



情绪记忆权衡与拓宽效应及其认知神经机制*

范晨暄^{1,2,3)} 陈玉洁^{1,2,3)} 王莹^{1,2,3)**} 蒋毅^{1,2,3)}

⁽¹⁾ 中国科学院心理研究所, 脑与认知科学国家重点实验室, 脑科学与智能技术卓越创新中心, 北京 100101;

⁽²⁾ 中国科学院大学心理学系, 北京 100049; ⁽³⁾ 北京脑科学与类脑研究中心, 北京 102206)

摘要 情绪图片能比中性图片产生更好的记忆效果。然而近年研究发现, 对于复杂场景图片, 情绪诱发的记忆增强并非单一的过程, 而包含两个相反的现象: 情绪信息既可能选择性地增强场景中具有情感色彩的中心记忆, 并带来背景记忆的下降, 诱发情绪记忆权衡效应; 也可能同时增强中心和背景记忆, 诱发情绪记忆拓宽效应。两种现象的发生取决于记忆信息特性(情绪效价、中心-背景联结程度)及记忆过程(编码、巩固和提取)相关的诸多因素, 而其背后的机制仍未明晰。当前该领域存在情绪记忆权衡是否是一种不由注意所介导的自动化过程的争论, 另有少数研究考察了与记忆权衡效应相关的脑网络, 而针对记忆拓宽效应机制的研究仍较为匮乏。未来需从行为和神经层面, 对比情绪诱发的记忆权衡与拓宽效应的发生机制, 针对二者的自动化特性、涉及的记忆表征形式等问题深入研究, 并将这些效应拓展至空间之外的维度, 以系统揭示情绪信息选择性增强记忆现象背后的深层原因。

关键词 情绪, 记忆权衡, 记忆拓宽, 中心记忆, 背景记忆

中图分类号 B842.3

DOI: 10.16476/j.pibb.2021.0390

情绪信号在社交行为与生存进化中扮演着重要的角色, 并从诸多方面影响着人们的认知加工, 记忆即是其中的一个重要方面。众多既往研究表明, 情绪性信息能够产生比中性信息更好的记忆效果, 这种现象被称为情绪记忆增强效应(emotion-enhanced memory, EEM^[1-2] 或 emotional memory enhancement^[3])。研究者们使用不同类型刺激(包括图片、影视、音频、文字等)和提取任务(包括再认、自由回忆、线索回忆等), 均广泛观测到了情绪记忆增强现象。然而近十余年间, 一些研究者提出对该类既往研究的质疑。其认为, 从生态效度角度出发, 在现实生活中, 人们对情绪性面孔、物体的知觉和记忆不会孤立于周遭背景而发生。例如, 关于情绪面孔的研究结果表明, 人们倾向于将情绪面孔视为其所在场景的一部分, 与背景信息一起加工^[4-5], 甚至有研究者认为对情绪信息和背景情境的整合式加工是一种自动化的过程^[6]。由此引出一些值得思考的问题: 当包含情绪信号的主体(人或物)出现于特定背景中, 情绪主体与背景两部分内容是否均能得到记忆增强? 如果不是,

二者的记忆效果之间又存在怎样的联系? 举例来说, 人们在目睹车祸现场后, 是会受碰撞画面诱发的强烈负性情绪驱使, 激发对整个全景的稳固记忆, 还是只对饱含情绪的血腥画面中心保留着触目惊心的生动回忆, 却无法提取对于汽车类型、道路相关细节等背景信息的记忆? 探索并区分这些不同的可能性, 不但有利于更全面地理解情绪信号对记忆广度与深度的影响, 深入揭示情绪信息存储与提取的认知神经机制, 也有望对犯罪心理学、发展心理学、精神病理学(如创伤后应激障碍患者的特有加工模式)等领域予以启发。为此, 本文将围绕上述问题相关研究展开综述, 首先介绍该领域所发现的两种现象——情绪诱发的中心-背景记忆权衡和

* 国家自然科学基金(32171059, 31830037), 科技部科技创新2030-“脑科学与类脑研究”重大项目(2021ZD0204200), 中国科学院先导专项(XDB32010300), 中国科学院前沿科学重点研究项目(QYZDB-SSW-SMC030), 中国科学院青年创新促进会和中央高校基本科研业务费专项资金资助。

** 通讯联系人。

Tel: 010-64871238, E-mail: wangying@psych.ac.cn

收稿日期: 2021-12-14, 接受日期: 2022-04-22

记忆拓宽，并探讨造成上述两种不一致现象的原因，进而分析此类现象的产生机制，提出未来研究发展趋势与探索空间。

1 情绪诱发的记忆权衡与拓宽现象

为阐明情绪增强记忆的具体范围，有研究者将背景场景纳入情绪记忆研究。此类研究多使用分离式突袭测验的范式，以确保被试的记忆效果更贴近现实生活情况。具体实验流程分为编码(encoding)、延迟(delay)与提取(retrieval)3个阶段(图1)。在编码阶段，被试观看包含中心与

背景信息的复杂场景图片(中心信息具有情绪性、中性两种条件，而背景信息全部为中性)，并完成与记忆无关的任务(如对面向图片时的接近/远离倾向进行评分)。在一定时长的延迟后，被试将面对一个意外的突袭测验。在该测验中，编码阶段曾出现过的场景图片被分离为中心、背景两种成分，并与新的中心、背景图片混合呈现，其中新图片多为与记忆图片主旨相关或知觉近似的诱饵刺激，被试对中心和背景成分分别做新旧再认任务(图1中的“再认范式”)，其成绩可分别反映两种成分的记忆效果。

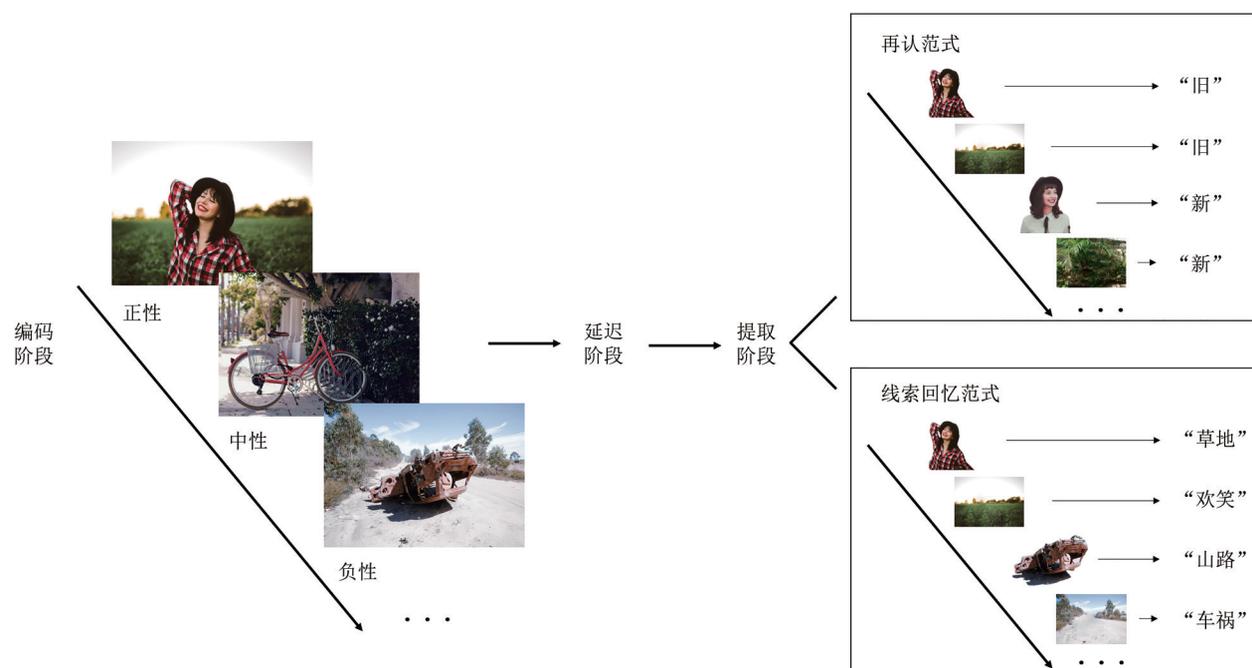


Fig. 1 Experimental paradigms to investigate effects of emotion on central memory and background memory

