

# 负启动效应的认知神经科学研究\*

刘明矾<sup>1 2</sup>, 黄任之<sup>2</sup>, 姚树桥<sup>2</sup>

(1. 江西师范大学 心理系, 南昌 330027; 2. 中南大学湘雅二医院 医学心理研究中心, 长沙 410078)

**摘 要** 近几年, 对负启动效应的神经机制研究发现, 干扰项抑制与情节提取都是引起负启动的原因, 究竟哪种机制起主要作用与实验任务有很大的关系。从现有的研究结果来看, 位置负启动与前额皮层有关, ERP 上表现为 P1 和 N1 波幅减小或 N2 波幅的增大, 支持抑制机制。特性负启动 P3 成分仍存在不一致的结果, 脑区的广泛激活模式使得研究者越来越倾向采取整合的观点。

**关键词** 负启动效应; 认知神经科学

**中图分类号** B8405

**文献标识码** A

**文章编号** 1003-5184(2007)01-0019-05

在过去的三十年中, 人们利用功能性磁共振(fMRI)和事件相关电位(ERPs)技术在人类注意的研究中取得重要的进展, 如选择性注意早期阶段的加工、诱发早期选择性注意的因素和注意网络的功能分析等方面。人们在注意信息加工系统中的一种核心能力是对大量信息的相关部分的选择, 负启动效应便反映了这种机制。负启动是指对先前被忽视的项目进行反应时与控制组相比出现反应时延长的一种现象。从 20 世纪 80 年代中期至今, 这种现象被广泛地研究, 然而, 产生负启动效应的具体机制一直是最具争议的问题。更为重要的是, 这一问题的存在影响了负启动任务用于临床样本中, 研究者是否能对所得的结果做出更加正确的解释。近年来(2001~2006), 由于认知神经科学的发展, 研究者开始逐步揭示负启动中的脑活动机制, 文章拟对这方面的研究作一系统的梳理和评述。

## 1 负启动效应与干扰项抑制机制

Neill 和 Tipper<sup>[1 2]</sup>最初认为, 负启动现象反映了注意的抑制机制, 这种抑制机制抑制了干扰项内部呈现的激活水平。因此, 如果在启动显示中干扰项的内部呈现与抑制相关, 则接下来探测显示中的刺激在提取先前被抑制的呈现时, 加工过程将被削弱。由于这种观点的广泛性, 在现有的大量应用性的研究中, 负启动任务成为测量个体抑制功能的一种常用方法。

大量研究已发现, 在需要抑制不适当反应的实

验条件下前额活动增强。Houghton 和 Tipper<sup>[3]</sup>在负启动的中枢抑制部分强调了前额叶对注意控制的具体功能。Wright 等<sup>[4]</sup>在视觉空间任务中证明了抑制机制在负启动中的作用。他们要求被试对目标字母 O 的位置进行反应, 分析发现, 儿童在控制条件下, 大脑皮层和皮层下感觉运动区域网络被激活, 而在负启动条件下, 前额内侧皮层、前额下皮层、眶额皮层以及辅助运动区的几个区域被选择性地激活。Wright 认为, 视觉空间负启动与其它抑制任务一样, 在额顶神经网络具有特定的细胞亚群。由于实验范式的差异, 不同影像研究中参数的设定和分析方法的不同, 这些脑区在抑制加工过程中的具体功能尚不清楚。同时, Wright 等<sup>[5]</sup>采用同样的任务对成人的脑机制进行了研究, 发现前额的上、下皮层及内侧皮层被选择性激活, 支持了负启动与抑制机制的关系。

由于抑制和提取两种解释的主要差异在于负启动效应的时程方向, 因此, 研究者认为在时间上具有高分辨率的 ERPs 技术在研究负启动的神经机制上具有独特的优势。Kathmann 等<sup>[6]</sup>采用这一技术在位置负启动任务中发现, 被试在负启动条件下对目标位置进行反应时, 顶枕部位的 P1 和 N1 成分波幅减小, P3 潜伏期延长, P3 波幅未见差异。Kathmann 据此认为, 内隐记忆加工并未在其中起重要的作用, 位置负启动可能与感觉加工的早期抑制以及刺激评价过程减慢有关。同时, Ruge 和 Naumann<sup>[7]</sup>在对位置负启动任务的研究中发现, 负启动条件下的 ERP 成

