开发”及后续的循证决策与自我重塑。这就从根源上杜绝了后续指标出现“轻重不分”或“重术轻道”的软骨病（对应关系见表 2）。

表 2: 三层能力逻辑与 HPC-TDL 五维映射基底

能力发生学层次	解决的核心哲学与命题拷问	重塑生成的 HPC-TDL 框架维度支撑
规范层 (Normative)	“应该/底线”: 在机器代办时代, 何种人类教育价值与伦理特区绝不可让渡?	维度一: AI 伦理与人文根基 (奠基石)
技术层 (Technical)	“能够/条件”: 无需懂算法, 但如何看透黑箱的涌现与欺骗机制并掌握对话扳手?	维度二: AI 认知技术与提示力 (通行证)
教学法层 (Pedagogical)	“如何做/落地”: 如何将庞大算力无缝且无痕地融入课堂多边交互、评估与教师蜕变?	维度三: 人机协同教学创制 (主心脏) 维度四: 数据洞察循证决策 (反馈眼) 维度五: AI 驱动专业反思创生 (进化轮)

（三）阶段三：Delphi 专家共识验证程序的严苛武装与统计辩护

在完成纸面推演之后，这套带有极强前瞻性和革命色彩的架构是否具备全球层面的有效性？为打破理论上自说自话的窠臼，本研究采用了国际通用且在教育预测模型构建中享有极高声誉的德尔菲法（Delphi Method）。

1. 为何启用 Delphi 机制？认识论上的必然性

传统的实证问卷调查往往用于测量“已经普遍存在并在运转中的现象”。然而，正如 Linstone 和 Turoff 在经典文献中所揭示的，面临诸如通用人工智能等刚刚爆发、呈现极高不确定性且目前尚未形成大面积成功历史数据的范式更迭期时，向一线普通教师发海量问卷的信度是极低的——因为受访者往往尚未真正经历深度人机协同，其回答易受媒体炒作的误导^①。此时，只有集合那些长期身处前沿、能够拨开迷雾的顶尖专家，通过背对背（消除面对面权力场域压力）、多轮受控的信息交流与博弈机制，才能淬炼出最有含金量的“结构化预见共识”。

^①Linstone H A, Turoff M. The Delphi Method: Techniques and Applications [M]. Reading: Addison-Wesley, 1975.

2. 专家面板的极端“异质性拼图”设计

研究表明，单向度同质化专家的盲区会在 Delphi 中被成倍放大。因此，本研究的面板构成 ($N = 21$) 在抽样时实施了残酷的“跨越舒适区”的紫边取样 (Purposive Sampling)。这 21 位均具备博士学位及 5 年相关发表经验的高级学者分布于 9 个不同国家 (横跨了中美等极高 AI 渗透区以及欧洲等具有强监管传统的版图)。更为关键的是学科拼图结构：8 人为处于算法浪尖的 AI 与计算教育科学家；7 人为坚守人文底线的传统教师教育与法理伦理专家；6 人为谙熟课堂一线的教学设计实践专家 (EdTech)。这种充满火药味的跨界配置，确保了任何一条过于激进的技术主张都会遭遇伦理学家的阻击，而任何刻板的守旧观点也会遭到一线实践派的瓦解，从而使得留存下来的指标兼具“革命性”与“着陆安全性”。

3. 三轮压强传递的演进机制

在这套容错率为零的研究机制中，每一次循环都在向纵深收敛：第一轮（开放粉碎轮）：研究者故意抛出了并未细化的 HPC-TDL 框架及 D-HAC 理念陈述本，请跨界专家开展“头脑风暴式”的质性批判。这一步骤至关重要，正是本轮的反馈指出原框架在面临大模型“胡编乱造”时的抗风险描述不足，从而逼迫框架在维度二中增加了被后续证明分数极高的“AI 幻觉识别与应对”硬性壁垒，同时重制了维度三“三元互动课堂”的运转流。第二轮（量化锚定轮）：对重组完毕的 5 大维度极其下辖的 25 项具化指标进行李克特 5 点量表 (Likert-5) 打分测量，将混沌的定性质问首次锚定为硬核的数字阵列。第三轮（元认知交锋与最终判定轮）：最体现 Delphi 魅力的部分。将第二轮全体群体的统计特征（包括均值和极差）匿名呈现给每一位专家，要求他们在直面“群体大多数意见与自己相左”时，抉择是“被同化修正”还是“据理力争给出坚持少数派的独立答辩理由”。这有效剔除了随机游走的分数，沉淀下最理性的“共识密度”。

