

线索促进数字化学习的作用机理及适用场景

——基于 49 篇实验和准实验文献的元分析

魏非¹, 杨淑婷², 郑珊珊³

(1.华东师范大学教师发展学院, 上海 200062;
2.华东师范大学教育信息技术学系, 上海 200062;
3.上海宝山区教育学院, 上海 201999)

[摘要] 数字化学习已经成为当下主流的学习方式。线索是数字化学习材料的构成要素之一,是影响数字化学习效果的重要因素。然而,现有研究对于线索在引导学生注意力、降低认知负荷和提高学习结果方面的成效和理路尚未达成一致意见。为进一步探寻线索促进数字化学习的机理及适用场景,研究运用元分析方法,对国内外数字化学习材料中线索设计与应用的实证研究进行量化分析。结果表明:在数字化学习材料中加入线索,对注意力和学习结果都有显著促进作用,但对认知负荷没有显著影响。同时研究发现,线索设计成效受到线索类型、数字化学习材料类型、学科类别、学习者学段等因素的影响。最后,研究分析了线索对学习者的认知加工和深度学习的作用机理,并基于调节效应分析结果探讨了线索的适用场景。

[关键词] 数字化学习; 数字化学习材料; 线索设计; 学习结果; 促进机理; 学习场景

[中图分类号] G434 **[文献标志码]** A

[作者简介] 魏非(1979—),女,四川宜宾人。副研究员,博士,主要从事教师培训专业化、教师数字素养培养、教育数字化转型研究。E-mail:fwei@dec.ecnu.edu.cn。

一、引言

随着数智技术的广泛深入应用,数字化学习这一新兴的学习方式,正在全球范围内迅速普及。数字化学习材料是数字化学习的核心构成,也是相关研究和实践的重要内容。2022年11月1日起,《数字教材:中小学数字教材元数据》《数字教材:中小学数字教材质量要求和检测方法》和《数字教材:中小学数字教材出版基本流程》三项中小学数字教材国家标准正式实施,对数字化学习材料提出更高要求。目前,常见的数字化学习材料包括教学动画、教学视频、多媒体课件、虚拟实验^[1]以及具有协作、交互、可访问等优势的数字教材等。

线索,又称标记,是数字化学习材料中具有选择、组织和整合作用的符号、词语等非教学内容信息^[2]。线

索的设计与应用是影响数字化学习的重要因素^[3]。关于线索对数字化学习的促进作用,国内外已有诸多学者聚焦线索对学习者的注意力、认知负荷、学习结果三个方面的影响开展研究^[2,4-5]。但由于实验设计、样本选取、实验方法、测量工具等的差异,研究结果尚不一致,需要进一步检验。同时,随着数字化技术的发展迭代,有必要更新和发展对数字化学习材料及其线索设计的认识,包括线索对数字化学习过程和学习结果的促进作用以及不同条件下线索的作用效果差异。本研究采用元分析方法,对国内外数字化学习材料中线索设计与应用的实证研究进行量化分析,关注线索对学习者在数字化学习中的注意力、认知负荷以及学习结果的作用机理及其影响因素,丰富对数字化学习材料中线索设计与应用的认识,以期进一步提升数字化学习成效。

基金项目:2023年度国家社会科学基金教育学一般课题“面向教师数字能力发展的场景构建与应用研究”(课题编号:BCA230283)

二、文献综述

数字化学习效果可以从学习过程和学习结果两方面评估。其中,过程评估主要考察学习者的参与程度和认知投入水平,通常使用注意力和认知负荷作为观测指标;结果评估主要考察学习者对知识、技能的理解和掌握,通常使用学习结果作为观测指标。为更好地理解线索在数字化学习中的作用效果和具体表征,下面主要从注意力、认知负荷和学习结果三个维度梳理线索设计的已有研究。

(一)线索对数字化学习注意力的影响研究

注意力表示主体对客体具有一定强度和持续性关注的^[6]。De Koning 等认为,线索可以将学习者的注意力引导到特定的关键区域,促进学习者对必要信息的选择和提取,进而为学习效果提升提供支持^[7]。眼动追踪技术是评估数字化学习环境中注意力的重要手段^[8],研究者通常将首次注视时间、总注视时间和总注视次数作为观测注意力常用的眼动指标^[9]。首次注视时间指学习者第一次注视兴趣区域所花费的时间,可以表示学习者的视觉搜索速度^[10];总注视时间指学习者在兴趣区内所有注视点的时间总和,总注视时间越长越容易进行深度认知加工^[11];总注视次数指学习者注视兴趣区的总次数,反映学习者对学习内容的熟悉度和兴趣度^[12]。

有关线索设计的实证研究也多将学习者的注意力变化作为线索有效性的验证指标之一。例如,Boucheix 等人在实验研究中发现,线索能够显著提高学习者对学习内容相关区域的注意力^[13]。虽然大部分研究证实了线索在引导注意力上的优势,但对三个眼动指标呈现结果存在不一致的结论。例如:谢和平等认为,线索可以增加学习者的总注视时间和注视次数、缩短首次注视时间^[14];而周梦哲等发现,线索的加入对首次注视时间没有显著影响^[15]。此外,有少量研究发现,线索的加入甚至阻碍了学习者的注意力集中,如 Moon 等发现,在教学视频中添加线索显著减少了总注视时长和注视次数^[16]。

