

邻近效应对多媒体学习中图文整合的影响： 线索的作用^{*}

王福兴 段朝辉 周宗奎 陈 珺

(青少年网络心理与行为教育部重点实验室; 华中师范大学心理学院, 武汉 430079)

摘 要 在多媒体学习中图文排列的邻近或远离会影响学习的效果。本研究操纵了多媒体呈现的图文排列位置, 采用颜色作为线索引导注意, 探讨了线索有无和图片-文字的空间位置对多媒体学习图文整合的影响。结果发现: 图文邻近呈现时的保持测验和迁移测验成绩好于图文远离呈现, 图文邻近呈现时学习者对关键兴趣区的进出次数更多, 体现出以文字为导向的阅读模式。线索并没有单独影响学习成绩和注意分配; 但结合图文位置后, 发现有线索时图文邻近学习材料的注视次数、进出关键兴趣区的次数显著多于图文远离。研究认为: 图文的邻近效应不仅提高学习者对知识的识记和理解, 同时也影响了学习者的注意分配过程, 图文邻近呈现有助于图片和文本信息的注意联结和知识整合; 线索能使邻近效应得到凸显, 更好地促进图文信息的注视加工, 但没有改进学习的效果。

关键词 邻近效应; 线索; 眼动; 图文整合

分类号 B849:G44

1 问题提出

多媒体学习(multimedia learning)是指对言语(口头语言和文字)和图片表征材料(图片、声音、视频等)的心理建构和加工(Mayer, 2005)。随着科技的不断发展, 多媒体学习材料在教学及其他领域也得到了普及。但是丰富多样的多媒体学习材料也同时存在信息量过大, 学习者注意力被任务无关的信息捕获而不利于学习效果的情况(Lowe, 1999, 2003), 所以如何正确地引导学习者的注意力分配, 以更好地促进多媒体学习中的图文整合效果是研究关心的重点。

1.1 邻近效应对图文整合的影响

已有研究发现, 良好的图文编排方式能够有效地引导学习者的注意, 并提高学习者的学习效果(Schnotz, 2005)。为了防止图文结合呈现时学习过程中的注意分离(split-attention), 研究者将图片信

息和文本信息邻近排列而提高学习成绩的现象称为邻近效应(contiguity effect) (Ayres & Sweller, 2005; Mayer & Moreno, 1998; Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998)。根据具体操作因素的不同, 它又分为两大类: 一种是在空间位置上, 图片信息和文本信息邻近排列而促进学习的现象, 称为空间邻近效应(spatial contiguity effect); 另一种是在时间因素上, 图片信息和文本信息同步编排而促进学习的现象, 称为时间临近效应(temporal contiguity principle) (Mayer, 2001)。在本研究中仅探讨空间邻近效应。

空间邻近效应最先由 Tarmizi 和 Sweller (1988) 提出, 他们发现在数学问题解决的过程中, 将材料信息结合呈现能减少加工材料的认知负荷, 并提高学习的正确率。在 Mayer (2001) 的多媒体学习原则中, 称其为空间邻近原则(spatial contiguity principle), 认为文本与图片空间邻近呈现时, 学习者可以减少搜索相关信息的时间, 同时也能将搜索到的信息更

收稿日期: 2014-04-11

^{*} 国家自然科学基金青年项目“经验对多媒体学习中图-文整合过程的影响”(# 31300864) 和青少年网络心理与行为教育部重点实验室开放课题(# 2012B07) 资助。

通讯作者: 周宗奎, E-mail: zhouzk@mail.ccnu.edu.cn; 王福兴, E-mail: fxwang@mail.ccnu.edu.cn

多地保存在短时记忆中, 这样的呈现效果比隔开呈现更能促进学生的学习 (Ayres & Sweller, 2005; Cierniak, Scheiter, & Gerjets, 2009; Mayer & Moreno, 1998)。Ginns (2006) 对 50 项有关多媒体学习邻近原则研究的元分析发现, 邻近效应确实有利于学习成绩的提高或改进学习的效果 ($d = 0.85$)。空间邻近效应在动画教学 (Kester, Kirschner, & Merriënboer, 2005)、书本阅读 (Mayer, Steinhoff, Bower, & Mars, 1995) 和报纸阅读 (Holsanova, Holmberg, & Holmqvist, 2009) 等研究领域中证明了其独特的优势。

在多媒体学习中, 图文的空间位置变化确实会影响学习者的学习效果, 但是其具体的加工过程是什么, 却较少被研究所探讨。以往的一些研究中, 研究者更多从认知负荷角度解释邻近效应。认为邻近排列的文字和图示减轻了学习者的认知负荷, 从而有利于学习 (Cierniak et al., 2009; Moreno & Mayer, 1999)。Schmidt-Weigand, Kohnert 和 Glowalla (2010) 采用眼动技术探讨了通道效应和邻近效应的认知加工过程, 眼动数据发现被试在学习有图-文内容的闪电原理时注视文字内容更多; 对图片的注视时间在图文邻近情况下长于图文远离; 注视图片时间与学习结果呈现正相关。Johnson 和 Mayer (2012) 研究发现, 图文邻近呈现组在图片和文字间的注视点转换比图文远离时更加频繁。基于这些研究, 本研究推测也许是图-文位置的邻近促进了学习者的视觉搜索, 进而促进了图片知识和文本知识的整合, 促进了学习的结果。这就需要记录学习者学习过程中的眼动数据, 进一步验证是否图-文邻近有利于学习者的注意加工过程。

