

数字教材交互设计的设计要素、理论依据与交互强度——基于 2016-2025 年 44

项实证研究的系统性文献综述

Design Elements, Theoretical Foundations, and Interaction Intensity in Digital Textbook

Interaction Design: A Systematic Literature Review of 44 Empirical Studies (2016–2025)

伍潇贝，尚俊杰*

北京大学教育学院学习科学实验室

* jjshang@pku.edu.cn

【摘要】 随着教育数字化转型的持续推进，教材正由静态的纸质载体逐步转向多样、动态、开放的数字教材。研究通过对国内外近十年 44 项实证研究的系统综述，分析当前数字教材交互的设计要素、理论依据与交互强度。结果表明，交互要素以学习反馈与练习评测为核心，学习分析与智能交互相对较少；理论依据主要归纳为多媒体认知、学习活动与教学策略、情绪动机与参与体验、学习分析与系统开发四类；交互强度整体偏向互动型与主动型，系统中等支持水平占比最高。研究为数字教材交互设计的理论建构与产品优化提供了系统证据与参考。

【关键词】 数字教材；交互设计；系统综述；多媒体学习

基金项目：教育部大中小学课程教材研究重大项目“数字教材建设标准体系及管理研究”（编号：25AG0005）

Abstract: As educational digitalization advances, textbooks are evolving from static print materials into diverse, dynamic, and open digital textbooks. This systematic review synthesizes 44 empirical studies from the past decade to map interactive design elements, theoretical foundations, and interaction intensity in digital textbooks. Learning feedback and practice–assessment functions emerge as the most common elements, while learning analytics and intelligent interaction are comparatively rare. Theories cluster into four strands: multimedia cognition, learning activities and instructional strategies, affective motivation and engagement, and learning analytics and system development. Interaction intensity generally favors active and interactive learning, with medium system support most prevalent. The review provides evidence to inform theory building and product optimization.

Keywords: Digital textbooks, Interaction design, Systematic review, Multimedia learning

1. 前言

随着教育数字化转型持续深入，教材体系正经历由纸质载体向数字载体、由静态内容向动态服务的结构性变化。从《中国教育现代化 2035》的宏观蓝图，到教育数字化战略行动的持续推进，我国教育数字化政策体系不断完善并逐步走向纵深。特别是 2025 年《教育强国建设规划纲要（2024—2035 年）》及《关于加快推进教育数字化的意见》的相继出台，标志着教

育数字化进入以“融合创新、提质增效”为主要特征的深化阶段。传统的纸质教材，以其线性、静态、封闭的特性，长期以来稳定地承载着体系化的知识。然而，在构建以学习者为中心的新型教育生态、实现大规模个性化学习的战略愿景下，逐步向多样、动态、开放的数字教材发展（吴永和等,2023）。这一转变使得数字教材不再是纸张的电子化延伸，而逐渐演变为融合内容、工具、服务与数据的综合性学习平台。数字教材能够整合个性化学习工具、交互式教学平台与教育游戏等资源形态，具备支持学习活动组织、过程反馈与持续改进的潜力（钟启泉,2019）。

现有研究已从设计开发、技术融合、平台建设与政策制度等维度展开讨论，但在“数字教材交互设计如何有效支撑学习”这一关键议题上仍存在不足。国际方面，欧盟发布的《Digital Education Action Plan（2021-2027）》强调在线资源的交互性；国际主流平台广泛采用的 LTI 1.3 标准侧重教育应用的安全与接入规范，但学科适配与学习机制层面的证据仍相对有限；日韩在 AR 教材研发方面处于领先，但对交互情境下认知负荷控制与学习效果边界的研究仍显薄弱。国内方面，人教社 2024 年开展 AI 教材试点项目，但在实践中仍面临标准碎片化与评价口径不一致等挑战；国家智慧教育公共服务平台为学习者提供了数字教材获取渠道，但现阶段功能仍偏向电子教材展示，尚难充分提供深度学习支持。总体而言，数字教材的优势潜能尚未得到充分挖掘，对学习方式的系统支持相对缺位。具体来说，交互功能常停留在浅层操作层面，难以与虚拟实验、教育游戏等交互形态形成有效协同；个性化学习路径推荐与学习分析支持不足；部分数字教材仍以内容平移为主，对探究式、协作式与沉浸式学习的支撑有限，游戏化机制等提升动机与参与的设计亦缺乏系统化框架。

