

基于 ACT-R 与 fMRI 融合的情绪与认知计算的信息加工过程研究

杨孝敬 ◎ 著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

基于 ACT-R 与 fMRI 融合的 情绪与认知计算的信息加工过程研究

杨孝敬 著



 科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

基于ACT-R与fMRI融合的情绪与认知计算的信息加工过程研究 / 杨孝敬著. —北京: 科学技术文献出版社, 2017. 11

ISBN 978-7-5189-3684-7

I. ①基… II. ①杨… III. ①智能机器人—智能模拟—研究 IV. ①TP242.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 289202 号

基于ACT-R与fMRI融合的情绪与认知计算的信息加工过程研究

策划编辑: 张 丹 责任编辑: 赵 斌 责任校对: 张叫咪 责任出版: 张志平

出 版 者 科学技术文献出版社

地 址 北京市复兴路15号 邮编 100038

编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)

发 行 部 (010) 58882868, 58882874 (传真)

邮 购 部 (010) 58882873

官 方 网 址 www.stdp.com.cn

发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者 虎彩印艺股份有限公司

版 次 2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 次印刷

开 本 710×1000 1/16

字 数 158千

印 张 9.5

书 号 ISBN 978-7-5189-3684-7

定 价 39.00元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

一、研究目的

为了理解情绪、认知和抑郁症交互作用关系，理解不同认知计算、不同情绪与认知、抑郁症患者完成不同情绪刺激下认知任务的神经机制；同时，寻找一个适合分析 BOLD 信号数据的非线性动力学方法，研究不同性别、不同年龄及抑郁症患者与正常对照组的差异，找出不同性别、不同年龄及抑郁症患者和正常对照组的非线性动力学特征。

二、研究方法

设计没有进位和退位的两位数加减法计算，以及正性、中性和负性情绪刺激下加减法计算两个实验设计，分别采集来自在校大学生完成加减法计算任务、在校大学生完成不同情绪刺激下加减法计算，以及抑郁症患者和正常对照组完成不同情绪刺激下加法计算任务的 3 套实验数据。依据脑信息学系统方法学原理，利用 ACT-R 结合 fMRI 技术，分别建立上述 3 套数据的高级认知信息加工假设模型并仿真，模拟反应时尽可能接近真实反应时数据，模拟 BOLD 信号变化率和真实 BOLD 信号变化率有效拟合。采用模糊近似熵方法对不同性别、不同年龄的抑郁症患者，以及抑郁症患者和正常对照组的熵值之间差异进行分析和研究。

三、研究结果

被试完成加法计算任务的反应时间比完成减法计算任务的反应时间短，被试完成加法计算任务的正确率比完成减法计算任务的正确率高；在校学生完成正性情绪刺激下加法计算任务的反应时间，小于完成中性情绪刺激下加法计算任务的反应时间，小于完成负性情绪刺激下加法计算任务的反应时间。同时，



在校学生完成正性情绪刺激下加法计算任务的正确率,大于完成中性情绪刺激下加法计算任务的正确率,大于完成负性情绪刺激下加法计算任务的正确率。减法计算任务亦有相似的行为数据结果,只是比对应的加法计算任务的行为数据更为显著。正常对照组完成不同情绪刺激下加法计算任务的反应时间,小于完成中性情绪刺激下加法计算任务的反应时间,小于完成负性情绪刺激下加法计算任务的反应时间,正常对照组完成不同情绪刺激下加法计算任务的正确率,大于完成中性情绪刺激下加法计算任务的正确率,大于完成负性情绪刺激下加法计算任务的正确率,抑郁症患者组统计结果与正常对照组相似,且比正常对照组差异显著。不同性别的抑郁症患者组的模糊近似熵值之间没有显著性差异,其样本熵值也没有显著性差异,不同年龄抑郁症患者组的模糊近似熵值之间有显著性差异,而其样本熵值没有显著性差异,抑郁症患者的模糊近似熵值显著大于正常对照组的模糊近似熵值。

