

基于工作记忆内容的视觉注意*

潘毅

(杭州师范大学心理学系, 杭州 310036)

摘要 视觉系统是一个资源有限的信息加工系统,在任何时刻视觉注意只能选择外界环境中的有限信息进行加工。工作记忆对于解决视觉场景中不同物体之间的注意竞争具有重要作用,保持在工作记忆中的物体表征会以自上而下的方式引导注意优先选择视场中与之匹配的物体。本文系统回顾了有关工作记忆内容对视觉注意的引导作用的研究文献,并探讨了基于工作记忆内容的视觉注意捕获的自动性,指出基于工作记忆内容的视觉注意捕获是一个有条件的自动化过程。

关键词 偏向竞争模型;工作记忆;视觉注意;自动性

分类号 B842

1 引言

视觉注意是个体藉以选择任务相关信息并抑制无关信息的一种认知机制,而工作记忆是在外界刺激消失后个体藉以积极保持任务相关信息并抑制无关干扰的另一种认知机制。因此,可以看出视觉注意与工作记忆在功能定义上非常相似,两者都是选择性地指向与当前任务有关的物体表征并同时抑制其他无关刺激(Olivers, 2008; Olivers, Meijer, & Theeuwes, 2006)。不仅如此,工作记忆与视觉注意所涉及的脑区也具有相当大的重叠(LaBar, Gitelman, Parrish, & Mesulam, 1999; Awh & Jonides, 2001),这些都提示工作记忆与视觉注意之间具有非常紧密的联系。近年来,研究者越来越关注工作记忆与视觉注意之间的交互作用,其中,工作记忆内容对视觉选择性注意的影响就是一个重要方面(Olivers, 2008; Soto, Hodsoll, Rotshtein, & Humphreys, 2008; 张明, 张阳, 2007; 潘毅, 许百华, 胡信奎, 2007; 潘毅, 许百华, 陈晓芬, 2006)。例如,请想象下面的情景:你行走在熙熙攘攘的街道上,并且头脑中正在想着一个你最近非常想念的朋友。突然,前面人群中有一人引起了你的注意。此时,你发现他和你头脑中正在想的那位朋友长得非常相像。这个例子说明我们当前的工作记忆内容会影响视觉

注意选择,视场中与工作记忆内容相同或相似的物体(记忆匹配项)会优先获得注意偏向并得到进一步的认知加工,即存在基于工作记忆内容的视觉注意机制。根据其当前视觉注意任务目标之间的关系,可以将记忆匹配项分为以下两种类型:(1)具有目标特征的记忆匹配项,注意这种记忆匹配项将会有利于完成当前的视觉注意任务,此时基于工作记忆内容的视觉注意是主动控制的;(2)作为干扰刺激的记忆匹配项,注意这种记忆匹配项将会不利于完成当前的视觉注意任务,此时基于工作记忆内容的视觉注意是自动产生的,即基于工作记忆内容的视觉注意捕获** (潘毅, 2009)。笔者结合自己的最新研究成果,系统回顾了有关工作记忆内容对视觉注意的主动和自动引导作用的现有文献,并在此基础上进一步探讨了基于工作记忆内容的视觉注意捕获的自动性。

2 工作记忆内容对视觉注意的主动引导作用

当记忆匹配项与当前视觉注意任务的目标具有某种共同特征时,被试可能会采取主动注意记忆匹配项的策略以更好地完成注意任务。因此,在这种情况下,工作记忆内容可以被用来主动引

收稿日期: 2009-05-30

* 杭州市重点学科建设项目和浙江省自然科学基金(Y207628)资助。

通讯作者: 潘毅, E-mail: panyirich@zju.edu.cn

** 认知心理学家通常用注意捕获(capture of attention)这个概念来描述下面这个现象,即视场中的干扰刺激获得视觉加工的优先权而不管个体当前的任务目标或信念是什么。因此,笔者用基于工作记忆内容的视觉注意捕获这个概念来描述作为干扰刺激的记忆匹配项优先获得视觉选择这种注意机制,它反映了工作记忆内容对视觉选择性注意的自动引导作用。

导注意选择视场中与之匹配的刺激。一些经典的注意模型认为,在视觉搜索中保持在工作记忆中的目标模板对视觉注意起着自上而下的引导作用,从而使得视场中具有目标特征的刺激优先获得注意偏向(Duncan & Humphreys, 1989; Bundesen, 1990; Wolfe, 1994)。例如,当任务要求搜索一个红色三角形时,视野中的红色物体或三角形会优先得到注意加工以便与搜索目标进行比较。因此,视野中的物体与保持在工作记忆中的目标模板之间的匹配性决定了其被注意选择的可能性,目标模板会引导注意选择视场中与其匹配的物体。这种目标导向的注意选择反映了保持在工作记忆中的物体表征可以自上而下的方式主动引导视觉注意。

保持在工作记忆中的目标模板似乎能够影响视觉加工的早期过程。在视觉搜索任务中,当搜索目标与干扰刺激之间的区别比较明显时(如在倾斜线段中搜索垂直线段),被试对目标的搜索效率会显著提高(Wolfe, Friedman-Hill, Stewart, & O'Connell, 1992)。然而,这种效应依赖于保持在工作记忆中的目标模板对注意的引导作用,只有当被试明确搜索目标的特征并将之积极保存在工作记忆中时,搜索目标与干扰刺激之间的区别越大搜索效率则越高;若被试不明确搜索目标的特征是什么,而只被告知搜索“与众不同”的刺激时,目标与干扰刺激之间的特征差异不会对搜索绩效产生明显影响(Hodsoll & Humphreys, 2005, 2001; Hodsoll, Humphreys, & Braithwaite, 2006)。