1.2 线索对图文整合的影响

在多媒体学习中, 除了调整图文位置来加强图文整合外, 在学习材料中适当地加入线索 (cueing) 也是引导注意力分配的一个常用方法。这里的线索是指通过操作指导材料视觉空间上的特征, 从而达到帮助学习者注意相关信息以更好地把新知识与已有知识组织和整合成统一图式的目的 (综述见: De Koning, Tabbers, Rikers, & Paas, 2009)。线索的类型繁多, 包括列举大纲 (topic shifts)、写标题 (outlines or headings)、箭头 (arrows)、颜色 (color) 等 (中文综述见: 王福兴, 段朝辉, 周宗奎, 2013)。综述以往研究发现, 对多媒体学习注意引导最有效的线索是颜色 (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1999; Ozcelik, Arslan-Ari, & Cagiltay, 2010; Ozcelik, Karakus, Kursun, & Cagiltay, 2009) 和对比度变化

(De Koning, Tabbers, Rikers, & Paas, 2007, 2010)。并且考虑到教学设置的操作性和实用性, 本研究采用颜色作为线索, 通过对学习材料中的关键信息进行颜色凸显以区别于其他信息的方式来引导注意加工、促进学习 (不同类型线索有效性评价见: 王福兴 等, 2013. p1431)。

综述以往研究发现, 线索影响多媒体学习效果主要是通过三步进行。首先是引导学习者注意到线索区, 从而引导学习者对知识的组织, 最后帮助学习者进行新旧知识的整合 (De Koning et al., 2009; Mautone & Mayer, 2001)。在对多媒体学习的研究中, 颜色线索在学习钢琴运行原理 (Boucheix & Lowe, 2010)、飞机引擎的工作原理 (Ozcelik et al., 2010)、飞机的起飞原理 (Mautone & Mayer, 2001)、心血管循环系统 (De Koning et al., 2007) 和齿轮结构 (Boucheix & Guignard, 2005) 等知识学习上已经得到正面的验证, 发现颜色线索确实能提高学习者对知识的理解, 从而在理解或保持测验上得分更高。研究进一步采用眼动技术探讨颜色线索和空间邻近对多媒体学习注意引导和学习效果的影响。

在多媒体学习中, 线索即便有引导学习者注意分配的作用, 但是能否有效地改善对知识的识记和理解却存在分歧。对线索研究的回顾发现当文本信息不与图片同时出现时, 无论其作为启动信号出现在动画或图片信息的前面 (Crooks, Cheon, Inan, Ari, & Flores, 2012; De Koning et al., 2010; Fischer & Schwan, 2010; Kriz & Hegarty, 2007), 还是作为补充信息出现在动画或图片信息的后面 (Fischer & Schwan, 2010), 图片上设置的视觉线索都没有达到线索预期的效果。这也许是因为文本信息与图片信息的时间不同步影响了知识的组织和加工, 使得线索即使达到了引导注意的目的, 但是引导知识组织和整合的作用却没有显现 (参见: De Koning et al., 2009)。相反的, 当文本线索与图片信息同步出现时, 文本线索和视觉线索引导注意、组织和整合知识的功能都能很好地实现, 学习者的学习成绩也得到了提升 (Boucheix & Guignard, 2005; Boucheix & Lowe, 2010; Mautone & Mayer, 2001; Ozcelik et al., 2010)。由此推测, 线索对多媒体学习效果的影响很大程度上与图文位置的呈现有很大关系。因此, 本研究以颜色作为线索进一步探讨线索是否在图文邻近效应的加工中起到调节作用。此外, 将线索效应与邻近效应结合也有助于探索线索在什么条件下发挥作用, 为有效使用线索提供依据。

基于以上论述,研究以多媒体学习中经典的“闪电的形成原理”作为学习材料(Mayer, 2005; Mayer & Moreno, 1998; Moreno & Mayer, 1999),采用文字与图片同时呈现的动画作为呈现形式,同时在文本和图形中加入颜色线索,来考查颜色线索和邻近效应在多媒体学习中对图文知识识记及其理解的影响。此外,借助于即时(moment to moment)记录和反应个体视觉认知加工和注意分配的眼动技术(多媒体学习眼动研究评述见:Hyönä, 2010; Mayer, 2010; Scheiter & Van Gog, 2009; Van Gog & Scheiter, 2010),探讨邻近效应和线索效应在图文整合中学习者的注意分配问题。以往关于空间邻近效应研究大部分都证明了空间邻近要好于空间远离(Cierniak et al., 2009; Ginns, 2006; Kester, Kirschner, & van Merriënboer, 2005; Mayer & Moreno, 1998),所以研究预期假设认为:图文位置邻近排列更有利于学习,并且会促进学习者对学习材料的视觉搜索,即邻近排列的图文会让被试更多注视线索信息或文字信息。对线索综述也可以发现,颜色线索在很多研究中都能有效引导注意、促进知识整合(Kalyuga et al., 1999; Ozcelik et al., 2010; Ozcelik et al., 2009),研究预期学习材料中加入线索会促进学习效果,有线索的测验成绩要好于无线索。根据线索可以引导注意假设(De Koning et al., 2009; Mautone & Mayer, 2001),线索加入会凸显关键信息,被试对有颜色线索的信息注视会更多。对于线索和图文的物理排列位置相互作用,根据相关的眼动研究结果(Johnson & Mayer, 2012; Schmidt-Weigand et al., 2010),研究推测线索会更加凸显邻近效应,即位置邻近且有线索时最有利于学习者视觉搜索,从而促进学习的效果。

