

双字词的形态结构对汉字位置信息编码的影响*

苏省之 李骁轩 李蓉蓉 赵长泽 崔磊

(山东师范大学心理学院, 济南 250358)

摘要 字母转置效应是指颠倒单词的字母位置后, 读者仍可识别目标词的现象, 表明字母位置信息编码具有一定的灵活性。近年来, 研究者通过对比不同形态结构词语的字母转置效应, 探讨词语的认知加工方式。本研究采用眼动追踪技术, 结合边界范式考察了不同形态结构双字词的汉字位置信息编码。研究结果显示, 偏正复合词的汉字转置效应小于并列复合词和单语素词, 而并列复合词和单语素词之间没有显著差异。结果表明, 与偏正复合词相比, 单语素词和并列复合词的汉字位置信息编码更为灵活, 表明词语的形态结构会对汉字位置信息编码产生不同的影响, 支持了形态复杂词的双通路加工理论。

关键词 复合词, 汉字转置效应, 位置信息编码, 形态结构

分类号 B842

1 前言

1.1 字母位置信息编码的灵活性

在阅读中, 字母的位置信息对读者正确识别词汇非常重要。例如, 在识别单词 pot (罐) 时, 读者不仅需要正确识别单词各个字母的身份信息(p/o/t), 还需要正确识别字母的位置信息(p1/o2/t3), 从而将该词与其他具有相同字母的单词进行区分(如, opt, top)。

已有视觉词汇识别模型, 比如交互激活模型(Interactive activation model, McClelland & Rumelhart, 1981), 均认为字母的编码具有其位置特异性, 即字母位置信息在词汇加工的早期被编码到相应的位置上, 每个字母在其特定位置上进行加工并完成词汇通达, 即字母位置信息的加工是字母身份信息加工的前提条件(Coltheart et al., 2001; Grainger & Jacobs, 1996; Johnson et al., 2007; Paap et al., 1982)。具体而言, 对于目标词(如, judge), 一致条

件与颠倒条件(如, jugde)具有相同的 5 个字母, 但是, 颠倒条件下只有 3 个字母(及其位置)与目标词一致, 因此, 与一致条件相比, 读者对颠倒条件的词汇识别更慢。此外, 更重要的是研究者发现, 颠倒条件(如, jugde)、替换条件(如, junpe)与目标词均具有三个位置相同的字母, 但是, 颠倒条件比替换条件下的词汇识别时间却更短, 由此表明, 字母位置信息的编码虽然具有严格的位置特异性, 但也存在一定的灵活性。研究者将字母位置信息加工的灵活性, 即颠倒条件和替换条件之间的差异称为字母转置效应(Transposed-Letter effect, TL 效应; Forster et al., 1987), TL 效应越大, 说明颠倒条件下的字母位置信息编码越灵活, 反之, TL 效应越小, 说明颠倒条件下的字母位置信息编码越严格, 灵活性越小。TL 效应得到后续研究的广泛验证。研究者不仅在采用掩蔽启动范式的研究中发现存在 TL 效应(Andrews, 1996; Forster et al., 1987; Marcet et al., 2018; Perea & Lupker, 2003; Perea et al., 2018; Schoonbaert

收稿日期: 2023-03-13

* 山东省自然科学基金项目(ZR2020MC222); 山东省社会科学规划研究项目(22CYYJ16); 山东师范大学“专创融合”特色示范课程建设项目(SDNU2021ZCRH008)。

通信作者: 崔磊, E-mail: cuilei_cn@163.com

& Grainger, 2004; Yang & Lupker, 2019), 并且在采用文本阅读范式的研究中也发现存在 TL 效应 (Johnson et al., 2007; Marcet & Perea, 2018; Pagán et al., 2016; Tiffin-Richards & Schroeder, 2015; Winkler & Perea, 2013)。印欧语系中, 单词是由字母组成的, 而汉语中词语是由汉字组成的, 因此, 研究者将汉语中的转置效应称为汉字转置效应 (Transposed-Character effect, TC 效应; Chang et al., 2020; Gu et al., 2015; Yang et al., 2022)。

TL 效应的发现为视觉词汇识别模型提供了理论补充, 为研究者更全面地解释词汇识别的动态加工提供了实证依据。在此基础上, 研究者提出了多种模型以解释字母位置信息编码的灵活性 (Grainger & van Heuven, 2004; Johnson et al., 2007; Logan, 2021; Whitney, 2001), 例如, 重叠模型(The Overlap Model, Gomez et al., 2008)、空间编码模型 (Spatial Coding Model, Davis, 2010)等。

1.2 形态结构对词汇位置信息编码的影响

英文单词按照形态结构可分为形态简单词 (monomorphemic words)和形态复杂词(morphemically complex words)。形态简单词又称单语素词, 指由一个语素构成的词(如 desk, 桌子), 形态复杂词是指由两个或两个以上语素组成的词, 包含复合词(如 sunshine, 阳光), 和缀成词(如 boaster, 自夸的人; Baayen, 1992)。形态复杂词的加工方式一直是研究者争论的焦点问题, 即形态复杂词的加工是遵循语素通达模型还是整词通达模型 (Beyersmann & Grainger, 2023; Gagné et al., 2018; Häikiö et al., 2010; Hyönä et al., 2004; Libben, 1998; Marslen-Wilson et al., 2019; Taft & Forster, 1976; Wray et al., 2022)。

