

# 积极情绪的唤醒程度对空间工作记忆的影响

董云英<sup>1</sup>, 周仁来<sup>1,2,3,4</sup>, 高鑫<sup>5</sup>

(1.儿童发展和学习科学教育部重点实验室(东南大学学习科学研究中心),南京210096;  
2.南京大学社会学院心理学系,南京210023;3.认知神经科学与学习国家重点实验室(北京师范大学),北京100875;4.应用实验心理北京市重点实验室(北京师范大学心理学院),  
北京100875;5.西北民族大学现代教育技术学院,兰州730030)

**【摘要】 目的:**探讨积极情绪唤醒水平对不同负荷空间工作记忆的影响。**方法:**以大学生为被试,以本土化的国际情绪图片(International Affective Picture System, IAPS)来诱发情绪,并采用ERP技术进行修正的延迟样本匹配任务(delayed matching-to-sample, DMS)实验,以分析空间工作记忆在不同程度的积极情绪唤醒条件下的差异。**结果:**高唤醒积极情绪条件下,延迟阶段慢波波幅降低,匹配阶段早期LPP(Late Positive Potential)升高;而且相对于高负荷,高唤醒积极情绪在低负荷任务中匹配阶段的晚期LPP波幅升高。**结论:**高唤醒的积极情绪损害了低负荷空间工作记忆,不损害高负荷空间工作记忆,而低唤醒的积极情绪对高、低负荷空间工作记忆没有显著的促进或损害作用。

**【关键词】** 积极情绪; 唤醒水平; 空间工作记忆; 任务负荷; ERP

中图分类号: R395.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3611(2014)05-0761-07

## The Effects of Positive Emotional Arousal on Spatial Working Memory

DONG Yun-ying<sup>1</sup>, ZHOU Ren-lai<sup>1,2,3,4</sup>, GAO Xin<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Child Development and Learning Science(Southeast University), Ministry of Education, Nanjing 210096, China; <sup>2</sup>Department of Psychology, School of Social and Behavior Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China;

<sup>3</sup>State Key Laboratory of Cognitive Neuroscience and Learning(Beijing Normal University), Beijing 100875, China;

<sup>4</sup>Beijing Key Lab of Applied Experimental Psychology(Beijing Normal University), Beijing 100875, China; <sup>5</sup>College of Modern Educational Technology(Northwest University for Nationalities), Lanzhou 730030, China

**【Abstract】 Objective:** The purpose in this study was to explore how spatial working memory is affected by positive emotional arousal in different load conditions. **Methods:** Using event-related potential technique, we employed a modified delayed matching-to-sample paradigm with the positive and neutral pictures from the localization of the IAPS in healthy undergraduates to assess spatial working memory with different degrees of positive emotional arousal. **Results:** Compared to the high-load spatial working memory task, it showed lower slow wave in the maintaining phase and higher early Late Positive Potential(LPP) and late LPP in the matching phase with high positive emotion arousal in the low-load spatial working memory task. **Conclusion:** Our finding suggest that high positive emotional arousal affects low load spatial working memory, but low positive emotional arousal does not significantly affect high load spatial working memory.

**【Key words】** Positive emotion; Arousal; Spatial working memory; Task load; ERP

日常生活中,人们在从事各种认知活动时或多或少地受到情绪的影响,越来越多的证据表明情绪对认知的影响可能是通过影响工作记忆(working memory)发生的。工作记忆被形容为人类的认知中枢<sup>[1-3]</sup>,其至少存在两类相互分离的系统:空间工作记忆(spatial working memory)和言语工作记忆(verbal working memory),分别负责处理空间和言语信息<sup>[4]</sup>。本研究主要关注积极情绪对空间工作记忆的影响。出于揭示焦虑等心理疾病机理的问题导向,以往研究多集中于负性情绪对工作记忆的影响<sup>[5-11]</sup>,较少涉

及积极情绪。传统的观点倾向认为,积极情绪对认知加工具有促进作用,而消极情绪则具有破坏和干扰作用。这一解释主要建立在对早期行为数据的分析之上。近年来随着认知神经科学方法的不断更新和运用,对传统的行为研究结论提出了挑战。

分析以往文献发现,在行为和神经水平上,不同研究者采用的方法以及所得结论仍存在分歧,且相关研究在行为与脑活动上结果并不一致。Tucker等人研究发现,抑郁个体在空间记忆任务中的操作成绩较低,但神经电活动(ERPs)却未见衰减<sup>[12]</sup>。Gray等人利用功能性磁共振(fMRI)技术,通过视频诱发情绪,之后让被试完成n-back工作记忆任务,发现空间工作记忆在积极情绪条件下受损害,脑活动水

**【基金项目】** 国家重点基础研究计划(2011CB711000);国家社科基金重大项目(11&ZD187)资助

通讯作者:周仁来, E-mail: rlzhou@bnu.edu.cn

平上表现为背外侧前额叶(dIPFC)的激活水平显著升高<sup>[13-15]</sup>。Kaufman以恐惧症和控制组为被试,对不同效价的情绪如何影响DMS空间工作记忆进行了ERP研究,结果发现,空间工作记忆在积极情绪和中性条件下的LPP波幅没有显著差异<sup>[16]</sup>。上述研究中,Gray选择正常被试,而Tucker针对抑郁个体,Kaufman则针对高恐惧人群,与正常个体相比,同样的情绪刺激可能引发不同的唤醒水平,因此,以上研究结果的分歧可能在于情绪加工的唤醒度不同。