四、结 论

正常人完成减法计算任务采用的策略比完成加法计算任务采用的策略复杂,正常人具有正性情绪偏向和负性情绪偏离,而抑郁症患者则是正性情绪偏离和负性情绪偏向;模糊近似熵更适合处理 fMRI BOLD 信号数据。

五、创新点

本书在研究方法上参考了国内外相关研究成果,依据脑信息学系统方法学原理,利用 ACT-R 平台建立相应的认知假设模型并仿真,同时,对抑郁症患者和正常对照组完成不同情绪刺激下认知计算任务的信息加工过程从更细的时间微粒上进行解释和验证。本书提出采用模糊近似熵方法研究不同性别、不同年龄及抑郁症患者和正常对照组之间的差异,这在国内尚属首次。本书在研究内容上也是一种新的尝试,属于探索性研究。本书的主要创新点如下:

①针对被试完成加法计算和减法计算的任务信息加工过程差异问题,分别建立了对应的认知假设模型,模拟数据和真实数据的有效拟合,证明了假设模型的有效性。首次采用 ACT-R 建模的方式对加法计算和减法计算任务的信息加工过程差异性进行解释和验证,提出加法计算主要以提取策略为主,减法计算则是提取策略与计算策略共同完成,该结果与 Deheane 提出的三联体模型相一致。

②针对正常人完成不同情绪刺激下加减法计算任务的差异问题,依据行为实验数据、事后问卷调查表结果,分别对其信息加工过程建立了对应的 ACT-R 假设模型。首次采用 ACT-R 结合 fMRI 技术对正常人完成不同情绪刺激下加减法计算任务之间的差异问题进行了分析和研究,提出了正常人具有正性情绪偏向和负性情绪偏离的特点。

③针对抑郁症患者具有情绪功能障碍和认知功能障碍特点,首次提出了抑郁症患者与正常对照组完成不同情绪刺激下加法计算的 ACT-R 假设模型,并进行了仿真验证。模拟数据和真实数据的有效拟合验证了假设模型的有效性,首次从更细的时间微粒上解释正常对照组和抑郁症患者完成不同情绪刺激下加法计算任务的脑区内部信息加工过程。

④针对不同性别、不同年龄的抑郁症患者及抑郁症患者和正常对照组的 BOLD 信号数据的非线性动力学之间差异性问题,首次提出采用模糊近似熵的方法对其进行分析和研究,并与样本熵进行比较。结果表明,模糊近似熵更适合 BOLD 信号数据分析,从而可能为抑郁症患者的临床诊断和康复治疗提供一个新的客观量化指标,为抑郁症患者的 BOLD 信号研究提供一个新的手段和方法。

本书从计算机建模角度对抑郁症患者的情绪功能障碍与认知功能障碍进行了研究,获得了一些结论,丰富了抑郁症、情绪和认知交互作用的研究内容,有利于从更细的时间微粒方面了解人脑内部各脑区信息加工过程与脑损伤的神经机制,同时也为抑郁症患者 BOLD 信号数据的非线性动力学研究提供了新的研究方法。

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 研究背景、目的与意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究目的	8
1.1.3 研究意义	8
1.2 相关研究现状	12
1.2.1 关于抑郁症、情绪和数字计算的 fMRI 相关研究	12
1.2.2 关于非线性动力学方法的脑信号研究现状	19
1.3 课题来源和研究内容	23
1.3.1 课题来源	23
1.3.2 研究内容	24
1.4 本书组织结构	25
1.5 本章小结	28
第二章 基于 ACT-R 的认知建模方法	29
2.1 ACT-R 介绍	29
2.1.1 什么是 ACT-R ?	29
2.1.2 ACT-R 认知体系构架	31
2.1.3 基于 ACT-R 的认知建模过程	35
2.1.4 ACT-R 的知识定义	36
2.1.5 ACT-R 模型预测结果	37
2.2 ACT-R 结合 fMRI 研究方法	38
2.3 理论驱动的科学研究方法	38
2.4 本章小结	39



