

# 短期记忆与脑电事件相关电位特征的初步研究

## The Preliminary Study of the Event-related Potential and Short time memory

王晓燕

李江明

冯丽冰

Wang Xiaoyan

Li Jiangming

Feng Libing

(广西师范大学生物系 桂林市三里店 541004)

(Dept. of Biology, Guangxi Normal Univ., Sanlidian, Guilin, Guangxi, 541004)

**摘要** 对 32 名被试者进行两字汉语词汇和平面图形的辨识测试, 以及 4~ 9 个两字汉语词汇的回忆测试, 结果是词汇、图形辨识测试中, 左右半球 40 Hz 事件相关电位 (ERP) 的发放率 (ACT) 和平均发放时间间隔 (AT) 参数存在不对称性。词汇测试中, 左半球 40 Hz ERP 的 ACT (16.96) 明显大于右半球 (14.5),  $P < 0.01$ ; 右半球的 AT (25.4) 明显大于左半球 (21.9),  $P < 0.025$ 。图形测试中, 右半球的 ACT (16.8) 明显大于左半球 (15.0),  $P < 0.025$ ; 左半球 AT 值 (23.9) 明显大于右半球 (21.1),  $P < 0.025$ 。左右半球不对称的消失与汉语词汇短期记忆有固定组块 (7 个) 的记忆容量有关。

**关键词** 40 Hz 事件相关电位 (40 Hz ERP) 半球不对称性 短期记忆 记忆容量

**Abstract** 40Hz Event-related potential (ERP) is a short aperiodic burst of EEG activity with a narrow frequency band (36~ 44) centered at 40Hz. It has been established as an indicator of the state of "focused arousal", and proved to be an useful approach for cognition research of brain. With this system, we recorded 40Hz ERPs of 32 persons who took three tests: memorizing and recognizing Chinese vocabularies of two words, memorizing and recognizing geometric figures, and recalling 4~ 9 Chinese vocabularies of two words. Parameters such as duration of the 40Hz ERP bursting activity (ACT) and mean bursting interval (AT, defining  $1/AT$  as bursting speed) of the left and the right hemispheres are computed. We acquire the following conclusion: There exists clear asymmetry between left and right hemispheres in bursting activity and the bursting speed of 40Hz ERP recorded during the test procedures of the recognition of vocabulary and geometric. The disappearance of asymmetry between the left and the right hemispheres is related to the fact Chinese vocabularies short time memory capacity having fixed number of chunks.

**Key words** 40Hz ERP, asymmetry-hemispheres, memory capacity

70 年代以后, Sheer<sup>[1-3]</sup>等人作了大量实验研究证明, 当人类处于某些特定的心理状态时, 人脑中有阵发性窄带信号, 该信号的频带为 36~ 44 Hz, 中心频率为 40 Hz, 振幅为 5  $\mu V$ 。采用提取信号幅度包络处理阈值检测与相关处理相结合的检测方法, 得到的信号称之为 40 Hz 脑电图 (40 Hz EEG), 它只能在集中唤醒状态下才会持续出现, 它反映了高级信息处理过程中集中唤醒的水平。我们开展此工作的研究目的

是进一步研究记忆过程中左右半球 40 Hz 事件相关电位 (40 Hz ERP) 的特点, 以词汇、图形的辨识, 不同数量汉语词汇的回忆过程中左右半球 40 Hz ERP 的发放率、发放时间间隔等参数加以分析, 希望从 40 Hz ERP 的角度探讨短期记忆过程中左右半球不对称性以及短期记忆固定组块数的容量这一现象的机理。

### 1 实验方法

#### 1.1 刺激方法

##### 1.1.1 汉语词汇记忆辨识测试

实验中, 每次记忆测试词汇数为 20 个, 屏幕显

示时间 2 s, 每两个词汇刺激间隔时间为 2 s, 要求被试者尽量记住。休息 1 min, 呈现辨识系列刺激, 在辨识组中, 总词汇数是 20 个, 新词汇占 50%, 旧词汇 (记忆序列中出现过) 占 50%, 刺激时间和间隔时间与记忆测试相同, 要求被试者判断当前词汇是旧刺激还是新刺激, 如果是旧刺激请按鼠标键, 否则不作反应

