

价值影响记忆的作用机制：基于特异性视角*

钟玉璇 姜英杰

(东北师范大学心理学院, 长春 130024)

摘要 选择性地对有价值的信息进行编码和提取是个体赖以生存和发展的基础, 是记忆研究关注的重点。众多研究揭示价值导向记忆存在双重加工机制, 自动化机制和策略化机制都会导致高、低价值信息的差异性编码。本文从特异性的视角梳理价值影响记忆的双重机制, 发现在不同学习情境、目标导向、测验时间以及被试处于不同年龄阶段, 自动化机制与策略化机制发挥的主导作用不同。自动化机制占主导时, 奖赏系统与内侧额叶脑区得到较大激活; 策略化机制占主导时, 深度语义处理脑区和执行控制系统得到较大激活。未来研究可以关注这两种机制对价值导向记忆的共同影响及差异影响。

关键词 价值导向记忆, 自动化机制, 策略化机制, 元记忆, 记忆

分类号 B842

1 引言

在日常生活中, 人们接触到的信息远远超出记忆容量, 因此, 对有价值的信息进行优先性排序对于提高记忆效率至关重要。近年来, 在探讨人们是如何对重要信息进行选择和编码的过程中提出了价值导向记忆的概念。当出现的信息超过记忆容量时, 个体通常会选择性地对有价值的信息进行优先编码, 忽略不太重要的信息, 这种基于信息价值或重要性进行的优先排序记忆被称为价值导向记忆(value-directed remembering, VDR) (Castel et al., 2007)。在价值导向记忆过程中, 为了保障记忆效果的最优化, 个体会将认知资源更多分配给高价值信息(Castel et al., 2012)。

以往研究探讨了价值导向记忆的潜在作用机制(Adcock et al., 2006; Castel, 2008; Hennessee et al., 2017), 越来越多的研究认为价值导向记忆中存在双重机制(Cohen et al., 2014; Elliott et al., 2020)。双重机制(dual-mechanism)的概念由Bijleveld 等人(2012)首先提出, 认为价值带来的

奖赏在初期具有无意识、自动化的影响, 基于奖赏经验的策略化决策则在后期发挥作用。诸多研究也证实了价值导向记忆的双重机制框架(Hennessee, Reggente, et al., 2019; Knowlton & Castel, 2022), 自动化机制(automatic mechanism)和策略化机制(strategic mechanism)都会导致个体对高、低价值信息的差异编码(Bowen et al., 2020)。

本文梳理以往大量研究发现, 价值影响记忆的作用机制具有特异性, 在不同情况下占主导作用的认知机制不同。具体而言, 不同的学习情境、目标导向、测验时间与被试处于不同年龄阶段, 自动化机制与策略化机制发挥的主导作用不同。综上, 本文将从价值导向记忆的双重机制框架出发, 分析自动化机制与策略化机制的特异性, 最后进行总结并提出未来研究方向。

2 价值影响记忆的双重作用机制

2.1 自动化机制的作用条件及神经基础

在价值导向记忆中, 自动化机制起着重要的作用。有研究发现, 带有奖赏信息的刺激(通常是金钱或价值)本身会自动地吸引注意资源(Elliott & Brewer, 2019; Hickey et al., 2010; Murayama & Kitagami, 2014), 高价值信息会被自动编码, 因为具有高价值回报的信息会被个体优先

收稿日期: 2023-04-04

* 吉林省自然科学基金面上项目(20230101149JC)和国家自然科学基金面上项目(32271095)资助。

通信作者: 姜英杰, E-mail: jiangyj993@nenu.edu.cn

记住(Braun et al., 2018; Schultz, 2015)。也就是说,项目价值在这种条件下对记忆的影响是自动化机制起作用,通常发生在学习者没有记忆意图时,无需被试有意识地对高价值信息进行选择性编码,高价值信息会自动吸引个体的注意。

有 fMRI 研究发现项目价值对记忆作用的自动化机制涉及中脑多巴胺奖赏系统(midbrain dopamine system),奖赏系统会调节记忆系统,并且奖赏系统与记忆系统在学习不同价值的信息时会互相作用,促进记忆的编码和巩固(Shohamy & Adcock, 2010; 王松雪 等, 2023)。Adcock 等人(2006)发现高价值风景图片激活了中脑多巴胺奖赏系统的关键区域,主要包括腹侧被盖区(ventral tegmental area)、伏隔核(nucleus accumbens)和纹状体(ventral striatum),这些区域越活跃,高价值信息的记忆成绩就越好,并且在高价值信息编码过程中这些区域增加了与支持记忆的内侧颞叶区域(medial temporal lobe)的海马体(hippocampus)的功能连通性。Geddes 等人(2018)使用词汇材料也发现类似的结果,说明了奖赏系统和海马体的激活在价值导向记忆中具有跨材料的一致性。之后,又有研究进一步发现奖赏系统中的多巴胺释放可以在学习过程中调节海马的活动,从而增强高价值项目的编码和巩固(Gruber et al., 2016),说明奖赏系统与记忆系统相互作用(Shohamy & Adcock, 2010; Weiland et al., 2014)。

2.2 策略化机制的作用条件及神经基础

除了自动化机制,元认知控制下被试运用选择性编码策略是价值导向记忆的另一个关键机制(Castel et al., 2009),并且运用策略化机制来增强对高价值信息的记忆似乎比奖赏驱动的自动化机制产生更强的影响(Cohen et al., 2017),因为这可能会卷入执行控制系统(executive control systems)与深度语义处理区域(deep semantic processing area) (Cohen et al., 2014)。价值影响记忆的策略化机制通常发生在学习者有选择性记忆意图时,被试会根据高低价值进行优先级排序,对不同价值的项目使用不同的学习策略(Ariel & Castel, 2014; Castel et al., 2013; Elliott et al., 2020),分配较多的认知资源关注高价值信息,并对这些信息进行更深层次的语义处理(Cohen et al., 2017),同时应用更有效的编码策略来提高记忆表现(Storm et al., 2016)。

