

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：神经重用假说的汉语情绪词汇加工证据

作者：孙天义，郝晓晓，王财玉，许远理，郭春彦，周蔚

第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：标准心理语言学观点认为词汇的情绪反应产生于阅读网络本身并提到最后在情绪相关脑区产生情绪反应。请更清楚地表述“情绪相关脑区”与“阅读网络本身”的关系。

回应：非常感谢审稿专家的宝贵意见。我们先前在此没有表述清楚，现已修改如下（请详见引言的第二自然段）：“标准心理语言学观点认为，在阅读的过程中，首先是加工词汇的视觉特征和正字法单元，进而通达到词典，之后是抽象语义的激活，然后才能产生相应的情绪（Dehaene, Cohen, Sigman, & Vinckier, 2005）。其对应的神经机制是情绪词汇的加工主要发生于经典的阅读网络，其中包括负责词形、语音和语义加工的左侧颞枕皮层下部、侧颞皮层和额下回等脑区，而杏仁核、脑岛等情绪相关脑区独立于阅读网络，只有在情绪词汇加工晚期才有可能被激活（Dehaene et al., 2005; Isenberg et al., 1999）。”

意见 2：文中阐述到“这两种观点的争议是：对词的情绪加工是否在语义激活之后”，标准心理语言学观点可以看出情绪加工在语义激活之后，但在对神经重用观点的表述中并没有较为明显反映出语义激活在情绪反应之后，还是两者同时发生。

回应：感谢您的关键性意见。结合已有的研究文献和当前实验的结果可以得出，区别标准心理语言学观点和神经重用观点的核心是“对词的情绪加工效应是否发生在相对早期的阶段，同时伴有情绪相关脑区的参与。”而不是比较对词的情绪加工在语义激活之前或之后，因此，相对深度或抽象的语义加工（对应 N400 成分），可以作为一个时间进程上的参考。按照神经重用假说，情绪词汇在早期激活经典阅读网络之外的大脑区域（如杏仁核、脑岛、前额皮质），即情绪词汇可以直接通达情绪，甚至发生在深度语义加工之前。为了表述的准确性和谨慎性，我们在引言的第二自然段对相关内容进行了修改。请详见“根据这一观点，情绪词汇在早期激活经典阅读网络之外的大脑区域（如杏仁核、脑岛、前额皮质），即情绪词汇可以直接通达情绪，甚至发生在深度语义加工之前。由此可以看出，这两种观点的争议是：对词的情绪加工效应是否发生在相对早期的阶段，同时伴有情绪相关脑区的参与。”

*涉及的参考文献：

Anderson, M. L. (2010). Neural reuse: a fundamental organizational principle of the brain. *Behavioral and Brain Sciences*, 33(4), 266–313.

Ponz, A., Montant, M., Liegeois-Chauvel, C., Silva, C., Braun, M., Jacobs, A. M., & Ziegler, J. C. (2013). Emotion

processing in words: a test of the neural re-use hypothesis using surface and intracranial EEG. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(5), 619–627.

意见 3: 引言中某些句子表述方式可调整, 例如第四段中“例如, 发现早期后部负波”、“可能对应更深的信息整合”。

回应: 感谢审稿专家指导性建议。已对审稿专家所指出的这两个句子表述方式进行了调整: “例如, 发现早期后部负波”——“例如, 已有实验中发现的早期后部负波”; “可能对应更深的信息整合”——“可能反映了更深层次的信息整合过程”。并在文中对类似的其他句子表述方式进行了调整。请详见文中蓝色字体部分。

意见 4: 文章中 ms 毫秒等中英文混用, 建议规范表述。

回应: 已按审稿专家的指导, 将文中所有时间单位统一为“ms”。

意见 5: 第五段 整段没有太大必要。其中一些汉字结构相关内容, 在讨论中稍作提及即可。

回应: 感谢审稿专家的意见。第五段内容已删除。在讨论部分的第四自然段就汉字结构相关内容做了简短的阐述。请详见“这可能是由于表音文字加工更依赖于语音, 语音通达的过程可能占据了认知系统的资源, 使得情绪通达相对表意文字更慢。而表意在视觉上汉字相比西文单词更接近图画, 通达情绪会更快。”

意见 6: 文章的表述可以更清楚一些。例如, 引言中第 6 段句末“对此, 也需要进一步的检验和证明”, 从前后文来看, 不清楚作者想要进一步检验和证明什么; 第 7 段句末“即对表意汉字词汇的情绪反应支持神经重用观点, 类似于对表音单词情绪反应的模式, 且表意文字和表音文字可能存在差异”, 在什么上存在差异从前后文来看, 表述不够清楚。

回应: 第 6 段句末“对此, 也需要进一步的检验和证明”原本是针对“有人曾认为汉字是表意文字, 是落后的文字, 要进化就要走拼音化的道路(查晓芳, 2011)。”而言的, 即检验和证明表意汉字是否就是落后于的表音文字, 汉字要进化是否就要走拼音化的道路。但由于“文字三段论”一段内容显得与文章主体没有太大必要, 就删除了, 相应的, “对此, 也需要进一步的检验和证明”这句亦删除。

第 7 段句末“即对表意汉字词汇的情绪反应支持神经重用观点, 类似于对表音单词情绪反应的模式, 且表意文字和表音文字可能存在差异”这一句中的“表意文字和表音文字可能存在差异”缺乏上下文语境, 很突兀, 且整句话显得冗余, 已删除。

意见 7: 文章中有一些累赘表述。例如, 第 7 段连续两句中出现“检验情绪信息加工的理论”。

回应: 感谢审稿专家的意见。该累赘表述已删除, 同时对其他部分可能的累赘进行检查和修改。

意见 8: 对厌恶词和中性词的选择, 仅依赖于效价维度上差异显著。收集其他维度的分数的目的是? 这两种词在其他维度是否有差异?

