

· 主编特邀(Editor-In-Chief Invited) ·

记忆提取的决定因素：线索负荷、编码-提取 匹配和辨别*

白学军¹ 刘湍丽^{1,2} 邢敏² 巩彦斌¹

(¹ 天津师范大学心理与行为研究院, 国民心理健康评估与促进协同创新中心, 天津 300074)

(² 信阳师范学院教育科学学院, 信阳 464000)

摘要 “哪些因素决定提取效果”是记忆研究的主要问题之一。线索负荷假说认为与提取线索相关联的项目数量决定了提取效果, 编码-提取匹配假说则强调编码与提取阶段的匹配程度决定提取成绩。这两者在记忆研究的不同时期均受到研究者的关注。在整合以往研究的基础上, 有研究者提出了记忆是一个辨别过程的新观点, 认为真正对回忆成绩起决定作用的是线索在多大程度上与某一目标项目匹配并能排除其他可能的备选项目。该观点对深入探索“哪些因素决定提取效果”这一问题提供了新的视角。在未来的研究中, 研究者应正确看待辨别过程观点与编码-提取匹配观点的关系, 同时可以借助新的技术手段从多个层面对这一新观点进行检验, 并进一步丰富和完善该理论解释。

关键词 线索负荷; 编码-提取匹配; 辨别过程

分类号 B842

人类认知研究需要回答的最重要的问题之一是“我们是怎么回忆的”, 即我们是如何从记忆中提取信息的(Poirier et al., 2012)。对这一过程深入的了解有助于我们理解正常记忆功能、遗忘以及疾病或大脑功能障碍引发的记忆问题。

在对记忆进行长期探索的过程中, 有两个观点曾先后受到研究者的关注: 线索负荷假说(cue overload)和编码-提取匹配假说(encoding-retrieval match)。早期的记忆研究者常借助线索负荷假说来解释各种记忆现象。该假说认为: 与线索相关联的记忆项目数量越多, 线索的有效性就越低(Watkins & Watkins, 1975; Earhard, 1967; Watkins, 1979; Poirier et al., 2012), 回忆成绩也随之越差。

收稿日期: 2013-10-10

* 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(08JJDXXLX266)、天津市高等学校心理健康与行为调控创新团队(39)和天津市哲学社会科学规划重点课题(TJJX13-002)资助。

通讯作者: 刘湍丽, E-mail: liutuanli@126.com;

白学军, E-mail: bxuejun@126.com

但随着研究的深入, 很多研究者摒弃了之前的主张, 认为对记忆效果起决定性作用的并不是与线索相关联的记忆项目数量的多少, 而是提取条件在多大程度上与编码条件重叠或匹配, 于是编码-提取匹配假说(Tulving, 1983; Eysenck & Keane, 2010)逐渐占据了主导地位。

理论的发展总是因研究者的质疑而不断接近真相。最近, Nairne (2002, 2006)对编码-提取匹配这一广为接受的观点提出了质疑, 指出编码-提取匹配与记忆效果之间并非是因果关系, 而只是相关关系。因此, 编码-提取匹配并不能准确预测记忆效果。Nairne 整合之前线索负荷假说的观点, 对决定记忆效果的因素提出了新的理论观点。本研究将先对线索负荷和编码-提取匹配两个观点逐一进行回顾, 在此基础上着重对 Nairne (2002, 2006)的新观点进行介绍和分析, 并进一步探讨未来可能的研究方向。

1 线索负荷假说

1.1 线索负荷假说的基本观点

线索负荷假说(Earhard, 1967; Watkins, 1979;

Watkins & Watkins, 1975)认为:与某个特定线索相关联的目标项目的数量越多,该线索能够唤起对任一目标项目回忆的可能性就越低,线索的有效性越低。反之,对于某特定目标项目来说,线索越特殊、越明确,线索唤起对该项目的回忆的可能性就越高。Craik 和 Jacoby (1979)曾指出,提取某个事件的可能性受记忆系统中对某个目标词的编码与其它痕迹的相似程度的影响。

1.2 支持线索负荷假说的证据

研究者认为,线索负荷假说可以很好解释词表长度效应(list length effect)、类别大小效应(category size effect)和 Brown-Peterson 范式中的前摄抑制(Surprenant & Neath, 2009)。

词表长度效应是指回忆率随词表长度增加而降低。如果假定词表最后一个项目是提取线索,那么根据这一原则,线索的有效性随着共享同一线索的项目数量的增加而降低。

类别大小效应是指从一个类别词表中回忆某个项目的可能性随着类别大小的增加而系统的降低(Watkins & Watkins, 1975)。在类别词表的学习中,某个词表中的项目来自于若干个概念上无关的类别,对于此类词表的回忆,类别名称可以作为有效的线索,因此相较于项目间的关联,通过类别名称作为线索的回忆效果更好。把词表中的每个独立的类别看作是相互独立的小词表,很多研究均表明线索-负荷假说可以对这些独立小词表进行解释(Rutherford, 2004)。

Brown-Peterson 范式中的前摄抑制是指在实验中,呈现给被试一些学习项目,随后要求被试回忆,如此循环,则回忆成绩随着循环次数的增加而降低(Watkins & Watkins, 1975)。Watkins 和 Watkins (1975)呈现给被试一系列 Brown-Peterson 试次,每三个试次属于同一语义类别,但控制了首因效应和近因效应,结果发现回忆成绩与词表序列位置无关,而与线索负荷有关。并且最终测试的成绩与类别中项目的数量成反比,进一步支持了线索负荷观点。

Murnane 和 Phelps (1994)通过操纵同一背景色上单词项目的数量来考察线索负荷的作用,实验结果支持线索负荷假说。Rutherford (2004)对场合线索负荷进行了考察,结果发现场合线索负荷较小时,再认正确率较高,实验结果支持线索负荷假说。

然而,尽管线索负荷假说得到很多实验结果的支持(Earhard, 1967; Watkins, 1979; Watkins & Watkins, 1975),但它只是一个认为线索有效性随着与之关联项目数量增加而降低的假说。这与传统的记忆模型存在着较大的差异,传统的记忆模型会提供相对完整的记忆系统的加工过程。因此,必须对线索负荷的某些方面是如何在心理系统中产生作用加以说明。例如,线索激活目标,更确切的说激活目标的心理表征。但是一个得以激活的目标表征如何导致个体在外显行为上说出特定目标的名称,或者按一个适当的再认反应键?从激活的目标到要求的外显行为之间的加工过程需要加以说明(Rutherford, 2004)。

线索负荷假说是一个证据充分且可靠的发现,但正如 Craik 和 Jacoby (1979)所认为的,由于研究者过分关注其他因素,因而线索负荷经常被认为是较弱的和可替代的因素(Goh & Lu, 2012; Beaman, Hanczakowski, Hodgetts, Marsh, & Jones, 2013)。

1.3 线索负荷的神经基础

线索负荷观点认为成功的提取依赖于提取线索的可得性(availability) (Wixted, 2004)。从这个角度来看,遗忘的发生是由于提取阶段的干扰造成的,即提取线索未能激活编码阶段的神经活动所致(Frankland, Köhler, & Josselyn, 2013)。

线索负荷实际上是一种记忆干扰现象,当存在与提取线索相关联的竞争项目时,干扰就发生了。有研究(Bergström, O'Connor, Li, & Simons, 2012)采用 ERP 技术考察了这种提取干扰现象的 ERP 成分是否受任务要求的影响。要求被试对线索词进行编码,线索词的呈现次数为两次或四次,在线索词重复出现的过程中,与之配对出现的目标词或者相同或者不同。在测验阶段,要求被试回忆与线索词最近共同出现的目标词,或者仅判断线索出现的次数而不要求回忆。实验结果发现测验阶段干扰项目存在一个早期的头皮后部正成分,这一成分反映与某一线索相关联的项目的激活。结果表明干扰效应在早期是相对自动化的加工,并且不受有意识提取的影响。

前摄抑制作为线索负荷的一种存在形式,也受到一些研究者的关注。神经心理损伤(Thompson-Schill et al., 2002)和功能核磁共振(D'Esposito, Postle, Jonides, & Smith, 1999)等方面的研究一致认为腹外侧前额叶(VLPFC)与前摄抑制有一定的

关系。特别是左侧额下回被认为是与工作记忆提取过程中前摄抑制发生相关的脑区(D'Esposito et al., 1999)。事件相关功能磁共振的研究发现与前摄抑制相关的左侧额下回的激活来自于反应阶段而非其他阶段如编码或保持阶段(D'Esposito et al., 1999; Postle, Brush, & Nick, 2004)。此外有少数研究认为前摄抑制过程包含一些与背外侧前额叶和额极脑区相关的场合依存认知控制和监测过程(Badre & Wagner, 2005; Bunge, Ochsner, Desmond, Glover, & Gabrieli, 2001)。例如, 研究者认为在前摄抑制中额极皮层的激活优先发生(Badre & Wagner, 2005)。

