

基于工作记忆的认知负荷抑制还是增强分心干扰? *

许双星¹ 王紫乐¹ 祝松楠¹ 张琪^{1,2,3**}

(1. 闽南师范大学教育与心理学院, 漳州 363000; 2. 闽南师范大学应用心理学研究所, 漳州 363000; 3. 福建省应用认知与人格重点实验室, 漳州 363000)

摘 要 忽略无关刺激, 专注相关刺激的选择性注意的关键在于任务加工涉及的负荷类型和水平。负荷理论将负荷分为知觉负荷和认知负荷, 并发现高知觉负荷抑制干扰物分心, 高认知负荷增强干扰物分心。后续研究在认知负荷对分心的影响上与负荷理论产生了分歧。本文在以往研究的基础上, 探讨分歧产生的原因, 总结分心效应的影响因素。未来认知负荷的研究可积极探索与其他应用领域的联合研究, 加快理论研究成果向临床应用转化的速度。

研究要点

- 探讨了认知负荷对分心干扰影响的分歧结论。
- 提出了分歧结论产生的原因, 总结了分心效应的影响因素。
- 展望了认知负荷未来的研究方向, 拓宽认知负荷理论的发展道路。

关键词 认知负荷; 工作记忆; 分心; 负荷理论

中图分类号: B842

DOI: 10.20058/j.cnki.CJAP.023041

1 引言

自然环境中, 个体的视觉范围充斥着丰富的刺激, 这些刺激中只有小部分与任务和目标有关。因此, 视觉系统会自上而下

有目的地选择与目标相关的刺激, 忽略不相关的刺激, 这种以目标为导向加工与目标相关的刺激, 同时忽略无关刺激的过程就是选择性注意(Lavie et al., 2004)。但当选择性注意任务中的干扰物具有显著特征(例如颜色、形状、朝向、亮度等)时, 会吸引

* 基金项目: 福建省自然科学基金项目(2022J05177)。

** 通信作者: 张琪, 女, 博士, 闽南师范大学副教授, e-mail: zq1892@mnnu.edu.cn

个体注意造成分心,从而导致反应时延长,正确率下降。

在选择性注意任务中,除了干扰物本身的特征之外,当前任务要求即任务负荷水平被认为是影响选择性注意的主要因素之一 (Sabri et al.,2013)。Lavie 和 Tsal (1994)首次提出选择性注意的负荷理论认为实现选择性注意的关键在于当前任务加工所涉及的负荷类型和水平。负荷理论将负荷分为知觉负荷和认知负荷两种,并认为两种负荷对分心干扰有着相反的影响:高知觉负荷抑制干扰物分心,高认知负荷增强干扰物分心。认知负荷任务一般通过工作记忆 (working memory, WM) 来操纵负荷高低,因此也有研究将其称为 WM 负荷 (Kardan et al.,2020)。总结以往研究发现知觉负荷抑制分心干扰的结论得到了大多数研究者的支持,但基于 WM 的认知负荷是否能增强干扰却存在分歧,本文在前人研究的基础上,期望通过探讨产生分歧的原因以及影响分心效应的因素,对未来认知负荷的研究发展提供新的思路。

2 研究现状

负荷理论最初局限于知觉负荷 (Lavie, 1995; Lavie & Tsal, 1994),后扩展到认知负荷 (Lavie,2005,2010; Lavie et al.,2004; Lavie & De Fockert,2005)。该理论提出了两种认知机制,一是知觉选择机制,对应知觉负荷,当加工目标刺激需要的知觉负荷水平足够高时会降低对干扰刺激的知觉加工,这个过程是被动的。另一种是认知控制机制,对应认知负荷,认知负荷依赖于高级认知功能的主动认知控制来影响对目标的注意,而以 WM 等认知功能为基础的高认知负荷会消耗认知控制资源,导致分心干扰增强。在负荷理论的基础上,后续研究者

开发出许多新的范式来验证负荷理论,得到与负荷理论一致或相悖的结论,该部分对其研究现状进行阐述。

2.1 知觉负荷

知觉负荷是指当前环境中非目标刺激的数量以及干扰物与目标的相似性造成的任务负担。操纵知觉负荷的常见方法有控制非目标的数量 (Lavie & De Fockert, 2003)、目标与非目标的相似度 (Sugimoto & Katayama,2017)或对同一知觉的输入要求 (Cartwright-Finch & Lavie,2007)。

经典知觉负荷范式 (Lavie,1995)采用中央目标字母判断任务。字母判断任务在两种负荷条件下呈现,在低知觉负荷条件下,只有一个非目标字母与目标字母同行呈现,但在高知觉负荷条件下,非目标字母则有五个。在目标和非目标字母的外周同时呈现干扰字母,外周干扰字母可能与目标字母一致或不一致。分心效应由不一致分心物条件下的反应时与一致分心物条件下的反应时之间的差值衡量。结果发现分心效应在低知觉负荷条件下比高知觉负荷条件下更大。根据负荷理论解释,个人知觉加工的能力有限,但对其能力范围内的所有信息,知觉加工都是以强制性的方式自动加工的 (Eayrs & Lavie,2021),因此高知觉负荷条件会自动将更多的注意集中在目标信息上,分配给干扰物的注意资源减少,从而降低对干扰物的注意捕获 (Sörqvist & Marsh,2015)。

