

《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：情绪感染与生理自我表征的共享神经机制
作者：王丹；陈文锋；王慧；付雨佳；刘俊业；刘正奎

第一轮

审稿人 1 意见：

意见 1：文章第一句话中“过去，XXX”这样的表述似乎不够专业；

回应：感谢审稿专家的建议。在修订稿中我们已将引言的开头修改为“在早期理论中，情绪感染（emotional contagion）通常被描述为一种被动的、自下而上的情绪传递过程。……”

意见 2：“这一理论转向强调个体在情绪互动中的主体性，即个体不再是情绪信号的被动接收器，而是能动地加工、解释并赋予情绪意义的建构者。”该理论的核心内容需要进一步阐述，尤其是该理论是否明确指出情绪感染是否会直接涉及自我参照的加工过程？这是该论文比较情绪感染与自我参照加工的核心理论基础，需要有更明确的说明。

回应：感谢审稿专家的建议。对于本段想要表达的中心思想（情绪感染是否涉及自我加工）我们在文中进行了针对性的补充和修订，并从以下几点说明了这一问题：

（1）首先，我们在修订稿中进一步阐述了情绪感染理论从“自动模仿”向“基于自我经验的意义建构”视角的演变。早期定义将情绪感染视为一种无意识的自动模仿机制（Hatfield et al., 1994），强调情绪在个体之间的被动传递。随后修订的定义明确指出情绪感染包含对诱发刺激的感知与解释，并可能产生互补情绪（Hatfield et al., 2014），这意味着个体在情绪互动中会对外界情绪信号进行一定程度的加工与意义赋予。其中“解释—意义建构”的成分本质上依赖于个体已有的自我经验、自我状态以及情境归因等内部表征，因此可被视为一种低层次的自我相关加工过程，而非纯粹的反射性模仿。若情绪感染仅仅是被动的接触式传递，则理论上不同个体在同一情境中应呈现相同的感染水平，但大量研究表明情绪感染受到个体差异、自我经验、社会关系和动机等因素调节，这些都指向了内部自我加工在情绪感染中的不可忽视的作用。

（2）其次，在该段的论述中，我们引用了 Wang 等人（2024）的理论模型，文章从自我表征的社会维度视角阐释了其情绪感染的关系。作者认为特定的社会背景能够激活个体不同的自我表征（如个体自我或关系自我），从而自上而下地调节情绪感染。该模型认为，在自我相关性高的情境中越能激活与自我加工相关的神经活动。例如有研究表明，人们更容易受到亲密他人情绪的影响。这种社会心理层面的调节作用其底层的神经生物学基础实际上与自我-他人表征的融合有关。人们感知重要他人的情绪时，与加工自我相关信息的大脑区域（如前脑岛、背侧前扣带回皮质）会被更强烈地激活，其激活模式与他们自己体验情绪时相似（Cheng et al., 2010; Singer et al., 2004）。

综上所述，本段从情绪感染定义的演变、现有理论模型以及实证研究几个方面共同佐证了自我加工系统在情绪感染中的参与。需要说明的是，本研究在修订过程中已将关注范围从广义的自我加工（自我表征）进一步聚焦至生理自我表征，以保持理论与元分析任务范式的一致性。因此，该段落也为下文从生理自我表征的角度论述其与情绪感染的关系做了铺垫。

以下是修订后本段的完整表述：

“近年来，研究者开始重新审视情绪感染的本质，提出其应被理解为一种基于自我经验的意义建构过程。这一点从对情绪感染定义的演变过程中可以略窥一二。Hatfield 等人（1994）最初将情绪感染定义为个体在自动化、无意识的状态下通过对他人情绪状态的模仿，从而使自身产生相应的情绪体验。这一概念强调了情绪信号通过模仿而被动传递过程。但随着研究深入，他们对定义进行了关键修正，指出情绪感染包含对诱发刺激的感知与解释，并可能产生与他人状态不一致的“互补情绪”(Hatfield et al., 2014)。这一理论转向强调个体在情绪互动中的主体性，即个体不再是情绪信号的被动接收器，而是能动地加工、解释并赋予情绪意义的建构者。Wang 等人（2024）提出的模型进一步指出，特定的社会情境能够激活自我表征不同的社会维度（如关系自我），从而自上而下地调节个体对他人的情绪感染。例如，人们更容易受到亲密他人情绪的影响。这种社会心理层面的调节作用于其底层的神经生物学基础实际上与自我-他人表征的融合有关。人们感知重要他人的情绪时，与加工自我相关信息的大脑区域（如前脑岛、背侧前扣带回皮质）会被更强烈地激活，其激活模式与他们自己体验情绪时相似(Cheng et al., 2010; Singer et al., 2004)。因此，深入探讨“自我”在情绪感染中的作用，不仅有助于解释个体间的情绪反应差异，也为理解人类社会情绪互动的本质提供了新的视角。本文旨在通过探讨情绪感染与自我表征之间的共享神经机制，为情绪互动中的人际联结提供神经科学层面的实证支持。”

