

## 工作记忆与选择性注意的交互关系

张 明 张 阳

(东北师范大学心理学系, 长春 130024)

**摘 要** 综述了近年来工作记忆和选择性注意交互关系的一系列研究。研究者们主要从两个方面对该领域的问题进行了探讨: (1) 工作记忆在选择性注意中的作用, 主要涉及工作记忆的内容在选择性注意的注意导向中的作用、在晚期反应选择中的作用以及在视觉搜索和返回抑制中的作用等方面; (2) 选择性注意在工作记忆的信息维持和更新中的作用, 主要涉及空间注意在空间工作记忆的复述机制中的作用、注意的分心物加工机制对工作记忆的影响以及在记忆表征中的选择性注意等方面。

**关键词** 工作记忆, 选择性注意, 交互关系, 视觉搜索, 返回抑制。

**分类号** B842

### 1 前言

工作记忆 (working memory, WM) 和选择性注意是在知觉、思维和行为间的动态交互作用中两个重要认知系统<sup>[1]</sup>。WM是指在执行任务过程中, 用于信息暂时存储和加工的资源有限系统<sup>[2]</sup>, 选择性注意则是对外界丰富的信息进行筛选以确保有限的认知资源得以高效运行的认知系统<sup>[3]</sup>。一直以来它们都是心理学研究领域备受关注的两大课题, 各自得到了广泛而深入的研究, 形成了许多成熟的理论模型和实验范式。与这两个认知系统分别得到的大量研究相比, 对这两个系统的交互关系的研究起步较晚, 直到近年来才得到了研究者们的高度关注, 并进行了大量的研究<sup>[4-6]</sup>。关于两者交互作用的研究主要分为两大类, 一类研究强调选择性注意在WM中的作用, 如在记忆表征中的选择性注意等<sup>[7]</sup>; 另一类则强调WM在选择性注意中的作用, 如在反应选择和注意导向中的作用等<sup>[8,9]</sup>。

### 2 选择性注意对工作记忆的影响

根据研究者们研究问题的不同, 该领域的研究可分为三类: (1) 从发展和完善WM系统的角度进行的探讨, 认为空间WM信息的维持和更新的实质是注意焦点在所需记忆的空间位置的移动。(2) 从选择性注意研究的角度进行的探讨, 认为与选择性注意在外部世界中进行的操作一样, 选择性注意也

可以在内部表征中进行操作, 如在WM表征中的操作。(3) 从分心物加工机制对WM的影响的角度进行的考察。

#### 2.1 选择性注意在空间WM的复述机制中的作用

自Baddeley (1986) 提出WM的结构模型<sup>[10]</sup>以来, WM的各个子系统得到了广泛的研究, 但一些基本的问题却未得到很好的解决, 如视空间子系统中信息的维持和更新问题。Baddeley (1986) 最初假设空间WM的信息维持和更新可能依赖于内部的眼动过程 (eye-movement programs)。但随后的研究发现手臂的空间性运动<sup>[11]</sup>和眼动<sup>[12]</sup>一样都能干扰空间WM信息的维持, 因而研究者们推测在空间WM信息的维持和更新中可能存在更一般化普遍的机制而不是依赖于眼动系统<sup>[13]</sup>。Awh等 (1998, 1999, 2000, 2001) 的系列研究指出, 空间选择性注意在空间WM中信息激活和维持中起着重要的作用<sup>[4,14-16]</sup>。

Awh等 (1998) 考察了空间位置的记忆对随后出现在相同位置上的项目加工的影响, 结果发现当要求被试记住呈现项目所在的空间位置时, 对随后出现在相同位置上的刺激的加工有一个促进作用, 而要被试记住呈现项目的内容时却没有发现这种效应<sup>[14]</sup>。Smyth和Scholey (1994) 首次对注意在空间WM信息维持过程中的作用进行了因果性的探讨<sup>[13]</sup>。在屏幕上向被试呈现一个空间WM的任务通过触摸屏幕上对应的位置来反应, 在这之间插入一项二级作业 (干扰作业), 结果发现当空间WM信息维

收稿日期: 2006-08-25

通讯作者: 张明, E-mail: zhangm@nenu.edu.cn

持过程中的二级作业需要注意转移时,对空间位置的记忆成绩受到了影响。随后的进一步研究表明即使在注视点固定的情况下仍得到了同样的效应,排除了上述实验中观测到的干扰效应由注视点转移引起的可能<sup>[17]</sup>。Awh等(1998)的研究也发现在注意运动刺激条件下空间WM作业的成绩受到了干扰,在无注意运动刺激条件下的空间WM作业的成绩却没有受到影响<sup>[14]</sup>。

