

# 颜色和形状工作记忆对非空间返回抑制效应的影响

石芮 刘岩 张奇\*  
(辽宁师范大学心理学院, 大连, 116029)

**摘要** 为进一步考察非空间返回抑制效应是否受工作记忆内容的影响, 分别采用颜色和形状工作记忆内容, 通过两个实验考察了工作记忆对非空间返回抑制效应的影响。实验结果表明, 在颜色和形状工作记忆条件下, 均产生了颜色或形状返回抑制效应, 并且颜色或形状返回抑制效应量之间均无显著差异, 颜色和形状工作记忆内容只增加了判断靶刺激的反应时。研究结论对进一步认识工作记忆内容与非空间返回抑制效应之间的关系有重要参考价值。

**关键词** 工作记忆 非空间返回抑制效应 颜色 形状

## 1 问题提出

Posner 和 Cohen (1984) 采用“线索-靶刺激”范式发现了一种“返回抑制”(inhibition of return, IOR) 效应, 即个体再次注意之前注意过的空间位置时出现的一种反应滞后现象, 也叫做“空间返回抑制”(spatial IOR) 效应。该研究发现, 当线索与靶刺激出现的时间间隔(stimulus onset asynchrony, SOA) 小于 300ms 时, 被试对之后与线索出现在同一空间位置上的靶刺激的反应加快; 当 SOA 大于 300ms 时, 被试对之后与线索出现在同一空间位置上的靶刺激的反应变慢, 即出现了空间返回抑制效应。后来, 研究者们分别在采用动态范式和双矩形范式的实验中发现, 当靶刺激与线索出现在同一客体上时比出现在不同客体上时对靶刺激的反应更慢, 即出现了一种基于客体的“客体返回抑制”效应(Egly, Driver, & Rafal, 1994; Tipper, Driver, & Weaver, 1991)。

Law, Pratt 和 Abrams (1995) 将颜色线索和靶刺激均呈现在同一空间位置上, 并在呈现线索和靶刺激之间插入一个另一种颜色的中性刺激。实验结果表明, 线索与靶刺激的颜色相同时比不相同时对靶刺激的反应更慢, 即产生了返回抑制效应, 并把这种返回抑制效应称为“颜色返回抑制”(color-based IOR) 效应。如果在实验中去掉中性刺激, 颜色返

回抑制效应也随之消失。因此, Law 等人 (1995) 认为中性刺激是产生颜色返回抑制效应的必要条件。后来, 有人在实验中还发现了长度返回抑制效应和形状返回抑制效应 (Francis & Milliken, 2003; Riggio, Patteri, & Umiltà, 2004)。这些颜色、长度和形状返回抑制效应既不是空间返回抑制效应(基于空间位置), 也不是客体返回抑制效应(基于客体本身)。它们是对客体所具有的非空间特征(如: 颜色、长度、形状等)的抑制, 因此叫做“非空间返回抑制”(non-spatial IOR) 效应, 体现了客体的非空间特征在返回抑制效应中发挥的作用(范海楠, 许百华, 2014; Hu, Samuel, & Chan, 2011)。

工作记忆与注意是两个关系密切的认知系统, 研究发现工作记忆内容可以影响多种注意效应 (Kiyonaga & Egner, 2014, 2016; Johnson et al., 2013; Saad & Silvanto, 2013; Soto, Hodsoll, Rotshtein, & Humphreys, 2008)。近年来, 有人开始研究工作记忆与返回抑制效应之间的关系。多数研究考察的是工作记忆内容对空间和客体返回抑制效应的影响。空间返回抑制效应只受空间工作记忆的影响 (Zhang & Zhang, 2011), 不受言语 (Castel, Pratt, & Craik, 2003; Kahan, Oldak, & Lichtman, 2013) 或客体工作记忆 (赵静, 潘毅, 2010) 的影响。客体返回抑制效应只受客体工作记忆的影响, 不受空间工作记忆的影响; 空间返回抑制效应只受空间工作记忆的影响,

