《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：生物运动情绪信息的加工机制及临床异常
作者：袁甜 孔丽 王莉 蒋毅

第一轮

审稿人 1 意见：

本文从生物运动情绪加工的认知神经机制、个体差异以及自闭症、精神分裂症、其他情绪或认知障碍个体的生物运动情绪加工异常三个方面进行了系统综述，并从研究范式与方法、多维社会属性的整合机制、以及跨模态社会情绪知觉系统三个方向，展望该领域未来的可能突破点。该论文深化了对生物运动情绪内在加工机制的理解，具有较好的理论意义。

意见 1：本文目标之一是旨在系统厘清生物运动情绪信息的加工机制及临床异常表现，并探明其与面部表情情绪知觉的关联，最终为构建统一的跨刺激社会情绪知觉理论提供科学依据。本文是否可以更进一步，结合面部表情加工领域的相关研究成果尝试构建一个统一的跨刺激社会情绪知觉理论？

回应：非常感谢审稿专家的宝贵建议。根据专家建议，我们在修订稿中进一步整合了生物运动与面部表情情绪加工的相关证据。生物运动和面部表情作为两类重要的社会情绪刺激，虽然在物理属性和信息表达方式上存在差异，但二者均能够传递个体的情绪状态,且在加工机制和临床缺损上具有较强相似性。首先，在行为层面，生物运动与面部表情均表现出一定的快乐情绪加工优势(Becker et al., 2011; Calvo & Beltrán, 2013; Lee & Kim, 2017; Leppänen & Hietanen, 2004; Spencer et al., 2016)，且个体的生物运动情绪识别能力与面部表情情绪识别能力存在显著关联(Actis-Grosso et al., 2015; Alaerts et al., 2011; Henry et al., 2012; Isernia et al., 2020)，提示不同社会刺激的情绪识别能力可能受到某些共同机制的制约。其次，从加工过程来看，结合生物运动情绪研究中局部运动信息与整体构型信息的不同功能，以及面部表情加工领域关于快速情绪检测和精细情绪辨别的研究，我们进一步提出，不同社会情绪刺激可能具有相似的层级化加工过程，即由早期快速、相对粗略的情绪检测逐渐过渡到较慢但更加精细的情绪类别表征。最后，在神经机制层面，跨类别适应范式的研究发现，适应快乐或悲伤面孔能够系统性地改变随后对生物运动情绪的知觉，而适应情绪性生物运动也能够反向影响面部表情的情绪判断。这种双向跨类别情绪适应效应提示，生物运动与面孔的情绪知觉可能具有共同的神经表征。此外，亚临床及临床研究也为这一观点提供了进一步支持。例如，自闭倾向上升与生物运动和面部表情情绪加工能力下降均有关；精神分裂症、抑郁症等临床群体在不同类型社会情绪线索加工中也呈现出相似的异常模式。这提示临床群体的社会情绪知觉异常可能并非局限于某一种刺激类别，而可能涉及更高层的社会情绪加工机制。

基于上述证据，我们在修订稿中进一步提出了“跨刺激社会情绪知觉系统”的理论框架。该框架认为，大脑并非为面孔、生物运动等不同社会刺激分别建立完全独立的情绪加工系统，而是采用相似的机制加工不同类别的社会刺激情绪信息：在较低加工阶段，不同刺激主要依赖各自特异的视觉特征完成信息编码；随着加工深入，其情绪意义逐渐汇聚到共享的社会情绪表征系统中，从而形成相对独立于具体刺激形式的他人情绪状态表征。我们已根据专家建议在修订稿的总结与展望部分增加上述理论框架的讨论，并增加了一张模型图以更直观地展示我们的理论假设（见 pp. 40-41）。

参考文献：

Actis-Grosso, R., Bossi, F., & Ricciardelli, P. (2015). Emotion recognition through static faces and moving bodies: a comparison between typically developed adults and individuals with high level of autistic traits. *Frontiers in Psychology*, *6*, 1570. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01570

Alaerts, K., Nackaerts, E., Meyns, P., Swinnen, S. P., & Wenderoth, N. (2011). Action and emotion recognition from point light displays: an investigation of gender differences. *PLoS ONE*, *6*(6), e20989. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020989

