

《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：人际竞合的二维动态模型：社会比较的驱动作用

作者：高宇蕙，刘菲熠，王锦蓬，孟广腾，刘勋

第一轮

审稿人 1 意见：

本文主要聚焦社会比较如何在人际博弈情境中影响个体竞合行为及其相关的神经机制。竞合行为是人类社会互动的一个重要现象，对竞合行为的心理和认知神经机制的研究有重要的理论和社会意义，选题方向有价值。关于此文，我有以下建议和疑问。

回应：非常感谢评审专家的审稿意见。您提出的建议，对我们完善论文的理论框架、厘清核心概念具有重要作用。我们对文稿进行了认真的修改，希望修改后的文章能够很好地解决您所关注的问题！

意见 1：背景介绍中简单地提及了组织间或群体水平的竞合现象，并进一步引出个体竞合现象，并提出个体/人际竞合现象与组织间存在区别且更为复杂，因此值得研究。以此思路提出该综述的重要性较合理顺畅，但建议考虑介绍组织间竞合现象的基本发现，并总结其与个体间竞合现象的异同，比较两种相似的概念以便于读者更好地进行区分，凸显本文的意义。

回应：感谢审稿人宝贵的意见。您指出，通过介绍组织间竞合现象的基本发现，清晰界定组织竞合与人际竞合的异同，能够便于读者更好地进行区分。为此，我们在修改稿的引言部分进行了如下修改：

首先，介绍组织间竞合现象的基本发现：

“组织层面的竞合主要关注企业如何通过竞合获取外部资源从而提升自身绩效；强调企业如何通过维系竞争与合作的动态平衡，以达成战略目标(Tidström, 2014)。”

其次，我们总结其与个体间竞合现象的异同：

“尽管“竞合”概念最初用于描述组织间战略行为，其核心在于与竞争对手共创价值、实现非零和博弈。然而，组织间战略离不开作为决策主体的个体。组织间的竞合关系，在本质上是由关键个体之间的互动所塑造和驱动的，个体层面的竞合更具动态性与心理复杂性。”

深入剖析个体间的竞合动态有助于理解组织间竞合关系。”

参考文献

Tidström, A. (2014). Managing tensions in cooperation. *Industrial Marketing Management*, 43(2), 261~271.
<https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2013.12.001>

意见 2: 人际间竞合与传统意义上的人际间竞争和合作有什么本质上的区别，本文对这一点说明较为模糊。虽然作者文中提及两者之间会动态转换，也提及有研究发现可能是两个独立维度等等，但是文中并没有很清晰地指出人际间竞合的根本特点是什么，为什么不能用回传统的竞争和合作概念，而是要用竞合概念。如果是组织间竞合现象，其区别与传统合作竞争的显著特征可能是与“竞争对手”创造新价值和非零和博弈，那么放在人际间竞合现象，又可能是什么呢？

回应: 非常感谢评审专家的宝贵意见！我们十分认同，清晰界定人际竞合与传统竞争、合作概念的差异是本文的前提。根据您的建议，我们在修改稿中的引言部分做出相应修改。

首先，我们明确了人际竞合的定义及其根本特点：

“Landkammer 和 Sassenberg(2016)最早给出了人际竞合(interpersonal co-opetition)的概念定义，两个人或两方需要为一项共同任务投入精力(即合作)，而其中一方的成功最终会损害另一方的成功(即竞争)。人际竞合的根本特点在于竞争与合作两个维度之间的动态平衡。”

其次，为什么不能用回传统的竞争和合作概念，而是要用竞合概念：

传统观点将竞争与合作视为对立的两端，在此框架下，高竞争性必然意味着低合作性，而高合作性也必然意味着低竞争性。而人际竞合视角则强调二者可在同一人际互动过程中共存或相互转化，竞合组的被试认为“竞争”和“合作”同样重要(Landkammer & Sassenberg, 2016)，表明两种需求是并存的，而非此消彼长。

最后，为更直观地展示这一概念，我们在修改稿中补充了示意图(图 1)，以阐明人际竞合的二维结构：

“上述理论和实证证据共同提示，竞争与合作存在对立统一的关系，相互关联构成人际竞合。将竞争与合作简单视为对立两端的传统观点(图 1a)，其核心在于将人际互动视为个体在某一具体情境中，竞争合作“此消彼长”的瞬时状态(即在某一时间点上，个体要么更偏向竞争，要么更偏向合作)，但这已不足以解释复杂的人际互动现象。人际竞合视角则强调二者可在同一人际互动过程中共存或相互转化。为此，本文首先引入了一个人际竞合的二

维静态模型(图 1b)，该模型改编自谢晓非等人(2006)的合作与竞争人格倾向研究，该研究验证了合作与竞争是两个相互独立的人格特质维度(而非单一维度的两极)。该模型不再局限于捕捉特定任务中的瞬时状态，而是转向个体相对稳定的特质。构建出四个人际竞合的特质象限：高竞争—高合作、高竞争—低合作、低竞争—高合作、低竞争—低合作。

人际竞合具有双重属性，它既可以表现为个体相对稳定的特质(图 1b)，也可以表现为在序列决策情境中动态演化的心理状态。为了更全面地刻画人际竞合的动态本质，个体在情境中如何通过序列决策，在不同状态象限之间发生迁移，本文提出了一个人际竞合的二维动态模型(图 1c)。该模型由“社会比较”与“目标对齐”双向驱动。其中，“社会比较”源于社会比较理论(Festinger, 1954)，本模型采用 Garcia 等(2013)的定义，将“社会比较”界定为人们需要通过与他人进行社会比较来评估自己，并寻求相对优势地位，从而导致竞争；“目标对齐”则源于社会相互依赖理论(Deutsch, 1949a)，指个体感知到自身目标与他人目标相互促进、协调一致的认知过程，从而驱动合作。

当个体处于“高社会比较—低目标对齐”驱动的“竞争”象限时，若在“社会比较”驱动下过分聚焦于超越他人，为追求优势地位而持续加大投入，并忽视了“目标对齐”所能带来的整体效益时，便可能导致集体利益受损与资源无效耗散的失衡状态，即“过度竞争”。此时，个体将从过度竞争状态迁移，转向更具可持续性的均衡点。这一动态迁移的路径，恰恰由“社会比较”与“目标对齐”两个维度的变化所决定：高社会比较与高目标对齐，将使个体进入“竞合”象限；低社会比较与高目标对齐，将使个体进入“合作”象限；低社会比较与低目标对齐，将使个体进入“退避”象限(既不合作也不竞争)以止损。

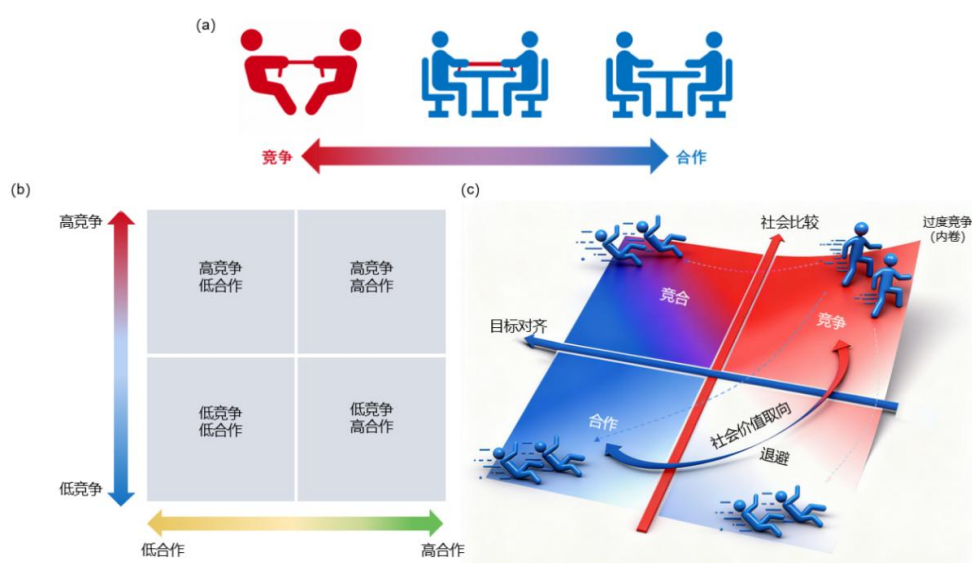


图 1 人际竞合的动态演化模型

注：本图旨在阐释竞争与合作在人际互动中的动态关系。

(a)人际竞合的一维模型：将竞争与合作视为单一连续体的两端，认为两者是此消彼长的对立关系。

(b)人际竞合的二维静态模型，改编自(谢晓非等, 2006)：将竞争与合作视为两个独立的人格特质维度，构建了一个包含四种特质类型的象限空间。

(c)人际竞合的二维动态模型：解释个体在序列决策情境中，由“社会比较”与“目标对齐”双向驱动，当个体陷入“过度竞争”的失衡状态时，可能演化为寻求“高比较高对齐”而“竞合”，或“低比较高对齐”而“合作”，甚至“低比较低对齐”而“退避”以止损。”

