

无关长时记忆表征能否引导视觉注意选择？^{*}

胡岑楼 张 豹 黄 赛

(广州大学心理系 / 广东省未成年人心理健康与教育认知神经科学实验室, 广州 510006)

摘 要 与任务相关的长时记忆表征在引导视觉注意选择的过程中扮演着重要的角色, 它可以使人们在熟悉的视觉情境中快速搜索目标刺激, 并偏离干扰刺激。但当长时记忆表征与任务无关时, 还能否引导视觉注意选择? 目前还不清楚。实验 1 采用眼动追踪技术直接比较无关工作记忆表征与无关长时记忆表征在视觉搜索阶段对视觉注意的捕获效应, 行为反应时与首次注视点百分率的结果都发现, 当无关工作记忆表征在视觉搜索中再次出现时能引导视觉注意偏向到与之匹配的干扰刺激, 但无关长时记忆表征并没有表现出类似的注意引导效应; 实验 2 探讨记忆表征由工作记忆系统转移到长时记忆系统的过程中对视觉注意的引导效应, 结果发现, 随着记忆表征的转移, 注意引导效应消失了, 实验 3 排除工作记忆表征的干扰后, 依然没有发现无关长时记忆表征对注意的引导效应。以上结果表明, 无关长时记忆表征并不能像工作记忆表征一样引导视觉注意选择, 工作记忆表征和长时记忆表征对视觉注意的引导属于两个不同的认知过程。

关键词 长时记忆; 选择性注意; 注意引导; 认知控制

分类号 B842

1 前言

记忆与注意是人类两个非常重要的认知结构, 两者具有密切的交互关系(见综述: Awh, Vogel, & Oh, 2006; Chun & Turk-Browne, 2007; Olivers, 2008; Theeuwes, Belopolsky, & Olivers, 2009; Woodman & Chun, 2006; 潘毅, 许百华, 陈晓芬, 2006; 张豹, 2012; 张明, 张阳, 2007)。记忆在引导注意的过程中起着重要的作用(见综述: Hutchinson & Turk-Browne, 2012), 记忆可以帮助人类在熟悉的视觉情境中有效调控空间注意偏离干扰刺激及快速定向到目标刺激, 以减缓资源有限的注意加工系统加工信息时的认知负荷, 提高搜索效率(Rosen, Stern, Michalka, Devaney, & Somers, 2016)。例如在纷繁复杂的视觉场景中进行视觉搜索时, 目标刺激需要以记忆表征的形式存储在记忆系统中, 该记忆表征被称之为靶子模板(Vickery, King, & Jiang, 2005)或注意模板(Wolfe, 2007; Woodman & Arita, 2011)。靶子模板会以自上而下的方式增强视觉情境中与之相

同或相似的刺激的知觉表征, 使其获得竞争优势, 从而引导注意偏向该刺激以优化视觉搜索效率(Desimone & Duncan, 1995; Duncan & Humphreys, 1989)。

最初的观点认为视觉搜索过程中保持靶子模板的存储位置位于视觉工作记忆(Chelazzi, Duncan, Miller, & Desimone, 1998; Chelazzi, Miller, Duncan, & Desimone, 1993; Rossi, Bichot, Desimone, & Ungerleider, 2001)。例如 Chelazzi 等人(1998, 1993)采用单细胞记录技术记录猴子在执行视觉搜索任务时的神经电活动, 结果在猴子记住目标刺激之后, 观察到颞下皮层的部分神经元的活动显著增强, Chelazzi 等认为这反映了靶子模板在工作记忆保持过程中的神经元活动。同样采用猴子作为研究对象, Rossi 等(2001), Rossi, Bichot, Desimone 和 Ungerleider (2007), Rossi, Pessoa, Desimone 和 Ungerleider (2009)发现前额叶损伤的猴子很难完成靶子不停变化的视觉搜索任务, 但在完成靶子变化频率比较低或靶子颜色突显的视觉搜索任务时与前额叶完整的猴子的

收稿日期: 2016-04-22

^{*} 国家自然科学基金项目(31200854, 31571144, 31271113)资助。

通讯作者: 黄赛, E-mail: sai.huang@139.com 张豹, E-mail: bao.zhang@139.com

作业水平差不多。前额叶与工作记忆相关(Goldman-Rakic, 1996; Liu et al., 2014), 因此在 Rossi 等的研究中, 当视觉搜索靶子不断变化时, 其靶子模板保持在工作记忆中(Woodman, Luck, & Schall, 2007)。Woodman 等(2007)采用人类作为被试证实了这一结论, 他们发现, 靶子不断变化的视觉搜索任务的搜索效率会随着工作记忆负载的增加而显著下降, 而在靶子固定的视觉搜索任务的搜索效率不会受到工作记忆负载的影响, 故他们认为前者的靶子模板储存于工作记忆中, 而后的靶子模板储存于长时记忆中。

最近, Carlisle, Arita, Pardo 和 Woodman (2011)以 CDA (contralateral-delay activity)作为指标考察了视觉搜索过程中靶子模板从工作记忆转存到长时记忆的过程。CDA 是反映视觉工作记忆储存项目的ERP指标, CDA 波幅随着视觉工作记忆储存项目数量的增加而增大, 在视觉工作记忆满负荷时达到最大(Vogel, 2005; Vogel, McCollough, & Machizawa, 2005)。Carlisle 等(2011)研究中, 首先给被试快速闪现靶子, 短暂间隔后完成靶子搜索任务。他们发现, 当视觉搜索靶子不断变化时, 能够观察到明显的CDA; 但当视觉搜索靶子不断重复时, CDA 波幅不断减小, 直到与零无显著差异。他们认为, 这一结果表明随着视觉搜索靶子的重复, 靶子模板逐渐由工作记忆向长时记忆转移, 而且这种转移在前一到两个试次即已完成。这与 Logan 所提出的学习与自动化理论一致(Logan, 1988, 2002), 即如果任务的要求保持不变时, 长时记忆表征, 而非工作记忆表征用来引导注意选择视野中的任务相关刺激。更重要的是, Carlisle 等(2011)还发现, 视觉搜索靶子固定时的视觉搜索速度显著快于视觉搜索靶子变化时的视觉搜索速度, 这表明储存在长时记忆中的靶子模板比工作记忆中的靶子模板具有更高的引导效力, 能更快地捕获注意偏向到视觉搜索靶子, 促进视觉搜索效率。

上述研究表明, 视觉搜索任务的靶子模板既可以保持在工作记忆中, 也可以保持在长时记忆中, 而且两种表征形式的靶子模板都能引导注意选择。近年来, 大量研究发现工作记忆表征, 即使不作为靶子模板(即无关工作记忆表征), 也与视觉搜索靶子无任何关联, 而只是与视觉搜索中的干扰刺激共享特征时, 也能引导注意偏向该干扰刺激(Pan, Xu, & Soto, 2009; Soto, Greene, Chaudhary, & Rotshtein, 2012; Soto, Heinke, Humphreys, & Blanco, 2005; Soto &

Humphreys, 2009; Soto, Humphreys, & Rotshtein, 2007; Soto, Llewelyn, & Silvanto, 2012; 白学军等, 2011; 胡艳梅, 张明, 徐展, 李毕琴, 2013; 潘毅, 2010; 张豹, 黄赛, 祁禄, 2013)。例如 Soto 及其同事在一系列研究中要求被试在工作记忆中在线保持一个项目的同时完成视觉搜索任务, 结果发现当视觉搜索中的干扰刺激与工作记忆项目具有共同的特征时, 该干扰刺激会捕获更多的注意, 即表现出注意引导效应(综述 Soto, Hodsoll, Rotshtein, & Humphreys, 2008)。当长时记忆表征不作为靶子模板时(即无关长时记忆表征)能否引导视觉注意选择? 这是本研究主要探讨的问题。

