

客体工作记忆对注意的导向作用：抑制动机的影响*

胡艳梅¹ 张明¹ 徐展² 李毕琴¹

(¹ 东北师范大学心理学院, 长春 130024) (² 西南大学心理学部, 重庆 400715)

摘要 通过两个实验验证了客体工作记忆内容对注意的导向过程是灵活可控的; 与客体工作记忆内容匹配的刺激既可以捕获注意, 也可以被抑制。实验 1 通过操作匹配试验概率来诱发不同水平的抑制动机, 考察在客体工作记忆内容对注意的导向作用中抑制动机的影响。匹配试验中有分心物与客体工作记忆内容相同。控制试验中所有搜索项目均与客体工作记忆内容不同。实验 2 保持实际匹配试验概率恒定, 仅通过改变指导语来调节抑制动机水平, 以排除练习的干扰。两实验结果均表明, 当抑制动机水平较低时, 匹配分心物会捕获注意; 而当抑制动机水平足够高时, 匹配分心物会被抑制。并且, 抑制动机水平的高低还会影响认知控制的效应量和时程。

关键词 客体工作记忆内容; 注意; 抑制动机

分类号 B842

1 引言

注意和视觉工作记忆是密切相关的认知过程。它们在结构和功能上都表现出高度的一致性。一方面, 两种加工都会诱发右侧额顶叶皮层, 双侧脑岛, 右侧枕叶皮层等脑区的神经激活 (Anderson, Mannan, Rees, Sumner, & Kennard, 2010; Awh, Vogel, & Oh, 2006; Mayer, Bittner, Nikolić, Bledowski, Goebel, & Lindena, 2007)。另一方面, 同一时刻两者能保持的最大项目数均为 4 个左右(每个项目可包括多个特征) (Cowan, 2000; Luck & Vogel, 1997; Yantis & Johnson, 1990)。并且视觉工作记忆的编码和保持等过程也需要注意的参与 (Awh, Vogel, & Oh, 2006)。

视觉工作记忆分为空间工作记忆和客体工作记忆两个子系统, 分别负责对空间方位信息和客体信息的加工 (Baddeley, 2003)。在信息保持过程中, 我们对于空间工作记忆内容的复述是在注意的基础上实现的 (Awh et al., 2006), 即通过对某位置的持续注意来维持对该位置的记忆。此时, 注意的内容即是空间工作记忆内容, 两种认知系统功能一

致。因此, 出现在记忆位置上的刺激会得到更快更好地加工 (Awh, Jonides, & Reuter-Lorenz, 1998; Postle, Awh, Jonides, Smith, & D'Esposito, 2004)。

如果视觉工作记忆与注意在功能上始终保持一致, 则客体工作记忆的复述机制也应是基于注意的。即对客体的保持依赖于对客体的注意。此时, 注意的内容和客体工作记忆内容一致, 注意与客体工作记忆功能一致。因此在信息加工过程中, 注意将指向与客体工作记忆内容相同的刺激, 即保持在客体工作记忆中的内容会捕获注意 (张明, 张阳, 2007; Carlisle & Woodman, 2011a; Downing, 2000; Huang & Pashler, 2007; Kumar, Soto, & Humphreys, 2011; Olivers, Meijer, & Theeuwes, 2006; Pan & Soto, 2011; Soto, Wriglesworth, Bahrami-Balani, & Humphreys, 2010; Soto, Heinke, Humphreys & Blanco, 2005; Soto, Mok, McRobbie, Quest, Waldman, & Rotshtein, 2011)。Olivers 等 (2006) 首先给被试呈现一个记忆项目, 然后要求被试在保持该记忆项目的同时完成一项搜索任务, 最后对被试进行记忆探测。总体上, 实验包括三种条件: (1) 搜索任务中没有单例分心物 (Singleton Distractor) (无单

收稿日期: 2011-12-05

* 中央高校基本科研业务费专项资金资助(11SSXT106); 高等学校博士学科点专项科研基金博导类资助课题(20110043110012)。

通讯作者: 张明, E-mail: zhangm@nenu.edu.cn

例条件); (2)搜索任务中有一个单例分心物, 但该项目与客体工作记忆内容不同(无关条件); (3)搜索任务中有一个单例分心物, 且该项目与客体工作记忆内容相同(相关条件)。结果发现, 后两种条件下搜索速度均慢于第一种条件。更重要的是: 与无关条件相比, 相关条件下搜索速度更慢。相关条件下, 单例分心物的凸显性不仅源于其物理特征的独特性, 更源于其与客体工作记忆内容的一致性。因此, 这类单例分心物会更显著地捕获注意, 进而在更大程度上降低搜索效率。由于这种注意捕获效应是与客体工作记忆过程密不可分的, 即与客体工作记忆内容一致是刺激捕获注意的原因, 因此 Olivers 等(2006)将之称为“由记忆导向的注意捕获(Memory-driven Attention Capture)”。与此类似的, Soto 等(2005)也发现注意会不随意地指向与客体工作记忆内容匹配的刺激, 并且这是一种自上而下的加工过程。他们同样要求被试在保持一个记忆项目的同时完成一项搜索任务。有效条件下, 记忆项目特征与搜索目标相同; 无效条件下, 记忆项目特征与搜索分心物相同; 控制条件下, 没有任何搜索项目与记忆项目相同。结果发现有效条件下搜索反应时快于控制条件, 而无效条件下搜索反应时慢于控制条件。即与客体工作记忆内容匹配的搜索项目捕获了注意。Soto 等(2005)进一步排除了启动等知觉加工过程对实验结果的干扰。在搜索任务前, 如果仅向被试呈现一个刺激但不要求记忆, 那么在搜索任务中与该刺激匹配的项目将不会捕获注意。Kumar, Soto 和 Humphreys (2011)发现搜索任务中与客体工作记忆项目匹配的分心物会诱发显著的 N2pc 成分。N2pc 反映了个体对某个刺激的注意过程, 即当注意指向某个刺激时, 将在刺激出现的对侧脑区(与同侧脑区相比)诱发更大的负电位(Woodman & Luck, 2003; Woodman, 2010)。

上述研究均表明客体工作记忆内容与注意内容一致, 可以捕获注意。但这并不意味着客体工作记忆内容必然会成为注意的内容, 或者说两种认知系统在功能上始终保持一致。越来越多的研究发现, 客体工作记忆对注意的导向作用是灵活可控的; 与客体工作记忆内容匹配的刺激并不总能捕获注意, 即对客体工作记忆内容的复述并非必须依赖注意, 两种认知系统在功能上存在差异。(Downing & Dodds, 2004; Han & Kim, 2009; Houtkamp & Roelfsema, 2006; Olivers, 2009; Sawaki & Luck, 2011; Woodman & Luck, 2007)。Houtkamp 和