2 方法

实验设计为线索(无线索、有线索)和图文位置(远离、邻近)的两因素被试间设计,具体设计参见图1。

2.1 被试

被试为华中师范大学在校大学生,所有被试都经过经验水平前测问卷进行筛选。实验共招募符合要求被试57人,删除眼动数据异常的6人,最后有效被试51人。被试被随机分配到4种条件下:其中远离无线索组13人,远离有线索组12人,邻近无线索组14人,邻近有线索组12人。男生14人,女生37人,平均年龄22岁($SD = 2.4$)。所有被试的视

力或者矫正视力正常,无色弱或者色盲。在实验结束后,每个被试得到一份小礼品或者课堂学分作为回馈。

因变量包括:(1)测验成绩:学习后的保持测验和迁移测验。(2)主观评定:动画难度评定和问卷难度评定。(3)眼动:兴趣区眼动注视指标。

2.2 材料

2.2.1 学习材料

实验学习材料来自 Mayer 在多媒体学习中使用的经典材料“闪电的形成原理”(Mayer, 2005; Mayer & Moreno, 1998; Moreno & Mayer, 1999),具体刺激材料样式见图1。动画文字部分内容从英文翻译成中文,为了确保文字翻译的准确性,研究者又请母语为英语、第二语言为汉语的美国留学生翻译回英文,翻译后的一致率为85%。研究者将翻译不一致的地方与翻译者探讨后最终确定文字材料部分的中文内容。研究将学习材料制作成一段动态的动画呈现,动画素材格式为800×600像素的AVI,由16幅图片素材和16段文字内容构成,整个动画持续时间为155秒。其中图片与文本描述在动画中一一对应,由电脑控制使图文同步呈现。线索设置采用红色作为标记(Ozcelik et al., 2010)。其中线索组按照任务相关与任务无关(Canham & Hegarty, 2010; Hegarty, Canham, & Fabrikant, 2010)的划分标准,把文字区和图片区的相关兴趣区划为线索区,经评定,线索区的信息与保持测验的答案一致率达到95%以上。

2.2.2 前测问卷

气象知识前测问卷参照 Mayer 等人的研究编制(Mayer & Moreno, 1998; Moreno & Mayer, 1999),用来控制被试的经验水平,共8题:1)我定期浏览报纸或者网上的天气预报;2)我知道气象中冷锋的含义;3)我能区分积云与雨云的不同;4)我知道低气压系统是如何运行的;5)我知道刮风是如何形成的;6)我知道这个符号(冷锋标志)的含义;7)我知道这个符号(暖锋标志)的含义。其中每题按自己对知识的了解情况分“很少、较少、一般、较多、很多”五个维度计分,共5分。

2.2.3 保持测验和迁移测验

保持测验和迁移测验参照已有研究,并参照刺激材料文字部分对问题表述和评分点进行了翻译和回翻,确保准确性和一致性(Mayer, 2005; Moreno & Mayer, 1999)。保持测验要求学生写出闪电的形成过程,评分点共19个,满分19分。保持



图1 实验用动画材料截图

注: 其中左上为有线索-远离, 右上为有线索-邻近, 左下为无线索-远离, 右下为无线索-邻近; 红框为眼动兴趣区标示, 正式实验无红色边框, 实际标记与此示意图有一定区别, 仅供参考。

(彩图见电子版)

测验目的在于考察学习者对知识的识记能力。迁移测验由 4 个问题组成, 包括“如何才能降低闪电的强度?”; “假设你看见天空中的云层却没有出现闪电, 这是为什么?”; “气温和闪电是什么关系?”; “什么导致了闪电?”。其中每个问题有两个知识点, 满分 8 分, 迁移测验目的是测查把知识迁移并应用到新的情景中解决问题的能力。两个测验评分由 2 名经过培训的评分者完成, 最后得分取 2 人的平均分。计算两个独立评分者的 Pearson 积差相关, 保持测验为 0.94, 迁移测验为 0.92 ($p_s < 0.001$)。

2.2.4 主观评定量表

动画主观难度(1 表示非常简单, 9 表示非常难)和测验难度(1 表示最简单, 9 表示最难)评定均采用利克特 9 点评定。

2.3 仪器与程序

眼动数据采集为 EyeLink 1000 Desktop 型眼动仪(SR Research, Canada), 采样率 250 Hz, 瞳孔-角膜反射记录, 19 英寸显示器(1024×768 分辨率, 屏幕比例 5:4, 眼睛距屏幕 75 cm)。刺激材料可视区域的水平视角 28.7 度, 垂直视角 22.9 度。

实验开始前, 对所有被试进行气象学知识前测筛选。筛选结束后向被试呈现指导语, 告知实验内

容及要求。被试明白后进行眼睛校准, 然后进入正式实验并学习动画视频材料。实验结束后分别在规定时间内完成两份问卷: 第一份问卷包括动画难度评定和保持测验, 规定时间为 6 分钟; 随后呈现第二份问卷, 包括迁移测验和问卷难度评定, 共 10 分钟。

3 结果

在前测知识问卷上, 根据前人研究(Mayer & Moreno, 1998; Moreno & Mayer, 1999), 所有参加实验被试的气象知识得分均未超过 3.8 分。各组的性别、年龄和知识经验得分, 方差分析后结果如下(见表 1)。在性别上, 线索($F < 1, p > 0.05$)和图文位置($F < 1, p > 0.05$)及其交互作用($F(1, 47) = 1.70, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.04$, 其中 η_p^2 为 partial η^2 , 下同)差异均不显著。在年龄上, 线索($F = 1.09, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.02$)、图文位置($F < 1, p > 0.05$)及其交互作用($F < 1, p > 0.05$)差异不显著。在知识经验得分上, 线索($F(1, 47) = 1.20, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.03$)、图文位置($F(1, 47) = 1.71, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.04$)及其交互作用($F < 1, p > 0.05$)差异不显著。

