

## 从知觉负载理论来理解选择性注意\*

魏 萍<sup>1</sup> 周晓林<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>北京大学心理学系, 北京 100871) (<sup>2</sup>中国科学院心理健康重点实验室, 北京 100101)

**摘 要** 知觉负载理论被认为解决了选择性注意研究的早选择和晚选择观点之争。当前任务对注意资源的耗用程度决定了与任务无关的干扰刺激得到多少加工, 从而导致在低知觉负载下, 注意资源自动溢出去加工干扰刺激(晚选择), 而在高知觉负载下, 注意资源被当前任务耗尽而无法加工干扰刺激(早选择)。知觉负载理论提出后, 研究者进行了一系列研究。一部分工作专注于知觉负载对选择性注意的调节作用; 另外一些工作则关注其他认知过程如何影响注意资源的分配, 其中知觉负载与工作记忆负载的关系是当前关注重点。

**关键词** 知觉负载, 选择性注意, 早选择, 晚选择, 干扰控制。

**分类号** B842

### 1 知觉负载理论

知觉负载理论认为<sup>[1,2]</sup>, 当前任务知觉负载的高低决定了选择性注意过程中的资源分配。如果当前任务的知觉负载较低, 其加工过程只耗用一部分注意资源, 则多余的注意资源会自动溢出, 去加工干扰刺激, 从而产生干扰效应<sup>[3,4]</sup>。如果当前任务的知觉负载较高, 有限的注意资源被消耗尽, 那么与任务无关的干扰刺激无法得到知觉加工, 从而不会产生干扰效应<sup>[3,4]</sup>。知觉负载理论被认为解决了选择性注意研究的早选择(知觉选择)和晚选择(反应选择)观点之争。

Lavie 继续指出<sup>[5]</sup>, 在高知觉负载下的知觉选择是被动的选择过程, 仅仅由于注意

资源不够充足而导致干扰刺激未得到加工; 而在低知觉负载下则需要主动的选择过程, 加工干扰刺激引发了不恰当的反应, 选择正确的反应需要主动控制过程参与。

#### 1.1 提出知觉负载理论之前的研究争论

在面对一个复杂的视觉刺激时, 选择性注意帮助人们将注意力集中在与任务相关的刺激上, 忽视无关刺激。这个过程如何进行、受哪些因素影响仍然是一个未解之题。Broadbent 曾在 1958 年提出知觉选择模型, 认为选择性注意发生在注意的早期知觉阶段。知觉是容量有限的加工过程, 它只能处理一部分信息, 选择性注意只允许那些与任务相关的刺激进入知觉过程; 相反, 反应选择模型则认为人的知觉过程可以自动地、无选择地、并行地进行加工, 选择性注意发生在对所知觉到的刺激做出反应的阶段<sup>[1,2]</sup>。这两类模型又分别称作早选择和晚选择模型, 分别有大量的研究证据支持。最终, 早选择 - 晚选择之争被重新解释为早选择是否可

收稿日期: 2005-01-24

\* 得到国家攀登计划(批准号: 95-专-09) 国家自然科学基金(30070260, 30470569, 60435010)、教育部科学技术重点项目基金(01002, 02170)和中国科学院知识创新工程方向性项目(KGCX2-SW-101)的资助。

通讯作者: 周晓林, Email: xz104@pku.edu.cn

能<sup>[3,4]</sup>。另外一个重要的模型是 Kahneman 提出的注意能量分配模型<sup>[7]</sup>，体现了注意能量有限的理论。他认为，人可利用的资源总是与唤醒水平相连的，只要不超过可利用的资源，人就可以同时接收两个或多个输入，或者从事两种或多种活动。Lavie 在 1995 年根据前人的实验结果，考察了知觉负载在选择性注意中的作用<sup>[2]</sup>。她认为知觉确实是资源有限的加工过程。在不超出注意资源加工能力的状况下，知觉加工可以自动地、无选择地、并行地进行，而在超出加工能力时则无法加工无关刺激。进一步说，如果目标刺激没有耗尽当前的注意资源，那么多余的资源就要自动溢出，加工无关干扰刺激；观察者无法抑制剩余资源的溢出，主动的抑制只能作用于知觉后过程<sup>[2]</sup>。以当前任务知觉负载的高低重新考察过去的研究，结果发现，支持知觉选择模型的研究常常采用了较高的知觉负载，支持反应选择模型的研究多数采用了较低的知觉负载<sup>[1~3]</sup>。这个两可模型解释了过去无法解释的一些争论。因为过去的研究并没有直接比较选择性注意在高低知觉负载间的差异<sup>[1,2]</sup>，所以知觉负载理论的提出对理解选择性注意提供了新的视角。

