

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：《客体信息在视觉工作记忆编码和维持阶段的不同注意选择模式》

作者：庞超 陈颜璋 王莉 杨喜端 贺雅 李芷莹 欧阳小钰 傅世敏 南威治

第一轮

审稿人 1 意见：

本研究基于视觉工作记忆不同加工阶段对多特征客体的注意选择模式的争议（客体 VS 基于），设计三个实验探讨了客体信息在视觉工作记忆编码和维持阶段的不同注意选择模式，研究结论对于解决争议具有一定的启示。文章有如下问题需要作者进一步明晰：

意见 1：

研究采用变化觉察范式，并在前注意线索和后注意线索分别探测在视觉工作记忆编码和维持阶段中的注意选择模式，这个研究设计是如何解决该研究所提出的“争议问题”的，内在逻辑关系是什么？需要在问题的提出部分进一步明确。

回应：

非常感谢审稿老师指出本文的问题。本文的核心争议问题和逻辑关系是：虽然已有研究证明 VWM 编码阶段存在基于客体的注意选择模式，也有研究发现维持阶段基于特征的分离储存。但是两类研究所采用的研究范式、客体的组合特征以及被试的报告指标上均存在差异，如果想要将两个结论重新整合为“VWM 不同加工阶段存在不同的注意选择模式”，作者认为仍需要在排除上述差异的基础之上提供更加直接性的证据。本研究在变化觉察范式基础之上，引入前注意线索和后注意线索分别考察 VWM 编码和维持阶段的注意选择模式，不仅可以帮助我们更加清晰的了解 VWM 中存在的注意选择模式，而且可以帮助上述假设提供实质性的证据。

我们在修改稿中的问题提出部分重新表述了研究方法对于解决争议问题的内在逻辑关系，修改位置在文章引言倒数第二段黄色高亮部分。文章具体修改内容如下：

“综上，已有的研究分别为 VWM 中存在基于客体的注意选择模式与基于特征的注意选择模式提供了相应的证据支持，出现这种看似矛盾的结论可能是由于这些研究所探究的 VWM 加工阶段本身就不同。正如我们所知，VWM 编码和维持阶段存在不同的加工机制 (Woodman, 2005)，因此两种注意选择模式可能分别存在于 VWM 的不同加工阶段。例如，Ye 等人在得出 VWM 中存在基于特征的储存机制的结论后并没有直接反驳 VWM 中存在基于客体的注意的观点，而是结合前人的研究进一步提出基于客体的注意和基于特征的注意共同存在于 VWM 中的假设。他们认为一开始被试以一种非自愿的基于客体的方式编码记忆项目，随后可以自愿的以基于特征的方式将它们储存在 VWM 中。然而，目前并没有支持这一假设的实证研究，并且对该假设的推论也只是基于不同研究的结果，这些研究无论是在实验范式、报告指标还是特征信息的选择上都存在差异。例如，以往支持 VWM 编码阶段存在基于客体的注意的研究大多采用的是变化觉察范式，而支持 VWM 维持阶段存在基于特征的注意的研究采用的是回忆报告范式。虽然在采用回忆报告范式的研究中发现被试对任

务无关特征的报告处在随机水平,但这可能并不意味着任务无关特征不存在于 VWM。比如,心理学中经典的舌尖现象(Brown & McNeill, 1966), 短暂的提取失败并不代表不存在相关记忆。相较于回忆报告范式,变化觉察范式只需要被试进行再认,这可能更适用于考察信息是否存在于 VWM。因此,有必要在同一种研究范式、报告指标以及特征组合的实验设计下同时观测 VWM 编码和维持阶段中的注意选择模式为该假设提供实证性支持。本研究在 Shen 等人研究中的变化觉察范式基础上,引入前注意线索和后注意线索,在 VWM 不同加工阶段操控特征的任务相关性,观察任务无关特征变化对任务相关特征的干扰效应,从而有效的帮助我们理解 VWM 对多特征客体信息的注意选择模式。”

意见 2:

在实验设计方面,为什么不直接操纵记忆负荷(低、中、高)? 系列实验和直接操纵记忆负荷(低、中、高)各自的优势和缺陷在哪?