虽然有关长时记忆表征对注意的引导的研究比较多(例如 Rosen et al., 2016; Rosen, Stern, Michalka, Devaney, & Somers, 2015; Rosen, Stern, & Somers, 2014), 但大都关注长时记忆如何促进视觉搜索效率, 较少有研究关注当长时记忆表征与视觉搜索任务的目标不相关联时, 长时记忆表征还能否引导视觉注意选择。有研究表明在视觉搜索任务中, 当长时记忆匹配的干扰刺激与靶子模板相关联时, 会捕获更多的注意。例如 Olivers (2011)以拥有驾照的驾驶人员为被试, 以交通标志作为实验材料, 采用注意捕获任务探讨与长时记忆表征匹配特征的奇异干扰项对注意的引导作用。实验中, 先用灰色单词呈现一个交通标志的名称(例如“speed limit 50”)作为注意捕获任务的靶子, 要求被试复述, 间隔一段时间后再呈现注意捕获任务, 要求被试判断靶子是否出现。注意捕获任务中的刺激为互不相同的交通标志, 除奇异干扰项之外, 交通标志的颜色皆为灰色。奇异干扰项的颜色可能与靶子交通标志的颜色相同(例如交通标志“speed limit 50”所对应的颜色为红色, 作为奇异干扰项的交通标志亦为红色), 也有可能不同(例如作为奇异干扰项的交通标志为蓝色)。结果发现, 当奇异干扰项与靶子颜色相同时的注意捕获效应显著大于两者不同时的注意捕获效应。由于对于驾驶人员来说, 交通标志作为常识储存在长时记忆中, 因此 Olivers (2011)认为, 在执行注意捕获任务时, 与长时记忆中的靶子模板相关的特征能够自动提取且快速引导注意偏向与之相关的刺激, 即使这一特征作为干扰刺激会损害对靶子的搜索效率。Moore, Laiti 和 Chelazzi (2003)也发现当干扰刺激与靶子有语义联系时(例如靶子为“锁”, 干扰刺激为“钥匙”), 干扰效应更大。虽然 Olivers (2011)、Moore 等(2003)的研究表明, 长时

记忆中靶子模板的特征或与之语义相关刺激在视觉搜索阶段作为干扰刺激时依然能引导注意,但其作用不仅可能来源于长时记忆表征本身,也有可能来源于靶子模板与任务的相关性,因而并不能证明无关长时记忆表征对视觉注意具有引导作用。

此外, Soto 和 Humphreys (2007)探讨言语工作记忆对视觉注意的引导作用的过程中,采用“视觉”(例如红色正方形的图形)和“言语”(例如“red square”的词组)两种形式给被试呈现记忆刺激,结果发现,无论记忆刺激是以视觉方式呈现还是以言语形式呈现,当随后的视觉搜索任务中的干扰刺激与记忆刺激匹配特征时,该干扰刺激都能够捕获更多的注意,表现出注意引导效应。虽然以“言语”形式呈现记忆刺激时难以排除言语线索是通过激活长时记忆中相应的记忆表象的方式引导视觉注意选择,但也有可能正如 Soto 和 Humphreys (2007)所认为那样,反映的是言语工作记忆对视觉注意的引导作用,因而并不能作为无关长时记忆表征引导视觉注意选择的直接证据。

综上所述,长时记忆表征作为任务相关的靶子模板在视觉搜索过程中的提取是快速且自动化的过程(Logan, 1988, 2002),其对视觉注意选择的引导效力要优于工作记忆中的靶子模板(Carlisle et al., 2011),那么当长时记忆表征作为任务无关的非靶子模板时,能否像无关工作记忆表征一样引导注意选择?如果能,其引导效力是否依然强于无关工作记忆表征呢?这是本研究主要探讨的问题。

2 实验 1

实验 1 采用眼动技术探讨无关长时记忆表征与无关工作记忆表征在视觉搜索任务中作为干扰刺激再次出现时对视觉注意的引导作用。实验采用经典的记忆任务与视觉搜索任务相结合的双任务范式(Soto et al., 2005),即要求被试在记住图形的过程中完成视觉搜索任务,所不同的是记忆任务有两种类型,一种为长时记忆任务,即要求被试在实验开始时记住一个图形直到实验结束;另一种为工作记忆任务,即在每个试次开始时要求被试记住一个图形直到该试次结束。长时记忆表征与工作记忆表征在视觉搜索任务中都有可能作为干扰刺激再次出现,用以探讨两种不同的记忆表征对视觉注意的引导效应。重要的是,实验 1 还设置了长时记忆表征与工作记忆表征同时作为干扰刺激出现的实验条件,通过比较其捕获的首次注视点的百分率可以

直接比较两种记忆表征处于竞争状态时对视觉注意的相对引导效力。为了防止言语工作记忆对注意引导的作用(Soto & Humphreys, 2007),以及避免在工作记忆任务中对颜色进行言语编码后以言语表征的形式存储于长时记忆系统,实验 1 采用难以言语命名的颜色来减少对颜色属性的言语编码策略(Olivers, Meijer, & Theeuwes, 2006; Zhang, Zhang, Huang, Kong, & Wang, 2011)。

2.1 方法

2.1.1 被试

选取 24 名大学生参加实验,其中包括男生 9 名,年龄 18~22 岁,平均年龄 19.63 岁,身体健康,视力或矫正视力正常,无色弱或者色盲的情况,此前均未参加过类似实验的经验,实验后给予报酬。

2.1.2 仪器与实验材料

采用 EyelinkII (SR Research, Ontario, Canada) 眼动仪采集眼动数据,采样频率为 500 Hz。刺激呈现在 17 英寸 CRT 显示器上(分辨率为 1024×768,刷新频率为 85 Hz),屏幕背景为灰色。程序采用 E-Prime 1.1 编程与运行。

记忆图形与搜索图形由 8 种基本形状和 8 种不同颜色的随机组合而成的彩色几何图形,大小皆为 2.5°×2.5°。8 种基本形状如图 1-C 所示,8 种颜色均来自于张豹、邵嘉莹、胡岑楼和黄赛(2015)的研究,其 RGB 值分别为: 88, 50, 50; 100, 158, 167; 191, 188, 143; 150, 120, 180; 142, 104, 6; 249, 205, 130; 174, 106, 101; 177, 187, 217。

视觉搜索任务由颜色和形状各不相同的 4 个搜索图形组成,分布在距离注视点 6°视角的假想圆盘的 1、4、7、10 点钟或 2、5、8、12 点钟的位置。每个图形里面嵌入一条 1.2°×0.5°的线段,其中三条垂直线作为干扰刺激,一条斜线(向左或者向右倾斜 45°)作为目标刺激。

2.1.3 程序

被试坐在距离计算机屏幕约 57 cm 的位置上。每个实验开始时,首先在屏幕的中央呈现一个图形作为长时记忆刺激,要求被试记住直到实验结束(如图 1-A),被试记住长时记忆刺激后按空格键呈现指导语提示进入测试阶段。长时记忆刺激的颜色与形状由程序随机组合,除了与长时记忆表征匹配的视觉搜索干扰刺激外,测试阶段的其他所有刺激都不会出现长时记忆刺激的颜色与形状特征。测试阶段共包括 20 次练习试次和 480 次正式试次。每次试次的流程图如图 1-B 所示,首先在屏幕中央呈