回应: 感谢审稿专家的问题。收集其他维度的目的是为了控制无关变量(如形象性、熟悉性)

可能带来的干扰。比如，如果使用了被试很熟悉的厌恶词（大便）和不熟悉的中性词（菡萏），那么 ERP 信号的差异有可能是材料熟悉性的差异带来的，而不是效价本身带来的，从而导致结果解释的偏差。我们已经在正文中对此部分内容进行了补充说明。请详见“实验材料”部分，“然后，由另外 30 名中国在校本科生对选出来的词从效价、唤醒度、形象性、熟悉性这几个维度进行李克特五点评分。最后，对厌恶词和中性词进行匹配，控制形象性、熟悉性两个维度的影响，选取在效价和唤醒度维度上差异都显著的厌恶词和中性词（独立样本 T 检验， $ps < 0.01$ ）做为实验材料（Herbert, Junghofer, & Kissler, 2008; Kissler, Herbert, Peyk, & Junghofer, 2007; Schacht, & Sommer, 2009）。

*涉及的参考文献:

Herbert, C., Junghofer, M., & Kissler, J. (2008). Event related potentials to emotional adjectives during reading. *psychophysiology*, 45(3), 487-498.

Kissler, J., Herbert, C., Peyk, P., & Junghofer, M. (2007). Buzzwords: early cortical responses to emotional words during reading. *Psychological Science*, 18(6), 475-480.

Schacht, A., & Sommer, W. (2009). Time course and task dependence of emotion effects in word processing. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 9(1), 28-43.

意见 9: “对照表意的汉语和表音的法语在词汇加工时的脑电位特征”，是否能提供其他语种的表音文字（如，英语）的相关研究证据。

回应: 感谢审稿专家的指导性意见。已有的研究中除了法语，还有德语的研究探讨情绪词的加工，如 Herbert, Junghofer 和 Kissler (2008)，以及 Kissler, Herbert, Peyk 和 Junghofer (2007) 的研究，但未见英语的相关研究。且德语的这些研究主要是关注 EPN，相应的其峰潜伏期也是比汉字略晚。已增加其他语种表音文字的证据。请详见讨论部分的第四段，“表音文字情绪词加工的相关研究，除了法语外还有德语（Herbert, Junghofer, & Kissler, 2008; Kissler, Herbert, Peyk, & Junghofer, 2007），两种语言的情绪词加工 ERP 结果类似。”

*涉及的参考文献:

Herbert, C., Junghofer, M., & Kissler, J. (2008). Event related potentials to emotional adjectives during reading. *Psychophysiology*, 45, 487-498.

Kissler, J., Herbert, C., Peyk, P., & Junghofer, M. (2007). Buzzwords. Early cortical responses to emotional words during reading. *Psychological Science*, 18, 475-480.

Ponz, A., Montant, M., Liegeois-Chauvel, C., Silva, C., Braun, M., Jacobs, A. M., & Ziegler, J. C. (2013). Emotion processing in words: a test of the neural re-use hypothesis using surface and intracranial EEG. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(5), 619-627.

意见 10: “文字三段论”相关内容对研究没有太大助益。

回应: 根据审稿专家的指导意见，已将文中关于“文字三段论”的综述和讨论部分删除。

意见 11: 从整个研究来看，汉字中的负性情绪词的加工不晚于语义加工。目前，尚且不能被完全概况为情绪词的加工不晚于语义加工。

回应：感谢审稿专家的问题。厌恶词和中性词出现信号分离发生在 170ms 左右。该阶段在 ERP 信号记录中属于相对早期的信号，比 N400 的深度语义信号要早；EPN 的出现也只是反应了对情绪词视觉注意初始分配（Herbert et al., 2008），或者说是某种标签机制，即对情绪刺激在早期知觉加工阶段给予优先（Schupp, Junghöfer, Weike, & Hamm, 2004）。但这些只能说明在语义形成之前，情绪词产生了情绪效应，是否产生了情绪体验还有待进一步的探究。结合我们在第 2 个问题的回应，我们取消了“情绪词的加工不晚于语义加工”的表述。强调区别标准心理语言学观点和神经重用观点的核心其实并不是比较情绪加工在语义激活之前或之后，而是对词的情绪加工效应是否发生在相对早期的阶段，同时伴有情绪相关脑区的参与。如意见 2 所述，我们在文中对相关内容进行了修改。

.....

审稿人 2 意见：

意见 1：表音文字和表义文字存在很多方面的差异，作者也在前言部分进行了相关表述，建议作者进一步凝练，理清两者在哪个的差异最可能会影响情绪加工，进而为该研究开展的必要性提供支撑。

回应：非常感谢审稿专家的宝贵意见。我们认为汉字的象形特征和表意特征是最可能影响情绪加工的方面，并和意见 5 的讨论形成了呼应。我们已经在前言和讨论部分对汉字特色进行了凝练。请详见：

引言部分凝练的内容，“汉字（中文）是世界上一流传下来并正在被使用的、以象形字为基础发展而来的表意文字。在语义通达上，汉字书写系统建立在图形和意义间紧密联系的基础之上，大量证据支持了字形可以直接通达语义，即语音中介在某些情况下可以被绕过（Chen, & Shu, 2001; Meng, Jian, Shu, Tian, & Zhou, 2008; Zhou, & Marslen-Wilson, 1999; Zhou, Shu, Miller, & Yan, 2018）。而表音文字则必须由语音通达语义。”

讨论部分的内容，“表音文字加工更依赖于语音，语音通达的过程可能占据了认知系统的资源，使得情绪通达相对表意文字更慢。而表意文字源于图画，在视觉上汉字相比西文单词更接近图画，通达情绪会更快。”