此外，在引言部分我们还补充了一些实证研究的证据进一步说明生理自我表征与情绪感染的关系：

“……关于内感受的研究也支持了这一观点，这些研究发现个体对自身生理信号（如心跳）的感知准确度（内感受准确性）与其情绪感染水平存在显著关联(Lischke et al., 2020)。这些证据分别从视觉（自我面孔）和躯体（内感受）两个维度共同提示了个体对自我的生理状态的表征与对他人情绪状态表征之间的紧密联系。还有研究通过操纵身体内部表征为这种关联提供了更为直接的实验证据。例如，Minio-Paluello 等人(2020)利用“面孔替代错觉”（*enfacement illusion*）范式，通过同步的视觉-触觉刺激（*visuo-tactile stimulation*）在知觉层面模糊了自我与他人的生理边界。结果发现，当个体产生错觉将他人的面孔纳入自我表征的范围时，个体对他人面部情绪的模仿（情绪感染的核心机制）显著增强。换句话说，当自我表征被拓展后，大脑更容易将观察到的他人情绪表征为自身的情绪，从而加强了情绪模仿这一具身机制。”

参考文献：

- Hatfield, E., Bensman, L., Thornton, P. D., & Rapson, R. L. (2014). New Perspectives on Emotional Contagion: A Review of Classic and Recent Research on Facial Mimicry and Contagion. *Interpersona: An International Journal on Personal Relationships*, 8(2), 159-179.
- Hatfield, E., Cacioppo, J., & Rapson, R. (1994). *Emotional Contagion: Studies in Emotion and Social Interaction*. Editions de la Maison des Sciences de L'homme. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cheng, Y., Chen, C., Lin, C.-P., Chou, K.-H., & Decety, J. (2010). Love hurts: An fMRI study. *NeuroImage*, 51(2), Article 2. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.02.047>
- Singer, T., Seymour, B., O'doherty, J., Kaube, H., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2004). Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science (New York, N.Y.)*, 303(5661), 1157-1162.
- Wang, D., Liu, C., & Chen, W. (2024). The role of self-representation in emotional contagion. *Frontiers in Human Neuroscience*, 18, 1361368.

意见 3: 情绪感染与自我表征这两个核心概念，需要在引言部分有更明确的定义。

回应: 感谢审稿专家的建议。我们已经在修订稿中对这两个概念的定义做了进一步补充。具体来说，文章通过引言的**第一段**“在早期理论中，情绪感染（*emotional contagion*）通常被描

述为一种被动的、自下而上的情绪传递过程。这一观点强调通过行为模仿引发情绪共鸣的机制，解释了人们如何在互动中“感染”他人的情绪（Hatfield et al., 1994）”；第二段“Hatfield 等人（1994）最初将情绪感染定义为个体在自动化、无意识的状态下通过对他人情绪状态的模仿，从而使自身产生相应的情绪体验。这一概念强调了情绪信号通过模仿而被动传递过程。但随着研究深入，他们对定义进行了修正，指出情绪感染包含对诱发刺激的感知与解释，并可能产生与他人状态不一致的“互补情绪”(Hatfield et al., 2014)”对情绪感染的定义做了详细介绍。

对于自我表征而言，修订稿对其定义进行了更详细的解释。主要体现在引言的第三段“……自我表征（self-representation）则是个体对“自我”特质、情感与身份的内在认知模式（Milrod, 2002）……”；“作为一种多维度的心理构念，自我表征从社会维度上可区分为个体自我和关系自我(Brewer & Gardner, 1996)；在内容维度上可进一步细分为心理自我（psychological self）与生理自我（physical self）(Krueger, 2013)。心理自我主要涉及对人格特质、自传体记忆及社会身份的抽象认知(Gillihan & Farah, 2005)，而生理自我则聚焦于个体对自己身体存在的认知，包括身体状态、外表及躯体感觉的知觉与表征（Hu et al., 2016）。生理自我是个体自我意识最基础、最直观的载体(Dary & Lopez, 2023)。它不仅构成了区分“自我”与“他人”的物理边界，更为复杂的社会交互提供了具身化的参照。”

对本研究而言，因为在元分析任务中使用的自我表征任务主要是面孔类任务，所以根据定义我们对文章的标题以及文章内相关的术语进行了修正，即主要聚焦于生理自我表征。

意见 4: 与上一个问题相关，引言部分需要阐述情绪感染与自我表征的常用操纵，尤其是在脑成像领域，两者分别是通过怎样的任务进行探究的。这有助于读者更好理解两者的关联性。现在作者提及了共情任务和自我面孔加工任务，但作者需要进一步阐述为什么在共情任务中会涉及自我面孔加工相关的过程？简括而言，两个概念都非常复杂，包含多个子成分和层面，作者需要在引言部分更好地阐述是在哪个层面探究两者的关联。

回应: 感谢审稿专家提出的宝贵建议。首先在修订稿的引言中我们补充了情绪感染和（生理）自我表征在脑成像研究中的常用操纵，如下所示：

“在神经影像研究中，自我面孔识别任务被广泛用于探讨生理自我表征的神经基础，反映了与生理自我相关的信息在大脑中的加工机制(Hu et al., 2016)。其中比较经典的任务是自我-他人面孔识别任务，即要求被试判断呈现的面孔是否属于自己，从而捕捉大脑在加工自我面孔时的特异性反应(Morita et al., 2017; Sugiura et al., 2012)。这些研究通过对比自我面孔和他人面孔的加工差异，揭示出大脑在识别自我相关视觉信息时的神经机制”

“在情绪感染的脑成像研究中，实验任务通常旨在诱发个体对他人情绪状态的无意识模仿和情绪共鸣。常见范式包括让被试观看动态或静态的情绪面孔图像，或观察他人处于情绪性情境中的视频片段，并同步记录其大脑活动。这类任务主要依赖于个体自动化的情绪模仿及生理同步机制，从而揭示情绪感染背后的神经反应模式”。