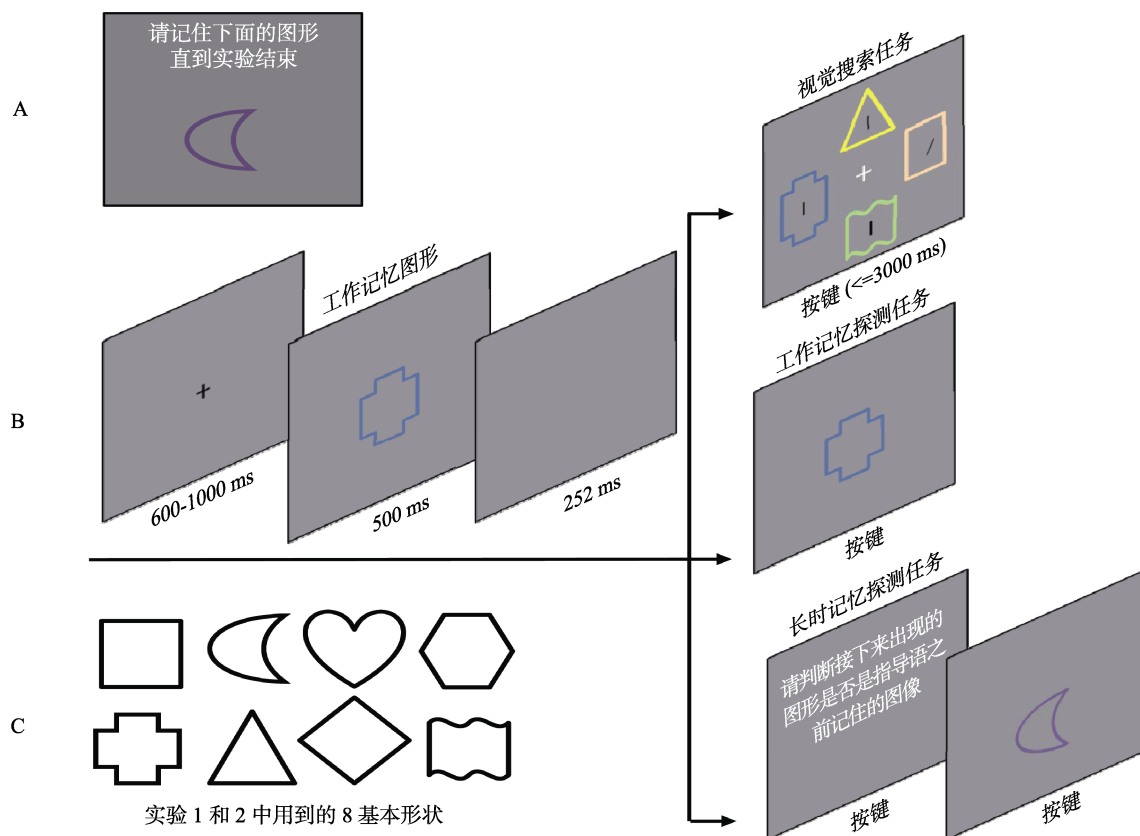


图 1 实验 1 流程图图示及实验材料

现一个“+”作为注视点,被试需要盯住“+”,当眼动仪检测到被试的注视点与“+”重合时即出现工作记忆图形刺激 500 ms,要求被试记住,空屏 252 ms 后,可能出现视觉搜索任务、工作记忆探测任务或长时记忆探测任务。其中视觉搜索任务要求被试在 4 个搜索刺激中又快又准地搜索目标斜线并按键判断斜线的方向(向左倾斜按“F”键,向右倾斜按“J”键);工作记忆探测任务要求被试尽可能正确地按键判断屏幕中央出现的图形与之前记住的工作记忆图形是否完全相同(相同按“F”键,不同按“J”键,两种反应比例相同);长时记忆探测任务中先出现“请判断接下来出现的图形是否是指导语之前记住的图形”的提示,要求被试按空格键反应,然后在屏幕中央出现一个图形,要求被试尽可能正确地按键判断该图形与之前记住的长时记忆图形是否完全相同(相同按“F”键,不同按“J”键,两种反应比例相同)。上述 3 种任务随机混合出现,其试次数量比例为 256:160:64。

根据记忆刺激与视觉搜索刺激之间的特征匹配关系,实验包括 4 种匹配条件:工作记忆匹配条件下视觉搜索任务中的一个干扰刺激的颜色和形状与工作记忆刺激完全相同;长时记忆匹配条件下

视觉搜索任务中一个干扰刺激的颜色和形状与长时记忆刺激完全相同;长时/工作记忆匹配条件下视觉搜索任务中一个干扰刺激的颜色和形状与长时记忆刺激完全相同,另一个干扰刺激与工作记忆刺激完全相同;中性条件下所有视觉搜索刺激的特征与长时记忆项目、工作记忆项目都不重叠。每种实验条件包含 64 个试次。

采用眼动仪同步记录被试右眼在视觉搜索过程中的眼动轨迹。实验开始或被试休息之后都采用 9 点矩阵进行调节和校正。在每次测试开始的注视点出现时进行漂移校正,并要求被试在启动视觉搜索任务之前将眼睛保持在注视点位置(注视点为中心 1.5° 视角的范围内皆可接受)。

2.2 结果与讨论

工作记忆任务和长时记忆任务上的平均正确率分别为 96.79% 和 98.57%。各匹配条件下的平均视觉搜索正确率都比较高,均大于 98%,故不对视觉搜索正确率进行分析。实验 1 的眼动数据与反应时数据只分析视觉搜索正确的试次。

2.2.1 首次注视点百分率分析

通过比较记忆匹配刺激对首次注视点捕获的百分率可以用来评估视觉搜索早期阶段记忆表征

对注意的引导效应。数据分析时将以兴趣刺激为中心,边长为 1.2° 视角的正方形内的区域定义为兴趣区,落在兴趣区内的首次注视点即为该兴趣刺激所捕获的首次注视点。在记忆表征与干扰刺激匹配的测试中,兴趣刺激为与记忆表征匹配的干扰刺激,在中性条件的测试中,为了在统计分析时与记忆匹配条件下的兴趣刺激进行比较,在程序编写时设定一个干扰刺激为兴趣刺激,其出现的频率和位置与工作记忆匹配的干扰刺激相同。由于长时/工作记忆匹配的测试中会同时出现与工作记忆表征与长时记忆表征匹配的干扰刺激,因此此类测试中包括两种匹配类型的兴趣区。各记忆匹配条件与中性条件兴趣区内的首次注视点百分率的差异即反映了该记忆表征对视觉注意的引导效应。

将落在上述 5 种匹配类型的干扰刺激兴趣区内的首次注视点百分率纳入单因素重复测量的方差分析,结果发现:匹配类型的主效应显著, $F(4, 92) = 27.30, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.542$ 。进一步的多重比较发现(见图 2 柱形图),工作记忆匹配条件下干扰刺激捕获的首次注视点百分率显著大于中性条件下的干扰刺激(26.43% vs. 12.63%, $p < 0.01$),而长时记忆项目匹配条件与中性条件下干扰刺激捕获首次注视点百分率没有显著差异(13.41% vs. 12.63%, $p = 0.64$)。此结果表明无关工作记忆表征作为视觉搜索干扰刺激出现时表现出经典的注意引导效应,但无关长时记忆表征作为视觉搜索干扰刺激出现时则没有观察到类似的注意引导效应。此外,在长时/工作记忆匹配条件下也出现了类似的结果,即当工作记忆表征与长时记忆表征同时作为干扰刺激直

接竞争注意资源时,与工作记忆表征匹配的干扰刺激捕获的首次注视点百分率显著大于中性条件(23.18% vs. 12.63%, $p < 0.01$),表现出注意引导效应,长时/工作记忆匹配条件下与长时记忆匹配的干扰刺激捕获的首次注视点百分率显著低于中性条件(8.79% vs. 12.63%, $p < 0.5$)。这种量值的减少应该与长时/工作记忆匹配条件下长时记忆表征和工作记忆表征直接竞争有关,即两者直接竞争早期注意资源时,工作记忆表征占有优势,导致长时记忆表征相对于单独长时记忆匹配条件下的长时记忆表征来说,其捕获的首次注视点百分率有所下降(13.41% vs. 8.79%, $p < 0.01$)。

