

词内汉字逐级加黑和系列呈现对中文转换字符效应的影响*

张妍萃^{1,2} 孙悦¹ 王敬欣¹

(1. 天津师范大学心理学部,天津 300387; 2. 天津农学院人文学院,天津 300392)

摘要:字母语言系统中,词内字母逐级加黑和系列呈现等视觉因素对转换字母效应的影响已受到相关研究关注,但中文转换字符效应是否受这些视觉因素调节尚不清楚。本研究采用单一呈现词汇判断任务对真词、转换假词和替换假词进行视觉特征操作,实验1为词内汉字一致或逐级加黑,实验2为词内汉字同时呈现或系列呈现来探究这些视觉因素对中文转换字符效应的影响。研究表明:词内汉字逐级加黑对中文转换字符效应不具有显著调节作用,而系列呈现使得转换字符效应显著减小,原因可能是系列呈现时汉字身份信息加工更加灵活,这反映了中文汉字系统特点;中文转换字符效应稳定存在表明它可能主要受语言因素影响。研究结果将推动中文阅读核心加工机制及中文阅读模型等相关理论发展,并对提高中文词汇识别学习效率和阅读理解能力具有重要启示。

关键词:中文;汉字;转换字符效应;身份信息;位置信息;视觉

分类号:G442

1 引言

阅读既是一种视觉技能,也是一种语言技能。字母语言研究发现,正字法加工(即字母身份信息加工和位置信息加工)是视觉加工和语言加工的关键接口,被称之为“阅读过程的核心”(Grainger, 2018; Grainger et al., 2016)。字母身份信息是指字母确切是什么,字母位置信息是指字母所在字符串或词的位置(Grainger, 2018)。已有研究表明,字母身份信息加工和位置信息加工是两个独立的系统(Kezilas et al., 2017)。研究发现,转换假词(词内两个字母换位后形成的假词,如 *litsen*)与替换假词(词内两个字母用其它字母替换后形成的假词,如 *lidfen*)相比,转换假词比替换假词更像基词(基词: *listen*) (Winskyel & Perea, 2013),这在心理语言学领域中被称之为转换字母效应(Transposed-letter Effect) (Grainger, 2008),即字母位置信息加工比身份信息加工更加灵活。中文不同于字母语言,汉字是最明显的视觉单位(Li & Pollatsek, 2020)。由此,汉字身份信息加工和位置信息加工,也是中文阅读中视觉加工和语言加工的关键接口,研究者称之为“中文阅读过程的核心”(Zhang, Wang, et al., 2022)。例如,读者只有精确加工了汉字的身份信息和位置信息,才能区分“人工-入土”或“带领-

带领”。已有研究表明,中文阅读中存在汉字位置信息加工,转换假词(如,瑰玫)对词汇识别和句子阅读都会带来困难(Zhang, Wang, et al., 2022; 卞迁等, 2010; 徐迺嘉, 隋雪, 2018)。同时,中文也存在转换字符效应,即转换假词(如,瑰玫)比替换假词(如,原芽)更像基词(玫瑰),说明汉字的位置信息加工比身份信息加工更加灵活(Chang et al., 2020; Gu & Li, 2015; Zhang, Chang, et al., 2022; 徐迺嘉, 隋雪, 2018)。

为什么会存在转换字母效应以及这一效应受哪些因素影响?这对于探究字母语言核心加工机制即字母身份信息和位置信息加工机制至关重要,同时对于字母语言阅读模型(E-Z读者模型、SWIFT模型以及OB1读者模型等)的修正完善具有重要启示。一些研究者从语言学属性角度出发进行了解释:如开放双字母组模型(Grainger & van Heuven, 2003)以及SERIOL模型(Whitney, 2001)等强调了正字法表征的作用。开放双字母组模型认为,在字母水平和词水平之间存在一个由双字母组成的“相对位置图”这一中间水平,如转换假词JUGDE激活的相对位置图为“JU-JG-JD-JE-UG-UD-UE-GD-GE-DE”,相对于基词JUDGE的相对位置图来说,转换假词比替换假词拥有更多的与基词相同的开放双字母组,从而使得它更像基词

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(3227119);天津市教委科研计划项目(2021SK089)。

通讯作者:王敬欣, E-mail: wjxpsy@126.com

(Grainger & Whitney, 2004)。同时,研究者探究了词频、单词邻近家族大小、预测性等语言因素对转换字母效应的影响,研究发现高词频会加大转换字母效应,邻近家族数量大会减小转换字母效应,词的高预测性则使转换字母效应消失(Luke & Christianson, 2012; Meade et al., 2021; Vergara - Martinez et al., 2013)。这说明与低频词相比,高频词字母位置信息加工相比身份信息加工更加灵活,而邻近家族数量大以及预测性高反而使得字母位置信息加工相比身份信息加工更加严格,从而减小甚至消除了转换字母效应。

另一些研究者则尝试从视觉加工角度来解释字母转换效应,认为转换字母效应是由视觉注意系统的限制导致的(如LTRS模型:Adelman, 2011;空间编码模型: Davis, 2010;重叠模型: Gomez et al., 2008;贝叶斯读者模型: Norris et al., 2010)。他们认为,词内字母不仅激活自己的位置,还会激活相邻的位置,从而导致了位置不确定性使得位置信息加工更加灵活。当前,研究者虽然不断尝试对转换字母效应提出新的模型,但这些模型并不能清晰地说明视觉因素对转换字母效应产生的影响,对汉语词汇识别中的转换字符效应更无法用当前的模型进行充分解释。虽然已有研究表明转换字符效应可能主要受语言因素影响,但语言因素的影响只能在个体掌握语言之后才能发挥作用,需要时间较长,而视觉因素的调整相对简单和易于控制。同时,研究发现患有发展性阅读障碍的儿童和成人存在视觉注意力缺陷(Collis et al., 2013; Giovagnoli et al., 2016; Milena et al., 2014; Taran et al., 2022)。因此,视觉因素的探究不仅使得阅读核心加工机制理论更全面丰富,还可以提供一种简单易行的方法来提高词汇识别学习效率和阅读理解能力。

