

# 工作记忆负载对位置干扰 子激活加工和抑制加工的影响\*

胡耿丹<sup>1,2</sup> 金志成<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 华南师范大学心理应用研究中心, 广州 510631) (<sup>2</sup> 广州体育学院运动与健康系, 广州 510500)

**摘要** 针对工作记忆(WM)负载对干扰子加工的影响存在认知控制机制和负载特异机制两种分歧观点的争议及 Park 等人的负载特异机制研究中存在的不足,文章尝试采用干扰效应和负启动效应双指标考察了三种不同类型的 WM 负载对位置干扰子加工的影响。结果表明,WM 负载对位置干扰子加工的影响存在双重作用机制(认知控制机制和负载特异机制);目标刺激与干扰子刺激的属性一致时,亦可得出负载特异机制观点,且可将 WM 任务与选择性注意任务之间竞争的资源锁定为知觉处理资源;导致上述两种观点争议的原因是以往研究未将干扰子加工过程分离为激活加工阶段和抑制加工阶段来考察;用双指标分离干扰子加工阶段的研究思路和方法不但可解决这两种观点的争议且可为两者的统合奠定基础。

**关键词** 位置干扰子;干扰子加工;工作记忆负载;激活加工;抑制加工

**分类号** B842.3

## 1 前言

选择性注意是人类认知加工过程中的重要一环,其作用是将注意力放在与任务相关的信息上,同时忽略与任务无关的干扰子,以确保有限的认知资源得以高效运行(Downing, 2000)。因此,有关干扰子加工一直是选择性注意研究中的热点。早期研究表明,增加目标刺激与干扰子刺激之间的空间距离(Eriksen, 1974)、将目标刺激和干扰子刺激分别组成不同客体(Kramer & Jacobson, 1991)、提供有效空间线索(Chen, 2003)、增加知觉负载(Lavie, 1995)均可降低选择性注意中干扰子的干扰效应。

近期研究显示,WM 在调控干扰子加工过程中同样起到重要的作用。Lavie 等人探讨了 WM 负载对干扰子加工的影响(Lavie, 2000; Lavie, Hist, De Forkert, & Viding 2004; Lavie, 2005)。如要求被试在 WM 中保持 1 位数字(低 WM 负载)或 6 位数字(高 WM 负载),并同时进行了字母辨别的选择性注意任务,以观察 WM 负载对字母 Flanker 干扰(侧抑干扰)的影响。结果表明高 WM 负载条件下 Flanker 干扰效应显著性增加。据此,Lavie 于 2000 年初步提出了认知控制机制(cognitive control mechanism)

观点,随后,Lavie 及其同事又进一步充实了该机制观点(Lavie, Hist, De Forkert, & Viding 2004; Lavie, 2005),认为 WM 在选择性注意任务中起维持目标刺激与干扰子刺激之间差别的作用,即将目标刺激的优先性保存起来,以区分选择性注意任务中目标刺激与干扰子刺激,进而抑制干扰子反应。在高 WM 负载下被试因为无足够资源来抑制干扰子,干扰子就会出现更大的干扰效应。De Fockert, Rees, Frith 和 Lavie(2001)的研究为 Lavie 等人(2000, 2004, 2005)的观点提供了脑成像证据。

然而,有些学者对 Lavie 等人(2000, 2004, 2005)的认知控制机制观点提出质疑,认为不同类型的 WM 负载对干扰子的干扰效应会产生不同的影响。张鹏(2006)研究表明,当 WM 任务与选择性注意任务使用的信息不一致时(如 WM 任务使用的信息为言语信息,选择性注意任务使用的信息为空间信息),这两种任务之间不存在资源竞争,致使 WM 负载不会影响干扰子的干扰效应;而当 WM 任务与选择性注意任务使用的信息一致时(如 WM 任务与选择性注意任务使用的信息均为言语信息),这两种任务之间存在资源竞争,致使 WM 负载会对干扰子的干扰效应产生影响。此外,视觉搜索研究

也表明不同类型的 WM 负载对视觉搜索也会产生不同的影响,如客体 WM 负载对同时进行的视觉搜索不会产生影响,而空间 WM 负载对视觉搜索却会产生影响。这是因为空间 WM 任务与视觉搜索任务之间存在资源竞争,随着 WM 负载的增加,这种竞争会导致视觉搜索速度变慢(Woodman, Vogel, & Luck, 2001; Woodman & Luck, 2004)。Kim, Kim 和 Chun(2005)通过行为实验观察了不同类型的 WM(如言语 WM、空间 WM)负载对不同性质的选择性注意(如目标刺激为言语信息,而干扰子刺激为空间信息)的影响。结果显示,当言语 WM 负载信息与言语目标信息的属性一致时,随着 WM 负载增加,干扰子的干扰效应也会增加;当空间 WM 负载信息与空间干扰子信息的属性一致时,随着 WM 负载增加,干扰子的干扰效应反而会下降。随后, Park, Kim 和 Chun(2007)则通过脑成像技术验证了 Kim 等人(2005)的实验结果。Park 等人(2007)据此提出了负载特异机制(specific load mechanism)的观点,认为 WM 负载对干扰子加工的影响取决于 WM 任务与选择性注意任务之间是否存在资源竞争,这种竞争机制受 WM 负载类型的影响,具有领域特异性。可见,负载特异机制中 WM 任务与选择性注意任务之间的资源竞争可分两种情况。其一是 WM 任务与整体选择性注意任务之间的资源竞争,该资源竞争条件下选择性注意中目标刺激与干扰子刺激的属性相一致;其二是 WM 任务与局部选择性注意任务之间的资源竞争,该资源竞争条件下选择性注意中目标刺激与干扰子刺激的属性不一致。

综上所述,关于 WM 负载对干扰子加工影响的机制目前存在着两种争议观点。其一是认知控制机制观点,认为 WM 对干扰子起抑制作用,这种抑制机制不受 WM 负载类型的影响,具有领域普遍性;其二是负载特异机制观点,认为 WM 任务与选择性注意任务之间是否存在资源竞争会导致不同的干扰效应,这种竞争机制受 WM 负载类型的影响,具有领域特异性。对得出这两种观点的实验进行系统分析和归因后,我们推测导致这两种观点争议的原因可能是以往的研究未将干扰子加工过程分离为不同的加工阶段来考察。

已有研究显示,干扰子的加工过程可分离为激活和抑制两个加工阶段(Keel & Neill, 1978; Lavie, 1995; Lavie, 2000; Lavie, Hirst, De Fockert, & Viding, 2004; Lavie, 2005)。例如,激活-抑制注意模

型认为,在选择性注意任务中初始刺激呈现时,无论是目标刺激还是干扰子刺激都会被激活,随后与任务无关的干扰子的内在表征会得到积极主动的抑制,且这种抑制会向与其有关的结点扩散,表现出扩散抑制(spreading inhibition)机制(Keel & Neill, 1978)。显然,该模型提示干扰子的加工过程存在激活和抑制两个对立的加工阶段。再如, Lavie 等人(1995, 2000, 2004, 2005)的系列研究表明,干扰子在早期受到知觉处理资源的作用而被激活(知觉负载观点),在晚期它又受到认知控制资源的作用而被抑制(认知控制机制观点)。可见, Lavie 等人(1995, 2000, 2004, 2005)的研究结果也提示干扰子加工过程可分离为激活和抑制两个加工阶段,并分别受知觉处理资源和认知控制资源的作用。

