

越难读意味着学得越好？学习过程中的不流畅效应*

谢和平 王福兴 王玉鑫 安 婧

(青少年网络心理与行为教育部重点实验室；华中师范大学心理学院，武汉 430079)

摘 要 教育心理学领域的“不流畅效应”认为，学习难读材料要比学习易读材料的效果更好。已有研究主要通过操纵学习材料中的文本、画面或声音属性考察知觉流畅性在学习过程中的作用，并发现不流畅材料可能有助于缓解过度自信现象，但不一定能提高学习效果，不流畅效应的稳健性受到质疑。合理难度理论与不流畅理论均认为，知觉不流畅所引发的额外认知负荷促进了学习；相反，认知负荷理论认为这种额外认知负荷会阻碍学习。对现有研究进行元分析，结果表明，知觉不流畅既降低了学习判断的自信心($d = -0.54$)，也不利于提高学习效果($d = -0.36$)，一定程度上支持认知负荷理论。未来研究需关注知觉流畅性本身的操纵、界限及系统性评定，并探讨不流畅效应的边界条件等。

关键词 不流畅效应；合理难度理论；不流畅理论；认知负荷理论；边界条件

分类号 B849:G44

1 引言

在学习过程中，是否学习材料越容易读，学习效果就越好？近期，教育心理学领域的知觉流畅性研究发现并非如此，有时适当增加学习材料的主观感知难度反而更有利于学习。例如：Diemand-Yauman, Oppenheimer 和 Vaughan (2011) 首先在实验室情境中通过操控学习材料字体的方式来影响学习者对材料难度的主观感知，要求一组被试观看 12 号大小、60% 灰度的 Comic Sans MS 或者 Bodoni MT 字体的文本材料(知觉不流畅组)，另一组被试则观看 16 号大小、纯黑的 Arial 字体的正常材料(知觉流畅组)，结果发现学习这种被认为难读的(hard-to-read)材料(前者)反而比相对易读的(easy-to-read)材料(后者)效果更好，因为相对难读的不流畅材料合理地增加了学习者感知到的主观难度，并激活了其分析性思维。随后，他们在真实课堂情境中成功验证了以上结果。这种因为降低学习材料的知觉流畅性而增加了学习者感知到的主观难度，激发了学习者的分析性思维并

最终提高其学习成绩的现象，被称为“不流畅效应”(disfluency effect) (Eitel, Köhl, Scheiter, & Gerjets, 2014; Lehmann, Goussios, & Seufert, 2016; Strukelj, Scheiter, Nyström, & Holmqvist, 2016)。本文介绍了知觉流畅性的概念及其在教育心理学研究中的实验操控方法，综述了最近关于不流畅促进学习还是阻碍学习的实证研究，并探讨了支持或不支持不流畅效应的理论基础，然后对有关研究进行了元分析和总结展望，以为教育心理学领域不流畅效应研究的深入开展提供一定的参考。

2 知觉流畅性及其实验操纵

2.1 什么是知觉流畅性

知觉流畅性(perceptual fluency)是指个体在知觉水平上对外部信息加工难易程度的一种主观感受或体验(Benjamin, Bjork, & Hirshman, 1998; Oppenheimer & Frank, 2008)，它主要反映的是个体对与刺激外部形式有关属性的低水平加工(Reber, Wurtz, & Zimmermann, 2004)。知觉流畅性本身并不是一种认知操控，而是在不增加客观难度的基础上对某种认知操控有关的难易度的主观感知(Oppenheimer, 2008; Rummel, Schweppe, & Schwede, 2016)，它通常被认为是一种元认知体验(metacognitive experience)。例如：当打印纸张中的图片有些模

收稿日期：2015-12-28

* 国家自然科学基金青年项目(31300864)和中央高校基本科研业务费项目(CCNU16A02023)资助。

通讯作者：王福兴, E-mail: fxwang@mail.ccnu.edu.cn

糊时,个体能够意识到比加工清晰图片更为费力;当电子书中的文字比较小时,个体能够觉察到理解这些文字存在更大的困难等。正是这种表层特征激发的元认知体验引导着人们做出可能与平常不太一致的行为(Alter, 2013)。

以往大量研究表明,知觉流畅性对个体的认知加工具有重要影响,特别是判断与决策(Oppenheimer & Frank, 2008; Reber & Schwarz, 1999; Reber, Winkielman, & Schwarz, 1998; Unkelbach, 2007)。近期,随着Diemand-Yauman等人(2011)将知觉流畅性研究推广到学习心理研究领域并发现了不流畅效应以来,众多研究者开始从学习的视角围绕该现象进行探索和验证。本文主要关注的是学习过程中的不流畅效应。

2.2 知觉流畅性的实验操纵

与非学习研究领域不同的是,学习领域中的知觉流畅性实验研究所采用的材料多为(类似)课程教学中使用的学习材料,例如:闪电形成原理(Kühl, Eitel, Damnik, & Körndle, 2014)、飞机起飞原理(Strukelj et al., 2016)等。由于文本、画面或声音是构成这些学习材料的重要元素,因此从操纵对象上来看,研究者主要就文本、画面、声音的知觉流畅性进行了实验操控。

由于操纵方法的相对简便性、经济性,文本成为现有研究中与知觉流畅性有关的主要操纵对象,一般涉及字体类型、字体大小等。例如:French等(2013)将不流畅组的学习材料字体类型设置为Monotype Corsiva, Arial字体则作为流畅组(对照组)材料;Ball, Klein和Brewer(2014)在保证字体其他属性一致的情况下操控了学习材料字体的大小,大号字体(48pt)作为流畅的材料,小号字体(24pt)作为不流畅材料。另有研究通过变换文本学习材料的字体灰度(Diemand-Yauman et al., 2011; Eitel et al., 2014; Lehmann et al., 2016; Rummer et al., 2016)、字体粗细(Ball et al., 2014)、文字斜体(Miele & Molden, 2010)、文字边框(Ball et al., 2014)、文字清晰度(Strukelj et al., 2016)以及行长、行间距(Katzir, Hershko, & Halamish, 2013)等方式实现学习材料的知觉流畅性干预。

进入多媒体学习时代后,画面成为教学材料中的重要元素之一,因此有研究者对画面的知觉流畅性进行了操纵,主要涉及图片清晰度。Diemand-Yauman等(2011)在进行真实的情境实验(实

验2)时,在打印机复印过程中通过上下来回移动纸张的方式改变材料中的文本质量。类似地,Eitel等(2014)也在复印过程中将材料的图片打印成看起来质量较低(褶皱、略微模糊)的版本,从而改变了图片原有的清晰度,并作为不流畅图片材料,而流畅图片则正常打印(实验1)。

除文本和画面外,一些研究者还操纵了声音流畅性。比如:在Carpenter, Wilford, Kornell和Mullaney(2013)采用的不流畅材料中,解说员对学习材料的阅读声音听起来显得吞吞吐吐、犹豫不决,而流畅材料与之相反;Kühl, Eitel, Damnik等(2014)则通过扭曲音轨并加入背景噪音的方式对流畅材料中的声音质量进行了弱化处理,使之产生类似对讲机的音质效果,作为知觉不流畅的学习材料。

综上,目前教育心理学研究领域对知觉流畅性的实验处理对象主要涉及学习材料的基本元素:文本、画面和声音。其中,对画面和声音的操纵相对较少,对文本字体类型、字号等的操纵最为经济、普遍(Diemand-Yauman et al., 2011; Lehmann et al., 2016)。但需要说明的是,当前知觉流畅性的实验操纵方法及具体操作定义仍然存在一些问题。首先,部分研究并未对学习材料的知觉流畅性进行特别严格的控制。如:当同一文本材料设置为不同的字体类型时,流畅组和不流畅组中的文字在大小、整体结构及空间位置上难以完全统一(Diemand-Yauman et al., 2011; Rummer et al., 2016),而这可能是实验操纵效果乃至研究结果不一致的重要原因之一。因此在操纵学习材料的某一外在属性(如:字体类型)时需尽量保证其他属性(如:字体大小、文字结构与位置等)不变。其次,仅少量研究对知觉流畅性进行了操作定义,且局限于主观评定方式。比如:采用7点Likert量表要求被试判断“我认为文字设计得比较好”(1-很差,7-很好)、“你认为材料中的文字清晰度怎样?”(1-很不清晰,7-很清晰),数字越小代表被试认为材料的主观难度越高(即知觉不流畅)。虽然通过主观评分对知觉流畅性进行操作定义方便快捷,但可能不能较好地保证其敏感性。因此,后续需要将主观评定和其他更为客观的操作定义方式(如:学习时间、眼动指标)结合起来共同反映知觉流畅性。最后,这种主观评定量表的效度可能较低。根据知觉流畅性定义,研究者需要测量的是被试加工不同流畅性材料的主观难易度。要求被

