

双通道视频学习材料下的单通道不流畅性影响

熊雪婷, 龚逸天

福建师范大学心理学院, 福建 福州

收稿日期: 2024年4月22日; 录用日期: 2024年6月18日; 发布日期: 2024年6月27日

摘要

简单的认知干预可以提升在线视频学习的效率。本研究考察在视频学习方式下, 操纵视觉/听觉通道信息的不流畅性对学习效果的影响。研究1目的是通过对比视听双通道不流畅信息和双通道流畅信息, 证实双通道不流畅同前人研究一样, 会阻碍学习; 研究2采用单因素三水平的实验设计(双通道流畅、视觉单通道不流畅、听觉单通道不流畅), 目的是为了证实视频学习条件下也能发现不流畅效应。结果发现, 无论是在实验1还是在实验2, 不流畅条件下的学习判断、认知负荷和后测成绩均与流畅条件下没有差异, 但不流畅组的学习者认为不流畅的视频不仅会对学习内容本身以及回忆内容的难易程度造成影响, 也会影响他们对自己学习能力评估。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会促进学习, 而认知负荷理论则认为会阻碍学习, 但这两派理论均不能很好地解释本研究的实验结果。本研究摒弃前人研究中实验材料全程不流畅的处理, 创新性地采用部分不流畅处理, 虽然未能在视频学习的条件下发现不流畅效应, 但未来研究仍然可以探索不流畅效应的边界条件。

关键词

不流畅效应, 多媒体学习, 双通道, 元认知错觉

The Influence of Single-Channel Disfluency in Two-Channel Video Learning Materials

Xueting Xiong, Yitian Gong

School of Psychology, Fujian Normal University, Fuzhou Fujian

Received: Apr. 22nd, 2024; accepted: Jun. 18th, 2024; published: Jun. 27th, 2024

Abstract

Simple cognitive intervention can improve the efficiency of online video learning. This study examines the impact of manipulating the disfluency of visual/auditory channel information on learn-

ing effects under video learning methods. The purpose of Study 1 was to compare audio-visual dual-channel disfluent information and fluent information to confirm that dual-channel disfluency, like previous studies, would hinder learning; Study 2 used a single-factor, three-level experimental design (visual single-channel disfluency, auditory single-channel disfluency channel disfluency, dual-channel disfluency), the purpose is to confirm that the disfluency effect can also be found under video learning conditions. The results showed that no matter whether in Experiment 1 or Experiment 2, the judgment of learning, cognitive load and post-test scores under the disfluent condition was no different from fluent condition, but the learners in the disfluent group believed that the disfluent video would not only affects the learning content itself and the ease of recalling the content, but also affects their assessment of their own learning ability. Desirable difficulty theory and disfluency theory both believe that extraneous cognitive load caused by perceptual disfluency will promote learning, while cognitive load theory believes that it will hinder learning, but neither theory can explain the results of this study. This study abandoned the disfluency treatment of the entire experimental material in previous studies and innovatively adopted partial disfluency treatment. Although the disfluency effect was not found under the conditions of video learning, future research can still explore the boundary conditions of disfluency effect.

Keywords

Disfluency Effect, Multimedia Learning, Dual Channel, Metacognitive Illusion

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

多媒体技术的发展与应用, 为学习提供了前所未有的便利。无论学习的媒介和形式如何变化, 是否学习材料的易读性越高, 学习效果就越好? 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[1]。这种通过降低学习材料的知觉流畅性以增加学习者感知到的主观难度, 从而增加学习者的心理努力, 激发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) [2]。当前, 不流畅效应相关研究大多是以单通道的方式来呈现信息的, 如: 字词、文本段落、文本篇章, 而较少研究是以双通道的方式来呈现信息。并且, 在双通道的不流畅效应的研究中尚未发现不流畅效应。为此, 本研究的主要目的是探求不流畅效应究竟是不适用于视频学习材料, 还是先前研究存在瑕疵, 如: 实验材料自始至终不流畅、不流畅处理超过合理难度范畴、不流畅处理没有侧重, 从而掩盖了不流畅效应。

除此之外, 本研究还试图探求知觉不流畅与元认知监测的关系。考察学生元认知监测常用的一种重要判断形式是学习判断(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[3]。然而, 这种判断未必是准确的, 有可能会存在元认知错觉(Metacognitive Illusion) [4] [5]。也就是说, 受到知觉流畅性的影响, 学习者可能会出现过度自信或自信不足, 进而影响他们的学习决策。

综上所述, 本研究将采用视频学习的方式, 考察在双通道信息均不流畅(或双通道中视觉或听觉信息不流畅), 对学习者的主观感受、学习判断和实际表现的影响。如果能在视频学习中发现不流畅效应, 那么, 微小的认知干预不仅能促进学习者的学习, 也能大幅节省在视频教学材料的设计成本。

2. 文献综述

2.1. 不流畅性对学习者的影响

2.1.1. 不流畅性对学习者学习效果的影响

不流畅效应的起源实验是 Diemand-Yauman, Oppenheimer 和 Vaughan 在 2011 年进行的[6]。他们首先在实验室情境中采用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(见图 1), 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。

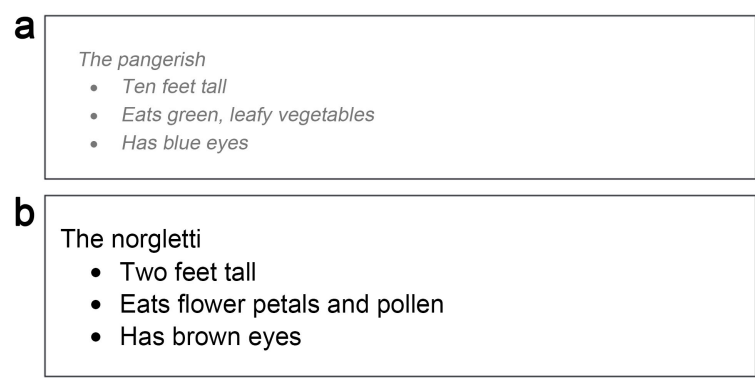


Figure 1. Perceptual dysfunction group and perceptual fluency group
图 1. 知觉不流畅组和知觉流畅组

随着 Diemand-Yauman 等人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。尽管有研究者复制了不流畅效应[2] [7] [8], 但也有研究者未能复制不流畅效应[9] [10] [11], 甚至质疑和反对不流畅效应, 认为知觉不流畅的操控会阻碍学习[12] [13]。因此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? 即: 不流畅到底是促进学习, 还是阻碍学习? [1]

不流畅效应的相关理论分为不流畅促进说和不流畅阻碍说。支持不流畅效应的理论主要包括合理难度理论(Desirable Difficulty Theory)和不流畅理论(Disfluency Theory), 反对不流畅效应的理论主要是认知负荷理论(Cognitive Load Theory, CLT)。