图1 研究情绪对中心记忆与背景记忆影响的实验范式示意图

实验包含编码、延迟和提取3个阶段。在编码阶段，每张图片由正性、中性或负性中心成分和中性背景成分构成，所有图片以随机顺序呈现，被试观看图片并完成与记忆无关的任务。在延迟阶段，被试进行干扰任务或进入睡眠。在提取阶段，被试完成一个突袭提取测验(再认范式：被试观看单独的中心与背景图片，并判断相应的成分是否曾经出现过。线索回忆范式：被试以曾经出现过的中心/背景作为线索，回忆相应的背景/中心成分，所有回忆线索均为曾出现过的成分)。

在该范式下，研究者发现情绪能增强对画面中心信息的记忆，但往往以对背景信息记忆(或称边缘记忆)的损害为代价^[7-8]。具体体现为，在提取阶段，被试对于那些编码过的处于画面中心、具有强烈情绪属性的物体(central emotional elements)(如画面人物做出殴打动作时手中高举的皮鞭)比同样位于中心却不具有情绪属性的中性物体(如画面中心人物日常饮水的杯子)再认水平显著更高；

但对于背景却表现出相反的记忆模式，即与情绪事物配对出现过的背景信息(background information, 也称 context information 或 peripheral information)(如皮鞭后沙发背景上的餐布)比与中性物体配对过的背景信息(如水杯后背景中的南瓜)记忆成绩更差^[9]。这种由情绪性中心信息所造成的中心记忆增强、背景记忆削弱的现象，被称为情绪诱发的记忆权衡(emotion-induced memory

trade-offs) 或情绪记忆权衡 (emotional memory trade-offs) [10-12]。需要注意的是, 在这类研究中, “中心”的概念主要由图片情节本身所定义, 即画面中最代表核心含义的部分, 而当此核心在物理属性层面也刚好位于画面中央时, 则会通过提高知觉显著性进一步加强记忆权衡效应 [13]。

虽然情绪记忆中心-背景权衡现象获得了较多实验支持, 但亦有相反证据表明, 在某些条件下, 情绪信息可以诱发记忆拓宽 (memory broadening) [14], 即相比于中性的中心与背景, 具有情绪效价的中心刺激可以引起该中心及其背景信息记忆的同时增强, 使情绪信号带来的记忆优势不只局限在中心信息内, 而渗透到整张图片中。记忆拓宽与记忆权衡展现了情绪对图片记忆效果截然相反的影响。而至于为何会产生此类不一致的影响, 目前尚缺乏定论。本文将从记忆信息特性 (情绪效价、中心-背景联结程度等) 及记忆过程 (编码、巩固和提取等) 两方面入手, 分析情绪记忆权衡与拓宽现象的发生条件, 总结可能导致不同现象的原因。

2 权衡与拓宽效应的发生条件

2.1 记忆信息特性

2.1.1 情绪效价

早期研究采用具有负性情绪的中心物体 (如蛇类、枪支) [15-16] 或面孔 (如恐惧、厌恶表情) [17], 发现其相较于中性中心刺激的记忆效果会显著升高, 但伴随负性中心出现的中性背景, 相较于伴随中性中心出现的中性背景的记忆效果却显著降低。与此类似, 若图片刺激本身是一个蕴含着负性事件的完整场景, 如男性霸凌女性 [9]、车祸现场 [7] 等, 相比于整体描述中性事件的图片, 被试在提取阶段对于那些位于视野中心、含有情绪元素的物体 (暴力的场景、血腥的画面等) 的再认水平更高, 但对处于视野边缘、非情绪元素的物体 (背景中的家具、街道内的其他人等) 再认成绩有所下降。这些研究共同支持了负性情绪信号可以诱发记忆权衡的观点。

然而, 仅用负性效价代表“情绪性”, 推论情绪影响背景记忆的一般性规律是有所偏颇的。事实上, 当将正性情绪图片纳入考察后, 研究者发现了和上述研究截然不同的实验效应。当中心刺激是正性物体 (如惹人怜爱的小生物) [18-19] 或正性情绪面孔 (如笑脸) [20] 时, 被试依然会产生对该中心刺

激的记忆增强, 这一点与负性中心所得到的记忆增强是一致的。不同的是, 伴随正性中心的背景会同时得到记忆增强。当整个图片场景传递出正性情绪时, 特别是随着唤醒度的提高 [14], 被试的记忆增强现象也会从画面中心渗透至画面边缘。换言之, 在某些包含正性信号的场景中, 情绪诱发的记忆权衡现象消失, 取而代之的是一种记忆拓宽现象。

这种效价与成分对记忆带来的交互作用, 即正性情绪造成记忆拓宽而负性情绪造成记忆权衡, 可以用生物进化角度的观点来解释。这些观点表示, 正性与负性情绪对人们认知加工的影响是相拮抗的, 正性情绪鼓励人们向外探索与学习, 挖掘外部环境的潜在价值, 而负性情绪促使人们聚焦对抗危险, 避免威胁与伤害。值得注意的是, 情绪效价对记忆范围的影响也存在反例, 在一些研究中, 正性情绪和负性情绪都会引起记忆权衡 [21], 并且唤醒度越高, 权衡的幅度越大; 而另有证据显示, 特定的负性情绪 (如悲伤) 也可能诱发记忆拓宽效应 [22]。可见, 情绪效价在记忆影响上的差异并不是绝对的, 其效果或还取决于其他因素。

2.1.2 中心-背景联结程度

除了图片的情绪效价, 图片包含的中心与和背景成分之间的联结程度紧密与否也会影响实验结果。这种联结程度首先取决于中心和背景之间的语义关联性。很多实验采用“人为叠加”的方式生成实验材料, 也就是将单独的情绪物体、面孔图片作为中心, 并选取不同的中性场景作为背景, 进而通过图片处理软件将两者叠加。此类操作可使背景嵌套于中心的边缘 [17, 23-24], 却往往未考虑这种嵌套得到的图像在现实意味上是否合理, 其中心与背景之间是否存在关联。举例来说, 若呈现诸如漱口杯这样的日常用品赫然悬于森林的夜空之上, 或是一只巨大的静止鸟类不成比例地浮现在沙漠上方, 双脚蜷缩却并未实际抓住任何树枝 [25], 便会造成中心与背景两者在语义主旨层面的分离, 削弱二者的联结程度, 随之更容易诱发记忆权衡。然而, 当后续研究者将这种叠加方式优化, 将中心在符合语义通识的情况下嵌入背景, 例如形成一只蜘蛛在枝叶上爬行的画面, 使其组成一幅有意义的统一景象, 便发现记忆权衡不再显著 [26]; 甚至可能情绪场景的所有元素记忆都得到了增强, 即发生了情绪诱发的记忆拓宽现象 [27]。此外, 中心与背景的情绪联结程度也会影响实验结果。虽然绝大多数实验采用中性背景, 但近来有学者在情绪中心刺激之外引入

含有不同情绪效价的背景。研究发现,当背景与中心为一致的负性情绪,即二者的情绪联结程度较高时,便不再发生记忆权衡^[13]。以上研究结果提示,中心-背景刺激的联结程度高低可能直接影响二者的记忆效果。具体而言,当中心与背景的语义或情绪联结性较低时,更可能发生记忆权衡现象;而当二者联结性较高时,则更可能出现拓宽效应。