近年来, 研究者以 TL 效应作为探测工具, 通过操纵形态复杂词不同语素位置的字母颠倒, 从而

对其加工方式进行阐释。以复合词 sunshine 为例, 语素内颠倒是指颠倒该词一个语素内(shine)的字母位置, 跨语素颠倒是指颠倒了组成该词的两个语素 (sun, shine)的字母位置。若形态复杂词的加工遵循语素通达模型, 则读者需要对组成形态复杂词的两个语素分别进行加工, 因此, 跨语素颠倒的 TL 效应会小于语素内颠倒。若形态复杂词是整词通达, 则无需对两个语素进行分解加工, 因此, 跨语素颠倒和语素内颠倒的 TL 效应无显著差异。Christianson 等人(2005)采用掩蔽启动范式发现, 跨语素颠倒的 TL 效应小于语素内颠倒, Kahraman 和 Kırkıci (2021)选取词汇技能较差的二语读者进行考察, 结果同样显示跨语素颠倒的 TL 效应小于语素内颠倒, 由此表明形态复杂词的加工遵循语素通达模型, 该结论得到后续研究的支持 (Duñabeitia et al., 2007; Taft & Nillsen, 2013)。但也有研究者发现, 跨语素颠倒和语素内颠倒的 TL 效应无显著差异, 表明复合词遵循整词通达模型 (Beyersmann et al., 2013; Masserang & Pollatsek, 2012; Rueckl & Rimzhim, 2011; Stites et al., 2016; Zargar & Witzel, 2017)。通过对已有相关研究进行分析发现, 研究者对变量的操控可能对研究结果产生了不同的影响, 比如语种、目标词的形态复杂性和研究范式等因素 (详见表 1), 但这有待于进一步研究验证。已有研究多采用掩蔽启动范式对该问题进行探讨, 但本研究将采用边界范式, 以 TC 效应为探测工具探究形态复杂词的加工方式。边界范式是指, 在句子中设立隐含的边界, 当读者的注视点跨过隐含的边界, 目标词即刻替换预视词。Paterson 等人(2009)指出, 边界范式相当于启动范式在正常句子阅读中的应用, 边界范式中的预视词相当于启动范式中的启动词, 因此, 边界范式能够兼具启动范式的优点, 并且具有更高的生态效度。

表 1 考察形态结构对于 TL 效应影响的印欧语系研究

作者及年份	语种	目标词	范式	结果
Rueckl & Rimzhim, 2011	英语	缀成词	掩蔽启动	未发现跨语素颠倒和语素内颠倒差异
Masserang & Pollatsek, 2012	英语	缀成词	掩蔽启动/边界范式	
Beyersmann et al., 2013	英语	缀成词	掩蔽启动	
Stites et al., 2016	英语	复合词	句子阅读	
Zargar & Witzel, 2017	英语	缀成词	掩蔽启动	
Christianson et al., 2005	英语	复合词	掩蔽启动	跨语素颠倒的 TL 效应小于语素内颠倒
Duñabeitia et al., 2007	巴斯克语/西班牙语	缀成词	掩蔽启动	
Taft & Nillsen, 2013	英语	缀成词	掩蔽启动	
Kahraman & Kırkıci, 2021	英语	缀成词	掩蔽启动	

中文作为表意文字,其独特性可能会使得形态复杂词的汉字位置信息编码与字母语言存在差异。首先,中文是由一个个大小相同的汉字组成,一个字可以独立成词,也可以与其他汉字组合成词,但是,由汉字组合而构成的复杂词均较短,其中双字词的比例达到72%,并且80%都是复合词(Hansell, 2008),因此,与英文单词由多个字母组成相比,颠倒双字词的两个字可能会比颠倒单词的两个字母造成更大的干扰。其次,中文文本中无明显的词切分线索,读者在阅读时会即时地运用汉字位置信息对句子文本进行词切分(陈茗静 等, 2022; Li et al., 2009; Li & Pollatsek, 2020; 向慧雯 等, 2018),所以,正确的汉字位置信息对中文阅读具有更为重要的作用(卞迁 等, 2010; Gu et al., 2015, 2023; 顾俊娟 等, 2020)。

Gu 等人(2015)采用边界范式考察中文双字词的汉字位置信息编码,设置了三种预视条件:一致条件、颠倒条件和替换条件。其结果显示,颠倒条件的注视时间显著小于替换条件,说明在中文文本阅读中存在TC效应,表明汉字位置信息编码存在灵活性。更重要的是,Gu 等人(2015)发现单语素词和复合词的TC效应不存在显著差异。Yang 等人(2022)采用掩蔽启动范式进一步对该问题进行考察,他们将单语素词分为两类:由两个无意义单字组成的单语素简单词(如“哆嗦”),以及由两个有意义单字组成,但均和整词意义无关的单语素复杂词(如“烂漫”)。研究结果显示,单语素简单词、单语素复杂词、复合词之间的TC效应存在显著差异,并且,词语类型和启动类型存在显著交互作用,单语素复杂词的TC效应显著小于单语素简单词和复合词。他们认为这是由于单语素复杂词中,单字意义和整词意义不一致导致增加了读者加工的难度。