### 1.1.2 图形记忆辨识测试

实验时随机读取一幅平面图形呈现在屏幕上, 刺激总数为 10 个, 刺激时间 2 s, 间隔时间 2 s, 记忆序列和辨识序列及对被试者的要求与词汇测试相似。

### 1.1.3 不同数目汉语词汇回忆测试

在屏幕上随机依次显现 4, 5, 6, 7, 8, 9 个两字汉语词汇, 显示时间 2 s, 间隔时间 2 s, 每个数量级呈现后, 让被试者在 40 s 内回忆先前呈现的先后顺序, 如果被试者确认已回忆正确, 则按鼠标键, 否则不作反应, 继续下一数量级的词汇回忆。

### 1.2 记录方法

32 名被试者为高校本科生、研究生, 年龄在 20 ~ 28 岁间, 平均 24 岁, 14 名女性, 其余为男性, 无神经病史、右利手。实验使用 4 个 Ag-AgCl 圆盘电极, 左半球记录电极放置左侧 P<sub>3</sub> 点, 右半球记录电极相应放在右侧 P<sub>3</sub> 点, 参考电极放置头顶 Cz 处, 地电极放置前额 F<sub>z</sub> 处。头皮安放电极处先用酒精擦去油脂, 在电极上涂沫少量导电膏, 用胶布固定电极, 通过示波器监视原始脑电以判断电极安置质量好坏, 接触电阻 < 5 kΩ。

向被试者详细介绍实验内容、要求和注意事项, 使被试者友好合作, 正确操作。基线测试要求被试者开眼平静注视计算机屏幕, 不作定向思维, 在记忆和辨识中, 要求被试者积极记忆, 根据记忆内容对当前刺激正确做出判断, 按键反应后立即恢复基线测试心理状态, 自由回忆时要集中注意, 努力回忆。为了避免疲劳而影响结果, 每项测试后休息 5 min, 并在每项测试前测基线 30 s, 被试者以最舒适姿势而坐以减少肌电干扰。实验过程中以示波器监视脑电信号及时排除干扰, 电极检测的脑电信号送入 40 Hz ERP 检测系统进行放大、滤波, 对 40 Hz 和 70 Hz 脑电进行采样, 实验后处理分析。

## 2 实验结果

使用相关阈值法<sup>[4]</sup>处理每个测试的脑电数据, 得到 40 Hz ERP 同步发放的时间窗序列如图 1

我们得到每一个被试者在每个测试过程中 40 Hz ERP 同步发放起始时刻  $t_i$ 、持续时间  $L_i$  和发放

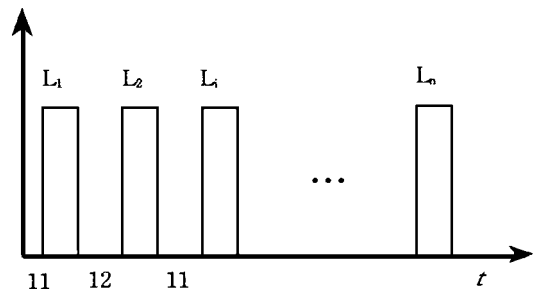


图 1 40 Hz ERP 同步发放的时间窗序列

Fig. 1 The time window array of 40 Hz event-related potentials synchronous bursting activity

次数  $N$ , 利用这个时间窗序列, 统计出如下定义的几个参数:

(1) 每个刺激的 40 Hz ERP 发放率:  $ACT = \sum Li / T$  ( $T$  为每一刺激的时间), 它反映了 40 Hz ERP 总的活跃程度

(2) 每个刺激的 40 Hz ERP 发放平均间隔时间:

$$AT = \sum [T_{(i-1)} - T_i] / (N - 1)$$

(3)  $AT$  倒数即为发放速率

我们对 32 名被试者进行数据处理统计, 得到被试者在进行各项测试时的左、右半球 40 Hz ERP 发放率  $ACT$ , 发放平均间隔时间  $AT$  参数, 结果如下:

2.1 汉字词汇辨识测试中被试者的  $ACT$  总平均值和  $AT$  总平均值 (图 2, 图 3)

32 名被试者左半球的  $ACT$  平均值为 16.96, 右半球为 14.5,  $t$  检验  $P < 0.01$ , 左半球的  $ACT$  值明显大于右半球。左半球的  $AT$  平均值为 21.9, 右半球为 25.4,  $t$  检验  $P < 0.025$ , 右半球的  $AT$  值明显大于左

