

《心理科学进展》审稿意见与作者回应

题目：视觉注意对决策的影响及其作用机制

作者：张湘一，吴一琳

第一轮

审稿人 1 意见：

这篇综述首先梳理了视觉注意对知觉决策、偏好决策和其他社会决策的影响，然后依次从暴露效应、凝视级联假说、序列抽样模型和自适应注意表征模型对视觉注意影响决策的机制进行解释。该文章指出了当前研究存在的不足和未来的研究方向，对视觉注意和决策的研究有一定的启发和参考价值。但是，当前论文存在以下问题：

意见 1：感觉编码与知觉编码有何差异？在“2.1 首先，视觉注意影响个体的感觉编码”这部分作者列举的三个例子涉及到知觉而非感觉，此外，第一个例子请说明视觉注意对知觉决策的影响与什么有关，第三个例子请说明 CPP 代表什么含义。

回应：非常感谢您的宝贵意见！根据您的意见，我们认真查阅了相关文献，我们发现，感觉编码是指感觉器官从环境中获取信息，并将信息转化为认知过程中由大脑进行解释的神经元信号，这种转换被称为感觉编码（Leong et al., 2024; Pasternak & Greenlee, 2005）。因此，感觉编码主要涉及将物理刺激转化为神经信号的过程，这一过程相对直接，主要关注刺激的物理属性。而知觉编码则是对这些神经信号进行解释和整合，形成对外界刺激的知觉体验（Rauschenberger & Yantis, 2006; Von Hippel et al., 1993）。

而且，我们非常赞同您的观点，我们在这部分列举的三个例子涉及到知觉而非感觉。因此，根据您的宝贵意见以及审稿专家二的建议，在论文修改稿中我们已经删除了“视觉注意影响个体的感觉编码”这一部分的内容，将该部分列举的第二、第三个例子整合到了“注意的选择性对知觉决策具有重要影响”这部分内容中，并将列举的第一个例子用 Nuiten 等人 (2023) 这个例子进行了替换。

此外，第三个例子中的 CPP 是一个较晚期的脑电成分，通常被认为与决策的证据累积过程密切相关，作用于感觉编码和运动准备之间的加工水平 (Devine et al., 2019; O'Connell et al., 2012, 2018; Twomey et al., 2016)。根据您的宝贵意见，在论文修改稿中我们已经将 CPP 代表的含义予以添加。具体阐述如下：

“Rangelov 和 Mattingley (2020)采用一种新颖的整合(integrated)决策任务范式（该任务中被试需要对连续的目标运动散点的平均方向进行判断，忽略同时发生的、空间上重叠的非目标运动散点），并结合脑电图(electroencephalography, EEG) 技术考察选择性注意对知觉决策的影响，结果发现呈现非目标运动散点和目标运动散点所诱发的中央顶叶正成分(central-parietal positivity, CPP)，一个与决策的证据累积过程密切相关的较晚期的脑电成分)在起始潜伏期(onset latency)和斜率(slope)上均不存在显著差异，然而，相较于呈现非目标运动散点，呈现目标运动散点所诱发的 CPP 成分的峰值更高。因此，Rangelov 和 Mattingley (2020)认为在知觉决策过程中注意作为一个实时但“不完美”的过滤器，动态地调节了与任务相关和任务无关的感觉输入的作用。”

参考文献:

- Devine, C. A., Gaffney, C., Loughnane, G. M., Kelly, S. P., & O'Connell, R. G. (2019). The role of premature evidence accumulation in making difficult perceptual decisions under temporal uncertainty. *Elife*, *8*, e48526.
- Leong, F., Rahmani, B., Psaltis, D., Moser, C., & Ghezzi, D. (2024). An actor-model framework for visual sensory encoding. *Nature Communications*, *15*(1), 808.
- O'Connell, R. G., Dockree, P. M., & Kelly, S. P. (2012). A supramodal accumulation-to-bound signal that determines perceptual decisions in humans. *Nature Neuroscience*, *15*(12), 1729–1735.
- O'Connell, R. G., Shadlen, M. N., Wong-Lin, K., & Kelly, S. P. (2018). Bridging neural and computational viewpoints on perceptual decision-making. *Trends in Neurosciences*, *41*(11), 838–852.
- Pasternak, T., & Greenlee, M. W. (2005). Working memory in primate sensory systems. *Nature Reviews Neuroscience*, *6*(2), 97–107.
- Rangelov, D., & Mattingley, J. B. (2020). Evidence accumulation during perceptual decision-making is sensitive to the dynamics of attentional selection. *Neuroimage*, *220*, 117093.
- Rauschenberger, R., & Yantis, S. (2006). Perceptual encoding efficiency in visual search. *Journal of Experimental Psychology: General*, *135*(1), 116–131.
- Twomey, D. M., Kelly, S. P., & O'Connell, R. G. (2016). Abstract and effector-selective decision signals exhibit qualitatively distinct dynamics before delayed perceptual reports. *Journal of Neuroscience*, *36*(28), 7346–7352.
- Von Hippel, W., Jonides, J., Hilton, J. L., & Narayan, S. (1993). Inhibitory effect of schematic processing on perceptual encoding. *Journal of Personality and Social Psychology*, *64*(6), 921–935.

意见 2: “其次，视觉注意影响知觉加工的过程。”这部分内容，应该在这一段的开头或者结尾总结出注意通过被凸显刺激吸引以及对非目标凸显刺激的抑制来影响知觉加工。

回应: 非常感谢您的富有建设性的意见！根据您的意见，在论文修改稿中我们在这一段的开头总结出注意通过被凸显刺激吸引以及对非目标凸显刺激的抑制来影响知觉加工，并将该句话作为本段的主题句。再次非常感谢您的宝贵意见！

具体阐述如下：

“其次，视觉注意通过被凸显刺激吸引以及对非目标凸显刺激的抑制来影响知觉加工。……。”

意见 3: “首先，视觉注意会放大选项的价值，导致更多的选择。”不清楚第一句和后面的内容有什么联系。请作者检查。

回应: 非常感谢您的宝贵意见！非常抱歉！由于我们在上一稿中内容组织不够严谨，导致中心句（第一句）和后面的内容缺乏紧密的联系，对此我们深表歉意！根据您的宝贵意见，以及审稿专家二的建议，在论文修改稿中我们对该段的所有内容进行了重新撰写，以避免读者理解上的困惑。具体阐述如下：

