

# 汉字识别的跨感觉通路 ERP 注意成分研究 \*

罗跃嘉 魏景汉

(中国科学院心理研究所, 北京 100101)

**摘要** 采用提高非注意纯度的“跨通路延迟反应”实验模式, 观察汉字形音判断的跨通路事件相关电位(ERP), 研究 N1 和早期注意成分(Nd1)。被试为 15 名青年正常人。结果发现, N1 在头皮上的分布存在明显的通路间差异: 既与非语言实验结果不同, 也与英语实验结果不同, 可能反映出汉字加工的脑机制特征。注意加工部位随语言/非语言、听觉/视觉通路、偏差刺激/标准刺激 3 种条件的不同而变化, 具有可塑性。早期注意效应发生在刺激本身诱发的外源性成分之前, 支持注意的早期选择学说。根据 N1 与 Nd1 的关系, 支持注意使 N1 增大者不是外源性成分, 而是重叠于外源性成分中的内源性成分的观点。

**关键词** 事件相关电位 早期注意成分 选择性注意 汉字 跨通路延迟反应模式

语文的选择性注意的事件相关电位(event-related potential, ERP)研究是近年注意心理学研究的新发展。近来, 西文的选择性注意 ERP 研究报道已开始出现, 但不多见, 跨通路选择性注意的 ERP 研究更少。Otten 等人<sup>[1]</sup>报道了视觉重复呈现词的 ERP 效应, 观察到只有在注意条件下词的重复才使 ERP 产生正走向波动。最近, Betten 等人<sup>[2]</sup>采用双耳分听的实验模式研究选择性注意的语义加工, 在注意与非注意通道观察到一个峰潜时约 100 ms 的尖锐 N1 和峰潜时 400~600 ms 的 N400, 非注意耳的 N400 效应(相关词比无关词的 N400 波幅减小)比注意耳降低, 对语义相关词与语义无关词再认时也得到同样的结果。Trejo 等人<sup>[3]</sup>进行了纯音与语音的比较研究。上述实验主要是关于 P3 与 N400 的研究, 重点均不在 N1。利用汉字进行选择注意 ERP 的研究还未见报道。已有跨通路的语义 ERP 研究主要是探讨语义加工的通路关系问题, 存在转换假说(conversion hypothesis)与共同语义系统假说(common semantic system hypothesis)的不同观点<sup>[4]</sup>。前者认为语义加工是在一个通路中进行的, 即使是受异通路启动, 也要转换到一个通路中进行语义加工; 后者认为语义加工不在通路内, 不同通路需激活一个共同的语义或概念系统进行语义加工。他们各有实验证据<sup>[4,5]</sup>。上述研究甚少涉及感觉通路间的选择性注意问题。关于注意的早、晚期选择之争是注意心理学基本理论中一个长期未得到解决的问题<sup>[6~8]</sup>。早、晚期选择学说的分歧是选择发生在知觉完成之前还是知觉完成之后<sup>[9]</sup>。最近, 魏景汉等人对此提出了注意过滤器的可塑性观点, 认为注意的早、晚期选择因认知的内外条件而异<sup>[9]</sup>。在非语言的 ERP 选择性注意研究中, 关于注意引起的 N1 增大现象

1997-08-29 收稿, 1998-03-08 收修改稿

\*国家自然科学基金资助项目(批准号: 69790080, 39670258)

长期存在意见分歧。Hillyard 等人认为 N1 增大者系外源性成分<sup>[6]</sup>, Naatanen 等人则认为 N1 增大者不是外源性成分, 而是重叠于外源性成分中的内源性成分加工负波所致<sup>[7]</sup>, 该争论至今未得解决<sup>[8]</sup>。上述问题都需要进一步研究。

本实验为语言注意跨通路 ERP 研究, 采用魏景汉的“跨通路延迟反应”模式提高非注意的纯度, 以期对注意早晚期选择学说之争、N1 增大的原因、注意加工部位的可塑性及汉语加工的脑机制特征等理论问题提供实验证据并提出见解。

## 1 实验方法

### 1.1 被试

来自北京理工大学和北京师范大学的有偿被试 15 人, 年龄 18~21 岁, 10 男 5 女, 听力正常, 视力正常或校正后正常。采用 Reitan 利手测验<sup>[10]</sup>判定均为右利手。

