

视觉线索对学生学习效果的影响研究

——基于31项实验和准实验的元分析

张正严^{1,2}, 黄燕³

(1. 西南大学教师教育学院, 重庆 400715; 2. 西南大学科学教育研究中心, 重庆 400715;

3. 四川天府新区香山中学, 四川 成都 310213)

摘要: 线索作为一种重要的教学设计技术被广泛应用于教学实践。视觉线索在各类学习材料中频繁出现, 长期被纳入线索整体范畴探讨, 缺乏对其聚焦研究。研究采用元分析方法, 系统纳入31项有关视觉线索的实验和准实验研究进行整合分析, 从学习过程和学习结果两个维度探究视觉线索对学生学习效果的综合影响。研究发现, 视觉线索能够有效提升学生知识理解成绩和知识迁移成绩; 对学生学习过程中视觉注意力有显著引导作用; 相较于其他学科, 视觉线索在工程类和理化逻辑类学科学习中效用更加稳定有效; 相较于演示动画和教学视频类学习材料, 图片类学习材料中的视觉线索对学生注意力引导效果更加明显; 动态类视觉线索对学生理解成绩的促进效果更优, 静态类视觉线索对学生迁移成绩的促进效果更显著; 色彩、实体、实体箭头3种呈现方式的视觉线索对学生学习有较好促进效用, 大小与呈现方式不同的视觉线索对学生理解成绩和迁移成绩均无显著影响。

关键词: 视觉线索; 学习过程; 学习结果; 学习效果; 元分析

中图分类号: G43 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-8129(2025)05-0069-15

基金项目: 国家社会科学基金教育学一般项目“科学家精神融入中小学科学教育的策略创新研究”(BHA230126), 项目负责人: 张正严; 重庆市高等教育教学改革研究项目“理工科大学学生科学家精神教育及教材建设研究”, 项目负责人: 张正严; 宜宾市双城协议保障科研经费科技项目“宜宾市基础教育名师培育研究”(XNDX2022020025), 项目负责人: 张正严。

作者简介: 张正严, 教育学博士, 西南大学教师教育学院、西南大学科学教育研究中心教授, 硕士生导师; 黄燕, 教育学硕士, 四川天府新区香山中学教师。

随着信息技术的飞速发展, 数字化转型已成为全球教育领域的核心议题。从《教育信息化十年发展规划(2011—2020年)》到《教育信息化2.0行动计划》, 再到《中国教育现代化2035》, 数字化学习越来越受到人们的重视。在众多研究领域中, 数字化学习材料的视觉呈现方式尤其受到研究者的广泛关注。其中, “线索”作为优化数字化学习材料的关键技术, 更是该领域的研究焦点。线索被定义为在学习材料中加入具有引导学习者视觉注意力, 促进其对学习材料中信息选择、组织和整合的符号或信号^[1], 其类型包括言语、视觉等多种形式。

从认知心理学视角来看, 视觉信息在人脑的双通道信息加工系统中占据独特地位。有研究表明, 人们能够记住10%听到的东西, 30%读到的东西, 却可以记住80%看到的東西^[2]。这进一步说明视觉通道在信息加工中占据主导优势。现有大部分研究主要关注视觉线索对学生学习结果的影响, 缺乏对学习过程与结果综合作用的系统研究。因此, 本研究在已有研究基础上运用元分析方法, 从学生学习过程与学习结果两个维度, 综合探究视觉线索对学生学习效果的影响, 希望能为优化学习材料中视觉线索的设计提供参考与借鉴。

一、文献综述

(一)视觉线索

线索是基于多媒体学习认知理论与认知负荷理论而被提出的一种教学设计技术。线索不会单独提供新的信息或改变学习材料本身内容和知识结构^[3]。学习材料中的信息常以文字与图像形式共同呈现。梅耶(Mayer)将此类信息呈现方式界定为多媒体,同时将多媒体学习定义为学习者针对以语言和图片为载体的材料所开展的心理表征构建与加工过程^[4]。多媒体学习认知理论认为人类拥有视觉信息加工和听觉信息加工两个通道,并且每个通道一次同时加工的信息容量是有限的,当学习者专注于学习材料中与学习任务无关的信息时,其学习能力就会下降^[1,5-6]。认知负荷理论认为学习者在学习时,用于对外界信息加工处理的工作记忆有限,当学习材料呈现不当或学习者被要求处理的信息过多时,学习者的外在认知负荷就会过多^[7-9]。线索可以帮助学习者专注于学习材料中与学习任务相关的信息认知处理,降低认知负荷,从而提升学习能力,优化学习效果。

不同学者对线索有不同分类。梅耶在《多媒体学习剑桥手册》(The Cambridge Handbook of Multimedia Learning)中将线索分为言语线索与视觉线索:言语线索包括列举大纲、标题、目录和强调重要文字信息,主要作用是帮助学习者建立知识点之间的联系;视觉线索包括箭头、颜色、手势或目光等突出显示或方向指引的信息,可以引导学习者将注意力转向突出显示的信息或指向的信息^[1]。王福兴等学者将线索分为物理线索和时空线索:物理线索是指由于物体物理属性变化而产生的线索;时空线索是指物体时间和空间位置变化而产生的线索^[10]。本研究采用梅耶关于线索的分类框架,且鉴于视觉信息在人类双通道信息输入系统中占据较高的影响权重,故将研究聚焦于其中的视觉线索。

视觉线索的本质是操作学习材料的视觉空间特征来改善学习者的学习。知觉加工理论认为,具有辨别性的特征刺激有利于学习者

的视觉搜索^[11],即在学习材料中加入视觉线索能够将学习者视觉注意力引导至设计者希望学习者关注到的相关视觉信息之上^[12]。施诺茨(Schnotz)和洛维(Lowe)将知觉突显(线索)分为视空对比和动态对比两种形式^[13],而知觉突显的本质属于操作学习材料的视觉空间特征的视觉线索,其中视空对比是指视觉场景中不同于周围特征的知觉突显特性(例如颜色、形状、大小和位置等),而动态对比是指随着时间变化而移动或改变的实体。在施诺茨和洛维对知觉突显(线索)的分类中,已将随时间变化的动态变化这一特殊的形式纳入线索范畴,因此本研究在此基础上将视觉线索分为静态和动态两类:静态线索是指通过大小对比、色彩对比或者添加提示符号等手段突出文本或图片中的信息;动态线索是指通过添加随时间或空间不断变化的信号,突出学习材料中的重要信息,以帮助学习者进行信息选择,并将信息组织、整合到原有的认知结构中。

在具体的学习材料中,视觉线索又表现为多种呈现方式,而不同呈现方式对学习者的认知效率和情感体验有着重要影响。本研究结合元分析所收集到的样本特征,将视觉线索的具体呈现方式划分为8类。一是色彩,即通过调整学习材料中不同信息的色相、明度、饱和度等引导学习者的视觉关注。二是大小,即通过改变学习材料中视觉元素的尺寸差异影响视觉感知权重。三是聚光灯,即通过特定光影处理形成聚焦区域,强化关键信息的视觉吸引力。四是实体,特指学习材料中额外添加的辅助性实体元素(如下划线、框线等),以自身存在强化内容呈现。五是实体箭头,特指实体形态的箭头元素,凭借明确指向性引导视觉流向并体现元素间逻辑关系,因此将其单独分类。六是扩散颜色,具体表现为色彩从初始位置沿特定路径或流程逐步延伸以呈现事物的流转规律或运行秩序。七是色彩箭头,指色彩与箭头的叠加形式,兼具色彩的辨识度与箭头的指向性。八是色彩大小,指色彩差异与元素尺寸变化的叠加,通过双重属性突出信息层次,传递更丰富的视觉信息。本研究通过以上分类