2 编码-提取匹配假说

2.1 编码-提取匹配假说的基本观点

如果要求记忆研究者列出他们认为最重要的记忆原则, 那么毫无疑问编码-提取匹配原则会位居榜首(Higham, 2002)。该观点认为当人们试图回忆某个特定事件时, 伴随最初编码活动一起被加工的情境、情绪或状态的恢复, 使得当前线索信息和需要获取信息的一致性增加, 因而有助于提取。在学习阶段与目标项目共同编码的提取线索, 在测试阶段的重新提供具有重要作用。如今很多研究领域使用编码-提取匹配观点来预测和解释他们的研究结果(Poirier et al., 2012)。

2.2 编码-提取匹配得到的实验支持

2.2.1 来自情境依存、情绪依存等方面研究的支持

在现代研究中, 编码-提取匹配已被作为情境依存(context-dependent)、情绪依存(mood-dependent)等领域的研究基础(Smith & Vela, 2001; Poirier et al., 2012; Beaman et al., 2013)。

场合依存记忆是指当记忆提取时所处的背景场合与事件发生时所处的背景场合相匹配时, 将易于目标信息的提取。Smith 和 Vela (2001)的研究回顾了情境依存记忆的相关研究, 并对这些研究进行了元分析。结果表明, 情境依存效应相对可靠, 表明编码和提取阶段场合的匹配有利于回忆效果的提高(Schwabe, Böhringer, & Wolf, 2009; Markopoulos, Rutherford, Cairns, & Green, 2010; Smith & Manzano, 2010)。

情绪依存记忆是指当一种过去事件的记忆处在一种与当前提取阶段相类似的情绪中时, 回忆效果会提高。学习和测试阶段的情绪匹配起着显

著的记忆增强效应(Lewis & Critchley, 2003; Kanayama, Sato, & Ohira, 2008; Nutt & Lam, 2011)。廖岩和张钦(2012)将经典情绪启动范式和学习-再认范式相结合, 探讨学习时启动与目标的情绪一致性对目标再认的影响。结果表明, 编码阶段的加工背景对记忆提取产生了显著影响, 一致启动促进了认知加工与记忆编码, 提高了再认正确率; ERP结果也表明, 在目标刺激呈现后300-500 ms, 编码时的情绪一致性对再认阶段消极目标诱发的ERP产生了显著影响。

刺激材料知觉特征的匹配也有助于记忆的提取。有研究(Reder, Donavos, & Erickson, 2002)通过改变学习和测试时单词的字体, 考察记忆表征的物理属性是否影响外显记忆成绩。结果发现, 如果学习阶段和再认阶段字体匹配, 则再认成绩较好。表明知觉信息的操纵与概念信息的操纵遵从同样的记忆原则(Lamberts, Brockdorff, & Heit, 2002)。Isarida 和 Isarin (2007)通过4个实验考察了自由回忆中背景色的情境依存效应(background-color context effect)。根据学习和测试阶段背景色是否一致, 把回忆项目分为同和异场合项目, 实验结果表明背景色的变化是产生场合效应的必要且充分条件(Sakai, Isarida, & Isarida, 2010)。

2.2.2 来自不同记忆范式等方面研究的支持

除了场合依存、情绪依存等研究外, 也有很多采用其他实验范式的研究支持编码-提取匹配观点(Hannon & Craik, 2001; Dewhurst & Brandt, 2007; Hannon & Daneman, 2007; Mulligan & Hornstein, 2003; Campbell, Edwards, Horswill, & Helman, 2007; Dewhurst & Knott, 2010; Isarida, Isarida, & Sakai, 2012; Hofmeister, 2011; Garcia-Marques, Garrido, Hamilton, & Ferreira, 2012)。

Engelkamp, Zimmer, Mohr 和 Sellen (1994)采用表演范式(enactment paradigm)对编码-提取匹配进行了检验。结果发现, 在再认决策之前再次完成学习阶段完成的动作, 记忆效果更好(Mulligan & Hornstein, 2003)。这一结果为“当学习阶段的操作在测试阶段重现则再认准确率提高”的观点提供了强有力的证据。

采用编码特异性范式, Hannon 和 Craik (2001)考察了词对的语义特征对记忆的影响作用, 结果发现, 语义关联和提取阶段线索的提供均是回忆成绩的重要影响因素。

前人研究也发现编码-提取匹配对前瞻记忆的作用(Cherry et al., 2001)。Hannon 和 Daneman (2007)的研究同时操纵编码、提取和编码-提取匹配这三个因素, 8 个实验的结果表明, 目标事件的编码和提取之间匹配程度的增加有利于前瞻记忆。

也有研究通过操纵刺激的呈现方式(直接呈现或生成任务)考察编码-提取匹配。Glisky 和 Rabinowitz (1985)给被试呈现 5 个字母组成的单词, 这些单词或是直接呈现给被试, 或是从四字母片段中生成, 结果发现当被试在再认之前需要生成测试项目, 则生成效应(生成比阅读的再认准确率高)增强。Dewhurst 和 Brandt (2007)的研究得到了同样的结果, 即生成任务在测验阶段再现, 能够提高对学习项目的“记住”反应。最近, Dewhurst 和 Knott (2010)以同样的方式, 考察了再认任务中的编码-提取匹配。实验结果表明在学习和测验阶段均采用生成任务, 能有效提高再认优势, 这些结果均支持编码-提取匹配的观点(Isarida et al., 2012)。

Hofmeister (2011)考察了实时句子理解(real-time sentence comprehension)中编码-提取之间的关系, 表明在单词记忆中起作用的一些原则在句子理解任务中也同样适用。研究结果与 Nairne (2002, 2006)的观点一致, 即目标的独特特征特征能够有效降低基于相似性的干扰作用。

有研究(Garcia-Marques et al., 2012)考察了印象形成情境中的部分线索效应和协作抑制效应, 实验变化了编码和提取时项目组织的一致性, 结果表明, 当编码和提取时的组织方式不一致时, 记忆成绩受到损害。

此外, 另一个相关的概念——复现假说(reinstatement hypothesis)在认知神经科学的研究中具有较强的影响力。该假说认为当负责某近期事件的皮层活动模式在大脑中通过对提取信息的加工而得以恢复时, 对该近期事件的有意识记忆是可能的(Danker & Anderson, 2010; Ritchey, LaBar, & Cabeza, 2011)。该假说受到若干采用脑功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging)技术研究者的关注, 这些研究也支持编码-提取匹配的观点(Johnson, McDuff, Rugg, & Norman, 2009; Danker & Anderson, 2010; Dupret, O'Neill, Pleydell-Bouverie, & Csicsvari, 2010; Jenkins & Ranganath, 2010)。

Kent 和 Lamberts (2008)指出, 脑成像研究中编码阶段被激活的皮质环路在提取阶段被重新激活; 加工阶段的行为重现(behavioural re-enactment), 包括编码时的眼动轨迹再现都有助于更好的提取; 对视觉特征编码的时间进程和对这些特征的提取具有相关关系(曹晓华, 曹立人, 2009)。这三个方面证据表明编码和提取之间的相互作用是认知系统把编码阶段包含的加工过程在提取阶段重新激活的结果, 支持编码-提取匹配的观点。

对于这一观点, 一个值得注意的例外情况来自于 Mulligan 和 Lozito (2006)的研究结果(Dewhurst & Knott, 2010)。这一研究比较了学习和测试时的生成效应。在再认决策之前要求被试生成测试项目, 结果导致了展示效应(revelation effect)的产生(Tekcan & Peynircioglu, 2001; 沈攀攀, 2008; Abfal & Bernstein, 2012)。Mulligan 和 Lozito (2006)给被试以原词(intact)或变位词(anagram)的方式呈现一系列由 8 个字母组成的单词, 在测试阶段, 测试项目也以原词或变位词的方式呈现, 结果发现学习阶段以生成方式呈现使得记忆准确率增加, 而测试阶段以生成方式呈现使得准确率降低。这一结果与编码-提取匹配假说背道而驰。

实际上, 总览当前的文献, 除了少数例外情况, 甚至可以直接得出结论认为编码-提取匹配假说在认知心理学和认知神经科学领域是没有争议的(Nairne, 2002, 2006; Poirier et al., 2012; Beaman et al., 2013)。