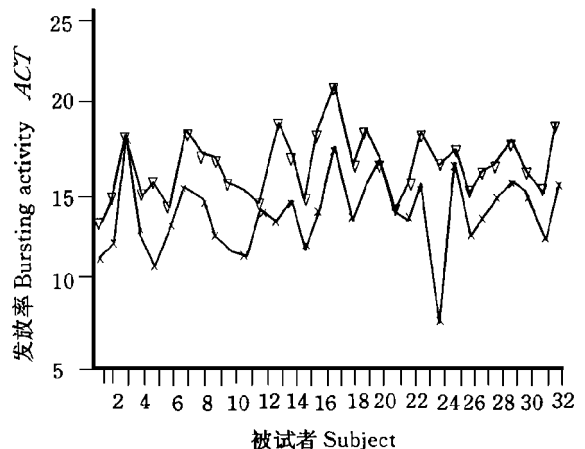


图 2 汉字辨识测试的左右半球发放率 ( $ACT$ ) 比较

Fig. 2 The comparison of  $ACT$  between left and right hemisphere during the testing procedures of recognizing Chinese vocabularies

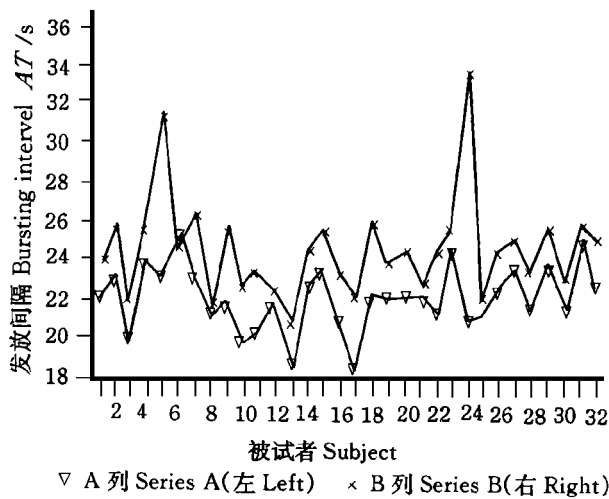


图 3 汉字辨识测试的左右半球发放间隔 (AT) 比较  
Fig. 3 The comparison of AT between left and right hemisphere during the test procedures of recognizing Chinese vocabularies

半球 说明在词汇辨识过程中左半球 40 Hz ERP 的发放率及发放速率 ( $1/AT$ ) 均大于右半球, 左半球的集中唤醒程度比右半球高

## 2.2 图形辨识测试中被试者的 ACT 总平均值和 AT 总平均值 (图 4, 图 5)

32名被试者左半球的 ACT 平均值为 15.0, 右半球为 16.8,  $t$  检验  $P < 0.025$ , 左半球的 ACT 值明显小于右半球 左半球的 AT 平均值为 23.9, 右半球为 21.1,  $t$  检验  $P < 0.025$ , 左半球的 AT 值明显大于右半球, 提示在平面图形辨识中, 右半球的 40 Hz ERP 发放率及发放速率 ( $1/AT$ ) 高于左半球, 右半球集中

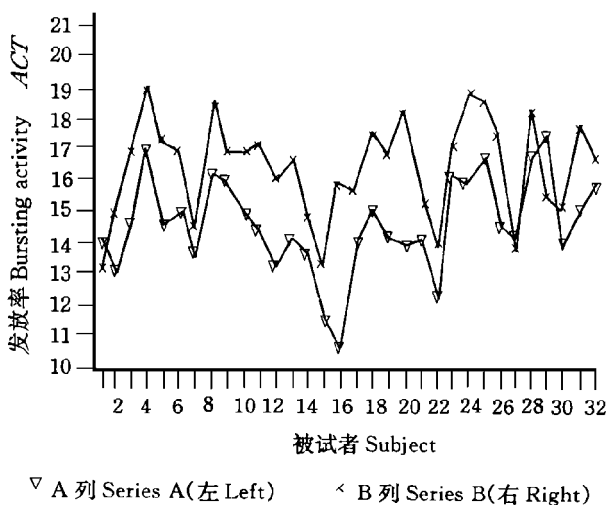


图 4 图形辨识测试的左右半球发放率 (ACT) 比较  
Fig. 4 The comparison of ACT between left and right hemisphere during the test procedures of recognizing geometry