回应:

非常感谢审稿老师对本文实验设计提出的疑问。正如审稿老师所言,直接操控记忆负荷(低、中、高)确实可以使结果更加直观、准确。但本研究在实验设计方面需要操控注意选择发生的阶段(编码、维持)和任务无关特征和任务相关特征的变化类型(变化、不变),为了平衡各种条件下的试次数量以及确保试次数量足够,每个负荷水平下的实验时长都接近 50 分钟,如果再同时操控记忆负荷(低、中、高)会大量增加被试的实验时间,经过数据收集过程中被试的自我报告,继续增加实验会导致被试过度疲劳,从而降低实验效益不利于实验的实施。此外,同 Shen 等人(2013)的研究一样,设置记忆负荷变量的目的是进一步通过增加被试认知资源的消耗,考察是否能够减少对任务无关特征的不必要加工。虽然系列实验会导致存在个体差异以及系统误差,但是为了实验能够顺利实施,在权衡利弊之后,本研究决定将记忆负荷作为被试间变量。并且在数据分析部分,我们将被试变量作为实验间变量进行数据分析,一定程度也能规避到可能的影响。

意见 3:

研究结果表明:“VWM 的不同加工阶段存在着不同的注意选择模式,编码阶段是基于客体的注意选择模式,维持阶段在低记忆负荷条件下的注意选择模式是基于客体的,而在高记忆负荷条件下是基于特征的注意选择模式。”之前以后研究已证明“VWM 编码阶段存在基于客体的注意选择模式”,也有研究指出“客体特征在 VWM 中维持阶段分离储存”,那么研究结论最大的创新贡献点在哪? 需要在讨论部分进一步明确。

回应:

非常感谢审稿老师指出问题。本研究的创新点是在使用变化觉察范式的基础上,通过引入前注意线索和后注意线索同时考察 VWM 编码和维持阶段的注意选择模式,一方面验证前人研究的结果,另一方面为“VWM 不同加工阶段存在不同的注意选择模式”的假设提供实质性证据。此外以往在该范式基础上得出的结论大多是基于客体的注意,如果在此基础上,进一步得出存在基于特征的注意则更加具有说服力。

引言的问题提出部分在阐述实验设计与解决问题之间逻辑关系时已经表述了本研究的目的,虽然已有研究证明“VWM 编码阶段存在基于客体的注意选择模式”,也有研究证明

“客体特征在 VWM 中维持阶段分离储存”，但是针对“VWM 不同加工阶段存在不同的注意选择模式”的假设是由不同的研究结论间接的推导而出，并没有研究在同一个实验设计下直接分阶段的验证该假设。

基于客体的编码已经得到大量研究证据的支持，而 VWM 维持阶段中基于特征的注意选择仍存在争议，以往的研究存在以下几个问题：第一，多数研究采用的是回忆报告范式，通过被试对于任务无关特征的报告失败，推断出任务无关特征不存在与 VWM 中，然而好比心理学中的“舌尖效应”，有时记忆报告失败并不能代表被试不存在该项目的记忆；第二，以往发现基于特征储存的研究大多采用的颜色加朝向信息组合的客体，而朝向信息更多的被认为是空间信息，可能更容易被分离储存。第三，目前还没有研究探究记忆负荷对维持阶段注意模式的影响。针对上述问题已在后续讨论中进行解释。

我们在修改稿中的讨论部分重新阐述了本研究的创新贡献点，修改位置在总讨论第一段黄色高亮部分。文章具体修改内容如下：

“本研究的目的是通过实验检验在 VWM 中是否同时存在基于客体的编码和基于特征的维持的注意选择模式。在变化觉察范式的基础上，引入前注意线索和后注意线索分阶段的考察 VWM 中的注意选择模式。与前人发现一致，我们发现在 VWM 的编码阶段存在基于客体的注意选择模式，且足够稳健而不会受到记忆负荷水平的影响。同时在 VWM 的维持阶段发现了基于特征的注意选择模式，但是仅限于较高记忆负荷条件下。总之，本研究在统一研究范式、报告指标以及特征组合后进一步为 VWM 中存在基于客体的编码和基于特征的维持提供了直接性的证据。”

意见 4:

该研究是否适合在认知神经范式下进行研究？或者采用眼动技术？如果可以，采用什么技术会更有利于推动该领域的研究，期望会有什么样的新的结论？希望作者在展望部分进行阐述。

回应:

非常感谢审稿老师提出的建议。我们在修改稿中的展望部分增加后续研究可以为本研究假设提供进一步证据的建议，修改位置在不足与展望后段黄色高亮部分。文章具体修改内容如下：

“此外，虽然本研究通过引入信号检测论在被试的报告标准指标上发现了差异，但该指标是由特定的公式推导而出，相较于一些生理指标不够直接。有研究在视觉搜索范式中采用眼动追踪技术发现，即使告知被试记忆客体中任务无关特征会干扰对任务相关特征的搜索，而当任务无关特征出现在搜索项中时，总能捕获被试的首注视点并且延长成功搜索到目标的时间。该结果为 VWM 中存在客体的任务无关特征信息提供了进一步的证据支持(Foerster & Schneider, 2018)。但是，该研究仅在低记忆负荷下，考察了 VWM 编码阶段的注意选择模式，未来的研究可以结合本研究的实验设计，在不同记忆负荷水平下，采用眼动追踪技术进一步验证 VWM 维持阶段的注意选择模式。”

上述参考文献如下：

Foerster, R. M., & Schneider, W. X. (2018). Involuntary top-down control by search-irrelevant features: Visual working memory biases attention in an object-based manner. *Cognition*, 172, 37-45.