注意在空间WM中的复述作用也得到了大量电生理研究和脑成像研究的支持。Awh等(1999)的一项fMRI研究表明和已有关于空间注意过程中脑区激活模式相一致,空间WM也激活了与记忆的空间位置相对应的视觉区域<sup>[15]</sup>。Awh等(2000)通过比较空间WM和空间注意在各自对视觉信息调节时的脑电变化模式时发现,这两种条件下都有相同的电生理反应模式。在探测刺激出现125ms后观测到了定位于颞叶和枕叶的P1成分;探测刺激出现约150ms后观测到了定位于额叶和中央区域的前N1波峰;约190ms后观测到了定位于顶叶的后N1波峰;并且这三种ERP成分在记忆位置条件和注意位置条件下的波峰都比非记忆位置和非注意位置条件下大<sup>[16]</sup>。Jha(2002)的ERP研究也有类似的发现<sup>[1]</sup>。Postle等(2004)采用事件相关的fMRI技术探讨了空间WM的注意复述机制的脑机制,结果发现外侧纹状体的18区、19区,顶上小叶(Superior parietal lobule)和顶内沟(Intraparietal sulcus)在记忆维持期间均出现了单侧化激活,但在纹状体皮层却没有这种效应,结果表明基于注意的复述机制增强了记忆的空间位置所对应皮层区域的激活<sup>[18]</sup>。

尽管上述研究表明选择性注意是空间工作记忆中信息复述的主要机制,但Park等(2000)在考察烟碱(Nicotine)对空间工作记忆和空间注意的影响时发现,烟碱能损害空间工作记忆作业的绩效,却对空间注意作业(空间负启动范式)没有影响<sup>[19]</sup>。与此相对应,Carter等(2005)的一项研究发现,被试在服用裸盖菇碱(psilocybin)后注意追踪的能力受到了损害,但空间WM能力却没有受到影响<sup>[20]</sup>。这两项研究结果提示空间工作记忆的复述机制除了空间注意外还可能存在着其它的机制。不过这仅仅是一种推测,毕竟Park等的结果可能仅仅是反映了烟碱在记忆的编码阶段的影响,而Carter等(2005)研究中的注意追踪作业也与空间注意作业存在一定的差别。

## 2.2 选择性注意在工作记忆表征中的操作

在外部世界中,注意可以内源性地定向于某一空间位置,增进对该区域信息的加工而忽略对其它区域信息的加工,从而引导知觉和行为。近来的一些研究指出,即使是在内部世界的记忆表征中注意也能像在外部世界中定向一样在心理表征上转移<sup>[7,21,22]</sup>。这些研究有着重要的生态学意义,这是因为在日常生活中,记忆表征在引导人类的知觉和行为上起着重要的作用。

Griffin和Nobre(2003)首次采用提取线索化技术进行了研究<sup>[7]</sup>。在他们的实验中,要求被试记住呈现在四个象限中四个“×”的颜色,在最后呈现探测刺激,需要被试判断探测刺激中“×”的颜色是否属于先前所记忆的四色。在外部表征条件下在记忆项目之前呈现线索化刺激(前线索化), (线索化刺激有两种,一种是有效线索化条件,即中央注视方块中相邻的两条边变粗从而提供方位信息,另一种是中性线索化,即中央注视方块的四条边都变粗,不能提供任何方位信息)。在内部表征条件下,在记忆项目呈现之后呈现线索化刺激(后线索化)。结果发现在前线索化和后线索化条件下出现了相似的行为指标上的收益和损失模式。同时还通过ERP技术比较了内部和外部表征中注意定向的神经加工过程,结果发现,在两种条件下都在外侧观测到了早期的P1成分,在前额观测到了晚期的N1成分。

Nobre等(2004)的研究则为选择性注意在WM表征中的作用提供了进一步的脑功能成像的证据<sup>[21]</sup>。他们的研究发现外部知觉表征和内部记忆表征中的注意定向所激活的脑区存在着相当大的重叠。在两种条件下都激活了顶叶、额叶和视觉皮层的广大区域。顶叶区域的广泛激活包括楔前叶(Precuneus)、顶上小叶(Superior parietal lobule)、沿着双侧顶内沟分布的一些区域,如从与中央后回(Postcentral sulcus)的交叉到与枕上回(Superior occipital gyrus)交叉的区域、左脑围绕上边缘回的顶下小叶(Inferior parietal lobule)区域;额叶区域的激活包括双侧背外侧前额叶区域(Lateral dorsal prefrontal)、双侧额上回(Superior frontal sulcus)与中央前回的交叉处、前额叶眼区(Frontal eye fields)以及它前边的区域、左脑中央前回的腹侧中心;视觉皮层的激活包括双侧枕中回(Middle occipital gyrus)等区域。Lepsien等(2005)在上述

