

# 视知觉无意识加工中的形状优势效应<sup>\*</sup>

柯学<sup>1,2,3</sup> 白学军<sup>1</sup> 隋南<sup>1,3</sup>

(<sup>1</sup>天津师范大学心理与行为研究中心,天津,300074; <sup>2</sup>中山大学心理学系,广州,510275; <sup>3</sup>中国科学院心理研究所,北京,100101)

**摘要** 研究了视知觉无意识加工中是否存在形状优势效应。被试为天津师范大学本科生 60 名。仪器为 pentium III 高分辨率计算机,程序用 E-prime 心理实验软件系统编制而成。在实验 1 中,用信号检测论技术发现,当启动图形呈现时间为 20ms 时,被试是不能觉知到该图形的。在实验 2 和 3 中,被试的任务分别是判断图形的形状和颜色,用 MANOVA 分析启动图形对靶图形的启动效应时发现,启动图形的颜色线索不会影响靶图形的形状判断,但启动图形的形状线索却能抑制或促进靶图形的颜色判断。实验证据提示,在判断物体整体特征时,无意识知觉具有形状优势效应。

**关键词:** 视知觉 无意识 启动效应 形状优势。

## 1 前言

形状和颜色同属于图形的基本属性。Cohen 用视觉搜索的方法研究图形表征时发现,对形状、颜色特征的加工过程是独立的,分开的<sup>[1,2]</sup>。Lehky 等人在研究错觉时也发现,视知觉对图形的颜色和形状加工过程可以分离<sup>[3]</sup>。不仅如此,Boucart 等人采用先呈现一个参照图形,后呈现一个靶图形和干扰图形,让被试根据图形的整体颜色判断靶刺激位置的匹配方式研究还发现,激活适当的颜色表征可以产生与之相联系的形状表征<sup>[4,5]</sup>。但是他们在先前的研究中采用相同的实验范式并没有发现这种效应<sup>[6]</sup>。因此,Boucart 后来发现的这种视觉系统对颜色和形状信息的整合,是自然编码的结果,还是被试做实验时采用有意的注意策略造成的,并没有得到进一步证实。基于此,本研究先采用信号检测论技术,以确定被掩蔽的启动图形在不同呈现时间上的觉知性;进而在阈下知觉启动实验中,考察对图形整体颜色的加工能否自动激活与之相联系的形状表征。如果视知觉无意识中存在形状优势效应,那么启动图形的颜色线索就有可能不会影响对靶图形的整体形状判断,相反启动图形的形状线索确可能影响对靶图形整体颜色的判断。

## 2 实验一 简单几何图形在不同呈现时间上的觉知性

采用信号检测论技术,鉴定简单几何图形不能被觉知的时间范围,为阈下启动实验取得尽量大的启动量确定一个时间上限。

### 2.1 被试

天津师范大学本科生共 20 名,其中男生 10 名,女生 10 名。年龄在 19-25 岁之间。视力或矫正视力均在 1.0 以上。色觉正常。所有被试均为右利手。

### 2.2 仪器和实验材料

实验采用 E-prime 心理实验软件系统,在 pentium III 高分辨率计算机上完成,显示分辨率为 640×480,屏幕的垂直刷新频率为 99.7Hz。被试眼睛与显示器齐平,视距约为 57cm。注视点(+)的视角为 0.3°×0.3°。启动图形有两类,一类为三角形,分为锐角、直角和钝角三角形,另一类为四边形,分别为正方形、平行四边形、梯形,每种图形都有两种颜色,即为红色和绿色。因此,共有 12 个启动图形。伪靶刺激为一个黑色的圆。启动图形和伪靶图形视角约为 2.5°×2.5°。前掩蔽和后刺激均由一些黑色的乱线条构成的,掩蔽刺激视角约为 4.5°×4.5°。构成图形的线条宽度为 1 个像素,图形的色彩模式为 RGB 模式。

### 2.3 实验程序

在计算机屏幕上先呈现注视点,时间为 750ms,接着依次呈现前掩蔽刺激、启动图形和后掩蔽图形,其中启动图形的呈现时间是随机的,可以是 10、20、30、40 或 50ms,前掩蔽和后掩蔽刺激的呈现时间均为 100ms,最后呈现伪靶刺激(为了与后面正式实验条件匹配),时间为 150ms。被试的任务就是按键对启动图形进行迫选反应。10 个被试被告知用右手食指按键表示启动图形为三角形,用右手中指按另一反应键表示靶图形为四边形。另外 10 个被试也是用右手按键,但按键反应与前 10 个被试相反。在 24 次练习之后,进行 2 组正式实验,每组 90 次。其中启动图形是随机地呈现给被试。

