

返回抑制对工作记忆储存和目标维持的影响

张明^{*1} 陈彩琦² 张阳¹

(¹东北师范大学心理学系, 长春, 130024)(²华南师范大学心理学系, 广州, 510631)

摘要 将线索-靶子范式和 N-Back 变式结合, 以工作记忆的记忆错误和侵入错误数为指标, 探讨了返回抑制与工作记忆的储存和加工之间的关系, 并对返回抑制的机制进行了深入探讨。结果表明, 当记忆项目出现在线索化位置时, 两种错误数均显著高于出现于非线索化位置的情况, 但侵入错误的抑制效应只出现于长 SOA 条件。这揭示了返回抑制既影响工作记忆的储存又影响对任务目标的维持, 也为返回抑制的注意说提供了新证据。

关键词: 空间线索化 返回抑制 工作记忆

1 前言

选择性注意与工作记忆的关系是当今心理学研究中的一个热点问题^[1]。其主要进展之一是将空间线索化范式从知觉问题的研究推广到工作记忆问题的研究。Schmidt 等人探讨了空间线索化任务中, 有意注意和无意注意对颜色信息记忆效果的影响^[2]。同时大量文献显示, 空间线索化对认知任务的影响不仅表现为易化效应, 当线索与靶刺激之间的 SOA 达到一定程度(大于 300ms)时, 则转变为抑制效应, 即返回抑制(Inhibition of return, IOR)^[3]。本研究试图探讨作为一种逆向线索化效应的返回抑制是否也能影响到工作记忆?

该问题的研究主要有两方面的意义:(1)有助于深化选择性注意与工作记忆关系的研究。IOR 通常被看成一种用于提高搜索效率的注意现象^[3]。工作记忆是一个用于信息的暂时储存与加工的资源有限的系统。动态的暂时储存和实时性的加工控制是工作记忆的两个关键维度。为了同时考察 IOR 对这两个维度的影响, 我们采用了 West(2000)用于考察注意的老龄化对工作记忆影响的实验任务^[4]。该任务属于 N-Back 任务的变式, 要求被试首先记住第一个显示中目标字符的位置, 然后记住第二显示中目标字符的位置, 接着再对第一个目标的位置做出反应, 并以基于记忆的错误和侵入错误的次数作为实验指标。前者指因报告记忆项目之外的内容而导致的错误, 能反映出工作记忆在储存上的问题; 后者指因不按指导语要求进行反应导致的错误, 反映了工作记忆在维持任务目标上的问题。如果线索化位置上的记忆错误数大于非线索化位置, 那么说明 IOR 能影响到工作记忆的储存; 如果线索化位置上的侵入错误数大于非线索化位置, 那么说明 IOR 也能影响到工作记忆加工中的目标维持。(2)有助于加深

对 IOR 内在机制的认识。IOR 最早发现于觉察任务^[3], 后来很多研究证实了在辨别任务中也存在 IOR^[5]。早期人们只观察到 IOR 对知觉加工的影响, 但 Fuentes 等揭示了 IOR 还能影响到语义水平的加工^[6]。Posner 等最早提出的 IOR 注意说认为, IOR 的实质在于注意在返回先前注意过的位置时会受到抑制^[3], 实际把 IOR 看成注意的一种特性。Klein 等提出的 IOR 反应偏向说则指出, IOR 反映了被试在反应上的偏向, 被试对呈现于线索化位置的刺激的反应会受到抑制^[7], 该观点认为 IOR 是运动反应系统的一种属性, 与注意无关。这两种观点的争论在很长时间内成了 IOR 机制研究的一条主线。Taylor 和 Donnelly 在系统综述大量文献的基础上指出, IOR 很可能不仅仅基于注意或运动反应偏向中的一种机制, 而是由多种因素共同决定的^[8], 即 IOR 复杂机制说。

本研究采用传统的线索-靶子范式与工作记忆中 N-Back 范式相结合的任务, 试图揭示工作记忆任务中的 IOR 的机制到底是什么?