合理难度理论假设在学习中的记忆可以由两个强度来表征, 分别是存储力(Storage Strength)和提取力(Retrieval Strength)。储存力反映了记忆表征与相关知识和技能的牢固程度或相互关联程度, 而检索力是指在给定线索的情况下, 获取项目的难易程度[14]。简言之, 当采用的学习材料是以不流畅形式呈现时, 学习内容的检索力降低, 需要学习者投入更多的认知资源以应对知觉不流畅带来的额外的认知负荷, 使得学习者的储存力加强。[15], 这有益于编码和提取过程[16]。

不流畅理论是 Alter [15]等人在 James [17]双系统加工观(Dual-System Processing)的理论基础上提出的。谢和平等人[1]根据 Alter 等人提出的不流畅理论来解释知觉不流畅操纵带来的优势(见图 2)。系统 1 或系统 2 是否被激活的条件之一是知觉流畅性, 即个体对信息加工难易度的主观体验[15]。简言之, 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, 学习者会采用快速度、直觉性的、无需努力加工的方式[18]; 相反, 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, 学习者投入更多的心理努力, 开启分析性思维[19]。

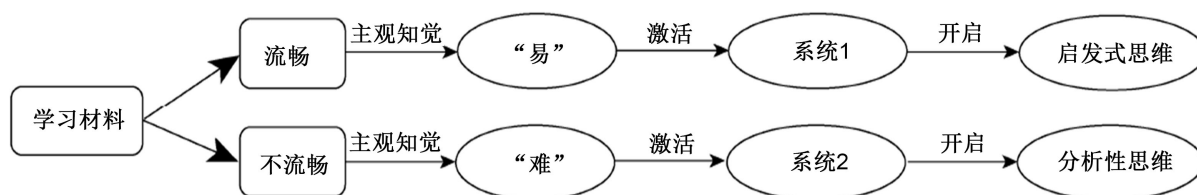


Figure 2. Learning process based on disfluency theory

图 2. 基于不流畅理论的学习加工过程

认知负荷理论认为知觉不流畅所激发的额外认知负担会阻碍学习。该理论认为个体在加工信息过程中包含内部认知负荷(Intrinsic Cognitive Load)、外部认知负荷(Extraneous Cognitive Load)和生成加工(Germane Processing)。内部认知负荷(ICL)主要与材料本身的内在复杂性和学习者的先验知识有关,如果学习材料复杂或学习者先验知识水平低,则学习效果越差;外部认知负荷(ECL)主要与教学设计的质量有关,若教学设计不合理,学习者需要调用额外的认知需求投入到当前的任务中,导致学习效果不佳[20] [21]。简言之,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。知觉不流畅导致了额外认知负荷增加,而内在认知负荷不变,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[1]。

综上所述,两种理论对知觉不流畅争论的焦点是:不流畅所引发的额外的认知负荷是否能促进学习?这也正是不流畅效应是否稳健的本质问题所在。二者均存在合理性,都得到了不同程度的支持;但也存在一定的局限性,二者均不能很好地解释不流畅与流畅没有差异的现象[19] [22],这不仅需要实证研究的继续支持,也亟需理论本身的突破[1]。

2.1.2. 不流畅性对学习者的学习判断的影响

对学习材料知觉流畅性的实验操纵,通常会将不流畅材料与流畅材料在元认知监测水平上是否存在差异进行比较。知觉流畅性反映的是个体对于刺激外部形式的低水平加工,其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的主观感知[23] [24]。知觉流畅性与元认知监测的研究,常以学习判断(Judgments of Learning)作为重要指标,以往大量研究表明,知觉流畅性是影响学习判断及其准确性的重要因素,特别是判断与决策[3] [5] [25] [26] [27] [28] [29]。

目前有关知觉流畅性影响学习判断的研究中,主要的发现是流畅程度容易让学习者在学习过程中产生元认知错觉(Metacognitive Illusions) [5] [25] [30] [31] [32]。

无论是单通道还是双通道的信息呈现方式,均有发现知觉流畅性影响学习判断的研究。例如,在单通道的信息呈现方式的研究中,Weissgerber 等人让学习者学习完一段不同流畅程度的科学材料后(图 3),测试了学习者的即时记忆和延迟记忆表现,结果发现:学习者在难阅读组产生了未掌握的元认知错觉[30]。再例如,在双通道的信息呈现方式的研究中,Ardic 等人给学习者观看视频,共有 3 种方式进行不流畅的处理,分别为:扭曲画质、扭曲音轨、扭曲视频和音轨。结果发现,学习者对扭曲画质和音轨的记忆预测低于控制组(未扭曲视频的画质和音轨) [9]。

由知觉不流畅引发的元认知错觉可知,学习者对自己是否掌握某一知识的元认知监测会存在偏差,可能是依据其加工学习材料时感知到的难易程度进行判断的[33] [34]。这种基于知觉流畅性的判断有时具有不准确性,因为它并非建立在知识难度和自身掌握情况之上的[35]。而元认知错觉一定程度上会导致错误的决策,影响个体认知活动的启动与终止、策略的调整以及学习时间分配,如:知觉流畅的材料导致更为自信的学习判断,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[36]。

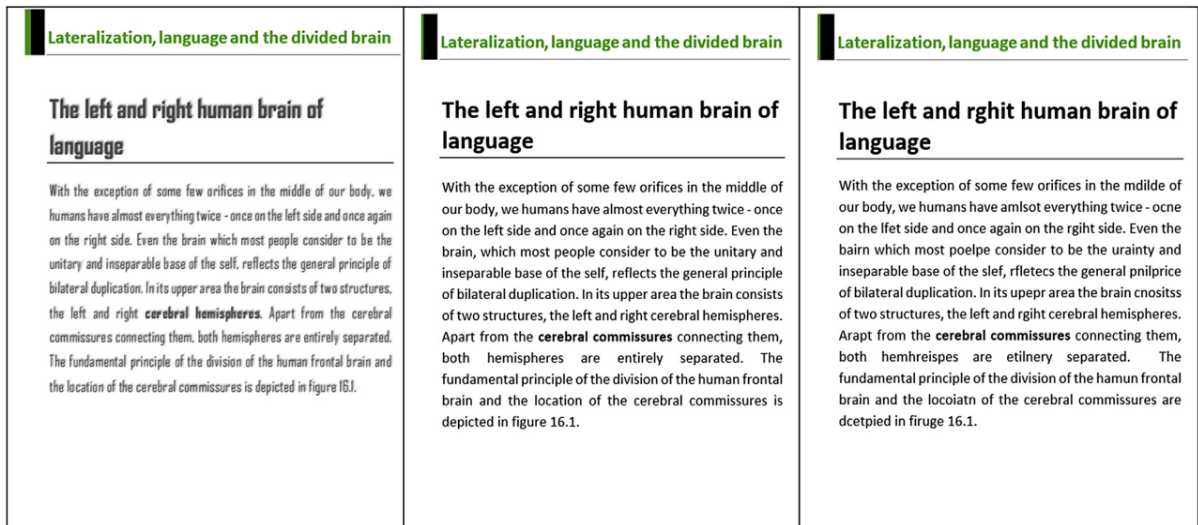


Figure 3. The manipulation of disfluency fonts
图 3. 不流畅字体的操纵方式

2.2. 不流畅性的操纵和研究

2.2.1. 单双通道下知觉流畅性的操纵方式

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。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[1]。