但是,上述研究均未对复合词的构词结构进行探讨。实际上,中文复合词的构词结构非常复杂,不同构词结构的复合词是否具有不同的汉字位置信息编码值得进一步探究。英文中,绝大多数的复合词为修饰词加中心词的结构(Katamba & Stonham, 2018),而在中文中,复合词按照构词结构可分为5种类型:偏正、并列、主谓、动宾和补充,其中偏正和并列复合词所占的比重最高,大约为78%(周荐, 2004)。与英文复合词类似,中文偏正复合词的首字是修饰词,对复合词语义中心起修饰作用,尾字是中心词,表达偏正复合词的中心语义。但并列复合词与之不同,其首字和尾字具有相同的词汇属

性,表达相似或者相反的意义(如,黑白),两者共同作用于复合词整词的语义表达。过往研究表明,读者对不同构词结构复合词的加工存在差异。Liu 和 McBride-Chang (2010)发现,相同构词结构会促进对具有语义相关性的偏正复合词的加工,但会阻碍对并列复合词的加工。研究者后续采用ERP技术,却得到了相反的结果,发现相同构词结构会促进对并列复合词的加工,诱发了更大的P250(Chung et al., 2010)。Cui 等人(2018)采用启动范式发现,在偏正复合词的加工中存在相同构词结构的启动效应,但并列复合词并未发现。研究者认为,产生该差异的原因是,偏正复合词的首字为修饰语,尾字为语义中心,读者需要对偏正复合词的两个汉字进行语义角色分配(Cui et al., 2018; Liu & McBride-Chang, 2010),而并列复合词的两个汉字语义角色相同,读者无需进行语义角色的分配。由此我们提出假设,偏正复合词的汉字位置信息编码可能较并列复合词更为重要与严格,但这有待于本研究来验证。

上述关于复合词构词结构的研究,均以探究不同构词结构复合词的加工是否存在差异为研究目的,但并没有对构词结构进行操纵,以探究复合词的加工方式。其次,构词结构的不同是否会对汉字位置信息编码产生影响也是悬而未解的问题。因此,本研究的目的是通过考察不同构词结构复合词的汉字位置信息编码,以探究复合词的加工方式。基于Gu 等人(2015)和Yang 等人(2022)的研究,本研究预测三类词语均存在稳定的TC效应。此外根据Liu 和 McBride-Chang (2010)的观点,偏正复合词的识别需要完成对其语素语义角色的分配,而并列复合词两个汉字语义角色相同,无需进行语义角色分配,因此,偏正复合词的汉字位置信息编码可能更为严格,从而导致偏正复合词的TC效应小于并列复合词。

2 方法

2.1 被试

被试为78名大学生,其中14名男生,64名女生,视力或矫正视力正常,无色盲或色弱情况,母语均为汉语,无精神疾病史,均不了解实验目的,实验后给予一定的报酬。所有被试自愿参与实验,实验经山东师范大学伦理委员会的审核与批准。采用PANGAEA (v0.2)软件计算统计检验力(Westfall et al., 2014),根据Gu 等人(2015)的研究结果在凝视

时间上发现的单语素词和复合词的 TC 效应, 计算效应量为 0.90 和 0.77, 以及 Westfall 等人(2014)默认平均效应量 0.45, 计算出本实验选取 78 名被试和 90 个项目的统计检验力均大于 0.99, 大于期望统计检验力 0.8, 表明实验结果具有足够的解释力。

2.2 实验设计

本实验采用 3 (词语类型: 单语素词、偏正复合词、并列复合词) × 3 (预视类型: 一致预视、颠倒预视、替换预视) 的两因素被试内设计。

2.3 实验材料

从《SUBTLEX-CH》语料库(Cai & Brysbaert, 2010)中选取了每种类型的目标词各 90 个。实验采用边界范式(Rayner, 1975), 操纵目标词的预视类型, 在目标词前设置一条隐形边界, 注视点越过边界前为预视词, 越过边界后为目标词。实验材料以及范式示例见表 2, 在实验过程中目标词并未加粗。控制三种类型的双字词的字频和笔画数差异不显著($F_s < 1.5, p_s > 0.05$), 为了更好地比较三类词语的 TC 效应, 我们分别在不同词语类型下匹配了颠倒条件和替换条件, 保证颠倒条件和替换条件下, 首字的字频和笔画数差异不显著($F_s < 1.5, p_s > 0.05$), 尾字的字频和笔画数差异不显著($F_s < 1.5, p_s > 0.05$), 具体描述统计见表 3。

表 2 实验材料与范式示例

词语类型	预视类型	实验句
单语素词	一致预视	吴起买了 胭脂 作为妻子的生辰礼物。
	颠倒预视	吴起买了 脂胭 作为妻子的生辰礼物。
	替换预视	吴起买了 歧缘 作为妻子的生辰礼物。
并列词	一致预视	吴起买了 字画 作为妻子的生辰礼物。
	颠倒预视	吴起买了 画字 作为妻子的生辰礼物。
	替换预视	吴起买了 退笑 作为妻子的生辰礼物。
偏正词	一致预视	吴起买了 木雕 作为妻子的生辰礼物。
	颠倒预视	吴起买了 雕木 作为妻子的生辰礼物。
	替换预视	吴起买了 腹广 作为妻子的生辰礼物。