2 方法

2.1 被试

大学生 25 名, 男生 11 名、女生 14 名, 平均年龄为 21 岁, 视力或矫正视力正常, 无色盲和色弱。

2.2 实验设计

采用 2×2 被试内设计, 自变量 1 为第一显示中目标字符的呈现位置(线索化位置、非线索化位置); 自变量 2 为 SOA(750ms、1100ms)。因变量指标是完成 WM 作业所出现的两类错误的次数(记忆错误、侵入错误)。记忆错误是因被试不能记住目标字符的位置而造成的错误。实验要求被试在记住第二显示中的字符位置后, 再对第一显示中的字符位置作按键反应, 而被试的反应既不是第一显示中字符的位

* 通讯作者: 张明, 男, E-mail: zhangm@nenu.edu.cn

置,又不是对第二显示中的字符位置,而是对其他位置的反应。这类错误体现了被试在工作记忆储存上的欠缺。侵入错误是被试本应按实验要求在屏幕被掩蔽期间对第一显示字符位置作反应,可是却对第二显示中的字符位置作反应而造成的错误。正如 West(1999)所说,侵入错误反映了被试在维持目标指向的观念和行为上的欠缺,亦即被试维持当前信息加工活动能力的欠缺^[5]。

2.3 实验仪器和材料

本实验仪器为 Pentium IV型电脑,实验时显示器分辨率为 1024×768 ,实验程序用 superlab2.0 编制而成,在 Windows2000 操作系统上运行,被试眼睛离屏幕 57cm。

实验材料包括 4 个白色方框和 2 个 ASCII 字符。方框大小为 $15\text{mm} \times 15\text{mm}$ 。整个刺激范围为 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 。两个字符为“@”、“&”,每个字符 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$;“@”为第一显示目标,按其提示线索的关系分为

呈现于线索提示位置和非线索提示位置,呈现在两种位置的次数相同,呈现顺序按随机方式进行。“&”为第二显示目标,在四个方框之一随机呈现。在黑色背景中央呈现一个红色“+”作为注视点。“+”的两条线段的长度均为 0.8cm。

2.4 实验程序

一次试验的具体流程如图 1 所示。(1)持续呈现可见框 500ms;(2)某个被随机选定的外周方框变成绿色,作为外周提示线索,线索呈现 150ms 后消失;(3)又持续呈现可见框 100ms;(4)对中心注视点线索化 100ms;(5)呈现可见框 400ms;(6)呈现第一目标字符“@”100ms;(7)呈现第二目标字符“&”,直到被试对第一显示中的目标作出反应;(8)4 个方框由实心黑框加以掩蔽。4 个方框从上到下、从左到右分别与计算机键盘上的“f”、“v”、“j”、“n”键相对应,被试用左手的中指、食指,右手的食指、中指分别对目标所在位置作按键反应。



图 1 一次完整试验的刺激流程

实验在安静的实验室中个别进行。首先让被试熟悉显示字符“@”和“&”,以及目标位置与相对应的反应键的关系,然后,由计算机呈现指导语,要求被试在确定字符“&”所在的方框位置之后,先将其位置按逆时针方向旋转一个位置,并按与旋转后位置相应的反应键;然后再对第一显示字符“@”所在位置按相应的反应键。每种条件均要进行充分练习。练习后按任意键进入正式实验。

为了尽可能确保 IOR 的出现,本实验设置了两个 SOA 值,因为如只有一个 SOA 值,当被试在两类位置上的错误次数无差异时,无法判定是由于 IOR 确实对 WM 的储存和目标维持没有影响,还是由于目标字符呈现于 IOR 发生作用的时程之外造成的。在选取 SOA 值时考虑到本研究使用的材料是字符材料,同时又是复杂反应作业(延迟反应作业),而已有的研究表明在使用字符材料或复杂反应作业时,IOR 会在较晚的 700ms—1300ms 范围内出现。因而选取

750ms 和 1100ms 作为 SOA 值。

四种实验条件下每种做 48 次试验,每个被试一共做 192 次正式试验。整个实验过程约 30 分钟。

3 结果

在 25 名被试中有两名被试由于总错误次数在 96 次(50%)以上,存在猜测嫌疑,故将其数据剔除。另外由于本研究对字符“@”采用了延迟反应作业,又是用被试反应的错误次数作为因变量指标,故不对反应时数据作分析。在两种 SOA 条件下被试在目标呈现在不同位置时(线索化位置、非线索化位置)的记忆错误数的平均数、标准差如表 1 所示。

表 1 两种 SOA 下线索化和非线索化位置的记忆错误数

SOA(ms)	线索化位置		非线索化位置	
	M	SD	M	SD
750	4.13	1.96	3.00	1.83
1100	1.83	1.34	1.52	1.53

以基于记忆的错误数为因变量指标,目标呈现

位置(线索化位置、非线索化位置)和 SOA 值(750ms、1100ms)为自变量的重复测量设计的方差分析显示, 目标呈现位置主效应显著, $F(1, 22) = 15.87, p = 0.001$, 呈现在线索化位置时的记忆错误数高于呈现在非线索化位置时的记忆错误数。SOA 的主效应也显著, $F(1, 22) = 45.27, p = 0.000$, SOA 为 750ms 时的记忆错误数高于 SOA 为 1100ms 时的记忆错误数。目标呈现位置和 SOA 的交互作用不显著, $F(1, 22) = 2.367, p = 0.137$ 。

