

位置提示与汉字提示视觉注意范围的脑机制差异*

高文斌,魏景汉,彭小虎,罗跃嘉
(中国科学院心理研究所,北京 100101)

摘要:目的 研究并比较在位置提示与汉字提示下注意范围对脑内时程变化影响的异同,探讨视觉注意范围加工的脑机制。方法 实验一使用固定位置的、3 种不同直径的线圈作为注意范围的位置性提示,实验二使用汉字来提示注意范围的大小。结果 在短时间间隔 (ISI) 条件、小和中范围时,实验一的反应时要显著小于实验二。在同等提示条件下,两实验提示物诱发的 ERP 相比较:实验二前部 N_1 波幅显著大于实验一,实验二后部 P_1 潜伏期长于实验一;两实验靶刺激诱发的 ERP 相比较:实验二后部 P_1 、 N_1 成分的潜伏期显著长于实验一,实验一后部 P_2 的波幅显著大于实验二。结论 1) 汉字提示与位置提示相比,需要更高级脑区的参与,其提示信息较径直地与额叶协同加工;2) 前部头颅的 N_1 成分与“top-down”机制及汉字加工影响有关;3) 汉字提示信息比位置提示信息引起的注意增益程度小。

关键词:视觉注意;位置提示;汉字提示;注意易化;注意选择;事件相关电位

中图分类号:R338.3;R395.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0837(2003)01-0014-05

Differential Visual Attention Scales Directed by Location Versus Semantic Cue. GAO Wen-bin, WEI Jing-han, PENG Xiao-hu, LUO Yue-jia. Space Medicine & Medical Engineering, 2003, 16(1): 14~18

Abstract: Objective To compare the cortical mechanisms associated with visual spatial attention directed by location cues and Chinese character cues. **Method** Eleven healthy adults (mean age = 19) with normal vision served as the subjects. In experiment I, the cue was a circle with black solid line. There were three cue sizes: small, medium and large. In experiment II, three black concentric circles were presented as background, their diameters were the same as the three cues used in experiment I. The cue was one of three Chinese characters small, medium or large respectively. The task of the subjects was to discriminate the target's orientation. **Result** RT in experiment II was longer with short ISI. The anterosuperior N_1 amplitude elicited by the cue in experiment II was larger than that in experiment I. The inferoposterior P_1 latency in experiment II was longer than that in experiment I. Comparing the target evoked ERP, the inferoposterior P_1 and N_1 latency of experiment II was longer than that in experiment I, the inferoposterior P_2 amplitude in experiment II was larger than that in experiment I. **Conclusion** The processing of Chinese cue takes place at higher level functional brain regions compared to processing of location cue. The later requires more resource in the earlier stage of cue process and less in the subsequent stage of the task.

Key words: visual attention; location cues; semantic cues; attentional facilitation; attentional selection; event-related potentials (ERPs)

Address reprint requests to: GAO Wen-bin, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

人类的视觉系统对外界信息的加工能力是有限的,视觉注意是保证这种有限加工能力得到最佳发挥的重要机制^[1,2]。在研究视觉注意问题时,尤其关注两个现象——注意易化和注意选择^[3]。所谓注意易化(attentional facilitation)就是在注意位置出现的刺激信息在加工中得到了促进,而注意选择(attentional selection)是指靶刺激能够从干扰刺激中被选择出来的加工能力。

在视觉注意的 ERPs(event-related potentials) 研究中使用最多的实验范式是提示范式,在传统实验中,较经典的两种提示是符号性提示和位置

性提示^[4]。符号性提示是通过箭头等抽象符号提示靶刺激将要出现的位置^[5],位置性提示是通过闪烁等方式,直接显示靶刺激将出现的区域^[6]。这两种模式均发现:有提示靶刺激引起的 P_1 、 N_1 波幅大于无提示靶刺激引起的波幅^[6,7]。

从提示信息加工过程看,这两类提示引起的视觉空间注意类型并不相同^[8,9]:符号性提示会引起“内源性注意”,即源于大脑内信息指导下的主动注意投向;而位置性提示则会引起“外源性注意”,即源于外界信息诱发引起的注意投向。在实验中也发现这两类提示有着很大不同^[5,8,9,10]:那么是否存在两条不同的视觉注意方式呢? 这一问题对于阐明注意脑机制有着重要价值。