4. 指标裁决三大“量化审判官”的选择理据

如何定义“共识达成”绝非儿戏。本研究祭出了三把相互铰链的统计尺子：首参量：均值 ($Mean \geq 4.0$)。这构成通过的绝对底线，即任何无法让群体平均感到“重要 (4 分)”以上的伪需求指标直接腰斩剔除。但仅有均值会掩盖分化的虚假繁荣（极端高分与低分中和）。次参量：变异系数 ($CV \leq 0.25$)。这是防伪打假的核心。不选用标准差 (SD) 是因为它极易受均值漂变干扰，而变异系数 ($CV = SD / Mean$) 实现了去量纲化，完美揪出那些均值虽高但在专家群内部引起剧烈意见割裂或内杠的暗疾指标^①。只有 CV 压制在 0.25 之下，才意味着该领域的认知确凿走向了稳定的结晶期。终极大考：Kendall's W 一致性系数验算 ($W > 0.3, p < 0.001$)。在非参数检验的严酷聚光灯下，这用来复核整个长桌上的 20 余位专家是对所有条目的评价尺度（排序的相对强弱关系）达到了数学意义上的整体一致，从而彻底排除了随机噪音的干扰^②。唯有能够扛过这三重量化拷问的指标体系，才具有登堂入室被誉为“重塑框架”的资格。

六、HPC-TDL 框架：理论内核、维度结构与 Delphi 验证结果

在完成了从底层哲学奠基、现存框架批判到实证方法论严密论证的浩大前置工程之后，本节将正式揭开本文的心脏——HPC-TDL (Human-AI Pedagogical Co-creation & Teacher Digital Literacy, 人机协同教学创制) 五维素养框架的全貌。有别于前代数字能力清单式的干瘪条目，本节将以前所未有的理论密度，全景式拉伸展示该框架的灵魂内核 (D-HAC)、极具生命力的五大肌理维度，以及经由全球顶尖专家多轮淬炼后最终呈现的量化共识版图。

（一）理论内核的激进重置：通向“深层人机协同” (D-HAC)

如前文所破立，HPC-TDL 的最高理论内核与统摄性法则被定名为“深层人机协同” (Deep Human-AI Collaboration, D-HAC)。理解 D-HAC，首先必须清除掉盘踞在教育界头脑中关于“协作”的田园诗般的

^①Dajani J S, Sincoff M Z, Talley W K. Stability and Agreement Criteria for the Termination of Delphi Studies [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 1979, 13(1): 83-90.

^②Legendre P. Species Associations: The Kendall Coefficient of Concordance Revisited [J]. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 2005, 10: 226-245.

庸俗理解。在工业时代晚期的词汇表中，人机协作往往意味着一种泰勒制（Taylorism）下的任务外包：机器包揽计算与体力活，人类专注于情感与决策。然而，当通用大模型将计算与“初步生成性决策”融为一体时，这种生硬的二分法遭到了毁灭性破除。

本文将 D-HAC 严格界定为：在复杂的教育情境与知识生产链条中，教师与具备参数级智能的生成式 AI 通过“高频次、往返式、非对称的对抗与融合”，共同完成教育意义建构与学习场域营造的“认知纠缠”（Cognitive Entanglement）过程；且在此过程中，人类的主体地位绝不靠先验的道德高地来维系，而是通过持续且锋利的元认知监控（Meta-cognitive Monitoring）与彻底的批判性再创制（Critical Re-creation）来重新夺回并宣示。易言之，D-HAC 是教师在面对一个试图全面代办其脑力劳动的硅基幽灵时，所发起的最高级别的智力共生与博弈。

（二）认知澄清：D-HAC 对四组相邻概念的降维剥离

为了防止概念的稀释与混用，确立本框架的独立学术坐标，我们在此设置一座坐标系，将 D-HAC 置于聚光灯下，借由与过去二十年四种最流行的技术应用口号进行逐一的剥离与辨析（见表 3），以澄清其绝非旧有语境的平移置换。

表 3: D-HAC 与古典人工智能教育应用形态的本体论辨析

概念形态	人-AI 关系模式	教师的权力角色定位	与 D-HAC 的根本性决裂点
AI 辅助教学 (AI-assisted)	单向控制：教师发出指令 → 机器反馈执行结果	绝对发包方：AI 仅仅被当作高级文秘	D-HAC 超越“帮工”定位，承认模型存在不可预见的涌现启发，是双向的意义流淌。
AI 增强教学 (AI-augmented)	被动增强：机器外力注入以弥补人类算力缺陷	能力接受者：肉身由于弱小而被系统加持	增强论暗含人的被动性；而 D-HAC 强调教师能动地与 AI 进行“对抗性修正”，保持灵魂不在场时的批判拒发。
AI 中介教学 (AI-mediated)	通道桥梁：AI 作为穿梭于师生之间的神经传递网	教学讯息端点发送者	AI 在中介论里是透明的玻片；但在 D-HAC 中，AI 不再透明，而是积极介入、涂抹甚至扭曲讯息的“类他者”。
深层人机协同创制 (D-HAC)	缠绕的旋涡体：往返式攻防、相互重写与思想激荡	元认知监控暴君 + 情感与哲学的最终定海神针	（本文核心）它绝不允许人类“人机合一”走向消解，而是在借用算力的顶端，以人文刺杀算力的冰冷。

正如表 3 所列，D-HAC 的三个核心刺点在于：（1）协作性质从单向“发包式”转向“往返激荡式”——你写出草稿，它进行修改，你再对它的诡辩进行二次解构；（2）通过元认知而非任务隔离保留绝对主体性——教师在每一秒的互动中必须像悬挂在头顶的探照灯一般质问自我：“是它在引领我的思路，还是我在驾驭它的概率分布？”（3）创造性重写——坚决拒绝直接复制粘贴，所有的 AI 产出必须在落入课堂前经过人类情感汁液的浸泡与改编。