“首先，视觉注意与选项价值之间存在相互作用。aDDM 模型认为注意与选项价值之间存在相互作用，注意与选项价值的评估可能既有乘法效应(multiplicative effect)又有加法效应(additive effect) (Pleskac et al., 2023; Yang & Krajbich, 2023)。Cavanagh 等人(2014)提出的加法模型认为眼睛注视仅仅与选项价值存在相关但并未放大(增加)其主观价值，眼睛注视对选项价值的评估具有固定的影响。然而，乘法模型认为视觉注意放大(增加)了被注视选项的主观价值 (Krajbich, 2019; Smith & Krajbich, 2019; Shevlin et al., 2022)。具体来说，乘法模型预测对两个相同偏好的高价值选项做出决策比对两个低价值选项做出决策更快，而加法模型则预测两者没有显著差异。Smith 和 Krajbich (2019)考察了注意如何影响决策过程，结果显示对某选项的注意会与该选项的价值产生相互作用，与低价值选项相比，注视高价值选项对决策的影响更大，研究结果支持乘法模型。Westbrook 等人(2020)的研究发现乘法效应在分叉点(bifurcation)之前一直是正值，在分叉点之后接近于 0；然而加法效应在分叉点之前一直为负数，在分叉点之后才接近于 0。因此，他们认为早期的注意放大了被注视选项的主观价值，而晚期的注意可能反映了个体可能的选择。根据 aDDM 模型的基本假设，增加注视时间或操纵最后注视位置可能会放大目标选项的主观价值(相对价值)，从而导致个体选择目标选项，这为个体的风险决策偏好(Molter et al., 2022)、食品决策偏好(Liu, Zhou et al., 2020)

与道德决策行为(Ghaffari & Fiedler, 2018)受到选项注视时间与最后注视位置的影响提供了相应的解释。”

参考文献:

Cavanagh, J. F., Wiecki, T. V., Kochar, A., & Frank, M. J. (2014). Eye tracking and pupillometry are indicators of dissociable latent decision processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, *143*(4), 1476–1488.

Ghaffari, M., & Fiedler, S. (2018). The power of attention: Using eye gaze to predict other-regarding and moral choices. *Psychological Science*, *29*(11), 1878–1889.

Krajibich, I. (2019). Accounting for attention in sequential sampling models of decision making. *Current Opinion in Psychology*, *29*, 6–11.

Liu, H. Z., Zhou, Y. B., Wei, Z. H., & Jiang, C. M. (2020). The power of last fixation: Biasing simple choices by gaze-contingent manipulation. *Acta Psychologica*, *208*.

Molter, F., Thomas, A. W., Huettel, S. A., Heekeren, H. R., & Mohr, P. N. C. (2022). Gaze-dependent evidence accumulation predicts multi-alternative risky choice behaviour. *PLoS Computational Biology*, *18*(7), e1010283.

Pleskac, T. J., Yu, S. L., Grunevski, S., & Liu, T. S. (2023). Attention biases preferential choice by enhancing an option's value. *Journal of Experimental Psychology: General*, *152*(4), 993–1010.

Shevlin, B. R. K., Smith, S. M., Hausfeld, J., & Krajibich, I. (2022). High-value decisions are fast and accurate, inconsistent with diminishing value sensitivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *119*(6), e2101508119.

Smith, S. M., & Krajibich, I. (2019). Gaze amplifies value in decision making. *Psychological Science*, *30*(1), 116–128.

Westbrook, A., van den Bosch, R., Määttä, J. I., Hofmans, L., Papadopetraki, D., Cools, R., & Frank, M. J. (2020). Dopamine promotes cognitive effort by biasing the benefits versus costs of cognitive work. *Science*, *367*, 1362–1366.

Yang, X. Z., & Krajibich, I. (2023). A dynamic computational model of gaze and choice in multi-attribute decisions. *Psychological Review*, *130*(1), 52–70.

意见 4: 建议作者将各个模型的比较总结在一张表中。

回应: 非常感谢您的宝贵建议! 根据您的建议, 我们将各个模型的比较总结在了一张表格中以便读者更直观地了解各个模型。我们也将该表格添加到了修改稿的“3 视觉注意影响决策

的理论模型”中。具体阐述如下：

“视觉注意显著影响个体的决策行为。然而，现有研究大多散见于视觉注意影响知觉、偏好、社会等类型决策的实证研究，少有研究系统梳理这些影响潜在的作用机制。本文整理了各类零散实证研究的讨论部分与少量相关的综述研究，总结了可能解释这些影响潜在机制的 4 种理论模型(参见表 1)。”

表 1 视觉注意影响决策的理论模型比较

理论模型	基本逻辑	局限性
简单暴露效应	视觉注意→喜欢→决策	对背后作用机制的阐述有所欠缺
注视层叠假说	视觉注意↔偏好→决策	结果存在争议，且未用数学模型表达
序列抽样模型	DDM: 起始偏好→证据积累→决策	未考虑用复杂神经信号推断决策行为
	aDDM: 视觉注意→增加选项价值→ 证据积累率改变→决策	尚未就其确切机制达成一致(加法模型 与乘法模型，内隐注意与外显注意)
自适应注意表征模型	视觉注意→积累类别证据→习得表征 →反馈→调整视觉注意→决策	在人类学习上的研究稍显不足，对试次 间模块与试次内模块的定义略显机械

意见 5: 在总结与展望部分，作者在引言和正文中写了视觉注意对三种决策的影响，但是总结部分只提到了两个，并且缺乏对这部分内容的总结。

回应: 非常感谢您的宝贵意见！非常抱歉！由于我们的疏忽，在原稿的修改过程中对这部分内容进行总结时我们遗漏了“视觉注意对其他社会决策偏好的影响”这一点，对此我们深表歉意！根据您的宝贵意见，在论文修改稿中我们已经补充了这一点。并且，在“4 总结与展望”的第一段中我们也补充了对“视觉注意对知觉决策、偏好决策和其他社会决策的影响”这部分内容的总结。具体阐述如下：