\* 通讯作者: 张奇。E-mail: zq55822@163.com

DOI: 10.16719/j.cnki.1671-6981.20180407

不受客体工作记忆的影响 (Chou & Yeh, 2008)。并且, 因为他们采用形状作为客体刺激 (三角形、双向箭头或哑铃形状), 表明形状返回抑制效应只受形状工作记忆的影响, 不受空间工作记忆的影响。

张丽芸和朱磊 (2015) 考察了工作记忆与非空间返回抑制效应之间的关系。他们结合了 Law 等人 (1995) 和 Castel 等人 (2003) 的范式, 在颜色返回抑制范式中插入颜色或形状工作记忆内容。结果发现, 颜色返回抑制效应只受颜色工作记忆的影响, 不受形状工作记忆的影响。他们认为, 出现这种结果的原因是返回抑制效应与工作记忆之间具有“特异性”关系, 即某种特定类型的返回抑制效应只受某种工作记忆内容的影响。由于该项研究考察了工作记忆与非空间返回抑制效应之间的关系, 这无疑拓展了工作记忆与返回抑制效应之间关系的研究范围, 因此具有重要参考价值。

可是, 目前有关非空间返回抑制效应与工作记忆内容之间关系的研究还不全面, 还没有考察颜色工作记忆内容与形状返回抑制效应之间的关系, 以及其他非空间返回抑制效应与其他工作记忆内容之间的关系。因此, 有必要对此开展全面的研究。目前, 尤其需要对颜色和形状工作记忆内容与颜色和形状返回抑制效应之间的关系做进一步的研究。因为, 张丽芸和朱磊 (2015) 的实验范式与 Law 等人 (1995) 的实验范式比较接近 (采用的颜色刺激和 SOA 均相同), 但结果却相反, 因为张丽芸和朱磊 (2015) 发现在插入颜色刺激之后, 颜色返回抑制效应消失了。因此, 有必要按照张丽芸和朱磊 (2015) 的实验范式做进一步的实验研究。除此之外, 还需要考察颜色和形状工作记忆内容与形状返回抑制效应之间的关系。并且, 已有研究多将颜色返回抑制范式中的颜色刺激改为形状刺激, 作为形状返回抑制范式 (Hu et al., 2011; Riggio et al., 2004)。这种操作实际上肯定了颜色和形状均属于非空间特征信息, 共用一种 what 通道, 不存在分离效应。因此, 我们猜测颜色和形状工作记忆对颜色和形状返回抑制效应的影响应该也是一致的 (可能都会增加对靶刺激的反应时间)。

基于以上思考, 我们进行了如下两项实验研究: 实验 1 进一步考察颜色和形状工作记忆内容对颜色返回抑制效应的影响。根据对以往有关研究 (张丽芸, 朱磊, 2015; Law et al., 1995) 的对比分析, 我们提出的实验假设是, 颜色和形状工作记忆内容均不影响

颜色返回抑制效应的产生, 只会增加判断靶刺激颜色的反应时间。实验 2 考察颜色和形状工作记忆内容对形状返回抑制效应的影响。因为目前缺少该项实验研究, 所以, 我们提出的实验假设是, 颜色和形状工作记忆内容均不影响形状返回抑制效应的产生, 只会增加判断靶刺激形状的反应时间。

## 2 研究方法

### 2.1 实验 1 颜色和形状工作记忆对颜色返回抑制效应影响的实验研究

#### 2.1.1 实验目的

考察颜色和形状工作记忆对颜色返回抑制效应的影响。

#### 2.1.2 被试

随机选取 26 名本科生 (8 名男性和 18 名女性) 参与实验, 平均年龄  $23.2 \pm 1.6$  岁。所有被试均裸眼或矫正视力正常, 无色盲色弱。没有参加过类似实验, 在实验完成后获得一定报酬。