情绪包括效价和唤醒两个维度<sup>[17]</sup>,目前大部分研究对唤醒度关注较少。20世纪初提出的耶克斯-多德森定律(Yerks-Dodson Law)对唤醒水平、任务难度与成绩之间的关系进行了理论阐述:当任务难度一定时,唤醒水平与作业成绩之间呈倒U型曲线关系<sup>[18]</sup>。高鑫等并未发现唤醒度对工作记忆在行为上产生影响<sup>[19]</sup>。那么,积极情绪的唤醒程度对工作记忆的影响是否会在脑活动水平上表现出来呢?此外,工作记忆负荷在积极情绪影响工作记忆过程中也是一个重要变量<sup>[16, 19-21]</sup>。负荷不同导致任务难度有所变化,对注意资源的需求也就不同。那么,积极情绪对空间工作记忆的影响是否会受到任务负荷的制约呢?另一方面,情绪与工作记忆之间的相互作用可能具有一个动态的层级结构,从相对独立进行加工到相互融合再分离<sup>[14]</sup>,只关注其中一个阶段是不够的<sup>[10, 16]</sup>。相比而言,DMS范式包括编码、延迟、匹配三个阶段,可以深入了解积极情绪对工作记忆产生干扰的具体阶段。

本研究在高鑫等行为研究的基础上,利用ERP技术进一步探讨积极情绪及唤醒程度对高、低负荷空间工作记忆的作用机制。根据加工效能理论(processing efficiency theory),损害作用发生时,如果个体付出更多的心理努力可对行为表现起到代偿作用,但在脑活动上则显现出激活程度相应增高<sup>[5]</sup>。如,Kaufman将LPP波幅的升高解释为对空间工作记忆的损害。因此,我们假设,积极情绪损害空间工作记忆时波幅升高,唤醒水平与任务负荷是影响这一过程的两个主要因素,积极情绪对空间工作记忆的影响将随这两个因素的不同而呈现不同的趋势,具体表现为:积极低唤醒对高负荷的空间工作记忆任务有促进作用;积极高唤醒对低负荷的空间工作记忆任务有损害作用。二者的交互作用将体现在ERP结果上。

## 1 实验一 积极情绪对不同负荷空间工作记忆的影响

### 1.1 方法

1.1.1 被试 东南大学在校生12名(男女各半),年龄范围21-26岁,平均年龄23.8岁( $s=1.49$ );身心健康,没有滥用药史或精神病史;右利手,视力正常或矫正后正常。所有被试均签署了知情同意书,实验结束后获得了一定报酬。

1.1.2 实验设计 2(情绪条件:积极、中性) $\times$ 2(任务负荷:高、低)的被试内实验设计。

1.1.3 实验材料 选定经本土化评定后IAPS图片160张<sup>[22]</sup>,其中积极情绪图片80张(效价 $\bar{\chi}=6.72$ ,  $s=0.83$ ;唤醒度 $\bar{\chi}=5.72$ ,  $s=0.59$ ),中性图片80张(效价 $\bar{\chi}=5.17$ ,  $s=0.55$ ;唤醒度 $\bar{\chi}=4.42$ ,  $s=0.46$ ),两类图片在效价、唤醒维度上的差异均极其显著( $P_s=0.00$ )。

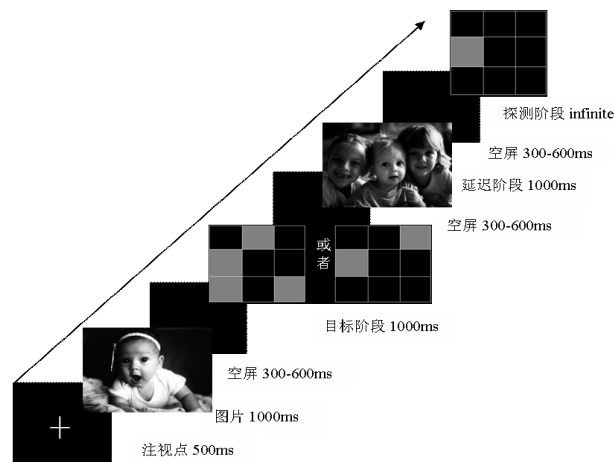


图1 空间工作记忆实验流程图

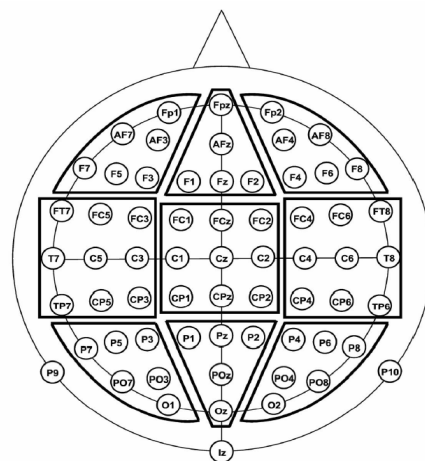


图2 电极分区示意图

1.1.4 实验程序 被试坐于距显示屏70cm处,首先呈现指导语,并向其讲解实验过程、任务及要求,

然后进行练习,确保被试理解实验任务后,进入正式DMS任务,其中,在目标阶段之前和延迟阶段呈现图片的目的在于情绪诱发<sup>[9]</sup>。具体实验流程见图1。首先,屏幕中央呈现“+”500ms,接着呈现图片1000ms,随后空屏300–600ms,空屏掩蔽后的目标阶段在九宫格内的任意四个位置(高负荷)或者两个位置(低负荷)出现灰色方块1000ms,要求被试记住方块所在位置,随后是300–600ms随机空屏,接着延迟阶段出现图片1000ms,最后是探测阶段,要求被试判断该灰色方块呈现的位置是否在目标阶段出现过,被试按键反应,随即进入下一个trial。实验包括1个练习block(20个trial)和4个随机的正式实验block(每个block有60个trial),平衡左右手,每两个block之间可以休息。为保证脑电记录的准确性,被试在屏蔽实验室中进行单独测试,并告知其在实验过程中,尽量保持身体和头部不要晃动。