参考文献：

Landkammer, F., & Sassenberg, K. (2016). Competing while cooperating with the same others: The consequences of conflicting demands in co-opetition. *Journal of experimental psychology. General*, 145(12), 1670–1686.
<https://doi.org/10.1037/xge0000232>

意见 3：与上个问题比较类似的，人际间的竞合的实验范式，与传统的单独竞争和合作的范式有什么不同之处，怎样的设置才能被特异地称为竞合范式。

回应：感谢您的提问。人际竞合范式与传统范式的核心区别在于，它并非将竞争与合作作为两种分离的情境，而是将二者整合于同一任务中，迫使个体在单一决策里同时权衡进行决策。

这正呼应了 Landkammer 和 Sassenberg (2016) 的概念：个体需同时应对施加于同一社会对象之上相互冲突的需求。

意见 4：关于竞合神经机制的介绍部分存在内容零碎的问题。本文关于这部分虽然介绍了多个研究结果以及相关的脑区，但未系统性地阐明其内在联系，缺少将这些实证发现与更广泛或者更概念化的心理过程或理论模型相联系的一些论述。

回应：感谢审稿人宝贵的建议，在修改稿中，我们对神经机制部分的内容进行了调整，将神经信号与概念化的认知过程构建关联，并增强行文的逻辑性：

“行为经济学范式与神经影像学方法的结合促进了人际竞争与合作行为的神经机制研究。在脑电成分上，FRN 与 P300 是竞争与合作领域主要关注的成分。P300 对正性结果敏感，正性比负性结果可以诱发更正的 P300，个体与他人结果的社会比较差异越大，P300 的振

幅越大(Qi et al., 2018); FRN 则对负性结果敏感, 负性结果比正性结果诱发更负的 FRN (Lin & Liang, 2024), 在社会交互情境中, FRN 的波幅取决于被试对所犯错误的关注程度 (Dou et al., 2014)。前期工作发现, 相较于合作伙伴, 观察竞争对手结果时诱发的 P300 更小, 观察对手输时诱发的反馈相关负波(feedback-related negativity, FRN)也 smaller (Yu et al., 2019), 跨性别研究进一步表明, 男性在竞争情境下观察到他人输时诱发了比女性更大的 FRN (H. Yang et al., 2022)。这些结果提示我们, 个体对竞争对手的结果更不关注, 而男性比女性更关注竞争对手的失败结果。值得注意的是, 近期研究也发现, 合作伙伴的竞争行为和竞争对手的合作行为都诱发了更大的 P300(Peng et al., 2021), 这说明 P300 可能还反映了社会交互的预期误差。”

“在神经影像上, 功能核磁共振技术揭示了指导竞争与合作的脑区。腹侧纹状体通过编码预期误差, 更新决策选择的价值(Martinez-Saito et al., 2019; van den Bos et al., 2013), 当个体输给其他玩家时出现显著负激活(Delgado et al., 2008)。前脑岛(AI)与背侧前扣带回(dACC)负责加工负性结果(van den Bos et al., 2013), 当上行社会比较时会显著激活(Luo et al., 2018)。颞顶联合区(TPJ)作为心理理论的核心脑区, 也参与到竞争互动(Yang et al., 2022), 当竞争获胜时激活更强(Martinez-Saito et al., 2019; van den Bos et al., 2013)。经颅直流电刺激研究进一步发现, 当抑制 TPJ 的活动时, 个体的过度竞标行为显著提升, 这揭示了 TPJ 与竞争行为的因果关联(Su et al., 2021)。”

意见 5: 展望部分很好地总结了现有研究存在的问题。作为一篇介绍人际竞合现象的综合性文章, 可以考虑尝试对其中的问题进行回答, 以提升文章的深度。

回应: 感谢审稿人的建议。在修改稿中, 我们在展望部分给出了解答问题的思路框架:

总体而言, 近年来人际竞争或合作受到了越来越多的关注, 广泛采用了传统行为经济学博弈范式, 并逐渐将脑成像与计算建模技术应用于该领域的研究, 增进了我们对人类社会认知机制的理解, 但仍存在以下四方面的局限性, 未来的研究可据此展开:

第一, 现有研究常把竞争与合作视为对立两端, 缺乏统一理论框架。本文提出的人际竞合动态演化模型回应了这一理论空白, 其主要贡献在于: 首先, 社会价值取向理论可以解释“竞争”与“合作”两个象限, 而本模型明确地将“竞合”作为动态演化状态的一部分, 为社会价值取向提供补充。其次, 该模型创新性地提出了一套可检验的驱动框架, 即个体在情境中的序列决策是由“社会比较”与“目标对齐”双向驱动的。未来的研究可以在此框架下,

进一步考察特质水平（如社会比较）与人际竞合倾向的关系。

第二，传统竞争（彩票博弈、全付费拍卖等）或合作（公共物品、公共资源池博弈等）范式中投资和分配方式与现代社会存在较大差距，缺乏生态效度，并无法综合反映人际竞合两难困境中的动态权衡。未来需要开发新的行为经济学范式，并据此考察社会比较在不同因素（个体、情境、社会）下对人际竞合动态权衡的影响，进而构建整合了多重参数(个体投资/回报，对手投资/回报，社会比较等参数)的竞合计算模型。

第三，以往研究大多单独考察竞争或合作的神经机制。然而，这些研究受限于现有范式，缺乏能够探究两者间动态权衡的统一工具，并且在计算神经机制的解释上仍存争议。本文提出的份额博弈范式为此提供了一种可行的研究思路。未来研究结合脑成像与计算建模，基于强化学习的经典模型，融入社会博弈的决策过程和参数，如社会比较（向上比较/向下比较）和反事实思维等，系统性地揭示竞合决策过程的神经动态特性和计算神经机制。

最后，由于缺乏理解和解释人际竞争与合作的统一理论，以往研究也尚未提出有效的干预方案和实践方法。未来研究应基于社会比较对竞合的影响机制，开发并验证干预过度竞争的方案。一方面，对竞争倾向不明显的个体采用行为干预，改变其环境感知以促进合作；另一方面，对特质性竞争较强的个体，可探索利用神经调控技术（如抑制竞争相关脑区或激活合作相关脑区）来提升其合作倾向。”

意见 6：本文的题目是“社会比较影响人际竞合的认知神经机制”，因此社会比较应是其中一个重点，但在对社会比较这一重要因素对人际竞合的影响以及相关结果的介绍上尚有提升空间。对社会比较影响竞合行为的具体路径及其内在心理机制的分析有些薄弱，各影响因素之间的逻辑关系也有待梳理。比如在社会比较理论的介绍段落中提及不平等厌恶，但并未明确指出不平等厌恶会怎么影响竞合行为，这样的话社会比较与人际竞合之间的联系就显得脱节了。另外，研究结果介绍部分与社会比较理论的联系是什么也建议加强论述，研究中发现了哪些社会比较对竞合行为的独特影响未充分凸显和总结，让人感觉这只是诸多相关因素中的一个，重要性和特殊性没有很好地被突出。

回应：非常感谢您指出的这个问题！我们认识到原文未能清晰构建社会比较与竞合行为之间的桥梁。为此，我们在修改稿中进行了强化，主要从以下两方面着手：

一方面，明确不平等厌恶会怎么影响竞合行为：个体既有避免落后于他人的不利不平等厌恶，也有避免过度领先于他人的有利不平等厌恶。不利不平等厌恶驱动个体进行竞争；

而有利不平等厌恶则可能驱动个体进行合作。已经在修改稿中补充：

“此外，演化动力学模型进一步揭示了两者间的动态联系：当合作的收益-成本比超过关键阈值时，群体的主导动机可以从不利不平等厌恶演化为有利不平等厌恶，即从一个由“需求”驱动转变为“慷慨”驱动的系统(Su & Stewart, 2025)。根据不平等厌恶理论，大多数人兼具利他与公平动机；当遇到贡献较低的非合作者时，这种公平偏好会促使个体抑制自身利他行为，使其对他人贡献的预期相应降低(Fischbacher & Gächter, 2010)。因此，不利不平等厌恶驱动个体进行竞争；而有利不平等厌恶则可能驱动个体进行合作。”

另一方面，整合“社会比较维度”与“竞合行为倾向”的已有研究：我们已在修改稿 2.2 人际竞合的实证研究补充，修改内容与审稿人 2-意见 1 的回应一致。

参考文献

- Fischbacher, U., & Gächter, S. (2010). Social preferences, beliefs, and the dynamics of free riding in public goods experiments. *American Economic Review*, 100(1), 541–556. <https://doi.org/10.1257/aer.100.1.541>
- Su, Q., & Stewart, A. J. (2025). Evolutionary dynamics of behavioral motivations for cooperation. *Nature Communications*, 16(1), 4023. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-59366-1>
-

审稿人 2 意见：

该综述选题重要、综述面广，但当前版本在理论架构、范式整合、方法细节与论证深度方面存在系统性不足，结论过度推广。

回应：

非常感谢评审专家的宝贵意见。我们反思您指出的理论架构、范式整合、方法细节与论证深度方面的系统性不足。根据您的指导，我们对文稿进行了结构性的修订，以强化理论框架、整合相关范式，并确保论证的深度与结论的审慎。

