

书面语言中情绪信息的加工

曹阳^{1,2}, 王琳^{1,3,4*}

1. 中国科学院心理研究所行为科学重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学心理学系, 北京 100049;

3. Department of Psychology, Tufts University, Medford, Massachusetts, MA 02155, USA;

4. Department of Psychiatry, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Charlestown, MA 02129, USA

* 联系人, E-mail: wanglinsisi@gmail.com

2017-08-15 收稿, 2017-09-28 修回, 2017-09-28 接受, 2017-12-18 网络版发表

国家自然科学基金(31200849)和中国科学院心理研究所优秀青年研究者基金(Y4CX152008)资助

摘要 语言不仅能够表达概念信息, 也能承载情绪信息. 研究语言中蕴含的情绪信息加工, 对情感神经科学和语言理解的研究都具有重要意义. 行为学、脑电和磁共振成像的研究表明, 在不同加工阶段, 情绪词中情绪信息的加工既表现出自动化加工又表现出控制性加工; 情绪词语加工具有优先性和优势性, 词汇加工的网络受到了情绪加工网络的影响. 当情绪词出现在句子中时, 情绪凸显性使情绪词语的加工优先于句子水平上的语义加工. 另外, 句子水平上情绪信息加工的研究发现, 情绪性句子可以激活情绪加工相关的脑区, 并且相比中性句子可以更强烈地激活语言加工相关的脑区. 因此, 语言网络与情绪网络有着复杂的联系.

关键词 情绪, 语言, 自动加工, 控制加工, 优先性, 交互作用

面对来自外界的信息时, 相对于中性的刺激信息而言人类往往更倾向于优先探测和识别那些与情绪相关的刺激信息^[1]. 文字是情绪信息的重要载体. 以往的研究对阅读的语义加工本身进行了大量探讨, 然而对文字所承载的情绪信息究竟在什么时候、怎样影响和作用于言语活动(如阅读)的讨论, 仍只是初见端倪. 我们如何加工书面语言中的情绪信息, 对情感神经科学和语言理解来说都是一个重要的问题. 本文将对书面语言中情绪信息加工相关的研究进行综述.

19世纪, 著名的临床医生John Hughlings Jackson(1874年)就已经发现, 大脑左半球受损的失语症患者可以产生咒骂性的言语和偶尔说出情绪性的词语, 这使人们注意到具有情绪意义的语言和中性语言的加工可能具有差别. 由于对患者研究的发现以及对大脑左右半球分工认识的局限, 一些研究开始

围绕语言的情绪性效应是否是大脑右半球优势的展开, 一般通过研究单侧大脑受损的患者和采用单侧视野呈现范式^[2~10]进行. 但是, 只有很少的研究发现了严格的右半球优势效应^[2,3,6,7]. 随后, 研究人员对右半球优势假说提出了质疑. Blonder等人^[11]的研究发现, 右半球受损的患者在推测描述特定情境的句子中承载的情绪信息时并没有表现出与左半球受损被试以及正常对照组被试的差异. 随着功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)技术的出现, 研究者对情绪词的研究结果大多数指向了双侧杏仁核的参与, 尤其是左侧杏仁核对情绪词加工的参与^[12]. 现在对情绪语言加工的研究已然淡化了左右脑分工的视角, 主要研究语言中蕴含的情绪信息如何影响语言的加工. 本文将从情绪信息在情绪词和情绪语句/语篇两个水平上的加工进行综述.

引用格式: 曹阳, 王琳. 书面语言中情绪信息的加工. 科学通报, 2018, 63: 148–163

Cao Y, Wang L. Processing of emotional information in written language (in Chinese). Chin Sci Bull, 2018, 63: 148–163, doi: 10.1360/N972017-00701

1 情绪词研究

词语和词缀是最小的语义单元, 词汇加工是句子构建和言语表征的基石. 而情绪词同时存在概念信息和情绪信息, 比如蛇, 既传达了概念信息(如, 一种爬行动物, 长条形的), 也承载了情绪意义(如, 高唤醒度的, 负性的). 情绪词为对书面语言中情绪信息加工的研究提供了便利. 早在1907年, 语言学家van Ginneken就曾建议语言学研究应该关注语言的表达意义(expressive semantics), 而不单纯是理性意义(rational semantics). 然而, 已有的词汇加工理论和模型都是“纯认知”的, 忽视了情绪的因素. 因此, 对情绪词研究的成果对词汇加工模型有一定的意义.

以往研究在使用“情绪词”一词时, 一般是指表示某种特定情绪反应的词(如快乐、伤心等), 以及具有情绪内涵的词(如战争、奖赏等). 情绪研究的理论有很多, 情绪词的研究一般是在情绪的维度框架^[13]下进行的, 即将情绪划分为两个维度: 效价和唤醒度. 效价指开心或不开心, 积极或消极; 唤醒度是指生理唤起水平, 高度唤醒或者平静状态. 情绪词承载语义信息的同时也富有情绪意义, 因而也具有效价和唤醒度两个方面的信息. 下文将介绍对情绪词语中情绪信息的自动化加工和控制性加工, 以及情绪性和词汇加工的交互作用.

1.1 情绪词语加工的自动化和控制性加工

(i) 情绪词语的自动化加工. 在认知心理学的研究中, 有一些研究将语义信息和情绪信息看作词汇加工的两个独立维度, 从“分离”的角度来对这两种信息的加工进行探索. 很多行为研究采用语义启动范式和情绪启动范式来研究词语中包含的语义信息和情绪信息的加工. 语义启动是指, 当相继呈现的两个词语存在语义联系时, 先前呈现的词语(如“护士”)会明显地促进对后续的语义关联词(如“医生”)的加工. 对于情绪词的情绪启动研究发现, 情绪启动词与随后出现的目标词效价相同时(如“阳光”), 相比于效价相反时的情况(如“死亡”), 目标词(如“爱”)的加工会更快更准确. 情绪启动效应(尤其是阈下启动^[14,15])的研究结果表明, 词的情绪信息可以被自动激活, 并对后续的认知活动产生影响. 有研究者据此认为, 情绪词的情绪意义的获得早于概念意义的获

得^[16](相反意见见文献[17]).

情绪启动效应来源于情绪信息的自动化加工的论断主要是基于操纵SOA (stimulus onset asynchrony, 启动词和目标词之间的时间间隔)的研究, 情绪启动效应一般发生在短的SOA下. 与语义的启动效应出现在较短到较长的SOA连续区间中(0~1000 ms)不同, 很多研究发现, 情绪启动效应一般发生在短于300 ms的条件下. 例如, Hermans等人^[16]采用被试内设计和5种SOA水平(-150, 0, 150, 300和450 ms), 以情绪词作为启动和目标刺激, 结果发现只有在SOA等于0和150 ms时, 出现了显著的情绪启动效应, 在其他SOA条件下, 情绪启动效应不显著. 刘宏艳等人^[18]使用情绪词(如“暴君”, 既包含概念义“国王”, 又包含情绪义“残酷”), 操纵不同的SOA (50和300 ms), 同时考察概念启动和情绪启动效应. 结果在短SOA下(50 ms), 词语的语义启动和情绪启动效应均显著, 且两者之间没有显著差异; 在长SOA下(300 ms), 只发现了显著的语义启动效应, 没有发现情绪启动效应. 语义启动可以出现在较短到较长的SOA连续区间中, 而情绪启动一般只出现在较短的SOA条件下, 这被认为反映了语义加工同时包含了自动化加工过程和控制性加工过程^[19], 而情绪加工是一种自动化的加工过程^[16,18,20,21].

情绪词中包含的情绪信息可以自动激活, 并对注意和记忆有调控作用. 在数字奇偶性判断的任务中, 屏幕中央呈现1个单词, 两侧各呈现1个数字, 让被试判断这两个数字的奇偶性是否相同. 当屏幕中央呈现的词是情绪词时, 被试的反应时会显著长于中性词条件^[22,23]. 研究者认为, 情绪词能够自动地获取更多的注意资源, 使得分配到其他任务中的注意资源变少, 因此完成任务的反应时变长. 此外, 情绪词还能影响注意瞬脱(attentional blink, AB)效应的大小. 在注意瞬脱现象中, 当第2个目标刺激是情绪词时^[24], 或当第1个目标刺激是中性词时^[25], 第2个目标的注意瞬脱效应就会明显减小. 以上研究说明, 情绪词能够自动捕获更多注意, 情绪词的加工具有优先性. 记忆相关的研究中也发现, 不管是在自由回忆任务中还是在再认任务中, 情绪词被正确报告的概率都显著大于中性词^[26-28]. 因为好的记忆效果一般与信息的深层分析有关, 因此可以推断出情绪词比中性词获得了更深层次的加工.