Roelfsema (2006)采用眼动技术研究客体工作记忆内容对注意的导向作用。他们首先向被试同时呈现两个客体, 并明确告知被试这两个客体分别是随后将继时呈现的两个搜索任务的目标。例如, 同时向被试呈现一张“椅子”和一个“篮子”, 并要求被试在随后出现的第一个搜索任务(搜索任务 1)中判断“椅子”(目标 1)是否出现, 而在第二个搜索任务(搜索任务 2)中判断“篮子”(目标 2)是否出现。为了顺利完成实验任务, 被试在完成搜索任务 1 的同时还要保持目标 2。结果发现, 当两个目标项目同时出现在搜索任务 1 中时, 作为分心物的目标 2 不会获得更多的扫视。任务 1 的搜索反应时也没有因为目标 2 的出现而增长。可见, 虽然目标 2 被保持在客体工作记忆中, 但由于它与当前任务(搜索目标 1)无关, 因而没有捕获注意。这符合注意选择的原则, 即选择与当前任务相关的刺激, 拒绝与当前任务无关的刺激。实际上, 如果对当前任务而言客体工作记忆内容只是某种干扰信息, 那么被试还将会抑制与客体工作记忆内容匹配的刺激。Woodman 和 Luck (2007)的研究有力地证明了上述观点。他们采用与前人类似的双任务实验范式(Downing & Dodds, 2004; Olivers et al., 2006), 要求被试在保持一个或多个记忆项目的同时完成一项搜索任务。不同的是, 他们在实验指导语中明确告知被试“记忆项目永远不同于搜索目标”。因此被试没有理由在搜索任务中主动注意客体工作记忆内容。如果客体工作记忆内容对注意的捕获是不可控的(即记忆的内容必然是注意的内容), 那么与记忆内容匹配的分心物(下文中简称“匹配分心物”)必将捕获注意; 反之, 匹配分心物不会捕获注意。结果发现, 与控制条件(没有任何搜索项目与记忆项目匹配)相比, 当搜索序列中出现匹配分心物时搜索速度更快, 即搜索过程中匹配分心物不但没有捕获注意, 反而被抑制了(Woodman & Luck, 2007, 实验 3 和 4)。更重要的是, Carlisle 和 Woodman (2011b)利用 ERP 技术, 以 N2pc 为指标研究客体工作记忆内容对注意选择的影响。结果发现当记忆项目仅与搜索分心物匹配时, 它们不会诱发 N2pc 成份。Hu, Xu 和 Hitch (2011)也发现当被试明确知道记忆项目只与搜索分心物匹配后, 他们可以通过抑制对匹配分心物的注意来促进搜索任务表现。但这种抑制作用的有效性受到匹配分心物数量和记忆项目呈现时间的影响。仅当匹配分心物足够多(匹配力度大)并且记忆项目呈现时间足够长(认知控制准备时间长)时, 匹配分心物

才能得到有效抑制(Han & Kim, 2009)。可见, 客体工作记忆与注意在内容上并非总是保持一致; 客体工作记忆内容不一定总能捕获注意。当客体工作记忆内容与当前任务无关, 甚至可能会干扰当前任务的顺利进行时, 与其匹配的项目将受到抑制。此时, 对客体工作记忆内容的复述并非是基于注意的。

如果客体工作记忆对注意的导向作用的确会受到上述自上而下加工的调节, 那么这种抑制性认知控制的效用应该受到抑制动机的影响。抑制动机主要指个体主动进行抑制性操作的倾向水平, 而与其抑制能力无关。一方面, 当被试确认在当前任务中客体工作记忆内容只是一种干扰信息时(如告知被试“记忆项目永远不同于搜索目标”), 通过抑制匹配分心物可以更快更好地完成任务。另一方面, 由于对匹配分心物的抑制是一个需要付出巨大认知努力的过程, 因此个体抑制动机水平的高低会影响抑制作用的有效性。例如, Olivers 等(2006)之所以没有发现对匹配分心物的抑制作用, 可能就是因为未能有效地激发被试的抑制动机。在他们的实验中匹配分心物是以单例形式出现的。这种匹配分心物不仅与客体工作记忆内容相同, 还在特征上与其他搜索项目不同。关于注意捕获的研究表明, 由于刺激特征上的与众不同, 单例分心物能极大地捕获注意(自下而上加工)(Theeuwes, 2010; Stigchel, Belopolsky, Peters, Wijnen, Meeter, & Theeuwes, 2009)。并且认知控制对这种注意捕获的调节能力有限, 即便是通过大量练习, 单例分心物的干扰作用也只能在一定程度上被减弱, 而难以被克服(Müller, Geyer, Zehetleitner, & Krummenacher, 2009)。因此, 在Olivers 等(2006)的实验条件下, 抑制单例分心物的困难很大。当认知控制的努力很难收获效果时, 被试的抑制动机水平将变得极低甚至为零。这种情况下, 匹配分心物能捕获注意并不奇怪。

根据上述解释, 客体工作记忆内容是否能被抑制取决于两点: (1)个体抑制动机是否被激活; (2)个体抑制动机水平的高低。当客体工作记忆内容与当前任务相关时, 个体抑制动机不会被激活, 与客体工作记忆内容匹配的刺激会捕获注意(Soto et al., 2005); 当客体工作记忆内容与当前任务无关时, 为了促进任务表现个体倾向于抑制与工作记忆内容匹配的刺激。并且, 这种抑制作用的有效性还受到抑制动机水平高低的影响。抑制动机水平只有达到一定程度, 匹配分心物才能被有效抑制, 否则认知控制将难以克服匹配分心物的干扰作用, 从而在结

果中出现匹配分心物对注意的捕获效应。本研究将通过两个实验验证上述观点。为了激发被试的抑制动机, 我们在指导语中明确指出“记忆项目永远不同于搜索目标”(Hu, Xu, & Hitch 2011; Woodman & Luck, 2007)。实验 1 通过改变匹配试验在实验中出现概率来诱发被试不同水平的抑制动机。Müller 等(2009)在研究认知控制对(刺激驱动的)注意捕获的作用时, 通过调节凸显分心物(salient)的出现概率来调控个体的控制动机水平。这种概率的调节主要操控的是个体的动机水平, 而非认知控制能力。匹配试验里, 搜索序列中将有三个分心物与记忆项目完全相同。我们期望, 随着匹配试验概率的增加, 被试抑制匹配分心物的动机水平也将提高, 从而产生更大的抑制效应。实验 2 排除了练习的干扰, 在保持匹配试验概率不变的条件下(始终为 50%), 仅通过改变指导语来诱发不同程度的抑制性动机水平。

2 实验 1

2.1 方法

2.1.1 被试 30 名(14 男, 16 女)大学本科学学生随机分为 3 组参加实验, 每组 10 人。年龄 19~22 岁($M=20.43$, $SD=1.14$)。所有被试的视力或矫正视力正常。实验后, 被试获得相应报酬。