Becker, D. V., Anderson, U. S., Mortensen, C. R., Neufeld, S. L., & Neel, R. (2011). The face in the crowd effect unconfounded: happy faces, not angry faces, are more efficiently detected in single- and multiple-target visual search tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, *140*(4), 637–659. https://doi.org/10.1037/a0024060

Calvo, M. G., & Beltrán, D. (2013). Recognition advantage of happy faces: tracing the neurocognitive processes. *Neuropsychologia*, *51*(11), 2051–2061. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.07.010

Henry, J. D., Thompson, C., Rendell, P. G., Phillips, L. H., Carbert, J., Sachdev, P., & Brodaty, H. (2012). Perception of biological motion and emotion in mild cognitive impairment and dementia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *18*(5), 866–873. https://doi.org/10.1017/s1355617712000665

Isernia, S., Sokolov, A. N., Fallgatter, A. J., & Pavlova, M. A. (2020). Untangling the ties between social cognition and body motion: gender impact. *Frontiers in Psychology*, *11*, 128. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00128

Lee, H., & Kim, J. (2017). Facilitating effects of emotion on the perception of biological motion: evidence for a happiness superiority effect. *Perception*, *46*(6), 679–697. https://doi.org/10.1177/0301006616681809

Leppänen, J. M., & Hietanen, J. K. (2004). Positive facial expressions are recognized faster than negative facial expressions, but why? *Psychological Research Psychologische Forschung*, *69*(1–2), 22–29. https://doi.org/10.1007/s00426-003-0157-2

Spencer, J. M. Y., Sekuler, A. B., Bennett, P. J., Giese, M. A., & Pilz, K. S. (2016). Effects of aging on identifying emotions conveyed by point-light walkers. *Psychology and Aging*, *31*(1), 126–138. https://doi.org/10.1037/a0040009

意见 2：第一部分：生物运动情绪加工的机制，从整体结构与局部运动信息，情绪加工优势效应，生物运动情绪加工的神经基础，与面部表情的关联四个方面进行阐述。为何是从这四个方面来进行阐述？这四个方面的内在逻辑联系还需加强。在阐述与面部表情加工的关联时，主要结论就是生物运动情绪和面部表情加工的认知神经机制具有高度的共性，生物运动情绪加工是否也存在一些特异性？比如在性别差异、发展模式上是否和表情加工存在一致？

回应：非常感谢评审专家的意见。根据专家建议，我们进一步梳理并强化了第一部分四个小节之间的内在逻辑。该部分并非对四类研究内容的简单并列，而是按照生物运动情绪加工中“视觉基础—加工表现—神经实现—跨刺激比较与整合”的递进逻辑展开。具体而言，首先从整体结构与局部运动信息入手，讨论生物运动中的情绪信息依赖何种视觉特征进行表征，即回答“情绪信息从何而来”的问题；在此基础上，进一步总结不同情绪在识别、探测及自动化加工中所表现出的优势效应及其影响因素，即回答“这些情绪信息如何影响行为加工”的问题；随后从 pSTS 及其相关社会认知网络出发，梳理上述加工过程的神经基础，即回答“这一加工过程如何在大脑中实现”；最后，通过比较生物运动与面部表情的情绪加工，进一步考察前述机制究竟是生物运动所特有，还是反映了不同社会情绪线索之间更一般的加工原则，从而将讨论由单一刺激类别拓展至跨刺激社会情绪知觉。根据这一逻辑，我们在修订稿