2.2.2 反应时分析

将视觉搜索任务反应正确的试次的反应时去除 3 个标准差以外的数据后进行平均。与首次注视点百分率不同的是,由于长时/工作记忆匹配条件下只有一个平均反应时数据,因此对于反应时指标来说,只有 4 种匹配条件。以匹配条件为自变量,将平均反应时纳入单因素重复测量方差分析,结果发现(见图 2 折线图),匹配条件的主效应显著, $F(3, 69) = 15.05, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.396$ 。进一步的多重比较发现,工作记忆匹配条件的平均反应时显著长于中性条件(1013 ms vs. 952 ms, $p < 0.001$),表现出显著的注意引导效应,而长时记忆匹配条件与中性条件下的平均反应时差异不显著(966 ms vs. 952 ms, $p = 0.12$),没有表现出注意引导效应。此外,长时/工作记忆匹配条件下的平均反应时显著长于中性条件(1015 ms vs. 952 ms, $p < 0.001$),但与工作记忆匹配条件差异不显著(1015 ms vs. 1013 ms, $p = 0.86$),表

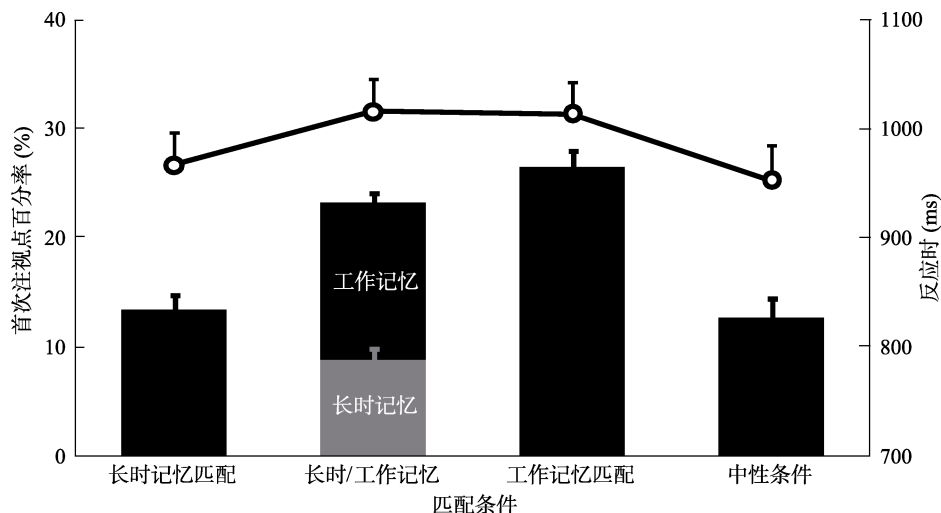


图 2 实验 1 各匹配条件下的视觉搜索任务反应时及干扰刺激捕获的首次注视点百分率

注:柱形图代表首次注视点百分率,线形图代表反应时,长时/工作记忆匹配条件下灰色(黑色)柱代表长时记忆(工作记忆)匹配项目兴趣区内的首次注视点百分率;误差线为标准误。

明长时/工作记忆匹配条件下也表现出了显著的注意引导效应,而且这种效应主要来源于工作记忆表征对注意的引导。

由于无关长时记忆无法引导注意的结论是基于首次注视点百分率/反应时在长时记忆匹配条件与中性条件两种匹配条件之间无显著差异的阴性结果,为了进一步说明结果的可靠性,采用 G power 软件对其差异的效应量和达到显著所需要被试量进行估计,结果发现,长时记忆匹配条件与中性条件在首次注视点百分率指标和反应时指标上的差异的效应量都非常小,分别为 0.11 和 0.11,差异达到显著所需要被试量都比较大,分别为 1003 和 1055,这表明首次注视点百分率和反应时在两种匹配条件下的差异不显著结果是比较可靠的,即长时记忆表征对视觉注意的引导效应非常小。

由以上分析可知,实验 1 的首次注视点百分率指标与行为反应时指标的结果一致表明,无关工作记忆表征能有效地引导视觉注意,但无关长时记忆表征则没有表现出明显的注意引导效应。但是,在实验 1 的视觉搜索任务中,视觉搜索靶子始终保持固定的,因而工作记忆表征在工作记忆中处于注意焦点位置(Carlisle et al., 2011; Woodman et al., 2007),对视觉注意的引导处于优先状态(Olivers, 2009; Olivers, Peters, Houtkamp, & Roelfsema, 2011; 张豹等, 2015),这种优先状态可能会阻断其他记忆表征对视觉注意的引导(Olivers et al., 2011; Peters, Goebel, & Roelfsema, 2009; van Moorselaar, Theeuwes, & Olivers, 2014)。因此在实验 1 中,工作记忆或长时记忆匹配条件随机混合,如果上述阻断作用存在,无关长时记忆表征没有表现出注意引导效应可能与占优势地位的工作记忆对其他记忆表征的阻断作用有关。尤其在长时/工作记忆匹配条件下,受工作记忆表征直接竞争的影响,长时记忆表征受到的阻断作用可能更强烈,因而使其捕获首次注视点的效力下降。

Carlisle 等人(2011)认为,当记忆项目不断重复时,其记忆表征会从工作记忆系统向长时记忆系统转移。实验 2 将参照 Carlisle 等(2011)的实验范式,在记忆阶段操纵记忆项目的重复次数来探讨记忆表征由工作记忆系统转移到长时记忆系统的过程中,两种记忆表征对视觉注意的引导作用。在实验 2 中,由于只需要记住一个项目,虽然根据 Carlisle 等(2011)的观点,记忆表征重复的过程中会由工作记忆表征转化为长时记忆表征,但每次测试中只有

一种形式的记忆表征存在,不存在记忆表征间相互竞争,故实验 2 中不存在占优势地位的工作记忆表征阻断长时记忆表征对注意的引导。结合 Carlisle 等(2011)的研究结果,实验 2 可以预测,如果无关长时记忆表征确实不能引导注意,那么随着记忆项目重复,记忆表征对注意的引导效会逐渐消失;反之,如果长时记忆表征能引导注意,而实验 1 中只是由于工作记忆表征的优势地位阻断了长时记忆表征对注意的引导,那么实验 2 中随着工作记忆项目的不断重复,注意引导效应仍然一直存在。

3 实验 2

3.1 方法

3.1.1 被试

另选取 28 名大学生参加实验,其中包括男生 12 名,年龄 17~21 岁,平均年龄 19 岁,身体健康,视力或矫正视力正常,无色弱或者色盲的情况,此前均未参加过类似实验,实验后给予报酬。

3.1.2 实验材料和程序

实验 2 的刺激材料、视觉搜索任务与实验 1 相同。每个试次开始时屏幕中央出现一个记忆提示“新”或“旧”,如果记忆提示为“新”,说明接下来需记忆的图形为新的图形,如果记忆提示为“旧”,则说明接下来记忆的图形与前一次试次记忆的图形相同。被试按空格键后记忆提示消失,随机间隔 600~1000 ms 后,出现一个记忆图形 500 ms,要求被试记住图形的颜色和形状。再间隔 252 ms 后进入视觉搜索任务,要求被试在 3000 ms 内并又快又准地搜索并按键判断目标斜线的方向(向右倾斜按“F”键,向左倾斜按“J”键)。按键后屏幕中央立即出现一个图形,被试需要判断该图形是否与记忆图形完全相同,50%的试次中两者完全相同,被试按“F”键反应,另外 50%的试次中,两者在形状、颜色或形状与颜色上不同,被试按“J”键反应。

记忆图形与视觉搜索项目之间有两种匹配条件:无效条件下记忆图形与其中一个视觉搜索干扰刺激特征相同,中性条件下记忆图形与视觉搜索项目没有特征的重叠。

另外,根据连续试次中记忆图形的重复次数,实验包括 1、4 和 8 三种类型的重复序列:重复序列为 1 时表示相邻试次的记忆图形不重复;重复序列为 4 时表示连续 4 个试次中的记忆图形保持重复;重复序列为 8 时表示连续 8 个试次中的记忆图形保持重复。根据记忆图形在重复序列中的位置(即第 n