3.1 保持测验和迁移测验得分

为了检验学生在不同的材料呈现形式及线索

有无条件下对学习材料的识记、理解和应用, 研究采用了保持测验和迁移测验, 并以动画感知难度评定量表和问卷感知难度量表为补充, 较为全面地对学习效果进行了检测(见表 1)。

表 1 各实验条件的问卷得分和线索区眼动数据

组别及变量		有线索				无线索			
		邻近		远离		邻近		远离	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
性别		1.42	0.52	1.25	0.45	1.14	0.36	1.31	0.48
年龄		22.33	2.19	21.92	2.11	21.50	2.95	21.31	2.39
知识经验		2.63	0.74	2.47	0.58	2.51	0.75	2.17	0.59
保持测验		8.83	2.04	7.75	2.56	9.07	2.02	6.85	2.30
迁移测验		3.17	1.03	2.83	1.53	3.5	1.56	2.23	1.17
动画感知难度		5.25	1.6	5.33	1.44	5.07	1.54	5.69	1.75
测验感知难度		7.00	1.21	6.75	0.97	6.64	1.28	7.46	1.05
线索区眼动	DTP	0.09	0.02	0.10	0.02	0.09	0.01	0.09	0.01
	FCP	0.09	0.01	0.09	0.02	0.08	0.01	0.09	0.01
	RC	1.79	0.30	1.47	0.15	1.65	0.21	1.57	0.14

注: DTP 为兴趣区停留时间比例; FCP 为兴趣区的注视点个数比例; RC 为进出兴趣区的次数

对保持测验、迁移测验、动画感知难度和测验感知难度进行 2(线索: 有线索、无线索) $\times$ 2(图文位置: 远离、邻近)两因素被试间方差分析。发现在保持测验上: 图文位置的主效应显著($F(1, 47) = 6.96, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.13$), 图文位置邻近的保持测验成绩高于图文位置远离的成绩($MD = 1.65, SD = 0.63$) (注: MD 为 Mean Difference, 下同); 线索的主效应($F < 1, p > 0.05$)和线索与位置交互作用($F < 1, p > 0.05$)均不显著。

在迁移测验上: 图文位置的主效应显著 $F(1, 47) = 4.50, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.09$, 图文位置邻近的迁移测验成绩高于图文位置远离的成绩($MD = 0.80, SD = 0.38$); 线索的主效应不显著 $F < 1, p > 0.05$; 图文位置和线索的交互作用不显著 $F(1, 47) = 1.54, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.03$ 。

主观评定: 在动画感知难度上, 图文位置的主效应不显著 $F < 1, p > 0.05$; 线索的主效应不显著 $F < 1, p > 0.05$; 图文位置和线索的交互作用也不显著 $F < 1, p > 0.05$ 。在问卷感知难度上, 图文位置的主效应不显著 $F < 1, p > 0.05$; 线索的主效应不显著 $F < 1, p > 0.05$; 图文位置和线索的交互作用也不显著 $F(1, 47) = 2.81, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.06$ 。

3.2 图片和文字兴趣区的注视

由于学习材料为动态视频, 所以眼动数据处理时根据 16 幅图片素材将动画视频切分为 16 个片段, 在每个片段上划兴趣区(图片、文字、线索), 使用 EyeLink 自带的数据分析软件 DataViewer 导出 16 个片段的眼动数据, 最后再将 16 个片段平均后注视数据作为每个被试对兴趣区注视数据进入统计分析。为了探讨不同的线索及图文空间位置是否会影响学习者对学习材料中图片和文本的注意分配, 及其相应的认知加工过程, 本研究对四组动画材料进行了图片兴趣区和文字兴趣区的划分, 并确保不同图文位置材料的文字区面积大小和图片区面积大小差异不显著。选取的眼动指标有兴趣区停留时间百分比(Dwell Time Percent of AOI, 简称 DTP, 指注视停留在图片或文字区的时间与停留在整个动画上时间的比值, 数值越大说明对图或文的加工越长)、兴趣区注视点个数(Fixation Count of AOI, 简称 FC, 是指被试注视图片或文字区域的注视点数量, 数值越大说明注视次数越多)以及在兴趣区的首次注视时间(First Fixation Time of AOI, 简称 FFT, 指的是对图片区或文字区第一次注视加工的时间, 反映了被试对图或文字的第一次加工时间)(有关眼动指标含义参见: 闫国利 等, 2013)。这三个指标都可以说明学习者对兴趣区(图或文字)的关注程度, 一般而言, 值越大就代表对兴趣区的注意加工越多。由于 100 ms 是作为区分注视与其他眼动活动的界限(Manor & Gordon, 2003), 所以研究把注视时间 100 ms 及以上的注视点纳入结果分析。对这些眼动数据进行了 2(线索: 无线索、有线索) $\times$ 2(图文位置: 远离、邻近) $\times$ 2(兴趣区: 图片区、文字区)三因素混合重复测量方差分析(数据见表 2)。