为防止预期性和合理性对实验造成影响, 进行了句子预期性和句子合理性的评定。在句子预期性评定中, 16 名不参加正式实验的大学生评定句子的预期性。给被试呈现目标词呈现前的文本, 比如“约翰认真地把玻璃上的灰尘给擦干净了”这句话中的目标词为“玻璃”, 因此, 只保留“约翰认真地把”, 让被试填写出他(她)认为可能出现的词语。由于本实验所使用的句子均为中性句子, 预期性都较低, 难以填写, 为了防止被试产生厌烦情绪, 加入了 30 组高预期句子。三种条件下句子的预期性均为 0。在句子合理性评定中, 在材料中加入 30 句不合理句子, 使用 5 点量表, 让 24 名不参加实验的大学生来判定句子的合理性。要求被试在保证仔细阅读句子的基础上, 在 5 点量表上对每一个句子的合理性进行打分。对于其中的 12 名被试而言, 1 代表非常不合理, 5 代表非常合理。而另外 12 名被试与之相反。被试的评定结果随后被统一转换在以 1 表示非常不合理, 以 5 表示非常合理的量表中。三种条件下句子的合理性差异不显著, $F(2, 178) = 1.97, p > 0.05$ 。

2.4 实验仪器

采用加拿大 SR Research 公司开发的 EyeLink1000 Plus 眼动仪, 分辨率为 1024×768 像素, 采样率为 1000 Hz, 采用 21 英寸纯平显示器, 显示器刷新率为 120 Hz。实验材料呈现在显示器上, 所有目标句和填充句都以白底黑字呈现, 判断问题以白底红字的形式呈现。显示器与被试眼睛之间的距离为 60 cm, 汉字的字体为 24 号宋体, 每个汉字视角为 0.95°。实验过程中, 被试双眼注视显示器, 记录其右眼的眼动轨迹。

2.5 实验程序

被试进入实验室后, 坐在距离显示屏 60 cm 处。要求被试在实验过程中尽量保持头部和身体不动。主试向被试讲解指导语: “同学你好! 实验开

表 3 目标词的属性统计(括号里为标准差)

属性	单语素词	并列复合词	偏正复合词	单语素词替换非词	并列词替换非词	偏正词替换非词
整词词频	7(16)	6(11)	6(11)	—	—	—
整词笔画数	21(5)	20(4)	20(5)	21(4)	21(5)	20(4)
首字字频	34(80)	249(311)	272(406)	67(210)	168(328)	418(623)
首字笔画数	10(3)	10(3)	10(3)	11(3)	11(3)	10(3)
尾字字频	68(219)	171(364)	414(607)	34(80)	248(309)	274(401)
尾字笔画数	11(3)	11(3)	10(4)	10(3)	10(3)	10(3)
合理性	4(0.5)	4(1)	4(1)	0	0	0

注: 表格中的频率均为每百万字中出现的次数。

始后电脑屏幕中央会出现一组句子, 每次只出现一句。你需要认真阅读句子, 并在理解后按手柄上相应的键进行翻页。实验中会出现一些与句子相关的问题, 你需要通过手柄上相应的键做一个简单的正误判断。当屏幕上出现黑色注视点时, 请一直注视着它。明白如何操作之后开始实验。”实验前先对被试进行三点校准, 然后在每个句子出现之前进行漂移修正, 以保证被试阅读时的眼动轨迹被准确记录。被试每次完成翻页之后注视显示屏左侧的注视点, 以确保被试每一次阅读都从同一位置开始。实验过程中若被试的注视点出现漂移的情况, 即刻重新校准。校准成功后, 用 7 个句子作为练习, 随后开始正式实验。正式实验共包括 130 个句子, 其中 90 个目标句、40 个填充句, 并随机在 40 个填充句后呈现与之相关的理解判断题, 被试需按键进行“是”或“否”的判断, 以确保被试认真阅读, 完成整个实验约需 20 分钟。为确保被试所阅读的句子框架不会重复, 实验分为 9 个系列, 每个系列都包含 9 种条件, 实验时每个被试仅完成一个系列, 各系列间的顺序进行拉丁方平衡。

3 结果

为保证被试认真阅读了实验材料, 删除 6 名回答理解判断题的正确率在 80% 以下的被试, 正确率均值为 91% ($SD = 5.4\%$), 共获得 72 名被试的有效眼动数据。为了防止被试注意到边界变化, 将隐形边界变化发生在注视点开始 2 ms 后的项目删除。与 Gu 等人(2015)相同, 删除了小于 80 ms 和大于 1000 ms 的数据以及被试注视边界大于 2 ms 的数据,

同时在此基础上, 删除了 2.5 标准差以外的异常值。共删除了 13% 的数据。本研究以目标词为兴趣区, 分析以下指标: (1)首次注视时间, 指兴趣区内第一个注视点的注视时间; (2)凝视时间, 指首次注视当前兴趣区到首次离开该兴趣区之间所持续的注视时间; (3)回视路径时间, 指从某个兴趣区的第一次注视开始, 到注视点落到该兴趣区右侧的区域为止, 之间所有的注视点的持续时间的总和; (4)首次跳读率, 指首次阅读时兴趣区被跳过的频率(Rayner, 1998; 闫国利 等, 2013)。

采用 PANGAEA (v0.2) 软件计算统计检验力 (Westfall et al., 2014), 根据本研究在凝视时间上发现的单语素词、复合词的 TC 效应, 算出效应量为 0.45、0.36, 计算出本实验(被试量 72 人和项目数 90 个)中的实际统计检验力均大于 0.97, 大于期望统计检验力 0.8, 表明实验结果具有足够的解释力。使用 R 语言(R Development Core Team, 2016)中的 lme4 软件包(Version 1.1-12, Bates et al., 2015)来构建线性混合效应模型(linear mixed-effects models)以分析当前获得的实验数据。把词语类型和预视类型以及二者的交互作用作为固定效应, 把被试和项目作为随机效应。将注视时间数据转换成对数以提高数据正态性(Gu et al., 2023)。具体眼动数据结果见表 4。对于模型分析结果, 在表 5 中呈现了部分主要结果(包括预视类型各水平间的比较和不同词语类型的 TC 效应的比较)的效应系数(b)、标准误(SE)、t 值或 z 值、p 值和置信区间。