意见 2：作者在前言和讨论部分都涉及到表音和表义文字的优劣，该研究似乎不能解决上述问题，建议作者将相关讨论集中在加工机制方面。

回应：感谢审稿专家的宝贵意见。“表音和表义文字的优劣”的相关内容已做修改。具体的：在前言部分，删除涉及“表音和表义文字优劣”的原第五自然段，集中阐述表音文字和表义文字的加工机制，请详见第二自然段内容“标准心理语言学观点认为，在阅读的过程中，首先是加工词汇的视觉特征和正字法单元，进而通达到词典，之后是抽象语义的激活，然后才能产生相应的情绪（Dehaene, Cohen, Sigman, & Vinckier, 2005）。其对应的神经机制是情绪词汇的加工主要发生于经典的阅读网络，其中包括负责词形、语音和语义加工的左侧颞枕皮层下部、侧颞皮层和额下回等脑区，而杏仁核、脑岛等情绪相关脑区独立于阅读网络，只有在情绪词汇加工晚期才有可能被激活（Dehaene et al., 2005; Isenberg et al., 1999）。而神经重用观点则假设，加工各种刺激（如面孔、图片、气味）的情绪信息的大脑区域，可能也负责

情绪词汇的加工信息（Anderson, 2007; Anderson, 2010; Dehaene, & Cohen, 2007; Gallese, & Lakoff, 2005）。”

讨论部分，删除涉及“表音和表义文字优劣”的第原五自然段，请详见第四自然段内容“这可能是因为表音文字加工更依赖于语音，语音通达的过程可能占据了认知系统的资源，使得情绪通达相对表意文字更慢。而表意汉字在视觉上相比西文单词更接近图画，通达情绪会更快。”

意见 3: 作者提到的神经重用假设没有提供相关文献，不知道该假设的原始出处。

回应: 感谢审稿专家的宝贵意见。神经重用假设有较多的理论，由 Anderson (2010) 在综述中进行了详细的总结和梳理。现已在引言的第二自然段补充和说明了神经重用假设的相关文献。请详见“而神经重用观点则假设，加工各种刺激（如面孔、图片、气味）的情绪信息的大脑区域，可能也负责情绪词汇的加工信息（Anderson, 2007; Anderson, 2010; Dehaene, & Cohen, 2007; Gallese, & Lakoff, 2005）。”

***涉及的参考文献:**

Anderson, M. L. (2007) Evolution of cognitive function via redeployment of brain areas. *The Neuroscientist* 13:13–21.

Anderson, M. L. (2010). Neural reuse: a fundamental organizational principle of the brain. *Behavioral and Brain Sciences*, 33(4), 266–313.

Dehaene, S. & Cohen, L. (2007). Cultural recycling of cortical maps. *Neuron*, 56:384–98.

Gallese, V. & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3–4):455–79.

意见 4: 该研究使用的一个重要 ERP 指标是 EPN，该成分的峰值大概在 170ms 左右，与经典的 N170 成分的关系是什么？

回应: 感谢审稿专家的关键意见。情绪刺激会自发地引起注意（Kissler et al., 2007; Schupp et al., 2007）。EPN 是峰值在情绪刺激（情绪图片或情绪词）呈现后大约 150~300 ms 的早期后部负波（或负走向波）。这种枕部负性效应被认为是由类似反射的视觉注意所产生的，促进了感觉编码过程，并反映了一个短暂的阶段，在这个阶段中，任务相关的刺激被选择来进行进一步的、更精细的处理（Potts & Tucker, 2001; Schupp, Junghöfer, Weike, & Hamm, 2004）。JUNGHÖFER 等人（2001）最早发现情绪场景图片在枕叶皮层诱发 N260 成分，它表明后部视觉系统对情绪的辨别加工，且是独立于图像的属性（颜色、亮度、空间频率和复杂度）。Schupp 等人（2003）提出 Early posterior negativity-EPN 这一概念，发现在枕皮层，情绪图片与中性图片的差异波是一负波，但在额中央区发生极性翻转。后来，情绪词汇的脑电研究也发现 EPN 效应（Herbert, et al., 2008; Kissler et al., 2007; Schacht & Sommer, 2009a, 2009b）。它被认为是对情绪词视觉注意初始分配（Herbert et al., 2008）的反映，或者是某种标签机制，即对情绪刺激在早期知觉加工阶段给予优先（Schupp et al., 2004）。因此，EPN 被认为是对情绪词（或图片）视觉注意初始分配（Herbert et al., 2008）的反映，或者是某种标签机制，即对情绪刺激在早期知觉加工阶段给予优先（Schupp et al., 2004）。

而经典的 N170 成分与颞枕区（主要是在颞区）面孔加工中的早期预分类结构编码阶段

是相对应的 (Bentin 等人, 1996), 它被认为是面孔识别的 ERPs 生物标记 (Eimer, 2011)。Bentin 等人 (1996) 的脑电实验最早发现了一个潜伏期约为 170ms 的负波, 位于颞枕部 (occipito-temporal regions) 的两侧, 他们称之为 N170, 认为这个 N170 波与面孔加工中的早期预分类结构编码阶段是相对应的。后来研究者们发现汽车、房子和椅子等一般客体, 以及字词也能诱发 N170 成分, 只是相比面孔, 其 N170 成分的峰值要低 (Carmel & Bentin, 2002; Fu, Feng, Guo, Luo, & Parasuraman, 2012; Itier et al., 2006; Rossell, Price, & Nobre, 2003)。由于 N170 是早期的面孔预分类结构编码, 因此, 它会对一些后期识别加工的面孔属性不敏感。相关的研究发现, N170 不受种族、熟悉度、面部表情等特征的影响。但 N170 成分会受面孔重复适应、年龄因素等的调节 (Amihai, Deouell, & Bentin, 2011; Batty & Taylor, 2006)。

对比 EPN 和 N170, 它们都是产生于图形或文字基本视觉加工早期阶段的后部负波, 两者最主要的区别是 EPN 对应于刺激的情绪效应, 是对情绪刺激视觉注意的初始分配, 易受刺激强度的调节 (峰潜伏期和峰值); 而 N170 对应于刺激的构形加工效应, 几乎不受刺激强度的影响。我们的研究结果显示, 在枕区大约 160 ms 左右, 厌恶词相比中性词诱发更大的负成分。它反映了对情绪刺激在早期知觉加工阶段的优先, 而不仅仅是构形相关的加工。因此, 把它称作 “EPN”。EPN 与 N170 的存在, 可能说明词的情绪信息和词形信息在基本视觉加工后被平行地通达了 (Kissler, Assadollahi, & Herbert, 2006)。