表 2 各实验条件下对图片-文字区的注视

兴趣区	图文位置	线索	DTP		FC		FFT (ms)	
			M	SD	M	SD	M	SD
文字	远离	有线索	0.58	0.13	19.08	3.59	76585	2509
		无线索	0.66	0.08	21.36	2.76	76644	2622
	邻近	有线索	0.71	0.11	22.93	3.14	72916	2951
		无线索	0.71	0.08	21.22	1.92	73090	2998
图片	远离	有线索	0.41	0.12	10.93	3.17	76462	2628
		无线索	0.32	0.09	7.80	1.24	77889	2861
	邻近	有线索	0.28	0.11	7.17	2.48	76676	6093
		无线索	0.28	0.09	7.13	2.00	71905	2843

注: DTP 为兴趣区停留时间比例; FC 为兴趣区的注视点个数; FFT 为兴趣区首次注视时长

在兴趣区停留时间比例(DTP)上, 图文主效应显著, $F(1, 47) = 141.47, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.75$, 文字比图片停留时间比更大($MD = 0.34, SD = 0.03$)。图文和位置的交互作用显著, $F(1, 47) = 9.08, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.16$, 图文邻近时对文字注视的停留时间比高于远离, $F(1, 49) = 8.84, p < 0.01$; 图文远离时对图片的注视停留时间比例高于邻近时, $F(1, 49) = 7.63, p < 0.01$; 图文和线索的交互作用不显著, $F(1, 47) = 2.16, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.04$ 。图文、线索和位置三因素交互作用不显著, $F(1, 47) = 2.68, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.05$ 。位置的主效应不显著, $F(1, 47) = 2.23, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.05$ 。线索的主效应不显著, $F(1, 47) = 1.52, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.03$ 。位置和线索的交互作用不显著, $F < 1, p > 0.05$ 。

在兴趣区注视点个数(FC)上, 图文主效应显著, $F(1, 47) = 378.25, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.89$, 文字多于图片($MD = 12.89, SD = 0.66$)。线索的主效应显著, $F(1, 47) = 4.45, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.09$, 有线索比无线索多($MD = 0.65, SD = 0.31$)。图文和位置的交互作用显著, $F(1, 47) = 9.44, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.17$, 图文邻近时对文字注视多于图文远离, $F(1, 49) = 4.32, p < 0.05$; 图文远离时对图片注视多于图文邻近, $F(1, 49) = 9.36, p < 0.01$ 。图文、线索和位置三因素交互作用显著, $F(1, 47) = 7.15, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.13$, 线索和位置在文字下作用显著, $F(1, 49) = 5.08, p < 0.05$, 有线索的图文邻近对文字注视要多于远离; 线索和位置在图片下边缘显著, $F(1, 49) = 3.52, p = 0.065$, 图文远离时有线索对图片注视多于无线索。位置的主效应不显著, $F < 1, p > 0.05$ 。位置和线索的交互作用不显著, $F < 1, p > 0.05$ 。图文和线索的交互作用不显著, $F(1, 47) = 1.99, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.04$ 。

在兴趣区上的首次注视时长(FFT)上, 图文主效应显著, $F(1, 47) = 1.64, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.03$, 图片比文字长($MD = 860, SD = 642$)。位置的主效应显著, $F(1, 47) = 23.54, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.33$, 远离比邻近时间更长($MD = 3210, SD = 662$)。位置和线索的交互作用显著, $F(1, 47) = 5.63, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.11$, 位置邻近时有线索组比无线索组首次注视时间更长, $F(1, 47) = 5.98, p < 0.05$ 。图文、线索和位置三因素交互作用显著, $F(1, 47) = 4.88, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.09$, 位置和线索在图片上的作用显著, $F(1, 49) = 8.17, p < 0.01$ 。线索的主效应不显著, $F(1, 47) = 1.56, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.03$ 。图文和位置的交互作用不显著, $F < 1, p > 0.05$ 。图文和线索的交互作用不显著, $F(1, 47) =$

$1.49, p > 0.05, \eta_p^2 = 0.03$ 。

3.3 线索区的注视

由上述结果看到, 图文位置会影响学习者对图文信息的加工, 并且线索也会在一定程度上影响这种图文整合。所以为了进一步探讨线索的影响机制, 研究把材料中的线索区域作为兴趣区, 对比分析邻近和远离情况下, 有线索组和无线索组的眼动差异。选取的眼动指标有兴趣区停留时间百分比(DTP, 含义同前)、兴趣区注视点个数百分比(Fixation Count Percent of AOI, 简称 FCP, 是指对线索注视点个数占对整个动画注视点个数比例, 值越大说明对线索注视和加工越多)和进出兴趣区次数(Run Count of AOI, 简称为 RC, 是指被试频繁地在线索和其他区域间来回注视的次数, 值越大说明对兴趣区关注越多)共 3 个指标, 并进行 2(线索: 有线索、无线索)×2(图文位置: 远离、邻近)被试间分析(结果见表 1)。

在线索区停留时间百分比(DTP)上: 线索的主效应不显著, $F < 1, p > 0.05$; 图文位置的主效应不显著, $F < 1, p > 0.05$; 图文位置和线索的交互作用不显著, $F < 1, p > 0.05$ 。

在线索区注视点个数百分比(FCP)上: 线索的主效应不显著, $F < 1, p > 0.05$; 图文位置的主效应不显著, $F < 1, p > 0.05$; 图文位置和线索的交互作用不显著, $F < 1, p > 0.05$ 。

在进出线索区次数(RC)上: 线索的主效应不显著, $F < 1, p > 0.05$; 图文位置的主效应显著, $F(1, 47) = 11.74, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.20$, 图文邻近组多于图文远离组($MD = 0.20, SD = 0.06$); 图文位置和线索的交互作用显著, $F(1, 47) = 4.16, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.08$, 有线索的情况下图文邻近($M = 1.79, SD = 0.06$)多于图文远离($M = 1.47, SD = 0.06$)。

