

回复审稿人意见 第二轮（编号：psysci2024-185）

审稿人 1

作者已经在第一轮审稿意见的基础上，进行了充分修改。调整了部分结构，增加了一些文献，文章的质量有明显提高，综述的意义更清晰。建议继续修改语言，以让结构更清晰，对未来研究的启发意义更明显。

回复：感谢您的再次评阅。本轮修改中，我们仔细润色了全文的语言表达，优化了小标题的设置，并在摘要和展望部分进一步明确了未来的研究方向。

审稿人 2

这篇文章的作者很好地解答了所有建议和问题，并对文章进行了全面的修改。我没有问题或意见了。

审稿人 3

编委好！作者已经较好地回答了审稿人的意见，并认真进行了修改，文章质量有较大的提高。

回复审稿人意见 第一轮（编号：psysci2024-185）

审稿人 1

该综述分析了金钱奖赏与社会奖赏的脑机制，以及两种奖赏系统的异常在抑郁症状与抑郁症中的作用。最后提出神经调控、人工智能方面的研究展望。该论文分析的选题是传统的选题，也是比较重要的课题。文献分析比较充分，但是也有需要修改的地方。

（1）为什么分为金钱奖赏和社会奖赏来组织内容，这两者的逻辑关系是什么。这个问题贯穿全文，要做出相应的修改。证明这样的分类是合理的。

回复：非常感谢您的宝贵意见。将奖赏分为金钱和社会奖赏来组织内容，我们有以下两点考虑：

首先，金钱奖赏(非社会奖赏)和社会奖赏(例如称赞)是生活中常见的奖赏强化物，也是奖赏研究领域重点关注和对比的奖赏类别。现有研究指出，这两类奖赏存在相互重叠但又相对特异的脑机制(Gu et al., 2021; Martins et al., 2021)。例如，除了共同激活奖赏回路外，社会奖赏还需额外调用心智化脑网络，以识别和评估社会信号(Barman et al., 2015)。因此，我们希望通过此分类(而非混为一谈)来综述健康和抑郁人群奖赏加工的神经机制及差异。

其次，社会功能障碍与抑郁症的发作和复发关系密切(Rappaport & Barch, 2020)。抑郁人群往往对社会交往存在负性认知，这降低了他们寻求社交互动的意愿(何振宏 & 张丹丹, 2018)，也严重影响了社会奖赏加工。因此，相比于金钱奖赏，社会奖赏对抑郁人群的影响可能更为突显。通过对比这两种奖赏的神经机制，我们可以更准确地揭示抑郁人群的奖赏加工异常，也可制定针对性的诊疗策略提供重要依据。

根据您的建议，我们在引言部分补充了相关表述(见 13-18, 36-40 行)。

参考文献：

- 何振宏 & 张丹丹.(2018). 抑郁个体对社会反馈的加工:研究现状及存在问题. *心理科学*, 41(01), 237-243. <https://doi.org/10.16719/j.cnki.1671-6981.20180134>.
- Barman, A., Richter, S., Soch, J., Deibele, A., Richter, A., Assmann, A., Wüstenberg, T., Walter, H., Seidenbecher, C. I., & Schott, B. H. (2015). Gender-specific modulation of neural mechanisms underlying social reward processing by autism quotient. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(11), 1537 – 1547. <https://doi.org/10.1093/scan/nsv044>
- Gu, R., Huang, W., Camilleri, J., Xu, P., Wei, P., Eickhoff, S. B., & Feng, C. (2019). Love is analogous to money in human brain: Coordinate-based and functional connectivity meta-analyses of social and monetary reward anticipation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 100, 108 – 128. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.02.017>
- Martins, D., Rademacher, L., Gabay, A. S., Taylor, R., Richey, J. A., Smith, D. V., Goerlich, K. S., Nawijn, L., Cremers, H. R., Wilson, R., Bhattacharyya, S., & Paloyelis, Y. (2021). Mapping social reward and punishment processing in the human brain: A voxel-based meta-analysis of neuroimaging findings using the social incentive delay task. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 122, 1 – 17. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.12.034>
- Rappaport, B. I., & Barch, D. M. (2020). Brain responses to social feedback in internalizing disorders: A comprehensive review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 118, 784 – 808. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.09.012>

(2) 最终提出神经调控、人工智能方面的研究展望，但是前文涉及这两方面很少。而展望中的要点最好在前文中有分析的基础。

回复：目前针对奖赏加工的神经调控研究(Bi et al., 2024; Soutschek et al., 2018; Soutschek & Tobler, 2020)和人工智能研究(Zhang et al., 2021)确实十分有限。我们之前已经在正文中详细介绍了几项现有的研究(见 166-172, 183-189 行)。

针对您的建议，我们在本轮修改中新增了两项与神经调控有关的奖赏加工研究(Kong et al., 2024; Ryan et al., 2022; 见 202-208 行)。