2.1.2 仪器和材料 实验程序在 17 寸 PC 机上呈现, 屏幕背景为灰色(RGB 值为 128/128/128), 被试距离屏幕约 70 cm。记忆项目和记忆探测项目都是一个彩色图形(视角为 $1.35^\circ \times 1.35^\circ$), 呈现在屏幕中央(见图 1)。该图形的备选颜色包括红色, 黄色, 蓝色或绿色(RGB 值分别为, 255/0/0, 255/255/0, 0/0/255, 0/255/0); 备选形状包括圆形、十字形、平行四边形或漏斗形。这些颜色和形状特征共组成 16 种备选图形。单次试次里呈现的记忆项目从上述 16 种图形中随机抽取。搜索项目是内嵌有黑色开口方框的彩色图形(图形视角为 $1.35^\circ \times 1.35^\circ$, 选自与记忆项目相同的图集; 开口方框视角为 $0.45^\circ \times 0.45^\circ$, 方框线条粗 0.08° , 开口宽 0.12°), 包括 5 个分心物和 1 个搜索目标。搜索目标中的方框向上或向下开口, 分心物中的方框向左或向右开口。搜索目标的图形与某两个分心物相同(但图形内开口方框朝向不同); 剩余 3 个分心物的图形相同(但图形内开口方框朝向不同)。所有搜索项目随机排列在圆的 12 等分点上(每个点距离屏幕中心 3.3° 左右)。每两个项目的中心点之间至少相距 1.7° 。

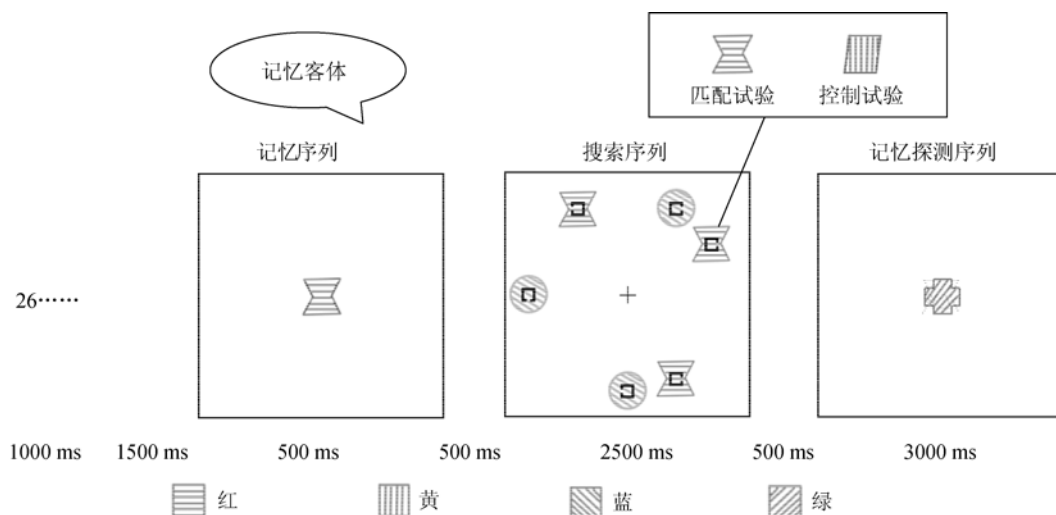


图 1 实验 1 流程

2.1.3 实验设计 实验 1 为 2×3 混合设计。被试内变量为搜索序列中是否有分心物与记忆项目匹配(试验类型)。匹配试验中,有 3 个分心物的图形与记忆项目完全相同(颜色形状都相同)。其余搜索项目均不同于记忆项目。控制试验中,没有任何搜索项目与记忆项目相同。被试间变量为匹配试验在实验中出现的概率(匹配试验概率)。80%概率条件下,匹配试验占总试次的 80%;50%概率条件下,匹配试验占总试次的 50%;20%概率条件下,匹配试验占总试次的 20%。

2.1.4 实验程序 首先向被试呈现两个数字(随机选自 10 以下的阿拉伯数字(1 和 0 除外),以黑色(RGB 值为 0/0/0)呈现;每个数字的视角为 $1.70^\circ \times 0.85^\circ$,其中心点分别向左和向右偏离屏幕中心 0.65°),呈现时间为 1000 ms。要求被试在整个试次中以每秒 3~4 个数字的速度连续不断地出声复述它们(该过程受到主试的监督)。这种发声抑制程序可以强迫被试进行视觉编码,从而排除语音编码干扰(Baddeley, 2002)。数字消失后间隔 1500 ms 向被试呈现记忆项目,呈现时间为 500 ms。要求被试记住该项目的颜色和形状。记忆序列结束后间隔 500 ms 呈现搜索序列。要求被试尽快找到搜索目标,并指出其内部开口方框的具体朝向。开口向上按键“A”,向下按键“Z”。被试做出反应后搜索序列不会即时消失,而是固定呈现 2500 ms。如果被试在 2500 ms 内没有按键,则计为错误反应。搜索序列结束后再间隔 500 ms 呈现记忆探测序列。要求被试判断记忆探测项目与记忆项目是否完全相同。完全相同(颜色形状均相同)按键“K”,不同(颜色相同而形状

不同或形状相同而颜色不同)按键“L”。实验中,将通过指导语明确告知被试“记忆项目的颜色和形状永远不同于搜索目标”,以及匹配试验出现的概率。同时,要求被试在搜索任务中又快又准地反应,而在记忆任务中尽量保证正确反应。

每个被试完成 120 次试次,匹配试验和控制试验的次数取决于匹配试验概率,随机交替呈现。正式实验前被试首先完成 16 次练习试次以熟悉实验任务(各组条件下,练习中的匹配试验概率均为 50%)。正式实验中,完成 60 次试次后休息 2 min。

2.2 结果与分析

表 1 显示了实验 1 中各条件下被试的平均反应时和正确率。对因变量进行 2 (试验类型:匹配试验和控制试验) $\times 3$ (匹配试验概率:20%、50%和 80%)混合设计重复测量方差分析。搜索正确率方面,没有发现任何显著的主效应或交互作用。搜索反应时方面,匹配试验概率主效应不显著, $F(1, 27) < 1$, $\eta^2=0.13$;但试验类型主效应显著, $F(1, 27) = 6.85$, $p < 0.05$, $\eta^2=0.20$ 。匹配试验中搜索反应时($M=1305.02$ ms)快于控制试验($M=1353.10$ ms)。更重要的是两者交互作用显著, $F(2, 27)=13.94$, $p=0.001$, $\eta^2=0.51$ 。简单效应分析结果表明,20%概率条件下匹配试验搜索反应时慢于控制试验, $F(1, 9)=8.78$, $p < 0.05$, $\eta^2=0.49$;而 50% ($F(1, 9)=7.36$, $p < 0.05$, $\eta^2=0.45$)和 80% ($F(1, 9)=13.94$, $p < 0.01$, $\eta^2=0.61$)概率条件下匹配试验搜索反应时均快于控制试验。

为了进一步分析实验 1 中对匹配分心物的注意抑制过程,我们把控制试验和匹配试验的搜索反应时差值作为抑制效应量。当匹配试验搜索反应时显

表 1 实验 1 中被试的平均反应时和正确率

匹配试验概率	试验类型	搜索 RT(ms)	搜索正确率(%)	记忆正确率(%)
20%	匹配试验	1374.46	97.92	88.33
	控制试验	1296.72	96.98	84.06
50%	匹配试验	1321.79	96.00	83.33
	控制试验	1385.38	94.50	78.83
80%	匹配试验	1218.84	97.50	84.48
	控制试验	1377.19	96.25	80.83