探究视觉线索对学生学习效果的影响。

视觉线索可将学习者的注意力引导至学习材料中的重要部分,并帮助指导学习者的认知过程^[14]。当学习材料中相关信息被成功地选择和组织成一个连贯的表示,并整合到现有的知识库中时,学习就发生了^[1]。依照多媒体学习认知理论,个体进行信息处理时会经历3个认知过程:(1)选择——注意材料中的重要元素,以便进一步加工;(2)组织——在头脑中把新信息整合成一个连贯的认知结构;(3)整合——在心理上将新信息与现有的相关信息联系起来^[1]。德-科宁(De Koning)等学者将线索在处理多媒体信息时发挥的功能也分为选择、组织、整合3类^[15]:选择信息可以引导学生对特定信息和位置的注意;组织信息可以强调信息的结构;整合信息可以阐明学习材料元素之间和内部的关系。视觉线索作为线索的一类,在学生处理信息时同样发挥上述3种功能。

(二)学生学习效果

学习是指学习者因经验而引起的行为、能力和心理倾向的比较持久的变化^[16]。其中“经验”关注引发变化的过程,“变化”关注学习的结果。学习心理学家对学习的研究聚焦于“过程观”和“结果观”两大视角:“过程观”强调引发学习变化的过程,“结果观”强调学习所引发的变化^[17]。但单一的“过程观”或“结果观”并不能反映出学习者在学习中的整体状态,因而本研究从视觉线索在学生在学习过程和学习结果中分别产生的效果这两个维度,综合探究视觉线索对学生学习效果的作用。

学生的学习过程,即他们对学习材料中的信息进行认知加工的过程。根据多媒体学习认知理论和认知负荷理论,视觉线索主要影响学习者在学习过程中的学习注意力和认知负荷。有研究表明,视觉线索还可能影响学习者在整个学习过程中的学习动机^[18]。眼—脑假设理论认为学习者对信息的注视和加工是同步进行的,学习者大脑选择某信息进行处理时视线会注意该信息,对某信息注视的总时间反映了对这一信息的加工时间^[19]。眼动追踪技术能够精确记录学生在学习过程中对不同兴

趣区(Area of Interest, AOI)的眼动持续注视时间和眼动注视次数,这两项指标反映了学生对各兴趣区的学习注意力。因此,本研究通过分析学生在视觉线索出现时的认知负荷、学习动机、眼动持续注视时间和眼动注视次数这4个指标,来评估视觉线索对学生学习过程的影响效果。

学习结果通常被界定为学习者经由学习活动所引发的在认知、情感以及行为等方面的变化。视觉线索主要作用于学生在认知范畴内的知识获取,而知识获取能够通过知识保持、知识理解、知识迁移这3项指标予以评估^[20]。其中,知识保持主要用于衡量学习者对学习材料中所呈现的知识的记忆水平,属于相对较浅层次的学习结果;知识理解主要考查学习者对学习材料中的知识进行组织、整合并构建形成连贯且一致的心理表征的能力,属于较为深层次的学习结果;知识迁移主要评估学习者将新获取的知识应用于新情境以解决新问题的能力,属于更深层次的学习结果^[21-22]。现有的元分析中,已有学者通过知识保持和知识迁移这两个指标考查视觉线索对学生知识获取的影响,而尚未以知识理解为目标考查视觉线索的影响,且知识迁移作为更能反映学生知识获取深度的核心指标,其价值已得到广泛认可。鉴于此,本研究选取知识理解和知识迁移这两个指标,探究视觉线索对学生学习结果的影响效果。

(三)视觉线索对学生学习效果的影响

目前关于视觉线索对学生学习效果的影响研究存在不同意见。一类研究表明视觉线索对学生学习效果存在显著促进作用。德-科宁等学者发现,有视觉线索的学生在理解复杂动画及知识迁移方面表现更佳,且能有效引导注意力至动画关键部分^[14]。王雪等学者的研究同样支持这一观点,指出视觉线索可促进信息的选择、组织和整合过程^[21]。胡佳璐和皮钟灵等学者的研究也发现,视觉线索能引导学生更频繁地关注提示区域,增强对内容的记忆保留,并促进信息组织和整合^[23-24]。另一类研究表明视觉线索对学生学习无明显促进效果。

葛云平等学者发现视觉线索是解决由于不当图像设计造成的阅读困难的有效方案,但并非所有明确的视觉线索对促进更好的知识构建都有重要意义^[25]。在福尔克(Folker)等学者的研究中也发现图片颜色减弱并未降低学生的知识测试成绩^[26]。德-科宁等学者的研究也发现,视觉线索可以将学生的注意力引导到任务相关区域,但是未降低学生的认知负荷^[27]。雅梅(Jamet)等学者的研究结果表明视觉线索对学生学习动机无显著影响^[28]。

(四)视觉线索的潜在边界条件

学习材料中视觉线索对学生学习效果的影响并非总是呈现一致性的正向效应。梅耶认为视觉线索效能的发挥存在一定边界条件,其有效性受到多种因素的共同作用^[29]。综合已有研究发现,视觉线索能否有效提升学生学习效果主要取决于两个关键要素:视觉线索特征、学习材料特征^[26,28]。而在当前对视觉线索潜在边界条件的研究中,国内学者谢和平等通过元分析探索了线索类型、材料特性与学习者个体特征对知识记忆保持、迁移及注意力引导的调节机制,却未涉及对知识理解、认知负荷、学习动机的影响^[30];国外学者阿尔皮扎尔(Alpizar)等的研究虽聚焦于视觉线索,但未将学习注意力纳入考察范畴^[31]。基于当前研究现状,本研究立足于视觉线索特征和学习材料特征两大核心要素,对视觉线索效用的边界条件展开探究。首先,视觉线索特征可分为视觉线索类型和具体呈现方式。其中视觉线索类型分为静态和动态视觉线索:静态视觉线索主要发挥吸引学习者注意力的作用;动态视觉线索主要通过自身随时间或空间变化而变化的规律,反映学习材料中相应知识点的某类特有的规律或原理。而视觉线索具体呈现方式,本研究样本文献中可以分为色彩、大小、聚光灯、实体、实体箭头、扩散颜色、色彩箭头和色彩大小等。其次,学习材料特征包括学习材料类型和材料内容所属学科背景。针对学习材料类型,特沃斯基(Tversky)等学者根据学习材料的动态性将学习材料分为动态学习材料和静态学习材料^[32]。本研究在此基础上对学习材料类

型进一步细化,分为反映原理知识的演示动画、反映真实情况的教学视频和多媒体课件3类。针对材料内容所属学科背景,本研究以张文兰等学者的分类为参考^[33],将相近学科合并为一类,共分为信息科学类、工程类、理化逻辑类、社会科学类和其他类等5类。

综上所述,尽管当前学术界就视觉线索对学生学习效果的影响已开展了广泛研究,但这些研究仍存在薄弱环节。首先,现有研究对视觉线索的理论探讨尚不深入。已有研究虽涉及视觉线索在多媒体学习中的作用,但并未对视觉线索的类型及其具体呈现方式进行系统化梳理与分类,缺乏对不同类型视觉线索在不同学习情境中的作用机制的深入分析。其次,在实证研究层面,现有研究多集中于实验室环境,缺乏对实际教学场景中视觉线索应用效果的深入分析。此外,研究的样本范围和研究方法相对较为单一,导致结论的普适性受限。因此,本研究采用元分析方法综合多个实证研究,就视觉线索对学生学习过程(认知负荷、学习动机和学习注意力)和学习结果(知识理解与知识迁移)等多个关键维度进行系统性分析,力求揭示视觉线索在多媒体学习环境中的影响机制,以期获得更为严谨、科学的结论,并为后续相关研究提供理论支持和实证依据。