大部分关于知觉负荷的研究都发现高知觉负荷能够抑制分心干扰 (Eayrs & Lavie,2019; Murphy, G., & Greene,2016)。此外,视觉知觉负荷不仅会抑制视觉通道呈现的分心干扰 (Mevorach et al.,2014),还会抑制听觉通道呈现的分心干扰 (Halin et al.,2014),另外也发现对嗅觉干扰也能起到抑制作用 (Forster & Spence,2018)。

近年来有关知觉负荷的研究不再局限于简单的视觉、听觉刺激,许多研究在实验中还包括了更复杂的干扰因素,如场景(Murphy, G., & Murphy, 2018)、面孔(Schindler, Caldarone, et al., 2020; 王冠等, 2018)和情绪(Pandey & Gupta, 2022; Schindler, Gutewort, et al., 2020)等,或将简单视觉刺激负荷操纵扩展到其他的负荷形式,例如情绪强度负荷(Murphy & Greene, 2016),抑或是将知觉负荷应用于真实场景中(Tillmann et al., 2021),拓宽知觉负荷研究的道路。

2.2 认知负荷

认知负荷是指任务要求与认知系统能力相关的任务负担,常见的操纵方法有控制记忆序列项目的数量和顺序(Ahmed & de Fockert, 2012)以及在 n-back 任务中使用 n 的大小控制任务难度(Halin et al., 2015),此外还有其他范式(Brockhoff et al., 2022; 房慧聪等, 2017)。与知觉负荷不同的是,认知负荷对分心干扰的影响主要有两种结论:一是认为高认知负荷可以增强分心干扰,二则是认为高认知负荷能抑制分心干扰。

2.2.1 认知负荷增强分心干扰

经典认知负荷范式由 WM 任务和选择性注意任务组成:首先向被试呈现记忆集(低负荷条件 1 个项目,高负荷条件 6 个项目),然后,在 WM 的维持阶段执行一项判断中央目标字母是否出现的选择性注意任务,最后再回答关于记忆项目的问题(de Fockert & Wu, 2009)。选择性注意任务中,在中央字母外周同时呈现干扰字母,干扰字母与中央字母一致或不一致,分心效应由选择性注意任务中不一致干扰物条件下的反应时与一致干扰物条件下的反应时之间的差值衡量,并且在工作记忆负荷条件下反应时的差值随负荷的增加而变化,以

此来探究认知负荷对选择性注意任务的影响。研究结果发现,与低认知负荷条件相比,高认知负荷条件下 WM 任务对选择性注意任务的干扰更强(Lavie et al., 2004)。认知负荷的行为研究多采用与经典认知负荷范式相似的双任务范式(de Fockert & Wu, 2009)。一些认知神经的研究结果同样发现,高认知负荷条件下相关脑区对无关干扰物的反应会增强。这在单通道的研究中得到了验证(Ahmed & de Fockert, 2012),但也有双通道的研究得到了认知负荷可以增强分心干扰的结论(Sugimoto & Katayama, 2017),另外 Dalton 和 Lavie 等人(2009)的实验首次发现认知负荷增强分心的结论同样适用于触觉通道。

关于认知负荷增强分心干扰的解释中,负荷理论认为,对干扰物的加工程度与任务要求有关,高认知负荷任务会占用更多的认知控制资源,从而导致对无关干扰物的过滤控制失败,影响对目标的加工,进而分心干扰的影响增大(Lavie, 1995, 2005, 2010)。相反,在低认知负荷条件下,认知控制机制可以最大限度地减少无关刺激的干扰。

2.2.2 认知负荷抑制分心干扰

然而,一些认知负荷的研究结果与负荷理论的结论相反,发现高认知负荷能够抑制分心干扰(Liu et al., 2018; Zhang et al., 2020)。这些研究者认为认知负荷与知觉负荷类似,增强任务难度会降低注意分散的敏感性。这是因为在任务难度较高的条件下,为了维持高水平的任务表现,必须让注意更加集中,从而忽略不相关刺激(Sörqvist & Marsh, 2015)。该结论在单双通道的一些实验中都得到了验证(He et al., 2021; Neumann et al., 2018)。例如,视觉通道的认知神经研究表明,高认知负荷条件下加工与任务相关的视觉刺激时,与任务无关的刺

激被抑制。视-听双通道的研究发现增加的视觉负荷导致了相关脑区对无关听觉信息的抑制反应 (Bae & Luck, 2019; Simon et al., 2016)。

对于认知负荷抑制分心的原因解释主要有两种。一是认为认知负荷减少了对无关背景信息的加工,二是注意轨迹变得更加稳定。简单概括为注意越集中,越不容易分心 (Sörqvist & Marsh, 2015)。目前针对认知负荷的分心抑制效应也存在着两种争议观点,一是认为这种抑制效应不受负荷类型的限制,具有领域普遍性 (Lavie & De Fockert, 2005),另一种则是认为 WM 任务与注意选择任务之间是否会存在资源的竞争导致不同的干扰效应,这种竞争机制受负荷类型的影响,具有领域特异性 (Park et al., 2007)。