(二)线索对数字化学习认知负荷的影响研究

学习的产生与认知过程紧密相关。认知负荷是人完成某项特定的认知任务时进行信息加工所需要的认知资源的总量^[17]。认知负荷理论认为,如果学习者在同一时间内进行过多的认知活动,当其需要加工的认知资源总量超过所能承受的极限时,就会导致过量的认知负荷,进而影响学习^[17]。因此,认知负荷也被作为监测线索作用效果的常用指标之一。学习者的认知负荷通常借助量表工具测量,如 Paas 等编制的认知

负荷自评量表^[18],Leppink 等开发的学习者认知负荷测评量表^[19]等。

关于线索对学习者的认知负荷的影响,有研究者认为,线索的加入可以减少学习者用于搜索、组织和整合有关的知识信息时的资源消耗,从而释放更多的资源用于与学习有关的活动或进行深层加工^[20]。但也有实证研究表明,线索的加入并未对学习者的认知负荷造成显著影响^[21],这可能与学习者的先前经验、学习材料的内在性质以及教学设计有关^[22]。

(三)线索对数字化学习结果的影响研究

学习结果通常指学习者在知识技能、实践操作以及价值观念等方面的提升情况。在实验设计中,通常采用保持测试和迁移测试相结合的方式反映^[23]。其中,保持测试考察学习者对学习材料的记忆与理解情况,迁移测试考察学习者对所学知识的应用和迁移能力。

部分研究表明,合理添加线索能够有效提升数字化学习效果,但对保持测试成绩和迁移测试成绩的影响存在差异。例如:在虚拟现实环境下,Albus 等发现,线索显著提高了保持测试成绩,但对迁移测试成绩没有影响^[24];而李欣等人则发现,线索对迁移测试成绩的促进作用显著^[25]。此外,不同类型线索的促进作用也可能存在差异。Wang 等在教学视频中分别添加文本线索、视觉线索和组合线索,与无线索组相比,学习者的保持测试成绩都有显著提高,但只有组合线索有效提高了迁移测试成绩^[26]。由此可见,线索的类型和数字化学习材料的形式都可能影响学习结果。此外,线索对数字化学习结果的影响也可能与学习者的先验知识水平有关。例如,Arslan-Ari 等发现加入线索后,高经验学习者与低经验学习者相比,其保持和迁移测试成绩的提升幅度均相对较高^[27]。

综上所述,已有研究对线索在数字化学习中注意力、认知负荷和学习结果中的作用尚未达成共识,线索类型、数字化学习材料、教学设计等因素均可能会影响线索的作用效果。元分析作为一种对具有“相同目的”“相互独立”的多个研究结果进行定量的系统化文献综述的方法,被视为指导教育实践与制定教育政策的“最佳证据”^[28]。鉴于此,本研究试图通过元分析探究以下问题:(1)数字化学习材料中的线索是否可以显著引导学习者的注意力、降低认知负荷、提高学习效果?(2)数字化学习材料中的线索设计应考虑哪些因素的影响?

三、研究过程与方法

(一)文献检索与筛选

本研究于 2023 年 1 月对发表于 CNKI 核心数据

库、Web of Science 核心数据库和 Elsevier Science Direct 数据库中的文献进行精确检索。中文检索主题为 (“数字教材”“数字教科书”“数字化学习材料”“数字化资源”“多媒体学习”“多媒体教材”“视频”“动画”“课件”“虚拟实验”)并含 (“线索”“标记”),外文检索主题为 (“Digital” “Multimedia” “Video” “Animation” “Courseware” “Virtual Experiment”)并含 (“Cue*” “Signal*”)并含 (“Education”),发表年份和文献来源不限,共检索到 355 篇中文文献和 1,150 篇外文文献。

本研究设定的文献纳入标准为:①使用数字化学习材料;②应有实验组和空白对照(无线索)组;③实验研究;④计算效应量的充分数据,如平均值、标准差和样本量;⑤至少包含保持测验成绩、迁移测验成绩、认知负荷得分、首次注视时间、总注视时间、总注视次数等指标中的任何一个。

两位研究人员依据纳入标准,根据文章标题和摘要,初步排除重复文献 13 篇,不符合标准的文献 1,374 篇;浏览全文,最终纳入符合标准的文献 49 篇。由于部分文献同时报告了多篇实验研究结果,故从中解析出 135 项实验或准实验研究,具体如图 1 所示。