2.1 偏向竞争模型

Desimone和Duncan(1995)提出的偏向竞争模型(biased competition model)是一个比较有影响的视觉注意模型,该模型强调保持在工作记忆中的目标模板在解决视场中不同物体之间竞争注意资源中的关键作用。根据偏向竞争模型,视觉搜索场景中充满了许多物体,由于注意资源有限,不同物体表征就会以相互抑制的方式竞争注意资源以获得更高水平的加工,“获胜者”将最终得以控制个体的知觉和行为反应。那些具有显著(salient)特征的“与众不同”的物体会以自下而上的方式捕获视觉注意,然而这种刺激驱动注意一般只在被试没有明确任务目标时才会发生(Ruz & Lupianez, 2002)。此时,工作记忆中处于激活状态

的目标模板就会以自上而下的方式增强早期视觉皮层中与目标模板相匹配的物体表征,从而使得视场中与目标模板匹配的物体表征取得竞争优势而被视觉注意优先选择。对灵长类动物的单细胞神经生理学研究为偏向竞争模型提供了重要证据(Chelazzi, Miller, Duncan, & Desimone, 1993, 2001)。例如,Chelazzi等人(1993)在一个简单的视觉搜索任务中记录短尾猿的下颞叶细胞的神经活动。在每一次试验(trial)开始时给短尾猿呈现搜索目标,过段延迟时间后呈现包含两个物体的搜索刺激,其中一个物体就是目标,要求短尾猿朝目标所在的空间位置执行眼跳。实验结果发现,在搜索刺激呈现之前的延迟阶段下颞叶细胞持续对搜索目标表现出选择性反应,表明搜索目标消失后目标模板仍然积极保持在工作记忆之中。当搜索刺激呈现后,神经活动最初没有表现出选择性,但很快又只对目标产生选择性反应。研究者认为,工作记忆中积极保持的目标模板能够以自上而下的方式调节早期视觉皮层的神经活动,从而使得视场中具有目标特征的物体优先获得注意偏向。

偏向竞争模型也得到了以人类为被试的行为学研究的支持。Downing(2000)要求被试在工作记忆保持阶段完成一个注意探测任务。在每一次试验开始时呈现一张人脸图片(记忆项),并要求被试记住该人脸,然后,在工作记忆保持阶段呈现一个注意探测目标,要求被试快速判断目标的开口方向。在探测目标呈现之前有两个无关人脸快速闪现,其中一个人脸与记忆项相同(记忆匹配项),而另一个是新人脸(非记忆匹配项)。实验结果发现,被试对呈现在记忆匹配项所在空间位置的注意探测目标的反应时要明显快于对呈现在非记忆匹配项所在空间位置的探测目标的反应时,从而说明在工作记忆内容的影响下记忆匹配项获得了视觉注意偏向。在这个研究中,尽管快速闪现的两个人脸与任务是无关的,但是,由于记忆匹配项在每次试验中都会呈现,并且在50%试验中记忆匹配项与接下来呈现的探测目标所在空间位置是相同的,因此,被试会采取主动注意记忆匹配项的策略以更好地完成工作记忆和注意探测任务。换句话说,由于记忆匹配项具有探测目标的某个特点(即两者占有共同的空间位置),Downing(2000)的研究结果实际上反映

了被试利用工作记忆内容主动引导视觉注意选择记忆匹配项。与此类似, Pratt 和 Hommel (2003) 在每次试验开始时于屏幕中央呈现一个目标线索, 该目标线索是从预先设定的 4 种颜色中随机挑选的一种颜色, 用来指示被试接下来应该做反应的目标。在目标呈现之前, 于屏幕中央呈现四个具有不同颜色的箭头, 其中一个箭头的颜色与目标线索的颜色相同。实验任务要求被试根据目标线索对接下来呈现的目标进行选择反应, 当目标颜色与线索颜色相同时被试要尽快按空格键进行反应, 而当两者颜色不同时不需要对目标做按键反应。实验结果发现, 被试对呈现在与目标线索具有相同颜色的中央箭头所指示的外周空间上的目标刺激有更快的反应, 说明当前工作记忆中积极保持的目标线索会引导注意选择与之具有相同颜色的中央箭头, 并且随后注意又会自动转向该中央箭头所指示的外周空间, 从而易化了落在该空间上的目标刺激的反应。因为每次试验中都会有一个中央箭头和目标线索具有相同的颜色, 并且该中央箭头所指示的外周空间可能就是接下来的目标所呈现的空间位置, 因此, Pratt 和 Hommel (2003) 的研究结果本质上反映得也是工作记忆内容对视觉注意的主动引导作用。