### 2.4 数据处理

以四边形为噪音,三角形为信号,由击中概率和虚报概率计算得到信号分辨力系数( $d'$ ),并检验击中概率和虚报概率是否有差异,以此考察  $d'$  与“0”之间是否存在差异,分析启动图形在不同呈现时间上的觉知性。

### 2.5 实验结果

当启动图形呈现时间为 10 和 20ms 时,击中概率和虚报概率没有达到显著性差异( $\chi^2$  值分别为 2.046 和 4.16,  $p$  值分别为 0.563 和 0.245),当呈现时间分别为 30、40 和 50ms

\* 国家自然科学基金(30170324)、中科院创新青年科学家小组、中科院创新工程项目(kscx2-2-03)、教育部人文社会科学重点研究基地基金资助

\*\* 第一作者简介:柯学,男,中山大学心理学系,助教。E-mail: edskx@zsu.edu.cn

时,击中概率和虚报概率差异非常显著( $\chi^2$ 值分别为 234.159, 394.587 和 440.133,  $p$ 值均小于 0.001)。实验结果表明,当启动图形呈现为 10 和 20ms 时,该实验测得的信号分辨力系数( $d'$ )与“0”值之间没有差异,被试对该图形是不能觉知的(见图 1)。因此,该实验确定简单几何图形不能被觉知的时间上限是 20ms。

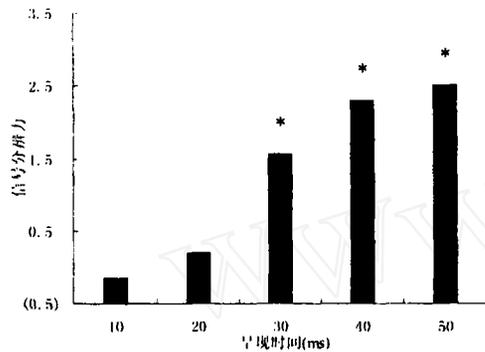


图 1 启动图形在不同时间呈现上的觉知性

注:检验击中概率和虚报概率差异显示,当启动图形呈现时间为 30、40 或 50ms,启动图形能被觉知。\*  $p < 0.001$ 。

### 3 实验二 颜色线索对靶图形形状判断的启动效应

根据上述实验确定的时间上限,确定本实验的启动图形呈现时间为 20ms,接着采用启动技术考察在形状辨别任务中,阙下颜色线索会不会影响对靶刺激的形状判断。

#### 3.1 被试

天津师范大学本科生共 20 名,其中男生 10 名,女生 10 名。年龄在 19-25 岁之间。视力或矫正视力均在 1.0 以上。色觉正常。所有被试均为右利手。

#### 3.2 仪器和实验材料

仪器和实验材料使用的注视点(+)、启动图形和掩蔽刺激同实验一。使用的靶图形与启动刺激相同。

#### 3.3 实验设计

2×2 二因素组内设计,一个组内因素为启动图形和靶图形的形状范畴关系(当启动图形和靶图形同时为三角形或四边形时为形状一致组,当其中一个为三角形,另一个为四边形时为形状不一致组),另一个变量是启动图形和靶图形的颜色范畴关系(当启动图形与靶图形属于同一种颜色时为颜色一致组,当两者的颜色不同时为颜色不一致组)。

#### 3.4 实验程序

不告知被试有启动图形出现,在计算机屏幕上先呈现注视点,时间为 750ms,接着在呈现前掩蔽刺激、启动图形和后掩蔽刺激,时间分别为 100、20 和 100ms,最后呈现靶图形,时间为 150ms。被试的任务就是尽快按键判断图形的形状。10 个被试被告知用右手食指按键表示靶图形为三角形,用右手手中指按另一反应键表示靶图形为四边形。另外 10 被试也是用右手按键,但按键反应与前 10 个被试相反。在 16 次练习之后,进行 2 组实验,每组 144 次。其中启动图形和靶图形都是随机地呈现给被试的。在正式实验结束后,询问每个被试是否觉察到启动图形,并进行一个视觉辨别能力测验。在视