逐级加黑(Perea et al., 2021)和系列呈现(Liu et al., 2022; Marcet et al., 2018)是语言研究中常用的两种体现刺激系列位置信息的视觉操作方式。逐级加黑是在空间上强调词内字符的系列位置,即通过词内字母或字符颜色逐级加黑但同时呈现的方式来体现刺激系列位置信息。而系列呈现是在时间上强调词内字符的系列位置,即词内字母或字符相继呈现的方式来体现刺激的系列位置信息。Perea等人(2021)和 Marcet 等人(2018)设计了实验来探究这两种不同的视觉操作方式对转换字母效应的影响,结果表明逐级加黑没有调节转换字母效应,而系列呈现使转换字母效应显著减小。这说明转换字母

效应受视觉因素调节,这在一定程度上支持了强调视觉因素的理论 and 模型。

中文不同于字母语言,但转换字符效应为什么会存在以及受哪些因素影响同样非常重要,这对于探究中文阅读核心加工机制即汉字身份信息和位置信息加工机制至关重要。已有研究发现语言因素对转换字符效应具有影响:词边界减小甚至消除了转换字符效应(Gu & Li, 2015; 顾俊娟等, 2020);预测性对转换字符效应的影响结果并不一致,有研究表明高预测性消除了转换字符效应(徐迩嘉, 隋雪, 2018),而有研究发现高预测性扩大了转换字符效应(Chang et al., 2020),这可能与他们的研究设计和实验材料有关。相对于语言因素,视觉因素对转换字符效应影响的探究较少:Zhang 和 Wang 等人(2022)探究了字间空格对转换字符效应的影响,研究发现,字间空格对汉字位置信息加工影响更大,使得汉字位置信息加工相对更加严格从而减小了转换字符效应。但词内汉字逐级加黑以及系列呈现这些视觉因素是否以及怎样影响转换字符效应并不清楚。因此,本研究将对这一问题进行探究,为全面理解中文转换字符效应以及建立中文阅读核心加工机制模型提供视觉维度的实证数据,推动中文阅读核心加工机制相关理论的建立和中文阅读模型(CRM)(Li & Pollatsek, 2020)的修改完善。同时,本研究也可以为提高中文词汇识别能力和阅读理解能力提供更具针对性的方案。为更好凸显逐级加黑和系列呈现效果,以及保证变量设计中转换两字和替换两字不涉及词边界条件,我们选择由四个不同汉字组成的成语作为基础材料。基于基础材料形成词的三种形式:真词(如,满面春风)、转换假词(转换词内中间两个汉字形成的假词,如,满春面风)和替换假词(替换词内中间两个汉字形成的假词,如,满而泰风)。在此基础上加入视觉特征操作,实验1加入词内汉字一致或逐级加黑,实验2加入词内汉字同时呈现或系列呈现来探究词内汉字逐级加黑和系列呈现是否以及如何调节中文转换字符效应。具体实验材料见表1和表4。

中文与字母语言在视觉特征和语言特征上都有差异。首先,视觉特征上,相比于字母,汉字的“形”非常重要。汉字是由象形文字演变而来,虽然经过数千年的发展已不完全属于象形文字,但基本保留了象形文字的特征;其次,语言特征上,绝大多数字母本身不具有意义,字母组成词后才具有意义。而大部分汉字本身是具有意义的,它可以是单字词,也

可以与其它汉字组成双字词及多字词而具有新的意义;同时,中文由于缺乏形音对应规则而具有很深的正字法深度(赵婧, 2019)。因此,鉴于汉字形的重要性、单个汉字的意义性以及更深的正字法特征,字符逐级加黑和系列呈现虽被看作是体现刺激系列位置信息的视觉操作方式,也可能使得汉字的身份信息加工更加严格,从而产生与字母语言系统中不同的影响,进而揭示出字母语言与中文在阅读核心加工机制上的差异。我们预期:如果词内汉字逐级加黑或系列呈现对汉字身份信息和位置信息加工产生一致的影响,则对转换字符效应没有调节作用;如果词内汉字逐级加黑或系列呈现对汉字身份信息和位置信息加工产生不一致的影响,则对转换字符效应产生调节作用;若这些视觉操作使得汉字身份信息和位置信息加工的差异变大,则这些视觉操作将扩大转换字符效应;若这些视觉操作使得汉字身份信息和位置信息加工的差异变小,则这些视觉操作将会减小或消除转换字符效应。

2 实验 1:词内汉字逐级加黑对转换字符效应的调节作用

2.1 方法

2.1.1 被试

使用 G * Power 3.1.9 软件计算两因素被试内实验设计的被试量,Effect size f 为 0.25,Power ($1 - \beta$) 为 95%, α 水平为 0.05,计算出样本量为 36 人。某大学 36 名大学生自愿参与实验,其中女生 25 人,男生 11 人,年龄 19 ~ 21 岁,被试视力或矫正视力正常,均为右利手。被试实验前签署知情同意书,实验结束后得到一份价值 20 元的礼品。

2.1.2 实验设计

实验采用词类型(真词、转换假词、替换假词)与词内汉字加黑类型(一致、逐级加黑)的被试内设计。因变量为正确反应时和错误率。

2.1.3 实验材料

从 SUBTLEX - CH 数据库(Cai & Brysbaert, 2010)选取四字成语作为基础实验材料即基词。选取的四字成语需满足以下条件:组成成语的四个字是不同的;成语中间两个字转换后,相邻两字不能组成新的词语,如“满面春风”中间两个字转换后成为“满春面风”,其中“满春”“春面”“面风”都不是词。实验选取这样的成语 240 个,在此基础上进行 3(真词、转换假词、替换假词) \times 2(一致、逐级加黑)的拉丁方设计,形成 6 个 list,每个 list 都包含 6 个水平,