2.2 抽象语义联系

在已往大多数研究中, 记忆匹配项都是与工作记忆内容在物理特征上完全相同的物体, 因此, 在这种情况下工作记忆内容对视觉注意的引导作用是建立在目标模板与知觉表征之间的具体物理特征匹配关系基础之上的。Moore, Laiti 和 Chelazzi (2003) 认为工作记忆内容对视觉注意的主动引导作用也可以建立在目标模板与知觉表征之间的抽象语义联系基础之上。研究者在每次试验中首先呈现给被试一个描述搜索目标的英文单词(如“key”), 然后短暂呈现包含若干物体的视觉搜索刺激, 此时被试需要尽快通过按键反应判断是否存在单词所描述的视觉目标(钥匙), 按键反应之后要求被试自由回忆之前呈现的搜索刺激。结果发现, 视场中出现的与搜索目标具有语义联系的物体(铜锁)容易获得注意偏向, 自由回忆测验结果也显示与目标具有语义联系的物体比与目标没有语义联系的物体更容易被报告出来。Moore 等人(2003)认为, 当前工作记忆中所保持的目标模板不仅能够引导注意选择视

场中和目标完全匹配的物体, 而且还能够引导视觉注意选择和目标具有语义关联但在物理特征上并不匹配的物体。

3 工作记忆内容对视觉注意的自动引导作用

如前所述, 当记忆匹配项具有视觉搜索任务的目标特征时, 被试会利用保持在当前工作记忆中的目标模板主动引导视觉注意选择记忆匹配项, 因为被试认为利用这种搜索策略能够提高搜索绩效。然而, 当记忆匹配项不具有搜索任务的目标特征而是作为干扰刺激出现在视觉搜索场景中时, 工作记忆内容是否仍然能够引导视觉注意优先选择记忆匹配项? 在这种情况下, 由于记忆匹配项不是与视觉搜索任务的目标模板匹配, 而是与保持在工作记忆中的其他无关记忆表征相匹配, 被试将没有明显动机去主动选择记忆匹配项, 因为主动注意作为干扰刺激的记忆匹配项将会不利于完成搜索任务。因此, 当记忆匹配项作为干扰刺激出现在视觉搜索场景时, 如果它仍然能够优先获得注意偏向, 那么就说明工作记忆内容不仅能够主动引导视觉注意, 它也能够自动引导注意选择视场中与之匹配的物体。

Soto, Heinke, Humphreys 和 Blanco (2005) 通过要求被试在工作记忆保持阶段完成视觉搜索任务的范式考察了工作记忆内容对早期视觉加工过程的自上而下的控制作用。在每次试验开始时给被试呈现一个彩色几何图形, 要求被试记住其颜色和形状直到本次试验结束。然后, 在工作记忆保持阶段呈现视觉搜索任务, 要求被试在竖直线段中搜索倾斜线段, 每条线段都被一个彩色几何图形包围着。有三种试验类型: (1)视觉搜索刺激中没有记忆匹配项(基线试验); (2)视觉搜索刺激中有一个包围着搜索目标的记忆匹配项(有效试验); (3)视觉搜索刺激中有一个包围着干扰刺激的记忆匹配项(无效试验)。反应时结果显示, 与基线试验的搜索绩效相比, 有效试验中的搜索反应时更快, 而无效试验中的搜索反应时更慢, 并且这种效应在最快的搜索反应时中依然存在。此外, 眼动数据显示工作记忆内容也影响了被试的第一次眼跳行为, 与基线试验相比, 在无效试验中被试朝向目标进行的第一次眼跳次数明显减少, 在有记忆匹配项存在的试验中第一次眼跳通常被记忆匹配项所捕获。他们的实验四结果显

示,这种基于工作记忆内容的视觉注意效应在记忆匹配项从来都不会包含目标而永远都是干扰刺激时仍然存在。Soto 等人(2005)根据这些结果总结道,工作记忆内容可以自上而下的方式引导注意选择视场中与之匹配的物体,尽管这样做会不利于当前视觉搜索任务的完成,并且这种自动引导作用在视觉过程的早期阶段就已经发生了。Soto, Humphreys 和 Heinke (2006a) 采用相同的任务范式进一步证明了这种基于工作记忆内容的自上而下的控制作用可以发生在早期视觉过程。他们发现即使视觉搜索目标是一个具有显著特征的突显(pop-out)刺激,与搜索刺激中没有记忆匹配项的情况相比,当记忆匹配项作为干扰刺激存在时,搜索反应时明显变慢,并且朝向目标的第一次眼跳次数明显减少。这说明在前注意阶段就可以完成的突显目标搜索过程也能够受到当前工作记忆内容自上而下的影响,从而进一步证明了这种发生在早期视觉阶段的自上而下的控制过程具有自动化性质(又见 Olivers, Meijer, & Theeuwes, 2006)。

3.1 特征值与特征维度匹配

在已往大多数研究中,记忆匹配项基本上都被定义为视场中与记忆项具有相同的具体特征值(feature value)的物体。例如,当要求被试将一个红色三角形保持在工作记忆中时,视场中的记忆匹配项就是具有“红色”或“三角形”的视觉刺激。然而,当工作记忆内容与视场中的刺激在具体特征值上并不匹配而仅在抽象的特征维度(feature dimension, 如颜色/形状)上匹配时,当前工作记忆中正在积极保持的维度信息是否也能够自动引导注意选择视场中与之匹配的视觉维度呢? Pan, Xu 和 Soto (2009) 首次对该问题进行了研究,他们的实验采用双任务范式,要求被试在工作记忆保持阶段判断两个同时呈现的物体的颜色或形状是否相同,并且同时呈现的两个物体的颜色和形状所引起的反应永远都是不一致的,如两个物体的颜色相同但形状却不同,反之亦然。由于同时呈现的两个物体的两个维度所引起的反应是不一致的,被试需要有选择地注意任务相关维度而尽量忽视无关维度。Pan 等人(2009)假设,若工作记忆中的维度信息能自动引导注意选择视场中与之匹配的特征维度的话,那么当工作记忆任务的相关维度与注意任务的无关维度