“本文首先系统梳理了视觉注意对知觉决策、偏好决策和其他社会决策这三类典型决策的影响；然后，总结了简单暴露效应、注视层叠假说、序列抽样模型和自适应注意表征模型这四种理论假说对视觉注意影响知觉、偏好与社会决策作用机制的解释。视觉注意对知觉决策的影响主要体现在对目标的选择上；此外，还通过被凸显刺激吸引以及对非目标凸显刺激的抑制影响知觉决策。在偏好决策中，注意与选项价值相互作用，共同影响了个体的风险决策偏好、跨期选择偏好和消费决策偏好。一方面，注意放大或增加了选项的主观价值，即在偏好决策中个体越长时间地注视一个选项，个体对该选项的偏好就越大(注视引起偏好)；另

一方面,选项的价值引导了个体的注意,即个体更长时间地注视偏好的选项(偏好引起注视)。最后,自下而上和自上而下的注意与社会情境(对象)的交互作用也可能对个体的道德决策、亲社会决策等社会决策偏好具有重要影响。”

.....

审稿人 2 意见:

该文结合新近的文献,比较系统的综述了注意作为一个调节因素如何影响决策过程,对相关领域的后续研究具有较好的借鉴意义。对文章的具体建议如下:

意见 1: 综述的两个主体部分,即第二和第三部分在内容上有些分离,连贯性不强。第二部分列举了注意对三种类型的决策的影响,还是比较全面的,同时也引出了如何理解这些研究结果的问题。第三部分介绍了四种模型以及相关的研究结果。读者可能会预期这些模型可以对第二部分提到的实验结果和现象进行一定的解释,但这个在文中是缺失的。建议作者在结构上做一些调整和补充,使得这两个部分更加连贯,整体性更强。

回应: 非常感谢您的专业意见。确实如您所说,原稿的第二部分“视觉注意对决策的影响”和第三部分“视觉注意影响决策的理论模型”在内容上有些分离,连贯性有些不强。因此,根据您的宝贵建议,在论文修改稿中我们在结构上进行了一些调整,并且补充了第三部分的理论模型对第二部分提到的实验结果和现象进行的部分解释,从而使得这两个部分更加连贯,整体性更强。鉴于修改的内容较多,文稿篇幅可能过长,此处我们就仅说明具体的修改要点,不再一一呈现具体修改后的内容,具体的修改内容在修改稿中均已标记出。具体修改要点如下:

3.1 简单暴露效应: 在该部分我们补充了一篇经典文献的介绍(即 Bornstein 和 D'Agostino (1992)的研究)。此外,我们增加了“简单暴露效应”这一理论模型对第二部分提到的风险决策的框架效应和跨期选择偏好所进行的解释。

3.2 注视层叠假说: 在该部分我们主要补充了“注视层叠假说”这一理论模型对第二部分提到的风险决策偏好和社会决策中的利他行为决策所进行的解释。

3.3.1 漂移扩散模型: 在该部分我们主要修改了关于漂移扩散模型中参数 v 和参数 α 含义的介绍;调整了关于漂移扩散模型图 2 的内容表述;此外,补充了“漂移扩散模型”这一理论模型对第二部分提到的知觉决策所进行的解释。

3.3.2 注意漂移扩散模型: 在该部分我们重新撰写了“视觉注意与选项价值之间存在相互作用”这一段落的所有内容;此外,主要补充了“注意漂移扩散模型”这一理论模型对第二

部分提到的风险决策偏好、跨期选择偏好、消费决策中的食品决策偏好以及社会决策中的道德决策行为所进行的解释。

意见 2: 在 2.1 节中, 提到 CPP 成分的峰值更高表明视觉注意对感觉编码的影响也体现在脑电成分上。这一节是关于注意影响感觉编码的, CPP 成分属于比较后期的脑电成分, 应该与感觉加工的关系不大。

回应: 非常感谢您的宝贵意见! 我们非常赞同您的观点: “CPP 成分属于比较后期的脑电成分, 应该与感觉加工的关系不大。” 因此, 根据您的意见以及审稿专家一的建议, 在论文修改稿中我们已经删除了“视觉注意影响个体的感觉编码”这一部分的内容, 将该部分内容整合至“注意的选择性对知觉决策具有重要影响”中。并且, 对 CPP 成分的含义介绍进行了修改, 具体阐述如下:

“Rangelov 和 Mattingley (2020)采用一种新颖的整合(integrated)决策任务范式(该任务中被试需要对连续的目标运动散点的平均方向进行判断, 忽略同时发生的、空间上重叠的非目标运动散点), 并结合脑电图(electroencephalography, EEG)技术考察选择性注意对知觉决策的影响, 结果发现呈现非目标运动散点和目标运动散点所诱发的中央顶叶正成分(central-parietal positivity, CPP), 一个与决策的证据累积过程密切相关的较晚期的脑电成分)在起始潜伏期(onset latency)和斜率(slope)上均不存在显著差异, 然而, 相较于呈现非目标运动散点, 呈现目标运动散点所诱发的 CPP 成分的峰值更高。因此, Rangelov 和 Mattingley (2020)认为在知觉决策过程中注意作为一个实时但“不完美”的过滤器, 动态地调节了与任务相关和任务无关的感觉输入的作用。”

参考文献:

Rangelov, D., & Mattingley, J. B. (2020). Evidence accumulation during perceptual decision-making is sensitive to the dynamics of attentional selection. *Neuroimage*, 220, 117093.