一般而言,符号性提示出现在视野中央,且通

收稿日期:2002-02-22

通讯作者:罗跃嘉 luoyj@psych.ac.cn

*基金项目:中国科学院“百人计划”、中国科学院重大交叉学科前沿项目(KJ CX1-07)、国家自然科学基金资助项目(39970257)

常使用箭头等常见几何图形;而位置性提示出现在视野周围,且呈现位置是不固定的。因此在比较这两种提示物的加工机制时就存在一个问题:两种提示信息的呈现条件并不严格匹配,可能导致不同的脑内加工机制和行为反应。另外多是在不同实验间讨论这两种提示机制的异同,因此两类提示后引起的注意等级并不能严格对应,即符号性提示的注意范围或强度不能与位置性提示的完全相同。

本实验从提示物引发的注意类型和纯化注意等级因素这两个方面考虑,使用了新的实验模式——分离注意范围与注意方位。首先改进空间注意范围的分级方法,通过固定注意范围的空间位置,以消除空间方位因素的影响,达到纯化注意范围效应的目的;其次,在固定位置呈现汉字作为注意范围的提示,因为汉字是一种高级的抽象符号,用它作为符号性提示与位置性提示进行比较是适合的,并且能够增大两种注意机制的对比程度。在两个实验中不同提示物引起的注意等级严格对应,通过分析提示物与靶刺激各自诱发的 ERP,可以比较两种提示下脑内信号加工时程的变化,进而探讨视觉注意范围脑机制的特点。

方 法

被试者 被试者为 11 名健康青年人(男性 5 名,女性 6 名),皆首次参加 ERP 实验。年龄范围 18~20 岁(平均 18.7 岁),均为右利手,视力正常或矫正后正常。

刺激材料 刺激在 14 彩色显示器上呈现,两个实验的刺激序列为“背景——提示——靶刺激”。背景为视角 13° 的白色圆,圆心位置有黑色小十字作为注视点。实验一的提示物为 3 种大小不同的黑色线条圆圈,圆心均在屏幕中点,直径视角分别是 11.4°、7.6°、3.8°(图 1 左上)。实验二的背景在实验一的基础上,同时有 3 个大小不同的黑色线条圆圈,圆心均在屏幕中点,视角分别与实验一中的 3 个提示物相同。提示物为在圆心随机、单独呈现的汉字(“大”或“中”或“小”,视角为 0.91°×0.91°)分别表示 3 种提示范围(图 1 左下)。两个实验的刺激物均为 11 个月牙形符号(视角为 0.92°×0.76°),其中 1 个纵向月牙为靶

刺激,凹面向左或向右;另外 10 个横向月牙为分心刺激,凹面上或向下。所有月牙出现的位置是随机的,且彼此间不重叠。除了 10% 的刺激(未进入叠加)外,靶刺激总是出现在提示范围内。提示与靶刺激之间的时间间隔(interstimulus interval, ISI)分为短(400~600 ms)、长(600~800 ms)两组。

ERP 记录 实验仪器为 Neuro Scan ERP 工作站,采用电极帽记录 128 导脑电。参考电极置于双侧乳突连线,前额接地,同时记录水平眼电和垂直眼电。滤波带通为 0.10~40 Hz,采样频率为 500 Hz/导,头皮电阻小于 5 k Ω 。分析时程(epoch)为 1200 ms,含基线 200 ms,自动矫正眨眼等伪迹,波幅大于 $\pm 100 \mu\text{V}$ 者在叠加中被自动剔除。

程序与任务 如图 1 所示,首先呈现背景 300 ms,接着随机呈现一个提示物(每个实验均各有 3 种)作为不同注意范围的提示物,时间为 300 ms。提示消失后,同时呈现靶刺激和分心物;呈现时间为 1200 ms,以保证被试者有足够的识别时间。3 种提示物出现的概率相同,为保证被试者集中注意力,有 10% 的靶刺激出现在提示范围之外,但不需要被试者反应。被试者的任务是根据纵向月牙凹面向左或向右,分别用左、右手拇指按键。要求被试者反应既快又准确。被试者的左右手按键进行组内平衡。

