

数字教材更能促进学生形成积极学习态度?

——一项三水平元分析

方龙跃¹ 雷浩² 刘帅²

(1. 华东师范大学 数学科学学院, 上海 200241; 2. 华东师范大学 课程与教学研究所, 上海 200062)

[摘要] 教材的数字化转型是数智时代基础教育资源建设的重要议题。数字教材凭借多媒体呈现、交互操作和移动接入等特征,被认为能够推动学生形成更积极的学习态度,但既有实证研究并未形成一致结论。因此,本研究对来自30项研究的37个效应量($n=3,363$)开展三水平元分析,检验数字教材相对于纸质教材对学生学习态度的总体影响,并分析可能影响异质性的调节变量。研究发现:数字教材对学生学习态度具有显著正向影响,且效应量较大;文化背景、学段和使用设备类型具有显著调节作用,集体主义文化背景、中学阶段和移动设备条件下的效应更强。未来数字教材的建设与应用应更加重视文化情境适配、学段差异化设计和移动端学习体验优化,以提升其在基础教育课堂中促进学生积极学习态度的实际效能。

[关键词] 数字教材;纸质教材;学习态度;三水平元分析

[中图分类号] G434

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-2179(2026)05-0107-14

一、引言

近十五年来,数字教材的媒介形态和功能结构经历了显著变化:早期数字教材主要表现为纸质教材的电子化迁移,比如PDF电子书提供文本阅读、书签存储等功能。这一阶段的数字教材体现为“载体变化”,即将传统印刷教材从纸质媒介转移到数字屏幕,交互性弱,通常被称为基于PDF的教科书或第一代数字教材(Folb et al., 2011)。随着信息技术的发展,数字教材开始融入批注、超链接和

视频动画等功能,学习者与教材之间的交互显著增强(Bikowski & Casal, 2018)。第二代数字教材与第一代数字教材相比,不再只是印刷教材的数字复制品,而是将丰富的多媒体和多样化的交互功能整合到教材之中,因而也被称为网络教材或交互式数字教材(Wu et al., 2012)。此时,数字教材的价值不再仅体现为教材载体的数字化,更是对学习内容呈现、学习资源组织和学习过程支持方式的重构。一般而言,数字教材指面向教学目标,依据课程标准与教学理论设计开发的电子化教材资源,其核心特征

[收稿日期] 2026-05-22

[修回日期] 2026-06-22

[DOI编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2026.05.012

[基金项目] 2024年国家社会科学基金(教育学)重点课题“国家中小学教材质量监测体系与评价机制研究”(APA240021)。

[作者简介] 方龙跃,博士研究生,华东师范大学数学科学学院,研究方向:数字教材、数学教育、资优生教育(52275500044@stu.ecnu.edu.cn);雷浩(通讯作者),教授,博士生导师,华东师范大学课程与教学研究所,人文与社会科学研究院副院长,研究方向:课程与教学(leihao8998@163.com);刘帅,博士研究生,华东师范大学课程与教学研究所,研究方向:课程教学、课堂话语。

[引用信息] 方龙跃,雷浩,刘帅(2026). 数字教材更能促进学生形成积极学习态度?——一项三水平元分析[J]. 开放教育研究, 32(5): 107-120.

在于融合数字媒介、多媒体技术与交互功能,以支持教学活动与学习过程优化(Wu & Pan, 2016)。已有研究指出,数字教材能够增强教学内容的交互性与吸引力,提升学生学习兴趣与学习投入(Mayer, 2014)。多国已启动数字教材试点与推广项目,部分国家还将其纳入国家教育数字化战略与教育政策框架(Rodríguez-Regueira & Rodríguez-Rodríguez, 2022)。

学习态度通常指学生对学习活动、学习材料、学习环境和学习过程所形成的相对稳定的情感与行为倾向,这种态度会正向或负向影响学习成效和学业坚持(Schunk, 2012)。相较于学业成就主要反映学生“学得如何”,学习态度更多体现学生“是否愿意学、如何看待学习、能否持续投入学习”。已有研究表明,学习态度不仅是学业成功的预测变量,还会影响数字化工具在课堂教学的实际使用效果(Edgcomb et al., 2015)。积极的学习态度常与更高水平的学习投入、更好的学业表现及更持久的学习动机密切相关(Kim, 2021; Yusup et al., 2023),同时也是学生持续学习的重要前提,还能为实现教学目标提供重要保障。然而,现有关于数字教材影响学生学习态度的实证研究结论尚未达成一致。部分研究认为,数字教材能有效提升学生的学习兴趣与学习积极性(Chiu et al., 2017; Im, 2024);也有研究发现,数字教材对学习态度的影响并不显著,甚至可能产生负向作用(VanAken, 2014; Wan Sulaiman et al., 2020)。基于此,本研究采用元分析方法整合既有研究证据,系统考察数字教材相较于纸质教材对 K-12 学生学习态度的总体影响,并检验潜在调节变量的作用,以期对数字教材的设计开发、教学应用与教育政策制定提供依据。

二、文献综述

(一)数字教材对 K-12 学生学习态度的影响

学界围绕数字教材是否比纸质教材更能对学生学习态度产生积极影响,存在两种观点:

一种观点认为,数字教材凭借交互性、富媒体性和易访问性等特征,能为学生提供更具吸引力和参与感的学习体验,从而促进积极学习态度的形成。从学习动机理论看,数字教材提供的标注、提示、即时反馈等交互功能,能增强学生对学习过程的控

制感与参与感,并通过反馈机制提升其学习胜任体验(Chiu et al., 2017; Ryan et al., 2020)。当学习环境能更好地满足学生在自主、胜任与互动等方面的心理需要时,学生就可能更容易形成内在学习动机,并维持较高水平的学习投入。已有研究发现,相较于纸质教材,使用交互式数字教材的学生在感知性学习与情感性学习方面表现更优。这说明交互设计有助于改善学生对学习活动的情感评价(Weng et al., 2018);互动学习环境还有助于提升学生满意度与自我调节能力,促使学生形成积极的学习态度(Liaw & Huang, 2013)。其次,数字教材的多媒体与动态化呈现方式有助于增强学习兴趣和情感体验。具有吸引力的视觉设计与动态呈现能激发积极情绪,并促进学习者主动加工学习材料(Plass et al., 2014)。经过情感化设计的多媒体教学材料,不仅能提升学习效果,还能增强学生对学习过程的积极体验(Mayer & Estrella, 2014)。数字教材的动画、视频等多媒体元素能促使学习者调动多重感官参与学习(Özer & Türel, 2015),并通过互动体验提升学生对教学内容的注意力投入,从而在学习态度、学习动机等维度产生积极影响(Yoon et al., 2014; Abd Algani et al., 2021)。第三,数字教材的便携性与易访问性被认为有助于提升学生学习积极性。依托移动终端,数字教材能支持学生不同时间和场所持续学习,实现“随时随地”的学习(Bernacki et al., 2020);标注、评论、划线和个性化整理等功能,有助于学生开展笔记加工与知识管理(Pyörälä et al., 2019);获取便捷、跨情境灵活使用等特点能降低学习启动成本,增强学习连续性,有助于激发学生兴趣,形成积极的学习态度。

另一方面,持质疑观点的研究者认为,数字教材并不必然对学生的学习态度产生积极影响,其潜在优势能否得以发挥取决于具体的设计与使用情境,复杂的信息结构与操作要求可能增加学生学习负担,进而削弱学习动机。首先,数字教材若设计不当,容易增加学习者的认知负荷。碎片化的导航结构及视觉素材与文本信息整合不当,可能引发注意分散效应,使得学生加工与学习目标无关的信息,从而增加外部认知负荷(Wan Sulaiman & Mustafa, 2020)。与此同时,阅读过程中频繁的滚动与翻页操作可能削弱学习者对文本空间位置的感知,占用