在单通道不流畅效应的研究中，由于文本操纵便捷、成本低，大多研究者青睐于对文本类的学习材料进行操纵。研究者们通常以字词[37] [38] [39]、文本段落或篇章[40]为学习对象，其中文本段落或篇章的学习内容多为课程教学使用的学习材料或科普类说明文。对于知觉流畅性的操纵多涉及到选用相对难辨认的字体[40]、改变字号大小[5]、字体灰度[41]、字体粗细[42]、斜体处理[43]、字词乱序[30]或字体颠倒[44]等，实际研究中的不流畅文本会采用以上其中一种或几种方式形成最终的不流畅实验材料。

在双通道不流畅效应的研究中，主要的操纵元素从印刷文本转向操纵画面清晰度和声音流畅性。在以视频为呈现材料的研究中，Ardic 等人在画质操纵中，通过技术手段让视频在呈现过程中出现黑条，制造出类似于设备故障导致画面不完整的现象；在音质操纵中，是通过扭曲音轨来实现听觉不流畅操纵的[9]。此外，Witherby 等人在画质操纵中，也是通过技术手段降低整个画质的清晰度，流畅处理下的画质类似于蓝光，不流畅处理下的画质类似于标清；在音质操纵中，是通过教师授课是否流利来区分听觉是否流畅的[11]。而以图文结合作为材料的研究中，Weissgerber 等人在画质操纵中，通过水彩、模糊的方式让动画的整体清晰度降低；屏幕文字的操纵则是通过相对难辨认的字体进行操纵的[10]。

综上所述，当前在学习知觉流畅性中实验材料的操纵主要涉及的基本元素是：文本、画面和声音。其中，单通道的信息呈现方式主要是用文本进行操纵，而双通道的信息呈现方式主要是用画面和声音进行操纵。但当前，双通道信息呈现方式下的知觉不流畅性操纵仍普遍存在一些问题，主要表现在以下几点：首先，不流畅操纵形式多样，缺乏明确统一的标准。其次，不流畅操纵未分开讨论不同的感觉通道。多数以多媒体作为学习材料的研究中，通常是将视觉和听觉通道都进行不流畅操纵，而没有分开研究它们对学习结果的影响。可能存在的问题是，视觉或听觉通道不流畅能够发现不流畅效应，但视听双通道不流畅掩盖了不流畅效应。第三，部分研究对知觉不流畅性的主观评定不够全面、缺乏理论支撑。

本研究针对前人研究的不足,在实验材料操纵和评定上采取以下方式:对于视觉通道不流畅的操纵,采用技术手段降低画质的清晰度,而听觉通道则是通过加入噪音来实现不流畅操纵。无论是听觉还是视觉不流畅,均不会增加学习者学习材料时的客观难度,也不会影响学习者正常的认知加工。对于认知负荷的测量,采用 Paas 主观认知负荷量表[45]。

2.2.2. 双通道下不流畅性的学习效果

继 Diemand-Yauman 等人在实验中发现不流畅效应以后[6],陆续有不少学者对他们的实验设计进行复制或修改,但得出的结果却不一致。在双通道不流畅性的研究中,不流畅材料对学习效果是混合的,有积极影响、消极影响和没有影响。

在双通道不流畅性的研究中,对学习结果有积极影响暂时没有,大部分关于不流畅效应的研究得出的结论是不流畅材料对学习效果没有影响的[9] [10] [11] [25]。

除此之外,还有研究发现不流畅性会阻碍学习。Carpenter [46]等人在新的研究中,采用了比之前研究更复杂的学习材料。实验中让两组学生分别观看同一个人主讲的关于“信号检测理论”的讲座视频(22分钟),但视频里的讲解方式不一样,该主讲人分别以流畅(自信、铿锵有力、站得笔直)的方式、不流畅(不确定、犹豫不决、站得歪歪扭扭)的方式进行展示。实验一和实验二发现,流畅条件下的老师评分明显高于不流畅条件,但两种条件下的测试成绩并没有显著差异。相似的,Kühl [7]等人通过扭曲音轨并加入背景噪音,发出“嘶嘶”声音以实现音质不流畅。结果发现,声音的流畅度对回忆保持成绩没有显著影响,对感知难度和心理努力也没有影响,但是在不流畅条件下,图形匹配测试成绩更差,迁移测试成绩也更差。

2.2.3. 未能复制不流畅效应的潜在因素

首先是实验材料。一是实验内容的呈现形式。按照呈现通道的方式,可以分为单通道的学习材料(如:纯文本、存音频等)和双通道的学习材料(多媒体学习中的视频、IVR、图文结合的学习内容等)。在单通道的不流畅研究中,以文本作为实验材料,学习者有机会重复浏览此前学习过的内容,如果学习材料设计合理,使得不流畅产生的额外的认知负荷没有超过学习者能够承受的范畴,则可能会出现不流畅效应[6] [47] [48]。在双通道的不流畅研究中,如果学习者在视听双通道加工信息都存在困难,一定程度上已经超过学习者能够承受的范畴了,因此不流畅可能会阻碍学习(Eitel 等, 2014; Ilic & Akbulut, 2019)。二是实验材料的操纵时长,大部分研究是对学习内容全程都进行不流畅的操纵。在单通道不流畅的研究中,在不流畅条件下,整篇文章的字体清晰度都比流畅条件下更低[30] [49]。而在现有的双通道研究中,不流畅条件下的画面处理几乎是全程不流畅的[10] [11]。实验材料若从头到尾都进行不流畅的操纵,则没有侧重,可能存在的问题有:一方面,随着学习的推移,学习者在后期的学习中很容易产生适应性和熟悉性,从而削弱不流畅性带来的影响,另一方面,学习者会对持续的不流畅操作产生一定的厌恶情绪。也就是说,并非所有类型的知觉困难都是可取的[14] [30] [50]。例如,在双通道的不流畅研究中,Eitel 等人以文本作为学习材料的研究中(图 4),图片尚能隐约可见,但文字的清晰度已然不属于合理难度的范畴[19]。