除抑制和增强这两种相悖的结论之外,最近的几项研究发现,认知负荷对于分心干扰没有调节作用 (Guo et al., 2021; Lee & Jeong, 2020; Yao et al., 2020)。例如 Lee 和 Jeong (2020) 发现当视觉 WM 任务呈现的注意范围较窄时,增加的视觉 WM 负荷并不能对分心干扰进行调节。类似结果的发现对未来认知负荷研究控制额外变量提供了参考经验。

总的来说,认知负荷引起的分心增强和分心抑制之间的矛盾至今尚未解决。

3 产生分歧结果的原因

知觉负荷抑制分心的结论得到了大多数研究者的认同,对于认知负荷是否能增强分心目前仍存在分歧,本节就产生分歧的原因进行探讨。

3.1 认知负荷的定义不同

WM 由中央执行器、语音环路、视觉空间模板以及情景缓冲器组成 (Repovš &

Baddeley, 2006)。其中,中央执行器负责以自上而下的方式协调和监控正在进行的任务。语音环路以及视觉空间模板负责存储和维持语音和视觉空间相关的信息,而情景缓冲器则是将信息整合成复杂的多通道编码信息,并将 WM 与长时记忆联系起来 (Repovš & Baddeley, 2006)。早期的负荷理论隐晦地将 WM 负荷等同于认知负荷,只关注 WM 里中央执行器的作用,而忽略了 WM 是一个几个子成分共同作用的整体。负荷理论侧重 WM 的中央执行器提出的认知控制机制以目标为导向自上而下调配认知控制资源。随着任务难度的增加,认知控制资源消耗增多,导致抑制分心的认知控制资源减少,分心干扰增强 (Lavie, 2005, 2010; Lavie et al., 2004; Lavie & De Fockert, 2005, 2003)。语音环路和视觉空间模板通过言语以及视觉 WM 任务表现出来,关于这两类 WM 负荷对选择性注意的影响,目前阶段存在结果分歧 (Konstantinou et al., 2014; Lv et al., 2010; Roper et al., 2013; Yao et al., 2020; Zhang, W., & Luck, 2015)。Konstantinou 等人 (2014) 发现增强视觉 WM 负荷会减少对任务无关的视觉刺激的加工,这一结果与负荷理论的发现相反。产生不一样的结果可能是由于对“认知负荷”定义理解偏差引起的。研究者利用情景缓冲器整合多通道编码信息,探究多感觉统合下的认知负荷对于选择性注意的影响,大多发现跨通道研究中的 WM 负荷抑制分心干扰 (Bae & Luck, 2019; Bayramova et al., 2021; Simon et al., 2016; Sörqvist et al., 2016)。

而在 Baddeley (1992) 的 WM 模型中,需要维持和需要认知控制的任務存在明显的区别。Konstantinou 和 Lavie (2013) 假设这种区别会在认知负荷研究中表现出来,并通过空间记忆任务和认知控制任务区分

了 WM 不同组成部分——视觉维持和认知控制。实验结果发现,执行视觉维持任务会抑制对分心物的感知,但执行认知控制任务则增强分心物干扰。

不同研究者对于认知负荷的定义不同,侧重 WM 的功能不同(Che et al.,2021; Fougne & Marois,2007),可能造成认知负荷分心效应差异结果,未来研究在认知负荷定义上需要更加统一、实验操作需要更加标准化,不可笼统地将 WM 负荷等同于认知负荷。

3.2 分心的定义、测量不同

负荷理论认为 WM 任务会减少主动抑制分心干扰的认知资源。这个角度下,分心被定义为干扰物与目标之间产生的反应冲突对选择性注意任务表现产生的干扰(Lavie,2005,2010;Lavie et al.,2004;Lavie & De Fockert,2005,2003)。Lavie(2005)认为,当目标和显著干扰物之间的资源竞争冲突需要解决时,认知负荷会增强干扰。然而,当目标和干扰物刺激之间并非“竞争”关系,例如在视-听分心范式中的目标和分心干扰,分心刺激与任务无关,没有产生反应冲突,但分心物刺激仍会吸引被试注意,此时分心为对干扰物不自觉的注意捕获。两种情况下“分心”的定义不同,因此认知负荷对其影响不同。

认知负荷抑制分心的研究通常采用单任务范式(Ghani et al.,2020;Sörqvist et al.,2012)。在这种任务设置中,分心效应是通过选择性注意任务的神经反应、被忽略的通道中回忆的内容,或通过选择性注意任务对 WM 任务的行为影响来衡量的。认知负荷增强分心的研究通常采用双任务范式(Dalton, Santangelo, et al.,2009)。在双任务范式中,分心效应是通过分心物对选择性注意任务中反应时的影响来衡量的,而不是通过分心物对 WM 任务造成的影响来评

估的。注意投入可能是导致单任务和双任务研究之间出现差异的原因(Sörqvist et al.,2016)。在双任务范式中,选择性注意任务分配的资源较少,尤其是当认知负荷较高时,注意投入更少,这种低注意投入更容易导致分心。相反,单任务中,注意可以完全集中在目标相关信息的任务上,这种高注意投入的结果是较低的分心易感性,从而抑制选择性注意任务的神经反应。