意见 1：理论构架不够系统。

该综述多处罗列理论与研究成果，但没有能够就“社会比较的维度（方向、目标、属性）”与“竞合决策的计算变量（价值、误差、社会偏好）”提出一个潜在的理论模型。结果描述多为并列式陈述，而非因果/机制链条的阐释。由此，读者无法清楚判断社会比较的哪一维度在何种情境下如何改变竞争/合作；也不便于设计可检验的实验或模型。

回应：感谢审稿人的建议，我们非常认可！根据您的建议以及当前对原稿的修改，我们已在修改稿中补充社会比较的维度对竞合决策的计算变量（价值、误差、社会偏好）的影响。

“在这种竞争与合作并存的复杂情境下，个体如何进行权衡与决策，是理解人际互动的核心。社会比较在调节这一动态平衡的机制中存在关键作用。Stapel 和 Koomen(2005)将合作-竞争倾向视为个体差异变量，发现竞争倾向的个体更有可能产生与他人的对比效应，而合作倾向的个体则更可能与他人的观点趋同。社会比较倾向中的能力维度能够正向预测特质竞争(Liu et al., 2021)。计算建模技术也提供了相应证据。竞争方面，van den Bos 等人(2013)通过拍卖范式发现，个体会对赢得他人的结果赋予额外的价值；Martinez-Saito 等人(2022)利用公共资源池任务发现，个体对选项价值的强化学习不仅基于实际奖赏，还基于自我与他人收益差异所造成的社会比较。合作方面，Hutcherson 等人(2015)发现，个体在社会决策时会有利他动机，将线性加工自身与对手的收益；Park 等人(2019)通过公共物品博弈任务发现，个体会同时将个人与集体利益纳入选项效用。Meng 等人(2023)进一步将社会比较、竞争倾向与合作倾向的各个维度纳入同一网络，结果发现竞争倾向的超越他人维度与合作倾向的合作意愿维度正相关，能力维度的社会比较与竞争取向中的超越他人和过度竞争密切相关，这反映出个体在社会比较中更倾向于通过竞争来提升自身地位；而观点维度的社会比较与合作取向的所有子维度以及竞争取向的自我发展维度呈正相关。这表明，个体在考虑他人意见时可能存在较强的合作意愿。近期一项涉及超过 135 万参与者的大规模元分析进一步揭示了这种动态性。研究发现，社会比较作为一种行为干预技术，其效果受到信息框架的显著调节：当信息被用于强调期望行为时，其效果优于那些侧重于减少不期望行为的干预 (Hoppen et al., 2025) 。因此，社会比较并非简单地导向竞争或合作。”

参考文献

- Hutcherson, C. A., Bushong, B., & Rangel, A. (2015). A Neurocomputational Model of Altruistic Choice and Its Implications. *Neuron*, 87(2), 451–462. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.06.031>
- Liu, Z., Elliot, A. J., & Li, Y. (2021). Social comparison orientation and trait competitiveness: Their interrelation and utility in predicting overall and domain-specific risk-taking. *Personality and Individual Differences*, 171, 110451. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2020.110451>
- Martinez-Saito, M., Andraszewicz, S., Klucharev, V., & Rieskamp, J. (2022). Mine or ours? Neural basis of the exploitation of common-pool resources. *Social cognitive and affective neuroscience*, 17(9), 837–849. <https://doi.org/10.1093/scan/nsac008>
- Park, S. A., Sestito, M., Boorman, E. D., & Dreher, J.-C. (2019). Neural computations underlying strategic social decision-making in groups. *Nature Communications*, 10, 5287. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12937-5>
- Stapel, D. A., & Koomen, W. (2005). Competition, cooperation, and the effects of others on me. *Journal of Personality and Social Psychology*, 88(6), 1029–1038. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.88.6.1029>

van den Bos, W., Talwar, A., & McClure, S. M. (2013). Neural correlates of reinforcement learning and social preferences in competitive bidding. *Journal of Neuroscience*, 33(5), 2137–2146.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3095-12.2013>

意见 2：范式整合不足 / 生态效度论证薄弱

该综述指出现有博弈范式分离并建议开发统一范式，但没有给出具体的、可实现的范式框架。理论有愿景，但操作上缺乏可复制的实验设计；读者无法评估范式的可行性与优越性。

回应：感谢审稿人的建议。在修改稿中，我们补充了具体的、可实现的范式框架。

“综上，以往经典范式主要依靠对称的实验室博弈并采用“全或无”（如：全付费拍卖，专利竞赛）或平均分配原则（如：公共物品博弈）探究人际竞争或合作行为。然而，这与现代社会最常见的“股份制”或按劳分配原则不符。为此，我们提出份额博弈(share game)范式，以更好地模拟现实情境中的资源分配。在份额博弈范式中，两个玩家通过投资分配总资源，资源按投资的比例进行分配，投资的金额不予返还。在份额博弈的收益矩阵中，个体一方面具有增加投资以分配更多资源的竞争性动机，另一方面又具有和对方同时抑制过度竞争以减弱资源耗散的内在约束。因此个体需在竞争与避免过度竞争中进行动态权衡。具体实验流程如图 2 所示，每个阶段开始时使用随机字母提示本阶段互动玩家，每轮开始时呈现本轮的资源总量，随后以横坐标的方式呈现投资选项。参与者需要在 10 秒内通过点击选择投资金额，互动玩家的决策时间在 2~10 秒内随机波动。当双方都提交投资金额后，反馈呈现双方投资代币、分配代币和收益（即未投资代币与分配代币之和）。”

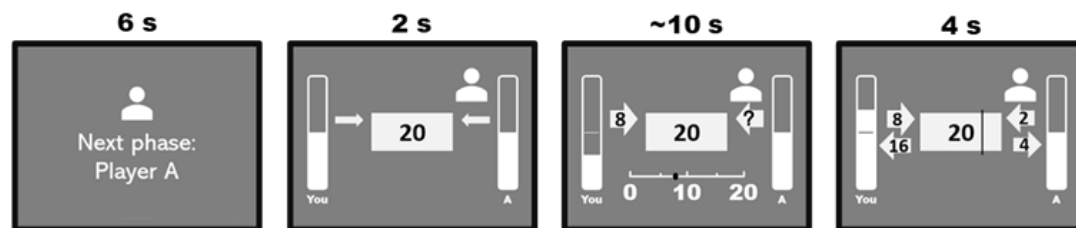


图 2 份额博弈范式流程图

注：在份额博弈中，双方可以决定投资金额，投资的代币被消耗。市场利润总额根据双方投资的比例进行分配。

意见 3：对神经证据的整合过于表面

该综述在神经证据部分罗列了若干 ERP/fMRI 研究结论，但缺乏对结论一致性、时间尺度（ERP）与空间尺度（fMRI）如何互补的讨论，也未就不同研究间的任务差异做系统比较。

由此，读者难以把行为层面与脑层面建立稳健连接，令“神经机制”讨论显得薄弱。

回应：感谢审稿人的建议，我们根据您的建议，对于原稿的神经机制部分进行了补充：

在结论一致性方面，修改内容与审稿人 1 的意见 4 一致。

关于时间尺度（ERP）与空间尺度（fMRI）如何互补，我们认识到，系统性地整合 ERP 的高时间分辨率与 fMRI 的高空间分辨率，对于全面理解人际竞合的动态神经过程至关重要。然而，回顾现有文献后，我们发现，目前针对人际竞合这一概念、且足以支撑跨模态（ERP-fMRI）整合的研究仍有限。为确保综述的严谨性，我们未在正文中强行展开论述。

对于任务差异，我们赞同系统性比较的价值。在修改时，我们已尝试在介绍关键脑区（如腹侧纹状体、TPJ 等）的功能时，尽可能关联其在不同任务情境下的具体作用，以在一定程度上回应您的关切。为了解决您指出的“行为层面与脑层面建立稳健连接”这一核心问题，我们引入了计算神经科学的视角来加强机制层面的整合。我们不再仅仅罗列脑区，而是力图阐明这些脑区在竞合决策的价值计算中所扮演的具体角色。修改后的文稿补充了如下内容：

“计算神经科学研究进一步细化了心理过程与神经活动间关联，腹侧纹状体负责加工由社会比较信息与实际收益信息所组合成的社会奖赏预测误差(Martinez-Saito et al., 2022),促使个体过度竞争以避免社会比较失败(Delgado et al., 2008)。内侧前额叶负责对比竞争与合作的预期效用以指导决策(Philippe et al., 2024)。”

参考文献

Delgado, M. R., Schotter, A., Ozbay, E. Y., & Phelps, E. A. (2008). Understanding Overbidding: Using the Neural Circuitry of Reward to Design Economic Auctions. *Science*, 321(5897), 1849–1852.

<https://doi.org/10.1126/science.1158860>

Martinez-Saito, M., Andraszewicz, S., Klucharev, V., & Rieskamp, J. (2022). Mine or ours? Neural basis of the exploitation of common-pool resources. *Social cognitive and affective neuroscience*, 17(9), 837–849.