著快于控制试验时,该效应量为正值,表明匹配分心物在搜索过程中受到了抑制;当匹配试验搜索反应时显著慢于控制试验时,该效应量为负值,表明匹配分心物不仅没有被抑制,反而捕获了注意。实验 1 中,20%、50%和 80%三种概率条件下抑制作用的效应量分别为-77.74 ms ($t(9)=-2.96, p<0.05$), 63.59 ms ($t(9)=2.71, p<0.05$), 158.35 ms ($t(9)=3.73, p<0.01$) (见图 2)。两两比较发现,50%概率条件下的效应量大于 20%概率条件, $t(19)=-4.02, p=0.001$; 80%概率条件下的效应量大于 50%概率条件($t(19)=-2.41, p<0.05$)和 20%概率条件($t(19)=-4.73, p=0.001$)。即抑制效应量随着匹配试验概率的提高而增大。

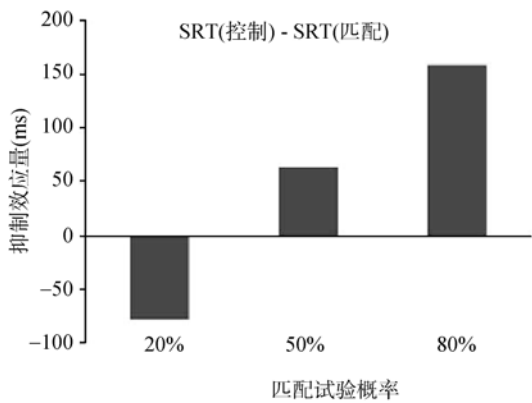


图 2 实验 1 中不同匹配试验概率条件下抑制效应量

用反应时分布等分法分别求出不同匹配试验概率条件下的搜索反应时累计概率分布情况(图 3a, 3b, 3c)。它们描述了每个十分位点上被试在不同实验条件下的平均反应等分值。通过这一分析我们可以观察上述抑制作用的时程特点。如果认知控制可以发生在短暂迅速的信息加工过程中,那么我们期望在反应时极快的试次里(如反应时在前 10%的试次)也能观察到对匹配分心物的抑制。对第一个十分位点上的反应时数据进行秩和检验发现,20%概率条件下匹配试验搜索反应时($M=854.00$ ms)慢于

控制试验($M=705.50$ ms), $Z=-2.67, p<0.01$ 。50%概率条件下不同试验类型反应时差异与 20%概率条件一致, $M_{匹配}=831.16$ ms, $M_{控制}=768.60$ ms, $Z=-2.44, p<0.05$ 。但 80%概率条件下匹配试验搜索反应时($M=755.21$ ms)快于控制试验($M=826.11$ ms), $Z=-2.62, p<0.01$ 。即在 80%概率条件下认知控制可以发生在快速的信息加工过程中。

记忆正确率方面,试验类型主效应显著,匹配条件下记忆正确率显著高于控制条件, $F(1,27)=11.14, p<0.01, \eta^2=0.30$ 。匹配试验概率主效应和两变量间交互作用均不显著。

2.3 讨论

实验 1 结果表明,当明确知道客体工作记忆内容永远不同于搜索目标时,被试可以通过抑制匹配分心物来促进搜索任务表现。对于这种灵活可控的机制,客体工作记忆内容提供了一种“需要抑制的刺激”模板。Woodman 和 Luck (2007)指出,当被试明确知晓客体工作记忆内容永远不同于搜索目标(却可能与搜索分心物匹配)时,客体工作记忆内容将被当做“需要抑制的刺激”模板。此时,所有与客体工作记忆内容在客体或特征上匹配的刺激都是需要抑制的(Carlisle, Arita, Pardo, & Woodman, 2011)。

更重要的是,通过调节匹配试验概率,本研究发现:对于上述灵活可控的机制,抑制动机水平是影响抑制过程有效性的关键因素之一。当被试的抑制动机水平很低时(20%概率条件),匹配分心物不但不能被抑制,反而还会捕获注意。这种注意捕获效应在短暂迅速的信息加工过程中(搜索反应时在前 10%的试次)也存在。而当被试有充足的抑制动机时(50%和 80%概率条件),匹配分心物将得到有效抑制。并且这种认知控制的效用会随着抑制动机的提高而增大,即 80%概率条件下抑制作用的效应量大于 50%概率条件。时程方面,当被试的抑制动机处于中等水平时(50%概率条件),抑制作用仅发生在相对较慢的信息加工过程中。当被试具有较高

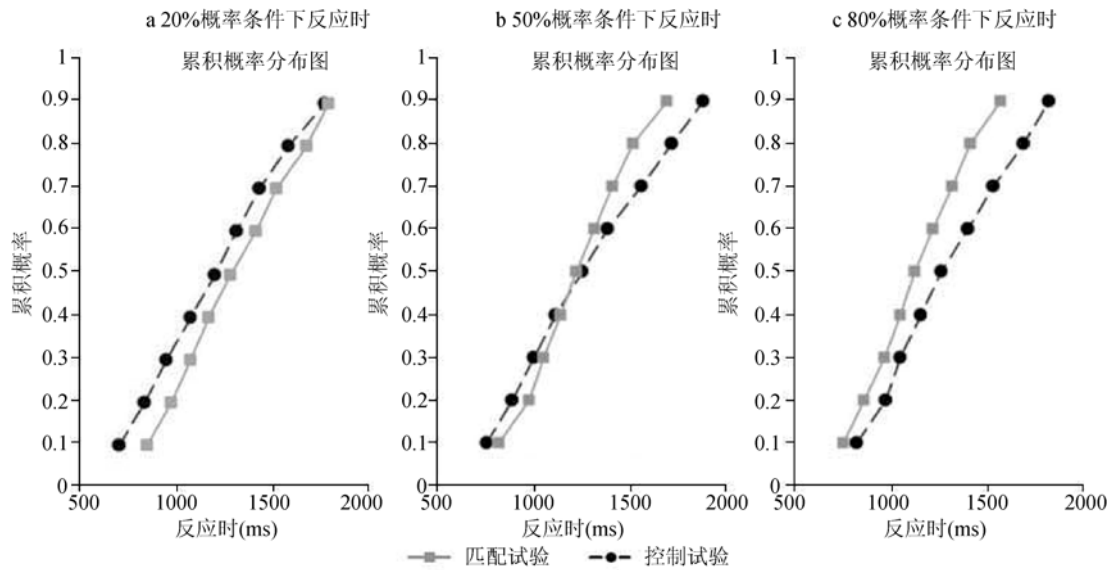


图3 实验1各匹配概率条件下搜索反应时累积概率分布

水平的抑制动机时(80%概率条件),在搜索反应时极快的试次中也能观察到显著的抑制作用。因此,抑制动机的高低不仅可以调节抑制作用的效应量,还会影响抑制作用发生的时程。