希望这些补充能使展望部分读起来更连贯。感谢！

补充的参考文献：

Kong, S., Chen, Y., Huang, H., Yang, W., Lyu, D., Wang, F., Huang, Q., Zhang, M., Chen, S., Wei, Z., Shi, S., Fang, Y., & Hong, W. (2024). Efficacy of transcranial direct current stimulation for treating anhedonia in patients with depression: A randomized, double-blind, sham-controlled clinical trial. *Journal of Affective Disorders*, 350, 264 – 273. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2024.01.041>

Ryan, J., Pouliot, J. J., Hajcak, G., & Nee, D. E. (2022). Manipulating reward sensitivity using reward circuit-targeted transcranial magnetic stimulation. *Biological Psychiatry. Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 7(8), 833 – 840. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2022.02.011>

(3) 奖赏功能在抑郁中的作用相关的综述已经比较多了，要充分的引用并论证本文的新观点。

回复：目前确实已有几篇综述考察了抑郁人群奖赏加工的脑机制异常。例如，Keren 等(2018)分析了青少年和成年抑郁症患者的奖赏加工，发现他们均表现出 FRN 波幅降低、纹状体激活减弱，且这些指标可以预测青少年抑郁发作。国内学者刘文华等(2023)专门总结了奖励加工过程中涉及的脑电成分，并讨论了抑郁症、精神分裂症和双相情感障碍患者在这些成分上的异常表现。这些综述为我们了解抑郁人群奖赏加工特征提供了重要思路，但仍存在以下问题值得进一步关注。例如，仅考察单一奖赏类型或不区分不同的奖赏类型；更重要的是，缺乏对抑郁症社会功能缺陷的关注。

本综述的创新之处在于：1) 系统对比金钱和社会奖赏，更全面地理解抑郁症患者的奖赏加工异常和社会功能缺陷。2) 对奖赏加工阶段的细分，考察奖赏期待和奖赏体验两个重要的奖赏加工子阶段，并分析不同奖赏类型的表现。3) 强调临床应用的潜在价值，提出结合脑调控技术和人工智能设备的新干预方案，为社会奖赏功能的诊治提供新思路。

(4) 写作的细节需要进一步完善，比如阈下抑郁，用法是否合适，至少写上英文单词。

回复：感谢您的细致阅读。我们查阅了相关的中英文文献，最后认为将 subthreshold depression 翻译为“阈下抑郁”最为合适。我们已在文章中进行了相应修订，并补充了英文单词(见 41 行)。非常感谢您。

审稿人 2

该系统梳理了奖赏加工相关的神经机制研究。通过对比分析奖赏加工的不同阶段，不同类别任务的奖赏加工特点，以及抑郁人群与健康人群的奖赏加工脑机制异同，比较全面地总结与揭示了抑郁症患者的奖赏加工异常和社会功能缺陷，及其认知神经机制，并对抑郁症的治疗实践提供了指导建议。该综述研究有很好的理论和实践意义。由于文章的部分结构、文字表述和逻辑等方面尚有需要改进之处，故提出以下建议供作者参考。

(1) 摘要部分：该文章的摘要结构尚有不足，根据杂志的要求摘要需包含目的、方法、结果、结论等四要素，请作者进行相应的修改。

回复：谢谢您。本文为综述性稿件，因此摘要的结构要求与研究报告略有不同。我们仔细查阅了《心理科学》的投稿指南，本文的摘要满足综述性稿件的要求。

(2) “1 引言”部分：请在第一自然段补充对奖赏加工或奖赏过程相关概念的表述。

回复：根据您的建议，我们在第一自然段补充了奖赏加工的概念(见 13-14 行)，并在第三自然段提出奖赏加工过程的两个重要子阶段(奖赏期待和体验；见 30-32 行)。

(3) “1 引言”部分：请在第一自然段前半部分增加对金钱奖赏加工的相关概念、相关理论的介绍，以及请增加对社会奖赏加工的相关概念和相关理论的介绍。对奖赏加工经典范式的介绍这部分内容请放在第三自然段之后，即奖赏加工过程的段落之后，条理可能会更清晰更易懂。

回复：感谢您对我们引言逻辑和内容的宝贵建议。本轮修改，我们在第一自然段增加了金钱和社会奖赏的概念及理论介绍(见 14-21 行)，并将奖赏加工经典范式移至第四自然段。

(4) “3 抑郁人群奖赏加工异常的脑机制”部分，作者想要论述抑郁患者的奖赏期待、奖赏体验异常可能是其快感缺失的主要原因。请在“3.1 奖赏期待降低”章节内容之前，首先介绍抑郁症的概念，诊断方法，包括快感缺失在内的主要症状，以及抑郁症在金钱奖赏、社会奖赏加工方面的异常表现。有这些背景信息，读者能更好的从上一段的奖赏加工一般机制，过渡到抑郁相关奖赏加工异常及其机制的内容。