每个水平 40 个项目,一共 240 个项目。由基词变换后的任何形式(词类型、加黑类型)只在一个 list 中出现一次,因此,同一被试只接触一个基词变换后的一种形式。词类型中,真词为正确的成语(如,满面春风),转换假词是指成语中间两个字转换后形成的假词(如,满春面风),替换假词是指成语中间两个字用同一字体结构的形近字替换后形成的假词(如,满而泰风),替换后的字与相邻的字不能组成词,替换字的复杂性和字频与转换假词中对应字的复杂性和字频无显著差异(转换假词和替换假词第二个字的笔画: $M_{\text{转换假词}} = 7.91$, $M_{\text{替换假词}} = 8.44$, $SE = 0.31$, $t = -1.68$, $p = 0.09$; 转换假词和替换假词第三个字的笔画: $M_{\text{转换假词}} = 8.50$, $M_{\text{替换假词}} = 7.84$, $SE = 0.31$, $t = 1.87$, $p = 0.06$; 转换假词和替换假词第二个字的字频: $M_{\text{转换假词}} = 959.41$, $M_{\text{替换假词}} = 985.57$, $SE = 259.37$, $t = -0.10$, $p = 0.92$; 转换假词和替换假词第三个字的字频: $M_{\text{转换假词}} = 724.41$, $M_{\text{替换假词}} = 962.14$, $SE = 180.48$, $t = -1.32$, $p = 0.19$)。加黑类型为“一致”,四个字的颜色均为黑色宋体 21 磅,RGB(0,0,0),如“满面春风”。加黑类型为“逐级加黑”,四个字均为 21 磅,颜色逐级加黑,如“满面春风”,RGB 分别为(153,153,153)(宋体),(0,0,0)(宋体),(0,0,0)(宋体加粗),(0,0,0)(黑体加粗)。具体材料举例见表 1。

实验参照 Perea 等人(2021)和 Marcet 等人(2018)的研究,采用单一呈现词汇判断任务,被试做是否为真词的回答。因此,为了保证“是”与“否”比例一致,增加 80 个由不同四字组成的真词成语作为填充材料,同时为了保证词内汉字一致和逐级加黑的比例一致,填充材料一半为颜色一致,一半为逐级加黑。正式实验开始前进行 12 个练习,练习成语也进行了 2 \times 3 的设计。因此,本次实验共包括 6 个 list,每个 list 包含 332 个项目,其中练习项目 12 个,填充项目 80 个,正式实验项目 240 个,练习项目和填充项目不参与分析。每位被试只参与一个 list 的实验。

表 1 实验 1 材料举例

词类型	加黑类型	举例
真词	一致	满面春风
	逐级加黑	满面春风
转换假词	一致	满春面风
	逐级加黑	满春面风
替换假词	一致	满而泰风
	逐级加黑	满而泰风

2.1.4 实验设备

实验在台式电脑上完成,刷新率为 144Hz,分辨率为 1024 × 768。实验呈现及数据采集采用 E - prime 2.0 软件进行控制。

2.1.5 实验程序

实验在一个较暗较安静的屋中进行,被试按照舒服的姿势坐好,眼睛离屏幕的距离为 60cm。屏幕中刺激呈现的背景为白色。实验程序采用 Perea 等人(2021)和 Marcet 等人(2018)研究中的程序,单一呈现词汇判断任务。被试阅读指导语后,进行 12 个项目的练习,然后进入正式实验,具体程序为:首先,屏幕中间呈现一个黑色宋体 21 磅的“十”字加号,呈现时间为 500ms。接着以十字加号为中心的位置呈现四字字符串(每个字为 21 磅),刺激呈现后被试需要快速且尽量准确的做出判断,呈现的四字为真词还是假词,真词按 M 键,假词按 Z 键。被试反应后刺激消失或是 2100ms 后刺激消失,进入下一试次,记录反应时和错误率。实验持续约 15 分钟左右。

2.2 结果

剔除反应时在 250 ~ 2000ms 外的数据 122 条(1.4%),剩余数据使用 R 统计软件(Development Core Team, 2016)中的 lme4 软件包(Version 1.1 - 26)(Bates et al., 2015),连续变量采用线性混合效应模型(模型运行前我们对 RT 数据进行了 log 化处理),二项变量采用广义混合效应模型进行分析(LMEs)(Baayen et al., 2008)。数据分析的思路和逻辑如 Marcet 等人(2018),先分析真词数据,看词

内汉字逐级加黑是否产生影响。其次分析假词类型(转换假词、替换假词)与加黑类型(一致、逐级加黑)的数据。假词分析时,均首先采用最大随机效应结构模型(Barr et al., 2013),词类型、加黑类型及交互作用为固定因素,被试和项目为交互随机效应。如果模型不收敛,逐步进行消减,直到模型拟合为止,其描述性结果和统计分析结果见表 2、表 3。

从真词结果看,正确反应时上,加黑类型主效应显著,对逐级加黑真词的反应比一致真词的反应慢 37ms (1075ms vs. 1038ms, $b = 0.03$, $t = 4.10$, $p < 0.001$)。错误率上,加黑类型主效应不显著(9% vs. 10%, $b = 0.15$, $z = 1.09$, $p = 0.28$)。

从假词结果看,反应时上,假词类型主效应显著,替换假词的反应时比转换假词的反应时要短($b = -0.13$, $t = -20.94$, $p < 0.001$);加黑类型主效应不显著($b = 0.00$, $t = -0.09$, $p = 0.93$);假词类型与加黑类型不存在交互作用($b = -0.02$, $t = -1.31$, $p = 0.19$)。进一步进行贝叶斯分析(Morey et al., 2015),结果显示 $BF_{10} = 0.08$, 结果不支持交互效应模型。错误率上,假词类型主效应显著,替换假词的错误率显著低于转换假词的错误率($b = -1.65$, $z = -18.62$, $p < 0.001$);加黑类型主效应不显著($b = -0.14$, $z = -1.62$, $p = 0.11$);假词类型与加黑类型不存在交互作用($b = 0.14$, $z = 0.80$, $p = 0.42$)。进一步进行贝叶斯分析,结果显示 $BF_{10} = 0.15$, 结果不支持交互效应模型。