意见 5:

一些细节问题：（1）中文摘要部分建议凝练呈现；（2）结论的表述有待修正，如“这些结果为 VWM 的编码和维持阶段存在不同的注意选择模式的假设提供了进一步的证据。此外，本研究在双重存储机制假设的基础上，为多特征客体信息在 VWM 中的储存机制提供了新的见解。”这样的表述可能不适宜放在结论部分；（3）参考文献格式需要核对，比如“Griffin, I. C., & Nobre, A. C. (2003). Orienting attention to locations in internal representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(8), 1176-1194.”期刊名称等没有斜体。

回应:

非常感谢审稿老师指出问题。首先，摘要部分在保留关键信息的基础上我们再一次做了精简，修改位置在摘要黄色高亮部分；其次，结论部分，我们删除了最后一句不当的表述，改为“本研究对解决 VWM 在多特征客体上的注意选择模式的争议有重要意义”，修改位置在结论黄色高亮部分；最后，感谢审稿老师细心的指出本文的格式错误问题，错误的参考文献格式已经修正，修改位置在参考文献黄色高亮部分，同时我们警醒我们再次对全文的参考文献以及写作格式进行检查以确保无误。

.....

审稿人 2 意见:

研究采用变化觉察范式，引入前注意线索和后注意线索考察在视觉工作记忆编码和维持阶段中的注意选择模式。结果发现了 VWM 的不同加工阶段存在着不同的注意选择模式，编码阶段是基于客体的注意选择模式，维持阶段在低记忆负荷条件下的注意选择模式是基于客体的，而在高记忆负荷条件下是基于特征的注意选择模式。研究问题能够聚焦在领域内前沿且存在争议之处，研究结果也较为可靠。如下几个问题需要思考：

意见 1:

结果部分部分引入信号检测论的 d' 和 C ，需要阐述为什么，并且重要的是还要结合两个指标的结果能够如何进一步说明问题。作者在结果与讨论中并未结合其进行解释说明。

回应:

非常感谢审稿老师对本文方法部分提出的疑问。本研究所选择的报告指标是遵循 Shen (2013) 等人的研究，通过引入信号检测论将原本的正确率指标转化为敏感性(d')和报告标准(C)指标，增加了对结果解释的多样性。由于变化检测范式本身的特性需要被试正确的辨别新旧刺激之间的差异，传统的正确率指标仅仅能够描述被试正确判断的数量，而信号检测论中的敏感性和报告标准指标不仅可以描述被试对新旧刺激的敏感度，还可以量化被试在反应期间的判断标准，这可能更加有助于对研究结果的解释。相同的，在一些采用回忆报告范式的研究中同样会引入类似 Swap 模型等方法，增加记忆任务的报告指标，例如，记忆精度、反应猜测率、混淆率和正确报告率(叶超雄, 2020)，为结果的解释提供更大的帮助。此外，信号检测论结果与反应时结果在本研究中具有同等重要性，与反应时和正确率指标类似，两种指标从不同的角度对结果加以解释，共同为研究假设提供支持，且本研究结果中反应时和信号检测论结果整体上保持一致，进一步验证结果可靠性。

根据您的意见我们在文章方法部分解释了为什么采用信号检测论指标的原因，修改位置在实验设计黄色高亮部分。文章具体修改内容如下：

“在实验过程中，被试的反应时和正确率都被记录。此外本研究引入信号检测理论来评估正确率，计算敏感性分数 (d') 和报告标准 (C) 两个指标。由于变化检测范式本身的特性，需要被试正确的辨别新旧刺激之间的差异，传统的正确率指标仅仅能够描述被试正确判断的数量，这两个指标不仅可以描述被试辨别新旧刺激的敏感程度，还可以评估出被试在反应过程中的反应偏向。”

上述参考文献如下：

Shen, M., Tang, N., Wu, F., Shui, R., & Gao, Z. (2013). Robust object-based encoding in visual working memory.

Journal of Vision, 13(2), 1-1.

叶超雄, 胡中华, 梁腾飞, 张加峰, 许茜如, 刘强. (2020). 视觉工作记忆回溯线索效应的产生机制: 认知阶段分离. *心理学报*, 52(4), 399-413.