应指出的是,以往涉及认知控制机制观点和负载特异机制观点的实验研究既用干扰效应指标来表征干扰子的激活加工,也用其来表征干扰子的抑制加工(Kim, Kim, & Chun, 2005; Park, Kim, & Chun, 2007; Lavie, 2000; Lavie, Hirst, De Fockert, & Viding, 2004; Lavie, 2005),这种采用同一指标来表征干扰子的两种对立加工的做法显然易引起混淆,在方法学上存在明显缺陷。这些实验研究可分为两类,一类仅通过干扰效应指标来探讨干扰子的激活加工,而另一类也仅通过干扰效应指标来探讨干扰子的抑制加工。但这两类实验均是不在同一实验条件下进行的,即这两类研究均未在同一实验条件下对干扰子的激活加工和抑制加工进行考察,致使以往这些研究难以就 WM 负载对干扰子的激活加工和抑制加工影响的作用机制进行深入的比较和探讨。这提示必须探寻更有效的独立指标在同一实验条件下来分别表征干扰子的激活加工和抑制加工。Neill(1977)首创的负启动实验方法为研究干扰子的抑制加工提供了负启动途径。一些研究结果显示,在不出现干扰效应的情况下,却能观察到显著性的负启动效应(Drive & Tipper, 1989; 张达人, 张鹏远, 陈湘川, 1998; Catena, Fuentes, & Tudela, 2002)。这表明在表征干扰子抑制加工方面负启动效应指标比干扰效应指标更敏感、更全面。此外,在认知神经科学研究领域中,较多的研究采用干扰效应指标来表征干扰子的激活加工(O' Connor, Fukui, Pinsk, & Kastner, 2002; Schwartz, Veilleumier, Hutton, Maravita, Dolan, & Driver, 2005; Rorden, Guerrini, Swainson, Lazzari, & Baylis, 2008),较少的研究采用干扰效应指标来表征干扰子的抑制

加工,且这种趋势越来越明显。由于认知神经科学的研究方法和实验数据比行为实验的研究方法和实验数据更直接、更准确,因此这种趋势表明干扰效应指标可能是表征干扰子激活加工的有效指标。可见,只有至少从干扰效应和负启动效应双指标入手,在同一实验条件下来考察干扰子激活加工和抑制加工,才有可能解决认知控制机制观点与负载特异机制观点之间的争议,进而更深入地揭示 WM 负载对干扰子加工影响的作用机制。

此外,我们对 Park 等人(2007)的负载特异机制研究进行系统分析后,发现其存在两点不足:①他们的负载特异机制观点是只通过考察“选择性注意中目标刺激与干扰子刺激的属性不一致”情况下干扰子的干扰效应而得出的,尚未被验证是否适合“选择性注意中目标刺激与干扰子刺激的属性相一致”情况下干扰子的干扰效应;②他们的研究结果未具体指出负载特异机制中 WM 任务与选择性注意任务之间竞争的是何种资源。

基于上述分析可知,认知控制机制与负载特异机制两种观点之争以及 Park 等人(2007)的负载特异机制研究中存在的不足,是当前 WM 负载对干扰子加工影响的研究领域中迫切需要解决的焦点问题。故本研究目的有二:①试图采用干扰效应和负启动效应双指标的研究方法,在同一实验条件下将干扰子加工过程分离为激活和抑制两个加工阶段,通过三个实验分别考察空间 WM、客体 WM 和言语 WM 负载对干扰子激活加工和抑制加工的影响,旨在解决认知控制机制观点与负载特异机制观点之间的争议。②通过探讨“选择性注意中目标刺激与干扰子刺激的属性相一致”情况下干扰子的干扰效应,以印证和完善 Park 等人(2007)的负载特异机制观点。鉴于选择性注意中干扰子抑制包括特性抑制和位置抑制,且位置抑制具有稳定性,不易受个体年龄差异的影响(Milliken, Joordens, & Merikle, 1998),故本研究仅考察 WM 负载对位置干扰子激活加工和抑制加工的影响。WM 负载对特性干扰子激活加工和抑制加工的影响将另撰文报道。

## 2 实验 1 空间 WM 负载对位置干扰子激活加工和抑制加工的影响

### 2.1 被试

广州体育学院 16 名本科生,男 9 名,女 7 名,年龄 17~20 岁。视力或矫正视力正常,以往均未参加过类似实验。被试完成实验后可获 10 元报酬。

### 2.2 仪器与刺激

实验在奔腾 IV 的 IBM 微机上运行,屏幕背景为白色,分辨率为  $1024 \times 768$  像素,刷新率为 75Hz。用 E-Prime 1.1 编写实验程序。被试与屏幕之间距离约 57cm。

实验刺激包括注视点刺激、记忆启动刺激、注意启动刺激、注意探测刺激和记忆探测刺激。注视点刺激为红色“+”,视角约  $0.7^\circ \times 0.7^\circ$ 。记忆启动刺激为 1 个或 3 个黑圆点,圆点直径视角约  $0.53^\circ$ 。这些圆点可能出现在一个视角约  $8^\circ \times 8^\circ$  的方阵矩形内任意一个位置。注意启动刺激为屏幕上呈现的四条黑色短线。这些短线代表四个位置,并分别与键盘上的四个键一一对应:“左上”位置对应“E”键,“左下”位置对应“D”键,“右上”位置对应“I”键,“右下”位置对应“K”键。每条短线视角约  $1.5^\circ$ 。若黑线上方呈现“0”时,则该黑线所在的位置为目标位置;若黑线上方呈现“+”时,则该黑线所在位置为干扰子位置。“0”和“+”的视角约为  $0.4^\circ \times 0.4^\circ$ 。注意探测刺激的呈现方式与注意启动刺激的呈现方式相同。记忆探测刺激是由 1 个黑圆点组成,其呈现方式及大小与记忆启动刺激的呈现方式相同。

### 2.3 设计

本实验采用  $2 \times 2 \times 2$  三因素被试内嵌套设计。因素一为 WM 负载水平,包括低负载和高负载 2 个水平,低负载条件下要求被试在 WM 中保持 1 个空间位置,高负载条件下则要求被试同时保持 3 个空间位置。因素二为注意启动显示的干扰条件,分启动中性和启动干扰 2 个水平,启动中性条件下只呈现目标位置,不呈现干扰子位置;而启动干扰条件下则同时呈现目标位置和干扰子位置。因素三为注意探测显示的负启动条件,嵌套在因素二的启动干扰水平中(因为只有当注意启动显示中的目标位置和干扰子位置同时呈现时方能测量负启动效应),分探测对照和探测重复 2 个水平。探测对照条件下,注意探测显示中的目标位置和干扰子位置是与注意启动显示中的目标位置和干扰子位置无关的新位置;探测重复条件下,注意探测显示中的目标位置就是注意启动显示中的干扰子位置,而注意探测显示中的干扰子位置为注意启动显示中目标位置和干扰子位置未占据的新位置。因变量是选择性注意中的反应时,而错误率是本实验的一个参考指标。

### 2.4 程序

本实验程序见图 1 上方所示。首先在屏幕中心

出现红色注视点“+”,持续 500ms;然后呈现记忆启动显示,即在屏幕中心方框内出现 1 个或 3 个圆点图形 1200ms,要求被试记住圆点的分布位置;接着出现红色注视点“+”并延迟 1000ms;随后呈现注意启动显示,由一个目标位置和一个干扰子位置(或只有目标位置)组成,要求被试对目标位置尽快做出按对应键反应,忽略干扰子位置;反应完成后延迟 200ms,接着呈现注意探测显示,也是要求被试对目标位置尽快做出按对应键反应,忽略干扰子位置;反应结束后再延迟 200ms,紧接着显现一个红色注视点“+”并延迟 500ms;最后呈现记忆探测显示,即在屏幕上出现一个圆点,要求被试判断该圆点所处的位置是否在记忆启动显示中出现过,如出现过,按“J”键,如未出现过,则按“F”键。记录注意启动显示、注意探测显示中被试的反应时和反应正误,以及