表 2 实验 1 转换假词和替换假词反应时、错误率的平均数和标准差以及转换字符效应

	转换假词		替换假词		转换字符效应	
	RT	ER (%)	RT	ER (%)	RT	ER (%)
一致	1159(45)	27.3(6.9)	1032(43)	7.4(3.7)	127	19.9
逐级加黑	1165(44)	23.8(6.8)	1023(43)	6.9(3.6)	142	16.9

表 3 实验 1 假词类型和是否逐级加黑的统计分析结果

	RT				Error			
	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
截距	6.96	0.02	294.50	< 0.001	-2.07	0.12	-16.60	< 0.001
假词类型	-0.13	0.01	-20.94	< 0.001	-1.65	0.09	-18.62	< 0.001
是否逐级加黑	0.00	0.01	-0.09	0.93	-0.14	0.09	-1.62	0.11
假词类型 × 是否逐级加黑	-0.02	0.01	-1.31	0.19	0.14	0.17	0.80	0.42

注:RT 采用的统计模型为 $\text{lmer}(\text{depvar} \sim \text{Wordtype} * \text{Contrast} + (1 | \text{pp}) + (1 | \text{Stim}), \text{datafile})$; ER 采用的统计模型为 $\text{glmer}(\text{depvar} \sim \text{Wordtype} * \text{Contrast} + (1 | \text{pp}) + (1 | \text{Stim}), \text{datafile})$ 。

2.3 讨论

从真词结果看,虽然词内汉字逐级加黑在错误率上不存在显著差异,但词内汉字逐级加黑真词的反应时显著长于一致显示真词的反应时。这与 Perea 等人(2021)研究结果一致,说明中文词内汉字逐级加黑的视觉操作是有效的,可以增加被试对真词的注意进而反应时变长,这具有语言的共通性。

从假词结果看,中文存在明显的转换字符效应,转换假词比替换假词反应时更长,错误率更高,这与字母语言研究结果一致(Perea et al., 2021),也再次从词汇判断任务上证明了中文转换字符效应的存在(Chang et al., 2020; Gu & Li, 2015; Zhang, Chang, et al., 2022; 徐迩嘉, 隋雪, 2018)。加黑类型在反应时和错误率上主效应不显著,重要的是假词类型与加黑类型不存在交互作用,这也与字母语言的研究结果一致(Perea et al., 2021),说明与字母语言相似,词内汉字逐级加黑对汉字身份信息和位置信息加工没有产生显著影响,且可能影响的模式是一致的,也就是说中文词内汉字逐级加黑对转换字符效应并不起调节作用。可见,虽然词内字母或汉字逐级加黑被认为是体现刺激系列位置效应的一种视觉特征操作,但该视觉特征操作可能也对字母或字符的身份信息加工产生了模式一致的影响,且这一影响具有语言的共通性。

词内汉字同时呈现但逐级加黑的视觉特征操作并没有对转换字符效应产生调节作用,那词内四个汉字相继呈现来增加刺激系列位置确定性的方式是否使得读者对汉字位置信息加工相比身份信息加工更严格,从而减小或消除转换字符效应呢?因此,实验 2 将对这一问题进行探究。

3 实验 2:词内汉字系列呈现对中文转换字符效应的调节作用

3.1 方法

3.1.1 被试

使用 G * Power 3.1.9 软件计算两因素被试内实验设计的被试量,Effect size f 为 0.25,Power ($1 - \beta$) 为 95%, α 水平为 0.05,计算出样本量为 36 人。某大学 36 名大学生自愿参与实验,其中女生 24 人,男生 12 人,年龄 19~21 岁,被试视力或矫正视力正常,均为右利手。被试实验前签署知情同意书,实验结束后得到一份价值 25 元的礼品。

3.1.2 实验设计

实验采用词类型(真词、转换假词、替换假词)

与词内汉字呈现方式(同时呈现、系列呈现)的被试内设计。因变量为正确反应时和错误率。

3.1.3 实验材料

实验材料采用实验 1 的全部材料,字体全部改为 21 磅宋体,颜色全部变为黑色(RGB:0,0,0)。词类型不变,加黑类型变为呈现方式类型,包括同时呈现和系列呈现。具体材料举例见表 4。

表 4 实验 2 材料举例

词类型	呈现方式	举例
真词	同时呈现	满面春风
	系列呈现	满面春风
转换假词	同时呈现	满春面风
	系列呈现	满春面风
替换假词	同时呈现	满而泰风
	系列呈现	满而泰风

注:“同时呈现”为四字刺激材料同时呈现,被试反应后刺激消失或是 2100ms 后刺激消失,进入下一试次。“系列呈现”为四字刺激材料系列呈现,第一个字在其位置上呈现 200ms,接着第二个字在其位置呈现 200ms,随后第三个字在其位置呈现 200ms,最后第四个字开始呈现,被试反应后第四个字消失或是 2100ms 后第四个字消失,进入下一试次。