4 讨论

本研究旨在探讨图文的空间邻近效应和线索对多媒体学习图文加工的影响, 并探索颜色线索在空间邻近效应中所具有的作用。结果发现: 图文位置会影响学习者对学习材料注意, 图文邻近比图文远离在材料上的停留时间更长且注视次数更多, 在学习后的保持测验和迁移测验上的学习成绩也更好, 这个结果与研究的预期假设一致。对图片和文字的眼动分析发现, 线索只是影响了早期的注意引导, 有线索的兴趣区注视点个数比无线索时更多, 但线索条件在保持和迁移测验上却没有差异, 没有验证预期的假设。当把图片不同位置进行线索标记后,

结果发现图文邻近在有线索时得到更多的注视次数和更长的首次停留时间,在关键兴趣区的进出次数也更多,但是这种差异却没有体现在测验成绩上。

研究发现图片和文本邻近呈现的测验成绩要高于图文远离,这与前人的研究一致(Ayres & Sweller, 2005; Mayer & Moreno, 1998; Moreno & Mayer, 1999; Tarmizi & Sweller, 1988),即图片、文本在视觉空间和时间空间上的邻近呈现会有利于图-文信息加工,从而促进对知识理解和记忆。对眼动分析仅发现图文邻近排列的首次注视时长更长。仅对图文位置主效应分析看似与预期假设以及空间邻近效应解释不一致。但是,当把图片和文字兴趣区分析纳入后发现,图文位置排列影响到了对文字和图片注视分配,即当图文邻近排列时学习者为文字注视时间比例更高、注视点个数更多,而图文远离排列时对图片注视时间和次数更高。空间邻近经典假设认为邻近排列的图-文将会减少学习者在图片和文本之间进行信息搜寻的时间,减少额外信息的干扰、节省认知资源,利于在图片和文本之间建立联结,从而提高学习效果(Johnson & Mayer, 2012; Mayer, 2001; Tarmizi & Sweller, 1988)。从本研究结果看,图文的空间位置邻近效应主要是影响了对文字和图片注意分配,从而导致其学习结果的提高。

这种在图文呈现方式的阅读模式中,对文本的更多关注被称为以文本为导向的阅读(Holsanova et al., 2009)。多媒体学习中图文整合的文字导向的加工在Schmidt-Weigand等人(2010)研究中得到证实。这说明以文本为导向的阅读模式不仅在报纸阅读(Holsanova et al., 2009)上,儿童科学文本阅读(Hannus & Hyönä, 1999)以及图文广告(Rayner, Rotello, Stewart, Keir, & Duffy, 2001)中被证实,也出现在动态呈现的多媒体学习中,所以图文整合中的文本阅读模式对今后多媒体教学材料的个性化设计可能会有所启发。

此外,研究还发现图文邻近时,学习者首次停留在关键兴趣区的时间不仅更长,而且注意转换(进出兴趣区次数)也更多,这个结果与已有研究一致(Johnson & Mayer, 2012)。进一步证实了图片和文本位置邻近确实影响学习者对信息的搜索和注意的分配,邻近呈现会减少信息之间的干扰,节省认知资源(Johnson & Mayer, 2012)。Schmidt-Weigand等人(2010)虽然发现被试对图片和文字注视会存在权衡,却没有发现对文本注视时间在图文邻近上有

差异。本研究中不仅发现了保持和迁移测验上的空间邻近效应,而且在眼动数据上,也为空间邻近的假设(图-文邻近可能有利于学习者视觉搜索过程,进而提高了学习成绩)提供了直接数据支持。

研究并没有发现预期显著的线索作用,既没有发现学习测验上显著线索主效应,也没有发现在眼动指标上有显著主效应,仅在兴趣区注视点个数上发现有线索时候注视图文更多。De Koning等人(2009)认为线索只有在实现注意导向(guiding attention)功能后,才能进一步实现它结构组织(organization of instruction)和知识元素整合(integrating elements into a functional model)的功能。线索这种自下而上影响认知加工的方式在本研究中没有被验证。综述以往研究可以发现,对于线索是否有效确实存在一定争议(参见:王福兴,段朝辉,周宗奎,2013),一部分研究确实没有发现线索有效引导注意并促进学习(e.g. De Koning, Tabbers, Rikers, & Paas, 2011);但是,也有一部分研究发现线索能够引导注意(e.g. Boucheix & Lowe, 2010; De Koning et al., 2010; Ozcelik et al., 2010)。

意外的是,如果把图文位置和图片、文字兴趣区纳入后分析,发现线索可以使邻近效应更加凸显。即有线索时,学习者进出关键信息区的次数在位置邻近时会更多,对整个学习材料的注视次数也更多;有线索的图文邻近对文字注视要多于远离,图文远离时有线索对图片的注视也多于无线索。虽然线索对邻近的突显作用不是在所有眼动指标上都有体现,但是,可以推测线索可能加速了学习者对关键信息的搜索,减少了额外的认知负荷,凸显了邻近效应。当然,这种促进作用并没有在学习测验上体现出差异,所以,仍然需要进一步实验来研究邻近效应对学习者的注意引导通过哪些因素起到调节作用。