### 1.2 控制知觉负载的方法

控制知觉负载的常用方法有三种。其一是 Flanker (侧抑干扰) 任务的变式<sup>[1]</sup>。实验中目标刺激与几个无关刺激呈现在中央，横向排列或排列在以中央注视点为圆心的圆周上，干扰刺激出现在中央刺激的上或下<sup>[1~5]</sup>、左或右<sup>[6,11]</sup>。通过控制中央无关刺激的多少来操纵知觉负载的高低，使得在高知觉负载下可以看到干扰效应的显著降低。其二是 Go/No-Go 范式<sup>[2]</sup>。在视野中央并列呈现目标刺激和辨别刺激，在外周呈现干扰刺

激。在低知觉负载条件下，要求被试当看到辨别刺激为正确的特征项目 (如绿色的) 时对目标刺激做反应，否则不作反应；在高知觉负载条件下，要求被试在看到辨别刺激为两个特征正确结合的项目 (如红色的圆形) 时对目标刺激做反应，否则不作反应<sup>[7]</sup>。也有研究直接将特征搜索作为低知觉负载，而将联合搜索作为高知觉负载<sup>[2,14]</sup>。其三是操纵当前任务的性质。判断单词的颜色或判断单词字母的大小写作为低知觉负载，判断单词的音节数作为高知觉负载<sup>[8]</sup>。但人们对这种控制方法存在不同看法<sup>[10]</sup>。

不可避免地，上述所有控制方法都会提高知觉负载的同时提高任务难度，引起了潜在的混淆。所以这些控制方法并不在于给出知觉负载的确切定义<sup>[2]</sup>，而是操纵当前任务耗用的注意资源。

## 2 研究证据

### 2.1 支持知觉负载理论的证据

知觉负载理论自提出以来，得到了很多研究证据的支持<sup>[1~6]</sup>。在行为水平上主要表现为在高知觉负载情况下，干扰效应减小，说明在高负载下，注意资源被当前任务耗尽，干扰刺激得到很少的加工。但是知觉负载的增加会造成任务难度增加和被试反应速度下降，从而影响结果解释的唯一性。Lavie 从控制任务难度的角度出发，考察了选择性注意中的资源有限 (resource-limited) 和数据有限 (data-limited) 过程<sup>[6]</sup>。实验中除了高低知觉负载条件外，引入了退化知觉负载条件 (degraded low load)。高知觉负载代表着资源有限的过程；在退化知觉负载条件下，将低知觉负载中呈现的字母亮度调低、大小减为原来的一半，作为数据有限的条件。结果发现，在数据有限条件下，被试的

源资源时,并不



证明了这一点,当工作记忆负载增加时,对于面孔刺激敏感的梭状回神经活动明显增加<sup>[18]</sup>。

在 Yi 等人的研究中<sup>[19]</sup>,当前的任务是辨别中央面孔的 one-back (低工作记忆负载) 或 two-back (高工作记忆负载) 任务,面孔周围是相对于前一个试次重复或不重复的场景。海马旁回对场景有特定反应,重复场景会引起海马旁回的适应性,使信号下降。结果发现,在增加中央面孔的知觉负载时,场景是否重复并不影响海马旁回的反应信号;而增加工作记忆负载时,海马旁回对不重复场景有更强的反应。说明增加知觉负载会耗尽注意资源,降低对于外周干扰刺激的知觉;增加工作记忆负载则不会耗尽注意资源,海马旁回仍可敏感地接受外周的干扰刺激,当探测到重复的场景时则产生了适应,反应信号降低<sup>[19]</sup>。

### 3.2 情绪对于选择性注意的影响

情绪信息能够影响人的认知过程。上面已经说明,在负启动实验中,高知觉负载条件下干扰刺激得到的加工和抑制少,引起较少的负启动效应,而低知觉负载相反<sup>[4]</sup>。Braunstein-Bercovitz 研究了压力如何影响选择性注意<sup>[24]</sup>。结果发现,低压力组与上述情况类似,提高启动试次的知觉负载减小了负启动效应;但是高压力组恰好相反,当启动试次为高知觉负载时表现出较大的负启动效应。作者认为,压力可以影响人的认知控制过程,使得无关信息得到不必要的加工,从而破坏了选择性注意。进一步说,在高知觉负载条件下,干扰刺激本应在知觉选择阶段就被淘汰,但是压力的存在影响了这一选择过程。