基于此，本研究采用系统性文献综述方法，对 2016 年至 2025 年数字教材交互设计相关的 44 项实证研究进行综合评估、分析与比较，重点聚焦数字教材交互设计的设计要素、理论依据与交互强度。研究旨在厘清数字教材交互的主要设计路径与作用机制，从而为数字教材交互设计的优化与标准建构提供理论支持与实践指导。

2. 概念界定与研究问题

数字教材是教育数字化转型背景下，由传统教材形态演进而来的新型课程学习载体。由于研究视角与应用场景差异，学界对数字教材的界定尚未完全一致，但整体呈现出由单一属性理解走向综合属性理解的发展趋势。结合现有研究脉络，可以将数字教材的典型理解概括为三类：一类偏向内容导向（王志刚 & 沙沙,2019），强调数字教材以课程标准和教材体系为基础，是具有教材功能的电子化读物；一类偏向技术导向（张治等,2021），强调数字教材通过电子设备与数字技术呈现文本、图像、音视频等多模态信息，突出资源集成与技术支撑；还有一类采取内容与技术综合取向（孙众 & 骆力明,2013），认为数字教材不仅包含课程内容，还集成学习资源、学习工具与学习服务，并能够支持学习过程与个性化需求。总体而言，数字教材的内涵正在从内容数字化与媒介呈现，逐步扩展到学习活动组织、过程支持与数据反馈等更完整的学习系统形态。

在概念边界上，数字教材常与数字教科书、电子教材、电子书包等概念混用，需要做出区分（江波等,2022；胡畔等,2014）。数字教科书通常更强调对国家指定教材或纸质教科书的数字化呈现，侧重教材内容的权威性与课程一致性；电子教材在实际使用中既可指数字教科书，也可能泛指电子化学习材料，外延更不稳定；电子书包更强调信息化学习环境的集成体，其核心在于终端设备、应用与服务平台对学习的支持，数字教材则是其中的重要资源组成之一。换言之，数字教材以课程内容为中心并坚持教材属性，呈现形式与支持环境可以灵活变

化,不必绑定特定硬件。综上,本研究主要讨论的数字教材不是数字资源集合,也不是硬件或平台,而是具有明确课程指向、可审定可评价、能够支持教与学全过程的教材形态。

本研究中,数字教材是指依据国家有关课程标准或教学标准开发、正式出版,用于学校开展教育教学活动的数字化核心教学材料,包括音像制品、电子出版物、网络出版物等,并具有多模态、强交互、智能化等特点。本研究旨在通过系统综述方法,对数字教材交互设计的设计要素、理论依据与交互强度进行梳理,从而解决以下三个研究问题:

研究问题一:数字教材交互设计的相关研究中主要采用了哪些交互设计要素?

研究问题二:数字教材交互设计的相关研究主要依据哪些理论框架?

研究问题三:数字教材交互设计的相关研究中交互强度具有什么特征?

3. 研究方法

系统综述(Systematic Review)是为了解决特定研究问题,基于清晰、可重复的操作步骤,对该主题相关文献进行全面搜集、分析、总结和归纳,从而回答和解决问题的文献综合分析方法(Siddaway et al., 2019)。系统综述的主要步骤包括:(1)文献检索,系统检索获取相关文献;(2)文献筛选,初步筛查不符合要求的文献;(3)资格审查,基于严格的纳入和排除标准进一步筛选文献;(4)纳入研究,对符合条件的研究进行编码与分析。

为确保系统综述的全面性、客观性和可复制性,本研究遵循 PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 指南 (Moher et al., 2010) 报告研究过程和结果。

3.1. 文献检索

本研究在中国知网 (CNKI) 与 Web of Science (WoS) 两个数据库中开展系统检索。具体来说,研究对于中国知网数据库设定的检索关键词为“数字教材”“智能教材”“电子课本”“交互设计”“人机交互”等,对于 WoS 数据库设定的检索关键词为“digital textbook”“electronic textbook”“e-textbook”“interactive textbook”“smart textbook*”“interaction design”“interact*”“human-computer interaction”等,检索时间范围为 2016 年 1 月 1 日~2025 年 12 月 31 日。最终,研究共获取 1243 篇相关文献,其中中国知网 424 篇, WoS 819 篇。为降低数据库覆盖差异带来的漏检风险,研究进一步采用滚雪球策略对核心文献进行参考文献回溯与被引追踪,以补充检索可能遗漏的相关研究。