3.1.4 实验仪器

同实验 1。

3.1.5 实验程序

词内汉字同时呈现的程序和实验 1 一样。系列呈现的程序与 Marcet 等人(2018)相似,并进行了改进。Marcet 等人(2018)词内字母系列呈现时,反应时计时从第一个字母呈现时就开始,这样不可避免会导致反应时的增加(每个字母呈现 200ms,所有字母呈现后,被试才能真正做出反应)。如果被试在所有字母没有呈现完时就进行了反应,被试的反应属于猜测,是不准确的。因此,本实验词内汉字系列呈现的程序在 Marcet 等人(2018)基础上进行了改进,具体程序为:首先,屏幕中间呈现黑色宋体 21 磅的十字加号,呈现时间为 500ms;然后,第一个字在其位置上呈现 200ms,接着第二个字在其位置呈现 200ms,随后第三个字在其位置呈现 200ms,最后第四个字开始呈现,第四个字开始呈现后,被试需要又快又准确地进行反应,反应方式如实验 1,被试反应后第四个字消失或是 2100ms 后第四个字消失,进入下一试次,记录反应时和错误率。实验持续约 20 分钟左右。系列呈现的实验程序如图 1 所示。

3.2 结果

剔除反应时在 250~2000ms 外的数据 230 条(2.6%),系列呈现反应时的计算在基本反应时基

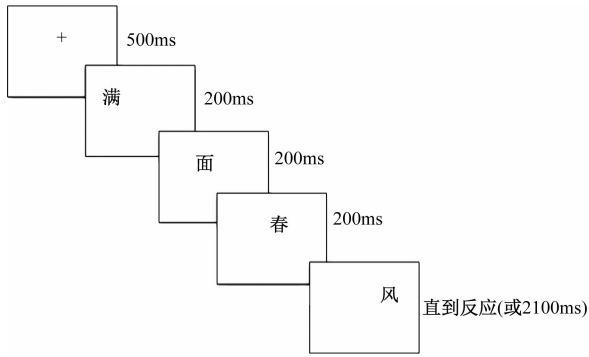


图1 实验2系列呈现程序

础上加入前三个字符的认知时间 600ms 形成系列呈现的整体反应时,然后数据用 R 软件统计包进行统计分析,统计与分析的思路和逻辑如实验 1,先分析真词数据,看词内汉字系列呈现是否产生影响。其次分析假词类型(转换假词、替换假词)与词内汉字呈现方式(同时呈现、系列呈现)的数据,其描述性结果和统计分析结果见表 5、表 6。

从真词结果看,反应时上,呈现方式主效应显著,系列呈现真词的反应时比同时呈现真词的反应时长 130ms (1214ms vs. 1084ms, $b = 0.14$, $t = 17.04$, $p < 0.001$)。错误率上,呈现方式主效应不显著(8.5% vs. 8.8%, $b = 0.05$, $z = 0.33$, $p = 0.74$)。

从假词结果看,反应时上,假词类型主效应显著,替换假词的反应时比转换假词的反应时要短($b = -0.11$, $t = -18.36$, $p < 0.001$);呈现方式主效应显著,词内汉字系列呈现的反应时比同时呈现时要长($b = 0.16$, $t = 26.33$, $p < 0.001$);重要的是,假词类型与呈现类型存在交互作用,简单效应

检验发现,词内汉字同时呈现($b = -0.21$, $t = -22.09$, $p < 0.001$)与系列呈现($b = -0.02$, $t = -2.66$, $p < 0.01$)都存在转换字符效应,但系列呈现时的转换字符效应要显著小于同时呈现时的转换字符效应($b = 0.14$, $t = 11.23$, $p < 0.001$)。同时,我们比较了转换假词和替换假词在不同呈现方式下的差异,转换假词($b = 0.09$, $t = 9.73$, $p < 0.001$)和替换假词($b = 0.23$, $t = 27.72$, $p < 0.001$)在不同呈现方式下都存在显著差异,但替换假词在不同呈现方式下的差异显著大于转换假词在不同呈现方式下的差异显著(244ms vs 108ms, $b = 0.16$, $t = 11.23$, $p < 0.001$)。

错误率上,假词类型主效应显著,替换假词的错误率显著低于转换假词的错误率($b = -1.48$, $z = -18.47$, $p < 0.001$);呈现类型主效应显著,同时呈现的错误率要显著小于系列呈现的错误率($b = 0.27$, $z = 3.39$, $p < 0.001$);重要的是,假词类型与呈现类型存在交互作用,简单效应检验发现,词内汉字同时呈现($b = -1.62$, $z = -14.97$, $p < 0.001$)与系列呈现($b = -1.29$, $z = -12.24$, $p < 0.001$)都存在转换字符效应,但系列呈现时的转换字符效应要显著小于同时呈现时的转换字符效应($b = 0.54$, $z = 3.44$, $p < 0.001$)。同时,我们比较了转换假词和替换假词在不同呈现方式下的差异,转换假词在不同呈现方式下不存在显著差异(29.1% vs 29.4%, $b = 0.02$, $z = 0.18$, $p = 0.86$),而替换假词在不同呈现方式下存在显著差异,系列呈现下替换假词的错误率显著高于同时呈现时的错误率(12.0% vs 7.5%, $b = 0.30$, $z = 3.05$, $p < 0.001$)。

表5 实验2转换假词和替换假词反应时、错误率的平均数和标准差以及转换字符效应

	转换假词		替换假词		转换字符效应	
	RT	ER (%)	RT	ER (%)	RT	ER (%)
同时呈现	1250(43)	29.1(7.2)	1048(44)	7.5(3.7)	202	21.6
系列呈现	1358(39)	29.4(7.2)	1292(35)	12.0(4.9)	66	17.4

表6 实验2假词类型和呈现类型的统计分析结果

	RT				Error			
	b	SE	t	p	b	SE	z	p
截距	7.09	0.02	394.74	< 0.001	-1.71	0.10	-16.39	< 0.001
假词类型	-0.11	0.01	-18.36	< 0.001	-1.48	0.08	-18.47	< 0.001
呈现类型	0.16	0.01	26.33	< 0.001	0.27	0.08	3.39	< 0.001
假词类型 × 呈现类型	0.14	0.01	11.23	< 0.001	0.54	0.16	3.44	< 0.001