### 3.3 来自老年人和病人的研究

随着年龄增长,认知能力会下降。对于这种下降有两种解释,一种是抑制能力下降,另一种是整体的认知资源下降<sup>[25]</sup>。按照第一种解释,如果低知觉负载下的注意资源不是随意的扩散而是受到抑制机制的调控,那么老年人在低知觉负载下的干扰效应会高于年轻人的。Maylor 等人的实验证明<sup>[25]</sup>,虽然当知觉负载提高到一定程度时,年老被试和年轻被试都会表现出干扰效应减小;但年老被试在较低知觉负载下也会出现较高的干扰效应。年轻被试在低知觉负载下容易抑制不恰当反应;然而年老被试则难于抑制不恰当反应。另外,年老被试的注意资源也存在一定程度的匮乏,在较高知觉负载条件下,年老被试的资源缺乏更明显,更难加工干扰刺激,干扰效应更小。因此,低知觉负载下干扰效应明显增大,支持了抑制能力降低的解释;而年老被试随着知觉负载增高更容易表现出干扰效应降低,则支持了整体认知资源下降的解释。

对注意资源缺乏的群体如年老被试或忽视症病人来说,只要当前任务增加较少的知觉负载,即可使他们对干扰刺激的加工显著减少。Lavie 对于左侧忽视症病人的研究<sup>[26]</sup>证实了这一点。左侧忽视症病人大多是由于右侧顶叶或枕叶脑损伤造成的,他们倾向于将注意指向损伤同侧视野。Lavie 的实验结果发现,他们的注意资源也存在匮乏。当干扰刺激出现在损伤同侧视野时,被试在低负载下表现出较大的干扰效应,但是中央知觉负载的少许增加即可将干扰效应减小;而对于干扰刺激出现在损伤对侧视野,高低知觉负载条件下的干扰效应都很小,因为被试倾向于把注意投射到损伤同侧视野。

## 4 存在的争议

### 4.1 什么是注意资源

注意资源是只包括知觉资源,还是也包括抑制资源?普遍认为前者是真正的注意资源,而后者指的是认知控制过程。在负启动实验中,在高知觉负载下知觉加工的资源已经被当前任务耗尽了,那么控制资源是由于不需要了(知觉过程没有加工干扰刺激,没有激活不恰当反应,从而不需要抑制)而未被使用,还是也处在耗尽的状况?Lavie认为,在低知觉负载条件下才有认知控制过程的参与<sup>[3]</sup>,目标刺激和干扰刺激都激活了相应的反应,控制过程负责选择正确的反应,抑制不恰当的反应;而在高知觉负载条件下,没有加工干扰刺激,没有激活不恰当反应,所以不需要控制过程。但是,当面对一个任务时,认知控制过程的作用是否应该是在知觉加工之前首先对刺激的整体状况有所认知?是否应该由它主动分配注意资源进行相应的加工,确认哪些是目标刺激、哪些是干扰刺激,并决定它们被加工的优先级?行为实验结果还没有揭示这一主动控制过程。事件相关电位的研究表明,知觉负载对于选择性注意的影响发生在视觉加工的最初阶段<sup>[20-23]</sup>,刺激呈现后大约 90 到 100 ms,大脑皮层在外侧纹状体的加工已经显示出高负载下干扰刺激引起的 P1 波显著地低于低负载下干扰刺激引发的 P1 波<sup>[22]</sup>。也有研究表明,低负载情况下抑制成分多,高负载情况下抑制成分少<sup>[23]</sup>,也就是说,即使是在高知觉负载条件下,认知控制或抑制也有可能发挥作用。

### 4.2 加工干扰刺激

干扰刺激是否得到加工取决于它是否捕获了注意。梁华等人的实验表明<sup>[27]</sup>,在高

负载条件下仍然出现了刺激驱动的注意捕获效应,只是和低负载下的时程不同,低负载在 333ms 左右,高负载在 0~167ms 左右。梁华等认为,无论在高或低负载条件下,对靶刺激的加工资源存在时程上早、中、晚的变化,中间时段需要的资源多;高低负载下早、中、晚的具体时间不一样,从而导致了上述结果<sup>[27]</sup>。

在上述的实验中,通常将干扰刺激是否得到加工作为衡量选择性注意是否有效的指标。张达人等人认为,只采用干扰效应这一个指标可能是不够的<sup>[17]</sup>。他们的实验证明,高负载下负启动效应出现反转,暗示了对干扰刺激的识别。