ERP 数据测量与统计 每个实验对 EEG(electroencephalography)分类叠加,可得到不同提示范围诱发的 3 种 ERP,不同 ISI 和不同提示范围内反应正确的 6 类靶刺激诱发的 ERP。如图 1(右)所示,选取 28 个电极点进行数据分析(见图 1 右),CZ、C₃ 和 C₄ 以前的 14 个电极点视为头颅前部,以后 14 个电极点视为头颅后部。地形图由 128 枚电极记录得出。根据 ERP 总平均图和前人经验,对前后部头颅分别进行方差分析(ANOVA)。提示物诱发的 ERP 在头皮前部的测量窗口为 80~160 ms(N₁)、160~260 ms(P₂)、260~360 ms(N₂);后部为 50~160 ms(P₁)、140~230 ms(N₁)、200~280 ms(P₂)、280~360 ms(N₂)。靶刺激诱发的 ERP 在头皮前部的测量窗口为 30~120 ms(N₁)、120~260 ms(P₂)、260~360 ms(N₂);后部为 60~130 ms(P₁)、130~200

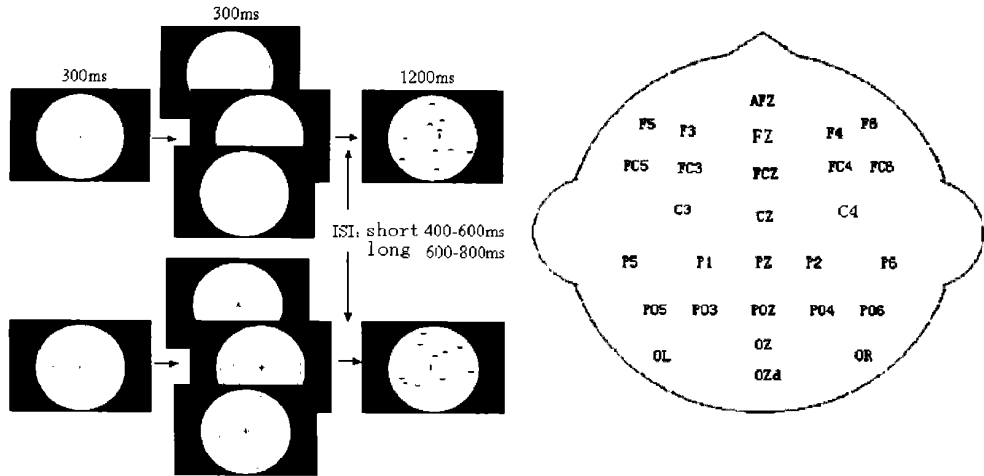


图 1 实验一(左上)、二(左下)流程及记录电极位置(右)示意图

Fig. 1 Procedures of experiment I (left up) and II (left down), and electrode locations on the scalp

ms(N_1)、200 ~ 240 ms(P_2)、240 ~ 320 ms(N_2)。测量各 ERP 成分的峰 - 峰波幅值和峰潜伏期(用均值 \pm 标准误表示),用 SPSS 对上述各段波幅、潜伏期分别进行统计检验。多因素方差分析的 P 值皆用 Greenhouse-Geisser 法校正,并对数据进行规范化处理。

结 果

行为数据 实验一,在小、中、大范围靶刺激识别的正确率分别为:98.9%、92.9%、92.6%;实验二,在小、中、大范围靶刺激识别的正确率分别为 98.9%、94.0%、93.7%,在相同注意范围和 ISI 时两实验之间的正确率差异均没有显著性。

在短 ISI 时,小范围提示下,实验一的反应时(535 ± 4.80 ms)显著小于实验二(551 ± 5.23 ms), $t = 2.31, P < 0.05$;中范围提示下,实验一的反应时(593 ± 5.13 ms)也显著小于实验二(637 ± 5.52 ms), $t = 4.45, P < 0.001$ 。而在长 ISI 时,3 种提示范围下两实验的反应时差异均不显著。在短 ISI 时,实验一的反应时(584 ± 3.25 ms)显著小于实验二(603 ± 3.22 ms), $t = 3.97, P < 0.001$;而在长 ISI 时,两个试验的反应时差异无显著性。

提示物诱发的 ERP 3 种汉字提示物诱发的前部 N_1 波幅均大于相应的位置提示物诱发的 ERP,而两种提示物诱发 N_1 的潜伏期并无显著性差异。三种汉字提示物诱发的后部 P_1 的潜伏期均大于相应的位置提示物诱发的 ERP,而两种提示物诱发 P_1 的波幅并无显著性差异(表 1 和图