事件相关电位(event-related potential, ERP)技术

可以很好地研究情绪性语言在线(on-line)加工过程中随时间展开的子过程(subprocesses)。来自ERP实验方面的证据表明,情绪词和中性词在加工早期(300 ms以前)就表现出了ERP差异。比如,情绪词相对于中性词在100 ms左右的P1/N1成分上就表现出了差异^[29-33]。传统理论认为,在词呈现最初150~200 ms之内,进行的是对书面词汇的特定知觉特征提取的加工^[34,35]。一些研究者认为,情绪词在P1/N1上的效应反映了对情绪词增强的知觉加工过程^[30,32]。另外,情绪词在P2成分^[5,36,37]和早期后部负波(early posterior negativity, EPN, 开始于200~350 ms, 在后部电极明显)^[38-42]上的效应被一些研究者认为是由于情绪词对注意资源的自动捕获。因为P2成分被认为反映了视觉信息(词形)与语义知识的匹配过程^[43],也有研究者认为情绪词的P2效应反映了对情绪词增强的词汇-语义通达过程^[37]。情绪词的EPN效应不受实验任务影响,可以出现在浅层、结构加工任务以及需要词汇或语义加工的任务或者外显的情绪判断任务上。

传统的序列加工模型认为,在词呈现最初150~200 ms之内,只有书面词汇的特定知觉特征提取,没有语义相关的特征提取^[34,35,44]。为了解释这种早于词汇通达的情绪效应,研究者们从两个角度进行了研究。第一种角度是词汇识别可能比序列加工模型里提出的要快,语义特征可以影响纹外视皮层的知觉加工^[45]。另一种角度是如此快速的情绪效应可能来源于非语言机制,因此并不需要快速的词汇通达。情绪词激活了不依赖于语言系统的、特异的皮层下通路^[46,47],或者早期的情绪效应来源于词形和情绪内涵间的、不依赖于语言系统的条件化联系^[48,49]。

已有研究表明,情绪词激活了特异的皮层下通路^[46,47]。情绪加工的快速通道可能和杏仁核有密切关系。杏仁核是情绪加工,尤其是恐惧(fear)和攻击(aggression)加工的重要脑区。研究发现,负性词语可以激活杏仁核^[50-52]。不仅如此,正性词可以和负性词一样激活杏仁核^[53-56]。甚至有少数的研究发现,在默读任务中,积极形容词相对负性和中性形容词更强地激活了左侧杏仁核和纹外视皮层^[57]。Herbert等人^[57]认为,可能如Sander等人^[58](2003年)提出的,杏仁核执行的是一种动态的“相关性探测(relevance detection)”的功能。杏仁核唤起我们对不利的和愉悦的刺激的警醒(alert),但是它会纳入内环境(internal milieu)以及环境信息和个体需求的信息。健康被试

通常处于良好的心境之中,所以正性刺激就显得更为相关^[58]。对情绪词的研究不仅发现了杏仁核的激活,也发现了以往在情绪图片、情绪表情的研究中所发现的,情绪刺激相对中性刺激可以更强地激活视觉区^[52,59]。视觉皮层对情绪刺激增强的反应可能来自于杏仁核与视觉皮层之间的双向投射联系所带来的重入机制(re-entrant mechanism)^[60]。Isenberg等人^[50]最早使用磁共振成像技术研究杏仁核在语言线索情绪信息加工中的作用。他们使用以不同颜色呈现的威胁相关词(如“death”, “threat”, “suffocate”)和中性词(如“desk”, “sweater”, “consider”),让被试判断词汇的颜色。结果发现,被试在命名威胁词呈现时的书写颜色时,双侧杏仁核的激活程度显著强于命名中性词的颜色时的激活,同时,与杏仁核相联系的感觉评估(sensory-evaluative)和运动计划(motor-planning)相关的脑区也有显著的激活。研究验证了以往对情绪图片和表情研究中发现的杏仁核对情绪性刺激知觉和反应过程的调控作用,也表明了杏仁核在新进化出的语言功能中的情绪评估作用^[50]。杏仁核的活动一般被认为反映了一种自动的、较少受认知调节的(cognitively mediated)情绪反应^[61,62]。

也有研究提出,早期的情绪效应可能来源于词形和情绪内涵的条件化联系^[48,49]。Fritsch和Kuchinke^[63]在2013年的一项研究中使用假词。他们让被试对可以发音的假词以及情绪性或者中性图片进行连续5天的配对学习,在之后的词汇判断任务(lexical decision task, LDT)中,与情绪图片配对的假词以及与中性图片配对的假词在假词刺激呈现的80~120 ms时间窗内,就表现出了ERP波幅的差异。他们把实验结果解释为假词的词形与情绪信息配对的条件化作用(conditioning)。随后, Kuchinke等人^[49]发现,情绪词只有以熟悉的字体呈现时才与中性词在P1成分上有差异,而字体(词形)并不影响情绪的晚期效应。Ponz等人^[64]同时记录头皮电极和颅内电极,来考察情绪词加工的时空特征。研究者使用恶心相关的情绪词,将颅内电极放在与恶心情绪加工相关的前部脑岛。头皮电极和颅内电极均记录到,早在刺激出现后的200 ms,恶心相关词和中性词之间就表现出了脑电差异。研究者认为如此快速的反应说明了情绪反应不是产生在语义系统内部的,情绪反应不需要在语义激活之后,负责加工其他刺激(如表情、气味)中包含情绪信息的情绪系统同样负责加工语言中包含的

情绪信息(相反意见见参见文献[65]). Keuper等人^[48]同时记录词汇阅读中EEG和MEG信号,来考察情绪信息影响词语加工的时空特征.积极词相较于中性词诱发的更大的P1(80~120 ms)主要涉及语言加工相关的脑区(左侧的颞中回和额下回)以及和注意分配有关的后部结构(枕叶和顶叶),随后有一个右侧分布的P2(150~190 ms);消极词只诱发了一个更大的P1,涉及前额叶,包括前扣带皮层.研究者把结果解释为,在词汇习得时,情绪词的词形就被打上了情绪标签(emotional tagging),这些标签使得我们在加工词语时采用了不同的加工策略:对积极词进行更多的词汇分析(lexical analysis),对消极词唤起快速的、独立于语言加工过程的警醒^[48].结果也表明,人脑对积极效价和消极效价的加工不是一个独立维度上的两端.

综上所述,较短SOA条件下出现的情绪启动效应、ERP研究中发现的不受实验任务调控的早期效应以及fMRI研究中发现的皮层下结构的激活,反映了对情绪词语的自动化加工的过程.

情绪词语可能由于词形和情绪内涵的条件化联系,激活了对情绪信息自动起反应的皮层下结构(如:杏仁核).杏仁核通过和视觉皮层(包括梭状回)之间的投射提高了视觉皮层的活动水平,增强了对情绪词的视觉加工;杏仁核通过投射到注意分配有关的结构,使得情绪词获得了更多的加工资源.

(ii) 情绪词语的控制性加工.情绪启动效应受到了实验任务的影响被认为在一定程度上反映了对情绪信息的控制性加工.情绪词的情绪启动效应多出现在情感评估(emotional evaluation)任务中^[16,21,66,67],而当任务要求指向非情感维度,如词汇的语义概念维度时,就没有明显的情绪启动效应了^[19,67],或者效应量明显减小^[66].在Klinger等人^[67]的一项掩蔽启动实验中,两组被试对相同的实验材料完成不同的实验任务:一组被试需要对目标词进行情绪效价判断(如“RAT-BUNNY”),即判断目标词(“BUNNY”)是“积极”还是“消极”的;另一组被试需要对目标词进行语义范畴判断,即判断目标词表示的是“生命体”还是“非生命体”.结果发现,只有情绪效价判断任务下,出现了显著的情绪启动效应.

ERP研究中发现的晚期成分可能与情绪词语控制性加工有关.有研究者发现,情绪词相对于中性词会诱发更小的N400^[5,37],因为N400是一个反映语义加工难易程度的指标,更小的N400表明情绪词的语

义加工更容易.晚期正波(late positive component, LPC)也与情绪词的加工有关.比如,有研究发现情绪词相对于中性词会诱发更大的LPC的^[5,68,69].情绪效价对于LPC效应也存在一定的影响.有的研究发现只有消极词具有LPC效应^[29],而有的研究发现只有积极词具有LPC效应^[36,39].情绪词研究中发现的LPC效应受到了实验任务的影响.LPC效应受到加工深度的影响:当任务与情绪内涵或语义加工相关时(如情绪评估、语义判断),更容易发现情绪词的LPC效应;当任务要求进行浅层加工(如判断大小写是否一致)时,则没有情绪词的LPC效应^[70].另外,LPC效应受到注意水平的影响:任务指向的一组词表现出了更大的情绪的LPC效应^[36,39].实验任务甚至可以影响LPC效应的方向,因此情绪词诱发的LPC效应被认为反映了情绪加工中反思性评价系统的活动(reflective evaluating system),而不是自动化评价系统的活动(automatic evaluating system)^[71,72].LPC还反映了持续注意、刺激评价或记忆编码所需要的认知加工负荷^[73].因此,情绪词研究中的LPC效应可能反映了对情绪信息更为控制的、外显的加工.

而情绪词加工的优势性,如可以获得更好的记忆,可能是因为对情绪词的加工唤起了更多脑区的激活.脑成像的研究发现,除了杏仁核,情绪词语的加工还激活了对情绪刺激起反应的、涉及更高层心理加工(high-order mental processes)的脑区,如与外显的(explicit)情绪评估和记忆相关的内侧前额叶、后扣带皮层和与注意控制、冲突监控以及情绪反应调节有关的前扣带皮层等脑区^[54,55,74~76],这些脑区的激活都反映了对情绪词的控制性加工的过程.

综上所述,情绪效应受到了实验任务的影响,并且激活了高层心理加工的脑区,反映了对情绪词的控制性加工的过程.