额外认知资源(Delgado et al., 2018)。其次, 多媒体功能不一定能转化为积极学习效果。部分研究指出, 动画演示与视频材料虽然能够增强感官刺激, 但也可能导致学习者注意力偏离核心教学内容。例如, 数学或物理函数图像的快速动态演示可能增加学习者的内在认知负荷(Mao et al., 2025)。第三, 数字教材的持续使用可能带来生理负担与技术适应压力。长时间屏幕阅读容易引发视觉疲劳、眼部干涩和注意力下降(Barnyak & McNelly, 2016), 未成年学生对蓝光刺激敏感, 容易产生生理不适(Tosini et al., 2016)。对于缺乏信息化学习经验的学生, 数字教材可能提高技术适应成本和知识获取难度, 从而降低学习积极性(Vardar & Şimşekli, 2023)。

综上所述, 现有研究尚未就数字教材和纸质教材对学生学习态度的影响达成一致结论。本研究采用元分析方法, 对既有研究结果进行系统整合与量化分析, 以更准确地评估两类教材对学生学习态度的影响。

(二)潜在调节变量

已有研究表明, 数字教材的教学效果可能受多种设计特征与情境因素的影响。本研究在梳理数字教材相关实验与准实验设计的基础上, 从文化背景、学段、数字教材交互性水平、干预周期、使用设备类型及学科领域等方面, 考察其对数字教材与学生学习态度关系的调节效应, 以解释不同研究结果之间的差异。

1. 文化背景

不同文化环境的学生对数字化学习的认知与接受程度存在差异。根据霍夫斯泰德(Hofstede, 2001)的文化心理学理论, 文化背景分集体主义和个人主义, 这种差异会影响个体的互动方式与心理认知, 进而使学生的学习态度呈现一定的文化差异。其中, 集体主义文化强调合作参与、群体规范与社会认同, 个人主义文化强调个体自主与竞争表现(Triandis, 2018)。这种文化取向差异会影响学生对数字教材的认知评价与使用行为(Costa & Faria, 2024)。在数字化学习过程中, 学生对技术工具的接受不仅受个体兴趣的影响, 还受周围同伴、教师及社会规范的共同作用。塔尔希尼等(Tarhini et al., 2017)研究发现, 文化价值观会显著调节主观规范与电子学习行为意向之间的关系。卡班(Kaban,

2021)与伊姆(Im, 2024)的研究表明, 相较于个人主义文化背景, 集体主义文化背景的学生在使用数字教材后, 学习态度表现出明显的积极变化。

2. 学段

不同学段学生在认知发展水平、学习策略和技术使用能力等方面差异明显, 这种差异可能影响数字教材的使用体验与学习态度变化。认知发展理论指出, 学生的认知能力与思维水平通常会随年龄增长而发展(Piaget & Inhelder, 2008)。相较于小学生, 中学生通常具备更成熟的元认知策略、抽象思维能力和自我调节能力(Zimmerman, 2002; Akturk & Sahin, 2011; Piaget, 2016), 能够更有效地利用数字教材开展自主学习与拓展知识(Prior et al., 2016), 数字教材的交互资源、多媒体支持与自主学习功能更容易转化为积极学习体验。小学生的持续注意能力与抑制控制能力尚处于发展阶段, 在高任务负荷下容易出现注意力分散与转换(Betts et al., 2006), 而且其元认知监控能力相对不足, 容易受到动画等非核心信息的干扰(Zhao et al., 2023)。已有研究认为, 数字教材对学生学习态度的影响可能存在学段差异。中学生使用数字教材后的学习态度提升幅度较为明显, 而小学生的影响效果相对有限(蔡文荣等, 2012; Hakkari et al., 2017)。

3. 数字教材交互性

交互性是数字教材区别于传统纸质教材的重要特征, 也可能是影响学习态度的重要因素。依据功能特征差异, 数字教材可分为交互式与非交互式两类。前者通常包含超链接、多媒体资源与交互练习等功能, 后者多为纸质教材的电子化呈现(Im, 2024)。不同交互水平会影响学生的学习参与和学习体验。从自我决定理论视角看, 交互功能可增强学生在学习中的控制感、参与感与胜任感, 从而促进形成积极的学习态度。已有研究表明, 高交互性数字教材能提升学生学习兴趣、阅读动机与学习收获(Shieh et al., 2022)。研究发现, 具有指导与提示功能的数字教材较仅含旁白的教材更能提升学生的阅读动机与理解水平(Kao et al., 2016)。然而, 交互功能并非都能产生积极效果。若数字教材被过度嵌入娱乐化元素, 或互动设计偏离学习目标, 就容易分散学生对核心教学内容的注意力, 最终削弱其持续学习投入(Takacs et al., 2015)。

4. 干预周期

数字教材对学习态度的影响可能随使用时间变化而动态改变。数字教材不仅涉及学习内容呈现, 还涉及学习者对技术环境的适应和学习方式的调整, 因而干预周期可能影响学生学习态度的变化。在使用初期, 学生需熟悉数字教材的操作方式, 短期内存在技术适应难题。随着使用时间的延长, 学生对数字教材的感知有用性、满意度不断提升, 持续使用意愿逐步增强(Lee, 2010)。持续参与数字化学习活动也有助于提升学习投入和沉浸体验, 促进积极学习态度形成(Joo et al., 2017), 但数字教材对学生学习态度的积极影响并不必然随着使用时间的延长而持续增强。短期干预的积极效果在一定程度上可能源于技术使用的新奇感(雷浩等, 2024)。随着使用时间的延长, 长期处于单一数字化学习环境会使学生新鲜感消退并可能产生学习疲劳, 削弱学习兴趣。

5. 使用设备类型

数字教材通常需要依托不同终端设备开展学习, 设备的功能特征和使用场景可能影响学生的学习态度。相较于传统计算机, 平板电脑与手机等具有便携性与触控交互优势, 更符合学生日常媒介使用习惯(Ciampa, 2012)。这种终端形态的差异可能进一步改变学生与数字教材之间的互动方式。研究表明, 使用平板设备阅读的学生, 其阅读成绩与认可度优于使用计算机设备的学生(Lin, 2014)。也有研究发现, 移动设备能够在一定程度上提升学生学习态度(Haryanti et al., 2020)。然而, 移动设备的信息娱乐属性同样可能带来负面影响。比如, 相较于计算机, 移动设备更易受到社交媒体和娱乐应用的干扰, 增加学习分心风险(Heflin et al., 2017)。有研究发现, 相较于纸质材料与笔记本电脑, 使用移动电子设备的学生的学习体验最差(Gong & Wallace, 2012)。

6. 学科领域

数字教材的应用效果与学科领域密切相关。由于不同学科在知识结构、学习方式及认知要求等方面存在差异, 数字教材对学生学习态度的影响也可能因学科领域不同而有所差异。相较于纸质教材, 数字教材的优势体现在多媒体呈现、动态演示与交互支持等方面, 在抽象性强、需要动态表征

的学科中更易发挥优势。克罗姆利等(Cromley & Chen, 2025)的元分析发现, 多媒体学习干预在不同学科的效果存在差异, 医学领域效应最好, STEM领域呈中等效应。这说明多媒体资源的学习效果不存在跨学科的一致性。例如, 化学等抽象性强的学科, 需要学生在符号表征与化学现象之间建立联系, 对认知能力要求较高。数字教材可借助视频、动画和模拟实验呈现抽象概念, 降低理解难度, 增强学习兴趣(Kamtor, 2016), 进而促进学生形成积极学习态度。相比之下, 语言学习等强调长时间阅读与深层文本加工的学科, 数字教材未必有同等优势。范阿肯(VanAken, 2014)发现, 纸质教材组学生学习态度显著高于数字教材组, 原因可能与长时间屏幕阅读引发视觉疲劳、注意力下降并削弱学习投入有关(Al-Mohtaseb et al., 2021)。

基于此, 本文采用三水平元分析方法, 系统整合已有实验与准实验研究, 回答以下问题:

1) 与纸质教材相比, 数字教材是否更有利于促进 K-12 学生形成积极的学习态度?