1.1.5 EEG记录参数 采用NeuroScan64导脑电进行记录;左侧乳突M1作为单侧参考,离线分析时转化成双侧乳突作参考;双眼外侧安置电极记录水平眼电,左眼上下安置电极记录垂直眼电;滤波带通为0.05–100Hz;AC采样,采样频率为500Hz;电极阻抗小于5K $\Omega$ 。

1.1.6 EEG数据离线处理 将被试的正确反应进行叠加,滤波带通0.05–30Hz,衰减度为24db/oct,波幅超过 $\pm 70\mu V$ 均视为伪迹。在ERP数据分段时分别以编码、延迟、匹配这三阶段呈现的刺激进行刺激锁时–150–1000ms的分段,并分别选择时间窗进行统计分析。针对编码阶段,选择165–235ms(P2)时间窗;针对延迟阶段,选择300–400ms(P3)、400–800ms(slow wave)两个时间窗;针对匹配阶段,选择300–400ms(early LPP)、660–760ms(late LPP)两个时间窗。ERP数据分析采用了电极分区平均的方法,将64个电极按位置划分为9个区域(图2):Left Anterior(LA), Midline Anterior(MA), Right Anterior(RA), Left Central(LC), Midline Central(MC), Right Central(RC), Left Posterior(LP), Midline Posterior(MP), Right Posterior(RP),分别计算每个区域所含电极的波幅平均值,再进行统计分析。

1.1.7 数据统计分析 将所有数据录入SPSS13.0。行为数据:对正确率和反应时分别进行2(情绪条件:积极、中性) $\times$ 2(任务负荷:高、低)的重复测量方差分析。ERP数据:针对上述3个阶段、5个时间窗的平均幅值,分别进行2(情绪条件:积极、中性) $\times$ 2(任务负荷:高、低) $\times$ 9(脑区:LA, MA, RA, LC, MC,

RC, LP, MP, RP)重复测量方差分析,并采用Greenhouse–Geisser法校正P值。

## 1.2 结果

1.2.1 行为结果 描述统计结果见表1。正确率的方差结果表明,工作记忆负荷主效应边缘显著( $F_{(1, 11)} = 4.22, P = 0.065, \eta_p^2 = 0.28$ ),配对比较发现,高负荷条件下的正确率大于低负荷条件(MD=0.023)。其余效应均不显著。反应时的方差分析结果表明,任务负荷主效应显著( $F_{(1, 11)} = 12.33, P = 0.005, \eta_p^2 = 0.53$ ),进一步分析显示,高负荷任务上的反应时显著长于低负荷(MD=155.917),该结果表明高负荷较低负荷任务难。其余效应均不显著。

表1 不同情绪条件下个体在高低负荷空间工作记忆任务上的正确率(%)和反应时(ms)( $\bar{x} \pm s$ )

任务负荷	n	正确率		反应时	
		积极	中性	积极	中性
高	12	0.968 $\pm$ 0.051	0.964 $\pm$ 0.027	1027.74 $\pm$ 445.20	1028.05 $\pm$ 401.33
低	12	0.940 $\pm$ 0.037	0.946 $\pm$ 0.020	884.71 $\pm$ 305.99	859.25 $\pm$ 285.17

1.2.2 ERP结果 根据研究假设,方差分析结果主要关注各个脑区的情绪条件、任务负荷主效应以及交互作用。结果发现,显著效应分别出现在延迟阶段位于LP/MP/RP的P3及MP的SW,匹配阶段位于RP的早期LPP,及RA的晚期LPP,各种实验条件下的平均波幅值见表2。

对编码阶段P2波幅的分析表明,脑区主效应显著( $F_{(8, 88)} = 13.675, P = 0.001, \eta_p^2 = 0.554$ ),配对比较发现,前额区的波幅显著大于其他脑区( $P < 0.05$ )。该结果表明,被试对高低负荷信息进行了充分编码,且主要依靠额区。其余效应皆不显著。

延迟阶段的波形见图3,首先对P3波幅分析表明:情绪条件与脑区交互作用显著( $F_{(8, 88)} = 4.157, P = 0.017, \eta_p^2 = 0.274$ ),简单效应分析表明,在LP, MP, RP脑区,均发现中性条件下的波幅小于积极情绪条件(MD=-1.246,  $P = 0.012$ ; MD=-1.957,  $P = 0.013$ ; MD=-1.174,  $P = 0.046$ ),而在其他脑区,中性与积极情绪条件下的波幅没有显著差异。对SW分析发现,仅在MP脑区,情绪条件主效应显著( $F_{(1, 11)} = 7.651, P = 0.018, \eta_p^2 = 0.410$ );进一步比较发现,中性条件下的波幅小于积极情绪条件(MD=-1.304,  $P = 0.018$ )。

匹配阶段的波形见图4。首先对early LPP的平均幅值进行分析,结果表明,在RP脑区,任务负荷主效应显著( $F_{(1, 11)} = 8.559, P = 0.014, \eta_p^2 = 0.438$ ),配对比较发现,高负荷诱发的波幅小于低负荷(MD=-1.612,  $P = 0.014$ )。情绪条件主效应边缘显著( $F_{(1, 11)} =$