表 2 两种 SOA 下线索化和非线索化位置的侵入错误次数

SOA(ms)	线索化位置		非线索化位置	
	M	SD	M	SD
750	0.87	1.14	1.04	1.43
1100	1.00	1.41	0.48	0.79

两种 SOA 下目标字符出现在线索化位置和非线索化位置时, 侵入错误数的平均数和标准差如表 2 所示。以侵入错误数为因变量, 以目标呈现位置和 SOA 值为自变量指标的 2×2 重复测量方差分析结果表明, 目标呈现位置和 SOA 条件的主效应均不显著, $F(1, 22) = 1.07, p = 0.31$; $F(1, 22) = 1.85, p = 0.19$ 。SOA 和目标呈现位置的交互作用显著 $F(1, 22) = 6.64, p = 0.017$ 。对两种因素的简单效应分析结果表明, 在 SOA 为 750ms 的条件下, “@”出现在线索化位置和非线索化位置时的侵入错误数差异不显著, $F(1, 22) = 0.72, p = 0.41$; 而在 SOA 为 1100ms 时, 是否出现在线索化位置的效应显著 $F(1, 22) = 5.35, p = 0.030$ 。在 SOA 为 1100ms 的条件下, 目标出现在线索化位置时的侵入错误数显著高于出现在非线索化位置时的侵入错误数。

4 讨论

本实验结果发现, 在两种 SOA 条件下, 基于记忆的错误数都出现了显著的 IOR 效应。在 SOA 为 1100ms 时, 侵入错误数也出现了 IOR 效应。由于 West 已经证明, 基于记忆的错误反映了工作记忆的储存问题, 侵入错误反映了工作记忆加工中的目标维持问题, 因此上述结果表明返回抑制既能影响工作记忆的储存功能, 又能影响工作记忆加工中的任务目标维持功能, 从而验证了实验假设。

从选择性注意和工作记忆关系的角度分析, 上述结果揭示了作为空间选择性注意经典实验范式的空间线索化任务不仅能在 SOA 小于 300ms 时对工作记忆的表征起作用, 而且当 SOA 大于 300ms 时仍能影响工作记忆储存和加工的成绩。不过前一种影响是促进作用, 而后一种影响是抑制作用。

尽管 Awh 等 (1998) 的研究发现, 工作记忆的信息保持过程也需要选择性注意的参与^[9], 但是本实

验的结果却表明, 空间线索化反而导致了被提示信息记忆保持成绩的损害。这种损害与线索化效应的注意诱发功能是矛盾的, 但传统的 IOR 现象却是一致的。在视觉搜索研究中, 大量研究者证实, 个体加工具有不愿意返回先前注意过的位置的倾向。这种倾向反映了人类认知加工灵活性和适应性的特点^[10]。那么工作记忆任务中线索化条件下记忆成绩的损害是否也反映了这种灵活性和适应性呢? 回答是肯定的。本实验发现的基于记忆错误的 IOR 很可能就是这种抑制工作记忆中不再相关信息的重要机制。基于侵入错误的 IOR 也可以作出类似的解释。

本实验还发现基于记忆错误的 IOR 可在 SOA 为 750ms 时和 1100ms 时都观察到, 而基于侵入错误的 IOR 只能在 1100ms 时观察到。这很可能是因为两种 IOR 的出现时程范围不同, 前者出现较早, 而后者较晚, 也可能是基于记忆的 IOR 效应可能比较稳定, 容易观察到, 而基于侵入错误的 IOR 可能不太稳定, 不容易观察到。具体原因还有待于进一步探讨。

本研究在 N-Back 变式的工作记忆任务中也观察到了 IOR 现象。这一结果用 IOR 的注意说可得到很好的解释。根据 IOR 注意说, 线索化位置相对于非线索化位置缺少注意资源, 从而会影响呈现在线索化位置上目标的编码储存和信息维持。根据 IOR 反应性说, 线索化位置仍然存在注意的优先^[11], IOR 效应的出现是由针对标有抑制标签的位置(线索化位置)的反应上的抑制造成的^[7], 因而会有利于呈现在线索化位置上的目标信息的编码储存和维持。因此, 如果符合注意说, 那么线索化位置上用来表征 WM 保存和目标维持能力欠缺的指标应高于非线索化位置; 而根据反应性说, 线索化位置上用来表征 WM 保存和目标维持能力欠缺的指标会低于非线索化位置。本实验结果表明, 在线索化条件下 WM 的记忆错误和侵入错误都多于非线索化条件, 因此支持了 IOR 注意说。

