

人机协同视域下教师跨学科教学设计胜任力提升研究：模型构建与 GAI 平台干预

Empowering Teachers' Interdisciplinary Instructional Design Competency through Human-AI Collaboration: Model Construction and Generative AI Platform Intervention

陈莉莉^{1,2} 董艳³

北京师范大学未来教育学院，珠海，519087；

深圳市宝安区燕山学校，深圳，518105

北京师范大学教育学部，北京，100875

lilychenferc@163.com

【摘要】 为响应新课标对跨学科主题学习的要求，破解一线教师因长期分科教学背景而面临的跨学科设计胜任力瓶颈，本研究提出了“人机协同”的赋能路径。研究旨在：（1）构建一个整合生成式人工智能（GAI）维度的教师跨学科教学设计胜任力模型（AI-ITPACK）；（2）以自主开发的 GAI 平台“跨科三问”为干预载体，通过准实验设计揭示其赋能教师胜任力提升的具体机制与效果；（3）最终形成一套可推广的实践模式。本研究将“赋能机制”操作化为认知卸载程度、人机交互质量与元认知激活水平三类可测中介变量，通过中介检验与调节分析，揭示人机协同赋能教师跨学科设计胜任力的具体路径。

【关键词】 AI-ITPACK；生成式人工智能；跨学科教学设计胜任力；人机协同；基于设计的研究

Abstract: In response to the national Compulsory Education Curriculum Plan (2022 Edition)'s mandate for interdisciplinary thematic learning, and to address the critical bottleneck in interdisciplinary instructional design competency faced by frontline teachers whose professional backgrounds are predominantly rooted in single-discipline pedagogy, this study proposes a human-AI collaborative empowerment pathway. The research pursues three interconnected objectives: (1) to construct a teacher interdisciplinary instructional design competency model (AI-ITPACK) that integrates a Generative Artificial Intelligence (GAI) dimension; (2) to employ a self-developed GAI platform—the Three-Question Interdisciplinary (TQI) platform—as the intervention vehicle within a quasi-experimental design, thereby elucidating the specific mechanisms and effects through which it empowers teachers' competency development; and (3) to ultimately yield a replicable and scalable practice model. This study operationalizes the "empowerment mechanism" into three measurable mediating variables: the degree of cognitive offloading, the quality of human-computer interaction, and the level of metacognitive activation. Employing mediation and moderation analyses, this research aims to unveil the specific pathways through which human-computer collaboration empowers teachers' interdisciplinary design competence.

Keywords: AI-ITPACK, Generative AI, Interdisciplinary Instructional Design Competency, Human-AI Collaboration, Design-Based Research

1. 前言

《义务教育课程方案（2022 年版）》将跨学科主题学习设定为刚性要求，如何通过教学实践培养学生解决复杂问题的核心素养，已成为国家课程改革的战略焦点。然而，植根于长期分科教学的专业背景，一线教师在落实这一要求时普遍遭遇了显著的“跨学科教学设计胜任力”瓶颈（杜文彬，2023），具体表现为整合多学科知识的困难、创设真实探究情境的困难以及设计结构化学习活动的困难（詹泽慧等，2024）。这种“政策高要求”与“教师实践能力不足”之间的结构性矛盾，构成了当前深化素养导向课程改革所必须破解的核心实践难题。

生成式人工智能的迅猛发展，为应对上述挑战、赋能教师专业发展提供了新的技术路径。已有研究初步揭示了 GAI 在辅助教学资源生成、启发教学设计思路方面的潜力（董艳等，2023；卢宇等，2023）。然而，现有探索存在两个明显局限：其一，多数研究依赖于通用大型语言模型，其生成内容往往难以精准契合新课标所要求的系统性、深度性教学设计逻辑，缺乏对

教育垂直领域的专门化适配(夏亮亮等, 2025); 其二, 相关研究多集中于验证 GAI 工具的“是否有效”, 对于其“如何赋能”的内在机制——即人机协同过程中具体的认知交互与能力发展过程——缺乏深入的过程性剖析(穆肃等, 2025)。这导致 GAI 赋能教师跨学科设计能力的“黑箱”仍未打开, 也难以以为开发精准有效的干预工具提供清晰的理论指引。