其次，在修订稿中引言的第三段和第七段讨论了自我表征的层级问题，从社会、心理的自我转向更基础的生理、具身的自我。补充内容如下：

“……现有模型主要侧重于从自我表征的社会维度探讨其与情绪感染之间的相互作用(Ashton-James et al., 2007; Joby & Umemuro, 2022; Wang et al., 2024)，然而这些研究和理论均

强调的是高阶的社会性自我结构与人际情绪互动之间的关系。需要指出的是，社会互动还是一种具身的心理过程(Lindblom, 2020)。生理自我作为自我概念最基础、最直观的载体，不仅界定了自我与他人的物理边界，也为更高层次的社会自我加工提供了具身性的参照框架。因此，系统地整合生理自我表征与情绪感染的证据，不仅能够揭示人际情绪互动的底层神经机制，还将为构建“生理-认知-社会”的跨层次理论框架奠定基石，有助于更加全面地诠释人类社会互动的复杂内在机制……。”

本研究聚焦的是情绪感染与生理自我表征（自我面孔任务）之间的关系。把二者放在同一元分析框架下进行比较是基于已有理论和实证研究所提示的一个重要但尚未系统检验的假设：情绪感染过程依赖于具身模拟，而具身模拟需要调用与生理自我相关的神经表征。

在理论层面，我们基于具身模拟理论和共享表征理论（引言第3段）认为，人际理解（情绪感染）并非独立于自我，而是以自我为参照进行加工。个体在感知他人情绪时，会无意识地调用与自身体验和自身身体表征相关的神经系统进行模拟。

在实证层面，我们也引用了一些相关研究用于佐证二者之间的联系（引言第4、5段）。例如与生理自我表征相关的脑区在情绪感染的相关研究中也频繁报告(Harada et al., 2016; Krautheim et al., 2020; Nummenmaa et al., 2008; Rymarczyk et al., 2018)；自我面孔识别受损的人在理解他人情感方面也存在障碍(Dapretto et al., 2006; Kita et al., 2011; Lombardo et al., 2012)；容易被哈欠感染（情绪感染的原始形式）的个体在识别自我面孔时的反应更快(Platek et al., 2003)；通过同步的视觉-触觉刺激在面孔知觉层面模糊自我他人边界能促进情绪模仿(Minio-Paluello et al., 2020)等。

因此，情绪感染和生理自我表征（面孔任务）在理论上存在共享机制。本研究元分析的目的是系统地、量化地检验这两种在理论上相互关联的心理过程。以及进一步描绘这些共享区域在更广泛神经网络中的功能连接，为理解二者在社会脑中的整合机制提供更为系统的证据。

意见 5：“研究者将“情感共情”等同于情绪感染”这个做法是否合适？这个问题涉及到情绪感染的定义与操纵。

回应：感谢审稿专家对此问题的指出。在前期文献梳理中，我们注意到在大量情绪与共情领域的研究中，研究者常将情绪感染描述为情感共情的基础形式或自动化成分，并使用多个高度相关的术语来指代他人情绪引发的自动情绪反应(Decety & Lamm, 2006; Hatfield et al., 2011; Heyes, 2018; 黄莺青 & 苏彦捷, 2010)。例如，有研究明确指出“**Emotional contagion is viewed as a kind of ‘primitive’, ‘basic’, ‘unconscious’, ‘rudimentary’ or ‘affective’ empathy.**”(Isern-Mas & Gomila, 2019)；或“**Empathic responses produced solely by Empathy1 (affective empathy) are usually described as ‘emotional contagion’.**”(Heyes, 2018)；或“**Perception of other peoples' emotional states can also result in spontaneous emotional empathy or emotional contagion**” (Nummenmaa et al., 2008)。

从含义上来看，情感共情指对他人情绪状态的知觉诱发个体与他人相同的情绪状态，是对他人情绪的感受（“我能感受到你的感受”）(Waal, 2008; 刘聪慧 et al., 2009)；情绪感染指来自某一个体的诱发刺激被其他个体/群体所感知，并在该个体/群体中产生相应的情绪(Hatfield et al., 2011)，是与他人共享某种心理状态的过程(Dezecache et al., 2016)。从实验操作上来看，情感共情和情绪感染的实验范式是类似的，即通过观看情绪刺激来诱发被试的情

绪反应, 测量被试的情绪体验的一致性(Braadbaart et al., 2014; Kinoshita et al., 2019; Zhu et al., 2025)。该过程不涉及推理等高级认知过程。这些理论背景说明, 情绪感染和情感共情具有高度相关性。

因此, 基于这一术语使用的多样性, 我们在初始文献检索中采用了较为宽泛的关键词(如“emotional contagion”、“emotional mimicry”、“affective sharing”、“emotional empathy”、“affective empathy”、“情绪感染”、“情绪共情”等), 以尽可能涵盖那些虽然未直接使用“情绪感染”术语, 但研究范式和理论框架实际上聚焦于对他人情绪的自动情绪反应的研究。在正式纳入文献前, 我们对每篇文献均进行了严格筛选, 确保实际进入元分析的研究符合情绪感染的操作性定义。