意见 2:

实验 1a 和 1b 的差异之处一个是 trial by trial 的，一个是 block by block，作者仅说了试次类型呈现了会有影响，但并未给出合理说明可能存在什么影响，为什么存在影响。而对于结果的解释也是不足，使得两个实验存在的必要性存在疑问。

回应:

非常感谢审稿老师对本文实验设计提出的疑问。本研究实验 1a 采用 trial by trial 设计的目的是为了平衡两种试次之间的差异，而实验 1a 的结果显示，线索类型主效应在反应时和 d' 分数的指标上都显著存在，表现为前注意线索试次下的反应更快以及对新旧刺激的敏感性更高。结果并未达到最初平衡试次差异的目的，反而这种反应快慢和敏感性高低的反复交替可能会对实验结果产生影响。比如实验结果中，两种注意线索试次下干扰效应同时存在，但编码阶段的干扰效应却要显著大于维持阶段，而在实验 1b 采用 block by block 设计之后两种干扰效应之间的差异便消失了，因此在后续的实验中我们继续沿用了 block by block 设计。

文章实验 1a 讨论部分对该意见所提的问题可能表述不够清晰，以及对实验 1a 的结果解释不够充分，对此我们进行了修改。修改位置在实验 1a 讨论的黄色高亮部分。文章具体修改内容如下：

“实验 1a 在低记忆负荷条件下，采用前注意线索和后注意线索分别在 VWM 的编码和维持阶段，考察任务无关特征的变化对多特征客体的单一维度特征注意选择的影响。结果发现，无论是在反应时指标还是报告标准 C 值上，任务无关特征的变化类型主效应显著存在，表明任务无关特征的变化确实能够影响到被试对任务相关特征的变化觉察。此外，线索类型与任务无关特征变化类型交互作用在两种指标上也是显著的，表现在两种注意线索试次下的干扰效应都显著存在，且前注意线索试次下的干扰更大。总之，这些结果支持在 VWM 的编码和维持阶段同时存在基于客体的注意。”

然而，实验 1a 存在一个干扰因素，前注意线索试次和后注意线索试次采用的是随机呈现的方式，目的是为了平衡两种试次之间的差异，而实验结果显示，线索类型主效应在反应时和 d' 分数的指标上都显著存在，表现为前注意线索试次下的反应更快以及对新旧刺激的敏感性更高。结果并未达到最初平衡试次差异的目的，反而这种反应快慢和敏感性高低的反复交替可能会对实验结果产生影响。比如实验结果中，两种注意线索试次下既然同为基于客体的注意选择模式，为什么会存在干扰程度上的差异？因此，在实验 1b 中前注意线索试次和后注意线索试次将采用组块设计，目的是保证试次内部的纯净，减少试次类型差异对实验结果的影响，同时再次验证实验 1a 结果的可靠性。”

意见 3:

作者将记忆负载作为实验间的变量，首先需要解释为什么不作为被试内的；其次需要解释为什么设置了三个水平，而且实验 1 和实验 2 比较发现了负载有差异了，不就说明问题了吗，为什么还继续了高水平。

回应:

非常感谢审稿老师对本文实验设计提出的疑问。

1). 该意见的第一个问题与审稿专家 1 的意见 2 类似。为了聚焦研究问题，本研究在实验设计方面需要操控注意选择发生的阶段（编码、维持），以及任务无关特征和任务相关特征的变化类型（变化、不变），为了平衡各种条件下的试次数量以及确保试次数量足够，每个负荷水平下的实验时长都需要接近 50 分钟，如果再同时操控记忆负荷（低、中、高）会大量增加被试的实验时间，经过数据收集过程中被试的自我报告，继续增加实验会导致被试过度疲劳，从而降低实验效益不利于实验的实施。此外，同 Shen 等人(2013)的研究一样，设置记忆负荷变量的目的是通过增加被试认知资源的消耗，考察是否能够减少对任务无关特征的不必要加工。虽然系列实验会导致存在个体差异以及系统误差，但是为了实验能够顺利实施，在权衡利弊之后，本研究决定将记忆负荷作为被试间变量。

2). 高水平条件的设定有两个目的，其一，在 Shen 等人(2013)的研究中将记忆负荷数量增大到 8 项时仍发现了基于客体的编码效应，实验 2 仅仅达到了 4 项，仍处于记忆容量范围之内(Vogel et al., 2001)，实验 3 将记忆项目增加到 6 项进一步考察编码阶段的干扰效应是否会消失；其二，如果在实验 2 中维持阶段干扰效应消失的结果可靠，那么继续增加记忆项目并不会改变结果，同时再次验证实验 2 结果的可靠性。我们在文章中增加了进行实验 3 的目的，修改位置在实验 2 讨论高亮部分，文章具体修改内容如下：

“与实验 1 结果不同，实验 2 将记忆项目增加到 4 个时，无论是在反应时还是报告标准 C 值上的结果显示，前注意线索试次下的任务无关特征干扰效应显著存在，而后注意线索试次的干扰效应消失。同时，后注意线索试次跨实验间的交互作用在报告标准 C 值上也是显著的，这些结果表明在 VWM 中确实存在着不同的注意选择模式，编码阶段是基于客体的，而维持阶段的注意选择模式在低记忆负荷条件下是基于客体的，而当记忆负荷提升后转变为基于特征的。然而前注意线索试次的干扰效应仍然存在，可能是由于实验 2 的记忆项目数量为 4 项，刚好处于工作记忆 3~4 个容量范围之内(Vogel et al., 2001)，被试仍然能够同时加工任务无关特征。在实验 3 中进一步将记忆项目增加到 6 项，考察前注意线索试次中的干扰效应是否会消失，以及验证实验 2 中后注意线索试次干扰效应消失的可靠性。”

上述参考文献如下：

Shen, M., Tang, N., Wu, F., Shui, R., & Gao, Z. (2013). Robust object-based encoding in visual working memory. *Journal of Vision*, 13(2), 1-1.