### 1.2 脑电记录

实验仪器为美国 NeuroScan 公司生产的 32 导 ERP 工作站。EEG 记录为国际 10~20 系统中的 17 点(参见图 1 标注), 用电极帽固定。以连接的双侧乳突为参考电极点。分别记录垂直眼电(VEOG)与水平眼电(HEOG)。其余记录参数同非语言实验<sup>[11,12]</sup>。

### 1.3 刺激设置

视觉刺激。从电脑《汉字属性信息数据库》<sup>[13]</sup>中挑选汉字单字词。视觉偏差刺激采用少笔画(5~7 画)、上下结构的汉字 60 个, 占刺激总数的 17.5%; 标准刺激采用 3 种汉字: 少笔画、左右结构; 多笔画(12~15 画)、上下结构; 多笔画、左右结构, 共 283 个, 占 82.5%。

听觉刺激。听觉偏差刺激为韵母含“a”的单字词, 包括 a, ai, an, ang, ao; 其他韵母组成的字为标准刺激。标准与偏差刺激出现概率同视觉刺激。标准刺激的平均呈现时间为(177.3 ± 27.4) ms, 偏差刺激为(175.9 ± 35.9) ms, *t* 检验结果无显著差异(*t* = 0.26, *p* < 0.792)。

### 1.4 操作任务

实验 1, 听觉任务。被试双耳插入空气导管式耳塞机; 屏幕与眼睛距离 1.3 m。施于被试的刺激序列包括 3 种听觉刺激(标准刺激、偏差刺激和反应命令信号)和 2 种视觉刺激(标准刺激和偏差刺激)。每一听觉标准刺激与偏差刺激之后皆跟随一个反应命令信号。在听觉刺激信号与命令信号之间随机插入 0~2 个视觉通路的刺激信号。听觉刺激为通过双耳耳机给出的上述汉字语音, 反应命令信号为 2 ms, SPL 24 dB 的短声(Click)。视觉刺激为呈现于计算机屏幕中央的上述单个汉字(4 cm × 4 cm)。视听标准刺激与偏差刺激的呈现顺序都是伪随机的。刺激间隔为 250~700 ms, 伪随机。令被试注意分辨听觉信号, 不要注意屏幕汉字, 但要眼盯住屏幕中央点, 以 EOG 监视。当标准语音出现时, 准备用一只手拇指按键, 当偏差语音出现时, 准备用另一拇指按键。待听到反应命令信号后再按键。要求被试按键尽量正确且迅速。

实验 2, 视觉任务。与实验 1 刺激序列的区别仅在于取消听觉反应命令信号, 于每一个视觉标准刺激与偏差刺激后跟随一个视觉反应命令信号, 它为屏幕中央出现的小红十字(0.5 cm × 0.5 cm)。令被试注意分辨屏幕汉字的类别并进行按键反应, 不注意耳塞机中的语音。余同实验 1。