*涉及的参考文献:

- Amihai, I., Deouell, L. Y., & Bentin, S. (2011). Neural adaptation is related to face repetition irrespective of identity: a reappraisal of the N170 effect. *Experimental brain research*, 209(2), 193–204.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8(6), 551–565.
- Carmel, D., & Bentin, S. (2002). Domain specificity versus expertise: factors influencing distinct processing of faces. *Cognition*, 83(1), 1–29.
- Eimer Martin. (2011). The face-sensitivity of the N170 component. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 119.
- Fu, S., Feng, C., Guo, S., Luo, Y., & Parasuraman, R. (2012). Neural adaptation provides evidence for categorical differences in processing of faces and Chinese characters: An ERP study of the N170. *PloS one*, 7(7), e41103.
- Herbert, C., Junghofer, M., & Kissler, J. (2008). Event related potentials to emotional adjectives during reading. *Psychophysiology*, 45(3), 487–498.
- Itier, R. J., Latinus, M., & Taylor, M. J. (2006). Face, eye and object early processing: what is the face specificity? *Neuroimage*, 29(2), 667–676.
- Kissler, J., Assadollahi, R., & Herbert, C. (2006). Emotional and semantic networks in visual word processing: insights from ERP studies. *Progress in Brain Research*, 147–183.
- Kissler, J., Herbert, C., Peyk, P., & Junghofer, M. (2007). Buzzwords: early cortical responses to emotional words during reading. *Psychological Science*, 18(6), 475–480.
- Markus Junghöfer, Bradley, M. M., Elbert, T. R., & Lang, P. J. (2001). Fleeting images: a new look at early emotion discrimination. *Psychophysiology*, 38(2), 175–178.
- Potts, G. F., & Tucker, D. M. (2001). Frontal evaluation and posterior representation in target detection. *Cognitive*

Brain Research, 11, 147–156.

Rossell, S. L., Price, C. J., & Nobre, A. C. (2003). The anatomy and time course of semantic priming investigated by fMRI and ERPs. *Neuropsychologia*, 41(5), 550–564.

Schacht, A., & Sommer, W. (2009a). Emotions in word and face processing: early and late cortical responses. *Brain & Cognition*, 69(3), 538–550.

Schacht, A., & Sommer, W. (2009b). Time course and task dependence of emotion effects in word processing. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 9(1), 28–43.

Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2004). The selective processing of briefly presented affective pictures: an ERP analysis. *Psychophysiology*, 41(3), 441–449.

Schupp, H. T., Markus Junghöfer, Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2003). Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex. *Psychological Science*, 14(1), 7–13.

Schupp, H. T., Stockburger, J., Codispoti, M., Junghofer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2007). Selective visual attention to emotion. *Journal of Neuroscience*, 27(5), 1082–1089.

意见 5: 作者发现情绪词对 EPN 的影响主要在右侧电极上，该结果与前人关于表音文字的发现是否一致，建议在讨论部分进行讨论。

回应: 感谢审稿专家的宝贵意见。表音文字的研究发现情绪词的 EPN 效应主要在枕区两侧电极上，而本研究用表意的汉字作为实验材料，发现 EPN 效应主要在右侧电极上，与情绪图片加工的结果一致。我们在讨论部分的第二自然段增加了相应的内容。请详见“已有的表音文字研究发现情绪词对 EPN 的影响主要在枕区两侧电极上（Herbert et al., 2008; Kissler et al., 2007; Ponz, et al., 2013），而本研究用表意的汉字作为实验材料，发现影响主要在右侧电极上，与情绪图片加工的结果一致（Junghöfer et al., 2001; Schupp et al., 2006）。”

***涉及的参考文献:**

Herbert, C., Junghofer, M., & Kissler, J. (2008). Event related potentials to emotional adjectives during reading. *Psychophysiology*, 45, 487-498.

Kissler, J., Herbert, C., Peyk, P., & Junghofer, M. (2007). Buzzwords. Early cortical responses to emotional words during reading. *Psychological Science*, 18, 475-480.

Junghöfer, M., Sabatinelli, D., Bradley, M. M., Schupp, H. T., Elbert, T. R., & Lang, P. J. (2001). Fleeting images: rapid affect discrimination in the visual cortex. *NeuroReport*, 17, 225-229.

Schupp, H. T., Stockburger, J., Codispoti, M., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2006). Stimulus novelty and emotion perception: the near absence of habituation in the visual cortex. *Neuroreport*, 17, 365-369.

意见 6: 在讨论部分，作者提到情绪词和中性词在 EPN 上的差异开始于 160ms，比西方文字更早，这是因为汉字加工更快还是情绪对汉字加工的影响更早？

回应: 感谢审稿专家的关键性意见。EPN 是情绪图片或情绪词汇产生的情绪效应，它被认为是对情绪刺激注意的初始分配（Herbert et al., 2008）的反映；或者是某种标签机制，即对情绪刺激在早期知觉加工阶段给予优先（Schupp, Junghöfer, Weike, & Hamm, 2004）。表意汉

字在视觉上相比西文单词更接近图画，通达情绪会更快，即表意汉字情绪词比表音西文情绪词更早的引起注意。因此，汉语情绪词和中性词在 EPN 上的差异开始于 160ms，比西方文字更早，这可能是由于情绪对汉字加工的影响更早。

*涉及的参考文献：

Herbert, C., Junghofer, M., & Kissler, J. (2008). Event related potentials to emotional adjectives during reading. *Psychophysiology*, 45, 487-498.

Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2004). The selective processing of briefly presented affective pictures: an ERP analysis. *Psychophysiology*, 41(3), 441-449.

.....