试回答文字设计质量或文字清晰度等问题不一定能直接反映其感知到的难易度, 因为即使被试感觉文字设计得很好或文字很清晰, 也并不一定代表他认为加工这种设计方式的文字很容易。

3 缓解过度自信: 不流畅与学习判断

对学习材料的文本、画面、声音等进行知觉流畅性的实验操纵, 目的之一在于对比不流畅材料与流畅材料在元认知水平上是否存在差异。关于知觉流畅性与学习过程中元认知判断之间的关系, 研究者主要采用学习判断任务进行考察。作为元认知监测的一种重要判断形式, 学习判断(judgment of learning, JOL)是指学习者基于当前学习过的项目对后续相关回忆测验成绩的预测性判断(参见: 陈功香, 傅小兰, 2004)。例如: 在学习完材料之后, 要求学习者主观地预测自己能正确回忆出所学内容的可能性。

尽管目前学习领域关于知觉流畅性影响 JOL 的研究相对较少, 但也发现了一些有价值的结果。在学习者学完一段科学性的视频材料后, Carpenter 等人(2013)要求被试预测其 10 分钟之后的测验成绩可能表现如何, 结果发现相比不流畅组, 流畅组被试预期自己能够回忆更多的信息, 但令人意外的是, 两组被试实际回忆成绩并无差异。研究者认为, 观看流畅材料的被试过高地估计了其学习绩效, 出现了过度自信(overconfidence)的现象。Ball 等(2014)随后在模拟真实的学习情境中也发现了类似的情况, 即阅读字体加粗的流畅课本时, 学习者的学习判断比不流畅课本更为自信。另外, Miele 和 Molden (2010)也发现在预测学习效果时, 那些阅读相对易读的流畅文本的被试一致认为其理解效果将会比不流畅文本(斜体)更好, 出现了较高的自信; 不过, 前者最终的后测成绩也的确高于后者。从这一角度讲, 知觉流畅条件下的自信是否真的“过度”还有待检验。

从总体上看, 以上研究表明, 流畅材料在学习过程中容易使学习者产生元认知错觉(metacognitive illusions) (Ball et al., 2014; Rhodes & Castel, 2008)而导致其过度自信, 不流畅材料则可能有助于缓解这种现象。一般情况下, 学习者对事后学习效果的判断可能更多地依据其加工学习材料时所感知的难易程度, 而非真实的学习成绩。这种基于知觉流畅性的学习判断更多属于经验式的判断

(experience-based judgments) (Ball et al., 2014), 有时具有欺骗性(Weltman & Eakin, 2014)。在现实的学习情景中, 为了实现高效学习, 学习者通常需要具备准确地评定自己知识的元认知能力, 即知道自己知道什么(或不知道什么), 它与后期的学习决策密切相关(Bjork, 1994; Pyc & Dunlosky, 2010)。而学习流畅材料时可能出现的过度自信现象则一定程度上会导致错误的决策, 例如: 在完全掌握知识之前就因自信已学习得相当成功而停止当前学习(Serra & Dunlosky, 2010); 相反, 知觉不流畅的学习材料导致更为谨慎的学习判断(Carpenter et al., 2013), 因此在掌握知识之前停止学习的可能性降低。

值得提醒的是, 不同流畅性条件下通过学习判断表现出来的不同程度的自信是相对的, 而非绝对。试想: 如果知觉不流畅的学习材料使得学习者在学习判断上的预期比知觉流畅材料更差, 那么对此我们可以做出哪些推测? 从自信水平的角度分析, 至少可能存在以下两种相对的推测: (1) 知觉不流畅缓解了过度自信(这与以上论述一致); (2) 知觉不流畅让学习者变得更不自信。两种推测均可基于同样的学习判断结果得出, 但知觉不流畅的效价正好相反。前者体现了知觉不流畅对自信水平的积极作用, 而后者则反映了知觉不流畅的消极影响。因此, 研究者需要辩证地看待学习判断任务中知觉流畅性与自信水平之间关系的相对性, 并根据具体情形对被试的自信水平进行合理的推测。

4 促进还是阻碍? 不流畅与学习效果

尽管不流畅可能影响了学习者的学习判断, 对缓解元认知判断过程中的过度自信起到了一定的积极作用, 但从实际的教学意义上讲, 研究者更为关注的一个问题是: 对学习材料的知觉不流畅操控是否会影响当前学习效果(Eitel & Kuhl, 2016)? 即: 不流畅到底是促进学习, 还是阻碍学习? 从表 1 中所汇总的 27 项实验来看, 仅 5 项实验结果发现不流畅比流畅更有利于学习, 2 项部分验证了不流畅效应, 3 项发现相反的结果, 其余 17 项实验没有发现不流畅与流畅之间的差异。

部分研究表明, 知觉上的不流畅干预可以促进学习(Diemand-Yauman et al., 2011)。比如: French 等(2013)发现, 文本的不流畅特征导致学习者投

入更多的认知资源去阅读和记忆学习材料,从而提高了保持测验成绩。Lee (2013)在 E-book 阅读环境中也发现相对难读的不流畅字体促进了学习者对阅读内容的记忆保持,验证了不流畅效应。随后,Weltman 和 Eakin (2014)在实验中要求一部分学生学习手写的且亮度较低的材料,另一部分学生学习常规的打印材料,结果发现前者对材料的理解效果更好。Diemand-Yauman 等(2011)的研究结果进一步将不流畅效应推广到了真实的课堂教学和学习中。

另一些研究则部分证实了学习过程中不流畅效应的存在。例如:Katzir 等(2013)探讨了字体大小、行长、行间距对小学二年级和五年级学生阅读理解的影响,发现五年级学生阅读小号字体(不流畅)材料时的理解效果更好,而二年级学生在大号字体及较短行长(流畅)条件下的阅读理解成绩相对更好。因此该研究仅在五年级学生中发现了不流畅效应,表明不流畅效应可能存在发展差异。Eitel 等(2014)进行了4项实验,但仅仅在实验1的迁移测验成绩上发现了不流畅效应。这些研究结果显示,知觉不流畅对学习效果的影响可能并不稳健。

另外,还有许多研究发现知觉不流畅没有提高学习效果(Ball et al., 2014; Carpenter et al., 2013)。比如:Guenther (2012)在其两项实验中均发现,阅读 Brush 不流畅字体和 Arial 流畅字体后被试在回忆数量上没有显著差异。近期,国外期刊 *Metacognition and Learning* 上刊载了一系列相关研究,也都没有在学习效果上发现不流畅干预的积极作用(Eitel & Kuhl, 2016; Rummer et al., 2016; Strukelj et al., 2016)。有趣的是,Rummer 等(2016)采用与 Diemand-Yauman 等(2011)实验1中相同的材料也没能成功复制不流畅效应。而且从效率上看,不流畅还可能降低了学习效率,因为学习者花费了更多的时间学习不流畅材料,但学习效果并没有得到提升(Eitel & Kuhl, 2016)。甚至有研究结果直接表明,知觉不流畅阻碍了学习(Kuhl, Eitel, Damnik, et al., 2014; Miele & Molden, 2010)。

由此可知,不流畅效应的稳健性受到许多研究者的质疑。之所以出现这种不稳定的结果,原因也许在于不流畅效应存在潜在的边界条件(boundary conditions),即调节变量(Kuhl, Eitel, Scheiter, & Gerjets, 2014; Oppenheimer & Alter,