可能由于情绪信息对人生存的意义,使得情绪词出现时唤起了更多脑区,与注意控制、记忆等相关的高级脑区的激活,使得情绪词语获得了持续的加工资源.

目前对情绪与认知这两大基本系统的关系的认识有限,情绪意义是如何在语义记忆里进行表征的问题也还不清楚^[77].不同的研究基于不同的基本假设:情绪信息和概念信息是进行独立加工的^[78],或者,情绪加工附属或依赖语义加工^[45].还有研究者认为,词语中的情绪信息的效应仅仅来自语义丰富

性(semantic richness)^[79,80], 包含情绪信息的词语有更多的语义联结. 前文所综述的研究, 大多单独关注对情绪词语中情绪信息的加工, 没有在语义加工的背景里进行深入的探讨.

1.2 情绪词语加工中的情绪性和词汇加工的交互作用

情绪词中蕴含的情绪信息可以获得自动化和控制性加工, 它是如何与词汇通达产生交互作用的呢? 从前文提到的ERP研究结果可以看到, 情绪内涵可以改变视觉词汇加工的所有阶段的皮层反应: 视觉词形分析(到200 ms)、语义通达(200 ms左右)、注意资源的分配(300 ms左右)、语境分析(400 ms左右)、持续的加工和编码(500 ms左右).

不过, 情绪效应究竟发生在语言特异的加工过程的哪个阶段(词汇通达以前、词汇通达阶段、词汇通达以后)还不清楚. 有研究试图通过在词汇判断任务中, 同时操控词语的情绪效价和词汇(lexical)因素(如词频)或语义(semantic)因素(如具体性)来考察情绪因素作用于视觉词汇加工的哪个阶段. 他们认为, 如果情绪效应作用于早期的词汇通达阶段, 那么应该可以得到情绪和词汇因素的交互作用; 如果是作用于后期的语义通达过程, 则应该是出现情绪和语义因素的交互作用. 另外, 如果这些交互作用刚好出现在了某些特定的时间阶段(如EPN或者LPC), 我们就能对这些ERPs成分反映的加工过程有更具体的认识. Scott等人^[32]研究发现, 在N1 (135~180 ms)成分上出现了情绪性和词频的显著的交互作用: 只有高频的负性词相较中性词诱发了一个更大的N1. 他们据此推测, 词语的情绪性效应发生在词汇通达阶段. 而Palazova等人^[81]通过对包含或不包含情绪意义的形容词、名词与动词进行词汇判断任务发现, 情绪性形容词和情绪性名词的EPN效应的出现要早于情绪性动词的EPN效应. 他们由此得出, 词语的情绪性效应发生在词汇通达以后. 从上文介绍的研究结果可以看出, 词语单独呈现时, 情绪词与中性词就有了即时加工的差异, 且这种差异可以出现在非常早期的加工阶段. 不过, 情绪效应究竟发生在词语加工的哪个阶段, 是词汇通达以前, 还是词汇通达阶段, 还是词汇通达以后还不清楚.

功能性磁共振成像(fMRI)技术诞生以来, 研究者进行了大量的关于词汇加工的研究, 取得了许多

成果. 在此基础上, 提出了多个词汇加工的认知神经模型. 但是, 这些模型都是基于局部定位的观点, 寻找词汇的形、音、义加工对应的脑区, 是纯认知的. 近年来, 情感神经科学的研究表明, 词汇阅读受到了情绪因素的影响. 词汇阅读的神经网络受到了其他网络(如情绪网络)的影响. 词语中蕴含的情绪信息不仅激活了情绪相关的脑区, 而且影响词汇阅读自身加工的网络.

对情绪词的fMRI研究发现, 情绪词相较于中性词可以更强地激活与语言加工相关的脑区, 包括左侧梭状回^[52,82]、角回^[52,83]以及左侧额下回和/或颞中回^[52,76,84~86]. Liu等人^[87]2012年的一项研究将情绪词中的概念信息和情感信息剥离开来, 直接对比了语义启动和情绪启动的神经机制. 他们使用同时包含概念信息和情感信息的情绪词(“暴君”)作为目标词, 对比在短的SOA(50 ms)条件下, 与目标词概念信息相关的词语(“国王”)对目标词的概念启动, 和与目标词情绪信息相关的词语(“残酷”)对目标词的情绪启动. 结果发现, 两种启动都与左侧的颞中回和颞上回相关, 反映了一种一般的词汇-语义加工过程, 而左侧的额下回和右侧的颞上回特异地与概念启动相关, 左侧的梭状回和左侧的脑岛与情绪启动相关. 两种启动的神经机制既有分离又有重合. Luo等人^[82]采用掩蔽重复启动范式, 在呈现积极、消极或中性的目标词前, 阈下呈现与目标词相同的词或者与目标词无关的词, 让被试对目标词进行知觉判断任务. 结果发现, 在大脑的左侧梭状回区域, 积极词和消极词有显著的阈下重复启动效应: 大脑的激活水平随着刺激的重复出现而下降, 而没有发现对于中性词的显著的阈下启动效应. 左侧梭状回是视觉词汇识别相关的脑区. 情绪词语阈下呈现便可激活左侧梭状回, 从而表现出对目标词的适应, 似乎反映了对情绪词更强的知觉特征分析. Hsu等人^[83]的研究发现, 情绪词相比中性词更多地激活了角回, 角回被认为是与语义加工和词汇理解有关的脑区. Kuchinke等人^[76]使用词汇判断任务发现, 情绪词相较中性词更多地激活了左侧眶额回和双侧额下回; 积极词与消极词相比更多地激活了情绪加工相关的脑区, 如前部和后部扣带皮层、海马; 消极词与中性词相比, 更多地激活了右侧的额下回; 积极词与中性词相比, 显著提高了左侧的眶额叶皮层和双侧的颞中回的激活水平. 左侧额下回被认为是语言加工的重要脑区, 而颞中回

被认为是与语义提取相关的脑区,研究发现的情绪词比中性词更强的激活左侧额下回和/或颞中回^[76,84-86]可能反映了对情绪词更强的语义加工.情绪词相较于中性词更强地激活了语言加工相关的脑区,反映了词语的情绪性影响了词汇阅读自身加工的网络.

综上所述,情绪内涵可以改变视觉词汇加工的所有阶段的皮层反应.情绪词语相对中性词,既可以激活相对来说自动的、较少受认知调节的情绪加工脑区,也可以更多地激活对情绪刺激起反应的、与外显的情绪评估、记忆、注意控制、情绪反应调节等相关的高层心理活动的脑区,还可以影响词汇阅读自身加工的网络.情绪因素在词汇阅读过程中的很多阶段都表现出了调节作用.情绪词的加工相较中性词在很多加工阶段都表现出了优先性.

人们能够使用有限数量的词语和合并这些词语的规则,产生和理解无限数量的语句.因此,语言理解涉及到多个词语组合的整合,即将字词水平的信息块相互衔接,形成超越单个词意思的、更大的信息表征的过程.因此,我们同样应该关注词语在句子中的加工过程.

2 情绪性句子/语篇加工

一直以来,关于语言理解中句子理解的问题,心理学家更多的是围绕着句法分析和语义分析进行研究,侧重于信息加工的角度,对于句子/语篇中承载的情绪信息的加工关注得不多.情绪和情感是有机体适应生存和发展的一种重要方式,具有传递信息、沟通思想的功能.而语言对于这种功能的实现有重要作用.人们能够被听到或看到的文字感动或者唤醒.这些情绪情感体验是人们生活的重要组成部分.因此,研究语言理解中的情绪信息如何被激活具有重要的意义.句子水平上的情绪信息有不同的产生途径,一种较为直接的方式是通过包含描述情绪反应(如开心,伤心)或情绪性事件(如暗杀)的词语,另一种方式是通过中性词语的组合,如“那个男孩睡着了,没有再醒来”.已有的ERP研究,通过使用情绪词构造情绪性句子,考察语境中情绪信息的加工.而已有的fMRI研究中,除了使用没有严格控制情绪词包含的情绪性句子进行的研究外,还有研究通过使用中性词语组合成的情绪性句子,来剥离开情绪词本身的影响,去探究人们是如何获得语言中的内隐

情绪信息的.

2.1 情绪词在语境中加工的ERP研究

相较于词汇水平上的研究,在句子水平上去考察情绪加工的研究还比较少.而已有的相关研究本质上并不是以带有情绪性信息的句子本身为考察对象,而是以句子为语境,考察语境信息对情绪词加工的影响.

事实上,当情绪词出现在一个短语中时,它的加工就已经与单独出现时的加工不同了.Liu等人^[88]对形容词(正性的,负性的)加名词(正性的,中性的,负性的)组成的名词短语进行了研究.结果发现,对短语语境里的名词的情绪性评分相对同一个名词单独出现时的情绪性评分来说,偏向于形容词语境的效价,研究者认为这一结果反映了词语情绪含义的灵活性和相对的稳定性.Fischler等人^[89]对名词短语(形容词加名词)中的情绪词的加工进行了ERP的研究.组成短语的每个词语都包含积极、消极、中性3种效价,如“terrible suicide, slow suicide, happy suicide, dead puppy, dead tyrant”,每个序列中的短语中的两个词语先后呈现.当使用需要被试理解整个短语的任务时,即要求被试判断短语是否连贯,第一个词的ERP不受情绪意义的影响,只有在形容词所修饰的名词上才表现出情绪效应.当使用侧重于短语中单个词的任务时,即要求被试判断组成短语的两个词中是否包含表示工具或者服装的词时,两个词语都表现出了情绪效应,与单个词加工的ERP模式相同.由此可见,整个短语的加工并不是每一个词语的加工的总和,效价信息是存在于短语水平上的,而不是单个词语的水平上.类似地,Schacht等人^[90]进行的ERP研究使用名词加动词的短语,动词有积极、消极、中性3种效价,如“lover kiss, murder kill, mother call”.结果发现,相较于单独出现,当动词嵌入由单个名词提供的语境时,其情绪性效应要提前200 ms出现.以上实验结果都表明对词语组合的加工异于对单个词的加工^[91].