第三章	抑郁症、情绪、认知的 fMRI BOLD 信号相关理论与可行性分析	41
3.1	BOLD 信号特征和发展	42
3.2	BOLD 信号的生理基础与必要性	43
3.2.1	BOLD 信号非线性动力学研究的生物物理机制	43
3.2.2	BOLD 信号非线性动力学研究的大脑解剖基础	44
3.2.3	BOLD 信号非线性动力学研究的必要性	45
3.3	BOLD 信号研究的相关技术基础	46
3.3.1	ACT-R	46
3.3.2	fMRI	47
3.3.3	相关实验设计	47
3.3.4	BOLD 信号的数据处理	49
3.4	抑郁症患者 BOLD 信号分析的可行性	49
3.4.1	可行性的基础	49
3.4.2	可行性的保障	50
3.5	本章小结	50
第四章	解决加减法计算问题的不同策略研究: fMRI 结合 ACT-R	51
4.1	材料与方法	52
4.1.1	被试	52
4.1.2	实验设计内容选取	52
4.1.3	实验设计	52
4.1.4	数据采集	53
4.1.5	数据预处理	54
4.1.6	fMRI 分析	55
4.1.7	ACT-R 建模	56
4.2	实验结果	58
4.2.1	行为实验结果	58
4.2.2	fMRI 实验结果	59
4.2.3	ACT-R 建模实验结果	65
4.3	讨论	72
4.4	本章小结	74

第五章 不同情绪刺激下加减法计算的认知加工过程 ACT-R 建模与仿真	76
5.1 引 言	76
5.2 材料与方法	79
5.2.1 被试	79
5.2.2 数据采集	79
5.2.3 数据预处理	79
5.3 实验设计与 ACT-R 建模	79
5.3.1 实验设计	79
5.3.2 ACT-R 建模	81
5.4 实验结果	83
5.4.1 行为实验结果	83
5.4.2 ACT-R 实验结果	85
5.5 本章小结	88
第六章 抑郁症患者在不同情绪刺激下加法计算加工过程建模	90
6.1 引 言	90
6.2 材料与方法	91
6.2.1 被试	91
6.2.2 刺激呈现及实验流程	92
6.2.3 数据采集	92
6.2.4 数据预处理	92
6.3 实验目的与 ACT-R 建模	92
6.3.1 实验目的	92
6.3.2 ACT-R 建模	93
6.4 实验结果	95
6.4.1 行为实验结果	95
6.4.2 ACT-R 实验结果	96
6.5 讨 论	100
6.6 本章小结	102
第七章 基于模糊近似熵的抑郁症患者静息态 fMRI 信号复杂度分析	103
7.1 引 言	103



7.2 数据处理及算法分析.....	106
7.2.1 被试	106
7.2.2 数据采集	106
7.2.3 数据预处理	107
7.2.4 近似熵算法	107
7.2.5 样本熵	108
7.2.6 模糊近似熵	109
7.2.7 模糊近似熵和样本熵计算	110
7.2.8 统计分析	110
7.3 结 果	111
7.4 结 论	115
7.5 本章小结	119
总结与展望	121
总 结	121
展 望	123
参考文献	125