2014)。首先,不流畅本身的操纵对象、操纵方式和操纵程度等可能影响不流畅效应(Rummer et al., 2016; Strukelj et al., 2016)。以往研究通常针对不同的操纵对象(如:文本、画面、声音),采用不同的操纵方式(如:变更字体、调整字号、改变清晰度等)探讨不流畅干预的作用,实验操纵上的不同可能导致不流畅的效用存在大小上的差异。即使是对同一对象进行同一方式的操纵,也需要考虑不流畅程度的影响(Diemand-Yauman et al., 2011)。其次,学习是一个相对复杂的过程,而知觉流畅性并不是影响这一复杂过程中难易度感知的唯一因素,其他诸如学习动机、学习风格、先验知识经验、工作记忆能力等学习者特征(Kuhl, Eitel, Scheiter, et al., 2014; Oppenheimer & Alter, 2014),材料内容、材料动态性、材料呈现步调等材料特征以及实验任务难度(Rummer et al., 2016)等,均可能对不流畅效应起到调节作用。甚至有研究者认为,实验指导语都有可能影响不流畅效应(Eitel et al., 2014)。比如:实验前如果告知被试接下来会有相应的测验,那么无论材料流畅还是不流畅,被试都可能会认真学习,从而掩盖了不流畅效应(Eitel & Kuhl, 2016)。当然,至于不流畅是否真的能够提高学习效果,可采用元分析方法对相关研究进行效应量合并,从而进一步探讨其作用。

总之,学习过程中的知觉不流畅干预对学习效果的影响结论不一。但是研究者对不流畅效应的质疑并不代表着对它的全盘否定,质疑恰恰表明不流畅效应还存在很大的研究空间,也是研究者们继续深入挖掘这种知觉不流畅干预在学习过程中潜在作用的强大动力。毕竟,即使是那些验证了不流畅效应的研究者也认为,该效应是否稳定还需要后续大量的深入研究(参见:Diemand-Yauman et al., 2011; Lee, 2013)。关注不流畅效应的边界条件,的确是解决不流畅效应稳健性质疑的良好切入点,但并非唯一的切入点。相比而言,如何建构合适的理论框架去解释知觉不流畅对学习效果的不同作用,也许能为上述质疑甚至今后更深入的实证研究提供更加科学的突破口。

5 不流畅效应的理论解释

针对知觉不流畅干预对学习效果的影响,研究者基于不同的理论观点各执一词。总体来看,存在不流畅促进说和不流畅阻碍说两种立场。前

者主要包括合理难度理论和流畅理论, 后者主要涉及认知负荷理论。

5.1 不流畅促进说

5.1.1 合理难度理论

合理难度(desirable difficulty)理论(Bjork, 1994, 2013)被一些研究者用来解释知觉不流畅对学习成绩的积极影响。Bjork 和 Bjork (1992)认为, 人类学习过程中的记忆有存储力(storage strength)和提取力(retrieval strength)之分, 前者是指个体对所学内容的记忆深度或记忆持久性, 后者则指记忆内容的提取难易度或即时可得性。根据合理难度理论(Bjork, 1994), 记忆提取力和存储力呈现负相关, 高提取力(容易提取)不能保证最终的高存储力; 相反, 低提取力(较难提取)反而有利于信息的存储, 提高了记忆保持的持久性, 因此促进了学习。例如: 生成效应(generation effect)研究发现, 让学生主动生成(低提取力)词对中的单词(如: salt—p_pp_r), 要比让其被动接受该词(如: salt—pepper)的记忆效果更好, 尽管主动生成需要消耗额外的认知资源, 但这是一种“合理难度”(Hirshman & Bjork, 1988)。

知觉不流畅便被认为是一种“合理难度”(Katzir et al., 2013; Weltman & Eakin, 2014), 它提高了学习者的记忆存储力。由于这种不流畅操纵仅仅改变了材料的表面特征, 而非材料内容本身的客观难度, 因此只是增加了学习者的主观努力, 而非客观努力(Bjork, 2013)。当学习材料不流畅时, 记忆的提取力相对降低, 学习者需要投入更多的主观努力, 额外的认知负担相应增加, 对材料的加工更为深入, 记忆保持更加持久, 而这些对于提高最终的学习成绩来说无疑是合理的(Lehmann et al., 2016)。比如: Corley, MacGregor 和 Donaldson (2007)研究发现, 当演讲者讲话犹豫不决(低提取力)时, 听众的语言理解效果反而更好。Weltman 和 Eakin (2014)在研究中要求学习者学习完后对材料的掌握程度进行 5 点 Likert 自评(JOL), 发现以当前材料的知觉流畅性来预测学习效果容易导

致判断失误, 即认为流畅的材料比不流畅材料掌握更好, 但实际上后者测验得分更高, 因为后者向学习者提供了“合理的难度”。

5.1.2 不流畅理论

早在上个世纪, James (1890/1950)就提出了双系统加工观(dual-system processing)(间接引自: Alter, Oppenheimer, Epley, & Eyre, 2007)。根据此观点, 人类拥有两个独立的加工系统: 系统 1 的加工是快速的(quick)、直觉性的(intuitive)、无需努力的(effortless); 相反, 系统 2 的加工是慢速的(slow)、分析性的(analytical)、需要深思熟虑的(deliberate)。一般情况下, 个体采用系统 1 进行快速而肤浅的信息加工, 这种加工主要是自动化的, 不会引起较高的认知负荷, 往往伴随着积极的主观感受, 其加工效果通常也较好, 但不会特别突出(Kahneman, 2011)。特殊情况下(如: 判定当前任务对自己特别重要时), 个体会采用系统 2 进行慢速而精细的加工, 系统 2 的加工比系统 1 的要求更高, 且受注意控制系统的影响(Norman & Shallice, 1986), 往往产生更高的认知负荷, 但加工效果更为优化(Kahneman, 2011)。

基于以上观点, Alter 等(2007)提出不流畅理论(disfluency theory)来解释知觉不流畅操纵的优势(见图 1)。系统 1 或系统 2 是否被激活的条件之一可能是个体对信息加工难易度的主观体验(Alter et al., 2007), 即知觉流畅性。如果信息加工被知觉为容易的, 那么系统 1 更有可能被激活, 导致个体采用直觉性的、无需努力的快速加工方式(Alter & Oppenheimer, 2009); 反之, 如果信息加工被知觉为困难的, 那么系统 2 更有可能被激活, 个体投入更多的心理努力, 开启分析性思维(Eitel et al., 2014)。例如: 当学习材料的字体相对难读时, 学习者在元认知水平上意识到还没有掌握材料, 因此知觉到的难度增加(Eitel & Kuhl, 2016), 这种主观体验阻碍了系统 1 并激活了系统 2, 学习者投入更为精细的分析性思维, 而非启发式的直觉性思维(Diemand-Yauman et al., 2011)。简言之, 知

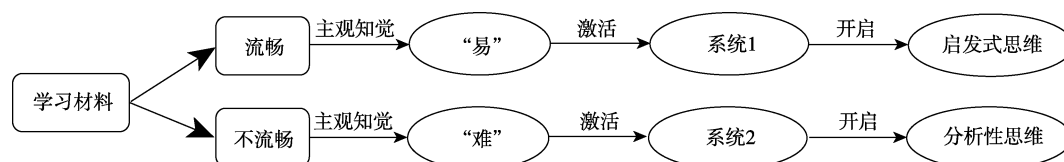


图1 基于不流畅理论的学习加工过程(根据 Alter et al., 2007 理论假设绘制)

觉不流畅激发了分析性思维, 学习者的信息加工更加深入(Alter et al., 2007)、更加抽象(Alter & Oppenheimer, 2008)、更加仔细(Song & Schwarz, 2008), 而这些在教学情景中无疑是有利于提高学习效果的(Diemand-Yauman et al., 2011; French et al., 2013; Lee, 2013)。