在实验操作中,通常将中央呈现的目标刺激搜索集定义为任务相关集,而将外周干扰刺激定义为任务无关集,如果操纵外周干扰刺激与当前任务的相关性,是否会得到不同的结果?如果在高相关情况下,即使是在高知觉负载也得到了干扰效应,那么则要重新考虑主动控制过程以及自下而上的刺激驱动过程在不同知觉负载下的作用。

### 4.3 神经机制层面的探讨

在高知觉负载下,注意资源被当前任务耗尽,这种资源不足的加工状态的神经机制是什么?Marois 等人使用功能磁共振成像从注意瞬脱(Attentional Blink)范式出发,给被试呈现一系列刺激组成的刺激流,其中有两个目标刺激(T1和T2),如果T2出现在T1后500ms内,被试对T2的加工就会受到损害。结果发现顶间沟与这种时间上资源不足的加工状态有关。如果在目标刺激左右呈现空间干扰刺激,也发现顶间沟的激活<sup>[28]</sup>。过去曾有实验证明,顶间沟在注意控制和空间注意定向中起重要作用。然而当提高

刺激流中目标单词的加工难度与顶间沟<sup>[28]</sup>,说明顶尖沟的作用确实不足相关,而不是由于增加任务量。但是这种资源不足的加工状态在刺激流背景中,也许顶间沟并不是一种资源不足的加工状态。Todd 能用磁共振成像考察了视觉短时记忆中的编码和保持起重要作用,注意资源不足的情况需要控制层面的研究。

参考文献

[1] Lavie N, Tsal Y. perceptual load as a major locus of selection in visual attention. *Psychophysics*, 1994, 56(2): 183~197

[2] Lavie N. Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology*, 2001, 21(3): 451~468

[3] Lavie N, Cox S. On the efficiency of visual search: efficient visual search leads to inefficient distractor interference. *Journal of Experimental Psychology*, 2000, 26(3): 285~287

modulation of the visual motion aftereffect has a central cognitive locus: evidence of interference by the postcategorical on the precategorical. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2003, 29( 4): 731~740

Craven K M, Rosen B R, Kwong K K et al. Voluntary attention modulates fMRI activity in human MT~MST. *Neuron*, 1997, 18: 591~598

Johnson D N, Mcgrath A, McNeil C. Cuing interacts with perceptual load in visual search. *Psychological Science*, 2002, 13(3): 284~287

Lavie N, Ro T, Russell C. The role of perceptual load in processing distractor faces. *Psychological Science*, 2003, 14(5): 510~515

Jenkins R, Lavie N, Driver J. Ignoring famous faces: category-specific dilution of distractor interference. *Perception & Psychophysics*, 2003, 65(2): 298~309

Chen Z. Attentional focus, processing load, and Stroop interference. *Perception & Psychophysics*, 2003, 65(6): 888~900

Jiang Y, Chun M M. The influence of temporal selection on spatial selection and distractor interference: an attentional blink study. *Journal of Experimental Psychology: Human*

load in negative [17]

gy, 2000, 26( 3): [17]

theory of selective [18]

of Experimental n

of sensory limits [19]

on. *Perception & ig*

. 2000. 285~287 [20]

irrelevant motion in

an unrelated task. es

[21]

bility to ignore vi

task perceptual se

5): 817~828 21

[10] M. Attentional [22]

- Covariations in ERP and PET measures of spatial selective attention in human extrastriate visual cortex. *Human Brain Mapping*, 1997, 5: 273~279
- [23] Handy T C, Mangun G R. Attention and spatial selection: electrophysiological evidence for modulation by perceptual load. *Perception & Psychophysics*, 2000, 62(1): 175~186
- [24] Braunstein-Bercovitz H. Does stress enhance or impair selective attention? The effects of stress and perceptual load on negative priming. *Anxiety Stress and Coping*. 2003, 16 (4): 345~357
- [25] Maylor E A, Lavie N. The influence of perceptual load on age differences in selective attention. *Psychology and Aging*, 1998, 13(4): 563~573
- [26] Lavie N, Robertson I H. The role of perceptual load in neglect: rejection of ipsilesional distractors is facilitated with higher central load. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2001, 13(7): 867~876
- [27] 梁华, 陈湘川, 张达人. 不同注意负载条件下刺激驱动  
的注意捕获. *心理学报*. 2004, 86(1): 31~36
- [28] Marois R, Chun M M, Gore J C. Neural correlates of the attentional blink. *Neuron*, 2000, 28: 299~308
- [29] Todd J J, Marois R. Capacity limit of visual short-term memory in human posterior parietal cortex. *Nature*, 2004, 428(15): 751~754

**The Perceptual Load Theory of Attention**