2.2 记忆过程

2.2.1 编码过程

在各异的实验范式中,受编码阶段的不同任务要求影响,被试会对图片材料进行不同深度的加工,这将一定程度上决定情绪记忆权衡或拓宽现象的发生。其中,操纵性最低的编码方式为被动观看^[9]。在此条件下,由于指导语本身对加工策略不做任何限制,被试对图片的知觉更偏向于自动化,容易将认知资源集中于中心情绪信息,产生记忆权衡。有学者提出,这种权衡或许是由于编码时间过于短暂,被试没有足够时间查看背景信息所导致的。然而,实验结果表明,即使在刺激呈现时间变长的情况下,被试拥有额外的处理时间并将其自由分配给场景内所有视觉细节,仍无法对与情感刺激配对的背景信息产生良好记忆^[7]。研究者认为,这是因为在被动观看条件下,被试始终缺乏理由去均衡地关注到整个场景中的所有元素,而往往被情绪性信息捕获注意,从而产生偏狭的记忆。除被动观看外,另一种编码方式为指导被试对材料进行主观评分,常见的有接近/回避判断任务^[15, 17]与情绪效价、唤醒度评分任务^[4]。尽管这类编码方式给予了被试特定任务,但并未在指导语中提及任何认知分配的特殊策略,因此操纵性仍较弱。并且这类判断任务本身就需要被试关注画面中显著的情绪特征,因此或许具有一定朝向情绪中心的引导性。继而在这种条件下,被试依然产生了对场景中情绪元素无意的选择性记忆。为探究是否可以通过更改编码任务使得被试将加工策略性地转移到其他非情感部分,有研究者修改编码指令,使被试对整个场景中的所有元素进行精细化加工。如在指导语中令被试描述出囊括整个场景所有元素的故事与细节,抑或告知被试将在每次编码后针对物体与场景分别进行是非判断测试等。这种类型的编码方式具有很强的操纵性,可将被试的无意编码方式转换为有意编码^[28],使被试将认知资源分配到整个场景的所有元素中,并提高加工深度。研究证实,这类高操纵性的编码方式的确能使中心与背景的记忆均得到加

强,特别是提升了与情绪中心配对出现的背景信息的记忆效果^[7, 29]。综上,情绪诱发的记忆权衡可能源于编码阶段被试对情绪信息的自动化加工,而该现象也可能因被试对整体场景进行有意识的深度加工编码而改变,转变为记忆拓宽。

2.2.2 巩固和消退过程

在编码之后的延迟阶段,处于离线状态的大脑会对形成的记忆进行巩固^[30]。有研究者考察了延迟阶段不同巩固条件对情绪记忆权衡效应的影响。首先,研究者发现延迟阶段的时长会调节记忆权衡效应的强度。大多数研究在延迟阶段都只选取短期的延迟时间,如30 min的无任务延迟或3 min的干扰任务(如解开数独谜题)等。而Payne等^[31]则将延迟阶段延长至12 h甚至24 h,发现情绪诱发的记忆权衡效应不仅依然存在,并且其效应幅度甚至变得更强,即负性中心相比中性中心记忆优势更加明显,而与其配对的背景相比中性配对背景记忆损害更加严重。然而,这种长期延迟后记忆权衡效应的保留是有条件的——睡眠。无论是彻夜长眠^[30]抑或午间小憩^[32-33],只要被试在完成编码刺激后立刻投入睡眠状态,都将有益于对情绪的选择性记忆增强。将30 min的短期延迟作为基线来对比,经过12 h的睡眠后,被试对负性中心的再认正确率上升8%,而对其伴随的背景的再认成绩下降9%,表明睡眠进一步强化了记忆权衡现象。在此过程中,快速眼动睡眠(rapid eye movement sleep, REM)与慢波睡眠(slow wave sleep, SWS)这两种睡眠阶段,都在对情绪的选择性巩固中扮演着积极的作用^[32]。并且在睡眠巩固期间,被试的压力程度(体现为内源性皮质醇含量)可以和睡眠共同作用,以提升其发生记忆权衡的幅度^[34]。相反,如果这12 h是清醒状态,此后被试对负性中心与配对背景的记忆会同时消退,但中心消退的幅度更大,而记忆权衡现象也随之消失。在先维持12 h的清醒过后,即使被试又历经12 h睡眠再来进行回忆测验,也不会再恢复记忆权衡^[31]。以上发现表明,负性情绪诱发的记忆权衡虽然确实从编码阶段就开始发生,但此后的睡眠巩固也是该效应得到强化的重要一环。休眠中的大脑并非沉默着,而是对情绪性刺激进行着选择性巩固^[35-36],即着重于强化对情感色彩突出部分的记忆,而在清醒的记忆消退过程中,大脑会优先抹去对情绪刺激的记忆痕迹。值得注意的是,以上结论均来自于负性情绪和记忆权衡效应的研究,记忆巩固过程在由正性情绪带来的记忆权

衡及由不同情绪带来的记忆拓宽现象中的作用仍有待研究。

2.2.3 提取过程

前文提到, 在提取阶段, 该领域研究通常采用分离再认测验, 即在记忆测验阶段将中心与背景刺激剥离, 并将其与相应的诱饵刺激混合呈现, 要求被试完成新旧判断任务。然而近年来, 有研究者认为, 再认测验本身便可能加剧记忆权衡效应, 因为包含情绪的中心成分在编码阶段与提取阶段的两次呈现过程中均将加剧早期神经活动, 例如增强海马与视觉感知区域的功能连接, 从而为自身记忆带来增益, 而非情绪的背景成分无论作为学习材料还是测验材料都不具备此效果^[27]。相应地, 他们提出可通过线索回忆任务对中心与背景的记忆关系进行补充研究。

与对中心和背景单独进行再认任务所反映的记忆内容不同, 线索回忆任务旨在测量中心和背景分别作为记忆线索时, 被试通过线索提取另一方的能力, 其反映的是二者间的联结记忆(图1中的“线索回忆范式”)。结果显示, 被试通过中心物提取背景的能力普遍优于通过背景提取中心物的能力, 更重要的是, 负性中心刺激无论作为提取线索还是提取目标, 回忆成绩都优于同条件下的正性刺激, 而中性刺激再次之。该结果提示, 在情绪条件下中

心与背景的联结记忆增强, 其中负性情绪对联结记忆的提升程度最高^[27]。亦有研究者提出, 线索回忆范式包含了两种认知过程, 一是目标可及性(target accessibility), 即对线索本身的识别; 二是联结绑定(associative binding), 即对关联记忆的提取^[37]。若线索本身没能被识别, 线索回忆也便将失败, 所以线索回忆以对线索本身的再认为前提。因此, 研究者为了更好地考察被试对中心和背景的联结记忆, 便将再认与线索回忆范式相结合, 在线索成功再认的基础上进行线索回忆, 得到控制化线索回忆的成绩。在这种实验条件下, 结果仅存在情绪的主效应, 即与中性场景相比, 情绪性场景里中心与背景两者中无论哪一个作为线索, 提取对方的能力都更高, 其中, 负性的优势依然高于正性; 而以中心为线索提取背景, 和以背景为线索提取中心的准确率并没有差异^[26]。换言之, 场景的情绪性可以双向增强中心与背景间的联结记忆, 暗示发生了某种程度的记忆拓宽。综上所述, 不同提取任务可带来相异的实验结果, 其本质上可能反映了情绪信息对记忆不同方面的影响, 今后的研究需要对这些结果进行验证并阐明其背后的深层原因。

总的来说, 情绪诱发的记忆权衡与记忆拓宽两种现象的发生取决于记忆信息特性及记忆过程相关的诸多因素, 总结如表1所示。

Table 1 Critical factors pertaining to the occurrences of emotion-induced memory trade-offs and memory broadening effects

表1 情绪诱发的记忆权衡与记忆拓宽现象的发生条件及影响因素

影响因素		情绪诱发的记忆权衡	情绪诱发的记忆拓宽
记忆信息特性	情绪效价	中心情绪效价为负性时更易发生 ^[9, 15]	中心情绪效价为正性时更易发生 ^[14, 18]
	中心-背景联结程度	中心-背景联结程度较低时更易发生 ^[17, 23]	中心-背景联结程度紧密时更易发生 ^[27]
记忆过程	编码过程	编码任务操纵性较低(被动观看、主观评分等)时更易发生 ^[4]	编码任务操纵性较高(描述囊括整个场景所有元素的故事与细节等)时更易发生 ^[7]
	巩固与消退过程	延迟阶段时间较短、或立即进入睡眠后更易发生 ^[30, 32]	延迟阶段保持长时间清醒状态后更易发生 ^[33]
	提取过程	提取任务为再认测验范式时更易发生 ^[29]	提取任务为线索回忆范式时更易发生 ^[26]