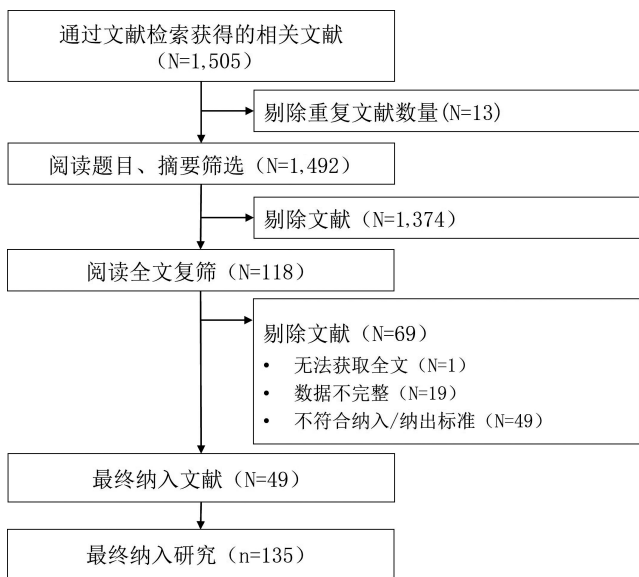


图 1 文献检索与筛选流程

(二)文献编码及效应量提取

为便于整合分析,本研究对纳入文献的关键信息进行编码,提取研究基本信息、线索类型、数字化学习材料、教学设计和结果变量五个维度的信息。其中,线索类型参考 Mayer 的分类方式,分为言语线索和视觉线索^[9]。言语线索关注文字材料和声音特征,包括目录、标题、指示词和强调关键信息的声音等;视觉线索关注视觉空间特征,包括聚光灯、箭头、颜色、手势、目光等突出显示或方向指引的信息。数字化学习材料则参考王雪对多媒体画面的定义,选取学习终端、数字化学习材料类型作为编码项^[9]。其中,常见的学习终端有电脑、电子白板、手机等,数字化材料类型有多媒体课件、教学动画、教学视频、电子书、虚拟实验等。教学设计维度参考何克抗先生提出的教学设计模式,划分为学科类别、学习者学段、教学目标和教学交互^[10]。其中学科类别包含理学、工学、教育学、医学等;学习者学段包括小学、中学和大学;教学目标包括知识和技能;教学交互重点关注学习者是否与数字化学习材料之间产生交互作用,如拖动视频进度、操控虚拟实验进行探究学习等。

本研究使用 CMA3.3 工具从 49 篇文献中萃取出 368 个独立的效应量,其中,保持测验成绩($k=117$)、迁移测验成绩($k=92$)、认知负荷($k=68$)、首次注视时间($k=16$)、总注视时长($k=39$)、总注视次数($k=36$)。效应量均使用校正后的标准化均值差 Hedges's g 表示。

四、研究结果

(一)发表偏倚检验

本研究采用 Egger 线性回归和失安全系数检验评估发表偏倚,见表 1。从 Egger 线性回归来看,所有结果变量的 $p>0.05$,存在发表偏倚的可能性较小。从失安全系数(Rosenthal's Nfs)来看,在总注视时长、首次注视时间、保持测试成绩和迁移测试成绩上,失安全系数均大于“ $5k+10$ ”(k 指独立效应量个数),不存在发表偏倚;但总注视次数和认知负荷可能存在发表偏倚。本研究采用剪补法对两类合成效应量剪补修正,结果如图 2 所示,效应量在修正前后变化不明显,

表 1

发表偏倚检验

结果变量	k	Egger's intercept	Rosenthal's Nfs	SE	95%CI	p
总注视时长	39	-0.545	872	2.638	[-5.889, 4.799]	0.838
总注视次数	36	-4.858	104	3.424	[-11.817, 2.101]	0.165
首次注视时间	16	-1.781	241	2.998	[-8.210, 4.648]	0.562
认知负荷	68	-0.165	0	0.791	[-1.744, 1.414]	0.835
保持测试成绩	117	1.165	6985	1.366	[-1.540, 3.869]	0.396
迁移测试成绩	92	-0.213	2385	1.025	[-2.249, 1.825]	0.836

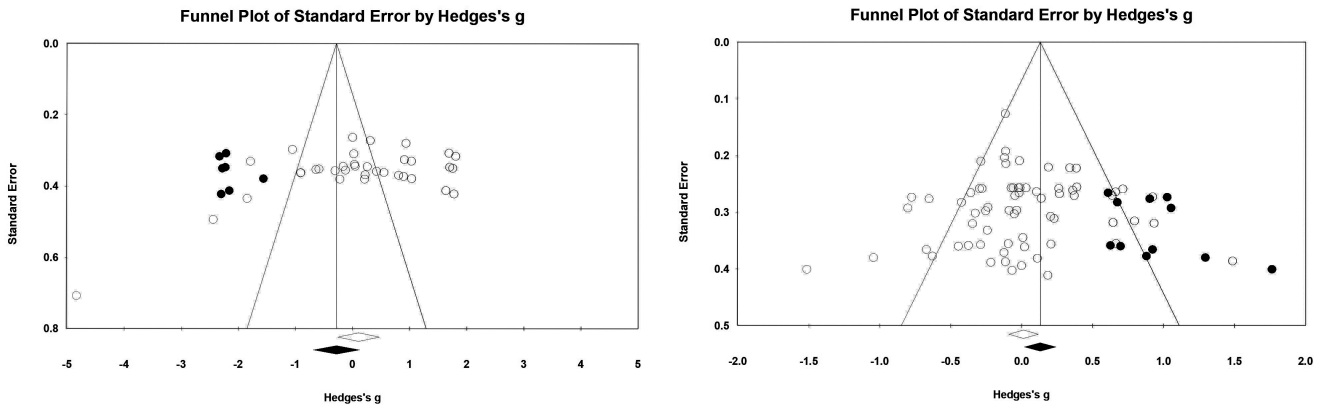


图2 总注视次数(左)和认知负荷(右)效应量漏斗图

表明发表偏倚影响不大。

(二) 异质性检验

为检验各独立研究的结果是否具有可合并性,对效应量进行异质性检验,结果见表2。六个结果变量的Q检验均显著($p < 0.001$)且I²值均高于50%,存在显著较高异质性,应采用随机效应模型分析^[31]。同时由于注意力、认知负荷和学习结果均可能受到调节变量的影响,故需进行调节变量分析。