次重复试次)将 3 种重复序列的数据合并, 由于第 5~8 次重复试次的数量只有第 2~4 次重复试次的一半, 故在数据分析时将第 5、6 次重复试次合并, 第 7、8 次重复试次合并。因此, 实验共包括 6 种重复试次条件, 分别为第 1 次重复、第 2 次重复、第 3 次重复、第 4 次重复、第 5&6 次重复和第 7&8 次重复。

正式实验中每种实验条件 40 个试次, 实验之前有 28 个练习试次让被试熟悉实验程序, 实验中被试可以自主决定休息时间。

3.2 结果与讨论

数据采用 SPSS 18.0 分析, 其中两名被试视觉搜索任务正确率明显低于其他被试而被剔除(< 50%), 其余被试的视觉搜索正确率均在 87%以上。

3.2.1 正确率分析

将记忆任务的正确率纳入 2(匹配条件: 无效条件/中性条件) \times 6(重复试次: 1/2/3/4/5&6/7&8)的重复测量方差分析发现, 匹配条件的主效应显著, $F(1,25) = 7.21, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.224$; 无效条件下的记忆正确率显著高于中性条件(95.23% vs. 94.45%); 重复试次的主效应显著, $F(5,125) = 13.84, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.356$; 两者的交互作用边缘显著, $F(5,125) = 1.92, p = 0.09, \eta_p^2 = 0.072$ 。进一步简单效应分析发现, 第 1 次重复时无效条件的正确率显著高于中性条件(92.66% vs. 89.26%, $p < 0.01$), 其他重复试次下两种条件下的正确率差异不显著。结果还发现, 中性条件下第 1 次重复时的记忆正确率显著低于第 2、3、4、5&6 和 7&8 次重复(如图 3 灰色折线所示), 无效条件下第 1 次重复时的记忆正确率也显著低于其他重复试次(如图 3 黑色折线所示)。中性条件的结果与 Carlisle 等(2011)的结果一致, 即随着视觉工作记忆表征的不断重复, 记忆成绩从重复 1 次到

2 次时逐渐增加, 但重复 2 次以后记忆成绩保持稳定, 表明视觉工作记忆表征从重复 3 次开始已逐渐完成从工作记忆系统到长时记忆系统的转移过程。而无效条件下第 1 次重复时记忆成绩相对于中性条件显著提高可能反映了视觉搜索阶段注意被引导到与记忆匹配的干扰刺激的过程能促进工作记忆成绩。

将视觉搜索正确率纳入 2 \times 6 重复测量方差分析, 结果没有发现任何显著的主效应和交互效应, $F_s < 1$ 。

3.2.2 反应时分析

将反应时纳入 2 \times 6 的重复测量方差分析, 结果发现(如图 3 柱形图), 重复试次的主效应显著, $F(5,125) = 12.70, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.337$; 匹配条件的主效应显著, $F(1,25) = 17.56, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.413$, 无效条件下的反应时显著长于中性条件, 表现出注意引导效应; 两者的交互作用显著, $F(5,125) = 2.28, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.084$ 。进一步简单效应检验发现, 第 1 次与第 2 次重复时无效条件的反应时都显著长于中性条件(972 ms vs. 917 ms, 913 ms vs. 872 ms, $ps < 0.05$), 表现出注意引导效应, 而从第 3 次重复开始, 无效条件与中性条件的反应时皆无显著差异, $ps > 0.1$, 表明当记忆项目重复 2 次以上时, 记忆表征对注意的引导效应消失了。反应时结果与记忆正确率的结果非常一致, 在记忆正确率指标上, 前两次重复时记忆成绩逐渐上升, 到重复第 3 次时开始稳定, 如果根据 Carlisle 等(2011)的观点, 这表明从第 3 次重复开始, 工作记忆表征已逐渐向长时记忆表征转化; 在反应时指标上, 由于无关长时记忆表征不能有效引导注意, 当记忆表征由工作记忆表征逐渐转化为长时记忆表征时, 由工作记忆表征捕获注意所引起的注意引导效应也会随之减弱直至消失。因此,

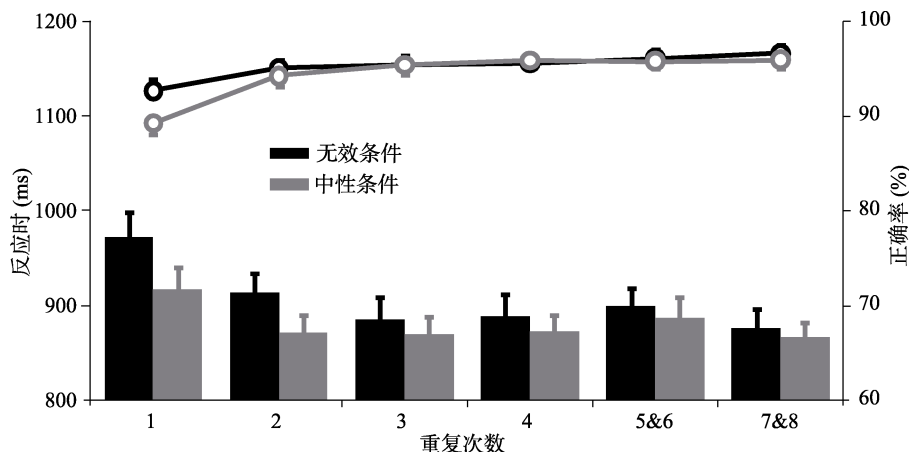


图 3 实验 2 不同重复次数条件下的视觉搜索任务反应时及工作记忆任务的正确率
注: 柱形图代表视觉搜索反应时, 线形图代表记忆正确率, 误差线为标准误

实验二的结果表明重复3次及以上时至少部分重复序列的记忆表征已经由工作记忆表征转化为长时记忆表征, 因而导致记忆表征对注意的引导效应减弱甚至消失, 此结果在一定程度上为无关长时记忆表征不能捕获视觉注意的提供了证据。

同样采用 G power 软件对实验2中工作记忆重复次数为3及以上时, 记忆匹配条件与中性条件之间反应时差异的效应量和达到显著所需要被试量进行估计, 结果发现, 当工作记忆重复次数为3时, 效应量为0.12, 被试量为824; 重复次数为4时, 效应量为0.15, 被试量为601; 重复次数为5 & 6时, 效应量为0.11, 被试量为988; 重复次数为7 & 8时, 效应量为0.09, 被试量为1611。因此, 效应量及被试量估计的结果进一步提示, 工作记忆表征重复3次及以上时, 无效条件和中性条件反应时的差异的效应量很小, 即注意引导效应量可以忽略不计。

4 实验3

在实验1与实验2中, 当工作记忆表征作为视觉搜索任务的干扰刺激再次出现时, 都发现了经典的注意引导效应, 在同样的实验情境下当无关长时记忆表征作为视觉搜索任务的干扰刺激出现时, 却没有出现类似的注意引导效应。据分析, 实验1与实验2同时包含工作记忆匹配条件与长时记忆匹配条件, 由于工作记忆表征对视觉注意引导非常稳健, 可能会干扰无关长时记忆表征对视觉注意的引导, 从而导致长时记忆匹配条件下无法观察到注意引导效应。为了排除上述干扰效应, 实验3只设置单独的长时记忆匹配条件用以进一步探测无关长时记忆表征对注意的引导作用。

另外, 由于实验3中只有长时记忆匹配条件, 没有工作记忆匹配条件, 因此, 实验3还可以进一步检验实验1中无关长时记忆表征没有表现出注意引导效应是否与占优势地位的工作记忆对其他记忆表征的阻断作用有关。如果与工作记忆表征的阻断作用无关, 那么实验3中的结果与实验1一致, 长时记忆匹配条件依然不会出现注意引导效应, 反之, 如果与工作记忆表征对长时记忆表征的阻断作用有关, 实验3长时记忆匹配条件下就有可能出现注意引导效应。