Vogel, E. K., Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2001). Storage of features, conjunctions, and objects in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(1), 92-114.

意见 4:

引言部分提到 Ye 等人提出，在 VWM 的不同加工阶段可能存在不同的注意选择模式的假设，编码阶段是基于客体的注意选择模式，而维持阶段是基于特征的注意选择模式。既然不是实证研究，作者需要解释清楚这个问题。

回应:

非常感谢审稿老师对本文提出的建议。根据您的建议，我们在修改稿中对该假设的提出作了进一步的扩充，修改位置在引言倒数第二段黄色高亮部分。文章具体修改内容如下：

“Ye 等人在得出 VWM 中存在基于特征的储存机制的结论后并没有直接反驳 VWM 中存在基于客体的注意的观点，而是结合前人的研究进一步提出基于客体的注意和基于特征的注意共同存在于 VWM 中的假设，他们认为一开始被试以一种非自愿的基于客体的方式编码记忆项目，随后可以自愿的以基于特征的方式将它们储存在 VWM 中。然而，综合以往的研究，还没有发现支持这一假设的实证研究，而且以往对该假设的推论也只是基于不同研究的结果。”

意见 5:

引言部分的内容需要再完善，要将领域内的文献认真梳理归纳之后再提炼本研究的研究问题。

回应:

非常感谢审稿老师对本文提出的建议。与审稿专家 1 的意见 1 类似，引言部分由于对研究问题、研究目的表述不清，以及缺乏研究方法与解决问题之间逻辑关系的表述，导致引言部分内容不够完善。我们在修改稿中重新阐述了这些问题。修改位置在文章引言倒数第二段黄色高亮部分。文章具体修改内容如下：

“综上，已有的研究分别为 VWM 中存在基于客体的注意选择模式与基于特征的注意选择模式提供了相应的证据支持，出现这种看似矛盾的结论可能是由于这些研究所探究的 VWM 加工阶段本身就不同。正如我们所知，VWM 编码和维持阶段存在不同的加工机制 (Woodman, 2005)，因此两种注意选择模式可能分别存在于 VWM 的不同加工阶段。例如，Ye 等人在得出 VWM 中存在基于特征的储存机制的结论后并没有直接反驳 VWM 中存在基于客体的注意的观点，而是结合前人的研究进一步提出基于客体的注意和基于特征的注意共同存在于 VWM 中的假设，他们认为一开始被试以一种非自愿的基于客体的方式编码记忆项目，随后可以自愿的以基于特征的方式将它们储存在 VWM 中。然而，以往的研究并没有发现支持这一假设的实证研究，而且以往对该假设的推论也只是基于不同研究的结果，这些研究无论是在实验范式、报告指标还是特征信息的选择上都存在差异。例如，以往认为 VWM 编码阶段存在基于客体的注意的研究大多采用的是变化觉察范式，而支持 VWM 维持阶段存在基于特征的注意的研究采用的是回忆报告范式。虽然在采用回忆报告范式的研究中发现被试对任务无关特征的报告处在随机水平，但这可能并不意味着任务无关特征不存在于 VWM。比如，心理学中经典的舌尖现象 (Brown & McNeill, 1966)，短暂的提取失败并不代表不存在相关记忆。相较于回忆报告范式，变化觉察范式只需要被试进行再认，这可能更适用于考察信息是否存在于 VWM。因此，有必要在同一种研究范式、报告指标以及特征组合的实验设计下同时观测 VWM 编码和维持阶段中的注意选择模式为该假设提供实证性支持。本研究在 Shen 等人研究中的变化觉察范式基础上，引入前注意线索和后注意线索在 VWM 不同加工阶段操控特征的任务相关性，观察任务无关特征变化对任务相关特征的干扰效应，从而有效的帮助我们理解 VWM 对多特征客体信息的注意选择模式。”

第二轮

审稿人 1 意见:

修改后文稿质量有了较大的提高, 建议发表。

回应:

非常感谢审稿老师对本文的修改给予的肯定, 以及对本研究的认可。

审稿人 2 意见:

作者根据上一轮审稿意见进行了较好的修改, 其他问题我没有, 但还是存在一个问题再思考(编委再考虑)。

首先, 作者虽然阐述了负载为什么作为被试间而不是被试内, 但作者的阐述不足以让人信服; 其次, 作者虽然进行了跨实验的分析, 但结果并未再 RT 上发现交互, 且信号检测论的指标也仅 C 是边缘显著的, 这也不足以说明被时间设计的有效性。

回应:

非常感谢审稿老师对本文的修改给予的肯定, 同时也非常感谢审稿老师提出了一个十分重要的问题, 针对这个问题, 我们进行了深入的思考:

1) 我们在第一轮审稿意见中关于记忆负荷作为被试间的解释可能不是十分合适, 仅仅解释了被试间设计相较于被试内设计的优缺点, 但是没能从研究目的本身出发进行解释。下面将从本研究的目的出发介绍本研究的设计思路。

本研的主要目的是为了整合前人的研究结果, 并提供实证性支持, 即编码阶段下是基于客体的注意选择模式和维持阶段下是基于特征的注意选择模式。按照本研究目的, 我们的预期假设是得到与前人一致的结果。然而, 本研究在实验 1 低记忆负荷水平下发现维持阶段的注意选择模式仍是基于客体的, 且经过平衡试次间差异的操控, 仍无法消除维持阶段的干扰效应。对此结果存在两种可能的解释:

第一, 维持阶段就是基于客体的注意选择模式, 被试仅能对整合的客体进行选择而无法对客体内部的特征进行选择;

第二, 维持阶段是基于特征的注意选择模式, 但是颜色和形状特征存储在同一个视觉工作记忆子系统中, 相互之间存在资源的竞争。

虽然注意线索能够将资源进行再分配(Rerko & Oberauer, 2013; Souza et al., 2014), 但是由于当前记忆负荷水平较低, 此时任务相关特征所需的资源可能并不足以占用全部资源, 因此任务无关特征获取了剩余的资源。这一猜想也与 Lavie (2005)的负荷理论相似, 即在高负载条件下, 由于任务相关特征需要的资源增加, 从而导致任务无关特征由于资源不足无法得到加工。此外, 以往的研究已经发现, 记忆负荷并不会影响基于客体的注意选择模式(Shen et al., 2013; Yin et al., 2012), 因此, 在本研究进一步的实验中将记忆负荷水平提升, 探索维持阶段下注意选择模式的变化。我们假设, 如果是基于客体的注意, 那么负荷水平的提升不会消除干扰效应, 相反, 如果是基于特征的注意, 那么干扰效应应该会被削弱直至消失。

总之, 本研究采用被试间设计原因是, 我们发现实验 1 的结果与预期不符, 进而提出负荷可能在其中起到的影响, 随后逐步提升记忆负荷水平, 探索负荷对注意选择模式的影响。

当然，审稿老师的顾虑是十分必要的，想要考察记忆负荷对注意选择模式的影响，被试内设计要比被试间设计更加合适，这个也是本研究的不足之处，我们将在讨论中的不足与展望部分阐述这一问题。

2) 关于本研究中跨实验分析的结果，正如审稿老师指出的那样，在低、中、高三种负荷水平下，实验间的交互作用仅发生在报告标准 C 值上，且只达到了边缘性显著，但是好在每个实验中的结果都相对符合实验预期。我们认为出现这样的结果的原因有两个：其一，本研究采用了被试间设计，不同被试之间可能存在个体差异，这些个体差异会导致数据间的变异程度增加；其二，从三个实验中的正确率可以看出，每种记忆负荷水平下的任务难度也是不同的，我们知道随着记忆负荷水平增加，任务难度也在变大，因此被试在每个任务中的变异程度也在增大。这两个因素可能共同导致了我们的结果仅仅能够达到边缘性显著，且在反应时上的交互作用也不显著。审稿老师指出的这个问题十分关键，这也正是本研究中存在的不足之处，我们将这一问题加入到本文讨论中的不足与展望部分，希望后续的研究能够完善这一问题，修改位置在首段绿色高亮部分。文章具体修改内容如下：

“本研究在实验设计中仍存在一些不足之处。首先，实验中将记忆负荷作为被试间变量的操作，可能会导致不同实验间数据的变异程度存在差异，而且不同记忆负荷水平下的任务难度也不同，进一步增大了数据之间的变异程度，从而降低了跨实验间分析结果的可靠性。未来的研究需要解决这一问题，进一步考察记忆负荷对维持阶段的注意选择模式的影响。”