在句子水平上的研究中,有些研究发现了与独立情绪词语加工相似的ERP效应.少量研究发现了句子中的情绪词诱发了早期的N1, P2效应,这些早期的效应反映情绪词获得了更多的注意资源,促进了对它的知觉分析和词汇-语义编码过程^[92-94].也有研究发现了句中负性词比中性词^[95],负性词比正性词

和中性词^[96,97]诱发了更大的LPC, LPC可能反映了对注意资源的再分配来评估情绪信息^[98], 并且它可能对情绪的效价, 而非唤醒度, 更敏感^[95].

更多研究聚焦在语义整合所发生的时间窗口, 即N400效应. 有研究者在中性语境下操纵了情绪词的语义合理性, 如“The loved/gratuitous girl arrives”, “The ugly/square girl arrives”, “The oval/cooked mirror reflects”等, 这些研究只是发现了语义合理性和情绪性各自在N400窗口的主效应, 并没有发现关键词的情绪性和语义合理性的交互作用, 即关键词的情绪性并不影响语义违反时N400效应的大小^[99,100]. 研究结果似乎表明, 情绪加工和语义合理性加工是两个独立的过程. 近年来有研究发现情绪词所包含的情绪突显性可以超过深层的语义分析, 进一步在句子水平上表现出情绪加工的优先性^[96,101-103]. Wang等人^[102]的一项ERP研究操纵可以调控注意资源的语言线索, 结果显示, 情绪词的加工不受可以调控注意资源的语言线索的影响. 他们通过操纵问答句的形式, 考察了信息结构对情绪词句内整合的影响. 结果发现了情绪词和处于焦点位置的词都引发了更大的P2和N400效应, 而在N400窗口, 情绪性与信息结构之间存在一个交互作用, 即在句子整合的过程中, 信息结构只对中性词有影响, 而并未影响情绪词的语义整合. 研究者认为这可能是由于情绪词的突显性超过了信息结构对语义整合的影响. 在早期时间窗内情绪性和信息结构各自有主效应而没有交互效应, 可能反映了情绪信息的加工是高度自动化的并且独立于语境的. 操纵在情绪性语境下情绪词的语义合理性的研究发现, 当与前文的情绪语境出现语义违反的是情绪词时, 如“Lucy was a(n) awful/great engineer. Her creations were big failures/successes every time”^[96], “Seeing animal cruelty fills with me despair/peace/concern”^[101], “小马和小李都有一个弟弟. 小马经常打骂弟弟; 小李保护弟弟不被别人欺负. 弟弟很害怕/喜欢和小马在一起”^[103], 并没有诱发语义违反的经典的N400效应, 他们认为这是由于情绪信息的突显性使读者绕过了N400窗口的深层的语义分析. 情绪信息的加工是具有高度优先性的, 并且似乎可以独立于整合过程. 在情绪语境下, 情绪词的语义违反诱发的经典N400语义违反效应减小或者消失, 可能是由于语境和关键词在情绪维度上的匹配, 情绪维度相比其他语义维度获得了优先性. 根据情绪优先

假设(affective primacy hypothesis), 在情绪背景下, 绕过对新出现的情绪刺激的深层的语义分析是具有适应意义的. 情绪语境下对情绪义的优先通达使得人们产生一个快速的情绪反应, 进行相对表浅的语义加工^[104]. 情绪维度相比其他语义维度加工的优先性的证据还来自中性语境中情绪词的N400效应. Holt等人^[97]将情绪词或中性词置于中性语境中构造语义合理的句子, 并严格匹配了句子的合理性和关键词的预期性, 如“Colin decided to walk to the market. On the way, he saw a diamond/snake/button on the ground”, 结果发现, 情绪词相较中性词, 诱发了一个更大的N400. 因为关键词和语境在语义维度上的匹配, 他们认为这个更大的N400有可能是因为, 情绪词中情绪信息和中性语境在情绪维度上不匹配, 人们优先在情绪维度上进行了判断. 更大的N400反映了对情绪词更深的语义加工, 体现了情绪信息加工的优势性. 由此可见, 词语中包含的情绪信息影响了句子水平上的语义加工, 体现出了句子水平上情绪信息加工的优先性和优势性.

另外, 研究发现情绪信息对句子整合的影响是动态性的. 情绪词影响了句子中共现的中性词的在线编码过程. Ding等人^[92]通过操纵情绪性动词后的名词的正字法, 如“几个女孩侮辱/咨询店员/店员之后走了”, 发现正字法违反信息在中性动词后诱发了P2, N400效应, 而在情绪动词后, 对正字法违反信息的探测延后, 诱发的是LPC效应. 在另外一项研究中, Ding等人^[93]又操纵了情绪性动词后的名词的语义合适性, 比如, “夜里有人在工地盗窃/卸载钢筋/番茄吵醒了居民”. 结果发现, 语义违反信息在中性动词后诱发了N400和P600效应, 而在情绪动词后诱发了N400效应和一个减小了的P600的效应. 作者认为, 情绪动词相较中性动词捕获了更多的注意资源, 影响了对随后出现的词语的早期的字形分析以及对语义违反信息的再分析过程.

综合上文情绪词在语境中的加工的研究, 我们可以看到情绪词出现在句子中时, 依然可以获得更多的加工资源, 具有加工优势. 情绪词的情绪凸显性使之可以不受语言线索所调节的注意资源的影响, 甚至可以超过具体的语义分析, 进一步在句子水平上表现出对情绪信息加工的优先性和优势性, 并且情绪词对于句子加工的影响是动态性的, 可以影响与它共现的中性词的加工.

2.2 情绪性句子/语篇加工的磁共振成像研究

目前对于情绪性句子/语篇加工的fMRI研究还很少。这些已有研究大多不聚焦于句子中情绪信息的加工本身,而是使用情绪性句子来考察其他问题,比如视觉和语言信息在情绪感知中的交互作用^[105]、晚期双语者加工第二语言和母语中情绪信息时的差异^[106]、阅读时浸入式体验的神经机制^[107]、精神分裂患者与正常人在加工情绪性句子时的差异^[108]。我们拨开其他变量,单看句子中情绪信息的效应,发现,情绪性句子相比中性句子,表现出了加工优势。Holt等人^[108]使用通过情绪词赋予句子情绪性的材料,如“Sandra’s old boyfriend stopped by her apartment today. This time he brought a rose/gun/letter”,发现相较于中性句子,情绪性句子更多地激活了后部扣带回和内侧前额叶。这两个脑区都是默认网络(default network)的一部分,以往研究发现默认网络在进行内省心理活动(introspective mental activity)时更为活跃,由此作者认为这两个脑区的激活反映了情绪性句子获得了更多的内省加工。这一结果也支持了ERP研究中对情绪诱发的晚期正波的解释^[97]。与情绪词的磁共振研究相一致,情绪性句子/语篇的研究也发现,情绪性句子相比中性句子,不仅激活了情绪加工的脑区,也更多地激活了语言加工的脑区,情绪信息影响了语言加工过程。Hsu等人^[106]的研究选择从《哈利波特》里节选出的负性、正性或中性的短语篇作为实验材料,发现情绪性语篇更多地激活了与情绪信息的自动化加工相关的杏仁核、与情绪的概念化有关的海马和旁海马皮层,以及与语篇加工有关的前额叶、颞顶联合区,与高级语义加工有关的左侧额下回。单个词语的研究(参见前文综述)也发现了情绪词语可以激活情绪加工脑区以及更多地激活语言加工相关的脑区。并且,情绪词又可以自动地捕获注意^[109],在一定程度上可以独立于语境进行加工^[96,102]。另外,有研究发现,阅读情绪语篇时,相较于整个语篇的效价,左侧杏仁核的激活跟语篇内情绪词的平均效价的相关更高^[110]。由此,句子/语篇的情绪效应可能是它所包含的情绪词的直接作用的结果^[111]。然而,有研究使用不包含情绪词的情绪性语句,依然发现了情绪性句子激活了情绪加工的脑区,并且比中性句子更强地激活了语言加工相关的脑区。Willems等人^[105]的研究,使用不包含明显情绪词的负性句子(如“The boy was never found back again”)和中性句子(如

“The boy stepped bravely on the beach”),发现负性句子更多地激活了左侧的脑岛、左侧颞极和左侧额下回。Lai等人^[112]使用更为严格控制的材料,专门研究人们如何计算中性词语组成的句子中的情绪信息,研究发现,相对于中性句子(“The boy stood up and grabbed his bag”),负性句子(如“The boy fell asleep and never woke up again”)有更强激活的区域,不仅包括杏仁核、脑岛、内侧前额叶等情绪加工相关脑区,还包括额下回(负责语言中的整合作用)、颞中回(与语义提取有关)这些以往研究中认为的与语言加工相关的脑区。作者认为,语言区的增强激活可能是由于情绪网络的信息反馈到语言网络,从而增强了词汇激活和整合操作的活动水平。