研究的基础上采用变化WM负载的方式排除了WM负载的影响后也发现了在后顶叶、额叶区域的广泛激活<sup>[22]</sup>,这与前人研究表明的顶—额叶区域在注意在外部知觉表征中起着重要的作用相一致。

综上所述, Norbre等的研究表明选择性注意不但可以在外部知觉的过程中起着调控认知资源的作用,而且在内部的WM表征中也有着类似的作用。虽然这方面的工作才刚刚起步还有许多问题有待解决,如注意在WM表征中的选择机制和WM中信息的更新机制之间的联系等,但可以预期将来该领域的研究将会越来越多也会越来越细致。因为内部的WM表征同外部知觉表征同样在人类的认知和行为活动中起着极其重要的作用。同时,该领域的研究也会有助于我们阐明WM中信息的更新等WM系统的重要机制。WM中信息的更新过程主要涉及对当前信息的维持和先前信息的排除,而选择性注意极有可能以类似于在空间WM表征中的选择性机制,在时间维度上展开的选择机制上起着关键性的作用。

### 2.3 选择性注意的分心物加工机制对WM的储存和加工的影响

选择性注意对无关信息的加工主要有两种机制,一是分心物抑制机制,即对无关信息表征的抑制;二是习惯化机制,即通过对重复出现的分心物的习惯化使得它激活的相关信息不在对注意活动产生影响。West (1999)的一项研究结果表明选择性注意的分心物习惯化机制能保护WM过程免受恒定分心物的影响,并且这种保护作用年轻人大于老年人<sup>[23]</sup>。国内金志成等(2001)<sup>[24]</sup>在West等(1999)研究的基础上进一步探讨了两个问题:(1)分心物加工的另一机制,即分心物抑制机制是否如习惯化机制一样对WM过程产生影响;(2)这两种机制到底是对WM的哪个加工阶段产生影响。结果发现分心物抑制机制不仅能影响WM的储存而且还影响WM的加工;而习惯化机制只影响WM的储存,不影响WM的加工。

张明等(2005)也通过将线索-靶子范式和N-Back变式结合,以WM的记忆错误和侵入错误数为指标,探讨了选择性注意中的返回抑制与WM的储存和加工之间的关系。结果表明返回抑制既影响WM的储存又影响对任务目标的维持<sup>[25]</sup>。

上述几项研究表明了选择性注意的分心物加工机制对WM的过程起到了一定的保护作用,但在

上述研究中主要涉及的是静态的记忆储存,那么在WM的内容在不断变化的时候这些机制是否能发挥同样的作用呢?如果能又是如何发挥作用的呢?

Griffin等(2003, 2004, 2005)的研究<sup>[7,21,22]</sup>指出选择性注意也能在内部的记忆表征中进行一系列操作,因而有可能选择性注意的分心物加工机制也能够通过在记忆表征中对旧信息的抑制及习惯化来实现对动态更新的记忆内容的维护。但这仅仅是一个可能的推测,还需要进一步细致的研究来证明。

### 3 工作记忆对选择性注意的影响

在WM和选择性注意两者间的交互关系的研究中,早期研究者们认为选择性注意在筛选控制感觉信息进入短时记忆储存中起作用。但近年来研究者们开始关注相反方向的联系,即WM对选择性注意的影响。这些研究包括:(1)WM的内容对选择性注意定向的影响;(2)WM对选择性注意晚期的反应选择的影响;(3)WM在视觉搜索及其相关作业中的作用;(4)WM在优化视觉搜索效率的返回抑制中的作用。

#### 3.1 工作记忆中的内容对选择性注意定向的影响

Desimone和Duncan等(1995、1998)的研究指出不仅选择性注意能对WM产生影响,WM的内容也同样能对选择性注意的分配产生影响<sup>[5,26]</sup>。他们的偏差竞争假说认为,视野中呈现的客体之间相互竞争以获得进一步的加工和反应,受不同因素的影响,竞争最终偏向于一些刺激。这些影响因素主要有两大类,一类是自下而上的影响,如刺激的亮度等,另一种是自上而下的反馈机制的影响,如WM中的内容通过自上至下的通道(可能是经由额叶皮层)维持了刺激在皮层表征中的激活,这种激活反过来又能引导对这些信息的反应。与偏差竞争模型相类似,Duncan和Humphreys(1989)也有类似的观点他们认为在视觉搜索中储存在WM中的“视觉搜索模板”激活了客体在长时记忆中的表征,反过来为目标客体提供了一个竞争优势,从而有助于选择相关的客体同时抑制其它无关的客体<sup>[27]</sup>。

Chelazzi等(1993、1998)利用单细胞记录技术记录短尾猿的颞下皮层神经元的活动的一系列研究为偏差竞争理论提供了重要的证据<sup>[28,29]</sup>。在他们的研究中,首先呈现一个单刺激图片(线索刺激),经过一段时间的延迟后同时呈现两个或多个刺激(反应刺激组),其中一个是先前呈现的线索化刺激,要求猴子对这一刺激做眼动反应。刺激分