记忆探测显示中被试的反应正误。

本实验中,练习实验测试为 30 次,正式实验测试为 192 次。正式实验分高负载与低负载两组,每组测试次数均为 96 次。每组的干扰条件中,启动中性测试为 32 次,启动干扰测试为 64 次。负启动条件嵌套在启动干扰测试中,故负启动条件测试次数等于启动干扰测试次数,即探测重复和探测对照测试次数均为 32 次。WM 负载水平、干扰条件和负启动条件这三个因素的所有测试均混合随机呈现。在 50% 的测试中,记忆探测的位置刺激与记忆启动的某一位置刺激相同,另 50% 的测试中,记忆探测的位置刺激与记忆启动的位置刺激完全不同。正式实验分 5 个阶段,每阶段之间休息 1min。整个实验约需 45min。

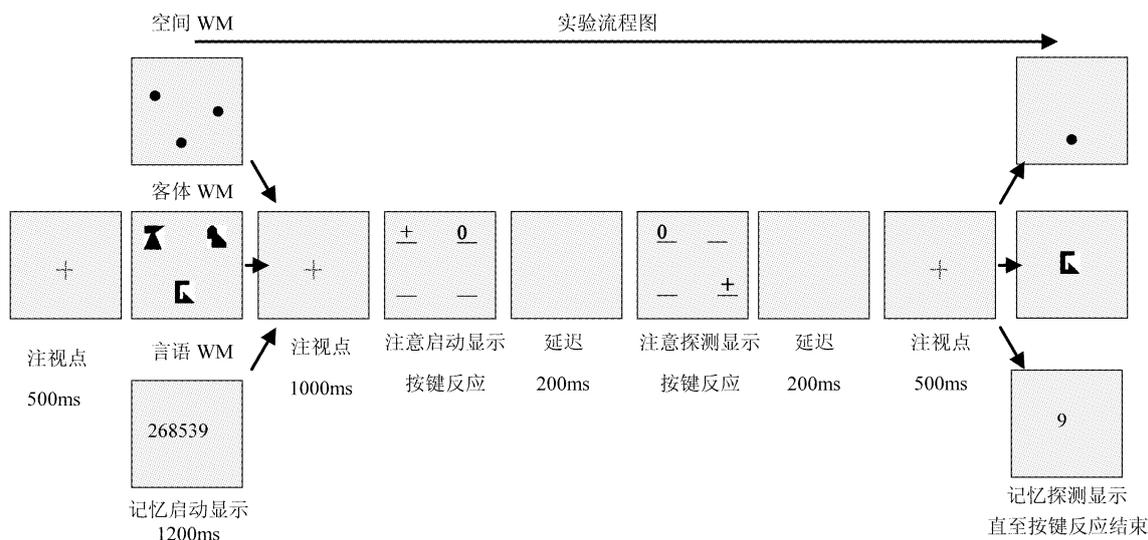


图1 三种不同类型的 WM 负载条件下的实验流程图

注:三种不同类型的 WM 负载均采用相同的注意启动和注意探测程序,如本图中间部分所示。

## 2.5 结果

本研究所有实验数据均通过 SPSS 11.5 统计软件包进行处理。显著性差异水平设置为  $\alpha = 0.05$ 。在数据实际处理中,主要有三种显著性判别标准。①  $p < 0.05$  或  $p < 0.01$  或  $p < 0.001$  表示差异有显著性,且  $p$  越小,表示显著性程度越高;②  $p$  值在 0.05 ~ 0.1 之间,表示差异有边缘显著性;③  $p > 0.05$  实际上表示  $p > 0.1$ ,意在说明检验结果在数据统计上未达到边缘显著性水平。

本实验需进行两次  $2 \times 2$  重复测量的方差分析。通过因素一(WM 负载水平)、因素二(干扰条件)分析,可检验高/低 WM 负载对干扰子干扰效应的影

响;通过因素一(WM 负载水平)、因素三(负启动条件)分析,可检验高/低 WM 负载对干扰子负启动效应的影响。实验结果见表 1。

**2.5.1 干扰效应**  $2$ (WM 负载水平:高负载和低负载)  $\times 2$ (干扰条件:启动干扰和启动中性)的重复测量方差分析结果显示,干扰条件的主效应显著,  $F(1, 15) = 6.70, p < 0.05$ ; WM 负载水平的主效应显著,  $F(1, 15) = 6.56, p < 0.05$ ,高负载下反应时比低负载下反应时多 18.3ms; WM 负载水平与干扰条件的交互作用显著,  $F(1, 15) = 4.71, p < 0.05$ 。简单效应检验结果表明,高负载下干扰条件的简单效应不显著,  $F(1, 15) = 1.01, p > 0.05$ ,干扰子未出现

干扰效应;而低负载下干扰条件的简单效应显著, $F(1,15) = 11.07, p < 0.01$ ,干扰子出现了干扰效应,

启动干扰反应时比启动中性反应时多 26.5ms。提示空间 WM 负载会影响位置干扰子的干扰效应。

表 1 在空间 WM 的两种负载水平下,干扰条件与负启动条件的反应时均值与标准差(ms)

WM 负载水平	干扰条件			负启动条件		
	启动干扰	启动中性	干扰效应	探测重复	探测对照	负启动效应
低负载	596.1 ± 93.1	569.6 ± 79.6**	26.5	558.5 ± 96.0	535.1 ± 90.2###	23.4
高负载	605.1 ± 98.2	597.2 ± 90.1	7.9	554.8 ± 94.8	552.9 ± 95.9	1.9

注:\*表示启动干扰与启动中性之间的均值差异有显著性, $p < 0.05$ ;\*\*表示启动干扰与启动中性之间的均值差异有显著性, $p < 0.01$ ;###表示探测重复与探测对照之间的均值差异有显著性, $p < 0.001$ 。干扰效应 = 启动干扰均值 - 启动中性均值,负启动效应 = 探测重复均值 - 探测对照均值。下同。

**2.5.2 负启动效应** 2(WM 负载水平:高负载和低负载) × 2(负启动条件:探测重复和探测对照)的重复测量方差分析结果显示,负启动条件的主效应显著, $F(1,15) = 7.03, p < 0.05$ ;WM 负载水平的主效应不显著, $F(1,15) = 1.11, p > 0.05$ ;WM 负载水平与负启动条件的交互作用显著, $F(1,15) = 4.40, p < 0.05$ 。简单效应检验结果表明,高负载下负启动条件的简单效应不显著, $F(1,15) = 0.060, p > 0.05$ ,干扰子未出现负启动效应;而低负载下负启动条件的简单效应显著, $F(1,15) = 16.59, p < 0.001$ ,干扰子出现了负启动效应,探测重复反应时比探测对照反应时多 23.4ms。提示空间 WM 负载会影响

位置干扰子的负启动效应。

**2.5.3 错误率** 本研究结果是建立在选择性注意任务反应时数据的基础上,故所有错误率数据均与选择性注意任务中反应时数据进行比较,以此探测选择性注意任务中是否发生反应正确率与反应时之间的权衡问题。错误率包括三类:第一类为 WM 任务的错误率,指在记忆探测显示时被试对 WM 任务的错误反应率;第二类为干扰条件的错误率,指在注意启动显示时被试错误选择目标位置的错误率;第三类为负启动条件的错误率,指在注意探测显示时被试错误选择目标位置的错误率。实验 1~3 中各条件下的错误率详见表 2。

表 2 实验 1~3 中各 WM 的两种负载水平下,WM 任务、干扰条件、负启动条件的错误率( $M \pm SD$ )