2) 文化背景、学生学段、数字教材交互性、干预周期、设备类型和学科领域是否会调节数字教材对学生学习态度的影响?

三、研究方法

(一) 文献检索

数字教材的概念虽在 20 世纪末已有雏形, 但在中小学课堂的规模化应用是在 2010 年后。这一时期, 平板电脑、电子书包和在线学习平台逐渐进入学校教学, 数字教材的实证研究明显增多。基于研究主题的发展阶段和文献可获得性, 本研究检索 2010 年 1 月至 2025 年 11 月发表的英文文献(数据库包括 Web of Science、Scopus、ERIC、EBSCO 和 ProQuest), 文献检索遵循 PRISMA 2020 框架(Page et al., 2021), 以保证识别、筛选和纳入过程的透明度。其中, 数字教材检索词包括 e-textbook、digital textbook、electronic textbook、digital book 和 electronic book; 学习态度检索词包括 learning attitude 和 attitude。本研究将两组关键词进行组合检索, 初次获得 1859 篇文献; 同时通过参考文献追溯和引文追踪补充 51 篇文献; 去除 248 篇重复文献后, 共获得 1662 篇文献。文献类型包括期刊论文、会

议论文和学位论文。

(二) 文献纳入准则

为保证元分析结果的科学性与可比性, 本研究依据研究主题与研究设计特点, 对纳入文献设置如下标准:

- 1) 以数字教材与纸质教材为对照干预条件, 考察两者对学生学习态度影响的实证研究。
- 2) 采用实验或准实验方法。双组实验需要同时有实验组和对照组, 实验组使用数字教材, 对照组使用纸质教材。单组实验应包含前后测。
- 3) 研究参与者为 K-12 学段。
- 4) 学习态度的测量方式必须是定量测量。
- 5) 研究结果需报告充分的统计量用于计算效应量, 包括样本量、平均值和标准差。
- 6) 以正式课堂教学为研究情境。
- 7) 在英文学术期刊发表的学术论文。

依据上述纳入准则, 共 30 篇文献满足条件(包含 37 个独立效应量)。文献筛选过程基于 PRISMA 框架, 包括: 识别、筛选、合格和纳入(见图 1)。

(三) 文献编码

本研究对纳入文献的基本信息、研究设计、效应量和潜在调节变量进行编码。第一作者和第二作者分别独立完成文献编码与数据提取。效应量计算主要包括实验组和对照组在学习态度后测中的均值、标准差和样本量, 研究者据此计算标准化均值差 Hedges' g 。对于相互独立的样本, 本研究分别提取并编码效应量。若同一研究报告了多个

独立样本, 本研究将分别进行编码; 对于包含多个实验组或多个比较条件的研究, 则根据实验条件分别提取效应量。为处理效应量之间可能存在的依赖性, 本研究采用三水平元分析模型进行分析。

本研究通过计算调节变量的科恩卡帕系数 (Cohen's Kappa), 评估两名编码者之间的一致性。结果显示, 分类编码一致性系数为 0.85, 说明编码一致性较高。对于均值、标准差、样本量等连续型数据及效应量计算信息, 两名编码者采用逐项核对的方式复查。对于存在分歧的编码内容, 两位研究者通过讨论并复核原始文献形成统一编码结果。

研究者依据研究问题和已有文献对调节变量进行分类编码: 第一, 依据研究所在国家或地区的主导文化取向将文化背景分为集体主义和个人主义; 第二, 将学段分为小学和中学; 第三, 依据是否包含反馈、测验、超链接、批注、互动任务等交互功能, 将数字教材类型分为非交互式数字教材和交互式数字教材; 第四, 依据主要使用终端将数字教材载体分为计算机和移动电子设备, 其中移动电子设备包括平板电脑、智能手机、电子阅读器等; 第五, 将学科领域分为数学、语言、科学和社会; 第六, 将干预周期分为小于等于 4 周、大于 4 周且小于等于 8 周、大于 8 周。对缺失某一调节变量信息的效应量, 本研究仅在该调节变量分析中予以排除, 不影响其参与总体效应量估计。

(四) 研究流程

1. 文献质量评估

研究质量评估是判断纳入研究方法质量的重要环节。本研究采用原始研究基本质量评估工具评估纳入研究的方法质量 (Xu et al. 2024)。结果显示, 每项研究总分在 19—23 分之间, 平均分为 21.28 分, 得分均高于 18 分。这说明纳入研究的方法质量整体较高。

2. 三水平元分析模型

部分文献存在一项研究包含多个效应量的情况。为处理同一研究多个效应量之间可能产生的依赖性, 并尽量保留有意义的信息, 本研究采用三水平元分析模型。三水平模型将方差分为三个水平: 抽样方差 (level 1)、研究内的方差 (level 2) 和研究之间的方差 (level 3), 从而获得更符合数据层级结构的效应估计 (方龙跃等, 2025)。

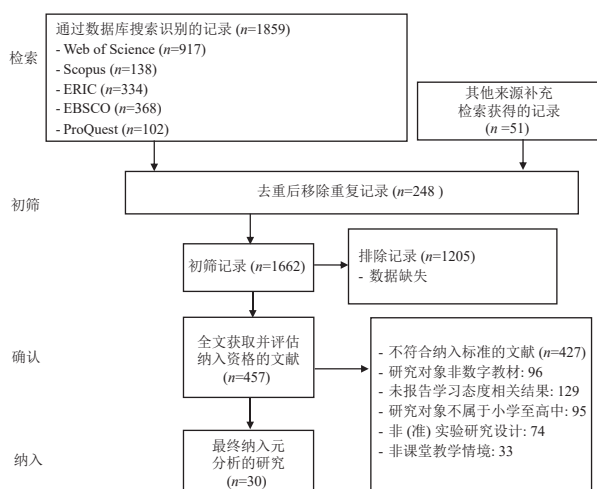


图 1 文献检索与研究纳入流程

3. 数据处理与分析

本研究基于“metafor”程序包进行编程(Assink & Wibbelink, 2016), 利用 R 4.3.2 软件完成三水平元分析数据运算, 包括: 总体效应量计算、敏感性分析、异质性分析、调节效应分析和发表偏倚检验。

在三水平模型中, 本研究采用 t 检验评估总体效应的统计显著性, 使用限制性极大似然法(restricted maximum likelihood)进行参数估计, 使用学生化残差法(studentized residuals)与逐一剔除法(leave-one-out)开展敏感性分析, 使用 Q 统计量评估方差的异质性。 I^2 用于估计三个水平的异质性, 并评估这些水平上的方差分布, 异质性水平较高则采用随机效应模型(Borenstein et al., 2010)。

本研究构建了两个约束型二水平元分析模型, 将研究内异质性方差、研究间异质性方差设定为 0, 再将二者与基准三水平元分析模型进行拟合优度检验, 比较模型适配程度。赤池信息量(AIC)和贝叶斯信息量(BIC)作为拟合优度的评价指标, 二者的值越小说明模型拟合度越高; 对应的 p 统计量小于 0.05, 说明三水平模型可以更好地拟合数据。对数似然比检验用于比较三水平模型与二水平模型刻画数据异质性的能力(Harrer et al., 2021)。

本研究对六个调节变量进行亚组分析, 并采用 Q 检验判断亚组间效应差异是否达到统计学意义上的显著。另外, 进行调节变量分析时, 缺失变量用“NA”替代。在调节分析中, 缺失相应调节变量信息的效应量未被纳入该变量的亚组检验。

三种方法用于评估发表偏倚, 包括漏斗图、Egger 线性回归分析和多水平 Egger 元回归检验。基于无出版偏倚假设, 如果各研究的散点对称分布于平均效应量两侧, 形成倒漏斗状分布, 则没有证据表明存在显著的发表偏倚(Nie et al., 2025)。如果 Egger 线性回归的截距值接近零, 且 p 值大于等于 0.05, 则不能说明存在显著的发表偏倚(Egger et al., 1997)。漏斗图与 Egger 回归检验结果基于两水平模型, 多水平 Egger 元回归检验结果基于三水平模型。