综上所述,情绪性句子可以激活情绪脑区,如与对情绪刺激的感知(awareness)有关的脑岛^[113,114]、可能与内在指向(internally directed, introspected)的心理活动有关、对情绪加工有重要意义的内侧前额叶和扣带回^[115,116]。情绪语言加工过程中情绪加工脑区的参与与以往认为的语言加工涉及与言语信息内容相关的脑区的观念一致。与语义整合相关的额下回、语义提取相关的颞中回等语言加工相关脑区对情绪句子激活的增强,表明语言网络与情绪网络有着复杂的联系^[112]。语言中的情绪信息影响语义加工,中性词组成的句子中的情绪信息可能是通过语义整合过程计算来的^[105]。

情绪性句子和语篇的加工是一个非常复杂的问题,目前的研究还很少,并且没有在一个较为统一的框架下进行。也有研究从心理理论(Theory of Mind)的角度出发,考察情绪性语篇的加工,发现语篇的情绪性可以影响心理理论网络的活动。心理理论指的是个体对他人内在心理状态的认知能力,以及对自身心理状态的原因的认识能力,这些内在心理状态可以是意图、感受、信念、情绪^[117,118]。故事(story)理解似乎与心理理论联系紧密,因为它涉及了对故事主人公动作、意图等的理解^[119]。人们在阅读故事时可以激活心理理论相关的脑区^[120,121]。而情绪性语篇相较于中性语篇,不仅可以激活左侧杏仁核、背中部丘脑这些情绪加工相关脑区,而且更多地激活了心理理论加工的网络,包括背内侧前额叶、颞极、颞上沟^[122],与情感心理理论相关的中部扣带皮层^[107]。情绪性与心理理论的相互作用可能反映了语篇的情绪性增强了对它的浸入式体验。

3 总结与展望

3.1 总结

阅读不仅是“冷”的信息加工,它涉及的情感信息的加工超出了当前的词汇识别模型、句子加工模型和语篇理解模型所能解释的.从前面的综述中可以看出,语言中蕴含的情绪信息可以影响语言的加工,情绪信息的加工具有优先性.对词语中蕴含的情绪信息的加工有自动化加工和控制性加工.词语中蕴含的情绪信息可以被自动激活,甚至在词汇通达以前便获得了加工,这一过程反映在ERP的早期成分上(N1/P1, P2, EPN效应),可能和皮层下结构(如杏仁核)有关.而更高层脑区(如内侧前额叶以及前、后扣带皮层)对情绪词加工的参与以及晚期的ERP成分(N400, LPC)反映了对情绪词的控制性加工.情绪词相比中性词可以改变视觉词汇加工各个阶段的皮层反应,而情绪效应究竟作用于语言特异的加工过程的哪一个阶段还不清楚.情绪词可以激活情绪加工相关的脑区,并且可以更强烈地激活词汇-语义加工相关脑区(如左侧梭状回、角回、左侧额下回和/或颞中回),反映了词汇阅读的神经网络受到了情绪加工网络的影响.情绪词在语境中的加工依然表现出了优先性和优势性.句子中的情绪词所包含的凸显性甚至可以超过具体的语义分析过程,表现出了对情绪信息加工的优先性.功能磁共振成像的研究发现,情绪性句子的加工不仅有情绪加工脑区的参与(如杏仁核、脑岛、内侧前额叶),也更强烈地激活了语言加工相关的脑区(如额下回).情绪加工网络与语言加工网络有着复杂的联系.

3.2 展望

目前,对于语言中情绪信息加工的研究还停留在情绪信息的加工具有优先性与优势性,与语义信息加工有复杂的联系的层面,这种“优先性”和“联系”的具体机制还不清楚.未来,在情绪信息存在的概念水平上(情绪词语)和事件水平上(情绪句子和语篇),可以分别从以下方面来继续探究情绪信息的加工,积累更多的资料,丰富已有的认识.

(i) 情绪词研究展望. 已有的情绪词语的研究大多数是在情绪的维度框架下进行的,将情绪划分为效价和唤醒度两个维度.而不同于维度框架,离散情绪理论认为情绪是一系列离散的情绪的集合,如

快乐、惊奇、生气、恐惧、恶心、伤心,这些情绪是离散的,每一种情绪都对某种特定的适应性问题的解决有作用,都对应着神经系统中特异的神经环路^[123].已有的少数从离散情绪的视角进行的研究发现了一些有意思的结果.比如,颅内脑电的研究均发现情绪词会使得加工与之对应的情绪的脑区放电^[64,65].近期一项研究发现,人们似乎先加工词语中的离散情绪信息,然后才在连续的维度(效价)上加工情绪信息,离散的情绪信息是随后在连续维度上进行评价过程的基础^[124].以往的绝大多数研究只是操纵了实验材料的效价和唤醒度,可能是导致实验结果不一致的原因之一,以后的研究可以关注语言中蕴含的具体情绪意义的加工.

除此之外,以往的情绪词语研究主要关注情绪性效应出现的时间(ERP研究)以及情绪信息激活的脑区(fMRI研究),而没有关注到脑功能网络的层面.越来越多的证据表明,概念知识可能是以一种“轴辐式”(“hub and spokes”)的方式表征的.前颞叶作为“轴心”连接着一套“辐条”,这些“辐条”包含了涉及感知、运动、情绪、语言各个区域的大脑活动模式^[125].关于某一具体的情绪的概念知识可能是基于离散的、某种程度上分离的大脑活动模式的^[126]. Pessoa等人^[127]认为,脑区之间的不同联系和组合会构建多个神经计算的模块,而不同神经计算模块的不同组合会决定不同的认知行为.认知行为同时包含情绪计算模块和认知计算模块,这些模块之间不是彼此独立的,而是紧密联系的.阅读的研究中,不能忽视“概念维度”信息与“情绪维度”信息的相互作用.情绪语言既包含语义信息又包含情绪信息,脑功能网络的研究有助于我们了解“情绪大脑”与“语言大脑”是如何相互作用的.已有研究发现的的情绪信息对语义加工的影响也提示我们网络层面研究的必要性.

人格特征及情绪状态的个体差异对情绪语言加工的影响,提示我们可以更多地去基于语义表征的具身视角(embodied perspective)考察情绪概念的表征和加工.语义表征具身理论强调经验在概念表征和加工中的重要作用.不同于传统的语言理论,将语言看做是一个领域特异的(domain specific)、封装的模块(encapsulate module)^[128,129],语义表征的具身理论认为人类的运动经验和情绪经验是概念形成和发展的基础,强调感知觉系统、运动系统和情绪系统在

概念表征和语言加工中的作用和情境化的表征(situated coceptualization)^[130,131]。已有研究发现了精神分裂症患者^[132]、强迫特质个体^[99]和抑郁症患者^[133]对情绪语言加工的异常;男性和女性在加工情绪词语时对包含不同情绪内涵词语的加工不同^[31];同一个体在正性和负性心境下对情绪词的加工也不同^[134]。这些“非语言”因素对语言加工影响的发现,情绪信息相比其他信息更有可能是具身表征的^[131,135],提示我们对情绪词研究的具身视角。

(ii) 情绪句子/语篇研究展望。相比情绪词语的研究,情绪性句子和语篇的研究更少。而已有研究使用的材料也大多为通过包含情绪词赋予句子或语篇情绪意义的材料。对于人们如何计算中性词语组合成的情绪性句子中包含的内隐情绪信息的问题,据我们所知,仅有的两个磁共振研究的结果提示了语义整合功能可能与情绪信息的计算有关^[105,112]。未来的研究可以使用ERP技术探索这种情绪反应的时间进程。对于整合过程和内隐情绪信息产生的相对时间的认识,有助于我们剥离开情绪词语本身的影响,了解情绪信息是作为句子表征的一部分被计算出来,还是语义后的一种激活。对于我们深入了解情绪与语言的交互问题有着重要意义。

基于具身认知的模拟理论(simulation theory)也

为从文本中获得情绪信息提供了一种可能的机制。模拟理论认为,语言理解涉及了基于身体和感知觉、运动、情绪神经系统的心理模拟过程。语言输入在理解过程中作为线索,通过整合与现实有关的经验在脑中留下的痕迹,重新模拟、体验语言所描述的场景^[136,137]。有研究者认为,相比于词汇水平,模拟过程更有可能是发生在句子水平上^[138,139]。从具身角度对情绪句子加工的考察,有助于我们认识人们加工语句或语篇时,所产生的情绪信息的性质。然而有学者注意到,人们对虚拟情境和与之对应的现实中的情境(counterpart)的反应,存在一个不对称。比如,人们会对黑色喜剧里描述的那些发生在现实生活中时会让人恐惧的情境发笑^[140]。有学者称这种现象为“差异化的情绪(discrepant affect)”^[141]。这种现象不仅提醒我们,以后的研究中要注意控制使用的材料,在阅读中对这种现象的研究,也有助于我们深入了解阅读中情绪产生背后的复杂机制。

因此,未来对于语言情绪信息的加工的研究,在情绪词语的研究上,可以从不同的角度对情绪信息进行分类,更多关注情绪网络和语言网络的交互作用,尝试情绪意义加工的具身视角;在情绪句子和语篇的研究上,可以关注情绪信息产生的时间进程,控制使用的实验材料,更多尝试具身视角。