为弥补上述研究缺口,本研究遵循“理论建构-实证检验”的整合路径,探究“人机协同”赋能教师跨学科教学设计胜任力的具体模式。

2. 研究方法

为系统性探究生成式人工智能（GAI）赋能中小学教师跨学科教学设计胜任力的内在机制与实践有效性，本研究以基于设计的研究作为统领的方法论范式。在本研究中，“设计”的核心对象是基于“跨科三问”GAI 平台的教师跨学科教学设计赋能路径即干预方案。整个研究遵循两轮完整的 DBR 循环（如图 1 所示），每一轮循环均整合多种具体研究方法，以协同解答三个研究问题。

研究核心包含两个关键环节：首先，致力于构建一个整合了 GAI 维度的教师跨学科教学设计胜任力新模型(AI-ITPACK)。不同于 TPACK 所强调的“技术—学科—教学法”三元整合，以及 ITPACK 在此基础上加入跨学科整合维度的扩展，AI-ITPACK 的核心创新在于：聚焦于描述教师在与 GAI 持续交互过程中，其跨学科设计能力如何经历“激活—重组—提升”的动态生成机制，GAI 作为认知协作伙伴，通过即时反馈、方案生成与概念整合，触发教师原有学科知识网络的跨界连接（激活）；通过提示词迭代与方案批判性修订，促使教师在元认知层面重构设计逻辑（重组）；最终在持续人机对话中将跨学科设计能力内化为可迁移的专业图式（提升）。这一动态机制是 AI-ITPACK 区别于既有模型的理论核心，也是本研究框架的立论基础。

其次，以自主研发、深度内嵌“追求理解的教学设计”（Understanding by Design, UbD）逻辑的教育垂直大模型平台——“跨科三问”为核心干预载体（夏亮亮等，2025）。研究采用**准实验设计**，并融合量化（如胜任力问卷、教学设计方案专家评分）与质性（如半结构化访谈、平台交互日志分析）的混合方法，系统检验该平台对教师胜任力的提升效果，并以**分布式认知理论**（Distributed Cognition）为核心解释框架，整合认知卸载与智能脚手架概念，深入揭示人机协同的作用机制。本研究的理论主轴确立如下：分布式认知理论主张认知过程并非局限于个体内部，而是分布于人、工具与环境构成的系统之中（Hutchins, 1995）。在此框架下，教师与“跨科三问”平台构成一个**人机认知系统**：GAI 承担外部认知功能，通过结构化提示与方案草稿生成实现**认知卸载**，从而为教师腾出有限的工作记忆资源，专注于高阶的跨学科整合判断；与此同时，平台内嵌的 UbD 逻辑以**智能脚手架**的形式动态支撑教师的设计思维，引导其从学科孤立走向目标统整。这一框架不仅作为事后解释工具，更直接指导干预方案的设计逻辑：平台任务结构的分层设计、提示顺序安排，均依据分布式认知系统中“卸载—协作—内化”的运作原理加以建构。