为两种,一种是单独呈现时能有效激活记录神经元的刺激,另一种是单独呈现不能高效地激活记录神经元的刺激。结果发现在线索刺激移走到反应刺激组呈现的延迟时间里,对有效刺激的反应大于对无效刺激的反应。当反应选择刺激系列呈现后的最初对刺激的反应也并没有改变,但在大约175ms后,神经元的反应开始受到了线索化刺激(也是目标刺激)的调节:当目标刺激是有效刺激时,神经元的反应和有效刺激单独呈现一样;当目标刺激是无效刺激时,神经元的反应就开始变得和无效刺激单独呈现时的反应一样了。这些结果表明了神经元的反应依赖于WM中储存的信息,即WM中的内容能改变记录神经元的反应,说明了WM的内容在引导注意的分配上有着重要的作用。

Downing(2000)则为在人类的认知过程中,记忆内容对注意分配的影响提供了直接的证据<sup>[3]</sup>,在他的实验中先呈现一个需要被试记住的脸谱,延迟一段时间后呈现两个脸谱,其中一个和先前的脸谱相同,在这之后呈现一个有缺口的方形要被试快速判断缺口的方向,然后呈现记忆作业的探测刺激。其潜在逻辑是增加对某一脸谱的注意会易化对随后出现在这一位置上信息的加工。结果发现,当缺口方形出现在与线索化脸谱相同的脸谱位置上有更快的反应,更重要的是当没有记忆作业的时候这一效应则相反。Soto等(2005)采用眼动技术进一步探讨了上述影响方式产生的阶段<sup>[9]</sup>,要求被试在若干直线中搜寻倾斜4.8°的线条,并根据线条倾斜的方向做出反应。在实验过程中每一条线段都呈现在一个带颜色图形的中央,任务之前需要被试记住一呈现的图形(包括颜色和形状),目标刺激呈现方式有三种,即呈现在与记忆任务中匹配图形上、不匹配图形、无关图形上。结果发现当目标线段出现在与记忆任务匹配图形条件下,首次眼动扫描该位置的概率更大,并且在颜色匹配情况下和颜色形状都匹配情况下有相同的调节功效。这表明,WM中保持的内容可以以一种自动化的方式作用于选择性注意的早期阶段。Soto等(2006)的研究更表明WM中保持的内容不但可以在较困难的搜索作业中起到引导注意选择的作用,在更具有自动化的“Pop-out”搜索作业中也存在同样的作用<sup>[30]</sup>。

上述研究表明保存在WM中的与当前作业相关的信息能影响注意的分配,但在WM中保存的信息除了可能与当前作业有关的信息外,还会有一些与

当前作业无关的信息(如WM中的信息可能是二级作业中的干扰刺激)。那么这些信息对注意选择是否存在影响呢?

Downing等(2004)对这一问题进行了细致的探讨,但结果却没有发现这类保存在WM中的信息对视觉搜索的效率有影响<sup>[31]</sup>。这种结果无疑是与偏差竞争的预期是不合的,根据Desimone等(1995)的说法,WM中保存的信息会以一种自动的方式对注意的分配产生影响,因而会预测当WM中的信息与搜索作业中的干扰刺激相匹配时会增大对目标刺激反应的干扰。Downing等采用同心圆的记忆模型来为偏差竞争假说添加一些限定条件。同心圆记忆模型认为在视觉WM中只有很少的部分信息处于注意的中心(Focus of attention),而其余的则是处于相对静息的状态中,Downing等假设只有位于注意中心的WM信息才能对注意的分配产生影响,位于相对静息状态的WM信息是不会影响注意的分配的,从而解释了他们的实验结果。

但是,Woodman和Luck(2006)\*指出,上述关于WM中信息对注意分配的影响的结果可能仅仅反映了被试的反应策略和任务本身的特性,如在实验过程中被试可能会发现将注意集中于同WM保存的信息相匹配的作业相关刺激(视觉搜索作业中的靶刺激)有助于他们建立和维持一个关于靶刺激的心理表象,因而被试会采用知觉再取样(Perceptual resampling)的策略来易化他们反应,进而表现出WM中的信息能引导注意选择的效应。在Woodman和Luck的研究中WM中信息只与视觉搜索作业中的无关刺激有联系,他们发现在这种情况下视觉搜索的效率不但没有如偏差竞争假说所推测受到损害,反而优化了搜索的效率。基于此,Woodman和Luck提出,视觉WM中的信息对选择性注意的影响并不是自动的偏向于与WM中保存的信息相匹配的客体,也非Downing等(2004)所假设只有位于中心注意中的WM信息能自动的引导注意的选择,而是有着更复杂的机制。