图目录

图 1-1 本书结构	25
图 2-1 Anderson 教授的图书封面	30
图 2-2 ACT-R6.0 独立运行版控制平台环境	31
图 2-3 ACT-R 的 8 个认知模块	32
图 2-4 BOLD 效应预测的线性叠加过程	34
图 2-5 ACT-R 认知建模的实现方法	35
图 3-1 大脑半球的外形	44
图 4-1 刺激呈现	53
图 4-2 加法计算“ $12+13=25$ ”与减法计算“ $25-13=12$ ”的 ACT-R 模型解决过程	58
图 4-3 加法计算和减法计算在 MNI 坐标上的共同激活	60
图 4-4 加法计算与减法计算差异的轴向视图	63
图 4-5 两种策略的共同激活区域	64
图 4-6 ACT-R 认知模块对应脑区 3D 脑图	66
图 4-7 加法计算的认知行为时间运行轨迹	66
图 4-8 加法计算的认知模块协调工作图	67
图 4-9 减法计算的认知行为时间运行轨迹	67
图 4-10 减法计算的认知模块协调工作图	68
图 4-11 加减法反应时模拟结果	68
图 4-12 加减法正确率模拟结果	69
图 4-13 前额叶脑区 BOLD 效应拟合	70
图 4-14 后顶叶脑区 BOLD 效应拟合	70
图 5-1 总体研究思路	78
图 5-2 行为实验程序	80
图 5-3 不同情绪刺激下加法计算的 ACT-R 建模	82
图 5-4 不同情绪刺激下减法计算的 ACT-R 建模	83
图 5-5 不同情绪刺激下加法计算在前额叶脑区 BOLD 效应拟合	86
图 5-6 不同情绪刺激下加法计算在后顶叶脑区 BOLD 效应拟合	86
图 5-7 不同情绪刺激下减法计算在前额叶脑区 BOLD 效应拟合	86
图 5-8 不同情绪刺激下减法计算在后顶叶脑区 BOLD 效应拟合	87



图 6-1 刺激呈现示例	93
图 6-2 正常对照组完成不同情绪刺激下加法计算的 ACT-R 信息处理过程	94
图 6-3 抑郁症患者完成不同情绪刺激下加法计算的 ACT-R 信息处理过程	95
图 6-4 正常对照组不同情绪刺激下加法计算在前额叶脑区 BOLD 效应拟合	98
图 6-5 正常对照组不同情绪刺激下加法计算在后顶叶脑区 BOLD 效应拟合	99
图 6-6 抑郁症患者不同情绪刺激下加法计算在前额叶脑区 BOLD 效应拟合	99
图 6-7 抑郁症患者不同情绪刺激下加法计算在后顶叶脑区 BOLD 效应拟合	99
图 7-1 全部样本的年龄与熵之间的回归曲线，即样本的年龄与平均全脑模糊近似熵 ($m=2$, $r=0.25$, $N=128$) 之间的回归曲线	112
图 7-2 全部样本的年龄与熵之间的回归曲线，即样本的年龄与平均全脑样本熵 ($m=2$, $g=0.3$, $N=128$) 之间的回归曲线	113
图 7-3 灰质和白质的模糊近似熵与年龄之间的关系	114
图 7-4 模糊近似熵和样本熵识别特征的 ROC 分析	117
图 7-5 fApEn 与 N 之间的关系	118
图 7-6 两组被试的模糊值近似熵比较	119

表目录

表 2-1	ACT-R 的神经基础	33
表 2-2	ACT-R 中预定义的 10 个 ROI 区域	33
表 4-1	实验任务	53
表 4-2	BOLD 函数预测参数大小	58
表 4-3	行为结果	59
表 4-4	加法计算和减法计算共同激活脑区	60
表 4-5	加法计算和减法计算的差异成分	61
表 4-6	ST > AT 的激活区域	63
表 4-7	两种策略共同激活脑区	64
表 5-1	不同情绪刺激下加法计算的正确率与反应时	84
表 5-2	不同情绪刺激下减法计算的正确率与反应时	84
表 5-3	不同情绪刺激下加法计算反应时的模拟数据与真实数据	85
表 5-4	不同情绪刺激下减法计算反应时的模拟数据与真实数据	85
表 6-1	抑郁症患者和正常对照组的人口统计学信息	92
表 6-2	实验任务实例	93
表 6-3	正常对照组的行为实验结果	96
表 6-4	抑郁症患者的行为实验结果	96
表 6-5	正常对照组的 BOLD 预测函数参数设置	97
表 6-6	抑郁症患者的 BOLD 预测函数参数设置	97
表 6-7	正常对照组在不同情绪刺激下加法计算反应时的模拟数据与真实数据	98
表 6-8	抑郁症患者在不同情绪刺激下加法计算反应时的模拟数据与真实数据	98
表 7-1	被试人口统计学及临床特征	106
表 7-2	不同性别的模糊近似熵与样本熵之间的差异	111
表 7-3	模糊近似熵与样本熵的主效应和交互作用分析	111
表 7-4	模糊近似熵 / 样本熵与年龄之间的关系	113
表 7-5	每一个最显著性脑区的全样本位置坐标的年龄与模糊近似熵多元回归分析 (阈值 $p=0.005$, FEW 修正聚类 $p < 0.05$)	114