#### 2.1.3 设计与材料

采用 3 (工作记忆条件: 无、颜色或形状工作记忆)  $\times$  2 (线索与靶刺激的颜色一致性: 一致或不一致) 的被试内设计。因变量为被试辨别靶刺激颜色的反应时, 包括三种实验条件: 无工作记忆、颜色工作记忆和形状工作记忆条件。被试均先进行无工作记忆条件下的实验, 然后进行颜色和形状工作记忆条件下的实验, 颜色和形状工作记忆条件的实验顺序随机分配。每种实验条件下包括 96 个试次, 线索与靶刺激的颜色一致和不一致各 48 次, 随机呈现。共包括线索、靶刺激和工作记忆内容三种刺激材料, 均呈现在黑色屏幕中央。线索为蓝色 (0, 0, 255) 或红色 (255, 0, 0) 的正方形; 靶刺激为蓝色 (0, 0, 255) 或红色 (255, 0, 0) 的圆形。工作记忆内容为紫色 (255, 0, 255) 或黄色 (255, 255, 0) 的正方形, 灰色的梯形或菱形, 实验中使用的颜色刺激的亮度均相等 (亮度均为 1), 饱和度也均相等 (饱和度均为 1)。线索和靶刺激为  $9 \times 9$  度, 工作记忆内容为  $5 \times 5$  度。屏幕分辨率为  $1440 \times 900$ , 刷新频率为 60Hz。

#### 2.1.4 程序

实验流程见图 1。所有刺激均呈现在屏幕中央, 要求被试在实验过程中一直将注意力集中在屏幕中央。

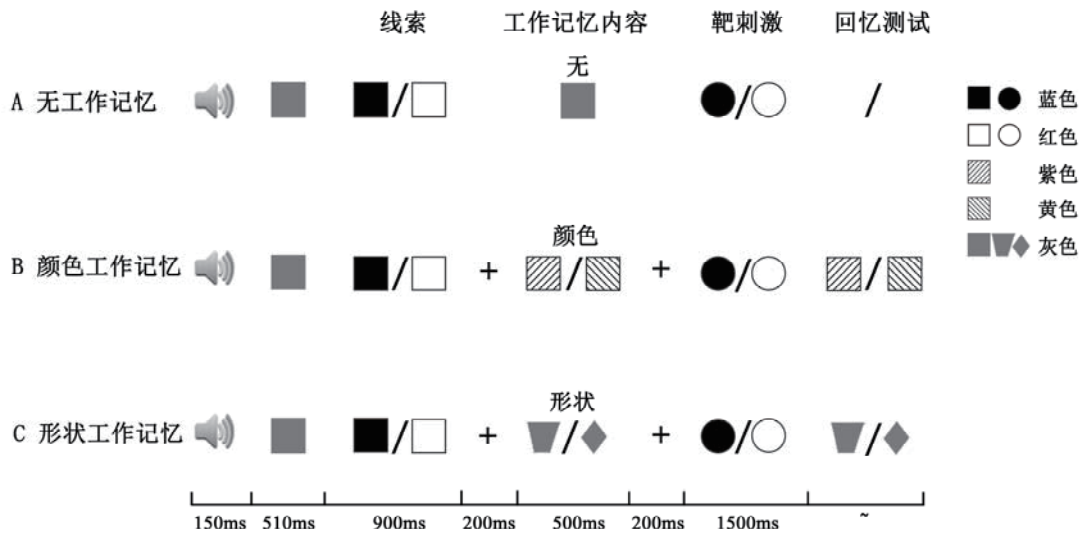
无工作记忆条件: 每个试次都以 150ms 的“滴”

声提示音开始，首先呈现 510ms 的灰色方块，再呈现 900ms 的线索（蓝色或红色正方形），要求被试注意线索图形的颜色。接着呈现 900ms 的灰色正方形，将被试的注意从线索颜色上转移。最后，呈现靶刺激 1500ms（蓝色或红色圆形）。被试按键判断靶刺激的颜色是蓝色还是红色，一半被试判断蓝色按“F”，红色按“J”；另一半被试判断红色按“F”，蓝色按“J”，以下均同。按键后 1s 后进入下一个试次。