2.3 编码-提取匹配的神经基础

在认知神经科学领域, 研究者通过考察神经活动的“恢复”现象(编码阶段对事件特征的皮层表征的建立和提取阶段这些皮层表征的恢复)来对编码-提取匹配这一问题进行研究。

很多神经成像的研究关注回忆决策的神经基础(Davachi, 2006; Diana, Yonelinas, & Ranganath, 2007; Mitchell & Johnson, 2009; Danker & Anderson, 2010; Rissman & Wagner, 2012)。有的研究考察编码阶段皮层对刺激的表征强度与更精确的提取决策的关系(Kirchhoff, Wagner, Maril, & Stern, 2000; Davachi, Mitchell, & Wagner, 2003; Uncapher, Otten, & Rugg, 2006; Otten, Sveen, & Quayle, 2007; Prince, Dennis, & Cabeza, 2009; Kuhl, Bainbridge, & Chun, 2012), 认为回忆决策部分的依赖于最初对相关细节或事件特征的神经表征。有的研究考

察编码阶段的皮层表征在提取阶段的恢复(Nyberg, Habib, McIntosh, & Tulving, 2000; Wheeler, Petersen, & Buckner, 2000; Kahn, Davachi, & Wagner, 2004; Polyn, Natu, Cohen, & Norman, 2005; Woodruff, Johnson, Uncapher, & Rugg, 2005; Wheeler et al., 2006), 认为回忆决策也依赖于最初表征相关细节的皮层模式的重新激活。还有一些研究考察海马活动是如何影响相关信息的编码(Davachi et al., 2003; Kirwan & Stark, 2004; Ranganath et al., 2004; Uncapher, 2005)和提取的(Eldridge, Knowlton, Furmanski, Bookheimer, & Engel, 2000; Kirwan & Stark, 2004; Yonelinas, Otten, Shaw, & Rugg, 2005; Montaldi, Spencer, Roberts, & Mayes, 2006)。以上三种研究分别考察了编码和提取的不同方面, 但都涉及编码阶段神经表征强度、提取阶段神经表征恢复强度和回忆成绩。最近, 有研究(Gordon, Rissman, Kiani, & Wagner, 2014)采用功能核磁共振多体素模式分析方法, 考察皮层和海马活动在编码和提取阶段是如何推动完成回忆的: 在编码阶段, 把单词和面孔或场景相关联, 在提取阶段, 要求被试回忆与单词相关联的来源信息, 结果发现记忆决策部分的受与海马相关的皮层对事件特征的编码和与海马相关的皮层在提取阶段的恢复的影响。

最近, 一些神经成像研究采用多变量分析技术考察编码阶段基于试次的神经活动与随后回忆成绩的关系(Jenkins & Ranganath, 2010; Xue, Dong, Chen, Lu, Mumford, & Poldrack, 2010; Watanabe et al., 2011; Kuhl et al., 2012; Zeithamova, Dominick, & Preston, 2012; LaRocque et al., 2013), 特别是 Kuhl 等人(2012)研究发现, 在阅读单词-面孔或单词-房屋配对刺激时, 对与单词配对的面孔或房屋的颞叶和前额区皮层活动强度增强。

除了皮层编码和提取模式与记忆行为的关系外, 也有研究发现海马在项目记忆中的重要作用(Squire, Stark, & Clark, 2004)。一些 fMRI 研究发现, 在随后回忆中被正确提取出的项目, 其编码过程中海马活动强度较大(Davachi et al., 2003; Kirwan & Stark, 2004; Ranganath et al., 2004; Staresina, Duncan, & Davachi, 2011)。此外, 被正确提取的项目在编码时的海马-皮层连接强度较大(Ranganath, Heller, Cohen, Brozinsky, & Rissman, 2005; Gagnepain et al., 2011; Schott et al., 2011)。在

提取阶段, 正确提取比错误提取的海马活动强度大(Chen, Olsen, Preston, Glover, & Wagner, 2011; Smith, Wixted, & Squire, 2011)。也即, 与皮层共同对事件内容进行表征时, 海马对事件的编码和提取的作用在于, 当提供线索时, 个体能够回忆出事件或来源的细节。

3 记忆是一个辨别过程

3.1 记忆是一个辨别过程的主要观点

关于编码-提取匹配作用的论断, 在记忆研究领域被许多人认为是神圣不可侵犯的。但这一观点是否合理? Nairne (2002)认为, 尽管编码-提取匹配和记忆保持通常是正向关联关系, 但实际上这种关联是相关而非因果关系。根据具体情境的不同, 增加某个线索和某个目标痕迹的相似性, 可以提高记忆保持的效果, 也可以对记忆保持不产生影响, 甚至降低记忆保持的效果。

成功的提取并不是简单的选择正确目标, 而是同时排除错误项目的过程(Hunt, 2003, 2006; Nairne, 2005, 2006; Goh & Tan, 2006)。记忆是一个辨别过程的观点认为需要系统考虑编码-提取匹配和线索负荷在记忆提取过程中的作用。记忆是辨别过程的观点使得我们认识到这两者的相互影响应该放在一起研究。更确切地说, 如果不同时考虑编码-提取匹配和线索负荷, 就无法对提取做出明确的预测。从更为严谨的角度来看, 记忆是辨别过程的观点分别赋予编码-提取匹配和线索负荷不同的作用, 并认为(a)两者在记忆提取中均起作用并且(b)如果不考虑两者的共同作用, 将无法对记忆作出预测。根据这一观点, 起重要作用的是线索的鉴别值: 尽管线索和目标一定程度的相关是必要的, 也是符合编码特异性原则的, 而真正对回忆成绩起决定作用的是线索在多大程度上与某一目标项目匹配以至于排除其他可能的备选项目。因此, Nairne (2002)认为我们不能用编码-提取匹配来对记忆保持做出明确的预测。相反的, 应该引起我们重视的是提取线索可以在多大程度上提供关于目标事件的辨别信息(diagnostic information)。

为了更清楚的理解这一观点, 可以假设这样一种情形: 假设要求被试学习一系列目标事件 $E_1, E_2, E_3, \dots, E_N$ 。每一个事件均包含特征或属性($X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$), 可以进一步假设其中的一些特征在一个以上目标编码中存在(例如, 举个最简单的

例子,背景特征就有可能作为很多目标事件的一部分而被加工编码)。在测试阶段,提供一个或多个特征作为提取线索,以帮助被试回忆某个特定的目标事件。从编码-提取匹配的角度来看,可以预期回忆成绩会随着提取情境(即一系列的提取线索)和初始编码情境相似度的增加而增加。实际上,当学习和测试的相似度最大的时候回忆成绩是最好的。因此,如果事件 E_1 包含编码特征 X_1 , X_2 和 X_3 , 那么提供 3 个特征作为线索,应该比仅提供 1 个或 2 个特征作为线索的回忆成绩好。需要注意的是,在所有情境下,匹配均指的是增加功能性编码-提取匹配——也即,至少对于设想的实验来说,测试阶段提供的线索能够与初始存储事件的特征精确匹配。

通过深入思考,很容易发现设想的这一实验结果是非常值得怀疑的。对于线索负荷而言,任一特征的线索值都依赖于这一特征在多大程度上与目标事件相匹配以致排除其他事件。假设特征 X_1 仅隶属于事件 E_1 , 而特征 X_2 隶属于事件 E_1 、 E_2 、 E_3 和 E_4 , 测试阶段把特征 X_1 和 X_2 提供给被试,因而增加了功能性线索-目标匹配(相对于单一线索条件),但记忆成绩未必提高。实际上,甚至可以认为记忆成绩在这种情况下会降低,因为线索 X_2 与其他目标痕迹的匹配度是相同的。在这种情况下线索-目标相似性的增加诱发了区分度问题,使得匹配和保持之间表现为非单调关系。

为了更正式地对这一问题进行阐述, Nairne (2002)借用了在分类和记忆模型中经常使用的一个简单提取原则。根据这一原则,被试通过匹配或比较提取线索与长时记忆搜索集中的可能备选答案来选择某个项目进行回忆。某个特定事件 E_1 被选择的可能性依赖于提取线索 X_1 在多大程度上与 E_1 匹配以致排除其他可能的备选答案(例如, $E_2, E_3, \dots, E_N$):

$$P_r(E_1|X_1) = \frac{s(X_1, E_1)}{\sum s(X_1, E_i)} \quad (1)$$

该公式中(Nairne, 2002), $s(X_1, E_1)$ 表示 X_1 与 E_1 的相似性程度,相似性通过两个项目之间匹配或不匹配特征的数量来表示(距离测量)。Shepard (1987)用以下公式把距离(d)与相似性关联起来:

$$s(X_1, E_1) = e^{-d(X_1, E_1)} \quad (2)$$

如公式(1)所示,这个简单的公式包含了记忆的两因素观点的绝大部分重要成分,记忆与线索 X_1 和目标事件 E_1 的匹配度呈正比例关系,而与与该线索相关的项目数量成反比例关系(线索负荷)。分母的值是通过把线索和搜索集中每个项目的相似度相加得到的。因此,随着搜索集规模的增加,分母值也逐渐增加,回忆起某个项目的可能性也随之降低(例如,类别大小效应和词表长度效应)。