二、研究方法 with 过程

本研究以元分析为技术支撑,锚定学习过程维度与学习结果维度,构建“过程—结果”分析框架,探究视觉线索对学生学习效果的影响。此外,视觉线索的有效性可能受到视觉线索类型、视觉线索具体呈现方式、学习材料类型、学习材料所属学科背景等潜在变量的调节,因此,本研究试图回答如下问题:

- (1)视觉线索对学生学习过程中认知负荷、学习动机、学习注意力产生了何种影响;
- (2)视觉线索对学生知识理解和知识迁移层面的学习结果产生了何种影响;
- (3)不同调节变量对视觉线索在学生学习效果作用发挥中产生了何种影响。

(一)研究方法 & 工具

本研究采用元分析方法探究视觉线索对学生学习效果的影响。根据研究要求,筛选整理有关视觉线索样本文献,提取样本文献中实验组与控制组后测样本量、均值和标准差等原始数据,并采用标准化平均差 Hedges's g 为效应值计算多媒体学习中视觉线索对学生学习效果的影响程度。

研究使用的分析工具为 CMA (Comprehensive Meta-Analysis) 软件,是元分析方法常用数据分析软件。

(二)文献检索与筛选

为收集符合本研究要求的元分析样本,本研究运用 PRISMA 流程^[34],对近 15 年国内外公开发表的文献进行检索与筛选。

在文献检索阶段,经历两个流程。第一轮以关键词展开文献检索,检索关键词包括视觉线索 (visual cues)、线索 (cues)、信号 (signal)、图片 (picture)、动画 (animation)、教育 (education)、学生 (student)。外文文献来源于 Web

of Science、SpringerLink、ProQuest、Wiley Online Library、Elsevier 数据库,中文文献来源于中国知网和维普数据库,共获取文献 3 652 篇。第二轮采用追溯法,查找已获取文献检索引用和被引文献,获取文献 154 篇。最终检索出文献 3 806 篇。

在筛选阶段,研究人员剔除各数据库相同文献后,通过阅读剩余文献标题、摘要、关键词进行初步筛选,接着通过阅读文献中实验设计和实验数据进行再次筛选,获得文献 76 篇。

在确认阶段,研究者对获取文献进行全文阅读,根据文献纳入标准剔除文献,最终获得文献 31 篇。纳入标准为:(1)研究涉及环境为非特殊教育环境;(2)研究对象为学生;(3)研究开展随机实验研究或准实验研究,实验需要对照组和实验组;(4)研究开展实验有视觉线索干预;(5)研究有完整数据报告,含样本量、平均值、标准差等。依据上述标准对相关文献进行检索与筛选,具体流程如图 1 所示。

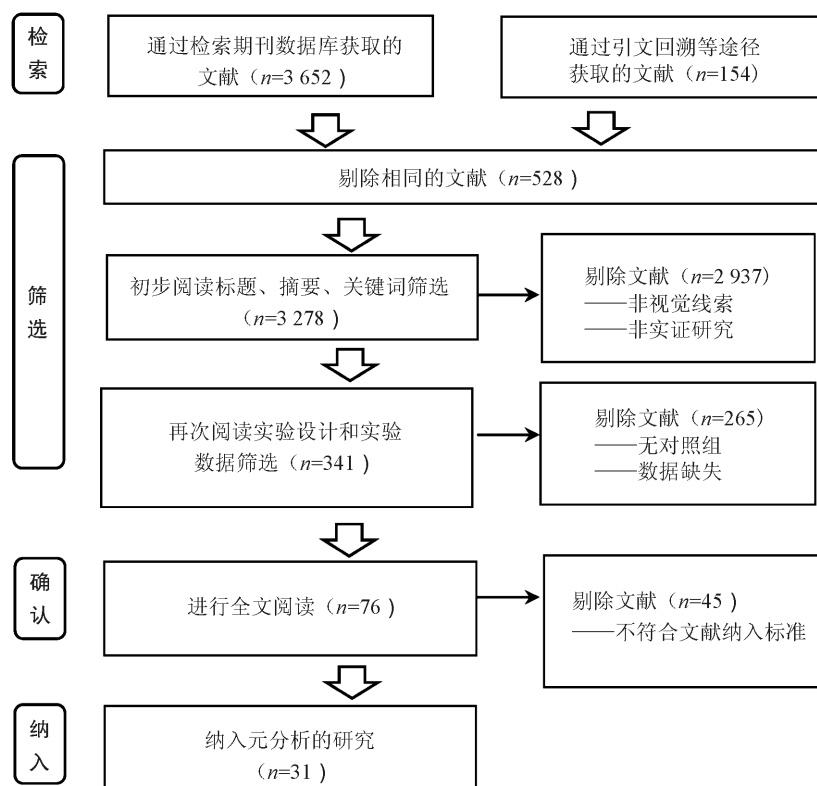


图 1 文献检索与筛选流程

(三)数据编码

为确保可信度,本研究由两名研究者对选取样本文献的构成要素进行编码。两名研究者分别对同一样本单独编码,互不影响。两名研究者编码的一致程度达 95%。具体编码要素如下:

(1)背景信息:作者、发表时间(若同一研究包含多个结果,以序号区分);

(2)学科领域:I 信息科学类、II 工程类、III 理化逻辑类、IV 社会科学类、V 其他类;

(3)学习材料类型:演示动画、教学视频、多媒体课件;

(4)视觉线索类型:静态视觉线索、动态视觉线索;

(5)呈现方式:色彩、大小、聚光灯、实体、实体箭头、扩散颜色、色彩箭头、色彩大小;

(6)学习过程:认知负荷、学习动机、眼动持续注视时间、眼动注视次数;

(7)学习结果:理解成绩、迁移成绩。

(四)数据分析

本研究对选取样本数据进行了发表偏倚、异质性检验、效应量计算。有研究发现,具有显著结果的研究发表偏倚可能性更大^[35],这会导致元分析得出效应值大于真实效应值,从而影响元分析的准确性,因此需要进行发表偏倚检验和分析^[36]。本研究使用漏斗图法和 Egger 法同时定性和定量进行发表偏倚检验。通过相关漏斗图和 Egger 线性回归检验发现,该研究存在发表偏倚可能性较小。

异质性检验也称同质性检验,用以判断多个研究是否具有同质性。根据元分析统计学原理,只有具有较好同质性的资料才可以进行合并,因此元分析前需要对多个研究的结果进行异质性检验,以便根据异质性分析结果选择适当的效应模型^[37]。本研究使用 Q 统计量和 I^2 统计量进行异质性检验。Q 检验中 Q 值越大对应 P 值越小,若 $P \leq 0.01$ 说明多项研究不具有同质性,则采取随机效应模型^[38]。 I^2 统计

