

无关工作记忆表征对注意捕获的影响

贺 蓉

广州大学教育学院, 广东 广州

收稿日期: 2026年7月5日; 录用日期: 2026年8月10日; 发布日期: 2026年8月19日

摘 要

工作记忆与注意的交互关系是认知心理学的重要研究议题, 其中, 无关工作记忆表征能否自动捕获视觉注意仍存在争议。本文梳理了无关工作记忆表征注意捕获效应的相关研究, 在总结经典争议的基础上, 分析了影响该效应的关键因素, 并进一步讨论了无关情绪工作记忆表征以及无关长时记忆表征对理解无关工作记忆表征注意捕获机制的重要启示。现有证据表明, 这一效应受到记忆表征组织方式、记忆表征特征维度、认知控制、个体差异等多重因素的影响, 同时, 不同实验范式本身及其方法学局限性也可能导致不同研究结果之间出现分歧。近年来, 情绪信息在无关工作记忆表征注意捕获中的作用逐渐受到关注, 为理解记忆驱动注意提供了新的视角。进一步比较工作记忆和长时记忆这两类记忆表征发现, 其均可影响视觉注意, 但作用机制可能存在差异, 当两者发生竞争时, 工作记忆中的暂时激活表征在已有研究中被发现具有更高的注意引导优先级, 但该结论仍需更多验证。未来研究仍需进一步完善实验范式, 借助更精细的实验技术, 深入考察各影响因素间的交互作用, 并结合情绪障碍等临床样本, 以更全面地揭示无关工作记忆表征引导注意的认知机制及其应用价值。

关键词

无关工作记忆表征, 注意捕获, 情绪信息, 工作记忆, 长时记忆

Effects of Task-Irrelevant Working Memory Representations on Attentional Capture

Rong He

School of Education, Guangzhou University, Guangzhou Guangdong

Received: July 5, 2026; accepted: August 10, 2026; published: August 19, 2026

Abstract

The interaction between working memory and attention is a central topic in cognitive psychology. However, whether task-irrelevant working memory representations automatically capture visual

attention remains controversial. This review summarizes the literature on attentional capture by task-irrelevant working memory representations. Building on the classic debate, it examines the key factors underlying this effect and further discusses the implications of task-irrelevant emotional working memory representations and task-irrelevant long-term memory representations for understanding the mechanisms of attentional capture by task-irrelevant working memory representations. Current evidence suggests that this effect is influenced by multiple factors, including the organization of memory representations, feature dimensions, cognitive control, and individual differences. In addition, differences in experimental paradigms and their methodological limitations may also contribute to inconsistencies across studies. Recent research has increasingly focused on the role of emotional information in attentional capture by task-irrelevant working memory representations, providing new insights into memory-driven attention. Comparisons between working memory and long-term memory representations further suggest that both can guide visual attention, although they may rely on different mechanisms. Existing studies have found that temporarily activated representations in working memory exhibit higher attentional priority when competing with long-term memory representations; however, this conclusion requires further validation. Future research should continue to refine experimental paradigms, employ more sensitive experimental techniques, investigate the interactions among multiple influencing factors, and incorporate clinical populations with emotional disorders to achieve a more comprehensive understanding of the cognitive mechanisms underlying attentional guidance by task-irrelevant working memory representations and their potential applications.

Keywords

Task-Irrelevant Working Memory Representations, Attentional Capture, Emotional Information, Working Memory, Long-Term Memory

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

注意和工作记忆(working memory, WM)是认知心理学中的两个核心概念,也是人类信息加工的两个核心系统,它们对人类的信息处理有着重要的影响。注意是一种有限的认知资源,负责在复杂视觉环境中筛选和聚焦重要的信息,而工作记忆则负责暂时存储和操作信息,以支持复杂的认知任务。二者并非孤立运作,而是存在密切而复杂的交互关系。在日常视觉搜索中,我们经常需要根据记忆中存储的信息来引导注意。工作记忆和注意之间的关系一直是认知心理学研究中的热点问题。Desimone 等人提出的注意偏向竞争模型(Biased Competition Model) (Desimone & Duncan, 1995)为我们理解注意如何在多重刺激之间进行分配提供了理论框架,该模型认为,当外部刺激和任务目标同时存在时,它们之间会争夺有限的注意资源。注意的分配是通过自下而上的刺激显著性和自上而下的任务相关信息之间的竞争来完成的。在这一过程中,自下而上的显著性驱动的注意偏向和自上而下的任务相关信息驱动的注意偏向起到了关键作用。在这一框架下,自下而上的机制指的是那些在显著性或刺激特征上具有强烈吸引力的刺激(如亮度、颜色、运动等),它们通过刺激显著性吸引注意来占用认知资源,而自上而下的机制则是通过任务目标或存储在工作记忆中的信息来引导注意选择。研究表明,保持在工作记忆中的目标模板在视觉搜索中的注意引导中具有重要作用(Chelazzi et al., 1998)。然而,工作记忆中的表征并非总是与当前任务目标相关,这类与当前任务无关的工作记忆表征是否会不自觉地捕获视觉注意?这一问题不仅是工作记忆与注意交互关系的重要延伸,更关系到我们对注意选择本质的理解。在 Downing 等人(Downing, 2000)的一项

探究中, 要求被试在每试次开始记住一张面孔, 随后呈现两张启动面孔, 分别为与记忆面孔匹配的面孔和颖面孔, 最后在之前某张启动面孔的位置短暂呈现一个探针要求被试反应, 结果显示, 尽管被试知道这两张启动面孔是任务无关的, 当探针出现在记忆匹配的面孔位置时被试的反应时快于探针出现在非匹配面孔位置, 研究者认为这一结果反映了工作记忆对视觉空间注意的自动引导。近年来, 随着研究的不断深入和细化, 越来越多的实验证据表明, 工作记忆中与任务无关的内容可以捕获注意(Kumar et al., 2009; Lu et al., 2022; Pan, 2010)。然而, 围绕这一问题, 也产生了诸多争议, 这一效应受到多种因素调节, 且衍生出研究者对无关负性情绪工作记忆表征和无关长时记忆表征的探究。因此, 本文整合相关文献, 首先梳理无关工作记忆引导注意的主要争议, 继而分析影响该效应的关键因素, 并对该领域主要研究范式及其方法学局限进行分析。随后进一步综述无关负性情绪工作记忆表征对注意捕获的影响, 以探讨情绪信息在记忆驱动注意中的作用。最后比较工作记忆与长时记忆两类记忆表征对视觉注意的影响及其作用机制, 为理解无关工作记忆表征的注意捕获机制提供新的视角。