第一部分开头增加了总体说明，并进一步加强了各小节之间的过渡与衔接（见 pp. 16、18、21、23）。

针对专家提出的生物运动情绪加工是否具有刺激特异性的问题，我们也对原有表述进行了调整。修订稿不再仅强调生物运动与面部表情加工的共性，而是进一步区分了二者的共享机制与刺激特异性机制。尽管生物运动与面部表情均能够传递他人的情绪状态，并在情绪识别、个体差异及部分神经机制上表现出一定共性，但二者所依赖的初始视觉信息明显不同。面部表情的情绪信息主要来源于眼睛、嘴部及面部肌肉构型等面部形态特征，而生物运动情绪则更多依赖身体整体构型、关节运动轨迹以及速度、加速度等运动学信息。因此，在早期知觉编码阶段，二者仍可能依赖相对特异的视觉加工通路；随着加工层级提高，其情绪意义才可能逐渐汇聚至共享的高层社会情绪表征系统。此外，根据专家建议，我们进一步比较了二者在发展模式和性别差异方面的表现。生物运动情绪和面部表情识别能力均随儿童年龄增长而逐渐成熟，并在老年阶段出现一定程度的下降，提示二者具有部分相似的发展规律。然而，这种相似的年龄效应可能建立在不同的知觉基础之上：老年人生物运动情绪识别能力的下降更多与局部运动信息利用能力减弱有关，而面部表情识别的年龄相关损伤则更多涉及对眼区及其诊断性情绪信息提取能力的下降。类似地，在性别差异方面，两类刺激均有研究发现女性具有一定识别优势，但其基础也可能不同：面部表情中的女性优势更多与对眼区等诊断性面部信息的有效利用有关，而生物运动情绪识别中的女性优势则可能与更高效的基本生物运动及整体运动模式加工相关。基于证据，修订稿进一步提出，生物运动与面部表情在低层刺激编码阶段可能更多依赖类别特异性的加工机制，而在较高层级的情绪意义提取阶段则表现出一定的跨刺激共性。根据这一思路，我们在修订稿中补充了相关讨论，并进一步指出，未来需要采用跨刺激、纵向及直接比较设计，明确这些共性与特异性分别出现于社会情绪加工的哪些阶段（见 p. 25）。

意见 3：本文介绍了自闭特质、分裂型特质、焦虑特质以及自闭症、精神分裂症等个体的生物运动情绪加工特点，但是都是割裂地去介绍各类人群的特点，缺乏放在一起的综合分析与比较。生物运动情绪加工在不同人群中是否表现出不同的加工特点？

回应：非常感谢评审专家的意见。根据该建议，并结合编委及审稿专家 2 的相关意见结合编委和审稿专家 2 的建议，修订稿进一步整合了亚临床特质与临床群体的研究证据，并在相关章节末尾增加了跨群体的综合比较，以突出不同人群生物运动情绪加工异常的共性与特异性。

综合现有研究可以发现，不同临床群体的生物运动情绪加工缺损并非表现为单一、同质的识别能力下降，而是呈现出不同的加工模式。首先，高自闭倾向和自闭症个体主要表现为对生物运动情绪信息整体敏感性的降低，并伴随相关生理和神经反应减弱，提示其异常可能更多涉及社会性情绪信息的提取与整合。其次，在精神分裂谱系中，亚临床分裂型特质与临床精神分裂症虽然均表现出情绪识别困难，但具体模式有所不同：较高的认知—知觉型分裂特质主要与细微情绪线索的识别困难相关，而精神分裂症患者的损伤则在恐惧等威胁相关情绪中尤为突出，并可能伴随更广泛的情绪识别和社会认知异常；不同阳性、阴性症状维度还可能对应不同的作用机制。再次，焦虑特质和抑郁症所表现出的异常更接近情绪信息加工偏向而非普遍的识别能力下降，其中焦虑特质可能主要改变对情绪性信息的注意优先级，抑郁症则主要表现为负性情绪加工增强及正性信息加工减弱。相比之下，双相情感障碍和阿尔茨海默病等群体则表现出相对广泛的情绪识别能力下降。

基于上述比较，修订稿进一步提出，不同群体中的生物运动情绪加工异常可能对应不同层面的加工改变，包括社会情绪信息敏感性降低、情绪线索解释与归因异常、情绪价值偏向以及更一般性的认知能力下降等。因此，生物运动情绪加工异常可能具有一定的跨诊断共性，

同时保留群体特异性的加工模式。未来研究有必要在统一的实验范式下直接比较不同亚临床特质与临床群体，并结合共病特征、疾病阶段及神经机制，系统考察不同病种之间生物运动情绪缺损的异同和机制，从而建立更加精细的跨诊断生物运动情绪加工模型（见 pp. 32-33）。