颜色工作记忆条件：每个试次都以 150ms 的“滴”声提示音开始，首先呈现 510ms 的灰色方块，

再呈现 900ms 的线索（蓝色或红色正方形），要求被试注意线索图形的颜色。接着呈现 200ms “+”，500ms 的颜色工作记忆内容（紫色或黄色正方形），再呈现 200ms “+”，要求被试记忆这个正方形的颜色。然后呈现靶刺激 1500ms（蓝色或红色圆形），被试按键判断靶刺激的颜色是蓝色还是红色。最后进行回忆测试，要求被试按键判断刚才记忆过的内容是紫色的还是黄色的，紫色按“F”，黄色按“J”。

形状工作记忆条件：将颜色工作记忆条件下的颜色工作记忆内容改为形状工作记忆内容（灰色的



梯形或菱形）。将回忆测试改为按键判断刚才记忆过的内容是梯形还是菱形，梯形按“F”，菱形按“J”。其余同颜色工作记忆条件下的程序。

### 2.1.5 结果分析

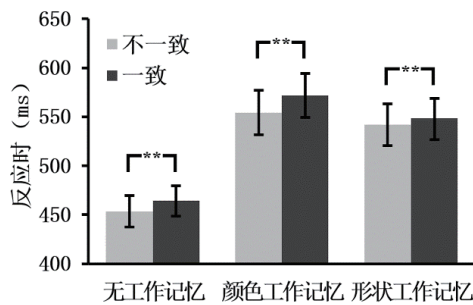


图 2 实验 1 结果

注：误差线为上下单个标准误，\*\* $p < .01$

运用 SPSS 20.0 处理实验数据，去除每个被试在靶刺激判断和记忆测试中的错误反应和超过两个标准差之外的数据（无工作记忆条件去除 8.43% 的试次，颜色工作记忆条件去除 13.19% 的试次，形状工作记忆条件去除 14.38% 的试次）。三种实验条件

下的平均反应时如图 2 所示。

对反应时数据进行 3（工作记忆条件：无、颜色或形状工作记忆） $\times$  2（线索与靶刺激的颜色一致性：一致或不一致）的两因素重复测量方差分析。结果显示，颜色一致性的主效应显著， $F(1, 25) = 13.825$ ,  $p < .01$ ,  $\eta_p^2 = .356$ ，线索与靶刺激的颜色一致条件下的反应时显著长于不一致条件下的反应时。这表明在无工作记忆、颜色工作记忆和形状工作记忆三种实验条件下均产生了颜色返回抑制效应。工作记忆条件的主效应显著， $F(2, 50) = 36.161$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .591$ ，颜色和形状工作记忆条件下的反应时均显著长于无工作记忆条件下的反应时。二者之间的交互作用不显著， $F(2, 50) = 1.576$ ,  $p > .05$ ,  $\eta_p^2 = .059$ 。

用颜色一致条件下减去颜色不一致条件下的反应时数据，得到三种实验条件下的颜色返回抑制效应量。对三种实验条件下的颜色返回抑制效应量进行单因素重复测量方差分析的结果显示，三种实验



条件下（无工作记忆、颜色工作记忆和形状工作记忆）的颜色返回抑制效应量之间均无显著差异， $F(2, 50) = 1.576$ ,  $p > .05$ ,  $\eta_p^2 = .059$ 。

## 2.2 实验2 颜色和形状工作记忆对形状返回抑制效应影响的实验研究

### 2.2.1 实验目的

考察颜色和形状工作记忆对形状返回抑制效应的影响。

### 2.2.2 被试

同实验1。

### 2.2.3 设计与材料

采用3（工作记忆条件：无、颜色或形状工作记忆） $\times$ 2（线索与靶刺激的形状一致性：一致或不一致）的被试内设计。因变量为被试辨别靶刺激

形状的反应时，包括三种实验条件：无工作记忆、颜色工作记忆和形状工作记忆条件。被试均先进行无工作记忆条件下的实验，然后进行颜色和形状工作记忆条件下的实验，颜色和形状工作记忆条件的实验顺序随机分配。每种实验条件下包括96个试次，线索与靶刺激的形状一致和不一致各48次，随机呈现。共包括线索、靶刺激和工作记忆内容三种刺激材料，均呈现在黑色屏幕中央。线索为蓝色（0, 0, 255）的正方形或圆形；靶刺激为红色（255, 0, 0）的正方形或圆形，实验中使用的颜色刺激的亮度和饱和度均为1。工作记忆内容、线索和靶刺激的大小、屏幕分辨率和刷新频率均与实验1相同。