上述价值影响记忆过程的策略化作用机制得到了认知神经科学研究证据的支持。Cohen 等人(2014)发现在编码高价值信息时,奖赏敏感区域有一定程度的小幅度激活,与深度语义处理相关的大脑区域(主要包括左腹外侧前额叶皮层[left ventrolateral prefrontal cortex]和左后外侧颞叶皮层[left posterior lateral temporal cortex])得到较大程度的激活。其中左腹外侧前额叶皮层是执行控制系统的一部分,能够在记忆过程中激活认知控制机制,引导注意进行高级策略化的选择加工,使被试能够更好地应用基于项目价值的差异编码(Koechlin et al., 2003)。弥散张量成像的解剖学发现也支持词汇语义加工区域在价值导向记忆中的作用,连接腹额区、前颞区和内侧颞区的纤维束——钩状束(uncinate fasciculus)的完整性与年轻人对高价值词语的回忆有关(Reggente et al., 2018)。因此可以推测,个体对高价值项目的记忆选择性是由于对深度语义处理脑区和执行控制系统得到激活而产生的(Bowen et al., 2020)。

3 价值影响记忆的作用机制具有特异性

以往关于价值导向记忆双重机制框架的研究多强调其独立性(Elliott et al., 2020; Whatley & Castel, 2021),但近年来也有研究表明两种机制在价值导向记忆中都发挥着作用(Cohen et al., 2014; Telzer, 2016),共同对高价值信息进行选择性编码。虽然两种机制共同影响价值导向记忆,但是在不同情况下,自动化机制和策略化机制发挥的主导作用不同。本文梳理以往研究,主要从不同的学习情境、目标导向、测验时间与被试的年龄发展阶段方面分析和阐述两种机制各自发挥的作用。

3.1 价值影响记忆的作用机制具有情境依赖性

深入分析价值导向记忆研究,发现自动化机制与策略化机制发生作用的实验范式有所不同。自动化机制通常在货币激励编码(monetary incentive encoding, MIE)范式下发生作用。Adcock 等人(2006)首次将 MIE 任务应用于价值导向记忆研究中,研究者在功能磁共振扫描仪中向被试呈现 120 张风景照片,每张照片随机匹配成高价值(5 美元)、低价值(0.1 美元)和没有价值三种条件。告知被试,在随后的测验中再认正确将获得相应的报酬,再认错误将不会获得相应报酬。结果发现,在 24 小时的延迟测验中,高价值项目比低价值项

目的再认正确率更高,并且在编码高价值项目时,奖赏系统(腹侧被盖区和伏隔核)和记忆区域(海马体)被激活(Shigemune et al., 2014),说明自动化机制起主导作用。而策略化机制在价值导向记忆(value-directed remembering, VDR)范式中发生作用。Castel 等人(2002)建立的 VDR 范式中给被试呈现多个单词列表,列表中的每个单词随机配对一个不同的分值。在学习完每个列表之后,要求被试进行自由回忆测验,接着给予分数反馈,之后被试再学习下个列表,重复这一程序直到实验全部完成。使用选择性指数(Selectivity Index, SI)来测量被试对价值的选择性程度,该指标可以考察被试选择高价值信息的能力以及价值选择性如何随经验变化。实验结果表明,在多次测验与反馈中,被试学会改进他们的编码选择性策略,以便在整个学习-测验周期中将更多的认知资源导向高价值的单词(Murphy et al., 2021),并且选择性指数越高,深度语义处理区域的激活程度越大,说明策略化机制起主导作用(Cohen et al., 2014)。

自动化机制与策略化机制在不同范式中起主导作用,可能是由于在不同范式的学习情境下,价值在记忆各加工阶段的强化作用不同。在大多数奖赏动机学习的研究中(Adcock et al., 2006),被试看到一长串不同价值的刺激材料,价值在记忆编码阶段不断得到强化,直到所有刺激编码完成后才会进行记忆测验,因此提取阶段的价值强化作用发生在编码过程之后,被试没有机会根据测验与反馈结果修改他们的编码策略(Cohen et al., 2017)。在这种学习情境下,被试较少应用策略化编码,而是依靠编码过程中高价值信息自动化地吸引被试的注意资源,价值对记忆的影响只有动力性作用,策略化作用几乎没有。相比之下,在 VDR 范式中,被试学习多个列表中不同价值的词汇,价值在记忆编码阶段得到强化,个体会自动优先分配注意资源给高价值信息(Ferguson et al., 2020)。被试学习每个列表后都要进行自由回忆测验,并且得到分数反馈,提取阶段的价值强化作用穿插在多个列表的编码过程中,提取阶段的强化会影响到下一个列表的编码过程,使得元认知对接下来的学习过程进行监测与控制(Siegel et al., 2020; Whatley & Castel, 2021),被试逐渐学会使用有效的记忆策略,针对性地加强对高价值项目的编码(Castel et al., 2012; Siegel et al., 2021)。也

就是说,在 VDR 范式中,因元认知监测与控制形成的策略化机制和自动化机制会共同作用于价值导向记忆,且策略化作用占主导。Cohen 等人(2017)又进一步探究了穿插测验对增强高价值项目策略编码的作用。结果表明,记忆提取阶段的穿插测验是采用策略化编码的关键,此时元认知和提取经验会发挥作用,评估学习策略的有效性,优化策略的使用,对高价值项目进行深度编码,以提高未来测验的表现(Arnold & McDermott, 2013; Middlebrooks et al., 2017)。