3.2. 文献筛选和纳入标准

为确保研究的科学性 & 数据来源的准确性,本研究依据研究问题及研究目的制定了如下的文献筛选和纳入标准:(1)可获取全文;(2)发表在同行评审期刊上的实证研究;(3)研究对象为数字教材,即以教材章节为组织结构的数字化学习材料;(4)研究内容对交互设计进行描述、比较或评估,并报告至少一种学习相关结果。具体文献筛选过程如图 1 所示。

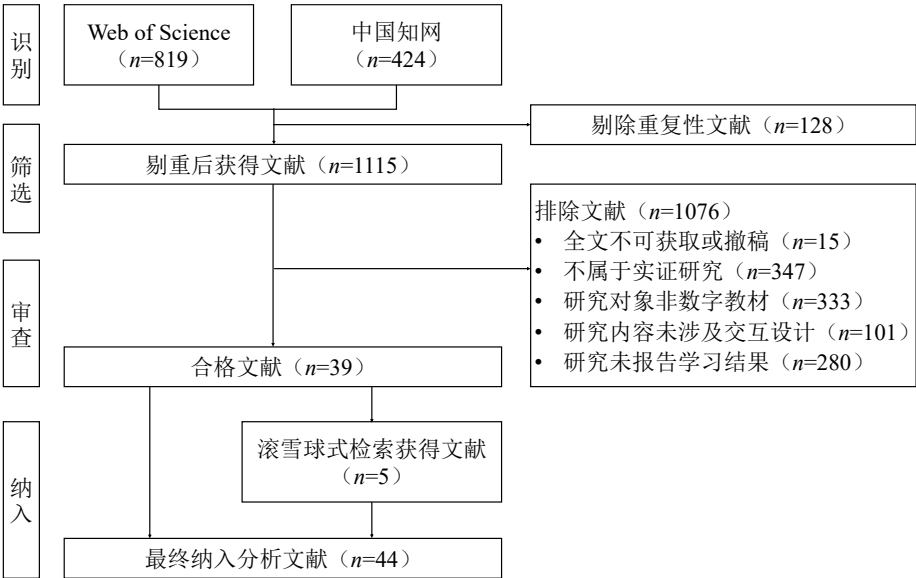


图 1 文献检索与筛选的 PRISMA 流程

3.3. 编码框架

本研究的编码框架包括交互要素、理论依据、交互强度三个一级维度（见表 1）。为保证编码的可靠性，研究中纳入的文献均由两名研究人员独立使用该编码框架编码，并针对不一致的结果进行讨论，直至意见达成一致。

表 1 编码框架

一级维度	二级维度	编码情况
交互要素	导航定位	目录、进度条、书签、搜索、链接跳转等
	练习评测	练习、测试、题库、学习任务等
	学习反馈	正误反馈、解析提示、动态反馈等
	批注笔记	高亮、划线、边注、笔记、标签等
	媒体控制	多媒体播放控制、交互图表、仿真模型等
	学习分析	进度面板、学习建议、错因诊断等
理论依据	智能交互	基于规则推荐、个性化推荐、生成式人工智能支持等
	主要理论	认知负荷理论、多媒体学习认知理论、情绪或动机理论框架等
交互强度	学习交互强度	● Passive 被动型：阅读、观看等操作 ● Active 主动型：点击、选择、标记等操作 ● Constructive 建构型：生成总结、解释、笔记等操作
	交互强度	● Interactive 互动型：互评、讨论、对话澄清等操作 ● 低支持：静态提示
	系统支持强度	● 中支持：解释性反馈，规则推荐 ● 高支持：生成式反馈，基于表现的个性化，自适应

4. 研究结果

4.1. 数字教材交互设计的交互要素

本研究依据表 1 所界定的交互要素类型对纳入的 44 项实证研究进行要素出现情况统计。需要说明的是，同一研究可能同时包含多种交互要素，因此各要素频次之和不等于 44。