参考文献

- 1 Lang P J, Bradley M M, Cuthbert B N. Motivated attention: Affect, activation, and action. In: Lang P J, Simons R F, Balaban M, eds. *Attention and Orienting: Sensory and Motivational Processes*. Hove, United Kingdom: Psychology Press, 1997. 97-135
- 2 Brody N, Goodman S E, Halm E, et al. Lateralized affective priming of lateralized affectively valued target words. *Neuropsychologia*, 1987, 25: 935-946
- 3 Bryden M, Ley R. Right-hemispheric involvement in the perception and expression of emotion in normal humans. In: Heilman K M, Satz P, eds. *Neuropsychology of Human Emotion*. New York: Guilford Press, 1983. 6-44
- 4 Eviatar Z, Zaidel E. The effects of word length and emotionality on hemispheric contribution to lexical decision. *Neuropsychologia*, 1991, 29: 415-428
- 5 Kanske P, Kotz S A. Concreteness in emotional words: ERP evidence from a hemifield study. *Brain Res*, 2007, 1148: 138-148
- 6 Landis T. Emotional words: What's so different from just words? *Cortex*, 2006, 42: 823-830
- 7 Ortigue S, Michel C M, Murray M M, et al. Electrical neuroimaging reveals early generator modulation to emotional words. *NeuroImage*, 2004, 21: 1242-1251
- 8 Schapkin S A, Gusev A N, Kuhl J. Categorization of unilaterally presented emotional words: An ERP analysis. *Acta Neurobiol Exp*, (Wars.), 2000, 60: 17-28
- 9 Strauss E. Perception of emotional words. *Neuropsychologia*, 1983, 21: 99-103
- 10 Thierry G, Kotz S A. The right hemisphere fails to orient to the negative valence of visually presented words. *NeuroReport*, 2008, 19: 1231-1234
- 11 Blonder L X, Bowers D, Heilman K M. The role of the right hemisphere in emotional communication. *Brain*, 1991, 114: 1115-1127
- 12 Baas D, Alemana A, Kahn R S. Lateralization of amygdala activation: A systematic review of functional neuroimaging studies. *Brain Res Rev*, 2004, 45: 96-103

- 13 Russell J A. A circumplex model of affect. *J Pers Soc Psychol*, 1980, 39: 1161
- 14 Murphy S T, Monahan J L, Zajonc R B. Additivity of unconscious affect: Combined effects of priming and exposure. *J Pers Soc Psychol*, 1995, 69: 589
- 15 Murphy S T, Zajonc R B. Affect, cognition, and awareness: Affective priming with optimal and suboptimal stimulus exposures. *J Pers Soc Psychol*, 1993, 64: 723
- 16 Hermans D, De Houwer J, Eelen P. A time course analysis of the affective priming effect. *Cogn Emot*, 2001, 15: 143–165
- 17 Naccache L, Dehaene S. Unconscious semantic priming extends to novel unseen stimuli. *Cognition*, 2001, 80: 215–229
- 18 Liu H Y, Hu Z G. The time course of conceptual semantic and affective semantic processing of words (in Chinese). *Chin J Clin Psychol*, 2013, 21: 349–352 [刘宏艳, 胡治国. 词汇的概念义和情绪义加工的时间进程研究. *中国临床心理学杂志*, 2013, 21: 349–352]
- 19 Storbeck J, Robinson M D. Preferences and inferences in encoding visual objects: A systematic comparison of semantic and affective priming. *Pers Soc Psychol Bull*, 2004, 30: 81–93
- 20 Klauer K C, Rossnagel C, Musch J. List-context effects in evaluative priming. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, 1997, 23: 246
- 21 Klauer K C, Musch J. Does sunshine prime loyal? Affective priming in the naming task. *Q J Exp Psychol A*, 2001, 54: 727–751
- 22 Aquino J M, Arnell K M. Attention and the processing of emotional words: Dissociating effects of arousal. *Psychon B Rev*, 2007, 14: 430–435
- 23 Harris C R, Pashler H. Attention and the processing of emotional words and names not so special after all. *Psychol Sci*, 2004, 15: 171–178
- 24 Anderson A K, Phelps E A. Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events. *Nature*, 2001, 411: 305–309
- 25 Mathewson K J, Arnell K M, Mansfield C A. Capturing and holding attention: The impact of emotional words in rapid serial visual presentation. *Mem Cogn*, 2008, 36: 182–200
- 26 Doerksen S, Shimamura A P. Source memory enhancement for emotional words. *Emotion*, 2001, 1: 5
- 27 Kensinger E A, Corkin S. Memory enhancement for emotional words: Are emotional words more vividly remembered than neutral words? *Mem Cogn*, 2003, 31: 1169–1180
- 28 Maratos E J, Allan K, Rugg M D. Recognition memory for emotionally negative and neutral words: An ERP study. *Neuropsychologia*, 2000, 38: 1452–1465
- 29 Hofmann M J, Kuchinke L, Tamm S, et al. Affective processing within 1/10th of a second: High arousal is necessary for early facilitative processing of negative but not positive words. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2009, 9: 389–397
- 30 Bernat E, Bunce S, Shevrin H. Event-related brain potentials differentiate positive and negative mood adjectives during both supraliminal and subliminal visual processing. *Int J Psychophysiol*, 2001, 42: 11–34
- 31 Sass S M, Heller W, Stewart J L, et al. Time course of attentional bias in anxiety: Emotion and gender specificity. *Psychophysiology*, 2010, 47: 247–259
- 32 Scott G G, O'Donnell P J, Leuthold H, et al. Early emotion word processing: Evidence from event-related potentials. *Biol Psychol*, 2009, 80: 95–104
- 33 Kissler J, Herbert C. Emotion, etmnooi, or emittoon? Faster lexical access to emotional than to neutral words during reading. *Biol Psychol*, 2013, 92: 464–479
- 34 Schendan H E, Ganis G, Kutas M. Neurophysiological evidence for visual perceptual categorization of words and faces within 150 ms. *Psychophysiology*, 1998, 35: 240–251
- 35 Posner M I, Abdullaev Y G. Neuroanatomy, circuitry and plasticity of word reading. *NeuroReport*, 1999, 10: R12–R23
- 36 Herbert C, Kissler J, Junghöfer M, et al. Processing of emotional adjectives: Evidence from startle emg and ERPs. *Psychophysiology*, 2006, 43: 197–206
- 37 Trauer S M, Kotz S A, Müller M M. Emotional words facilitate lexical but not early visual processing. *BMC Neurosci*, 2015, 16: 89
- 38 Herbert C, Junghofer M, Kissler J. Event related potentials to emotional adjectives during reading. *Psychophysiology*, 2008, 45: 487–498
- 39 Kissler J, Herbert C, Winkler I, et al. Emotion and attention in visual word processing—An ERP study. *Biol Psychol*, 2009, 80: 75–83
- 40 Schacht A, Sommer W. Emotions in word and face processing: Early and late cortical responses. *Brain Cogn*, 2009, 69: 538–550
- 41 Citron F M, Weekes B S, Ferstl E C. Effects of valence and arousal on written word recognition: Time course and ERP correlates. *Neurosci Lett*, 2013, 533: 90–95
- 42 Recio G, Conrad M, Hansen L B, et al. On pleasure and thrill: The interplay between arousal and valence during visual word recognition. *Brain Lang*, 2014, 134: 34–43
- 43 Martín-Loeches M. The gate for reading: Reflections on the recognition potential. *Brain Res Rev*, 2007, 53: 89–97
- 44 Grainger J, Holcomb P J. Watching the word go by: On the time-course of component processes in visual word recognition. *Lang Linguist Compass*, 2009, 3: 128–156