4.728,  $P=0.052$ ,  $\eta_p^2=0.301$ ), 配对比较表明, 中性条件下的波幅小于积极情绪条件 ( $MD=-1.433$ ,  $P=0.052$ )。late LPP时间窗的方差分析表明, 在RA脑

区, 情绪条件主效应显著 ( $F_{(1,11)}=11.273$ ,  $P=0.006$ ,  $\eta_p^2=0.506$ ), 配对比较发现, 中性条件下的波幅小于积极情绪条件 ( $MD=-2.154$ ,  $P=0.006$ )。

表2 不同情绪条件在高、低负荷空间工作记忆加工阶段上的平均波幅( $\mu V$ ) ( $\bar{x} \pm s$ )

任务负荷	情绪条件	n	加工阶段				
			编码P2	延迟P3(LP, MP, RP)	延迟SW(MP)	匹配early LPP(RP)	匹配late LPP(RA)
高	中性	12	1.914 $\pm$ 0.631	3.628 $\pm$ 0.740	0.339 $\pm$ 0.860	-0.100 $\pm$ 0.742	-1.191 $\pm$ 1.583
	积极	12	1.159 $\pm$ 0.658	4.945 $\pm$ 0.852	1.603 $\pm$ 0.753	0.568 $\pm$ 0.951	1.096 $\pm$ 1.414
低	中性	12	2.238 $\pm$ 0.595	3.095 $\pm$ 0.545	-0.386 $\pm$ 0.523	0.747 $\pm$ 0.861	-2.905 $\pm$ 1.763
	积极	12	1.647 $\pm$ 0.515	4.697 $\pm$ 0.692	0.959 $\pm$ 0.726	2.945 $\pm$ 1.144	-0.885 $\pm$ 0.956

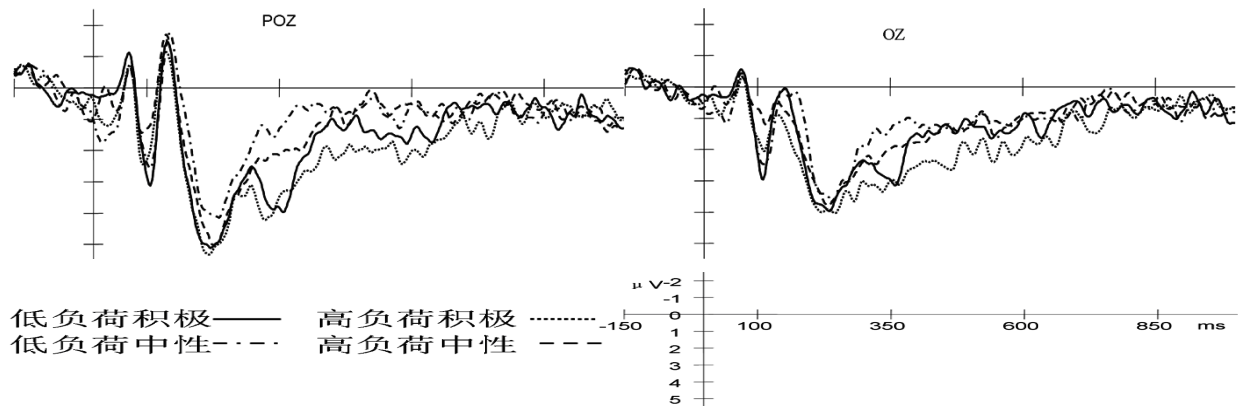


图3 不同情绪条件下高低负荷的空间工作记忆任务上延迟阶段各时间窗口的波形图

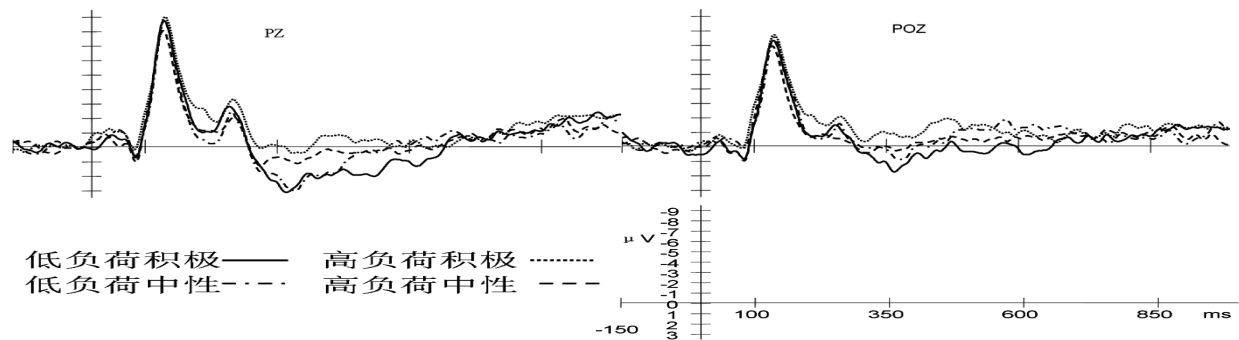


图4 匹配阶段不同情绪条件下高低负荷的空间工作记忆任务上的波形图

### 1.3 讨论

根据加工效能理论, 损害作用发生时, 个体付出更多的心理努力能够对行为表现起到一定的补偿作用, 相关的研究为这一理论提供了支持<sup>[15]</sup>。在本实验中, 行为水平上没有发现显著差异, 而ERP水平上, 与中性相比, 积极情绪条件下, 空间工作记忆延迟阶段P3、慢波波幅升高, 匹配阶段早期和晚期的LPP波幅升高, 结果提示, 空间工作记忆受到积极情绪的损害。