量反映异质性部分在效应值总的变异中所占的比重, I^2 取值范围是 0~100, I^2 值越大说明异质性越大。希金斯(Higgins)等学者指出, I^2 统计量以 25%、50%、75% 为界,可暂将异质性分为低、中、高 3 个等级^[39]。本研究认知负荷异质性检验结果为 $Q_{\text{认知负荷}} = 45.568$, $P_{\text{认知负荷}} = 0.786 > 0.01$, $I^2_{\text{认知负荷}} = 0.000\%$,低度异质性,选取固定效应模型进行分析;学习动机异质性检验结果为 $Q_{\text{学习动机}} = 21.987$, $P_{\text{学习动机}} = 0.285 > 0.01$, $I^2_{\text{学习动机}} = 13.583\%$,低度异质性,选取固定效应模型进行分析;学习过程眼动持续注视时间异质性检验结果为 $Q_{\text{眼动持续注视时间}} = 242.598$, $P_{\text{眼动持续注视时间}} = 0.000 < 0.01$, $I^2_{\text{眼动持续注视时间}} = 85.985\%$,高度异质性,选取随机效应模型进行分析;眼动注视次数异质性检验结果为 $Q_{\text{眼动注视次数}} = 53.069$, $P_{\text{眼动注视次数}} = 0.001 < 0.01$, $I^2_{\text{眼动注视次数}} = 54.776\%$,中度异质性,选取随机效应模型进行分析;理解成绩异质性检验结果为 $Q_{\text{理解成绩}} = 143.475$, $P_{\text{理解成绩}} = 0.000 < 0.01$, $I^2_{\text{理解成绩}} = 38.665\%$,中度异质性,选取随机效应模型进行分析;迁移成绩异质性检验 $Q_{\text{迁移成绩}} = 23.007$, $P_{\text{迁移成绩}} = 0.344 > 0.01$, $I^2_{\text{迁移成绩}} = 8.725\%$,低度异质性,选取固定效应模型进行分析。

三、研究结果

本研究纳入近 15 年 31 项实验研究或准实验研究,共获取 246 个效应数。数据分析结果如下。

(一)视觉线索对学生学习效果影响的主效应检验

为检验视觉线索对学生学习过程和学习结果的影响,本研究从认知负荷、学习动机、眼动持续注视时间、眼动注视次数、理解成绩和迁移成绩 6 个维度进行主效应检验。根据科恩(Cohen)提出的效应值的大小标准,效应值 $ES < 0.2$ 为小效应, $0.2 < ES < 0.8$ 为中效应, $ES > 0.8$ 为大效应^[40]。检验结果如表 1 所示。

表 1 视觉线索对学生学习效果影响的主效应检验

结果变量	效应模型	效应数	效应值 (<i>g</i>)	95%置信区间		异质性检验		
				下限	上限	<i>Q</i>	<i>P</i>	<i>I</i> ²
学习过程								
认知负荷	固定	55	0.054	−0.008	0.115	45.568	0.786	0.000%
学习动机	固定	20	−0.107	−0.230	0.016	21.987	0.285	13.583%
眼动持续注视时间	随机	35	0.288	−0.009	0.585	242.598	0.000	85.985%
眼动注视次数	随机	25	0.402	0.202	0.602	53.069	0.001	54.776%
学习结果								
理解成绩	随机	89	0.375	0.306	0.444	143.475	0.000	38.665%
迁移成绩	固定	22	0.419	0.292	0.546	23.007	0.344	8.725%

以上对学习过程的检验结果表明,视觉线索对学生学习过程中的学习注意力有正向影响。加入视觉线索的学习材料会让学生将更多注视的时间分配至视觉线索出现的兴趣区,从而引发学生对此类兴趣区相关信息进行更多认知加工,但对学生认知负荷和学习动机不存在明显正向效应。

在学习结果的检验中,可以看到理解成绩和迁移成绩 95%置信区间上下限均大于 0,说明该效应量非偶然因素引起。加入视觉线索的多媒体教学对学生理解成绩和迁移成绩有中等正向效应。

(二)视觉线索对学生学习调节效应检验

本研究在前人研究基础上,从学习材料和

视觉线索本身特征出发,就学科领域、学习材料类型、视觉线索类型和呈现方式这 4 种变量分析视觉线索是否对学生学习起到调节作用。

在认知负荷上(见表 2),学科领域、视觉线索类型、呈现方式对视觉线索效用有一定调节作用,而学习材料类型对视觉线索效用无显著调节效果。具体而言,Ⅱ工程类($g=0.113$)相较于Ⅰ信息科学类、Ⅲ理化逻辑类和Ⅴ其他类学科对学生认知负荷存在显著影响;动态视觉线索($g=0.159$)相较于静态视觉线索对学生认知负荷存在一定程度正向影响;实体箭头($g=0.133$)相较于其他呈现方式对学生认知负荷存在一定程度影响。

表 2 视觉线索对认知负荷的调节效应检验

调节变量	效应数	效应值 (<i>g</i>)	95%置信区间		双尾检验		组间效应 (<i>QBET</i>)
			上限	下限	<i>Z</i>	<i>P</i>	
学科领域							
I 信息科学类	1	0.104	0.749	−0.541	0.315	0.752	<i>QBET</i> =1.615 (<i>P</i> =0.656)
II 工程类	10	0.113	0.225	0.001	1.984	0.047	
III 理化逻辑类	38	0.027	0.106	−0.053	0.659	0.510	
V 其他类	6	0.027	0.241	−0.188	0.244	0.807	
学习材料类型							
演示动画	44	0.065	0.133	−0.002	1.899	0.058	<i>QBET</i> =0.656 (<i>P</i> =0.720)
教学视频	9	0.020	0.187	−0.148	0.229	0.819	
多媒体课件	2	−0.154	0.495	−0.803	−4.666	0.641	
视觉线索类型							
静态视觉线索	45	0.025	0.094	−0.045	0.697	0.486	<i>QBET</i> =2.101 (<i>P</i> =0.147)
动态视觉线索	9	0.159	0.292	0.026	2.351	0.019	
呈现方式							
色彩	12	−0.099	0.064	−0.261	−1.191	0.234	<i>BET</i> =8.688 (<i>P</i> =0.122)
大小	1	−0.051	0.408	−0.510	−0.219	0.827	
聚光灯	9	0.127	0.346	−0.092	1.134	0.257	
实体	7	−0.040	0.122	−0.202	−0.481	0.630	
色彩箭头	7	0.006	0.206	−0.194	0.058	0.954	
实体箭头	19	0.133	0.221	0.046	2.990	0.003	

注:研究材料中学科领域无社会科学类,呈现方式缺少扩散颜色、色彩大小等,故只对已有类型作调节效应检验。

在学习动机上(见表3),学习材料类型与呈现方式对视觉线索效用有一定程度调节作用,而学科领域对视觉线索效用无显著调节效果。具体而言,演示动画($g = -0.202$)类型中

的视觉线索对学习动机存在一定程度负向影响;实体箭头($g = -0.145$)的呈现方式对学生学习动机也存在较低程度的负向影响。

表3 视觉线索对学习动机的调节效应检验

调节变量	效应数	效应值 (g)	95%置信区间		双尾检验		组间效应 ($QBET$)
			上限	下限	Z	P	
学科领域							
Ⅲ 理化逻辑类	8	-0.094	0.115	-0.303	-0.883	0.377	$QBET = 0.019$ ($P = 0.889$)
Ⅴ 其他类	12	-0.114	0.039	-0.266	-1.464	0.143	
学习材料类型							
演示动画	12	-0.202	-0.039	-0.365	-2.431	0.015	$QBET = 1.403$ ($P = 0.496$)
多媒体课件	8	0.019	0.207	-0.168	0.201	0.841	
呈现方式							
色彩	2	0.232	0.618	-0.154	1.180	0.238	$QBET = 3.285$ ($P = 0.070$)
实体箭头	18	-0.145	-0.015	-0.275	-2.194	0.028	