在首次注视时间上, 预视类型主效应显著, 颠倒条件显著小于替换条件, 即 TC 效应, 一致条件

表 4 目标词上的眼动指标均值和标准差

词语类型	预视类型	首次注视时间	凝视时间	回视路径时间	首次跳读率
单语素词	一致	249.44(83.79)	294.01(133.22)	410.13(268.40)	0.12(0.33)
	颠倒	258.24(93.88)	310.03(146.20)	441.16(302.14)	0.11(0.32)
	替换	282.68(103.76)	380.77(163.72)	570.63(307.06)	0.09(0.28)
	TC 效应	24.44	70.74	129.47	-0.02
并列词	一致	244.96(83.08)	297.56(144.92)	419.97(296.07)	0.16(0.37)
	颠倒	254.52(94.68)	312.91(154.50)	454.71(299.99)	0.13(0.34)
	替换	284.59(106.84)	370.86(165.36)	608.23(369.40)	0.11(0.32)
	TC 效应	30.07	57.95	153.52	-0.02
偏正词	一致	246.29(85.98)	289.88(135.21)	409.83(268.96)	0.13(0.34)
	颠倒	262.94(99.32)	337.21(157.82)	493.01(309.50)	0.13(0.34)
	替换	286.62(105.73)	369.98(165.15)	586.66(340.63)	0.11(0.31)
	TC 效应	23.68	32.77	93.65	-0.02

注: 时间的单位是毫秒。TC 效应 = 替换 - 颠倒。

表 5 各个眼动指标的线性混合模型分析结果

眼动指标	固定效应	<i>b</i>	<i>SE</i>	<i>t/z</i>	<i>p</i>	95% CI
首次注视时间	预视类型(ID vs. TC)	0.04	0.01	2.93	0.003	[0.01, 0.06]
	预视类型(TC vs. UN)	0.09	0.01	7.77	0.00	[0.07, 0.12]
	预视类型(ID vs. UN)	0.13	0.01	10.71	0.00	[0.11, 0.15]
	词语类型(CO vs. MO)×预视类型(TC vs. UN)	-0.01	0.03	-0.40	0.69	—
	词语类型(SU vs. MO)×预视类型(TC vs. UN)	-0.001	0.03	-0.03	0.98	—
	词语类型(CO vs. SU)×预视类型(TC vs. UN)	0.01	0.03	0.42	0.67	—
凝视时间	预视类型(ID vs. TC)	0.08	0.01	5.13	0.00	[0.05, 0.10]
	预视类型(TC vs. UN)	0.16	0.01	10.97	0.00	[0.13, 0.19]
	预视类型(ID vs. UN)	0.24	0.01	16.08	0.00	[0.21, 0.27]
	词语类型(CO vs. MO)×预视类型(TC vs. UN)	0.04	0.04	1.05	0.29	—
	词语类型(SU vs. MO)×预视类型(TC vs. UN)	-0.11	0.04	-3.08	0.002	[-0.18, -0.04]
	词语类型(CO vs. SU)×预视类型(TC vs. UN)	0.07	0.04	2.01	0.04	[-0.14, -0.001]
回视路径时间	预视类型(ID vs. TC)	0.10	0.02	5.62	0.00	[0.07, 0.14]
	预视类型(TC vs. UN)	0.27	0.02	14.19	0.00	[0.23, 0.30]
	预视类型(ID vs. UN)	0.37	0.02	19.77	0.00	[0.33, 0.41]
	词语类型(CO vs. MO)×预视类型(TC vs. UN)	0.01	0.05	0.26	0.79	—
	词语类型(SU vs. MO)×预视类型(TC vs. UN)	-0.10	0.05	-2.37	0.02	[-0.20, -0.02]
	词语类型(CO vs. SU)×预视类型(TC vs. UN)	0.10	0.05	2.09	0.04	[-0.19, -0.01]
跳读率	预视类型(ID vs. TC)	-0.12	0.10	-1.22	0.22	—
	预视类型(TC vs. UN)	-0.26	0.10	-2.50	0.01	[-0.47, -0.05]
	预视类型(ID vs. UN)	0.38	0.10	3.70	0.00	[-0.59, -0.18]
	词语类型(CO vs. MO)×预视类型(TC vs. UN)	-0.11	0.26	-0.41	0.68	—
	词语类型(SU vs. MO)×预视类型(TC vs. UN)	0.06	0.26	0.22	0.83	—
	词语类型(CO vs. SU)×预视类型(TC vs. UN)	0.05	0.25	0.20	0.85	—

注:加黑字体表示效应达到显著,斜体表示达到接近显著。CO 为并列复合词(Coordinative compounds), SU 为偏正复合词(Subordinate compounds), MO 为单语素词(Monomorphemic words); ID 为一致(Identical), TC 为颠倒(Transposed-character), UN 为替换(Unrelated)。