此外,正如在刚才设想的实验中所提到的,增加线索和目标的相似性,记忆成绩是增加还是降低是受情境制约的。例如,假设通过增加一个可以“招募”额外的项目进入搜索集的特征,使得线索-目标的净相似度增加。此时,任何通过线索和目标匹配度的增加而使得公式(1)中分子值的增加都会伴随一个相对更大的分母值的增加,从而导致回忆可能性的净减少。因此根据这一两因素的观点,不能根据编码-提取匹配来对保持做出明确的预测。

根据这一提取原则,线索-目标匹配对于正确提取是一个必要而不充分条件。为确保目标项目能够被选择和回忆,需要线索和这一候选目标之间具有一定程度的匹配(重叠特征)。但绝不是匹配本身在起关键作用,而是相对匹配度或特征 X_1 在多大程度上唯一指向目标事件 E_1 以致排除其他可能的目标候选项目。实际上,知道匹配度的总值(假定这一值大于 0)也并不能明确的让我们知道随后的记忆保持情况。

要理解其中的原因,还需要借助另一个设想的实验:要求被试大声朗读以视觉方式呈现在屏幕上的同音异义字词表(e.g., write, right, rite, rite, write, right)。测试时,要求每个被试回忆位于词表系列位置第三位的同音异义字。在一种条件下,仅告诉被试提取要求,在另一种情况下,还提供被试一个额外线索——目标项目的发音(rayt)。在第二种条件下,通过提供一个线索(这一线索被作为初始痕迹的一部分而被编码),我们增加了功能性线索-目标匹配度,但记忆成绩不大可能提高。目标项的发音被词表上的其他项目共享,因此提取线索并没有提供关于目标项的区分度信息。尽管这一线索与存储的痕迹是匹配的,但被试不能利用额外的信息来帮助他们把目标项目从可能的备选答案中区分开来。

通过把公式(2)即我们对于相似度的定义代入

到公式(1)中的比值中, 可以把这一问题用数学公式 3(Nairne, 2002, 2005, 2006)表示出来。简而言之, d_i 表示 X_1 与 E_1 之间的距离, d_i 表示 X_1 与 E_i 之间的距离。通过代数方法, 可以证明:

$$\frac{e^{-d_1}}{\sum e^{-d_i}} = \frac{e^{-(d_1-C)}}{\sum e^{-(d_i-C)}} \quad (3)$$

常数 C 通过降低线索和目标的距离而增加线索-目标匹配。因此可以随意增加线索-目标匹配度, 只要线索和其他候选答案的相似度的增量与之相同, 就不会对记忆保持产生影响。

在一定程度上, 这种情况相当于强度和明度知觉的关系。对明度知觉起决定作用的是相对强度——与周围相比有多少光子落入中心区域(尽管在某些情况下绝对强度可能也很重要)。强度和明度在诸如明度恒常性等现象中发生解耦, 在这种现象中即便总的强度增加或降低, 但个体感知到的明度却保持恒定。甚至可能增加绝对强度而看上去更暗的情况(强度和明度知觉的非单调关系)。人们的知觉系统倾向于抛开绝对信息——例如强度的总体变化——而利用相对对比信息。对于提取来说也是同样的, 即不是线索-目标的绝对匹配度而是匹配的分度(相对)值起重要作用。

从建立记忆的普遍通用的理论的角度来看, 认为匹配和保持呈因果和单调关系的观点相当值得怀疑。尽管可能受线索负荷的限制, 但匹配和保持之间的关系是遵循原则的和直接的, 这意味着只要提高线索-目标匹配并保持线索负荷恒定, 则记忆保持会提高。一般情况下, 仅当其他所有因素都保持不变时, 匹配和保持之间的单调关系可以存在。不过我们的假设实验和公式(3)表明, 即使线索负荷保持不变, 增加总体匹配度也并不一定转化为记忆成绩增益。匹配和保持之间反而是相关而非因果关系。一般情况下增加线索和目标的功能性匹配会提高保持成绩, 因为它增加了鉴别性特征产生作用的可能性, 但根据具体情况的不同, 也很可能对保持成绩没有影响或者甚至降低记忆保持成绩。我们的提取系统更青睐线索的相对的分度而非绝对的线索-目标相似性。从这个意义上说, 编码-提取匹配成为了一个“傀儡”, 至少它在控制记忆保持中的作用是这样的。

3.2 记忆是一个辨别过程的实验支持

记忆作为一个辨别过程的观点在最近几年开

始受到关注, 并得到了一些研究的支持。

张文熙(2007)的实验设置了三种线索负载条件(1:1, 1:2, 1:3), 分别采用词语项目的背景颜色来源信息、容易相互结合的背景颜色信息和容易相互结合的字体的朝向信息作为呈现位置来源信息的提取线索。实验结果表明, 在对项目的再认上, 低线索负载条件下有明显的环境线索效应, 线索负载越大线索效应越趋于无; 在对来源的判断上, 低线索负载条件下也同样有明显环境线索效应, 线索负载越大线索效应越趋于无。表明编码-提取匹配和线索负荷共同决定了提取成绩。

在另一项研究中, Goh 和 Lu (2012)以线索-目标配对词为实验材料, 线索辨别力的变化通过操作与线索相关联的目标项目数量和线索对目标的匹配程度来实现。实验结果支持 Nairne (2002)的论断, 即相较于编码-提取匹配而言, 提取线索的辨别力能更为有效的预测记忆效果。

Poirier 等人(2012)通过 4 个实验检验了编码-提取匹配假说和认为线索-目标区分度是提取成绩的原因的假说。实验 1、2 和 4 中, 被试需要形成 3 个线索和 4 个目标词之间的关联, 实验 3 中有 3 个目标词, 每个目标词与一对线索相关联。学习结束后, 进行线索再认任务, 即要求被试基于 1 个或多个线索, 再认出正确的目标项目。实验结果发现, 如果增加编码-提取匹配的同时降低了线索对目标的预测作用(即线索区分度), 那么匹配度的增加阻碍记忆。编码-提取匹配不是提取有效性的决定因素。这一研究结果表明增加编码-提取匹配可能导致提取成绩无变化、增加或者降低。

回忆的过程实际上是对存储在记忆中相关和无关信息进行辨别区分的过程。我们经常需要从一系列相关的可能事件中进行选择。Beaman 等人(2013)采用注意分散范式, 考察了对无关和目标刺激的纯知觉特征的辨别在多大程度上能够克服背景和语义相关性的消极影响。结果发现当分心物通过视觉(实验 1)或听觉(实验 2)的方式穿插在目标刺激中, 同类型刺激出现语义相关性干扰。在语义相关性条件下, 知觉线索的出现增加了对目标词的正确回忆。实验 3 的结果表明, 即使呈现与目标刺激(例如, 英语)性质不同的语义相关分心物(例如, 威尔士语), 也不能完全消除错误回忆或者使正确回忆恢复到与无关分心物一致的水平。以上研究结果表明, 语义和非语义辨别力

对正确和错误记忆均产生影响。

3.3 记忆是一个辨别过程的神经基础

前额叶与颞叶在很多复杂记忆功能中起着重要作用。Thelen, Cappe 和 Murray (2012)考察了多感觉通道经验在视觉客体辨别中的作用。结果发现早期后颞上回的激活和晚期颞中回的激活,结果表明辨别过程的大脑网络取决于多感觉事件是易化还是破坏随后的视觉记忆成绩。

有研究(Wolosin, Zeithamova, & Preston, 2013)考察了基于奖赏的内侧颞叶编码阶段的激活是否反映了具体事件与奖赏背景的辨别力的增强。这一研究以高面值或低面值货币作为事件的线索,同时面值高低表明成功提取可获得的奖励大小。研究结果发现,海马和海马旁回在高低不同奖赏值下具有不同的激活模式,表明奖励大小与特定事件产生了关联,并作为线索使得个体能够辨别出不同奖励大小对应的特定事件。

也有研究(Kim, Jeneson, Van der Horst, Frascino, Hopkins, & Squire, 2011)考察了海马在视觉辨别任务中的作用。实验任务是要求海马损伤患者去辨别相似面孔或场景。在一种条件下,刺激重复出现,而另一种条件下,刺激不重复出现。结果发现,在面孔和场景重复出现条件下,海马损伤患者的成绩受到破坏,而在不重复条件下,其成绩并未受到影响。实验结果表明,前人提出的内侧颞叶损伤导致辨别成绩降低并非是由于视知觉受损而是学习过程受损。Knutson, Hopkins 和 Squire (2012)也对该问题进行了研究。研究对象是5个海马损伤患者和1个内侧颞叶损伤患者。要求他们对具有高度特征重叠和知觉相似性的两个物体进行辨别。当要求辨别的物体数量和特征较少时,损伤患者未表现出成绩的下降,而当物体数量和特征均很多时,表现出显著的下降。值得注意的是,记忆损伤和边缘皮层损伤患者均表现出成绩的下降。即依赖于长时记忆的较难任务对于工作记忆容量的要求超出了被试的工作记忆容量。表明内侧颞叶损伤患者在较难的辨别任务中成绩的下降是由于记忆受损而非知觉受损。