此外,记忆正确率方面,我们发现不同概率条件下,匹配试验的记忆正确率始终高于控制试验。抑制效应量为正时(50%和80%概率条件),个体通过有效地抑制与客体工作记忆内容匹配的分心物从而提高了搜索效率。但由于搜索序列呈现时间固定(2500 ms),被试在完成搜索任务后(匹配试验搜索任务平均反应时为1305.02 ms)将有充分的时间将注意转回匹配分心物,以巩固记忆。从而在整体上表现为匹配试验记忆正确率更高。Bundesen (1990)的视觉注意理论(TVA)指出根据任务目标的需要,与工作记忆内容匹配的刺激可以被设置很高的注意权重以引导注意选择过程。反之,工作记忆内容也可以被设置极低的注意权重,以避免与之相同的刺激得到注意。根据这一理论,本实验中当被试完成搜索任务时,为了更快地找到搜索目标,客体工作记忆内容的注意权重极低(甚至为零)。一旦搜索任务完成后,为了更好地完成随后的记忆探测任务,客体工作记忆内容的注意权重将显著提高,此时被试将通过重新注意匹配分心物以巩固记忆。因此匹配试验记忆成绩更高。但这种巩固记忆的过程不是本研究的重点,且效应普遍较小(Woodman & Luck, 2007; Han & Kim, 2009)。抑制效应量为负时(20%概率条件),个体不能抑制对匹配分心物的注意,即匹配分心物捕获了注意,从而降低了搜索效率。由于匹配分心物与客体工作记忆内容一致,

因此匹配试验记忆正确率也随之提高。

为了诱发不同水平的抑制动机,我们在实验1中系统地操作了匹配试验概率。该操作可能会使实验结果受到练习的干扰。例如,当匹配试验概率从50%提高到80%时,实验中匹配试验的次数也随之增加了36次。这样在80%概率条件中,被试有更多的机会练习使用抑制策略,从而获得更大的认知控制效用。为了排除练习的干扰,我们将在实验2中保持各条件下匹配试验概率恒定(50%),仅通过改变指导语来操作抑制动机水平。

3 实验2

3.1 方法

22名(10男,12女)大学本科学学生随机分为2组参加实验。年龄19~22岁($M=20.32$, $SD=1.09$)。所有被试的视力或矫正视力正常。实验后,被试获得相应报酬。其中有2名被试表示“实验中匹配试验实际出现的概率与指导语信息不一致”,其数据未纳入统计分析。因此,实际统计分析中每组10人。

实验仪器、材料、设计和程序除以下方面外,与实验1相同。实验2中匹配试验概率条件分为20%和80%两种。两种条件下匹配试验出现概率相同,均占总试次的50%。但被试接收到的指导语信息不同。20%概率条件下,我们告诉被试实验中有20%的试次是匹配试验;而80%概率条件下,我们告诉被试实验中有80%的试次是匹配试验。实验完成后,被试还将报告:(1)指导语中告知的匹配试验概率;(2)实验中匹配试验出现的概率是否符合指导语信息。问题(2)是为了确认指导语中对匹配试验概率

表 2 实验 2 中被试的平均反应时和正确率

匹配试验概率	试验类型	搜索 RT(ms)	搜索正确率(%)	记忆正确率(%)
20%	匹配试验	1343.61	95.50	82.33
	控制试验	1263.43	96.50	80.4
80%	匹配试验	1242.07	97.00	88.83
	控制试验	1353.33	95.67	83.79

的操作有效。如果被试认为“实验中匹配试验出现的概率符合指导语信息”(指导语为 20% 概率条件下匹配试验很少; 而指导语为 80% 概率条件下匹配试验很多), 则表明被试相信指导语信息, 据此调整动机水平来进行操作, 并且在实验过程中没有体验到指导语信息与匹配试验实际出现概率有冲突。所有被试都正确地回答了第一个问题。但有 2 名被试认为实验中匹配试验实际出现的概率与指导语信息不一致, 他们的数据未纳入统计分析。

3.2 结果与分析

表 2 显示了实验 2 中各条件下被试的平均反应时和正确率。对因变量进行 2 (试验类型: 匹配试验和控制试验) $\times$ 2 (匹配试验概率: 20% 和 80%) 混合设计重复测量方差分析。搜索正确率方面, 没有发现任何显著的主效应或交互作用。搜索反应时方面, 匹配试验概率($F(1,18) = .01$)和试验类型主效应($F(1,18) < 1$)均不显著。但两者交互作用显著, $F(1, 18) = 26.02$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.59$ 。简单效应分析结果表明, 20% 概率条件下匹配试验搜索反应时慢于控制试验, $F(1,9) = 17.52$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.66$; 而 80% 概率条件下匹配试验搜索反应时快于控制试验, $F(1,9) = 11.83$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.57$ 。

进一步比较不同条件下认知控制的效用发现, 80% (111.26 ms, $t(9) = 3.45$, $p < 0.01$)与 20% (-80.18 ms, $t(9) = -4.19$, $p < 0.01$) 概率条件下抑制效应量差异显著, $t(19) = -5.10$, $p < 0.001$ (图 4)。

搜索反应时累计概率分布如图 5a 和 5b。对第一个十分位点上的反应时数据进行秩和检验发现, 20% 概率条件下匹配试验搜索反应时($M = 786.79$ ms)慢于控制试验($M = 719.01$ ms), $Z = -2.82$, $p < 0.01$; 80% 概率条件下匹配试验搜索反应时($M = 784.01$ ms)快于控制试验($M = 831.24$ ms), $Z = -2.83$, $p < 0.01$ 。