2. 无关工作记忆表征注意捕获的争议

研究工作记忆引导注意的一个经典范式是工作记忆任务和视觉搜索任务相结合的双任务范式, 许多行为研究发现, 与工作记忆匹配的干扰刺激出现在视觉搜索任务中时会减慢搜索目标的反应时(Kumar et al., 2009; Lu et al., 2022; Olivers et al., 2006; Soto et al., 2005; Soto et al., 2008; Soto & Humphreys, 2007)。例如 Soto 等人(Soto & Humphreys, 2007)通过将工作记忆任务和视觉搜索任务结合的实验范式, 深入研究了工作记忆如何引导注意。在这个实验中, 被试被要求记住一个带有颜色的形状, 并在试次结束时完成一个变化检测任务(记忆探测任务)以回忆该刺激是否与前面记忆过的刺激一致。在记忆保持期间, 要求被试在三个干扰的垂线中搜索一个向左或右倾斜的目标线来完成视觉搜索, 每条线都嵌在不同颜色的形状内。在搜索过程中, 一个带有颜色的形状可能与前面记忆过的项目匹配, 但这个形状永远不会包含目标线(即作为干扰出现)。结果表明, 在匹配条件下的搜索时间相对于不匹配条件显著变慢。这种现象被研究者称为工作记忆驱动的注意偏向效应, 它提示无关工作记忆表征捕获了注意。除反应时指标外, 眼动追踪技术也为无关工作记忆表征的注意捕获提供了更早期的证据。Soto 等(Soto et al., 2005)发现, 与工作记忆匹配的干扰项即使不是视觉搜索中的目标, 仍能显著增加被试对其的首次注视概率。此外, 采用事件相关电位(Event-related potential, ERP)的研究也为这一现象提供了神经生理学支持: 即与工作记忆表征匹配的无关信息能够触发 N2pc 成分(N2-posterior-contralateral) (Grubert & Eimer, 2016; Kumar et al., 2009), 进一步在反映被试早期注意加工的生理指标上证明了无关工作记忆表征的注意捕获。

然而, 也有研究者称他们未能找到无关工作记忆表征自动捕获注意的证据。Woodman 和 Luck (Woodman & Luck, 2007)同样要求被试在保持一个工作记忆项目期间完成一项视觉搜索任务, 具体而言, 被试需要记住一个彩色方块, 接下来的视觉搜索任务要求被试在不同开口方向的彩色的兰道环(Landolt C)刺激中寻找开口向左或右的刺激作为目标, 有一半试次搜索阵列中的某个干扰项与记忆线索的颜色匹配, 另一半试次则不匹配, 结果发现, 当搜索阵列中存在与记忆匹配的干扰项时搜索任务的表现反而优于无匹配条件, 研究者并未发现与记忆内容匹配的干扰刺激捕获了注意。更有意思的是, 当研究者进一步操纵使得搜索目标偶尔与记忆线索匹配时这一效应反转, 因此, 研究者认为, 无关工作记忆表征并非自动捕获注意而是可以提高搜索效率。这一研究表明, 当工作记忆内容永远不会匹配搜索目标时, 认知控制可能会主动抑制无关记忆表征, 形成一种“拒绝模板”, 将注意偏离记忆匹配干扰项的位置, 而当工作记忆内容可能匹配搜索目标时, 认知控制可能设定其成“选择模板”, 使注意偏向记忆匹配位置。此外, Reeder 等人(Reeder et al., 2017)也发现, 在视觉搜索任务中, 提前告知被试需要忽略的颜色(负性线索)能显著缩短其反应时间并提高正确率。更重要的是, 其磁共振功能成像(functional magnetic resonance imaging,

fMRI)数据结果发现负性线索在搜索前就引发了视觉皮层的神经活动下降,因此研究认为拒绝模板是通过在早期感知阶段主动抑制干扰物特征来发挥作用的。

综上所述,无关工作记忆表征能否捕获注意仍然存在一定分歧,这种分歧提示我们,这一结论可能受到多种因素的影响。这些看似矛盾的发现恰恰表明,单纯回答“是”或“否”无助于深化对该机制的理解,进一步探究影响无关工作记忆表征注意引导的边界条件更为关键。因此,下文将从不同方面梳理影响这一注意引导过程的关键因素。

3. 无关工作记忆表征注意捕获的影响因素

综合现有文献,影响无关工作记忆表征注意捕获的因素涉及多个方面。

工作记忆中的信息量以及其组织方式会影响无关工作记忆表征的注意捕获。例如,有研究者发现记忆项目增加后与记忆匹配的干扰捕获效应消失(van Moorselaar et al., 2014)。此外,要求被试每试次记住两个新客体(一个搜索目标和一个无关附属项目)的研究发现附属项目的影响很弱或不存在(Downing & Dodds, 2003; Houtkamp & Roelfsema, 2006; Peters et al., 2009; Woodman & Luck, 2007)。研究者认为(Olivers et al., 2011),虽然工作记忆整体可表征多个项目,但同一时间可激活的模板数量仅限于一个,因此,附属记忆项目保持在一种休眠状态,但该状态仍支持准确记忆,记忆项目之间存在交互,使得目标模板越强,附属项目对选择的影响越弱。目标每试次都是新的,这可能意味着观察者必须为搜索目标保持强激活模板,从而导致附属项目的抑制,相比之下,研究者发现观察到记忆项目对搜索有较强影响的研究一致地在试次间使用了相同搜索目标(Olivers et al., 2011)。但也有研究者认为多个无关表征可以引导注意(Bahle et al., 2020; Beck & Vickery, 2019; Chen et al., 2020; Fan et al., 2023; Hollingworth & Beck, 2016; Zhang et al., 2018; Zhou et al., 2020)。例如,有研究发现,多个视觉工作记忆表征,甚至是非优先级表征,可以产生注意引导效应,不过首次注视点百分率结果表明优先级表征比非优先级表征表现出更强的注意捕获效应(Zhang et al., 2018)。研究者认为,同一时刻只有1个项目处于“主动”状态能引导注意,多个项目会轮流切换进入这个状态,反应时测量不够敏感,而眼动数据结果表明注意捕获概率仅减半而非完全消失(Beck & Vickery, 2019)。此外,有研究将多个表征结合成一个物体(例如,来自一个综合物体的两种或三种颜色),发现每一个都可能触发由工作记忆驱动的注意捕获效应,其强度与存储在工作记忆中的单一表征触发的效应相当(Chen et al., 2020)。