觉辨别能力测验中,注视点(+)、启动图形和掩蔽刺激及实验程序同正式实验,不同的是靶图形改成了伪靶刺激(一个黑色的圆),被试的任务是判断启动图形的形状为三角形还是四边形,共进行 144 次。被试的按键为迫选反应,但没有时间压力。

#### 3.5 数据处理

统计每个被试视觉辨别能力测验中被试的正确率,考察被试对启动图形的觉知状态;删除按键错误的反应时数据后,单独计算每个被试正确反应时均值,并将均值三个标准差以外的正确反应时极端数据删除,最后对被试在各种条件下的正确反应时进行两因素重复测量的 MANOVA 分析。

#### 3.6 实验结果

询问被试是否觉察到启动图形时,没有一个被试报告觉知到。被试的形状辨别正确率为 47.9% - 55.8%,都没有超出正确概率的 95% 的置信区间。因此,被试对启动图形是不能觉知的。被删除的 trial 比率不超过 1.8%。重复测量的 MANOVA 分析表明,图形和靶图形形状范畴关系的主效应非常显著(见图 2), $F(1,19) = 9.898$ ,  $MSE = 131.544$ ,  $p = 0.005$ ,说明形状线索的无意识启动效应存在。在形状一致组中,被试反应时的平均值为 474.34ms,在不一致组中,被试反应时的平均值为 482.41ms。两者颜色范畴关系的主效应( $F(1,19) = 0.032$ ,  $MSE = 126.994$ ,  $p = 0.861$ )以及两个自变量的交互作用( $F(1,19) = 0.171$ ,  $MSE = 52.830$ ,  $p = 0.684$ )都不显著,说明启动图形的颜色线索对靶图形形状判断没有影响。

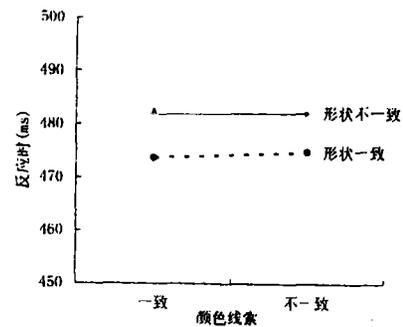


图 2 颜色线索对靶图形形状判断的作用

注:启动图形与靶图形的颜色一致与否不会影响对靶图形的形状判断( $p = 0.861$ )。

### 4 实验三 形状线索对靶图形颜色判断的启动效应

改变被试的任务为判断靶图形的颜色,考察视知觉无意识对整体颜色特征的加工能否激活与之相联系的形状表征。

#### 4.1 被试

天津师范大学本科生共 20 名,其中男生 9 名,女生 11 名。年龄在 19-24 岁之间。视力或矫正视力均在 1.0 以上。色觉正常。所有被试均为右利手。

#### 4.2 仪器和实验材料

仪器和实验材料同实验二。

#### 4.3 实验设计

2×2 二因素组内设计。自变量同实验二。

#### 4.4 实验程序

实验过程与实验二类似,不同的就是被试的任务是尽快按键判断图形的颜色。其中10个被试被告知用右手食指按键表示靶图形的颜色为红色,用右手中指按键表示靶图形的颜色为绿色。另外10个被试也是用右手按键,但按键反应与前10个被试相反。在正式实验结束后,询问每个被试是否觉察到启动图形,并进行一个视觉辨别能力测验。在视觉辨别能力测验中,注视点(+),启动图形和掩蔽刺激及实验程序同正式实验,不同的是靶图形改成了伪靶刺激(一个黑色的圆),被试的任务是判断启动图形的颜色为红色还是绿色,共进行144次。被试的按键为迫选反应,但没有时间压力。