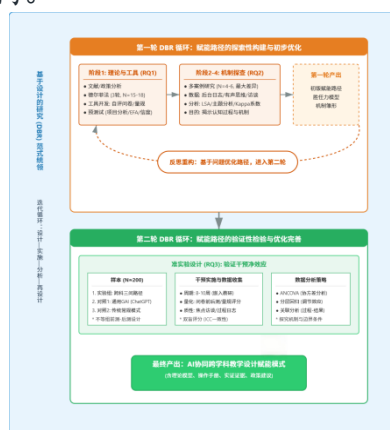


图 1 研究技术路线图

2.1. 第一轮 DBR 循环：赋能路径的探索性构建与初步优化

本轮 DBR 旨在通过小范围、深度的探索性研究，初步构建并优化赋能路径，为核心问题一和二提供初步解答，并为第二轮验证性研究奠定基础。

2.1.1 阶段一：理论模型构建与测评工具开发

首先，通过文献研究法与政策文本分析，初步提炼教师跨学科教学设计胜任力的关键要素。随后，采用德尔菲法构建并验证其结构化模型。

依据权威性与经验性原则，邀请 15-18 位专家参与咨询。专家组包括：1) 教育技术或课程与教学论领域学者 (4-5 位)，需具备高级职称或博士学位，并持续关注技术赋能教学研究；2) 中小学跨学科教学名师或资深教研员 (6-8 位)，需具有五年以上跨学科教学实践或指导经验，并曾主持/参与相关教研课题。实施三轮匿名咨询。首轮提供基于文献的初步框架，进行开放式修订；次轮使用李克特五点量表进行重要性评价；终轮反馈统计结果 (均值、标准差、变异系数) 以达成最终共识。采用肯德尔和谐系数 (W) 评估共识度，以 $W>0.5$ 且 $p<.05$ 为标准。

基于最终模型，编制《教师跨学科教学设计胜任力自评问卷》与《教学设计方案评价量规》。随后，进行大样本预测试以检验工具信效度。

2.1.2 阶段二至四：赋能机制微观探查与路径初版设计

在“跨科三问”平台初步应用场景中，深入理解人机协同的认知过程，为设计赋能路径提供依据。

研究采用多案例研究设计。依据“最大差异抽样”原则，选取 4-6 名参与教师作为案例，确保其在学科背景 (文/理)、教龄 (新手/熟手)、技术接受度前测 (高/低) 上具有异质性，以充分捕捉不同背景下的使用体验。

收集 1) 过程性数据：通过平台后台自动记录教师的操作行为序列；2) 认知过程数据：要求教师在进行设计任务时同步进行有声思维报告，并全程录音录像；3) 回溯性理解数据：任务结束后，立即对教师进行半结构化访谈；4) 负荷感知数据：在关键设计节点后，使用改编的《心智负荷量表》进行测量。

对有声思维转录文本与访谈文本进行主题分析。依据分布式认知理论构建初始编码框架，进行逐行编码并迭代修订。最后，将质性分析得出的关键主题 (如“提示词迭代策略”) 与后台日志中的具体行为序列进行时间线对齐与模式匹配分析，实现数据三角互证，从而揭示初步的赋能机制。

基于第一轮循环的发现，即初步的胜任力模型、微观机制洞察及教师反馈的问题，研究将设计出第一版较为系统的“跨科三问”赋能教师跨学科教学设计干预方案即赋能路径，进入第二轮循环。

2.2. 第二轮 DBR 循环：赋能路径的验证性检验与优化完善

本轮循环的核心目标是对优化后的赋能路径进行效果验证，并进一步收集数据以支持其持续完善。

研究设计采用不等组前测-后测准实验设计，旨在控制前测差异，检验干预的净效应。

参与者与抽样：通过合作区域教研网络，招募约 180-220 名中小学在职教师。依据其学科、教龄及前测胜任力得分进行匹配，将其分为三组。**个体特征变量的理论定位**：本研究将教师的教龄与学科背景纳入分析，其理论依据如下：在分布式认知框架下，人机认知系统的运作效能受到个体认知资源储备与知识结构的显著影响。具体而言：①**教龄**在本研究中定位为**调节变量**。依据专业发展阶段理论 (Berliner, 1988)，新手教师与熟手教师在已有学科图式的丰富程度上存在系统性差异：熟手教师具备更完善的学科知识网络，可能更有效地利用 GAI 输出进行批判性整合，从而在认知卸载的基础上产生更高质量的跨学科重构；而新手教师可能因缺乏足够的先备知识，对智能脚手架的依赖程度更高，从而表现出不同的能力提升轨迹。②**学科背景 (文/理)**同样定位为**调节变量**。理工科教师与人文社科教师在知识结构的整合方式、对问题情境的建构逻辑上存在差异 (Lattuca, 2001)，这可能导致其与 GAI 协同进行跨学科整合时呈现不同的认知路径，进而调节干预的效果大小与方向。③**前测胜任力得分**作为