可见,虽然“视觉WM中的信息能对选择性注意产生影响”的观点得到了众多研究的支持,但关于这种影响究竟是如何发挥作用的?是以自动的

\* Woodman G F, Luck S J. Do the contents of visual working memory automatically influence attentional selection during visual search? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2006 in press

方式还是以更复杂的方式起作用？仍然处于激烈的争论中。可以预期的是今后一段时间内对这些问题的探讨无疑会更加深入。另外，鉴于WM中的作业无关信息对选择性注意的影响方式在探讨WM对选择性注意机制中的重要性，该方向的研究无疑会成为WM和选择性注意交互关系研究领域内新的热点之一。

### 3.2 工作记忆在选择性注意的反应选择中的作用

众多的研究表明WM与选择性注意的反应选择机制有着密切的联系。如Miller等的两项电生理研究发现与WM有着紧密联系的前额叶皮层神经元细胞的激活依赖于刺激与注意的相关程度，即对与行为目的相关信息有着更强的反应<sup>[32,33]</sup>。Conway等（2001）发现多数低数字广度被试（65%）比高数字广度被试（20%）在听觉双通道检测作业中更能检测到在非注意通道出现的自己的名字（鸡尾酒会效应），提示高WM数字广度的被试将注意集中在相关信息通道的能力更高一些<sup>[34]</sup>。Kane等（2003）也发现低数字WM广度的被试会对无需反应的干扰刺激做出更多的错误反应，即在Stroop作业中更多的对与颜色不匹配的词做出反应<sup>[35]</sup>。在反眼动作业中研究者们也有类似发现，反眼动作业是要求被试对出现的目标刺激做出相反方向的眼动反应。如Roberts等（1994）发现在高WM负载条件下被试的错误反应比在无负载条件下高<sup>[36]</sup>。

Lavie等（1995, 2004）的知觉负载理论指出，在作业中注意选择发生的阶段取决于相关任务的知觉负载水平<sup>[8,37]</sup>。在高负载情况下任务相关项目耗费了有限的资源使得无关刺激无法得到加工，即注意选择发生在早期阶段；而在低负载条件下无关刺激也得到了一定程度的加工，即注意选择发生在晚期的反应选择阶段。WM在选择性注意作业中起着维持目标刺激与无关刺激之间的差别的作用，即将刺激的优先性保存起来，用于区分作业相关刺激和无关刺激，进而抑制对无关刺激的反应。Fockert等（2001）的一项脑成像研究为这一观点提供了强有力的证据<sup>[6]</sup>，在研究中被试需要在记忆数字材料的同时完成穿插在WM任务中的选择性注意作业。在选择性注意作业中要求被试根据呈现的人名来判断是明星还是政治家，同时忽略与名字一起呈现的脸谱。脸谱与名字有一致、不一致、不相关三种情况，一致条件和不一致条件下反应时的差别用于衡量对无关刺激的加工的程度，即对脸谱信息的加

工。结果发现在高WM负载条件下对脸谱的加工比低负载条件下对脸谱的加工更多。fMRI结果也表明与无关刺激（脸谱）相关的脑区如梭形回（Fusiform gyrus）、右侧顶下小叶（Right inferior occipital lobe）、左侧言语回（Left lingual gyrus）的激活在高WM负载条件下也较低记忆负载条件下强。Yi等（2004）结合N-Back范式和靶子干扰范式，用脸谱作为记忆材料同时考察了知觉负载和记忆负载在选择性注意中的作用，结果表明与Lavie等的理论相一致，在高知觉负载条件下无关刺激得到了较少的加工，相反在高记忆负载条件下无关刺激却得到了较多的加工<sup>[38]</sup>。

从上述研究可以看到，目前对WM在反应选择中的作用的研究主要集中在言语（数字）WM对反应选择的作用上。尽管Yi等（2004）采用了脸谱负载，但在他们的作业中（N-Back）比单独施加记忆负载更多的涉及到中央执行系统的功能。其它的WM成分如视觉WM等对反应选择是否有类似的影响？或者这些影响实际上涉及中央执行系统在注意的认知控制机制中的作用？无疑这些问题都是需要进一步的研究来解决。