3.3 WM 任务和选择性注意任务通道不同

负荷研究的一个焦点是分心效应的通道问题。Kahneman(1973)认为视觉和听觉加工集中由中央注意资源控制,但 Wickens(1980)则提出这两类加工能力是各自独立的资源。Driver 和 Spence(1998)结合这些假设提出了一个新的观点:注意可以通过中央注意资源分配给特定的通道。

以不同通道呈现 WM 任务和选择性注意任务的研究(Sörqvist et al.,2016)大多支持认知负荷减少分心干扰。当目标和干扰物在不同的通道呈现时,目标和干扰物之间的资源竞争小,可以明显区分分心任务与目标任务,这可能会抑制分心。相反,在同一通道呈现目标和分心物的研究(Burnham et al.,2014)大多支持认知负荷增强分心干扰。在这种情况下,较高的认知负荷会增强神经对干扰物的反应。模式特异性假设(Lin & Yeh,2014)认为,当 WM 任务和选择性注意任务来自同一个通道时,这两个任务会争夺相同的资源,从而降低自上而下的注意控制,增加高负荷下的注意分散程度。

3.4 WM 任务与选择性注意任务消耗资源的重叠性

Kim 等人(2005)的研究表明,认知负荷对分心的影响取决于任务负荷的类型,以及认知任务中维持在 WM 中的信息类型

是否与目标或分心物加工的信息类型重叠,据此 Park 等人(2007)提出了负荷特异机制(specific load mechanism),认为认知负荷对于分心干扰的影响主要取决于 WM 任务与选择性注意任务是否存在资源重叠。

Gil-Gómez de Liaño 等人(2016)的认知负荷研究将视觉 Stroop 任务插入到视觉 WM 任务,研究人员发现随着视觉认知负荷的增加,不相关信息的干扰效应会增加。这种任务中,视觉信息的编码变换成了语言信息的编码,变换过程中使用的认知控制资源与 WM 任务使用的认知控制资源相似(李寿欣等,2019),存在资源重叠。因此,完成 Stroop 任务所用的认知控制资源随着 WM 负荷的增加而减少,分心效应随之增加。当 WM 任务与注意选择任务消耗资源的重叠程度降低时,分心效应减弱。

Muller 和 Schröger(2007)与 Simon 等人(2016)利用听-听分心范式以及视-听分心范式都证明了 WM 的内容和选择性注意任务相关信息的重叠程度是影响认知负荷分心效应的重要因素之一。Muller 和 Schröger(2007)的研究发现声音分心随负荷增强而增强。在听-听分心范式中,WM 的内容与干扰物两者的重叠程度高,对于干扰物的抑制加工会和目标加工竞争资源,分心效应会随任务要求即负荷增强而增强。Simon 等人(2016)的视-听分心范式则发现分心随着负荷的增强而减少。此范式中,WM 的内容和干扰物的重叠程度低,同时根据任务要求更多的资源被分配到视觉任务中,从而减少了听觉加工和分心,即分心随负荷增强而减少。

4 影响分心效应的因素

在认知负荷对分心干扰的实验研究中,分心效应会受到 WM 容量的个体差异、

注意范围、年龄、信息加工水平以及疾病等诸多因素的影响,这些因素在认知负荷影响分心干扰的过程中,起着调节作用,了解这些因素对分心效应的影响,可以更好地理解认知负荷与选择性注意之间的相互作用关系。

首先,就工作记忆容量(working memory capacity, WMC)而言, WMC 是影响注意分散重要因素(Sörqvist & Rönnerberg, 2014),一般通过跨度任务来衡量,这些任务需要在一系列选择性注意任务之间对先呈现的记忆项目进行连续回忆(Sörqvist et al., 2012)。回顾以往的研究发现高 WMC 个体在各类认知负荷任务中通常比低 WMC 个体更不容易受到分心的影响(Hu et al., 2019; Marsh et al., 2015),例如 n-back 范式、延迟记忆任务、视觉-言语短期记忆、书面文字的长期记忆等。WMC 的个体差异会对研究结果产生一定的影响,未来研究若想排除 WMC 这一额外变量的影响,需要在被试间匹配任务难度,控制 WMC 这个额外变量对实验结果的影响。

其次是注意范围。有研究表明,在视觉 WM 负荷任务中当视觉注意范围缩小时,没有发现分心效应,但当增加注意范围大小则会导致更大的分心干扰,这种注意范围的变化造成干扰物进入知觉加工程度的不同,使得选择性注意任务与视觉 WM 任务消耗的认知控制资源数量不同,从而对分心干扰的影响不同(Biggs & Gibson, 2018; Lee & Jeong, 2020)。注意范围的变化导致实验结果差异是资源竞争的结果,在实验中可以通过控制注意范围的大小,调节 WM 负荷对分心干扰的影响,从而进一步探究 WM 负荷与选择性注意之间的关系。