其次是学习者自身的特征。如:学习动机、学习兴趣、学习风格、先验知识、工作记忆能力等学习者的特征会成为不流畅效应的调节因素。例如,在工作记忆上,Lehmann 等人发现在保持和理解方面,工作记忆和实验处理存在显著的交互效应[2] [51]。

第三,使用不流畅性的时机。首先,在学习材料呈现的最初编码阶段,无论是文字版的学习材料还是多媒体学习材料,不能在一开始就难到影响学习者的认知加工。其次,在提取阶段若能创造出理想困难,从理论上来说,更能促进学习者的深层次加工。如:生成效应和测试效应。

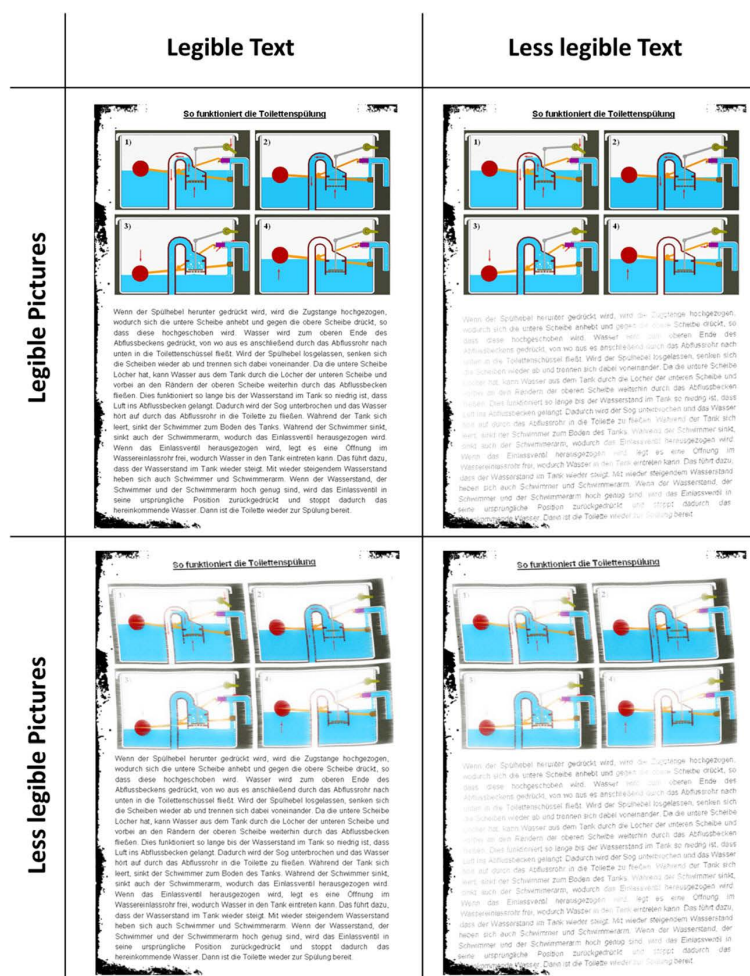


Figure 4. Image from the study of Eitel et al.

图 4. 图片来源于 Eitel 等人的研究

3. 问题提出及假设

3.1. 问题提出

综上所述, 在双通道不流畅的研究中, 未能复制不流畅效应的原因可能是: 一是不流畅的处理超过合理困难的范畴, 学习者正常的认知加工受阻; 二是不流畅的处理没有侧重, 实验材料自始至终都不流畅。针对前人研究中存在的问题, 本研究试图在改良实验材料的基础上, 从不同通道的角度出发, 考察不流畅性对学习者的主观感受、学习判断和实际表现的影响。本研究包括两个实验, 实验 1 的目的在于通过对比视听双通道不流畅和视听双通道流畅条件下, 是否同前人研究一样, 会影响学习者的学习判断、主观感受, 但对学习成绩无影响。实验 2 的目的是在实验 1 的基础上, 分开讨论视觉通道不流畅和听觉通道不流畅对学习者的学习判断、主观感受、学习成绩的影响。

3.2. 研究假设

根据前人研究, 本研究提出如下假设: 双通道不流畅有可能超过合理难度的范畴, 阻碍学习者必要的认知加工。因此, 假设(1)相比于双通道流畅条件, 双通道不流畅条件下, 学习者的学习兴趣、学习动机、学习判断和学习成绩要更低, 而额外认知负荷会更高; 假设(2)在视觉/听觉单通道不流畅的条件下,

学习者的学习成绩好于双通道流畅, 额外认知负荷较低。但学习者的学习判断是相对不准确的, 出现了未掌握的元认知错觉。学习者的学习兴趣和学习动机比在双通道流畅条件下更低。

4. 实验 1: 视听双通道不流畅性对学习者的主观感受、学习判断、实际表现的影响

4.1. 研究方法

4.1.1. 参与者

参与者为东南某在校大学学生, 其中男生 14 人, 女生 14 人。参与者的视力或矫正视力正常, 无色盲或色弱。参与者被随机分配到两种实验条件, 分别是: 双通道流畅组(12 人)、双通道不流畅组(16 人)。

4.1.2. 实验设计

采用单因素两水平的被试间设计, 即双通道流畅 $\times$ 双通道不流畅。因变量为主观感受量表(影响学习判断的因素、自我评价、主观认知负荷量表)、学习判断、保持测试。

4.1.3. 材料

学习材料是一段关于肾脏的结构和功能的视频, 共 684 个解释文字, 时长为 185s。视频的文本脚本取自人民教育出版社八年级生物学课本, 视频的内容经过 3 位取得初中生物教师资格证的在校任职老师审核。双通道流畅和不流畅两个版本的时长相同、包含的信息相同, 并且均看不见讲解者的形象, 唯一不同的是视频的流畅度不同。在流畅的版本中, 画质清晰、声音无噪音, 而在不流畅的版本中, 共有 5 处不仅画质清晰度低, 并且讲解者在讲解过程中是存在噪音的(如图 5)。