1.1 研究背景、目的与意义

1.1.1 研究背景

抑郁症是一种常见的精神类疾病，是一种多相性障碍疾病，包括情感、认知、行为和躯体调节功能等多方面的障碍，认知功能障碍与情绪功能障碍是常见的并发症，是抑郁症的主要特征^[1]。其主要表现为反应迟钝、注意力不集中、悲观、行动缓慢、情感低落、自卑心理严重、很难对积极事物提起兴趣、自我封闭、不善言谈、不愿交往、睡眠质量差、体重下降等，在严重的时候很容易产生自杀倾向，已经严重影响到人们的身心健康和社会的安定和谐。

近年来，抑郁症发病率和复发率呈现逐年增加的态势^[2]，有相关组织调查报告显示，抑郁症在全球的精神类疾病中位列第四，同时也是导致其他相关病症出现的主要病因，一生中在某一个阶段可能遭受抑郁症困扰的人数大概是总人数的1/7^[3]。预计到21世纪的20年代，抑郁症很有可能成为全球第二大病源^[4]。在国内，抑郁症发病率大概是6%，截至目前，统计出来的抑郁症患者大概有3000万人^[5]。最近，由世界精神病学协会组织的网络问卷调查表明，80%左右的受访者觉得自己有抑郁的可能；然而，将近一半的人（有抑郁可能的受访者）表示不会去专科医院诊疗；但是，不排斥去综合性医院诊疗的受访者超过36%，接受精神类专科医院诊疗的甚至还不到11%。该结果表明，人们对精神症状的认识明显大于对抑郁障碍的认识。调查数据还表明，48.78%的受访者一旦出现消极、挫折及易哭的症状，就觉得得了抑郁症，然而，却有73.65%的受访者在出现恶心、反胃及头痛时，不会往抑郁症上联系^[6]。一个人得了抑郁症，本人很可能不知道，医生对其识别也非常困难。何燕玲教授通过研究



指出,到现在为止,医院对抑郁症的有效识别率甚至低于 20%^[7]。相关专家认为,环境因素、个人身体素质、社会因素及遗传因素是产生抑郁症的主要因素^[8]。由于社会生活压力非常大、工作竞争异常激烈、人与人之间的矛盾日趋增多等原因,国内精神类和神经类疾病的患病率逐年上升。受生理特征、心理调节能力的影响,女性会在一定的年龄阶段容易自我暗示产生消极的想法,在这些年龄阶段产生抑郁症的可能性远远大于男性,如生孩子期间、孩子哺乳阶段、闭经期间等。抑郁症患者的思维比较迟钝,精力很难有效集中,甚至会感觉到非常压抑和痛苦,随之抱怨增多。除此之外,抑郁症患者通常还会表现出身体非常不舒服,如出汗多、睡眠质量差、感觉呼吸困难、感觉胸口像压块石头等^[9]。在国内,抑郁症患者自杀率大概为 15%。可以看出,抑郁症给家庭和社会造成了巨大的危害和严重的灾难^[10]。随着认知机制理论模型 ACT-R、功能磁共振 fMRI、非线性动力学方法的发展日益成熟,为研究抑郁症提供了可行性。