对于线索在空间邻近上的作用,也需要再思考线索起作用的边界条件(boundary condition)(Mayer, 2010)。线索可能只有在学习材料结构非常复杂,学习者空间感知能力很低,并且先验知识经验很少的情况下才会发挥其积极作用(De Koning et al., 2009)。本实验中线索之所以在学习效果上主效应不显著在眼动上部分交互显著,可能受到学习材料限制,因而使得线索的加入没有必要,也就没有起到帮助学习者对知识进行心理表征的作用(Hegarty & Just, 1993)。另一个原因可能是学习者没有注意到动画材料中线索与关键信息的因果关系,因而对

线索没有进行过多的关注,也就是说学习者即使觉到了线索的外在表征,但是其内在的知识组织和整合的作用却没有体现出来。今后探讨线索的作用时,应该设法让学习者觉到线索的存在,以及线索在认知加工上的深层次功能。

本研究通过对图文邻近效应和线索的探讨,发现了线索作为材料设计的方式之一,对材料的结构及其复杂性有一定的要求。并且要想有效地实现线索的注意导向、结构组织、知识元素整合的功能,对学习者的空间整合能力及其先前知识经验也是有特定范围约束的。邻近效应作为图文空间变量,也具有注意导向和知识整合的功能。并且两者之间在特定情况下会共同对学习者的影响。所以,未来研究可能需要考察学习者本身的知识经验等特征的影响;或在被试的选取上遵循以往研究范式,对被试经验进行控制(e.g. Boucheix & Lowe, 2010; Fischer & Schwan, 2010)。所以,未来研究需要特别关注被试已经具备的经验知识。

5 结论

最后,研究得出以下结论:(1)多媒体中的图文邻近呈现有助于图片和文本信息的注意联结和知识整合,从而促进基于多媒体的知识学习。(2)在图文整合的多媒体学习中,虽然图片占的面积更大,但是学习者表现出了文字导向的阅读。(3)当空间邻近中加入线索后,线索可能使图-文邻近的排列得到凸显从而促进图-文信息的搜索。

致谢:感谢心理学院谢和平完成了补充实验的数据采集和分析工作,感谢钱莹莹、谢和平对文章进行了多次挑剔阅读和校对工作!

参 考 文 献

- Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The split-attention principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 135–146). New York: Cambridge University Press.
- Boucheix, J.-M., & Guignard, H. (2005). What animated illustrations conditions can improve technical document comprehension in young students? Format, signaling and control of the presentation. *European Journal of Psychology of Education*, 20(4), 369–388.
- Boucheix, J.-M., & Lowe, R. K. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and Instruction*, 20(2), 123–135.
- Canham, M., & Hegarty, M. (2010). Effects of knowledge and display design on comprehension of complex graphics. *Learning and Instruction*, 20(2), 155–166.
- Cierniak, G., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2009). Explaining the split-attention effect: Is the reduction of extraneous cognitive load accompanied by an increase in germane cognitive load? *Computers in Human Behavior*, 25(2), 315–324.
- Crooks, S. M., Cheon, J., Inan, F., Ari, F., & Flores, R. (2012). Modality and cueing in multimedia learning: Examining cognitive and perceptual explanations for the modality effect. *Computers in Human Behavior*, 28(3), 1063–1071.
- De Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F. (2007). Attention cueing as a means to enhance learning from an animation. *Applied Cognitive Psychology*, 21(6), 731–746.
- De Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F. (2009). Towards a framework for attention cueing in instructional animations: Guidelines for research and design. *Educational Psychology Review*, 21(2), 113–140.
- De Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F. (2010). Attention guidance in learning from a complex animation: Seeing is understanding? *Learning and Instruction*, 20(2), 111–122.
- De Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M. J. P., & Paas, F. (2011). Attention cueing in an instructional animation: The role of presentation speed. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 41–45.
- Fischer, S., & Schwan, S. (2010). Comprehending animations: Effects of spatial cueing versus temporal scaling. *Learning and Instruction*, 20(6), 465–475.
- Gitlin, P. (2006). Integrating information: A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. *Learning and Instruction*, 16(6), 511–525.
- Hannus, M., & Hyönä, J. (1999). Utilization of illustrations during learning of science textbook passages among low-and high-ability children. *Contemporary Educational Psychology*, 24(2), 95–123.
- Hegarty, M., Canham, M. S., & Fabrikant, S. I. (2010). Thinking about the weather: How display salience and knowledge affect performance in a graphic inference task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(1), 37–53.
- Hegarty, M., & Just, M. A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of Memory and Language*, 32(6), 717–742.
- Holsanova, J., Holmberg, N., & Holmqvist, K. (2009). Reading information graphics: The role of spatial contiguity and dual attentional guidance. *Applied Cognitive Psychology*, 23(9), 1215–1226.
- Hyönä, J. (2010). The use of eye movements in the study of multimedia learning. *Learning and Instruction*, 20(2), 172–176.
- Johnson, C. I., & Mayer, R. E. (2012). An eye movement analysis of the spatial contiguity effect in multimedia learning. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18(2), 178–191.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13(4), 351–371.
- Kester, L., Kirschner, P. A., & Van Merriënboer, J. J. G. (2005). The management of cognitive load during complex cognitive skill acquisition by means of computer-simulated problem solving. *British Journal of Educational Psychology*, 75(1), 71–85.
- Kriz, S., & Hegarty, M. (2007). Top-down and bottom-up influences on learning from animations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 65(11), 911–930.
- Lowe, R. K. (1999). Extracting information from an animation