注:研究材料中视觉线索均为静态视觉线索,故未对此作调节效应检验。

在相关兴趣区眼动持续注视时间上(见表4),学科领域、学习材料类型、视觉线索类型和呈现方式均在一定程度上对视觉线索效用有调节作用。具体而言,Ⅴ其他类($g = 1.268$)>Ⅳ社会科学类($g = 0.921$)>Ⅰ信息科学类($g = -0.789$),从组间效应来看 $QBET = 34.101$, $P = 0.000 < 0.05$,说明不同学科类型对学生眼动持续注视时间的影响存在显著差异;多媒体课件($g = 1.005$)>教学

视频($g = 0.431$),从组间效应来看 $QBET = 11.200$, $P = 0.004 < 0.05$,说明不同学习材料对学生眼动持续注视时间的影响存在显著性差异;静态视觉线索($g = 0.370$)相较于动态视觉线索对学生眼动持续注视时间有显著正向影响;大小($g = 1.132$)>实体($g = 0.550$)>色彩($g = 0.379$),这3类呈现方式相较于其他呈现方式对学生眼动持续注视时间存在显著影响。

表4 视觉线索对眼动持续注视时间的调节效应检验

调节变量	效应数	效应值 (g)	95%置信区间		双尾检验		组间效应 ($QBET$)
			上限	下限	Z	P	
学科领域							
Ⅰ 信息科学类	1	-0.789	-0.128	-1.449	-2.341	0.019	$QBET = 34.101$ ($P = 0.000$)
Ⅱ 工程类	21	0.190	0.572	-0.192	0.976	0.329	
Ⅲ 理化逻辑类	9	0.253	0.831	-0.326	0.856	0.392	
Ⅳ 社会科学类	1	0.921	1.650	0.192	2.478	0.013	
Ⅴ 其他类	3	1.268	1.657	0.879	6.385	0.000	
学习材料类型							
演示动画	19	0.033	0.492	-0.425	0.143	0.887	$QBET = 11.200$ ($P = 0.004$)
教学视频	12	0.431	0.827	0.035	2.131	0.033	
多媒体课件	4	1.005	1.370	0.641	5.401	0.000	
视觉线索类型							
静态视觉线索	26	0.370	0.648	0.092	2.610	0.009	$QBET = 0.400$ ($P = 0.527$)
动态视觉线索	9	0.074	0.948	-0.800	0.167	0.867	
呈现方式							
色彩	13	0.379	0.738	0.020	2.069	0.039	$QBET = 7.822$ ($P = 0.166$)
大小	1	1.132	1.891	0.374	2.925	0.003	
聚光灯	6	-0.099	0.700	-0.798	-0.242	0.809	
实体	6	0.550	1.078	0.023	2.044	0.041	
实体箭头	5	0.057	0.469	-0.356	0.269	0.788	
扩散颜色	4	0.299	2.624	-2.027	0.252	0.801	

注:研究材料中呈现方式缺少色彩箭头、色彩大小等,故只对已有类型作调节效应检验。

在相关兴趣区眼动注视次数上(见表5),学科领域、学习材料类型、视觉线索类型和呈现方式均对视觉线索效用有一定调节作用。具体而言,Ⅱ工程类($g=0.495$)相较于Ⅲ理化逻辑类对视觉线索效用存在显著调节作用;多媒体课件($g=1.289$)>演示动画($g=0.328$),说明多媒体课件中视觉线索效用更加明显;动

态视觉线索($g=0.458$)相较于静态视觉线索对学生眼动注视次数有显著影响;色彩($g=1.289$)>扩散颜色($g=0.458$)>实体箭头($g=0.372$),从组间效应来看 $QBET=13.518, P=0.004<0.05$,说明不同呈现方式视觉线索对学生眼动注视次数的影响存在显著性差异。

表5 视觉线索对眼动注视次数的调节效应检验

调节变量	效应数	效应值 (<i>g</i>)	95% 置信区间		双尾检验		组间效应 (<i>QBET</i>)
			上限	下限	<i>Z</i>	<i>P</i>	
学科领域							
Ⅱ 工程类	20	0.495	0.649	0.342	6.333	0.000	<i>QBET</i> = 1.701 (<i>P</i> = 0.192)
Ⅲ 理化逻辑类	5	−0.073	0.768	−0.914	−0.171	0.864	
学习材料类型							
演示动画	23	0.328	0.514	0.141	3.439	0.001	<i>QBET</i> = 1.403 (<i>P</i> = 0.496)
多媒体课件	2	1.289	1.771	0.808	5.246	0.000	
视觉线索类型							
静态视觉线索	16	0.362	0.673	0.051	2.280	0.023	<i>QBET</i> = 0.249 (<i>P</i> = 0.618)
动态视觉线索	9	0.458	0.673	0.243	4.169	0.000	
呈现方式							
聚光灯	5	−0.073	0.768	−0.914	−0.171	0.864	<i>QBET</i> = 13.518 (<i>P</i> = 0.004)
扩散颜色	9	0.458	0.673	0.243	4.169	0.025	
色彩	2	1.289	1.771	0.808	5.246	0.000	
实体箭头	9	0.372	0.587	0.157	3.396	0.001	

注:研究材料中学科领域缺少信息科学类、社会学科类、其他类,呈现方式缺少大小、色彩大小、色彩箭头等,故只对已有类型作调节效应检验。

在理解成绩上(见表6),学科领域、学习材料类型、视觉线索类型和呈现方式均对视觉线索效用有一定调节作用。具体而言,Ⅰ信息科学类($g=0.849$)>Ⅳ社会科学类($g=0.788$)>Ⅴ其他类($g=0.379$)>Ⅱ工程类($g=0.375$)>Ⅲ理化逻辑类($g=0.329$);教学视频($g=0.516$)>演示动画($g=0.385$)>多媒体课件($g=0.343$),说明教学视频中视觉线索对学生理解成绩影响更显著;动态视觉线索($g=0.532$)>静态视觉线索($g=0.340$),说明不同类型视觉线索对学生理解成绩均有中等正向影响,动态视觉线索对学生学习的影响更为明显;扩散颜色($g=0.905$)>色彩箭头($g=0.456$)>色彩($g=0.451$)>实体($g=0.369$)>聚光灯($g=0.337$)>实体箭头($g=0.281$),表明扩散颜色的呈现方式对学生学习促进作用最明显,色彩箭头和色彩次之,实体和聚光灯

也有促进作用,大小方式的视觉线索对学生理解成绩无显著影响。

在迁移成绩上(见表7),学科领域、学习材料类型、视觉线索类型和呈现方式也均对视觉线索效用有一定调节作用。具体而言,Ⅴ其他类($g=0.597$)>Ⅱ工程类($g=0.570$)>Ⅲ理化逻辑类($g=0.336$),说明这3类学科相较于Ⅳ社会科学类对视觉线索在学生迁移成绩上的调节作用更显著;多媒体课件($g=0.873$)>教学视频($g=0.434$)>演示动画($g=0.352$);静态视觉线索($g=0.460$)与动态视觉线索相比更有显著调节作用;实体($g=0.502$)>色彩($g=0.416$)>聚光灯($g=0.389$),表明实体的呈现方式对视觉线索在学生迁移成绩上的调节作用最高,但以大小不同呈现的视觉线索对学生迁移成绩无显著调节作用。