记忆项目的特征维度会影响无关工作记忆表征的注意捕获。研究发现,当无关工作记忆表征为颜色属性时,其注意引导效果强于形状(Pan, 2010; Soto et al., 2005)。Duan 等人(Duan et al., 2025)通过操纵记忆表征的类型发现,当记忆项为颜色时,多个工作记忆表征能同时引导注意,支持多项模板假说;而当记忆项为图形时,则仅能有一个表征引导注意,符合单项模板假说假设,这些结果表明颜色特征在注意竞争中往往具有更高的优先级,可能与其较高的知觉显著性有关。此外,工作记忆表征能否捕获注意,可能还取决于记忆项与搜索分心项是否属于同一特征维度。Duan 等人(Duan et al., 2025)的实验操纵了这一变量,结果发现当记忆项与视觉搜索任务中的干扰项属同类(如均为颜色)时,多个颜色表征能同时引导注意,但当二者分属不同类别(如记忆颜色、视觉搜索任务中的干扰项为形状)时,即使记忆项为颜色,多个表征也无法同时引导注意,转而支持单项目模板假说。研究者认为,类别不一致可能会增加知觉负荷,消耗更多认知资源,从而削弱了工作记忆对注意的捕获效应。

认知控制会影响无关工作记忆表征的注意捕获。根据 Woodman 和 Luck (Woodman & Luck, 2007)的观点,工作记忆项目与搜索显示之间的刺激异步性(Stimulus Onset Asynchrony, SOA)可能对工作记忆驱动的注意捕获有影响。当 SOA 足够长,认知控制足以形成“拒绝模板”并发挥效应时,记忆驱动的注意捕获效应可能会消失,甚至可能加速搜索。Reeder 等(Reeder et al., 2017)发现,当被试提前获知需要忽略的

干扰物颜色特征时,该特征在搜索前即引发视觉皮层的神经活动下降,表明个体能够在工作记忆中主动抑制无关特征,从而提高搜索效率。Lu等(Lu et al., 2022)进一步发现,工作记忆中的拒绝模板并非在注意捕获之前就阻止了注意朝向,而是在注意已经被捕获之后才发挥作用,表现为快速脱离而非提前预防。这一发现提示,即使个体持有明确的“拒绝模板”,无关工作记忆表征仍可能在早期阶段捕获注意,认知控制的效果体现在后期的注意解除而非早期的注意抑制。根据这一结果,无关工作记忆表征的注意引导可能并非简单的“有”或“无”,而是受到认知控制策略在时间进程上的调节,是一个“先自动捕获,后主动抑制”的两阶段过程。此外,有研究者发现,对某个信息投入更多的注意,反而会削弱其在工作记忆中的痕迹,甚至使其弱于完全被忽略的基线信息,研究者认为,关键特征因任务需要而处于更高的激活,会干扰当前任务,因此触发主动抑制以防止其占用有限的工作记忆资源(Fu et al., 2021)。

个体差异会影响无关工作记忆表征的注意捕获。研究发现,当无关干扰具有高物理显著性时,高工作记忆容量个体能够主动抑制它们,而低工作记忆容量个体则不能(Gaspar et al., 2016)。而当干扰具有任务相关性时,高容量个体比低容量个体更难以忽略这些干扰因素(Zhong et al., 2024)。综合来看,当处理不同类型的干扰时,不同视觉工作记忆(VWM)容量的个体可能会表现出不同的注意捕获易感性模式。

线索提示类型会影响无关工作记忆表征的注意捕获。最近一项研究在工作记忆任务和搜索任务之间引入空间外源性线索(一个闪动的方框)和内源性线索(1~4 数字线索指示目标象限)(Zhu et al., 2023),结果发现,外源性线索有效时,记忆匹配干扰物的捕获效应完全消失,无效时捕获效应依然显著,而内源性线索无论有效或无效,捕获效应均稳定存在。这一发现表明,无关工作记忆表征驱动的注意捕获效应受到外源性提示的调节,但受内源性提示的影响相对较小。研究者认为,这可能是由于工作记忆引导的注意与外源性注意存在竞争关系且共享了一些机制,但与内源性注意并行运作,因此外源性提示在一定条件下影响了工作记忆驱动的注意捕获效应。不过,该结论目前仍缺乏更多汇集性证据支持,这一结果是否稳定仍然有待进一步探究。

综上所述,无关工作记忆表征的注意引导效应可能受记忆项目组织形式、记忆项目特征维度、认知控制、个体差异及线索提示类型等多重因素影响。这些因素可能并非孤立作用,而是相互交织在一起产生影响,未来研究需要采用更为精细的实验范式来厘清各因素的交互作用及其神经机制,以进一步揭示无关工作记忆表征引导注意的本质。

4. 基于主要研究范式的方法论反思

尽管以往很多研究试图通过探究可能导致争议的具体实验参数的影响来解释相似的范式为何产生不同结果(Dombrowe et al., 2010; Olivers, 2009),但这些研究尚未就这些因素是否以及如何影响无关记忆表征的注意捕获形成一致结论。从研究范式角度重新审视现有结论,也许有助于更全面地理解无关工作记忆表征影响注意捕获的认知机制。随着研究深入,已有研究者开始反思这些相似的实验范式本身是否反映了相同的认知过程。例如,Dowd等(Dowd et al., 2015)比较了Soto等(Soto et al., 2005)与Woodman等(Woodman & Luck, 2007)两项经典研究,其认为他们虽采用了相似的双任务结构却得出相反结论,可能是因为范式本身刺激设置差异的影响而涉及记忆和注意交互的不同方面,因此,研究者在控制这两项研究中的双任务范式的指导语、时间和刺激大小等变量的基础上让同一批被试完成上述两种范式,通过回归分析发现,前者的捕获效应可能更多依赖视觉工作记忆容量,而后者的捕获效应可能更多依赖注意控制等相关的能力。根据其观点,正是由于Soto等人研究范式中使用的搜索阵列包括与记忆项相关的彩色圆形和与搜索目标相关的线条两种形式的刺激(双重刺激双任务范式),理论上可以作为分离的“客体”进行处理(Duncan, 1984),而Woodman等研究中的搜索阵列仅包含具有记忆项相关或无关颜色的兰道环这一种形式的刺激(单一刺激双任务范式),因此,前者可能更大程度地消耗工作记忆资源,从而更容易受到无

关记忆表征的影响产生注意捕获效应。这一研究提示,相关争议可能反映了在不同研究范式下工作记忆引导注意的不同加工机制,而不仅仅是同一机制在不同实验中的表现。然而,这些尝试仍处于初步探索阶段,未来需要更多研究进一步验证。