从总体分布来看，交互要素的出现频次呈现出导航定位与媒体控制为基础、以学习支持为核心、学习反馈与练习评测相组合的结构特征。具体地，学习反馈频次最高（n=41），占比 93.18%；练习评测出现 39 次，占比 88.64%。两者共同构成数字教材交互研究中稳定的核心组合，显示现有研究更倾向于围绕练习组织与反馈机制来建构交互方案并评价其学习效果（管珏琪 & 祝智庭,2018；Yorganci,2022）。导航定位与媒体控制的出现也较为普遍，分别出现 30 次与 31 次，占 68.18%与 70.45%，说明提升数字教材的可用性与多媒体资源操控体验仍是研究关注的重要方面（Dennis et al.,2016）。与上述要素相比，批注笔记出现 22 次，占比 50.00%，处于中等水平，表明支持学习者进行阅读加工与学习记录的交互工具已得到一定关注。

相对而言，学习分析与智能交互的出现频次较低。学习分析出现 20 次，占比 45.45%；智能交互出现 17 次，占比 38.64%。这表明在实证研究层面，基于学习过程数据的诊断建议与更高层级的智能化支持较为薄弱。综合来看，纳入研究的交互要素配置更集中于可直接落地的基础学习支持功能，而面向数据驱动与智能支持的深化设计与效果检验仍有较大拓展空间。

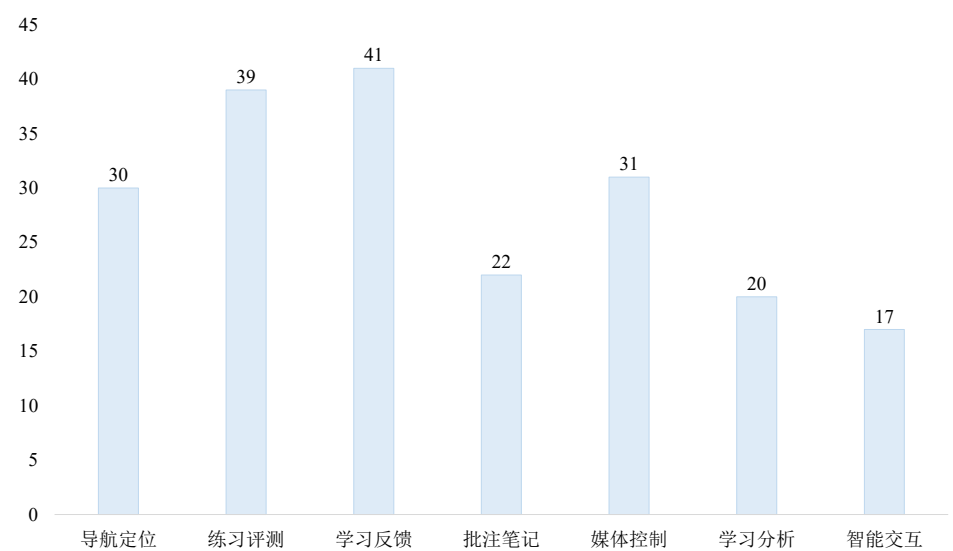


图 2 数字教材交互要素的频次统计直方图

4.2. 数字教材交互设计的理论依据

本研究将数字教材交互设计的理论依据概括为四类：学习加工与多媒体认知理论、教学策略与学习活动理论、情绪动机与参与体验理论、学习分析与产品开发理论。

4.2.1. 学习加工与多媒体认知理论

该类理论主要包括多媒体学习认知理论、双重编码理论与认知负荷理论等，通过解释学习者对图文、音视频等多模态信息的处理方式和路径，关注交互对信息加工效率和学习负担的影响。相关研究通常将交互设计视为促进选择、组织与整合信息的手段，强调通过结构化呈现、注意引导与适度的操作控制来支持理解与记忆（胡锐等,2024）。同时，认知负荷理论也提示交互设计需要考虑工作记忆资源有限的约束，避免不必要的复杂操作和界面干扰，使交互真正服务于学习（赖文华 & 王佑镁,2016）。