显著小于颠倒条件和替换条件。词语类型和预视类型的交互作用不显著。

在凝视时间上,预视类型主效应显著,颠倒条件显著小于替换条件,即 TC 效应,一致条件显著小于颠倒条件和替换条件。词语类型和预视类型的交互作用显著,偏正复合词的 TC 效应显著小于并列复合词和单语素词,但并列复合词和单语素词的 TC 效应差异不显著。且偏正复合词的一致和颠倒的差值显著大于并列复合词和单语素词。

在回视路径时间上,预视类型主效应显著,颠倒条件显著小于替换条件,即 TC 效应,一致条件显著小于颠倒条件和替换条件。词语类型和预视类型的交互作用显著,偏正复合词的 TC 效应显著小于并列复合词和单语素词,但并列复合词和单语素词的 TC 效应差异不显著。偏正复合词的一致和颠倒的差值显著大于单语素词,且边缘显著大于并列复合词。

在首次跳读率上,预视类型主效应显著,颠倒条件显著大于替换条件,即 TC 效应,一致条件显著大于替换条件,但一致条件和颠倒条件没有显著差异。词语类型和预视类型的交互作用不显著。

4 讨论

本研究采用眼动追踪技术,结合边界范式,考察了三种不同形态结构的双字词,即偏正复合词、并列复合词和单语素词,汉字位置信息编码的差异,结果显示三种类型的词语均表现出稳定的 TC 效应,这说明汉字位置信息编码具有灵活性。更重要的是,结果显示并列复合词和单语素词的 TC 效应显著大于偏正复合词,这说明并列复合词和单语素词的汉字位置信息编码比偏正复合词更为灵活,表明双字词的形态结构对汉字位置信息编码存在重要的影响。

首先,本研究在所有注视时间指标(首字注视

时间、凝视时间、回视路径时间)上均显示,颠倒条件下的注视时间均显著长于一致条件,该结果与以往研究结果一致,再次验证了汉字位置信息编码的重要性(Gu et al., 2015, 2023)。此外,在所有眼动指标上均显示存在稳定的 TC 效应,即颠倒条件的注视时间显著小于替换条件,颠倒条件的跳读率显著大于替换条件。该结果支持了已有的相关研究,再次验证了汉字阅读中存在显著的 TC 效应,表明了汉字位置信息编码的灵活性(Gu et al., 2015; Yang et al., 2019, 2020, 2022; Zhang et al., 2022)。

其次,本研究表明双字词的形态结构会对汉字位置信息编码产生不同的影响。并列复合词的 TC 效应与单语素词没有显著差异,这可能是由于并列复合词和单语素词无语义中心,两个汉字对于整词的语义贡献有着相同的权重(Sun et al., 2021),所以,汉字颠倒对两类词语的词汇识别产生的影响无显著差异。该结果与 Gu 等人(2015)和 Yang 等人(2022)的研究结果一致,Gu 等人(2015)发现复合词和单语素词的 TC 效应之间不存在显著差异, Yang 等人(2022)发现复合词和单语素简单词的 TC 效应之间不存在显著差异。但是,与 Gu 等人(2015)和 Yang 等人(2022)的研究结果不同的是,本研究结果显示,在凝视时间和回视路径时间上,偏正复合词的 TC 效应要显著小于并列复合词和单语素词,表明偏正复合词的汉字位置信息编码的灵活性要低于并列复合词和单语素词,这可能是由于偏正复合词的识别需要进行语义角色分配,即对构成复合词的两个汉字进行修饰词和中心词的角色分配,所以,颠倒语素会增加角色分配的难度。而并列复合词和单语素词无需进行语义角色的重新分配,语素颠倒对其的破坏性较小,从而导致了偏正复合词的 TC 效应要小于并列复合词和单语素词(Cui et al., 2018; Liu & McBride-Chang, 2010)。分析 Gu 等人(2015)和 Yang 等人(2022)的实验材料发现,他们并未关注和操控复合词的构词结构,研究中大约有 2/3 的目标词是并列复合词,因此,其研究结果更多地说明了并列复合词和单语素词之间没有显著差异,所以,其研究结果与本研究是一致的。此外,结果显示,偏正复合词的一致条件和颠倒条件的差异要显著大于并列复合词和单语素词,再次说明了偏正复合词的汉字位置信息编码的灵活性要低于并列复合词和单语素词。Kezilas 等人(2017)将一致条件和颠倒条件的差值称为颠倒代价(TL cost),反应了颠倒对读者造成的阅读代价。本研究结果表明偏正复合

词的颠倒代价大于单语素词和并列复合词,也表明不同形态结构双字词的汉字位置信息编码是不同的,词语的形态结构会影响对汉字位置信息的编码。因此,综合分析表明,并列复合词的两个语素的语义角色相同,颠倒语素后并不会对整词信息的通达产生干扰,所以,并列复合词采用整词通达加工。而颠倒偏正复合词的两个语素会干扰其语义分配,使整词通达产生困难,所以,偏正复合词采用语素通达加工。该结果支持了形态复杂词的双通路加工理论。