一直以来,研究者将认知与情绪分离进行研究,并认为它们之间的关系是分离的,然而近段时间以来,充足的认知科学与神经科学相关研究证实,认知与情绪之间不是相互分离的,而可能是相互依赖的。长期以来,科学家与哲学家一直关注认知与情绪的关系问题^[11]。自托马斯·阿奎纳(1225—1274 年)^[12]把行为的研究划分为认知与情绪之后,有关两者之间关系的占支配地位的观点一致认为,认知和情绪不仅系统是分离的,而且其加工过程也是分离的,它们之间的交互作用几乎没有^[13]。在过去很长一段时间,有关功能定位的方向定位对人们认识脑功能有很大的影响,大多数人认为,大脑的认知区域与大脑的情绪区域是相互独立的^[14]。然而,近几十年来有关行为实验结果和神经影像学研究结果表明,对大脑特异性功能的认识有很多质疑。越来越多的相关研究者逐渐意识到,认知与情绪之间的加工过程不仅会相互作用,而且认知脑区与情绪脑区之间的神经机制在功能方面也是彼此整合的,一起成为人们行为活动的神经基础。传统研究观点一直认为,认知只是关于注意、记忆、言语、问题推理和解决等的心智加工过程;当人们排除干扰,达到既定目的的时候,所做的认知过程全部具有相同的认知加工过程,如目标驱动与认知加工^[15]。然而,要明确定义情绪相对来说有很大的困难。一部分研究者把情绪定义为动机和驱动力^[16];一部分研究者偏向情绪体验的研究^[17];还有一部分研究者更加关注情绪图式^[18]或者研究人们的基本情绪^[19]。目前为止,相关研究者提出了很多用来形容情感的维度,当中,大多数研究者比较接受愉悦度—激活度—优势度

(pleasure-arousal-dominance, PAD) 情绪模型^[20], 同时在心理学、人工智能、计算机科学等领域普遍采用该模型。在 PAD 情绪模型中, 对情绪状态的描述和测量采用愉悦度、激活度和优势度。其中, 愉悦度是人们情绪状态的正情感特性和负情感特性, 即为情绪的效价; 激活度是描述人们的心理警觉状态和神经生理激活水平; 优势度被用来定义人们对他人和环境的控制状态, 也就是描述操控的状态还是服从的状态。虽然关于情绪的定义有所不同, 但从最近的相关研究可以发现, 关于认知与情绪描述的 3 个维度之间有紧密的交互作用。近期发现大量有关情绪影响行为的研究文献, 研究者一致认为, 人类行为活动非理性的来源是情绪^[21]。例如, 当一个人接受问题表征的影响时, 更可能选择成功率为 40% 的操作, 而不是选择失败率为 60% 的操作^[22]。Clore 和 Storbeck^[23] 进一步提出, 情绪可以为判断好与坏的价值提供详细信息, 同时, 根据此方式, 情绪不但左右着人们的思考风格, 而且支配着人们的态度。然而, 近期的相关研究证实, 情绪对认知产生的影响大大超过了情绪导致的偏差或非理性, 不但更加系统, 而且更加复杂。例如, 记忆产生的心境一致性效应^[24] 多次证实, 情绪不但在记忆编码时对记忆有影响, 而且在记忆提取期间对记忆也会产生重要影响, 同时在回忆期间也有很大作用^[25]。同时, 即使不考虑记忆效应, 还有许多具有说服力的证据证实, 动机和情绪在决策、注意、执行控制和知觉等方面也起着至关重要的作用^[26]。Stefanucci 和 Storbeck^[27] 指出, 不仅情绪激活对直觉产生影响, 而且情绪效价也对知觉有影响, 而且强度较大的负性情绪能够使人们对事物做出超过正常的估计。当一个人看到恐惧事物时, 他的状态性恐惧和特质性恐惧同时较大时, 经常会夸大恐惧事物的实际程度^[28]。该研究结果表明, 情绪调节策略影响着情绪激活对恐惧程度的判断^[29]。