综合以上不流畅促进说的两种理论观点来看, 虽然合理难度理论强调知觉不流畅对记忆存储力的影响, 而不流畅理论强调知觉不流畅通过系统 2 激活了分析性思维, 但二者在本质上可能没有太大差别。因为无论是记忆存储力的提高, 还是分析性思维的激活, 学习者的认知负担(认知负荷)都有所增加, 心理努力程度提高(Eitel et al., 2014), 都一定程度上有利于个体对学习材料的记忆和保持, 而且分析性思维的激活过程可能也是记忆存储力提高的过程。这也许是目前许多研究者(例如: Diemand-Yauman et al., 2011; Strukelj et al., 2016; Weltman & Eakin, 2014)同时采用两种理论观点阐释不流畅效应的原因。另外, 由前文综述可以清楚地发现, 不流畅促进说仅得到少量实证研究的支持。对于那些发现不流畅组与流畅组学习效果无显著差异, 甚至不流畅组学习效果显著低于流畅组的研究结果, 合理难度理论和流畅理论目前均不能给予令人信服的解释。因此, 未来的理论性研究应将关注重点更多地放在如何提高不流畅理论或合理难度理论对不流畅效应的解释力上。

5.2 不流畅阻碍说

与不流畅促进说相反, 认知负荷理论(cognitive load theory, CLT)预测知觉不流畅所激发的额外认知负担会阻碍学习。根据该理论(Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2011; Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998), 个体在信息加工过程中所承载的认知负荷可分为3种: 内在认知负荷(intrinsic cognitive load, ICL)、外在认知负荷(extraneous cognitive load, ECL)和相关认知负荷(germane cognitive load, GCL)。ICL主要与学习材料本身的元素交互性(内在复杂性)和学习者的先前知识水平有关, 材料越复杂或先前知识水平越低, 则 ICL 越高, 学习效果越差; ECL 主要与教学设计质量有关, 这种认知负荷是外在的, 因为此时学习者所调用的认知资源并不是针对学习任务本身, 而是针对额外的认知需求, 不良的教学设计导致较高的 ECL 和较差的学习效果;

GCL 主要和图式建构及自动化有关, 它反映的是与学习任务本身有关的认知加工, 较高的 GCL 有利于学习, 例如: 向学习者提供不同种类的样例。三类认知负荷之和代表学习过程中的总认知负荷(Sweller et al., 1998)。

根据上述分类, 有研究者认为知觉不流畅主要导致了 ECL 的增加(Eitel et al., 2014)。在教学过程中, 知觉不流畅操纵可能是一种不良的教学设计方式。比如: 将学习材料稍微模糊化后, 学习者需要投入相对更多的认知资源去应对这种模糊化处理导致的知觉困难, 而这种困难所带来的认知负荷并非针对学习任务本身, 而是学习任务以外的加工, 因而 ECL 增加; 同时, 由于这种不流畅处理并不像学习的生成效应那样能够激励学习者主动生成新的信息, 故 GCL 不会改变。依此逻辑不难推测, 当学习者(一般是低经验学习者)在学习某一特定内容的材料(ICL 不变)时, 知觉不流畅导致 ECL 增加(GCL 不变), 学习过程中的总认知负荷增加, 因此不利于学习者的识记和理解。不过, 基于认知负荷理论的这种推测, 目前仅得到了部分研究结果的支持(比如: Kühl, Eitel, Damnik, et al., 2014)。

对比不流畅促进说和不流畅阻碍说, 二者争论的焦点主要在于: 知觉不流畅所引发的额外认知负荷到底是促进了学习还是阻碍了学习? 尽管目前学习领域的知觉流畅性研究还相对较少, 但这两种立场不同的说法都得到了不同程度的支持。不过需要承认的是, 二者在解释力上可能都存在不足。一方面, 对于不流畅与流畅没有差异的现象, 二者均不能给出很好的解释。以往研究中, 大部分既没有发现不流畅对学习效果的促进作用(与合理难度理论、不流畅理论不符), 也没有发现不流畅的阻碍作用(与认知负荷理论不符), 比如: Eitel 等(2014)在其 4 项实验研究之后又进一步采用 Bayesian 分析将实验结果合并, 发现零假设的稳定性远远高于备择假设(Bayes 因子大于 14), 即知觉不流畅对学习效果并没有显著的总体效应。Alter, Oppenheimer 和 Epley (2013)也承认, 不流畅激活了个体的分析性思维, 但并不总是能影响 JOL 的准确性(即真实的记忆成绩)。甚至有研究表明, 知觉不流畅没有激活分析性思维(Meyer et al., 2015)。换言之, 知觉不流畅不一定如以上两种理论立场所提倡的那样促进或阻碍学习。对此,

部分研究者将该情况归因于潜在边界条件的影响(Kühl, Eitel, Scheiter, et al., 2014; Oppenheimer & Alter, 2014), 但这可能在一定程度上限制了理论本身的完善。另一方面, 无论知觉不流畅引发的额外认知负荷是促进学习还是阻碍学习, 研究者往往仅通过间接的后测成绩来反映其作用, 缺乏对认知负荷更为直接的测量(比如: Diemand-Yauman et al., 2011; Rummer et al., 2016; Strukelj et al., 2016), 更缺少对认知负荷与学习效果之间关系的考察(比如: Eitel & Kühl, 2016; Eitel et al., 2014; Kühl, Eitel, Damnik, et al., 2014; Lehmann et al., 2016)。从这一角度看, 不流畅促进说与不流畅阻碍说可能都没有给出更为直接的证据。

综合而言, 两种理论立场均存在合理性, 但同时也存在一定的局限性。二者对知觉不流畅引发的额外认知负荷的焦点式争论也正是不流畅效应是否稳健的本质问题所在。知觉不流畅干预到底促进学习还是阻碍学习, 既有赖于实证研究的继续支持, 也亟需理论本身的突破。

6 不流畅效应的元分析

围绕以上不流畅效应在实证研究和理论解释(特别是关于学习效果)上的不一致, 尝试采用元分析技术计算知觉不流畅对学习效果的平均效应量, 以为后续研究提供一定的参考。虽然Meyer等(2015)就知觉流畅性进行了元分析, 但其关注的焦点主要在于不流畅干预对数学推理的影响, 而非学习效果等记忆任务。同时, 为考察不流畅干预对JOL的影响程度, 也选取JOL为结果变量。因此, 本文以知觉流畅性为自变量, 以学习判断和学习效果为因变量对学习和教学领域的相关研究进行元分析。

在PsycINFO、Education Research Complete、Science Direct、PubMed、ERIC、ProQuest等数据库中, 分别将关键词“perceptual fluency”、“disfluency”、“disfluency effect”、“perceptual difficulty”、“desirable difficulty”与“memory”、“recall”、“retention”、“transfer”、“education”、“learning”、“multimedia learning”、“judgment of learning”、“JOL”组成检索词进行联合搜索, 并通过文献回溯及Google scholar搜索方式进行补查。

按照以下标准纳入文献: (1)研究需为实证; (2)对比知觉不流畅(实验组)与知觉流畅(控制组)的

差异; (3)因变量应为学习效果或学习判断, 而非推理任务(Sidi, Ophir, & Ackerman, 2016); (4)实验中要求学习者学习一段教学材料, 而非单个词或词对(Magreehan, Serra, Schwartz, & Narciss, 2016; Sungkhasettee, Friedman, & Castel, 2011; Yue, Castel, & Bjork, 2013); (5)报告了可生成效应量的完整数据。若不满足以上任何标准, 则予以排除。选择随机效应模型(random-effects model), 并采用Cohen's d 作为效应量指标(Cohen, 1988)。元分析软件为CMA 2.0 (Comprehensive Meta-Analysis 2.0)。

经以上标准筛选, 共15篇有效文献(含27项实验)纳入元分析(见表1)。为避免单篇文献因含多个实验或多个条件而生成过多效应量, 占用过多权重, 从而导致一定的结果偏差(Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2009), 事先对数据进行合并处理。最终在JOL上生成4个独立效应量(被试492人), 在学习效果上生成15个独立效应量(被试2160人)。由于数据量相对较少, 不适宜做调节效应检验, 故在此仅做主效应检验, 以考察实验组(不流畅)和控制组(流畅)在JOL和学习效果上是否存在差异。