(三) 线索对数字化学习的整体效应检验

线索对数字化学习的整体效应检验结果见表3。其中Hedges's g值低于0.2为低效应量,0.2与0.8之间为中等效应量,高于0.8为高效应量^[32]。线索的加入对总注视时长、首次注视时间、保持测试成绩和迁移测试成绩均有中等强度的影响;总注视时长和首次注视时间的效应量绝对值高于0.5,高于保持测试成绩

和迁移测试成绩,表明线索的加入对注意力的影响程度高于学习结果;线索对总注视次数和认知负荷没有显著影响。总之,线索对学习者的注意力和学习结果有促进作用,对认知负荷作用并不明显。这一结果支持Lin^[21]和Colliot^[5]等人的观点。

(四) 调节效应检验

1. 线索类型对数字化学习的调节作用

本研究将线索类型分为视觉线索(n=107)、言语线索(n=18)、兼具两种类型的组合线索(n=10)。结果表明,所有类型的线索对总注视时长、总注视次数、保持测试成绩和迁移测试成绩都有显著促进作用,对认知负荷没有显著影响。此外,视觉线索和组合线索可以显著缩短学习者的首次注视时间。

调节效应分析发现,线索类型通过显著调节学习者在数字化学习过程中的总注视时长[$Q_B(2)=8.309$,

表2 异质性检验结果

结果变量	异质性				Tau-squared			
	Q	Df(Q)	p	I ²	Tau-squared	SE	方差	Tau
总注视时长	322.426	38	0.000	88.214%	0.838	0.229	0.052	0.915
总注视次数	376.457	35	0.000	90.703%	1.201	0.327	0.107	1.096
首次注视时间	41.604	15	0.000	63.946%	0.154	0.089	0.008	0.393
认知负荷	156.133	67	0.000	57.088%	0.102	0.033	0.001	0.320
保持测试成绩	1039.237	116	0.000	88.838%	0.687	0.107	0.012	0.829
迁移测试成绩	336.393	91	0.000	72.948%	0.216	0.046	0.002	0.465

表3 主效应检验(随机效应模型)

结果变量	独立效应量个数(k)	样本量(N)	效应量 Hedges's g	95%置信区间
总注视时长	39	1534	0.512***	[0.204, 0.820]
总注视次数	36	1322	0.106	[-0.267, 0.478]
首次注视时间	16	766	-0.585***	[-0.828, -0.342]
认知负荷	68	3526	0.013	[-0.090, 0.116]
保持测试成绩	117	5650	0.433***	[0.273, 0.594]
迁移测试成绩	92	4689	0.305***	[0.192, 0.418]

注:*** $p < 0.05$ (双尾检验)。

$p=0.016$]和总注视次数 $[Q_B(1)=22.415, p=0.000]$,进而影响数字化学习效果。在总注视时长方面,组合线索($g=1.056$)显著高于视觉线索($g=0.540$)、显著高于言语线索($g=0.273$)。在总注视次数方面,视觉线索($g=0.403$)显著高于言语线索($g=-0.302$)。

通过更深入的挖掘分析,本研究总结了能够对数字化学习产生显著影响($p<0.05$)的常见线索表现形式:聚光灯线索($g=0.927$)、鼠标线索($g=0.613$)和颜色线索($g=0.543$)可以有效促进保持测试成绩;线框线索($g=1.129$)、声音线索($g=0.918$)、聚光灯线索($g=0.540$)、提纲或导航线索($g=0.502$)可以显著促进迁移测试成绩;手势引导线索($g=2.730$)、目光引导线索($g=0.984$)、箭头线索($g=0.872$)、教学代理线索($g=0.850$)和颜色线索($g=0.847$)可以显著提高总注视时长;教学代理线索($g=3.152$)、提纲或目录线索($g=1.035$)、目光引导线索($g=1.279$)、字幕线索($g=0.936$)可以显著提高总注视次数;手势引导线索($g=-1.117$)和箭头线索($g=-0.712$)的应用还能够高度减少学习者的首次注视时间。

2. 学习材料对数字化学习的调节作用

在纳入研究中,大多在电脑屏幕上($n=125$)呈现学习材料,少数在电子白板($n=4$)和手机($n=6$)上呈现。材料类型以教学视频($n=63$)、教学动画($n=43$)、多媒体课件($n=24$)居多,对虚拟实验($n=2$)等新兴数字化学习材料的关注较少。结果表明,所有类型的学习终端和学习材料都能明显减少学习者首次注视时间,提高迁移测试成绩。所有类型的数字化学习材料都能显著增加总注视时长。

调节效应分析发现,数字化学习材料的学习终端对总注视次数 $[Q_B(2)=17.283, p=0.000]$ 和保持测试成绩 $[Q_B(2)=6.642, p=0.036]$ 有显著调节作用,并且在电脑屏幕中,线索的加入对学习者的总注视次数($g=0.353$)和保持测试成绩($g=0.434$)的影响效果最明显,高于电子白板($g_{总注视次数}=0.050, g_{保持测试成绩}=0.239$)和手机($g_{总注视次数}=-0.539, g_{保持测试成绩}=0.086$)。