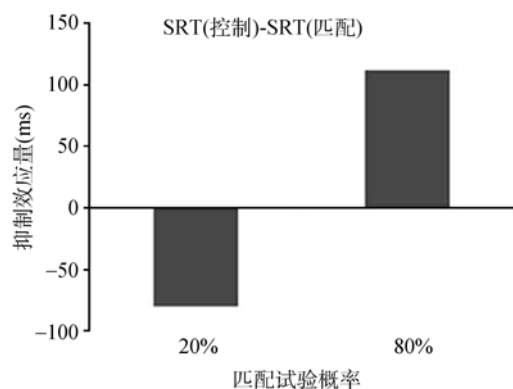


图 4 实验 2 中不同匹配试验概率条件下抑制效应量

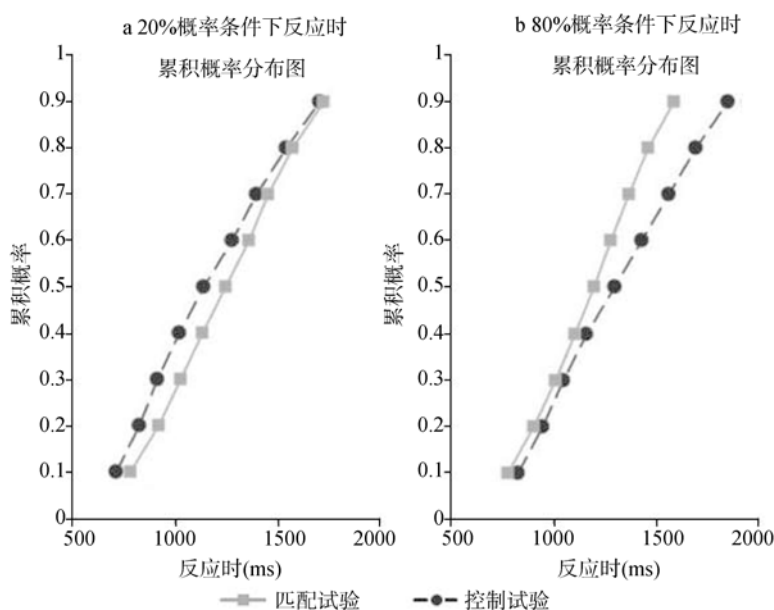


图 5 实验 2 各匹配概率条件下反应时累积概率分布

记忆正确率方面, 试验类型主效应显著, 匹配条件下记忆正确率显著高于控制条件, $F(1,18)=9.37, p<0.01, \eta^2=0.34$ 。匹配试验概率主效应和两变量间交互作用均不显著。

3.2 讨论

实验 2 排除练习的干扰后发现了与实验 1 类似的结果。实验 2 中, 当被试以为匹配试验概率为 20% 时, 匹配试验搜索反应时慢于控制试验, 即匹配分心物捕获了注意; 而当被试以为匹配试验概率为 80% 时, 匹配试验搜索反应时快于控制试验, 即匹配分心物受到了抑制。虽然两种条件下被试接收到的指导语信息不同, 但匹配试验实际出现的次数却始终一样, 均为总试次的 50%。因此, 实验 2 的结果不能用练习来解释, 而是源于不同的指导语信息引发了被试不同水平的抑制动机。随后, 我们将进一步讨论在客体工作记忆对注意的导向过程中抑制动机的作用。

4 总讨论

本研究通过两个实验证明了客体工作记忆内容不一定总能捕获注意。在视觉搜索任务中, 当被试知道客体工作记忆内容永远不可能成为搜索目标时, 将倾向于抑制匹配分心物, 从而促进搜索任务表现, 匹配试验搜索反应时更快。实验 1 通过操作匹配试验出现的概率来诱发不同水平的抑制动机。实验 2 则仅通过改变指导语来调节抑制动机水平, 从而排除练习的干扰。两个实验结果均表明, 当被试的抑制动机水平很低时(20% 概率条件), 匹配分心物会捕获注意, 从而减慢搜索速度; 而当被试的抑制动机水平足够高时(50% 和 80% 概率条件), 匹配分心物会被抑制, 从而加快搜索速度。并且该抑制作用的效应量会随着抑制动机水平的提高而增大。此外, 抑制动机水平还会影响认知控制的时程。随着抑制动机水平的提高, 认知控制介入的时间也将提前。

Olivers 等(2006)曾提出由于客体工作记忆和注意在结构和功能上的高度相似性, 两者可能是同一个认知系统。客体工作记忆和注意在内容上应始终保持一致; 客体工作记忆内容必然会捕获注意。本研究中, 在 20% (实验 1 和实验 2) 概率条件下发现了匹配分心物对注意的捕获效应。如果这种注意捕获的发生是必然的, 那么可以推测客体工作记忆内容的保持是基于注意的。但事实却远非如此。本研究中, 在 50% (实验 1) 和 80% (实验 1 和实验 2) 概率

条件下发现匹配分心物不但没有捕获注意, 反而受到了有效地抑制。并且随着匹配试验概率的提高, 这种抑制作用的效应量也在增大。可见, 客体工作记忆内容对注意的捕获是可以被克服的。Woodman 和 Luck (2007) 也发现当被试明确知道客体工作记忆内容永远只和搜索分心物匹配(而不同于搜索目标)时, 他们将把记忆内容当做一种“需要抑制的刺激”模板, 并通过认知控制来使注意偏离匹配分心物。

综上, 本研究发现: 客体工作记忆内容对注意的导向过程是灵活可控的; 与客体工作记忆内容匹配的刺激既可以捕获注意, 也可以被抑制。当客体工作记忆内容与当前任务目标无关时, 它将被当做“需要抑制的刺激”模板, 使注意偏离与之匹配的刺激。因此, 客体工作记忆内容不一定总是注意的内容。注意在客体工作记忆复述机制中的作用和地位还有待进一步明确。对于这种灵活可控的机制, 抑制动机水平(本研究中通过调节匹配试验概率来操作)不仅会影响认知控制的有效性及其作用大小, 还会影响认知控制介入的时间。该发现在一定程度上弥补了已有研究的不足, 为已有研究的争议给出了新的解释。

如前所述, 已有研究在客体工作记忆内容是否总能捕获注意这一问题上尚未达成一致。一些研究发现客体工作记忆内容对注意的捕获是不随意的; 另一些研究却表明这种注意捕获受到认知控制的调节。为了解释这些互相矛盾的结果, 研究者们考察了诸多外部因素的作用。首先是任务类型的影响(Olivers, Peters, Houtkamp, & Roelfsema, 2011; Peters, Goebel, & Roelfsema, 2008)。当搜索目标固定时, 对目标的保持较为容易, 有多余的资源加工客体工作记忆内容, 匹配分心物能够捕获注意; 当搜索目标在试次间不断变化时, 注意资源全部集中在对目标的保持过程中, 没有资源加工其他项目, 匹配分心物无法捕获注意。如 Olivers (2009) 发现“由记忆导向的注意捕获”仅发生在搜索目标固定的搜索任务中, 而不出现于目标不断变化的搜索任务中。但该解释却不符合我们的实验结果。本研究采用了目标固定的搜索任务。结果发现: 除 20% 概率条件外, 其他条件中匹配分心物不仅没有捕获注意, 反而受到了抑制。类似的, Woodman 和 Luck (2007) 采用目标固定的搜索任务也发现了对匹配分心物的抑制作用(Han & Kim, 2009)。其次, 也有研究者考察刺激类型的影响。Zhang 等(2010)指出当

搜索项目为复杂客体(如不规则图形)时,完成搜索任务将消耗大量资源,与任务无关的项目(如匹配分心物)不会捕获注意;而当搜索项目为简单客体(如彩色方框)时,除完成搜索任务外还有多余资源加工其他项目,匹配分心物将捕获注意。这种解释仍然不符合我们的发现。一方面,本研究使用的刺激是内嵌开口方框的彩色图形。其颜色标准,形状规则,可以归类于简单客体。另一方面,根据 Zhang 等(2010)的观点,注意捕获效应的消失是由于没有多余的资源加工客体工作记忆内容。而本研究却发现匹配分心物会受到抑制。即匹配分心物之所以不能捕获注意,是因为个体利用认知资源进行了自上而下控制,而非资源紧张。此外,刺激强度,任务知觉难度,匹配分心物数量等外部因素也被认为是导致现有矛盾结果的原因(Hu, Xu, & Hitch, 2011; Han & Kim, 2009; Olivers, 2009)