同时, 我们也意识到, 在初稿中使用“情绪感染等同于情感共情”这一表述并不够严谨, 因为多数理论模型更倾向于将情绪感染视为解释情感共情的一种底层机制或成分(Decety & Jackson, 2004; Preston & Waal, 2002)。因此, 我们在修订稿中对相关表述进行了调整, 并将 2.1 文献检索部分修改如下:

“在情绪感染研究领域, 相关文献在术语使用上存在一定的多样性。因此, 为避免遗漏与情绪感染范式相关的研究, 我们在检索过程中采用了较为宽泛但逻辑相邻的关键词, 包括“emotional contagion”、“emotional mimicry”、“affective sharing”、“facial imitation”、“emotional empathy”、“affective empathy”“fMRI”、“情绪感染”、“情绪共情”、“情绪共享”“脑功能成像”。在文献筛选阶段, 我们依据既定的情绪感染操作性定义, 对纳入的研究进行了严格甄别, 仅保留符合情绪感染范式特征的研究。”

此外, 在 2.2 情绪感染的纳入与剔除标准部分, 增加了第七点: (7) 实验范式或条件符合情绪感染操作性定义。

参考文献

- Braadbaart, L., De Grauw, H., Perrett, D. I., Waiter, G. D., & Williams, J. H. G. (2014). The shared neural basis of empathy and facial imitation accuracy. *NeuroImage*, 84, 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.08.061>
- Decety, J., & Jackson, P. L. (2004). The functional architecture of human empathy. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 3(2), 71–100. <https://doi.org/10.1177/1534582304267187>
- Decety, J., & Lamm, C. (2006). Human empathy through the lens of social neuroscience. *TheScientificWorldJournal*, 6, 1146–1163. <https://doi.org/10.1100/tsw.2006.221>
- Dezecache, G., Eskenazi, T., & Grèzes, J. (2016). Emotional convergence: A case of contagion? In S. S. Obhi & E. S. Cross (Eds), *Shared representations: Sensorimotor foundations of social life*. (2016-44943-020; pp. 417–436). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107279353.021>
- Hatfield, E., Rapson, R. L., & Le, Y.-C. L. (2011). Emotional contagion and empathy. *The Social Neuroscience of Empathy*, 19.
- Heyes, C. (2018). Empathy is not in our genes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 95, 499–507. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.11.001>
- Isern-Mas, C., & Gomila, A. (2019). Making sense of emotional contagion. *Humana. Mente Journal of Philosophical Studies*, 12(35),
- Kinoshita, T., Tanaka, H., Yoshino, K., & Nakamura, S. (2019). Measuring Affective Sharing between Two People by EEG Hyperscanning. *Adjunct of the 2019 International Conference on Multimodal Interaction*, 1–6.

<https://doi.org/10.1145/3351529.3360657>

Nummenmaa, L., Hirvonen, J., Parkkola, R., & Hietanen, J. K. (2008). Is emotional contagion special? An fMRI study on neural systems for affective and cognitive empathy. *NeuroImage*, 43(3), 571–580. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.08.014>

Preston, S. D., & Waal, F. B. M. de. (2002). Empathy: Its ultimate and proximate bases. *Behavioral and Brain Sciences*, 25(1), Article 1. <https://doi.org/10.1017/S0140525X02000018>

Waal, F. B. M. de. (2008). Putting the Altruism Back into Altruism: The Evolution of Empathy. *Annual Review of Psychology*, 59(Volume 59, 2008), 279–300. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093625>

Zhu, T., Bi, J., Wang, L., Xin, Z., Jin, L., Zhou, Y., Lu, K., Wang, X., Hao, N., & Wang, Y. (2025). Your smiles inspired my smiles: The interpersonal neural coupling of positive emotion contagion during social interactions. *NeuroImage*, 320, 121462. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2025.121462>

黄嵩青 & 苏彦捷. (2010). 共情中的认知调节和情绪分享过程及其关系. *西南大学学报(社会科学版)*, 36(6), 13–19. <https://doi.org/10.13718/j.cnki.xdsk.2010.06.027>

刘聪慧, 王永梅, 俞国良, & 王拥军. (2009). 共情的相关理论评述及动态模型探新. *心理科学进展*, 17(5), 964–972.

意见 6: “与自我表征研究相关的关键词为“self-face”, “own face”, “self-reference”、“self-referential””, 自我面孔与自我参照任务也是在不同层面探究自我相关的表征。讲它们合并在一起是否合适? 总体而言, 作者需要对任务的选择有更好的阐述。

回应: 感谢专家的指出。实际情况是这样的: 在研究设计初期, 我们参考了 Hu et al.(2016) 的观点, 该研究将自我表征区分为两个层面, 以自我面孔范式为主的生理自我表征和以自我参照特质判断为主的心理自我表征。基于该方法, 我们在文献检索阶段将这两类任务均纳入了自我表征的研究范围。然而随着研究的推进, 我们发现本研究的目标是探讨自我表征和情绪感染在神经机制上的重叠, 而情绪感染研究高度依赖于面孔刺激。因此, 为保证两个元分析之间的刺激材料一致性、加工类型的可比性与结果可解释性, 我们最终决定只保留与面孔加工一致的自我面孔任务作为自我表征的操作化范式(可参见附件中纳入自我表征元分析的原始论文)。但在后期研究方案调整后, 我们可能未及时同步更新方法部分的关键词描述, 导致给您造成了任务选择不明确的印象。对此我们深感抱歉。在修订稿中我们已将此问题更正, 去除了与自我参照任务的关键词。

参考文献

Hu, C., Di, X., Eickhoff, S. B., Zhang, M., Peng, K., Guo, H., & Sui, J. (2016). Distinct and common aspects of physical and psychological self-representation in the brain: A meta-analysis of self-bias in facial and self-referential judgements. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 61, 197–207.