具体来说, 在延迟阶段, 被试既需要复述、保持之前的加工内容, 又要受到情绪图片的干扰。根据以往的研究, 个体在编码阶段已获得了有效注意分

配的情况下, 延迟阶段P3波幅反应了对加工项目的注意分配和保持情况<sup>[23, 24]</sup>, 其波幅的升高意味着需要动用充足的认知资源对信息进行保持, 从而能够在匹配阶段表现出更好的成绩。此外, 正慢波反应了注意的持续增加以及记忆的存储容量的变化<sup>[25]</sup>, 而且随着波幅升高, 情绪信息在占用认知资源上具有更多的优势<sup>[26]</sup>。因而, 该阶段积极情绪条件下慢波波幅的升高, 意味着被试对积极情绪图片持续的注意。

在匹配阶段, 相对于中性条件, 积极情绪条件下的早期和晚期LPP波幅升高, 该结果表明个体心理努力程度和认知资源消耗水平的增加, 即积极情绪

对空间工作记忆起到了一定的损害作用。

然而,这种损害效应并不能排除来自唤醒度的影响,鉴于此,我们设计了实验二,目的是控制效价的情况下,考察积极情绪对空间工作记忆的损害效应是否由唤醒度的差异而产生。

## 2 实验二 唤醒程度对不同负荷空间工作记忆的影响

### 2.1 方法

2.1.1 被试 16名大学生(男8名)参加实验,其年龄范围20-25岁,平均年龄23岁( $s=1.51$ )。身心健康,没有滥用药病史或精神病史;右利手,视力正常或矫正后正常。所有被试均签署了知情同意书,实验结束后获得了一定报酬。

2.1.2 实验设计 2(唤醒水平:高、低) $\times$ 2(任务负荷:高、低)的被试内实验设计。

2.1.3 实验材料 实验二中情绪图片为积极高唤醒图片60张(效价 $\bar{\chi}=7.089$ , $s=0.479$ ;唤醒度 $\bar{\chi}=6.20$ , $s=0.436$ ),积极低唤醒图片60张(效价 $\bar{\chi}=7.0168$ , $s=0.344$ ;唤醒度 $\bar{\chi}=5.33$ , $s=0.289$ ),两类图片在效价上无显著差异( $t=1.039$ , $P=0.303$ ),但在唤醒度水平上差异显著( $t=13.011$ , $P=0.00$ )。

2.1.4 实验程序 同实验一。

2.1.5 EEG数据记录与离线处理 EEG记录参数与离线分析方法基本同实验一,不同的是:ERP分段选择在-200-1000ms;编码阶段选择200-300ms(P2)时间窗;延迟阶段选择400-800ms(slow wave)时间窗;匹配阶段选择300-400ms(early LPP)和600-800ms(late LPP)时间窗。

### 2.2 结果

2.2.1 行为数据 数据分析方法同实验一。描述统计结果见表3。对正确率的方差分析没有发现任何显著效应。反应时方差分析结果发现,任务负荷主效应显著( $F_{(1,15)}=129.40$ , $P=0.000$ , $\eta_p^2=0.896$ ),进一步分析显示,高负荷任务上的反应时显著长于低负荷(MD=103.089, $P=0.000$ )。其余效应均不显著。

表3 个体在积极情绪不同唤醒水平下高低负荷空间工作记忆任务上的反应时(ms)( $\bar{\chi}\pm s$ )

任务 负荷	n	正确率		反应时	
		积极高唤醒	积极低唤醒	积极高唤醒	积极低唤醒
高	16	0.927 $\pm$ 0.060	0.931 $\pm$ 0.060	797.74 $\pm$ 155.53	827.26 $\pm$ 112.53
低	16	0.933 $\pm$ 0.055	0.930 $\pm$ 0.039	700.42 $\pm$ 148.26	718.39 $\pm$ 97.39

2.2.2 EEG数据 不同条件下的三阶段的平均幅值见表4。根据研究假设,方差分析结果主要关注

各个脑区的唤醒水平、任务负荷主效应及交互效应。

对编码阶段P2分析表明,脑区主效应显著, $F_{(8,120)}=5.292$ , $P=0.016$ , $\eta_p^2=0.261$ 。其余效应均不显著。对延迟阶段SW分析表明,唤醒水平主效应显著( $F_{(1,15)}=8.501$ , $P=0.011$ , $\eta_p^2=0.362$ ),配对比较发现,高唤醒诱发的SW波幅大于低唤醒(MD=2.292, $P=0.011$ )。脑区主效应显著( $F_{(8,120)}=13.792$ , $P=0.001$ , $\eta_p^2=0.479$ )。任务负荷与脑区的交互作用显著( $F_{(8,120)}=6.484$ , $P=0.009$ , $\eta_p^2=0.302$ ),简单效应分析表明,在LA、MA、RA、MC脑区,低负荷诱发的波幅显著大于高负荷(MD=4.558, $P=0.032$ ;MD=4.353, $P=0.032$ ;MD=4.216, $P=0.051$ ;MD=2.700, $P=0.010$ );而在其他脑区高、低负荷没有显著差异。其余效应皆不显著。