本研究关注内部因素的作用,认为抑制动机是客体工作记忆内容对注意的导向过程中影响认知控制加工的关键因素。抑制动机是指个体进行抑制性认知控制的倾向。抑制动机的影响分为两个层次:(1)有无抑制动机;(2)抑制动机水平的高低。我们首先明确告知被试客体工作记忆内容永远不同于搜索目标,使被试产生了抑制匹配分心物的动机,进而在实验中观察到了对匹配分心物的抑制作用。Woodman 和 Luck (2007)使用相同的指导语操作,也发现了上述抑制作用。可见,当客体工作记忆内容与当前任务无关时,与之匹配的项目会受到抑制。反之,当客体工作记忆内容与目标相关时,与之匹配的项目将自上而下地捕获注意。例如,在 Soto 等(2005)的实验中工作记忆内容可能会与搜索目标匹配。此时,为了更快地找到搜索目标,被试将主动注意与记忆内容匹配的项目,而不存在抑制匹配项目的动机。Carlisle 和 Woodman (2011)采用类似的操作也发现,当记忆项目匹配搜索目标时搜索速度最快;而当记忆项目匹配搜索分心物时搜索速度最慢。即由于记忆项目可能与搜索目标相同,被试便不再抑制与记忆项目匹配的刺激了,而是主动注意它们(Woodman & Luck, 2007 实验 5)。

抑制动机的产生只是诱发抑制性认知控制的前提条件,匹配分心物是否能被有效抑制还取决于被试抑制动机水平的高低。本研究中仅当抑制动机处于中等(50%概率条件)或偏上(80%概率条件)水平时,才发现了显著地抑制作用,即匹配试验搜索反应时快于控制试验。而当抑制动机水平很低时

(20%概率条件),匹配分心物捕获了注意,即匹配试验搜索反应时慢于控制试验。可见,即便被试具有抑制匹配分心物的倾向,当这种抑制动机较弱时,认知控制的作用仍然难以发挥。例如 Olivers (2009)的研究中,虽然也通过指导语明确告知被试记忆项目与搜索目标不同,但由于抑制匹配分心物的难度太大,无法激发较高水平的认知控制动机,因而在结果中观察到了“由记忆导向的注意捕获”效应。Olivers (2009)的实验中匹配分心物始终是一个具有独特颜色的单例刺激。前已述及,对这种匹配分心物的抑制不仅要克服客体工作记忆内容的干扰,还要克服其独特特征带来的干扰。两种干扰作用叠加在一起急剧地加大了认知控制的难度。此外,抑制动机水平不仅会决定认知控制的有效性,还会影响认知控制的效应量。实验 1 中 80%概率条件下抑制作用的效应量大于 50%概率条件,表明抑制作用的效应量随着抑制动机水平的提高而增大。

在时程方面,当自上而下加工的目的是使注意指向客体工作记忆内容时,已有研究发现认知控制可以迅速地介入信息加工过程(Carlisle & Woodman, 2011a; Mannan, Kennard, Potter, Pan, & Soto, 2010)。在 Carlisle 和 Woodman (2011a)的实验中,记忆项目可能会与搜索目标匹配。前已述及,当客体工作记忆内容与任务目标相关时,为了更快地找到目标,被试将主动注意与客体工作记忆内容匹配的刺激。Carlisle 和 Woodman (2011a)发现,即便在非常迅速的信息加工过程中,这种认知控制的作用依然显著。但当自上而下加工的目的是抑制客体工作记忆内容时,已有研究却发现认知控制需要一定的时间才能介入。如 Han 和 Kim (2009)要求被试在保持记忆项目的同时完成一项搜索任务。匹配条件下记忆项目仅与分心物匹配。结果发现对匹配分心物的抑制只发生在相对较慢的信息加工过程中。具体而言,简单搜索任务中信息加工速度很快,认知控制没有时间介入,因此匹配分心物将捕获注意;而复杂搜索任务中信息加工速度相对缓慢,认知控制有充分地时间介入,因此匹配分心物将受到抑制。Hu, Xu 和 Hitch (2011)也发现这种抑制性的认知控制只在准备时间充足时有效。本研究 50%概率条件下的实验结果与上述研究一致。虽然整体上匹配试验搜索反应时快于控制试验,但在反应时极快的试次里匹配试验搜索反应时慢于控制试验。即对匹配分心物的抑制没有发生在短暂迅速的信息加工过程中。不同的是,80%概率条件下,本研究在反

应时极快的试次里也发现了对匹配分心物的抑制作用。该结果表明抑制性认知控制并非只能发生在加工时间较长的认知过程中。当抑制动机足够强时, 认知控制介入的时间可以被提前。这一结果与 Sawaki 和 Luck (2011) 的研究一致。他们发现与当前任务无关的客体工作记忆内容会受到抑制, 并诱发 Pd 成分。Pd 反映了个体对某个刺激的抑制过程。当对某个刺激进行抑制时, 将在刺激出现的对侧脑区(与同侧脑区相比)诱发更大的正电位, 即 Pd 成分(Hickey, Di Lollo, & McDonald, 2009)。该成分一般出现在刺激呈现后 150 ms 到 250 ms。即对客体工作记忆内容的抑制是可以迅速发生的。但 Sawaki 和 Luck (2011) 的研究并没有采用视觉搜索任务, 而只是要求被试注视那些与任务无关的客体工作记忆内容。因此, 在视觉搜索这类更复杂的任务中抑制性认知控制的时程特点还有待进一步明确。后续研究可以利用时间精度较高的研究手段(如 ERP 技术)来探讨这一问题。

关于上述抑制性认知控制的产生机制方面, Bundesen (1990) 的视觉注意理论(TVA)提供了一种合理的解释。Bundesen (1990) 指出, 工作记忆内容既可以被赋予较高的注意权重从而使与之匹配的刺激获得更多的注意, 也可以被赋予极低(甚至为零)的注意权重从而防止与之匹配的刺激获取注意。本研究中, 由于记忆项目只与搜索分心物匹配(而不同于目标), 客体工作记忆内容将被赋予极低的注意权重。这一过程帮助被试抑制了对匹配分心物的注意, 从而能够更快找到目标。当被试完成搜索任务后, 刺激序列不会立即消失。此时, 为了促进随后的记忆任务表现, 客体工作记忆内容的注意权重会被迅速提高。这一过程帮助被试在完成搜索任务后主动注意匹配分心物以巩固记忆, 进而提高记忆成绩。本研究 50% 和 80% 概率条件下的实验结果支持该假设: 匹配试验中, 不仅搜索反应时快于控制试验, 记忆正确率也高于控制试验。

5 结论

本研究通过两个实验验证了客体工作记忆内容对注意的导向过程是灵活可控的; 与客体工作记忆内容匹配的刺激既可以捕获注意, 也可以被抑制。更重要的是, 在客体工作记忆内容对注意的导向过程中, 抑制动机是影响认知控制作用的关键因素。一方面, 抑制动机水平的高低会影响认知控制的有效性; 另一方面, 随着抑制动机水平的提高,