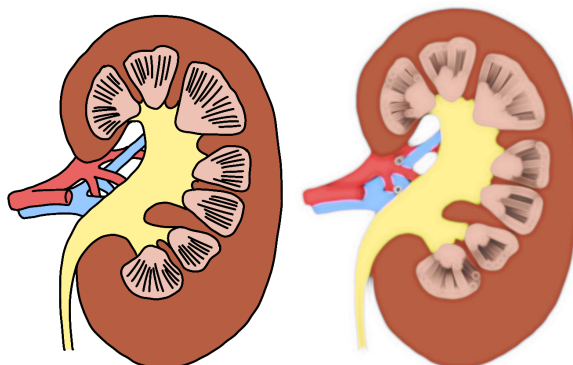


Figure 5. Picture quality of the fluent group and the non-fluent group

图 5. 流畅组的画质和不流畅组的画质

4.1.4. 测量工具

先前知识经验测验: 参与者会被问及他们是否有任何尿液形成原理的先验知识, 满分 24 分, 若超过 14 分, 则视为具备高先验知识。

保持测验: 使用与视频内容相符合的测验, 共有 14 道选择题, 每道选择题 5 分; 2 道问答题, 每道问答题 15 分。所有学习测验成绩的评分均由三位经过严格培训的心理学研究生担任, 评分者的一致性系数均在 0.87 以上。

认知负荷量表: 采用 Paas [45]编制的认知负荷自评量表的基础上修订而成, 采用 11 点计分量表进行测试。

主观感受量表: 共由两部分组成, 选自 Carpenter 等人编制的量表[52], 分别是影响学习判断的因素

和自我评价量表。

整个实验流程共分为以下几个阶段：1) 先验知识问卷。2) 学习阶段：参与者学习肾脏的结构及其功能的实验材料。3) 学习判断和分心任务阶段。参与者需要对自己的分数做出预测，参与者被告知：从现在开始 1 分钟后，我们将对视频中的信息进行选择题和问答题的测试，如果满分是 100 分，您认为您能多少分？随后开始从 200 连续减 3 至两位数的分心任务。4) 后测阶段：学习结束后，参与者按照要求依次完成保持测验、主观感受量表、Paas 主观认知负荷自评量表。每个部分为单独呈现，并且呈现的顺序是固定的。5) 人口学信息。包括姓名、性别、年龄、专业、学历和职业。填写完上述内容，最后询问参与者是否有在实验过程中作弊。

4.2. 结果

两组被试在各变量的平均数和标准差见表 1。在先验知识上未将先验知识问卷中主观评价分高于 14 分的数据纳入后续分析。在保持测验上，为考察学习者学习材料后的学习效果是否有差异，对两组学习者的保持成绩进行独立样本 t 检验。结果发现，两组学习者的保持成绩差、学习判断、额外认知负荷、总认知负荷上差异均不显著。

Table 1. The mean and standard deviation of each variable for the two groups of subjects
表 1. 两组被试在各变量的平均数和标准差

测量变量	双通道流畅	双通道不流畅	t	p	d
保持成绩	51.75 (15.14)	50.51 (16.75)	0.19	0.8	
学习判断	60.83 (20.65)	53.67 (12.31)	1.21	0.27	
画质和声音质量	15.94 (1.56)	17.14 (5.67)	-0.714	0.48	
学习内容	5.17 (0.58)	4.38 (0.81)	2.89	0.08*	1.9
学习信息的能力	4.92 (0.9)	4.92 (0.9)	2.47	0.2	
其他因素	4.42 (1.5)	4.06 (1.44)	0.36	0.53	
自我评价	8.17 (3.59)	8.31 (2.68)	-1.23	0.9	
额外认知负荷	21.67 (12.2)	21.81 (11.2)	-0.33	0.97	
总认知负荷	67.67 (15.97)	67.5 (24.27)	0.021	0.98	

注：*p < 0.1。

4.3. 讨论

实验 1 的目的在于通过对比双通道流畅和双通道不流畅的教学材料，考察在这两种条件下学习者的学习判断、主观感受和后测表现是否差异。结果发现，两组学习者在自我评价、学习判断、学习成绩、额外认知负荷上均不显著，这一结果与假设 1 不符。

在学习判断上，两组学习者虽然差异不显著，但是有显著的趋势，并且，从影响学习判断的指标中可以看出，图像和声音质量、与视频无关的其他因素并不会影响学习者的学习判断。而学习内容本身以及回忆内容的难易程度、学习者平时学习和记忆信息的能力是构成他们进行学习判断的基础，但这会受到双通道不流畅处理的影响，表现在双通道不流畅组比双通道流畅组认为视听均不流畅的视频会对学习内容本身造成影响， $t(28) = 2.89$, $p < 0.1$, $d = 1.9$ ，也有趋势显示，这也影响他们对自己学习能力评估， $t(28) = 2.47$, $p = 0.2$ 。

在学习成绩上, 两组学习者的差异并不显著, 这与部分前人的研究是相符的[9] [10] [11] [25]。并且, 在研究 1 中并未发现双通道不流畅组有产生额外的认知负荷, 可见无论是不流畅促进说, 还是不流畅阻碍说, 均不能很好地解释上述现象。

实验 1 是通过比较双通道流畅和双通道不流畅条件下, 学习者学习判断、主观感受和后测表现的差异。尽管大部分指标都不显著, 但实验 1 中对不流畅的操纵是将视听两个通道都进行不流畅处理, 没有区分视觉或听觉单通道不流畅性对学习者的影响。而视觉或听觉单通道不流畅对学习者的影响是可能不同的, 也许在单通道不流畅条件下, 可以发现不流畅效应。因此, 实验 2 进一步考察在视频学习中, 视觉单通道不流畅和听觉单通道不流畅对学习者的学习判断、主观感受和后测表现的差异。

5. 实验 2：视/听单通道不流畅性对学习者的主观感受、学习判断、实际表现的影响

5.1. 研究方法

5.1.1. 参与者

参与者为东南某在校大学学生, 其中男生 9 人, 女生 14 人。参与者的视力或矫正视力正常, 无色盲或色弱。参与者被随机分配到两种实验条件, 分别是: 视觉单通道不流畅组(11 人)、听觉单通道不流畅组(12 人)。

5.1.2. 实验设计

采用单因素三水平的被试间设计, 即视觉通道不流畅+听觉通道流畅、听觉通道不流畅 + 视觉通道流畅双通道流畅。因变量为主观感受量表(影响学习判断的因素、自我评价、主观认知负荷量表)、学习判断、保持测试。

5.1.3. 材料、测量工具、实验程序

同实验 1。

5.2. 结果

三组被试在各变量的平均数和标准差见表 2。

Table 2. The mean and standard deviation of each variable for the three groups of subjects
表 2. 三组被试在各变量的平均数和标准差