四、研究结果

本研究纳入 2010—2025 年的 30 项实验与准实验, 共 37 个效应量, 涉及 3363 名学生, 单项研究的样本量为 10~1406 人。

(一) 主效应检验与异质性检验

三水平模型拟合结果见表 1: $g = 0.851$, 95% CI = [0.335, 1.521], $t = 3.176$, $p = 0.003 < 0.05$; 水平 1 的 $I^2 = 2.21\%$, 水平 2 的 $I^2 = 3.39\%$, 水平 3 的 $I^2 = 93.86\%$ 。这说明, 研究内部存在轻微的异质性, 研究之间存在高度的异质性(Higgins et al., 2003)。 Q 检验显示各效应量存在异质性: $Q(36) = 630.043$, $p < 0.001$ 。三水平模型拟合统计量为: 赤池信息量 = 128.647, 贝叶斯信息量 = 133.398(见表 2)。对数似然比检验结果表明, 对比去掉研究内异质性的二水平模型, 三水平模型的对数似然值更高(-61.324~-62.894), 但差距不显著($p = 0.076 > 0.05$); 与去掉研究间异质性的二水平模型对比, 三水平模型的拟合度显著更

表 1 数字教材相较于纸质教材对 K-12 学生学习态度影响三水平模型统计结果

	k	g	95% 置信区间	t	水平 1	水平 2	水平 3	p
学习态度	37	0.928	[0.335, 1.521]	3.176**	2.21	3.93	93.86	0.003

注: k =效应量个数; g =Hedges' g ; 水平 1 表示抽样误差所占百分比, 水平 2 表示同一研究内效应量差异所占百分比, 水平 3 表示研究间差异所占百分比。

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$ (下同)。

表 2 三水平模型与简化二水平模型拟合结果比较

	自由度	赤池信息量	贝叶斯信息量	对数似然值	似然比检验值	p
三水平模型	3	128.647	133.398	-61.324		
去水平二模型	2	129.787	132.955	-62.894	3.140	0.076
去水平三模型	2	135.390	138.557	-65.695	8.743	0.003

注: 赤池信息量和贝叶斯信息量越小, 表示模型拟合相对越优。对数似然值和似然比检验值用于比较三水平模型与简化二水平模型拟合差异。去水平二模型表示不估计研究内方差的二层模型, 去水平三模型表示不估计研究间方差的二层模型。 p 值小于 0.05, 说明完整三水平模型相较于简化模型具有更优拟合。

高($p = .003 < 0.05$)。综合来看,三水平模型优于二水平模型,故本研究选择三水平元分析模型。

以上结果说明,相较于纸质教材,数字教材对K-12学生的学习态度有显著的积极影响,且影响程度较大。

(二)敏感性分析

本研究采用学生化残差法识别异常值,并通过逐一剔除法检验总体效应估计的稳健性(见图2),异常值诊断结果提示有两个效应量可能属于影响较强的个案(编号6与7)。利用逐一剔除法,本研究依次剔除第1至第37个效应量。每次仅剔除其中一个效应量并重新估计总体效应。结果显示,总体效应量在0.702—0.947间波动(平均值为0.843),且在所有剔除情形下均达到统计显著($p \leq 0.001$)。异质性指标在不同剔除情形下变化幅度较小: I^2 介于95.8%至97.4%之间,残差 Q 值介于560.7至630.0之间($p < 0.001$)。总体而言,即便剔除最具影响力的观测值,主效应的方向与显著性仍保持一致,表明研究结论具有较强稳健性。

(三)出版偏倚检验

本研究采用漏斗图、Egger回归检验及多层次的MLMA Egger回归评估发表偏倚。图3展示了各研究效应量的漏斗图分布,散点整体未呈现明显不对称,表明出现实质性发表偏倚的可能性较低。传统两层次模型的Egger回归检验结果未达显著水平($Z = 1.755, p = 0.079 > 0.05$)。鉴于在效应量存在依赖结构的元分析中,传统发表偏倚检验指标可能带来第一类错误率膨胀问题,为提高检验的适切性与稳健性,本研究采用多水平Egger元回归检验,发现结果同样不显著: $t(35) = 1.734, p = 0.092 > 0.05$ 。综上,本研究未发现显著的发表偏倚。

(四)调节变量分析

鉴于主效应存在显著异质性,本研究进一步检验文化背景、学段、数字教材交互性、学科领域、

干预周期和设备类型的调节作用(见表3)。

文化背景的调节效应显著, $F(1,35) = 4.171, p < 0.05$ 。具体而言,在集体主义文化主导的国家,数字教材对学习态度的促进效应更大($g = 1.394, 95\% CI = [0.790, 1.998]$),而在个人主义文化主导的国家中,该效应相对较小($g = 0.302, 95\% CI = [-0.602, 1.205]$)。

学段的调节作用达到显著水平, $F(1,36) = 8.140, p < 0.05$ 。中学生的效应量更大($g = 1.725, 95\% CI = [0.946, 2.503]$),小学生的效应较弱且置信区间跨越零($g = 0.232, 95\% CI = [-0.490, 0.955]$)。这说明数字教材对中学生学习态度的促进作用强于小学生,且没有证据表明数字教材能对小学生的学习态度产生正面影响。

设备类型的调节作用显著, $F(1,20) = 4.892, p < 0.05$ 。具体而言,基于移动电子设备的数字教材对学生学习态度具有显著的积极影响, $g = 1.314, 95\% CI = [0.210, 2.418]$;计算机端数字教材的效应量较小且置信区间包含零值, $g = 0.531, 95\% CI = [-0.527, 1.589]$,不能说明在计算机上使用数字教材对学习态度的正向影响在统计学意义上不显著。组间 F 检验显著。这表明在移动电子设备上使用数字教材比在计算机上使用更有利于改善学生的学习态度。

数字教材交互性未表现出显著的调节作用, $F(1,36) = 0.005, p > 0.05$ 。学科领域对数字教材学习态度也不具有显著调节作用, $F(3,33) = 1.354, p > 0.05$ 。干预时长未能显著调节数字教材对学习态度的影响, $F(2,32) = 0.570, p > 0.05$ 。在现有样本范围内,三者尚不足以解释数字教材学习态度效应的组间差异。

五、结论与讨论

(一)结论

本研究采用三水平元分析方法整合2010—2025

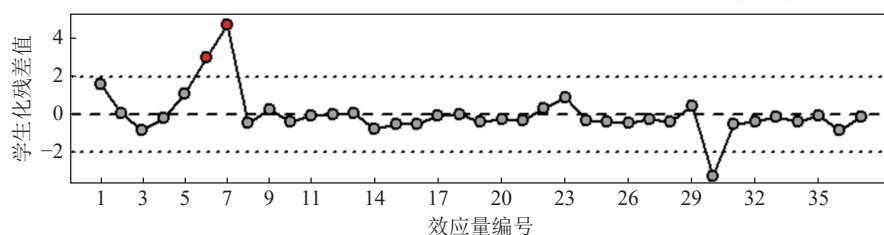


图2 学生化残差图

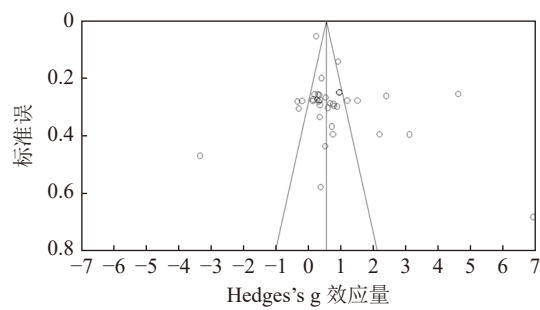


图3 元分析中30项研究的37个效应量漏斗图

年发表的实证研究,检验数字教材相较于纸质教材对学生学习态度的影响差异。结论如下:1)数字教材对学习态度有正向效应;2)文化背景、学段和设备类型调节了数字教材对学习态度的影响,但数字教材交互性、学科和干预周期对学习态度没有调节作用。上述发现可为数字教材的教学应用优化