注:RT采用的统计模型为 $\text{lmer}(\text{depar} \sim \text{Wordtype} * \text{Presentationtype} + (1 | \text{pp}) + (1 | \text{Stim}), \text{datafile})$; ER采用的统计模型为 $\text{glmer}(\text{depar} \sim \text{Wordtype} * \text{Presentationtype} + (1 | \text{pp}) + (1 | \text{Stim}), \text{datafile})$ 。

3.3 讨论

从真词结果看,虽然呈现方式在错误率上不存在显著差异,但被试对词内汉字系列呈现真词的反应时更长,这说明词内汉字系列呈现的视觉操作方式是有效的。词内汉字系列呈现真词的反应时更长,这与 Marcet 等人(2018)结果一致。这可能与系列呈现时被试对呈现刺激的加工时间有关,系列呈现时每个汉字的呈现时间为 200ms,到第四个字呈现时,被试已有 600ms 对呈现刺激进行认知,但同时呈现时,反应时在所有字符呈现时就开始计时反应时。Marcet 等人(2018)结果在错误率上同时呈现低于系列呈现。这可能与他们实验材料有关,他们选取的词有 9 个字母(多个字母系列呈现,短时记忆容量的限制可能会阻碍字母整合)。

从假词结果看,中文存在显著的转换字符效应,转换假词比替换假词反应时更长,错误率更高,这与字母语言研究结果一致(Marcet et al., 2018),这再次从词汇判断任务上证明了中文转换字符效应的存在。呈现方式在反应时和错误率上主效应显著,系列呈现时的反应时更长,但错误率更高。重要的是,假词类型与呈现类型在反应时和错误率上都存在交互作用,系列呈现时的转换字符效应显著小于同时呈现时的转换字符效应。进一步分析转换假词和替换假词在不同呈现方式反应时和错误率的差异发现:反应时上,系列呈现使得转换假词和替换假词的反应时都显著增长,但替换假词时间增长的幅度更大。这表明系列呈现使得汉字位置信息加工更加灵活,但也使得汉字身份信息加工灵活程度更大,当然这也可能是因为不同呈现方式反应时的计时方式不同造成的。错误率上,不同呈现方式下的转换假词错误率不存在显著差异,而系列呈现使得替换假词的错误率明显上升,这说明系列呈现对汉字位置信息加工没有产生显著影响,但使得汉字身份信息加工更加灵活,错把替换假词当作真词而导致错误率更高。因此,总体来说,系列呈现使得中文转换字符效应显著减小,更可能是因为汉字身份信息加工更加灵活而导致。

Marcet 等人(2018)只在反应时上发现了假词类型和呈现方式的交互作用,系列呈现下转换字母效应显著减小,这与本研究的结果一致。但在分析原因时,他们认为转换字母效应显著减小的原因是系列呈现下字母的位置信息加工更严格。但他们并没有对转换假词和替换假词在不同呈现方式下的反应时进行差异显著性检验。因此, Marcet 等人

(2018)的推论有待于进一步验证。

4 总讨论

本研究通过 2 个实验分别探究了词内汉字逐级加黑(空间)和系列呈现(时间)这两种不同的视觉特征操作对中文转换字符效应的影响。

首先,词内汉字逐级加黑和系列呈现对中文词汇认知具有重要影响。从真词结果看,词内汉字逐级加黑真词的反应时更长,词内汉字系列呈现真词的反应时更长。这说明词内汉字逐级加黑和系列呈现这些视觉操作是有效的,可以调节被试的视知觉因素和相应的注意资源(Liu et al., 2021; Wang, 2013; Zhou et al., 2018)。这与字母语言研究结果总体一致(Marcet et al., 2018; Perea et al., 2021; Perea & Wang, 2017),说明词内字符逐级加黑和系列呈现这些视觉特征操作的效力具有语言共通性。

其次,中文阅读中存在稳定的转换字符效应。从假词结果看,两个实验中转换假词都比替换假词的反应时更长,错误率更高,存在明显的转换字符效应。这从词汇判断任务上再次证明了中文转换字符效应的存在,也与字母语言研究结果较为一致(Chang et al., 2020; Gu & Li, 2015; Zhang, Chang, et al., 2022; 徐迩嘉,隋雪,2018)。转换字符效应的稳定性表明该效应可能主要受正字法表征及相关语言因素的影响,一定程度支持了开放双字母组模型和 SERIOL 模型,也支持了中文阅读模型中对语言因素重要性的强调(Li & Pollatsek, 2020)。

最后,不同的视觉特征操作对中文转换字符效应的影响不同。实验 1 结果表明词内汉字逐级加黑对中文转换字符效应不存在调节作用,实验 2 结果表明词内汉字系列呈现显著减小了转换字符效应。总体上来说,这与字母语言研究结果较为一致(Marcet et al., 2018; Perea et al., 2021)。研究结果说明一定的视觉因素如系列呈现可以调节转换字符效应,支持了语言认知中强调视觉重要性的相关理论和模型。但值得注意的是,虽然系列呈现使得中文和字母语言中的转换字符效应都显著减小,背后的原因却可能存在很大差异。通过分析发现,中文转换字符效应显著减小更可能是因为系列呈现使得汉字身份信息加工更加灵活导致。而 Marcet 等人(2018)认为转换字母效应显著减小是因为系列呈现使得字母位置信息加工更严格导致。但他们并没有对转换假词和替换假词在不同呈现方式下的反应