4.2.2. 教学策略与学习活动理论

该类理论主要包括建构主义学习理论、自我调节学习、问题式教学策略、OBE 理念、活动理论、SQ3R 阅读策略等，关注交互嵌入学习活动与教学流程的具体方式，从而支持特定的教学模式与学习策略。相关研究更强调交互在学习过程中的组织功能，通过任务序列、活动结构与策略脚手架引导学习者开展学习（管珏琪 & 祝智庭,2018）。该类理论能够促进交互设计与课堂教学相互融合，使数字教材交互从功能层面走向教学层面。

4.2.3. 情绪动机与参与体验理论

该类理论主要包括 ARCS 动机模型、用户参与概念框架、学习投入等，解释交互如何影响学习者的情绪体验、学习动机与参与过程。相关研究将即时反馈、任务化练习、进度呈现与激励机制等交互要素视为影响学习投入的重要条件（Yorganci, 2022; Dennis et al., 2016），强调交互不仅关系到能否学会，也关系到是否愿意学、能否持续学。

4.2.4. 学习分析与产品开发理论

该类理论既包括技术接受模型、期望确认模型、创新扩散理论等技术采纳理论，也包括 KANO 模型、ADDIE 等开发理论。前者用于说明学习者为何接受数字教材系统、是否愿意持续使用，并将交互设计与有用性、易用性、满意度等变量联系起来（董晓玮 & 顾家琪, 2020; Van Horne et al., 2016）；后者侧重功能需求分层、开发流程与迭代决策（谢婧怡等, 2023），强调交互设计的可实施性与产品化路径。

值得一提的是，部分研究更偏应用评估与系统实现，在文中未明确提及交互设计的理论依据，对交互作用机制的理论定位相对薄弱。

4.3. 数字教材交互设计的交互强度

为刻画数字教材交互设计的交互强度，本研究基于学习交互强度与系统支持强度两个维度进行编码与统计。具体地，学习交互强度依据 ICAP 理论划分为四个层级，即 Passive（被动型）、Active（主动型）、Constructive（建构型）、Interactive（互动型），用以描述学习者在学习过程中表现出的交互水平。系统支持强度区分为低支持、中支持与高支持，用以描述数字教材系统对交互的支持强度。

总体上看，纳入研究的学习交互强度主要集中在中高水平交互上。其中，互动型最多（ $n=18$, 40.91%），其次为主动型（ $n=15$, 34.09%）、建构型（ $n=8$, 18.18%），被动型最少（ $n=3$, 6.82%）。整体上，数字教材交互设计的实证研究更倾向于在学习者持续参与、互动协商的情境中检验交互设计方案，而对以信息接收为主的低投入交互关注相对有限。从系统支持强度的总体分布看，中支持研究占比最高（ $n=20$, 45.45%），其次为高支持（ $n=13$, 29.55%）与低支持（ $n=11$, 25.00%）。这一结果表明，现有研究对数字教材交互的考察并未停留在单纯的界面提示或静态引导，更强调通过反馈与自适应机制为学习活动提供过程性支撑。

分析两维度的交叉分布结果可得（见图 3），不同系统支持水平下的学习交互类型呈现出明显的结构差异。低支持条件下研究主要分布在主动型、被动型与建构型三类交互水平，分别为 5 项、3 项与 3 项，尚未出现互动型。该分布意味着当系统仅提供静态提示时，研究更常聚焦于学习者的基础操作参与和个体生成活动，而较少涉及互评讨论等对过程支撑要求更高的交互形态。中支持条件下的研究呈现出更为均衡的结构，主动型与互动型各 8 项，建构型为 4 项，可能是解释性反馈与规则推荐的引入有助于支撑更丰富的交互活动形态。高支持条件下研究则高度集中于互动型，共 10 项，占该支持层研究的 76.92%，而主动型与建构型分别仅 2 项与 1 项，表明在生成式反馈、个性化与自适应等高水平系统支持框架下，研究更倾向于将技术能力用于支撑高阶交互过程。

综上，数字教材交互设计的交互强度呈现出随系统支持水平提升而向高阶交互聚集的总体趋势，低支持与被动型主动型等相对浅层交互更为共现，高支持则与互动型相对共现。同时，建构型在各支持层级中的占比均相对有限，提示围绕学习者生成性产出设计交互机制并匹配相应支持策略仍具有进一步拓展的研究空间。