意见 4：展望部分：最好是围绕生物运动情绪加工的机制、生物运动情绪加工的个体差异、生物运动情绪加工的异常这三部分研究存在的问题进行展望。

回应：非常感谢评审专家的意见。我们同意，原稿的展望与正文关于生物运动情绪加工机制及不同类型临床缺损的论述对应关系尚不够明确。根据专家建议，我们重新调整了展望部分的组织逻辑，使未来研究方向更加紧密地建立在前文综述所揭示的问题基础之上。需要说明的是，结合编委及其他审稿专家的建议，修订稿已不再将亚临床个体特质与临床群体完全割裂地讨论，而是进一步强调从亚临床特质到临床障碍的连续谱及跨群体比较。此外，考虑到本文希望在前述研究基础上进一步提出具有一定理论推进意义的研究方向，我们在保留了原本的三个展望方向的基础上，加强了这些方向与加工机制及临床异常之间的联系。具体而言，在研究范式与方法部分，我们进一步指出未来应结合内隐范式、计算建模及多模态神经科学技术，区分不同个体及临床群体的生物运动情绪异常究竟发生于早期社会知觉、情绪整合还是后期决策阶段；在多维社会属性整合部分，我们补充讨论了年龄、性别以及自闭特质、分裂型特质和焦虑特质等因素可能对不同社会属性整合方式产生的影响；在跨刺激社会情绪知觉部分，我们进一步提出，应在统一范式下比较生物运动、面孔和声音等不同社会情绪线索在不同临床群体中的加工模式，以区分刺激特异性异常与共享高层社会情绪表征异常，并进一步探索不同疾病之间的跨诊断共性与特异性。通过上述修改，三个展望方向均直接建立在前文关于生物运动情绪加工机制及临床异常研究所存在问题的基础之上，从而使展望部分与全文的研究主线形成更加紧密的对应关系（见 pp. 38-42）。

审稿人 2 意见：

本文系统综述了生物运动情绪信息加工的机制及其在不同人群中的异常表现。文章选题具有较高的学术价值，结构清晰，逻辑严密。尤其是文章突破了以往单一视角的局限，对生物运动与面部表情共享机制的探讨，以及对多种临床与亚临床群体（自闭症、精神分裂症、情绪障碍等）加工缺损模式的横向对比，具有很好的理论建设性和启发性，建议小修后录用。为了进一步完善该文，提出以下几条建议，供作者参考：

意见 1：文中目前第 2 节关于个体差异的讨论相对独立，与文章核心机制的关联稍显薄弱。考虑到影响因素并非本文核心，建议将其精简，并考虑将其作为“亚临床特质”或“前置因素”整合进第 3 节（异常人群的表现）中。

回应：非常感谢评审专家的意见。根据专家建议，我们对原第 2 节进行了较大幅度的调整与精简：将年龄、性别等内容进行精简，并将其中与生物运动和面部表情比较直接相关的证据整合至前文相应部分；同时，将自闭特质、分裂型特质和焦虑特质等与临床异常联系更为紧密的内容重新整合为“亚临床特质”，并入原“异常人群的表现”部分。经过上述调整，修订稿不再将一般个体差异与临床异常并列讨论，而是更加突出从亚临床特质到临床障碍的连续性视角（见 pp. 25-28）。

意见 2：在第 3 部分“生物运动情绪加工的异常”中，作者详细梳理了自闭症、精神分裂症及其他认知情绪障碍的异常表现。建议在该部分结尾处增加一段简短的总结性文字。将各类群体的特异性缺损模式提炼为一个简明的小结，能够更好地起到承上启下的作用。

回应：非常感谢评审专家的意见。我们在“生物运动情绪加工的异常”部分结尾增加了一段总结性文字，对不同亚临床特质及临床群体的生物运动情绪加工特点进行了综合比较和提炼。综合现有研究，我们进一步指出，不同群体的生物运动情绪加工异常并非表现为单一、同质的情绪识别能力下降，而是呈现出具有一定群体特异性的缺损模式：自闭症及高自闭特质个体更多表现为社会情绪信息敏感性降低；精神分裂谱系的异常则与细微情绪线索识别、威胁相关情绪加工及不同症状维度有关；高焦虑特质和抑郁症更多表现为选择性的情绪加工偏向；而双相情感障碍和阿尔茨海默病等群体则表现出相对广泛的情绪识别能力下降。由此，我们进一步提出，不同群体中的异常可能涉及社会知觉、情绪归因及认知控制等不同加工机制（见 pp. 32-33）。