（三）史诗级切片：HPC-TDL 五维能力构架的内涵拉伸

如果 D-HAC 是跃动的核心，那么由前文“三层能力生成逻辑”所推演出的 HPC-TDL 五大维度，便是构架起新一代“超人教师”（Über-teacher，非尼采原意，指超越算法者）的骨骼与血管。

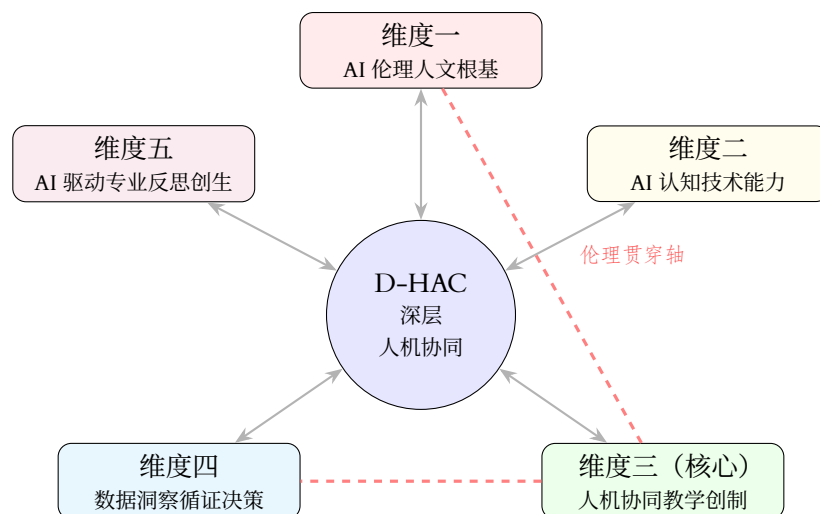


图 1: HPC-TDL 框架结构全景图 (D-HAC 绝对内核与多孔多维组织)

维度一 (AI 伦理人文根基): 这是抵御堕落的护城河。在 HPC-TDL 中, 伦理绝不再是防作弊和隐私保护的技术条例手册^①。它被赋能为三种最高级别的人文防御: 首先是“算法偏见的结构性批判能力”, 教师必须如鹰隼般敏锐嗅出大模型基于高资源语料权重所生成的文本中, 潜藏着的种族、性别与西方中心主义霸权; 其次是“知识生产主权的捍卫意识”, 能够向学生厘清何为人类思想的原创尊严, 何为机器概率的机械拼凑; 最后则是“教育关怀 (Care) 的垄断自决”^②, 教师必须深刻确认, 无论代码生成的抚慰多么温柔, 其背后都没有肉身承担后果, 唯有类独占情感救赎的神圣法统。

维度二 (AI 认知技术能力): 这是破解黑模的通行证。超越肤浅的“打字问询”, 此维度要求教师掌握“黑盒解码力”与“高阶提示学 (Prompt Engineering)”^③。教师不必推导 Transformer 矩阵的偏微分方程, 但必须在隐喻层面洞察“自注意力机制 (Self-Attention)”是如何寻找上下文词元的统计关联的, 只有这样才能在根本上理解何为大模型的“幻觉 (Hallucination)”——这绝不是 AI 在说谎, 而是它的概率坍缩到了一个错误的山谷。相应的, 提示学被升华为一门“语言本体论的雕刻艺术”, 教师必须在此建构起设置角色、限定上下文域边界、部署思维树 (Tree of Thoughts) 强制推理的高阶对话控制权。

维度三 (人机协同教学创制): 心脏中的心脏, 落地的主战场。这里正式展开真实场景的革命。其能力体现为三类极为苛刻的 D-HAC 重组流派: 第一种是“AI 造泥, 人类吹气 (AI Draft & Human Breathing)”, 即在大规模枯燥常备知识点的编写中, 由大模型一秒生成巨量教案草图, 教师则在其上进行人文质变的修改吹拨; 第二种是“人类铸模, AI 浇灌”, 教师搭设最高智识的探究式框架, 由 AI 针对不同差异化后进生填补不同隐喻难度的解释; 第三种是最高级的“三元实时剧场管理”, 在课堂上同时释放学生、教师与一个投影仪外放的 AI 助教进行辩论, 教师作为总导演监控这场三方角力场。

维度四 (数据洞察循证决策): 拨开算力迷雾的点金圣手。在算力过剩时代, 最不缺的就是仪表盘。此维度要求教育数据素养超越传统的描述性统计 (即看懂平均分)^④。教师将被要求拥有强大的“反向溯源”能力: 驱动生成式 AI 处理非结构化的课堂行为流水账或海量主观作答, 进行微观颗粒度极高的形成性研判; 更为重要的是, 必须具备对 AI 所做出的“这名学生可能存在认知障碍”判定进行怀疑、复核与一票否决的正当程序的行使权。

维度五 (AI 驱动专业反思创生): 永动机般的元进化图谱。对应 Schön 的反思性实践, AI 成为了永

①Jobin A, Ienca M, Vayena E. The Global Landscape of AI Ethics Guidelines [J]. *Nature Machine Intelligence*, 2019, 1: 389–399.