Browning, Baxter 和 Gaffan (2013)以猴子为被试,采用恒定负性刺激任务和样例不匹配任务,考察了颞叶在再认辨别任务中的作用,研究结果表明刺激熟悉性可以不通过前额叶直接在颞叶得

以表征,因而辨别任务也与颞叶存在相关。

4 展望

Nairne (2002, 2006)在编码-提取匹配假说的基础上,通过整合线索负荷的观点,提出了记忆是一个辨别过程的观点,解决了编码-提取匹配不能作为记忆效果因果指标的缺陷,是对这一假说的进一步完善和发展,同时对于“我们是如何回忆的”这一问题提出了更为明确和量化的指标。不过,作为一个新近提出的理论观点,还有许多有待完善的方面。针对当前的研究现状,我们对这一问题进行了展望。

4.1 多层面的检验

在2002年以前,记忆研究者普遍认同编码-提取匹配对记忆的绝对影响作用,直到2002年Nairne提出了记忆是一个辨别过程的观点,人们对编码-提取匹配假说有了新的看法,并且进一步明确了影响记忆效果的关键因素(张文熙, 2007; Goh & Lu, 2012; Poirier et al., 2012; Beaman et al., 2013)。相对于编码-提取匹配假说来说,这一观点对于记忆的解释更为透彻更有说服力,更系统完整,对编码-提取匹配和线索负荷在记忆提取过程中如何发挥作用进行了相对完善的说明(Nairne, 2002, 2005, 2006)。现有的研究虽然不是很多,但目前的研究结果均持肯定的态度。

但当前对于该观点的验证更多的是停留在理论层面,实证研究还不够丰富。已有研究发现记忆受年龄的影响很大(Collette, Germain, Hogge, & Van der Linden, 2009; Treitz, Heyder, & Daum, 2007),当前关于辨别过程观点的研究不多,也主要集中于成年被试,今后的研究有必要增加被试的年龄跨度,一方面考察成年人与老年人在记忆辨别中的年龄差异,另一方面探讨儿童、青少年与成人、老年人在记忆辨别上的发展趋势,明确记忆辨别的发展关键期。通过这样的研究可以明确儿童的记忆在何时开始受到线索负荷和编码-提取匹配的影响?老年人在记忆方面表现出来的水平下降,是否是不能有效利用线索负荷或编码-提取匹配的结果?

在记忆研究领域,大量的研究表明情绪对于记忆的增强作用和损害效应(Stefanucci & Storbeck, 2009; Zhang, Li, Gold, & Jiang, 2010),在情绪性记忆提取过程中,由于情绪性信息的影响作用,

个体对于目标信息的辨别过程在记忆提取的作用是否受情绪性信息的调节?在情绪增强和情绪损害效应下,辨别过程在记忆提取中的作用是否相同?这需要进行进一步的检验。

人类的认知过程可以分为两个各具特点而又相互联系的水平,即元水平和客体水平,对于人类的记忆过程而言,则相应区分为元记忆和客体记忆(Nelson & Narens, 1990)。客体记忆主要是对客体信息的编码、存储和提取的信息加工过程,而元记忆则是对客体记忆的认识、评价和监测。在个体进行记忆辨别的过程中,记忆效果或精确度的提高,应伴随着元记忆水平的提高,元记忆控制在记忆辨别的过程中如何发挥作用?元记忆检测能否促进个体对辨别信息的有效利用?这也是需要进一步探讨的问题。

未来该领域应该从记忆研究的不同层面例如情境、情绪、知觉等层面,采用不同实验材料例如随机词表、类别词表、图片、非词、抽象图形等,整合不同记忆范式来对辨别过程的观点进行进一步检验和丰富。

4.2 丰富和完善理论解释

把记忆看作是一个辨别过程的观点为“什么决定了我们的记忆提取效果”这一问题提出了更为明确和量化的指标,这是记忆是辨别过程观点的重要理论意义所在。但“什么决定了我们的记忆提取效果”并不是一个新话题,已有若干理论对其进行过解释,例如加工水平理论、迁移适当加工理论等等。

加工水平理论认为加工深度越大,提取效果越好(Craik & Lockhart, 1972; Ekuni, Vaz, & Bueno, 2011),已有很多研究支持。在未来的研究中,可以设置不同加工水平的实验情境,考察在不同的加工水平下,记忆的提取是否仍然受线索负荷和编码-提取匹配的影响;迁移适当加工理论认为某种编码加工只能促进某种类型测试的成绩,而对另一种不同信息类型或加工类型的测试不起作用,甚至起反作用(Blaxton, 1989; Parks, 2013; Schendan & Kutas, 2007),这一观点与加工水平理论存在相左之处,例如有研究发现(Thomas & McDaniel, 2007),如果让被试在学习时深入理解核心概念并弄清核心概念间的关系,而在最后测试方式是对各独立知识点进行再认的选择题测试,则被试的测试成绩相对较差。记忆包括编码、巩固和提取

三个阶段,加工水平理论和迁移适当加工理论重视编码和巩固阶段进行的加工对提取阶段回忆成绩的影响作用,而辨别过程的观点则更重视提取阶段提供的线索与编码阶段的匹配性和负荷量对回忆成绩的影响作用,记忆作为一个完整的过程,应该综合考虑编码和提取阶段的共同作用,在对记忆提取进行关注时,还应当考虑对提取过程进行深入研究,系统详细的探讨能够明确影响记忆效果的因素,能对记忆过程有更深入的理解,因此辨别过程的观点可在原有理论基础之上,综合考虑编码阶段加工水平等因素对于提取效应的影响作用,考察在不同记忆巩固水平下,是否存在着线索负荷和编码提取匹配的作用的系统变化,未来的研究可以构建一个较为综合的认知网络,综合多种认知过程,并阐明它们在记忆提取过程中各自发挥的作用。

4.3 正确认识辨别过程观点与编码-提取匹配观点的关系

如果记忆保持是线索和目标之间匹配特征的函数,那么当且仅当提取线索是初始编码的一部分时,提取线索才能起作用。不属于初始编码一部分的提取线索将不可能“匹配”测试时的痕迹复合体,因此也就不能帮助回忆。因此记忆是个辨别过程的观点并非认为编码-提取匹配对记忆提取完全无效。也就是说,也可能存在这样的情况,即线索和目标痕迹匹配可以作为预测记忆效果的必要和充分条件。例如,某些再判断任务可能是基于线索-目标匹配度的整体增加或降低(Nairne, 2002)。此外,在基于概率的提取任务中,提前告知的提取规则可以作为把目标从备选项目中辨别出来的一种方式,但线索-目标的绝对匹配值仍然非常重要(Raaijmakers & Shiffrin, 1980)。

从实践意义上讲,把编码-提取匹配作为提供记忆保持的一种手段也是合理的,在绝大多数情况下,增加编码和提取的相似度会产生好的回忆成绩。但是,例外的情况对于理论的发展具有非常重要的意义,例外情况成为我们认识编码-提取匹配的有益约束。因此,从理论上讲,记忆是个辨别过程的观点认为用线索-目标的绝对匹配度来预测提取成绩很可能是无效的。在一定程度上,这种情况相当于强度和明度知觉的关系(Nairne, 2002)。对明度知觉起决定作用的是相对强度——与周围相比有多少光子落入中心区域(尽管在某

些情况下绝对强度可能也很重要)。强度和明度在诸如明度恒常性等现象中发生解耦,在这种现象中即便总的强度增加或降低,但个体感知到的明度却保持恒定,甚至可能增加绝对强度而看上去更暗的情况(强度和明度知觉的非单调关系)。人们的知觉系统倾向于抛开绝对信息——例如强度的总体变化——而利用相对对比信息。对于提取来说也是同样的,即不是线索-目标的绝对匹配度而是匹配的区分(相对)值起重要作用。因此,当谈及编码-提取匹配,并非匹配本身具有重要的理论价值,相反,提取情境的辨别度才是最重要的。

4.4 记忆是辨别过程的认知神经机制的考察

认知研究经常陷入这样的争论:到底有多少加工过程在影响着行为表现,它们是如何相互作用的?这样的争论在很多领域都存在(Poldrack & Foerde, 2008; Hübner, Steinhauser, & Lehle, 2010; White, Ratcliff, & Starns, 2011; Wixted, 2007; Yap, Balota, Cortese, & Watson, 2006),但有时通过行为数据难以解决不同理论间的争论,因为不同的理论模型有时会提出相同的行为预期。模型之间的相似预期使得研究者难以仅通过行为数据来区分不同的理论。记忆研究也不例外。