与政策制定提供经验证据。

(二)讨论

1. 数字教材对学习态度的总体影响

本研究发现,相较于纸质教材,数字教材对学生学习态度的影响有显著正向效应。主效应检验结果表明,与纸质教材相比,数字教材在改善学生学习态度方面表现出显著优势($p < 0.001$),总体效应量为 0.928,影响强度较大。这说明数字教材可能有助于学生形成更积极的学习态度。这一结论与既有研究结论基本一致:比起纸质教材,使用数字教材显著改善了韩国小学生的科学成绩与自我导向学习态度(Im, 2024),提升了土耳其中学生的阅读理解表现与阅读态度(Kaban, 2021),改善了哈萨克斯坦小学生英语学习态度(Karimova et al., 2023)。它与数字教材对学生学习结果影响的元分

表3 数字教材相对于纸质教材对学习态度的影响:调节变量分析结果

调节变量	<i>F</i>	<i>k</i>	<i>g</i>	标准误	95% 置信区间	第2层方差	第3层方差	<i>p</i>
文化	4.171*					0.098	1.586	0.049
集体主义		26	1.394	0.297	[0.790,1.998]			<0.001
个人主义		10	0.302	0.445	[-0.602,1.205]			0.502
学段	8.140**					0.100	1.848	0.007
小学		23	0.232	0.356	[-0.490,0.955]			0.518
中学		14	1.725	0.383	[0.946,2.503]			<0.001
数字教材交互性	0.005					0.119	2.382	0.944
交互式数字教材		26	0.917	0.331	[0.246,1.589]			0.009
非交互数字教材		11	0.948	0.412	[0.111,1.786]			0.028
学科	1.354					0.098	2.392	0.275
语言		19	0.488	0.430	[-0.387,1.364]			0.265
数学		4	1.699	1.128	[-0.599,3.997]			0.142
科学		11	1.588	0.486	[0.598,2.578]			0.003
社会		2	-0.026	1.133	[-2.334,2.282]			0.982
干预周期	0.570					0.100	1.519	0.571
不超过4周		11	0.343	0.435	[-0.543,1.230]			0.436
高于4周不超过8周		14	0.968	0.394	[0.165,1.770]			0.020
超过8周		9	0.734	0.488	[-0.262,1.730]			0.143
设备类型	4.892*					<0.001	4.105	0.036
计算机		11	0.531	0.506	[-0.527,1.589]			0.307
移动电子设备		10	1.314	0.528	[0.210,2.418]			0.022

注:*F*值用于检验调节变量的组间差异是否达到统计显著水平;第2层方差表示同一研究内效应量之间的方差估计,第3层方差表示研究间方差估计。

析结论也一致(Wijaya et al., 2022), 支持学习态度与学习效果密切相关的既有观点(Iqbal et al., 2023)。

数字教材之所以能够促进学生形成积极学习态度, 原因可能源于其在认知、情感和行为倾向层面的协同作用。态度三成分模型指出, 态度是个体对特定对象形成的稳定心理倾向, 由认知、情感与行为倾向三个相互关联的维度构成(Rosenberg, 1960)。在认知层面, 数字教材通过超链接、批注和学习进度记录等功能, 支持学生便捷地调用学习资源, 增强其对学习任务的效能感。相较纸质教材, 数字教材通过可视化、动态化方式呈现抽象知识, 有助于学生对学习价值形成积极认知(Jbeen et al., 2022); 在情感层面, 认知—情感媒体学习理论认为, 恰当的视觉设计和情绪线索能诱发积极情绪, 并促进学习者投入认知加工。当学生认为教材更有趣、更“接地气”时, 其对学习活动的情感评价会更可能趋于积极。数字教材多样化的多媒体呈现方式, 契合学生认知加工规律, 能唤起学生更积极的情绪反应, 增强学习过程的愉悦感与吸引力(Shangguan et al., 2020); 在行为倾向层面, 数字教材的即时反馈和移动接入功能降低了学习启动成本, 有助于增强学习活动的连续性, 使学生由被动阅读者转向主动学习者, 进而增强持续使用意愿(Joo et al., 2017)。此外, 数字化工具提供的即时反馈与动态可视化功能促进了学习行为的持续投入与自我调节(Li & Ma, 2010), 进而强化其积极的学习行为倾向。

依据多媒体学习认知理论, 丰富的媒介形式能够同时激活学习者的认知加工并诱发积极情绪体验, 增强学习动机和态度(Mayer & Fiorella, 2021), 这一机制在数字化学习环境中也得到实证研究支持(Schneider et al., 2022)。数字教材通常整合视频、动画、测验等多媒体元素, 以更多元且富有参与感的方式呈现学习内容。这不仅有助于吸引学生注意力, 促进其对学习材料的深度加工, 也更容易激发学习兴趣等(O' Bannon et al., 2017)。此外, 认知负荷理论认为, 学习者的工作记忆容量是有限的, 教学设计的关键在于减少无关加工并促进有效的知识建构(Paas et al., 2010)。有研究发现, 数字教材可通过优化界面与呈现方式减少无关加工: 超链接和快速页面切换能降低信息检索与操作负担, 有助于减轻外在负荷; 清晰的内容架构和自主控制的

学习节奏使复杂信息加工更可控, 有助于降低内在负荷; 在线测验与即时反馈引导学习者将认知资源投入深层理解, 有助于增加相关负荷(Chang & Chen, 2024)。

2. 调节变量对学习态度的影响

文化背景调节了数字教材使用对学生学习态度的影响。与个人主义文化背景相比, 集体主义文化背景下数字教材对学生学习态度的提升效果更明显。这与既有研究结论一致, 即个体主义与集体主义不仅可能直接影响电子学习成效, 也会调节学习满意度与个体收益之间的关系, 集体主义取向正向预测学习收益(Aparicio et al., 2016)。这可能出于两个原因: 其一, 数字教材的互动性与协作性契合集体主义文化强调群体互动和共同参与的社会化学习取向(Hofstede, 2001)。部分数字教材嵌入抢答、讨论区和学习社群等交互模块, 有助于拓展合作学习情境(Lim et al., 2020), 支持合作学习与小组讨论, 使学生在同伴互动中协同建构知识, 促进形成积极学习态度。其二, 集体主义文化中学生的学习态度更易受教师、同伴和家庭等外部支持影响。有研究者指出, 集体主义文化背景下学生学习动力较多来自社会关系网络(Kang et al., 2007)。数字教材丰富的互动功能和协作工具能够增强师生、生生交流, 使学生获得更多外部激励和情感支持, 进而改善学习态度。由此, 数字教材的应用与推广需要重视文化适配, 尤其在个人主义文化较突出的国家或地区, 不宜直接套用集体主义文化情境中的应用经验, 而应结合学生学习习惯、课堂互动方式和信息技术发展水平进行本土化设计。需指出的是, 本研究以国家层面的文化取向作为宏观指标, 不能等同于学生个体文化价值观且同一国家内部也存在地区、学校和家庭文化差异。因此, 文化调节结果更适合作为数字教材跨文化应用的初步证据, 不宜作为解释个体学习态度变化的直接依据。

学段对数字教材影响学生学习态度的效应具有显著调节作用, 中学生组的效应量高于小学生组。这一差异可从认知发展与注意资源两方面理解: 第一, 皮亚杰的认知发展理论指出, 11 岁以上的中学生多处于形式运算阶段, 小学生多处于具体运算阶段(Huitt & Hummel, 2003)。中学生认知发展水平