表 6 视觉线索对理解成绩的调节效应检验

调节变量	效应数	效应值 (<i>g</i>)	95%置信区间		双尾检验		组间效应 (<i>QBET</i>)
			上限	下限	<i>Z</i>	<i>P</i>	
学科领域							
I 信息科学类	2	0.849	1.323	0.376	3.514	0.000	<i>QBET</i> = 6.366 (<i>P</i> = 0.173)
II 工程类	29	0.375	0.522	0.229	5.018	0.000	
III 理化逻辑类	40	0.329	0.405	0.253	8.508	0.000	
IV 社会科学类	3	0.788	1.464	0.111	2.282	0.022	
V 其他类	15	0.379	0.541	0.217	4.579	0.000	
学习材料类型							
演示动画	38	0.385	0.499	0.270	6.580	0.000	<i>QBET</i> = 1.403 (<i>P</i> = 0.496)
教学视频	6	0.516	0.805	0.277	3.502	0.000	
多媒体课件	45	0.343	0.431	0.255	7.658	0.000	
视觉线索类型							
静态视觉线索	75	0.340	0.403	0.276	10.478	0.000	<i>QBET</i> = 2.101 (<i>P</i> = 0.147)
动态视觉线索	14	0.532	0.785	0.280	4.127	0.000	
呈现方式							
色彩	27	0.451	0.569	0.333	7.474	0.000	<i>QBET</i> = 8.431 (<i>P</i> = 0.296)
大小	7	0.200	0.407	−0.006	1.899	0.058	
聚光灯	8	0.337	0.578	0.096	2.741	0.006	
实体	15	0.369	0.518	0.219	4.843	0.000	
实体箭头	21	0.281	0.417	0.145	4.060	0.000	
扩散颜色	4	0.905	1.699	0.111	2.234	0.025	
色彩箭头	5	0.456	0.696	0.216	3.727	0.000	
色彩大小	2	0.284	0.748	−0.180	1.199	0.231	

表 7 视觉线索对迁移成绩的调节效应检验

调节变量	效应数	效应值 (<i>g</i>)	95%置信区间		双尾检验		组间效应 (<i>QBET</i>)
			上限	下限	<i>Z</i>	<i>P</i>	
学科领域							
Ⅱ 工程类	4	0.570	0.846	0.294	4.047	0.000	<i>QBET</i> = 2.953 (<i>P</i> = 0.399)
Ⅲ 理化逻辑类	14	0.336	0.496	0.177	4.130	0.000	
Ⅳ 社会科学类	1	0.398	1.098	−0.302	1.115	0.265	
Ⅴ 其他类	3	0.597	0.964	0.230	3.185	0.001	
学习材料类型							
演示动画	11	0.352	0.533	0.172	3.822	0.000	<i>QBET</i> = 3.395 (<i>P</i> = 0.183)
教学视频	10	0.434	0.624	0.244	4.478	0.000	
多媒体课件	1	0.873	1.402	0.343	3.230	0.001	
视觉线索类型							
静态视觉线索	18	0.460	0.598	0.323	6.571	0.000	<i>QBET</i> = 2.470 (<i>P</i> = 0.116)
动态视觉线索	4	0.171	0.507	−0.164	1.000	0.317	
呈现方式							
色彩	10	0.416	0.599	0.233	4.463	0.000	<i>QBET</i> = 0.282 (<i>P</i> = 0.991)
大小	1	0.394	1.117	−0.328	1.070	0.285	
聚光灯	8	0.389	0.631	0.148	3.157	0.002	
实体	2	0.502	0.829	0.175	3.010	0.003	
色彩箭头	1	0.382	0.916	−0.151	1.405	0.160	

注:研究材料中学科领域无信息科学类,呈现方式缺少扩散颜色、实体箭头、色彩大小等,故只对已有类型作调节效应检验。

四、研究结论与启示

(一)研究结论

元分析结果表明视觉线索对学生学习过程和学习结果均有一定影响。视觉线索提高了学生对学习材料的理解成绩与迁移成绩,但并未明显减轻学生在学习过程中的认知负荷,同时对学生s的学习动机也无明显影响。学习材料中视觉线索的加入,增加了学生对相关兴趣区的眼动持续注视时间和眼动注视次数,这说明学生对相关兴趣区有更多注意分配。从理论和实践均可以看出本研究结果具有一定合理性。

首先,从主效应检验来看,在学生理解成绩和迁移成绩层面上,视觉线索对学生学习结果的促进作用达到显著水平,这一研究结果支持多数研究结论。这也说明视觉线索能够促进学生对学习内容的深度理解,同时也有利于增强学生将所学知识应用于新情境的能力。该结果强调了视觉线索在构建有效学习环境中的积极作用。它们作为一种辅助工具,可以帮助学生更好地把握信息结构,促进知识的内化。然而值得注意的是,尽管视觉线索在促进知识掌握和应用方面表现出积极作用,但并未显著减轻学生在学习过程中感受到的认知负荷^[41]。这意味着,虽然视觉线索可能使信息呈现更为生动直观,但学生处理这些信息时所需的认知资源并未明显减少。这一发现提示教育者在设计包含视觉线索的教学材料时,仍需考虑平衡信息的丰富性与学生的认知处理能力,以避免过度负荷。此外,视觉线索对学生s的学习动机无显著影响,该研究结果不支持视觉线索可能会影响学生学习动机的观点^[42]。这可能是因为学习动机受多种因素共同影响,包括个人兴趣、学习目标的清晰度、自我效能感等,而视觉线索更多地作用于认知层面,而非情感或动机层面。因此,教育者在运用视觉线索时需有效结合其他教学策略,如设置具有挑战性的任务、提供即时反馈等,以全面激发

学生学习的积极性和参与度。眼动数据的分析进一步支持了上述结论,视觉线索对学生在学习材料中相关兴趣区眼动持续注视时间和眼动注视次数影响均达到显著水平。本研究结果支持视觉线索会引导学生专注于突出的相关信息的观点^[43]。眼动持续注视时间与当前信息相关的连续心理过程有关^[44],总注视时间被认为是与注视信息相关的总认知处理的标志^[45],学生在学习过程中对信息的认知加工会直接决定学习结果。研究结果发现,视觉线索会使学生在学习过程中更多关注相关兴趣区,意味着学生会对这些区域的信息进行更多的认知加工。

其次,从调节效应检验来看,学科领域调节了视觉线索对学生认知负荷、眼动持续注视时间、眼动注视次数、理解成绩和迁移成绩的影响。相较于其他学科,在工程类学科中加入视觉线索能够有效吸引学生对学习材料中相关兴趣区的学习注意力,降低学生认知负荷,提高学生理解和迁移成绩。这可能是因为工程类学科往往包含复杂的概念和流程,视觉线索的加入能够更有效地引导学生关注学习材料中的关键兴趣区,从而降低认知处理的难度,促进知识的深入理解和灵活应用。学习材料类型能够调节视觉线索在学生学习动机唤起、眼动持续注视时间、眼动注视次数及理解与迁移成绩维度的作用效果。在演示动画类学习材料中,这种调节作用更加显著。其原因可能是动画类材料通过动态演示和视觉呈现,能够更直观地展示学习内容的内在逻辑和关系。视觉线索的加入进一步强化了这种直观性,使学生在学习过程中更容易保持高度的注意力和兴趣,进而提升学习动机,并优化眼动行为,最终提高理解成绩和迁移成绩。视觉线索类型会调节其作用于学生认知负荷、眼动持续注视时间、眼动注视次数及理解与迁移成绩的效能,其中动态视觉线索的调节作用更为显著。动态视觉线索通过其动态变化的特性,能够更有效地吸引学生的注意力,引导他们更加