在前文回顾中已提到,辨别过程的观点认为编码-提取匹配和线索负荷共同影响提取效果,当前也有研究单方面的支持编码-提取匹配的观点,因为编码-提取匹配在一些条件下是可以预测回忆成绩的。例如当匹配值的增量大于线索负荷的增量时,编码-提取匹配假说和辨别过程观点都会做出回忆成绩增加的预测,从行为数据上无法体现线索负荷是否在其中产生作用。尽管辨别过程的观点相对完善,并且也得到了研究的支持,但仍需要后续研究对这一观点做进一步检验,尤其是脑机制方面的支持。前人研究发现皮层和海马活动与编码提取匹配有着显著的关联(Gordon et al., 2014),那么辨别过程观点其特异性神经机制是怎样的?ERPs、fMRI、fNIRS等新技术手段可以提供更多的因变量指标,为辨别过程特异性神经机制的考察提供技术支持(Henson, 2005; Amodio, 2010; White & Poldrack, 2013)。fMRI方面的研究有助于我们明确记忆活动的生理机制并进行定位,可以区分辨别过程和编码-提取匹配的脑区激活区域上存在的差异,而ERPs数据可以帮助我们明确辨别过程的加工时间进程与编码-

提取匹配的加工时间进程上的差异,fNIRS可以提供血氧变化方面的数据,并可以联合脑电检测所得神经电数据进行同步分析。通过这些技术的应用,结合行为方面的数据,可以为该观点的正确性提供更为可靠的支持。在此基础上,还可以借助数学算法,建构关于记忆是辨别过程的神经网络模型,从细胞水平上模拟脑功能,并分析它们与认知过程的关系,有助于深入理解记忆辨别过程的内在神经机制。

参考文献

- 曹晓华, 曹立人. (2009). 图形识别中学习和再认取样的时间进程及其策略. *心理学报*, 41(3), 242-248.
- 廖岩, 张钦. (2012). 记忆编码中目标与背景的情绪一致性对记忆提取的影响. *心理科学*, 35(5), 1083-1090.
- 沈攀攀. (2008). 插入知觉干扰任务的汉字展示效应研究(硕士学位论文). 西南大学, 重庆.
- 张文熙. (2007). 多维来源记忆中来源信息提取的环境线索效应研究(硕士学位论文). 浙江大学.
- Amodio, D. M. (2010). Can Neuroscience advance social psychological theory? Social neuroscience for the behavioral social psychologist. *Social Cognition*, 28(6), 695-716.
- Abfal, A., & Bernstein, D. M. (2012). Puzzles produce strangers: A puzzling result for revelation-effect theories. *Journal of Memory and Language*, 67, 86-92.
- Badre, D., & Wagner, A. D. (2005). Frontal lobe mechanisms that resolve proactive interference. *Cerebral Cortex*, 15(12), 2003-2012.
- Beaman, C. P., Hanczakowski, M., Hodgetts, H. M., Marsh, J. E., & Jones, D. M. (2013). Memory as discrimination: What distraction reveals. *Memory & Cognition*, 41(8), 1238-1251.
- Bergström, Z. M., O'Connor, R. J., Li, M. K., & Simons, J. S. (2012). Event-related potential evidence for separable automatic and controlled retrieval processes in proactive interference. *Brain Research*, 1455, 90-102.
- Blaxton, T. A. (1989). Investigating dissociations among memory measures: Support for a transfer-appropriate processing framework. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15(4), 657-668.
- Browning, P. G. F., Baxter, M. G., & Gaffan, D. (2013). Prefrontal-temporal disconnection impairs recognition memory but not familiarity discrimination. *The Journal of Neuroscience*, 33(23), 9667-9674.
- Bunge, S. A., Ochsner, K. N., Desmond, J. E., Glover, G. H., & Gabrieli, J. D. E. (2001). Prefrontal regions involved in keeping information in and out of mind. *Brain*, 124,

- 2074–2086.
- Campbell, J. M., Edwards, M. S., Horswill, M. S., & Helman, S. (2007). Effects of contextual cues in recall and recognition memory: The misinformation effect reconsidered. *British Journal of Psychology*, 98, 485–498.
- Chen, J., Olsen, R. K., Preston, A. R., Glover, G. H., & Wagner, A. D. (2011). Associative retrieval processes in the human medial temporal lobe: Hippocampal retrieval success and CA1 mismatch detection. *Learning & Memory*, 18, 523–528.
- Cherry, K. E., Martin, R. C., Simmons-D'Gerolamo, S. S., Pinkston, J. B., Griffing, A., & Gouvier, W. D. (2001). Prospective remembering in younger and older adults: Role of the prospective cue. *Memory*, 9, 177–193.
- Collette, F., Germain, S., Hogge, M., & Van der Linden, M. (2009). Inhibitory control of memory in normal ageing: Dissociation between impaired intentional and preserved unintentional processes. *Memory*, 17, 104–122.
- Craik, F. I. M., & Jacoby, L. L. (1979). Elaboration and distinctiveness in episodic memory. In L.-G. Nilsson (Ed.), *Perspectives on memory research: Essays in honor of Uppsala University's 500th anniversary* (pp. 145–166). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671–684.
- Danker, J. F., & Anderson, J. R. (2010). The ghosts of brain states past: Remembering reactivates the brain regions engaged during encoding. *Psychological Bulletin*, 136, 87–102.
- Davachi, L. (2006). Item, context and relational episodic encoding in humans. *Current Opinion in Neurobiology*, 16, 693–700.
- Davachi, L., Mitchell, J. P., Wagner, A. D. (2003). Multiple routes to memory: Distinct medial temporal lobe processes build item and source memories. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100, 2157–2162.
- D'Esposito, M., Postle, B. R., Jonides, J., & Smith, E. (1999). The neural substrate and temporal dynamics of interference effects in working memory as revealed by event-related functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96, 7514–7519.
- Dewhurst, S. A., & Brandt, K. R. (2007). Reinstating effortful encoding operations at test enhances episodic remembering. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60, 543–550.
- Dewhurst, S. A., & Knott, L. M. (2010). Investigating the encoding-retrieval match in recognition memory: Effects of experimental design, specificity, and retention interval. *Memory & Cognition*, 38(8), 1101–1109.
- Diana, R. A., Yonelinas, A. P., & Ranganath, C. (2007). Imaging recollection and familiarity in the medial temporal lobe: A three-component model. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 379–386.
- Dupret, D., O'Neill, J., Pleydell-Bouverie, B., & Csicsvari, J. (2010). The reorganization and reactivation of hippocampal maps predict spatial memory performance. *Nature Neuroscience*, 13, 995–1002.
- Earhard, M. (1967). Cued recall and free recall as a function of the number of items per cue. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 6, 257–263.
- Ekuni, R., Vaz, L. J., & Bueno, O. F. A. (2011). Levels of processing: The evolution of a framework. *Psychology & Neuroscience*, 4(3), 333–339.
- Eldridge, L., Knowlton, B., Furmanski, C., Bookheimer, S., & Engel, S. (2000). Remembering episodes: A selective role for the hippocampus during retrieval. *Nature Neuroscience*, 3, 1149–1152.
- Engelkamp, J., Zimmer, H. D., Mohr, G., & Sellen, O. (1994). Memory of self-performed tasks: Self-performing during recognition. *Memory & Cognition*, 22, 34–39.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2010). *Cognitive psychology: A student handbook* (6th ed.). Hove, England: Psychology Press.
- Frankland, P. W., Köhler, S., & Josselyn, S. A. (2013). Hippocampal neurogenesis and forgetting. *Trends in Neurosciences*, 36(9), 497–503.
- Gagnepain, P., Henson, R., Chételat, G., Desgranges, B., Lebreton, K., & Eustache, F. (2011). Is neocortical-hippocampal connectivity a better predictor of subsequent recollection than local increases in hippocampal activity? New insights on the role of priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23, 391–403.
- Garcia-Marques, L., Garrido, M. V., Hamilton, D. L., & Ferreira, M. (2012). Effects of correspondence between encoding and retrieval organization in social memory. *Journal of Experimental Social Psychology*, 48, 200–206.
- Glisky, E. L., & Rabinowitz, J. C. (1985). Enhancing the generation effect through repetition of operations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 11, 193–205.
- Goh, W. D., & Lu, S. H. X. (2012). Testing the myth of the encoding–retrieval match. *Memory & Cognition*, 40(1), 28–39.
- Goh, W. D., & Tan, H. (2006). Proactive interference and cuing effects in short-term cued recall: Does foil context matter? *Memory & Cognition*, 34, 1063–1079.
- Gordon, A. M., Rissman, J., Kiani, R., & Wagner, A. D. (2014). Cortical reinstatement mediates the relationship