意见 3: 同一节中的后一段, 探讨了注意抑制对知觉的影响。虽然注意抑制比较重要, 但注意对知觉的影响应该主要体现在目标选择上, 对非干扰物抑制可以讨论, 但不应作为唯一的因素。

回应: 非常感谢您的专业意见。我们非常赞同您的观点: “注意对知觉的影响应该主要体现在目标选择上”。因此, 根据您的意见及审稿专家一的建议, 我们对该段落的内容进行了非常系统的修改, 主要包括增加关于注意影响目标选择的文献介绍、删除部分注意抑制相关文

献的介绍、调整个别文献的介绍。在论文修改稿中我们也对该段落内容进行了全面修改。具体阐述如下：

“首先，注意的选择性对知觉决策具有重要影响。Newell 和 Pelley (2018)考察了个体在可能条件(由一个有 16%点密度的低密度图案和一个有 26%点密度的高密度图案所组成的配对)和不可能条件(由两个有 20%点密度的中等密度图案所组成的配对)下对目标刺激的选择，结果发现在可能条件和不可能条件下个体选择目标选项的比例均显著高于 50%，且个体在无法获得客观知觉信息(不可能条件)时，基于眼睛注视的决策时机提示(当被试对目标选项的注视时间累积至少达到 750 ms 且对非目标选项的注视时间累积至少达到 250 ms 时触发决策反应)增加了个体选择目标选项的比例，说明对线索的选择性注意影响了知觉决策。Rangelov 和 Mattingley (2020)采用一种新颖的整合(integrated)决策任务范式(该任务中被试需要对连续的目标运动散点的平均方向进行判断，忽略同时发生的、空间上重叠的非目标运动散点)，并结合脑电图(electroencephalography, EEG)技术考察选择性注意对知觉决策的影响，结果发现呈现非目标运动散点和目标运动散点所诱发的中央顶叶正成分(central-parietal positivity, CPP)，一个与决策的证据累积过程密切相关的较晚期的脑电成分)在起始潜伏期(onset latency)和斜率(slope)上均不存在显著差异，然而，相较于呈现非目标运动散点，呈现目标运动散点所诱发的 CPP 成分的峰值更高。因此，Rangelov 和 Mattingley (2020)认为在知觉决策过程中注意作为一个实时但“不完美”的过滤器，动态地调节了与任务相关和任务无关的感觉输入的作用。Nuiten 等人(2023)采用线索朝向 Gabor 辨别任务范式和 EEG 技术考察了空间选择性注意对知觉决策的影响，结果发现有效线索提示比无效线索提示的知觉敏感性指标 d' 更高，且反应时更短，更高的漂移率；且有效线索提示比无效线索提示诱发的 CPP 成分的峰值更大。

其次，视觉注意通过被凸显刺激吸引以及对非目标凸显刺激的抑制来影响知觉加工。Chang 和 Egeth (2019)要求被试完成一个视觉搜索任务和一个探测任务。在搜索任务(占总试次的 70%)中被试在不相关的单一颜色图形存在或不存在的条件下搜索目标图形，发现当存在单一颜色图形时被试的搜索效果会更好；在穿插出现的探测任务(占总试次的 30%)中，被试搜索一个目标字母，发现对目标颜色字母的反应要比中性颜色字母的反应更快，而对于干扰颜色字母的反应要比中性颜色字母的反应更慢。表明目标特征增强和干扰物特征抑制对注意引导的作用是独立的，增强和抑制可以根据情况灵活地引导注意。类似地，Hamblin-Frohman 等人(2022)同样让被试完成搜索任务和探测任务。在搜索试次(占总试次的 75%)中，被试在几个其他的图形中搜索一个菱形，在一半的搜索试次中所有图形都是相同的颜色(例如，绿

色)，而在另一半的搜索试次中其中一个非目标图形以不同的颜色出现（例如，红色）。在穿插出现的探测试次(占总试次的 25%)中，呈现给被试 4 个椭圆，其中一个椭圆的颜色要么是目标颜色，要么是搜索试次中的非目标颜色，另外三个椭圆是中性颜色。结果发现在中性颜色背景下观看目标颜色块时，个体的注意会明显地被目标颜色块所吸引，并回避非目标色块；而且，在视觉搜索任务中观察到的抑制作用有助于早期的注意效应和后期的决策过程。Zhou 等人(2023)发现注意引导(指外显注意)可能主要对目标位置和非目标位置的统计学习(statistical learning, 学习和利用环境规律)效应起作用，对目标位置的统计学习效应主要集中在视觉搜索的中期阶段(如注意选择)和后期阶段(如目标确认)，而对非目标位置的统计学习效应主要集中在早期阶段(涉及内隐注意)和中期阶段，说明视觉搜索中目标位置和非目标位置的统计学习反映了部分共享和部分独立的认知机制。Wang 和 Theeuwes (2020)考察目标刺激与非目标刺激的凸显性如何影响知觉决策，结果发现当搜索阵列中只有 4 个元素时个体表现出对非目标刺激方位的抑制效应；然而，对于更大的搜索阵列(6 个元素或 10 个元素)且目标刺激和非目标刺激均具有凸显性时，对非目标刺激的抑制效应消失。因此，Wang 和 Theeuwes (2020)认为刺激的相对凸显性对于捕获注意至关重要。近年来，一些研究发现了非目标刺激的抑制证据，个体可以抑制对经常出现非目标选项位置的注视(Chang et al., 2023)，会对非目标选项表现出与特征抑制相关的电生理反应(Chen et al., 2023; van Moorselaar et al., 2023)。Tsai 等人(2023)改进了视觉搜索范式，将干扰物区分为同维度干扰物(形状、颜色、触觉)与跨维度干扰物，结果显示相比跨维度干扰物，同维度干扰物对反应时的影响更大且相应目标物诱发的 N2pc (与知觉抑制相关的脑电成分)波幅更小，说明跨维度干扰物可以有效抑制注意。”

参考文献：

- Chang, S. H., Dube, B., Golomb, J. D., & Leber, A. B. (2023). Learned spatial suppression is not always proactive. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 49(7), 1031–1041.
- Chang, S., & Egeth, H. E. (2019). Enhancement and suppression flexibly guide attention. *Psychological Science*, 30(12), 1724–1732.
- Chen, X. W., Xu, B., Chen, Y. Z., Zeng, X. Q., Zhang, Y., & Fu, S. M. (2023). Saliency affects attentional capture and suppression of abrupt-onset and color singleton distractors: Evidence from event-related potential studies. *Psychophysiology*, 60(8), e14290.