相同时,被试将会很难忽视注意任务的无关维度而导致绩效下降。实验结果证实了他们的假设,尽管被试在每次试验前都明确知道注意任务的相关维度,但是,工作记忆任务相关维度和注意任务无关维度相同条件下的注意判断反应时却明显慢于两者不同条件下的反应时,说明工作记忆中的维度信息能够自动引导注意选择视场中与之匹配的视觉维度,基于工作记忆内容的视觉注意捕获也能够基于高度抽象的维度匹配。

3.2 抽象语义联系

已往大多数研究中要求被试记忆的刺激都是以视觉形式呈现的非言语刺激,然而,由于被试可能会对这些视觉刺激进行语音编码,从而使得我们无法知道引导视觉注意的工作记忆表征到底是语音编码的还是视觉编码的。换句话说,在自动引导视觉注意的过程中工作记忆内容是否必需以视觉形式进行编码?纯粹的语音工作记忆表征能否自动引导视觉注意? Soto 和 Humphreys (2007) 采用他们典型的任务范式首次对该问题进行了实证研究,实验中呈现描述物体颜色和形状的英文词汇(如“red square”)同时要求被试出声朗读该词汇并记住之,以确保词汇确实以语音编码形式保存在工作记忆中。实验结果发现,与基线条件相比,当搜索刺激中有一个干扰子具有记忆词汇所描述的特征时,搜索反应时明显变慢,并且这种效应和记忆刺激是以视觉形式呈现的非言语刺激所引发的效应是相同的。Soto 和 Humphreys (2007) 认为这说明了视觉编码并非是基于工作记忆内容的视觉注意捕获发生的必要条件,言语工作记忆内容同样能够自动引导视觉注意。在此基础上,潘毅(2009)发现言语工作记忆同样也能够自动引导基于维度的视觉注意,这同时也反映了基于工作记忆内容的视觉注意捕获可以基于更为抽象的概念或语义联系。此外, Huang 和 Pashler (2007) 发现言语工作记忆内容也能够自动引导注意选择视场中与之有语义联系的言语刺激。在他们的实验二中,每次试验开始时呈现一个英文单词(如“atom”)要求被试将之保持在工作记忆中直到该次试验结束,然后在屏幕上同时呈现三个单词,其中一个单词与记忆项具有语义联系(如“molecule”)而另外两个单词与记忆项没有任何联系。与此同时,三个数字同时分别呈现在这三个单词上面,被试被明确

告知这三个单词与当前任务无关,他们只需要从三个数字中任选一个数字记住就可以了。实验结果显示,在接下来的数字记忆测验中,被试更倾向于报告那些呈现在与记忆项有语义联系的单词上的数字,说明视场中与言语工作记忆内容有着语义联系的言语刺激自动获得了注意偏向。类似地,Moore和Maxwell(2008)要求被试完成Downing(2000)的任务,但是他们在实验三中只要求被试在每次试验开始时记住所呈现的视觉物体的个数(如三个苹果)而非视觉物体本身。结果发现,当闪现项中有一个阿拉伯数字(如“3”)与记忆项的个数一致时,该数字更容易优先捕获视觉注意,从而导致对接下来落在该数字所在空间位置上的探测目标的反应加快。基于抽象语义联系的自上而下的视觉注意捕获的内在机制可从以下两方面进行解释:(1)当我们把某信息保持在工作记忆中时,长时记忆中与该信息有着语义联系的其他信息表征就会自动受到相当程度的激活(Moore, Laiti, & Chelazzi, 2003),这些被激活的表征将以自上而下的方式影响视觉注意,从而使得视场中与当前工作记忆内容有语义联系的物体更容易优先获得注意偏向;(2)我们能够对外界的视觉场景在高度抽象的语义水平上进行快速加工(Potter, 1975),从而自动获得视场中各种刺激的语义信息并建立其与当前工作记忆内容之间的语义联系,然后该语义联系以自上而下的方式影响视觉注意。

4 基于工作记忆内容的视觉注意捕获的自动性

上述研究结果都表明,当视场中的记忆匹配项作为与当前注意任务目标无关的干扰刺激存在时,它能够在当前工作记忆的控制下自动捕获视觉注意。那么,接下来的一个重要问题是,这种基于工作记忆内容的视觉注意捕获的自动性到底有多强?作为干扰刺激的记忆匹配项是不是在任何条件下都能够自动获得注意偏向呢?答案似乎是否定的,一些研究表明基于工作记忆内容的视觉注意捕获并不具有非常强健的自动性,它会受到一些因素的影响和调节。