3.2 价值影响记忆的作用机制具有目标导向性

价值导向记忆研究的实验指导语会告知被试未来记忆测验的形式,这会对被试的记忆产生目标导向性,从而影响自动化机制和策略化机制的发生。Elliott 等人(2020)探究了目标导向是再认任务时价值影响记忆的作用机制。研究者采用价值导向的再认记忆范式,指导语告知被试,如果能在之后的测验中对不同价值的信息再认成功,就会获得相应的分数,并在编码过程中记录与自动化机制有关的早期顶叶成分(P3)和与策略化机制有关的晚期慢波成分(FSW)。结果表明,在编码过程中,项目价值影响了 P3 成分,对 FSW 成分没有显著影响。说明当被试的目标导向是进行再认测验时,自动化机制起主导作用,其他研究也都验证了这一结论(Bowen et al., 2020; Hennessee, Patterson, et al., 2019)。而另有诸多研究考察了目标导向是自由回忆任务时,价值影响记忆的作用机制(Jackson, 2021; Nguyen, Marini, et al., 2020)。Nguyen 等人(2019)采用价值导向的自由回忆范式,指导语告知被试将要进行自由回忆测验,并记录对高价值信息选择性注意的 Alpha 频率和对低价值信息抑制的 Theta 频率。研究者发现,编码高价值词比低价值词表现出更大的负性 Alpha 频率,编码低价值词比高价值词表现出更大的正 Theta 频率。说明当任务目标导向是自由回忆测验时,被试会采用学习策略对不同价值的信息进行差异编码,此时价值引发的策略化机制起主导作用。

在不同记忆测验类型目标导向的过程中,价值导向元记忆会对记忆中的认知资源分配起到调节作用。价值导向元记忆(Value-directed Metamemory)指个体分配更多注意资源给那些知觉为高价值的项目,有意识编码高价值项目并对其进行保持,以便以后能成功提取的元记忆监控过程(严燕 等,

2013)。当指导语告知被试未来的测验形式不同,此时被试会对即将到来的测验产生元记忆控制。如果是自由回忆测验,由于个体的回忆能力是有限的,回忆低价值信息会减少高价值信息回忆的数量,此时价值导向元记忆会对自身认知资源进行优化配置,选择性地优先关注被知觉为高价值的特定项目或者事件(姜英杰等, 2016),主要采用策略化机制对高价值信息进行选择性编码。如果目标导向是再认测验,由于再认测验较少受到认知资源的限制,在一次学习后对单个项目的再认记忆几乎是无限的(Standing, 1973),因此再认低价值信息对高价值项目的影响较小(Hennessee et al., 2017),被试在指导语呈现后不会刻意地采取学习策略,此时自动化机制发挥主导作用。综上所述,不同类型记忆测验目标导向下价值的自动化效应和策略化效应对记忆的贡献不同,在此过程中,价值导向元记忆对双重机制的选择起着重要作用。

3.3 价值影响记忆的作用机制具有时效差异性

以往关于价值导向记忆的双重机制研究认为时间尺度是划分自动化机制或者策略化机制起作用的标准(Knowlton & Castel, 2022)。奖赏动机驱动的自动化机制对高价值项目的记忆选择性通常发生在24小时或更长时间的延迟测验中(Adcock et al., 2006; Murayama & Kuhbandner, 2011)。Spaniol等人(2014)发现在即时测验中高价值并不能促进被试的记忆,编码24小时后进行测验才会出现记忆增强现象。这表明,Adcock等人(2006)研究的自动化机制的影响在延迟后才出现,可能的原因是奖赏系统影响海马的记忆巩固过程在初始编码后需要数小时才能塑造突触连接(Han et al., 2023)。具体而言,在记忆巩固阶段,奖赏系统会促进多巴胺释放并作用于海马,从而促进奖赏信息的记忆,这个过程通常需要12~24小时左右(Bethus et al., 2010)。此外,在记忆巩固阶段,睡眠对高价值信息的自动化优先记忆巩固起着重要作用(Studte et al., 2017; Igloi et al., 2015)。研究表明,睡眠过程中记忆巩固的关键是参与先前编码的大脑区域的再激活,主要通过神经元记忆痕迹的重复回放起作用(Rasch et al., 2007),这种回放是通过多巴胺对海马体可塑性的调节作用来实现的(Edelmann & Lessmann, 2013),使得个体能够通过自动化机制有选择地促进高价值信息的记忆巩

固(Feld et al., 2014)。而价值对记忆的策略驱动效应在即时测验中是稳定的(Ariel & Castel, 2014; Castel et al., 2002)。在学习和回忆测验之间的延迟相对较短的情况下,使用编码策略比多巴胺调节海马活动对记忆表现的影响更大,策略化机制起主导作用(Cohen et al., 2016)。这似乎表明,价值影响记忆的作用机制具有时效差异性,在即时测验中策略化机制起作用,延迟测验中自动化机制起作用。

但是,价值作用机制具有时效差异性,并不意味着在不同时间尺度下自动化机制与策略化机制单独起作用,而是两种机制在不同时段共同影响着价值导向记忆,短时间内策略化机制起主导作用,长时间下自动化机制起主导作用。近年来有研究表明,多巴胺驱动的自动化机制在短时间内也会发生作用。Cohen等人(2014)的研究让被试学习列表后进行即时自由回忆测验,发现激活深度语义处理区域的策略化编码是对高价值项目选择性记忆的重要机制,但也发现了中脑和腹侧纹状体奖赏区域较小程度的激活。即使被试被告知不要使用学习策略编码项目,高价值的项目仍自动吸引注意资源,重要的是,这种高价值项目的自动化记忆增强是短暂的延迟后发生的(Hennessee, Patterson, et al., 2019)。其他神经影像学研究(Gruber et al., 2016; Wolosin et al., 2012)也在较短的延迟后发现价值自动化机制对记忆的影响。以上研究结果说明在即时测验与延迟时间较短的测验中,自动化机制也起作用,只不过相较于策略化机制发挥的作用较小。这是由于多巴胺作用于海马体的时间尺度范围很广,在价值刺激呈现的短时间内可能已经开始发挥作用(Shohamy & Adcock, 2010)。