### 1.5 数据处理

对 EEG 分类叠加, 共得到相应的 8 类 ERP, 如图 1 所示。用注意 ERP 减去非注意 ERP,

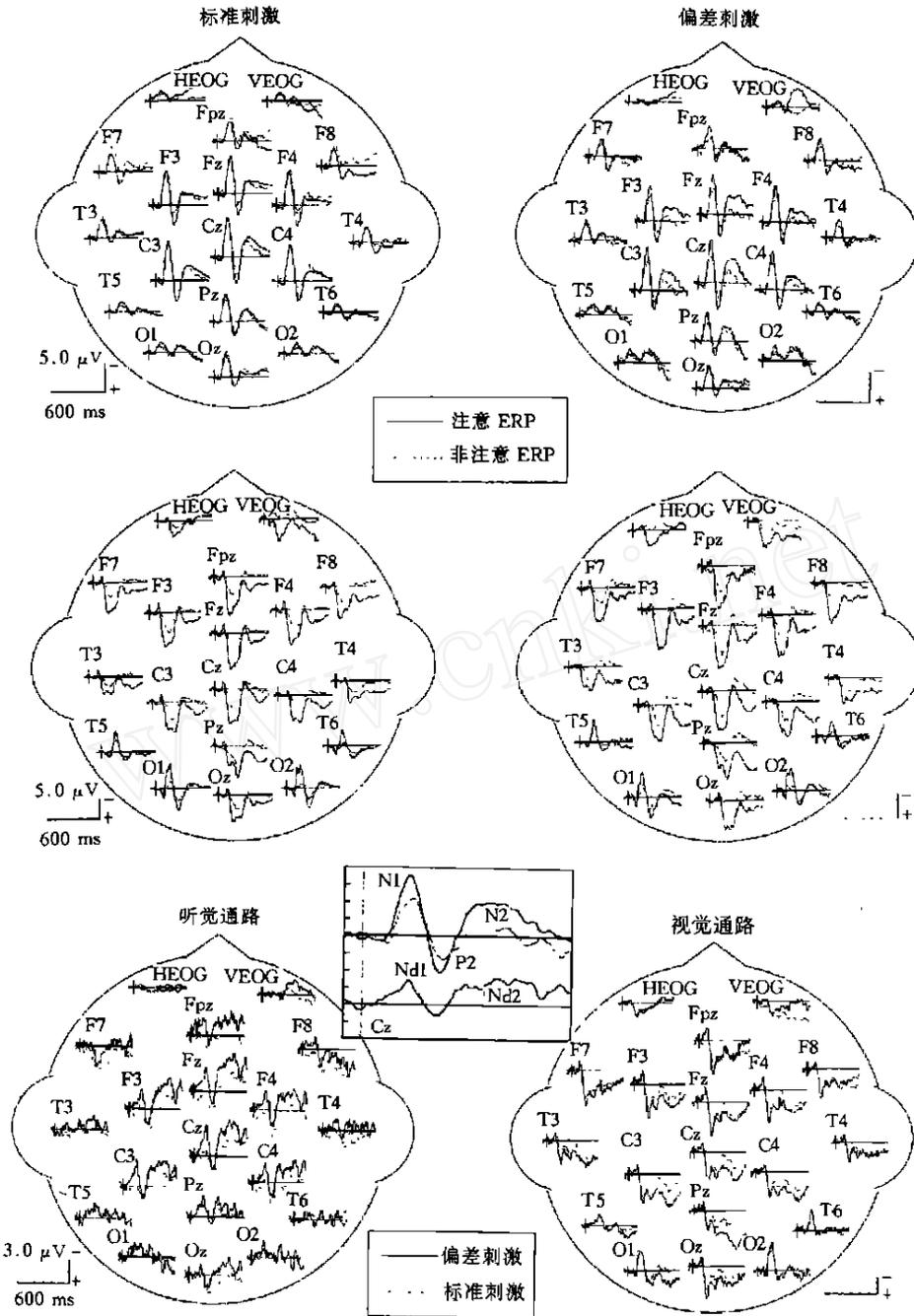


图 1 汉字识别跨感觉通路 ERP 图

上排为听觉通路汉字标准刺激(左)与偏差刺激(右)的注意(实线)和非注意(虚线)状态的 ERP 总平均图;中排为视觉通路汉字标准刺激(左)与偏差刺激(右)的注意(实线)和非注意(虚线)状态的 ERP 总平均图;下排为听觉(左)与视觉(右)通路的偏差刺激(实线)和标准刺激(虚线)的 ERP 差异成分总平均图. 插入图示听觉偏差刺激时 Cz 点的相减情况, 差异成分 = 注意 ERP - 非注意 ERP

得到差异成分,如图1下排及插入之放大图所示。ERP成分以波形的极性和峰潜时命名,在听觉通路依次出现了P70,N140,P230,N350和P540,在视觉通路依次出现了P90,N160,P220,N350,P500。用Neuro Scan中的自动波峰测量软件,分别测量N1和早期差异成分(Nd1)的平均波幅。根据总平均图和当前通用的方法<sup>[14]</sup>,对于各种条件下的N1和Nd1,在60~200ms范围内以20ms分段测量其平均波幅。N1与Nd1的始潜时(起始时间)为第1个负波前肢与基线交点之潜伏期。用SPSS统计软件包对始潜时进行4个因素方差分析。这4个因素为感觉通路(2个水平:听觉与视觉通路)、刺激种类(2个水平:标准与偏差刺激)、ERP成分(3个水平:注意N1、非注意N1和Nd1)和记录部位(17个水平);多因素方差分析采用Greenhouse-Geisser法校正,并对数据的头皮分布进行正常化处理<sup>[15]</sup>。