4.1 搜索目标

Oh和Kim(2003)认为,由于保持在工作记忆中的目标模板在执行搜索任务过程中具有最高优先权,因此,目标模板会以自上而下的方式

引导视觉注意选择视场中具有目标特征的刺激,从而导致同时保持在工作记忆中的其他物体表征对视觉注意的引导作用受到抑制。Oh和Kim(2003)在实验中定义了两种搜索目标:一种搜索目标为关于垂直轴对称的图形,另一种搜索目标为某种特定形状的图形。实验结果发现,在搜索轴对称目标时出现了基于工作记忆内容的视觉注意捕获,而在搜索具有某个特定形状的目标时并没有发现工作记忆内容对视觉注意的自动引导作用。研究者认为这是因为,在搜索某个特定形状的目标时,明确的目标模板抑制了同时保持在工作记忆中的无关表征对注意的引导作用,而在搜索轴对称目标时由于目标不明确,工作记忆中的无关表征对视觉注意的引导作用没有被抑制。与此类似,Downing和Dodds(2004)要求被试同时记住两个物体,其中一个物体为视觉搜索的目标,实验结果并没有发现工作记忆内容对视觉注意的自动引导作用。研究者认为目标模板和其他无关表征在工作记忆中可能是分开存储的,只有处于注意焦点(focus of attention; Oberauer, 2002)的目标模板才能够引导视觉注意。Houtkamp和Roelfsema(2006)也认为目标模板在工作记忆中具有特殊地位以优先引导视觉注意,而同时保持在工作记忆中的其他物体表征对注意的引导作用非常薄弱,并且只有在搜索目标不呈现在视场的情况下才可能被观察到。上述结果说明,当工作记忆内容与当前视觉搜索任务无关时,由于受到目标模板的抑制作用无关记忆表征很难自动引导视觉注意,即使在某些条件下能够引导注意,这种引导过程的自动化程度也是非常低的。

4.2 搜索策略

此外,有研究者认为被试采取的搜索策略决定了工作记忆内容在视觉搜索中的作用。Varakin(2006)采用类似于Downing(2000)的任务范式研究发现,只有当被试采取主动注意匹配项的策略时工作记忆内容才能够引导视觉注意,而那些报告没有采取这种策略的被试的搜索绩效并没有受到工作记忆内容的影响,这表明工作记忆内容引导视觉注意是一个主动过程,它不会违背被试的主观意图而以自动化的方式产生。Woodman和Luck(2007)甚至发现,与视觉搜索场景中不存在记忆匹配项的基线条件相比较,当记忆匹配

项作为干扰刺激出现在视觉搜索场景中时,搜索绩效不仅没有明显下降而且有所提高(又见 Carlisle, Boucher, & Woodman, 2008)。研究者认为,工作记忆内容不会自动引导视觉注意,并且当被试知道记忆匹配项不可能是目标时,被试会采取主动回避作为干扰刺激的记忆匹配项的策略以提高搜索绩效,因此,被试能够灵活主动地利用工作记忆内容来引导视觉注意。

4.3 发音抑制

发音抑制(articulatory suppression)程序指在实验过程中要求被试不断出声朗读单词或数字,它一般被用来阻止被试对视觉刺激进行言语编码。Soto 和 Humphreys (2008) 采用他们典型的任务范式研究发现,当实验过程中要求被试同时执行一个发音抑制任务时,工作记忆内容对视觉注意的自动引导作用被大大降低,尤其是当被试需要将两个物体同时保持在工作记忆中的时候更是如此。Soto 和 Humphreys (2008) 认为发音抑制对基于工作记忆内容的视觉注意捕获的影响可能有两方面原因:一方面,由于发音抑制程序会干扰工作记忆对记忆项的积极保持(Allen, Baddeley, & Hitch, 2006),从而弱化了工作记忆表征的强健性,继而降低了工作记忆表征对视觉注意的引导作用;另一方面,由于工作记忆内容引导视觉注意需要一定的心理资源作为基础,而这种资源可能会被发音抑制活动所消耗,从而导致工作记忆内容丧失对视觉选择产生自上而下的控制作用。发音抑制也可能是 Downing 和 Dodds (2004) 以及 Woodman 和 Luck (2007) 没有发现基于工作记忆内容的视觉注意捕获的原因之一,因为在他们的研究中都使用了发音抑制程序。

4.4 认知控制

为了抑制那些与当前任务目标无关的低优先权刺激对行为的影响,个体需要利用一些高级认知功能(如工作记忆)来积极保持当前任务目标的高优先权以保证行为处于当前任务目标的控制之下。按照选择性注意的负载理论(load theory; Lavie, Hirst, de Fockert, & Viding, 2004),高级认知功能负载过高(如高工作记忆负载)会消耗掉用以进行认知控制的心理资源,从而导致积极的认知控制功能受损,表现为在高认知负载条件下干扰刺激由于得不到更好的抑制而获得更多的加