#### 4.5 数据处理

同实验二。

#### 4.6 实验结果

询问被试是否觉察到启动图形时,没有一个被试报告觉察到。被试的颜色辨别正确率为41.8% - 58.1%,都没有超出正确概率的95%的置信区间。因此,被试对启动图形是不能觉察到的。被删除的trial比率不超过2%。重复测量的MANOVA分析表明,启动图形和靶图形颜色范畴关系的主效应非常显著(见图2), $F(1,19) = 21.127$ ,  $MSE = 261.849$ ,  $p < 0.001$ ,说明阈下颜色线索的启动效应存在。在颜色一致组中,被试反应时的平均值为451.77ms,在颜色不一致组中,被试反应时的平均值为468.40ms。但两者形状范畴关系的主效应( $F(1,19) = 6.602$ ,  $MSE = 45.289$ ,  $p = 0.019$ )也达到显著水平,说明阈下呈现的形状线索对颜色判断任务有影响。在形状一致组中,被试反应时的平均值为458.15ms,在形状不一致组中,被试反应时的平均值为462.02ms。但两个自变量的交互作用( $F(1,19) = 0.007$ ,  $MSE = 78.252$ ,  $p = 0.934$ )不显著,说明形状线索在颜色一致和颜色不一致两种条件下对靶图形颜色判断的影响是一致的。

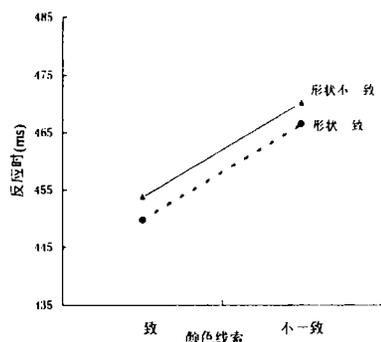


图3 形状线索对靶图形颜色判断的作用

注:当启动图形与靶图形的形状一致时,形状线索促进对靶图形的颜色判断,当启动图形与靶图形的形状不一致时,形状线索抑制靶图形的颜色判断( $p = 0.019$ )。

## 5 讨论

本研究结果提示,图形的形状与颜色特征在没有被觉察的状态下是能被加工的。首先,启动图形的呈现时间为20ms时,被试的击中概率和虚报概率没有达到显著性差异,而且在阈下启动实验后对形状或颜色辨别的正确率也没有超出正确概率的置信区间。因此,被试对该图形是不能觉察到

的;第二,启动图形与靶图形的形状和颜色的一致可以分别促进对靶图形的形状和颜色判断,两者形状和颜色的不一致可以分别抑制对靶图形的形状和颜色判断。因此,图形的物理特征是能够被无意识加工的。不仅如此,使用文字、图形、数字材料做的阈下知觉实验还表明,视知觉无意识不仅能加工刺激的物理特征,而且还能达到语义水平的加工<sup>[7-9]</sup>。不能觉察的某些刺激可以激活颞区视觉皮层<sup>[10]</sup>(temporal visual cortex)和额叶皮层<sup>[11]</sup>的电生理证据也支持该结果。但是在该研究中,形状线索对靶图形形状判断任务的启动量(8ms)比颜色线索对靶图形颜色判断任务的启动量(17ms)要小一点,这很可能是该研究设计中使用的图形颜色是两种,而使用的形状则有两类(每类当中有6个图形)造成的,提示该实验中的颜色线索信号较强。

即便在颜色线索信号较强的情况下,启动图形和靶图形颜色一致与否并不会影响对靶图形的形状判断,显示了对靶图形的形状信息加工不受启动图形颜色线索的影响。该实验结果提示,视知觉无意识对形状和颜色的加工过程是可分离的,而且形状和颜色特征也很可能在视觉腹侧通路上是分开表征的。这与Cohen用视觉搜索方法的研究结果是吻合的。颞下区(inferior temporal cortex)有两个细胞群集对颜色或形状有特异性反应的电生理证据也支持上述观点<sup>[12]</sup>。另外,Hanna等人也认为,颜色和形状是分开表征的,但是如果提出要求的,视觉系统可以对颜色和形状信息进行整合<sup>[13]</sup>。