由以往研究我们可知,价值对记忆的作用机制具有时效差异性。在刺激初步呈现时,高价值信息自动化地吸引注意资源(Elliott & Brewer, 2019),此时自动化机制占主导。实验过程中,被试接受测验与反馈,采用有效的学习策略将认知资源分配给高价值项目,策略化机制在较短的时间内占主导,但自动化机制仍会发生作用(Cohen et al., 2016)。实验结束后,被试停止学习与接受反馈,策略化机制的作用逐渐消退,但是记忆巩固阶段多巴胺会持续作用于海马,使得自动化机制在较长的时间内占主导。综上,自动化机制和策

略化机制在时间历程上是有重叠的,在不同的时段起主导作用,自动化机制在更长的时间历程中发挥作用。

3.4 价值影响记忆的作用机制具有年龄差异性

价值导向记忆在人的一生中不断发展,自动化机制与策略化机制在各年龄发展阶段发挥着不同的主导作用。尽管与成年人相比存在缺陷,儿童与青少年能够在奖赏任务中表现出对价值的显著敏感性(Galvan et al., 2006),说明儿童与青少年时期价值影响记忆的自动化机制发挥着重要作用。有研究指出,与自动化加工有关的海马在生命的前三年内成熟,但突触修剪导致的微观结构变化持续发生到成年(Gogtay et al., 2006),为以上研究结果提供了神经生理学支持。Castel 等人(2011)进一步研究了5岁至96岁个体的价值导向记忆,发现儿童和青少年的选择性水平显著低于成年人与老年人,且相较于年轻人,老年人的选择性水平下降。这表明,对高价值项目应用选择性编码策略的能力直到成年后才完全显现出来。相较于海马体,前额叶皮层(prefrontal cortex)的发育较为持久。从儿童期到青少年时期,前额叶皮层在价值导向记忆任务中的激活程度逐渐增加(Wendelken et al., 2011),在青少年时期皮层厚度才发生实质性的变化(Ofen et al., 2007),说明价值对记忆的策略化机制开始逐渐发挥作用。此外,儿童至青少年时期内侧颞叶和前额叶皮层之间的白质连通性发生变化(Lebel & Beaulieu, 2011),说明两种机制开始共同发挥作用。

随着年龄的增长,奖赏系统与额叶功能出现衰退(Zanto & Gazzaley, 2019),但老年人可以依靠记忆经验和语义策略的知识,更加有选择性地对高价值信息进行策略化加工(Hargis et al., 2019; Murphy & Castel, 2021)。Cohen 等人(2016)发现在高价值单词编码过程中,对价值有选择性的老年人的语义处理区域也得到激活。然而,相较于年轻人,老年人在编码低价值项目时语义处理区域表现出相对较低的激活,说明老年人对高价值信息的选择性编码是以忽略低价值信息为代价的(Castel et al., 2016; Lempert et al., 2022)。Bowen 等人(2020)的研究结果显示虽然老年人的总体回忆成绩下降,但是代表选择性编码高价值词汇的选择性指数与年轻人无明显差异。参与认知控制过程的尾状核(caudate nucleus)和双侧额下回

(bilateral inferior frontal gyrus)之间具有更强的连通性,可能是老年人优先编码高价值项目的策略化能力得以保留的原因(Allen et al., 2021; Hargis & Castel, 2019; Nguyen, Leanos, et al., 2020)。

综上,儿童和青少年时期,前额叶缓慢发育,而海马已趋于成熟,此时自动化机制在价值导向记忆中起主导作用,策略化机制开始逐渐发挥作用;成年时期,深度语义处理脑区与奖赏系统脑区成熟,自动化机制与策略化机制在不同情况下起不同的作用;老年时期,奖赏系统与额叶功能衰退,但选择性编码策略的能力与经验得以保留,自动化机制的作用减退,策略化机制起主导作用。

4 总结与展望

综上,价值影响记忆的作用机制具有特异性,学习情境是货币激励编码(MIE)任务、再认测验目标导向、长时间的延迟测验,以及在成年期之前,自动化机制占主导;学习情境是价值导向记忆(VDR)范式、自由回忆测验目标导向、短时间的即时测验,以及在成年期之后,策略化机制占主导。对价值导向记忆双重机制的深入研究,能够进一步揭示奖赏对人类记忆的调节作用及其神经基础,但该领域有如下问题待进一步探讨:

4.1 双重机制共同作用条件下各自影响的分离

目前关于价值影响记忆的研究通常要么孤立地强调奖赏动机驱动的自动化机制,要么孤立地强调策略化机制(Bowen et al., 2020; Han et al., 2023; Murphy & Castel, 2021)。然而,优先记住高价值信息更多的是受益于双重机制的作用(Knowlton & Castel, 2022)。先前的功能磁共振成像实验表明,奖赏敏感区域(如腹侧纹状体和中脑区域)在策略化机制占主导的VDR范式中 also 得到一定程度的激活(Cohen et al., 2014),说明虽然策略化机制占主导,自动化机制也在其中发挥作用。认知神经科学研究发现,多巴胺神经元会从中脑腹侧被盖区投射到前额叶皮层,形成中脑皮层通路,负责调控个体在奖赏下的注意控制过程(Russo & Nestler, 2013)。多巴胺奖赏系统与前额叶区域交互连接,指导动机和控制行为(Telzer et al., 2015),影响后续的记忆效果(Hennessee, Reggente, et al., 2019),以上研究为自动化机制与策略化机制共同作用提供了神经基础。但目前研究多是将两种机制的作用进行分离(Chakravarty

et al., 2019; Hennessee, Patterson, et al., 2019; Madan, 2017), 未来研究应探究两种机制在不同情况下共同发挥的作用, 以及在学习过程中对应脑区激活程度的动态变化过程, 构建更完善的价值影响记忆的双重机制框架。