### 3.3 工作记忆在注意的视觉搜索中的作用

长期以来，众多注意模型都假设WM在视觉搜索中起着重要的作用，如Desimone等（1995）认为视觉搜索中靶刺激的模板储存在视觉WM中<sup>[5]</sup>，Duncan等（1980）指出当靶刺激被检测到后，必须进入WM中从而为随后的内部行为控制提供信息<sup>[39]</sup>。但Woodman等（2001）和Logan等（1978）的一系列研究却发现，即使在高视觉WM条件下被试的视觉搜索效率仍然没有受到影响<sup>[40,41]</sup>。Wolf等（1998）甚至指出视觉搜索是一个无记忆的过程<sup>[42]</sup>。但Woodman等（2004）和Oh等（2004）的研究表明空间WM在视觉搜索中起着重要的作用，在高空间WM负载条件下视觉搜索的效率都受到了很大的影响<sup>[43,44]</sup>。虽然视觉WM在视觉搜索中是如何起作用的还有待进一步的研究，但无疑空间WM与视觉搜索有着密切的联系。另Han等（2004）的研究也表明工作记忆的执行功能在视觉搜索中起着重要的作用，当需要对记忆中信息的执行操作时（倒减数或对记忆集中信息进行重新排序）视觉搜索的效率急剧降低，而无需执行操作单施加言语负载时（数字或字母）视觉搜索效率没有受到影响<sup>[45]</sup>。

联系到先前所述言语（数字）和视觉（脸谱）

WM在选择性注意中目标维持的作用,似乎与视觉搜索中的研究结果相矛盾,为何视觉WM负载对视觉搜索的效率没有影响呢?虽然视觉搜索作业中,空间WM对视觉搜索也存在影响,但这种影响的方式是涉及共同的加工过程(Awh等的系列研究表明空间WM的维持需要注意的转移,而Woodman和Luck(1999)的研究表明视觉搜索也需要转移<sup>[46]</sup>),而非一般性的高水平的认知控制机制起作用。Lavie等(2004)指出由WM负责的高水平的认知控制,仅在高优先权的刺激与有低优先权但却更显著(如亮度更亮等)的刺激间有竞争的视觉搜索作业中才发挥作用<sup>[8]</sup>。他们随后的一项研究证实了这种观点,他们发现形状搜索作业中由颜色引起的注意捕获效应在高WM负载条件下比低负载条件下大<sup>[47]</sup>。

虽然研究表明空间WM负载能损害视觉搜索的效率,但究竟是如何产生影响的,是由于这两者都需要注意焦点的转移而引起还是经由对返回抑制的影响实现的呢?另外,如何整合“视觉WM对视觉搜索无影响”和“视觉WM信息引导注意定向”两种不一致的研究结果,还有待于进一步的研究。

### 3.4 工作记忆在返回抑制中的作用

Klein等(1988)指出当注意离开某一先前注意的空间位置后会在该位置上留下一个抑制标签(Inhibition Tag),使得随后的注意不在回到先前注意过的位置,从而提高了视觉搜索的效率<sup>[48]</sup>,研究者们把这种效应称为返回抑制(Inhibition of return, IOR)。多空间位置上的返回抑制的研究也发现在系列线索化的位置上都出现了返回抑制,并且抑制量随着线索化的先后而变化,在最先线索化的位置上有最小的抑制量,在最后线索化的位置上有最大的抑制量。返回抑制的时程研究也发现返回抑制能持续到3秒之久。脑功能成像的研究也发现空间WM和返回抑制有着共同的脑区如顶叶皮层等。这些都提示WM在返回抑制中起着重要的作用。

Castel等(2003)的研究首次表明空间WM在返回抑制中有着关键性的作用<sup>[49]</sup>,在空间WM干扰作业条件下的返回抑制量急剧减小甚至消失。但言语WM的干扰作用却对返回抑制没有影响。张明等(2006)\*的一项研究发现空间WM在动态范式中的

返回抑制中也有着重要的作用,在空间WM负载条件下,动态范式中的返回抑制消失了,但在视觉和言语WM条件下返回抑制不但没有消失反而有增大的趋势。这也反映了WM在目标维持上的作用,即高记忆负载增大了对与作业无关的线索化刺激(在作业中线索刺激不能提供任何关于靶刺激的信息)的加工(线索化刺激类似于Lavie等(2005)研究集中于任务作业无关的注意捕获刺激),从而增大了返回抑制的量。

金志成等(2003)考察了言语和视觉WM负载对检测和辨别任务中返回抑制的影响,结果发现在检测任务中的返回抑制并没有受到影响,但在辨别任务中记忆负载的增加却导致了抑制量的急剧减小<sup>[50]</sup>。这三项相关研究的结果并不一致,张明等(2006)所发现的在视觉和言语WM负载下返回抑制增大的趋势,在Castel采用言语负载和金志成等采用言语和视觉负载都没有发现这种趋势。引起差别的原因可能在于张明等(2006)采用了动态范式的缘故,但这仅仅是一个假设,无疑迫切需要进一步的研究来理清。