深入地探索学习材料,从而在降低认知负荷、延长眼动持续注视时间、增加眼动注视次数以及提升理解和迁移成绩方面表现出色。视觉线索具体呈现方式可调节其在学生学习动机激发、认知负荷体验、眼动持续注视时间、眼动注视次数及理解与迁移成绩层面的影响效果。实体箭头作为一种具体的视觉线索呈现方式,其调节作用体现得最为明显。实体箭头通过其直观、明确的指向性,能够更有效地引导学生关注学习材料中的关键信息,从而优化学习过程,提升学习效果,这种作用在学习动机、认知负荷、眼动持续注视时间、眼动注视次数、理解成绩和迁移成绩等多个方面均得到了体现。

(二)研究启示

基于以上研究结论,可从以下4个方面探讨并提炼出有关视觉线索设计与应用的启示。

一是在学科类型上,研究发现视觉线索在工程类与理化逻辑类学科中展现出更为稳健的促进作用,这与这些学科的学习材料通常包含大量图文元素且存在明确逻辑关系密切相关。例如,工程设计图、物理实验图解、化学反应流程图等构成了复杂的信息网络,视觉线索在其中能够有效发挥其引导和整合功能。从理论层面来看,该研究结果也符合图文整合假说^[46],在这类学科学习材料中加入视觉线索能够强调学习材料中的图文元素以及图文元素之间的逻辑关系^[47],从而促进信息的组织与整合,帮助学生对学习材料中的图文建立联系,形成完整连贯的心理表征^[37],从而提升对知识的理解与迁移能力。这表明,在教育技术的实践中,视觉线索的设计与应用需要紧密结合学科特点与学习任务需求。通过精准匹配视觉线索与学习材料,可以有效引导学生注意力,优化认知加工过程,进而提升学习效果。

二是在学习材料类型上,整体来看视觉线索对学生视觉注意力有显著影响,加强了学生对学习材料中相关提示信息的注意维持,此研究结果符合注意力引导假说^[48]。同时,研究发现不同学习材料类型与不同视觉线索呈现方

式对学生注意力引导存在显著差异。其中,视觉线索在图片类学习材料中更能吸引学生的视觉注意力。分析其原因,可能是在演示动画和教学视频中视觉线索的凸显性更容易受到动态学习材料中各运动元素的干扰,导致视觉线索对学生视觉注意力引导效果相对较低^[10,49]。除此之外,相较于图片类学习材料,视频类学习材料在为学生提供视觉信息的同时也提供听觉信息,此时学生会将工作记忆同时分配给视觉与听觉两通道。因此,视觉线索在视频类学习材料中对学生视觉注意力的影响会低于其在图片类学习材料中的影响。可见,教师在教学过程中可以在图片类学习材料中加入更多视觉线索,吸引学生视觉注意力,促进学生对学习材料中相关区域的关键信息进行更多的认知加工。

三是在视觉线索类型上,有意思的是虽然动态视觉线索相较于静态视觉线索对学生的理解成绩有更好的促进效果,但静态视觉线索在迁移成绩上却拥有更好的促进效果。其原因可能是动态视觉线索的变化性和吸引力能够有效激发学生的学习兴趣,提升注意力和参与度,从而推动知识的深入学习。而静态视觉线索的稳定性和持久性,有助于学生在面对新问题或不确定情境时进行知识的内化和迁移,进而促进认知结构的灵活运用。从教育技术的视角来看,这种差异反映了学习过程的复杂性。学科知识的掌握不仅需要学习和理解,还需要应用、实践、迁移和创新等关键能力活动的支撑才能完成从具体知识到认识方式的外部定向、独立操作和自觉内化^[50]。在教育信息化的推动下,学习方式正发生深刻变革。视觉线索作为一种重要的教育技术手段,其设计和应用需要与学生的认知发展阶段和学习任务相匹配。在要求学生进行知识吸收和理解认知活动的阶段,动态视觉线索能够通过其变化性和吸引力,激发学生的兴趣,提高其注意力和参与度,从而促进学生对知识的深入学习和理解。相反,在学生需要运用所学知识解决新

问题或面对不确定情境时,静态视觉线索可凭借稳定信息输出构建清晰的知识锚点,降低认知加工干扰,帮助学生高效完成知识内化。同时,稳定的信息呈现形式与知识表征,能强化知识间的逻辑关联记忆,为迁移应用提供更具系统性的认知支撑。

四是在具体呈现方式上,研究发现视觉线索的具体呈现方式(如色彩、大小、实体等)对学生在理解与迁移阶段的表现存在差异性影响。其中,以色彩和实体呈现的视觉线索在促进学生理解成绩和迁移成绩方面表现出显著的积极效应,而以大小呈现的视觉线索则未显示出显著影响。这表明视觉线索的效用受到其具体呈现方式的制约。在学习材料中加入视觉线索的目的是通过影响学生在学习过程中的视觉注意力和认知加工活动让其获得更好的学习结果。在教育信息化的推动下,学习材料的呈现方式日益多样化,视觉线索作为增强学习材料可理解性和互动性的重要手段,其研究意义愈发凸显。本研究结果提示,在视觉线索的设计与应用过程中,应优先考虑色彩、实体等直观且易于识别的视觉元素,以增强学生的视觉注意力和认知加工效率;相反,缩小放大字体或图片等大小呈现的视觉线索,因其对学生认知过程的干扰较大,应尽量只在与其匹配的情境中使用。

本研究虽然证实了视觉线索对学生学习效果具有积极意义,但并未发现视觉线索对学生学习动机和认知负荷这两种维度的学习效果产生显著积极效应。该结果启示未来关于视觉线索的研究可考虑如何在提高学生认知成绩的同时有效降低学生认知负荷、提高学生学习动机。整体来讲,本研究严格遵循了元分析的方法和程序,对多个研究进行系统且客观的分析,揭示了多媒体学习中视觉线索对学生学习过程和学习结果的影响,可为未来研究方向提供一定参考,为教师在教学过程中的视觉线索设计提供建议。但本研究仍存在一定不足,如样本量不够丰富,未深入分析视觉线索

对学生不同类型认知负荷、不同教学方法和学生本身特征等调节变量的影响等,后续研究将在此研究基础上进行进一步探索。

参考文献:

- [1] MAYER R E. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning[M]. New York: Cambridge University Press, 2005.
- [2] 毛乐,鄢超云. 被忽视的模糊表意:符号学视角下儿童早期书写的重新审视[J]. 学前教育研究,2025(5):72-81.
- [3] 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,2010,20:123-135.
- [4] MAYER R E. Multimedia learning[J]. Psychology of Learning and Motivation,2002,41:85-139.
- [5] MAYER R E. Incorporating motivation into multimedia learning[J]. Learning and Instruction,2014,29(4):171-173.
- [6] MAYER R E. Multimedia learning: are we asking the right questions? [J]. Educational Psychologist,2021,32(1):1-19.
- [7] FORSBERG A, GUITARD D, COWAN N. Working memory limits severely constrain long-term retention[J]. Psychonomic Bulletin and Review,2021,28(2):537-547.
- [8] SWELLER J. Cognitive load theory[M]//MESTRE J P, ROSS B H. Psychology of Learning and Motivation. Oxford: Academic Press,2011:37-76.
- [9] 余建云,闫白洋. 基于认知负荷理论探索真实情境下科学课程的教学设计[J]. 课程·教材·教法,2022(7):140-146.
- [10] 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(8):1430-1440.
- [11] ITTI L, KOCH C. A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention[J]. Vision Research,2000,40(10-12):1489-1506.
- [12] HILLSTROM A P, CHAI Y C. Factors that guide or disrupt attentive visual processing[J]. Computers in Human Behavior,2006,22(4):648-656.
- [13] SCHNOTZ W, LOWE R K. A unified view of learning from animated and static graphics[M]//LOWE R K, SCHNOTZ W. Learning with Animation: Research Implications for Design. New York: Cambridge University Press,2008.
- [14] DE KONING B B, TABBERS H K, RIKERS R M J P, et al. Attention cueing as a means to enhance learning from an animation[J]. Applied Cognitive Psychology,2007,21:731-746.
- [15] 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.
- [16] 施良方. 学习论[M]. 北京: 人民教育出版社, 2001: 5.
- [17] 王映学. 学习与表现: 对学习结果评价的启示[J]. 教育理论与实践, 2023(7): 53-58.
- [18] 郭允建, 朱祖林, 刘盛峰, 等. 我国远程教育研究 2021 年度进展报告[J]. 远程教育杂志, 2022(5): 21-30.
- [19] JUST M A, CARPENTER P A. A theory of reading: from eye fixation to comprehension[J]. Psychological Review, 1980, 87(4): 329-354.
- [20] 傅钢善, 佟海静. 网络环境下有效学习评价指标体系构建研究[J]. 电化教育研究, 2016(8): 23-30.
- [21] 王雪, 王志军, 付婷婷. 交互方式对数字化学习效果影响的实验研究[J]. 电化教育研究, 2017(7): 98-103.
- [22] 洛根·费奥雷拉, 盛群力, 张恩铭. 理解生成式学习[J]. 远程教育杂志, 2023(6): 20-33.
- [23] HU J L, ZHANG J K. The effect of cue labeling in multimedia learning: evidence from eye tracking[J]. Frontiers in Psychology, 2021, 12: 736922.
- [24] PI Z L, LIU C X, WANG L C, et al. Cues facilitate foreign language vocabulary learning from instructional videos: behavioral and neural evidence[J]. Language Teaching Research, 2023: 13621688231164724.
- [25] GE Y P, UNSWORTH L, WANG K H. The effects of explicit visual cues in reading biological diagrams[J]. International Journal of Science Education, 2017, 39(5): 605-626.
- [26] FOLKER S, RITTER H, SICHELSCHEMIDT L. Processing and integrating multimodal material—the influence of color-coding[C]//Proceedings of the annual meeting of the cognitive science society. 2005: 27.
- [27] DE KONING B B, TABBERS H K, RIKERS R M J P, et al. Learning by generating vs. receiving instructional explanations: two approaches to enhance attention cueing in animations[J]. Computers & Education, 2010, 55(2): 681-691.
- [28] JAMET E, GAVOTA M, QUAIREAU C. Attention guiding in multimedia learning[J]. Learning and Instruction, 2008, 18: 135-145.
- [29] MAYER R E. Unique contributions of eye-tracking research to the study of learning with graphics[J]. Learning and Instruction, 2010, 20(2): 167-171.
- [30] 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(5): 540-555.
- [31] ALPIZAR D, ADESOPE O O, WONG R M. A meta-analysis of signaling principle in multimedia learning environments[J]. Educational Technology Research and Development, 2020, 68(5): 2095-2119.
- [32] TVERSKY B, MORRISON J B, BETRANCOURT M. Animation: can it facilitate? [J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2002, 57(4): 247-262.
- [33] 张文兰, 胡姣. 项目式学习的学习作用发生了吗? ——基于 46 项实验与准实验研究的元分析[J]. 电化教育研究, 2019(2): 95-104.
- [34] MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement[J]. Annals of Internal Medicine, 2009, 151(4): 264-269.
- [35] EASTERBROOK P J, BERLIN J A, GOPALAN R, et al. Publication bias in clinical research[J]. The Lancet, 1991, 337(8746): 867-872.
- [36] 顾小清, 胡梦华. 电子书包的学习作用发生了吗? ——基于国内外 39 篇论文的元分析[J]. 电化教育研究, 2018(5): 19-25.
- [37] 罗杰, 冷卫东. 系统评价/Meta 分析理论与实践[M]. 北京: 军事医学科学出版社, 2013.
- [38] BORENSTEIN M, HEDGES L V, HIGGINS J P T, ROTHSTEIN H R. Introduction to meta-analysis[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 2009.
- [39] HIGGINS J P T, THOMPSON S G. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis[J]. Statistics in Medicine, 2002, 21(11): 1539-1558.
- [40] COHEN J. Statistical power analysis for the behavioral sciences[M]. New York: Academic Press, 1988.
- [41] PAAS F, RENKL A, SWELLER J. Cognitive load theory and instructional design: recent developments[J]. Educational Psychologist, 2003, 38(1): 1-4.
- [42] SCHNEIDER S, BEEGE M, NEBEL S, et al. A meta-analysis of how signaling affects learning with media[J]. Educational Research Review, 2018, 24: 22-37.
- [43] LIU Y, MA W F, GUO X, et al. Impacts of color coding on programming learning in multimedia learning: moving toward a multimodal methodology[J]. Frontiers in Psychology, 2021, 12: 73328.
- [44] JUST M A, CARPENTER P A. Eye fixations and cognitive processes[J]. Cognitive Psychology, 1976, 8(4): 441-480.
- [45] RAYNER K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research[J]. Psychological Bulletin, 1998, 124(3): 372-422.
- [46] 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(6): 86-93, 103.

- [47] 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.
- [48] JAMET E. An eye-tracking study of cueing effects in multimedia learning[J]. *Computers in Human Behavior*, 2014, 32: 47-53.
- [49] HEISER J, TVERSKY B. Arrows in comprehending and producing mechanical diagrams[J]. *Cognitive Science*, 2006, 30(3): 581-592.
- [50] 王磊. 学科能力构成及其表现研究——基于学习理解、应用实践与迁移创新导向的多维整合模型[J]. *教育研究*, 2016(9): 83-92, 125.

Effect of Visual Clues on Students' Learning: A Meta-Analysis Based on 31 Experiments and Quasi-experiments

ZHANG Zhengyan^{1,2}, HUANG Yan³

(1. College of Teacher Education, Southwest University, Chongqing 400715, China;
2. Research Institution of Science Education, Southwest University, Chongqing 400715, China;
3. Xiangshan High School of Sichuan Tianfu New Area, Chengdu 310213, China)

Abstract: As an important instructional design technology, cues are widely used in teaching practice. Although visual cues appear frequently in various learning materials, they have long been discussed within the overarching category of “clues” without sufficient focused research. This study adopts the meta-analysis method, systematically integrating 31 experimental and quasi-experimental studies on visual cues, to explore the comprehensive influence of visual cues on students' learning from both learning process and learning outcomes. The findings reveal that visual cues can significantly enhance students' knowledge comprehension and transfer performance, and the same time significantly guide the students' visual attention in the learning process, especially in engineering, physical, chemical and other logic-focused disciplines, where the effects are more stable and pronounced. Besides, visual clues in picture-based learning materials, compared with demonstration animations and instructive videos, demonstrates stronger attention guidance. Furthermore, dynamic visual cues have a better promotional effect on students' comprehension performance, while static visual cues have a more significant promotion on students' transfer performance. Therefore, the visual cues presented in color, entity, and arrow formats demonstrate a significantly positive effect on students' learning outcomes, whereas size-based visual cues show no significant effect on either comprehension or transfer performance in educational contexts.

Key words: visual clues; learning results; learning process; meta-analysis

责任编辑 李 玲