### 2.2.4 程序

三种实验条件下的程序与实验1基本相同，

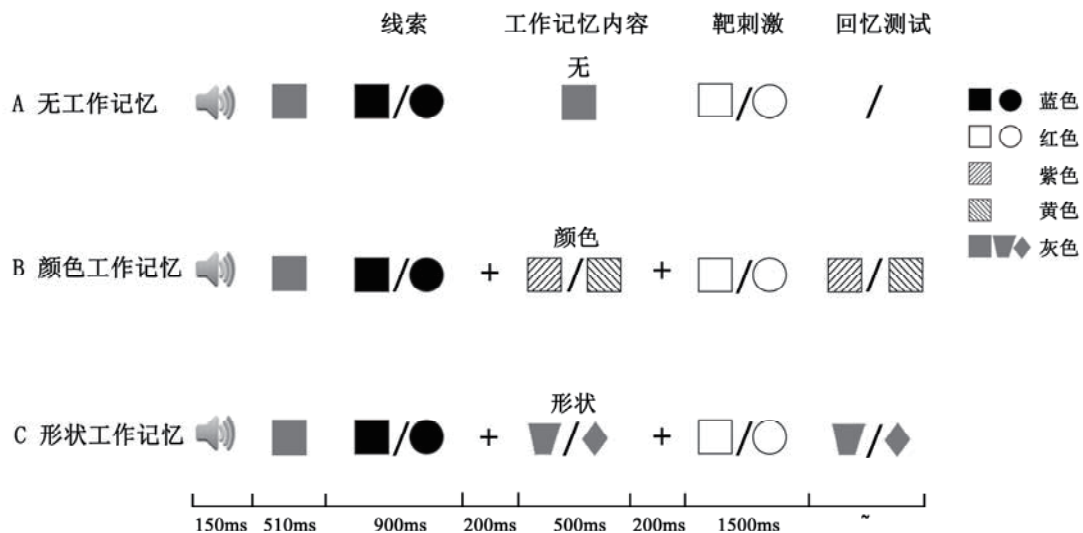


图3 实验2流程

不同之处在于：线索为蓝色的正方形或圆形，靶刺激为红色的正方形或圆形。要求被试注意线索图形的形状而不是颜色，并按键判断靶刺激的形状是正方形还是圆形。一半被试判断正方形按“F”，圆形按“J”；另外一半被试判断圆形按“F”，正方形按“J”。实验流程见图3。

要求被试注意线索图形的形状，并按键判断靶刺激的形状，一半被试判断正方形按“F”，圆形按“J”；另外一半被试判断圆形按“F”，方形按“J”。其余程序均与实验1相同，实验流程见图3。