另一方面,这一经典双任务范式本身可能存在局限性。首先,该范式通常要求被试依次完成工作记忆编码、视觉搜索和记忆提取三个阶段,可能不可避免地涉及不同认知任务之间的切换。搜索阶段反应时通常被解释为工作记忆驱动的注意捕获,但由于行为反应同时受到任务切换、资源重新分配及工作记忆更新等多个过程的影响,因此仅依据反应时变化难以准确区分各认知过程的相对贡献。其次,双任务范式还可能受到被试策略权衡的影响。在完成视觉搜索任务时,被试既需要维持工作记忆信息,又需要保证搜索效率,因此可能采用不同的认知策略。例如,被试可能持续维持工作记忆项目,从而导致记忆驱动的注意捕获增强,也可能主动降低无关记忆表征的激活水平,以减少其对搜索任务的干扰。Olivers等(Olivers et al., 2011)研究表明,当搜索目标在试次间保持不变时,被试可形成稳固的目标模板,此时附属项目对搜索的影响较弱;而当搜索目标每试次更新时,目标模板的激活强度增加,可能导致对无关记忆项目的主动抑制。这表明,被试可能并非被动地接受实验操纵,而是会依据任务结构(如搜索目标的稳定性)主动调整其认知策略,从而改变工作记忆表征对注意的引导方向(Woodman & Luck, 2007)。因此,实验中观察到的效应可能是自动捕获与主动抑制两种认知过程竞争后的结果,这也可能部分来源于策略使用上的差异。

这些局限表明,仅依赖行为反应时可能难以区分注意捕获发生在注意选择的早期还是晚期,也难以将其与后期的反应冲突或决策阶段分离,相比之下,眼动追踪(如首次注视点百分率)和事件相关电位(如N2pc、Pd成分)等指标具有更高的时间分辨率,能够更精细地揭示注意捕获与抑制的动态时间进程。虽然现有研究在控制部分混淆因素上已取得部分进展(如采用眼动指标等分离早期与晚期注意加工阶段)(Grubert & Eimer, 2016; Kumar et al., 2009; Prakash & Hollingworth, 2026; Soto et al., 2005),但对于任务切换成本、策略性资源分配等因素的系统评估仍显不足。未来研究应进一步结合多种数据指标,创新实验设计,在控制方法学混淆因素的基础上,更准确地揭示无关工作记忆表征影响注意捕获的真实认知机制,提升研究结论的可靠性与稳定性。

5. 无关负性情绪工作记忆表征对注意捕获的影响

无关工作记忆表征对注意的引导在各种记忆刺激属性得到证明,如形状、颜色、朝向等(Olivers, 2009; Olivers et al., 2006; Soto et al., 2008; Soto & Humphreys, 2007; Wolfe & Horowitz, 2004)。除了这些简单中性的特征外,一些其他复杂且有现实意义的信息,如面孔、场景和现实世界中的物体,也能引导注意(Downing, 2000; Rutkowska et al., 2022)。但目前仅有少量使用情绪刺激(如情绪词、情绪面孔、情绪图片)作为刺激材料来探究负性情绪相关的无关工作记忆表征对视觉注意影响的研究(Grecucci et al., 2010; Huang et al., 2021; Moriya et al., 2014)。

一项研究(Huang et al., 2021)采用视觉工作记忆任务与视觉搜索任务相结合的双任务范式、结合眼动追踪技术并使用中性和负性情绪图片作为刺激材料探究了无关工作记忆表征的负性情绪信息的注意捕获效应,该研究发现在注意早期不管工作记忆表征的情绪效价如何均出现了记忆驱动的注意捕获,但在早期捕获注意之后出现注意的快速脱离甚至反转为注意抑制效应,这与自下而上的负性干扰刺激能够获得明显的注意捕获不同,无关情绪刺激自上而下和自下而上的注意捕获可能存在不同的作用机制。有研究者(Brown, 2026)同样采用经典的双任务范式,系统操纵了工作记忆任务中情绪类型(威胁性的蜘蛛、积极性的小猫、中性的鸟)与视觉搜索任务中任务无关的周边干扰物之间的匹配关系,进一步探究了无关负性情绪工作记忆表征对注意捕获的影响。在一系列实验中,当试次结构固定、被试可预期任务顺序(即在记

忆线索后要求被试先完成视觉搜索任务再完成记忆探测任务)时,无论是威胁性还是积极性干扰物在与工作记忆内容匹配时,均未比不匹配时造成更大的视觉搜索反应时延迟,即没有发现工作记忆表征中的情绪表征的注意捕获效应。然而,当不可预测的任务顺序(即记忆线索后的记忆探测任务和视觉搜索任务的出现顺序变为随机)或允许被试提前准备对工作记忆任务的动作反应时,工作记忆中的无关负性表征显著干扰了视觉搜索表现,即出现了注意捕获。这一研究进一步探究了与工作记忆中无关负性表征出现注意捕获的边界条件,结果表明在无关工作记忆表征的负性情绪信息可能需在当前工作记忆中处于主动优先状态才能驱动注意捕获。根据这一观点,这两项研究采用相似的实验操作逻辑,记忆探测任务与视觉搜索任务随机出现,被试必须为后续可能出现的记忆探测任务做准备,从而迫使工作记忆表征处于持续激活,因此均观察到了负性情绪记忆表征驱动的注意捕获效应。

然而,关于无关工作记忆表征的情绪信息能否捕获视觉注意,这可能受到多重因素的限制,现有结论仍需更多研究进一步验证。首先,测量指标的选择可能也会直接影响注意捕获效应的结论。*Brown* 的研究(*Brown, 2026*)仅依赖行为反应时这一单一指标,在被试可预期任务顺序的实验中未发现工作记忆表征中的情绪干扰的注意捕获效应,据此认为注意捕获依赖于对后续情绪表征出现的准备状态。但反应时对早期注意捕获不敏感,导致无法解释情绪工作记忆表征在这一过程中的时间进程,因此,未来研究应优先结合眼动(如首次注视点百分率、首次注视点持续时间)、脑电(如 *N2pc*、*Pd* 成分)等具有高时间分辨率的指标,以区分注意选择过程的不同阶段,增加认知神经科学方面的证据,避免仅依赖行为反应时掩盖效应的真实面貌,提高研究结果的生态效度。其次,刺激类别的选择也制约了结论的普适性。不同类别的情绪刺激在进化显著性、习得历史、知觉特征上存在差异,可能导致不同情绪刺激类别的视觉工作记忆表征具有不同的注意捕获机制。因此, *Brown* 仅使用动物图片作为无关记忆表征,其发现的威胁特异性注意捕获能否推广至其他情绪刺激类别(如愤怒面孔)仍未可知。最后,无关负性工作记忆表征对注意的引导效应可能受个体差异的调节。一项研究(*Yao et al., 2019*)发现,高特质焦虑者比低焦虑者表现出更强的对视觉工作记忆中保持的愤怒面孔的注意偏向,即使在这项任务中任务的顺序是可预测的,这表明个体因焦虑状态可能更容易受到工作记忆中负性情绪信息的驱动而表现出更强的威胁注意偏向,因此个体情绪状态也可能在其中起着调节作用,健康个体与情绪障碍的个体在对无关情绪性工作记忆表征的注意捕获机制上可能存在本质差异,情绪障碍个体因认知控制功能受损可能更难以有效抑制或脱离负性记忆表征的注意引导,未来可以招募临床样本进一步探究情绪信息在工作记忆引导注意中的机制。