此外,本研究结果表明中文句子阅读中汉字位置信息编码是灵活的,该结果在一定程度上可以通过中文阅读模型(Chinese Reading Model, CRM, Li & Pollatsek, 2020)进行解释。CRM 认为知觉广度范围内的所有汉字均处于单独的插槽(slot)中,汉字会被平行激活,并且所有由该汉字组成的词语均会被激活,因此,词语之间存在相互的竞争,竞争的胜者得到识别。在本研究中,颠倒条件下两个汉字各自所能激活的词语均包括了目标词,但替换条件无法激活目标词,所以产生了 TC 效应。尽管颠倒条件与目标词的汉字位置信息并不相同,但仍相比于替换条件促进了目标词的加工,表明了汉字位置信息编码的灵活性,例如,对于目标词“木雕”的颠倒非词“雕木”,读者在加工汉字“雕”和“木”时,可同时激活其可组成的词,即“雕”会激活“木雕”、“雕塑”等,“木”会激活“木雕”、“木头”等,两个汉字均可激活“木雕”,而替换条件下的两个汉字均无法激活目标词,所以产生了 TC 效应。同时,汉字位置信息编码又是重要的,尽管颠倒条件下可以激活目标词,但颠倒条件两个汉字的位置与目标词并不相同,因此,颠倒条件下对目标词的加工难度要高于一致条件,所以,颠倒条件要显著小于一致条件。需要注意的是,若每一个汉字严格限制在一个插槽中,那对于颠倒非词而言,尽管两个汉字各自所能激活的词语均包含目标词,但没有词语能够竞争胜出,那颠倒条件和替换条件均是目标词不一致的,所以,如 Li 和 Pollatsek (2020)在模型的局限性中所言,TC 效应的出现可能表明汉字并非严格限制在一个插槽内。

曹海波等人(2023)基于 CRM 认为汉字被平行激活的同时,其位置信息也会被激活,并且,位置信息激活的强度与其所处位置的使用频率有关,即汉字的实际位置与预期位置一致,则加工更容易,反之则困难,并且,其研究表明首字的位置概率更

为关键。为了排除首字位置概率对本研究结果可能产生的潜在影响,因此,我们对并列和偏正复合词颠倒后首字(即颠倒前的尾字)的位置概率进行了事后统计,在颠倒条件下,并列复合词和偏正复合词的首字位置概率分别为 0.42 和 0.37,并无显著差异($t = 1.6, p = 0.11$),因此,排除了首字位置概率对本研究产生的影响。

本研究仍存在一定的局限性。首先,本研究只选取了占比最高的两类复合词作为本研究的目标词,其他结构类型的复合词(如,动宾、主谓和补充复合词)的汉字位置信息编码仍待考察。其次,由于单语素词的单个汉字往往只与该词绑定,所以,大部分单语素词的单字字频较低,但本研究为了操控不同词语类型条件下的字频差异不显著,选用的均为相对高字频的单语素词,后续研究可继续考察低字频的单语素词的加工特点。此外,词语其他属性特点对汉字位置信息编码的影响也待考察,如词语的语义透明度、预期性水平、汉字的形旁声旁等(蔡厚德等, 2012; Chang et al., 2020; 陈庆荣等, 2010; Luke & Christianson, 2012; 吴岩等, 2019; Yang et al., 2022)。最后,不同被试群体对汉字位置信息编码加工的差异性也待考察,本研究的被试均为大学生,词汇知识运用相比较儿童更为熟练,不同阅读经验的被试之间对于汉字位置信息编码是否存在不同的加工,仍然需要后续广泛研究(吴建设等, 2020)。

5 结论

综上,在中文文本阅读中,双字词的汉字位置信息编码具有较高的灵活性。但是,汉字位置信息编码受到词语形态结构的影响,支持形态复杂词的双通路加工理论,并列复合词采用整词通达方式加工,偏正复合词采用语素通达加工。同时,该结果为 CRM 提出的汉字平行激活和词汇竞争胜出假设提供了实证依据。

参 考 文 献

- Andrews, S. (1996). Lexical retrieval and selection processes: Effects of transposed-letter confusability. *Journal of Memory and Language*, 35(6), 775–800.
- Baayen, H. (1992). On frequency, transparency and productivity. *Yearbook of Morphology* (pp. 181–208). Dordrecht: Springer Netherlands.
- 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.
- Beyersmann, E., & Grainger, J. (2023). The role of embedded words and morphemes in reading. In D. Crepaldi (Ed.), *Linguistic Morphology in the mind and brain* (pp. 26–49). Routledge.
- Beyersmann, E., McCormick, S. F., & Rastle, K. (2013). Letter transpositions within morphemes and across morpheme boundaries. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(12), 2389–2410.
- Bian, Q., Cui, L., & Yan, G. L. (2010). Effects of the transposed morpheme on the Chinese sentence reading: Evidence from eye movement data. *Psychological Research*, 3(1), 29–35.
- [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*, 3(1), 29–35.]
- Cai, H. D., Qi, X. L., Chen, Q. R., & Zhong, Y. (2012). Effects of phonetic radical position on the regularity effect for naming pictophonetic characters. *Acta Psychologica Sinica*, 44(7), 868–881.
- [蔡厚德, 齐星亮, 陈庆荣, 钟元. (2012). 声旁位置对形声字命名规则性效应的影响. *心理学报*, 44(7), 868–881.]
- Cai, Q., & Brysbaert, M. (2010). SUBTLEX-CH: Chinese word and character frequencies based on film subtitles. *PloS One*, 5(6), e10729.
- Cao, H. B., Lan, Z. B., Gao, F., Yu, H. T., Li, P., & Wang, J. X. (2023). The role of character positional frequency on word recognition during Chinese reading: Lexical decision and eye movements studies. *Acta Psychologica Sinica*, 55(2), 159–176.
- [曹海波, 兰泽波, 高峰, 于海涛, 李鹏, 王敬欣. (2023). 词素位置概率在中文阅读中的作用: 词汇判断和眼动研究. *心理学报*, 55(2), 159–176.]
- Chang, M., Hao, L., Zhao, S., Li, L., Paterson, K. B., & Wang, J. (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.
- Chen, M. J., Wang, Y. S., Zhao, B. J., Li, X., & Bai, X. J. (2022). The role of text familiarity in Chinese word segmentation and Chinese vocabulary recognition. *Acta Psychologica Sinica*, 54(10), 1151–1166.
- [陈茗静, 王永胜, 赵冰洁, 李馨, 白学军. (2022). 中文文本熟悉性在词切分和词汇识别中的作用. *心理学报*, 54(10), 1151–1166.]
- Chen, Q. R., Tan, D. L., Deng, Z., & Xu, X. D. (2010). Syntactic prediction in sentence reading: Evidence from eye movements. *Acta Psychologica Sinica*, 42(6), 672–682.
- [陈庆荣, 谭顶良, 邓铸, 徐晓东. (2010). 句法预测对句子理解影响的眼动实验. *心理学报*, 42(6), 672–682.]
- Christianson, K., Johnson, R. L., & Rayner, K. (2005). Letter transpositions within and across morphemes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(6), 1327–1339.
- Chung, K. H., Tong, X. H., Liu, P. D., McBride-Chang, C., & Meng, X. Z. (2010). The processing of morphological structure information in Chinese coordinative compounds: An event-related potential study. *Brain Research*, 1352, 157–166.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Ziegler, J., & Langdon, R. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204–256.
- Cui, L., Cong, F., Wang, J., Zhang, W., Zheng, Y., & Hyönä, J. (2018). Effects of grammatical structure of compound words on word recognition in Chinese. *Frontiers in Psychology*, 9, 258.
- Davis, C. J. (2010). The spatial coding model of visual word identification. *Psychological Review*, 117(3), 713–758.
- Duñabeitia, J. A., Perea, M., & Carreiras, M. (2007). Do