\* 基金项目: 博士学科点专项科研基金(20050533026), 湖南省自然科学基金(05JJ30053)。

分与控制组相比,具有 N1 波幅降低和 N2<sub>pc</sub> 波幅增大的特征,这一特征表现为对目标位置的视觉对侧优势和随后的无偏侧化增大的 N2 波幅。由于在 ERP 中的 N200 反映了对反应选择时的刺激区别和分类加工,这一成分对抑制过程敏感并且和执行控制有关,增大的 N200 波幅反映了神经加工活动的增强。Ruge 和 Naumann 认为这一结果支持了负启动的干扰项抑制机制解释。随后,Gibbons<sup>[8]</sup>也发现了增大的 N2 成分,进一步证实了位置负启动效应与抑制机制的关系。

与位置负启动任务不同,Daurignac<sup>[9]</sup>从另一角度探讨了负启动的时程特征,在—项类似皮亚杰的数字作业任务中,认知策略被运用在负启动任务中。在负启动条件下,启动显示中的数字/长度干扰认知策略在探测显示中成为一致的认知策略。分析发现负启动条件下 N200 波幅增大,两种条件下 P300 成分的波幅和潜伏期未发现差异。Daurignac 认为,就认知抑制后增加的能量耗损来说,在启动—探测序列中增加的 N200 波幅反映了脑活动的负启动效应。由于成年人在这项实验中并未如儿童一样在行为学上出现负启动效应,因此,作者进一步认为,负启动效应不应局限于行为学解释(反应时),负启动的解释应延伸到行为评估之外。

虽然支持抑制机制的证据多来自 ERP 的早期成分,如 P1、N1 和 N2 成分,Gibbons<sup>[8]</sup>认为,如果是抑制机制在起作用,启动显示干扰项的呈现抑制的持续作用也会影响到 P300 的波幅和潜伏期,Gibbons 在要求被试忽略分心数字的同时通过按键报告目标数字的一项研究中发现,在负启动条件下,P300 的波幅和潜伏期与控制组相比并没有区别。Gibbons 等<sup>[10]</sup>在另一项研究中以数字(1~4)作为刺激材料,在位置负启动的研究发现,负启动条件下 P300 的波幅减小,但同时发现在位置正启动中的 P300 成分的波幅也减小。这一结果似乎与刺激评价的差异性努力不符,无法解释正、负启动在行为学上的相反结果。从激活/抑制观点来说,P300 的波幅应按照正启动、控制条件和负启动不断增大,从而分别反映对位置刺激的持续激活、无持续激活或持续抑制不断增加的努力。不过,研究者认为,P300 波幅下降与位置负启动中存在返回抑制有关。P1/N1 的下降反映了对双方先前所处位置进行加工的总量,而 P300

主要反映了目标刺激的加工过程,因此,负启动波幅的下降可能是基于位置的差别返回抑制的表现。

## 2 负启动效应和情节提取解释

尽管许多研究者认为负启动现象反映了抑制机制,但仍有大量的行为学实验认为负启动现象后面反映的不是抑制机制,而是基于记忆的情节提取解释。该理论认为<sup>[11]</sup>,人们在加工目标刺激时,需提取先前同一刺激的加工情节,这些加工情节包括先前对该刺激所做的反应,如,假设需要忽视这个刺激,那么对这个刺激“不要反应”的标签就与该刺激的内部呈现联系在一起。当探测显示出现时,为了识别目标,必然提取与探测显示目标类似的先前信息,这样,“不要反应”的标签的提取损害了对探测显示中目标的反应。因此,在加工过程的方向上,情节提取解释认为负启动效应并非是基于启动显示由前向后加工过程的抑制机制,而是由探测显示引发的由后向前的记忆加工过程,情节记忆的影响应更多地体现在顶区的脑活动变化上。

Tobias 等<sup>[12]</sup>利用 fMRI 技术在颜色命名的 stroop 负启动任务中研究了这一问题,与控制组目标刺激相比,负启动条件下右背外侧前额皮层(DLPFC)被激活。已有研究表明 DLPFC 脑区与情节记忆提取功能密切相关。在负启动条件下,同时也伴随着右丘脑的激活,特别是内侧背核的激活,Tobias 认为启动刺激中被忽视的信息在记忆中被充分编码,情节提取影响了接下来对探测刺激中目标的反应。