## 2 实验结果

### 2.1 ERP基本成分

在听觉通路,注意与非注意时,标准与偏差刺激均产生P70,N140,P230,N350和P540成分。如图1上排所示,N140,P230和N350较为明显,其最大波峰均分布于中央部。第1个正波P70的最大峰位于中央部(注意时)与额部(非注意时)。晚期正波P540的最大峰位于顶部,非注意时或标准刺激下波幅不明显。在视觉通路(图1中排)无论注意与否,标准与偏差刺激诱发出P90,N160,P220,N350和P500。早期负成分N160主要分布于两侧枕部和颞后部,晚期负成分N350主要分布于额中央部。另外,P90位于枕部,左侧较大;P220广泛分布于中央部、额部、顶部和枕部,其最大波峰位于额部中央;P500在注意时主要分布于顶枕部,非注意时波幅不明显。

### 2.2 N1成分

本实验的N140(听觉)与N160(视觉)为N1成分,与注意的关系密切,是本研究的重点成分。采用近来常用的平均波幅测量方法,听觉偏差刺激产生的N1最大峰出现于刺激开始后120~140ms,并分布于中央部中央(Cz, -6.66 $\mu$ V);而非注意N1的头皮分布偏向于左侧(C3, -4.84 $\mu$ V);听觉标准刺激产生的最大注意N1也位于左侧中央部(C3, -6.17 $\mu$ V),非注意N1分布于额部中央(Fz, -6.19 $\mu$ V)。后三者的最大峰出现皆稍晚(140~160ms)。在视觉通路,N1最大峰出现稍晚于听觉N1,在刺激后160~180ms,它们的头皮分布均在左侧枕部(O1)。

对N1平均波幅进行注意与非注意之间的配对样本 $t$ 检验,在下列电极位置,注意N1显著(或接近显著)大于非注意N1:听觉偏差刺激(120~140ms)的Fpz( $t=2.30, p<0.037$ ;下同),Fz(3.25, 0.006),F3(2.80, 0.014),F4(2.54, 0.024),Cz(3.62, 0.003),C3(3.59, 0.003),Pz(2.64, 0.019)和O2(2.18, 0.047)点;在随后的时段(140~160ms),听觉偏差刺激的Fz(2.14, 0.037)和Cz(2.75, 0.016)点;听觉标准刺激(140~160ms)的T5(3.37, 0.005),T6(2.04, 0.061),O1(3.06, 0.008)和O2(2.68, 0.018)点;视觉偏差刺激(160~180ms)的O1(2.09, 0.056)和O2(2.10, 0.054)点;视觉标准刺激(160~180ms)的T5(2.45, 0.028),T6(2.46, 0.028),O1(3.44, 0.004)和O2(3.18, 0.007)点。此外,在视觉通路,除上述电极点为注意N1增大,其余点则显示为注意P2(即视觉P220)显著大于非注意P2。

### 2.3 注意成分

相同通路、相同刺激种类的注意 ERP 与非注意 ERP 相减,所得之差异波即为注意成分。图 1 下排为该 ERP 差异波总平均图。其早期注意成分(也称早期差异成分)简称 Nd1。听觉标准刺激产生的 Nd1 出现于刺激后 160 ~ 180 ms,其最大波峰位于左侧枕部(O1, - 1.05  $\mu$ V);听觉偏差刺激产生的 Nd1 分布于 Cz,波峰明显增大、提前(- 2.64  $\mu$ V, 120 ~ 140 ms);视觉标准刺激诱发的 Nd1 波峰持续时间较长,在 120 ~ 140 ms,140 ~ 160 ms,160 ~ 180 ms 的平均波幅分别为 - 3.87, - 3.61, - 3.58  $\mu$ V,均分布于右侧枕部(O2);视觉偏差刺激的 Nd1 最大峰出现于 140 ~ 160 ms,位于左侧枕部(O1, - 3.01  $\mu$ V)。