总而言之,现有证据表明,情绪信息在工作记忆中对注意的引导并非简单的自动捕获,而可能是受到多重因素调节的复杂过程,记忆表征的持续激活状态、任务的可预测性、测量指标的敏感性以及情绪表征类别和个体差异等都可能成为影响因素。当前研究仍存在诸多争议和研究空白,未来需进一步探究无关负性情绪工作记忆表征的注意捕获效应的边界条件,以深化对其注意捕获机制的理解。

6. 无关工作记忆表征与无关长时记忆表征的注意捕获比较

工作记忆与长时记忆(long-term memory, LTM)是两个联系紧密的认知系统,它们共同作用以应对日常生活中复杂的认知任务。研究者认为,引导视觉注意的记忆表征的存储位置并非固定在工作记忆中,而是动态变化的,工作记忆在初始学习阶段至关重要,但随着练习和重复,控制权会迅速转移给长时记忆(*Woodman et al., 2013*)。在测量方式上,这一动态过程可通过两个在时空特征上截然不同的脑电成分加以区分:其一为对侧延迟活动成分(Contralateral Delay Activity, CDA),其波幅直接反映了视觉工作记忆中目标模板的维持,在重复搜索同一目标的试次序列中, CDA 的波幅会系统性地减弱甚至消失,表明工作记忆不再主动维持该目标;其二为前额 *P1* (或 *P170*)成分,该成分与长时记忆中的知觉启动相关的成分(当刺激本质上不是言语时,可以预测个体行为启动效应的大小),在相同的重复试次序列中, *P170* 的波幅会

系统性地增强,表明长时记忆表征正在累积和加强(Carlisle et al., 2011; Voss et al., 2010)。上述两个成分在分布上彼此独立,且在时间进程上差异显著,P1 (或 P170)成分比 CDA 发生更早,因此研究者认为它们可以独立地测量视觉工作记忆和长时记忆表征而没有交叉污染(Woodman et al., 2013)。

已有研究表明,无论是工作记忆还是长时记忆中的表征均可引导注意(Plater et al., 2024; Rosen et al., 2014; Woodman & Arita, 2011)。工作记忆中的信息随着反复使用和回忆,可能会逐渐转移至长时记忆系统,并在长期保持中获得更高的注意引导效率(Carlisle et al., 2011; Fan & Turk-Browne, 2016; Hannula, 2018)。有研究者通过一系列实验直接比较了工作记忆模板与长时记忆模板在视觉搜索中的引导效率(Song et al., 2025),结果发现:在独立情境下,长时记忆模板引导效率与工作记忆模板相当,在此基础上,当一个次级任务占用工作记忆资源时,工作记忆模板的搜索效率显著受损,而长时记忆模板却不受影响,因此研究者认为,长时记忆模板无需被检索到工作记忆模板中即可直接引导注意,长时记忆表征与工作记忆表征的注意引导效应可能是独立运作的两条通路;在两种记忆模板相互竞争的情境下,工作记忆模板的搜索效率显著高于长时记忆模板,且模板负载增加时,长时记忆模板的搜索效率下降幅度比工作记忆模板更大,根据这一结果,研究者认为在竞争中工作记忆模板被赋予更高优先级,且工作记忆模板对负载增加更具韧性。然而,这一研究仅探讨了两种记忆表征作为目标模板时的注意引导效应,而并没有对任务无关长时记忆表征和任务无关工作记忆表征的交互机制进行探讨。

已有关记忆表征的研究大部分集中于工作记忆层面,长时记忆中的无关表征对注意引导的效应相关研究较少且存在争议。例如,Olivers 发现(Olivers, 2011),当要求拥有驾驶证的被试在屏幕中搜索其已知的交通标志的灰色版本,在每个试次中,一个干扰项标志以彩色出现,其颜色与目标标志相关或无关,当干扰项的颜色与目标相关时,对搜索的干扰更大,表明 LTM 表征可以引导视觉注意偏向到其关联的干扰项,研究者据此认为 LTM 表征可以引导注意捕获。但是,Hu 等认为(Hu et al., 2017),由于 Olivers (2011)的研究中作为目标的记忆表征与有颜色的干扰存在颜色上的关联,无法证明无关长时记忆表征是否具有注意引导效应,因此,其通过操纵记忆刺激的重复次数,研究无关工作记忆进入长时记忆过程中的注意引导效应,结果发现无关工作记忆表征能引导注意偏向干扰刺激,而无关长时记忆表征不能引导视觉注意选择,表现为工作记忆表征重复 3 次及以上时,注意引导效应可以忽略不计,因此研究者认为无关工作记忆表征和无关长时记忆表征对视觉注意选择的引导效应是两种不同的认知过程。与之相对的是,一些研究则仍然发现了无关长时记忆表征的注意捕获效应。Fan 和 Turk-Browne 等研究者(Fan & Turk-Browne, 2016)要求被试先对长时记忆表征进行编码,随后完成一项记忆探测(记忆刺激作为一个检索线索提示,自动且强制性地激活了其在视觉长时记忆中存储的、包含多特征关联的完整客体表征)与视觉搜索任务相结合的双任务,结果表明与长时记忆关联颜色匹配的干扰项显著减慢了视觉搜索任务的反应时,据此,该研究认为无关长时记忆颜色表征能够捕获注意。除此之外,Nickel 等(Nickel et al., 2020)使用了类似的研究范式并得出了相似的结论,其发现先前编码入情景记忆的颜色客体即使与当前搜索任务完全无关,仍能显著增加当前任务的眼跳错误率并延长对干扰项的注视时间。