对匹配阶段的early LPP分析结果表明,任务负荷主效应显著( $F_{(1,15)}=10.596$ , $P=0.005$ , $\eta_p^2=0.414$ ),配对比较发现,低负荷诱发的LPP波幅大于高负荷(MD=2.389);唤醒水平主效应显著( $F_{(1,15)}=5.957$ , $P=0.028$ , $\eta_p^2=0.284$ ),配对比较发现,高唤醒诱发的LPP波幅大于低唤醒(MD=1.706)。其余效应均不显著。针对late LPP分析结果表明,在RC脑区,任务负荷主效应显著( $F_{(1,15)}=9.460$ , $P=0.008$ , $\eta_p^2=0.387$ ),配对比较发现,低负荷诱发的late LPP波幅大于高负荷(MD=2.746);任务负荷与唤醒水平之间的交互作用边缘显著( $F_{(1,15)}=4.141$ , $P=0.060$ , $\eta_p^2=0.216$ ),简单效应分析表明,在低负荷条件下,高唤醒诱发的late LPP波幅显著大于低唤醒(MD=3.134, $P=0.038$ );而在高负荷任务中,高、低唤醒诱发的平均波幅没有显著差异(MD=0.109, $P=0.945$ )。其余效应皆不显著。

### 2.3 讨论

实验二的结果显示,行为水平上没有发现显著效应;而在ERP水平上,高唤醒条件下,低负荷的空间工作记忆在延迟阶段慢波波幅降低,匹配阶段早期和晚期的LPP波幅升高。根据加工效能理论,在低负荷任务上,相对于低唤醒,高唤醒诱发的匹配阶段LPP波幅的升高,表明高唤醒积极情绪对低负荷空间工作记忆起到了一定的损害作用。然而,该结果与假设不完全一致,没有出现低唤醒对高负荷空间工作记忆任务的促进效应,原因可能在于积极情绪加工与空间信息加工存在注意资源的分配过程,而且这一过程随着唤醒水平和任务负荷的不同而变化。下述部分将作更详尽的解释。

表4 个体在积极情绪不同唤醒水平下高、低负荷空间工作记忆加工阶段的平均波幅( $\mu V$ )( $\bar{x} \pm s$ )

任务负荷	唤醒水平	n	加工阶段			
			编码P2	延迟SW	匹配early LPP	匹配late LPP(RC)
低	高	16	-0.201 $\pm$ 0.768	-1.476 $\pm$ 1.709	6.542 $\pm$ 2.065	7.959 $\pm$ 2.626
	低	16	-0.599 $\pm$ 0.887	-4.242 $\pm$ 2.036	4.326 $\pm$ 1.464	4.825 $\pm$ 1.735
高	高	16	0.669 $\pm$ 1.680	-3.964 $\pm$ 1.714	3.643 $\pm$ 1.566	3.700 $\pm$ 2.549
	低	16	0.514 $\pm$ 1.329	-5.782 $\pm$ 2.319	2.447 $\pm$ 1.190	3.592 $\pm$ 1.574

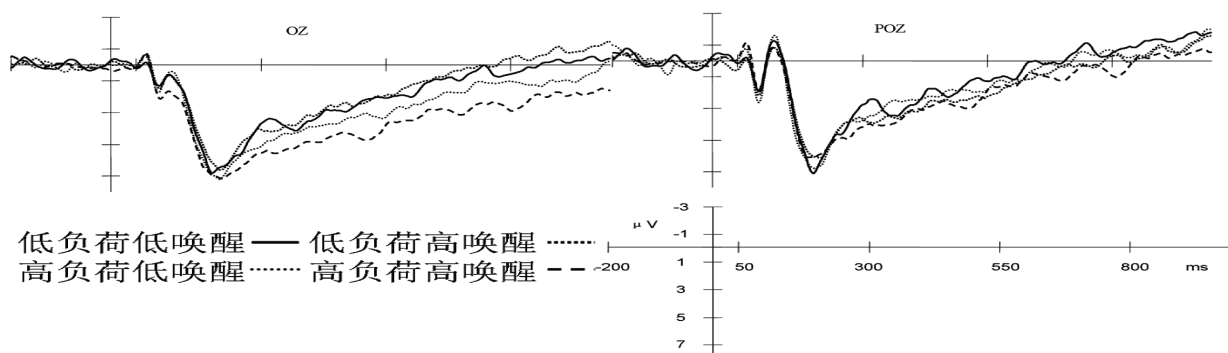


图5 延迟阶段不同唤醒水平下高低负荷的空间工作记忆任务上的波形图

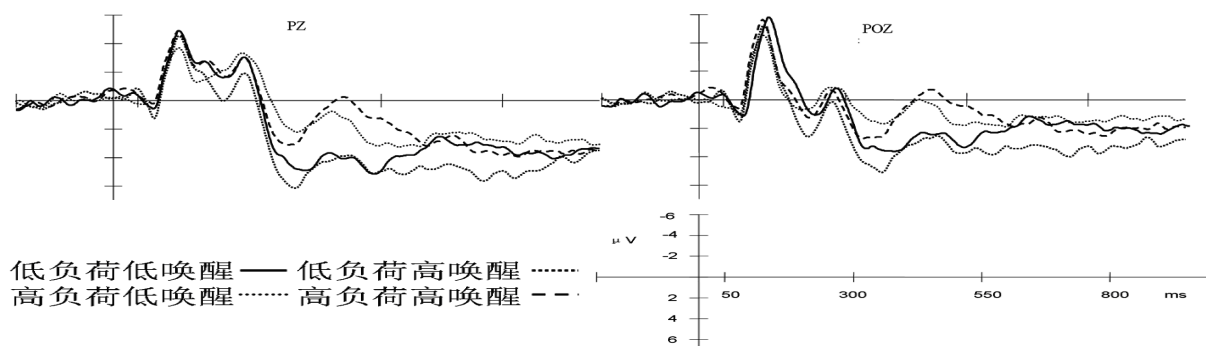


图6 匹配阶段不同唤醒水平下高低负荷的空间工作记忆任务上的波形图

### 3 总讨论

本研究利用ERP技术,探讨了积极情绪及唤醒水平对不同负荷的空间工作记忆的影响,结果发现,积极情绪对空间工作记忆的损害效应可能由唤醒水平差异引起,具体表现为积极高唤醒水平对低负荷空间工作记忆的干扰作用。