审稿人 3 意见：

意见 1：前言部分：关于神经重用假说的阐述还不够清楚，神经重用假说和标准心理语言学观点是完全对立的吗？以往研究有没有专门来探讨这两个理论争论？情绪词和中性词加工在早期存在差异就能支持神经重用假说？

回复：非常感谢您的宝贵意见。关于神经重用假说的阐述，我们做了修改，修改内容附在本意见回复的后面。

标准心理语言学观点认为情绪词的情绪效应是在深度语义产生之后，神经重用假说则认为在情绪词的深度语义产生之前伴有情绪效应，而不同于语义生成之后。在情绪词的情绪效应这个角度上，神经重用假说和标准心理语言学观点是相对立的。但这并不代表两种观点完全不相容。一是两种观点都认为情绪词加工包含了阅读和情绪两个认知过程。二是情绪词的这种在语言刺激上的早期情绪效应可视作情绪脑区新的认知功能，它的出现使得我们需要对传统的标准心理语言学观点进行再思考，丰富了词汇加工时间进程的理论。

长期以来，大脑皮层的不同脑区具有高度选择性和专业化的思想指导着认知神经科学的研究。研究者倾向于将某个认知功能与特定脑区直接对应，比如词汇加工只激活特定的阅读相关脑区，这对应了标准心理语言学观点。神经重用假说对标准心理语言学观点进行了调整，提出像语言或阅读（尤其是其中的情绪词汇）这种人类进化晚期才出现的功能，可能是在重用或重塑其他原始认知功能（如推理、记忆、情绪、视觉和注意）及其脑区的基础上产生的。如果一个脑区同时负责好几个认知功能，或一个特定认知任务在早期激活了经典加工之外的认知过程，或经典网络之外的脑区，则支持神经重用假说。以往研究更多从前一种视角，即采用空间定位技术 fMRI 探索一个脑区是否同时负责几个认知功能进行论证（Michael & Anderson, 2010; Dehaene, 2005; Gallese, 2008），亦有采用锁时的 ERP 技术跟踪情绪词汇加工的时间进程（Herbert, Junghofer, & Kissler, 2008; Kissler, Herbert, Peyk, & Junghofer, 2007; Ponz. et.al., 2013; 王振宏, 姚昭, 2012），但专门来探讨这两个理论争论的研究较少，仅有采用表音文字的法语进行研究(Ponz. et.al., 2013)，目前尚未有采用汉语情绪词汇探讨这两个理论争论。

根据情绪性可以把词汇可分为情绪词和中性词，这反映出情绪词相对其他词汇具有特殊性。情绪词在一定程度上类似情绪图片，能够通过词汇的视觉特征通达其情绪意义，即可以

在未生成深度语义之前产生情绪效应。而神经重用假说主张新习得的认知功能（比如语言）并不是形成了全新的神经网络，而是来自于那些“古老的（ancient）”神经成分（如感知觉，注意，情绪和记忆系统）所形成的新联结，使得这些“古老的”成分可以在早期参与到与其他认知功能相关（比如情绪词）的加工过程。即神经回路在进化过程中或正常的发育过程中，可用于不同的用途。因此，情绪词相比中性词在深度语义生成之前的这种早期情绪效应，是情绪脑区新认知功能的一种体现，它支持了神经重用假说。

修改内容：

“对于阅读时词汇的情绪加工过程，可用两种理论观点进行解释，即标准心理语言学观点（standard psycholinguistic perspective）和神经重用观点（neural re-use perspective）。虽然两种观点都认为情绪词加工包含了阅读和情绪两个认知过程，但对于这两个认知过程的时间进程似乎是相对立的。标准心理语言学观点认为，在阅读情绪词时，首先是加工词汇的视觉特征和正字法单元，进而通达到词典，之后是抽象语义的激活，然后才能产生相应的情绪（Dehaene, Cohen, Sigman, & Vinckier, 2005）。其对应的神经机制是，情绪词汇的加工早期主要发生于经典的阅读网络，包括负责词形、语音和语义加工的左侧颞枕皮层下部、侧颞皮层和额下回等脑区。在加工的晚期才激活情绪相关的脑区，包括杏仁核、脑岛等。且阅读网络和情绪网络是相互独立的（Dehaene et al., 2005; Isenberg et al., 1999）。而神经重用观点则假设，加工各种刺激（如面孔、图片、气味）的情绪信息的大脑区域，可能也负责情绪词汇的信息加工（Anderson, 2007; Anderson, 2010; Dehaene, & Cohen, 2007; Gallese, & Lakoff, 2005）。即情绪词汇在早期也激活经典阅读网络之外的大脑区域（如杏仁核、脑岛、前额皮质），它可以直接通达情绪，甚至发生在深度语义加工之前。该假说认为，这是因为新习得的认知功能（比如语言）并不是形成了全新的神经网络，而是来自于那些“古老的（ancient）”神经成分（如感知觉，注意，情绪和记忆系统）所形成的新联结，使得这些“古老的”成分可以在早期参与到与其他认知功能相关（比如情绪词）的加工过程。即神经回路在进化过程中或正常的发育过程中，可用于不同的用途。

由此可以看出，这两种观点的争议是：对词的情绪加工效应是否发生在相对早期的阶段，同时伴有情绪相关脑区的参与。”（请详见文中引言的第2、3自然段）

*涉及的参考文献：

- Dehaene, S. (2005) Evolution of human cortical circuits for reading and arithmetic: The “neuronal recycling” hypothesis. In: From monkey brain to human brain, ed. S. Dehaene, J.-R. Duhamel, M. D. Hauser & G. Rizzolatti, pp. 133–57. MIT Press.
- Gallese, V. (2008) Mirror neurons and the social nature of language: The neural exploitation hypothesis. *Social Neuroscience* 3(3–4):317–333.
- Herbert, C., Junghofer, M., & Kissler, J. (2008). Event related potentials to emotional adjectives during reading. *Psychophysiology*, 45(3), 487–498.
- Kissler, J., Herbert, C., Peyk, P., & Junghofer, M. (2007). Buzzwords: early cortical responses to emotional words during reading. *Psychological Science*, 18(6), 475–480.
- Michael L. Anderson. (2010). Neural reuse: a fundamental organizational principle of the brain. *Behavioral & Brain Sciences*, 33(4), 275-276.