对于这种分歧,可能存在两种原因。第一,长时记忆操纵方式的不同。相比于工作记忆表征,长时记忆表征的操作方式更加多样,如 Hu 等人(Hu et al., 2017)通过要求被试记忆一个刺激直到实验结束和使工作记忆表征在试次间重复的方式操作长时记忆表征,当要求记忆一个刺激到试验结束再探测时,该刺激可能在被试完成后续任务时处于非激活状态从而无法提取出来,而刺激在试次间简单重复出现可能使得被试对其形成习惯化反应,个体的认知控制能力会使其不再影响后续任务,因此该研究结果一致支持无关长时记忆表征不能捕获注意。而在 Fan 和 Turk-Browne (Fan & Turk-Browne, 2016)的研究中,研究者先要求被试编码长时记忆表征,随后再完成一个记忆任务和视觉搜索任务相结合的双任务,在这个过程中被试可能利用记忆项目作为提取线索,再次将长时记忆中的关联信息主动提取出来,从而产生了注意

捕获效应。第二, 表征特征的影响。Hu 等人使用的表征刺激为彩色的几何图形, 而 Fan 和 Turk-Browne 等人则使用了单一颜色刺激作为记忆表征, 相对于几何形状, 不同颜色的无关长时记忆表征可能因其特征更加显著从而产生明显的注意捕获效应。这些分歧表明, 无关长时记忆表征的注意捕获效应的存在与否可能高度依赖于实验的操纵, 未来研究可以在控制这些条件的情况下进行更直接的验证。

近期一项研究采用眼动追踪技术进一步揭示了这两种无关记忆表征的注意引导机制的差异(Prakash & Hollingworth, 2026), 研究通过训练阶段让被试习得一个始终不包含目标的颜色(持续干扰色), 并在测试阶段引入逐试次变化的非目标线索, 在同一个实验中直接对比了无关长时记忆表征与无关工作记忆表征对视觉搜索中注意引导的影响。结果发现, 无关长时记忆表征产生早期的、持续的主动回避, 而无关工作记忆表征则表现为初始注意捕获、后期快速拒绝。此外, 当逐试次的无关工作记忆线索恰好是长时记忆中习得的回避颜色时, 无关工作记忆表征引导完全盖过了长时记忆习得的回避偏向, 表现为注意捕获而非回避。这一发现可能揭示了无关记忆表征的注意引导不仅取决于记忆表征存储在哪个系统中, 更取决于其当前的激活状态, 在冲突情境中工作记忆中的暂时激活表征可能优先于长时记忆中已习得的稳定表征, 但这一结论是否具有普遍性仍需更多研究进行验证。

综上所述, 工作记忆与长时记忆的目标模板的注意引导效应的研究结果是相对一致且明确的, 而无关工作记忆表征和无关长时记忆表征的注意捕获效应仍存在诸多争议。现有研究提示, 两类记忆表征可能涉及不同的作用机制, 在两者竞争的情境下工作记忆表征往往具有更高的优先级, 但其神经基础及相关机制仍有待进一步厘清。

7. 总结与展望

工作记忆与注意之间的交互关系一直以来是认知心理学的重要研究领域, 无关工作记忆表征能否自动引导视觉注意则是其中最具代表性的争议问题之一。本文梳理了相关研究发现, 无关工作记忆表征能否捕获注意, 并非一个可以简单回答“是”或“否”的问题。早期研究的直接对立在一定程度上掩盖了该效应的条件性(Olivers et al., 2011; Soto et al., 2005; Woodman & Luck, 2007)。因此, 与其简单回答无关工作记忆表征是否能够捕获注意, 更重要的是揭示其发生的条件及内在机制。现有研究表明, 该效应可能受到多种因素的共同调节, 不仅包括记忆表征组织方式、记忆表征特征维度、认知控制、个体差异以及任务线索提示类型等因素的影响, 不同实验范式及其方法学局限也可能导致不同研究结果之间出现分歧。根据现有结果, 无关工作记忆表征引导注意可能是一个动态变化、多因素共同作用的认知过程, 对这些制约条件的研究有助于深入探究工作表征对注意引导的内在认知机制以及深化有关注意引导理论。

近年来, 研究开始逐渐突破传统中性刺激, 将研究对象扩展至具有更高生态效度的情绪信息, 探究无关负性情绪记忆表征的对注意捕获的影响, 使工作记忆引导注意的研究更加贴近真实认知情境。然而, 现有研究表明, 负性情绪工作记忆表征是否能够稳定捕获注意仍存在争议, 相关注意机制和影响因素仍有待进一步探究。此外, 无关长时记忆表征的注意捕获研究也是近年来研究者逐渐开始关注的问题, 但目前相关研究还较少且结论尚不一致。近期部分研究将长时记忆与工作记忆两个记忆系统的注意引导效应进行对比, 发现其作用机制存在比较明显的区别, 当两者竞争时工作记忆中的当前激活表征表现出更高的注意引导优先级(Prakash & Hollingworth, 2026), 这提示无关工作记忆表征在注意引导中的优势可能与其当前较高的激活状态有关, 而不仅仅取决于其所处记忆系统。这些发现进一步丰富了研究者对注意选择和记忆系统交互机制的认识, 也为未来研究提供了新的视角。

然而, 尽管以往相关研究取得了一些进展, 但现有一些结论仍建立在有限的研究的基础之上, 未来仍需进一步验证。同时, 目前仍存在一些值得进一步深入探讨的问题。首先, 现有一些研究仍主要依赖行为反应时指标, 而反应时难以准确区分注意捕获、维持和脱离等不同加工阶段。未来应进一步结合眼

动追踪、事件相关电位(ERP)以及功能磁共振成像(fMRI)等多种技术,以揭示注意动态变化的时空规律以及神经生理基础。其次,目前不同影响因素大多是在相互独立的实验中进行考察,但多种影响因素可能相互交织在一起共同影响注意捕获,这些联系尚未得到充分考察,例如,认知控制的有效性是否受个体工作记忆容量的制约?特征维度的优先级是否因任务情境而改变?这些问题有望通过更加精细的实验设计来解答。值得注意的是,目前关于无关工作记忆表征对注意捕获的部分争议可能与研究范式本身的局限性存在一定关系。因此,未来研究应该加强实验范式的规范化设计和方法学优化,以提高研究结果的可重复性和可比性。此外,目前有关无关工作记忆表征注意捕获的理论框架主要建立在中性刺激基础之上,对于无关负性情绪工作记忆表征的注意引导机制的研究相对较少,未来可进一步探究不同类型情绪刺激以及不同情绪状态个体在面对情绪刺激时是否具有不同的注意引导机制。与此同时,无关工作记忆表征与无关长时记忆表征之间相互关系仍缺乏系统研究,未来应进一步探究它们之间的关系,系统揭示不同记忆系统在注意选择中的协同与竞争机制。综合来看,未来研究或许还可以进一步比较工作记忆和长时记忆中的无关负性情绪信息的注意捕获机制,并探讨两类记忆表征的注意引导效应与情绪障碍个体认知功能之间的联系,这将可能有助于深化对情绪障碍个体注意偏向机制的理解,并为今后情绪障碍个体的治疗及干预提供新的思路。