4.2 双重机制实验范式中两种影响变量的分离

价值导向记忆双重机制的现有研究中, 自动化机制采用的货币激励编码(MIE)任务和策略化机制采用的价值导向记忆(VDR)范式存在两个影响实验结果的因素不能分离。首先, 相较于 MIE 范式, VDR 范式在学习过程中穿插记忆测验, 被试在测验与反馈中会逐渐使用有效的学习策略, 采用策略化机制(Castel et al., 2012)。再者, MIE 范式告知被试未来的测验形式是再认测验, VDR 范式是自由回忆测验, 使得被试对接下来的学习与测验进行元记忆控制, 在刺激呈现前产生选择自动化还是策略化加工机制的偏向。但究竟是穿插记忆测验还是测验类型目标导向对被试选择策略化还是自动化机制影响较大尚未可知。未来研究应改进实验范式, 可将 VDR 范式中穿插的记忆测验由传统的自由测验改进成再认测验, 增加无穿插测验的对照组, 以探明目标导向和穿插测验对双重机制的具体影响。

4.3 价值导向元记忆对双重机制的影响作用

价值导向记忆并不是单一的记忆过程, 而是记忆和元记忆过程的混合(姜英杰, 2016)。价值导向元记忆的主要功能是根据不同的情境, 对记忆活动进行监控和调节, 选择所需认知资源较少的自动化机制或涉及元记忆成分较多的策略化机制发挥主导作用。被试接受实验刺激前, 指导语告知被试即将呈现的测验形式, 此时元记忆开始起作用, 思考是否需要较多的认知资源, 对未来选择自动化机制还是策略化机制产生预期。刺激呈现时, 根据学习过程中是否穿插记忆测验, 元记忆控制调整编码策略, 优化认知资源分配(Cohen et al., 2017), 选择价值作用机制。个体在编码时对认知资源投入的调节, 是元记忆控制过程的体现, 通常采用眼动技术进行探究(龙翼婷 等, 2023)。但目前并未有研究专门探讨价值导向元记忆在双重机制选择中的作用, 而眼动研究中的注视时间、瞳孔直径变化等指标可以反映元记忆监测与控制的过程(Ariel & Castel, 2014), 以及被试的心理努力程度与认知资源分配(杨晓梦 等, 2020),

能够探明个体究竟是有意识地采用编码策略, 还是被高价值信息自动吸引注意。因此, 未来研究应着眼于价值导向元记忆如何对记忆过程进行监测与控制, 选择价值影响记忆的主导作用机制。

4.4 无意记忆编码过程中双重机制的作用分析

价值导向记忆双重机制的现有研究更多考察价值对有意记忆的影响, 对无意记忆的考察相对较少。Wittmann 等人(2005)采用无意记忆范式, 使用刺激材料类别(如生物/非生物)作为奖励预测线索, 被试完成奖赏或中性编码任务时, 对刺激材料会进行伴随的无意加工, 随后对刺激材料进行意外的记忆测验。结果揭示了有价值类别比无价值类别的记忆成绩更好, 高价值类别比低价值类别的记忆成绩更好。有研究对价值影响无意记忆的作用机制进行了探究, 结果存在争议(王松雪 等, 2023)。大多数研究认为无意记忆范式中被试不知道最后有记忆测验, 没有优先编码有价值材料类别的意图, 价值影响无意记忆只通过自动化机制起作用(Cheng et al., 2020; Patil et al., 2017)。但也有研究证明, 注意控制相关区域(如内侧前额叶)在价值影响无意记忆的过程中也得到一定程度的激活(Bialleck et al., 2011; Murayama & Kitagami, 2014), 说明不能完全排除与策略化机制有关的注意控制和加工深度的作用。但目前并未有研究直接探讨价值影响无意记忆过程中的双重机制, 以及策略化机制在其中究竟是否发挥着作用, 未来研究应在无意记忆范式下进一步探究自动化机制与策略化机制发挥的共同作用和具体作用。

参考文献

- 姜英杰. (2016). 价值导向元记忆基本理论问题界说. *东北师大学报(哲学社会科学版)*, (6), 240-244.
- 姜英杰, 王志伟, 郑明玲, 金雪莲. (2016). 基于价值的议程对学习时间分配影响的眼动研究. *心理学报*, 48(10), 1229-1238.
- 龙翼婷, 姜英杰, 崔璨, 岳阳. (2023). 奖赏预测误差对项目联结记忆影响的分离: 元记忆的作用. *心理学报*, 55(6), 877-891.
- 王松雪, 程思, 蒋挺, 刘勋, 张明霞. (2023). 外在奖赏对陈述性记忆的影响. *心理科学进展*, 31(01), 78-86.
- 严燕, 姜英杰, 杨玲. (2013). 价值导向元记忆中价值顺序效应初探. *心理学报*, 45(10), 1094-1103.
- 杨晓梦, 王福兴, 王燕青, 赵婷婷, 高春颖, 胡祥恩. (2020). 瞳孔是心灵的窗口吗?——瞳孔在心理学研究中的应用及测量. *心理科学进展*, 28(7), 1029-1041.