### 2.2.5 结果分析

去除每个被试在靶刺激判断和记忆测试中的错误反应和超过两个标准差之外的数据（无工作记

忆条件去除7.50%的试次，颜色工作记忆条件去除16.79%的试次，形状工作记忆条件去除16.63%的试次）。三种实验条件下的平均反应时数据如图4所示。

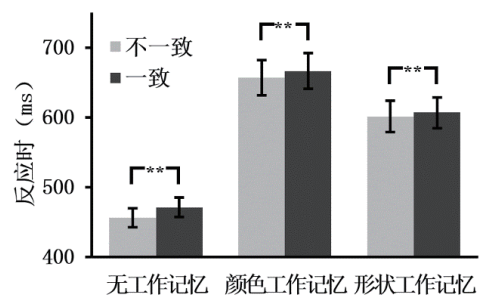


图 实验2结果

注：误差线为上下单个标准误，\*\* $p < .01$

对反应时数据进行3（工作记忆条件：无、颜色或形状工作记忆） $\times$ 2（线索与靶刺激的形状一致

性：一致或不一致）的两因素重复测量方差分析。结果显示，形状一致性的主效应显著， $F(1, 25)=9.948$ ,  $p<.01$ ,  $\eta_p^2=.285$ ，线索与靶刺激的形状一致条件下的反应时显著长于不一致条件下的反应时。这表明在无工作记忆、颜色工作记忆和形状工作记忆三种实验条件下均产生了形状返回抑制效应。工作记忆条件的主效应显著， $F(2, 50)=85.825$ ,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=.774$ ，颜色和形状工作记忆条件下的反应时均显著长于无工作记忆条件下的反应时。二者之间的交互作用不显著  $F(2, 50)=1.054$ ,  $p>.05$ ,  $\eta_p^2=.04$ 。

用形状一致条件下减去形状不一致条件下的反应时数据，得到三种实验条件下的形状返回抑制效应量。对三种实验条件下的形状返回抑制效应量的结果进行单因素重复测量方差分析的结果显示，三种实验条件下（无工作记忆、颜色工作记忆和形状工作记忆）的形状返回抑制效应量之间均无显著差异， $F(2, 50)=1.054$ ,  $p>.05$ ,  $\eta_p^2=.04$ 。

### 3 讨论

#### 3.1 颜色与形状工作记忆条件下的颜色与形状返回抑制效应

上述两个实验的结果表明，在颜色和形状工作记忆条件下，均产生了颜色或形状返回抑制效应，并且两种工作记忆条件下的颜色或形状返回抑制效应量之间均无显著差异。实验1的方差分析结果表明，在颜色工作记忆条件下，线索与靶刺激的颜色一致条件下的反应时显著长于不一致条件下的反应时，这表明在颜色工作记忆条件下也产生了返回抑制效应。而以往研究的方差分析结果却是在颜色工作记忆条件下，线索与靶刺激的颜色一致和不一致条件下的反应时之间无显著差异。正是与以往研究的方差分析结果不同，导致了与以往研究结论的不同。

检测代价理论（Lupiáñez, 2010）认为，当靶刺激出现在线索位置时，会产生空间定向收益、检测代价和空间选择收益三种效应。其中，检测代价在三种效应中所占的权重决定了是否产生返回抑制效应。线索与靶刺激的相似性越高，检测代价就越大。SOA 和任务要求等因素也会影响检测代价在总反应时中的权重，进而影响返回抑制效应（刘幸娟, 张阳, 王慧媛, 张明, 2014）。范海楠和许百华（2014）提出，检测代价理论能够解释非空间返回抑制效应的产生。当线索与靶刺激的颜色相同时，很容易产生线索-

靶刺激的整合，类似于空间选择收益的易化效应。当 SOA 较长时，类似于空间定向收益会逐渐减少，线索-靶刺激整合的趋势也逐渐降低，导致类似于空间选择收益的易化效应减弱。所以，检测代价所占的权重就增加了，产生了颜色返回抑制效应。同理，两个实验的结果都可以用检测代价理论来解释。在线索与靶刺激之间插入颜色或形状工作记忆内容，也会中断线索与靶刺激之间的联结，导致类似于空间定向收益和空间选择收益的降低和检测代价所占权重的增加，从而产生了非空间返回抑制效应。而以往研究的实验结果则用他们自己提出的返回抑制效应与工作记忆之间存在的一种“特异性”关系来解释。

#### 3.2 颜色和形状工作记忆对颜色和形状返回抑制效应的影响

在两个实验的结果中，颜色和形状工作记忆条件下的反应时均显著长于无工作记忆条件下的反应时。这表明，颜色和形状工作记忆内容增加了被试判断靶刺激的颜色或形状的反应时间。一个可能的原因就是，由于对工作记忆内容的加工增加了被试的工作记忆负荷，导致对靶刺激的辨别反应变慢，所以颜色和形状工作记忆条件下的反应时均显著长于无工作记忆条件下的反应时。