认知控制不仅会获得更大的效应量, 其介入信息加工过程的时间也会提前。

参 考 文 献

- Anderson, E. J., Mannan, S. K., Rees, G., Sumner, P., & Kennard, C. (2010). Overlapping functional anatomy for working memory and visual search. *Experimental Brain Research*, 200, 91–107.
- Awh, E., Jonides, J., & Reuter-Lorenz, P. A. (1998). Rehearsal in spatial working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 780–790.
- Awh, E., Vogel, E. K., & Oh, S. H. (2006). Interactions between attention and working memory. *Neuroscience*, 139, 201–208.
- Baddeley, A. D. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist*, 7(2), 85–97.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 829–839.
- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, 97, 523–547.
- Carlisle, N. B., Arita, J. T., Pardo, D., & Woodman, G. F. (2011). Attentional templates in visual working memory. *The Journal of Neuroscience*, 31(25), 9315–9322.
- Carlisle, N. B., & Woodman, G. F. (2011a). Automatic and strategic effects in the guidance of attention by working memory representations. *Acta Psychologica*, 137(2), 217–225.
- Carlisle, N. B., & Woodman, G. F. (2011b). When memory is not enough: Electrophysiological evidence for goal-dependent use of working memory representations in guiding visual attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(10), 2650–2664.
- Cowan, N. (2000). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87–185.
- Downing, P. (2000). Interactions between visual working memory and selective attention. *Psychology Science*, 11(6), 467–473.
- Downing, P., & Dodds, C. (2004). Competition in visual working memory for control of search. *Visual Cognition*, 11(6), 689–703.
- Han, S. W., & Kim, M. S. (2009). Do the contents of working memory capture attention? Yes, but cognitive control matters. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(5), 1292–1302.
- Hickey, C., Di Lollo, V., & McDonald, J. J. (2009). Electrophysiological indices of target and distractor processing in visual search. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(4), 760–775.
- 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, 426–442.
- Hu, Y. M., Xu, Z., & Hitch, J. G. (2011). Strategic and automatic effects of visual working memory on attention in visual search. *Visual Cognition*, 19(6), 799–816.
- Huang, L. Q., & Pashler, H. (2007). Working memory and the guidance of visual attention: Consonance-driven orienting. *Psychonomic Bulletin and Review*, 14(1), 148–153.

- Kumar, S., Soto, D., & Humphreys, G. W. (2011). Electrophysiological evidence for attentional guidance by the contents of working memory. *European Journal of Neuroscience*, 30, 307–317.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279–281.
- Mannan, S. K., Kennard, C., Potter, D., Pan, Y., & Soto, D. (2010). Early oculomotor capture by new onsets driven by the contents of working memory. *Vision Research*, 50, 1590–1597.
- Mayer, J. S., Bittner, R. A., Nikolić, D., Bledowski, C., Goebel, R., & Lindena, D. E. J. (2007). Common neural substrates for visual working memory and attention. *NeuroImage*, 36, 441–453.
- Müller, H. J., Geyer, T., Zehetleitner, M., & Krummenacher, J. (2009). Attentional capture by salient color singleton distractors is modulated by top-down dimensional set. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(1), 1–16.
- 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, 1275–1291.
- 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.
- 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., & Soto, D. (2011). The modulation of perceptual selection by working memory is dependent on the focus of spatial attention. *Vision Research*, 50, 1437–1444.
- Peters, J., Goebel, R., & Roelfsema, P. R. (2008). Remembered but unused the accessory items in working memory that do not guide attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(6), 1081–1091.
- Postle, B. R., Awh, E., Jonides, J., Smith, E. E., & D'Esposito, M. (2004). The where and how of attention-based rehearsal in spatial working memory. *Cognitive Brain Research*, 20, 194–205.
- Sawaki, R., & Luck, S. J. (2011). Active suppression of distractors that match the contents of visual working memory. *Visual Cognition*, 19(7), 956–972.
- Soto, D., Wriglesworth, A., Bahrami-Balani, A., & Humphreys, G. W. (2010). Working memory enhances visual perception: Evidence from signal detection analysis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(2), 441–456.
- 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., Mok, A. Y. F., McRobbie, D., Quest, R., Waldman, A., & Rotshtein, P. (2011). Biasing visual selection: Functional neuroimaging of the interplay between spatial cueing and feature memory guidance. *Neuropsychologia*, 49, 1537–1543.
- Stigchel, S. V., Belopolsky, A. V., Peters, J. C., Wijnen, J. G., Meeter, M., & Theeuwes, J. (2009). The limits of top-down control of visual attention. *Acta Psychologica*, 132(3), 201–212.
- Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychologica*, 135(2), 77–99.
- Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2003). Serial deployment of attention during visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29, 121–138.
- 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.
- Woodman, G. F. (2010). A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(8), 2031–2046.
- Yantis, S., & Johnson, D. N. (1990). Mechanisms of attentional priority. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 812–825.
- Zhang, B., Zhang, J. X., Kong, L. Y., Huang, S., Yue, Z. Z., & Wang, S. P. (2010). Guidance of visual attention from working memory contents depends on stimulus attributes. *Neuroscience Letters*, 486, 202–206.
- 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.]

Guidance of Working Memory on Attention: The Effects of Inhibition Incentive

HU Yanmei¹; ZHANG Ming¹; XU Zhan²; LI Biqin¹

(¹ School of Psychology, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

(² School of Psychology, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract

Although items matching the contents of visual object working memory (VOWM) could automatically capture attention, whether it is obligatory remains an opening question. With two experiments, we aimed to

investigate whether this guidance effect could be affected by top-down inhibitory control.

The participants were instructed to remember a visual object item for a change-detection test after a short delay. During the retention interval, the participants were required to seek a target stimulus among five distractors. One of the crucial manipulations was the presence or absence of distractors in the search array matching the memory items. In Experiment 1, we varied the proportion of matching trials across different experimental groups to induce different levels of inhibition incentive. As the memory item would never match the search target, it's highly likely that the participants would draw attention away from the memory-matching distractors. And this effect would be more pronounced in the condition of high inhibition incentive. In Experiment 2, we instructed different proportions of matching trials to different groups while keeping the actual proportion constant across groups to further ruled out the interference of practice.

The main results showed, when the level of inhibition incentive was relatively low, search RTs were shorter in matching trials in comparison of that in control trials, demonstrating a classical memory-based attention capture effect by the memory-matching distractors. However, when the level of inhibition incentive was high enough, search RTs were faster in matching trials, suggesting a memory-based attention inhibition effect by the top-down control. Furthermore, the effects of the top-down inhibitory control were more in evidence and appeared earlier, when the inhibition incentive was extremely high.

The results, thus, demonstrates: 1) the VOWM guidance effect is not obligatory. Instead, it's a flexible mechanism that could be modulated by the top-down inhibitory control. And 2) this top-down control can be modulated by the level of inhibition incentive in terms of its effectiveness, efficiency and time course.

Key words object working memory; attention; inhibition incentive