- between content-specific encoding activity and subsequent recollection decisions. *Cerebral Cortex*, 24, 3350–3364.
- Hannon, B., & Daneman, M. (2007). Prospective memory: The relative effects of encoding, retrieval, and the match between encoding and retrieval. *Memory*, 15, 572–604.
- Hannon, B., & Craik, F. I. M. (2001). Encoding specificity revisited: The role of semantics. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 55(3), 231–243.
- Henson, R. (2005). A mini-review of fMRI studies of human medial temporal lobe activity associated with recognition memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58B, 340–360.
- Higham, P. A. (2002). Strong cues are not necessarily weak: Thomson and Tulving (1970) and the encoding specificity principle revisited. *Memory & Cognition*, 30(1), 67–80.
- Hofmeister, P. (2011). Representational complexity and memory retrieval in language comprehension. *Language and Cognitive Processes*, 26(3), 376–405.
- Hübner, R., Steinhauser, M., & Lehle, C. (2010). A dual-stage twophase model of selective attention. *Psychological Review*, 117, 759–784.
- Hunt, R. R. (2003). Two contributions of distinctive processing to accurate memory. *Journal of Memory and Language*, 48, 811–825.
- Hunt, R. R. (2006). The concept of distinctiveness in memory research. In R. R. Hunt & J. B. Worthen (Eds.), *Distinctiveness and memory* (pp. 3–25). New York: Oxford University Press.
- Isarida, T., & Isarin, T. K. (2007). Environmental context effects of background color in free recall. *Memory & Cognition*, 35(7), 1620–1629.
- Isarida, T., Isarida, T. K., & Sakai, T. (2012). Effects of study time and meaningfulness on environmental context-dependent recognition. *Memory & Cognition*, 40(8), 1225–1235.
- Jenkins, L. J., & Ranganath, C. (2010). Prefrontal and medial temporal lobe activity at encoding predicts temporal context memory. *The Journal of Neuroscience*, 30(46), 15558–15565.
- Johnson, J. D., McDuff, S. G. R., Rugg, M. D., & Norman, K. A. (2009). Recollection, familiarity, and cortical reinstatement: A multivoxel pattern analysis. *Neuron*, 63, 697–708.
- Kahn, I., Davachi, L., & Wagner, A. D. (2004). Functional-neuroanatomic correlates of recollection: Implications for models of recognition memory. *The Journal of Neuroscience*, 24, 4172–4180.
- Kanayama, N., Sato, A., & Ohira, H. (2008). Dissociative experience and mood-dependent memory. *Cognition and Emotion*, 22(5), 881–896.
- Kent, C., & Lamberts, K. (2008). The encoding–retrieval relationship: Retrieval as mental simulation. *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 92–98.
- Kim, S., Jeneson, A., Van der Horst, A., Frascino, J., Hopkins, R. O., & Squire, L. R. (2011). Memory, visual discrimination performance, and the human hippocampus. *Journal of Neuroscience*, 31, 2624–2629.
- Kirchhoff, B. A., Wagner, A. D., Maril, A., & Stern, C. E. (2000). Prefrontal-temporal circuitry for episodic encoding and subsequent memory. *The Journal of Neuroscience*, 20, 6173–6180.
- Kirwan, C. B., & Stark, C. E. L. (2004). Medial temporal lobe activation during encoding and retrieval of novel face-name pairs. *Hippocampus*, 14, 919–930.
- Knutson, A. R., Hopkins, R. O., & Squire, L. R. (2012). Visual discrimination performance, memory, and medial temporal lobe function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(32), 13106–13111.
- Kuhl, B. A., Bainbridge, W. A., & Chun, M. M. (2012). Neural reactivation reveals mechanisms for updating memory. *The Journal of Neuroscience*, 32, 3453–3461.
- Lamberts, K., Brockdorff, N., & Heit, E. (2002). Perceptual processes in matching and recognition of complex pictures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 28, 1176–1191.
- LaRocque, K. F., Smith, M. E., Carr, V. A., Witthoft, N., Grill-Spector, K., & Wagner, A. D. (2013). Global similarity and pattern separation in the human medial temporal lobe predict subsequent memory. *The Journal of Neuroscience*, 33, 5466–5474.
- Lewis, P. A., & Critchley, H. (2003). Mood-dependent memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(10), 431–433.
- Markopoulos, G., Rutherford, A., Cairns, C., & Green, J. (2010). Encoding instructions and stimulus presentation in local environmental context-dependent memory studies. *Memory*, 18(6), 610–624.
- Mitchell, K. J., & Johnson, M. K. (2009). Source monitoring 15 years later: What have we learned from fMRI about the neural mechanisms of source memory? *Psychological Bulletin*, 135, 638–677.
- Montaldi, D., Spencer, T. J., Roberts, N., & Mayes, A. R. (2006). The neural system that mediates familiarity memory. *Hippocampus*, 16, 504–520.
- Mulligan, N. W., & Hornstein, S. L. (2003). Memory for actions: Self-performed tasks and the reenactment effect. *Memory & Cognition*, 31, 412–421.
- Mulligan, N. W., & Lozito, J. P. (2006). An asymmetry between memory encoding and retrieval: Revelation, generation, and transfer-appropriate processing. *Psychological Science*, 17, 7–11.

- Murnane, K., & Phelps, M. P. (1994). When does a different environmental context make a difference in recognition? A global activation model. *Memory & Cognition*, 22, 584–590.
- Nairne, J. S. (2002). The myth of the encoding-retrieval match. *Memory*, 10, 389–395.
- Nairne, J. S. (2005). The functionalist agenda in memory research. In A. F. Healy (Ed.), *Experimental cognitive psychology and its applications* (pp. 115–126). Washington, DC: American Psychological Association.
- Nairne, J. S. (2006). Modeling distinctiveness: Implications for general memory theory. In R. R. Hunt & J. B. Worthen (Eds.), *Distinctiveness and memory* (pp. 27–46). New York, NY: Oxford University Press.
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 125–173). New York: Academic.
- Nutt, R. M., & Lam, D. (2011). A comparison of mood-dependent memory in bipolar disorder and normal controls. *Clinical Psychology & Psychotherapy*, 18(5), 379–386.
- Nyberg, L., Habib, R., McIntosh, A. R., & Tulving, E. (2000). Reactivation of encoding-related brain activity during memory retrieval. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97, 11120–11124.
- Otten, L. J., Sveen, J., & Quayle, A. H. (2007). Distinct patterns of neural activity during memory formation of nonwords versus words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 1776–1789.
- Parks, C. M. (2013). Transfer-appropriate processing in recognition memory: Perceptual and conceptual effects on recognition memory depend on task demands. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(4), 1280–1286.
- Poirier, M., Nairne, J. S., Morin, C., Zimmermann, F. G. S., Koutmeridou, K., & Fowler, J. (2012). Memory as discrimination: A challenge to the encoding-retrieval match principle. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 38, 16–29.
- Poldrack, R. A., & Foerde, K. (2008). Category learning and the memory systems debate. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32, 197–205.
- Polyn, S. M., Natu, V. S., Cohen, J. D., & Norman, K. A. (2005). Category-specific cortical activity precedes retrieval during memory search. *Science*, 310, 1963–1966.
- Postle, B. R., Brush, L. N., & Nick, A. (2004). Prefrontal cortex and the mediation of proactive interference in working memory. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 4(4), 600–608.
- Prince, S. E., Dennis, N. A., Cabeza, R. (2009). Encoding and retrieving faces and places: Distinguishing process- and stimulus-specific differences in brain activity. *Neuropsychologia*, 47, 2282–2289.
- Raaijmakers, J. G. W., & Shiffrin, R. M. (1980). Search of associative memory. *Psychological Review*, 88, 93–134.
- Ranganath, C., Heller, A., Cohen, M. X., Brozinsky, C. J., & Rissman, J. (2005). Functional connectivity with the hippocampus during successful memory formation. *Hippocampus*, 15, 997–1005.
- Ranganath, C., Yonelinas, A. P., Cohen, M. X., Dy, C. J., Tom, S. M., & D'Esposito, M. (2004). Dissociable correlates of recollection and familiarity within the medial temporal lobes. *Neuropsychologia*, 42, 2–13.
- Reder, L. M., Donavos, D. K., & Erickson, M. A. (2002). Perceptual match effects in direct tests of memory: The role of contextual fan. *Memory & Cognition*, 30(2), 312–323.
- Rissman, J., & Wagner, A. D. (2012). Distributed representations in memory: Insights from functional brain imaging. *Annual Review of Psychology*, 63, 101–128.
- Ritchey, M., LaBar, K. S., & Cabeza, R. (2011). Level of processing modulates the neural correlates of emotional memory formation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(4), 757–771.
- Rutherford, A. (2004). Environmental context-dependent recognition memory effects: An examination of ICE model and cue-overload hypotheses. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 57A (1), 107–127.
- Sakai, T., Isarida, K. T., & Isarida, T. (2010). Context-dependent effects of background colour in free recall with spatially grouped words. *Memory*, 18(7), 743–753.
- Schendan, H. E., & Kutas, M. (2007). Neurophysiological evidence for transfer appropriate processing of memory: Processing versus feature similarity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(4), 612–619.
- Schott, B. H., Wüstenberg, T., Wimber, M., Fenker, D. B., Zierhut, K. C., Seidenbecher, C. I., ... Richardson-Klavehn, A. (2011). The relationship between level of processing and hippocampal-cortical functional connectivity during episodic memory formation in humans. *Human Brain Mapping*, 34, 407–424.
- Schwabe, L., Böhringer, A., & Wolf, O. T. (2009). Stress disrupts context-dependent memory. *Learning & Memory*, 16(2), 110–113.
- Shepard, R. N. (1987). Toward a universal law of generalization for psychological science. *Science*, 237, 1317–1323.
- Smith, C. N., Wixted, J. T., & Squire, L. R. (2011). The hippocampus supports both recollection and familiarity when memories are strong. *The Journal of Neuroscience*, 31, 15693–15702.
- Smith, S. M., & Manzano, I. (2010). Video context-dependent