3 权衡与拓宽效应的认知神经机制

自情绪诱发的记忆权衡现象被报告以来, 不乏有研究者将讨论的焦点置于该现象产生的认知机制, 并提出各自的假说, 也有少数研究者考察了支持记忆权衡效应的神经机制; 与之相比, 针对记忆拓宽效应机制的研究仍很匮乏。以下将选取该领域

的一些主流观点及针对它们开展的实证研究展开阐述。

3.1 关于认知机制的理论假说

3.1.1 注意中介假说

在针对记忆权衡效应产生的认知机制的多种猜想中, “注意窄化假说”(Attention Narrowing Hypothesis) 一度成为解释该现象时的主流理论,

这一假说强调记忆的狭窄是由注意的狭窄所导致的。具体来说,是指当面对复杂的情境时,情绪刺激会将有限的注意资源吸引至其中心部分,进而增强了人们对中心的记忆,同时使背景信息丧失同等的编码机会,因而削弱对边缘细节的记忆^[38]。该理论又称“注意中介假说”(Attention Mediation Hypothesis)^[39]。与此相似的表达还有“注意夺取”(Attention Grabbing),指恐怖的画面会夺取注意,主导记忆^[10];以及Waring等^[40]所提及的“注意磁铁”(Attention Magnets),指负性刺激扮演着注意磁铁的作用,削弱对背景的记忆;还包括早期提出的“武器聚焦”(Weapon Focus),指被试注视图片中枪支的时间比注视支票时间更长,并在枪支条件下表现出对背景信息更差的记忆^[41]等。这一系列假说被众多研究负性情绪记忆权衡的学者们所承认,并用来解释自己的发现。

然而,这种推测在当时虽广为认可,却缺乏严谨的实验论证。很多被用于支持特定假说的研究并未直接证实视觉注意与记忆权衡之间的联系。举例而言,在“武器聚焦”实验中,研究者只是分别探寻了情绪信号对注意与记忆的影响,进而得出宏观的结论,而并未在每个试次水平去验证注意凝视究竟能否预测选择性记忆增强的发生,所以不能得出注意窄化与记忆权衡的因果关系。因此,若想证实这种假说,还需借助眼动追踪技术在试次水平提供更直接的证据^[40]。有趣的是,依据该思路获得的实验结果并不支持注意中介假说。Steinmetz等^[29]以眼动的凝视时间作为外显注意的指标,对所有发生选择目标记忆(目标被记忆,背景被遗忘)的试次进行提取分析,发现相比于非选择目标记忆(目标被记忆或遗忘,背景被记忆)的试次,被试对中心的凝视比例确实普遍增长;然而,对负性中心的凝视涨幅(23.9%)反而低于对中性中心(40%)的凝视涨幅,这表明负性情绪下对目标的选择性记忆并不单纯依赖于对中心注意的增加,相反,对中性中心的记忆才更大程度上依赖注意。Kim等^[9]同样借助眼动技术,通过模型拟合分析得出了与前者相一致的结论,发现注意的分配并不能预测负性情绪下记忆权衡发生与否,反而更能预测中性情境里中心与背景的记忆关系,而在控制注意因素后,情绪因素与成分因素(包括中心/背景)交互作用的效应量不但没有减弱消失,反而变大了,进而排除了注意介导的可能性。上述实验将眼动作为外显注意指标,可以反映个体对感觉刺激加工的指向

性,而无法测量个体内隐注意的分配情况^[42]。因此有研究者采用注意分离的范式,操纵被试内隐注意的资源,令被试在编码阶段进行额外的数字判断任务,从另一种角度对该假说进行验证。结果显示,无论利用简单(顺序判断)还是困难(复杂运算)的干扰任务对注意水平进行分离,都没有对负性记忆权衡现象产生显著影响^[43]。综上,无论对外显注意还是内隐注意与记忆权衡的直接关系进行验证,所得到的结果均与“注意窄化假说”背道而驰,说明编码阶段的注意资源在中心与背景上的不均等分配,并不是驱动记忆权衡的主要因素。

然而,上述研究也不足以完全推翻注意的中介作用。一方面,有学者在后续提出还应通过更高阶的认知活动对注意水平进行操控,进而更全面地探求内隐注意分配与记忆权衡之间的联系^[44]。另一方面,虽然目前研究已证实负性情绪的记忆权衡并不由注意的窄化所介导,但这并没有排除正性条件下的记忆拓宽系由注意范围所介导的可能。有学者认为要解释情绪带来的记忆拓宽现象需从效价的正负入手,并追溯到了此前学者针对正性情绪提出的“拓宽-建设理论”(The Broaden-and-Build Theory)^[45]。该理论认为,不同于负性情绪,正性情绪能够扩大个体在瞬间的认知与行动倾向,使个体建立与储备更多个人资源以在后期加以利用,提升生存能力;而积极情绪对个体思维的拓展也体现在个体联结记忆的增强上^[37]。这些假设的依据主要来自于情绪对注意广度与加工取向影响的研究^[46],例如,人们在加工负性情绪刺激时易产生局部偏好(local bias),而在加工正性情绪刺激时容易产生全局偏好(global bias)^[47]。这种正性情绪引起的全局注意偏好和情绪记忆拓宽之间是否存在关联还有待验证。

3.1.2 刺激后精细化假说

除了注意,另一个较受关注的影响情绪记忆广度的认知因素是“刺激后精细化”(post-stimulus elaboration)^[29],它发生在编码刺激后紧接的短暂间隔时间(interstimulus interval, ISI)。这种构想由Christianson第一次提出,强调人们在暴露于情绪化刺激(如令人发指的事件)后,会对情绪刺激产生不同于中性刺激的精细化模式,而该现象是造成记忆权衡的潜在机制^[48]。然而,针对该假说进行的为数不多的验证性研究并未得到肯定的结果。有研究者令被试在每次编码后的刺激间隔期间进行额外的运算任务,使得被试无法在刺激后对情绪信

息展开进一步精细加工, 然而该操作并未破坏记忆权衡^[43]。另有研究者选用定向遗忘范式, 发现在能够增强精细加工的“记忆”条件下被试只会无差别地增强所有种类背景的记忆, 因此负性条件与中性条件下的背景记忆仍然存在差距, 与剥夺精细加工的“遗忘”条件一样都会引发记忆权衡^[13]。综上所述, 无论编码后精细加工呈何种方向变化(被剥夺或被增强), 都不会带来记忆权衡效应的改变, 表明记忆权衡并非由刺激后精细化所驱动。

3.1.3 自动化加工假说

情绪性刺激所引发的快速的自动化加工也被认为是造成情绪记忆权衡现象的重要原因。这里的自动化加工指的是不需要有意维持(unintentional)的加工, 最早可以追溯到前人提出的双加工模型(dual-mode model of processing)^[49]。该模型提出, 区别于依赖注意资源、由个体选择与建立的控制加工(control process), 自动化加工由刺激所驱动, 具有快速、高效的特点, 一旦开始则难以被改变与抑制, 可以在无注意资源的状态下发生。而在针对情绪增强记忆的研究中, 也有证据表明情绪信息对记忆的影响与其具有自动化加工的特性有关。例如有研究发现即使被试的凝视时间被限制抑或注意资源被分离, 仍会表现出对情绪性刺激的记忆偏好^[50], 提示情绪能够通过快速、自动的过程调节编码与记忆效果, 而该过程并不依赖注意的提升来维持^[51]。基于此, 有研究者认为情绪诱发的记忆权衡也得益于画面中的情绪元素(中心)能够比非情绪元素(背景)得到更自动化的加工^[43], 并且这一活动是独立于注意及精细化活动而存在的, 虽然这一假说尚未获得直接的实验证据支持。

事实上, 非有意维持只是自动化加工的其中一种特性, 除此之外, 其另一重特性是无意识(unconscious)^[52]。值得一提的是, 在情绪诱发的记忆权衡研究中, 被试自身似乎并未意识到权衡效应的存在。尽管他们客观上对背景中物体的细节记忆、与场景绑定的物理特征记忆等均显著下降, 但在主观上依然报告了对于情绪性图片整体更强的回忆体验^[53]。该结果提示, 情绪影响记忆可能是一个不依赖于主观意识体验的过程。此外, 前人关于工作记忆的研究发现, 保持在工作记忆中的情绪信息可以促进无意识信息加工, 主要表现在与工作记忆中的恐惧面孔效价相容的情绪面孔会比效价不相容的面孔更快突破眼间抑制, 到达意识层面, 而工作记忆中的中性面孔不能引发上述效应^[54]。未来