数字化学习材料类型对总注视时长 $[Q_B(2)=16.436, p=0.000]$ 、总注视次数 $[Q_B(4)=33.408, p=0.000]$ 、认知负荷测评分数 $[Q_B(3)=19.581, p=0.000]$ 和保持测试成绩 $[Q_B(4)=20.588, p=0.000]$ 均有显著调节作用。在总注视时长方面,在多媒体课件($g=0.899$)中添加线索的效果高于教学动画($g=0.427$)和教学视频($g=0.382$)。在总注视次数方面,教学视频($g=0.799$)高于虚拟实验($g=-1.787$)。在认知负荷方面,在教学视频($g=-0.053$)和多媒体课件($g=-0.086$)中加入线索

可以降低学习者的认知负荷,但作用不显著,而在教学动画($g=0.230$)和电子书($g=0.662$)中添加线索反而会显著增加认知负荷。在保持测试成绩方面,电子书($g=0.738$)高于多媒体课件($g=0.629$)、教学动画($g=0.398$)和教学视频($g=0.302$)。

3. 教学设计对数字化学习的调节作用

在纳入的135项研究中,主要涉及的学科类型为理科($n=78$)和工科($n=31$),其次是教育学($n=14$)、医学($n=4$)和文学($n=8$)。实验研究对象多为大学生($n=126$),只有极少研究关注了小学生($n=4$)和中学生($n=5$)。大多数研究关注线索在无交互行为下($n=99$)的应用,少数关注交互行为下($n=36$)的应用。此外,数字化学习内容多以知识为教学目标($n=109$),少数以技能为教学目标($n=26$)。

调节效应分析发现,学科类别对总注视时长 $[Q_B(4)=54.355, p=0.000]$ 、总注视次数 $[Q_B(4)=31.724, p=0.000]$ 、保持测试成绩 $[Q_B(4)=31.226, p=0.000]$ 和迁移测试成绩 $[Q_B(4)=13.880, p=0.008]$ 有显著调节作用。其中,在教育类和医学类相关数字化课程中增加线索可以有效提升保持测试成绩($g_{教育学}=0.700, g_{医学}=0.499$)和迁移测试成绩($g_{教育学}=0.225$);在理科和工科类数字化学习材料中添加线索可以提高总注视时长($g_{理学}=0.678, g_{工学}=0.819$)和总注视次数($g_{理学}=0.556$),以及保持测试成绩($g_{理学}=0.391, g_{工学}=0.284$)和迁移测试成绩($g_{理学}=0.311, g_{工学}=0.466$)。

学习者所处学段仅对总注视次数有显著调节作用 $[Q_B(2)=44.664, p=0.000]$,并且小学生($g=0.936$)的总注视次数显著高于大学生($g=0.307$)。数字化学习材料的交互对学习者的保持测试成绩 $[Q_B(1)=6.775, p=0.009]$ 和迁移测试成绩 $[Q_B(1)=6.635, p=0.010]$ 有显著调节作用,并且无交互行为($g_{保持测试成绩}=0.450, g_{迁移测试成绩}=0.348$)下的学习结果高于有交互行为($g_{保持测试成绩}=0.291, g_{迁移测试成绩}=0.163$)。数字化学习材料的教学目标对学习者的总注视时长 $[Q_B(1)=13.625, p=0.000]$ 和保持测试成绩 $[Q_B(1)=26.684, p=0.000]$ 均有显著正向调节作用。在总注视时长方面,线索对理论知识类课程($g=0.603$)的注意引导作用高于实践技能类课程($g=0.057$)。在保持测试方面,线索的加入对实践技能类课程($g=0.674$)的促进效果高于理论知识类课程($g=0.334$)。

五、研究结论

(一) 线索促进数字化学习的作用机理

根据整体效应检验结果,数字化学习材料中的线

索可以有效引导学习者注意力,提高学习者的学习效果,具体表现为更长的总注视时长和更短的首次注视时间,更高的保持和迁移测试成绩,但对学习者的总注视次数和认知负荷没有显著影响。

1. 线索通过引导学习者注意力推动认知加工

线索对学习者的注意力影响显著,具体表现为加入线索可以缩短学习者对学习内容的首次注视时间($g=-0.585$),增加总注视时长($g=0.512$)和总注视次数($g=0.106$)。表明线索不仅可以在数字化学习的早期阶段有效吸引学习者的注意力,还能有效促进学习者在后期阶段的认知加工。这一研究结果同样符合注意引导假说,即线索通过将学习者的注意力引导到特定的关键区域,并增加对这些区域的总注视时长和总注视次数,进而为后期的深入理解提供保障^[7]。

此外,调节效应分析发现,所有变量对学习者的首次注视时间的调节作用均不显著,并且在纳入研究的所有实验情境中,线索的加入对学习者的首次注视时间均产生了显著负向促进作用,即表明线索的加入能够引导学习者主动地、有目的地将注意力快速转移至线索区域,进而实现信息的快速加工^[33],并且该效应较为稳健。