本实验结果对注意说的支持具有特殊的意义。一方面本实验的 IOR 效应是在工作记忆任务中发现的, 因而大大丰富了注意说的适用范围。另一方面, 本实验采用错误数为指标, 具有其特殊的优越性。因为采用两类错误作为对 WM 保持和目标维持的延迟测量, 避免了即时反应作业不能完全排除 IOR “是由针对标有抑制标签的位置(线索化位置)的反应上的抑制造成的^[7]”的问题。以往的即时反应作业研究往往都以 IOR 量随注意负载的增加而减少(靶子可能出现的位置数的增加^[12]、任务难度的增加^[13])作为支持注意说的证据。而这一效应却有可能是由

于注意负载增大导致的“抑制标签”强度的减少造成的。高负载条件下由于所获得注意资源相对于低负载条件少,抑制标签的强度减弱,从而在反应时指标上表现出比低负载条件下需要更少的时间。这种可能是即时反应作业所无法排除的,而本研究采用了延迟反应作业并以错误次数为因变量,使得被试有足够的时间来回忆目标字符的正确位置,进而避免上述可能对实验结果推论的干扰。因此,本实验结果为注意说提供了更广泛和更有力的证据。

总的来说,尽管 IOR 机制可能很复杂,但还是存在很多共性的,传统的注意说在解释诸如工作记忆任务中的 IOR 这种新现象时也体现出了重要的价值。

5 参考文献

- 1 Cowan N. Attention and memory: A integrated framework. New York: Oxford University Press, 1995
- 2 Schmidt B K, Vogel E K, Woodman G F, et al. Voluntary and automatic attentional control of visual working memory. *Perception & Psychophysics*, 2002, 64(5): 754—763
- 3 Posner M I, Cohen Y. Components of visual orienting. In: H Bouma & D G. Bouwhuis(eds.). *Attention and performance X: Control of language process*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1984: 531—556
- 4 West R. Visual distraction, working memory, and aging. *Memory & Cognition*, 2000, 27(6): 1064—1072
- 5 Pratt J, Abrams R A. Inhibition of return in discrimination Tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1999, 25(1): 229—242
- 6 Fuentes L J, Vivas A B, Humphreys G W. Inhibitory tagging of stimulus properties in inhibition of return: Effects on semantic priming and flanker interference. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1999, 52: 149—164
- 7 Klein R M, Taylor T L. Categories of cognitive inhibition with reference to attention. In: T Carr, D Dagenbach(eds.). *Inhibition processes in attention, memory, and language*. 1994: 113—150
- 8 Taylor T, Donnelly M W. Inhibition of return for target discriminations: The effect of repeating discriminated and irrelevant stimulus dimensions. *Perception & Psychophysics*, 2002, 64(2): 292—317
- 9 Awh E, Jonides J, Smith E E, et al. Rehearsal in spatial working memory: evidence from neuroimaging. *Psychological Science*, 1999, 10: 443—437
- 10 Posner M I, Choate L S, Vaughn J. Inhibition of return: Neural basis and function. *Cognitive Neuropsychology*, 1985, (2): 211—228
- 11 Schmidt W C. Inhibition of return is not detected using illusory line motion. *Perception & Psychophysics*, 1996, 58(6): 883—898
- 12 周建中. 返回抑制研究的新进展. *心理科学*, 2003, 26(2): 326—329
- 13 王均? 王玉改等. 任务难度对返回抑制出现时间的影响. *心理科学*, 2000, 23(3): 319—323

The Influence of Inhibition of Return on the Storage and Goal Maintenance in Working Memory

Zhang Ming¹, Chen Caiqi², Zhang Yang¹

(¹ Department of Psychology, Northeast Normal University, Changchun, 130024)

(² Department of Psychology, South China Normal University, Guangzhou, 510631)

Abstract By Combining the cue-target paradigm in the research of inhibition of return (IOR) with N-Back variation in the studies of working memory, the present study investigated the relationship between IOR and the storage and processing of working memory, and further examined the mechanisms underlying IOR. The results showed that there occurred significantly more errors of both kinds when working memory targets were presented at cued location than when presented at uncued location. But the inhibitory effect of intruding errors was substantial only on condition of longer SOA. The study discloses that IOR has an influence not only on the storage but also on the goal maintenance of working memory; meanwhile it provides new evidence in favor of the attentional view on the mechanisms of IOR.

Key words: spatial cueing, inhibition of return, working memory