测量变量	双通道流畅	视觉单通道不流畅	听觉单通道不流畅	F	p	η^2
保持成绩	51.75 (15.14)	53.82 (15.24)	53.08 (19.56)	0.045	0.96	
学习判断	60.83 (20.65)	60.45 (24.74)	51.67 (18)	0.71	0.5	
画质和声音质量	2.83 (1.19)	2.18 (1.08)	2.83 (1.27)	1.14	0.33	
学习内容	5.17 (0.58)	4.91 (0.94)	4.08 (1.44)	3.45	0.04*	0.18
学习信息的能力	4.92 (0.9)	3.82 (1.54)	3.42 (1.62)	3.75	0.03*	0.19
其他因素	4.25 (1.54)	3 (1.18)	3.83 (1.4)	2.38	0.1	
自我评价	8.17 (1.04)	8.27 (1.36)	7.75 (0.93)	0.06	0.94	
额外认知负荷	21.67 (12.2)	20.55 (6.25)	17.92 (9.45)	0.47	0.63	
总认知负荷	67.67 (15.97)	65.73 (15.67)	61 (17.1)	0.53	0.59	

注: * p < 0.05。

排除先验知识高于 14 分的数据后分析可知: 在保持测验上, 发现差异不显著, $F(3, 35) = 0.045$, $p > 0.05$ 。在学习判断上, $F(3, 35) = 0.71$, $p > 0.05$, 表明两组学习者的学习判断差异不显著。在额外认知负荷上, $F(3, 35) = 0.47$, $p > 0.05$, 而在总认知负荷上, $F(3, 35) = 0.53$, $p > 0.05$, 表明两组学习者均未引发额外的认知负荷, 总认知负荷上的差异也不显著。

5.3. 讨论

实验 2 的目的在于通过对比双通道流畅、视觉单通道不流畅和听觉单通道不流畅的教学材料, 考察在这两种条件下学习者的学习判断、主观感受和后测表现是否差异。结果发现, 两组学习者在自我评价、学习判断、学习成绩、额外认知负荷上均不显著, 除此之外, 学习者的学习判断虽然是相对不准确的, 出现了高估的元认知错觉, 但双通道流畅组和视觉单通道不流畅组的差异均不显著。这一结果与假设 2 不符。

在学习判断上, 两组学习者虽然差异不显著, 但是影响学习判断的指标中学习内容本身以及回忆内容的难易程度、学习者平时学习和记忆信息的能力差异显著, 表现单通道不流畅组比双通道流畅组认为视觉或听觉单通道不流畅的视频会对学习内容本身造成影响, $F(3, 35) = 3.45$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.18$ 。同时, 这也会影响他们对自己学习能力评估, $F(3, 35) = 3.75$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.19$ 。在学习成绩、额外认知负荷、总认知负荷上, 三组学习者的差异并不显著。同实验 1 一样, 表明不流畅阻碍说和不流畅促进说均不能解释上述现象。

6. 综合讨论

本研究的目的在于考察在视频学习中, 视觉和听觉双通道不流畅对学习者的学习判断、认知负荷和后测成绩的影响。并在此基础上, 单独讨论视觉通道不流畅和听觉通道不流畅对学习者的各方面的影响。研究发现, 相比于视听双通道流畅的学习材料, 视频学习中的不流畅性(无论是双通道不流畅, 还是视觉或听觉单通道不流畅)不会影响学习者的自我评价、额外认知负荷、总认知负荷和后测成绩。虽然学习判断差异不显著, 但学习者认为不流畅性会对学习内容本身以及回忆内容的难易程度造成影响, 也会降低他们对自己学习能力的评估。上述结果与以往部分研究的结果是一致的[9] [10] [25]。

本研究的研究结果既不支持不流畅促进说, 也不支持不流畅阻碍说。对此, 部分研究者将该情况归因于潜在边界条件的影响[19] [22], 但也从一定程度上反映出理论本身需要不断完善。除此之外, 本研究的创新之处在于: 一是在实验材料的操纵上, 避免将学习材料设置为自始至终都不流畅, 解决了学习者会产生适应性, 进而掩盖不流畅效应的可能性。二是在视频学习中将视觉和听觉不流畅分开讨论, 而前人研究均是将视听双通道不流畅和视听双通道流畅进行直接对比, 没有单独讨论视觉和听觉在不流畅性中的作用和影响。

本研究是在不流畅效应领域的一次尝试和探索, 仍存在诸多不足。首先, 本研究被试群体为大学生, 使用的主题聚焦于科学学习, 学习内容少、学习时间短, 在将本研究结果推论到其他人群、其他学科和学习情境时要谨慎[53]。其次, 在实验 1 中双通道不流畅性的操纵并未完全复制前人的处理方式, 而是选取视频中的片段进行不流畅处理, 这也是实验 1 结果差异不显著的重要原因。第三, 在主观评定量表上的评定等级只分为六个等级, 等级划分不够细致, 可能也会导致在主观感受上(如: 动机、兴趣、自我评价等)差异不显著。第四, 后测问卷只涉及保持测验, 而没有涉及迁移测验, 因此测验题目的难度缺乏一定的区分度。此外, 测验中的题量少、每题分数高, 分数划分不够细致, 也是导致后测成绩差异不显著的重要原因之一。第五, 在认知负荷的测量上, 除了需要主观测量方法, 还需要客观的测量方法, 如: 眼动追踪, 将主客观的数据结合起来, 更能准确地反应学习者的认知负荷。最后且最重要的一点是, 本研究是在线实验, 学习者的学习环境和学习条件存在差异, 他们在学习过程中的分析事物更多、学习

的目的性更弱,一定程度上会对学习结果造成直接影响。

在未来研究中,有以下几个继续研究的方向。首先,可以从理论的角度出发,完善不流畅性的相关理论,详细讨论研究结果与不流畅促进说和不流畅阻碍说的关系,对理论进行更全面的分析。用于解释在什么情况下不流畅的处理是对学习效果无影响的;其次,可以从实证的角度出发,完善流畅性的操纵和研究方法,如引入更多客观的测量工具评估认知负荷,例如眼动追踪技术;第三,可以扩大样本的范围或拓宽学习材料的类别。本研究主要的被试群体是大学生,未来研究可以对不同年龄、不同背景的学习者进行研究,如:小学生、中学生等。此外,也探索不同类型的学习材料下是否会发现不流畅效应。本研究主要采用科学类的视频作为学习材料,未来可以将操作性较强的学习内容作为学习材料进行研究。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不流畅操纵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[1]。

7. 结论

在视频学习中,视听双通道不流畅或视觉/听觉单通道不流畅的条件下,其保持测验、学习判断、自我评价(学习动机、学习兴趣、学习效果)、额外认知负荷和总认知负荷和视听双通道流畅条件下相比均不显著,未发现不流畅效应和元认知错觉。为进一步探究哪些因素会影响学习判断,结果发现:双通道不流畅组、视觉/听觉单通道不流畅组的学习者认为不流畅性会对学习内容本身以及回忆内容的难易程度造成影响,并且,对于视觉/听觉单通道不流畅组的学习者认为而言,还会影响他们对自己学习能力的评估。