- Adcock, R. A., Thangavel, A., Whitfield-Gabrieli, S., Knutson, B., & Gabrieli, J. D. E. (2006). Reward-motivated learning: Mesolimbic activation precedes memory formation. *Neuron*, 50(3), 507–517.
- Allen, R. J., Atkinson, A. L., & Nicholls, L. A. B. (2021). Strategic prioritisation enhances young and older adults' visual feature binding in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 74(2), 363–376.
- Ariel, R., & Castel, A. D. (2014). Eyes wide open: Enhanced pupil dilation when selectively studying important information. *Experimental Brain Research*, 232(1), 337–344.
- Arnold, K. M., & McDermott, K. B. (2013). Test-potentiated learning: Distinguishing between direct and indirect effects of tests. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(3), 940–945.
- Bethus, I., Tse, D., & Morris, R. G. M. (2010). Dopamine and memory: Modulation of the persistence of memory for novel hippocampal NMDA receptor-dependent paired associates. *The Journal of Neuroscience*, 30(5), 1610–1618.
- Bialleek, K. A., Schaal, H.-P., Kranz, T. A., Fell, J., Elger, C. E., & Axmacher, N. (2011). Ventromedial prefrontal cortex activation is associated with memory formation for predictable rewards. *PLoS ONE*, 6(2), Article e16695.
- Bijleveld, E., Custers, R., & Aarts, H. (2012). Adaptive reward pursuit: How effort requirements affect unconscious reward responses and conscious reward decisions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(4), 728–742.
- Bowen, H. J., Ford, J. H., Grady, C. L., & Spaniol, J. (2020). Frontostriatal functional connectivity supports reward-enhanced memory in older adults. *Neurobiology of Aging*, 90, 1–12.
- Braun, E. K., Wimmer, G. E., & Shohamy, D. (2018). Retroactive and graded prioritization of memory by reward. *Nature Communications*, 9(1), Article 4886.
- Castel, A. D. (2008). Metacognition and learning about primacy and recency effects in free recall: The utilization of intrinsic and extrinsic cues when making judgments of learning. *Memory & Cognition*, 36(2), 429–437.
- Castel, A. D., Balota, D. A., & McCabe, D. P. (2009). Memory efficiency and the strategic control of attention at encoding: Impairments of value-directed remembering in Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 23(3), 297–306.
- Castel, A. D., Benjamin, A. S., Craik, F. I. M., & Watkins, M. J. (2002). The effects of aging on selectivity and control in short-term recall. *Memory & Cognition*, 30(7), 1078–1085.
- Castel, A. D., Farh, N. A. S., & Craik, F. I. M. (2007). Memory for general and specific value information in younger and older adults: Measuring the limits of strategic control. *Memory & Cognition*, 35(4), 689–700.
- Castel, A. D., Humphreys, K. L., Lee, S. S., Galván, A., Balota, D. A., & McCabe, D. P. (2011). The development of memory efficiency and value-directed remembering across the life span: A cross-sectional study of memory and selectivity. *Developmental Psychology*, 47(6), 1553–1564.
- Castel, A. D., McGillivray, S., & Friedman, M. C. (2012). Metamemory and memory efficiency in older adults: Learning about the benefits of priority processing and value-directed remembering. In M. Naveh-Benjamin, & N. Ohta (Eds.), *Memory and aging: Current issues and future directions* (pp. 245–270). Psychology Press.
- Castel, A. D., Middlebrooks, C. D., & McGillivray, S. (2016). Monitoring memory in old age: Impaired, spared, and aware. In J. Dunlosky, & S. Tauber (Eds.), *The Oxford handbook of metamemory* (pp. 519–535). Oxford University Press.
- Castel, A. D., Murayama, K., Friedman, M. C., McGillivray, S., & Link, I. (2013). Selecting valuable information to remember: Age-related differences and similarities in self-regulated learning. *Psychology and Aging*, 28(1), 232–242.
- Chakravarty, S., Fujiwara, E., Madan, C. R., Tomlinson, S. E., Ober, I., & Caplan, J. B. (2019). Value bias of verbal memory. *Journal of Memory and Language*, 107, 25–39.
- Cheng, S., Jiang, T., Xue, J., Wang, S., Chen, C., & Zhang, M. (2020). The influence of rewards on incidental memory: More does not mean better. *Learning & Memory*, 27(11), 462–466.
- Cohen, M. S., Rissman, J., Hovhannisyan, M., Castel, A. D., & Knowlton, B. J. (2017). Free recall test experience potentiates strategy-driven effects of value on memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(10), 1581–1601.
- Cohen, M. S., Rissman, J., Suthana, N. A., Castel, A. D., & Knowlton, B. J. (2014). Value-based modulation of memory encoding involves strategic engagement of fronto-temporal semantic processing regions. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 14(2), 578–592.
- Cohen, M. S., Rissman, J., Suthana, N. A., Castel, A. D., & Knowlton, B. J. (2016). Effects of aging on value-directed modulation of semantic network activity during verbal learning. *NeuroImage*, 125, 1046–1062.
- Edelmann, E., & Lessmann, V. (2013). Dopamine regulates intrinsic excitability thereby gating successful induction of spike timing-dependent plasticity in CA1 of the hippocampus. *Frontiers in Neuroscience*, 7, Article 25.
- Elliott, B. L., Blais, C., McClure, S. M., & Brewer, G. A. (2020). Neural correlates underlying the effect of reward value on recognition memory. *NeuroImage*, 206, Article 116296.
- Elliott, B. L., & Brewer, G. A. (2019). Divided attention selectively impairs value-directed encoding. *Collabra: Psychology*, 5(1), Article 4.
- Feld, G. B., Besedovsky, L., Kaida, K., Münte, T. F., & Born, J. (2014). Dopamine D2-like receptor activation wipes out preferential consolidation of high over low reward memories during human sleep. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26(10), 2310–2320.