2)。在大范围时汉字提示比位置提示诱发的 P_2 波幅大,分别为: $6.17 \pm 0.718 \mu v$ 和 $4.22 \pm 0.583 \mu v, F_{1,10} = 25.2, P < 0.01$ 。

另外在比较同一提示诱发的前后部 ERP 成分时,位置提示诱发的后部 P_1 与前部 N_1 出现的时间比较接近,而汉字提示诱发的前部 N_1 明显早于后部 P_1 出现(图 3)。

靶刺激诱发的 ERP 汉字提示下比位置提示下前部 N_2 的潜伏期长,分别为: 301 ± 4.68 ms 和 292 ± 4.26 ms, $F_{1,10} = 27.4, P < 0.001$ 。

汉字提示下靶刺激诱发的后部 P_1 、 N_1 的潜伏期($P_1, 114 \pm 2.95$ ms; $N_1, 161 \pm 2.47$ ms)均长于位置提示下 P_1 、 N_1 的潜伏期($P_1, 107 \pm 2.0$ ms; $N_1, 158 \pm 2.76$ ms)。 $F_{1,10} = 17.6, P < 0.01$; $F_{1,10} = 6.98, P < 0.05$ 。两实验后部 P_2 的波幅差异有显著性, $F_{1,10} = 11.9, P < 0.01$, 汉字提示下

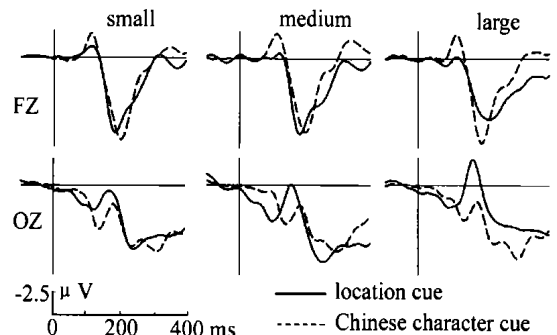


图 2 位置提示(实线)与汉字提示(虚线)诱发的 ERP 波形,前部(FZ)与后部(OZ)记录点

Fig. 2 ERPs evoked by location cue (solid line) and Chinese character cue (dashed line), FZ and OZ site

表 1 位置提示与汉字提示诱发 P₁、N₁ 的波幅与潜伏期比较($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

Table 1 The amplitude and latent period of P₁, N₁ evoked by location and Chinese character cue($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

	size	location cue	Chinese character cue	F
anterior N ₁ amplitude (μv)	small	0.5 ±0.4	1.2 ±0.3	6.0 *
	medium	0.1 ±0.4	1.4 ±0.3	9.5 *
	large	0.2 ±0.3	1.1 ±0.3	11.7 **
anterior N ₁ latency (ms)	small	118 ±4.0	112 ±4.6	1.6
	medium	116 ±3.3	109 ±7.0	1.4
	large	115 ±3.5	115 ±6.3	0.0
posterior P ₁ amplitude (μv)	small	2.4 ±0.8	2.9 ±0.5	1.2
	medium	2.8 ±1.4	2.4 ±0.6	0.09
	large	1.9 ±1.1	2.4 ±0.4	0.4
posterior P ₁ latency (ms)	small	119 ±8.5	140 ±3.4	6.0 *
	medium	111 ±6.6	142 ±2.6	18.4 **
	large	103 ±6.0	133.2 ±5.3	8.9 *

Note: * P < 0.05, ** P < 0.01

靶刺激诱发的 (5.53 ±0.826 μv) 小于位置提示下靶刺激诱发的 (6.90 ±0.996 μv) (图 4)。

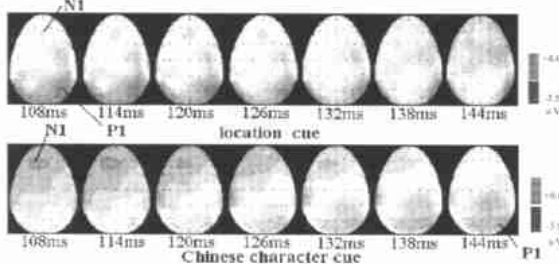


图 3 中范围提示时,位置提示与汉字提示诱发 ERP 的脑地形图

Fig. 3 Topography of the ERPs evoked by location cue (up) and Chinese character cue (down), within the medium scale