更高,具备更成熟的抽象思维、元认知策略与自我调节能力,对数字技术的接受度也更高,因此能够更有效地使用数字教材的多媒体与交互功能,充分发挥其媒介优势。第二,注意力资源理论指出,个体注意资源有限,任务复杂度和无关干扰会影响注意分配与维持(Young & Stanton, 2002)。小学生有意注意尚不稳定,容易被数字教材的视频和游戏化元素等冗余刺激吸引,导致注意力从学习内容转向媒介形式。这与既有研究一致,即移除有趣但无关的图文和声音通常有助于提升学习效果(Rey, 2012),且中学生对数字化学习的意愿与信念也显著高于小学生(Can et al., 2020)。因此,数字教材应用应依据学生发展阶段进行差异化设计。面向小学生的数字教材宜减少复杂导航和非必要交互,突出清晰结构、短时任务和教师引导。面向中学生的数字教材可适当增加游戏化要素和互动测试等功能,强化其支持自主学习的特性。

设备类型调节了数字教材对学生学习态度的影响。移动电子设备组的效应量高于计算机组。移动学习理论认为,移动设备的核心优势在于便携性、即时性和跨情境接入(Bernacki et al., 2020)。智能手机、平板电脑等移动终端深度嵌入学生日常学习与生活场景,触控交互模式也更契合学生使用习惯。依据技术接受模型,感知有用性和感知易用性是影响技术态度与使用意愿的重要因素(Davis & Granić, 2024)。移动设备能够降低打开教材、查找资源和笔记标注的操作成本,使数字教材更容易融入预习和复习等环节。相较于需固定使用场景、操作流程烦琐的计算机,移动设备更凸显数字教材“随时接入、灵活应用”的优势,增强学生利用碎片化时间学习的意愿,形成更积极的学习态度(Wei et al., 2025)。这与已有研究结论相契合:移动学习环境下学生学习态度优于传统学习环境,学习挫败感更低(Salhab & Daher, 2023)。多数学生对使用智能手机辅助课程学习持积极态度,因为其访问便捷,且学习过程更具个性化与趣味性(Pham & Truong, 2023),但移动设备同时承载社交、娱乐功能,若缺乏课堂管理与任务设计,可能成为信息干扰源。因此,学校配置数字教材终端,需要配套建立课堂使用规范、任务驱动机制和学习过程管理策略。

(三)不足与展望

本研究通过元分析方法考察数字教材对学生学习态度的影响及其调节机制,存在一定局限。第一,由于学前阶段缺乏统一、规范的教材体系,本研究未将学前学生纳入分析。未来研究可在条件允许的情况下,纳入更多学段。第二,本研究主要对各调节变量进行了独立检验,尚未分析不同调节变量之间可能存在的交互作用。未来研究可尝试分析部分关键变量可能存在的交互机制,以更深入解释效应差异。第三,部分原始研究未提供充分的调节变量信息,限制了本研究调节分析的深度与细致性。第四,数字教材应用目前仍处于持续优化阶段。未来研究可以综合考察数字教材对各类学习成效的影响,更全面地揭示数字教材的教育价值与适用条件。第五,本文将文化背景分为国家层面的集体主义与个人主义,这提供了跨文化比较的初步依据,但难以反映同一国家内部在地区文化、学校文化、家庭文化等方面的差异。未来研究应报告这些研究特征,便于开展更精细的调节分析,剖析同一国家内部的差异。

随着人工智能技术与教育数字化转型的不断推进,数字教材正由传统教学的辅助工具逐渐变为课堂教学的重要组成部分。相较于传统纸质教材,数字教材不仅能够通过多媒体呈现、智能交互与学习支持功能丰富知识表达方式,还能够一定程度上突破时间、空间与资源限制,为学生提供更生动、开放与个性化的学习体验。然而,数字教材的价值不在于“技术替代教材”,而在于如何真正服务于学习过程与学生发展。未来数字教材建设应更关注学生认知规律、情感体验与学习需求之间的协调统一,避免单纯追求技术叠加与形式创新,忽视学习本身的教育价值。教材设计应强化内容逻辑、交互支持与学习引导之间的协同关系,合理控制娱乐化与碎片化倾向,增强数字教材对深度学习、自主学习与高阶思维发展的支持作用。同时,数字教材的有效应用还有待加强教师数字化教学素养培养,提升教师利用数字教材开展教学设计、学习评价与课堂互动的能力。学校与教育管理部门应完善数字化教学资源建设与技术支持体系,推动数字教材与课程改革、课堂教学改革及教育评价改革协同发展。

[参考文献]

- [1] Abd Algani, Y. M., Alhajia, Y. F. A., & Awad, N.(2021). The impact of using digital books on the level of motivation of teachers and students to teach and learn mathematics in elementary schools in Palestinian Arab society in Israel[J]. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(14): 3025-3043.
- [2] Akturk, A. O., & Sahin, I.(2011). Literature review on metacognition and its measurement[J]. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15: 3731-3736.
- [3] Al-Mohtaseb, Z., Schachter, S., Shen Lee, B., Garlich, J., & Trattler, W.(2021). The relationship between dry eye disease and digital screen use[J]. *Clinical Ophthalmology*, 15: 3811-3820.
- [4] Aparicio, M., Bacao, F., & Oliveira, T.(2016). Cultural impacts on e-learning systems' success[J]. *The Internet and Higher Education*, 31: 58-70.
- [5] Assink, M., & Wibbelink, C. J. M.(2016). Fitting three-level meta-analytic models in R: A step-by-step tutorial[J]. *The Quantitative Methods for Psychology*, 12(3): 154-174.
- [6] Barnyak, N. C., & McNelly, T. A.(2016). The literacy skills and motivation to read of children enrolled in Title I: A comparison of electronic and print nonfiction books[J]. *Early Childhood Education Journal*, 44: 527-536.
- [7] Bernacki, M. L., Greene, J. A., & Crompton, H.(2020). Mobile technology, learning, and achievement: Advances in understanding and measuring the role of mobile technology in education[J]. *Contemporary Educational Psychology*, 60: 101827.
- [8] Betts, J., McKay, J., Maruff, P., & Anderson, V.(2006). The development of sustained attention in children: The effect of age and task load[J]. *Child Neuropsychology*, 12(3): 205-221.
- [9] Bikowski, D., & Casal, J. E.(2018). Interactive digital textbooks and engagement: A learning strategies framework[J]. *Language Learning & Technology*, 22(1): 119-136.
- [10] Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R.(2010). A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis[J]. *Research Synthesis Methods*, 1(2): 97-111.
- [11] 蔡文荣, 蔡佩君(2012). 互动式电子白板在英语教学过程中对学习成就与学习态度之影响[J]. *教育科学期刊*, 11(2): 69-91.
- [12] Can, T., Kucuk, S., & Simsek, I.(2020). Examining K-12 students' preferences and attitudes on mobile learning[J]. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 15(2): 95-108.
- [13] Chang, C. C., & Chen, T. C.(2024). Emotion, cognitive load and learning achievement of students using e-textbooks with/without emotional design and paper textbooks[J]. *Interactive Learning Environments*, 32(2): 674-692.
- [14] Chiu, R. Y. K., Cheung, D. S. P., & Lau, W. W. F. (2017). The effects of electronic textbook implementation on students' learning in a chemistry classroom[C]//Proceedings of the 5th International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering (LaTICE 2017). Hong Kong, China: IEEE: 54-61.
- [15] Ciampa, K.(2012). Reading in the digital age: Using electronic books as a teaching tool for beginning readers[J]. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 38(2): 1-26.
- [16] Costa, A., & Faria, L.(2024). Individualist-collectivist profiles in secondary school: An exploratory study of trait emotional intelligence and academic achievement[J]. *European Journal of Psychology of Education*, 39(3): 2783-2803.
- [17] Cromley, J. G., & Chen, R.(2025). A meta-analysis of Richard Mayer's multimedia learning research: Searching for boundary conditions of design principles across multiple media types[J]. *Educational Research Review*, 49: 100730.
- [18] Davis, F. D., & Granić, A. (2024). The technology acceptance model: 30 years of TAM[M]. Cham: Springer International Publishing: 8-14.
- [19] Delgado, P., Vargas, C., Ackerman, R., & Salmerón, L.(2018). Don't throw away your printed books: A meta-analysis on the effects of reading media on reading comprehension[J]. *Educational Research Review*, 25: 23-38.
- [20] Edgcomb, A. D., Vahid, F., Lysecky, R., Knoesen, A., Amirtharajah, R., & Dorf, M. L. (2015). Student performance improvement using interactive textbooks: A three-university cross-semester analysis[C]//Proceedings of the 122nd ASEE Annual Conference & Exposition: Making Value for Society. Seattle, WA: American Society for Engineering Education: 26.1423.
- [21] Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M., & Minder, C.(1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test[J]. *BMJ*, 315(7109): 629-634.
- [22] 方龙跃, 雷浩(2025). 前沿元分析模型及教育研究应用[J]. *苏州大学学报(教育科学版)*, 13(4): 71-81.
- [23] Folb, B. L., Wessel, C. B., & Czechowski, L. J.(2011). Clinical and academic use of electronic and print books: The Health Sciences Library System e-book study at the University of Pittsburgh[J]. *Journal of the Medical Library Association*, 99(3): 218-228.
- [24] Gong, Z., & Wallace, J. D.(2012). A comparative analysis of iPad and other M-learning technologies: Exploring students' view of adoption, potentials, and challenges[J]. *Journal of Literacy and Technology*, 13(1): 2-29.
- [25] Hakkari, F., Yeloğlu, T., Tüysüz, C., & İlhan, N.(2017). Development of an instructional material for an enriched book relating to "interactions between chemical types" unit in the ninth grade chemistry curriculum and investigation its effects[J]. *Education and Science*, 42(192): 327-348.
- [26] Harrer, M., Cuijpers, P., Furukawa, T. A., & Ebert, D. D. (2021). Doing meta-analysis with R: A hands-on guide[M]. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC: 287-290.
- [27] Haryanti, N., Wilujeng, I., & Sundari, S.(2020). Problem-based learning instruction assisted by e-book to improve mathematical representation ability and curiosity attitudes on optical devices[J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1): 012045.