意见 3：在第 4 节中，作者很好地引入了漂移扩散模型（DDM）来拆解情绪加工的子过程，并提到了证据累积速率（v）、决策阈值（a）等参数。建议可以进一步补充提及漂移扩散模型在处理此类社会认知实验数据时的应用潜力。

回应：非常感谢评审专家的意见。根据专家意见，我们进一步细化了展望部分关于计算建模的讨论，并补充说明了漂移扩散模型在社会认知研究中的应用潜力。通过对反应时与选择/正确率信息进行联合建模，漂移扩散模型可以将表面行为表现进一步分解为证据累积速率（drift rate, v）、决策阈值（boundary separation, a）、起始偏向（starting point, z）及非决策时间（non-decision time, t）等潜在认知过程，从而区分社会情绪加工差异究竟来源于感知信息质量、决策谨慎程度、先验反应偏向还是刺激编码及反应执行过程。

现有社会情绪研究已经显示了这一方法的应用价值。例如，面部表情研究发现，情绪面孔的加工优势可同时表现为更快的证据累积和更短的非决策时间(Sawada et al., 2022)；面孔倒置则会降低情绪识别过程中的证据累积效率，且这一参数变化与 N170 等神经响应信号存在关联(Yang et al., 2020)。基于这些研究，我们在修订稿中进一步提出，未来可将 HDDM 应用于生物运动情绪研究，通过比较不同情绪类别、任务条件及刺激朝向的模型参数，进一步明确生物运动情绪加工优势或异常究竟来源于情绪信息提取与证据积累效率的变化，还是决策标准、先验偏向及非决策过程的改变。此外，对于临床研究，HDDM 还可用于比较不同患者群体表面相似的行为缺损是否由不同潜在认知机制所致，从而为生物运动情绪加工的精细机制分析及跨诊断比较提供新的计算建模工具（见修改稿 p. 39）。

参考文献：

Sawada, R., Sato, W., Nakashima, R., & Kumada, T. (2022). How are emotional facial expressions detected rapidly and accurately? a diffusion model analysis. *Cognition*, *229*, 105235. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2022.105235

Yang, Y.-F., Brunet-Gouet, E., Burca, M., Kalunga, E. K., & Amorim, M.-A. (2020). Brain processes while struggling with evidence accumulation during facial emotion recognition: an erp study. *Frontiers in Human Neuroscience*, *14*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00340

意见 4：文章致力于完善“跨模态社会情绪知觉系统理论”。然而，目前文中缺乏对核心理论的直观展现。建议作者新增一个理论模型图。通过可视化手段，将局部/整体加工的层级分工、以 pSTS 为核心的社会性神经网络，以及面孔与生物运动的跨类别整合路径串联起来。

回应：非常感谢评审专家的意见。根据专家建议，我们在修订稿中新增了“跨刺激社会情绪知觉”理论框架图，对全文相关证据进行了进一步整合。具体而言，该模型按照 “视觉特征编码—情绪信息提取—跨刺激表征整合”的层级进行组织。在视觉特征编码阶段，生物运动主要依赖速度、加速度、身体构型及整体运动模式等局部与整体运动信息，而面部表情则主要依赖眼、口、眉等局部面部特征及其整体空间构型，体现两类刺激在早期信息编码上的类

别特异性；在情绪信息提取阶段，两类刺激分别形成相应的情绪知觉表征；在更高层级，结合两类刺激在加工特征、神经机制以及跨类别情绪适应等方面的研究证据，我们进一步提出，生物运动与面部表情的情绪信息可能逐渐汇聚至部分共享的高层社会情绪表征。同时，我们在相关正文中进一步讨论了 pSTS 等社会知觉脑区在两类动态社会情绪信息加工中的共同参与及其潜在整合作用。通过上述修改，我们希望更加直观地呈现本文提出的核心观点，即生物运动与面部表情在低层视觉信息编码上具有类别特异性，而随着加工层级提高，其情绪信息逐渐表现出跨刺激共享的表征特征（见 pp. 40-41）。