- 45 Rabovsky M, Sommer W, Abdel Rahman R. The time course of semantic richness effects in visual word recognition. *Front Hum Neurosci*, 2012, 6: 11
- 46 Vuilleumier P. How brains beware: Neural mechanisms of emotional attention. *Trends Cogn Sci*, 2005, 9: 585–594
- 47 LeDoux J. The emotional brain, fear, and the amygdala. *Cell Mol Neurobiol*, 2003, 23: 727–738
- 48 Keuper K, Zwitserlood P, Rehbein M A, et al. Early prefrontal brain responses to the hedonic quality of emotional words—A simultaneous eeg and meg study. *PLoS One*, 2013, 8: e70788
- 49 Kuchinke L, Krause B, Fritsch N, et al. A familiar font drives early emotional effects in word recognition. *Brain Lang*, 2014, 142–147
- 50 Isenberg N, Silbersweig D, Engelen A, et al. Linguistic threat activates the human amygdala. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1999, 96: 10456–10459
- 51 Nakic M, Smith B W, Busis S, et al. The impact of affect and frequency on lexical decision: The role of the amygdala and inferior frontal cortex. *NeuroImage*, 2006, 31: 1752–1761
- 52 Hoffmann M, Mothes-Lasch M, Miltner W H, et al. Brain activation to briefly presented emotional words: Effects of stimulus awareness. *Hum Brain Mapp*, 2015, 36: 655–665
- 53 Hamann S, Mao H. Positive and negative emotional verbal stimuli elicit activity in the left amygdala. *NeuroReport*, 2002, 13: 15–19
- 54 Kensinger E A, Schacter D L. Amygdala activity is associated with the successful encoding of item, but not source, information for positive and negative stimuli. *J Neurosci*, 2006, 26: 2564–2570
- 55 Straube T, Sauer A, Miltner W H. Brain activation during direct and indirect processing of positive and negative words. *Behav Brain Res*, 2011, 222: 66–72
- 56 Schlottermeier L H, Kuchinke L, Pehrs C, et al. Emotional picture and word processing: An fMRI study on effects of stimulus complexity. *PLoS One*, 2013, 8: e55619
- 57 Herbert C, Ethofer T, Anders S, et al. Amygdala activation during reading of emotional adjectives—An advantage for pleasant content. *Soc Cogn Affec Neur*, 2009, 4: 35–49
- 58 Sander D, Grafman J, Zalla T. The human amygdala: An evolved system for relevance detection. *Rev Neurosci*, 2003, 14: 303–316
- 59 Compton R J. The interface between emotion and attention: A review of evidence from psychology and neuroscience. *Behav Cogn Neurosci Rev*, 2003, 2: 115–129
- 60 Vuilleumier P, Richardson M P, Armony J L, et al. Distant influences of amygdala lesion on visual cortical activation during emotional face processing. *Nat Neurosci*, 2004, 7: 1271
- 61 Öhman A. Automaticity and the amygdala: Nonconscious responses to emotional faces. *Curr Dir Psychol Sci*, 2002, 11: 62–66
- 62 Dolan R J. Emotion, cognition, and behavior. *Science*, 2002, 298: 1191–1194
- 63 Fritsch N, Kuchinke L. Acquired affective associations induce emotion effects in word recognition: An ERP study. *Brain Lang*, 2013, 124: 75–83
- 64 Ponz A, Montant M, Liegeois-Chauvel C, et al. Emotion processing in words: A test of the neural re-use hypothesis using surface and intracranial eeg. *Soc Cogn Affec Neur*, 2013, nst034
- 65 Naccache L, Gaillard R, Adam C, et al. A direct intracranial record of emotions evoked by subliminal words. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2005, 102: 7713–7717
- 66 Spruyt A, De Houwer J, Hermans D, et al. Affective priming of nonaffective semantic categorization responses. *Exp Psychol*, 2007, 54: 44–53
- 67 Klinger M R, Burton P C, Pitts G S. Mechanisms of unconscious priming: I. Response competition, not spreading activation. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, 2000, 26: 441
- 68 Hinojosa J A, Méndez-Bértolo C, Pozo M A. Looking at emotional words is not the same as reading emotional words: Behavioral and neural correlates. *Psychophysiology*, 2010, 47: 748–757
- 69 Franken I H, Gootjes L, van Strien J W. Automatic processing of emotional words during an emotional stroop task. *NeuroReport*, 2009, 20: 776–781
- 70 Citron F M M. Neural correlates of written emotion word processing: A review of recent electrophysiological and hemodynamic neuroimaging studies. *Brain Lang*, 2012, 122: 211–226
- 71 Imbir K K, Jarymowicz M T, Spustek T, et al. Origin of emotion effects on ERP correlates of emotional word processing: The emotion duality approach. *PLoS One*, 2015, 10: e0126129
- 72 Imbir K K, Spustek T, Żygierewicz J. Effects of valence and origin of emotions in word processing evidenced by event related potential correlates in a lexical decision task. *Front Psychol*, 2016, 7: 271
- 73 Kok A. Event-related-potential (ERP) reflections of mental resources: A review and synthesis. *Biol Psychol*, 1997, 45: 19–56
- 74 Maddock R J, Garrett A S, Buonocore M H. Posterior cingulate cortex activation by emotional words: fMRI evidence from a valence decision task. *Hum Brain Mapp*, 2003, 18: 30–41

- 75 Kanske P, Kotz S A. Emotion triggers executive attention: Anterior cingulate cortex and amygdala responses to emotional words in a conflict task. *Hum Brain Mapp*, 2011, 32: 198–208
- 76 Kuchinke L, Jacobs A M, Grubich C, et al. Incidental effects of emotional valence in single word processing: An fMRI study. *NeuroImage*, 2005, 28: 1022–1032
- 77 Binder J R, Desai R H. The neurobiology of semantic memory. *Trends Cogn Sci*, 2011, 15: 527–536
- 78 Wu Y J, Athanassiou S, Dorjee D, et al. Brain potentials dissociate emotional and conceptual cross-modal priming of environmental sounds. *Cereb Cortex*, 2011, 22: 577–583
- 79 Hofmann M J, Jacobs A M. Interactive activation and competition models and semantic context: From behavioral to brain data. *Neurosci Biobehav Rev*, 2014, 46: 85–104
- 80 Kuhlmann M, Hofmann M J, Briesemeister B B, et al. Mixing positive and negative valence: Affective-semantic integration of bivalent words. *Sci Rep*, 2016, 6: 30718
- 81 Palazova M, Mantwill K, Sommer W, et al. Are effects of emotion in single words non-lexical? Evidence from event-related brain potentials. *Neuropsychologia*, 2011, 49: 2766–2775
- 82 Luo Q, Peng D, Jin Z, et al. Emotional valence of words modulates the subliminal repetition priming effect in the left fusiform gyrus: An event-related fMRI study. *NeuroImage*, 2004, 21: 414–421
- 83 Hsu D-T, Mickey B J, Langenecker S A, et al. Variation in the corticotropin-releasing hormone receptor 1 (*crhr1*) gene influences fMRI signal responses during emotional stimulus processing. *J Neurosci*, 2012, 32: 3253–3260
- 84 Cato M A, Crosson B, Gökcay D, et al. Processing words with emotional connotation: An fMRI study of time course and laterality in rostral frontal and retrosplenial cortices. *J Cogn Neurosci*, 2004, 16: 167–177
- 85 Strange B, Henson R, Friston K, et al. Brain mechanisms for detecting perceptual, semantic, and emotional deviance. *NeuroImage*, 2000, 12: 425–433
- 86 Briesemeister B B, Kuchinke L, Jacobs A M, et al. Emotions in reading: Dissociation of happiness and positivity. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2015, 15: 287–298
- 87 Liu H, Hu Z, Peng D, et al. Common and segregated neural substrates for automatic conceptual and affective priming as revealed by event-related functional magnetic resonance imaging. *Brain Lang*, 2010, 112: 121–128
- 88 Liu H, Hu Z, Peng D. Evaluating word in phrase: The modulation effect of emotional context on word comprehension. *J Psycholinguist Res*, 2013, 1–13
- 89 Fischler I, Bradley M. Event-related potential studies of language and emotion: Words, phrases, and task effects. *Prog Brain Res*, 2006, 156: 185–203
- 90 Schacht A, Sommer W. Time course and task dependence of emotion effects in word processing. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2009, 9: 28–43
- 91 Bellezza F S. Reliability of retrieval from semantic memory: Noun meanings. *Bull Psychon Soc*, 1984, 22: 377–380
- 92 Ding J, Wang L, Yang Y. The dynamic influence of emotional words on sentence processing. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2015, 15: 55–68
- 93 Ding J, Wang L, Yang Y. The dynamic influence of emotional words on sentence comprehension: An ERP study. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2016, 16: 433–446
- 94 Wang L, Zhu Z, Bastiaansen M, et al. Recognizing the emotional valence of names: An ERP study. *Brain Lang*, 2013, 1: 118–127
- 95 Bayer M, Sommer W, Schacht A. Reading emotional words within sentences: The impact of arousal and valence on event-related potentials. *Int J Psychophysiol*, 2010, 78: 299–307
- 96 Delaney-Busch N, Kuperberg G. Friendly drug-dealers and terrifying puppies: Affective primacy can attenuate the N400 effect in emotional discourse contexts. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2013, 13: 473–490
- 97 Holt D J, Lynn S K, Kuperberg G R. Neurophysiological correlates of comprehending emotional meaning in context. *J Cogn Neurosci*, 2009, 21: 2245–2262
- 98 Hajcak G, Weinberg A, MacNamara A, et al. ERPs and the study of emotion. *The Oxford handbook of event-related potential components*, 2012, 441–474
- 99 De Pascalis V, Arwari B, D’Antuono L, et al. Impulsivity and semantic/emotional processing: An examination of the N400 wave. *Clin Neurophysiol*, 2009, 120: 85–92
- 100 Martín-Loeches M, Fernández A, Schacht A, et al. The influence of emotional words on sentence processing: Electrophysiological and behavioral evidence. *Neuropsychologia*, 2012, 50: 3262–3272
- 101 Parkes L, Perry C, Goodin P. Examining the N400m in affectively negative sentences: A magnetoencephalography study. *Psychophysiology*, 2016