②Noddings N. *Caring: A Relational Approach to Ethics and Moral Education* [M]. 2nd ed. Berkeley: University of California Press, 2013.

③Holmes W, Bialik M, Fadel C. *Artificial Intelligence in Education* [M]. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019.

④Williamson B. *Big Data in Education* [M]. London: SAGE Publications, 2017.

不疲倦的苏格拉底式牛虻^①。教师下课后，将带着困惑（“为什么今天学生在理解量子概念时毫无反应？”）与大模型展开长夜长谈。教师必须具备利用 AI 作为行动研究（Action Research）校本数据分析仪器的能力，同时，这也是教师抵御“被技术淘汰恐惧症”的内生免疫力源泉——在终身协同中，成为不可战胜的混合硅基文明驯化者。

（四）实证加冕：由 Delphi 铸就的量化共识壁垒

前述之高谈阔论，如若未能经历残暴的同行攻防论证，皆为镜花水月。如第五节所述，由全球 21 名横跨多学科领域的顶级专家参与的三轮背靠背 Delphi 会战，为 HPC-TDL 框架打上了无可辩驳的权威烙印。表 4 不仅展示了冷冰冰的数字，更刻画了一幅共识形成的心理断层扫描图。

表 4: HPC-TDL 五维框架 Delphi 残酷检验下最终脱水共识版（第三轮， $n = 20$ ）

核心攻防维度	极权均值 (Mean)	标准差 (SD)	变异系数 (CV 防伪率)	共识审判
维度一：AI 伦理人文根基	4.65	0.49	0.11	通过（高度锁定）
维度二：AI 认知技术能力	4.36	0.75	0.17	通过（稳健过线）
维度三：人机协同教学创制 (核心)	4.78	0.43	0.09	一致性封顶通过
维度四：数据洞察循证决策	4.40	0.94	0.21	通过（意见激荡后统一）
维度五：AI 驱动专业反思创生	4.55	0.60	0.13	通过（高度锁定）
无神论级整体连贯性指标 (Kendall's W)		$0.41, \chi^2 = 32.8, df = 4, p < 0.001$		

注：均值红线 ≥ 4.0 ，CV 防伪红线 ≤ 0.25 。全部维度顶住压力击穿阈值。 $n = 20$ （第三轮 1 名专家弃权，回收率维持恐怖的 95.2%）。

对表格背后的深意解码：首先，在五座关卡之中，被本文界定为“主心脏”的维度三（人机协同教学创制）取得了全场最高的均值（4.78，近乎满分 5 分）以及全场最为窒息的极低变异系数（ $CV=0.09$ ），这意味着不管是最激进的计算机科学家还是保守的人文学者，在这个关键点上握手言和——他们共同承认，无论技术如何演变，“怎么在课堂上把技术融入实际发生的深层教法”，永远是立身之本。本项数据的霸榜，彻底印证了由“技术单点突破”向“教学法整合”的教育转移不可逆转。

其次，值得大书特书的一段插曲是在首轮“开放粉碎轮”中浮现的惊险一幕。超过 4 名不同国籍的专家在空白便笺处，不约而同地严厉指出了初版框架中对于大模型“满嘴跑火车（幻觉）”的防御软肋。为此，团队紧急在维度二中破格增补了极为细分的下辖指标“AI 幻觉与诡辩伪装的结构剥离力”。该指标在第二轮投放到面板时起初遭遇了一些关于“对普通教师技术要求是否过高”的质疑（导致前期的 SD 浮动），但在最终第三轮通过多轮压力论述展现其巨大的系统风险性后，其硬核均值从 3.9 飙升定格在惊人的 4.70 分，宣告了“防幻觉能力”在当下乃至未来长期岁月里不可撼动的铁血地位。

最后，由非参检验王者 Kendall's W 给出的 0.41 超高一致性读数（且伴随千万分之一机率犯错的显著性水平 $P < 0.001$ ），从上帝视角宣布：这场横跨欧美亚澳、集合了东西方不同算力发展水准的学界风暴，成功对这由“深层人机协同”作为核心聚变堆推动的崭新航母级框架，下发了最终的一致性学界通行护照。

^①Schön D A. The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action [M]. New York: Basic Books, 1983.