#### 3.1 积极情绪对空间工作记忆的损害作用

与以往研究一致,本研究表明积极情绪损害了空间工作记忆<sup>[13,14]</sup>。在以往关于负性情绪影响空间工作记忆的ERP研究中,Li等人的研究结论是负性情绪选择性地损害空间工作记忆,主要表现为延迟阶段P3/LPC等成分波幅的降低,而在本研究中,空间工作记忆受损对应于延迟阶段慢波波幅的降低,匹配阶段LPP波幅的升高,因而,本研究结论与Li等人的研究在一定程度上是一致的。Kaufman的研究表明,正常被试积极情绪条件的慢波波幅较大,

LPP波幅在两种条件下没有显著差异,这与本研究不完全相同,原因可能在于分析的时间窗不同。

研究者运用整体-局部视觉加工模式的研究发现,消极情绪会使个体注意局部细节,而积极情绪则会偏向于整体结构<sup>[27]</sup>。情绪作为信息的观点同样认为,积极情绪会提示个体在当前的环境中处于安全有利状态,无需改变,从而导致整体性的启发式认知方式,损害需要对细节进行关注、分析的空间工作记忆<sup>[28]</sup>。虽然目前对于积极情绪作用于工作记忆的解释有多种理论和观点,如认知资源和动机理论,以及竞争和促进观点,但是,导致这种选择性影响的确切机制还不甚清楚。例如,Shackman假设情绪和记忆的冲突可能是因为皮层的功能重叠,故而产生相互影响;而Lavric则认为冲突也可能不是针对皮层的区域竞争,而是对某种认知资源的竞争,如积极情绪可能占用了大量的注意资源,而这种注意资源在空间工作记忆中发挥着重要的作用。结合实验一和二



的结果,我们更倾向于注意资源的竞争理论。实验二中区分了积极情绪的唤醒水平,而且随着唤醒水平的提高,对注意的需求有所增强,表现出对低负荷任务的干扰作用,而且,这种注意资源的分配过程受唤醒水平和任务负荷这两个因素的共同影响。

### 3.2 唤醒水平与任务负荷的交互作用

实验二中进一步考察了积极情绪唤醒水平对空间工作记忆的影响,以及唤醒水平与任务负荷之间的交互关系。该实验结果表明,高唤醒积极情绪损害低负荷空间工作记忆任务,但与预期不一致的是,没有出现低唤醒积极情绪对高负荷任务的促进效应。有研究者认为,损害的效应机制源于对有限的视觉空间注意资源的竞争<sup>[7,8]</sup>。在积极情绪加工和空间加工之间存在注意资源分配的过程<sup>[9]</sup>,随着任务负荷水平的增加,需要更多的认知资源,个体分配给情绪图片的注意资源随之减少,而且随着情绪刺激唤醒度的降低,更容易忽略对情绪图片内容的分析与评价,对情绪的不充分加工一定程度上导致被试的积极情绪状态得不到有效的诱发<sup>[19]</sup>。以上原因可能导致低唤醒积极情绪对高负荷的空间工作记忆的影响减弱甚至消失。然而,从另一角度来看,综合实验一和实验二的结果,随着唤醒水平的降低,积极情绪对高负荷空间记忆任务的损害作用消失,是否意味着“促进”呢?未来的研究仍需对此进行考察。

### 参 考 文 献

- 1 Baddeley A. Working memory. *Science*, 1992, 225: 556-592
- 2 Baddeley AD. Is working memory still working? *American Psychologist*, 2001, 56: 849-864
- 3 赵鑫,周仁来. 工作记忆: 人类高级认知活动的核心. *北京师范大学学报(社会科学版)*, 2010, 221(5): 38-44
- 4 Baddeley AD, Hitch GJ. Working memory. In Bower GH. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*(Vol.8). New York: Academic Press, 1974. 47-89
- 5 Eysenck MW, Calvo MG. Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition and Emotion*, 1992, 6(6): 409-434
- 6 Ikeda M, Iwanaga M, Seiwa H. Test anxiety and working memory system. *Perceptual Motor Skills*, 1996, 82: 1223-1231
- 7 Lavric AG, Rippon JRG. Threat-evoked anxiety disrupts spatial working memory performance: An attentional account. *Cognitive Therapy and Research*, 2003, 27(5): 489-504
- 8 Shackman AJ, Sarinopoulos I, Maxwell JS, et al. Anxiety selectively disrupts visuospatial working memory. *Emotion*, 2006, 6(1): 40-61
- 9 Li XB, Li XY, Luo YJ. Differential influences of negative emotion on spatial and verbal working memory: Evidence from event-related potential and source current density. *Neuroreport*, 2006, 17(14): 1555-1559
- 10 Li XB, Raymond CK Chan, Luo YJ. Stage effects of negative emotion on spatial and verbal working memory. *BMC Neuroscience*, 2010, 11:60 <http://www.biomedcentral.com/1471-2202/11/60>
- 11 欧阳峥峥,孙世月,李雪冰,等. 音乐诱发负性情绪对语音工作记忆和空间工作记忆不同影响的事件相关电位研究. *中华行为医学与脑科学杂志*, 2010, 19(9): 813-816
- 12 Tucker DM, Hartry-Speiser A, McDougal L, et al. Mood and spatial memory: Emotion and right hemisphere contribution to spatial cognition. *Biological Psychology*, 1999, 50: 103-125
- 13 Gray JR. Emotional modulation of cognitive control: Approach-withdrawal states double-dissociate spatial from verbal two-back task performance. *Journal of Experimental Psychology*, 2001, 130: 436-452
- 14 Gray JR, Braver TS, Raichle ME. Integration of emotion and cognition in the lateral prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2002, 99(6): 4115-4120
- 15 Gray JR, Gregory C, Burgess, et al. Affective personality differences in neural processing efficiency confirmed using fMRI. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*, 2005, 5(2): 182-190
- 16 Kaufman DAS. Interference effects of anxiety and affective processing on working memory: Behavioral and electrophysiological accounts. Unpublished Doctoral Dissertation. University of Florida, 2005
- 17 Lang PJ. The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychologist*, 1995, 50: 372-385
- 18 Yerkes RM, Dodson JD. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 1908, 18: 459-48
- 19 高鑫,周仁来,董云英. 积极情绪对言语和空间工作记忆的选择性影响. *中国临床心理学杂志*, 2013, 21(2): 175-179
- 20 Erk S, Anna Kleczar HW. Valence-specific regulation effects in a working memory task with emotional context. *Neuroimage*, 2007, 37(3): 623-632
- 21 陈晶晶. 不同刺激诱发的情绪对工作记忆的影响. 南京: 南京师范大学硕士学位论文, 2011
- 22 刘潇楠,许翱翔,周仁来. 国际情绪图片系统的本土化研究: 在中国大学生群体中的评定. *中国临床心理学杂志*, 2009, 17(6): 687-689, 692