<https://doi.org/10.1093/scan/nsac008>

Philippe, R., Janet, R., Khalvati, K., Rao, R. P. N., Lee, D., & Dreher, J. C. (2024). Neurocomputational mechanisms involved in adaptation to fluctuating intentions of others. *Nature communications*, 15(1), 3189.

<https://doi.org/10.1038/s41467-024-47491-2>

意见 4: 可操作建议与干预方案阐述薄弱

作者在“展望”提出希望开发干预方案，但未给出具体策略（例如针对哪类过度竞争人群、何种神经/行为指标作为疗效端点）。

回应：感谢审稿人的建议，在修改稿中，我们给出了更详细的干预方案建议：

“一方面，对竞争倾向不明显的个体采用行为干预，改变其环境感知以促进合作；另一方面，对特质性竞争较强的个体，可探索利用神经调控技术（如抑制竞争相关脑区或激活合作相关脑区）来提升其合作倾向。”

意见 5: 其他问题

图表（图 1、图 2）说明不足，需补充图注与数据来源说明。

建议压缩重复段落，避免冗长陈述。

参考文献更新：某些重要最新工作应补入，以增强时效性。

回应：感谢审稿人宝贵的意见，在修改稿中，我们补充了图注，以下是新增图注：

“图 1 人际竞合的动态演化模型

注：本图旨在阐释竞争与合作在人际互动中的动态关系。

(a)人际竞合的一维模型：将竞争与合作视为单一连续体的两端，认为两者是此消彼长的对立关系。

(b)人际竞合的二维静态模型，改编自(谢晓非等, 2006)：将竞争与合作视为两个独立的人格特质维度，构建了一个包含四种特质类型的象限空间。

(c)人际竞合的二维动态模型：解释个体在序列决策情境中，由“社会比较”与“目标对齐”双向驱动，当个体陷入“过度竞争”的失衡状态时，可能演化为寻求“高比较高对齐”而“竞合”，或“低比较高对齐”而“合作”，甚至“低比较低对齐”而“退避”以止损。”

“图 2 份额博弈范式流程图

注：在份额博弈中，双方可以决定投资金额，投资的代币被消耗。市场利润总额根据双方投资的比例进行分配。”

“图 3 竞争与合作共享的脑网络

注：本图整合了与人际竞争与合作行为相关的关键脑区。红色椭圆代表主要与竞争相关的

脑区；蓝色椭圆代表主要与合作相关的脑区；紫色椭圆代表共同参与竞争与合作的脑区。

AI, 前脑岛；Amy, 杏仁核；dACC, 背侧前扣带回；dlPFC, 背外侧前额叶；dmPFC, 背内侧前额叶；TPJ, 颞顶联合；VS, 腹侧纹状体；vlPFC, 腹外侧前额叶；vmPFC, 腹内侧前额叶。”

在修改稿中，我们删掉了重复论述：

“谢晓非等(2006) 通过访谈和问卷测量，建立了合作与竞争倾向的二维三因子模型，首次从心理机制的视角为竞合现象提供了测量工具。”

同时补充了若干近三年的相关研究，补充文献列表如下：

Hoppen, T. H., Cuno, R. M., Nelson, J., Lemmel, F., Schlechter, P., & Morina, N. (2025). Meta-analysis of randomized controlled trials examining social comparison as a behaviour change technique across the behavioural sciences. *Nature Human Behaviour*, 9(8), 1595~1612. <https://doi.org/10.1038/s41562-025-02209-2>

Lin, H., & Liang, J. (2024). Competition influences outcome processing involving social comparison: An ERP study. *Psychophysiology*, 61(4), e14477. <https://doi.org/10.1111/psyp.14477>

Philippe, R., Janet, R., Khalvati, K., Rao, R. P. N., Lee, D., & Dreher, J. C. (2024). Neurocomputational mechanisms involved in adaptation to fluctuating intentions of others. *Nature communications*, 15(1), 3189. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-47491-2>

Su, Q., & Stewart, A. J. (2025). Evolutionary dynamics of behavioral motivations for cooperation. *Nature Communications*, 16(1), 4023. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-59366-1>

第二轮

审稿人 3 意见：

稿件围绕“社会比较如何在人际博弈情境中影响个体对竞争与合作的动态权衡”展开，并提出由“社会比较×目标对齐”双向驱动的人际竞合二维动态模型，同时提出“份额博弈”作为研究范式，并讨论相关神经与计算机制。整体写作结构完整，问题意识明确，且试图把

竞争/合作从“一维对立”推进到“共存与转化”的框架，具有一定理论整合潜力。

但通读全文后，我认为稿件目前存在若干结构性概念与方法论层面的关键缺口：核心概念的层级关系与边界条件尚未澄清，导致模型“看起来很完整”，但读者很难判断其到底在解释什么层面的竞合、在什么结构条件下成立、又如何被范式检验。这些问题若不系统重构，将显著影响论文的说服力与可读性。有以下 6 个主要问题：

回应：非常感谢评审专家的悉心审阅和建议，这对我们完善论文的理论框架、厘清核心概念具有重要作用。针对您指出的结构性缺口，我们对文稿进行了针对性修改：重构了社会比较与目标对齐的理论逻辑，明确了概念层次与边界条件，并强化了“份额博弈”范式对理论模型的检验效度。我们希望通过此次修改，能够更清晰地回答您关注的问题，并提升文章的说服力。再次感谢您的宝贵意见(修改内容在正文中以橙色字体标注)。

意见 1：忽略“资源有限性/收益结构”这一结构性前提，削弱模型解释力

引言部分对“资源紧张”与“零和博弈”有非常清晰的铺垫：作者指出在资源紧张背景下，若将资源分配视为零和博弈，会强化社会比较并推向竞争、过度竞争甚至恶性竞争。但进入核心模型后，解释系统几乎完全落在心理驱动（社会比较、目标对齐）上：模型被描述为由“社会比较”与“目标对齐”双向驱动来决定个体在象限之间迁移。

原文在论述中同时引入了“资源/收益结构”（如零和、资源紧张）与“心理驱动机制”（如社会比较、目标对齐）两条解释线索，但两者在模型中的层级位置与相互关系尚未被明确交代。模型默认讨论的是哪类收益结构（零和、非零和、或“零和感知”）？资源有限性在模型中究竟是背景常量、边界条件、还是与两驱动交互的调节变量？

如果结构前提不交代，读者会自然追问：当收益结构本身是强零和时，“目标对齐”是否还能推动合作或竞合？这会直接影响模型的外推边界与解释稳定性。

建议：在引言末或模型提出处增加“边界条件声明”：本文模型适用于何类资源/收益结构；若涉及“零和感知”，应说明其与客观零和的关系，并说明资源稀缺性如何进入模型（作为条件变量/调节项/前提假设）。

回应：非常感谢审稿人提出的建议！在修改稿中，我们已在正文 2.2 人际竞合的实证研究部分明确界定了“资源结构”与“心理驱动”的层级关系：

首先，我们明确了模型的边界条件。我们界定本模型主要适用于非零和博弈。在这种结构下，个体收益不仅受相对地位（社会比较）影响，更受到资源总量的客观约束。对于

纯零和博弈，由于缺乏共赢空间，模型预测个体将几乎完全受“社会比较”驱动走向极端竞争，这构成了模型的边界状态。

其次，我们进一步阐明了资源有限性作为调节变量的作用机制。在资源充足时，强化“社会比较”的主导权重，驱动个体追求相对优势；而在资源有限的情境下，过度竞争会导致本金受损，这种客观约束迫使个体在“增加投资以扩大份额”与“减少投资以降低耗散”之间寻求平衡。

“本模型适用于非零和博弈情境。在此前提下，资源充足性作为关键的外部约束，调节目标对齐与社会比较两种心理驱动力的相对权重。具体而言，当资源总量相对于初始禀赋充裕时，玩家的总收益至少不低于其初始禀赋，社会比较占据主导地位，驱动个体追求相对优势；当资源总量相对有限时，过度竞争将直接导致个体收益受损，此时资源稀缺性构成刚性约束，迫使个体在“增加投资以扩大份额”与“减少投资以降低耗散”之间寻找动态平衡，目标对齐的动机因此可能增强。”

意见 2：“竞合”概念结构混乱：混合态 vs 迁移序列 vs 人格特质三者混用

文稿在界定“人际竞合”时，实际上同时调用了三种不同层级/时间尺度的含义：一方面，作者批评传统一维观点把竞争与合作视为某一时间点上“此消彼长”的瞬时状态；另一方面，又强调竞合视角下二者可在同一互动过程中共存或相互转化；同时，文稿进一步指出“人际竞合具有双重属性”，既可表现为个体相对稳定的特质（二维静态象限），也可表现为序列决策情境中动态演化的心理状态（二维动态模型），并据此讨论状态象限间的迁移路径（包括“竞合/合作/退避”）。以上表述各自成立，但目前的问题在于：稿件尚未明确说明这几种含义之间的层级关系与桥接方式——“竞合”究竟主要指同一时点下竞争与合作成分的混合态（需要界定成分与比例的可观测指标），还是指跨时间的状态迁移序列（需要界定迁移发生的时间尺度、触发条件与判据），抑或是指稳定人格特质（需要说明其如何约束/预测状态迁移与行为表现）。这种层级与时间结构的混用会直接降低模型的可读性与可检验性，同时这几种不同的“竞合”在机制上有本质的差异，会给读者造成概念上的混淆，使读者难以把图示中的“静态象限—动态迁移—行为任务”对应起来。尤其是“退避”被描述为“既不合作也不竞争以止损”，但其现实行为表征与可操作定义仍较抽象：读者难以理解它在互动中具体表现为何种可观测行为（如退出互动、降低投入、回避反馈等）以及与低合作/低竞争的其他状态如何区分。因此建议作者在模型提出处增加一个更清晰的分层框