实验序号	WM 类型	WM 负载水平	WM 任务的错误率(%)	干扰条件错误率(%)		负启动条件错误率(%)	
				启动干扰	启动中性	探测重复	探测对照
实验 1	空间 WM	低负载	4.0 ± 3.6	0.5 ± 1.0	0.2 ± 0.9	1.8 ± 2.8	0.4 ± 1.3
		高负载	11.0 ± 8.4**	0.5 ± 1.1	0.2 ± 0.9	1.1 ± 1.7	0.4 ± 1.3
实验 2	客体 WM	低负载	7.8 ± 6.4	1.5 ± 4.0	1.3 ± 2.5	1.9 ± 3.4	1.4 ± 3.1
		高负载	15.1 ± 7.5***	1.8 ± 4.1	1.3 ± 2.3	2.5 ± 7.3	1.3 ± 4.4
实验 3	言语 WM	低负载	8.2 ± 9.5	0.45 ± 1.5	0.5 ± 1.2	0.5 ± 1.2	0.5 ± 1.3
		高负载	7.1 ± 7.5	0.45 ± 1.2	0.7 ± 1.5	0.5 ± 1.7	0.5 ± 1.3

注:\*\*表示高负载下 WM 任务的错误率与低负载下 WM 任务的错误率之间的均值差异有显著性, $p < 0.01$ ;\*\*\*表示高负载下 WM 任务的错误率与低负载下 WM 任务的错误率之间的均值差异有显著性, $p < 0.001$ 。

由表 2 可知实验 1 中的三类错误率数据。其中,第一类错误率的配对样本  $t$  检验结果显示,高负载条件下空间 WM 任务的错误率比低负载条件下空间 WM 任务的错误率高 7%, $t(15) = 4.36, p < 0.01$ 。第二类错误率的方差分析结果显示,WM 负载水平、干扰条件及两者交互作用的统计结果均无显著性差异, $p > 0.05$ 。第三类错误率的方差分析结果显示,WM 负载水平、负启动条件及两者交互作用的统计结果均无显著性差异, $p > 0.05$ 。上述结果表明,实验 1 不存在反应正确率 - 反应时的权衡问题,

即实验 1 基于反应时的分析是可靠的。

### 3 实验 2 客体 WM 负载对位置干扰子激活加工和抑制加工的影响

#### 3.1 被试

广州大学 12 名本科生,男 6 名,女 6 名,年龄 18~20 岁。视力或矫正视力正常,以往均未参加过类似实验。被试完成实验后可获 10 元报酬。

#### 3.2 仪器与刺激

本实验的仪器、编程软件、实验室环境同实验

1。注意刺激和注视点刺激亦同实验 1,但记忆启动刺激和记忆探测刺激与实验 1 有明显差别,呈现的记忆刺激为客体 WM 刺激。这些刺激由难以命名的无意义图形组成,其作用是控制言语复述的干扰。每个无意义图形视角为  $1.2^\circ \times 1.2^\circ$ 。记忆启动刺激为 1 个或 3 个图形,记忆探测刺激为 1 个图形。

### 3.3 设计

本实验的自变量、因变量、实验设计同实验 1。

表 3 在客体 WM 的两种负载水平下,干扰条件与负启动条件的反应时均值与标准差 (ms)

WM 负载水平	干扰条件			负启动条件		
	启动干扰	启动中性	干扰效应	探测重复	探测对照	负启动效应
低负载	527.8 ± 39.6	521.3 ± 37.7	6.5	489.1 ± 44.4	464.7 ± 46.3 <sup>###</sup>	24.4
高负载	546.0 ± 40.2	537.2 ± 25.1	8.8	491.0 ± 52.6	489.4 ± 47.7	1.6

**3.5.1 干扰效应** 2(WM 负载水平:高负载和低负载) × 2(干扰条件:启动干扰和启动中性)的重复测量方差分析显示,干扰条件的主效应不显著,  $F(1,11) = 1.95, p > 0.05$ ; WM 负载水平的主效应显著,  $F(1,11) = 9.52, p < 0.01$ ,高负载下反应时比低负载下反应时多 17.1ms; WM 负载水平与干扰条件的交互作用不显著,  $F(1,11) = 0.050, p > 0.05$ ,提示客体 WM 负载不会影响位置干扰子的干扰效应。

**3.5.2 负启动效应** 2(WM 负载水平:高负载和低负载) × 2(负启动条件:探测重复和探测对照)的重复测量方差分析显示,负启动条件的主效应显著,  $F(1,11) = 11.72, p < 0.01$ ; WM 负载水平的主效应显著,  $F(1,11) = 5.45, p < 0.05$ ; WM 负载水平与负启动条件的交互作用显著,  $F(1,11) = 6.54, p < 0.05$ 。简单效应检验结果表明高负载下负启动条件的简单效应不显著,  $F(1,11) = 0.070, p > 0.05$ ,干扰子未出现负启动效应;而低负载下负启动条件的简单效应显著,  $F(1,11) = 20.04, p < 0.001$ ,干扰子出现了负启动效应,探测重复反应时比探测对照反应时多 24.4ms。提示客体 WM 负载会影响位置干扰子的负启动效应。

**3.5.3 错误率** 本实验的三类错误率分析方法同实验 1,三类错误率数据详见表 2。第一类错误率的配对样本  $t$  检验结果显示,高负载条件下客体 WM 任务的错误率比低负载条件下客体 WM 任务的错误率高 7.3%,  $t(11) = 6.20, p < 0.001$ 。第二类错误率和第三类错误率的方差分析结果显示,各条件下的错误率均无显著性差异,  $p > 0.05$ 。这表明实验 2 不存在反应正确率 - 反应时的权衡问题。

### 3.4 程序

本实验的记忆任务要求被试记住 1 个或 3 个图形的形状,而不要求被试记住图形的位置。实验流程亦同实验 1,详见图 1 中间。

### 3.5 结果

本实验的数据处理过程及方法同实验 1。实验结果见表 3。

## 4 实验 3 言语 WM 负载对位置干扰子激活加工和抑制加工的影响

### 4.1 被试

广州体育学院 15 名本科生。其中 1 名被试在实验过程中因计算机故障致其数据未被记录。其余 14 名为有效被试,男 7 名,女 7 名,年龄 18 ~ 23 岁。视力或矫正视力正常,以往均未参加过类似实验。被试完成实验后可获 10 元报酬。

### 4.2 仪器与刺激

本实验的仪器、编程软件、实验室环境同实验 1。注意刺激和注视点刺激亦同实验 1,但记忆启动刺激和记忆探测刺激与实验 1 有明显差别,呈现的言语 WM 刺激为 1 个或 6 个阿拉伯数字。每个数字视角为  $0.9^\circ \times 0.9^\circ$ 。记忆启动刺激为 1 个或者 6 个数字,记忆探测刺激为 1 个数字。

### 4.3 设计

本实验的自变量、因变量、实验设计同实验 1。

### 4.4 程序

本实验的记忆任务要求被试记住 1 个或 6 个阿拉伯数字。其它实验流程同实验 1,详见图 1 下方。

### 4.5 结果

本实验的数据处理过程及处理方法亦同实验 1。实验结果见表 4。

**4.5.1 干扰效应** 2(WM 负载水平:高负载和低负载) × 2(干扰条件:启动干扰和启动中性)的重复测量方差分析显示,干扰条件的主效应显著,  $F(1,13) = 8.16, p < 0.05$ 。WM 负载水平的主效应边缘显著,  $F(1,13) = 4.12, p = 0.06$ ,高负载下反应时比低负载下反应时多 19.4ms。WM 负载水平与干扰条

件的交互作用不显著,  $F(1, 13) = 0.030, p > 0.05$ , 提示言语 WM 负载不会影响位置干扰子的干扰

表 4 在言语 WM 的两种负载水平下, 干扰条件与负启动条件的反应时均值与标准差 (ms)

WM 负载水平	干扰条件			负启动条件		
	启动干扰	启动中性	干扰效应	探测重复	探测对照	负启动效应
低负载	558.5 ± 79.6	548.5 ± 93.0*	10.0	546.7 ± 79.4	524.8 ± 74.3###	21.9
高负载	577.9 ± 78.2	567.8 ± 74.0*	10.1	544.7 ± 75.9	534.9 ± 88.0	9.8