意见 7: 由于缺少对相关任务的介绍, 所以不太好理解下面这个 contrast 具体是涉及怎样的过程: “(6) 结果大脑区域的激活模式是感染 > 非感染。”。

回应: 感谢审稿专家的提示。在情绪感染研究中, 常用的实验任务通常是给被试呈现情绪面孔或情绪场景来诱发被试对他人情绪的自动化情绪反应。在这类任务中, 感染条件通常指呈现能够引发被试情绪一致性反应的情绪刺激, 而非感染条件则包括中性面孔、非情绪刺激(如打乱的马赛克图片), 或让被试执行一些与情绪感染无关的任务(如评估图片的宽度)。因此, 本研究中的“感染>非感染”对比反映的是: 在引发情绪感染的刺激条件下, 相比于非感染条件, 大脑中哪些区域表现出更高的激活。这一对比是情绪感染研究领域最常用的 contrast 方法。

我们在初稿中对情绪感染任务的介绍确实不够详细,可能导致读者在理解这部分内容时比较容易产生困惑。根据您的第四条建议,我们在引言部分对情绪感染的常用操纵进行了补充。另外在方法部分,我们也对相关描述进行如下完善:

“(6) 结果大脑区域的激活模式是感染(能够诱发被试情绪一致性的情绪条件) > 非感染(不能诱发被试情绪一致性的非情绪条件)。”

意见 8: 自我表征的元分析没有发现经典的 mPFC/PCC 区域,这似乎与已有的研究和元分析有很大出入,作者需要再次确认元分析的准确性。

回应: 感谢审稿专家对该问题的指出。首先,我们对原始结果进行了核对,确保数据来源以及分析流程无误。其次,我们对比查阅了相关研究发现这一结果具有一定的任务特异性。例如,Na 等人(2021)基于自我面孔识别范式的 ALE 元分析同样未观察到 mPFC 或 PCC 的稳定激活,而是主要发现顶上小叶、楔前叶、额中回、额下回、梭状回及脑岛等区域的显著激活;类似地,Hu 等人(2016)在研究中也未发现以自我面孔为刺激自我表征元分析出现这两个脑区的激活。但在涉及自我评估、自传体记忆或概念性自我加工的任务中常见到 mPFC 与 PCC 的激活。如 Martinelli 等人(2013)的研究显示 mPFC 与 PCC 在自我特质判断、自我评估及自传体记忆检索任务中共同激活;类似地,Svoboda 等人(2006)关于自传体记忆的研究指出 PCC 是整合自我相关情节的关键结构。这些任务均强调对内在自我信息的反思性、语义性或叙事性加工,属于高阶的自我认知过程。基于上述证据,我们推测 mPFC 与 PCC 的激活很可能是任务范式特异性的结果。这可能也是本研究中为观察到这两个脑区激活的原因。

参考文献

- Na Y., Zhao Y., & Guan L. (2021). The neural mechanism of self-face recognition: An ALE meta-analysis of fMRI studies. *Advances in Psychological Science*, 29(10), 1783.
- Hu, C., Di, X., Eickhoff, S. B., Zhang, M., Peng, K., Guo, H., & Sui, J. (2016). Distinct and common aspects of physical and psychological self-representation in the brain: A meta-analysis of self-bias in facial and self-referential judgements. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 61, 197–207.
- Martinelli, P., Sperduti, M., & Piolino, P. (2013). Neural substrates of the self-memory system: New insights from a meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 34(7), 1515–1529. <https://doi.org/10.1002/hbm.22008>
- Svoboda, E., McKinnon, M. C., & Levine, B. (2006). The functional neuroanatomy of autobiographical memory: A meta-analysis. *Neuropsychologia*, 44(12), 2189–2208. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.05.023>

意见 9: 联合分析也需要设定一个阈值。现在很大脑区都是 1 个 voxel,把这些脑区列出来似乎不太合适,结果有很大的随机性。

回应: 感谢审稿专家的宝贵意见。我们在分析设置中确实指定了最小簇体积阈值 (Min.volume),但在核查 GingerALE 的运行机制后确认,该参数仅适用于单独的 ALE 结果,而不作用于联合分析(官方手册联合分析时该参数设置为 0)。根据 GingerALE 官方文档说明:“A conjunction image is created using the voxel-wise minimum of the input ALE images.”即联合分析通过逐体素取两个阈值化 ALE 映射的最小值来获得重叠区域,因此不会再额外执行 cluster-level 或最小簇体积阈值,这可能也是联合分析结果中出现小体积簇的原因。参考以往研究惯例,我们在初稿中报告了所有达到显著性的重叠脑区。然而我们也考虑到您的建议的合理性,因此在修订稿中手动剔除了 voxel 过小的脑区。

意见 10: MACM 分析选定的 3 个 VOI, 需要进一步阐述, 为什么选择它们? 联合分析也报告了其他脑区。

回应: 感谢审稿专家提问及建议。我们选择前三个 Cluster 进行 MACM 分析是基于以下几个原因:

(1) 如表 5 所示, 由于 Cluster 3 (176 mm³)和 Cluster 4 (88 mm³)之间存在明显的体积断层。前三个团块体积显著更大, 说明这些区域在纳入的研究中具有更高的空间收敛性。在 MACM 分析中, 如果种子点的体积太小, 可能会导致从数据库中提取的共激活坐标数量不足, 从而造成连接结果不稳定或统计效力低下的潜在问题。因此, 我们优先选择了最稳健的团块以确保 MACM 结果的可靠性。

(2) 从脑功能上来看, Cluster 1(R-IFG)和 Cluster 2(L-Insula)是情绪感染和自我表征交互的核心神经基础。Cluster 3(R-Clastrum)虽然在 Ginger ALE 的“Nearest Gray Matter”查找功能中将其标记为屏状核, 但在更详细的细胞结构和脑回定义上, 这个脑区的坐标(40, 2, 6)是 100%落在右侧脑岛 (Right Insula) 的范围内的。因此 Cluster 3 很可能属于 Cluster 2 的对侧同源脑区。将该脑区纳入 MACM 分析可以让我们更加详细了解双侧脑岛的加工机制。

此外, 我们也参考了前人的研究方法, 例如 Liu 等人(2021)也并未使用所有显著脑区, 而是从中挑选了具有代表性的 VOIs。基于这些原因, 我们最终选择了这些 VOI 进行后续的 MACM 分析。在修订稿中, 我们已做出如下补充性描述确保读者能够清晰理解 VOI 的选择依据:

“.....基于 ALE 联合分析结果, 本研究综合考量了团块的空间收敛度与功能解剖地位, 筛选出前 3 个关键激活团块作为感兴趣区 (VOIs) (表 2), 以构建情绪感染与自我表征交互的核心网络。.....”

参考文献

Liu, M., Liu, C. H., Zheng, S., Zhao, K., & Fu, X. (2021). Reexamining the neural network involved in perception of facial expression: A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 131, 179–191. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.024>

.....

审稿人 2 意见:

该论文通过元分析揭示情绪感染与自我表征的共享神经机制, 选题具有重要的潜在学术价值, 以理解“自我-他人加工的类似性”这一社会认知神经科学的核心问题为出发点, 探讨情绪感染的基本心理学原理, 理论构想, 实证路径清晰。具体问题如下:

回应: 感谢审稿专家的肯定。

意见 1: 如有可能, 请在概念上做进一步澄清, 目前将 emotional contagion / mimicry / affective empathy / emotional sharing 等都视作“情绪感染”, 无疑这些都有共性, 但也应存在区分。目前看起, 涉及的研究至少包括: 情绪感染, 共情, 面部模仿等。应讨论和明确情绪感染和共情是否以及在何种程度上或角度上可以混用而何时又不能? 在我看来, empathy 似乎是比较情绪感染更高级一点的过程? 因其涉及到对自我和他人情绪的区分, 对他人情绪的感知和推断? 对这些概念的异同的区分有可能提升开展元分析的理论精度。

回应: 感谢审稿专家的建议。关于关键词设定与文献检索范围, 我们的确在初始检索阶段采

用了相对宽泛但语义上紧密相关的关键词。因为情绪感染领域存在研究术语的多样性。例如一些研究使用“emotional sharing/affective sharing/emotional mimicry”等。但在操作定义上与“emotional contagion”是一致的。其次，关于共情研究的纳入问题，正如我们给审稿专家 1 在意见 5 中所回应的那样：我们严格区分了情感共情和认知共情二者的区别。您所提到的“涉及到对自我和他人情绪的区分，对他人情绪的感知和推断”属于认知共情。而在文献检索中，我们仅将情感共情纳入，情感共情是指对他人情绪状态的知觉诱发个体与他人相同的情绪状态，是对他人情绪的感受（“我能感受到你的感受”）(Waal, 2008; 刘聪慧 et al., 2009)，不涉及认知推理成分。且有很多研究将情绪感染作为解释情感共情的机制，或在一些研究中二者相互指代，如：

“Emotional contagion is viewed as a kind of ‘primitive’, ‘basic’, ‘unconscious’, ‘rudimentary’ or ‘affective’ empathy.”(Isern-Mas & Gomila, 2019); 或**“Empathic responses produced solely by Empathy1 (affective empathy) are usually described as ‘emotional contagion’.”**(Heyes, 2018); 或**“Perception of other peoples’ emotional states can also result in spontaneous emotional empathy or emotional contagion”** (Nummenmaa et al., 2008)。

因此，为避免因术语差异而遗漏相关研究，我们在检索时将这些理论上相邻的关键词一并纳入。

在正式纳入文献前，我们按照情绪感染的操作定义对这些检索到的文献进行逐篇阅读与筛查，确保最终进入元分析的实验数据满足情绪感染的操作范式。例如通过自动化的、低层级的情绪反应来测量对他人情绪的共鸣，并不涉及外显推理或较高级的认知加工。所有不符合此类实验操作或研究目的的文献均已被排除。

我们在修订稿中已对该问题进行了完善，包括：

(1) 在 2.1 文献检索部分，补充如下描述“.....在情绪感染研究领域，相关文献在术语使用上存在一定的多样性。因此，为避免遗漏与情绪感染范式相关的研究，我们在检索过程中采用了较为宽泛但逻辑相邻的关键词，包括“emotional contagion”、“emotional mimicry”、“affective sharing”、“facial imitation”、“emotional empathy”、“affective empathy”“fMRI”、“情绪感染”、“情绪共情”、“情绪共享”“脑功能成像”。.....”