主效应检验结果(见表2)发现, JOL上的平均效应量为 -0.54 ($p < 0.01$), 表明知觉不流畅条件下, 学习者预期学习效果将会更差, 自信心相对下降; 学习效果上的平均效应量为 -0.36 ($p = 0.06$), 表明学习知觉不流畅材料的效果不如知觉流畅材料。即: 在相对更为复杂的学习环境中, 知觉不流畅可能既降低了自信心, 也阻碍了学习。该元分析数值符合认知负荷理论假设。

异质性检验发现, $Q_{JOL} = 17.11$ ($df = 3, p < 0.001$), $I^2_{JOL} = 82.47$, $Q_{学习效果} = 285.20$ ($df = 14, p < 0.001$), $I^2_{学习效果} = 95.09$, 表明异质性均较高, 选择随机效应模型合理。发表偏差检验发现, JOL的Rosenthal's $N_{fs} = 32$, 学习效果的Rosenthal's $N_{fs} = 60$, 数值均较小, 表明有可能存在一定的发表偏差。

7 总结与展望

7.1 总结

结合表1的相关结果, 以往研究认为知觉流畅的学习材料在学习过程中容易产生元认知错觉, 导致过度自信, 而学习完不流畅材料后, 学习者对学习效果的预测往往更为谨慎, 因此可能有助

表 1 学习领域的流畅性效应研究

研究	<i>n</i>	知觉流畅性操纵	实验材料	学习判断与学习效果	是否支持 不流畅效 应?
Ball et al., 2014, Exp. 1a	74	Bolding	Forty terms and corresponding definitions from a book	JOL [*] , Recall	⊕
Ball et al., 2014, Exp. 1b	29	Bolding	同前	JOL [*] , Recall	⊕
Ball et al., 2014, Exp. 2	29	Font size	同前	JOL [#] , Recall	⊕
Ball et al., 2014, Exp. 3	35	Border	同前	JOL, Recall	⊕
Carpenter et al., 2013, Exp. 1	41	Speaker's fluency	Why calico cats are usually female	JOL [*] , Recall	⊕
Carpenter et al., 2013, Exp. 2	66	Speaker's fluency	同前	JOL [*] , Recall	⊕
Diemand-Yauman et al., 2011, Exp. 1	27	Font type, font size, grayscale	Three species of aliens	Recall [*]	●
Diemand-Yauman et al., 2011, Exp. 2	222	Font type, quality of copy	Actual classroom learning materials	Recall [*]	●
Eitel & K�hl, 2016	97	Font type	How airplanes achieve lift	Retention, Transfer	⊕
Eitel et al., 2014, Exp. 1	84	Font type, grayscale, quality of photocopy	How a toilet flush works	Retention, Transfer [*] , Pictorial recall	⊕
Eitel et al., 2014, Exp. 2	85	Font type, grayscale	同前	Retention, Transfer, Pictorial recall	⊕
Eitel et al., 2014, Exp. 3	92	Font type, grayscale	同前	Retention, Transfer, Pictorial recall	⊕
Eitel et al., 2014, Exp. 4	47	Font type, grayscale, italic	Formation of lightning	Retention, Transfer, Pictorial recall	⊕
French et al., 2013	275	Font type	Eight facts about a fictional star	Recall [*]	●
Guenther, 2012, Exp. 1	104	Font type	Summary syllabus of statistics course or cognitive course	Number of recall questions	⊕
Guenther, 2012, Exp. 2	46	Font type	同前	Number of recall questions	⊕
Katzir et al., 2013, Exp. 1	45	Font size, line length, spacing between lines	Reading textbooks	Comprehension (font size [#] , line length [#] , spacing)	⊕
Katzir et al., 2013, Exp. 2	45	Font size, line length, spacing between lines	Reading textbooks	Comprehension (font size [*] , line length, spacing)	⊕
K�hl, Eitel, Damnik, et al., 2014	79	Quality of spoken text	Formation of lightning	Retention, Transfer [#] , Pictorial matching [#]	⊕
Lee, 2013	22	Font type	E-book materials	Retention [*]	●
Lehmann et al., 2016	47	Font type, grayscale	Time and date differences on earth	Retention, Comprehension, Transfer	⊕
Miele & Molden, 2010, Exp. 3	117	Font type, italic	The brief expository text which described some of the ways in which television news affects its viewers	JOL [*] , Comprehension [#]	⊕
Rummer et al., 2016, Exp. 1	63	Font type, font size, grayscale	Five species of aliens	Recall	⊕
Rummer et al., 2016, Exp. 2	58	Font type, font size, grayscale	同前	Recall	⊕
Rummer et al., 2016, Exp. 3	80	Font type, font size, grayscale	同前	Recall	⊕
Strukelj et al., 2016	53	Clarity of text	How airplanes achieve lift	Free recall	⊕
Weltman & Eakin, 2014	101	Font type, font size, grayscale, handwriting	Uniform distribution	JOL [*] , Comprehension [*]	●

注: *n* 指各实验中的样本量; JOL 指学习判断; *指不流畅组的学习判断或学习效果高于流畅组; #指不流畅组的学习判断或学习效果低于流畅组; ●代表支持不流畅效应, 即不流畅组学习效果显著高于流畅组; ⊕代表部分支持不流畅效应, 即在部分测验或部分条件上不流畅组学习效果显著高于流畅组; ⊖代表不支持不流畅效应, 即不流畅组与流畅组学习效果无显著差异; ⊗也代表不支持不流畅效应, 且与不流畅效应结果相反, 即在所有测验或部分测验上不流畅组学习效果显著低于流畅组。

表 2 知觉不流畅对学习效果的主效应检验(随机效应模型)

结果变量	<i>k</i>	<i>N</i>	Cohen's <i>d</i>	<i>SE</i>	95% CI	<i>Z</i>	<i>p</i>
JOL	4	492	-0.54	0.21	[-0.94, -0.14]	-2.63	< 0.01
学习效果	15	2160	-0.36	0.19	[-0.74, 0.02]	-1.86	0.06

注：JOL 指学习判断；*k* 代表独立效应量个数；*N* 代表总样本量；95% CI 指效应量 *d* 的 95% 置信区间(含下限和上限)；*p* 为双尾检验。

于缓解这种过度自信现象。但在学习效果上，不流畅效应受到了较多质疑。从表 1 梳理的实证研究来看，仅少量实验验证或部分验证了不流畅效应，这得到合理难度理论或不流畅理论的支持，即知觉不流畅能够提高学习者的记忆存储力或激发其分析性思维，学习者投入更多的主观努力，额外认知负担相应增加，对材料进行更为深入、抽象、仔细的加工，最终提高学习效果；另一些研究结果表明，知觉不流畅阻碍了学习，这与认知负荷理论观点的预期一致，即知觉不流畅增加了学习者的外在认知负荷及总认知负荷，不利于学习效果的提升。不过，仍有许多研究并没有在学习效果上发现不流畅与流畅之间的显著差异。因而不流畅效应的可重复率较低，该效应的稳定性和普遍性还有待检验。结合元分析结果来看，知觉不流畅条件下的 JOL 得分更低，表明学习者对不流畅材料的成绩预期较差，自信心相对下降；同时，在学习效果上，知觉不流畅组低于流畅组，显示不流畅干预可能不利于最终的学习，符合认知负荷理论的假设。然而，鉴于纳入元分析的文献数量不多，且可能存在轻微的发表偏差，因此该结果还需谨慎对待。

目前，在上述不同理论的指导下，教育心理学领域的研究者对知觉不流畅干预的作用投入了极大的研究热情。Diemand-Yauman 等人(2011)研究中所发现的不流畅效应之所以受到后续研究者的高度关注，原因不单单在于“学习难读材料要比学习易读材料的效果更好”这一现象违反了人们的思维定势，更在于该现象在不同的理论观点之间可能激发出了碰撞的火花，以及该现象背后所存在的巨大的实际教学和应用价值。一方面，从理论角度看，加强对不流畅效应的深入研究不仅有利于解决不同的理论立场可能存在的争议，还能够为相关理论本身的反思、完善和发展提供良好的契机。例如：不流畅理论认为知觉不流畅所增加的主观难度激发了更为精细的分析性思维，而为何这种观点并没有得到多数研究的一致支持？