架：明确“竞合”的主定义（混合态/迁移序列/特质），并分别给出对应的时间尺度、行为指标与判定规则，同时用更具体的情境例证与研究证据补足“退避”等象限的现实可理解性。

回应：感谢审稿人的建议！这一意见对于提升本研究理论模型的严谨性与可检验性至关重要。针对您的建议，我们对“人际竞合”的概念架构进行了系统性重构，明确了不同层级间的逻辑关联，并细化了“退避”象限的行为判据。具体修改如下：

第一，我们在文中“模型提出”章节新增了“表 1：人际竞合的分层解析框架：特质、状态与过程的对比”。该表明确了“特质模型”与“动态模型”在维度、时间尺度、可观测指标及判定规则上的差异，建立了从“人格倾向”到“瞬时状态”再到“迁移过程”的逻辑桥接。在文中的具体修改为：

表 1 人际竞合的分层解析框架：特质、状态与过程的对比

	维度	时间尺度	可观测指标
二维静态模型	人格特质： 稳定的行为倾向	长期、跨情境的稳定性	合作与竞争人格倾向(谢晓非等, 2006)；社会价值取向(Murphy et al., 2011)
二维动态模型	混合状态： 瞬时的行为表征 迁移序列： 动态的演化路径	单次决策回合(Trial) 连续互动序列(Trial by Trial / Block / Session)	份额博弈投资额：与纳什均衡及策略空间中值的相对位置 策略迁移概率：后序试次相对于前序试次的投资变化量

“个体的行为决策是稳定特质与特定时空情境交互作用的结果。上述实证证据表明，竞争与合作并非“此消彼长”的一维对立(图 1a)，而是在空间上并行不悖、在时间上动态演化的二维结构。为了清晰界定竞合在不同分析水平上的内涵，本文提出了分层解析框架(表 1)，明确了特质、状态与过程在时间尺度与测量指标上的本质区别：二维静态模型(图 1b)界定了初始的行为倾向；二维动态模型(图 1c)刻画了在特定情境下，由每一决策回合构成的瞬时心理状态及其迁移序列。”

第二，重新界定了不同层级的概念属性，明确了“特质”对“状态”的约束作用。我们在正文中的理论模型部分明确指出个体的行为决策是特质与特定时空情境交互作用的结果。并相应地在正文 2.2 人际竞合的实证研究中分开综述了人际竞合在特质、状态、过程上的

实证证据以及特质与特定时空情境之间的交互作用，为后续模型提供证据支撑：

“……认为合作与竞争可以被看作一种稳定的人格倾向，潜在地影响着个体的合作与竞争行为……例如，研究发现“高竞争—高合作”常表现为受过高等教育、拥有丰富经验的高层管理者(谢晓非 等，2006)。这类人群不仅具有追求相对优势的竞争动机，同时也具备协调目标、促成共赢的合作素质。由此可见，合作与竞争作为稳定的人格倾向，影响着个体在不同情境下的竞合行为表现及状态选择。”

“在特定时空情境下，人际竞合表征为个体由每一决策回合构成的瞬时心理状态及其随反馈不断调整策略的动态迁移过程(图 1c)。每一决策回合均对应一个瞬时状态，反映了个体在该时点对“社会比较”与“目标对齐”维度的权衡权重。”

“这种状态随结果反馈的接收而不断调整，呈现出动态迁移的过程。个体基于前序回合的收益结果及对手策略(Hunter et al., 2021; Zhu et al., 2012)的影响，实时修正策略发生动态迁移。”

“然而，随着研究范式的演进，越来越多的证据表明竞争与合作是并行不悖的二维结构，且在特质、状态、过程上展现出不同的形式……首先，在静态特质上，人际竞合表现为相互独立的人格维度……这种稳定的特质差异与个体在社会认知加工中的不同倾向有关，社会比较在其中发挥关键作用……其次，在状态与过程上，人际竞合表征为个体由每一决策回合构成的瞬时心理状态及其序列决策情境下的权衡与迁移……而是驱动个体在情境中进行序列决策，从而实现不同竞合状态间的迁移。

最后，尽管特质具有稳定性，但其对最终行为的塑造力受到情境因素的显著调节。Stapel 和 Koomen(2005)将合作-竞争倾向视为个体差异变量，发现社会比较会引发竞争倾向的个体更有可能产生与他人的对比效应，而合作倾向的个体则更可能与他人的观点趋同。此外，实证研究也支持了特定时空情境对行为的影响，Waddell 和 Peng(2014)发现，控制了个体的竞争特质，通过改变游戏的目标结构也能显著诱发合作行为。”

第三，针对“退避”定义抽象问题，我们从趋利避害的动机视角出发，结合现实情境进行了界定与情境例证补充：

“从趋利避害的动机视角看，退避是个体在感知到过度竞争可能引发的收益风险后，为实现避害止损而采取的防御性迁移。它区别于低水平的竞争或合作，通过将个体投入最小化来实现决策上的“退出”或策略性“躺平”。这种从失衡状态向退避象限的策略转向，在现实社会情境中广泛存在。在教育中，非理性的升学竞争常诱发个体的“赛道切换”或“躺平”；

在职场中，极度的末位淘汰常诱发员工的“静默辞职”。这些行为本质上均是个体在感知到损益失衡后，为实现避害止损而采取的主动防御策略。”

此外，我们在引言部分也同步引入了“内卷”与“躺平”的概念对比，为后续模型对应这些社会现象的行为模式做了铺垫。

“……这种现象在当下社会语境中常被描述为“内卷”。面对失衡的竞争，个体的行为决策存在分化。出于趋利避害的本能，个体可能转向退避策略，在当下社会语境中常被描述为“躺平”。”

参考文献

Murphy, R. O., Ackermann, K. A., & Handgraaf, M. J. J. (2011). Measuring social value orientation. *Judgment and Decision Making*, 6(8), 771–781. <https://doi.org/10.1017/S1930297500004204>

Waddell, J. C., & Peng, W. (2014). Does it matter with whom you slay? The effects of competition, cooperation and relationship type among video game players. *Computers in Human Behavior*, 38, 331–338. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.06.017>

意见 3：“目标对齐”定义不清，且与“非零和”概念缺少对齐/桥接

原文给了“目标对齐”的明确定义：源于社会相互依赖理论，指个体感知到自身目标与他人目标“相互促进、协调一致”的认知过程，从而驱动合作。同时，稿件在竞合概念溯源处强调组织层面竞合的核心是“共创价值、实现非零和博弈”。目前读者会卡在你提出的关键追问：目标对齐是否特指“非零和收益结构”？“对齐”到底是收益矩阵（结构）的对齐，还是任务目标结构的对齐，还是个体认知的对齐？原文定义倾向于“认知过程”，但没有把它与“非零和叙事”明确桥接起来。

建议：在提出模型变量处补一段“术语桥接”：零和/非零和”用于描述收益结构或资源分配结构；“目标对齐”用于描述目标关系的主观感知（相互促进/协调一致）；二者在模型中的关系：目标对齐在何种收益结构下更可能出现/更有效（边界条件或调节关系）。这段桥接会显著提升可读性与概念精度。

回应：感谢审稿人的建议。我们非常认同在理论模型中建立“资源结构”与“心理感知”之间桥接关系的必要性。根据您的建议，我们已在正文第 2.1.2 节（“目标对齐”定义之后）补充了术语桥接段落，具体修订如下：

“这一过程的发生取决于客观资源结构。在零和结构下，由于利益完全对立，目标无法

实现对齐。只有在非零和情境下，由于存在共同获益或减少损失的空间，个体才能产生维护整体价值的主观感知。因此，目标对齐在本质上是个体对非零和收益结构的认知对齐，体现为个体感知到双方在“减少资源耗散、维护集体收益”这一目标上的协调一致。”

意见 4: 份额博弈范式难以直接对应理论变量，方法与理论存在脱节风险

作者提出份额博弈的动机是：传统范式“全或无/平均分配”与现代社会“股份制/按劳分配”不符，因此提出 share game 更贴近现实；并认为其体现个体在“竞争性动机（多投多分）”与“抑制过度竞争以减少资源耗散的内在约束”之间的动态权衡。

但是，以原文对范式的描述来看，该范式目前仍主要提供一个行为层面的投资选择任务（投资、按比例分配、投资不返还、反馈展示双方投入与收益），读者会追问：

- (1) 社会比较在范式中如何被操控或测量？
- (2) 目标对齐作为“认知过程变量”，在份额博弈中如何进入？
- (3) 动态迁移如何被识别？仅靠投资数值变化能否标记“从竞争→竞合/合作/退避”的象限迁移？原文尚未说明。