参考文献

- [1] 谢和平, 王福兴, 王玉鑫, 等. 越难读意味着学得越好? 学习过程中的不流畅效应[J]. 心理科学进展, 2016, 24(7): 1077-1090.
- [2] Lehmann, J., Goussios, C. and Seufert, T. (2016) Working Memory Capacity and Disfluency Effect: An Aptitude-Treatment-Interaction Study. *Metacognition and Learning*, **11**, 89-105. <https://doi.org/10.1007/s11409-015-9149-z>
- [3] 陈颖, 李锋盈, 李伟健. 个体关于加工流畅性的信念对字体大小效应的影响[J]. 心理学报, 2019, 51(2): 154-162.
- [4] Cervin-Ellqvist, M., Larsson, D., Adawi, T., Stöhr, C. and Negretti, R. (2020) Metacognitive Illusion or Self-Regulated Learning? Assessing Engineering Students' Learning Strategies against the Backdrop of Recent Advances in Cognitive Science. *Higher Education*, **82**, 477-498. <https://doi.org/10.1007/s10734-020-00635-x>
- [5] Rhodes, M.G. and Castel, A.D. (2008) Memory Predictions Are Influenced by Perceptual Information: Evidence for Metacognitive Illusions. *Journal of Experimental Psychology: General*, **137**, 615-625. <https://doi.org/10.1037/a0013684>
- [6] Diemand-Yauman, C., Oppenheimer, D.M. and Vaughan, E.B. (2011) Fortune Favors the Bold (and the Italicized): Effects of Disfluency on Educational Outcomes. *Cognition*, **118**, 111-115. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.09.012>
- [7] Kühl, T., Eitel, A., Damnik, G. and Körndle, H. (2014) The Impact of Disfluency, Pacing, and Students' Need for Cognition on Learning with Multimedia. *Computers in Human Behavior*, **35**, 189-198. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.03.004>
- [8] Strukelj, A., Scheiter, K., Nyström, M. and Holmqvist, K. (2015) Exploring the Lack of a Disfluency Effect: Evidence from Eye Movements. *Metacognition and Learning*, **11**, 71-88. <https://doi.org/10.1007/s11409-015-9146-2>
- [9] Ardic, E.E. and Besken, M. (2022) Cooking through Perceptual Disfluencies: The Effects of Auditory and Visual Distortions on Predicted and Actual Memory Performance. *Memory & Cognition*, **51**, 862-874. <https://doi.org/10.3758/s13421-022-01370-7>
- [10] İlic, U. and Akbulut, Y. (2019) Effect of Disfluency on Learning Outcomes, Metacognitive Judgments and Cognitive Load in Computer Assisted Learning Environments. *Computers in Human Behavior*, **99**, 310-321. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.06.001>
- [11] Witherby, A.E. and Carpenter, S.K. (2022) The Impact of Lecture Fluency and Technology Fluency on Students' On-

- line Learning and Evaluations of Instructors. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, **11**, 500-509. <https://doi.org/10.1037/mac0000003>
- [12] Kühl, T., Eitel, A., Scheiter, K. and Gerjets, P. (2014) A Call for an Unbiased Search for Moderators in Disfluency Research: Reply to Oppenheimer and Alter (2014). *Applied Cognitive Psychology*, **28**, 805-806. <https://doi.org/10.1002/acp.3030>
- [13] Miele, D.B. and Molden, D.C. (2010) Naive Theories of Intelligence and the Role of Processing Fluency in Perceived Comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General*, **139**, 535-557. <https://doi.org/10.1037/a0019745>
- [14] Bjork, R.A. and Bjork, E.L. (2020) Desirable Difficulties in Theory and Practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, **9**, 475-479. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2020.09.003>
- [15] Alter, A.L., Oppenheimer, D.M., Epley, N. and Eyre, R.N. (2007) Overcoming Intuition: Metacognitive Difficulty Activates Analytic Reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, **136**, 569-576. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.4.569>
- [16] Bjork, E.L. and Bjork, R.A. (2011) Making Things Hard on Yourself, but in a Good Way: Creating Desirable Difficulties to Enhance Learning. In: Gernsbacher, M.A., Pew, R.W., Hough, L.M. and Pomerantz, J.R., Eds., *Psychology and the Real World: Essays Illustrating Fundamental Contributions to Society*, Worth Publishers, 56-64.
- [17] James, W. (2007) *The Principles of Psychology*. Cosimo.
- [18] Alter, A.L. and Oppenheimer, D.M. (2009) Uniting the Tribes of Fluency to Form a Metacognitive Nation. *Personality and Social Psychology Review*, **13**, 219-235. <https://doi.org/10.1177/1088868309341564>
- [19] Eitel, A., Kühl, T., Scheiter, K. and Gerjets, P. (2014) Disfluency Meets Cognitive Load in Multimedia Learning: Does Harder-to-Read Mean Better-to-Understand? *Applied Cognitive Psychology*, **28**, 488-501. <https://doi.org/10.1002/acp.3004>
- [20] Skulmowski, A. and Xu, K.M. (2021) Understanding Cognitive Load in Digital and Online Learning: A New Perspective on Extraneous Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, **34**, 171-196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>
- [21] Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G. and Paas, F. (2019) Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, **31**, 261-292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- [22] Oppenheimer, D.M. and Alter, A.L. (2014) The Search for Moderators in Disfluency Research. *Applied Cognitive Psychology*, **28**, 502-504. <https://doi.org/10.1002/acp.3023>
- [23] Oppenheimer, D.M. and Frank, M.C. (2008) A Rose in Any Other Font Would Not Smell as Sweet: Effects of Perceptual Fluency on Categorization. *Cognition*, **106**, 1178-1194. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.05.010>
- [24] Rummer, R., Schweppe, J. and Schwede, A. (2015) Fortune Is Fickle: Null-Effects of Disfluency on Learning Outcomes. *Metacognition and Learning*, **11**, 57-70. <https://doi.org/10.1007/s11409-015-9151-5>
- [25] Carpenter, S.K., Wilford, M.M., Kornell, N. and Mullaney, K.M. (2013) Appearances Can Be Deceiving: Instructor Fluency Increases Perceptions of Learning without Increasing Actual Learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, **20**, 1350-1356. <https://doi.org/10.3758/s13423-013-0442-z>
- [26] Mueller, M.L., Dunlosky, J., Tauber, S.K. and Rhodes, M.G. (2014) The Font-Size Effect on Judgments of Learning: Does It Exemplify Fluency Effects or Reflect People's Beliefs about Memory? *Journal of Memory and Language*, **70**, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2013.09.007>
- [27] Onan, E., Wiradhany, W., Biwer, F., Janssen, E.M. and de Bruin, A.B.H. (2022) Growing Out of the Experience: How Subjective Experiences of Effort and Learning Influence the Use of Interleaved Practice. *Educational Psychology Review*, **34**, 2451-2484. <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09692-3>
- [28] Oppenheimer, D.M. (2008) The Secret Life of Fluency. *Trends in Cognitive Sciences*, **12**, 237-241. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.02.014>
- [29] Rhodes, M.G. and Castel, A.D. (2009) Metacognitive Illusions for Auditory Information: Effects on Monitoring and Control. *Psychonomic Bulletin & Review*, **16**, 550-554. <https://doi.org/10.3758/pbr.16.3.550>
- [30] Weissgerber, S.C. and Reinhard, M. (2017) Is Disfluency Desirable for Learning? *Learning and Instruction*, **49**, 199-217. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.02.004>
- [31] Yan, V.X., Bjork, E.L. and Bjork, R.A. (2016) On the Difficulty of Mending Metacognitive Illusions: A Priori Theories, Fluency Effects, and Misattributions of the Interleaving Benefit. *Journal of Experimental Psychology: General*, **145**, 918-933. <https://doi.org/10.1037/xge0000177>
- [32] Yang, C., Huang, T.S.-T. and Shanks, D.R. (2018) Perceptual Fluency Affects Judgments of Learning: The Font Size Effect. *Journal of Memory and Language*, **99**, 99-110. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2017.11.005>
- [33] Bjork, R.A., Dunlosky, J. and Kornell, N. (2013) Self-Regulated Learning: Beliefs, Techniques, and Illusions. *Annual*