此外，尽管本研究通过跨实验间的分析得到一些结论，但是记忆负荷在报告标准 C 值上的交互作用只达到了边缘性显著水平，表明记忆负荷在实验间的作用似乎并不强烈。因此我们引入了 VWM 容量指标 K 值，该指标被用来评估 VWM 存储表征的数量(Zhang et al., 2012; Rouder et al., 2011; Pashler, 1988)。具体计算公式为： $K = S \times (H - FA) / (1 - FA)$ ，其中 S 表示记忆项目数量， H 表示击中率， FA 表示虚报率。如果本实验结果可靠，那么我们预期在低记忆负荷条件下，由于任务相关和无关特征都得到了加工，前、后注意线索试次之间的 VWM 容量应该没有差别，而在较高的记忆负荷条件下，由于后注意线索试次中的任务无关特征无法得到加工，则前注意线索试次下的工作记忆容量要大于后注意线索试次。我们将这些内容添加到实验 3 的结果中，修改位置在实验 3 数据分析与结果和讨论中的绿色高亮部分。文章具体修改内容如下：

补充分析部分：“尽管本研究通过跨实验间的分析得到一些结论，但是记忆负荷在报告标准 C 值上的交互作用只达到了边缘性显著水平，表明记忆负荷在实验间的作用似乎并不强烈。因此我们引入了 VWM 容量指标 K 值，该指标被用来评估 VWM 存储表征的数量(Zhang et al., 2013; Rouder et al., 2011; Pashler, 1988)。具体计算公式为： $K = S \times (H - FA) / (1 - FA)$ ，其中 S 表示记忆项目数量， H 表示击中率， FA 表示虚报率。如果本实验结果可靠，那么我们预期在低记忆负荷条件下，由于任务相关和无关特征都得到了加工，前、后注意线索试次之间的 VWM 容量应该没有差别，而在较高的记忆负荷条件下，由于后注意线索试次中的任务无关特征无法得到加工，则前注意线索试次下的工作记忆容量要大于后注意线索试次。

我们对实验 1b、实验 2 和实验 3 三个实验的结果进行 3 (记忆负荷：低、中、高) \times 2 (线索类型：前注意线索、后注意线索) 的混合方差分析。结果显示，记忆负荷主效应显著， $F(2, 81) = 17.28, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.30$ ，低记忆负荷条件下的 K 值($M = 1.91, SE = 0.08$)要显著小于中记忆负荷 ($M = 2.53, SE = 0.08$)和高记忆负荷($M = 2.51, SE = 0.08$)，而中负荷和高负荷之间差异不显著；线索类型主效应显著， $F(1, 81) = 65.94, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.45$ ，前注意线索试次下的 K 值($M = 2.56, SE = 0.05$)要显著大于中后注意线索试次 ($M = 2.07, SE = 0.06$)；交互作用显著， $F(2, 81) = 23.34, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.37$ 。简单效应分析结果显示，低记忆负荷条件下，前注意线索试次和后注意线索试次之间差异不显著(1.91 vs. 1.92), $t(81) = 0.17, p = 0.869$ ；中

记忆负荷条件下，前注意线索试次下的 K 值要显著大于后注意线索试次(2.77 vs. 2.28), $t(81) = 4.73, p < 0.001$ $Cohen's d = 0.91, 95\% CI = [0.53, 1.29]$; 高记忆负荷条件下，前注意线索试次下的 K 值同样要显著大于后注意线索试次(3.00 vs. 2.02), $t(81) = 9.50, p < 0.001, Cohen's d = 1.82, 95\% CI = [1.44, 2.20]$ 。”

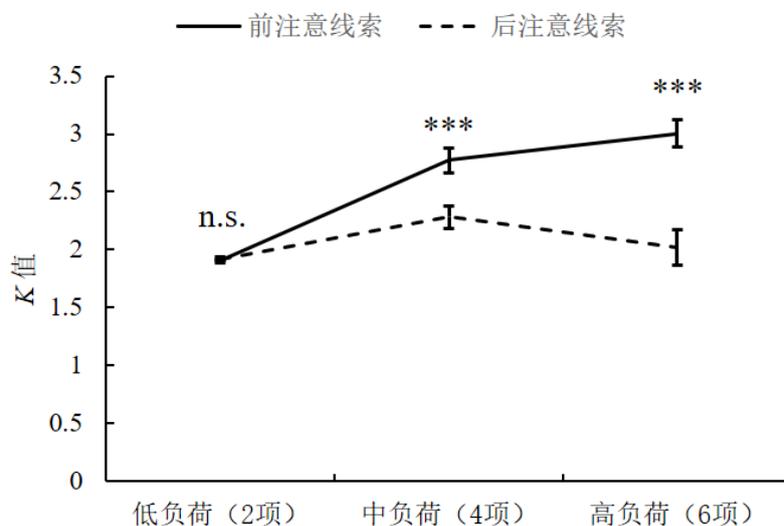


图 5 不同记忆负荷下前后注意线索试次结果图。

讨论部分修改：“实验 3 的结果与实验 2 相似，相较于反应时结果，报告标准 C 值的结果更加稳定，无论是实验内还是跨实验间的分析都显示，当记忆负荷增大之后后注意线索试次的任务无关特征干扰效应消失了。这与最初的假设一致，当任务相关特征所需的注意资源增加后，任务无关特征由于加工资源不足导致无法继续维持在 VWM 中。而且， VWM 容量指标的分析结果也再次验证了之前的结果，当记忆项目数量被增大到 4 项之后，两种线索试次在视觉工作存储量的差异也开始出现，后注意线索试次中由于任务无关特征的加工缺失，导致整体的存储量要更低。同时实验间的交互作用也能够说明记忆负荷在实验中起到的调节作用。”