背景控制变量纳入协方差分析,旨在排除初始能力差异对结果的混淆效应,确保干预净效应估计的准确性。综上,个体特征变量在理论模型中的位置明确:教龄与学科背景为调节变量,前测得分为控制变量,三者 in 统计分析中承担不同的角色与功能。

干预实施:“跨科三问”赋能路径的具体结构:本研究的核心干预载体为“跨科三问”平台,其内容逻辑与实施结构如下:(一)“三问”的内容逻辑直接对应 UbD 逆向设计的三阶段框架,构成跨学科教学设计的核心驱动线索:第一问“为何联结?”:引导教师识别两个及以上学科之间的本质性概念关联,锚定跨学科整合的真实价值点,对应 UbD 中“确定预期结果”阶段。教师在平台中通过与 GAI 的对话式交互,输入拟整合的学科与主题,GAI 依据大概概念图谱生成候选联结方向,教师进行批判性筛选与确认。第二问“何以为证?”:引导教师设计能证明学生实现跨学科理解的表现性评估任务,对应 UbD 中“确定合适的评估证据”阶段。GAI 基于第一问确认的整合方向,提供评估任务脚手架,教师结合本班学情进行修订与情境化设计。第三问“如何实施?”:引导教师将前两问的成果转化为具体的学习活动序列,确保活动与目标、评估的逆向一致性。GAI 提供活动框架建议,教师进行任务分解与时间规划。(二)阶段安排与时间结构:干预历时 8-10 周,分为三个阶段:第 1-2 周为“定向与入门期”,包括平台功能培训、第一问的完整操练(以教研组为单位),重点建立人机协同的基本交互习惯;第 3-6 周为“深化设计期”,教师以小组合作形式依次完成三问的完整流程,形成一份跨学科教学设计方案初稿,每两周开展一次线上教研反思;第 7-10 周为“修订与内化期”,教师基于专家和同伴反馈对方案进行迭代修订,并完成个人独立设计任务以评估能力迁移。(三)教师在平台中的具体互动方式:教师通过自然语言对话框与 GAI 交互,平台提供三类结构化提示模板,并在每次对话后自动记录交互日志。平台还内置“设计决策追踪”功能,要求教师在每次修订后填写简短的决策理由,以促进元认知反思,同时为研究提供过程性数据。

数据收集:1)前、后测:使用《教师跨学科教学设计胜任力自评问卷》进行测量。2)过程性数据:收集实验组在平台上的所有设计过程日志。3)结果性数据:收集所有参与教师的最终教学设计方案,由 2-3 位不熟悉分组情况的外部专家,依据《教学设计方案评价量规》进行双盲评分,并计算评分者间一致性系数(如组内相关系数 ICC)。4)质性补充数据:在干预结束后,从每组中选取部分教师进行焦点小组访谈,以深入理解量化结果背后的原因。

数据分析计划:1)主效应检验:采用协方差分析,将前测得分作为协变量,检验三组在后测胜任力及教学设计方案得分上是否存在显著差异。2)中介机制检验:本研究将“赋能机制”操作化为可测量的中介过程变量,具体包括:①认知卸载程度(通过任务后心智负荷量表得分的降幅反映外在负荷的转移量);②人机交互质量(通过平台日志中提示词迭代频次、修订深度等行为指标量化);③元认知激活水平(通过有声思维编码中自我监控与反思性语句的频率表征)。干预变量通过上述中介变量(认知卸载程度、交互质量、元认知水平)作用于结果变量(跨学科教学设计胜任力得分与教学设计方案质量评分)。将构建包含自变量(干预类型:实验组/对照一/对照二)→中介变量(认知卸载程度/交互质量/元认知水平)→因变量(胜任力提升量/方案质量得分)的变量关系模型,并采用 Bootstrap 中介检验对上述路径进行统计验证。3)调节效应分析:采用分层回归分析,检验教师个体特征对上述中介路径的调节作用。4)过程行为与结果的关联分析:在中介模型框架内,将后台过程日志数据(提示词质量评分、方案修订频次、平台使用时长分布)纳入中介变量测量,与前后测差值进行路径分析,以识别有效人机协同的行为模式。