建议修改：在范式介绍后补一段“范式—变量映射说明”（哪怕是展望式）：明确哪些可观测指标对应竞争/合作成分，社会比较与目标对齐准备如何操控/测量，动态迁移准备如何判定。

回应：感谢审稿人提出的建议！(1)在份额博弈中，社会比较由被试与对手间的收益差衡量：被试高于对手则为下行社会比较；被试低于对手则为上行社会比较。例如：如果被试总收益为 25，对手总收益为 28，则为上行社会比较；如果被试总收益为 30，对手总收益为 25，则为下行社会比较。通过这种设置，我们可以探究社会比较如何影响竞合过程：个体可能在下行社会比较时维持策略不变，而在上行社会比较时更倾向于追加投资。(2)在份额博弈范式中，目标对齐驱动个体通过减少投资来降低资源耗散。在指标上，若双方平均投资均低于策略中值，则判定为目标对齐，反之则说明他们目标不对齐。(3)个体的行为状态由投资与纳什均衡 $NE = \frac{C}{n^2}$ 及策略中值 $M = \frac{E+1}{2}$ 的相对位置共同决定。在 $R < 1$ 的数理约束下，确保了纳什均衡点始终低于策略空间中值。在双人份额博弈中，纳什均衡(NE)作为理性自利基准，其计算公式为 $NE = C/4$ ；由于 $C < 2E$ 恒成立，推论得出 $NE < 2E/4$ (即 $E/2$)，而策略空间中值(M)恒等于 $E/2$ ，这一约束确保了 NE 在逻辑上必然始终低于 M。据此，我们将行为状态操作化定义为：投资高于 M 为竞争状态；介于[NE, M)之间为竞合状态，即投资虽

高于理性自利均衡点但未达中等强度；投资低于 NE 则为合作状态。基于该基准，范式实现了对心理状态的分离：竞争状态反映了个体受社会比较驱动、追求绝对优势；合作状态反映了个体受目标对齐驱动、规避损耗的倾向；而竞合状态则反映个体在“追求份额”与“规避损耗”之间的动态权衡。

我们在原文的 3 人际竞合的研究范式部分，增加了“范式-变量映射说明”：

“在份额博弈中，每位玩家在每轮开始时都会收到固定初始禀赋 E_i ，作为投资的本金。假设有 n 名玩家的份额博弈(本研究中 n 始终为 2，即双人份额博弈)，每位玩家 i 将独立决定自己的投资金额 I_i ，始终有 $I_i \leq E_i$ 。玩家的总收益 T_i 包括两部分，一部分是由其投资占所有玩家总投资比例 $\frac{I_i}{\sum_{i=1}^n I_i}$ 分配资源总量 C ，另一部分则来自未投资的剩余本金 $E_i - I_i$ ，因此为 $T_i = \frac{I_i}{\sum_{i=1}^n I_i} C + E_i - I_i$ 。混合策略的纳什均衡为 $NE = \frac{C}{n^2}$ 。

由于资源总量与初始禀赋总和的比例决定了玩家投资策略的得失平衡点，为了方便对自变量进行操作化定义，我们引入资源因子 R 用以描述资源总量 C 与初始禀赋总和 $\sum_{i=1}^n E_i$ 之间的线性关系，即 $R = \frac{C}{\sum_{i=1}^n E_i}$ 。具体地，当 $R \geq 1$ 时，玩家的投资之和始终小于等于资源总量，因此可以确保每位玩家的总收益至少不低于初始禀赋。由于纳什均衡点此时处于较高水平甚至超过策略中值，玩家无需在追求份额与规避损耗之间进行艰难权衡；当 $R < 1$ 时，资源总量有限，不足以覆盖所有玩家的初始成本，迫使个体必须在“增加投资以扩大份额”与“减少投资以降低耗散”之间寻找动态平衡。

每一轮博弈开始时，被试与对手都会获得初始禀赋 E ，并通过投资分配总资源 C ，份额博弈任务的纳什均衡为 $NE = \frac{C}{4}$ 。本研究将实验情境设定在资源有限 ($R < 1$) 的约束下，这在数理逻辑上确保了纳什均衡点始终低于策略空间中值 $M = \frac{E+1}{2}$ 。个体的行为状态由投资与纳什均衡及策略中值的相对位置共同决定。具体而言，投资高于策略空间中值为竞争状态；高于纳什均衡且投资低于策略空间中值为竞合状态，即高于理性均衡点但未达中等强度，体现了追求份额与规避损耗的动态权衡；投资低于纳什均衡为合作状态。举例说明，初始禀赋为 15、资源总量为 20 时，策略空间中值为 8，纳什均衡为 5。此时投资处于 $[8, 15]$ 代表竞争状态；投资处于 $[5, 8)$ 代表竞合状态；投资处于 $[1, 5)$ 代表合作状态……

在份额博弈当中，基于收益反馈的社会比较驱动个体增加投资以追求相对优势。社会比较由被试与对手间的收益差衡量：被试高于对手则为下行社会比较；被试低于对手则为上行社会比较。例如：如果被试总收益为 25，对手总收益为 28，则为上行社会比较；如果

被试总收益为 30，对手总收益为 25，则为下行社会比较。通过这种设置，我们可以探究社会比较如何影响竞合过程，如示意图 3 所示，个体可能在下行社会比较时维持策略不变，而在上行社会比较时更倾向于追加投资。目标对齐驱动个体通过减少投资来降低资源耗散。在指标上，若双方平均投资均低于策略中值，则判定为目标对齐，反之则为不对齐……利用份额博弈范式，我们可以考察环境因素(如：资源总量、资源信息可知性)、社会因素(如：名声、内外群体)、个体因素(如：社会比较取向、特质焦虑)如何影响按劳分配情境下的整体竞合倾向，以及是否会调节社会比较等因素对竞合状态迁移的影响。”

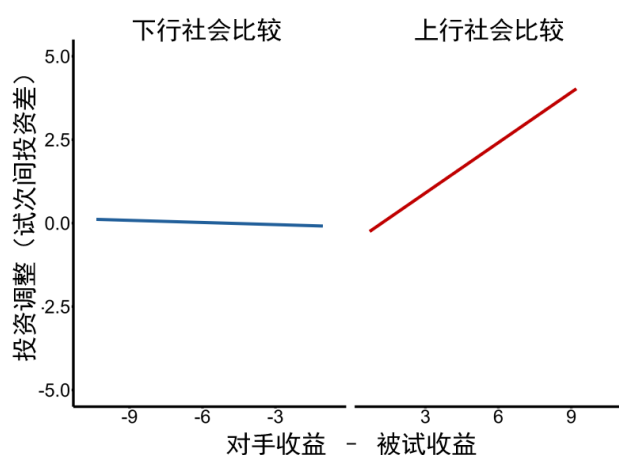


图 3 社会比较影响竞合的示意图

意见 5：缺乏演化心理学与社会博弈研究的系统视角，影响综述完整性

文中确实已经引用了少量“竞争与合作并行不悖/共同演化”的例证与研究（例如渔夫情境、网络模型等）。但如果本文的核心主张是“竞争与合作在同一互动中共存或相互转化”，那么演化心理学、演化博弈论、集体行动与社会困境研究中关于该主题的理论与方法论积累非常丰富。当前稿件对这一研究传统缺乏系统纳入，会让读者感觉综述的学科对话范围偏窄，从而削弱“框架的必要性与新颖性”的说服力。

建议修改：新增一个短小但集中的小节（或在展望中加强），至少把演化心理学中“竞争与合作”的核心研究成果和方法放进来，说明其核心机制、常用范式/建模传统，明确与本文框架的对应关系与贡献差异。

回应：感谢审稿人的建议。这一意见对于拓宽本文的学科对话范围、增强框架的新颖性具有重要意义。我们十分认同演化心理学视角在理解竞合动态关系中的基石作用，并已在“5 展望”部分进行了系统性的增补与整合：

我们梳理了本文的理论模型与演化心理学和演化博弈论之间的关系，并在正文的 5 展望部分进行补充：

“值得注意的是，这一框架也与演化心理学和演化博弈论关于竞争与合作共存的基本观点形成呼应。演化研究长期指出，竞争与合作并非简单对立的策略，而是个体在资源受限、相互依赖的社会环境中，根据相对收益和社会比较线索进行动态调整的适应性行为 (Axelrod, 1981; Nowak, 2006)。本文所强调的社会比较机制，与演化心理学中关于相对地位、资源威胁和联盟价值评估的核心假设在功能层面高度一致 (Brosnan & de Waal, 2014)。然而，与演化博弈论主要关注群体层面策略分布及其长期稳定性不同，本文模型进一步将竞争与合作拆解为个体层面的心理维度，揭示了策略转化背后的即时心理驱动机制，从而在微观层面对“竞争与合作如何共存”这一经典问题提供了补充性的解释路径。”

在方法论层面，我们系统整合了演化博弈论的传统建模，并明确指出了其多停留在策略或群体层面、难以直接对应具体神经心理过程的局限。本文提出的计算模型与神经机制框架，为演化规律与心理、脑机制之间搭建了桥梁。展望未来研究将进一步揭示策略动态转化背后的即时心理驱动与神经计算基础，从而为理解人际竞合行为深层的适应性本质提供跨层次的整合性新证据。

“演化博弈论虽已发展出一系列用于描述竞争合作动态的建模传统，如复制动态、收益驱动学习模型和网络演化模型 (Nowak & Sigmund, 2005; Perc et al., 2017)，但这些模型多停留在策略或群体层面，难以直接对应具体的神经与心理加工过程……将演化博弈中的策略动态与个体层面的神经计算过程相结合……为理解人际竞合行为提供跨层次的整合性新证据。”

参考文献

- Axelrod, R., & Hamilton, W. D. (1981). The evolution of cooperation. *Science*, 211(4489), 1390–1396.
- Nowak, M. A. (2006). Five rules for the evolution of cooperation. *Science*, 314(5805), 1560–1563.
- Nowak, M. A., & Sigmund, K. (2005). Evolution of indirect reciprocity. *Nature*, 437(7063), 1291–1298.
- Perc, M., Jordan, J. J., Rand, D. G., Wang, Z., Boccaletti, S., & Szolnoki, A. (2017). Statistical physics of human cooperation. *Physics Reports*, 687, 1–51.