在—项 ERP 的研究中,Mayr 等<sup>[13]</sup>要求 15 名被试对听觉刺激进行分类判断。Mayr 认为,如果是抑制机制在起作用,那么负启动效应将与前额活动有关。与控制组相比,负启动条件下探测显示靶刺激引发的 N1 波幅更小,但是在重复控制条件下也发现类似的结果。研究者认为,N1 波幅的降低与适应效应的研究一致,并且,作者在前额的瞬时部分 FN(250~300ms)和维持部分 LPC(300~600ms)都没发现与负启动相关的波形。负启动与重复控制条件在额部具有共同的激活模式。因此,抑制机制解释并不能充分支持前额皮层的 ERP 数据。在该项研究中,与负启动唯一相关的 ERP 成分是负启动条件下靶刺激出现后 300 到 600 毫秒在顶区出现减弱的 LPC。Mayr 认为,先前被忽视刺激的重复在功能上类似于对新奇刺激不流畅的加工—样,与标准控制

组和重复控制组相比,诱发出更小的正向复合波,由于它与认知记忆研究中得到的 ERP 效应具有共同的极性、时程和地形图,因此认为与情节提取解释有关。

在另二项视觉特性负启动的 ERP 研究中,对 P300 的分析却出现与 Mayr 研究中不一致的结果。Ceballos 等<sup>[14]</sup>要求被试忽视红色物体,通过按键决定绿色的物体是否和十字架右边的物体相同的一项作业任务中,发现被试在负启动条件下出现 P300 波幅增大、潜伏期延长。Kathmann 等<sup>[6]</sup>用 1~4 四个数字作为刺激,发现 P3 波幅在负启动条件下明显增大。实验条件和电极位在 P3 波幅出现交互效应,Fz,Cz,Pz 和 F3 这 4 个电极位上出现明显的负启动效应,不过由于实验刺激材料少又未设重复控制,因此研究者并不能确定 P3 波幅的增大是否是负启动特有的结果。

Kathmann 认为,在视觉特性负启动任务中,由于探测显示中的目标是先前干扰项的重复,刺激的重复可能产生内隐记忆痕迹,这种痕迹表现在 ERP 波形上的正走向。而在位置负启动条件下,两个刺激材料(X 和 O)在每一个试验中都有重复,在位置负启动任务中未发现 P3 波幅增大。因此,Kathmann 认为,刺激重复是 P3 波幅增大的一个决定性因素,P3 波幅的增大一方面可能反映了重复效应;另一方面,虽然在特性负启动任务中的 ERP 成分未显示出抑制的证据,但增大的 P3 波幅可能与被试为了弥补认知抑制,在刺激或任务中投入的注意资源量有关。

3 干扰项抑制机制和情节提取解释在负启动效应中的整合

Tipper 近来认为<sup>[15]</sup>,负启动效应不但包括抑制机制,也有提取机制在里面起作用,抑制和提取之间并非对立的,负启动的成功模式必须包括编码阶段中的抑制过程和随后的记忆提取过程。编码和提取机制在产生负启动现象中共同起作用,因此,在任何一一个实验中对负启动效应的解释要充分考虑到选择和提取过程。Grison 等<sup>[16]</sup>随后认为,抑制过程被编码储存在情节记忆中作为干扰项呈现的一部分。事实上,Neil 等<sup>[11]</sup>在作情节提取解释时已认识到这种可能性,探测显示的目标已提供了与之相关的情节信息的提取和注意加工,反映了探测显示目标作为干扰项的先前状态。在提取期间,这种呈现包括被

抑制的干扰项,低激活状态被恢复,从而需要额外的激活/加工时间做出正确的反应。

Steel 等<sup>[17]</sup>运用 fMRI 技术对 stroop 任务下的负启动效应进行了研究,发现额叶和颞叶的激活面最大,同时顶下叶、枕叶和丘脑也被激活。Steel 认为多脑区被激活与认知加工有关,如左颞叶与视知觉和长时记忆的储存和感觉输入的提取有关,颞内侧脑区的活动与成功提取有关,可能反映了储存模式和探测目标之间因相似性而诱发的加工过程。尽管左右顶下小叶是顶区唯一被激活的脑区,但具有最大的激活量。顶叶被认为与注意的“内隐”转换有关,在这一脑区,被试从干扰项(词)到目标(颜色)进行注意转换,也有可能是对先前所知觉的目标词提取记忆。前额皮层在由以往刺激内在呈现指导的行为中(如延迟的反应时任务)和不适当行为的抑制中起着重要的作用。前额的前后脑区与选择性需求的情节提取认知加工过程有关。因此,脑区的广泛激活反映了干扰项抑制机制和情节提取解释在负启动效应中的整合。