2. 线索通过增强学习者的知识迁移促进深度学习

深度学习是提升学生学习能力和改进教学效果的重要方式,深度学习的产物是可迁移的知识^[34],迁移测试成绩也常被认为是衡量学习者是否进行深度学习标准。根据主效应检验结果可知,线索对学习者的保持测试成绩($g=0.433$)和迁移测试成绩($g=0.305$)影响显著,表明线索的加入既可以促进学习者对学习内容的浅层识记,也可以有效促进深度学习的发生。这一研究结果符合Scheiter等提出的图文整合假说,即合理有效的线索设计可以引导学习者关注关键的知识内容,进而加深对知识内容的记忆和理解^[35]。此外,线索的加入对保持测试的影响略高于迁移测试,与杨九民等^[36]的研究相一致。这可能是由于线索虽然能够将学习者的关注点引导到学习材料的关键部分,但并没有提供相关的解释性信息,学习者在进入深度学习时,需经历与无线索时类似的信息加工过程。

调节效应的检验结果表明,数字化学习材料的学习终端、材料类型、学科类别、教学目标、教学交互对保持测试成绩均有显著调节作用,其中只有教学交互和学科类别对迁移测试成绩有显著调节作用。这表明调节变量的作用也多停留在浅层学习,较少涉及深度学习,同时数字化学习中的教学设计才是影响学习者深度学习的关键原因。

(二) 线索在数字化学习中的适用场景

根据调节效应检验结果,线索类型、数字化学习材料类型和教学设计对数字化学习成效均有显著调节作用。因此,本研究在明确线索对数字化学习促进机理基础上,进一步明确线索适用的数字化学习场景。

1. 线索类型及组合方式

根据效应检验结果,能够显著促进数字化学习的线索表现形式有视觉线索(手势引导、线框、聚光灯、箭头、颜色、目光引导、教学代理等),言语线索(提纲或目录、字幕、声音等),组合线索(颜色与字幕^[35]、箭头与字幕^[37]、聚光灯与字幕^[26]等)。根据双通道假设,学习者在进行数字化学习的过程中会借助视觉和听觉两个信息加工通道^[38]。视觉线索由视觉通道处理,言语线索由听觉通道处理。研究表明,相比于单一类型线索,组合线索的视听双通道更有利于提高数字化学习结果^[39]。但线索的形式和数量不是越多越好,在实践中要考虑“冗余效应”^[40],合理控制线索的数量和种类。

2. 在电子书和多媒体课件中更需要添加线索

与教学动画和教学视频等媒体形式丰富的数字化学习材料相比,电子书和多媒体课件包含的信息量相对较小,添加线索可以更好地帮助学习者合理分配认知资源、促进学习效果。此研究结果同样适用于以电子书为主的数字教材。

3. 使用电脑作为学习终端更有利于线索的作用发挥

相较于手机,使用电脑屏幕呈现线索对学习者的学习结果和注意力的显著促进作用更为稳健。从学习体验的角度来看,手机占据视觉空间的比例小,不易于集中注意力。这一点可以通过手机显著减少学习者对知识内容的总注视次数($g=-0.539$)方面得到验证。而使用电脑屏幕的视觉观感更清晰,操作便捷,更有利于线索发挥作用。

4. 在实践技能类课程中线索的应用效果更突出

相较于理论知识类课程,线索能够帮助学习者快速掌握技能要点,对实践技能类课程的影响更大。而理论性知识本身的抽象程度较高,理解和迁移难度大,添加线索无法为学习者提供更多与教学内容相关的信息,对信息加工的促进作用有限。

5. 线索对基础教育阶段学生的促进作用更明显

线索对基础教育阶段学生注意力的促进作用大于高等教育阶段学生。已有研究表明,注意力随着年龄的递增呈现不断发展的趋势,其中,注意过程的稳定性和注意力的持续性均有所提升^[41]。中小学生的学习能力和学习习惯尚未成熟,自我调节能力较差,容

易受到周围环境变化带来的影响,因此,线索对中小学生注意力的正向促进程度更高。

6. 在交互频率低的数字化学习情境中运用线索

线索在无教学交互或低教学交互的数字化学习材料中的应用效果更好。当学习者按照既定的步调观看数字化学习材料而不暂停、选择或跳转时,线索的加入能够更好地发挥作用。在交互频率高的学习情境中,线索反而会分散学习者的注意力,影响信息加工的连贯性。

六、结束语

本研究采用元分析方法对国内外 49 篇文献中 135 项关于数字化学习材料中线索设计与应用的实证研究进行量化分析,归纳、总结了线索对数字化学

习的促进机理、影响因素以及适用场景,为数字化学习材料的设计和应用提供了更为充分的支持。尽管本研究严格遵循了元分析的相关标准和程序,确保了研究数据的质量,但由于纳入文献的研究倾向,特别是在调节效应检验中部分独立效应量分布较少或不均,可能会导致研究结果存在系统性误差。同时,现有实验研究中大多采用问卷或量表等主观测量方式,也可能造成研究结论存在一些偏差,未来应进一步拓展文献检索的来源和类型,增强研究样本的多样性和广泛性。同时,在开展线索设计的实验研究时,可以尝试多元化的测量方式,例如,采用眼动跟踪技术、脑电技术、生理电技术、面部表情识别技术等,持续优化研究的全面性和客观性。

[参考文献]