唤醒程度高, 这与汉语词汇辨识结果正相反。

A. 从图 6 可见左右半球的 ACT 值均为 7 个词组回忆时有最小值, 回忆 7 个词与回忆其它数量词的 ACT 值作  $t$  检验 ( $P < 0.01$ ) 说明有明显差异。

B. ACT 值的左右半球差值可见回忆 8~9 个词汇时 ACT 值半球差异消失, 回忆 4~7 个词汇时左右半球的 ACT 值存在明显差异 ( $P < 0.01$ ) 如图 7

C. 回忆不同数量双字汉语词汇中, 左右半球的 AT 均以回忆 7 个词汇时有最大值, 以回忆 7 个词与回忆其它数量词汇的 AT 值作  $t$  检验,  $P < 0.01$ , 证明有显著差异 (如图 8)。

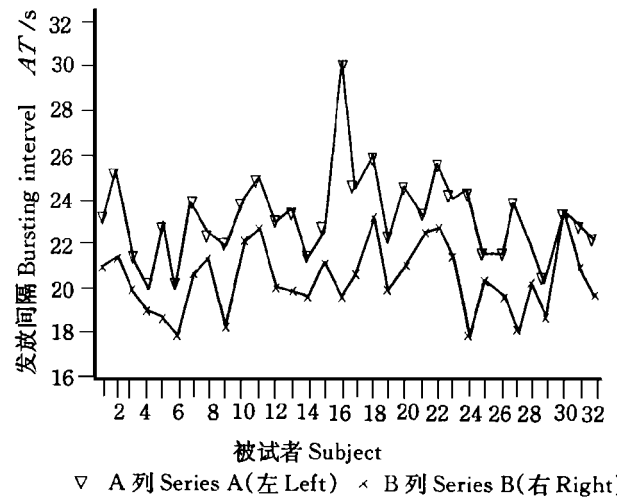


图 5 图形辨识测试的左右半球发放间隔 (AT) 比较  
Fig. 5 The comparison of AT between left and right hemisphere during the test procedures of recognizing geometry

## 2.3 不同数量双字汉语词汇回忆测试中的被试者 ACT 平均值及 AT 平均值, 左右半球 ACT 差值和 AT 差值 (图 6, 图 7, 图 8, 图 9)

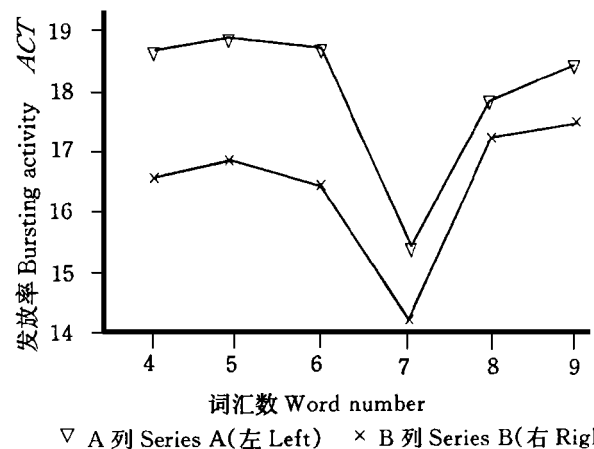


图 6 4~9 个字回忆左右半球发放率 (ACT) 平均值  
Fig. 6 The average of ACT between left and right hemisphere when recalling the word numbers from 4 to 9

### 3 讨论

Sheer 等人<sup>[1,5,6]</sup>进行了与任务相关的半球优势研究,发现在词汇、视空辨识和问题解决等不同智力任务下,左右半球 40 Hz ERP 存在不对称性。在我们研究不同材料的辨识任务实验中 40 Hz ERP 发放的左右半球不对称性,提示了人的左半球负责词汇任务,在词汇辨识中左半球 40 Hz ERP 发放明显优于右半球,提示左半球在词汇辨识中集中唤醒程度高;右半球负责视空任务,在图形辨识中右半球 40 Hz ERP 发放明显高于左半球,提示右半球在视空时集中唤醒程度高。