工。鉴于此, Belke, Humphreys, Watson, Meyer 和 Telling (2008) 假设相对于低认知负载条件,在高认知负载条件下视场中与工作记忆内容匹配的无关刺激更容易干扰视觉搜索。他们采用 Moores 等 (2003) 任务范式考察了认知负载对基于语义联系的视觉注意捕获的影响,实验结果证实了他们的假设,与没有认知负载条件(无语音记忆负载)相比,在有认知负载条件下(有语音记忆负载)视觉搜索反应时明显变慢,说明作为干扰刺激的记忆匹配项对视觉选择的影响受到认知负载的调节。眼动数据进一步揭示,认知负载延迟了被试对作为干扰刺激的记忆匹配项的拒绝反应,表现为在有认知负载条件下被试注视点停留在记忆匹配项上的时间明显增加,说明认知负载过高导致认知控制功能下降从而使得被试很难判断记忆匹配项不是搜索目标并拒绝之。类似地, Soto, Humphreys 和 Heinke (2006b) 研究发现,与健康被试相比,额叶(frontal cortex)损伤病人的搜索绩效受到记忆匹配项更大的影响。由于额叶损伤会导致认知控制功能下降(Stuss, Floden, Alexander, Levine, & Katz, 2001), Soto 等人 (2006b) 认为上述结果反映了额叶在分离工作记忆中的目标模板和无关表征中起着重要作用,额叶损伤病人由于不能很好地分离搜索目标和无关记忆表征,从而导致其搜索绩效受到无关记忆表征更大的影响。眼动数据进一步显示,尽管记忆匹配项影响了被试朝向目标的第一次眼跳次数与时间,但是这种效应在健康被试与额叶损伤病人之间并没有差异,说明额叶损伤影响的是后期视觉选择阶段而不是早期视觉选择阶段。因此,认知控制功能对基于工作记忆内容的视觉注意捕获的影响发生的比较晚,在早期视觉阶段认知控制并不能影响基于工作记忆内容的视觉注意捕获。与这种观点一致, Han 和 Kim (2007) 研究发现,当记忆项与视觉搜索刺激之间的时间间隔(ISI)比较短时,工作记忆内容对视觉搜索的绩效产生了显著影响;而当这个时间间隔足够长从而让被试在视觉搜索任务呈现前有充足的时间执行认知控制功能以分离目标模板和无关记忆表征时,工作记忆中的无关表征对视觉搜索的影响消失了。这些结果说明认知控制功能的执行需要一定的时间,认知控制只能影响视觉选择的后期阶段。

4.5 知觉负载

按照选择性注意的负载理论,当加工任务相关刺激的知觉负载足够高以至耗尽注意资源时,视场中的其他干扰刺激就会由于得不到足够的注意资源而不被选择(Lavie, Hirst, de Fockert, & Viding, 2004)。因此,可以推论,在高知觉负载条件下作为干扰刺激的记忆匹配项就会由于得不到足够的注意资源而不能被视觉选择。这个推论得到了 Han 和 Kim (2007) 的支持,他们通过增加搜索目标与干扰刺激之间的相似性来提高知觉负载的水平,结果显示,在低知觉负载条件下作为干扰刺激的记忆匹配项(与记忆项具有相同的颜色)能够自动获得注意偏向,但是在高知觉负载条件下这种基于工作记忆内容的视觉注意捕获消失了。然而, Belke 等人(2008)却发现知觉负载并不影响视场中与工作记忆内容有着语义联系的干扰刺激捕获视觉注意。这两个研究结果的差异可能提示,知觉负载对基于工作记忆内容的视觉注意捕获的影响可能只局限于基于具体特征值匹配的视觉注意捕获,而基于抽象语义匹配的视觉注意捕获并不受知觉负载的影响。

4.6 强自动性的意向性标准

强健的自动化过程 (strongly automatic processes) 必须满足意向性标准 (intentionality criterion; Schneider & Shiffrin, 1977; Schneider & Fisk, 1982; Yantis & Jonides, 1990)。根据意向性标准,真正强健的自动化过程应不会受到被试主观控制 (voluntary control) 的影响,任何试图阻止自动化过程发生的主观努力都是无效的。潘毅 (2009) 通过引入这个被广泛认可的意向性标准首次直接检验了基于工作记忆内容的视觉注意捕获的自动性。实验采用改进后的 Downing (2000) 任务范式,记忆匹配项仅在 50% 试验中出现,并且探测目标永远不会落在记忆匹配项所在空间位置上,更为重要的是,在一半的试验中给被试呈现中央箭头线索以提示接下来的目标将要出现的空间位置,箭头线索的有效性为 100%,因此,箭头线索所指示的空间永远与作为干扰刺激的记忆匹配项所在的空间是相反的(如箭头指向左边,则记忆匹配项就出现在右边)。根据意向性标准,如果基于工作记忆内容的视觉注意捕获具有非常强健的自动性,那么它一定不会受到被试主动控制的影响。否则,若箭头线索引发的内源

性注意转移能成功阻止记忆匹配项获得注意偏向,那么基于工作记忆内容的视觉注意捕获就不能被认为是真正强健的自动化过程。实验结果发现,当没有箭头线索呈现时,记忆匹配项能够自动获得注意偏向,表现出基于工作记忆内容的视觉注意捕获,但当有完全有效的箭头线索呈现时,记忆匹配项不再能够自动捕获视觉注意,说明箭头线索所引发的内源性注意控制可以成功阻止基于工作记忆内容的视觉注意捕获。因此,基于工作记忆内容的视觉注意捕获不满足强自动性的意向性标准,它不能被称为非常强健的自动化过程。潘毅 (2009) 认为,基于工作记忆内容的视觉注意捕获存在边界制约 (boundary constraints),它能够受到被试的注意状态等因素的调节和控制。也许将基于工作记忆内容的视觉注意捕获称为有条件的自动化过程 (conditionally automatic process) 可能更为恰当,因为尽管记忆匹配项由于受到工作记忆内容自上而下的控制而通常具有很高的注意优先权,但它并不是总能够优先捕获视觉注意,在某些条件下工作记忆内容对视觉选择的引导作用将受到其他因素的调节而降低甚至消失。