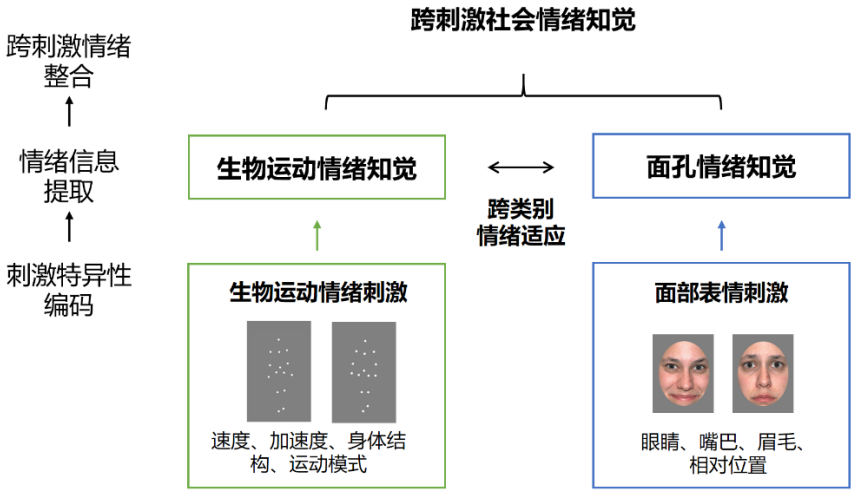


图 1. 跨刺激社会情绪知觉的层级加工框架。生物运动与面部表情在低层视觉特征编码阶段具有刺激特异性，而随着情绪信息的提取与整合，两类刺激表现出跨刺激共享的情绪表征。

意见 5：文章在讨论生物运动情绪的机制时，主要聚焦于情绪本身的识别和探测优势（如快乐或愤怒优势）。然而，情绪性社会刺激（如带有快乐、悲伤、中性情绪的直立与倒置步态）不仅会影响情绪识别本身，更会深刻地自上而下调节底层的基础认知过程，例如时间知觉（导致个体对刺激呈现时长产生高估或低估效应）。建议将视阈拓宽，讨论这些社会情绪刺激如何跨领域地调节其他基础认知维度。

回应：非常感谢评审专家的意见。根据专家建议，我们补充了相关讨论。现有研究表明，生物运动所携带的情绪信息不仅影响情绪识别本身，还可以进一步调节其他认知过程。例如，快乐生物运动相较中性和悲伤生物运动能够诱发更强的社会性注意效应(Yuan et al., 2023)。这一效应在生物运动线索倒置时消失，提示其并非简单由低水平视觉特征所驱动。未来研究可以进一步探究生物运动情绪信息对其他认知过程（如时间知觉、工作记忆）的调节(Droit-Volet & Meck, 2007; Schweizer et al., 2019) （见 p. 39）。

参考文献：

Droit-Volet, S., & Meck, W. H. (2007). How emotions colour our perception of time. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*(12), 504–513. https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.09.008

Schweizer, S., Satpute, A. B., Atzil, S., Field, A. P., Hitchcock, C., Black, M., Barrett, L. F., & Dalgleish, T. (2019). The impact of affective information on working memory: a pair of meta-analytic reviews of behavioral and neuroimaging evidence. *Psychological Bulletin*, *145*(6), 566–609. https://doi.org/10.1037/bul0000193

Yuan, T., Ji, H., Wang, L., & Jiang, Y. (2023). Happy is stronger than sad: emotional information modulates social attention. *Emotion*. https://doi.org/10.1037/emo0001145

意见 6：临床群体部分重复出现 “情绪识别正确率下降”，适当替换表述（情绪辨别敏感性降低、情绪线索提取受损），减少文字冗余；“等”字位置放错，如文中“Alaerts（2011）等采用基于启动……” 应改为“Alaerts 等（2011）采用基于启动……”。有些地方出现了两个“等”字。有些地方仅两个作者，不需要用“等”。建议作者通篇仔细检查。

回应：非常感谢您的细致严谨。我们已通读全文，将重复表述替换为“情绪辨别敏感性降低”、“情绪线索提取受损”等更精准的学术词汇。同时，全面排查并修正了所有文献引用中“等”字的冗余、错位及两位作者误用“等”的格式错误 （见 pp. 29，34-38，42）。

第二轮

审稿人意见：作者对审稿人的问题进行了很好的回答，并做了认真修改，建议发表。

编委 1 意见：这篇稿件经修改后主题较为聚焦，质量也有较大提升。我同意两位外审专家的意见，建议接受发表。

编委 2 意见：文章看过了，达到了发表的水平。同意接收。

主编意见：同意发表。