七、教师 AI 数字素养专业化转型的“三元共创”生态模型与实施路径

任何宏大且精致的素养框架，如果缺乏极具穿透力的落地路径，终将沦为政策文本里的休眠符号。传统教育行政体系在应对每一次“新技术浪潮”时，其肌肉记忆往往是启动大规模、暴风骤雨式的“自上而下技术集训”（Bootcamps）。历史无数次宣告了这种“脱离教学场域的单向技能灌输”对改变深层课堂生态是何等的疲软与无效^①。由于 HPC-TDL 框架的核心是 D-HAC（深层人机协同），它本质上要求的是一场教师心智模式（Mental Model）的本体论级转型，而非简单增添一门“提示词怎么写”的操作技巧。

因此，本文呼吁对现有的教师专业发展（Professional Development, PD）范式进行一场残酷的刮骨疗毒。结合前文构建的五维能力图谱，本文创造性地推演并提出一套旨在促成“范式共建与心智内化”的“三元共创生态模型”——协同探究模式（CIM）、行动研究模式（ARM）以及分层终身学习生态圈（T-LLM）。这三种模式不是孤立的培训模块，而是相互咬合的老虎钳，强迫并保障教师在第一人称的切肤实践中完成向“超人教育者”的涅槃。

（一）模式一：协同探究模式（Collaborative Inquiry Model, CIM）——在同侪角力中打破孤岛

1. 理论奠基与运转逻辑

CIM 模式的理论底盘锚定在杜福尔（DuFour）等人的专业学习共同体（Professional Learning Communities, PLC）理论与 Lave & Wenger 的“合法边缘性参与”情境学习理论双重基因之上^②。面对通用语言模型这种几乎拥有全学科渗透力的黑盒怪物，单个教师在封闭教室里的孤独探索往往会滑入两个极端：要么是被 AI 制霸而彻底退化为 PPT 播放员，要么因为一次严重的 AI 乱码幻觉而产生极度技术厌恶（Tech-aversion）。CIM 的核心在于通过“教研组”这一中国最具本土优势的组织血脉，建立集体的抗击打韧性。其运转遵循四个严酷的循环阶段：锁定“不可被外包”的核心困难 → 共同编织对抗性 Prompt 与人机协作预案 → 同场跨班级试教与深度临床观课 → 采集现场崩坏数据进行剥皮式联合复盘。

2. 极度深描（Thick Description）：某中学语文学科组的 D-HAC 血风肉雨实战案例

为了证明 CIM 模式如何切实运转，我们以某市重点初中八年级语文备课组为期一学期的真实转型轨迹为切片进行极限深描。该组面临的核心困境是：在长篇说明文单元中，自 ChatGPT 普及后，学生上交的初稿语言惊人的娴熟且结构无懈可击，但整齐划一的“AI 腔调”抹杀了所有青涩但真实的少年生命力体验。传统教学面临空转。

在 CIM 模式驱动下，教研组没有选择去购买劣质的“AI 查重软件”进行猫鼠游戏，而是集体决定杀入“人机协同教学创制（维度三）”的最深处。他们策划了一场名为“人机绞肉机”的教学实验。第一阶段（AI 造泥）：要求学生必须使用 AI 工具生成三份由不同指令变体（例如“以极客口气写”或“以古文内核写”）诱导出的首版说明文说明草稿。第二阶段（同侪共设壁垒）：教研组集体连夜攻关，开发出了一套名为“D-HAC 诡辩剥离”的量规。该量规并不考察语法，而是强迫学生标出 AI 文本中“最滑头、逻辑最易滑动（Slippery）、且缺乏真情实感”的七处段落。第三阶段（极限修改与临床观课）：在课堂上，教师退后一步成为巡视全场的“元认知审判长”。当某学生试图直接将 AI 给出的一句浮夸的建筑描写作为定稿时，教师立刻利用教研组预设的“探针提问”进行侧翼阻击：“这座桥的石狮子既然如 AI 所说‘栩栩如生’，那请你闭上眼睛，告诉我你指尖摸到那石狮子第一秒的温度与湿度。”学生在回答不出时，瞬间感受到了全知机器的“肉身缺失”与冰冷。第四阶段（集体归纳定海标）：课后教研组围坐在一起，将录像进行逐帧复盘。他们惊讶地发现，那节课上学生对文字本身的敬畏被重新燃起了。他们随后提炼出的一整套《D-HAC 写作对抗指南》，立刻被作为该市的标杆教案全面推广。这，就是协同探究带来的跨越工具论的核爆力量。

^①Darling-Hammond L, Hyler M E, Gardner M. Effective Teacher Professional Development [R]. Palo Alto: Learning Policy Institute, 2017.

^②Lave J, Wenger E. Situated Learning [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

(二) 模式二：行动研究模式 (Action Research Model, ARM) ——使教师从知识消费者跃迁为“AI-社会学田野考察师”

1. 从盲从到“反思性批判”的内生免疫系统

如果 CIM 是群体共进的军团战法，那么 ARM 则是教师武装个人独立思想的最强暗器。它将 Lewin 的行动研究基因与 Donald Schön 的“行动中反思”合二为一^①。在传统的教育信息化时代，教师永远是教育科技公司出产的 App 与平台的被动“消费者”与“数据喂养者”。但在通用人工智能时代，由于大模型的涌现性和不透明性，世界上没有任何一家科技巨头敢声称它的模型在复杂课堂互动中百分百绝对安全且教育效能最优。此时，唯有一线熟稔教育学原理的教师介入，将每一节 AI 辅助课堂视为微缩的“社会认知学实验室”，教师本人正式转型为具备科学家气质的“研究员”，才是夺回知识自主权的关键。