- Lawrence Erlbaum Associates, 1987. 5, 55-73
- 11 Raineri A, Rachlin H. The effect of temporal constraints on the value of money and other commodities. *Journal of Behavioral Decision Making*, 1993, 6(2): 77-94
  - 12 Green L, Fry AF, Joel M. Discounting of delayed rewards: A life-span comparison. *Psychological Science* January, 1994, 5(1): 33-36
  - 13 Benzion U, Rapoport A, Yagil J. Discount rates inferred from decisions: An experimental study. *Management Science*, 1989, 35(3): 270-284
  - 14 Rodriguez ML, Logue AW. Adjusting delay to reinforcement: Comparing choice in pigeons and humans. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 1988, 14(1): 105-117
  - 15 Crean JP, de Wit H, Richards JB. Reward discounting as a measure of impulsive behavior in a psychiatric outpatient population. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, 2000, 8(2): 155-162
  - 16 Rachlin H, Raineri A, Cross D. Subjective probability and delay. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1991, 55(2): 233-244
  - 17 Green L, Myerson J. A discounting framework for choice with delayed and probabilistic rewards. *Psychological Bulletin*, 2004, 130(5): 769-792
  - 18 Odum AL, Baumann AAL, Rimington DD. Discounting of delayed hypothetical money and food: Effects of amount. *Behavioural Processes*, 2006, 73(3): 278-284
  - 19 Schweighofer N, Shishida K, Han CE, et al. Humans can adopt optimal discounting strategy under real-time constraints. *PLoS Computational Biology*, 2006, 11(2): e152
  - 20 Myerson J, Green L, Hanson JS, et al. Discounting delayed and probabilistic rewards: Processes and traits. *Journal of Economic Psychology*, 2003, 24(5): 619-635
  - 21 Myerson J, Green L. Discounting of delayed rewards: Models of individual choice. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1995, 64(3): 263-276
  - 22 Green L, Myerson J, Ostaszewski P. Amount of reward has opposite effects on the discounting of delayed and probabilistic outcomes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1999, 25(2): 418-427
  - 23 Mcketchara TL, Greenb L, Myersonb J, et al. A comparison of four models of delay discounting in humans. *Behavioural Processes*, 2009, 81(2): 256-259
  - 24 Rachlin H. Notes on discounting. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 2006, 85(3): 425-435
  - 25 Simpson CA, Vuchinich RE. Reliability of a measure of temporal discounting. *The Psychological Record*, 2000, 50(1): 3-16
  - 26 Rodzon K, Berry MS, Odum AL. Within-subject comparison of degree of delay discounting using titrating and fixed sequence procedures. *Behavioural Processes*, 2011, 86(1): 164-167
  - 27 Ostaszewski P, Green L, Myerson J. Effects of inflation on the subjective value of delayed and probabilistic rewards. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1998, 5(2): 324-333
  - 28 佟月华, 韩颖, 逢宇. 延迟折扣的个体影响因素. *中国临床心理学杂志*, 2012, 20(1): 108-110
- (收稿日期: 2014-03-04)
- 
- (上接第767页)
- 23 James EH, Michael RH, Frank W MacMillan III, et al. Event-related potentials elicited by automatic targets: A dual-task analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1985, 11(1): 50-61
  - 24 Kramer AF, Strayer DL. Assessing the development of automatic processing: An application of dual-task and event-related brain potential methodologies. *Biological Psychology*, 1988, 26(1-3): 231-267
  - 25 Cuthbert BN, Schupp HT, Bradley MM, et al. Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, 2001, 52(2): 95-111
  - 26 Dolcos F, Cabeza R. Event related potentials of emotional memory: Encoding pleasant, unpleasant and neutral pictures. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 2002, 2(3): 252-263
  - 27 Derryberry D, Tucker DM. Motivating the focus of attention. In Niedenthal PM, Kitayama S. *Heart's eye: Emotional influences in perception and attention*. New York: Academic Press, 1994. 167-196
  - 28 Schwarz N. Mood as Information: 20 Years Later. *Psychological Inquiry*, 2003, 14(3-4): 296-303
- (收稿日期: 2014-03-17)