当被试把自己当成情绪情景中的人物时, 其评估恐惧的程度明显比其他人对该恐惧的评估程度大, 也显著比没有进行情绪调节的人大。不考虑空间知觉影响, 从相关研究文献可以发现, 情绪效价和情绪激活共同对时间知觉产生影响^[30], 而且人们对负性情绪的控制能力较高^[31]。从大部分注意模型中可以发现, 不同事物竞争有限的行为控制资源和知觉加工容量^[32]。近些年的研究表明, 视觉注意对突出情绪刺激的导向是被动的^[33]。最近的大量相关研究一致认为, 相对于正性情绪刺激, 负性情绪刺激捕获注意的能力更加有效。对于此观点, 大多利用视觉搜索实验范式对其进行研究。Hao 等^[34] 利用视觉标记实验范式来考察负性情绪的加工优势, 从研究结果中可以发现, 相比正性情绪, 人们



在预览情况下搜索负性情绪速度更快,如果把负性情绪看成干扰因素,就难以发现负性情绪的加工优势。除此之外,当任务中存在空间竞争时,在情绪刺激图片上重复呈现目标字母时,尽管情绪刺激和任务之间没有关系,相对于目标字母,情绪被编码的程度更强^[35]。最后,除常见的情绪刺激以外,Langeslag 等^[26]发现,被试对其爱人和亲人带来的刺激比情绪带给他们的刺激更敏感,来自任务有关的刺激和来自情绪有关的刺激一样都对 P3 (又称 P300,是指在外界的刺激发生后大概 300ms 的时间处,会出现一个峰值电位)成分进行调节。然而,其他的相关研究也发现,被试的注意执行功能不仅在负性情绪刺激下是高效的,而且对来自正性情绪刺激的注意执行功能一样具有高效性^[36]。正性情绪刺激能够让被试在整个认知过程中放松下来,还可以从根本上改变被试的选择性注意定位^[37]。Pessoa^[16]利用双竞争模型研究情感和情绪是如何对信息加工过程产生影响的。在此模型中,情绪依据状态依赖和刺激驱动两种方法对信息加工过程产生影响,状态依赖和刺激驱动均在知觉和控制水平下发生。

同时,Pessoa^[16]更深入研究发现,情绪刺激执行控制产生的原因:第一,当知觉表征被强化时,使视觉反应增强,注意优先加工被强化的知觉;第二,与执行控制相关的神经结构可能可以接收到情绪直接传递的信息。但是,不同于刺激驱动的形式,状态依赖需要有奖赏相关的刺激参与其中。工作记忆是与执行控制关系紧密的另外一个认知加工过程。在工作记忆理论假设中有一个有限的注意容量系统,该系统能够暂时维持当前信息,并对当前信息进行保存,同时,可以采用长时记忆和联结知觉的方法对思维过程起到帮助作用^[38]。通过以往大量有关工作记忆和情绪研究可知,心境或情绪状态能够对工作记忆产生影响^[39]。Baddeley^[40]通过总结恐惧、厌恶、高兴、愉悦、幸福、温馨等影响工作记忆的情感状态,发现不同的情绪对工作记忆加工产生不同的影响。例如,愉悦从本质上讲是一种积极、正性的状态,它可以在情景缓冲器中进一步对正性情绪刺激进行加工和处理,从而使得工作记忆本该加工的信息减少。在此基础上,Baddeley^[40]对工作记忆模型进行了改进,通过增加情景缓冲器和快感探测器,来表示情绪刺激对工作记忆产生的影响。近年来,Lazarus^[41]进一步发现,情绪功能和认知功能之间的相互关系为双向导向关系,不管是因变量还是自变量,情绪均为人们对周围的事情相对于自己思维的评估。Lazarus^[41]还发现,情绪是对认知活动产生的反应,也可以把情绪称为在认知加工过程中所表现出的某种状态,并且认知加工过程的最终目的就是实现这种状态。因此,