- Hamblin-Frohman, Z., Chang, S., Egeth, H., & Becker, S. I. (2022). Eye movements reveal the contributions of early and late processes of enhancement and suppression to the guidance of visual search. *Attention Perception & Psychophysics*, 84(6), 1913–1924.
- Newell, B. R., & Pelley, M. E. L. (2018). Perceptual but not complex moral judgments can be biased by exploiting the dynamics of eye gaze. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(3), 409–417.
- Nuiten, S. A., De Gee, J. W., Zantvoord, J. B., Fahrenfort, J. J., & van Gaal, S. (2023). Catecholaminergic neuromodulation and selective attention jointly shape perceptual decision-making. *eLife*, 12, RP87022.
- Rangelov, D., & Mattingley, J. B. (2020). Evidence accumulation during perceptual decision-making is sensitive to the dynamics of attentional selection. *Neuroimage*, 220, 117093.
- Tsai, S. Y., Nasemann, J., Qiu, N., Tollner, T., Muller, H. J., & Shi, Z. H. (2023). Little engagement of attention by salient distractors defined in a different dimension or modality to the visual search target. *Psychophysiology*, 60(12), e14375.
- van Moorselaar, D., Huang, C. R., & Theeuwes, J. (2023). Electrophysiological indices of distractor processing in visual search are shaped by target expectations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 35(6), 1032–1044.
- Wang, B., & Theeuwes, J. (2020). Saliency determines attentional orienting in visual selection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 46(10), 1051–1057.
- Zhou, X., Hao, Y., Xu, S., & Zhang, Q. (2023). Statistical learning of target location and distractor location rely on different mechanisms during visual search. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 85(2), 342–365.

意见 4: 在 2.2.1 节中，提到“有研究者要求被试在三组风险选项中做出决策，发现被试选择目标选项的概率更高，目标选项比竞争选项获得了更长的相对注视时间，同样说明视觉注意在吸引效应中发挥重要作用(Molter et al., 2022)”。这部分描述不清楚，该研究中的注意变量没有描述，所以不知道结果的意义是什么。

回应: 非常感谢您的宝贵意见！非常抱歉！我们的原稿对 Molter 等人(2022)这项研究的描述确实不够清晰。根据您的意见，我们再次仔细阅读了该文献，并对该项研究结果的意义进行了修改。具体阐述如下：

“有研究者要求被试在有三个选项的风险任务中进行决策，结果发现被试选择目标选项的比例高于选择竞争选项和诱饵选项的比例，目标选项比竞争选项和诱饵选项获得了相对更长的注视时间，说明多选项的风险决策中存在吸引效应。而且，依赖于眼睛注视(gaze-dependent)的证据累积模型(在该模型中非注视选项的主观价值被削弱)可以更好地描述个体

在风险决策中表现出的吸引效应 (Molter et al., 2022)。”

参考文献:

Molter, F., Thomas, A. W., Huettel, S. A., Heekeren, H. R., & Mohr, P. N. C. (2022). Gaze-dependent evidence accumulation predicts multi-alternative risky choice behaviour. *PLoS Computational Biology*, 18(7), e1010283.

意见 5: 同一节中, “Spektor 等人(2022)使用彩条任务比较了被试在知觉任务与偏好任务中的决策, 眼动与行为数据显示被试注视竞争选项的时间与选择竞争选项的比例均大于目标选项, 在两种任务中都出现排斥效应, 而且这种效应随着目标与诱饵选项之间属性差异的增加而降低”。这里提到的效应似与上面提到的吸引效应相同, 都是对目标的选择更少, 为何一个是吸引一个是排斥? 文中没有说清楚。

回应: 非常感谢您的宝贵意见! 非常抱歉! 由于我们在原稿中表述不够清晰, 造成了您理解上的困惑, 对此我们深表歉意! 吸引效应是指加入诱饵选项将增加对目标选项的选择概率, 减少对竞争选项的选择概率(Gluth et al., 2017; Huber et al., 1982; Lichters et al., 2017; Spektor et al., 2021)。相反, 排斥效应是指加入诱饵选项将减少对目标选项的选择概率, 增加对竞争选项的选择概率(Evans et al., 2021; Liao et al., 2021; Spektor et al., 2018)。Spektor 等人(2022)的研究是发现对目标选项的选择更少, 因此这里提到的效应是排斥效应。然而, 上面提到的 Molter 等人(2022)的研究是发现被试选择目标选项的概率更高(对目标的选择更多), 因此上面提到的 Molter 等人(2022)的研究发现是吸引效应。根据您的宝贵意见, 为了避免读者理解上的困惑, 在论文修改稿中我们对 Spektor 等人(2022)的研究介绍进行了非常细致地修改。具体阐述如下:

“吸引效应(attraction effect)是一种典型的情境效应, 如图 1 所示, 所有选项都有两种属性, 加入诱饵选项 D 将增加个体对目标选项 B 的选择概率并减少对竞争选项 A 的选择概率(Gluth et al., 2017; Huber et al., 1982; Spektor et al., 2021)。”

“另外, 有研究者通过实验也发现了与吸引效应相反的排斥效应(repulsion effect), 即加入诱饵选项将减少个体对目标选项的选择(Evans et al., 2021; Liao et al., 2021; Rhilinger et al., 2023; Spektor et al., 2018)。Spektor 等人(2022)比较了被试在知觉任务(要求选择填充条最多的选项)与偏好任务(要求进行一个具有 50% 概率的赌博)中的决策, 眼动与行为数据显示被试注视目标选项的时间与选择目标选项的比例均少于竞争选项, 即在两种任务中都出现了排斥效应, 而且这种效应随着目标与诱饵选项之间属性差异的增加而降低。”

参考文献:

- Evans, N. J., Holmes, W. R., Dasari, A., & Trueblood, J. S. (2021). The impact of presentation order on attraction and repulsion effects in decision-making. *Decision*, 8(1), 36–54.
- Gluth, S., Hotaling, J. M., & Rieskamp, J. (2017). The attraction effect modulates reward prediction errors and intertemporal choices. *Journal of Neuroscience*, 37(2), 371–382.
- Huber, J., Payne, J. W., & Puto, C. P. (1982). Adding asymmetrically dominated alternatives: Violations of regularity and the similarity hypothesis. *Journal of Consumer Research*, 9(1), 90–98.
- Liao, J., Chen, Y., Lin, W., & Mo, L. (2021). The influence of distance between decoy and target on context effect: Attraction or repulsion? *Journal of Behavioral Decision Making*, 34(3), 432–447.
- Lichters, M., Bengart, P., Sarstedt, M., & Vogt, B. (2017). What really matters in attraction effect research: When choices have economic consequences. *Marketing Letters*, 28(1), 127–138.
- Molter, F., Thomas, A. W., Huettel, S. A., Heekeren, H. R., & Mohr, P. N. C. (2022). Gaze-dependent evidence accumulation predicts multi-alternative risky choice behaviour. *PLoS Computational Biology*, 18(7), e1010283.
- Rhilinger, J. P., Xu, C. L. X., & Rose, N. S. (2023). Are irrelevant items actively deleted from visual working memory?: No evidence from repulsion and attraction effects in dual-retrocue tasks. *Attention Perception & Psychophysics*, 85(5), 1499–1516.
- Spektor, M. S., Bhatia, S., & Gluth, S. (2021). The elusiveness of context effects in decision making. *Trends in Cognitive Sciences*, 25(10), 844–857.
- Spektor, M. S., Kellen, D., & Hotaling, J. M. (2018). When the good looks bad: An experimental exploration of the repulsion effect. *Psychological Science*, 29(8), 1309–1320.
- Spektor, M. S., Kellen, D., & Klauer, K. C. (2022). The repulsion effect in preferential choice and its relation to perceptual choice. *Cognition*, 225, 105164.

意见 6: 在 2.2.2 节第一段中，提到“个体倾向于选择随机的选项”。不清楚这里的随机选项是什么。

回应: 非常感谢您的宝贵意见！非常抱歉！由于我们在上一稿中表述不够准确，造成了您理解上的困惑，对此我们深表歉意！这里的随机选项指的是在每个试次(trial)中随机确定的目标选项，即在实验中的每个试次开始前，程序会随机生成一个 0、1 数字，进而从两个选项中确定一个目标选项。目标选项可以是 A，也可以是 B。根据您的宝贵意见，为了避免读者

理解上的困惑，在论文修改稿中我们对“2.2.2 节第一段”的这一表述进行了非常细致地修改。具体阐述如下：

“Liu 等人(2020)采用眼动追踪技术和一种基于注视操纵(gaze-contingent manipulation)的实验范式(该范式可操纵个体在决策过程中对选项的相对注视时间)，考察了眼睛注视对个体跨期选择偏好的影响。结果发现，当个体的眼睛注视被指向目标属性时(即注视目标属性的时间长于非目标属性)，个体偏好于选择随机确定的目标选项。而且，注视时间更长的属性也介导了基于注视的操纵对跨期选择的影响。因此，Liu 等人(2020)认为视觉注意操纵与个体的跨期选择偏好之间存在着因果关系。”

参考文献：

Liu, H. Z., Lyu, X. K., Wei, Z. H., Mo, W. L., Luo, J. R., & Su, X. Y. (2020). Exploiting the dynamics of eye gaze to bias intertemporal choice. *Journal of Behavioral Decision Making*, 34(3), 419–431.

意见 7：在 2.2.3 节第一段中，提到“发现腹侧视觉皮层中存在影响食品决策的相关脑区，说明视觉注意在个体的食品决策中可能发挥重要作用”。一般认为腹侧视觉区更多表征知觉，而背侧视觉区表征注意。

回应：非常感谢您的专业意见！我们非常赞同您的观点：“一般认为腹侧视觉区更多表征知觉，而背侧视觉区表征注意。”根据您的意见，Jain 等人(2023)的研究发现作为视觉注意影响个体对食品决策偏好的研究证据可能存在不妥之处。因此，在论文修改稿中我们采用了 Eum 等人(2023)的研究替换了该项研究。具体阐述如下：

“Eum 等人(2023)采用眼动追踪技术考察了个体在两种条件下(两种零食都同时呈现或者只有当被试注视货架时才显示零食)对呈现在电脑屏幕上标记的“货架”上的零食进行二选一。研究结果发现，去除非注视选项会使个体的注意偏差大小增加一倍，个体对食品的选择偏好可能会受到一次只注视一个条目(选项)的设置的影响，即外周视觉信息影响了个体对食品的决策偏好。”

参考文献：

Eum, B., Dolbier, S., & Rangel, A. (2023). Peripheral visual information halves attentional choice biases. *Psychological Science*, 34(9), 984–998.

意见 8：在 3.3.1 节第一段中，提到“当积累的证据达到这个标准，个体就认为选择某个选项可以使自己满意”。DDM 模型并不把主观感受作为一个成分来考虑，这里的描述不准确。

回应：非常感谢您的宝贵意见！非常抱歉！由于我们对文献的个别细节理解不够深入造成了一些描述的不准确，对此我们深表歉意！再次认真阅读参考文献后，我们在论文修改稿中对这里的描述进行了修改。具体阐述如下：

“参数 α 代表决策阈值(threshold)或感觉证据积累的边界(boundary)，当积累的证据达到某个选项的阈值标准时，个体就会立即选择该选项。”

此外，根据您的意见，我们也对“3.3.1 节第一段”中关于漂移扩散模型介绍的其他细节进行了认真阅读，并对其中一处表述不够准确之处也进行了修改。具体阐述如下：

“参数 v 代表漂移率(drift rate)，它反映了决策过程中证据累积的速度，主要受选项间主观价值差异的影响。漂移率较高时，表明不同选项间的主观价值存在较大差异，因此个体较容易做出决策，反应时较短。”

意见 9：在 3.3.2 节第二段是关于视觉注意会放大选项的价值，但这段内容中并没有涉及到价值的变化。

回应：非常感谢您的宝贵意见！非常抱歉！由于我们在组织内容时考虑不够深入，导致这段内容中并没有涉及到价值的变化，对此我们深表歉意！根据您的宝贵意见，我们对这段内容进行了重新撰写。此外，结合审稿专家一的建议，我们在修改稿中也将这一段的主题句修改为“视觉注意与选项价值之间存在相互作用”。具体阐述如下：