时进行差异显著性检验,因此,Marcet 等人(2018)观点有待于进一步验证。系列呈现下汉字身份信息加工更加灵活的原因可能是:时间上的系列呈现使得替换假字的模糊字形而真正字形在整词整合加工过程中起到了重要作用,因此,此时汉字身份信息加工较为灵活从而导致反应时更长、错误率更高。而四字同时呈现时,整体汉字模糊字形首先激活的是整词真词词义和相应字形,而后马上根据激活的真词对词内汉字进行验证,从而反应时较短而错误率更低。深入分析看,虽然汉字“形”非常重要,但不管是同时呈现还是系列呈现,词汇认知最初期汉字身份信息加工可能都是灵活的,差别在于验证环节。同时呈现时存在验证环节,验证环节时汉字身份信息加工非常严格。但系列呈现时不存在验证环节(因为前三个汉字各呈现 200ms 后就会消失)。因此,本质上来说中文转换字符效应的出现更可能是由词汇认知过程中验证环节汉字身份信息加工的严格性导致,而汉字位置信息加工在词认知整个过程中可能都较为灵活。当然,这有待于进一步实验进行验证。研究结果揭示了汉字身份信息和位置信息加工在词认知不同阶段下加工灵活性与严格性的差异,这可能属于汉字身份信息和位置信息加工的特有规律。从视觉操作方式上来看,虽然词内字符逐级加黑和系列呈现都被认为是体现刺激系列位置信息的视觉操作,但综合实验结果来看,逐级加黑虽然未对汉字身份信息和位置信息加工产生显著影响,但影响的模式具有一致性,而系列呈现可能使得汉字身份信息加工更加灵活。

总体而言,两种不同视觉操作下中文转换字符效应稳定存在,这表明中文转换字符效应可能主要受语言因素影响;但特定的视觉因素如词内字符系列呈现对中文转换字符效应具有调节作用,使得转换字符效应显著减小。但与字母语言不同的是,中文转换字符效应显著减小更可能是因为系列呈现时汉字身份信息加工更加灵活导致,这可能是中文阅读核心加工机制特有规律,反映了中文汉字系统特点。本研究对全面理解中文转换字符效应提供了视觉维度的实证数据,显示出中文阅读核心加工独特机制,研究结果为中文阅读核心加工机制模型的建立和中文阅读模型(CRM)(Li & Pollatsek, 2020)的完善提供了重要基础,也为个体语言和认知发展提供了重要视角。从提高中文学习效率和阅读理解能力上来说,对中文汉字语言特征的理解和把握是提高中文词汇识别学习效率和阅读理解能力最为重

要和主要的方法。同时,从呈现方式上来说,系列呈现使得汉字身份信息加工更加灵活,可以一定程度提高中文阅读效率。但从提高中文阅读质量和能力上来说,同时呈现可能是一种更好方式,可以提高汉字身份信息加工的严格性。因此,研究结果对提高中文词汇识别学习效率和阅读理解能力具有重要启示。

5 结论

本研究通过 2 个实验发现,词内汉字逐级加黑对中文转换字符效应不存在调节作用,词内汉字系列呈现显著减小转换字符效应,这表明转换字符效应受一定视觉因素调节。但中文转换字符效应稳定存在说明该效应可能主要受语言因素影响。

参考文献:

- Adelman, J. S. (2011). Letters in time and retinotopic space. *Psychological Review*, 118(4), 570–582.
- Baayen, R. H., Davidson, D. J., & Bates, D. M. (2008). Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and Language*, 59(4), 390–412.
- Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language*, 68(3), 255–278.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. M., & Walker, S. C. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Cai, Q., & Brysbaert, M. (2010). SUBTLEX – CH: Chinese Word and Character Frequencies Based on Film Subtitles. *PLoS ONE*, 5(6), e10729. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010729>
- Chang, M., Hao, L. S., Zhao, S. N., Li, L., Paterson, K. B., & Wang, J. X. (2020). Flexible parafoveal encoding of character order supports word predictability effects in Chinese reading: Evidence from eye movements. *Attention Perception & Psychophysics*, 82(6), 2793–2801.
- Collis, N. L., Kohnen, S., & Kinoshita, S. (2013). The role of visual spatial attention in adult developmental dyslexia. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(2), 245–260.
- Davis, C. J. (2010). The spatial coding model of visual word identification. *Psychological Review*, 117(3), 713–758.
- Development Core Team, R. (2016). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved November 3, 2023, from <https://www.R-project.org/>
- Giovagnoli, G., Vicari, S., Tomassetti, S., & Menghini, D. (2016). The Role of Visual-Spatial Abilities in Dyslexia: Age Differences in Children's Reading? *Frontiers in Psychology*, 7, 1997. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01997>
- Gomez, P., Ratcliff, R., & Perea, M. (2008). The overlap model: A