- recall. *Behavior Research Methods*, 42(1), 292–301.
- Smith, S. M., & Vela, E. (2001). Environmental context-dependent memory: A review and a meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8, 203–220.
- Squire, L. R., Stark, C. E. L., & Clark, R. E. (2004). The medial temporal lobe. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 279–306.
- Staresina, B. P., Duncan, K. D., & Davachi, L. (2011). Perirhinal and parahippocampal cortices differentially contribute to later recollection of object- and scene-related event details. *The Journal of Neuroscience*, 31, 8739–8747.
- Stefanucci, J. K., & Storbeck, J. (2009). Don't look down: Emotional arousal elevates height perception. *Journal of Experimental Psychology: General*, 138, 131–145.
- Surprenant, A. M., & Neath, I. (2009). *Principles of memory*. New York: Psychology Press.
- Tekcan, A. I., & Peynircioğlu, Z. F. (2001). Revelation effect: Effects of test conditions on face recognition. *Türk Psikoloji Dergisi*, 16, 57–70.
- Thelen, A., Cappe, C., & Murray, M. M. (2012). Electrical neuroimaging of memory discrimination based on single-trial multisensory learning. *Neuroimage*, 62(3), 1478–1488.
- Thomas, A. K., & McDaniel, M. A. (2007). The negative cascade of incongruent generative study-test processing in memory and metacomprehension. *Memory & Cognition*, 35(4), 668–678.
- Thompson-Schill, S. L., Jonides, J., Marshuetz, C., Smith, E. E., D'Esposito, M., Kan, I. P., ... Swick, D. (2002). Effects of frontal lobe damage on interference effects in working memory. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 2(2), 109–120.
- Treitz, F. H., Heyder, K., & Daum, I. (2007). Differential course of executive control changes during normal aging. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14, 370–393.
- Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*. New York: Oxford University Press.
- Uncapher, M. R. (2005). Encoding and the durability of episodic memory: A functional magnetic resonance imaging study. *The Journal of Neuroscience*, 25, 7260–7267.
- Uncapher, M. R., Otten, L. J., & Rugg, M. D. (2006). Episodic encoding is more than the sum of its parts: An fMRI investigation of multifactorial contextual encoding. *Neuron*, 52, 547–556.
- Watanabe, T., Hirose, S., Wada, H., Katsura, M., Chikazoe, J., Jimura, K., ... Konishi, S. (2011). Prediction of subsequent recognition performance using brain activity in the medial temporal lobe. *Neuroimage*, 54, 3085–3092.
- Watkins, M. J. (1979). Engrams as cuegrams and forgetting as cue overload: A cueing approach to the structure of memory. In C. R. Puff (Ed.), *Memory organization and structure* (pp. 347–372). New York: Academic Press.
- Watkins, O. C., & Watkins, M. J. (1975). Build-up of proactive inhibition as a cue overload effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 104, 442–452.
- Wheeler, M. E., Petersen, S. E., & Buckner, R. L. (2000). Memory's echo: Vivid remembering reactivates sensory-specific cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97, 11125–11129.
- Wheeler, M. E., Shulman, G. L., Buckner, R. L., Miezin, F. M., Velanova, K., & Petersen, S. E. (2006). Evidence for separate perceptual reactivation and search processes during remembering. *Cerebral Cortex*, 16, 949–959.
- White, C. N., & Poldrack, R. A. (2013). Using fMRI to constrain theories of cognition. *Perspectives on Psychological Science*, 8(1), 79–83.
- White, C. N., Ratcliff, R., & Starns, J. J. (2011). Diffusion models of the flanker task: Discrete versus gradual attentional selection. *Cognitive Psychology*, 63, 210–238.
- Wixted, J. T. (2007). Dual-process theory and signal-detection theory of recognition memory. *Psychological Review*, 114, 152–176.
- Wolosin, S. M., Zeithamova, D., & Preston, A. R. (2013). Distributed hippocampal patterns that discriminate reward context are associated with enhanced associative binding. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(4), 1264–1276.
- Woodruff, C. C., Johnson, J. D., Uncapher, M. R., & Rugg, M. D. (2005). Contentspecificity of the neural correlates of recollection. *Neuropsychologia*, 43, 1022–1032.
- Xue, G., Dong, Q., Chen, C., Lu, Z., Mumford, J. A., & Poldrack, R. A. (2010). Greater neural pattern similarity across repetitions is associated with better memory. *Science*, 330, 97–101.
- Yap, M. J., Balota, D. A., Cortese, M. J., & Watson, J. M. (2006). Single- versus dual-process models of lexical decision performance: Insights from response time distributional analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 1324–1344.
- Yonelinas, A. P., Otten, L. J., Shaw, K. N., & Rugg, M. D. (2005). Separating the brain regions involved in recollection and familiarity in recognition memory. *The Journal of Neuroscience*, 25, 3002–3008.
- Zeithamova, D., Dominick, A. L., Preston, A. R. (2012). Hippocampal and ventral medial prefrontal activation during retrieval-mediated learning supports novel inference. *Neuron*, 75, 168–179.
- Zhang, Q., Li, X. H., Gold, B. T., & Jiang, Y. (2010). Neural correlates of cross-domain affective priming. *Brain Research*, 1329, 142–151.

The Determinant Factor of Memory Performance: Cue Overload, Encoding-retrieval Match and Memory-as-discrimination

BAI Xuejun¹; LIU Tuanli^{1,2}; XING Min²; GONG Yanbin¹

(¹ Academy of Psychology and Behavior, Collaborative Innovation Center for National Mental

Health Assessment and Promotion, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China)

(² School of Education Science, Xinyang Normal University, Xinyang 464000, China)

Abstract: One of the most fundamental questions that research on human cognition has to answer is what determines our memory performance. The cue overload hypothesis states that as the number of items in memory associated with a cue increases, the effectiveness of the cue declines, while the encoding-retrieval match hypothesis states that memory performance depends on the extent to which encoded retrieval information matches the to-be-recalled representation. Both hypotheses mentioned above attracted attention of the researchers in different times. Based on the previous researches, the new perspective of memory as discrimination was proposed. Memory as discrimination perspective states that what really determines the probability of recall is the degree to which a cue is uniquely associated with a target, to the exclusion of other potential retrieval candidates, which offers a new sight to the question of 'what determines our memory performance'. Future research should be engaged in testing this new perspective multifaceted, meanwhile, adopting new technology should be promoted.

Key words: cue overload; encoding-retrieval match; memory-as-discrimination

第一作者简介:

白学军教授, 天津师范大学心理与行为研究院院长, 博士生导师。国务院学位委员会心理学科评审组成员、中国心理学会副理事长、教育部人文社会科学重点研究基地主任、教育部高等学校心理学教学指导委员会副主任、中国认知神经语言学会研究会副会长、天津市社科联副主席、天津市心理学会理事长、新世纪百千万人才工程国家级人选(2006)、教育部新世纪优秀人才支持计划人选(2004)、天津市劳动模范(2011)、天津市教学名师(2014)、享受国务院政府特殊津贴(2011)、《心理与行为研究》主编。编写的《实验心理学》入选“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材; 主持翻译《改变心理学的40项研究》; 研究成果发表在《Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance》、《Journal of Memory and Language》和《心理学报》等刊物上。