5 结语

近年来,工作记忆与选择性注意之间的交互作用逐渐成为认知心理学的一个热点研究领域,其中,研究者一般通过考察工作记忆在视觉搜索中的作用来揭示工作记忆对选择性注意的影响(潘毅,许百华,胡信奎,2007),而基于工作记忆内容的视觉注意的观点最初就是包含在一些视觉搜索模型之中(Desimone & Duncan, 1995; Duncan & Humphreys, 1989; Bundesen, 1990; Wolfe, 1994)。早先研究主要考察保持在工作记忆中的目标模板在视觉搜索中对注意的主动引导作用,后来研究者们主要探讨当前工作记忆中的无关记忆表征对视觉注意的自动引导作用。笔者在系统回顾已有研究的基础上总结出以下四个主要结论:(1)当记忆匹配项具有搜索目标的某个特征时,工作记忆中的目标模板能够主动引导视觉注意选择记忆匹配项;(2)当记忆匹配项与搜索目标无关而是作为干扰刺激存在于视觉场景中时,在适当的条件下记忆匹配项能够优先捕获注意;(3)工作记忆内容对视觉注意的自动引导作用可以基于多种形式的匹配关系进行,既可以基于

具体的特征值匹配,也可以基于抽象的维度匹配或语义联系;(4)基于工作记忆内容的视觉注意捕获是一个有条件的自动化过程,它并不具有非常强健的自动性,它会受到诸如认知控制和注意状态等因素的调节。

关于工作记忆内容对选择性注意的自上而下的引导作用,未来研究可以从以下几方面进行:(1)已有研究基本上探讨的都是工作记忆内容对视觉注意选择的引导作用,未来研究还可以继续考察工作记忆内容对听觉和触觉等其他感觉通道的注意选择的影响,以验证基于工作记忆内容的注意机制是否也存在于除视觉之外的其他感觉通道之中;(2)知觉负载对基于工作记忆内容的视觉注意捕获的调节作用目前还不确定,如前所述,Han和Kim(2007)发现知觉负载可以抑制视场中与工作记忆内容具有相同视觉特征值的记忆匹配项捕获注意,然而,Belke等人(2008)却发现知觉负载并不会影响视场中与工作记忆内容有着语义联系的记忆匹配项捕获注意。因此,未来研究有必要进一步考察知觉负载对基于工作记忆内容的注意捕获的影响,以明确知觉负载对建立在不同形式的匹配联系基础之上的自上而下的注意捕获的影响;(3)潘毅(2009)研究结果仅表明基于工作记忆中具体视觉特征值的注意捕获并不满足强自动性的意向性标准,然而,当这种自上而下的注意选择基于抽象语义联系时它是否也不满足意向性标准呢?因此,未来研究可以进一步检验基于工作记忆中抽象语义的视觉注意捕获是否满足意向性标准;(4)已有研究主要考察了工作记忆内容对内隐的注意捕获(capture of attention)的影响,然而,记忆匹配项捕获注意并不意味着它能够获得意识觉知(awareness),因此未来研究还可以考察工作记忆内容对外显的意识捕获(capture of awareness)的影响,尤其有必要在现实情景中研究工作记忆内容对诸如无意视盲(inattentive blindness)和变化盲(change blindness)等意识缺失现象的改善作用。

参考文献

- 潘毅. (2009). 基于工作记忆内容的视觉注意捕获及其自动性研究. 博士学位论文. 浙江大学.
- 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, 323-326.
- 潘毅, 许百华, 胡信奎. (2007). 视觉工作记忆在视觉搜索中的作用. *心理科学进展*, 15, 754-760.
- 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, 8-15.
- Allen, R. J., Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (2006). Is the binding of visual features in working memory resource-demanding? *Journal of Experimental Psychology: General*, 135, 298-313.
- Awh, E., & Jonides, J. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 119-126.
- Belke, E., Humphreys, G. W., Watson, D. G., Meyer, A. S., & Telling, A. L. (2008). Top-down effects of semantic knowledge in visual search are modulated by cognitive but not perceptual load. *Perception & Psychophysics*, 70, 1444-1458.
- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, 97, 523-547.
- Carlisle, N., Boucher, L., & Woodman, G. F. (2008). The influence of strategy on working memory guidance of attention. *Visual Cognition*, 16, 1101-1105.
- Chelazzi, L., Miller, E. K., Duncan, J., & Desimone, R. (1993). A neural basis for visual search in inferior temporal cortex. *Nature*, 363, 345-347.
- Chelazzi, L., Miller, E. K., Duncan, J., & Desimone, R. (2001). Responses of neurons in macaque area V4 during memory-guided visual search. *Cerebral Cortex*, 11, 761-772.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193-222.
- Downing, P. E. (2000). Interactions between visual working memory and selective attention. *Psychological Science*, 11, 467-473.
- Downing, P. E., & Dodds, C. M. (2004). Competition in visual working memory for control of search. *Visual Cognition*, 6, 689-703.
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96, 433-458.
- Han, S. W., & Kim, M-S. (2007). Do the contents of working memory capture attention? Yes, but it under control. *Journal of Vision*, 7, 682a.
- Hodsoll, J., & Humphreys, G. W. (2001). Driving attention with the top down: The relative contribution of target templates to the linear separability effect in the size dimension. *Perception & Psychophysics*, 63, 918-926.
- Hodsoll, J. P., & Humphreys, G. W. (2005). The effect of target foreknowledge on visual search for categorically separable orientation targets. *Vision Research*, 45, 2346-2351.