“首先，视觉注意与选项价值之间存在相互作用。aDDM 模型认为注意与选项价值之间存在相互作用，注意与选项价值的评估可能既有乘法效应(multiplicative effect)又有加法效应(additive effect) (Pleskac et al., 2023; Yang & Krajbich, 2023)。Cavanagh 等人(2014)提出的加法模型认为眼睛注视仅仅与选项价值存在相关但并未放大(增加)其主观价值，眼睛注视对选项价值的评估具有固定的影响。然而，乘法模型认为视觉注意放大(增加)了被注视选项的主观价值 (Krajbich, 2019; Smith & Krajbich, 2019; Shevlin et al., 2022)。具体来说，乘法模型预测对两个相同偏好的高价值选项做出决策比对两个低价值选项做出决策更快，而加法模型则预测两者没有显著差异。Smith 和 Krajbich (2019)考察了注意如何影响决策过程，结果显示对某选项的注意会与该选项的价值产生相互作用，与低价值选项相比，注视高价值选项对决策的影响更大，研究结果支持乘法模型。Westbrook 等人(2020)的研究发现乘法效应在分叉点(bifurcation)之前一直是正值，在分叉点之后接近于 0；然而加法效应在分叉点之前一直为负数，在分叉点之后才接近于 0。因此，他们认为早期的注意放大了被注视选项的主观价值，而晚期的注意可能反映了个体可能的选择。根据 aDDM 模型的基本假设，增加注视

时间或操纵最后注视位置可能会放大目标选项的主观价值(相对价值),从而导致个体选择目标选项,这为个体的风险决策偏好(Molter et al., 2022)、食品决策偏好(Liu, Zhou et al., 2020)与道德决策行为(Ghaffari & Fiedler, 2018)受到选项注视时间与最后注视位置的影响提供了相应的解释。”

参考文献:

- Cavanagh, J. F., Wiecki, T. V., Kochar, A., & Frank, M. J. (2014). Eye tracking and pupillometry are indicators of dissociable latent decision processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, *143*(4), 1476–1488.
- Ghaffari, M., & Fiedler, S. (2018). The power of attention: Using eye gaze to predict other-regarding and moral choices. *Psychological Science*, *29*(11), 1878–1889.
- Krajbich, I. (2019). Accounting for attention in sequential sampling models of decision making. *Current Opinion in Psychology*, *29*, 6–11.
- Liu, H. Z., Zhou, Y. B., Wei, Z. H., & Jiang, C. M. (2020). The power of last fixation: Biasing simple choices by gaze-contingent manipulation. *Acta Psychologica*, *208*.
- Molter, F., Thomas, A. W., Huettel, S. A., Heekeren, H. R., & Mohr, P. N. C. (2022). Gaze-dependent evidence accumulation predicts multi-alternative risky choice behaviour. *PLoS Computational Biology*, *18*(7), e1010283.
- Pleskac, T. J., Yu, S. L., Grunevski, S., & Liu, T. S. (2023). Attention biases preferential choice by enhancing an option's value. *Journal of Experimental Psychology: General*, *152*(4), 993–1010.
- Shevlin, B. R. K., Smith, S. M., Hausfeld, J., & Krajbich, I. (2022). High-value decisions are fast and accurate, inconsistent with diminishing value sensitivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *119*(6), e2101508119.
- Smith, S. M., & Krajbich, I. (2019). Gaze amplifies value in decision making. *Psychological Science*, *30*(1), 116–128.
- Westbrook, A., van den Bosch, R., Määttä, J. I., Hofmans, L., Papadopetraki, D., Cools, R., & Frank, M. J. (2020). Dopamine promotes cognitive effort by biasing the benefits versus costs of cognitive work. *Science*, *367*, 1362–1366.
- Yang, X. Z., & Krajbich, I. (2023). A dynamic computational model of gaze and choice in multi-attribute decisions. *Psychological Review*, *130*(1), 52–70.

意见 10: 可能是因为杂志的要求, 综述中对过往经典文献的引用过少, 尤其是一些开创性

的研究，其意义不是近期文献可以替代的。

回应：非常感谢您的意见！我们非常赞同您的观点，一些开创性的研究其意义不是近期文献可以替代的。考虑到综述中对过往经典文献的引用过少，以及杂志要求参考文献以近 5 年的文献为主这一客观实际需要，我们在论文修改稿的“3.1 简单暴露效应、3.3 序列抽样模型、4 总结与展望”等部分尽可能地引用了一些开创性的经典文献。并且在修改稿中均已标记出来。

具体引用了如下 5 篇开创性的经典文献：

Bornstein, R. F., & D'Agostino, P. R. (1992). Stimulus recognition and the mere exposure effect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 63(4), 545–552.

Huber, J., Payne, J. W., & Puto, C. P. (1982). Adding asymmetrically dominated alternatives: Violations of regularity and the similarity hypothesis. *Journal of Consumer Research*, 9(1), 90–98.

Ratcliff, R. (1978). A theory of memory retrieval. *Psychological Review*, 85(2), 59–108.

Ratcliff, R., & Smith, P. L. (2004). A comparison of sequential sampling models for two-choice reaction time. *Psychological Review*, 111(2), 333–367.

Zajonc, R. B. (1968). Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 9(2), 1–27.

第二轮

审稿人 1 意见：

作者整体修改做的不错，但是对于不同模型的理解或者局限性的理解还流于表面，缺乏深刻见解。如何去定义不同模型局限性，实际上就决定了如何更好的解决视觉注意对决策的影响及其作用机制的问题。

回应：非常感谢您对我们第一轮修改工作的高度认可！根据您的宝贵意见，对于不同模型的理解或者局限性的理解还缺乏深刻见解这一问题，在本轮修改中我们再次查阅并系统梳理了相关文献资料，且关于这一问题我们对“3 视觉注意影响决策的理论模型”和“4 总结与展望”中所涉及的 4 种理论模型的基本逻辑（基本观点）和局限性的相关内容都进行了更深入的论述，我们深信修改后的内容有助于更深刻地理解视觉注意对决策的影响及其作用机制。鉴于修改的内容较多且较为分散，此处我们不再一一呈现所有的修改内容，仅列出相对集中

的两处修改内容：“表 1 视觉注意影响决策的理论模型比较”和“4 总结与展望”中关于不同模型的理解及其局限性的总结，其他涉及不同模型的理解或者局限性的理解的修改内容均已在修改稿中用橙色进行了标记。