2. 元认知事件流的捕获与微观循证闭环

ARM 的独特落脚点在于强化 HPC-TDL 框架第四维度 (数据洞察) 与第五维度 (AI 驱动的专业反思)。它要求教师在尝试新的大模型教学法时，抛弃写一篇空洞“教后感”的旧习，转而实行极端严密的“假设—干预—循证 (证据链路) 记录—模型重构表”。例如，一位高中物理教师在讲解“量子隧穿”时引入了 Claude 大模型作为答疑陪练。他通过 ARM 模式，并不满足于学生最后选择题做对了多少，而是通过记录并提取学生与 AI 长达百个轮次的对话 Prompt-Log (提示词原木)。他就像一位深海寻宝者，在这些凌乱的聊天记录中，敏锐揪出学生面对难点时是“主动诱导 AI 给出进一步的物理隐喻 (比如穿墙术)”，还是“陷入认知停滞，被动接收 AI 的填鸭”。基于这份从前不存在的海量的“中间态认知流”数据，教师迅速微调了第二天的课堂干预策略。在此模式中，教师不再评判学生的起因与结果，而成为了精准主刀干预“思维神经元联结过程”的微观手术巨匠。

(三) 模式三：分层级终身演进圈层 (Tiered Lifelong Learning Model, T-LLM) ——抵抗代沟坍塌的“抗衰老疫苗”

1. 反技术代沟与 Mezirow 转化学习的嵌入

技术以摩尔定律甚至超摩尔定律在迭代，而碳基人类的教师生涯却长达三四十年。T-LLM 致力于根除教育系统中最令人绝望的“技术代沟坍塌”现象 (即刚入职培训的先进技术，五年后变成阻碍其接受更新技术的历史包袱)。基于 Mezirow 的转化学习理论 (Transformative Learning)^②，我们设计了一个与 HPC-TDL 评估量表中 L1 至 L3 级能力逐级咬合的“上升旋转门”机制。

2. 冰川解冻至星际远航：三级进化圈层解码

第一层，基础破冰与脱敏层 (L1：观念启蒙与恐惧拔除)。针对那些深陷对 AI 取代论的焦虑或将 AI 视为洪水猛兽的庞大基数群。该层级严禁涉及哪怕半行的代码或复杂的控制论参数，其唯一形式是利用戏剧化的工作坊或极度易用的 C 端应用 (如让 AI 画一幅自己童年的抽象画)。核心目标有二：拔除其技术恐惧 (打破它只是机器的错觉)；并在第一课就植入 HPC-TDL 第一维度的伦理锁链——让其深刻明白“AI 之所以能画图，是因为它绞杀了人类上万名原画师的数据版权”，从一开始就孕育出对技术的辩证甚至悲观主义的高级抵御视角。

第二层，骨血交融与阵地攻坚层 (L2：项目制协同整合)。跨越恐惧后，不可令其停留在写检查报告的浅水区。教师将进入长达一个完整学季的跨校大项目 (Project-Based Learning)。在这个阶段，教师必须抛弃既往的一切传统教案库，被迫进入“只有利用 D-HAC 协同创制，才能完成这期极端复杂的跨学科教育任务”的绝境中求生。在这片战场上，教师必须将 AI 分别作为“发散者、辩难者、排错者”等三种角色熟练切换调教，完成骨血交融。

第三层，终极涌现与造物主视野层 (L3：突破极限与规则书定者)。针对占比极少但拥有狂热探索欲的

①Lewin K. Action Research and Minority Problems [J]. *Journal of Social Issues*, 1946, 2(4): 34-46.

②Mezirow J. Learning as Transformation [M]. San Francisco: Jossey-Bass, 2000.

先锋名师群体。这层不再是“学习如何使用现有架构”，而是直接跨越教育的院墙，将他们投入到与最前沿的计算机算法工程师、脑科学家的混合项目组中去。他们将利用自身累积的海量教育直觉默会知识（Tacit Knowledge），对那些尚未出厂的初级大模型进行“价值观对齐（Alignment）”教育与微调（Fine-Tuning）。在这里，教师完成了世俗意义上从“人类知识传递者”向着“硅基智能体驯化者”的终极飞升，这也是 HPC-TDL 所能想象并规划的，人类教师这一古老职业在宇宙漫长长河中最为壮丽的黄昏与新生。

八、深度讨论：跨越算力神话与人文危机的边界

本研究通过一场旨在解构与重建的思想远征，完成了从底层哲学批判到实证量表打磨的全链路工作。在这一节的讨论中，我们将跳出数据与量规的窠臼，以更为宏阔且审慎的视角，重新审视我们在面对这场技术海啸时所拾取的贝壳与暗礁。

（一）研究闭环的元综合：三个追问的最终拼图

随着 HPC-TDL 框架在 Delphi 量化沙盘盘中完成了最终的淬炼，我们当初所掷出的三个研究问题（RQ1-RQ3）也迎来了最为坚实的闭环响应。就 RQ1 而言，我们通过刺破传统五大国际与本土框架（如 Dig-CompEdu 与 ISTE）的表层光鲜，揪出了那个致命的“工具性 AI 预设”。这种预设之所以失败，是因为它依然在一厢情愿地企图用管理微波炉或幻灯片的逻辑去驾驭一个随时可能涌现出异端思想的类主体制幻机。就 RQ2 而言，打破旧藩篱后，我们以海德格尔与斯蒂格勒的技术哲学为骨盆，以延伸心智理论与社会学反思性实践为血肉，成功孵化了“深层人机协同”（D-HAC）这一重装理论内核，并以此为原点辐射出了由伦理奠基、技术破壁、教法落地、数据洞察和反思蜕变交织的五维能力生境。就 RQ3 而言，经由包含全球 9 大国家、三种不同交叉学科背景的顶级智囊团多轮施压，所有五个维度不仅存活了下来，更以均值全面突破 4.36、变异系数极度收敛的姿态，拿到了通往真实教学现场的通行金牌。