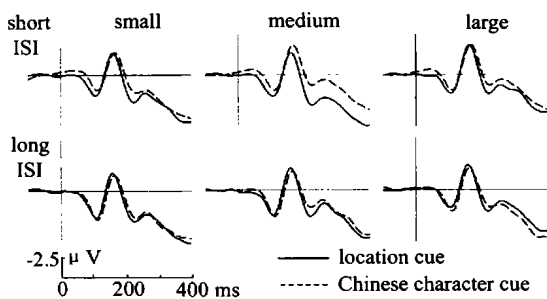


图 4 位置提示下与汉字提示下靶刺激诱发的 ERP 波形, OZ 记录点

Fig. 4 ERPs evoked by location cued target and Chinese character cued target, OZ site

讨 论

实验一、二长刺激间隔 (ISI 为 600 ~ 800 ms) 的反应时无显著差异,而短刺激间隔 (ISI 为 400 ~ 600 ms) 的反应时差异显著。可以认为,加工汉字提示信息所需的时间可能较长,在短间隔时位置提示信息已加工完毕,而汉字提示信息可

能还未加工完成,而在长间隔后两种提示信息应该均加工完毕。在以往比较区域性提示与符号性提示的论述中,也发现了类似现象^[9]。因此,只有在短间隔条件表现出位置提示的优势,即位置提示比汉字提示能够加快辨别靶刺激的速度;而在长刺激间隔时无此效应,在给予足够加工时间的情况下,两种提示条件引导的视觉搜索任务完成速度相近。

比较两种提示物诱发的后部 P₁, 汉字 P₁ 晚于位置 P₁; 更重要的是,汉字提示诱发的后部 P₁ 甚至晚于其前部 N₁ 出现 (图 3)。这种差异体现了这两种提示信息在较早期加工中即出现不同。汉字提示的这一加工特点符合本实验室以前的汉字 ERP 研究结果^[12~14]: 汉字语义加工首先引起 ERP 的 N₁ 成分变化, 开始于刺激后 100 ms 至 160 ms。前额叶在注意机制中具有高级的统帅功能^[1,11,15], 因此在符号性提示引起的“内源性注意”机制中额叶会参与早期的注意调节活动, 以配合并指导注意的完成; 加之汉字加工的特点使后部 P₁ 成分延迟出现, 所以在汉字提示条件下表现出前部 N₁ 早于后部 P₁ 成分的特点。这也进一步提示: 汉字提示引起的“内源性注意”更依赖于“自上而下 (top-down)”的脑机制。

在同等注意提示范围内辨别靶刺激时, 汉字与位置提示条件下, 靶刺激诱发 ERP 的 P₁、N₁ 成分主要在潜伏期上有显著差异, 而在波幅上区别并不显著, 这表明在两种提示下进行目标的空间定位速度不同, 位置提示比汉字提示要快。有研究发现 P₁、N₁ 成分与视觉空间定位有关^[11,16~18], 本实验并未观察到这一现象。在同

等提示范围下,位置提示时靶刺激诱发后部头颅 P_2 的波幅显著大于汉字提示,而在潜伏期上区别并不显著。本实验室前期研究表明 P_2 成分与视觉注意范围加工有关^[19],结合 Mangun 等提出的“注意增益机制”^[20]考虑,可以认为在同等注意范围时,位置提示下的注意增益程度要大于汉字提示。之所以有这一现象,还可能与语言加工的影响有关:相对位置提示而言,汉字提示的语义加工较强,于是注意增益程度则不如位置提示突出。

结合提示与靶刺激分别诱发的 ERP 来考虑整个“提示—搜索”的认知过程,可以看出这两种提示下注意范围的脑机制不同。在提示注意范围信息的加工中,汉字提示更倾向于从上到下的机制,其信息循较为直接的路径传送到额叶,并需要额叶的主动参与,由于必须对语义进行加工,因此完成注意范围的加工过程需要更多的时间与资源;而位置提示则倾向于从下到上的过程,而且不需要对提示物进行更深入的加工,因此对注意范围的加工需要的时间和资源较少。由于两种提示物所携带的信息量和加工过程不同,所以在随后完成视觉搜索任务时进一步需要的心理资源也不同,表现为文字提示下需要的资源较少。