**4.5.2 负启动效应 2** (WM 负载水平: 高负载和低负载) × 2 (负启动条件: 探测重复和探测对照) 的重复测量方差分析显示, 负启动条件的主效应显著,  $F(1, 13) = 11.95, p < 0.01$ ; WM 负载水平的主效应不显著,  $F(1, 13) = 3.29, p > 0.05$ ; WM 负载水平与负启动条件的交互作用边缘显著,  $F(1, 13) = 2.04, p = 0.098$ 。简单效应检验表明, 高负载下负启动的简单效应不显著,  $F(1, 13) = 1.89, p > 0.05$ , 干扰子未出现负启动效应; 而低负载下负启动的简单效应显著,  $F(1, 13) = 19.80, p < 0.001$ , 干扰子出现了负启动效应, 探测重复反应时比探测对照反应时多 21.9ms。提示言语 WM 负载会影响位置干扰子的负启动效应。

**4.5.3 错误率** 本实验的三类错误率分析方法亦同实验 1, 三类错误率数据详见表 2。第一类错误率的配对样本  $t$  检验以及第二类错误率和第三类错误率的方差分析结果显示, 各条件下的错误率均无显著性差异,  $p > 0.05$ 。这表明实验 3 不存在反应正确率 - 反应时的权衡问题。

## 5 讨论

相关研究结果表明, 干扰子的加工过程可分离为激活和抑制两个加工阶段 (Keel & Neill, 1978; Lavie, 1995; Lavie, 2000; Lavie, Hirst, De Fockert, & Viding, 2004; Lavie, 2005), 但现有文献尚未具体指明采用何种方法来分离干扰子的加工过程。鉴于此, 本研究提出了“采用干扰效应和负启动效应双指标的研究方法将干扰子加工过程分离为激活加工和抑制加工两个阶段”的研究设想, 并通过实验 1~3 来验证这一设想的可行性。其中, 实验 2 的结果显示, 低 WM 负载下干扰子没有出现干扰效应, 却出现了负启动效应; 实验 3 的结果显示, 高 WM 负载下干扰子出现了干扰效应, 却没有出现负启动效应。干扰效应指标和负启动效应指标是否表征干扰子同一阶段加工 (激活加工或抑制加工) 的判别条件是, 如果干扰效应指标和负启动效应指标均表

征干扰子同一阶段的加工, 那么在同一实验条件下干扰效应结果与负启动效应结果应是一致的。据此可认为, 若本研究中干扰效应指标和负启动效应指标表征的是干扰子同一阶段的加工, 则可预期实验 2 或实验 3 中干扰效应结果与负启动效应结果应该是一致的。然而本研究并未观察到此预期结果, 即实验 2 或实验 3 中的干扰效应结果与负启动效应结果是不一致的, 这提示本研究中干扰效应指标和负启动效应指标对应表征的是干扰子不同阶段的加工。鉴于负启动效应是表征干扰子抑制加工的有效指标 (Drive & Tipper, 1989; 张达人, 张鹏远, & 陈湘川, 1998; Catena, Fuentes, & Tudela, 2002), 且目前大部分认知神经科学研究都采用干扰效应指标来表征干扰子的激活加工 (Catena, Fuentes, & Tudela, 2002; O'Connor, Fukui, Pinski, & Kastner, 2002; Schwartz, Veilleumier, Hutton, Maravita, Dolan, & Driver, 2005; Rorden, Guerrini, Swainson, Lazzari, & Baylis, 2008), 故可推断本研究双指标中的另一指标——干扰效应, 表征的应是干扰子的激活加工。此外, 我们在《WM 负载对特性干扰子激活加工和抑制加工的影响》和《整合 WM 负载对干扰子激活加工和抑制加工的影响》的相关研究中 (胡耿丹, 2009), 也都采用干扰效应和负启动效应双指标的研究方法来分离干扰子加工的两个阶段, 其研究结果也与本研究结果相一致, 从而为本研究设想的可行性提供了两个有力的例证。综上可认为, 本研究采用干扰效应和负启动效应双指标将干扰子加工过程分离为激活和抑制两个加工阶段的研究思路是可行的。

### 5.1 WM 负载对位置干扰子加工的影响存在双重作用机制

WM 负载对干扰子加工影响的作用机制存在认知控制机制和负载特异机制两种分歧观点。这两种观点究竟谁是谁非, 迄今说法不一。而本研究实验 1~3 的负启动效应结果和干扰效应结果为解决此问题提供了新思路。

负启动效应结果显示:三种类型的 WM (包括言语 WM、客体 WM 和空间 WM) 负载都会影响位置干扰子的负启动效应,这种影响与 WM 负载类型无关,具有领域普遍性。低 WM 负载下位置干扰子的负启动效应显著( $p < 0.001$ ),而高 WM 负载下位置干扰子的负启动效应却不显著( $p > 0.05$ )。这表明低 WM 负载下被试有剩余资源来抑制干扰子,而高 WM 负载下被试缺乏足够的资源来抑制干扰子,导致负启动效应消失。可见,本研究的负启动效应结果证实了 Lavie 等人(2000, 2004, 2005)的认知控制机制观点。应指出的是,Lavie 等人(2000, 2004, 2005)的研究采用的是干扰效应指标,仅考察单一言语 WM 负载对干扰子加工的影响。而本研究采用对于表征干扰子抑制加工更为有效的指标——负启动效应,全面考察了三种不同类型的 WM 负载对位置干扰子抑制加工的影响,故本研究结果的信度更高。

干扰效应结果显示:实验 1 中空间 WM 负载会影响位置干扰子的干扰效应,而实验 2 中客体 WM 负载和实验 3 中言语 WM 负载却都不会影响位置干扰子的干扰效应。可见,位置干扰子的干扰效应受不同 WM 负载类型的影响。我们认为,导致不同类型的 WM 负载对位置干扰子干扰效应产生不同影响的原因不能归于 WM 任务难度。依据如下:由表 2 可知,空间 WM 任务与言语 WM 任务错误率之间的差异无显著性, $p > 0.05$ ,这表明空间 WM 任务与言语 WM 任务之间的难度差异无显著性。如果空间 WM 负载对位置干扰子干扰效应的影响是由 WM 任务难度引起的,那么可预期在言语 WM 负载中也应观察到此结果——言语 WM 负载会影响位置干扰子的干扰效应。而实验 3 的结果显示,在言语 WM 负载中未观察到这种预期结果,这就排除了 WM 任务难度对本研究结果的污染。Chen 和 Chan (2007)指出高/低 WM 负载会引起注意焦点大小变化,高 WM 负载下注意焦点大于低 WM 负载下注意焦点,故注意焦点大小也是影响干扰子加工的一个因素。本研究未直接探讨注意焦点大小对位置干扰子加工的影响,但本实验流程中在记忆启动显示与注意启动显示之间会呈现 1000ms 的红色注视点“+”,即选择性注意中干扰子加工之前的注意焦点是恒定的,从而排除了注意焦点大小变化引起的污染。此外,实验 1~3 的错误率分析表明,被试在这三个实验中均未发生反应正确率-反应时的权衡问题,因而也排除了被试策略对本研究实验数据产生

的影响。因此,本研究是基于较纯净的 WM 负载来进行的,其研究结果具有普遍意义。

多重资源理论指出人类认知系统中存在多重的、独立的认知资源库,当被试所操作的两项任务占用共同的认知资源时,这两项任务之间就会产生干扰;当被试所操作的两项任务占用不同的认知资源时,这两项任务之间则不会产生干扰(Wickens, 1980)。我们认为本研究结果可用该理论来解释。因为本研究中完成位置选择性注意任务需要空间认知资源,而完成空间 WM 任务也需要空间认知资源,所以位置选择性注意任务与空间 WM 任务之间会竞争共同的认知资源,即实验 1 中空间 WM 负载会影响位置干扰子的干扰效应。完成客体 WM 任务或言语 WM 任务不需要空间认知资源,所以位置选择性注意任务与客体 WM 任务或言语 WM 任务之间不会竞争共同的认知资源,即实验 2 中客体 WM 负载或实验 3 中言语 WM 负载不会影响位置干扰子的干扰效应。可见,WM 负载对干扰子干扰效应的影响取决于选择性注意任务与 WM 任务之间是否会竞争共同的认知资源。故本研究的干扰效应结果支持了 Park 等人(2007)的负载特异机制观点。