（二）理论凿痕：在“算力暴政”下为教师夺回认知主权

本文所贡献的并非仅仅是一张多加了几行新名词的考核表格，而是试图在“教育学即将被计算机科学全面吞噬”的危局中，打下一根粗壮的理论楔子。D-HAC 概念的确立，完成了一次本体论级别的突围：它宣告了 AI 与教师不再是“主宰与附庸”或是“使用者跟被动工具”的单向度关系，而是一种充满张力、相互纠错的“深层认知缠绕”。

这不仅仅是一种学术修辞，而是具有极权解构意味的实操利器。当资本和科技巨头试图用“让 AI 全面接管批改与备课”来推销其云服务时，HPC-TDL 框架犹如一面批判的盾牌，赋予了一线教师一种前所未有的制度正当性——“我不直接采用 AI 生成的完美结果，并非因为我保守落后，而是因为我是 D-HAC 模式下的终极把关人；我保留对算法输出进行人文刺杀与伦理否决的最高权力”。

（三）潜伏的暗礁：向生成式深渊凝视时的三大系统性危机

在勾勒出一幅宏大壮丽的专业发展蓝图之时，作为一个极其理性的学术构筑者，我们必须在狂欢中指出隐藏在巨浪之下的三座最为冷酷的系统性死亡暗礁。这不仅是 HPC-TDL 框架在落地应用中会遭遇的壁垒，更是决定整个教育系统生死存亡的红线。

其一：AI “一本正经的胡说八道”（Confident Hallucination）构成的结构性认知投毒。大语言模型的本质概率性决定了它无法具备人类的“事实边界感”^①。当它对于未知的知识产生幻觉时，它不会像旧时的搜索引擎那样返回“未找到结果”，而是会用极度流畅、权威甚至带有虚假文献引用的语气凭空捏造事实。对于心智防御尚未闭合的 K-12 学生而言，这种包裹在蜜糖语料中的认知投毒是绝对致命的。因此，HPC-TDL 虽然倡导协同，但其对教师“幻觉剥离定力”的要求已然达到了生死攸关的高度——如果教师自身的学科底座不稳，不仅不能协同，反而会沦为这种高维认知病毒的二次传播中继站。

^①Ji Z, Lee N, Frieske R, et al. Survey of Hallucination in Natural Language Generation [J]. *ACM Computing Surveys*, 2023, 55(12): 1-38.

其二：隐藏在黑箱参数中的“隐性文化殖民”（Algorithms Colonialism）。目前的顶级闭源万亿参数模型，其 RLHF（基于人类反馈的强化学习）预训练底层不可避免地浸泡在以英语语料占绝对多数的昂格鲁-撒克逊价值观体系之中。当中国的数学、历史或语文教师去与 AI 频繁进行思维共创时，实质上正处于一个极具隐蔽色彩的西方意识形态渗透场。技术绝无中立可言。HPC-TDL 第一维度中的“偏见结构性批判力”，就是要强迫教师在享受大模型带来的修辞狂欢的同时，保持清醒的政治嗅觉与本土文化守护者意识。

其三：新马太效应下“深不见底的数智鸿沟”（Digital Divide 2.0）。前 AI 时代的数字鸿沟，拼的是谁家有交互白板和千兆网络流；但在算力为王的时代，鸿沟的烈度被呈指数级放大^①。当一线城市的精英名校已经开始为教师采买最新的 API Token，并开始实践 D-HAC 模式去培养具有全球算力调度视野的学生时，大批边远地区的教师群体或许连“自然语言追问（Prompting）”为何物都从未耳闻。如果宏观教育政策不对弱势资源底板进行强力干预兜底，仅仅依靠 HPC-TDL 这样的前沿框架，会在客观上加速优质剥夺的残忍进程，让精英阶层的智力被外脑无限放大，而底层生源将彻底沦为被淘汰的“无用阶级”。

（四）研究的残缺之美与前瞻留白

世无完美的模型，科学的进步永远建立在对自身局限的坦诚剖露之上。本文的雄心亦受制于诸多客观枷锁：首先，受限多轮追踪的严苛条件，Delphi 面板的容量停留在 21 人的精英池中，尚未通过发放至成千上万名普通教师手中去完成基于项目反应理论（IRT）的大样本心理测量学（Psychometrics）提纯与因子分析定标。其次，一切关于 D-HAC 能否切实提升学生高阶批判性思维的论述，尚主要停留在基于延伸心智理论的学理推演层面。只有在未来介入长达三至五年的准实验追踪对比（甚至涉及脑认知成像证据），才能在这场宏大理论的大厦上钉下最硬的一颗实证铆钉。最后，文科的感性交融与理科的精密计算，在与 AI 发生化学反应时呈现出根本不同的肌理。HPC-TDL 目前仍是一个庞大的“母体模型”，它极其迫切地呼唤各门类的学科专家将其细化生成诸如“化学 D-HAC 量表”或“地理 D-HAC 指南”等特定门类（Subject-specific）变体。