是否因为不流畅效应存在潜在的调节变量？如果是，那么如何将这些变量考虑在不流畅理论框架之内？这些都是理论自身发展过程中可能需要克服的问题，同时也需要以更多的实证研究为依托加以解决。另一方面，从现实角度看，深入研究不流畅效应可以为真实的课堂教学及教育改革提供科学的依据。如果有足够的证据证实通过简单的字体变化就能够合理地增加学习者感知到的主观难度，并显著提高其学习效果，那么无论是对于学生还是整个教育系统来说，这都将是一个巨大的福音。然而，需要清楚地认识到，目前对知觉不流畅在教学中的作用研究仍处于起步阶段，且现有研究在流畅性操纵、理论架构、研究方法等方面均存在诸多不足，能否大规模地将不流畅效应应用于真实的学习及教育改革中，还有赖于未来研究对该效应的继续探索。

7.2 展望

针对当前研究所存在的一些问题，未来研究可能需要从以下多个方面进一步探索。第一，注重知觉流畅性本身的操纵、界限及系统性评定。首先，现有研究基本通过变换字体类型、大小等物理属性来干预学习者知觉到的主观难易程度，而根据 Alter 和 Oppenheimer (2009)的分类，知觉流畅性不仅包括物理知觉流畅性(physical perceptual fluency)，还包括时间知觉流畅性(temporal perceptual fluency)。认知心理学领域研究发现，当刺激图片呈现时间较短时，个体更倾向于认为加工这些刺激的难度较高(Reber et al., 1998; Winkielman & Cacioppo, 2001)。那么，在教学过程中，通过操控学习材料呈现时间(如：单张 PPT 的呈现时长)是否会激发分析性思维，后续研究可在严谨的实验设计基础上探讨。其次，知觉流畅性的界限仍不太明确(French et al., 2013; Lehmann et al., 2016)。例如：文本材料从何时开始由清晰变为不流畅？又从何时开始由不流畅变为模糊不清？无论是从定义上还是理论上看，模糊不清的材料已经不属于知觉不流畅的范畴，而是一种非合理难度，可能不

利于学习。据此, Diemand-Yauman 等(2011)猜想, 知觉不流畅程度可能与学习效果呈倒 U 曲线关系。因此进一步明确知觉流畅性的界限是后续研究的潜在关注点。另外, 对知觉流畅性本身的操纵效果目前缺乏系统性评定(Lehmann et al., 2016)。根据操纵对象的不同, 知觉流畅性具有多种表现形式, 即使同一操纵对象, 也存在多种操纵方式和不同的操纵程度, 这些给实验操纵效果的评定带来了一定的困难。部分研究者虽然采用主观评定的方式考察知觉流畅性的实验操纵效果(Eitel & Kuhl, 2016; Eitel et al., 2014; Kuhl, Eitel, Damnik, et al., 2014), 但这种评定方式的敏感性还有待商榷; 甚至许多研究者并未检验实验中的知觉流畅性是否操纵成功(Diemand-Yauman et al., 2011; Lehmann et al., 2016; Rummer et al., 2016; Strukelj et al., 2016)。未来研究应结合主观和客观的方式对知觉流畅性进行系统评定。

第二, 加强对 JOL 及其准确性的研究。一方面, JOL 在学习过程中是一种普遍的元认知判断现象, 分析 JOL 既有助于深入了解该过程中学习判断本身的规律, 也可为学生学习策略或教师教学策略的运用提供更为科学的指导。按照判断时间的不同, JOL 可分为即时 JOL (immediate JOL) 和延迟 JOL (delayed JOL)。词语判断研究发现, 学习完词对间隔一段时间后进行延迟 JOL 的相对准确性显著高于学习完后的即时 JOL。那么, 在教学过程中是否也存在这种延迟 JOL 效应(delayed-JOL effect) (Nelson & Dunlosky, 1991)? 如果存在, 这对真实的学习和课堂教学有何启示? 这些都是值得思考的问题。另一方面, 计算 JOL 与测验成绩之间的 Gamma 相关是考察学习判断相对准确性及自信程度的方式之一(Nelson, 1984)。理论上, 可以推测: 若流畅材料导致过度自信(准确性低), 那么 JOL 值与学习成绩之间的相关程度理应较低; 若不流畅材料可缓解过度自信(准确性高), 那么 JOL 值与学习成绩之间的相关程度可能较高。从这一角度讲, JOL 值与测验成绩之间的 Gamma 相关也许为不同流畅性条件下的自信现象提供了另一合理指标。当然, 该推测还有待实证研究的进一步检验。

第三, 理论本身仍需完善和检验。Eitel 等(2014)从 CLT 视角出发, 认为不流畅材料仅增加了 ECL, 而由于学习者并没有主动生成新的信息, 因此 GCL 不变。对此, Lehmann 等(2016)提出了不

同的看法, 认为主动生成新信息并不是 GCL 增加的唯一条件, 不流畅材料还可能通过强化对文本的子语义加工(subsemantic processing)并建构文本表层信息的心理表征的方式来提高 GCL, 而这是有利于学习的。因此, CLT 本身对不流畅干预效果的解释是否毫无漏洞还需深入考察, 不流畅促进说与不流畅阻碍说在理论观点上是否一定对立也还不能轻易定论。此外, 现有理论还忽视了额外认知负荷的动态变化过程。在复杂的学习过程中, 认知负荷的影响因素众多, 知觉流畅性只是其中之一。随着任务进程的发展, 在众多因素共同作用的基础上, 学习者的认知负荷也在不断变化(Antonenko, Paas, Grabner, & van Gog, 2010)。而哪些变化成分是由知觉不流畅引起的, 难以清楚断定。

第四, 关注不流畅效应的边界条件。正如前文提及的那样, 不少研究者认为没有发现不流畅效应的原因可能在于它存在潜在的边界条件, 并呼吁重视对不流畅效应边界条件的探索(Kühl, Eitel, Scheiter, et al., 2014; Oppenheimer & Alter, 2014)。除部分研究发现年龄(Katzir et al., 2013)、工作记忆能力(Lehmann et al., 2016)等也许对不流畅效应具有调节作用外, 该效应还可能存在许多其他调节变量, 例如: 学习动机、先验知识经验等众多因素的作用并未被探讨(Kühl, Eitel, Scheiter, et al., 2014)。值得一提的是, 综述发现, 以往研究忽视了对不流畅内容的重要性这一因素。先前研究者倾向于将所有的材料(例如: 整个文本)都进行不流畅处理, 并没有区分重要内容与非重要内容。而在复杂的学习环境下, 搜索并把握材料的重要内容(如: 整个学习材料中的关键词句)可能才是实现高效学习的关键。众多研究表明, 对当前的重要内容进行凸显既有利于学习者对该内容的视觉搜索, 也有助于其识记和理解效果的优化(Boucheix, Lowe, Putri, & Groff, 2013; Jamet, 2014; Kühl, Scheiter, & Gerjets, 2012; Liu, Lin, & Paas, 2013; Scheiter & Eitel, 2015)。因此, 对材料内容的重要性不加任何区分的不流畅干预可能不仅没有促进学习者对重要信息的搜索与把握, 反而增加了对非重要内容的额外认知加工。另外, 不流畅效应还可能受熟悉度影响。French 等(2013)以及 Lehmann 等(2016)均指出, 流畅与不流畅是相对的, 学习者刚开始可能将某种字体的材料知觉为不流畅的, 但随着时间推移, 可能由于对该材料的熟悉度得以

提升而将其知觉为流畅的。Strukelj 等(2016)发现, 学习者对不流畅材料具有一定的适应性(adaptation)。故从熟悉度这一潜在调节变量的视角考察知觉不流畅的作用是否存在长时效应(long-term effect)也许是未来研究的另一个关注点(French et al., 2013)。