意见 6：“社会价值取向”论述严重不足，出现突兀且未来方向不清

展望部分写到：“社会价值取向理论可以解释‘竞争’与‘合作’两个象限，而本模型将‘竞合’作

为动态演化状态的一部分，为社会价值取向提供补充。”但正文并未系统回顾社会价值取向的概念结构、它如何对应象限、为什么需要“补充”，也不清楚它为何在模型叙事中占据位置。

回应：感谢审稿人的建议。此前版本中关于“社会价值取向”的论述确实过于简略，导致其在模型中的理论支撑作用显得不够清晰。在“2.1.1 社会相互依赖理论”中梳理了社会价值取向和社会相互依赖理论之间的关系，并增加了社会价值取向的概念起源、心理机制及分类标准，明确其作为“稳定人格特质”对竞争/合作倾向的解释作用与局限性。针对您的建议，我们从以下方面进行了修改：

“在此基础上，研究者进一步从个体特质层面深化了对竞争与合作的理解。社会价值取向(Social Value Orientation, SVO)的概念根植于相互依赖理论(Kelley & Thibaut, 1978)，当个体面对某个给定情境并采用某种策略时，可能将其转化为主观的效用情境，并以此作为决策依据(张振 等, 2014)。作为一种衡量个体在相互依赖情境中权衡自身与他人利益权重的稳定人格倾向，社会价值取向解释了相同情境中存在的行为和决策倾向的个体差异(van Lange, 1999)。基于对自我和他人收益权重的不同分配，研究者对社会价值取向进行了系统分类。Messick 和 McClintock(1968)将社会价值取向分为四种类型：合作取向、个人主义取向、竞争取向以及利他主义取向。合作取向个体追求群体利益最大化、个人主义取向个体追求绝对自我利益最大化和竞争取向的个体追求相对他人的利益最大化，利他主义取向个体则追求他人利益的最大化。这种由稳定特质驱动的动机差异影响了个体在互动中是倾向于通过合作达成共识，还是通过竞争获取优势。”

“社会相互依赖理论确立了竞争与合作的二元对立，社会价值取向从特质层面进一步深化为个体在自我与他人利益权衡中存在一种稳定的人格倾向，竞争倾向与合作倾向正是同一连续体的两端。”

在讨论部分，我们进一步阐明了本模型与社会价值取向理论之间的对话与拓展关系：

“传统社会价值取向理论基于自我-他人收益权重，将竞争与合作视为单一连续体上的两端。本文引入的二维静态模型认为竞争倾向与合作倾向是两个相互独立的心理维度。这种正交结构允许个体同时具备高竞争与高合作的特质，从而在特质层面上为“竞合”这一复杂行为提供了解释框架。二维动态……”

参考文献：

Kelley, H. H., & Thibaut, J. W. (1978). *Interpersonal Relations: A Theory of Interdependence*. New York: Wiley.

Messick, D. M., & McClintock, C. G. (1968). Motivational bases of choice in experimental games. *Journal of Experimental Social Psychology*, 4, 1–25.

van Lange, P. A. M. (1999). The pursuit of joint outcomes and equality in outcomes: An integrative model of social value orientation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(2), 337–349.

<https://doi.org/10.1037/0022-3514.77.2.337>

张振, 张帆, 黄亮, 袁博, & 王益文. (2014). 决策中社会价值取向的理论与测评方法. *心理科学进展*, 22(1), 48–56

意见 7: 次要问题与行文建议:

建议作者在模型提出处增加一个“术语对照表”, 增加论文的可读性: 零和/非零和(收益结构)、目标相互促进/阻碍(目标结构)、目标对齐(感知/认知过程)、社会比较(动机/评价过程)
回应: 感谢审稿人的建议! 为了增强模型的可读性并明确核心变量间的逻辑关联, 本文在阐述二维动态模型之前, 对涉及的客观结构与心理驱动变量进行了系统梳理(见表 2)。该表区分了核心术语, 为理解竞合行为的动态权衡提供了术语基准。

表 2 术语对照表

核心术语	定义与本文语境下的内涵
零和博弈/ 非零和博 弈	零和博弈指的是博弈中一方所得必然是另一方所失, 博弈收益总和为零, 即“你输我赢”、“此消彼长”; 非零和博弈则指的是一方所得并非另一方所失, 参与者甚至能获得增量收益, 其得益总和不再为零。
相互促进/ 阻碍	源于社会相互依赖理论。描述一方目标的实现对另一方目标达成的影响方向。
目标对齐	个体感知到双方在“减少资源耗散、维护集体收益”上协调一致的认知过程。
社会比较	个体通过与对手收益对比来评估自身地位, 并追求相对优势地位的评价过程。
纳什均衡	一种特殊的策略组合, 在这种组合下, 任何一位玩家单方面改变自己的策略都不会提高自身的收益, 反映理性投资状态。

审稿人 2 意见:

本文在梳理现有研究的基础上, 提出了人际竞争与合作的二维动态模型, 强调了社会

比较的可能作用及竞争合作相关神经机制。选题具有较好的理论意义，所提观点也具有一定合理性与创新性，并尝试设计了适用于研究人际竞合的实验范式。关于此文，我的主要疑问集中在所提范式上。若加以说明，或将有助于读者和研究者更充分理解该范式的创新之处与适用边界，增强文章的价值。

回应：非常感谢评审专家对本文选题价值及模型创新性的肯定。我们完全接受您关于完善实验范式的建议，这对提升研究价值至关重要。针对您的意见，我们对实验范式的理论依据、任务逻辑及其相较于传统范式的优势进行了补充，并明确了其适用边界。再次感谢您的细致审阅，以下是针对审稿意见的逐一回应及修改说明（修改内容在正文中以橙色字体标注）：

意见 1：作者在介绍已有合作与竞争范式时总结了一些关键特征，但在提出新范式时，未明确说明其所具备哪些特征能更适合对竞合这一复杂互动形态进行研究。虽然作者有简单提及与其他经典范式之间的一些差别（“更好地模拟现实情境中的资源分配”），但这个还是比较含糊（也见下面的建议），如果能对与新范式较为相似的几个经典范式进行方法、指标、或擅长捕捉现象类型等内容进行对比，或能更清晰。

回应：感谢审稿人的建议！我们在正文部分修改了对范式的描述，进一步凝练了新范式的关键特征，明确了其与传统范式的主要区别及其擅长捕捉的行为现象类型：

“专利竞赛中，投入最高的个体获得全部的资源，而投入较低的个体则无法获得任何资源，用以模拟创新研发、竞标等场景；公共物品博弈中，群体内的成员可以选择是否贡献自己的财产以提高公共资源，这种范式用以模拟构建社会公共福利等场景……份额博弈 (share game) 范式，该范式中总资源按双方投入比例进行分配，投入越多，分得的资源份额越高……该范式适用于生活中总资源固定的按劳分配场景，如奖学金分配、绩效工资等，以帮助理解这些场景中的过度竞争(内卷)与合作现象。与传统范式相比，份额博弈的分配机制更具灵活性，打破了“全或无”或“绝对平均”的局限，使得“增加投资以扩大份额”与“减少投资以降低耗散”得以并存，迫使个体需在竞争与合作之间进行动态权衡，这使其能比传统范式更敏锐地捕捉从过度竞争到合作共赢的动态过程。”