总体而言,无关工作记忆表征的注意捕获相关研究是一个兼具理论深度和应用价值的研究议题,也是一个充满挑战的研究领域,未来有望持续探索其边界条件和神经机制,进一步揭示记忆与注意之间的内在关系,推动相关理论向更加系统和具有生态效度的方向发展。

参考文献

- Bahle, B., Thayer, D. D., Mordkoff, J. T., & Hollingworth, A. (2020). The Architecture of Working Memory: Features from Multiple Remembered Objects Produce Parallel, Coactive Guidance of Attention in Visual Search. *Journal of Experimental Psychology-General*, 149, 967-983. <https://doi.org/10.1037/xge0000694>
- Beck, V. M., & Vickery, T. J. (2019). Multiple States in Visual Working Memory: Evidence from Oculomotor Capture by Memory-Matching Distractors. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26, 1340-1346. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01608-7>
- Brown, C. R. H. (2026). Exploring Boundary Conditions of Goal-Driven Attentional Capture by Affective Categories: The Role of Prioritisation in Working Memory. *Psychological Research*, 90, Article 41. <https://doi.org/10.1007/s00426-025-02227-9>
- Carlisle, N. B., Arita, J. T., Pardo, D., & Woodman, G. F. (2011). Attentional Templates in Visual Working Memory. *Journal of Neuroscience*, 31, 9315-9322. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1097-11.2011>
- Chelazzi, L., Duncan, J., Miller, E. K., & Desimone, R. (1998). Responses of Neurons in Inferior Temporal Cortex during Memory-Guided Visual Search. *Journal of Neurophysiology*, 80, 2918-2940. <https://doi.org/10.1152/jn.1998.80.6.2918>
- Chen, L. T., Shen, M. W., & Chen, H. (2020). The Object as the Unit of Interaction between Visual Working Memory and Visual Attention. *Journal of Vision*, 21, Article 2368.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural Mechanisms of Selective Visual Attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193-222. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.18.030195.001205>
- Dombrowe, I., Olivers, C. N. L., & Donk, M. (2010). The Time Course of Working Memory Effects on Visual Attention. *Visual Cognition*, 18, 1089-1112. <https://doi.org/10.1080/13506281003651146>
- Dowd, E. W., Kiyonaga, A., Egner, T., & Mitroff, S. R. (2015). Attentional Guidance by Working Memory Differs by Paradigm: An Individual-Differences Approach. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77, 704-712. <https://doi.org/10.3758/s13414-015-0847-z>
- Downing, P. E. (2000). Interactions between Visual Working Memory and Selective Attention. *Psychological Science*, 11, 467-473. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00290>
- Downing, P. E., & Dodds, C. M. (2003). Competition in Visual Working Memory for Control of Search. *Perception*, 32, 92-93.
- Duan, C. B., Zhang, L. H., Song, D. Q., & Zhang, B. (2025). Multiple Item Representations in Visual Working Memory Simultaneously Guide Attention. *Scientific Reports*, 15, Article No. 8341. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-92612-6>

- Duncan, J. (1984). Selective Attention and the Organization of Visual Information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 501-517. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.113.4.501>
- Fan, J. E., & Turk-Browne, N. B. (2016). Incidental Biasing of Attention from Visual Long-Term Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 42, 970-977. <https://doi.org/10.1037/xlm0000209>
- Fan, L. X., Diao, L. T., Xu, M. S., & Zhang, X. M. (2023). Multiple Representations in Visual Working Memory Can Simultaneously Guide Attention. *Current Psychology*, 42, 22320-22327. <https://doi.org/10.1007/s12144-022-03332-3>
- Fu, Y. T., Zhou, Y. L., Zhou, J. F., Shen, M. W., & Chen, H. (2021). More Attention with Less Working Memory: The Active Inhibition of Attended but Outdated Information. *Science Advances*, 7, eabj4985. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abj4985>
- Gaspar, J. M., Christie, G. J., Prime, D. J., Jolicoeur, P., & McDonald, J. J. (2016). Inability to Suppress Salient Distractors Predicts Low Visual Working Memory Capacity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, 3693-3698. <https://doi.org/10.1073/pnas.1523471113>
- Grecucci, A., Soto, D., Rumiati, R. I., Humphreys, G. W., & Rotshtein, P. (2010). The Interrelations between Verbal Working Memory and Visual Selection of Emotional Faces. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22, 1189-1200. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21276>
- Grubert, A., & Eimer, M. (2016). All Set, Indeed! N2pc Components Reveal Simultaneous Attentional Control Settings for Multiple Target Colors. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42, 1215-1230. <https://doi.org/10.1037/xhp0000221>
- Hannula, D. E. (2018). Attention and Long-Term Memory: Bidirectional Interactions and Their Effects on Behavior. In K. D. Federmeier (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation* (pp. 285-323). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.plm.2018.09.004>
- Hollingworth, A., & Beck, V. M. (2016). Memory-Based Attention Capture When Multiple Items Are Maintained in Visual Working Memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42, 911-917. <https://doi.org/10.1037/xhp0000230>
- Houtkamp, R., & Roelfsema, P. R. (2006). The Effect of Items in Working Memory on the Deployment of Attention and the Eyes during Visual Search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 423-442. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.32.2.423>
- Hu, C., Zhang, B., & Huang, S. (2017). Does Irrelevant Long-Term Memory Representation Guide the Deployment of Visual Attention? *Acta Psychologica Sinica*, 49, 590-601. <https://doi.org/10.3724/sp.j.1041.2017.00590>
- Huang, Y., Zhang, B., Fan, X., & Huang, J. (2021). Can Negative Emotion of Task-Irrelevant Working Memory Representation Affect Its Attentional Capture? A Study of Eye Movements. *Acta Psychologica Sinica*, 53, 26-37. <https://doi.org/10.3724/sp.j.1041.2021.00026>
- Kumar, S., Soto, D., & Humphreys, G. W. (2009). Electrophysiological Evidence for Attentional Guidance by the Contents of Working Memory. *European Journal of Neuroscience*, 30, 307-317. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2009.06805.x>
- Lu, J. C., Wang, J., Li, W. D., & Li, J. J. (2022). The Rejection Template of Working Memory Operates after Attention Capture. *Behavioral Sciences*, 12, Article 436. <https://doi.org/10.3390/bs12110436>
- Moriya, J., Koster, E. H. W., & De Raedt, R. (2014). The Influence of Working Memory on Visual Search for Emotional Facial Expressions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40, 1874-1890. <https://doi.org/10.1037/a0037295>
- Nickel, A. E., Hopkins, L. S., Minor, G. N., & Hannula, D. E. (2020). Attention Capture by Episodic Long-Term Memory. *Cognition*, 201, Article 104312. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104312>
- Olivers, C. N. L. (2009). What Drives Memory-Driven Attentional Capture? The Effects of Memory Type, Display Type, and Search Type. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35, 1275-1291. <https://doi.org/10.1037/a0013896>
- Olivers, C. N. L. (2011). Long-Term Visual Associations Affect Attentional Guidance. *Acta Psychologica*, 137, 243-247. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.07.001>
- Olivers, C. N. L., Meijer, F., & Theeuwes, J. (2006). Feature-Based Memory-Driven Attentional Capture: Visual Working Memory Content Affects Visual Attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 1243-1265. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.32.5.1243>
- Olivers, C. N. L., Peters, J., Houtkamp, R., & Roelfsema, P. R. (2011). Different States in Visual Working Memory: When It Guides Attention and When It Does Not. *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 327-334. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.05.004>
- Pan, Y. (2010). Attentional Capture by Working Memory Contents. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 64, 124-128. <https://doi.org/10.1037/a0019109>
- Peters, J. C., Goebel, R., & Roelfsema, P. R. (2009). Remembered but Unused: The Accessory Items in Working Memory