(2) 在引言部分补充了情绪感染的操作定义：“在情绪感染的脑成像研究中，实验任务通常旨在诱发个体对他人情绪状态的无意识模仿或共享。常见范式包括让被试观看动态或静态的情绪面孔图像，或观察他人处于情绪性情境中的视频片段，并同步记录其大脑活动。这类任务主要依赖于个体自动化的情绪模仿及生理同步机制，从而揭示情绪感染背后的神经反应模式。”

(3) 在 2.2 情绪感染的纳入与剔除标准部分，增加了第七点：(7) 实验范式或条件符合情绪感染操作性定义。

参考文献

- Waal, F. B. M. de. (2008). Putting the Altruism Back into Altruism: The Evolution of Empathy. *Annual Review of Psychology*, 59(Volume 59, 2008), 279–300. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093625>
- 刘聪慧, 王永梅, 俞国良, & 王拥军. (2009). 共情的相关理论评述及动态模型探新. *心理科学进展*, 17(5), 964–972.

- Nummenmaa, L., Hirvonen, J., Parkkola, R., & Hietanen, J. K. (2008). Is emotional contagion special? An fMRI study on neural systems for affective and cognitive empathy. *NeuroImage*, 43(3), 571–580. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.08.014>
- Isern-Mas, C., & Gomila, A. (2019). Making sense of emotional contagion. *Humana. Mente Journal of Philosophical Studies*, 12(35)
- Heyes, C. (2018). Empathy is not in our genes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 95, 499–507. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.11.001>

意见 2: 对他人情绪的感受和对自我面孔的表征密切相关这一点，在已有文献中多有提及。ALE 只是指出可能两个过程招募了一些共同的脑区，如文中所述，似乎集中于镜像神经元系统。建议对这一点究竟反应做更进一步的明确，可能镜像神经元系统只是对表情或动作敏感，无论表情或动作来自他人还是自己？当然，关于镜像神经元系统如何在理解他人的过程中发挥作用，也已经有非常大量的研究了，论文似应进一步明确其创造性贡献。

回应: 感谢专家的建议。我们同意在初稿中对于结果的解释过度集中于 MNS 的作用，未能充分体现本研究的创新性。在修订稿中，我们对摘要、引言和讨论进行了系统性的调整（文中均以红色标注）。主要的创新点可总结如下：

1. 已有理论模型从高阶认知层面探讨了社会性自我表征与情绪感染的关系，本研究则揭示了更基础、更底层的生理自我表征与情绪感染共享的神经机制。这一发现将情绪感染与自我表征的关系从社会心理框架拓展至具身认知框架。丰富了情绪感染与多层级自我表征框架下的系统联系。

2. 本文不仅通过 ALE 元分析确认了情绪感染与自我表征在右侧额下回、脑岛、中央前回等镜像神经元系统相关脑区的重叠激活，还通过元分析连通性模型（MACM）揭示了这些区域在跨任务中形成的额-岛-顶协同网络。这表明，理解自我和理解他人并非仅共享局部激活的脑区，而是通过一个功能耦合的网络实现整合。

3. 早期对情绪感染的理论强调基于镜像神经元系统的无意识模仿解释。然而仅依赖自动化模仿不足以解释情绪感染的一些个体差异。基于 MACM 结果，本研究提出一个更解释力的观点：显著性网络（脑岛/前扣带皮层）对内感受体验进行意义编码和对外部情绪线索进行显著性识别，并与额顶网络的动作模拟协同作用，从而引导个体产生相应的情绪反应。本研究拓展了传统的模仿-反馈模型，将情绪感染从自动模仿提升为一种具身化的意义建构过程。

意见 3: 研究其实只收集了对自我面孔进行研究的文献。但是在论述的时候，绝大部份时候用自我表征这一术语。虽然在讨论里提到了这一点，但还是比较有误导性的。也让标题显得太大了一些。可能需要明确说明是局限在面孔刺激。

回应: 感谢专家的指出。我们同意您的建议。参考 Hu 等人(2016)的研究，我们将以自我面孔为主的自我表征任务限定为生理自我表征。同时，我们对标题做了修改，将原标题更新为“情绪感染与生理自我表征的共享神经机制”。此外，考虑到如将全文所有的“自我表征”机械地替换为“生理自我表征”，可能会让行文变得啰嗦、生硬。因此我们在引言部分对“自我表征”添加了脚注：“为了行文简洁，除特别说明外，本研究后续所述的“自我表征”主要指基于面孔任务的生理自我表征。”在一些必要的地方则直接使用“生理自我表征”这一术语。

参考文献

Hu, C., Di, X., Eickhoff, S. B., Zhang, M., Peng, K., Guo, H., & Sui, J. (2016). Distinct and common aspects of physical and psychological self-representation in the brain: A meta-analysis of self-bias in facial and self-referential judgements. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 61, 197–207.