九、结论

当我们穿越了数十页浩瀚的理论巡航与密不透风的数据查验，重新停泊在出发的原点时，对于那场悬在全人类教育者头顶的“被计算机科学彻底取消”的终极存在危机，我们已经寻获了一柄足以自卫甚至反杀的思想利刃。

本文以一种对现有温吞政策文件的激进决裂姿态，彻底掀翻了将大模型降格为普通教具的“工具性预设”。我们通过由海德格尔延展至认知科学的“三段论框架”（规范—技术—教学法逻辑），亲手锻造出的 HPC-TDL 这一基于深层人机协同（D-HAC）的五维重装素养体系。它不仅是一张供教育家进行对照的静态体检表，更为教师职业在这个硅基崛起的混乱纪元中，指明了保持灵魂在场与心智制高点的图腾之路。在那极度严苛、防伪系数拉满的国际专家 Delphi 围剿战中，该框架的全维度存活高分，证明了人类共同体面临威胁时对于“捍卫深度批判智慧及其教育尊严”的绝对底线共识。

我们并不天真。AI 幻觉的隐形毒雾、深潜于算法底层的意识形态霸权，乃至足以撕裂社会阶层鸿沟的算力不平等，都是横亘在前方的死亡沼泽。然而，正因为黑夜如此漫长且未知，执剑者的存在才具有了不可被剥夺的美学与伦理价值。未来的教育现场，将不再是比拼储电容量的多媒体硬盘之争，而是活生生的教师血肉与庞大机械概率丛林之间，一次次关于真理、谎言、共情与创造力的壮丽搏杀。HPC-TDL 框架正是这场漫长搏杀的第一本战略操典。我们期待并呼吁后续海量的、基于严苛计量测量学的实证介入，在世界各地的教室里去验证这套防线的坚固，确保人类那执意追求光晕与关爱的双手，在任何算力爆发的年岁里，都永远握紧那支永不退色的粉笔。

^①尚俊杰, 庄榕霞. 人工智能教育的城乡差异 [J]. 教育研究, 2024, 45(6): 72-81.

引用本文 孙强. 人机深度协同教学中的教师 AI 素养：HPC-TDL 框架的建构与验证 [J]. 人工智能教育研究, 2026, 2(1):109–131. <https://doi.org/10.6914/aiesc.020104>.

Cite This Article Sun Qiang.(2026). Beyond AI as a Tool: The HPC-TDL Framework for Human-AI Collaborative Teaching. *Artificial Intelligence Education Studies (Réngōng zhìnéng jiàoyù yánjiū)*, 2(1):109–131. <https://doi.org/10.6914/aiesc.020104>

Beyond AI as a Tool: The HPC-TDL Framework for Human-AI Collaborative Teaching

Sun Qiang

North China University of Technology

Abstract The rapid development of generative artificial intelligence (Generative AI) is profoundly changing the modes of knowledge production and classroom teaching paradigms, posing new challenges to traditional teacher digital literacy frameworks. Existing international teacher competency frameworks (such as Dig-CompEdu, ISTE Educator Standards, UNESCO ICT-CFT/AI-CFT, and China’s Teacher Digital Literacy standard) commonly share an underlying theoretical premise that views artificial intelligence merely as an “instrumental tool,” which fails to adequately explain human-AI collaborative teaching practices in the Generative AI era. To address this theoretical gap, this paper adopts a three-phase research design comprising “literature synthesis, conceptual construction, and Delphi validation” to propose the Human-AI Pedagogical Co-creation (HPC-TDL) framework. Grounded in the theoretical core of “Deep Human-AI Collaboration” (D-HAC), the structural model of teacher AI literacy comprises five dimensions: AI Ethics and Humanistic Foundation, AI Cognition and Technical Competence, Human-AI Collaborative Pedagogical Co-creation, Data-Informed Insight and Evidence-Based Decision-Making, and AI-Driven Professional Reflection and Creation. A three-round Delphi study involving 21 experts from 9 countries revealed high consensus across all five dimensions (mean importance 4.36–4.78, CV 0.12–0.23, Kendall’s $W = 0.41$, $p < 0.001$), demonstrating the framework’s sound theoretical rationale and structural stability. Furthermore, this study proposes a professional development pathway characterized by “collaborative inquiry, action research, and layered lifelong learning,” and discusses the institutional and practical challenges confronting teachers’ professional transformation. This research provides a novel analytical perspective for the theoretical and policy-oriented design of teacher AI literacy frameworks.

Keywords human-AI collaborative teaching; AI literacy for teachers; generative AI; Delphi study; HPC-TDL framework

〔责任编辑：黄欣 Email: cpcl@cpcl.hk〕