记忆是脑的机能,短时记忆信息加工理论认为,短时记忆有一个固定组块数的容量<sup>[7]</sup>,所谓组块,是指人们在过去的经验中已变得相当熟悉的刺激或刺激成分,即刻记忆实验表明,如果呈现的单词较少,可以全部记住,如果呈现单词增加到 7 个以上就要发生错误。Miller<sup>[8]</sup>1965 证实英语词为一个组块,被试者能回忆大约同数目的字 ( $7 \pm 2$ ) 个,而和字的音节数 (1~3 个) 无关。Simon<sup>[7]</sup>1974 年进一步证实很熟悉的两字、短语甚至句子,也表现了固定组块的倾向,从回忆一个音节的字到回忆短语,短时记忆容量中的组块数则由 7 个降到 4 个。张武田<sup>[9]</sup>1986 年做了汉语字短时记忆容量测试,结果是中文单字的短时记忆组块数为 7,四字词为 5。我们以 40 Hz ERP 发放率为参数证实了双字词汇短期记忆的固定组块数容量为 7; 当回记数量小于、等于、大于记忆容量时,结果分为三种情况:

(1) 回忆词汇数量小于短期记忆容量组块数 7 时,左右半球 40 Hz ERP 发放率及发放速率高,且左右半球不对称性明显,词汇回记中左半球功能优势于右半球。

(2) 回忆词汇数量等于短期记忆容量时,左右半球 40 Hz ERP 发放率及发放速率较低达最小值,提示此时大脑集中唤醒水平降低。

(3) 回忆词汇数量大于短期记忆容量时,左右半球发放率及发放速率较高,但左右半球不对称性不明显,提示超过记忆容量限值时,大脑集中唤醒水平虽然较高,但半球功能优势消失,记忆正确性也降低。

在以后的研究中,可使用单字、三字、四字或短句进行回忆测试,进一步研究短期记忆的固定组块数与 40 Hz ERP 发放时间的关系,进一步揭示大脑信息加工的机理。

(下转第 50 页 Continue on page 50)

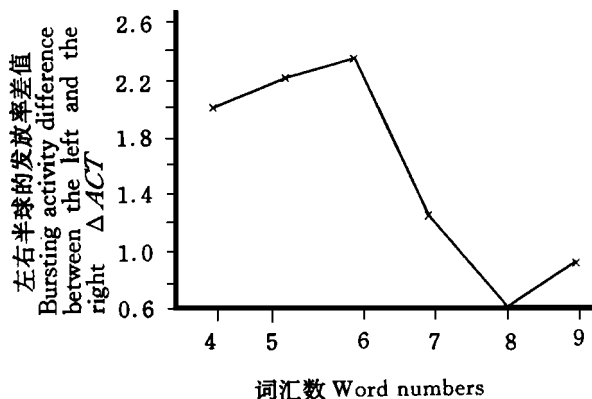
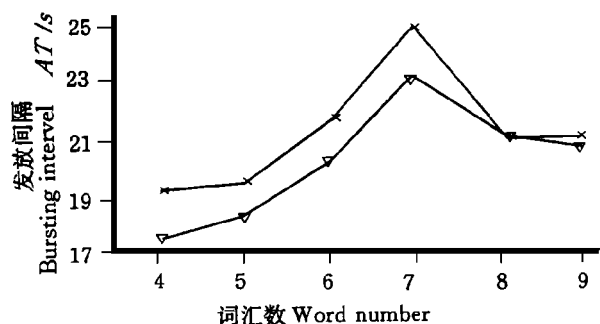


图 7 4~9 个字回忆左右半球发放率 (ACT) 差值

Fig. 7 The difference of ACT between left and right hemisphere when recalling the word numbers from 4 to 9



▽ A 列 Series A (左 Left) × B 列 Series B (右 Right)

图 8 左右半球 4~9 个字发放间隔 (AT) 平均值

Fig. 8 The average of AT between left and right hemisphere when recalling the word numbers from 4 to 9

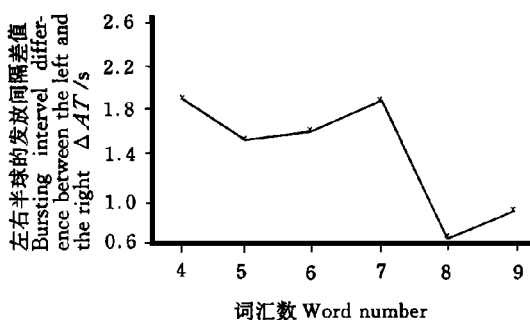


图 9 4~9 个字回忆左右半球发放间隔 (AT) 差值

Fig. 9 The difference of AT between left and right hemisphere when recalling the word numbers from 4 to 9