再次是可以从儿童、年轻人以及老年人三个群体具体讨论在 WM 负荷任务中,

年龄对分心效应的影响。儿童比年轻人在任务执行方面表现更差,更容易受到选择性注意任务的影响(Klatte et al.,2013)。不仅如此,老年人往往比年轻人更容易分心(Billig et al.,2020),这可能是由于他们的过滤干扰能力较弱。然而,最近有研究发现儿童、老年人在高负荷条件下应对分心干扰的表现比年轻人更好,并提出假设:对抗分心是否取决于被试在高水平上表现的动机(Atkinson et al.,2019;Mahajan et al.,2020)。总之,目前对于年轻人更不容易分心这一结论仍存在争议,未来研究可以在这方面研究进行更深入的探讨。

在诸多视觉 WM 负荷任务中,注意通常需要在局部和全局水平之间切换,信息加工水平也会调节分心效应的大小(Ahmed & de Fockert,2012)。Ahmed(2012)使用分层 Navon 类型刺激在忽略局部信息的同时探究认知负荷对同一刺激不同水平的选择性注意的影响。结果发现关注全局水平时,高负荷条件抑制无关干扰的能力增强,但在关注局部水平时,相比于低负荷,高负荷抑制干扰的能力减弱。李寿欣(2019)学者利用 Navon 字母也有同样的发现。这些结果表明注意的空间分布会影响注意分散(Belopolsky & Theeuwes,2010),即信息加工水平会影响分心效应。

最后,就疾病这个特殊因素而言,在认知负荷视-听的跨通道研究中,分心材料大多是一个包含新颖声音的听觉刺激,这个刺激材料更多会被认为是噪音。研究发现,噪声可以增强注意缺陷与多动障碍(Attention deficit and hyperactivity disorder, ADHD)儿童的口语记忆,并帮助他们专注于视觉任务(Söderlund et al.,2010),同时适当的声分心刺激可以激活 ADHD 儿童的觉醒水平,提高任务表现水平(金颖等,2013),但也有研究得到相反的结果(Pel-

letier et al.,2016)。目前尚不清楚声音是否以及在何种情况下对 ADHD 患者有益或有害。但总体而言,基于以往的研究,类似 ADHD 特殊群体比他们的同龄人通常更易受噪音分心的消极影响,但是目前研究者发现了噪音能对特殊群体产生积极的影响,未来研究应关注噪声对特殊群体的有益影响,从而可以为特殊群体的治疗拓展新的思路。

5 小结与展望

过去以及目前研究关于认知负荷对分心干扰的影响主要有两种截然相反的结果:一是高认知负荷会增强分心干扰,二是高认知负荷会抑制分心干扰。对于这样的分歧,可能是由于对实验中重要变量定义以及测量不同,研究通道的偏差以及 WM 任务与注意选择任务消耗资源的重叠性差异造成的,本文基于前人的基础总结了分心效应的影响因素。但是认知负荷未来的研究仍有以下问题亟待解决。

一是通过操纵额外变量的水平,从而探究该变量是否在认知负荷与选择性注意之间产生交互效应,达到控制认知负荷对于分心干扰影响的效果。例如注意范围(Biggs & Gibson,2018;Lee & Jeong,2020)、工作记忆容量(Simon et al.,2016)等。

二是明确认知负荷概念的操作性定义。目前关于认知负荷的研究中对“认知负荷”一词的概念仍具有模糊性。在行为研究方面,认知负荷和知觉负荷之间的分界仍然很弱,对此两类的负荷定义必须更加明确规范。以往有关认知负荷对于分心研究的异质性很高,在自变量方面和因变量方面(Ahmed & de Fockert,2012;Halin,2016)差异性较大。这种研究的异质性可能是得到不同结论的原因,在未来的研究中,需要

将认知负荷实验研究中各个变量的操作性定义标准化。

三是在认知负荷的研究中区分不同类型的 WM 负荷。WM 负荷可细分为视觉 WM、空间 WM、言语 WM 等。对于认知负荷增强分心的观点主要来自负荷理论,但负荷理论对认知负荷的预测过于简单。后续研究者对负荷理论中“认知负荷”一词进行了深入研究,发现不同类型的 WM 任务对于分心干扰的加工具有不同的效果(Murphy et al., 2016; 李寿欣等, 2019)。不同形式的 WM 负荷对于干扰物排斥的影响是不同的,需要更加细致划分去研究,不可一概而论。

四是将认知负荷研究更多地与应用领域联合研究,探索更多可能的研究领域,让认知负荷理论可以更好地解释实际问题(Li et al., 2021; 张积家等, 2020; 程家萍等, 2017)。例如 Garrido(2016)将身体痛觉研究与认知负荷研究相结合,探讨高低认知负荷条件下对疼痛情感的加工,对缓解疼痛相关的医疗程序提供了参考思路,具有一定的实践意义。Moon 和 Ryu(2021)调查了社会线索和视觉线索如何促进学生的整体认知负荷,以帮助学习者更好的整合信息,提高学习效率。这些联合研究为未来的认知负荷研究提供了新的研究思路让科学实验更具现实指导性,加快理论研究结果向临床应用转化的速度。