可借鉴这种思路, 通过考察情绪记忆的不同成分对无意识加工的影响, 对情绪记忆诱发的权衡及拓宽现象的自动化特性进行进一步探究。

3.2 神经机制

为探求情绪条件下发生记忆权衡的脑机制, Waring等^[40]利用功能磁共振成像技术, 考察了图片编码时期被试的神经活动, 发现存在一个与权衡行为紧密相关的核心脑网络, 其中的脑区包括杏仁核、海马、梭状回、颞叶与额下回, 这些脑区的激活能够共同预测对情绪场景包含的中心成分的记忆增强与背景成分的遗忘。此外, 不同效价、唤醒程度条件下发生的对中心信息的选择性记忆增强与不同的脑区激活模式有关。具体表现为, 高唤醒度负性刺激的记忆权衡与左侧梭状回相关, 而低唤醒度负性记忆权衡受枕中回、楔骨、额中回支持; 相比之下, 高唤醒度正性刺激的记忆权衡与前额叶、扣带回相关, 低唤醒度正性权衡与内侧与中央额回、前扣带回有关。其中, 正性条件的记忆权衡与前部脑区、奖赏网络有关, 提示其可能与负性情绪信息诱发的记忆权衡具有不同的神经机制。此外, 有研究者探索了睡眠巩固后大脑回忆图片中心成分时的活动特点, 发现在经过睡眠巩固后, 相比于保持清醒状态, 一个更加精细与局限的区域网络被更强地激活, 以支持负性中心的回忆, 包括杏仁核、腹内侧前额叶与扣带回, 并且该区域各脑区的连接性也更加紧密^[35-36]。这些研究虽然考察了记忆巩固阶段与负性中心记忆增强相关的脑区, 但未针对完整的记忆权衡现象的神经机制进行探讨。

以上研究发现的脑区中, 有一些结构已被证明与情绪信息的自动化加工有关, 这种自动化加工体现在“非注意”与“无意识”两方面。在“非注意”方面, 有研究要求被试完成与情绪无关的任务, 从而压抑其对情绪信息的注意。结果表明, 不被注意的情绪信息仍会影响个体的行为表现。更重要的是, 在注意资源下降的情况下, 杏仁核对恐惧面孔的反应幅度并不会降低, 而是依然显著高于对中性面孔的反应幅度^[55-56], 与此同时, 杏仁核对厌恶面孔的反应幅度甚至会提高^[55]。这些结果提示杏仁核能够支持情绪信息在不被注意条件下的编码和加工。在“无意识”方面, 研究者们发现皮层下视觉结构在阈下情绪信息加工中起到关键支持作用^[57-58], 其中杏仁核的作用尤其突出^[59]。除此之外, 皮层上视觉区域的活动也受到杏仁核的调节, 参与无意识情绪信息的加工, 包括梭状回、颞叶、

顶叶、眶额皮层等结构^[60-62]。由此可见,与情绪诱发的记忆权衡效应紧密相关的脑区中,有较多同时参与了情绪信息的自动化加工。这种神经水平的重叠似乎为情绪记忆权衡现象的自动化假说提供了间接的支持。然而也要清楚地认识到,情绪选择性增强记忆现象的自动化程度并不能由情绪信息本身加工的自动化程度简单推断,未来还需更多研究探索杏仁核等皮层下结构活动在缺乏注意或意识参与的情绪图片记忆中的作用。

4 总结与展望

综上所述,场景中的情绪信息不但会增强人们对情绪主体的记忆,还会影响人们对情绪中心之外的背景信息的记忆效果,使记忆向两种不同的方向改变,表现出“情绪诱发的中心-背景记忆权衡”效应或“情绪诱发的记忆拓宽”效应。上述现象的发生取决于记忆信息性质(包括记忆材料的情绪效价与中心-背景联结程度)与记忆过程(包括编码、巩固与消退、提取3个阶段)相关的诸多因素(表1)。关于情绪记忆权衡和拓宽现象的产生机制,研究者提出了若干假说,但大部分的假说仍缺乏有力的实证支持,对于两种现象神经机制方面的研究也较为匮乏。目前该领域仍存在一些亟待探讨与解决的问题。

首先,未来需从以下几方面拓展对情绪影响记忆现象的认知机制研究。一方面,记忆权衡和拓宽的发生是一个复杂的过程,结合前文内容来看,来自编码(如编码任务操纵性)、巩固(如睡眠)、提取(如提取方式)3个阶段的因素都在这个过程中起关键作用。而目前对权衡和拓宽现象机制的探讨主要集中在编码阶段,未来还应该针对后两个阶段开展更多研究。另一方面,先前研究主要关注情绪记忆权衡现象的认知机制,而对拓宽现象缺乏探索,可能与后者被发现的时间更晚、出现更不普遍有关。然而,要厘清情绪在不同范围上影响记忆的机制,未来研究必须将两种现象置于同等重要的位置,进行系统的考察和对比。在关于情绪记忆权衡的理论中,存在权衡现象是“由注意窄化介导”还是“一种不依赖于注意的自动化过程”的争论。两种假说都还未得到有力的实证研究支持,因而有待后续检验。与之相应,当前尚未有研究考察记忆拓宽效应由注意介导的可能——“拓宽-建设理论”可否解释情绪记忆拓宽效应也是一个悬而未决的问题。未来可将眼动追踪技术、注意分离技术应用至

对上述问题的探究,更全面地探讨注意分配与记忆选择之间的关联性,还可考虑突破现存的记忆提取范式,在再认阶段引入不需要意识的测试方法,从能否独立于意识发生的角度对不同情绪诱发的记忆权衡及拓宽现象的自动化特性展开更深入的研究。

其次,后续研究还应当进一步明确情绪诱发的记忆权衡与拓宽效应发生在何种表征层面(细节或是主旨)。在情绪记忆领域,一个存在争论的科学问题是情绪物体的记忆增强现象到底反映了其所有知觉细节表征的增强还是仅包含主旨表征的增强,相应地,目前尚不清楚在情绪场景记忆中,情绪中心及相应背景的记忆改变究竟体现在何种表征水平。为探讨该问题,有研究者使用“相同-相似-新”的判断任务,将再认记忆区分成包含所有精确视觉细节的特定记忆(specific memory)和包含广泛粗糙类别、语义信息的非特定记忆(non-specific memory)——后者也被称为主旨记忆(gist memory)、一般记忆(general memory)^[63]。研究者发现,在两种水平上分别考察中心与背景的再认成绩后,负性情绪在特定记忆水平上诱发记忆权衡的幅度相比于非特定记忆水平要更大^[7]。甚至与负性中心配对的背景的非特定记忆得到了增强,也就是在非特定记忆水平得到了记忆拓宽的效应。这些研究指向一种可能性,即情绪记忆权衡效应更有可能在特定知觉细节水平上发生,而拓宽效应更可能在非特定语义主旨水平发生,二者涉及了不同类型的记忆表征。然而,上述结果的可推广性还有待验证,主要原因包括:现有研究只考虑了负性情绪效价,并且其实验材料也属于“人为叠加”的类型,可能存在中心-背景联结程度松散的问题,而如前文所述,这些问题都是影响实验结果的重要因素。未来研究需要采用包含不同情绪效价且更符合生态效度的实验材料,通过进一步界定情绪诱发的记忆权衡和拓宽现象涉及的表征类型来阐明这些现象的发生水平。

此外,未来还需针对情绪诱发的记忆权衡和拓宽现象的神经机制展开更深入的探索。此方面研究至今仍十分匮乏,目前,最直接衡量与记忆权衡相关脑区的实验,只有Waring等^[40]在2011年使用功能磁共振成像技术检测编码阶段大脑活动的研究,而Payne等^[64]在同年拓展到巩固阶段的研究只聚焦于情绪中心记忆上升的神经机制,并不能解释与其相伴的背景记忆下降的现象。未来还应当把针对权衡现象相关脑区的考察进一步推广到巩固与提取