Zubicaray 等<sup>[18]</sup>采用 Tipper 提出的经典负启动实验范式,向被试呈现两张重叠的熟悉物体。任务中要求被试对红色图片进行命名,发现包括颞极在内的左颞前外侧皮层的血氧水平依赖性(BOLD)反应增强,由于这一脑区与呈现抽象语义知识有关,因此支持了在经典负启动任务中被忽略的物体能自动获取抽象的语义呈现的观点,与其它证据指出仅获得有限注意的物体能自动获取抽象呈现的观点一致。研究进一步发现,左颞前外侧皮层的激活程度与每个被试的负启动效应大小直接相关。Zubicaray 认为该脑区的激活与先前被抑制的语义呈现时需要额外的加工有关,但情节提取也能解释这一现象。

最近,采用 ERP 技术去研究负启动的研究者也倾向从整合的角度去解释研究结果。尽管 Mayr<sup>[19]</sup>认为负启动条件下刺激出现后 500 到 730 毫秒在顶区出现减弱的 LPC 与情节提取解释有关,但进一步研究发现,被试慢反应(反应时均数之上)所产生的这种 ERP 效应要比快反应(个体反应时均数之下)更明显,Mayr 认为这一现象与负启动的干扰项抑制和情节提取解释有关。因此,在实验中强调反应速度可能降低,甚至消除与负启动相关的行为学和 ERP 结果。

不难发现,干扰项抑制与情节提取都是引起负启动的原因,究竟哪种机制起作用或共同起作用与实验任务有很大的关系,这与 May 和 Kane 等<sup>[20]</sup>提出双重机制的观点来解释负启动是一致的。从现有的研究结果来看,位置负启动与抑制机制有关,表现为 P1 和 N1 波幅减小或 N2 波幅的增大;而在特性负启动中,尚未从 ERP 数据上获得支持抑制机制的有效证据,研究者更多地从情节提取解释这个角度去考虑。P3 成分仍存在不一致的结果,P3 波幅的减小或增大反映的是不流畅的加工,还是重复效应,或是投入的资源量,目前还不得而知。位置和特性负启动任务下存在不同的认知神经机制可能与两种任务的差异有关,前者属于定位任务,要求被试对目标出现的位置做出反应,而后者主要是识别任务,往往要求被试对目标是什么做出反应。

#### 4 问题和展望

虽然对负启动神经机制的研究开始引起人们的重视,成为当前的一个研究热点,但对于负启动脑机制的了解,还处于起步阶段,仍存在着许多尚未解决的问题。

首先,负启动实验范式中目标和干扰项同时呈现对负启动的 ERP 研究来说是一个挑战,因为两者的加工过程被认为是不同的,因此,ERP 的研究结果有可能会因此而混淆。在负启动任务中,哪一种机制起作用可能取决于具体实验中的实验条件、任务参数和实验背景的差异。目前并不能判断这些差异中的哪些是重要的,哪些又不是,因此,对负启动任务用于临床样本的研究下结论时一定要持极其谨慎的态度。

其次,启动显示干扰项与探测显示目标之间关系密切。目前对负启动效应的神经机制研究忽视了对启动显示加工过程的研究,而这一点对抑制机制观点的研究者来说尤为重要。Vuilleumier 等<sup>[21]</sup>最近发现,类似于经典负启动任务,以重叠形式呈现的被忽视或未注意的刺激与单独呈现的新奇项目相比,表现为视皮层为主的活动增强,虽然研究者并未认为对忽视物体所发现的活动增强与产生负启动效应的加工过程有关,但是,为了进一步说明负启动中注意和记忆之间的动态关系,应对启动显示加工过程的神经机制进行研究。

最后,自从 Tipper 提出负启动效应后,在各种各

样的实验任务和刺激中都相继发现了这种效应。近几年,有研究者采用情绪评价任务,使用情绪词或情绪图片作为刺激材料进行了情绪负启动研究,将负启动的研究拓展到情绪障碍病人的研究,进一步丰富了负启动的实际应用。然而,以情绪信息作为刺激材料对情绪负启动神经机制的研究仍是空白,情绪障碍患者在负启动任务中是否存在特异性的病理神经加工特征,这些都是需要进一步研究的问题。