- model of letter position coding. *Psychological Review*, 115(3), 577 – 601.
- Grainger, J. (2008). Cracking the orthographic code: An introduction. *Language and Cognitive Processes*, 23(1), 1 – 35. <https://doi.org/10.1080/01690960701578013>
- Grainger, J. (2018). Orthographic processing: A ‘mid – level’ vision of reading: The 44th Sir Frederic Bartlett Lecture. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(2), 335 – 359.
- Grainger, J., Dufau, S., & Ziegler, J. C. (2016). A vision of reading. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(2), 171 – 179.
- Grainger, J., Granier, J. – P., Farioli, F., Van Assche, E., & van Heuven, W. J. B. (2006). Letter position information and printed word perception: The relative – position priming constraint. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(4), 865 – 884.
- Grainger, J., & van Heuven, W. J. B. (2003). Modeling letter position coding in printed word perception. In P. Bonin (Ed.), *Mental lexicon: Some words to talk about words* (pp. 1 – 23). Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.
- Grainger, J., & Whitney, C. (2004). Does the huamn mnid raed wrods as a wlohe? *Trends in Cognitive Sciences*, 8(2), 58 – 59.
- Gu, J. J., & Li, X. S. (2015). The effects of character transposition within and across words in Chinese reading. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77(7), 272 – 281.
- Kezilas, Y., Mckague, M., Kohnen, S., Badcock, N. A., & Castles, A. (2017). Disentangling the developmental trajectories of letter position and letter identity coding using masked priming. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(2), 250 – 258.
- Li, X., & Pollatsek, A. (2020). An integrated model of word processing and eye – movement control during Chinese reading. *Psychological Review*, 127(6), 1139 – 1162.
- Liu, Z., Li, Y., Cutter, M., Paterson, K. B., & Wang, J. (2022). A transposed – word effect across space and time: Evidence from Chinese. *Cognition*, 218, 104922. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104922>
- Luke, S. G., & Christianson, K. (2012). Semantic predictability eliminates the transposed – letter effect. *Memory & Cognition*, 40(4), 628 – 641.
- Marcet, A., Perea, M., Baciero, A., & Gomez, P. (2018). Author accepted manuscript: Can letter position encoding be modified by visual perceptual elements? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 72(6), 1344 – 1353.
- Meade, G., Mahnich, C., Holcomb, P. J., & Grainger, J. (2021). Orthographic neighborhood density modulates the size of transposed – letter priming effects. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 21, 948 – 959.
- Milena, R., Simone, G., Daniela, B., Massimo, M., & Andrea, F. (2014). Spatial and temporal attention in developmental dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 331. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00331>
- Morey, R. D., Rouder, J. N., & Jamil, T. (2015). Package ‘Bayes-Factor’. Retrieved from November 3, 2023, <https://cran.r-project.org/web/packages/BayesFactor/>
- Norris, D., Kinoshita, S., & van Casteren, M. (2010). A stimulus sampling theory of letter identity and order. *Journal of Memory and Language*, 62(3), 254 – 271.
- Perea, M., Baciero, A., Marcet, A., Fernández – López, M., & Gómez, P. (2021). Do grading gray stimuli help to encode letter position? *Vision*, 5, 12. <https://doi.org/10.3390/vision5010012>
- Perea, M., & Wang, X. Y. (2017). Do alternating – color words facilitate reading aloud text in Chinese? Evidence with developing and adult readers. *Memory & Cognition*, 45(7), 1160 – 1170.
- Taran, N., Farah, R., DiFrancesco, M., Altaye, M., Vannest, J., Holland, S., ... Horowitz – Kraus, T. (2022). The role of visual attention in dyslexia: Behavioral and neurobiological evidence. *Human Brain Mapping*, 43(5), 1720 – 1737.
- Vergara – Martinez, M., Perea, M., Gómez, P., & Swaab, T. Y. (2013). ERP correlates of letter identity and letter position are modulated by lexical frequency. *Brain & Language*, 125(1), 11 – 27.
- Wang, H. F. (2013). Influence of highlighting, columns, and font size on visual search performance with respect to on – screen Chinese characters. *Perceptual & Motor Skills*, 117(2), 528 – 541.
- Winkel, H., & Perea, M. (2013). Consonant/vowel asymmetries in letter position coding during normal reading: Evidence from parafoveal previews in Thai. *Journal of Cognitive Psychology*, 25(1), 119 – 130.
- Whitney, C. (2001). How the brain encodes the order of letters in a printed word: The SERIOL model and selective literature review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(2), 221 – 243.
- Zhou, W., Wang, A. P., Shu, H., Kliegl, R., & Yan, M. (2018). Word segmentation by alternating colors facilitates eye guidance in Chinese reading. *Memory & Cognition*, 46(5), 729 – 740.
- Zhang, Y., Chang, M., & Wang, J. (2022). Increasing intercharacter spacing reduces the transposed – character effect in Chinese reading: Evidence from eye movements. *Visual Cognition*, 30(5), 371 – 377.
- Zhang, Y., Wang, M., & Wang, J. (2022). The sequence effect: Character position processing in Chinese words. *Frontiers in Psychology*, 13, 877627. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.877627>
- 卞迁, 崔磊, 闫国利. (2010). 词素位置颠倒对汉语句子阅读影响的眼动研究. *心理研究*, 03(1), 29 – 35.
- 顾俊娟, 高志华, 屈青青. (2020). 汉字位置加工的词边界效应. *心理与行为研究*, 18(2), 193 – 199.
- 徐逸嘉, 隋雪. (2018). 身份信息与位置信息的加工进程及语境预测性的影响. *心理学报*, 50(06), 28 – 43.
- 赵婧. (2019). 发展性阅读障碍的视觉注意广度技能. *心理科学进展*, 27(1), 20 – 26.
- 张妍萃, 江莹, 董青, 王敬欣. (2021). 汉字、数字和符号的身份信息和位置信息加工比较——中文阅读的特别机制. *心理学探新*, 41(06), 504 – 514.

The Influence of Grading Black and Serial Presenting Characters on Transposed-character Effect

ZHANG Yancui^{1,2} SUN Yue¹ WANG Jingxin¹

(1. *Faculty of Psychology, Tianjin Normal University, Tianjin 300387;*

2. *College of Humanities, Tianjin Agricultural University, Tianjin 300392*)

Abstract: In alphabetic languages, the influence of visual factors such as grading black and serially presenting letters within words, on the transposed-letter effect has gained the attention in relevant studies. However, whether the transposed-character effect is modulated by these visual factors remains unclear. In this study, we conducted two experiments using a single-presentation lexical decision task with real words, transposed-character pseudowords, and substituted-letter pseudowords, manipulating the visual features of the stimuli. In Experiment 1, the characters within words were either monochromatic or grading black. In Experiment 2, the characters were presented either simultaneously or serially, character by character. The results showed that grading black characters did not significantly modulate the transposed-character effect, while serial presentation of characters significantly reduced the transposed-character effect. This is likely due to the increased flexibility in character identity processing under this condition, which reflects the unique characteristics of the Chinese character system. The stable presence of the transposed-character effect suggests that it may be primarily influenced by linguistic factors. These findings will promote the development of related theories like the core processing mechanism of Chinese reading and the Chinese reading model, as well as will provide important insights for improving the learning efficiency of Chinese vocabulary recognition and reading comprehension.

Key words: Chinese; characters; transposed-character effect; identity information; position information; visual factors