阶段, 继而进一步理解人们对情绪性与中性、中心与背景记忆的差异究竟源于各个记忆阶段中的何种脑区活动、功能连接的差异。除此之外, 还应进一步探索情绪信息造成的记忆拓宽是基于怎样的脑机制。在研究方法上, 目前有研究者采用编码-提取重叠 (encoding-to-retrieval overlap) 来解释对于单个情绪物体、面孔的记忆效果, 即大脑在提取状态与编码状态下活动模式越类似, 成功检索的可能性越大^[65]。未来或可借鉴这种思路, 对比各个记忆阶段中的神经活动差异, 考察在情绪诱发的记忆权衡/拓宽现象中, 相对于中性条件, 情绪条件下编码图片与再认中心成分时的脑激活模式是否具有更大的编码-提取重叠性, 而编码图片与再认背景成分时的脑激活模式是否具有更小/更大的重叠性, 以进一步揭示参与情绪记忆权衡/拓宽效应的脑区及这些脑区活动和记忆效应之间的关联。此外, 现有的神经水平研究只集中在功能磁共振成像方面, 未来还可以使用具有更高时间分辨率的脑电图、脑磁图等研究方法, 从不同角度对情绪影响记忆效应的神经机制进行探索。

另外需要指出, 本文所阐述的是一种最典型的 (或者说狭义的) 情绪诱发的记忆权衡与拓宽现象, 而该效应还可以被延伸至更广的范围进行理解与研究。一方面, 本文所提到的大量研究中的“情绪”信息全部由图片中心部分所决定, 然而, 亦有研究者将情绪性元素从中心转移到背景, 发现具有不同情绪效价的背景刺激会反过来影响对中性中心刺激的记忆。具体而言, 与伴随中性场景编码相比, 人们对伴随负性场景编码的中心面孔记忆效果下降^[66], 而对伴随正性场景编码的中心物体记忆效果上升^[67-68], 这些结果从另一种角度诠释了负性和正性情绪分别带来的记忆权衡与记忆拓宽现象。不过, 这类研究的结果也存在不一致的现象^[69], 具体原因还有待未来探究。另一方面, 前人对情绪增强记忆选择性的讨论主要从空间维度切入, 然而, 近年来有研究从时间维度讨论这种影响, 检验出现在情绪刺激前后的视觉信息的记忆效果。这类研究主要采用新异刺激范式 (oddball paradigm), 发现相比于中性刺激前后的视觉图像, 紧邻情绪性刺激出现的前后刺激记忆降低, 并称之为情绪诱发的逆行与顺行遗忘 (emotion-induced retrograde and anterograde amnesia)^[70-71]。此外, 恰如空间维度上记忆权衡与记忆拓宽现象同时存在, 时间维度上也会在某些特定情况下出现记忆拓宽效

应: 当情绪效价为积极^[72]时, 抑或未及时睡眠巩固并经过为期一周的延长阶段^[73]后, 逆行遗忘效应都将被逆转成逆行增强效应, 即出现在情绪刺激前的信息被记忆得更好。而当只考察一般主旨记忆而非特定细节记忆时^[73], 遗忘效应也不再存在。总体来说, 上述研究丰富了对情绪选择性增强记忆这一现象内涵的理解, 也为从不同角度揭示上述现象背后的认知神经机制提供了新的视角和方法。

最后, 从个体差异的角度探索情绪记忆权衡和拓宽效应对精神病理学、犯罪心理学等领域具有积极意义。已有研究表明, 曾遭遇创伤事件的个体无论在加工情绪或中性场景期间, 都对场景中心更加敏感, 表现出一种夸张的“过度警惕”^[74]。同时, 具有高焦虑、低认知控制能力的人群更容易产生情绪记忆权衡, 表现为个体焦虑水平与情绪记忆权衡的幅度成正比^[15]; 相反, 认知控制能力 (如视觉工作记忆、执行控制能力) 高的个体更不容易表现出权衡现象。此外, 受“武器聚焦”效应影响, 置身犯罪现场的目击者也更容易对犯罪者的武器而不是服装等其他特征产生记忆^[7], 这是在案件指证过程中不容小觑的现象。未来针对两种效应的个体差异开展更深入的研究不但可以促进人们更好地理解不同人群对情绪信息的特殊记忆模式, 也将为精神疾患的早期诊断、案件指证标准的建立等提供帮助, 具有独特的理论意义与应用价值。

参 考 文 献

- [1] Labar K S, Cabeza R. Cognitive neuroscience of emotional memory. *Nat Rev Neurosci*, 2006, 7(1): 54-64
- [2] Kensinger E A, Ford J H. Retrieval of emotional events from memory. *Annu Rev Psychol*, 2020, 71: 251-272
- [3] Hamann S. Cognitive and neural mechanisms of emotional memory. *Trends Cogn Sci*, 2001, 5(9): 394-400
- [4] Barrett L F, Mesquita B, Gendron M. Context in emotion perception. *Curr Dir Psychol Sci*, 2011, 20(5): 286-290
- [5] De Gelder B, Meeren H K M, Righart R, *et al.* Beyond the face: exploring rapid influences of context on face processing. *Prog Brain Res*, 2006, 155: 37-48
- [6] Aviezer H, Bentin S, Dudarev V, *et al.* The automaticity of emotional face-context integration. *Emotion*, 2011, 11(6): 1406-1414
- [7] Kensinger EA, Garoff-Eaton RJ, Schacter DL. Effects of emotion on memory specificity: memory trade-offs elicited by negative visually arousing stimuli. *J Mem Lang*, 2007, 56(4): 575-591
- [8] Mather M. Emotional arousal and memory binding: an object-based framework. *Perspect Psychol Sci*, 2007, 2(1): 33-52
- [9] Kim J S C, Vossel G, Gamer M. Effects of emotional context on