## 4 小结

综上所述,尽管研究者们从不同的角度对WM和选择性注意的交互关系进行了考察,但这些研究彼此之间并不是完全独立的,而是彼此之间有着密切的联系,如记忆内容对注意定向和WM在反应选择中的作用就是有着密切的联系,同时,对一些问题的探讨也往往伴随着另一些基本问题的探讨,如对WM中信息在引导注意分配问题的研究中基本上都会采用视觉搜索的范式,而这实际上又涉及到了WM对视觉搜索的影响。因此在今后的研究中一个可行的研究方向是将这些相关的问题有机的结合起来进行研究,进而揭示WM和注意交互作用的实质。

近年来,WM和选择性注意两大认知系统之间的交互关系得到了研究者们的高度关注,不同的研究者从不同的研究角度出发对该问题进行了考察,提出了众多的理论假设。但应当看到,目前对于二者交互关系的研究还停留在为解决其他问题而研究的水平,还缺乏系统的研究,存在许多问题。因而有必要从整体上对这两者之间的交互关系进行细致的探讨,如系统探讨WM的各个子系统在选择性注意中的作用以及选择性注意在WM其它子系统中的作用,特别是在视觉WM中信息维持中的作用

\* 张明 张阳 付佳. 工作记忆对动态范式中基于客体的返回抑制的影响. 审稿中

等。同时,随着各种认知神经科学技术的快速发展,未来研究者们更能从不同的角度来对WM和选择性注意交互作用的时程机制和脑机制进行更为精密、细致的研究,进而揭示这两大重要的认知加工系统交互的实质。

#### 参考文献

- [1] Jha A. Tracking the time-course of attentional involvement in spatial working memory: an event-related potential investigation. *Cognitive Brain Research*, 2002, 15: 61~69
- [2] Baddeley A. Working memory. *Science*, 1992, 255(31): 556~559
- [3] Downing P E. Interactions between visual working memory and selective attention. *Psychological Science*, 2000, 11 (6): 467~473
- [4] Awh E, Jonides J. Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in Cognitive Science*, 2001, 5 (3): 119~126
- [5] Desimone R, Duncan J. Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 1995, 18: 193~222
- [6] Fockert J W, Rees G, Frith C D, Lavie N. The role of working memory in visual selective attention. *Science*, 2001, 291(5509): 1803~1806
- [7] Griffin, I C, Nobre, A C. Orienting attention to locations in internal representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2003, 15 (8): 1176~1194
- [8] Lavie N, Hirst A, Forkert J W, Viding E. Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2004, 133(3): 339~354
- [9] Soto D, Heinke D, Humphreys G W, Blanco M J. Early, Involuntary Top-Down Guidance of Attention From Working Memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2005, 31(2): 248~261
- [10] Baddeley A.D. *Working Memory*, Oxford University Press, 1986
- [11] Smyth M M, Pelky P. Short term retention of spatial information. *British Journal of Psychology*, 1992, 83(3): 359~374
- [12] Baddeley A C, Lieberman K. Spatial working memory. In: Nickerson, R.S., ed. *Attention and Performance* (Vol. 8). Erlbaum, 1980. 521~539
- [13] Smyth M M, Scholey K A. Interference in immediate spatial memory. *Memory & Cognition*, 1994, 22(1):1~13
- [14] Awh E, Jonides J, Reuter-Lorenz P A. Rehearsal in spatial working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1998, 24 (3): 780~790
- [15] Awh E, Jonides J, Smith E E, et al. Rehearsal in spatial working memory: evidence from neuroimaging. *Psychological Science*, 1999, 10 (5): 437~443
- [16] Awh E, Anillo-Vento L, Hillyard S. The role of spatial selective attention in working memory for locations: evidence from event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2000, 12(5): 840~847
- [17] Smyth M M. Interference with rehearsal in spatial working memory in the absence of eye movements. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1996, 49A: 940~949
- [18] Postle B R, Awh E, Jonides J, et al. The where and how of attention-based rehearsal in spatial working memory. *Cognitive Brain Research*, 2004, 20(2):194~205
- [19] Park S, McGurk S. Nicotine impairs spatial working memory while leaving spatial attention intact. *Neuropsychopharmacology*, 2000, 22(2): 200~209
- [20] Carter O L, Burr D C, Pettigrew J D, et al. Using Psilocybin to Investigate the Relationship between Attention, Working Memory, and the Serotonin 1A and 2A Receptors. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2005, 17(10): 1497~1508
- [21] Nobre A C, Coull J T, Maquet P, et al. Orienting attention to locations in perceptual versus mental representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2004, 16 (3): 363~373
- [22] Lepsien J, Griffin I C, Devlin J T, et al. Directing spatial attention in mental representations: Interactions between attentional orienting and working-memory load. *NeuroImage*, 2005, 26: 733~743
- [23] West R. Visual distraction, working memory, and aging. *Memory & Cognition*, 1999, 27 (6) :1064 ~1072
- [24] 金志成, 陈彩琦. 选择性注意的分心物加工机制对工作记忆的影响. *心理学报*, 2001, 33 (6) :495~499
- [25] 张明, 陈彩琦, 张阳. 返回抑制对工作记忆储存和目标维持的影响. *心理科学*, 2005, 28 (2): 281~284
- [26] Duncan J. Converging levels of analysis in the cognitive neuroscience of visual attention. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 1998, 353: 1307~1317
- [27] Duncan J. Humphreys G W. Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 1989, 96(3): 433~458
- [28] Chelazzi L, Miller E K, Duncan J, Desimone R. A neural basis for visual search in inferior temporal cortex. *Nature*, 1993, 363(27): 345~347
- [29] Chelazzi L, Duncan J, Miller E K, Desimone R. Responses of neurons in inferior temporal cortex during memory-guided visual search. *Journal of Neurophysiology*, 1998, 80(6): 2918~2940
- [30] Soto D, Humphreys G W, Heinke D. Working memory can guide pop-out search. *Vision Research*, 2006, 46 (6-7): 1010~1018
- [31] Downing P E, Dodds C M. Competition in visual working memory for control of search. *Visual Cognition*, 2004, 11(6): 689~703
- [32] Miller E K, Erickson C A, Desimone R. Neural mechanisms