### 2.4 N1 与 Nd1 的始潜时

表 1 列出了注意 N1、非注意 N1 和注意成分 Nd1 的最大波峰所在部位及其始潜时。多因素方差分析结果表明,感觉通路 [ $F_{(1,14)} = 14.14, p < 0.002$ ]、刺激种类 [ $F_{(1,14)} = 106.51, p < 0.0001$ ]、ERP 成分 [ $F_{(2,28)} = 73.55, p < 0.0001$ ]与电极部位 [ $F_{(16,224)} = 31.76, p < 0.0001$ ]均有非常显著的主效应。另外,通路与电极位置之间还存在非常显著的交互效应 [ $F_{(16,224)} = 14.20, p < 0.0001$ ]。进一步对注意 N1 与 Nd1、N1 与 Nd1 始潜时进行配对样本的  $t$  检验。结果注意 N1 始潜时短于非注意 N1,注意与非注意 N1 始潜时则长于 Nd1,其差别达到显著的部位如表 2 所示。

表 1 N1 与 Nd1 的始潜时

通路	刺激	注意 N1		非注意 N1		注意成分 Nd1	
		部位	始潜时/ ms	部位	始潜时/ ms	部位	始潜时/ ms
听觉	标准刺激	C3	66.7 $\pm$ 13.3	Fz	74.9 $\pm$ 14.5	O1	54.4 $\pm$ 18.3
	偏差刺激	Cz	62.5 $\pm$ 14.5	C3	75.6 $\pm$ 12.4	Cz	43.5 $\pm$ 11.4
视觉	标准刺激	O1	93.9 $\pm$ 20.3	O1	117.8 $\pm$ 26.2	O2	80.2 $\pm$ 16.6
	偏差刺激	O1	96.3 $\pm$ 11.9	O1	106.6 $\pm$ 18.7	O1	82.5 $\pm$ 17.2

表 2 注意 N1、非注意 N1、Nd1 始潜时比较

通路	刺激	注意 N1 与非注意 N1	注意 N1 与 Nd1	非注意 N1 与 Nd1
听觉	标准刺激	Fz, Cz, T3, T4, T6, Tz, O2 点; $t: 2.15$ (Cz) ~ 3.66 (O2), $p: 0.022 \sim 0.003$	Fpz, F4, F7, F8, C3, T4, T5, T6, Pz, Oz, O1; $t: 2.34$ (F8) ~ 3.95 (Oz), $p: 0.034 \sim 0.001$	除 T5 (2.08, 0.056), Pz (1.99, 0.066), 其余 $t: 2.51$ (C4) ~ 6.96 (Oz), $p: 0.025 \sim 0.0001$
	偏差刺激	Fpz, F3, Cz, C3, T4, T5, T6, Oz, O1 点; $t: 2.56$ (F3) ~ 3.58 (O1), $p: 0.023 \sim 0.003$	所有点; $t: 2.27$ (T3) ~ 5.96 (Fz), $p: 0.040 \sim 0.0001$	所有点; $t: 4.73$ (O2) ~ 14.03 (C3), $p < 0.0001$
视觉	标准刺激	除 C3 (2.06, 0.059) 外, 其余各点的 $t: 2.26$ (Pz) ~ 5.04 (Fz), $p: 0.015 \sim 0.0001$	C3, T3, T5, T6, O1, O2 点; $t: 2.17$ (O1) ~ 5.24 (T6), $p: 0.047 \sim 0.0001$	全部点; $t: 2.76$ (F8) ~ 6.03 (T5), $p: 0.015 \sim 0.0001$
	偏差刺激	仅 O1 点接近显著水平 (1.90, 0.079)	所有点; $t: 2.83$ (Pz) ~ 5.09 (F8), $p: 0.013 \sim 0.0001$	全部点; $t: 2.36$ (Oz) ~ 5.01 (T6), $p: 0.033 \sim 0.0001$