- memory for details: the role of attention. *PLoS One*, 2013, **8**(10): e77405
- [10] Laney C, Campbell H V, Heuer F, *et al.* Memory for thematically arousing events. *Mem Cognit*, 2004, **32**(7): 1149-1159
- [11] Levine L J, Edelman R S. Emotion and memory narrowing: a review and goal-relevance approach. *Cogn Emot*, 2009, **23**(5): 833-875
- [12] 邹吉林,周仁来,张环,等. 情绪记忆权衡效应:对复杂情绪刺激的记忆. *心理科学进展*, 2011, **19**(10): 1460-1470
Zou J L, Zhou R L, Zhang H, *et al.* *Adv Psychol Sci*, 2011, **19**(10): 1460-1470
- [13] An S, Mao W, Shang S, *et al.* The effects of post-stimulus elaboration, background valence, and item salience on the emotion-induced memory trade-off. *Cogn Emot*, 2020, **34**(8): 1676-1689
- [14] Yeghyan N S, Yonelinas A P. Encoding details: positive emotion leads to memory broadening. *Cogn Emot*, 2011, **25**(7): 1255-1262
- [15] Waring J D, Payne J D, Schacter D L, *et al.* Impact of individual differences upon emotion-induced memory trade-offs. *Cogn Emot*, 2010, **24**(1): 150-167
- [16] Yeh N, Payne J D, Kim S Y, *et al.* Medial prefrontal cortex has a causal role in selectively enhanced consolidation of emotional memories after a 24-hour delay: a TBS study. *J Neurosci*, 2021, **41**(29): 6273-6280
- [17] Barrett L F, Kensinger E A. Context is routinely encoded during emotion perception. *Psychol Sci*, 2010, **21**(4): 595-599
- [18] Chipchase S Y, Chapman P. Trade-offs in visual attention and the enhancement of memory specificity for positive and negative emotional stimuli. *Q J Exp Psychol (Hove)*, 2013, **66**(2): 277-298
- [19] Raffington L, Falck J, Heim C, *et al.* Effects of stress on 6- and 7-year-old children's emotional memory differs by gender. *J Exp Child Psychol*, 2020, **199**: 104924
- [20] Righi S, Gronchi G, Marzi T, *et al.* You are that smiling guy I met at the party! Socially positive signals foster memory for identities and contexts. *Acta Psychol (Amst)*, 2015, **159**: 1-7
- [21] Waring J D, Kensinger E A. Effects of emotional valence and arousal upon memory trade-offs with aging. *Psychol Aging*, 2009, **24**(2): 412-422
- [22] Threadgill A H, Gable P A. Negative affect varying in motivational intensity influences scope of memory. *Cogn Emot*, 2019, **33**(2): 332-345
- [23] Bisby J A, Burgess N. Negative affect impairs associative memory but not item memory. *Learn Mem*, 2014, **21**(1): 21-27
- [24] Matsumoto N, Kawaguchi J. Negative item memory and associative memory: influences of working memory capacity, anxiety sensitivity, and looming cognition. *J Behav Ther Exp Psychiatry*, 2020, **68**: 101569
- [25] Mao W B, An S, Yang X F. The effects of goal relevance and perceptual features on emotional items and associative memory. *Front Physiol*, 2017, **8**: 1223
- [26] Madan C R, Knight A G, Kensinger E A, *et al.* Affect enhances object-background associations: evidence from behaviour and mathematical modelling. *Cogn Emot*, 2020, **34**(5): 960-969
- [27] Steinmetz K R M, Knight A G, Kensinger E A. Neutral details associated with emotional events are encoded: evidence from a cued recall paradigm. *Cogn Emot*, 2016, **30**(7): 1352-1360
- [28] Kensinger E A, Piguot O, Krendl A C, *et al.* Memory for contextual details: effects of emotion and aging. *Psychol Aging*, 2005, **20**(2): 241-250
- [29] Steinmetz K R M, Kensinger E A. The emotion-induced memory trade-off: more than an effect of overt attention?. *Mem Cognit*, 2012, **41**(1): 69-81
- [30] Payne J D, Stickgold R, Swanberg K, *et al.* Sleep preferentially enhances memory for emotional components of scenes. *Psychol Sci*, 2008, **19**(8): 781-788
- [31] Payne J D, Chambers A M, Kensinger E A. Sleep promotes lasting changes in selective memory for emotional scenes. *Front Integr Neurosci*, 2012, **6**: 108
- [32] Payne J D, Kensinger E A, Wamsley E J, *et al.* Napping and the selective consolidation of negative aspects of scenes. *Emotion*, 2015, **15**(2): 176-186
- [33] Alger S E, Kensinger E A, Payne J D. Preferential consolidation of emotionally salient information during a nap is preserved in middle age. *Neurobiol Aging*, 2018, **68**: 34-47
- [34] Cunningham T J, Mattingly S M, Tlaltenchi A, *et al.* Higher post-encoding cortisol benefits the selective consolidation of emotional aspects of memory. *Neurobiol Learn Mem*, 2021, **180**: 107411
- [35] Kim S Y, Payne J D. Neural correlates of sleep, stress, and selective memory consolidation. *Curr Opin Behav Sci*, 2020, **33**: 57-64
- [36] Goldschmied J R. How Sleep Shapes Emotion Regulation. *Sleep, Personality, and Social Behavior*. Cham: Springer, Cham. 2019: 83-97
- [37] Madan C R, Scott S M E, Kensinger E A. Positive emotion enhances association-memory. *Emotion*, 2019, **19**(4): 733-740
- [38] Dougal S, Phelps E A, Davachi L. The role of medial temporal lobe in item recognition and source recollection of emotional stimuli. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2007, **7**(3): 233-242
- [39] Talmi D, Anderson A K, Riggs L, *et al.* Immediate memory consequences of the effect of emotion on attention to pictures. *Learn Mem*, 2008, **15**(3): 172-182
- [40] Waring J D, Kensinger E A. How emotion leads to selective memory: neuroimaging evidence. *Neuropsychologia*, 2011, **49**(7): 1831-1842
- [41] Loftus E F, Loftus G R, Messo J. Some facts about "weapon focus". *Law Hum Behav*, 1987, **11**(1): 55-62
- [42] Chun M M, Golomb J D, Turk-Browne N B. A taxonomy of external and internal attention. *Annu Rev Psychol*, 2011, **62**(1): 73-101
- [43] Mickley Steinmetz K R, Waring J D, Kensinger E A. The effect of divided attention on emotion-induced memory narrowing. *Cogn Emot*, 2014, **28**(5): 881-892
- [44] Dolcos F, Denkova E. Dissociating between enhancing and impairing effects of emotion on cognition. *Sante Ment Que*, 2016, **41**(1): 15-34

- [45] Fredrickson B L. The role of positive emotions in positive psychology: the broaden-and-build theory of positive emotions. *Am Psychol*, 2001, **56**(3): 218-226
- [46] Huppert F A, Baylis N, Keverne B, *et al.* The broaden-and-build theory of positive emotions. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2004, **359**(1449): 1367-1378
- [47] Higgins E, Leininger M, Rayner K. Eye movements when viewing advertisements. *Front Physiol*, 2014, **5**: 210
- [48] Christianson S A. Emotional stress and eyewitness memory: a critical review. *Psychol Bull*, 1992, **112**(2): 284-309
- [49] Shiffrin R D, Schneider W. Controlled and automatic human information processing, II: perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychol Rev*, 1977, **84**(2): 127-190
- [50] Maddox G B, Naveh-Benjamin M, Old S, *et al.* The role of attention in the associative binding of emotionally arousing words. *Psychon Bull Rev*, 2012, **19**(6): 1128-1134
- [51] Yick Y Y, Buratto L G, Schaefer A. The effects of negative emotion on encoding-related neural activity predicting item and source recognition. *Neuropsychologia*, 2015, **73**: 48-59
- [52] Moors A, De Houwer J. Automaticity: a theoretical and conceptual analysis. *Psychol Bull*, 2006, **132**(2): 297-326
- [53] Touryan S R, Marian D E, Shimamura A P. Effect of negative emotional pictures on associative memory for peripheral information. *Memory*, 2007, **15**(2): 154-166
- [54] Liu D, Wang L, Wang Y, *et al.* Conscious access to suppressed threatening information is modulated by working memory. *Psychol Sci*, 2016, **27**(11): 1419-1427
- [55] Anderson A K, Christoff K, Panitz D, *et al.* Neural correlates of the automatic processing of threat facial signals. *J Neurosci*, 2003, **23**(13): 5627-5633
- [56] Hung Y, Smith M L, Bayle D J, *et al.* Unattended emotional faces elicit early lateralized amygdala-frontal and fusiform activations. *Neuroimage*, 2010, **50**(2): 727-733
- [57] Ládavas E, Bertini C. Right hemisphere dominance for unconscious emotionally salient stimuli. *Brain Sci*, 2021, **11**(7): 823
- [58] Framorando D, Moses E, Legrand L, *et al.* Rapid processing of fearful faces relies on the right amygdala: evidence from individuals undergoing unilateral temporal lobectomy. *Sci Rep*, 2021, **11**(1): 426
- [59] Faivre N, Charron S, Roux P, *et al.* Nonconscious emotional processing involves distinct neural pathways for pictures and videos. *Neuropsychologia*, 2012, **50**(14): 3736-3744
- [60] Troiani V, Price E T, Schultz R T. Unseen fearful faces promote amygdala guidance of attention. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 2014, **9**(2): 133-140
- [61] Balconi M, Ferrari C. Subliminal and supraliminal processing of facial expression of emotions: brain oscillation in the left/right frontal area. *Brain Sci*, 2012, **2**(2): 85-100
- [62] Tao D, He Z, Lin Y, *et al.* Where does fear originate in the brain? A coordinate-based meta-analysis of explicit and implicit fear processing. *Neuroimage*, 2021, **227**: 117686
- [63] Adolphs R, Tranel D, Buchanan T W. Amygdala damage impairs emotional memory for gist but not details of complex stimuli. *Nat Neurosci*, 2005, **8**(4): 512-518
- [64] Payne J D, Kensinger E A. Sleep leads to changes in the emotional memory trace: evidence from fMRI. *J Cogn Neurosci*, 2011, **23**(6): 1285-1297
- [65] Bowen H J, Kark S M, Kensinger E A. NEVER forget: negative emotional valence enhances recapitulation. *Psychon Bull Rev*, 2017, **25**(3): 870-891
- [66] Pierguidi L, Righi S, Gronchi G, *et al.* Emotional contexts modulate intentional memory suppression of neutral faces: insights from ERPs. *Int J Psychophysiol*, 2016, **106**: 1-13
- [67] Jaeger A, Johnson J D, Corona M, *et al.* ERP correlates of the incidental retrieval of emotional information: effects of study-test delay. *Brain Res*, 2009, **1269**: 105-113
- [68] Smith A P R, Dolan R J, Rugg M D. Event-related potential correlates of the retrieval of emotional and nonemotional context. *J Cogn Neurosci*, 2004, **16**(5): 760-775
- [69] Van Den Stock J, De Gelder B. Emotional information in body and background hampers recognition memory for faces. *Neurobiol Learn Mem*, 2012, **97**(3): 321-325
- [70] Hurlmann R. Noradrenergic control of emotion-induced amnesia and hypermnesia. *Rev Neurosci*, 2006, **17**(5): 525-532
- [71] Schlüter H, Hackländer R P, Bermeitinger C. Emotional oddball: a review on memory effects. *Psychon Bull Rev*, 2019, **26**(5): 1472-1502
- [72] Hurlmann R, Hawellek B, Matusch A, *et al.* Noradrenergic modulation of emotion-induced forgetting and remembering. *J Neurosci*, 2005, **25**(27): 6343-6349
- [73] Knight M, Mather M. Reconciling findings of emotion-induced memory enhancement and impairment of preceding items. *Emotion*, 2009, **9**(6): 763-781
- [74] Mickley Steinmetz K R, Scott L A, Smith D, *et al.* The effects of trauma exposure and posttraumatic stress disorder (PTSD) on the emotion-induced memory trade-off. *Front Integr Neurosci*, 2012, **6**: 34