4.1 方法

4.1.1 被试

另选取25名大学生参加实验, 其中包括男生7名, 年龄18~25岁, 平均年龄22.26岁, 身体健康,

视力或矫正视力正常, 无色弱或者色盲的情况, 此前均未参加过类似实验, 实验后给予报酬。

4.1.2 实验材料和程序

刺激材料、视觉搜索任务以及长时记忆任务与实验1相同。实验3正式实验包括8个区组, 每个区组开始时要求被试记住一个项目作为长时记忆项目, 随后连续完成20个试次的视觉搜索任务, 区组最后对长时记忆项目进行探测。由于数据统计时需要剔除长时记忆探测错误的区组的数据, 为了保证有足够的实验数据, 实验程序会自动根据长时记忆探测任务错误次数自动增加区组的数量, 以使每个被试都有8个区组的数据纳入统计分析。正式实验开始之前有1个练习区组。

实验3中记忆项目与视觉搜索项目之间的匹配类型只包括长时记忆匹配条件与中性条件, 每个区组中长时记忆匹配条件和中性条件各10个试次。

4.2 结果与讨论

对结果进行分析后发现, 长时记忆探测任务正确率高达97.33%, 只有6名被试其中一个区组出现错误, 视觉搜索任务的正确率为98.06%。此外, 为了防止被试在区组开始时记忆项目还保持在工作记忆中, 每个区组前5个试次的数据不纳入分析。

4.2.1 反应时分析

对视觉搜索反应时进行重复测量的方差分析, 结果发现, 匹配类型主效应不显著, $F(1, 24) = 0.19$, $p = 0.666$ 。长时记忆匹配条件与中性条件下的反应时非常接近(926 ms vs 932 ms), 这表明在行为反应时指标上, 与干扰刺激匹配的无关长时记忆表征没有发现引导注意效应。

4.2.2 干扰刺激的首次注视点百分率分析

实验3兴趣刺激及其兴趣区的设置与实验1相同, 将兴趣刺激捕获的首次注视点百分率纳入重复测量的方差分析, 结果发现, 匹配类型的主效应不显著, $F(1, 24) = 1.16$, $p = 0.292$, 长时记忆匹配条件与中性条件下兴趣刺激所捕获的首次注视点百分率分别为13%和12.03%。此结果与实验1的结果一致, 表明在首次注视点百分率指标上, 与干扰刺激匹配的无关长时记忆表征同样也无法引导注意, 进一步证实了实验1中无关长时记忆表征没有表现出注意引导效应不是因为占优势地位的工作记忆对其他记忆表征的阻断作用。

G power 软件分别对实验3中反应时与首次注视点百分率在长时记忆匹配条件与中性条件之间的差异的效应量和达到显著所需要被试量进行估

计,结果发现,首次注视点百分率上的差异的效应量为 0.18,被试量为 374;反应时上的差异的效应量为 0.04,被试量为 6442,此结果再一次表明长时记忆表征对注意的引导效应非常小。

5 总讨论

本研究通过 3 个实验探讨了无关长时记忆表征在视觉搜索过程中作为干扰刺激出现时能否引导视觉注意。实验 1 直接让被试分别在长时记忆和工作记忆中保持一个项目,但两个项目都与视觉搜索靶子没有任何关联,结果发现,当工作记忆表征与视觉搜索干扰刺激共享特征时,观察到了经典的注意引导效应,而长时记忆项目与视觉搜索干扰刺激共享特征时,没有观察到注意引导效应,而且当长时记忆表征与工作记忆表征同时出现直接竞争注意资源时,工作记忆表征对注意的引导效应并不会受到长时记忆表征的影响。实验 2 参照 Carlisle 等(2011)的实验范式,通过操纵记忆项目的重复次数来探讨工作记忆表征转化为长时记忆表征的过程中,两种记忆表征对注意的引导作用。结果发现,记忆表征对视觉注意的引导效应随着记忆项目的重复而消失了,这表明无关工作记忆表征能有效地引导注意选择,但当工作记忆表征逐渐转化为长时记忆表征时,其对视觉注意的引导效应也相应消失了。实验 3 排除工作记忆表征的干扰,仅探讨无关长时记忆表征对注意的引导作用,结果依然没有发现无关长时记忆表征对视觉注意的引导效应。因此,上述 3 个实验的结果一致表明,无关长时记忆表征并不能像无关工作记忆表征一样引导注意。

Carlisle 等(2011)认为,随着视觉搜索靶子的重复,即使靶子模板从工作记忆表征转化为长时记忆表征,该靶子模板依然能引导注意选择,并且其引导注意的效率还优于作为工作记忆表征的靶子模板,此结果表明当长时记忆表征作为视觉搜索的靶子模板时能在视觉搜索阶段快速引导注意定向到视觉搜索靶子从而促进视觉搜索效率。此外,Olivers (2011)、Moore 等(2003)表明,当视觉搜索中的刺激与长时记忆中的靶子模板具有共同的特征,或是存在语义联系时,该刺激能引导注意偏向其所在的位置,即使该搜索刺激作为干扰刺激使得上述注意偏向会降低视觉搜索效率,这种注意偏向依然存在,这些结果表明长时记忆中的靶子模板不仅能快速引导注意定向到视觉搜索靶子,而且还会引导注意偏向与靶子模板相关的干扰刺激。Carlisle

等人(2011)、Moore 等(2003)以及 Olivers (2011)等的研究中,长时记忆表征都是作为靶子模板的形式出现的。靶子模板对注意的引导既有可能来自于长时记忆表征本身对注意的引导,也有可能来自于靶子模板与视觉搜索任务的相关性对注意的引导。因此,本研究结果发现长时工作记忆表征不作为靶子模板时,长时记忆表征本身并不能引导注意选择,这表明 Carlisle 等(2011)、Moore 等(2003)以及 Olivers (2011)等所发现的长时记忆表征对视觉注意的引导主要来源于靶子模板,而非长时记忆表征本身。

存储于长时记忆系统中的信息,当受到刺激的输入或受到其他相关表征的激活扩散时,才会高于基线水平,从而使长时记忆表征处于激活状态(Cowan, 1999)。本研究中没有发现无关长时记忆表征对视觉注意的引导效应,是否有可能由于无关长时记忆表征处于“未激活”状态或“离线”状态,从而导致无关长时记忆表征难以引导注意选择? 根据 Oberauer (2002)的工作记忆同中心模型(concentric model of working memory),工作记忆除了包括用于储存当前加工的信息表征的注意焦点(focus of attention)和用于储存与当前加工目标相关且随时准备成为注意焦点的信息表征的直接存取区(the region of direct access)之外,还存在一个长时记忆激活区(activated part of long term memory)。长时记忆激活区用于储存长时记忆中暂时被激活的信息表征,处于该区的信息表征总是处于一种“可获得”(available)的状态,它主要通过中央区域信息(即注意焦点和直接存取区)产生联系进行间接提取。根据本研究的实验程序,实验 1 会对实验前既已保持在长时记忆中的记忆表征进行随机探测,其探测的比例占整个测试数量的 1/3,实验 2 的所有测试中都会在视觉搜索任务之后对记忆表征进行探测,因此,长时记忆表征都必须保持在一种“可获得”状态,即处于工作记忆同中心模型中的长时记忆激活区,才能顺利完成长时记忆探测任务。

另外,实验 1 与实验 2 都发现,即使在同一个实验中,当无关工作记忆表征在视觉搜索任务中作为干扰刺激再次出现时,与以往的研究结果一致(例如 Soto et al., 2005; Soto & Humphreys, 2009; Soto, Llewellyn, et al., 2012),能有效地引导注意偏向到与之匹配的干扰刺激,而当无关长时记忆表征在视觉搜索任务中作为干扰刺激再次出现时,没有观察到任何注意引导效应。这可能说明工作记忆表征对注意的引导与长时记忆表征对注意的引导属于两