- Ferguson, L. M., Ahrens, A. M., Longyear, L. G., & Aldridge, J. W. (2020). Neurons of the ventral tegmental area encode individual differences in motivational “wanting” for reward cues. *Journal of Neuroscience*, 40(46), 8951–8963.
- Galvan, A., Hare, T. A., Parra, C. E., Penn, J., Voss, H., Glover, G., & Casey, B. J. (2006). Earlier development of the accumbens relative to orbitofrontal cortex might underlie risk-taking behavior in adolescents. *Journal of Neuroscience*, 26(25), 6885–6892.
- Geddes, M. R., Mattfeld, A. T., Angeles, C. D. L., Keshavan, A., & Gabrieli, J. D. E. (2018). Human aging reduces the neurobehavioral influence of motivation on episodic memory. *NeuroImage*, 171, 296–310.
- Gogtay, N., Nugent III, T. F., Herman, D. H., Ordonez, A., Greenstein, D., Hayashi, K. M., Clasen, L., Toga, A. W., Giedd, J. N., Rapoport, J. L., & Thompson, P. M. (2006). Dynamic mapping of normal human hippocampal development. *Hippocampus*, 16(8), 664–672.
- Gruber, M. J., Ritchey, M., Wang, S.-F., Doss, M. K., & Ranganath, C. (2016). Post-learning hippocampal dynamics promote preferential retention of rewarding events. *Neuron*, 89(5), 1110–1120.
- Han, L. T., Cohen, M. S., He, L. K., Green, L. M., Knowlton, B. J., Castel, A. D., & Rissman, J. (2023). Establishing a causal role for left ventrolateral prefrontal cortex in value-directed memory encoding with high-definition transcranial direct current stimulation. *Neuropsychologia*, 181, Article 108489.
- Hargis, M. B., & Castel, A. D. (2019). Knowing what others know: Younger and older adults’ perspective-taking and memory for medication information. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 8(4), 481–493.
- Hargis, M. B., Siegel, A. L. M., & Castel, A. D. (2019). Motivated memory, learning, and decision-making in older age: Shifts in priorities and goals. In G Samanez-Larkin (Ed.), *The aging brain: Functional adaptation across adulthood* (pp. 135–164). American Psychological Association.
- Hennessee, J. P., Castel, A. D., & Knowlton, B. J. (2017). Recognizing what matters: Value improves recognition by selectively enhancing recollection. *Journal of Memory and Language*, 94, 195–205.
- Hennessee, J. P., Patterson, T. K., Castel, A. D., & Knowlton, B. J. (2019). Forget me not: Encoding processes in value-directed remembering. *Journal of Memory and Language*, 106, 29–39.
- Hennessee, J. P., Reggente, N., Cohen, M. S., Rissman, J., Castel, A. D., & Knowlton, B. J. (2019). White matter integrity in brain structures supporting semantic processing is associated with value-directed remembering in older adults. *Neuropsychologia*, 129, 246–254.
- Hickey, C., Chelazzi, L., & Theeuwes, J. (2010). Reward changes salience in human vision via the anterior cingulate. *Journal of Neuroscience*, 30(33), 11096–11103.
- Igloi, K., Gaggioni, G., Sterpenich, V., & Schwartz, S. (2015). A nap to recap or how reward regulates hippocampal-prefrontal memory networks during daytime sleep in humans. *ELife*, 4, Article e07903.
- Jackson, R. L. (2021). The neural correlates of semantic control revisited. *NeuroImage*, 224, Article 117444.
- Knowlton, B. J., & Castel, A. D. (2022). Memory and reward-based learning: A value-directed remembering perspective. *Annual Review of Psychology*, 73(1), 25–52.
- Koechlin, E., Ody, C., & Kouneiher, F. (2003). The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science*, 302(5648), 1181–1185.
- Lebel, C., & Beaulieu, C. (2011). Longitudinal development of human brain wiring continues from childhood into adulthood. *Journal of Neuroscience*, 31(30), 10937–10947.
- Lempert, K. M., Cohen, M. S., MacNear, K. A., Reckers, F. M., Zaneski, L., Wolk, D. A., & Kable, J. W. (2022). Aging is associated with maladaptive episodic memory-guided social decision-making. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(42), Article e2208681119.
- Madan, C. R. (2017). Motivated cognition: Effects of reward, emotion, and other motivational factors across a variety of cognitive domains. *Collabra: Psychology*, 3(1), Article 24.
- Middlebrooks, C. D., Murayama, K., & Castel, A. D. (2017). Test expectancy and memory for important information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(6), 972–985.
- Murayama, K., & Kitagami, S. (2014). Consolidation power of extrinsic rewards: Reward cues enhance long-term memory for irrelevant past events. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(1), 15–20.
- Murayama, K., & Kuhbandner, C. (2011). Money enhances memory consolidation—but only for boring material. *Cognition*, 119(1), 120–124.
- Murphy, D. H., Agadzhanian, K., Whatley, M. C., & Castel, A. D. (2021). Metacognition and fluid intelligence in value-directed remembering. *Metacognition and Learning*, 16(3), 685–709.
- Murphy, D. H., & Castel, A. D. (2021). Responsible remembering and forgetting as contributors to memory for important information. *Memory & Cognition*, 49(5), 895–911.
- Nguyen, C., Leanos, S., Natsuaki, M. N., Rebok, G. W., & Wu, R. (2020). Adaptation for growth via learning new skills as a means to long-term functional independence in older adulthood: Insights from emerging adulthood. *The Gerontologist*, 60(1), 4–11.
- Nguyen, L. T., Marini, F., Shende, S. A., Llano, D. A., & Mudar, R. A. (2020). Investigating EEG theta and alpha oscillations as measures of value-directed strategic processing in cognitively normal younger and older adults. *Behavioural Brain Research*, 391, Article 112702.
- Nguyen, L. T., Marini, F., Zacharczuk, L., Llano, D. A., &