- during complex visual learning. *European Journal of Psychology of Education*, 14(2), 225–244.
- Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: Selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*, 13(2), 157–176.
- Manor, B. R., & Gordon, E. (2003). Defining the temporal threshold for ocular fixation in free-viewing visuocognitive tasks. *Journal of Neuroscience Methods*, 128(1–2), 85–93.
- Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 377–389.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2010). Unique contributions of eye-tracking research to the study of learning with graphics. *Learning and Instruction*, 20(2), 167–171.
- Mayer, R. E. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology*, 90(2), 312–320.
- Mayer, R. E., Steinhoff, K., Bower, G., & Mars, R. (1995). A generative theory of textbook design: Using annotated illustrations to foster meaningful learning of science text. *Educational Technology Research and Development*, 43(1), 31–41.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358–368.
- Ozcelik, E., Arslan-Ari, I., & Cagiltay, K. (2010). Why does signaling enhance multimedia learning? Evidence from eye movements. *Computers in Human Behavior*, 26(1), 110–117.
- Ozcelik, E., Karakus, T., Kursun, E., & Cagiltay, K. (2009). An eye-tracking study of how color coding affects multimedia learning. *Computers & Education*, 53(2), 445–453.
- Rayner, K., Rotello, C. M., Stewart, A. J., Keir, J., & Duffy, S. A. (2001). Integrating text and pictorial information: Eye movements when looking at print advertisements. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 7(3), 219–226.
- Scheiter, K., & Van Gog, T. (2009). Using eye tracking in applied research to study and stimulate the processing of information from multi-representational sources. *Applied Cognitive Psychology*, 23(9), 1209–1214.
- Schmidt-Weigand, F., Kohnert, A., & Glowalla, U. (2010). Explaining the modality and contiguity effects: New insights from investigating students' viewing behaviour. *Applied Cognitive Psychology*, 24(2), 226–237.
- Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 49–69). New York: Cambridge University Press.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296.
- Tarmizi, R. A., & Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 424–436.
- Van Gog, T., & Scheiter, K. (2010). Eye tracking as a tool to study and enhance multimedia learning. *Learning and Instruction*, 20(2), 95–99.
- Wang, F. X., Duan, Z. H., & Zhou, Z. K. (2013). Attention guidance in multimedia learning: The role of cueing. *Advances in Psychological Science*, 21(8), 1430–1440.
- [王福兴, 段朝辉, 周宗奎. (2013). 线索在多媒体学习中的作用. *心理科学进展*, 21(8), 1430–1440.]
- Yan, G. L., Xiong, J. P., Zang, C. L., Yu, L. L., Cui, L., & Bai, X. J. (2013). Review of eye-movement measures in reading research. *Advances in Psychological Science*, 21(4), 589–605.
- [闫国利, 熊建萍, 臧传丽, 余莉莉, 崔磊, 白学军. (2013). 阅读研究中的主要眼动指标评述. *心理科学进展*, 21(4), 589–605.]

The Spatial Contiguity Effect in Multimedia Learning: The Role of Cueing

WANG Fuxing; DUAN Zhaohui; ZHOU Zongkui; CHEN Jun

(Key Laboratory of Adolescent Cyberpsychology and Behavior, Ministry of Education; School of Psychology, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract

Text and illustrations integrated in spatial distribution could be helpful for learners' performance during multimedia learning. In addition, recent studies showed that cues, e.g. highlighting with color, arrows, bold typeface, could guide learner's attention and improve their learning outcomes. The researchers speculate that the picture and text close to each other can shorten the visual search time and reduce the cognitive load, thereby enhancing the learning results. Previous studies also showed that adding cues to the learning materials could guide the learners' attention, promoted the organization and integration of the new learning knowledge. But what are the specific processes of the contiguity effect? Whether the changes of the picture-text's location and adding cues would affect the allocation of attention? In this study, we expected that the contiguity effects and cueing would affect the learners' attention allocation, and then influence the memory tests. Consequently, the integrated text and pictures with cues would have more fixation counts and longer dwell time on the task related area, and higher scores in the retention test and transfer test.

In this study, fifty one college students were recruited from Central China Normal University as the participants with prior knowledge questionnaire. And a computer-generated animation depicting the process of lightning formation was used as the experiment material. Highlighting red color on text and pictures were manipulated as cues. First of all, a demographic questionnaire including a prior knowledge questionnaire would be sent to all of the prospective participants who want to participate in the experiment. The student who could be the participants had been measured by the prior knowledge questionnaire, to ensure they knew little about the lightning knowledge. After that they were randomized into four groups. The four groups were as follows: the integrated text picture with cues, the integrated text picture without cues; the split text picture with cues; the split text picture without cues. All participants would watch the animation and learn those materials during the experiment. Eyelink 1000 was used to record their eye data. After the eye tracking data collection, they would take retention test and transfer test to test what they had learned.

The results showed that the students who learned the text pictures integrated had higher scores than the text picture split group on the retention test and transfer test. And the integrated group had more run counts and longer first fixation time on the task related area (red color highlighting cues) than the split group. Besides that, as to the text, the integrated group also had longer dwell time and more fixation counts, manifested a text-oriented reading mode. Although the main effect of cues were not significant on the retention, transfer tests and eye-movement data, the interaction effect between cues and picture-text location was significant. The integrated group had more fixation counts and more run counts on the task related area when the text and pictures were cued with red color. In addition, the four groups have no difference over their gender, age, the prior knowledge.

In sum, these results indicated that the contiguity effects can not only improve learners' memorizing and understanding, but also help to allocate the attention or attention shifting during multimedia learning with the moment to moment recording. The text close to the picture can be beneficial to integrate and memorizing the information between pictures and text. What's more, cues can make visual search process much shorter and easier when the text and illustrations are contiguous in space.

Key words contiguity effect; cueing; eye movements; picture-text integration