3) 最后，我们发现在文章中所下的维持阶段在低记忆负荷条件是基于客体的注意选择模式的结论似乎并不合适，因为我们对此做出了修改，修改位置在摘要、实验 1b 的讨论、结论中的绿色高亮部分。文章具体修改内容如下：

摘要部分：“结果揭示，在编码阶段的注意选择模式是基于客体的，而维持阶段的注意选择模式是基于特征的。”

实验 1b 讨论部分：“实验 1b 将前注意线索试次和后注意线索试次分组块进行，结果发现无关特征变化类型的主效应显著存在，虽然编码阶段的干扰量仍然具有大于维持阶段的趋势，但是线索类型和任务无关特征变化类型交互作用并不显著。这与实验 1a 的结果一致，无论是编码阶段还是维持阶段均为基于客体的注意选择模式。然而本研究的目的是为了验证 VWM 中编码阶段存在基于客体的注意选择模式，维持阶段存在基于特征的注意选择模式，实验 1 的结果并不符合我们预期的假设。对此我们提出了两种可能的解释：第一，维持阶段确实是基于客体的注意选择模式，被试仅能对整合的客体进行选择而无法对客体内部的特征进行选择；第二，维持阶段是基于特征的注意选择模式，但是颜色和形状特征存储在同一个 VWM 子系统中，相互之间存在资源的竞争。虽然后注意线索能够将资源进行再分配(Souza

et al., 2014; Rerko & Oberauer, 2013), 但是由于当前任务记忆负荷水平较低(2项), 此时维持任务相关特征可能并不足以占用全部的注意资源, 因此任务无关特征获取了剩余的资源。这一猜想也与 Lavie (2005)的负荷理论相似, 即在高负载条件下, 由于任务相关特征需要的资源增加, 从而导致任务无关特征由于资源不足无法得到加工。此外, 以往的研究已经发现, 记忆负荷并不会影响基于客体的注意选择模式(Shen et al., 2013; Yin et al., 2012), 因此, 本研究在进一步的实验中将记忆负荷水平提升, 探索维持阶段下注意选择模式的变化。我们假设, 如果维持阶段是基于客体的注意, 那么负荷水平的提升不会消除干扰效应, 相反, 如果是基于特征的关注, 那么干扰效应应该会被削弱直至消失。”

结论部分: “本研究结合前注意线索和后注意线索分别探究 VWM 编码和维持两个阶段的注意选择模式。三个实验的结果表明, 在 VWM 编码阶段的注意选择模式是基于客体的, 而在维持阶段的注意选择模式是基于特征的。本研究对解决 VWM 在多特征客体上的注意选择模式的争议有重要意义。”

上述参考文献如下:

- Rerko, L., & Oberauer, K. (2013). Focused, unfocused, and defocused information in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(4), 1075–1096.
- Souza, A. S., Rerko, L., Lin, H.-Y., & Oberauer, K. (2014). Focused attention improves working memory: implications for flexible-resource and discrete-capacity models. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76(7), 2080-2102.
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(2), 75-82.
- Shen, M., Tang, N., Wu, F., Shui, R., & Gao, Z. (2013). Robust object-based encoding in visual working memory. *Journal of Vision*, 13(2), 1-1.
- Yin, J., Zhou, J., Xu, H., Liang, J., Gao, Z., & Shen, M. (2012). Does high memory load kick task-irrelevant information out of visual working memory? *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(2), 218-224.
- Zhang, Q., Shen, M., Tang, N., Zhao, G., & Gao, Z. (2013). Object-based encoding in visual working memory: a life span study. *Journal of Vision*, 13(10), 11-11.
- Rouder, J. N., Morey, R. D., Morey, C. C., & Cowan, N. (2011). How to measure working memory capacity in the change detection paradigm. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(2), 324–330.
- Pashler, H. (1988). Familiarity and visual change detection. *Perception & Psychophysics*, 44(4), 369–378.

第三轮

编委意见: 根据审稿专家的意见, 建议发表。

回应: 非常感谢编委专家对本研究的认可。

主编意见: 根据审稿人和编委的意见, 作者已经根据两轮审稿意见进行了认真细致的修改, 目前达到学报发表的水平。整个审稿流程规范, 同意接收。

回应: 非常感谢主编对本文的修改给予的肯定, 以及对本研究的认可。