参考文献

- 程家萍,罗跃嘉,崔芳.(2017). 认知负荷对疼痛共情的影响:来自 ERP 研究的证据. *心理学报*, 49(5), 622-630.
- 房慧聪,杨林腾,刘怡涛.(2017). 认知负荷与期望水平对非注意盲视的影响. *应用心理学*, 23(4), 327-335.
- 金颖,刘翔平,李开强,兰彦婷.(2013). 工作记忆负荷对注意缺陷多动障碍儿童过滤新异分心刺激能力的影响. *心理学报*, 45(9), 961-969.
- 李寿欣,车晓玮,李彦佼,王丽,陈恺盛.(2019). 视觉工作记忆负载类型对注意选择的影响. *心理学报*, 51(5), 527-542.
- 王冠,周霏,张凯莉,王沛.(2018). 知觉负荷对面孔多重社会范畴加工的影响. *心理学报*, 50(3), 270-282.
- 张积家,陆禹同,张启睿,张金桥.(2020). 外语焦虑、紧张情绪与认知负荷对外语说谎的影响:来自中-英双语者的证据. *心理学报*, 52(7), 861-873.
- Ahmed, L., & de Fockert, J.W. (2012). Working memory load can both improve and impair selective attention: Evidence from the Navon paradigm. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(7), 1397-1405.
- Atkinson, A.L., Waterman, A.H., & Allen, R.J. (2019). Can children prioritize more valuable information in working memory? An exploration into the effects of motivation and memory load. *Developmental Psychology*, 55(5), 967-980.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
- Bae, G.Y., & Luck, S.J. (2019). What happens to an individual visual working memory representation when it is interrupted? *British Journal of Psychology*, 110(2), 268-287.
- Bayramova, R., Toffalini, E., Bonato, M., & Grassi, M. (2021). Auditory selective attention under working memory load. *Psychological Research*, 85(7), 2667-2681.
- Belopolsky, A.V., & Theeuwes, J. (2010). No capture outside the attentional window. *Vision Research*, 50(23), 2543-2550.
- Biggs, A.T., & Gibson, B.S. (2018). Opening the window: Size of the attentional window dominates perceptual load and familiarity in visual selection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 44(11), 1780-1798.
- Billig, A.R., Feng, N.C., Behforuzi, H., McFeeley, B.M., Nicastrì, C.M., & Daffner, K.R. (2020).

- Capacity-limited resources are used for managing sensory degradation and cognitive demands: Implications for age-related cognitive decline and dementia. *Cortex*, 133, 277–294.
- Brockhoff, L., Schindler, S., Bruchmann, M., & Straube, T. (2022). Effects of perceptual and working memory load on brain responses to task-irrelevant stimuli: Review and implications for future research. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 135, 104580.
- Burnham, B.R., Sabia, M., & Langan, C. (2014). Components of working memory and visual selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40(1), 391–403.
- Cartwright-Finch, U., & Lavie, N. (2007). The role of perceptual load in inattention blindness. *Cognition*, 102(3), 321–340.
- Che, X., Xu, H., Wang, K., Zhang, Q., & Li, S. (2021). Precision requirement of working memory representations influences attentional guidance. *Acta Psychologica Sinica*, 53(7), 694–713.
- Dalton, P., Lavie, N., & Spence, C. (2009). Short article: The role of working memory in tactile selective attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(4), 635–644.
- Dalton, P., Santangelo, V., & Spence, C. (2009). The role of working memory in auditory selective attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(11), 2126–2132.
- de Fockert, J.W., & Wu, S. (2009). High working memory load leads to more Ebbinghaus illusion. *European Journal of Cognitive Psychology*, 21(7), 961–970.
- Driver, J., & Spence, C. (1998). Crossmodal attention. *Current Opinion in Neurobiology*, 8(2), 245–253.
- Eayrs, J.O., & Lavie, N. (2019). Individual differences in parietal and frontal cortex structure predict dissociable capacities for perception and cognitive control. *NeuroImage*, 202, 116148.
- Eayrs, J.O., & Lavie, N. (2021). Perceptual load and enumeration: Distractor interference depends on subitizing capacity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 47(9), 1149–1165.
- Forster, S., & Spence, C. (2018). “What smell?” Temporarily loading visual attention induces a prolonged loss of olfactory awareness. *Psychological Science*, 29(10), 1642–1652.
- Fougnie, D., & Marois, R. (2007). Executive working memory load induces inattention blindness. *Psychonomic Bulletin and Review*, 14(1), 142–147.
- Garrido, M.I., Teng, C.L.J., Taylor, J.A., Rowe, E. G., & Mattingley, J.B. (2016). Surprise responses in the human brain demonstrate statistical learning under high concurrent cognitive demand. *Npj Science of Learning*, 1(1), 1–7.
- Ghani, U., Signal, N., Niazi, I.K., & Taylor, D. (2020). ERP based measures of cognitive workload: A review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 118, 18–26.
- Gil-Gómez de Liaño, B., Stablum, F., & Umiltà, C. (2016). Can concurrent memory load reduce distraction? A replication study and beyond. *Journal of Experimental Psychology: General*, 145(1), e1–e12.
- Guo, Y., Liang, J., Yao, N., Shen, M., & Gao, Z. (2021). Visual working memory impairs visual detection: A function of working memory load or sensory load? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 47(12), 1659–1672.
- Halin, N. (2016). Distracted while reading? Changing to a hard-to-read font shields against the effects of environmental noise and speech on text memory. *Frontiers in Psychology*, 7, 1196.
- Halin, N., Marsh, J.E., Haga, A., Holmgren, M., & Sörqvist, P. (2014). Effects of speech on proof-reading: Can task-engagement manipulations shield against distraction? *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 20(1), 69–80.
- Halin, N., Marsh, J.E., & Sörqvist, P. (2015). Cen-