- [1] 王志军,王雪. 多媒体画面语言学理论体系的构建研究[J]. 中国电化教育,2015(7):42-48.
- [2] DE KONING B B, TABBERS H K, RIKERS R M J P, et al. Attention guidance in learning from a complex animation: seeing is understanding?[J]. Learning and instruction,2010,20(2):111-122.
- [3] MAYER R E. The Cambridge handbook of multimedia learning[M]. New York:University of Cambridge,2005.
- [4] 皮忠玲. 视频播客呈现方式对学习效果的影响及其机制的眼动研究[D]. 武汉:华中师范大学,2014.
- [5] COLLIOT T, JAMET É. Understanding the effects of a teacher video on learning from a multimedia document: an eye-tracking study [J]. Educational technology research and development,2018,66(6):1415-1433.
- [6] 蔡辛. 网络视频直播受众注意力的测度模型研究[D]. 重庆:重庆大学,2017.
- [7] DE KONING B B, TABBERS H K, RIKERS R M J P, et al. Towards a framework for attention cueing in instructional animations: guidelines for research and design[J]. Educational psychology review,2009,21(2):113-140.
- [8] 严薇薇,旷小芳,肖云霞,等. 基于深度学习技术的注意力转移模式的挖掘——以二语学习者的眼动数据为例[J]. 电化教育研究,2019,40(8):30-36.
- [9] XIE H P, MAYER R E, WANG F X, et al. Coordinating visual and auditory cueing in multimedia learning[J]. Journal of educational psychology,2019,111(2):235-255.
- [10] PONCE H R, MAYER R E. An eye movement analysis of highlighting and graphic organizer study aids for learning from expository text[J]. Computers in human behavior,2014,41:21-32.
- [11] 曾家延,陈坚林. 诱导性细节对学生深度学习的负面影响及其理论解释[J]. 全球教育展望,2019,48(9):89-100.
- [12] 马云飞,郑旭东,刘慧,等. 线索与自我解释策略影响视频学习效果的实证研究[J]. 电化教育研究,2022,43(6):86-93,103.
- [13] BOUCHEIX J M, LOWE R K. An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations[J]. Learning and instruction,2010,20(2):123-135.
- [14] 谢和平,王福兴,周宗奎,等. 多媒体学习中线索效应的元分析[J]. 心理学报,2016,48(5):540-555.
- [15] 周梦哲,蔡建东. 解题型微课中线索组合对初中生学习的影响[J]. 现代教育技术,2021,31(7):48-54.
- [16] MOON J, RYU J. The effects of social and cognitive cues on learning comprehension, eye-gaze pattern, and cognitive load in video instruction[J]. Journal of computing in higher education,2021,33(1):39-63.
- [17] SWELLER J. Cognitive load during problem solving: effects on learning[J]. Cognitive science,1988,12(2):257-285.
- [18] PAAS F G. Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: a cognitive-load approach [J]. Journal of educational psychology,1992,84(4):429-434.
- [19] LEPPINK J, PAAS F, VAN DER VLEUTEN C P M, et al. Development of an instrument for measuring different types of cognitive load[J]. Behavior research methods,2013,45(4):1058-1072.

- [20] 王福兴,段朝辉,周宗奎. 线索在多媒体学习中的作用[J]. 心理科学进展,2013,21(8):1430-1440.
- [21] LIN L J, ATKINSON R K. Using animations and visual cueing to support learning of scientific concepts and processes[J]. Computers & education,2011,56(3):650-658.
- [22] SWELLER J. Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load [J]. Educational psychology review,2010,22(2):123-138.
- [23] COSKUN A, CAGILTAY K. A systematic review of eye-tracking-based research on animated multimedia learning [J]. Journal of computer assisted learning,2022,38(2):581-598.
- [24] ALBUS P, VOGT A, SEUFERT T. Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load [J]. Computers & education,2021,166:104154.
- [25] 李欣,沈夏林,黄晓,等. 沉浸式VR可视化空间线索促进程序性知识学习的实证研究[J]. 电化教育研究,2019,40(12):64-71.
- [26] WANG X, LIN L, HAN M Q, et al. Impacts of cues on learning: using eye-tracking technologies to examine the functions and designs of added cues in short instructional videos[J]. Computers in human behavior,2020,107:106279.
- [27] ARSLAN-ARI I, CROOKS S M, ARI F. How much cueing is needed in instructional animations? The role of prior knowledge[J]. Journal of science education and technology,2020,29(5):666-676.
- [28] 程薇,凡正成,杨淑婷. 国内教育技术领域元分析方法学质量研究[J]. 现代教育技术,2022,32(6):25-34.
- [29] 王雪. “多媒体画面语言”的媒体要素设计语法规则研究[M]. 天津:南开大学出版社,2018.
- [30] 何克抗,林君芬,张文兰. 教学系统设计[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2016.
- [31] HIGGINS J P T, THOMPSON S G, DEEKS J J, et al. Measuring inconsistency in meta-analyses [J]. British medical journal,2003,327(7414):557-560.
- [32] 周进,安涛,韩雪婧. 教育机器人对学生学习效果影响的元分析[J]. 现代远程教育研究,2019,31(3):96-105.
- [33] 陈双敏,张燕. 数字化学习环境下移动学习对大学生注意力的影响及对策[J]. 教育信息技术,2020(9):44-47.
- [34] 祝智庭,彭红超. 深度学习:智慧教育的核心支柱[J]. 中国教育学刊,2017(5):36-45.
- [35] SCHEITER K, EITEL A. Signals foster multimedia learning by supporting integration of highlighted text and diagram elements[J]. Learning and instruction,2015,36:11-26.
- [36] 杨九民,杨文蝶,陈辉,等. 教学视频中的教师手势起作用了吗?——基于2000—2021年40篇实验和准实验研究的元分析[J]. 现代远程教育研究,2022,34(1):92-103.
- [37] HUK T, STEINKE M, FLOTO C. The educational value of visual cues and 3D-representational format in a computer animation under restricted and realistic conditions[J]. Instructional science,2010,38(5):455-469.
- [38] PAIVIO A. Mental representations: a dual coding approach[M]. New York: Oxford University Press, 1990.
- [39] 王福兴,谢和平,李卉. 视觉单通道还是视听双通道?——通道效应的元分析[J]. 心理科学进展,2016,24(3):335-350.
- [40] CHAN K Y, LYONS C, KON L L, et al. Effect of on-screen text on multimedia learning with native and foreign-accented narration [J]. Learning and instruction,2020,67:101305.
- [41] KANAKA N, MATSUDA T, TOMIMOTO Y, et al. Measurement of development of cognitive and attention functions in children using continuous performance test[J]. Psychiatry and clinical neurosciences,2008,62(2):135-141.