综上可得出,WM 负载对位置干扰子加工的影响是由认知控制机制和负载特异机制共同作用的结果,即 WM 负载对位置干扰子加工的影响存在双重作用机制。

## 5.2 目标刺激与干扰子刺激的属性一致时,可得出和完善负载特异机制观点

如“1 前言”所述,Park 等人(2007)的负载特异机制观点是在“选择性注意中目标刺激与干扰子刺激的属性不一致”的条件下得出的,目前尚未见有学者对该观点的外延进行过探讨,如负载特异机制观点在“选择性注意中目标刺激与干扰子刺激的属性相一致”情况下是否同样适用尚未见报道。本研究通过三个实验来考察“目标刺激与干扰子刺激的属性相一致”情况下干扰子的干扰效应,以此来探讨该观点的适用范围。由上述“5.1”可知,实验 1~3 的干扰子效应结果显示不同类型的 WM 负载对干扰子加工会产生不同的干扰效应。这一结果表明目标刺激与干扰子刺激的属性一致时,亦可得出与 Park 等人(2007)研究相一致的负载特异机制观点,从而不但印证了 Park 等人(2007)的负载特异机制观点,且拓展了其适用范围。

本研究还探讨了 Park 等人(2007)研究中“未具体指出 WM 任务与选择性注意任务之间竞争的是

何种资源”的不足。实验 1 的干扰效应结果显示,低空间 WM 负载下位置干扰子出现了显著性的干扰效应( $p < 0.01$ ),而高空间 WM 负载下位置干扰子却未出现显著性的干扰效应( $p > 0.05$ )。即高 WM 负载下干扰子的干扰效应小于低 WM 负载下干扰子的干扰效应,这一结果无法用 Lavie 等人(2000, 2004, 2005)的认知控制机制观点来解释。因为该观点认为干扰子的抑制加工受认知控制资源作用,高 WM 负载下被试因为无足够的剩余认知控制资源来抑制干扰子加工,导致高 WM 负载下干扰子的干扰效应大于低 WM 负载下干扰子的干扰效应。而实验 1 的干扰效应结果与 Lavie 等人(2000, 2004, 2005)的认知控制机制观点正好相反,这提示实验 1 的干扰子可能不处于抑制加工阶段,并且不受认知控制资源的作用,而受另一种资源的作用。

此外, Lavie(2005)在比较知觉负载与 WM 负载之间的差别时,提出了干扰子在加工过程受到两种注意资源的作用,一是在知觉负载条件下,干扰子受到知觉处理资源作用而被激活;二是在 WM 负载条件下,干扰子受到认知控制资源作用而被抑制。依据 Lavie(2005)所提的这两种注意资源观点,并结合实验 1 的干扰效应结果,我们认为实验 1 的干扰子处于激活加工阶段,并受知觉处理资源的作用。理由有二,①在实验 1 中,低 WM 负载下剩余的知觉处理资源会激活干扰子,导致干扰效应增加;而在高 WM 负载条件下,知觉处理资源几乎被耗尽,干扰子得不到激活加工,致使干扰效应消失。故实验 1 的结果用知觉处理资源观点来解释是可行的。②WM 负载对干扰子早期激活加工产生影响的观点,也得到一些认知神经科学研究结果的支持。如, Spinks, Zhang, Fox, Gao 和 Tan(2004)发现,基础视觉区新异字符干扰子比熟悉字符干扰子有更大的 BOLD 效应,且这种差别在低 WM 负载下比在高 WM 负载下更明显;再如, Sanmiguel, Corral 和 Escera(2008)的行为实验和 ERP 实验数据结果均显示,有 WM 负载比无 WM 负载更能降低干扰子的干扰效应。Spinks 等人(2004)和 Sanmiguel 等人(2008)的两项研究说明了低 WM 负载下有更多的知觉处理资源来激活干扰子加工,导致干扰效应增加,这与本研究实验 1 的干扰效应结果一致。

应指出的是,本研究虽然仅考察了负载特异机制中 WM 任务与整体选择性注意任务之间的资源竞争,但获取的“WM 任务与选择性注意任务之间竞争的是知觉处理资源”这一结果,可为 Kim 等人

(2005)和 Park 等人(2007)所考察的 WM 任务与局部选择性注意任务之间资源竞争的研究结果(详见“1 前言”所述)做出解释:当 WM 负载信息与干扰子刺激信息的属性一致时,WM 负载信息的加工与干扰子刺激信息的加工就会竞争知觉处理资源,随着 WM 负载增加,干扰子获取的知觉资源会减少,被激活程度就会降低,导致干扰效应下降;当 WM 负载信息与目标刺激信息的属性一致时,WM 负载信息的加工与目标刺激信息的加工就会竞争知觉处理资源,随着 WM 负载增加,目标刺激获取的知觉资源会减少,被激活程度就会降低,与此相应的是,干扰子被激活程度就会增加,从而导致干扰效应增加。

### 5.3 两种分歧观点争议的根源及可能的解决策略

Park 等人(2007)的负载特异机制观点与 Lavie 等人(2000, 2004, 2005)的认知控制机制观点之间的争议如不及时加以解决,无疑会阻碍人们对 WM 负载对干扰子加工影响的认知进程和深度。因此,探寻这两种观点争议的根源及相应的解决策略是当前认知心理学和认知神经科学迫切需要解决的问题之一。

本研究对涉及认知控制机制观点和负载特异机制观点的实验设计和实验过程进行了深入对比分析后,发现涉及认知控制机制的实验注重考察的是干扰子的抑制加工阶段;而涉及负载特异机制的实验则强调 WM 任务与选择性注意任务之间的资源竞争,这种资源竞争结果会导致干扰子不同程度的激活,因此负载特异机制注重考察的是干扰子的激活加工阶段。这提示这两种观点所涉及的实验在设计上本身都存在仅注重考察干扰子加工的某一阶段,而忽视考察干扰子加工另一阶段的不足,它们均未将干扰子加工过程分离为激活加工阶段和抑制加工阶段来考察。可见,这两种观点均有其各自的适用范围和局限性。据此可推断导致人们就 WM 负载对干扰子加工影响的争议根源是这两种观点各自考虑的阶段不一,并且两者均只考察了干扰子加工的某一阶段。实际上,只有至少同时考察干扰子的激活加工和抑制加工两个方面,才有可能更好地揭示 WM 负载对干扰子加工影响的机制。

为此,本研究通过在同一实验条件下采用干扰效应和负启动效应双指标分别表征干扰子激活加工和抑制加工的研究思路和方法,来试图克服以往相关研究中既用干扰效应指标来表征干扰子的激活加工,又用其来表征干扰子抑制加工的缺陷,进而来解