- tral load reduces peripheral processing: Evidence from incidental memory of background speech. *Scandinavian Journal of Psychology*, 56 (6), 607–612.
- He, H., Chen, Y., Li, X., Hu, X., Wang, J., Wu, T., ... & Guan, Q. (2021). Decline in the integration of top-down and bottom-up attentional control in older adults with mild cognitive impairment. *Neuropsychologia*, 161, 108014.
- Hu, Z., Barkley, C.M., Marino, S.E., Wang, C., Rajan, A., Bo, K., ... & Ding, M. (2019). Working memory capacity is negatively associated with memory load modulation of alpha oscillations in retention of verbal working memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 31(12), 1933–1945.
- Kahneman, D. (1973). Attention and effort. *Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall*.
- Kardan, O., Adam, K.C.S., Mance, I., Churchill, N.W., Vogel, E.K., & Berman, M.G. (2020). Distinguishing cognitive effort and working memory load using scale-invariance and alpha suppression in EEG. *NeuroImage*, 211, 116622.
- Kim, S.Y., Kim, M.S., & Chun, M.M. (2005). Concurrent working memory load can reduce distraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(45), 16524–16529.
- Klatte, M., Bergström, K., & Lachmann, T. (2013). Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. *Frontiers in Psychology*, 4, 578.
- Konstantinou, N., Beal, E., King, J.R., & Lavie, N. (2014). Working memory load and distraction: Dissociable effects of visual maintenance and cognitive control. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76(7), 1985–1997.
- Konstantinou, N., & Lavie, N. (2013). Dissociable roles of different types of working memory load in visual detection. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39 (4), 919–924.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(3), 451–468.
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(2), 75–82.
- Lavie, N. (2010). Attention, distraction, and cognitive control under load. *Current Directions in Psychological Science*, 19(3), 143–148.
- Lavie, N., & De Fockert, J. (2005). The role of working memory in attentional capture. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(4), 669–674.
- Lavie, N., & De Fockert, J.W. (2003). Contrasting effects of sensory limits and capacity limits in visual selective attention. *Perception and Psychophysics*, 65(2), 202–212.
- Lavie, N., Hirst, A., De Fockert, J.W., & Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(3), 339–354.
- Lavie, N., & Tsal, Y. (1994). Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Perception & Psychophysics*, 56(2), 183–197.
- Lee, H., & Jeong, S.K. (2020). Separating the effects of visual working memory load and attentional zoom on selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 46(5), 502–511.
- Li, W., Guan, J., & Shi, W. (2021). Increasing the load on executive working memory reduces the search performance in the natural scenes: Evidence from eye movements. *Current Psychology*, 1–14.
- Lin, S.H., & Yeh, Y.Y. (2014). Domain-specific control of selective attention. *PLoS One*, 9 (5), e98260.
- Liu, P., Forte, J., Sewell, D., & Carter, O. (2018). Cognitive load effects on early visual perceptual processing. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 80(4), 929–950.
- Lv, J.Y., Wang, T., Qiu, J., Feng, S.H., Tu, S., & Wei, D.T. (2010). The electrophysiological effect