#### 参考文献

- 1 Neill W T. Inhibition and facilitation processes in selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1977, 3: 444 - 450.
- 2 Tipper S P, Cranston M. Selective attention and priming: Inhibitory and facilitatory effects of ignored primes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1985, 37: 591 - 611.
- 3 Houghton G, Tipper S P. A model of inhibitory mechanisms in selective attention. In: D. Dagenbach, T. H. Carr, Eds. *Inhibitory processes in attention, memory, and language*. San Diego, CA: Academic Press, Inc., 1994. 53 - 112.
- 4 Wright C I, McMullin K, et al.. Brain correlates of negative visuospatial priming in healthy children. *Psychiatry Research*, 2005, 139: 1 - 52.
- 5 Wright C I, Keuthen N J, et al.. Brain correlates of negative and positive visuospatial priming in adults. *Neuroimage*, 2006, 30: 83 - 91.
- 6 Kathmann N, Bogdahn B, Endrass T. Event - related brain potential variations during location and identity negative priming. *Neuroscience letters*, 2006, 394: 53 - 56.
- 7 Hannes Ruge, Ewald Naumann. Brain - electrical correlates of negative location priming under sustained and transient attentional context conditions. *Journal of Psychophysiology*, 2006, 20: 160 - 169.
- 8 Gibbons H. An Event - related potential investigation of varieties of negative priming. *Journal of Psychophysiology*, 2006, 20: 70 - 185.
- 9 Daurignac E, Houde O, Jouvent R. Negative priming in a numerical piaget - like task as evidenced by ERP. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2006, 18: 30 - 736.
- 10 Gibbons H, Rammsayer T H, Stahl J. Multiple sources of positive and negative priming effects: An event - related potential study. *Memory & Cognition*, 2006, 34: 172 - 186.
- 11 Neill W T, Valdes L A, Terry K M, et al.. Persistence of negative priming: II. Evidence for episodic trace retrieval.

Journal of Experimental Psychology :Learning , Memory and Cognition ,1992 ,993 – 1000.

12 Tobias Egner ,Joy Hirsch. Where Memory Meets Attention : Neural Substrates of Negative Priming. Journal of Cognitive Neuroscience 2005 ,17 :1774 – 1784.

13 Mayr S ,Niedeggen M ,Buchner A ,et al. . ERP correlates of auditory negative priming. Cognition , 2003 ,90 :11 – 21 .

14 Ceballos N A ,Nixon S J ,Tivis R. Substance abuse – related P300 differences in response to an implicit memory task , Progr. Neuro – Psychopharmacol. Biol. Psychiatry ,2003 ,27 : 157 – 164 .

15 Tipper S P. Does negative priming reflect inhibitory mechanisms ?A review and integration of conflicting views. Quartly Journal of Experimental Psychology 2001 ,54 321 – 343 .

16 Grison S ,Tipper S P ,Hewitt O. Long – term negative priming : support for retrieval of prior attentional processes. Quartly Journal of Experimental Psychology 2005 ,58 :1199 – 1224 .

17 Steel C ,Haworth E J ,et al. . Neuroimaging correlates of negative priming. NeuroReport 2001 ,12 3619 – 3624 .

18 Zubicaray G ,McMahon K ,et al. . Classic identity negative priming involves accessing semantic representations in the left anterior temporal cortex . NeuroImage 2006 ,33 383 – 90 .

19 Mayr S ,Niedeggen M , Buchner A ,et al. . The level of reaction time determines the ERP correlates of auditory negative priming. Journal of Psychophysiology 2006 ,20( 3 ) :186 – 194 .

20 May C P ,Kane M J ,Hasher L. Determinants of negative priming. Psychological Review ,1995 ,118 35—54 .

21 Vuilleumier P ,Schwartz , et al. . Selective attention modulates neural substrates of repetition priming and“ implicit ”visual memory : suppressions and enhancements revealed by FMRI. Journal of Cognitive Neuroscience 2005 ,17 245 – 1260 .

Negative Priming Effect : Studies Cognitive Neuroscience

Liu Mingfan<sup>1 2</sup> ,Huang Renzhi<sup>2</sup> ,Yao Shuqiao<sup>2</sup>

( 1. Department of Psychology , Jiangxi Normal University , Nanchang 330027 ;

2. The Medical Psychological Research Center , Second Xiangya Hospital of Central South University , Changsha 410078 )

**Abstract** :In recent years ,results about the neural bases of negative priming effect indicated that both distracter inhibition and episodic retrieve are suggested to account for the negative priming effect. Which kind of mechanism cause NP effect will depend on experimental tasks. The prefrontal cortex was activated in location negative priming task ,which is associated with inhibition mechanism with a decrease of P1 and N1 amplitude or a increase of N2 amplitude. However , there are some inconsistent results of P3 in identity negative priming. Researchers are inclined to hold integration view because of activation of a widespread cortical network.

**Key words** negative priming effect ; cognitive neuroscience