Vivas, Humphreys 和 Fuentes（2008）提出了一种“抑制标签理论”（inhibitory tagging theory）：当注意客体刺激时，除了激活一种注意定向系统之外，还会激活一种抑制标签系统。被试会在注意过的线索位置上贴上一个“抑制标签”，防止之后的注意再次回到这个位置上来，所以才产生了返回抑制效应。尽管非空间返回抑制效应与空间返回抑制效应的机制不同（Chen, Fuentes, & Zhou, 2010），但两种效应的机制都是为了记录与当前任务变得无关的空间位置或客体特征来避免无效的再次检索和注意。同理，被试也可能在线索的非空间特征上贴上一个“抑制标签”，防止之后的注意再次回到这种特征上来，进而产生一种非空间返回抑制效应。并且，在线索与靶刺激之间插入工作记忆内容对返回抑制效应的影响有限，因为在线索化阶段抑制标签就已经贴在了线索的非空间特征上。但是却可能会导致对靶刺激的辨别反应变慢，因为工作记忆内容占用了有限的认知资源。所以，在颜色和形状工作记忆条件下，判断靶刺激的颜色或形状的反应时均显著长于无工作记忆条件下的反应时。目前，关

于工作记忆内容与非空间返回抑制效应之间关系的研究仍然较少,有待于未来进一步的研究和考察。

## 4 结论

(1) 在颜色和形状工作记忆条件下,均产生了颜色或形状返回抑制效应。

(2) 在颜色和形状工作记忆条件下,颜色或形状返回抑制效应量之间均无显著差异,但判断靶刺激的颜色或形状的反应时有显著增加。

## 参考文献

- 范海楠, 许百华. (2014). 动态情景中颜色特征和身份特征在返回抑制中的作用. *心理学报*, 46(11), 1628–1638.
- 刘幸娟, 张阳, 王慧媛, 张明. (2014). 返回抑制时程的三因素理论及其发展. *心理科学*, 37(1), 73–77.
- 张丽芸, 朱磊. (2015). 工作记忆对基于颜色的注意返回抑制的影响. *心理科学*, 38(3), 559–563.
- 赵静, 潘毅. (2010). 工作记忆内容对空间返回抑制的影响. *心理学探新*, 30(1), 42–46.
- Castel, A. D., Pratt, J., & Craik, F. I. M. (2003). The role of spatial working memory in inhibition of return: Evidence from divided attention tasks. *Perception and Psychophysics*, 65(6), 970–981.
- Chen, Q., Fuentes, L. J., & Zhou, X. (2010). Biasing the organism for novelty: A pervasive property of the attention system. *Human Brain Mapping*, 31(8), 1146–1156.
- Chou, W. L., & Yeh, S. L. (2008). Location- and object-based inhibition of return are affected by different kinds of working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(12), 1761–1768.
- Egley, R., Driver, J., & Rafal, R. D. (1994). Shifting visual attention between objects and locations: Evidence from normal and parietal lesion subjects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(2), 161–177.
- Francis, L., & Milliken, B. (2003). Inhibition of return for the length of a line? *Perception and Psychophysics*, 65(8), 1208–1221.
- Hu, F. K., Samuel, A. G., & Chan, A. S. (2011). Eliminating inhibition of return by changing salient nonspatial attributes in a complex environment. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140(1), 35–50.
- Kahan, T. A., Oldak, V. A., & Lichtman, A. S. (2013). Working memory loads affect location-based negative priming differently than inhibition of return. *Journal of Cognitive Psychology*, 25(4), 473–492.
- Kiyonaga, A., & Egner, T. (2014). The working memory stroop effect: When internal representations clash with external stimuli. *Psychological Science*, 25(8), 1619–1629.
- Kiyonaga, A., & Egner, T. (2016). Center-surround inhibition in working memory. *Current Biology*, 26(1), 64–68.
- Law, M. B., Pratt, J., & Abrams, R. A. (1995). Color-based inhibition of return. *Perception and Psychophysics*, 57(3), 402–408.
- Lupiáñez, J. (2010). Inhibition of return. In A. C. Nobre, & J. Coull (Eds.), *Attention and time* (pp. 17–34). Oxford: Oxford University Press.
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma, & D. G. Bouwhuis (Eds.), *Attention and performance X: Control of language processes* (pp. 531–556). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Riggio, L., Patteri, I., & Umiltà, C. (2004). Location and shape in inhibition of return. *Psychological Research*, 68(1), 41–54.
- Saad, E., & Silvanto, J. (2013). How visual short-term memory maintenance modulates subsequent visual aftereffects. *Psychological Science*, 24(5), 803–808.
- Tipper, S. P., Driver, J., & Weaver, B. (1991). Object-centred inhibition of return of visual attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43A, 289–298.
- Vivas, A. B., Humphreys, G. W., & Fuentes, L. J. (2008). Object-based inhibition of return in patients with posterior parietal damage. *Neuropsychology*, 22(2), 169–176.
- Zhang, Y., & Zhang, M. (2011). Spatial working memory load impairs manual but not saccadic inhibition of return. *Vision Research*, 51(1), 147–153.