结 论

1) 汉字提示引起“内源性注意”,与位置提示相比,更依赖于“top-down”的脑机制,需要更高级脑区的参与,其信息较径直地与额叶协同加工;2) 前部头颅的 N_1 成分与“top-down”机制及汉字加工影响有关,开始于 100 ms 至 160 ms;3) 汉字提示信息比位置提示信息引起的注意增益程度小,并且在加工注意范围信息时需要更多的脑资源,而在随后进行视觉搜索任务时汉字提示条件下需要的资源较少。

(致谢: Hillyard SA 教授对本实验的设计和结果提供了评论与修改意见。)

[参考文献]

[1] Posner MI. Attention: the mechanisms of conscious [J].

- Proc Natl Acad Sci USA, 1994, 91(8): 7398-7403.
- [2] Behrmann M, Haimson C. The cognitive neuroscience of visual attention [J]. Current Opinion in Neurobiology, 1999, 9: 158-163.
- [3] Albright TD, Kandel ER, Posner MI. Cognitive neuroscience [J]. Current Opinion in Neurobiology, 2000, 10: 612-624.
- [4] Hillyard SA, Anllo-Vento L. Event-related brain potentials in the study of visual selective attention [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1998, 95(2): 781-787.
- [5] Mangun GR. Neural mechanism of visual selective attention [J]. Psychophysiology, 1995, 32(1): 4-18.
- [6] Hopfinger JB, Mangun GR. Reflexive attention modulates processing of visual stimuli in human extrastriate cortex [J]. Psychological science, 1998, 9: 441-447.
- [7] Luck SJ, Hillyard SA, Mouloua M, et al. Effects of spatial cuing on luminance detectability: psychophysical and electrophysiological evidence for early selection [J]. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1994, 20: 887-904.
- [8] Jonides J. Voluntary versus reflexive control of the mind's eye's movement [M]. In: Long JB, Baddelay AD Eds. Attention and Performance IX. Hillsdale Press, 1981. 187-203.
- [9] Milan EG, Tornay FJ. Spotlight failure effect in exogenous orienting [J]. Acta Psychologica, 2001, 108: 209-218.
- [10] Posner MI. Orienting of attention [J]. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1980, 32(1): 3-25.
- [11] Mangun GR, Hillyard SA. Mechanisms and models of selective attention [M]. In: Rugg MD, Coles M eds. Electrophysiology of Mind. Oxford University Press, 1995. 40-78.
- [12] Wei JH, Peng DL, Yang ZL, et al. The hemispheric difference of semantic processing of Chinese characters in two dimensions as revealed by ERPs [J]. Cognitive Neuroscience and Neuropsychology, 2001, 174: 2697-3101.
- [13] 魏景汉. 关于汉语的事件相关电位研究 [M]. 见: 彭聆主编. 汉语认知研究. 山东: 山东教育出版社, 1997. 370-399.
- [14] Wei JH, Luo YJ. The ERP study of Semantic association of Chinese characters with half-visual field presentation [M]. In: Hashimoto I, Kakigi R eds. Recent Advances in Human Neurophysiology. Amsterdam: Elsevier Science BV, 1998. 715-724.
- [15] Milner AD. Streams and consciousness: visual awareness and the brain [J]. Trends in Cognitive Science, 1998, 2(1): 25-30.
- [16] Vogel EK, Luck SJ. The visual N_1 component as an index of a discrimination process [J]. Psychophysiology, 2000, 37(2): 190-203.
- [17] Luo YJ, Greenwood PM, Parasuraman R. Dynamics of the spatial scale of visual attention revealed by brain event-related potentials [J]. Cognitive Brain Research, 2001, 12: 371-381.
- [18] Hawkins HL, Hillyard SA, Luck SJ, et al. Visual attention modulates signal detectability [J]. J Exp Psychol: Hum Percept Perform, 1990, 16: 802-811.
- [19] Gao WB, Wei JH, Peng XH, et al. ERP study on scale of visual spatial attention with fied cues acta psychologica sinica [J]. Acta Psychologica Sinica, 2002, 34(5): 443-450.
- [20] 高文斌, 魏景汉, 彭小虎, 等. 固定位置提示下视觉注意范围等级的 ERP 研究 [J]. 心理学报, 2002, 34(5): 443-450.

[作者简介: 高文斌, 男, 博士研究生, 研究方向为脑高级功能]