- of visual working memory in prefrontal cortex of the macaque. *Journal of Neuroscience*, 1996, 16(16): 5154~5167
- [33] Rainer G, Asaad W F, Miller E K. Selective representation of relevant information by neurons in the primate prefrontal cortex. *Nature*, 1998, 393 (11): 577~579
- [34] Conway A R, Cowan N, Bunting, M F. The cocktail party phenomenon revisited: The importance of working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2001, 8(2): 331~335
- [35] Kane M J, Engle R W. Working-memory capacity and the control of attention: The contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2003, 132(1): 47~70
- [36] Robert R J, Hager L D, Heron C. Prefrontal cognitive processes working memory and inhibition in the antisaccade task. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1994, 123(4): 374~393
- [37] Lavie N. Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1995, 21(3): 451~468
- [38] Do-Joon Yi, Woodman G F, Widders D et al. Neural fate of ignored stimuli: dissociable effects of perceptual and working memory load. *Nature Neuroscience*, 2004, 7(9): 992~996
- [39] Duncan J. The locus of interference in the perception of simultaneous stimuli. *Psychological Review*, 1980, 87(3): 272~300
- [40] Woodman, G F, Vogel, E K, Luck, S J. Visual search remains efficient when visual working memory is full. *Psychological Science*, 2001, 12(3): 219~224
- [41] Logan G D. Attention in character-classification tasks: Evidence for the automaticity of component stages. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1978, 107(1): 32~63
- [42] Horowitz T S, Wolfe J M. Visual search has no memory. *Nature*, 1998, 394(6): 575~577
- [43] Woodman G F, Luck S J. Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2004, 11(2): 269~274
- [44] Sei-Hwan Oh, Min-Shik Kim. The role of spatial working memory in visual search efficiency. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2004, 11(2): 275 ~ 281
- [45] Sang-Hoon Han, Min-Shik Kim. Visual Search Does Not Remain Efficient When Executive Working Memory Is Working. *Psychological Science*, 2004, 15(9): 623~628
- [46] Woodman G F, Luck S J. Electrophysiological measurement of rapid shifts of attention during visual search. *Nature*, 1999, 400(26): 867~869
- [47] Lavie N, Fockert J. The role of working memory in attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2005, 12 (4): 669~674
- [48] Klein R. Inhibitory tagging system facilitates visual search. *Science*, 1988, 334(4): 430~431
- [49] Castel A, Pratt J, Craik F I M. The role of spatial working memory inhibition of return: evidence from divided attention tasks. *Perception & Psychophysics*, 2003, 6(6): 970~981
- [50] 金志成, 陈骐. 一般性注意资源限制对返回抑制的影响. *心理学报*, 2003, 35(2): 163~171

## The Relationship Between Working Memory And Selective Attention

Zhang Ming, Zhang Yang

(Department of Psychology, Northeast University, Changchun 130024, China)

**Abstract:** The aim of this review was made a summary of the interplay relationship between Working memory and selective attention. These works can put into two categories. The first category mainly stressed the role of the working memory in the selective attention which included the influence of the contents in working memory on the allocation of selective attention, the influence of working memory on the working memory in the control of selective attention and the influence of working memory on visual search and inhibition of return. The second category mainly stressed the role of the selective attention in the working memory which included the role of the attention in the rehearsal of the spatial working memory, the role of mechanism of distractor processing of selective attention in working memory and the orient spatial attention on mnemonic representations.

**Key words:** working memory, selective attention, interplay relationship, visual search, inhibition of return.