种不同的认知过程。Hutchinson 和 Turk-Browne (2012)认为, 基于记忆的注意引导包括直接通路和间接通路两种不同通路, 记忆表征通过直接通路对注意的引导是以直接改变负责感知加工的脑区, 使该刺激获得注意竞争优势的方式来完成的, 这一引导过程是自动化的过程。根据 Soto 等(2008)基于注意的偏向竞争理论的解释——工作记忆表征主要通过自上而下的回馈通道增强初级视觉皮层中与之相同或相似刺激的表征, 使该表征获得竞争优势, 从而引导注意偏向与之匹配的视觉刺激——工作记忆表征对视觉注意的引导符合直接通路, 因此工作记忆表征作为靶子刺激或与靶子刺激匹配特征, 还是作为干扰刺激, 都能以一种较为自动化的方式引导视觉注意。与直接通路不同, 记忆表征通过间接通路引导注意的方式不是直接影响注意相关的脑区或者受注意直接调节的脑区, 而是通过产生自上而下的信号来调节知觉系统。长时记忆对注意的引导就是通过间接通路完成的(Stokes, Atherton, Patai, & Nobre, 2012; Summerfield, Lepsien, Gitelman, Mesulam, & Nobre, 2006), 这一引导过程受到大脑认知控制网络的调节(Rosen et al., 2016)。因此, 与工作记忆表征对视觉注意的引导相对自动化不同, 长时记忆表征通过间接通路对视觉注意的引导会受到认知控制的影响, 当长时工作记忆表征作为靶子模板时, 由于靶子模板与视觉搜索任务的相关性, 故视觉搜索过程中认知控制会促使注意偏向与靶子模板相同或相似的刺激, 以促进视觉搜索效率, 反之, 当长时记忆表征作为与靶子模板无关的表征形式, 且在视觉搜索过程中与视觉搜索靶子无关联时(即作为干扰刺激), 故视觉搜索过程中认知控制会使注意不再偏向与无关长时记忆表征相关联的搜索刺激, 从而实验中未能观察到注意引导效应。

需要说明的是, 本研究中长时记忆表征是在实验室情境下要求被试长时间地存储于长时记忆中的表征, 相对于自然情境中人类长时记忆表征的存储来说, 这种长时记忆存储只限于被试在完成实验过程中的暂时性存储, 未来可采用更具有生态效度的长时记忆范式对此问题予以进一步探讨。

6 结论

本研究通过3个实验探讨了无关长时记忆表征作为视觉搜索干扰刺激时对视觉注意的引导效应, 结果发现, 无关长时记忆表征并不像无关工作记忆表征一样能有效地引导视觉注意, 这表明长时记忆

表征与工作记忆表征对视觉注意的引导属于不同的认知过程。

致谢: 感谢广州大学心理系叶浩楠、钟绍婷、加尔肯古丽·卡夏尔汗、王晓彤等广东省大学生创新训练项目组成员在数据收集所做出的贡献。

参 考 文 献

- Awh, E., Vogel, E. K., & Oh, S. H. (2006). Interactions between attention and working memory. *Neuroscience*, 139(1), 201–208.
- Bai, X. J., Yin, S. S., Yang, H. B., Lv, Y., Hu, W., & Luo, Y. J. (2011). The influence of visual working memory contents on top-down attentional control: An ERP study. *Acta Psychologica Sinica*, 43(10), 1103–1113.
- [白学军, 尹莎莎, 杨海波, 吕勇, 胡伟, 罗跃嘉. (2011). 视觉工作记忆内容对自上而下注意控制的影响: 一项 ERP 研究. *心理学报*, 43(10), 1103–1113.]
- Carlisle, N. B., Arita, J. T., Pardo, D., & Woodman, G. F. (2011). Attentional templates in visual working memory. *Journal of Neuroscience*, 31(25), 9315–9322.
- Chelazzi, L., Duncan, J., Miller, E. K., & Desimone, R. (1998). Responses of neurons in inferior temporal cortex during memory-guided visual search. *Journal of Neurophysiology*, 80(6), 2918–2940.
- Chelazzi, L., Miller, E. K., Duncan, J., & Desimone, R. (1993). A neural basis for visual search in inferior temporal cortex. *Nature*, 363(6427), 345–347.
- Chun, M. M., & Turk-Browne, N. B. (2007). Interactions between attention and memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 17(2), 177–184.
- Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. In A Miyake & P Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 62–101). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193–222.
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96(3), 433–458.
- Goldman-Rakic, P. S. (1996). Regional and cellular fractionation of working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93, 13473–13480.
- Hutchinson, J. B., & Turk-Browne, N. B. (2012). Memory-guided attention: Control from multiple memory systems. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(12), 576–579.
- Hu, Y. M., Zhang, M., Xu, Z., & Li, B. Q. (2013). Guidance of working memory on attention: The effects of inhibition incentive. *Acta Psychologica Sinica*, 45(2), 127–138.
- [胡艳梅, 张明, 徐展, 李毕琴. (2013). 客体工作记忆对注意的导向作用: 抑制动机的影响. *心理学报*, 45(2), 127–138.]
- Liu, D., Gu, X., Zhu, J., Zhang, X., Han, Z., Yan, W., et al. (2014). Medial prefrontal activity during delay period contributes to learning of a working memory task. *Science*, 346(6208), 458–463.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95(4), 492–527.
- Logan, G. D. (2002). An instance theory of attention and memory. *Psychological Review*, 109(2), 376–400.
- Moores, E., Laiti, L., & Chelazzi, L. (2003). Associative knowledge controls deployment of visual selective attention. *Nature Neuroscience*, 6(2), 182–189.
- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory:

- Exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(3), 411–421.
- Olivers, C. N. L. (2011). Long-term visual associations affect attentional guidance. *Acta Psychologica*, 137(2), 243–247.
- Olivers, C. N. L. (2008). Interactions between visual working memory and visual attention. *Frontiers in Bioscience*, 13, 1182–1191.
- Olivers, C. N. L. (2009). What drives memory-driven attentional capture? The effects of memory type, display type, and search type. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(5), 1275–1291.
- Olivers, C. N. L., Meijer, F., & Theeuwes, J. (2006). Feature-based memory-driven attentional capture: Visual working memory content affects visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(5), 1243–1265.
- Olivers, C. N. L., Peters, J., Houtkamp, R., & Roelfsema, P. R. (2011). Different states in visual working memory: When it guides attention and when it does not. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(7), 327–334.
- Pan, Y., Xu, B. H., & Chen, X. F. (2006). Interactions between selective attention and visuospatial working memory. *Psychological Science*, 29(2), 323–326.
- [潘毅, 许百华, 陈晓芬. (2006). 选择性注意与视觉空间工作记忆的交互作用. *心理科学*, 29(2), 323–326.]
- Pan, Y., Xu, B. H., & Soto, D. (2009). Dimension-based working memory-driven capture of visual selection. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(6), 1123–1131.
- Pan, Y. (2010). Effects of verbal memory on visual selection: Dimension-based automatic guidance of attention. *Acta Psychologica Sinica*, 42(12), 1118–1127.
- [潘毅. (2010). 言语记忆对视觉选择的影响: 基于维度的自动注意引导. *心理学报*, 42(12), 1118–1127.]
- Peters, J. C., Goebel, R., & Roelfsema, P. R. (2009). Remembered but unused: The accessory items in working memory that do not guide attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(6), 1081–1091.
- Rosen, M. L., Stern, C. E., Michalka, S. W., Devaney, K. J., & Somers, D. C. (2016). Cognitive control network contributions to memory-guided visual attention. *Cerebral Cortex*, 26(5), 2059–2073.
- Rosen, M. L., Stern, C. E., Michalka, S. W., Devaney, K. J., & Somers, D. C. (2015). Influences of long-term memory-guided attention and stimulus-guided attention on visuospatial representations within human intraparietal sulcus. *Journal of Neuroscience*, 35(32), 11358–11363.
- Rosen, M. L., Stern, C. E., & Somers, D. C. (2014). Long-term memory guidance of visuospatial attention in a change-detection paradigm. *Frontiers in Psychology*, 5(4), 266.
- Rossi, A. F., Bichot, N. P., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (2001). Top-down, but not bottom-up: Deficits in target selection in monkeys with prefrontal lesions. *Journal of Vision*, 1, 18.
- Rossi, A. F., Bichot, N. P., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (2007). Top down attentional deficits in macaques with lesions of lateral prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, 27(42), 11306–11314.
- Rossi, A. F., Pessoa, L., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (2009). The prefrontal cortex and the executive control of attention. *Experimental Brain Research*, 192(3), 489–497.
- Soto, D., Greene, C. M., Chaudhary, A., & Rotshtein, P. (2012). Competition in working memory reduces frontal guidance of visual selection. *Cerebral Cortex*, 22(5), 1159–1169.
- Soto, D., Heinke, D., Humphreys, G. W., & Blanco, M. J. (2005). Early, involuntary top-down guidance of attention from working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(2), 248–261.
- Soto, D., Hodsoll, J., Rotshtein, P., & Humphreys, G. W. (2008). Automatic guidance of attention from working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(9), 342–348.
- Soto, D., & Humphreys, G. W. (2007). Automatic guidance of visual attention from verbal working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(3), 730–737.
- Soto, D., & Humphreys, G. W. (2009). Automatic selection of irrelevant object features through working memory: Evidence for top-down attentional capture. *Experimental Psychology*, 56(3), 165–172.
- Soto, D., Humphreys, G. W., & Rotshtein, P. (2007). Dissociating the neural mechanisms of memory-based guidance of visual selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(43), 17186–17191.
- Soto, D., Llewellyn, D., & Silvanto, J. (2012). Distinct causal mechanisms of attentional guidance by working memory and repetition priming in early visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 32(10), 3447–3452.
- Stokes, M. G., Atherton, K., Patai, E. Z., & Nobre, A. C. (2012). Long-term memory prepares neural activity for perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(6), E360–E367.
- Summerfield, J. J., Lepsien, J., Gitelman, D. R., Mesulam, M. M., & Nobre, A. C. (2006). Orienting attention based on long-term memory experience. *Neuron*, 49(6), 905–916.
- Theeuwes, J., Belopolsky, A., & Olivers, C. N. L. (2009). Interactions between working memory, attention and eye movements. *Acta Psychologica*, 132(2), 106–114.
- van Moorselaar, D., Theeuwes, J., & Olivers, C. N. L. (2014). In competition for the attentional template: Can multiple items within visual working memory guide attention? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40(4), 1450–1464.
- Vickery, T. J., King, L. W., & Jiang, Y. H. (2005). Setting up the target template in visual search. *Journal of Vision*, 5(1), 81–92.
- Vogel, D. D. (2005). A neural network model of memory and higher cognitive functions. *International Journal of Psychophysiology*, 55(1), 3–21.
- Vogel, E. K., McCollough, A. W., & Machizawa, M. G. (2005). Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Nature*, 438(7067), 500–503.
- Wolfe, J. M. (2007). Guided search 4.0: Current progress with a model of visual search. In W. D. Gray (Ed.), *Integrated models of cognitive systems* (pp. 99–119). New York: Oxford University Press.
- Woodman, G. F., & Arita, J. T. (2011). Direct electrophysiological measurement of attentional templates in visual working memory. *Psychological Science*, 22(2), 212–215.
- Woodman, G. F., & Chun, M. M. (2006). The role of working memory and long-term memory in visual search. *Visual Cognition*, 14(4-8), 808–830.
- Woodman, G. F., Luck, S. J., & Schall, J. D. (2007). The role of working memory representations in the control of attention. *Cerebral Cortex*, 17(Suppl 1), i118–i124.
- Zhang, B., Zhang, J. X., Huang, S., Kong, L. Y., & Wang, S. P. (2011). Effects of load on the guidance of visual attention from working memory. *Vision Research*, 51(23-24), 2356–2361.
- Zhang, B. (2012). Re-examining the role of working memory in visual search. *Advances in Psychological Science*, 20(2), 228–239.
- [张豹. (2012). 重新检视工作记忆在视觉搜索中的作用. *心理科学进展*, 20(2), 228–239.]
- Zhang, B., Huang, S., & Qi, L. (2013). Working memory representation does guide visual attention: Evidence from eye movements. *Acta Psychologica Sinica*, 45(2), 139–148.

[张豹, 黄赛, 祁禄. (2013). 工作记忆表征引导视觉注意选择的眼动研究. *心理学报*, 45(2), 139–148.]

Zhang, B., Shao, J. Y., Hu, C. L., & Huang, S. (2015). Attentional guidance from activated and inhibitory states of working memory representations. *Acta Psychologica Sinica*, 47(9), 1089–1100.

[张豹, 邵嘉莹, 胡岑楼, 黄赛. (2015). 工作记忆表征的激活

与抑制状态对注意引导效应的影响. *心理学报*, 47(9), 1089–1100.]

Zhang, M., & Zhang, Y. (2007). The relationship between working memory and selective attention. *Advances in Psychological Science*, 15(1), 8–15.

[张明, 张阳. (2007). 工作记忆与选择性注意的交互关系. *心理科学进展*, 15(1), 8–15.]

Does irrelevant long-term memory representation guide the deployment of visual attention?

HU Cenlou; ZHANG Bao; HUANG Sai

(Department of Psychology / The Key Laboratory for Juveniles Mental Health and Educational Neuroscience in Guangdong Province, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract

The capacity of information processing system for human being is severely limited, but humans are proficient in searching for target information in the familiar visual scenes, in part because the task-relevant long-term memory (LTM) representations can efficiently guide attentional deployment to optimize the selection to the target and the escapement from the distractors. Hence, LTM-guided attention is key to our high level of visual performance, serving to direct our limited attentional resources efficiently. However, the issue whether irrelevant LTM representations can guide the deployment of visual attention as well as the irrelevant working memory (WM) representation is elusive yet. Therefore, we attempted to explore this issue here via three experiments.

In experiment 1, participants were asked to maintain an object in LTM before the experiment initialized until to the end. During the experiment, participants were required to perform a visual search task while holding another object in WM online. In the visual search task, one of the distractor might share common features with either the representation of LTM or the representation of WM occasionally. Both the results of the response time and the first fixation proportion showed that the visual attention would bias to the distractor when sharing common features with the WM representation, displaying an classical WM-driven attentional guidance effect; however, non-guidance effect was found when the distractor shared common features with LTM representation. More importantly, the magnitude of guidance from WM representation was not affected by the simultaneously-emerged LTM representation which was regarded as a directly competitor for the attentional resources in the visual search display. In experiment 2, we manipulated the repetition times of the remembering object as the task used by Carlisle, Arita, Pardo & Woodman (2011), and aimed to test the attentional guidance from the memory representation while it was transferred from WM to LTM. The results observed an obvious attentional guidance effect from the memory representation when it was regarded as being maintained in WM (i.e., when the remembering object repeated less than three times) and this guidance effect disappeared when the memory representation was turned into LTM representation (i.e., when the remembering object repeated more than three times). In experiment 3, we required participants only keeping the LTM representation in memory system as to eliminate the possible interference from WM representation, and remain did not found any attentional guidance effect from the irrelevant LTM representation.

In conclusion, the results of the present study observed a robust attentional guidance from the WM representation even when it not severing as search target template and sharing features with distractor in visual search task, in contrast, none such effect was found from the LTM representation under the same situation. These results indicated that the irrelevant LTM representation could not guide visual attention as well as irrelevant WM representation, and illustrated that the guiding process of visual attention from the representations of WM and LTM were two of distinct cognitive processes.

Key words long-term memory; selective attention; attentional guidance; cognitive control