- That Do Not Guide Attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 1081-1091. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21083>
- Plater, L., Giammarco, M., Joubran, S., & Al-Aidroos, N. (2024). Control over Attentional Capture within 170 ms by Long-Term Memory Control Settings: Evidence from the N2pc. *Psychonomic Bulletin & Review*, 31, 283-292. <https://doi.org/10.3758/s13423-023-02352-9>
- Prakash, A., & Hollingworth, A. (2026). Dissociations and Interactions between Attention Guidance from Negative Templates Maintained in Visual Working Memory and Long-Term Memory. *Cognition*, 271, Article 106455. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2026.106455>
- Reeder, R. R., Olivers, C. N. L., & Pollmann, S. (2017). Cortical Evidence for Negative Search Templates. *Visual Cognition*, 25, 278-290. <https://doi.org/10.1080/13506285.2017.1339755>
- Rosen, M. L., Stern, C. E., & Somers, D. C. (2014). Long-Term Memory Guidance of Visuospatial Attention in a Change-Detection Paradigm. *Frontiers in Psychology*, 5, Article 266. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00266>
- Rutkowska, N., Doradzińska, Ł., & Bola, M. (2022). Attentional Prioritization of Complex, Naturalistic Stimuli Maintained in Working-Memory—A Dot-Probe Event-Related Potentials Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, Article 838338. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.838338>
- Song, H. X., Chen, X. R., Cai, B. B., Fu, Y. T., Shen, M. W., & Chen, H. (2025). A Comprehensive Comparison of Attentional Templates Maintained in Working Memory and Long-Term Memory. *Journal of Memory and Language*, 140, Article 104567. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2024.104567>
- Soto, D., & Humphreys, G. W. (2007). Automatic Guidance of Visual Attention from Verbal Working Memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33, 730-737. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.3.730>
- Soto, D., Heinke, D., Humphreys, G. W., & Blanco, M. J. (2005). Early, Involuntary Top-Down Guidance of Attention from Working Memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31, 248-261. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.31.2.248>
- Soto, D., Hodsoll, J., Rotshtein, P., & Humphreys, G. W. (2008). Automatic Guidance of Attention from Working Memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 342-348. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.05.007>
- van Moorselaar, D., Theeuwes, J., & Olivers, C. N. L. (2014). In Competition for the Attentional Template: Can Multiple Items within Visual Working Memory Guide Attention? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40, 1450-1464. <https://doi.org/10.1037/a0036229>
- Voss, J. L., Schendan, H. E., & Paller, K. A. (2010). Finding Meaning in Novel Geometric Shapes Influences Electrophysiological Correlates of Repetition and Dissociates Perceptual and Conceptual Priming. *NeuroImage*, 49, 2879-2889. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.09.012>
- Wolfe, J. M., & Horowitz, T. S. (2004). What Attributes Guide the Deployment of Visual Attention and How Do They Do It? *Nature Reviews Neuroscience*, 5, 495-501. <https://doi.org/10.1038/nrn1411>
- Woodman, G. F., & Arita, J. T. (2011). Direct Electrophysiological Measurement of Attentional Templates in Visual Working Memory. *Psychological Science*, 22, 212-215. <https://doi.org/10.1177/0956797610395395>
- Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2007). Do the Contents of Visual Working Memory Automatically Influence Attentional Selection during Visual Search? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33, 363-377. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.2.363>
- Woodman, G. F., Carlisle, N. B., & Reinhart, R. M. G. (2013). Where Do We Store the Memory Representations That Guide Attention? *Journal of Vision*, 13, Article 1. <https://doi.org/10.1167/13.3.1>
- Yao, N. S., Rodriguez, M. A., He, M. Y., & Qian, M. Y. (2019). The Influence of Visual Working Memory Representations on Attention Bias to Threat in Individuals with High Trait Anxiety. *Journal of Experimental Psychopathology*, 10, Article 2043808719876149. <https://doi.org/10.1177/2043808719876149>
- Zhang, B., Liu, S. H., Doro, M., & Galfano, G. (2018). Attentional Guidance from Multiple Working Memory Representations: Evidence from Eye Movements. *Scientific Reports*, 8, Article No. 13876. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32144-4>
- Zhong, C. P., Qu, Z., Yang, N., Sun, M. Z., Wang, Y. J., & Ding, Y. L. (2024). Susceptibility to Attentional Capture by Target-Matching Distractors Predicts High Visual Working Memory Capacity. *Psychological Science*, 35, 1203-1216. <https://doi.org/10.1177/09567976241279520>
- Zhou, C., Lorist, M. M., & Mathôt, S. (2020). Concurrent Guidance of Attention by Multiple Working Memory Items: Behavioral and Computational Evidence. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 82, 2950-2962. <https://doi.org/10.3758/s13414-020-02048-5>
- Zhu, P., Yang, Q. Q., Chen, L., Guan, C. X., Zhou, J. F., Shen, M. W., & Chen, H. (2023). Working-Memory-Guided Attention Competes with Exogenous Attention but Not with Endogenous Attention. *Behavioral Sciences*, 13, Article 426. <https://doi.org/10.3390/bs13050426>