相反,在形状线索信号没有颜色信号强的情况下,启动图形与靶图形的形状的一致可以促进对靶图形颜色的判断,形状的不一致可以抑制对靶图形颜色的判断。从本研究的实验结果分析看,这很可能是无意识视觉加工对形状有优势效应造成的,提示视觉系统在加工图形整体颜色时,对形状信息的加工很可能是自动的。同时也说明Boucart的研究结果——注意图形的整体颜色可以自动激活与之相联系的形状表征<sup>[4,5]</sup>,是一种自然编码的结果,而不是一种有意或策略性的反应。Boucart等人后来用fMRI做的结果也支持该结论<sup>[14]</sup>。该结果与Treisman的观点有不一致的地方,她的特征整合理论认为图形的形状和颜色是两个不同的特征纬度,各种特征是由功能上独立的一个知觉的子系统所分析,这种加工是自动的,并且是以平行方式进行的,而客体的辨认则需要集中性注意的参与,集中性注意使得颜色和形状特征得以结合为的客体<sup>[15]</sup>。但是在本研究中,由于启动图形的出现是意识不到的,被试不可能注意到这样一个图形,在这样一种情况下,却能发现对整体颜色特征的加工不可避免地激活了与之联系的形状表征。因此,视知觉无意识对形状和颜色特征加工的编码过程很可能与实验任务密切相关。

## 6 参考文献

- 1 Cohen A. Asymmetries in visual search for conjunctive targets. *Journal of Experimental Psychology: Human-Perception-and-Performance*. 1993, 19: 775-797
- 2 Chmiel N. Response effects in the perception of conjunctions of colour and form. *Psychological Research*, 1989, 51: 117-122
- 3 Lehy S R. Deficits in visual feature binding under isoluminant conditions. *Journal-of-Cognitive-Neuroscience*, 2000, 12: 383-392
- 4 Boucart M, Humphreys G W. Integration of physical and semantic

- information in object processing. *Perception*, 1997, 26: 1197-1209
- 5 Boucart M, Humphreys G W, Lorenceau J. Automatic access to object identity: attention to global information, not to particular physical dimensions, is important. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1995, 21: 584-601
  - 6 Boucart M, Humphreys G W. Attention to orientation, luminance, and color: attentional failure within the form domain. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1994, 20: 61-80
  - 7 Greenwald A G, Draine S C, Abrams R L. Three Cognitive Markers of Unconscious Semantic Activation. *Science*, 1996, 273: 1699-1702
  - 8 Dell'Acqua R, Grainger J. Unconscious semantic priming from pictures. *Cognition*, 1999, 73: B1-B15
  - 9 Dehaene S, Naccache L, Cleerly H G L et al. Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, 1998, 395: 597-600
  - 10 Rolls E T, Tovee M J, Panzeri S. The Neurophysiology of Backward Visual Masking: Information Analysis. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1999, 11: 300-311
  - 11 Thompson K G, Schall J D. The detection of visual signals by macaque frontal eye field during masking. *Nature Neuroscience*, 1999, 2: 283-288
  - 12 Chelazzi L, Miller E K, Duncan J, Desimone R D. A neural basis for visual search in inferior temporal cortex. *Nature*, 1993, 363: 345-347
  - 13 Hanna A, Remington R. The representation of color and form in long-term memory. *Memory and Cognition*, 1996, 24: 322-330
  - 14 Boucart M, Meyer M E, Pins D, Humphreys G W, et al. Automatic object identification: an fMRI study. *Neuroreport*, 2000, 11: 2379-2383.
  - 15 Treisman A, Sato S. Conjunction search revised. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1990, 16: 459-478

## Shape Dominance in Visual Unconscious Processing

Ke Xue<sup>1,2,3</sup>, Bai Xuejun<sup>1</sup>, Sui Nan<sup>1,3</sup>

(<sup>1</sup> Psychology and Behaviour Research Center, Tianjin Normal University, Tianjin, 300074)

(<sup>2</sup> Department of Psychology, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, 510275)

(<sup>3</sup> Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101)

**Abstracts** In the study we focused on whether there was shape dominance in visual unconscious perception. The subjects were 60 university students (Exp 1, 2, 3) in Tianjin Normal University. The experimental software E-prime was used to control the presentation of stimuli to the participants. In Exp 1, it was confirmed that the masked geometric primes presented for 20ms could not reach the awareness level via the signal-detection techniques. In Exp 2, the subjects were not informed of the presence of the prime and simply engaged in a shape discrimination task related to the target. In Exp 3, the subjects were done in a color discrimination task. With multivariate analysis of variance (MANOVA), the priming effects were investigated. The results showed that the color cue of the prime had no effect on the shape discrimination of the target while the shape information could facilitate or inhibit the subsequent processing of the color of the target. It is suggested that shape dominance in visual unconscious processing does exist.

**Key words:** visual perception, unconsciousness, priming, form dominance