回复：非常感谢您的建议，我们在第 3 部分开头补充了这些必要的信息(见 129-134 行)。

(5) “3.1 奖赏期待降低”部分，作者论述到“一些采用 MID 范式的行为学研究未能观察到抑郁患者与健康对照组之间的反应时差异”。如果可以根据 MID 范式及相应的研究结果，对没有组间差异给出进一步的解释，会让读者更容易理解行为上没有差异（而脑水平有差异）的原因。

回复：未观察到显著的组间差异可能是由于 MID 范式相对简单(仅需在规定时间内按键即可)，此时“反应时”指标的敏感性可能较低，因此单从行为指标上不足以捕捉抑郁患者在奖赏期待上的细微变化(Szczypiński & Gola, 2018)。本轮修改，我们补充了对这一现象的解释(见 140-142 行)。

(6) “3.1 奖赏期待降低”部分，作者论述到“...重度抑郁障碍患者在为获取奖赏而付出体力或认知努力的意愿并未伴随奖赏水平的提高而显著增加。因此单从行为学层面不足以揭示抑郁障碍患者的期待性快感缺失”。我认为“抑郁患者付出体力或认知努力的意愿并未伴随奖赏水平的提高而显著增加”，说明抑郁患者在行为表现上对不同奖励水平的期待没有显著差异，即对奖赏的变化不敏感，因此可以证明抑郁障碍患者的期待性快感缺失。请作者考虑和修改原有表述。

回复：我们非常赞同您的观点。根据您的建议，我们对相关内容做出了修订(见 144-148 行)。

(7) “3.1 奖赏期待降低”部分，这一表述“近期的一项研究比较了为自己和为他人做出努力决策以获取金钱奖赏时的脑响应，... 背侧前扣带回激活降低，且该脑区活动水平与快感期待分量表得分呈正相关”。这一发现似乎与前一句“元分析研究同样发现，抑郁人群在期待金钱奖赏时，背侧前扣带回激活更强”的观点相反。请作者考虑并做进一步解释或调整。

回复：谢谢您的细致审阅和反馈。Zhang 等(2013)的元分析以及 Knutson 等(2008)的实证研究关注的是金钱奖赏和金钱惩罚的组间差异，发现抑郁患者在期待金钱奖赏时背侧前扣带回增加，这被解释为奖赏信息与抑郁人群的期待偏向(对奖赏的负向预期)相违背。

Bi 等(2022)的研究则对比了为自己和为他人做出努力决策以获取金钱奖赏时的脑响应。结果显示，阈下抑郁组为自己选择高努力-高回报的选项时，背内侧前额叶(包括背侧前扣带回)激活降低，而为帮助他人做选择时该脑区激活增加，且激活水平与快感期待分量表得分呈正相关。研究者认为，背内侧前额叶负责权衡努力成本与奖赏收益，这一结果可能反映了阈下抑郁人群在为自己做决策时低估了奖赏的价值。

因此，无论从奖赏期待偏向还是奖赏价值评估视角，均表明抑郁人群存在期待性快感缺失。本轮修改中，我们对 Bi 等(2022)的研究进行了修订和更为详尽的表述(见 158-163 行)。

(8) “3 抑郁人群奖赏加工异常的脑机制”部分，如果有抑郁症相关的奖赏加工异常的理论，建议作者在这一章节的最后，结合文章的研究发现进行简单论述。

回复：谢谢您的建议。我们结合经典的贝克抑郁认知模型对奖赏加工异常进行了论述。经考虑，我们决定将这个部分放在第 4 节即总结部分(见 234-241 行)。

补充的参考文献：

Beck, A. T., & Bredemeier, K. (2016). A unified model of depression: Integrating clinical, cognitive, biological, and evolutionary perspectives. *Clinical Psychological Science*, 4(4), 596-619. [https:// doi.org/10.1177/2167702616628523](https://doi.org/10.1177/2167702616628523)

(9) “4 总结与展望”部分，“抑郁人群存在跨奖赏类型的奖赏期待和体验缺陷，表现为...，以及背侧前扣带回活动异常。”建议将奖赏期待阶段的异常和奖赏体验阶段的异常分别进行总结，可能会更清晰。

回复：非常感谢您的建议。我们已遵循您的意见对相关句子做出修订(见 228-233 行)。

审稿人 3

该论文对抑郁和健康人群的社会和金钱奖赏的神经机制进行了综述，但存在以下问题：

(1) 选题方面，本文关注抑郁与健康人群的金钱和社会奖赏的神经机制，选题是奖赏领域具有大量前人实证研究与综述的主题，缺乏新意，将金钱和社会奖赏进行比较的研究意义是什么，并不太清楚。