Ponz, A., Montant, M., Liegeois-Chauvel, C., Silva, C., Braun, M., Jacobs, A. M., & Ziegler,

J. C. (2013). Emotion processing in words: a test of the neural re-use hypothesis using surface and intracranial EEG. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(5), 619–627.

王振宏, 姚昭. (2012). 情绪名词的具体性效应:来自 ERP 的证据. *心理学报*, 44(2), 154–165.

意见 2: 前言部分: 关于汉语情绪词加工的脑电研究应该有不少, 本文在前言中没有介绍, 请查阅补充这些文献, 并阐述本文与这些研究的区别。

回复: 感谢您的建设性意见。我们根据您的指导意见在文中增加了前人的研究文献, 并阐述了不同之处。“尽管已有相当数量的汉语情绪词汇 ERP 研究, 但主要是基于不同加工阶段的脑电位差异。如内隐和外显记忆测验中情绪词差异的研究发现, 在内隐提取过程中, 消极词的 ERP 波形比积极词的 ERP 波形更正, 而在外显提取过程中, 两者 ERP 之间没有显著差异 (李月婷, 李琦, 郭春彦, 2010)。也有研究者采用词汇判断任务, 以效价 (积极和消极) 和唤起 (低和高) 作为变量, 得到不同的结果, 发现积极词相比消极词和中性词引发更强的 ERP 波 (Yao et al., 2016)。几项采用快速序列视觉呈现任务探讨汉语情绪词 (积极情绪词、消极情绪词、中性词) 加工脑电位特征的研究, 发现情绪词的识别加工类似于表情处理的三阶段模型 (Dandan et al., 2014; Shengnan et al., 2015; Wenshuang, Liang, Chunxia, & Wenbo, 2018)。还有研究区分情绪标签词和情绪负荷词, 发现其加工的 N170 和晚正成分脑电位有所不同, 两类词在不同阶段被不同地加工 (Juan, Chenggang, Yaxuan, & Zhen, 2017)。已有的这些关于情绪词 ERP 效应研究得到不一致的结果, 可能是由于不同的研究采用了不同的实验任务造成的。更重要的是, 情绪词在情绪本身未做细分, 不同的原始情绪之间, 以及原始情绪与复合情绪所涉及的脑区不同。此外, 目前还缺乏针对情绪词汇加工过程是否适用神经重用假说的研究。”请详见文中前言最后一自然段的结尾处。

*涉及的参考文献:

李月婷, 李琦, 郭春彦. (2010). 内隐和外显记忆测验中情绪词差异的 ERP 研究. *心理学报*, 42(7), 735-742.

Zhang,D.D.,He,W.Q., Wang,T., Luo,W.B., Zhu,X.R.,Gu,R.L.,...Luo,Y.J. (2014). Three stages of emotional word processing: an ERP study with rapid serial visual presentation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*,9(12),1897-1903.

Yi,S.N., He,W.Q., Zhan,L., Qi, Z,Y., Zhu, C.L.,Luo,W.B.,Li,H. (2015). Emotional noun processing: an ERP study with rapid serial visual presentation. *Plos One*, 10(3), e0118924.

Yao, Z. , Yu,D.S., Wang,L.L.,W., Zhu,X.R., Guo,J.J., Wang,Z.H. (2016). Effects of valence and arousal on emotional word processing are modulated by concreteness: behavioral and ERP evidence from a lexical decision task. *International Journal of Psychophysiology*, 100, 231-242.

Zhao,W.S., Chen,L., C., Zhou,C.X., & Luo,W.B. (2018). Neural correlates of emotion processing in word detection task. *Frontiers in Psychology*, 9, 832.

意见 3: 实验一结果部分: 为什么要做溯源分析? 溯源分析的结果能支持神经重用假说吗?

回复: 您关注的这个问题很有意义。做溯源分析的原因: 一方面, 溯源分析是为了探讨情绪词加工是否激活了经典阅读网络之外的脑区。文中厌恶词和中性词 N400 差异波的溯源分析

源定位于脑岛附近，而脑岛正是厌恶词加工的脑区，表明情绪词征用了经典阅读网络之外的脑区；另一方面，溯源分析发现，厌恶词和中性词 N400 差异波最大激活点时间窗口始于 380ms，这在时间上提供了一个参考点，暗示在 N400 之前出现了情绪效应。即情绪词（厌恶词）和中性词的早期差异是情绪效应。结合溯源分析源定位于经典阅读网络之外的情绪相关脑区，以及 N400 差异波最大激活点时间比语义生成的时间点 400ms 早，足已表明“古老的”情绪脑区有了加工晚期发展的语言（情绪词汇）的新功能，进而支持神经重用假说。

意见 4：实验二的设计有何目的？似乎不能用来验证神经重用假说。

回复：实验二是一个行为实验，所测的反应时指标反映的是词汇加工过程的时间总平均，正如您的疑虑，它不能直接用来验证神经重用假说。但实验二的结果显示，厌恶词相比中性词反应更快，而两类词的差别主要是效价和唤醒度。且厌恶是原始情绪，与人类的日常生活和生存息息相关。它犹如忠实的预警装置，提醒我们远离危险，防患于未然，使我们与对身体有害的刺激保持距离（Miller, 2004; Rozin, Haidt, & McCauley, 1999）。厌恶词的这种更快反应及其背后的意义有助于我们理解：为什么情绪这种“古老”成分会被重用于语言类刺激的加工。情绪参与了语言（情绪词汇）的加工，这是其新功能的体现。因此，实验二的结果可以作为实验一的补充，是神经重用假说的一个外显的间接佐证。

*涉及的参考文献：

Miller, S. B. (2004). Disgust: The gatekeeper emotion. In S.B. Miller (Ed.), Disgust: The gate keeper emotion. Mahwah, NJ, US: Analytic Press.