“表 1 视觉注意影响决策的理论模型比较”具体阐述如下：

表 1 视觉注意影响决策的理论模型比较

理论模型	基本逻辑	局限性
简单暴露效应	视觉注意→喜欢→决策	接触与喜好之间的内在关系尚不明确 缺乏数学模型表达，无法解释某些关键问题
注视层叠假说	视觉注意↔偏好→决策	(如决策阈值的本质、注意与决策偏好如何相互影响等)，注视层叠的内在机理仍尚不明晰
序列抽样模型	DDM: 初始偏好→证据积累→决策 aDDM: 视觉注意→增加选项主观价值→证据累积率变化→决策	没有纳入任何注意的量化指标，适用于简单快速的决策而较难准确描述复杂的决策偏好 部分假设与相关实证研究结果相悖，主要关注外显注意而忽视了内隐注意对决策的影响
自适应注意表征模型	视觉注意→积累类别证据→习得表征→反馈→调整视觉注意→决策	对视觉注意如何分配到各具体维度的解释力度不够，在人类学习上的研究稍显不足

“4 总结与展望”中关于不同模型的理解及其局限性的总结具体阐述如下：

“简单暴露效应、注视层叠假说、aDDM 模型和 AARM 模型都对视觉注意影响决策的作用机制进行了解释。作为早期的注意影响选择的理论模型，简单暴露效应可以解释注视持续时间对决策的影响，然而缺乏对接触与喜好之间内在关系的论述。注视层叠假说强调决策过程中注视与偏好之间的相互作用，但是并未采用数学模型来准确描述注意与决策偏好之间如何相互影响以及决策阈值的本质。aDDM 模型较好地量化了决策过程中视觉注意对选项选择证据累积率的影响，然而研究者尚未就其确切机制达成一致，加法模型与乘法模型各有其合理性(Cavanagh et al., 2014; Krajbich, 2019; Shevlin & Krajbich, 2021; Shevlin et al., 2022)，内隐注意与外显注意分别在决策过程中扮演了何种角色仍尚不明晰(Cavanagh et al., 2019; Perkovic et al., 2023)。aDDM 模型假定选择的可能性依赖于注视选项的价值，而简单暴露效应和注视层叠假说则认为增加的视觉注意一直增加了选择的可能性。而且，aDDM 模型认为如果线索改变了选项之间的相对注视时间差异，那么首次注视对选项的选择具有预测作用；

而注视层叠假说则认为最后注视位置对选项的选择具有预测作用(Bhatnagar & Orquin, 2022)。AARM 模型侧重视觉注意在类别学习决策中发挥的作用,但目前在学习上的研究稍显不足,对试次间模块与试次内模块的界定略显机械,对视觉注意如何准确分配到各具体维度的解释力度不够。”

参考文献:

Bhatnagar, R., & Orquin, J. L. (2022). A meta-analysis on the effect of visual attention on choice. *Journal of Experimental Psychology: General*, 151(10), 2265–2283.

Cavanagh, J. F., Wiecki, T. V., Kochar, A., & Frank, M. J. (2014). Eye tracking and pupillometry are indicators of dissociable latent decision processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(4), 1476–1488.

Cavanagh, S. E., Malalasekera, W. M. N., Miranda, B., Hunt, L. T., & Kennerley, S. W. (2019). Visual fixation patterns during economic choice reflect covert valuation processes that emerge with learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(45), 22795–22801.

Krajibich, I. (2019). Accounting for attention in sequential sampling models of decision making. *Current Opinion in Psychology*, 29, 6–11.

Perkovic, S., Schoemann, M., Lagerkvist, C.-J., & Orquin, J. L. (2023). Covert attention leads to fast and accurate decision-making. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 29(1), 78–94.

Shevlin, B. R. K. & Krajibich, I. (2021). Attention as a source of variability in decision-making: Accounting for overall-value effects with diffusion models. *Journal of Mathematical Psychology*, 105, 102594.

Shevlin, B. R. K., Smith, S. M., Hausfeld, J., & Krajibich, I. (2022). High-value decisions are fast and accurate, inconsistent with diminishing value sensitivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(6), e2101508119.

.....

审稿人 2 意见:

作者对第一轮的审稿意见做了比较好的回应和修改,我没有其他问题了。

回应:非常感谢您在第一轮修改中提出的宝贵意见!也非常感谢您对我们第一轮修改工作的肯定与认可!

编委 1 意见：可以发表。

编委 2 意见：稿件已经达到了发表要求，建议文章发表。

主编意见：

作者引用了：刘洪志, 杨研兰, 李秋月, 魏子晗. (2023). 跨期决策中的维度差异偏好：眼动证据. *心理学报*, 55(4), 612–625.

另有 2 篇刘洪志与该综述密切相关的研究不应被遗漏。

黄元娜, 江程铭, 刘洪志, 李纾. (2023). 风险、跨期和空间决策的决策策略共享：眼动和主观判断的证据. *心理学报*, 55(6), 994–1015.

刘洪志, 李兴珊, 李纾, 饶俪琳. (2022). 基于期望值最大化的理论何时失效：风险决策中为自己-为所有人决策差异的眼动研究. *心理学报*, 54(12), 1517–1531.

回应：非常感谢主编的宝贵意见！根据主编终审意见，我们在论文修改稿的“2.2.1 视觉注意对风险决策偏好的影响”和“4 总结与展望”两个部分分别介绍了主编提及的刘洪志与本综述密切相关的 2 项研究。具体阐述如下：

“刘洪志等人(2022)采用眼动追踪技术，对个体为自己与为所有人进行风险决策时的行为选择及信息加工过程的差异进行了考察，结果发现在信息获取深度、信息加工复杂度、采用基于选项的信息搜索模式频率上，个体表现出显著的为自己 - 为所有人决策差异，而且眼动指标在决策任务与选择是否符合期望价值理论预测中起中介作用。”

“近期，有研究者发现个体在风险、跨期、空间决策中均表现出主要基于维度的眼跳模式，且维度间注视时长和眼跳次数的差值显著预测决策行为的变化，这为个体通过“维度间差异比较”策略来执行决策提供了证据，也暗示决策行为的差异更可能归因于具体维度的差异而非选项的差异(黄元娜 等, 2023)。”