- [28] Heflin, H., Shewmaker, J., & Nguyen, J. (2017). Impact of mobile technology on student attitudes, engagement, and learning[J]. *Computers & Education*, 107: 91-99.
- [29] Higgins, J. P. T., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses[J]. *BMJ*, 327(7414): 557-560.
- [30] Hofstede, G. (2001). *Culture's consequences: Comparing values, behaviors, institutions and organizations across nations*[M]. 2nd ed. Thousand Oaks, CA: Sage: 209-278.
- [31] Huit, W., & Hummel, J. (2003). Piaget's theory of cognitive development[OL]. <http://www.edpsycinteractive.org/topics/cognition/piaget.html>.
- [32] Im, H. (2024). Affective and social competencies of elementary school students in the use of digital textbooks: A longitudinal study[J]. *Behavioral Sciences*, 14(3): 179.
- [33] Iqbal, M., Farida, L. Z. N., & Win, K. T. (2023). The influence of student attitudes on learning achievement[J]. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 7(2): 92-98.
- [34] Jbeen, A., Ur Rehman, S., & Mahmood, K. (2022). Awareness, use and attitudes of students towards e-books: Differences based on gender, discipline and degree level[J]. *Global Knowledge, Memory and Communication*, 71(6/7): 449-467.
- [35] Joo, Y. J., Park, S., & Shin, E. K. (2017). Students' expectation, satisfaction, and continuance intention to use digital textbooks[J]. *Computers in Human Behavior*, 69: 83-90.
- [36] Kaban, A. L. (2021). Gamified e-reading experiences and their impact on reading comprehension and attitude in EFL classes[J]. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 13(3): 71-90.
- [37] Kamtor, E. E. (2016). The impact of virtual laboratories on academic achievement and learning motivation in the students of Sudanese secondary school[J]. *International Journal of English Language, Literature and Humanities*, 4(9): 464-483.
- [38] Kang, I., Choi, J. I., & Chang, K. (2007). Constructivist research in educational technology: A retrospective view and future prospects[J]. *Asia Pacific Education Review*, 8: 397-412.
- [39] Kao, G. Y. M., Tsai, C. C., Liu, C. Y., & Yang, C. H. (2016). The effects of high/low interactive electronic storybooks on elementary school students' reading motivation, story comprehension and chromatics concepts[J]. *Computers & Education*, 100: 56-70.
- [40] Karimova, G., Ishanov, P., Mukanova, S., Odintsova, S., & Aratayeva, A. (2023). The effects of using digital stories and media in foreign language teaching[J]. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 11(5): 1113-1130.
- [41] Kim, Y. (2021). A longitudinal study on the influence of learning effort, attitude, and achievement goal on mathematics academic achievement: For elementary and secondary school students[J]. *Education of Primary School Mathematics*, 24(1): 1-20.
- [42] Lee, M. C. (2010). Explaining and predicting users' continuance intention toward e-learning: An extension of the expectation-confirmation model[J]. *Computers & Education*, 54(2): 506-516.
- [43] 雷浩, 杨春明 (2024). 数字教材与纸质教材, 哪个更有利于学生学习?[J]. *华东师范大学学报(教育科学版)*, 42(12): 99-115.
- [44] Li, Q., & Ma, X. (2010). A meta-analysis of the effects of computer technology on school students' mathematics learning[J]. *Educational Psychology Review*, 22(3): 215-243.
- [45] Liaw, S. S., & Huang, H. M. (2013). Perceived satisfaction, perceived usefulness and interactive learning environments as predictors to self-regulation in e-learning environments[J]. *Computers & Education*, 60(1): 14-24.
- [46] Lim, B. C. Y., Liu, L. W. L., & Choo, C. H. (2020). Investigating the effects of interactive e-book towards academic achievement[J]. *Asian Journal of University Education*, 16(3): 78-88.
- [47] Lin, C. (2014). Learning English reading in a mobile-assisted extensive reading program[J]. *Computers & Education*, 78: 48-59.
- [48] Mao, X., Dai, Y., Liu, Y., Jiang, Y., & Zhang, Y. (2025). Optimizing cognitive load in digital mathematics textbooks: A mixed-methods study on content organization and application models[J]. *Journal of Educational Technology and Innovation*, 7(3): 44-59.
- [49] Mayer, R. E. (2014). *Multimedia instruction*[M]//Spector, J. M., Merrill, M. D., Elen, J., & Bishop, M. J. (Eds.). *Handbook of research on educational communications and technology*. New York: Springer: 385-399.
- [50] Mayer, R. E., & Estrella, G. (2014). Benefits of emotional design in multimedia instruction[J]. *Learning and Instruction*, 33: 12-18.
- [51] Mayer, R. E., & Fiorella, L. (2021). *The Cambridge handbook of multimedia learning*[M]. Cambridge: Cambridge University Press: 624-629.
- [52] Nie, X., Tian, Y., Liu, M., Wu, D., & Guo, Y. (2025). The impact of generative artificial intelligence on students' higher order thinking: Evidence from a three-level meta-analysis[J]. *Education and Information Technologies*, 30(17): 25359-25390.
- [53] O'Bannon, B. W., Skolits, G. J., & Lubke, J. K. (2017). The influence of digital interactive textbook instruction on student learning preferences, outcomes, and motivation[J]. *Journal of Research on Technology in Education*, 49(3/4): 103-116.
- [54] Özer, S., & Türel, Y. K. (2015). Bilişim teknolojileri öğretmen adaylarının e-kitap ve etkileşimli e-kitap kavramına ilişkin metaforik algıları[J]. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 6(2): 1-23.
- [55] Paas, F., Van Gog, T., & Sweller, J. (2010). Cognitive load theory: New conceptualizations, specifications, and integrated research perspectives[J]. *Educational Psychology Review*, 22(2): 115-121.
- [56] Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews[J]. *BMJ*, 372: n71.