D. AT 值的左右半球差值在回忆 8~9 个词汇时明显性消失,回忆 4~7 个词汇时,左右半球的 AT 值存在显著差异,  $P < 0.01$  (如图 9)。

### 3 讨论

两种害虫对多来宝、菟丝子+夹竹桃醇提液及乙醇的反应表明,马尾松毛虫及荔枝体内的 PPO 均与抗药性有关。可以认为 PPO 是一种保护酶,但情况比较复杂。

1976年 Ratcliffe和 Rovley 将昆布糖 (Laminarin) 加入盔析翅蠨、大蜡螟等昆虫后发现,昆布糖增强了昆虫血细胞的吞噬作用,他认为这是由于昆布糖活化了虫体 PPO 之故<sup>[7]</sup>。多来宝可能也类似于昆布糖的作用,是马尾松毛虫老龄幼虫体内 PPO 的诱导剂;而菟丝子和夹竹桃可能是荔枝 3 龄若虫体内 PPO 的抑制剂。诱导活化和抑制为两种相反的作用,它们均能导致害虫死亡,看去似乎矛盾,关键在于诱导活化过量后发生突变,反而对酶的活化有毒害作用。张宗炳等<sup>[6]</sup> 1993 年报道,一些化合物对 PPO 活化时,会出现这种情况。所以高浓度的乙醇和多来宝可能是 PPO 的活化剂,和抑太保的作用机理相同,而和氰戊菊酯不同。

比较有前途的可能是菟丝子和夹竹桃,特别是菟丝子,可以成为不污染环境及符合“生物合理途径”

的新型杀虫剂,因此进一步研究其对多种害虫 PPO 活力的变化,对于了解昆虫的抗药机理,寻找更多的抑制剂来提高药效和保护环境具有现实意义。

### 参考文献

- 1 李兆麟等. 马尾松毛虫的光周期反应. 昆虫学报, 1994, 37 (1): 31~ 37.
- 2 Morris Rockstein. Biochemistry of Insects. New York Academic Press, 1978. 151~ 156.
- 3 Harry Wheeley. Plant pathogenesis. New York Academic Press, 1975. 85~ 91.
- 4 吴刚, 尚稚珍. 抑太保对亚洲玉米螟表皮酚氧化酶及几丁质酶活力的影响. 昆虫学报, 1992, 35 (3): 306~ 311.
- 5 李周直. 马尾松毛虫蛋白质. 核酸酶和羧酸酯酶与耐药性关系. 昆虫学报, 1993, 36 (3): 296~ 301.
- 6 张宗炳, 冷欣夫. 杀虫药剂毒理及应用. 北京: 化学工业出版社, 1993, 331~ 337.
- 7 Ratcliffe M A, Gagen S J. Cellular defense reactions of insects hemocytes in vivo. nodule formation and development in Galleria mellonella and pieris brassicae larvae. J Invertebr Pathol. 1976, 28 (3): 3~ 382.

(责任编辑: 蒋汉明 邓大玉)

(上接第 45 页 Continue from page 45)

### 参考文献

- 1 Sheer DE. Sensory and Cognitive 40-Hz Event-related Potentials: behavioral Correlates, Brain Function and Clinical Application. Brain Dynamics 2, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1989.
- 2 Auerbach V, Sheer DE. Forty hertz EEG in learning disabled and normal boys. J Learn Disabi, 1988, (3): 15~ 17.
- 3 Spydell JD, Sheer DE. Forty Hertz EEG activity in Alzheimer's type dementia. psychophysiology, 1983, (20): 313~ 350.
- 4 Spydell JD, Sheer DE. Task dependent cerebral lateralization of the 40 Hz EEG rhythm. psychophysiology,

1979, (16): 347~ 350.

- 5 Ford M, Bred BC, Newton HA, Sheer DE. Maintenance and generalization of 40 Hz EEG biofeedback effects. Biofeedback Self Regul, 1980, (5): 193~ 205.
- 6 Loring DW, Sheer DE. Laterality of 40 Hz EEG and EWG during cognitive performance. Psychophysiology, 1983, 21: 34~ 38.
- 7 Simon HA. How big is a chunk? Science, 1974, 183, 482~ 488.
- 8 Miller G A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. Psych Rev. 1956, 63: 81~ 97.
- 9 张武田. 汉字字词的短时记忆容量. 心理学报, 1986, (2): 133~ 139.

(责任编辑: 蒋汉明 邓大玉)