- Mudar, R. A. (2019). Theta and alpha band oscillations during value-directed strategic processing. *Behavioural Brain Research*, 367, 210–214.
- Ofen, N., Kao, Y.-C., Sokol-Hessner, P., Kim, H., Whitfield-Gabrieli, S., & Gabrieli, J. D. E. (2007). Development of the declarative memory system in the human brain. *Nature Neuroscience*, 10(9), 1198–1205.
- Patil, A., Murty, V. P., Dunsmoor, J. E., Phelps, E. A., & Davachi, L. (2017). Reward retroactively enhances memory consolidation for related items. *Learning & Memory*, 24(1), 65–69.
- Rasch, B., Büchel, C., Gais, S., & Born, J. (2007). Odor cues during slow-wave sleep prompt declarative memory consolidation. *Science*, 315(5817), 1426–1429.
- Reggente, N., Cohen, M. S., Zheng, Z. S., Castel, A. D., Knowlton, B. J., & Rissman, J. (2018). Memory recall for high reward value items correlates with individual differences in white matter pathways associated with reward processing and fronto-temporal communication. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, Article 241.
- Russo, S. J., & Nestler, E. J. (2013). The brain reward circuitry in mood disorders. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(9), 609–625.
- Schultz, W. (2015). Neuronal reward and decision signals: From theories to data. *Physiological Reviews*, 95(3), 853–951.
- Shigemune, Y., Tsukiura, T., Kambara, T., & Kawashima, R. (2014). Remembering with gains and losses: Effects of monetary reward and punishment on successful encoding activation of source memories. *Cerebral Cortex*, 24(5), 1319–1331.
- Shohamy, D., & Adcock, R. A. (2010). Dopamine and adaptive memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(10), 464–472.
- Siegel, A. L. M., Schwartz, S. T., & Castel, A. D. (2021). Selective memory disrupted in intra-modal dual-task encoding conditions. *Memory & Cognition*, 49(7), 1453–1472.
- Siegel, A. L. M., Whatley, M. C., Hargis, M. B., & Castel, A. D. (2020). Changes in memory and metacognition in older adulthood. In A. Drolet, & C. Yoon (Eds.), *The aging consumer: Perspectives from psychology and marketing* (pp. 26–46). Routledge.
- Spaniol, J., Schain, C., & Bowen, H. J. (2014). Reward-enhanced memory in younger and older adults. *The Journals of Gerontology: Series B*, 69(5), 730–740.
- Standing, L. (1973). Learning 10000 pictures. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25(2), 207–222.
- Storm, B. C., Hickman, M. L., & Bjork, E. L. (2016). Improving encoding strategies as a function of test knowledge and experience. *Memory & Cognition*, 44(4), 660–670.
- Studte, S., Bridger, E., & Mecklinger, A. (2017). Sleep spindles during a nap correlate with post sleep memory performance for highly rewarded word-pairs. *Brain and Language*, 167, 28–35.
- Telzer, E. H. (2016). Dopaminergic reward sensitivity can promote adolescent health: A new perspective on the mechanism of ventral striatum activation. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 17(C), 57–67.
- Telzer, E. H., Ichien, N. T., & Qu, Y. (2015). Mothers know best: Redirecting adolescent reward sensitivity toward safe behavior during risk taking. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(10), 1383–1391.
- Weiland, B. J., Heitzeg, M. M., Zald, D., Cummiford, C., Love, T., Zucker, R. A., & Zubieta, J.-K. (2014). Relationship between impulsivity, prefrontal anticipatory activation, and striatal dopamine release during rewarded task performance. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 223(3), 244–252.
- Wendelken, C., O'Hare, E. D., Whitaker, K. J., Ferrer, E., & Bunge, S. A. (2011). Increased functional selectivity over development in rostrolateral prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, 31(47), 17260–17268.
- Whatley, M. C., & Castel, A. D. (2021). The role of metacognition and schematic support in younger and older adults' episodic memory. *Memory & Cognition*, 50(3), 601–616.
- Wittmann, B. C., Schott, B. H., Guderian, S., Frey, J. U., Heinze, H.-J., & Düzel, E. (2005). Reward-related fMRI activation of dopaminergic midbrain is associated with enhanced hippocampus-dependent long-term memory formation. *Neuron*, 45(3), 459–467.
- Wolosin, S. M., Zeithamova, D., & Preston, A. R. (2012). Reward modulation of hippocampal subfield activation during successful associative encoding and retrieval. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(7), 1532–1547.
- Zanto, T. P., & Gazzaley, A. (2019). Aging of the frontal lobe. *Handbook of Clinical Neurology*, 163, 369–389.

How does value influences memory: A perspective from specificity

ZHONG Yuxuan, JIANG Yingjie

(School of Psychology, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: Selective encoding and retrieval of valuable information are fundamental for individual survival and development, so how to guarantee the optimization of memory effects has been a key focus on memory research. In recent years, many studies have revealed the dual-mechanism for value-directed remembering, with automatic and strategic mechanisms both contributing to the differential storing of high- and low-value information. From the perspective of specificity, the present research concerns that automatic and strategic mechanisms underlying the influence of value on memory were systematically reviewed, and automatic and strategic mechanisms play varying dominant roles in different learning contexts, goal-directed, test time and participants'age stages. The reward system and medial temporal lobe regions were more activated when the automatic mechanism was dominant, while deep semantic processing brain regions and executive control systems were more activated when the strategic mechanism was dominant. Future research can focus on the joint and distinct influences of the two mechanisms on value-directed remembering.

Keywords: value-directed remembering, automatic mechanism, strategic mechanism, metamemory, memory.