- [57] Pham, A. T., & Truong, U. T.(2023). Students' attitudes towards mobile learning: A case study in higher education in Vietnam[J]. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(7): 62-71.
- [58] Piaget, J. (2016). Intellectual evolution from adolescence to adulthood[M]//Lerner, R. M., & Jovanovic, J. (Eds.). *Cognitive and moral development, academic achievement in adolescence*. New York: Routledge: 1-12.
- [59] Piaget, J., & Inhelder, B. (2008). *The psychology of the child*[M]. New York: Basic Books:152-153.
- [60] Plass, J. L., Heidig, S., Hayward, E. O., Homer, B. D., & Um, E.(2014). Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning[J]. *Learning and Instruction*, 29: 128-140.
- [61] Prior, D. D., Mazanov, J., Meacheam, D., Heaslip, G., & Han-son, J.(2016). Attitude, digital literacy and self efficacy: Flow-on effects for online learning behavior[J]. *The Internet and Higher Education*, 29: 91-97.
- [62] Pyörälä, E., Mäenpää, S., Heinonen, L., Folger, D., Masalin, T., & Hervonen, H.(2019). The art of note taking with mobile devices in medical education[J]. *BMC Medical Education*, 19(1): 96.
- [63] Rey, G. D.(2012). A review of research and a meta-analysis of the seductive detail effect[J]. *Educational Research Review*, 7(3): 216-237.
- [64] Rodríguez-Regueira, N., & Rodríguez-Rodríguez, J.(2022). Analysis of digital textbooks[J]. *Educational Media International*, 59(2): 172-187.
- [65] Rosenberg, M. J. (1960). Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes[M]//Hovland, C. I., & Rosenberg, M. J. (Eds.). *Attitude organization and change*. New Haven: Yale University Press: 1-14.
- [66] Ryan, R. M., & Deci, E. L.(2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions[J]. *Contemporary Educational Psychology*, 61: 101860.
- [67] Salhab, R., & Daher, W.(2023). The impact of mobile learning on students' attitudes towards learning in an educational technology course[J]. *Multimodal Technologies and Interaction*, 7(7): 74.
- [68] Schneider, S., Beege, M., Nebel, S., Schnaubert, L., & Rey, G. D.(2022). The cognitive-affective-social theory of learning in digital environments (CASTLE)[J]. *Educational Psychology Review*, 34(1): 1-38.
- [69] Schunk, D. H. (2012). *Learning theories: An educational perspective*[M]. 6th ed. Boston: Pearson Education: 348-372.
- [70] Shangguan, C., Wang, Z., Gong, S., Guo, Y., & Xu, S.(2020). More attractive or more interactive? The effects of multi-leveled emotional design on middle school students' multimedia learning[J]. *Frontiers in Psychology*, 10: 3065.
- [71] Shieh, M. D., Ho, C. C., Hsu, F. C., & Yang, C. C. (2022). Evaluation of the effect of voice technology in a game teaching e-book on English learning[C]//HCI International 2022—Late Breaking Papers: Interaction in New Media, Learning and Games. Cham: Springer: 423-436.
- [72] Takacs, Z. K., Swart, E. K., & Bus, A. G.(2015). Benefits and pitfalls of multimedia and interactive features in technology-enhanced storybooks: A meta-analysis[J]. *Review of Educational Research*, 85(4): 698-739.
- [73] Tarhini, A., Hone, K., Liu, X., & Tarhini, T.(2017). Examining the moderating effect of individual-level cultural values on users' acceptance of e-learning in developing countries: A structural equation modeling of an extended technology acceptance model[J]. *Interactive Learning Environments*, 25(3): 306-328.
- [74] Tosini, G., Ferguson, I., & Tsubota, K.(2016). Effects of blue light on the circadian system and eye physiology[J]. *Molecular Vision*, 22: 61-72.
- [75] Triandis, H. C. (2018). *Individualism and collectivism*[M]. New York: Routledge: 7-9.
- [76] VanAken, A. M. (2014). Effect of ebooks on reading level, reading behaviors, and attitude of second grade students[D]. Lynchburg, VA: Liberty University:125-126.
- [77] Vardar, A., & Şimşekli, Y.(2023). Investigating the effect of using an interactive e-book on academic achievement, attitude and motivation[J]. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 36(3): 1147-1167.
- [78] Wan Sulaiman, W. N. A., & Mustafa, S. E.(2020). Usability elements in digital textbook development: A systematic review[J]. *Publishing Research Quarterly*, 36(1): 74-101.
- [79] Wei, B., Zhuo, Y., Zeng, H., Hong, H., & Liu, H.(2025). Determinants of university students' attitudes towards smart devices in the smart campus environment[J]. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12: 1543.
- [80] Weng, C., Otanga, S., Weng, A., & Cox, J.(2018). Effects of interactivity in e-textbooks on 7th graders' science learning and cognitive load[J]. *Computers & Education*, 120: 172-184.
- [81] Wijaya, T. T., Cao, Y., Weinhandl, R., & Tamur, M.(2022). A meta-analysis of the effects of e-books on students' mathematics achievement[J]. *Heliyon*, 8(6): e09432.
- [82] Wu, M. Y., & Pan, H. C.(2016). A study of intention to use tablet PC e-books from a perspective combining TAM and IDT[J]. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 13: 414-426.
- [83] Wu, W. H., Wu, Y. C. J., Chen, C. Y., Kao, H. Y., Lin, C. H., & Huang, S. H.(2012). Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis[J]. *Computers & Education*, 59(2): 817-827.
- [84] Xu, J., Guo, S., Feng, Y., Ma, Y., Zhang, Y., Núñez, J. C., & Fan, H.(2024). Parental homework involvement and students' achievement: A three-level meta-analysis[J]. *Psicothema*, 36(1): 1-14.
- [85] Yoon, S. K., Kim, M. J., & Choi, J. H.(2014). Effects of digital textbook's interactivity on the learning attitude: With a focus on the tablet PC-based digital textbooks of social studies and science[J]. *The Journal of the Korea Contents Association*, 14(2): 205-222.
- [86] Young, M. S., & Stanton, N. A.(2002). Malleable attentional resources theory: A new explanation for the effects of mental underload on performance[J]. *Human Factors*, 44(3): 365-375.

[87] Yusup, M. , Marzani, M. , Lubis, T. , & Anggraeni, G. S. (2023). The influence of learning attitudes and motivation on students' learning achievement[J]. JMKSP (Jurnal Manajemen, Kepemimpinan, dan Supervisi Pendidikan), 8(1): 1-14.

[88] Zhao, F., Gaschler, R., Wagner, I., & Schnotz, W.(2023) .

Lower grade students tend to give up early in multimedia learning[J]. European Journal of Psychology of Education, 38(2): 545-565.

[89] Zimmerman, B. J.(2002) . Becoming a self-regulated learner: An overview[J]. Theory into Practice, 41(2): 64-70.

(编辑: 魏志慧)

Do Digital Textbooks Foster More Positive Learning Attitudes than Print Textbooks? A Three-Level Meta-Analysis

FANG Longyue¹, LEI Hao² & LIU Shuai²

(1. School of Mathematical Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241, China;

2. Institute of Curriculum and Instruction, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: *The digital textbook transformation has become an important issue in the development of educational resources for basic education. Owing to their multimedia presentations, interactive functions, and mobile accessibility, digital textbooks are expected to foster more positive learning attitudes among students. However, previous empirical studies have produced inconsistent findings. This study conducted a three-level meta-analysis of 37 effect sizes derived from 30 studies involving 3,363 participants to estimate the overall effect of digital textbooks, relative to print textbooks, on students' learning attitudes. It also examined potential moderators of effect-size heterogeneity. The results indicated that digital textbooks had a statistically significant and large positive effect on students' learning attitudes. Cultural context, educational level, and device type significantly moderated this effect, with larger effects observed in collectivist cultural contexts, among secondary school students, and when digital textbooks were accessed through mobile devices. Future development and implementation of digital textbooks should therefore consider more cultural adaptation, developmentally appropriate design across educational levels, and the optimization of mobile learning experiences to enhance their effect in promoting positive learning attitudes in K-12 classrooms.*

Key words: *digital textbooks; paper textbooks; learning attitudes; three-level meta-analysis*