# The Effects of Color and Shape Working Memory on Non-Spatial Inhibition of Return

*Shi Rui, Liu Yan, Zhang Qi*

(School of Psychology, Liaoning Normal University, Dalian, 116029)

**Abstract** Responding to a target that presented at the cued location is slower than responding to a target that presented at the uncued location. It reflects a well-known spatial Inhibition of Return (IOR) effect. Object-based IOR appears when the target is displayed on the cued object. Recently, several studies found a kind of non-spatial IOR (e.g., color IOR and shape IOR). Previous researchers used the dual-task paradigm combining the typical IOR paradigm with some working memory (WM) tasks. They found that the spatial IOR would be eliminated when a spatial WM task was involved in the dual-task paradigm. However, the spatial IOR still existed when it contained a non-spatial WM task. They suggested that spatial IOR was partially modulated by the spatial WM system. Some studies found that the shape IOR was modulated by the shape WM; The color IOR was modulated by the color WM, but not modulated by the shape WM. However, the evidences of the relationship between the non-spatial IOR and WM were still not sufficient. The purpose of the present study was to examine whether the non-spatial IOR (e.g., color IOR and shape IOR) was modulated by the WM tasks (e.g., shape and color WM tasks). Our hypotheses were that the color and shape IOR could not be modulated by the color or shape WM; the performances of target discrimination could be modulated by the color and shape WM.

In Experiment 1, a 3 (WM conditions: without WM vs. color WM vs. shape WM)  $\times$  2 (color congruencies of the cue and target: congruent vs. incongruent) within-subjects design was adopted. The cue and target were color stimuli in this dual-task paradigm. In each trial, participants were firstly required to pay attention to the cue and conduct a WM task. Then they were instructed to discriminate the color of the target. At last, there was a memory test for the WM task. The discriminating RTs and accuracy data were collected from 26 participants (8 males, 18 females, with mean age of 23.2 $\pm$ 1.6). In Experiment 2, a 3 (WM conditions: without WM vs. color WM vs. shape WM)  $\times$  2 (shape congruencies of the cue and target: congruent vs. incongruent) within-subjects design was adopted. The same participants in Experiment 1 took part in the Experiment 2. The procedure was identical to the Experiment 1, but the cue and target were the shape stimuli. Participants were instructed to discriminate the shape of the target. The order of two experiments was random.

The results revealed that: (1) In Experiment 1, color IOR was found in all WM conditions; in Experiment 2, shape IOR was found in all WM conditions; (2) The differences between the magnitude of color IOR in color WM and the magnitude of color IOR in shape WM were not reliable. The differences between the magnitude of shape IOR in color WM and the magnitude of shape IOR in shape WM were not reliable. But the discriminating RTs in the color and shape WM conditions were longer than it was in the condition without WM.

In summary, the present study concluded that: (1) The color IOR and shape IOR existed in the color WM and shape WM conditions; (2) There was no difference between the magnitude of color IOR in color WM condition and the magnitude of color IOR in shape WM condition. There was no difference between the magnitude of shape IOR in color WM condition and the magnitude of shape IOR in shape WM condition. However, the color and shape WM tasks required an additional response time to discriminate the color or shape of the target relative to the condition without WM.

**Key words** working memory, non-spatial inhibition of return, color, shape