决这两种分歧观点的争议。一方面,从实验 1~3 的干扰效应结果来看,不同类型的 WM 负载对位置干扰子会产生不同的干扰效应,这一结果证实了 Park 等人(2007)的负载特异机制观点,即在干扰子的激活加工阶段,WM 负载对干扰子加工的影响是由负载特异机制作用的结果,而且由上述“5.2”可知,参与激活加工的认知资源是知觉处理资源。另一方面,从负启动效应结果来看,三种类型的低 WM(包括空间 WM、客体 WM 和言语 WM)负载下选择性注意的负启动效应均具有显著性( $p < 0.001$ ),而高 WM 负载下则均无显著性的负启动效应( $p > 0.05$ ),从而证实了 Lavie 等人(2000, 2004, 2005)的认知控制机制观点,即在干扰子的抑制加工阶段,WM 负载对干扰子加工的影响是由认知控制机制作用的结果,并且参与抑制加工的认知资源是认知控制资源。综合这两方面可知,在 WM 负载条件下,干扰子加工过程实际上包括激活加工和抑制加工两个阶段。在激活加工阶段干扰子受知觉处理资源作用,在抑制加工阶段干扰子受认知控制资源作用。可见,负载特异机制观点揭示了干扰子激活加工阶段的作用机制,认知控制机制观点揭示了干扰子抑制加工阶段的作用机制,这两种机制观点都仅仅揭示了干扰子加工过程某一阶段的局部机制。这提示,以往研究中仅用负载特异机制或认知控制机制观点来试图揭示干扰子加工过程的整体机制的做法显然是片面的;只有同时应用这两种机制才有可能全面地揭示干扰子加工的整体机制。

#### 5.4 本研究的方法学启示

WM 和选择性注意是人类信息加工过程中至关重要的两个认知结构(Cowan, 1999)。然而,人类对大脑认知结构的认识尚处于初始阶段,现有的许多研究结果在未来很有可能被证明是表面的、片面的,甚至是错误的。事实上,人类的认知结构和功能具有高度的复杂性和涌现性。如近期研究表明,WM 负载对干扰子加工的影响并非 Lavie 等人(2000, 2004, 2005)的观点那么简单,还会受到注意焦点(Chen & Chan, 2007)、选择性注意中目标刺激与干扰子刺激是否属于同一个客体(Gao, Chen, & Russell, 2007)、WM 任务使用的信息与选择性注意任务使用的信息是否一致(Kim, Kim, & Chun, 2005; Park, Kim, & Chun, 2007)等因素的影响。

以往有关 WM 与选择性注意等认知结构的研究大多依据简单性思想方法,从单一层次、单一角度或阶段出发采用单一指标(或较少指标)来进行考

察,这在研究思想和方法上本身存在局限性,其研究结果往往仅揭示了认知结构的某一层、某一角度或阶段的部分机制,未能全面揭示认知结构的整体机制。本研究采用双指标的方法就 WM 负载对位置干扰子加工影响的机制做了新考察,并获取了更全面的认知信息。这一研究思路的成功提示,只有依据复杂性思想从多层次、多角度出发,采用多指标来对涉及 WM、选择性注意的认知结构进行探析,才有可能更好地揭示人类认知加工的机制,最终逼近认知结构的客观规律。可见,尽管本研究仅探讨了三种不同类型的 WM 负载对位置干扰子加工的影响,但本研究采用双指标来分离干扰子加工过程的研究思路和方法,无疑向认知结构的复杂性研究范式逼近了一步,这对于涉及认知结构的相关研究有一定的借鉴作用。如,经典的 Baddeley WM 多成分模型中关于中央执行系统的研究在全盛期就已陷入困境(Baddeley & Hitch, 2001),究其原因应归因于该领域研究未采用复杂性研究思想方法。解决这一困境的途径是应采用多指标,从多层次、多角度来进一步分离中央执行系统的双任务协调、抑制优势反应、注意转换和记忆刷新等执行功能。再如,选择性注意中返回抑制(Grison, Paul, Kessler, & Tipper, 2005)、注意瞬脱(Dell'Acqua, Pascali, Jolicoeur, & Sessa, 2003)、注意捕获(Lavie & De Fockert, 2005)、注意标记(Oliver & Humphrey, 2003)等认知研究中也存在不少分歧观点。应依据多层次、多角度下的复杂性研究思路和方法采用多指标来重新考察这些研究,方有可能解决这些分歧及争议。具体对 WM、选择性注意等认知结构进行研究时,到底应用哪类指标,从哪些层次、哪些角度或阶段来探讨等都有待于今后进一步研究。

应注意的是,本研究采用双指标并将干扰子加工阶段进行分离的研究思路,也仅仅只比以往研究设计提高了一步。客观地说,本研究仍属于同一层次的行为实验研究,且干扰子加工过程可分离为激活和抑制两个加工阶段的结论,也有待于采用不同层次的认知神经科学技术及相关指标(包括时间分离指标和定位分离指标)做进一步研究检验。换句话说,本研究若能在行为数据指标上结合眼动数据、ERP 数据、fMRI 数据等指标来寻求汇聚性证据,从不同层次来探讨和揭示 WM 负载对干扰子加工的影响,定会获取更多的信息进而得出更完美的研究结果。

## 6 结论

(1) 采用干扰效应和负启动效应双指标来分离干扰子的激活和抑制两个加工阶段的研究思路和方法是可行的。

(2) WM 负载对位置干扰子激活加工的影响是负载特异机制作用的结果,而 WM 负载对位置干扰子抑制加工的影响则是认知控制机制作用的结果。WM 负载对位置干扰子加工的影响应是这两种机制共同作用的结果。

(3) 当目标刺激与干扰子刺激的属性一致时,不但可得出与 Park 等人(2007)相一致的负载特异机制观点,而且可将负载特异机制中的 WM 任务与选择性注意任务之间竞争的资源锁定为知觉处理资源,从而拓展和完善了 Park 等人(2007)的负载特异机制观点。

(4) 导致认知控制机制观点与负载特异机制观点之间争议的根源是这两种观点各自考察的阶段不一,且两者均只考察了干扰子加工的某一阶段。认知控制机制的观点适用于表征干扰子的抑制加工,负载特异机制的观点适用于表征干扰子的激活加工。从干扰子加工过程可分离为激活加工和抑制加工两个阶段的视角来看,这两种观点及其所阐述的两种机制是统合的、互补的。

(5) 从方法学上看,本研究所采用的双指标研究思路和方法对选择性注意中与干扰子相关的研究有一定的借鉴作用,也可为 WM、选择性注意等认知结构领域的复杂性研究提供新思路。