2.3. 研究质量保障与伦理

本研究中所有参与教师在研究前均充分知晓研究内容、过程、潜在风险与权利,并签署书面知情同意书,有权在研究中途无条件退出。所有收集的问卷、文本、行为数据均进行去标识化处理,仅用于本研究分析,并严格保密。通过采用上述混合方法、多轮迭代、三角互证、以及严格的信效度检验和编码者信度检验,共同保障本研究的科学严谨性。

3. 现阶段研究进展与初步成果

本研究致力于探究生成式人工智能赋能教师跨学科教学设计胜任力的机制与路径。截至目前，研究工作严格遵循基于设计的研究范式，已完成第一轮完整的“理论与工具构建”周期，并于近期启动了第二轮“实证检验与迭代”工作。现阶段，研究的关注点已从纯粹的理论构想和平台设计，转入在真实教学情境中进行混合方法的实证验证与赋能路径优化。

3.1. 第一阶段：胜任力模型构建与测评工具开发

本阶段旨在解决研究的理论测量基础，回应“构建融合 AI 素养的教师跨学科教学设计胜任力的能力结构模型”（AI-ITPACK）的核心目标。

3.2. 测量工具库的初步开发

基于上述已确立的 AI-ITPACK 模型，研究目前正进入配套测量工具的开发与初步验证阶段。

正在进行伦理审查与小范围的焦点小组访谈，访谈对象主要为一线中小学教师和教育技术研究人员。访谈目的在于检视量表题项的表述是否符合一线语境，以及在模型理解上是否存在歧义，以确保量表具有良好的表面效度和内容效度。

3.3 下一步规划

计划在线发放便利样本进行探索性因子分析预调查（预计样本量 ≥ 150 ）。

3.4 总结

综上所述，本研究目前已完成了理论建构阶段的核心任务，即通过德尔菲法，构建并验证了具有高度内部一致性的 AI-ITPACK 跨学科教学设计胜任力三维结构模型。当前，研究正处于测量工具开发的初始阶段，初步结果已指向一个清晰、稳定且具备良好研究前景的理论框架，为后续基于 DBR 范式开展实证研究，即“跨科三问”平台的干预设计与机制探索。

参考文献

- 杜文彬. (2023). 教师跨学科教学能力的关键要素与结构模型建构研究——基于混合研究方法. 全球教育展望, 52(8), 70–86.
- 董艳, 夏亮亮, 王良辉. (2023). 新课标背景下的跨学科学习：内涵、设置逻辑、实践原则与基础. 现代教育技术, 33(2), 24–32.
- 教育部. (2022). 教育部关于印发义务教育课程方案和课程标准（2022 年版）的通知. 取自 https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-04/21/content_5686535.htm
- 卢宇, 余京蕾, 陈鹏鹤, 等. (2023). 生成式人工智能的教育应用与展望——以 ChatGPT 系统为例. 中国远程教育, (4), 24–31+51.
- 穆肃, 陈孝然, 周德青. (2025). 生成式人工智能赋能教学设计分析：需求、方法和发展. 开放教育研究, 31(1), 61–72.
- 夏亮亮, 姚菁晨, 陈莉莉, 等. (2025). GenAI 赋能教师跨学科教学素养的培养——以“跨科三问”智能平台为例. 现代教育技术, 35(7), 54–63.
- 詹泽慧, 吕思源, 周嘉慧, 等. (2024). 基于新课标的教师跨学科教学素养模型研究. 现代远程教育, (6), 3–15.

致谢

本研究受全国教育科学规划课题“生成式人工智能‘跨科三问’赋能教师跨学科教学设计的研