The Mechanism and Applicable Scenarios of Clues Promoting Digital Learning —A Meta-analysis Based on 49 Experimental and Quasi-experimental Studies

WEI Fei¹, YANG Shuting², ZHENG Shanshan³

(1.School of Teacher Development, East China Normal University, Shanghai 200062;

2.Department of Educational Information Technology, East China Normal University, Shanghai 200062;

3.Shanghai Baoshan District Education Institute, Shanghai 201999)

[Abstract] Digital learning has become the mainstream method of learning nowadays. Clue, one of

the essential components of digital learning materials, is an important factor affecting the effectiveness of digital learning. However, existing studies have not yet reached a consensus on the effectiveness and rationale of clues in guiding students' attention, reducing their cognitive load and improving their learning outcomes. In order to further explore the mechanism and applicable scenarios of clues promoting digital learning, this study employs meta-analysis to quantitatively analyze empirical studies on the design and application of clues in digital learning materials at home and abroad. The results show that incorporating clues into digital learning materials has a significant positive effect on both attention and learning outcomes, but has no significant effect on cognitive load. It is also found that the effectiveness of clue design is influenced by the type of clues, the type of digital materials, the subject category, and the learners' educational stage. Finally, the study analyses the mechanism of clues on learners' cognitive processing and deep learning, and explores the applicable scenarios of clues based on the results of moderating effect analysis.

[Keywords] Digital Learning; Digital Learning Materials; Clue Design; Learning Outcomes; Mechanism of Promotion; Learning Scenarios

(上接第 44 页)

- [17] 张治,戴蕴秋. 基于“教育大脑”的智能治理——上海宝山区教育数字化转型实践探索[J]. 中国教育信息化,2022,28(6):64-69.
- [18] 陈雄辉,谷紫阳,覃以凤,等. 新时代教育信息化人文价值的实现路径[J]. 中国电化教育,2022(9):24-29,83.
- [19] 逯行,黄荣怀. 教育数字化转型期的现代化风险观照及其治理研究[J]. 清华大学教育研究,2023,44(3):54-64.
- [20] 陈卓,尚海洋,樊姣姣. 教育信息化 2.0 时代教育均衡发展研究——基于面板门槛回归模型[J]. 开放教育研究,2022,28(4):66-73.
- [21] 胡钦太,王姝莉,郭鲤. 政策工具视角下我国教育数字化转型的现状与审思[J]. 电化教育研究,2024,45(1):61-67,99.

Research on Policy Guarantees for Promoting the Digital Transformation of Education—Quantitative Assessment Analysis Based on PMC Index Model

CAI Minjun, ZHANG Shuqi

(School of Educational Technology, Northwest Normal University, Lanzhou Gansu 730070)

[Abstract] The promotion of the digitalization of education requires the support of an effective policy system. The results of quantitative assessment of education digitalization policies can provide necessary reference for the abolition, amendment, and establishment of such policies. Based on 100 education digitalization policies issued by the central and local government from 2018 to 2023, this paper used the text mining and PMC Index model to construct an evaluation system consisting of 10 indicators, such as policy nature, policy timeliness and policy measures. In addition, seven policy texts were selected for systematic and in-depth evaluation and analysis based on PMC index, surface chart and radar chart. The results showed that the overall direction of China's education digitization policy was clear, and the mean values of all first-level variables did not differ much between the national-level and provincial-level policies. However, there were many differences in terms of policy nature, policy timeliness and policy guarantee. It is suggested that the formulation of the policy should pay attention to the overall timeliness and help to bridge the gap between the East and the West. And it is necessary to clarify the main body of responsibility and build a monitoring system, as well as to complete the system guarantee to ensure the effectiveness of implementation.

[Keywords] Digitization of Education; PMC Index Model; Policy Quantitative Assessment; Text Mining