第五, 扩展研究范围及测验方法。从研究范围来看, 目前该领域多局限于文本研究(例如: Eitel et al., 2014), 即: 以文本材料为主。而随着技术的发展, 图文结合式的多媒体学习材料迅速普及(Mayer, 2009), 因此如何通过知觉不流畅提高学习者在多媒体材料中的图文整合加工是后续研究需要考虑的重要一环。从测验方法来看, 当前研究重点关注学习者的保持测验, 忽视了迁移测验(例如: Ball et al., 2014; Diemand-Yauman et al., 2011; French et al., 2013; Guenther, 2012)。虽然保持测验能够反映学习者对与材料直接相关的内容的记忆效果, 但也可能存在死记硬背现象, 因此它更多代表的是学习者的浅层识记。而从学习与教学的目的上看, 学习者仅仅掌握浅层知识是远远不够的, 还需要基于学习材料进行迁移性的问题解决。未来研究应结合保持测验和迁移测验, 同时考察学习者的浅层识记和深层理解效果(Eitel & Kuhl, 2016; Eitel et al., 2014)。

最后, 采用眼动、近红外等技术挖掘不流畅效应的行为规律及神经基础。眼动技术为深入分析学习的在线加工过程提供了良好的窗口(Hyönä, 2010; Mayer, 2010; van Gog & Scheiter, 2010)。知觉不流畅的学习材料所引发的额外认知负荷可能在眼动注视加工上有所体现, 比如: 学习者对不流畅材料的注视时间和注视次数可能显著高于流畅材料, 而眼动数据与学习成绩之间的关系则可能进一步反映了这种额外认知负荷的积极或消极作用。此外, 随着教育神经科学(educational neuroscience)的兴起, 功能性近红外光谱脑成像(functional near-infrared spectroscopy, fNIRS)等技术为分析学习的神经机制(Brucker, Ehli, Häußinger, Fallgatter, & Gerjets, 2015)及评定学习过程中的认知负荷提供了重要手段(Antonenko, van Gog, & Paas, 2014)。有研究发现, 认知负荷可能与前额叶皮层(prefrontal cortex, PFC)有关(Liu, Saito, & Oi, 2012)。那么, 知觉不流畅所引发的额外认知负荷是否能够激活前额叶等皮层? 而它对学习效果的促进或

阻碍又与这些脑区的激活存在怎样的关联? 未来研究可借助神经成像技术深入探讨。

参考文献

*为纳入元分析文献

- 陈功香, 傅小兰. (2004). 学习判断及其准确性. *心理科学进展*, 12(2), 176–184.
- Alter, A. L. (2013). The benefits of cognitive disfluency. *Current Directions in Psychological Science*, 22(6), 437–442.
- Alter, A. L., & Oppenheimer, D. M. (2008). Effects of fluency on psychological distance and mental construal (or why New York is a large city, but New York is a civilized jungle). *Psychological Science*, 19(2), 161–167.
- Alter, A. L., & Oppenheimer, D. M. (2009). Uniting the tribes of fluency to form a metacognitive nation. *Personality and Social Psychology Review*, 13(3), 219–235.
- Alter, A. L., Oppenheimer, D. M., & Epley, N. (2013). Disfluency prompts analytic thinking—But not always greater accuracy: Response to Thompson et al. (2013). *Cognition*, 128(2), 252–255.
- Alter, A. L., Oppenheimer, D. M., Epley, N., & Eyre, R. N. (2007). Overcoming intuition: Metacognitive difficulty activates analytic reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(4), 569–576.
- Antonenko, P. D., Paas, F., Grabner, R., & van Gog, T. (2010). Using electroencephalography to measure cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(4), 425–438.
- Antonenko, P. D., van Gog, T., & Paas, F. (2014). Implications of neuroimaging for educational research. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 51–63). New York: Springer.
- *Ball, B. H., Klein, K. N., & Brewer, G. A. (2014). Processing fluency mediates the influence of perceptual information on monitoring learning of educationally relevant materials. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 20(4), 336–348.
- Benjamin, A. S., Bjork, R. A., & Hirshman, E. (1998). Predicting the future and reconstructing the past: A Bayesian characterization of the utility of subjective fluency. *Acta Psychologica*, 98(2–3), 267–290.
- Bjork, R. A. (1994). Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 185–205). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bjork, R. A. (2013). Desirable difficulties perspective on learning. In H. Pashler (Ed.), *Encyclopedia of the mind* (Vol.

- 4, pp. 134–146). Thousand Oaks: Sage Publication.
- Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (1992). A new theory of disuse and an old theory of stimulus fluctuation. In A. F. Healy, S. Kosslyn & R. Shiffrin (Eds.), *From learning processes to cognitive processes: Essays in honor of William K. Estes* (Vol. 2, pp. 35–67). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. Chichester, UK: Wiley.
- Boucheix, J.-M., Lowe, R. K., Putri, D. K., & Groff, J. (2013). Cueing animations: Dynamic signaling aids information extraction and comprehension. *Learning and Instruction*, 25, 71–84.
- Brucker, B., Ehli, A.-C., Häußinger, F. B., Fallgatter, A. J., & Gerjets, P. (2015). Watching corresponding gestures facilitates learning with animations by activating human mirror-neurons: An fNIRS study. *Learning and Instruction*, 36, 27–37.
- *Carpenter, S. K., Wilford, M. M., Kornell, N., & Mullaney, K. M. (2013). Appearances can be deceiving: Instructor fluency increases perceptions of learning without increasing actual learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(6), 1350–1356.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Corley, M., MacGregor, L. J., & Donaldson, D. I. (2007). It's the way that you, er, say it: Hesitations in speech affect language comprehension. *Cognition*, 105(3), 658–668.
- *Diemand-Yauman, C., Oppenheimer, D. M., & Vaughan, E. B. (2011). Fortune favors the Bold (and the Italicized): Effects of disfluency on educational outcomes. *Cognition*, 118(1), 111–115.
- *Eitel, A., & Kühl, T. (2016). Effects of disfluency and test expectancy on learning with text. *Metacognition and Learning*, 11(1), 107–121.
- *Eitel, A., Kühl, T., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2014). Disfluency meets cognitive load in multimedia learning: Does harder-to-read mean better-to-understand? *Applied Cognitive Psychology*, 28(4), 488–501.
- *French, M. M. J., Blood, A., Bright, N. D., Futak, D., Grohmann, M. J., Hasthorpe, A., ... Tabor, J. (2013). Changing fonts in education: How the benefits vary with ability and dyslexia. *The Journal of Educational Research*, 106(4), 301–304.
- *Guenther, R. K. (2012). Does the processing fluency of a syllabus affect the forecasted grade and course difficulty? *Psychological Reports*, 110(3), 946–954.
- Hirshman, E. L., & Bjork, R. A. (1988). The generation effect: Support for a two-factor theory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 14(3), 484–494.
- Hyönä, J. (2010). The use of eye movements in the study of multimedia learning. *Learning and Instruction*, 20(2), 172–176.
- James, W. (1950). *The principles of psychology*. New York: Dover. (Original work published 1890)
- Jamet, E. (2014). An eye-tracking study of cueing effects in multimedia learning. *Computers in Human Behavior*, 32, 47–53.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. London: Allen Lane and Farrar, Straus and Giroux.
- *Katzir, T., Hershko, S., & Halamish, V. (2013). The effect of font size on reading comprehension on second and fifth grade children: Bigger is not always better. *PLoS ONE*, 8(9), e74061.
- *Kühl, T., Eitel, A., Damnik, G., & Körndle, H. (2014). The impact of disfluency, pacing, and students' need for cognition on learning with multimedia. *Computers in Human Behavior*, 35, 189–198.
- Kühl, T., Eitel, A., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2014). A call for an unbiased search for moderators in disfluency research: Reply to Oppenheimer and Alter (2014). *Applied Cognitive Psychology*, 28(5), 805–806.
- Kühl, T., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2012). Enhancing learning from dynamic and static visualizations by means of cueing. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 21(1), 71–88.
- *Lee, M. H. (2013). *Effects of disfluent Kanji fonts on reading retention with e-book*. Paper presented at the 2013 IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies (pp. 481–482). Beijing, China: IEEE.
- *Lehmann, J., Goussios, C., & Seufert, T. (2016). Working memory capacity and disfluency effect: An aptitude-treatment-interaction study. *Metacognition and Learning*, 11(1), 89–105.
- Liu, T. C., Lin, Y. C., & Paas, F. (2013). Effects of cues and real objects on learning in a mobile device supported environment. *British Journal of Educational Technology*, 44(3), 386–399.
- Liu, T., Saito, H., & Oi, M. (2012). Distinctive activation patterns under intrinsically versus extrinsically driven cognitive loads in prefrontal cortex: A near-infrared spectroscopy study using a driving video game. *Neuroscience Letters*, 506(2), 220–224.
- Magreehan, D. A., Serra, M. J., Schwartz, N. H., & Narciss, S. (2016). Further boundary conditions for the effects of perceptual disfluency on judgments of learning. *Metacognition and Learning*, 11(1), 35–56.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.