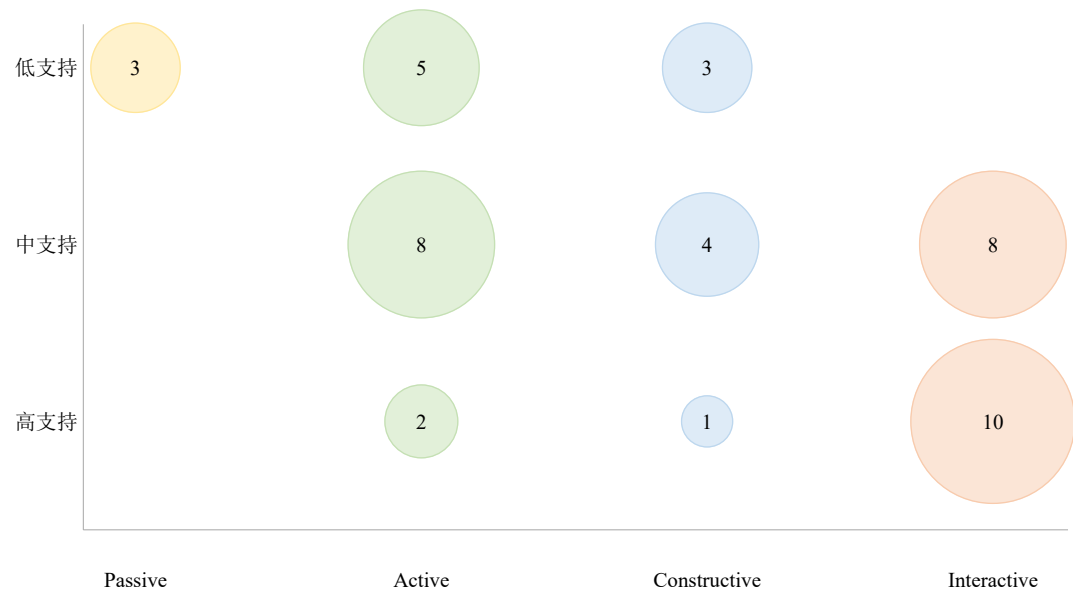


图 3 数字教材交互强度分布的气泡图

5. 结论与启示

5.1. 研究结论

通过对 2016 年至 2025 年的 44 项数字教材交互设计实证研究进行系统综述，研究得出以下结论：首先，在交互要素层面，已有研究呈现导航定位与媒体控制为基础、以学习支持为核心、学习反馈与练习评测相组合的结构特征，学习分析与智能交互的出现频次相对较低。其次，在理论依据层面，研究形成了四类理论取向，分别从学习加工与多媒体认知机制、教学策略与学习活动组织、情绪动机与参与体验，以及学习分析与产品开发维度解释交互设计的作用路径，仍存在部分研究理论定位不足的现象。第三，在交互强度层面，研究总体聚焦于中高水平学习交互，且呈现随系统支持水平提升而向高阶交互聚集的趋势，低支持更常对应被动与主动型的浅层交互，高支持则与互动型的高阶交互高度融合。总体来看，纳入研究更集中于可直接落地的基础性学习支持功能，而面向学习过程数据驱动、智能化支持等交互设计与理论建构仍有提升空间。

5.2. 研究启示

第一，应以练习评测与学习反馈为核心构建可持续的学习支持机制，提升其机制性与过程性。研究结果表明，练习评测与学习反馈在数字教材交互设计研究中具有较强的通用性与可实施性。后续交互设计不应该仅停留在题目呈现与结果告知的层面，而应在反馈内容与反馈时机上进一步优化，例如提供错误类型提示、关键概念澄清与策略性建议（孙众 & 骆力明, 2013），将反馈与后续任务安排相衔接，使学习者能够在循环迭代中完成概念转变与能力提升，从而增强数字教材交互对学生学习过程的支撑。

第二，应强化面向生成性加工的交互机制设计，促进学习活动由浅层参与向建构性产出发展。研究结果显示，现有研究更多聚焦于主动型、交互型活动，而建构型交互比例相对较低，提示数字教材交互设计对学习者生成性活动的支持仍不充分。基于此，数字教材应更系统地融入支持学习者外显建构的功能形态（管珏琪 & 祝智庭, 2018；王志刚 & 沙沙, 2019），例如结构化批注与笔记、引导式自我解释、概念关联与知识重组工具、阶段性总结与反思提示