- Review of Psychology*, **64**, 417-444. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143823>
- [34] Kahneman, D. (2011) Thinking, Fast and Slow. Farrar, Straus and Giroux, 499.
- [35] Kornell, N. and Metcalfe, J. (2006) Study Efficacy and the Region of Proximal Learning Framework. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **32**, 609-622. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.32.3.609>
- [36] Serra, M.J. and Dunlosky, J. (2010) Metacomprehension Judgements Reflect the Belief that Diagrams Improve Learning from Text. *Memory*, **18**, 698-711. <https://doi.org/10.1080/09658211.2010.506441>
- [37] Geller, J., Still, M.L., Dark, V.J. and Carpenter, S.K. (2018) Would Disfluency by Any Other Name Still Be Disfluent? Examining the Disfluency Effect with Cursive Handwriting. *Memory & Cognition*, **46**, 1109-1126. <https://doi.org/10.3758/s13421-018-0824-6>
- [38] Geller, J. and Peterson, D. (2021) Is This Going to Be on the Test? Test Expectancy Moderates the Disfluency Effect with Sans Forgetica. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **47**, 1924-1938. <https://doi.org/10.1037/xlm0001042>
- [39] Tatz, J.R. and Peynircioglu, Z.F. (2019) Judgments of Learning in Context: Backgrounds Can Both Reduce and Produce Metamemory Illusions. *Memory & Cognition*, **48**, 581-595. <https://doi.org/10.3758/s13421-019-00991-9>
- [40] Eitel, A. and Kühl, T. (2015) Effects of Disfluency and Test Expectancy on Learning with Text. *Metacognition and Learning*, **11**, 107-121. <https://doi.org/10.1007/s11409-015-9145-3>
- [41] Seufert, T., Wagner, F. and Westphal, J. (2016) The Effects of Different Levels of Disfluency on Learning Outcomes and Cognitive Load. *Instructional Science*, **45**, 221-238. <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9387-8>
- [42] Ball, B.H., Klein, K.N. and 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**, 336-348. <https://doi.org/10.1037/xap0000023>
- [43] Faber, M., Mills, C., Kopp, K. and D'Mello, S. (2016) The Effect of Disfluency on Mind Wandering during Text Comprehension. *Psychonomic Bulletin & Review*, **24**, 914-919. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1153-z>
- [44] Sungkhasettee, V.W., Friedman, M.C. and Castel, A.D. (2011) Memory and Metamemory for Inverted Words: Illusions of Competency and Desirable Difficulties. *Psychonomic Bulletin & Review*, **18**, 973-978. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0114-9>
- [45] Leppink, J., Paas, F., van Gog, T., van der Vleuten, C.P.M. and van Merriënboer, J.J.G. (2014) Effects of Pairs of Problems and Examples on Task Performance and Different Types of Cognitive Load. *Learning and Instruction*, **30**, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.12.001>
- [46] Carpenter, S.K., Northern, P.E., Tauber, S. and Toftness, A.R. (2020) Effects of Lecture Fluency and Instructor Experience on Students' Judgments of Learning, Test Scores, and Evaluations of Instructors. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, **26**, 26-39. <https://doi.org/10.1037/xap0000234>
- [47] French, M.M.J., Blood, A., Bright, N.D., Futak, D., Grohmann, M.J., Hasthorpe, A., et al. (2013) Changing Fonts in Education: How the Benefits Vary with Ability and Dyslexia. *The Journal of Educational Research*, **106**, 301-304. <https://doi.org/10.1080/00220671.2012.736430>
- [48] Weltman, D. and Eakin, M. (2014) Incorporating Unusual Fonts and Planned Mistakes in Study Materials to Increase Business Student Focus and Retention. *INFORMS Transactions on Education*, **15**, 156-165. <https://doi.org/10.1287/ited.2014.0130>
- [49] Meyer, A., Frederick, S., Burnham, T.C., Guevara Pinto, J.D., Boyer, T.W., Ball, L.J., et al. (2015) Disfluent Fonts Don't Help People Solve Math Problems. *Journal of Experimental Psychology: General*, **144**, e16-e30. <https://doi.org/10.1037/xge0000049>
- [50] Yue, C.L., Castel, A.D. and Bjork, R.A. (2012) When Disfluency Is—And Is Not—A Desirable Difficulty: The Influence of Typeface Clarity on Metacognitive Judgments and Memory. *Memory & Cognition*, **41**, 229-241. <https://doi.org/10.3758/s13421-012-0255-8>
- [51] Dunlosky, J. and Mueller, M.L. (2016) Recommendations for Exploring the Disfluency Hypothesis for Establishing Whether Perceptually Degrading Materials Impacts Performance. *Metacognition and Learning*, **11**, 123-131. <https://doi.org/10.1007/s11409-016-9155-9>
- [52] Carpenter, S.K., Mickes, L., Rahman, S. and Fernandez, C. (2016) The Effect of Instructor Fluency on Students' Perceptions of Instructors, Confidence in Learning, and Actual Learning. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, **22**, 161-172. <https://doi.org/10.1037/xap0000077>
- [53] 龚少英, 上官晨雨, 翟奎虎, 等. 情绪设计对多媒体学习的影响[J]. 心理学报, 2017, 49(6): 771-782.