- Mayer, R. E. (2010). Unique contributions of eye-tracking research to the study of learning with graphics. *Learning and Instruction*, 20(2), 167–171.
- Meyer, A., Frederick, S., Burnham, T. C., Guevara Pinto, J. D., Boyer, T. W., Ball, L. J., ... Schuldt, J. P. (2015). Disfluent fonts don't help people solve math problems. *Journal of Experimental Psychology: General*, 144(2), e16–e30.
- *Miele, D. B., & Molden, D. C. (2010). Naive theories of intelligence and the role of processing fluency in perceived comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General*, 139(3), 535–557.
- Nelson, T. O. (1984). A comparison of current measures of the accuracy of feeling-of-knowing predictions. *Psychological Bulletin*, 95(1), 109–133.
- Nelson, T. O., & Dunlosky, J. (1991). When people's judgments of learning (JOLs) are extremely accurate at predicting subsequent recall: The “delayed-JOL effect”. *Psychological Science*, 2(4), 267–270.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation* (pp. 1–18). New York: Plenum Press.
- Oppenheimer, D. M. (2008). The secret life of fluency. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(6), 237–241.
- Oppenheimer, D. M., & Alter, A. L. (2014). The search for moderators in disfluency research. *Applied Cognitive Psychology*, 28(4), 502–504.
- Oppenheimer, D. M., & Frank, M. C. (2008). A rose in any other font would not smell as sweet: Effects of perceptual fluency on categorization. *Cognition*, 106(3), 1178–1194.
- Pyc, M. A., & Dunlosky, J. (2010). Toward an understanding of students' allocation of study time: Why do they decide to mass or space their practice? *Memory & Cognition*, 38(4), 431–440.
- Reber, R., & Schwarz, N. (1999). Effects of perceptual fluency on judgments of truth. *Consciousness and Cognition*, 8(3), 338–342.
- Reber, R., Winkielman, P., & Schwarz, N. (1998). Effects of perceptual fluency on affective judgments. *Psychological Science*, 9(1), 45–48.
- Reber, R., Wurtz, P., & Zimmermann, T. D. (2004). Exploring “fringe” consciousness: The subjective experience of perceptual fluency and its objective bases. *Consciousness and Cognition*, 13(1), 47–60.
- Rhodes, M. G., & Castel, A. D. (2008). Memory predictions are influenced by perceptual information: Evidence for metacognitive illusions. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137(4), 615–625.
- *Rummer, R., Schweppe, J., & Schwede, A. (2016). Fortune is fickle: Null-effects of disfluency on learning outcomes. *Metacognition and Learning*, 11(1), 57–70.
- Scheiter, K., & Eitel, A. (2015). Signals foster multimedia learning by supporting integration of highlighted text and diagram elements. *Learning and Instruction*, 36, 11–26.
- Serra, M. J., & Dunlosky, J. (2010). Metacomprehension judgements reflect the belief that diagrams improve learning from text. *Memory*, 18(7), 698–711.
- Sidi, Y., Ophir, Y., & Ackerman, R. (2016). Generalizing screen inferiority—does the medium, screen versus paper, affect performance even with brief tasks? *Metacognition and Learning*, 11(1), 15–33.
- Song, H., & Schwarz, N. (2008). Fluency and the detection of misleading questions: Low processing fluency attenuates the Moses illusion. *Social Cognition*, 26(6), 791–799.
- *Strukelj, A., Scheiter, K., Nyström, M., & Holmqvist, K. (2016). Exploring the lack of a disfluency effect: Evidence from eye movements. *Metacognition and Learning*, 11(1), 71–88.
- Sungkhasettee, V. W., Friedman, M. C., & Castel, A. D. (2011). Memory and metamemory for inverted words: Illusions of competency and desirable difficulties. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(5), 973–978.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296.
- Unkelbach, C. (2007). Reversing the truth effect: Learning the interpretation of processing fluency in judgments of truth. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(1), 219–230.
- van Gog, T., & Scheiter, K. (2010). Eye tracking as a tool to study and enhance multimedia learning. *Learning and Instruction*, 20(2), 95–99.
- *Weltman, D., & Eakin, M. (2014). Incorporating unusual fonts and planned mistakes in study materials to increase business student focus and retention. *INFORMS Transactions on Education*, 15(1), 156–165.
- Winkielman, P., & Cacioppo, J. T. (2001). Mind at ease puts a smile on the face: Psychophysiological evidence that processing facilitation elicits positive affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 81(6), 989–1000.
- Yue, C. L., Castel, A. D., & Bjork, R. A. (2013). When disfluency is—and is not—a desirable difficulty: The influence of typeface clarity on metacognitive judgments and memory. *Memory & Cognition*, 41(2), 229–241.

Does harder-to-read mean better-to-learn? Effects of disfluency on learning outcomes

XIE Heping; WANG Fuxing; WANG Yuxin; An Jing

(Key Laboratory of Adolescent Cyberpsychology and Behavior (CCNU), Ministry of Education; School of Psychology,

Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Recently, researchers in educational psychology pay much more attention to disfluency effect. Studies showed that students' learning performance was enhanced if materials were presented in a perceptually harder-to-read format, rather than an easier-to-read format (Diemand-Yauman et al., 2011). Previous studies mainly manipulated the extrinsic characteristics of text, picture, and sound in the educationally relevant materials to investigate the role of perceptual fluency in learning. In this article, we firstly reviewed researches about the effects of disfluency on both judgment of learning (JOL) and learning outcomes. Second, theories of disfluency and their potential controversies were introduced and reviewed. Third, based on empirical studies related to perceptual fluency, a meta-analysis was conducted to examine to what extent disfluency would influence students' learning outcomes as well as JOL. According to previous studies, metacognitive illusions occurred when information was perceptually easy to process, and yielded a sense of overconfidence from fluent materials. However, learning disfluent materials made JOL more cautiously. It's possibly leading to a remission of overconfidence. However, it remained various mixed results of the effects of disfluency. The generality of the disfluency effect was questioned by many researchers. From the perspectives of desirable difficulty and disfluency theory, perceptual disfluency is likely to improve the storage strength of memory or activate analytical thinking. More subjective efforts and additional cognitive burden are needed while perceptual difficulty is increased. Therefore, learners would process information more deeply, abstractly, and carefully, and result in better retention or comprehension. However, Cognitive Load Theory (CLT) might predict an opposite result of learning for the reason that disfluency bring about an increase of extraneous cognitive load, rather than germane cognitive load. Results of meta-analysis revealed that disfluency lowered learners' confidence of JOL ($d = -0.54$, $p < 0.01$) and hindered learning ($d = -0.36$, $p = 0.06$). This result supported Cognitive Load Hypothesis. Finally, implications and further research were discussed. Future studies should focus on the manipulation, the systematic evaluation of disfluency itself, and boundary conditions of disfluency effect.

Key words: disfluency effect; desirable difficulty; disfluency theory; cognitive load theory; boundary condition