回复：感谢您的评述。正如针对审稿人 1 的第一条和第三条意见回复，我们将奖赏分为金钱和社会奖赏来组织内容，有以下两点考虑：

首先，金钱奖赏和社会奖赏(例如称赞)是生活中常见的奖赏强化物，也是奖赏研究领域重点关注和对比的奖赏类别。现有研究指出，这两类奖赏存在相互重叠但又相对特异的脑机制(Gu et al., 2021; Martins et al., 2021)。例如，除了共同激活奖赏回路外，社会奖赏还需额外调用心智化脑网络，以识别和评估社会信号(Barman et al., 2015)。因此，我们希望通过区分这两类奖赏(而非混为一谈)，系统综述健康和抑郁人群奖赏加工的神经机制及差异。

其次，社会功能障碍与抑郁症的发作和复发关系密切(Rappaport & Barch, 2020)。抑郁人群往往对社会交往存在负性认知，这降低了他们寻求社交互动的意愿(何振宏等, 2018)，也严重影响了社会奖赏加工。因此，相比于金钱奖赏，社会奖赏对抑郁人群的影响可能更为突显。通过对比这两种奖赏的神经机制，我们可以更准确地揭示抑郁人群的奖赏加工异常，也可为制定针对性的诊疗策略提供重要依据。

目前，确实已有几篇综述考察了抑郁人群奖赏加工的脑机制异常。例如，Keren 等(2018)分析了青少年和成年抑郁症患者的奖赏加工，发现他们均表现出 FRN 波幅降低、纹状体激活减弱，且这些指标可以预测青少年抑郁发作。国内学者刘文华等(2023)专门总结了奖励加工过程中涉及的脑电成分，并讨论了抑郁症、精神分裂症和双相情感障碍患者在这些成分上的异常表现。这些综述为我们了解抑郁人群奖赏加工特征提供了重要思路，但仍存在以下问题值得进一步关注。例如，仅考察单一奖赏类型或不区分奖赏类型；更重要的是，缺乏对抑郁症社会功能缺陷的关注。

本综述的创新之处在于：1) 系统对比金钱和社会奖赏，更全面地理解抑郁症患者的奖赏加工异常和社会功能缺陷。2) 细分奖赏加工阶段，考察奖赏期待和奖赏体验两个重要的奖赏加工子阶段，并分析不同奖赏类型的表现。3) 强调临床应用的潜在价值，提出结合脑调控技术和人工智能设备的新干预方案，为社会奖赏功能的诊治提供新思路。

本轮修改，我们根据各位审稿人的意见修改和补充了不少内容，以突显本综述选题的创新及意义。

(2) 研究方法方面，本文是综述类文章，在这一领域已有大量研究的基础上，只采用引用他人研究的观点和结果进行文字描述的方法，对论点的支撑不足，如果作者采用元分析方法对前人的实证研究进行分析会更加有说服力。

回复：感谢您的建议。我们非常同意，元分析方法可以用数据提供有力的证据支持。然而，目前关于抑郁症与奖赏加工(尤其是关注奖赏期待和奖赏体验，金钱奖赏和社会奖赏)的研究仍相对有限，并且存在较多异质性和不一致性(如研究范式、被试人群、奖赏类型、奖赏阶段等)。在未来有更多研究积累后，我们计划采用元分析方法对现有研究进行系统评估和量化分析，以提供更为坚实的结论。

本文的论点基于多模态研究证据(基于行为学、脑电和核磁共振成像的结果)，旨在综合多角度探讨抑郁与健康人群在金钱和社会奖赏加工中的神经机制差异。

(3) 综述广度方面，一些段落的观点只来自于几个研究，不具有代表性。本文关注神经机制，但在文中对核磁和脑电相关研究的总结范围广度不够，引用文献数量偏少。

回复：谢谢您。由于篇幅限制，本文主要综述了近 5 年的研究和一些经典文献，可能未能涵盖所有相关研究。本轮修改中，我们根据前两位审稿人给出的具体意见新增了几篇核磁/脑电相关研究证据(例如 Kong et al., 2024; Ryan et al., 2022)。尽管引用的文献数量有限，我们选择了该领域具有重要代表性的研究，力求在有限的篇幅内提供时效性最强的论据支持。

(4) 用词统一方面，在引言中问题提出部分，作者提到“亚临床抑郁”这一概念，但后文中没有解释，后文中这个词没有再出现过，在 3.2 部分出现了“阈下抑郁组”，也没有解释含义及与“亚临床抑郁组”的关系，给读者造成困扰。

回复：感谢您的细致阅读。我们查阅了相关的中英文文献，认为将 subthreshold depression 翻译为“阈下抑郁”最为妥当。我们已在文章中进行了相应修改(见 41 行)。