### 3 讨论

#### 3.1 汉字形音加工的 ERP 基本成分特征

本实验采用汉字形/音判断作业,又分为注意/非注意、标准刺激/偏差刺激,共 8 种条件,所得 ERP 基本成分的头皮分布已如实验结果所述。从中可以看出以下几个问题:(1) 本实验所得 ERP 基本成分的头皮分布与作者以前所得实验结果<sup>[11,12,16]</sup>一致,表明本实验结果是可靠的。(2) N1 头皮分布表现出明显的通路间差异:无论注意与否或何种刺激,听觉 N1 最大波峰均位于中央部,视觉 N1 则分布于两侧枕部。这一结果与非语言实验结果不同,后者视听通路 N1 的头皮分布差异不大,均分布于额部<sup>[16]</sup>。这一结果也与英文实验结果不同,在英语的跨通路 ERP 研究中,无论听觉与视觉语言刺激产生的最大 N1 均位于额部中央<sup>[4,5]</sup>。本实验的视觉 ERP 基本成分除 N1 以外,与 Otten 等人的英语实验结果甚为相似<sup>[11]</sup>。这些资料提示,N1 的头皮分布的通路间差异可能反映出汉字加工的脑机制特征:对汉字字形(视觉)的最初加工可能发生在视觉初级中枢(两侧枕部),而对汉字字音(听觉)的初步加工可能是在整合中枢(中央部)而不在听觉初级中枢(颞叶)。这只是根据本实验脑电结果所作的初步推论,尚有待来自脑功能成像等其他研究的进一步证实。

#### 3.2 早期注意成分及其加工部位的可塑性

注意 ERP 减去非注意 ERP,得到了一个明显的早期注意成分 Nd1。它具有以下特征:(1) 在听觉通路,在 120~180 ms 范围内,偏差刺激产生的 Nd1 (120~140 ms) 波峰早于标准刺激 Nd1 (160~180 ms);而在视觉通路,二者没有显著差别;视觉标准刺激比偏差刺激诱发的 Nd1 持续时间长,听觉通路则无此现象。(2) 视觉 Nd1 波幅大于听觉 Nd1。在刺激种类方面,听觉偏差刺激 Nd1 大于标准刺激 Nd1,而视觉偏差刺激 Nd1 小于标准刺激 Nd1。(3) 在本实验室以前对非语言的 ERP 实验中<sup>[16]</sup>,偏差刺激的 Nd1 分布表现出明显的通路特异性。本实验使用语言刺激材料,在偏差刺激条件下,听觉 Nd1 位于中央部,不在初级感觉区,不具通路特异性;而视觉 Nd1 位于初级感觉区,具有通路特异性。为便于对比,兹将具体分布列为表 3。

表 3 语言与非语言 Nd1 最大峰所在头皮区的对比

	非语言		语言	
	偏差刺激	标准刺激	偏差刺激	标准刺激
听觉	颞部	额部	中央部	枕部
视觉	枕部	额部	枕部	枕部

由上述头皮区的对比可以看出:(1) 语言与非语言的注意加工部位有所不同;(2) 视觉与听觉感觉通路的注意加工部位有所不同;(3) 偏差刺激与标准刺激的注意加工部位有所不同。换句话说,注意加工部位随语言/非语言、听觉/视觉通路、偏差刺激/标准刺激三种条件的不同而变化,具有可塑性。

#### 3.3 注意使 N1 增大的原因

本实验结果表明,对偏差刺激而言,在听觉刺激条件下的中央部、额部中线,在视觉刺激条件下的两侧枕部,注意 N1 显著大于非注意 N1;对标准刺激而言,无论听觉与视觉通路,注意 N1 增大均表现在两侧枕部和颞后部。由表 2 与图 1 可知,各种条件下注意使 N1 增大的部位

皆包含 Nd1 最大峰所在部位. 因此难以排除注意 N1 重叠着内源性成分 Nd1. 在 ERP 成分的发生时程——始潜时方面, 对本实验所得注意 N1、非注意 N1 与 Nd1 的始潜时进行比较可知: (1) 无论听觉与视觉通路、标准与偏差刺激, 均为 Nd1 早于非注意 N1. 并且在几乎所有的记录点均表现出统计学的显著性. (2) 如表 2 所示, 在听觉标准与偏差刺激条件下的头皮中线部位和颞部以及视觉标准刺激条件下的几乎所有电极点, 注意 N1 的始潜时均显著早于非注意 N1; 视觉偏差刺激条件下注意 N1 的始潜时也早于非注意 N1, 仅未达统计学显著水平, 不过在 O1 点的差异接近显著水平 ( $t = 1.90, P < 0.079$ ). (3) 无论何种通路与何种刺激, 特别是在视听偏差刺激的全部记录点, Nd1 的始潜时均早于注意 N1. 这就是说, 注意 N1 的出现晚于 Nd1 而早于非注意 N1. 可以推论, 注意 N1 之所以介于 Nd1 与非注意 N1 之间, 是由于它是 Nd1 与非注意 N1 的混合物. 由本实验方法可知, Nd1 是内源性的注意成分, 非注意 N1 是外源性成分. 如前所述, 注意 N1 增大的原因存在外源性与内源性成分(重叠于外源性成分中)的长期争论<sup>[6~8]</sup>, 本研究与本实验室的非语言研究结果一致<sup>[16]</sup>, 支持注意使 N1 增大者不是外源性成分, 而是重叠于外源性成分中的内源性成分的观点.