- Hodsoll, J. P., Humphreys, G. W., & Braithwaite, J. J. (2006). Dissociating the effects of similarity, salience, and top-down processes in search for linearly separable size targets. *Perception & Psychophysics*, *68*, 558–570.
- Houtkamp, R., & Roelfsema, P. R. (2006). The effect of items in working memory on the deployment of attention and the eyes during visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *32*, 423–442.
- Huang, L., & Pashler, H. (2007). Working memory and the guidance of visual attention: Consonance-driven orienting. *Psychonomic Bulletin & Review*, *14*, 148–153.
- LaBar, K. S., Gitelman, D. R., Parrish, T. B., & Mesulam, M. M. (1999). Neuroanatomic overlap of working memory and spatial attention networks: A functional MRI comparison within subjects. *NeuroImage*, *10*, 695–704.
- Lavie, N., Hirst, A., de Fockert, J. W., & Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*, 339–354.
- Moore, E., Laiti, L., & Chelazzi, L. (2003). Associative knowledge controls deployment of visual selective attention. *Nature Neuroscience*, *6*, 182–189.
- Moore, E., & Maxwell, J. P. (2008). The role of prior exposure in the capture of attention by items in working memory. *Visual Cognition*, *16*, 675–695.
- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory: Exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *28*, 411–421.
- Oh, S.-H., & Kim, M.-S. (2003). The guidance effect of working memory load on visual search. *Journal of Vision*, *3*, 629a.
- Olivers, C.N.L. (2008). Interactions between visual working memory and visual attention. *Frontiers in Bioscience*, *13*, 1182–1191.
- 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*, 1243–1265.
- Pan, Y., Xu, B., & Soto, D. (2009). Dimension-based working memory-driven capture of visual selection. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *62*, 1123–1131.
- Potter, M. C. (1975). Meaning in visual search. *Science*, *187*, 965–966.
- Pratt, J., & Hommel, B. (2003). Symbolic control of visual attention: The role of working memory and attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *29*, 835–845.
- Ruz, M., & Lupianez, J. (2002). A review of attentional capture: On its automaticity and sensitivity to endogenous control. *Psicologica*, *23*, 283–309.
- Schneider, W., & Fisk, A. D. (1982). Concurrent automatic and controlled visual search: Can processing occur without resource cost? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *8*, 261–278.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, *84*, 1–66.
- 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*, 248–261.
- Soto, D., Hodsoll, J.P., Rotshtein, P., & Humphreys, G.W. (2008). Automatic guidance of attention from working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*, 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*, 730–737.
- Soto, D., & Humphreys, G.W. (2008). Stressing the mind: The effect of cognitive load and articulatory suppression on attentional guidance from working memory. *Perception & Psychophysics*, *70*, 924–934.
- Soto, D., Humphreys, G. W., & Heinke, D. (2006a). Working memory can guide pop-out search. *Vision Research*, *46*, 1010–1018.
- Soto, D., Humphreys, G. W., & Heinke, D. (2006b). Dividing the mind: The necessary role of the frontal lobes in separating memory from search. *Neuropsychologia*, *44*, 1282–1289.
- Varakin, D. A. (2006). *Visual working memory and attentional guidance*. Doctoral Dissertation. Vanderbilt University. Unpublished.
- Wolfe, J. M. (1994). Guided search 2.0: A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, *1*, 202–238.
- Wolfe, J. M., Friedman-Hill, S. R., Stewart, M. I., & O'Connell, K. M. (1992). The role of categorization in visual search for orientation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*, 34–49.
- Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2007). Do the contents of visual working memory automatically influence attentional selection during visual search? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *33*, 363–377.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1990). Abrupt visual onsets and selective attention: Voluntary versus automatic allocation.

Content-based Working Memory-driven Visual Attention

PAN Yi

(Department of Psychology, Hangzhou Normal University, Hangzhou 310036, China)

Abstract: Since there are usually much more stimuli in the scene than limited capacity visual system can process at any moment, visual attention selects only a minority of them for further processing. Working memory (WM) may be crucial to resolve the competition for selection amongst different stimuli in the visual field. Top-down feedback from the representation held in WM will bias attention in favor of the matching objects. The present paper systematically reviews existing literature on top-down guidance of visual attention from WM. In contrast to the consensus that target template held in WM can voluntarily guide the deployment of spatial attention, there has been recent controversy as to whether WM contents can also guide attention automatically. The automaticity of attentional capture by WM contents is discussed, and a novel notion that content-based WM-driven capture of visual attention is conditionally automatic is proposed.

Key words: biased competition model; working memory; visual attention; automaticity