Rozin, P., Haidt, J., & McCauley, C. R. (1999). Disgust: The body and soul emotion. In T. Dalgleish & P. M. J. (Eds.), Handbook of cognition and emotion (pp. 429–445). New York, NY, US: John Wiley & Sons Ltd.

意见 5：讨论部分：P22 页，作者对比了表意的汉字和表音的法语在词汇加工时的脑电位特征，作者提到：“厌恶词和中性词的 N400 差异上，法语单词在左侧脑区（PO7、PO3 和 O1 电极），而汉字在中后部双侧脑区（以中部 Cz、Pz 和 Oz 电极为代表）”，因此认为：“汉字情绪词加工相比西文单词加工激活的脑区更广”。这种推论缺乏说服力。而且两者的对比不是本研究的核心问题。

回复：我们赞同您的指导意见。推论“汉字情绪词加工相比西文单词加工激活的脑区更广”没有统计数据的比较，缺乏说服力。我们在讨论的最后，“需要说明的几个问题”部分也做了阐述（请详见“（3）这里的“表意的汉语和表音的法语在词汇加工时脑电位特征对照”，仅仅对两个脑电实验结果进行简单比较，缺少数据的统计结果。因此，表意汉语和表音西文在情绪词加工上的具体差异，还有待进一步的探讨”）。根据您的意见，我们弱化中法两种语言情绪词加工脑电位特征的对比，修改为“词汇加工的脑区方面，汉字情绪词加工相比西文单词加工激活的脑区可能更广”。

汉字情绪词加工激活脑区与西文单词加工激活脑区的对比的确不是本研究的核心问题，考虑到汉字词是表意的象形文字，更容易征用情绪的脑区，相比表音文字更能支持神经重用假说，就做了这部分的比较。根据审稿专家的指导意见，我们修改并压缩了此部分内容，“对照表意的汉字和表音的法语在情绪词加工的脑电位特征发现，两种文字以类似的模式支持了神经重用假说。此外，还发现以下不同之处：（1）在时间进程方面，对表意汉语情绪词的加

工可能比表音西文情绪词的加工更早。如在厌恶词和中性词脑电波分离的起始时间上，法语单词大约在 200 ms，而汉字大约在 170 ms。这可能是因为表音文字语音通达的过程占据了系统的认知资源，使得最后的情绪通达相比视觉上更接近图画的表意文字的情绪通达更慢。

(2) 在激活的脑区方面，汉字情绪词加工激活的脑区可能更广。如厌恶词和中性词的 N400 差异上，法语单词在左侧脑区 (PO7、PO3 和 O1 电极)，而汉字在中后部双侧脑区 (以中部 Cz、Pz 和 Oz 电极为代表)。汉字加工激活双侧脑区，可能是由于汉字独特的视觉构成特点决定的 (Perfetti et al., 2010)。这似乎暗示表意的象形文字更易征用情绪相关脑区，相比表音文字的发现更能支持神经重用假说” (请详见讨论的倒数第 2 自然段)。

第二轮

审稿人 2:

作者在修改中已经解决了我提出的问题，建议发表。

回应：感谢您对本文的帮助与指正，以及宝贵意见和细心评价！

审稿人 3 意见:

作者较好回答了审稿人的问题，但是还存在以下一些地方需要修改：

意见 1: 正文 P19-20 页，作者介绍了汉语情绪词汇的 ERP 研究，首先，作者在介绍这些文献时，只笼统报告了消极和积极词的 ERP 波幅差异，没有报告具体是指哪个成分？是早期成分还是晚期成分？其次，这些研究结果是否也支持了神经重用假说？以往汉语情绪词汇的 ERP 研究也发现了在早期的 ERP 成分上出现了情绪效应。本人查阅了一些相关文献，也有关于厌恶词加工的 ERP 研究发现，厌恶词比中性词诱发更大的早期 EPN 成分 (Core disgust and moral disgust are related to distinct spatiotemporal patterns of neural processing: An event-related potential study, *Biological Psychology*, 2013)。建议作者这个地方再仔细思考，阐述本研究与其他研究的区别以突出创新之处。

回复: 非常感谢您提出宝贵意见，帮助突出文章的创新之处。我们添加了文献综述部分 ERP 的具体成分，并对其是否支持重用假说进行了说明；对于审稿专家提出的文献 (Luo et al., 2013)，我们已经添加到正文中，并结合其他文献进行了总结讨论，以突出本文的创新之处。回顾中文 ERP 情绪词的研究，我们发现：虽然先前研究缺乏针对其结果是否支持神经重用假说或标准语言假说的讨论，但是一部分结果暗示了神经重用理论的正确性，另一部分结果暗示了标准语言学假说的可能性。产生这些矛盾结果的原因是不同研究采用了不同的任务和范式 (如记忆、词汇判断任务或快速序列呈现范式)。这些任务可能使得语义加工进程提前或延后，与情绪效应时程产生混淆，不利于神经重用理论或标准语言学假说的验证。为了解决任务带来的干扰，本研究采用 Go/No-Go 范式，只在 No-Go 试次 (即没有额外按键反应的试次) 设计不同情绪效应的对比，并进行分析，从而探索情绪词的自然识别过程更适合神经重用假说或标准语言学假说。