- 102 Wang L, Bastiaansen M, Yang Y, et al. ERP evidence on the interaction between information structure and emotional salience of words. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 2013, 13: 297–310
- 103 Wang L, Bastiaansen M, Yang Y. The influence of emotional salience on the integration of person names into context. *Brain Res*, 2015, 1609: 82–92
- 104 Lai V T, Hagoort P, Casasanto D. Affective primacy vs. cognitive primacy: Dissolving the debate. *Front Psychol*, 2012, 3: 243
- 105 Willems R M, Clevis K, Hagoort P. Add a picture for suspense: Neural correlates of the interaction between language and visual information in the perception of fear. *Soc Cogn Affec Neur*, 2011, 6: 404–416
- 106 Hsu C -T, Jacobs A M, Conrad M. Can harry potter still put a spell on us in a second language? An fMRI study on reading emotion-laden literature in late bilinguals. *Cortex*, 2015, 63: 282–295
- 107 Hsu C-T, Conrad M, Jacobs A M. Fiction feelings in harry potter: Haemodynamic response in the mid-cingulate cortex correlates with immersive reading experience. *NeuroReport*, 2014, 25: 1356–1361
- 108 Holt D J, Lakshmanan B, Freudenreich O, et al. Dysfunction of a cortical midline network during emotional appraisals in schizophrenia. *Schizophr Bull*, 2009, 37: 164–176
- 109 Kissler J, Assadollahi R, Herbert C. Emotional and semantic networks in visual word processing: Insights from ERP studies. *Prog Brain Res*, 2006, 156: 147–183
- 110 Hsu C -T, Jacobs A M, Citron F M, et al. The emotion potential of words and passages in reading harry potter—An fMRI study. *Brain Lang*, 2015, 142: 96–114
- 111 Jacobs A M. Towards a neurocognitive poetics model of literary reading. In: Willems R, ed. *Towards a Cognitive Neuroscience of Natural Language Use*. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. 135–159
- 112 Lai V, Willems R M, Hagoort P. Feel between the lines: Implied emotion in sentence comprehension. *J Cogn Neurosci*, 2015, 27: 1528–1541
- 113 Phan K L, Wager T, Taylor S F, et al. Functional neuroanatomy of emotion: A meta-analysis of emotion activation studies in pet and fMRI. *NeuroImage*, 2002, 16: 331–348
- 114 Kober H, Barrett L F, Joseph J, et al. Functional grouping and cortical-subcortical interactions in emotion: A meta-analysis of neuroimaging studies. *NeuroImage*, 2008, 42: 998–1031
- 115 Fox M D, Snyder A Z, Vincent J L, et al. The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2005, 102: 9673–9678
- 116 Etkin A, Egner T, Kalisch R. Emotional processing in anterior cingulate and medial prefrontal cortex. *Trends Cogn Sci*, 2011, 15: 85–93
- 117 Baron-Cohen S, Leslie A M, Frith U. Does the autistic child have a “theory of mind”? *Cognition*, 1985, 21: 37–46
- 118 Saxe R, Carey S, Kanwisher N. Understanding other minds: Linking developmental psychology and functional neuroimaging. *Annu Rev Psychol*, 2004, 55: 87–124
- 119 Ferstl E C, Neumann J, Bogler C, et al. The extended language network: A meta-analysis of neuroimaging studies on text comprehension. *Hum Brain Mapp*, 2008, 29: 581–593
- 120 Mason R A, Just M A. The role of the theory-of-mind cortical network in the comprehension of narratives. *Lang Linguist Compass*, 2009, 3: 157–174
- 121 Mar R A. The neural bases of social cognition and story comprehension. *Ann Rev Psychol*, 2011, 62: 103–134
- 122 Altmann U, Bohrn I C, Lubrich O, et al. The power of emotional valence—from cognitive to affective processes in reading. *Front Hum Neurosci*, 2012, 6: 192
- 123 Levenson R W. Basic emotion questions. *Emot Rev*, 2011, 3: 379–386
- 124 Briesemeister B B, Kuchinke L, Jacobs A M. Emotion word recognition: Discrete information effects first, continuous later? *Brain Res*, 2014, 1564: 62–71
- 125 Patterson K, Nestor P J, Rogers T T. Where do you know what you know? The representation of semantic knowledge in the human brain. *Nat Rev Neurosci*, 2007, 8: 976–987
- 126 Kumfor F, Irish M, Hodges J R, et al. Discrete neural correlates for the recognition of negative emotions: Insights from frontotemporal dementia. *PLoS One*, 2013, 8: e67457
- 127 Pessoa L. On the relationship between emotion and cognition. *Nat Rev Neurosci*, 2008, 9: 148–158
- 128 Jackendoff R. *Précis of foundations of language: Brain, meaning, grammar, evolution*. *Behav Brain Sci*, 2003, 26: 651–665
- 129 Fodor J. *The Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology*. Cambridge, MA: MIT Press, 1983
- 130 Barsalou L W. Simulation, situated conceptualization, and prediction. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2009, 364: 1281–1289
- 131 Yao Z, Zhu X R, Wang Z H. Embodied theory of semantic representation: A key role of emotion in conceptual representation (in Chinese). *J Psychol Sci*, 2016, 39: 69–76 [姚昭, 朱湘茹, 王振宏. 语义表征具身理论: 情绪在概念表征中的作用. *心理科学*, 2016, 39: 69–76]

- 132 Rossell S, Shapleske J, David A S. Direct and indirect semantic priming with neutral and emotional words in schizophrenia: Relationship to delusions. *Cogn Neuropsych*, 2000, 4: 271–292
- 133 Canli T, Sivers H, Thomason M E, et al. Brain activation to emotional words in depressed vs healthy subjects. *NeuroReport*, 2004, 15: 2585–2588
- 134 Pratt N L, Kelly S D. Emotional states influence the neural processing of affective language. *Soc Neurosci*, 2008, 3: 434–442
- 135 Niedenthal P M. Embodying emotion. *Science*, 2007, 316: 1002–1005
- 136 Zwaan R A. The immersed experiencer: Toward an embodied theory of language comprehension. *Psych Learn Motiv*, 2003, 44: 35–62
- 137 Glenberg A M, Robertson D A. Symbol grounding and meaning: A comparison of high-dimensional and embodied theories of meaning. *J Mem Lang*, 2000, 43: 379–401
- 138 Davis J D, Winkelman P, Coulson S. Facial action and emotional language: ERP evidence that blocking facial feedback selectively impairs sentence comprehension. *J Cogn Neurosci*, 2015, 27: 2269
- 139 Havas D A, Glenberg A M, Rinck M. Emotion simulation during language comprehension. *Psychon Bull Rev*, 2007, 14: 436–441
- 140 Galgut E. Harnessing the imagination: The asymmetry of belief and make-believe. *Contemp Aesthet*, 2014, 12: 21
- 141 Shaun N. Just the imagination: Why imagining doesn't behave like believing. *Mind Lang*, 2006, 21: 459–474

Summary for “书面语言中情绪信息的加工”

Processing of emotional information in written language

Yang Cao^{1,2} & Lin Wang^{1,3,4*}

¹ Key Laboratory of Behavioral Science, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

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

³ Department of Psychology, Tufts University, Medford, Massachusetts, MA 02155, USA;

⁴ Department of Psychiatry, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Charlestown, MA 02129, USA

* Corresponding author, E-mail: wanglinsisi@gmail.com

Language conveys both semantic and emotional information. Emotional processing in language could not be easily explained by the current word recognition model, sentence processing model and discourse comprehension model. In order to uncover the characteristics of emotional processing in written language, the present review attempted to integrate findings from behavioral, event-related potential (ERP), and functional magnetic resonance imaging (fMRI) studies on emotional processing at multiple scales, such as words, sentences and discourses levels.

First, previous studies have shown both automatic and controlled processes at different stages of emotional words processing. Some early ERP effects (before 300 ms: such as N1/P1, P2, EPN) as well as the activation of subcortical region (such as amygdala) have been taken as evidences for the rapid and automatic emotional processing. Some late ERP effects (such as late positive component after 500 ms) and the recruitment of higher-order brain areas (such as medial prefrontal cortex and cingulate cortex) have been suggested to reflect the controlled processing of the emotion words. In addition, emotional connotation could enhance cortical responses at all stages of visual word processing such as the assembly of visual word form (up to 200 ms), semantic access (around 200 ms), allocation of attentional resources (around 300 ms), contextual analysis (around 400 ms), and sustained processing (around 500 ms). Moreover, the network of word reading is influenced by the emotional network as manifested by the enhanced engagement of lexical-semantic network when processing emotional words compared to neutral words. However, it remains unclear regarding the time locus of emotional effect with respect to the lexical access.

Another important finding is that emotional words obtained prioritized processing no matter when they were presented in isolation or shown in contexts. The salience of emotion information could override detailed semantic analysis, as indicated by the lack of semantic violation effect when the violations occurred to emotion words. Also, the emotional dimension of sentences was prioritized when the emotional words were embedded in sentences, as indicated by the N400 effect to emotion words following neutral congruent contexts. Moreover, the influence of emotional word on sentence processing was sustained, as suggested by its influence on the processing of its following words in sentences.

Finally, we showed that emotion can be induced directly by emotional words or implied by a series of neutral words (for example, “The boy fell asleep and never woke up again”). Both types of emotional sentences activated emotional brain network (such as amygdala, insula, medial prefrontal cortex), which in turn enhanced the involvement of language network (such as inferior frontal gyrus, middle temporal gyrus) compared to neutral sentences. Therefore, the language and emotional networks are highly interactive.

Overall, the current review summarized main findings regarding emotional processing in written language. We have shown that the study of emotional processing in language has significant importance for psycholinguistics and affective neuroscience. We proposed that it might be a useful approach to investigate emotional language processing from an embodiment perspective. Future studies could further investigate the functional connectivity of the emotional and language networks.

emotion, language, automatic, controlled, priority, interaction

doi: 10.1360/N972017-00701