### 3.4 支持注意早期选择学说的证据

关于注意的早、晚期选择之争是注意心理学基本理论中一个长期未能解决的问题<sup>[6~8]</sup>. 早、晚期选择学说的分界是选择发生在知觉完成之前还是知觉完成之后<sup>[9]</sup>. 如上所述, 本实验结果为注意 N1 晚于 Nd1 而早于非注意 N1, 即时间发生顺序上, 依次为内源性的注意成分 Nd1、混合性的注意 N1 和外源性的非注意 N1, 表明注意效应发生在对刺激本身诱发的外源性成分之前, 因此只能得出支持注意的早期选择学说的结论. 此结论也与本实验室的非语言实验结果一致<sup>[16]</sup>.

## 参 考 文 献

- 1 Otten L J, Rugg M D, Doyle M C. Modulation of event-related potentials by word repetition: the role of visual selective attention. *Psychophysiology*, 1993, 30: 559 ~ 571
- 2 Bentin S, Kutas M, Hillyard S A. Semantic processing and memory for attended and unattended words in dichotic listening: behavioral and electrophysiological evidence. *J Exp Psychol: Human Perception and Performance*, 1995, 24: 54 ~ 67
- 3 Trejo L J, Ryan-Jones D L, Kramer A F. Attentional modulation of the mismatch negativity elicited by frequency differences between binaurally presented tone bursts. *Psychophysiology*, 1995, 32: 319 ~ 328
- 4 Holcomb P J, Anderson J E. Cross-modal semantic priming: a time-course analysis using event-related potentials. *Lang Cogn Processes*, 1993, 8: 379 ~ 411
- 5 Rugg M D, Doyle M C, Wells T. Word and nonword repetition within and across-modality: An event-related potential study. *J Cogn Neurosci*, 1995, 7: 209 ~ 227
- 6 Mangun G R, Hillyard S A. Mechanisms and modals of selective attention. In: Rugg M D, Coles M G H, eds. *Electrophysiology of Mind: Event-related brain potentials and cognition*. Oxford: Oxford University Press, 1995. 40 ~ 85
- 7 Naatanen R. *Attention and Brain Function*. New Jersey: Hillsdale, 1992
- 8 罗跃嘉, 魏景汉. 注意 ERP 的研究现状与争论. *心理学动态*, 1996, 4(4): 7 ~ 11
- 9 魏景汉, 罗跃嘉. 注意过滤器的可塑性假设. *心理学报*, 1997, 29(增刊): 1 ~ 5
- 10 Cheng C M, Fu G L. The recognition of Chinese characters and words under divided visual-field presentation. In: Kao H S R, Hoosain R, eds. *Linguistics, Psychology and Chinese Language*, HK: Hong Kong University Press, 1986
- 11 罗跃嘉, 魏景汉. 跨感觉通路的 ERP 注意成分研究. *心理学报*, 1997, 29(2): 195 ~ 201

- 12 罗跃嘉, 魏景汉. 跨通道注意的失匹配负波研究. 中国科学, C 辑, 1998, 28(2): 186 ~ 192
- 13 韩布新. 《汉字信息数据库》在汉字识别研究中的应用. 心理学动态, 1993, 1(4): 29 ~ 35
- 14 Alho K, Teder W, Lavikainen J, et al. Strongly focused attention and auditory event-related potentials. Biol Psychol, 1994, 38: 73 ~ 90
- 15 McCarthy G, Wood C C. Scalp distributions of event-related potentials: An ambiguity associated with analysis of variance models. Electroenceph clin Neurophysiol, 1985, 62: 203 ~ 208
- 16 罗跃嘉, 魏景汉. 跨通路识别汉字形音的偏差相关成分研究. 心理学报, 1997, 29(4): 400 ~ 408

www.cnki.net