Emotion-induced Memory Trade-offs and Memory Broadening: The Cognitive and Neural Mechanisms*

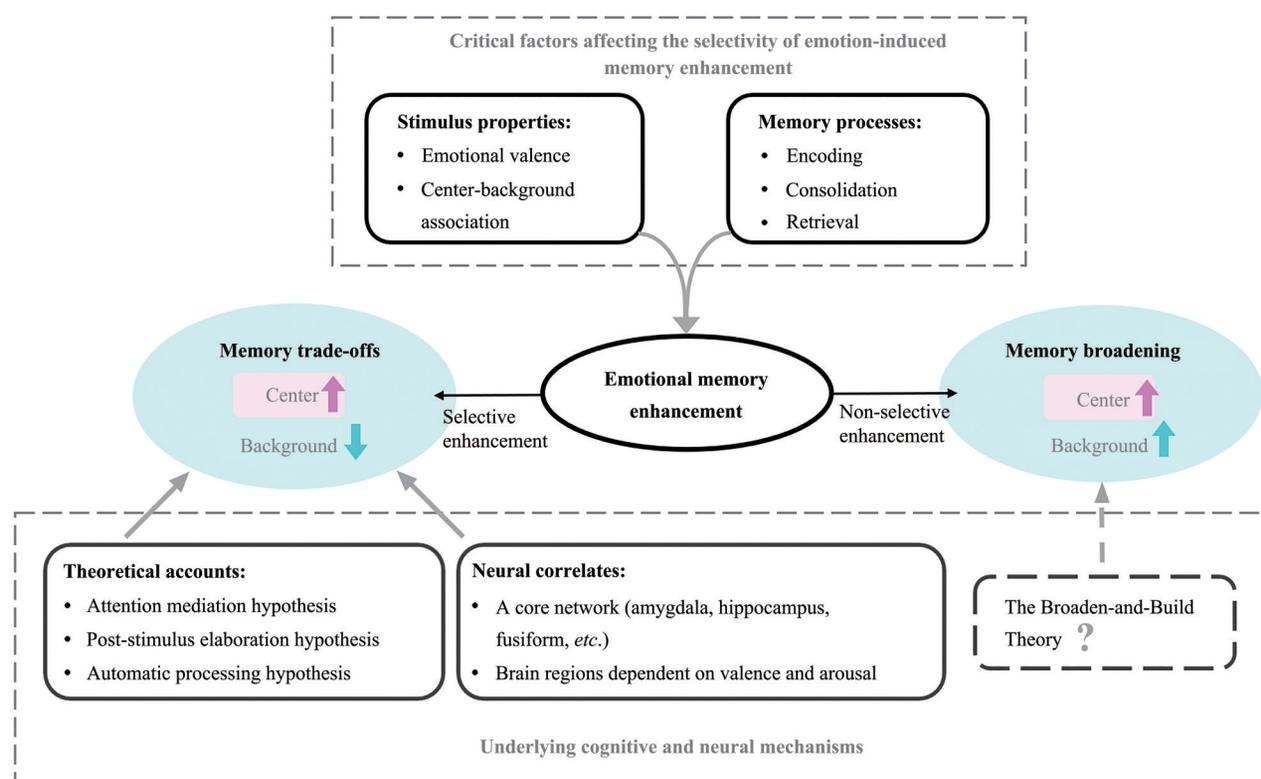
FAN Chen-Xuan^{1,2,3}, CHEN Yu-Jie^{1,2,3}, WANG Ying^{1,2,3}**, JIANG Yi^{1,2,3}

⁽¹⁾State Key Laboratory of Brain and Cognitive Science, CAS Center for Excellence in Brain Science and Intelligence Technology, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

⁽²⁾Department of Psychology, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

⁽³⁾Chinese Institute for Brain Research, Beijing 102206, China)

Graphical abstract



Abstract Emotional pictures are generally better remembered than neutral ones. However, in recent years, researchers have proposed that this emotional memory enhancement is not a unitary phenomenon but a compound process involving two opposite effects, especially when the memorized picture is a complex scene. On the one

* This work was supported by grants from The National Natural Science Foundation of China (32171059, 31830037), the Ministry of Science and Technology of China (2021ZD0204200), the Strategic Priority Research Program (XDB32010300), the Key Research Program of Frontier Sciences (QYZDB-SSW-SMC030), the Youth Innovation Promotion Association of the Chinese Academy of Sciences, and the Fundamental Research Funds for the Central Universities.

** Corresponding author.

Tel: 86-10-64871238, E-mail: wangying@psych.ac.cn

Received: December 14, 2021 Accepted: April 22, 2022

hand, emotional information may selectively enhance the memory of the emotionally arousing central item within the scene while impairing the memory of the peripheral background, leading to the “emotion-induced memory trade-offs”. On the other hand, emotion can enhance memory in a non-selective manner across central and background information, resulting in the “emotion-induced memory broadening”. Studies show that the occurrences of these two effects hinge on various factors related to stimulus properties and memory processes. As to the stimulus-relevant factors, memorized stimuli with negative and positive valences are more likely to drive the trade-offs and the broadening effects, respectively. Moreover, the intensity of the center-background association within the affective scene can also influence the selectivity of memory enhancement. Concerning the memory processes, task manipulations at the encoding (*e. g.*, passive viewing *vs.* strategic processing), consolidation (*e. g.*, sleep *vs.* no sleep), and retrieval (*e. g.*, recognition *vs.* cued-recall) phases may differently affect the selectivity of emotion-induced memory enhancement. Hitherto, the cognitive and neural mechanisms underlying the emotional memory trade-offs and broadening effects remain unclear. There is a debate on whether the memory trade-offs effect is an automatic process independent of attention narrowing and post-stimulus elaboration. Besides, a few studies reveal that a core neural network involving the amygdala, hippocampus, fusiform, temporal pole, and inferior frontal gyrus is associated with the trade-offs effect, with the activation of some other brain regions dependent on valence and arousal levels of the stimuli. Further research needs to compare the mechanisms of the emotion-induced memory broadening with those of the trade-offs at both behavioral and neural levels, particularly taking a closer look at the automaticity of and the forms of memory representations involved in these effects. In addition, extending these effects from spatial to other (*e. g.*, temporal) dimensions may help elucidate how emotional signals selectively enhance the memory of complex scenes from different perspectives.

Key words emotion, memory trade-offs, memory broadening, central memory, background memory

DOI: 10.16476/j.pibb.2021.0390