意见 4: 图如果有 ABC 子图, 还是需要图注分别说明一下为好。

回应: 感谢专家的建议, 修订稿中已经补充了图注。

第二轮

审稿人 1 意见: 作者很好地回复了我大部分问题, 我还有两个问题:

意见 1: 如作者在回复中所述, 他们主要关注的是 self-face processing, 并把传统的 self-reference processing 文献排除出元分析。那文章不同部分使用“自我表征”这个词是否合适? 建议作者根据元分析的步骤对概念进行更准确的阐述;

回应: 感谢专家的提醒。在第一轮修改的时候, 为了兼顾术语的严谨性与行文的简洁性, 我们曾通过在引言的第四段以添加脚注的方式来限定自我表征这一概念的内涵, 即: 【为了行文简洁, 除特别说明外, 本研究后续所述的“自我表征”主要指基于面孔任务的生理自我表征】。然而, 考虑到脚注可能不足以让读者在阅读文章时保持对概念边界的清晰认识, 因此我们采纳您的建议, 在本轮修订中, 除了在引言的理论背景综述部分保留少数用于讨论广义理论上的自我表征外, 凡是涉及本研究具体元分析任务、研究过程、结果呈现及结论推导的地方, 我们将其统一更改为生理自我表征。同时, 对元分析的流程图以及相应的表格 title 中涉及到的相关表述也进行了更新。

意见 2: “因此在修订稿中手动剔除了 voxel 过小的脑区。”具体的标准是什么呢? 建议作者报告具体的阈值标准, 并提供相应的参考文献。

回应: 感谢专家的指出。在初次修订中, 我们参考您在一审中关于“单个 voxel 可能具有随机性”这一建议, 在最终的结果呈现中仅对联合分析中单个 voxel 的重叠区域进行了剔除(但不影响主要研究结果)。然而经进一步反思, 我们认为这一做法并未基于 ALE 联合分析中已有的标准方法, 手动剔除结果这一做法不够严谨。

我们再次详细查阅了 GingerALE 官方手册和相关文献, 认识到 ALE 的联合分析并非一种独立的统计检验, 而是基于两个已进行 voxel-level 阈值化(本研究在 $p < 0.001$ 的水平上进行多重比较校正(置换检验 5000 次))的 ALE 结果, 通过逐体素取最小值来确定重叠区域。因此, 即使某一重叠脑区仅包含单个 voxel, 该结果仍代表两个已通过严格多重比较校正的显著 ALE 映射在空间上的一致性重叠, 而不宜主观地将其视为随机噪声。

此外, 我们还查阅了许多已发表的 ALE 元分析研究, 这些研究在报告联合分析或对比分析结果时, 并未对已达到统计显著性但 voxel 较小的重叠区域进行手动剔除(Krall et al., 2015; Schroeter & Neumann, 2011; Zhang et al., 2022), 而是完整呈现所有显著结果, 并在讨论中对体积小结果进行谨慎解释。例如, 发表在 *Neuroscience & Biobehavioral Review* 期刊上的一篇研究中, 作者在报告联合分析结果时依然完整保留并报告了 voxel 为 8mm^3 被标记为 Middle Frontal Gyrus 的激活簇(见该文 Table 2, Cluster 4 & 5)。作者并未因其体积较小而忽略该区域, 而是在讨论结果的功能意义时将该脑区视为情绪调节的核心网络的重要组成部分, 但也在研究局限部分提示需对小体积簇的解释保持谨慎(Morawetz et al., 2017)。

总的来说，鉴于上述方法学原则与领域惯例，为了保证研究的客观性和可重复性，并避免因人为筛选引入主观偏差，我们在本次修订稿中恢复并完整报告所有达到统计显著性标准的联合分析结果（我们认为此处理方式较手动删减更为稳妥，也恳请专家批评指正）。同时，参考既往研究的做法，我们在“研究局限”部分补充说明：对于体积极小的重叠区域，其解释需结合具体研究情境谨慎进行，以避免过度阐释，具体内容如下：

“……最后，由于 ALE 分析结果的规模受制于纳入研究的样本量和 ALE 算法的权重分配。因此样本量较大的研究在统计上具有更高的权重，样本量较小的研究对最终 ALE 值的贡献较小。因此，对于体素数量较小的显著脑区，其功能意义的解读应保持谨慎。”

参考文献

- Krall, S. C., Rottschy, C., Oberwelland, E., Bzdok, D., Fox, P. T., Eickhoff, S. B., Fink, G. R., & Konrad, K. (2015). The role of the right temporoparietal junction in attention and social interaction as revealed by ALE meta-analysis. *Brain Structure and Function*, 220(2), 587–604. <https://doi.org/10.1007/s00429-014-0803-z>
- Morawetz, C., Bode, S., Derntl, B., & Heekeren, H. R. (2017). The effect of strategies, goals and stimulus material on the neural mechanisms of emotion regulation: A meta-analysis of fMRI studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 72, 111–128. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.11.014>
- Schroeter, M. L., & Neumann, J. (2011). Combined Imaging Markers Dissociate Alzheimer’s Disease and Frontotemporal Lobar Degeneration – An ALE Meta-Analysis. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 3. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2011.00010>
- Zhang, Z., Huang, P., Li, S., Liu, Z., Zhang, J., Li, Y., & Liu, Z. (2022). Neural mechanisms underlying the processing of emotional stimuli in individuals with depression: An ALE meta-analysis study. *Psychiatry Research*, 313, 114598. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2022.114598>

审稿人 2 意见：没有进一步的意见，同意接受。

回应:感谢专家的肯定。

第三轮

审稿人 1 意见：同意发表。

编委 1 意见：同意发表。

编委 2 意见：同意发表。

主编意见：稿件经过多位专家的审阅，作者进行了认真的修改，达到了发表水平，同意发表。