意见 2：范式中如果投入增多，资源是否可能增长？如果资源不随投入增加，则与现实情境中可通过合作扩大公共资源的常见情况不符；如果资源可能增长，是否也同时存在亏损

风险？当前文中所示的例子中，资源似乎固定，风险仅来源于双方投入比例的比较，在这种情况下，目标对齐如何体现，竞合又如何在任务中操作化定义？

回应：感谢审稿人的建议！（1）在份额博弈中，资源总量 C 是预设且固定的。份额博弈范式下，合作并非体现在扩大共同资源，而在于避免过度竞争带来的损耗。本研究将实验情境设定在资源有限($R < 1$)的约束下，此时资源总量有限，不足以覆盖所有玩家的初始成本。在这种情境下，迫使个体在“增加投资以扩大份额”与“减少投资以降低耗散”之间寻找动态平衡。（2）目标对齐可以通过测量被试与对手的平均投资是否低于策略空间的中值，若两者都低于这一特定阈值，则代表他们目标对齐，反之则说明他们目标不对齐。（3）个体的行为状态由投资与纳什均衡 $NE = \frac{C}{n^2}$ 及策略中值 $M = \frac{E+1}{2}$ 的相对位置共同决定。在 $R < 1$ 的数理约束下，确保了纳什均衡点始终低于策略空间中值。投资高于策略空间中值为竞争状态；高于纳什均衡且投资低于策略空间中值为竞合状态，即高于理性均衡点但未达中等强度，体现了追求份额与规避损耗的动态权衡；投资低于纳什均衡为合作状态。我们在原文的 3 人际竞合的研究范式部分进行补充(详见审稿人 1 问题 4 的回答)。

意见 3：应清晰阐明范式中何种行为或计算指标代表合作、何种代表竞争，以及哪些情况反映两者共存(如某类行为模式是否同时体现目标一致、利益对立、或社会比较)。需要明确该范式擅长捕捉的是哪些行为或认知过程，不同策略选择(如每次均“全投入”或者“不投入”或者其他策略)所代表的心理含义。

回应：非常感谢审稿人的建议！我们完全赞同应当从指标定义与心理含义两个层面进一步明确该范式的属性。（1）关于合作、竞争及竞合的量化指标定义，我们已在问题 2 以及审稿人 1 的问题 4 中进行了详细阐述，并同步修改了正文中份额博弈范式的相关内容。此处简要说明：投资高于策略空间中值为竞争状态，代表受社会比较驱动、追求相对份额；投资低于纳什均衡为合作状态，代表受目标对齐驱动、减少资源耗散；而高于纳什均衡且投资低于策略空间中值为竞合状态，反映了个体在“增加投资以扩大份额”与“减少投资以降低耗散”之间的动态平衡。（2）特定策略(如“全投入”、“不投入”或者其他策略)的心理含义及认知过程，我们在正文的 3 人际竞合的研究范式部分进一步补充说明。（3）在展望部分的第三点补充了该范式擅长捕捉的行为与认知过程。具体修改如下：

“此外，全投入代表过度竞争(内卷)，是个体为寻求绝对优势而不惜资源耗散的极端表现；零投入被界定为退避(躺平)。由于个体未贡献任何投入，其资源份额为 0，资源总量 C

全部归属于对手，被试保留本金 E ，反映了个体为避害止损而采取的防御性迁移……总而言之，该范式通过投资水平界定不同的竞合状态：竞争状态反映了个体受社会比较驱动、追求绝对优势的倾向；合作状态反映了个体受目标对齐驱动、规避损耗的倾向；而竞合状态则反映了个体在“追求份额”与“规避损耗”之间的动态权衡。”

“该范式擅长捕捉个体在“社会比较”与“目标对齐”之间的动态权衡过程。我们通过追踪投资额在不同象限间的跳转，实时观测竞合状态的动态演化。”

意见 4： 范式如何能吻合合作者提出的理论，即如何分离并测量“社会比较”和“目标对齐”两种状态？

回应： 感谢审稿人的建议！本文提出的理论模型认为，人际竞合由“社会比较”与“目标对齐”双向驱动。在份额博弈范式中，这两者被严格分离并测量：在份额博弈当中，基于收益反馈的社会比较驱动个体增加投资以追求相对优势。社会比较由被试与对手间的收益差衡量：被试高于对手则为下行社会比较；被试低于对手则为上行社会比较。通过这种设置，我们可以探究社会比较如何影响竞合过程，个体可能在下行社会比较时维持策略不变，而在上行社会比较时更倾向于追加投资。目标对齐驱动个体通过减少投资来降低资源耗散。在指标上，若双方平均投资均低于策略中值，则判定为目标对齐，反之则为不对齐。在修改版中，我们在正文的 3 人际竞合的研究范式部分补充了相关内容，以明晰变量的测量方式(详见审稿人 1 问题 4 的回答)。

意见 5： 此外，脑区的英文缩写建议写上全称。

回应： 感谢审稿人的建议！我们已在正文中对所有涉及的脑区缩写进行了规范化处理。按照学术写作规范，在各脑区第一次出现时均补充了对应的中英文全称及缩写，例如“腹侧纹状体(Ventral Striatum, VS)”、“前脑岛(Anterior Insula, AI)”、“背侧前扣带回(Dorsal Anterior Cingulate Cortex, dACC)”、“颞顶联合区(Temporoparietal Junction, TPJ)”等。在后续行文中，为了保持简洁一致，统一使用了缩写形式。

第三轮

审稿人 3 意见：

感谢作者对审稿意见所做的系统性回应。注意到作者在模型结构、概念澄清与范式设

计等多个关键问题上都进行了认真修改与补充，特别是在以下几个方面展现出明显进展：

1. 理论架构方面，通过引入“竞合分层解析框架”有效澄清了特质、状态与动态迁移的层级关系，提升了模型的结构清晰度与可读性；
2. 概念定义方面，增强了“目标对齐”“社会比较”等核心概念与收益结构之间的桥接逻辑，为模型设定提供了较为清晰的边界条件；
3. 方法设计方面，进一步细化了“份额博弈”的任务结构。

稿件中个别关键问题仍存在进一步提升空间：尽管作者在方法部分做出了详尽补充，但在心理变量的操作化测量方面仍存在一定简化，影响了理论模型的解释深度与可检验性。

回应：非常感谢审稿专家能肯定我们上一轮修改工作的努力。同时非常感谢您在这一轮提出的宝贵意见。在这一轮修订中，我们将改动部分用“绿色”字体标注（以此区别于上一稿修改的“橙色”部分）。接下来，我们将针对审稿专家在本轮提出的建议，逐一进行详细的回应与说明，请编委专家和审稿专家审阅。

意见 1：首先，“目标对齐”目前仍以“双方平均投资是否低于策略中值”作为主要判断标准，该行为指标虽具可操作性，但未能充分揭示背后的认知过程。例如，低投入可能源于对资源匮乏的谨慎评估，也可能反映出对集体利益的考量，二者在心理动机上存在显著差异。因此，建议进一步区分“共识性调节”与“个体回避性节制”这两类行为背后的动因。

回应：再次感谢审稿人的建议！平均投资额难以有效区分低投入背后的异质性动机。为此，我们在修订稿的研究范式部分补充了对决策序列的动态解析。具体修改如下：

“更进一步地，决策序列的动态变化有助于剥离该行为背后的两类异质动因：低投入既可能反映出对集体利益的考量，也可能源于对资源匮乏的谨慎评估。其中，“共识性调节”通常表现为状态的对等性反馈，即个体在观察到对手降低投入后，产生正向的行为趋同，且决策时长相对较短，反映了认知加工的高效对齐。而“个体回避性节制”则更多受到资源敏感性影响，即个体的投资水平随资源因子 R 的缩减而下降，这种迁移往往伴随着更长的决策时长，反映了由于损益权衡带来的心理冲突。通过这种动态序列的分析，本模型能更精准地刻画个体“共识性调节”与“个体回避性节制”的动因。”

同时，针对专家提到的动机区分问题，我们已在正文末尾的研究展望中补充说明了引入特质量表进行后续验证：

“此外，针对目标对齐可能存在的动机异质性，未来研究可引入社会价值取向、社会信任及风险偏好等量表，作为瞬时决策状态的特质化补充验证。”

意见 2：其次，“社会比较”的测量主要依赖收益差判断上下行比较，操作上较为静态，尚未纳入个体主观感知层面的差异（如是否感知到威胁、不公平或情绪反应）。这一简化处理可能遮蔽了社会比较在驱动竞合状态迁移中的复杂调节效应。

因此，建议作者在后续研究中进一步澄清“行为表现”与“心理过程”之间的映射路径，考虑引入主观报告、自评量表或过程性指标（如决策时长、生理反应）来增强模型的心理效度。

回应：再次感谢审稿人的建议！我们进一步补充了个体主观情绪体验的测量。具体修订如下：

“参与者在每轮投资反馈后，需对当前情绪的效价与唤醒度进行实时主观评分。通过捕捉个体在不同社会比较结果（如赢或输）下的主观感知差异，将客观的收益数值转化为可量化的情绪体验指标，解码个体在社会比较情境下的情绪反应强度与倾向。”

意见 3：总体而言，修订版本展示了作者在理论整合与研究设计方面的努力与潜力，但考虑到上述问题对于模型的可检验性与外推效度仍有重要影响，我们建议进一步细化模型和范式、以增强文章在理论与方法上的说服力和可读性。

回应：再次感谢审稿专家对上一轮修订工作的认可。在本轮修改中，针对专家在本轮提出的意见，我们整合过程性指标与主观报告，进一步澄清了“行为表现”与“心理过程”的映射路径，并对其进行了系统性完善。

审稿人 2 意见：同意发表。

第四轮

编委 1 意见：认同审稿专家的意见，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。