等，并通过明确任务要求与过程性支架降低生成性活动的实施门槛，以提升学习者对信息的组织、整合与迁移水平。

第三，应实现系统支持水平与学习交互层级的匹配，将高水平支持能力用于支撑高阶交互过程。研究结果显示，随系统支持水平提升，交互设计一定程度上具有向高阶交互聚集的分布特征，高支持情境下研究显著集中于交互层级活动，表明高水平系统支持更适用于支撑需要持续调控与意义协商的复杂学习过程。因而，在引入学习分析、个性化推荐与生成式反馈等功能时，应以学习过程中的关键节点与关键困难为导向，提供具有解释性、针对性与可执行性的过程支持（吴永和等, 2023），确保系统支持能够促进协作建构、对话澄清与同伴互评等高阶交互的有效发生，同时避免因功能叠加造成额外操作负担与认知干扰（赖文华 & 王佑镁, 2016）。

综上，2016—2025 年数字教材交互设计的实证研究整体呈现出以学习支持要素为核心、以中高水平学习交互为主要取向，在系统支持水平提升时更易形成高阶交互活动的特征。本研究存在一定的局限，例如仅覆盖 CNKI 与 WoS 两个数据库的研究。未来研究可在扩展检索范围的基础上，进一步细化交互强度与系统支持的操作化指标，强化对学习分析与智能交互机制的过程性证据采集与跨情境比较，从而提升研究结论的解释力。

参考文献

- 王志刚 & 沙沙. (2019). 中小学数字教材:基础教育现代化的核心资源. 课程, 39(7), 14-2
- 江波, 杜影, & 顾美俊. (2022). 智能教材研究综述. 开放教育研究, 28(3), 39-50.
- 孙众 & 骆力明. (2013). 数字教材关键要素的定位与实现. 开放教育研究, 19(4), 60-67.
- 吴永和, 颜欢, & 陈宇晴. (2023). 教育数字化转型视域下的新型教材建设及其标准研制. 现代远程教育研究. Advance online publication.
- 张治, 刘德建, & 徐冰冰. (2021). 智能型数字教材系统的核心理念和技术实现. 开放教育研究, 27(1), 44-54.
- 胡畔, 王冬青, 许骏, & 韩后. (2014). 数字教材的形态特征与功能模型. 现代远程教育研究, 2, 93-98, 106.
- 胡锐, 李奕璇, 吴双, 郑伟博, & 马子儒. (2024). 多媒体学习认知视角下大学生“慕特”教材的设计与实现——以《微域网络教育》交互式数字教材为例. 中国多媒体与网络教学学报(上旬刊), 1, 33-36.
- 钟启泉. (2019). 从“纸质教材”到“数字教材”——网络时代教材研究的课题与展望. 教育发展研究, 39(6), 1-7.
- 董晓玮 & 顾家琪. (2020). 基于TAM的高校数字化交互式教材的使用意愿影响因素研究. 设计, 33(13), 130-132.
- 谢婧怡, 张君, 姜兴山, & 陈艾琳. (2023). 传统教材智能化改编的原则、理念与方法——基于KANO模型的《会通汉语》(精编版)智能化改编研究. 华文教学与研究, 3, 68-78.
- 赖文华 & 王佑镁. (2016). 电子课本环境中数字化学习行为的眼动研究. 开放教育研究, 22(5), 112-120.
- 管珏琪 & 祝智庭. (2018). 电子书包环境下的课堂学习活动分析. 电化教育研究, 39(4), 59-65, 72.
- Dennis, A. R., Abaci, S., Morrone, A. S., Plaskoff, J., & McNamara, K. O. (2016). Effects of e-textbook instructor annotations on learner performance. *Journal of Computing in Higher Education*, 28(2), 221-235.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336-341.
- Siddaway, A. P., Wood, A. M., & Hedges, L. V. (2019). How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. *Annual Review of Psychology*, 70(1), 747-770.
- Van Horne, S., Russell, J., & Schuh, K. L. (2016). The adoption of mark-up tools in an interactive e-textbook reader. *Educational Technology Research and Development*, 64(3), 407-433.
- Yorganci, S. (2022). The interactive e-book and video feedback in a multimedia learning environment: Influence on performance, cognitive, and motivational outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(4), 1005-1017.