## 参 考 文 献

- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (2001). Working memory in perspective: Foreword. In J. Andrade (Ed.), *Working memory in perspective* (pp. 240–260). Hove: Psychology Press.
- Catena, A., Fuentes, L. J., & Tudela, P. (2002). Priming and interference effects can be dissociated in the Stroop task: New evidence in favor of the automaticity of word recognition. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9, 113–118.
- Chen, Z. (2003). Attention focus, processing load, and Stroop interference. *Perception and Psychophysics*, 65, 888–900.
- Chen, Z., & Chan, C. (2007). Distractor interference stays constant despite variation in working memory load. *Psychonomic Bulletin and Review*, 14, 306–312.
- Cowan, N. (1999). An embedded–processed model of working memory. In A. Miyake, & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 62–101). New York: Cambridge University Press.
- De Fockert, J. W., Rees, G., Frith, C. D., & Lavie, N. (2001). The role of working memory in visual selective attention. *Science*, 291, 1803–1806.
- Dell'Acqua, R., Pascali, A., Jolicoeur, P., & Sessa, P. (2003). Four–dot masking produces the attentional blink. *Vision Research*, 43, 1907–1923.
- Downing, P. E. (2000). Interactions between visual working memory and selective attention. *Psychological Science*, 11, 467–473.
- Driver, J., & Tipper, S. P. (1989). On the nonselectivity of selective "seeing": Contrast between interference and priming selective. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 304–314.
- Eriksen, B. A. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception and Psychophysics*, 16, 143–149.
- Gao, Q., Chen, Z., & Russell, P. (2007). Working memory load and the Stroop interference effect. *New Zealand Journal of Psychology*, 36 (3), 146–153.
- Grison, S., Paul, M. A., Kessler, K., & Tipper, S. P. (2005). Inhibition of object identity in inhibition of return: Implications for encoding and retrieving inhibitory processes. *Psychonomic Bulletin and Review*, 12, 553–558.
- Hu, G. D. (2009). *The influence of cognitive load on the distractor processing in selective attention* (in Chinese). Unpublished Doctorial Dissertation, South China Normal University.
- [胡耿丹. (2009). 认知负载对选择性注意干扰子加工的影响. 博士学位论文. 华南师范大学.]
- Keel, S. W., & Neill, W. T. (1978). Mechanisms of attention. In E. C. Carterett, & M. P. Friedman (Eds.), *Handbook of Perception* (p.9). New York: Academic Press.
- Kim, S. Y., Kim, M. S., & Chun, M. M. (2005). Concurrent working memory load can reduce distraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 16524–16529.
- Kramer, A. F., & Jacobson, A. (1991). Perceptual organization and focused attention: The role of objects and proximity in visual processing. *Perception and Psychophysics*, 50, 267–284.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 451–468.
- Lavie, N. (2000). Selective attention and cognitive control: Dissociating intentional functions through different types load. In S. Monsell, & J. Driver (Eds.), *Attention and Performance XVIII* (pp. 175–194). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused? Selective attention under load. *Trends in Cognitive Neuroscience*, 9 (2), 75–82.
- Lavie, N., & De Fockert, J. W. (2005). The role of working memory in attentional capture. *Psychonomic Bulletin and Review*, 12, 669–674.
- 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.
- Milliken, B., Joordens, S., & Merikle, P. M. (1998). Selective attention: A reevaluation of the implications of negative priming. *Psychological Review*, 105, 203–229.
- Neill, W. T. (1977). Inhibitory and facilitator processes in selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 444–450.
- O'Connor, D. H., Fukui, M. M., Pinski, M. A., & Kastner, S. (2002). Attention modulates responses in the human lateral geniculate nucleus. *Nature Neuroscience*, 5 (11), 203–209.
- Oliver, C. N. L., & Humphrey, G. W. (2003). Visual marking inhibits singleton capture. *Cognitive Psychology*, 47 (1), 1–42.
- Park, S. J., Kim, M. S., & Chun, M. M. (2007). Concurrent working memory load can facilitate selective attention: Evidence for specialized load. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33, 1062–1075.
- Rorden, C., Guerrini, C., Swainson, R., Lazzari, M., & Baylis, G. C. (2008). Event related potentials reveal that increasing perceptual load leads to increased responses for target stimuli and decreased responses for irrelevant stimuli. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2, 1–7.
- Sanmiguel, I., Corral, M. J., & Escera, C. (2008). When loading working memory reduces distraction: Behavioral and electrophysiological evidence from an auditory visual distraction paradigm. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 1131–1145.
- Schwartz, S., Veilleumier, P., Hutton, C., Maravita, A., Dolan, R. J., & Driver, J. (2005). Attentional load and sensory competition in human vision: Modulation of fMRI responses by load fixation during task-irrelevant stimulation in the peripheral visual field. *Cerebral Cortex*, 15, 770–786.
- Spinks, J. A., Zhang, J. X., Fox, P. T., Gao, J. H., & Tan, H. L. (2004). More workload on the central executive of working memory, less attention capture by novel visual distractors: Evidence from an fMRI study. *Neuroimage*, 23, 517–524.
- Wickens, C. D. (1980). The structure of attentional resources. In R. Nickerson (Ed.), *Attention and Performance VIII* (pp. 239–257). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2004). Visual search is slowed when visuospatial working memory is occupied. *Psychonomic Bulletin and Review*, 11, 269–274.
- Woodman, G. F., Vogel, E. K., & Luck, S. J. (2001). Visual search remains efficient when visual working memory is full. *Psychological Science*, 12, 219–224.
- Zhang, D. R., Zhang, P. Y., & Chen, X. C. (1998). The effect of perceptual load on interference and negative priming (in Chinese). *Acta Psychologica Sinica*, 30, 7–13.
- [张达人, 张鹏远, 陈湘川. (1998). 感知负载对干扰效应和负启动效应的影响. *心理学报*, 30, 7–13]
- Zhang, P. (2006). *The effect of prefrontal cognitive control on selective attention* (in Chinese). Unpublished Doctorial Dissertation, University of Science and Technology of China.
- [张鹏. (2006). 前额叶的认知控制对选择性注意的作用. 博士学位论文. 中国科技大学.]

## Effect of Working Memory Load on the Activation Processing and Inhibition Processing of Locational Distractors

HU Geng-Dan<sup>1,2</sup>, JIN Zhi-Cheng<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Center for Studies of Psychological Application, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

(<sup>2</sup>Department of Exercise Science and Health Promotion, Guangzhou Sport University, Guangzhou 510500, China)

### Abstract

There is a disputation about the effect of Working memory (WM) load on the distractor processing between the viewpoints of cognitive control mechanism and specific load mechanism. The former suggests WM has inhibitory action on distractors and the inhibition mechanism is not influenced by WM load types; while the latter claims that resource competition between WM task and selective attention task can cause different interference effects, and this competition is influenced by WM load types. By analyzing the two viewpoints, the authors have found cognitive control mechanism is suitable for representing inhibition processing of distractors and specific load mechanism for representing activation processing of distractors, thus the authors speculate that the primary reason leading to the disputation of the two viewpoints might be caused by their observing respectively only one different stage of distractor processing, and also point out that the two viewpoints were both obtained by adopting interference effect indices only, which is easily to cause confusion. Moreover, the specific load mechanism by Park et al. (2007) has neither been verified whether specific load mechanism is suitable for the distractor interference effect or not in condition that the target stimulus and distractor stimulus of selective attention are of the same attribute, nor does it specifically point out on what resource

WM task and selective attention task compete. In this study double indices, both interference effect index and negative priming effect index, were used to divide distractor processing into two stages, the activation processing stage and inhibition processing stage, and to represent the two stages respectively, and experiments were conducted to explore the effect of WM load on the locational distractor processing in order to resolve the disputation of the two viewpoints and to confirm and perfect specific load mechanism viewpoint.

The three experiments were to investigate respectively the effect of spatial WM, object WM and verbal WM load on locational distractor processing.  $2 \times 2 \times 2$  factorial within-subjects design was used, and the three factors were WM load level (high WM load, low WM load), interference condition (priming interference, priming neutral) and negative priming condition (probing control, probing repetition). The influence of low/high WM load on the interference effect was tested by ANOVA of repeated measures based on WM load factor and interference condition factor, and the negative priming effect was tested by ANOVA of repeated measures based on load condition factor and negative priming condition factor. 42 undergraduates aged from 17 to 23 years participated in the experiments, and E-prime software was used to present experimental stimuli and to collect data.

The test result of negative priming effect showed all three types of WM loads (spatial WM, object WM and verbal WM load) had effect on locational distractor processing, and the effect in low WM load condition was more significant than in high WM load condition, which supported cognitive control mechanism viewpoint. And the test result of interference effect showed only spatial WM load had effect on locational distractor processing, and the effect in low WM load condition was also more than in high WM load condition, which provided the support for specific load mechanism viewpoint.

To sum up, the viewpoint of specific load mechanism was consistent with Park et al's study when the target stimulus and distractor stimulus were of the same attribute, and the resource WM task and selective attention task competed on was perceptual disposal resource. Second, the influence of WM load on the locational distractor processing could be explained by double mechanisms: cognitive control mechanism and specific load mechanism. So it can be inferred that cognitive control mechanism viewpoint is suitable for representing inhibition processing, and specific load mechanism viewpoint for representing activation processing, and the two viewpoints are integrated and complementary with each other. Previous researchers did not divide the distractor processing into activation processing stage and inhibition processing stage to explore, which caused the disputation between the two viewpoints. Nevertheless, the method of using double indices to analyze in this study can provide reference for related researches on WM and selective attention.

**Key words** locational distractor; distractor processing; working memory load; activation processing; inhibition processing