- of working memory load on involuntary attention in an auditory–visual distraction paradigm: An ERP study. *Experimental Brain Research*, 205 (1), 81–86.
- Mahajan, Y., Kim, J., & Davis, C. (2020). Does working memory protect against auditory distraction in older adults? *BMC Geriatrics*, 20(1), 515.
- Marsh, J.E., Sörqvist, P., Hodgetts, H.M., Beaman, C.P., & Jones, D.M. (2015). Distraction control processes in free recall: Benefits and costs to performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 41 (1), 118–133.
- Mevorach, C., Tsai, Y., & Humphreys, G.W. (2014). Low level perceptual, not attentional, processes modulate distractor interference in high perceptual load displays: Evidence from neglect/extinction. *Frontiers in Psychology*, 4, 966.
- Moon, J., & Ryu, J. (2021). The effects of social and cognitive cues on learning comprehension, eye–gaze pattern, and cognitive load in video instruction. *Journal of Computing in Higher Education*, 33(1), 39–63.
- Muller–Gass, A., & Schröger, E. (2007). Perceptual and cognitive task difficulty has differential effects on auditory distraction. *Brain Research*, 1136, 169–177.
- Murphy, G., & Greene, C.M. (2016). Perceptual load induces inattention blindness in drivers. *Applied Cognitive Psychology*, 30(3), 479–483.
- Murphy, G., Groeger, J.A., & Greene, C.M. (2016). Twenty years of load theory—Where are we now, and where should we go next? *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(5), 1316–1340.
- Murphy, G., & Murphy, L. (2018). Perceptual load affects change blindness in a real–world interaction. *Applied Cognitive Psychology*, 32 (5), 655–660.
- Neumann, M.F., Viska, C.G., van Huis, S., & Palermo, R. (2018). Similar distraction, but differential suppression, for faces and non–face objects: Evidence from behaviour and event–related potentials. *Biological Psychology*, 139, 39–46.
- Pandey, S., & Gupta, R. (2022). Irrelevant positive emotional information facilitates response inhibition only under a high perceptual load. *Scientific Reports*, 12(1), 1–10.
- Park, S., Kim, M.S., & Chun, M.M. (2007). Concurrent working memory load can facilitate selective attention: Evidence for specialized load. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(5), 1062–1075.
- Pelletier, M.F., Hodgetts, H.M., Lafleur, M.F., Vincent, A., & Tremblay, S. (2016). Vulnerability to the irrelevant sound effect in adult ADHD. *Journal of Attention Disorders*, 20(4), 306–316.
- Repovš, G., & Baddeley, A. (2006). The multi–component model of working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139(1), 5–21.
- Roper, Z.J.J., Cosman, J.D., & Vecera, S.P. (2013). Perceptual load corresponds with factors known to influence visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39(5), 1340–1351.
- Sabri, M., Humphries, C., Verber, M., Mangalathu, J., Desai, A., Binder, J.R., & Liebenthal, E. (2013). Perceptual demand modulates activation of human auditory cortex in response to task–irrelevant sounds. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25(9), 1553–1562.
- Schindler, S., Caldarone, F., Bruchmann, M., Moeck, R., & Straube, T. (2020). Time–dependent effects of perceptual load on processing fearful and neutral faces. *Neuropsychologia*, 146, 107529.
- Schindler, S., Gutewort, L., Bruchmann, M., Moeck, R., & Straube, T. (2020). Nonlinear effects of linearly increasing perceptual load on ERPs to emotional pictures. *Cerebral Cortex Communications*, 1(1), 1–10.
- Simon, S.S., Tusch, E.S., Holcomb, P.J., & Daffner, K.R. (2016). Increasing working memory load reduces processing of cross–modal task–irrelevant stimuli even after controlling for task difficulty and

- executive capacity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 380.
- Söderlund, G.B.W., Sikström, S., Loftesnes, J.M., & Sonuga-Barke, E.J. (2010). The effects of background white noise on memory performance in inattentive school children. *Behavioral and Brain Functions*, 6(1), 1–10.
- Sörqvist, P., Dahlström, Ö., Karlsson, T., & Rönnerberg, J. (2016). Concentration: The neural underpinnings of how cognitive load shields against distraction. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 221.
- Sörqvist, P., & Marsh, J.E. (2015). How concentration shields against distraction. *Current Directions in Psychological Science*, 24(4), 267–272.
- Sörqvist, P., & Rönnerberg, J. (2014). Individual differences in distractibility: An update and a model. *Psych Journal*, 3(1), 42–57.
- Sörqvist, P., Stenfelt, S., & Rönnerberg, J. (2012). Working memory capacity and visual-verbal cognitive load modulate auditory-sensory gating in the brainstem: Toward a unified view of attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24 (11), 2147–2154.
- Sugimoto, F., & Katayama, J. (2017). Increased visual task difficulty enhances attentional capture by both visual and auditory distractor stimuli. *Brain Research*, 1664, 55–62.
- Tillmann, J., Tuomainen, J., & Swettenham, J. (2021). The effect of visual perceptual load on auditory awareness of social vs. non-social stimuli in individuals with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 51(4), 1028–1038.
- Wickens, C.D. (1980). The structure of attentional resources. *Attention and Performance VIII*, 8, 239–257.
- Yao, N., Guo, Y., Liu, Y., Shen, M., & Gao, Z. (2020). Visual working-memory capacity load does not modulate distractor processing. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 82 (7), 3291–3313.
- Zhang, W., & Luck, S.J. (2015). Opposite effects of capacity load and resolution load on distractor processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(1), 22–27.

Does Cognitive Load Based on Working Memory Inhibit or Enhance Distractor Interference?

XU Shuang-xing¹ WANG Zi-le¹ ZHU Song-nan¹ ZHANG Qi^{1,2,3}

(1. School of Education and Psychology, Minnan Normal University, Zhangzhou 363000, China;

2. Institute of Applied Psychology, Minnan Normal University, Zhangzhou 363000, China;

3. Fujian Province Key Laboratory of Applied Cognition and Personality, Zhangzhou 363000, China)

Abstract

The key to selective attention that ignores irrelevant stimuli and focuses on relevant stimuli lies in the type and level of load involved in task processing. The Load theory divides load into perceptual and cognitive load and finds that high perceptual load inhibits distractor distraction and high cognitive load enhances distraction. Subsequent studies have diverged from load theory in terms of the effect of cognitive load on distraction. On the basis of previous studies,

this paper explored the causes of disagreement and summarized the factors influencing the distraction effect. Future research on cognitive load could actively explore joint research with other application areas to speed up the translation of theoretical findings to clinical applications.

Key words: cognitive load, working memory, distraction, load theory