具体内容请详见引言的最后两自然段：

“尽管已有相当数量的汉语情绪词汇 ERP 研究，但主要是基于不同加工阶段的脑电位差异。如内隐和外显记忆测验中情绪词差异的研究发现，在内隐提取过程中，消极词的 ERP 波形比积极词的 ERP 波形在晚期 450~900ms 时程上更正，而在外显提取过程中，两者 ERP 之间没有显著差异（李月婷,李琦,郭春彦, 2010）。也有研究者采用词汇判断任务，以效价（积极和消极）和唤起（低和高）作为变量，发现积极词相比消极词和中性词诱发更大的 N400（300~410ms）和 LPC（late positive component, 450~700ms）波（Yao et al., 2016）。同样采用词汇判断任务，Luo 等（2013）发现核心消极词相比中性词出现差异的 ERP 成分为早期 EPN、N320 成分和晚期 N400、LPC 成分，而道德消极词相比中性词出现差异的 ERP 成分为 N320 和 N400。几项采用快速序列视觉呈现任务探讨汉语情绪词（积极情绪词、消极情绪词、中性词）加工脑电位特征的研究，发现情绪词的识别加工类似于表情处理的三阶段模型（Yi et al., 2015; Zhang et al., 2014; Zhao, Chen, Zhou, & Luo, 2018）。其中包含早期情绪效应的阶段，对应早期 N170 成分的差异。虽然已上研究缺乏针对其结果是否支持神经重用假说或标准语言假说的讨论，但一部分研究发现了早期情绪效应的 ERP 成分，如 EPN 和 N170（Yi et al., 2015; Zhang et al., 2014; Zhao, Chen, Zhou, & Luo, 2018），暗示了神经重用理论的可能性。而另一部分研究未发现早期情绪效应的 ERP 成分（李月婷,李琦,郭春彦, 2010; Yi et al., 2015），暗示了标准语言学假说的可能性。出现实验结果的不一致，可能是由于这些研究所采用的任务和范式（如记忆、词汇判断或快速序列呈现范式）不同而造成的。此外，情绪词在情绪本身未做细分，不同的原始情绪之间，以及原始情绪与复合情绪所涉及的脑区不同。这都不利于神经重用理论或标准语言学假说的验证。

为了解决实验任务带来的干扰，本研究采用类似 Ponz 等人（2013）的方法，应用经典的 Go/No Go 实验范式，以表意体系的汉字（包括非交通工具词汇：厌恶词、中性词；交通工具词汇）为刺激材料，以中国在校大学生（母语为汉语）为被试，在 No Go 试次（即没有按键反应的试次）设计不同情绪效应的对比，采用 ERP 技术跟踪厌恶词和中性词加工时的脑电位特征，探索情绪词的自然识别过程更适合检验神经重用假说或标准语言学假说；在 Go 试次，要求被试对交通工具词汇做按键反应。此外，还设计一个行为实验为脑电结果提供佐证。如果基于电生理的时间进程证实表意的汉字如同表音的西方单词一样支持神经重用观点，那么其外在行为反应上可能会出现词汇加工的“负性偏向（Negative Bias）”，即厌恶词的加工快于中性词的加工。由于脑电实验中厌恶词判断处于 No Go 试次，无法记录对厌恶词反应的行为数据。因此，设定行为实验任务为被试对非交通工具词做 Go 反应，对交通工具词做 No Go 反应，这样可得到对厌恶词反应的行为数据。实验假设，在电生理上，如果厌恶词和中性词诱发的 EPN 等早期 ERPs 成分，在时间上早于语义产生及其对应的 N400 成分的时间（约 400 毫秒左右），即情绪效应早于语义产生。则一定程度上支持神经重用观点；在行为上，对厌恶词的反应可能比中性词的反应更快。”

*涉及的参考文献:

Luo, Y., Shen, W., Zhang, Y., Feng, T. Y., Huang, H., & Li, H. (2013). Core disgust and moral disgust are related to distinct spatiotemporal patterns of neural processing: an event-related potential study. *Biological Psychology*, 94(2), 242-248.

意见 2: 前言最后一段，作者假设：“实验假设，在电生理上，如果厌恶词和中性词诱发 ERPs

出现差异的时间早于语义产生的时间，即情绪效应早于语义产生”。这里假设不够具体，语义产生的时间是在什么时候，以哪个 ERP 成分为指标，建议写具体一点。

回复：感谢您的建议，我们已经将假设修改得更加具体。请详见文中引言的结尾部分：“实验假设，在电生理上，如果厌恶词和中性词诱发 ERPs 出现差异的成分为 EPN 等早期成分，在时间上早于语义产生及其对应的 N400 成分的时间（约 400ms 左右），即情绪效应早于语义产生，则一定程度上支持神经重用观点；在行为上，对厌恶词的反应可能比中性词的反应更快。”

第三轮

审稿人 3 意见：

作者较好回答了审稿人的问题，有以下两个问题需要再注意：

意见 1：作者在前言写到“同样采用词汇判断任务，Luo 等（2013）发现核心消极词相比中性词出现差异的 ERP 成分为早期 EPN、N320 成分和晚期 N400、LPC 成分，而道德消极词相比中性词出现差异的 ERP 成分为 N320 和 N400。”，“核心消极词”和“道德消极词”表述为“核心厌恶词”和“道德厌恶词”是否更恰当，请作者斟酌。

回复：非常感谢审稿专家提出的宝贵意见！“核心消极词”和“道德消极词”表述为“核心厌恶词”和“道德厌恶词”更准确，符合原文的意思（core- and moral-disgust words），已在正文中修改。

*涉及的参考文献：

Luo, Y., Shen, W., Zhang, Y., Feng, T.Y., Huang, H., & Li, H.. (2013). Core disgust and moral disgust are related to distinct spatiotemporal patterns of neural processing: an event-related potential study. *Biological Psychology*, 94(2), 242-248.

意见 2：在前言部分，作者应该稍微再阐述一下为什么选取厌恶词而不是其他负性词语或者正性词语作为情绪词语刺激。

回复：感谢审稿专家的指导意见，我们在文中补充了为何选取厌恶词作为情绪词刺激。请详见引言最后一个自然段中蓝色字体部分。

“这里沿用了 Ponz 等人（2003）的实验方法，以厌恶词作为情绪词材料，一是因为厌恶情绪能够帮助个体对身体有害的刺激保持距离，对人类生存具有重要意义，这种意义为情绪脑区被语言功能重用提供了前提；二是厌恶情绪的加工有特定的脑区——前脑岛，而前脑岛在大脑皮层较浅的位置，便于电极记录电位。”

*涉及的参考文献：

Ponz, A., Montant, M., Liegeois-Chauvel, C., Silva, C., Braun, M., Jacobs, A. M., & Ziegler, J. C. (2013). Emotion processing in words: a test of the neural re-use hypothesis using surface and intracranial EEG. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(5), 619-627.