- transposed-letter similarity effects occur at a morpheme level? Evidence for morpho-orthographic decomposition. *Cognition*, 105(3), 691–703.
- Forster, K. I., Davis, C., Schoknecht, C., & Carter, R. (1987). Masked priming with graphemically related forms: Repetition or partial activation? *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 39(2), 211–251.
- Gagné, C. L., Spalding, T. L., Nisbet, K. A., & Armstrong, C. (2018). Pseudo-morphemic structure inhibits, but morphemic structure facilitates, processing of a repeated free morpheme. *Language, Cognition and Neuroscience*, 33(10), 1252–1274.
- Gomez, P., Ratcliff, R., & Perea, M. (2008). The overlap model: A model of letter position coding. *Psychological Review*, 115(3), 577–600.
- Grainger, J., & Jacobs, A. M. (1996). Orthographic processing in visual word recognition: A multiple read-out model. *Psychological Review*, 103(3), 518–565.
- Grainger, J., & van Heuven, W. J. B. (2004). Modeling letter position coding in printed word perception. In P. Bonin (Ed.), *The mental lexicon* (pp. 1–23). Nova Science Publishers.
- Gu, J. J., Gao, Z. H., & Qu, Q. Q. (2020). The word boundary effect of Chinese character position processing. *Studies of Psychology and Behavior*, 18(2), 193–199.
- [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.]
- Gu, J. J., Li, X. S., & Liversedge, S. P. (2015). Character order processing in Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(4), 127–137.
- Gu, J. J., Zhou, J., Bao, Y., Liu, J., Perea, M., & Li, X. (2023). The effect of transposed-character distance in Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 49(3), 464–476.
- Häikiö, T., Bertram, R., & Hyönä, J. (2010). Development of parafoveal processing within and across words in reading: Evidence from the boundary paradigm. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(10), 1982–1998.
- Hansell, M. (2008). Teaching and learning Chinese as a foreign language: A pedagogical grammar by Xing, Janet Zhiquan. *Modern Language Journal*, 92(2), 331–332.
- Hyönä, J., Bertram, R., & Pollatsek, A. (2004). Are long compound words identified serially via their constituents? Evidence from an eye-movement-contingent display change study. *Memory & Cognition*, 32(4), 523–532.
- Johnson, R. L., Perea, M., & Rayner, K. (2007). Transposed-letter effects in reading: Evidence from eye movements and parafoveal preview. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(1), 209–229.
- Kahraman, H., & Kırkıci, B. (2021). Letter transpositions and morphemic boundaries in the second language processing of derived words: An exploratory study of individual differences. *Applied Psycholinguistics*, 42(2), 417–446.
- Katamba, F., & Stonham, J. (2018). *Morphology: Palgrave modern linguistics*. Bloomsbury Publishing.
- 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.
- Libben, G. (1998). Semantic transparency in the processing of compounds: Consequence for representation, processing, and impairment. *Brain and Language*, 61(1), 30–44.
- Li, X., & Pollatsek, A. (2020). An integrated model of word processing and eye-movement control during Chinese reading. *Psychological Review*, 127(6), 1139–1162.
- Li, X., Rayner, K., & Cave, K. R. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, 58(4), 525–552.
- Liu, P., & McBride-Chang, C. (2010). Morphological processing of Chinese compounds from a grammatical view. *Applied Psycholinguist*, 31(4), 605–617.
- Logan, G. D. (2021). Serial order in perception, memory, and action. *Psychological Review*, 128(1), 1–44.
- Luke, S. G., & Christianson, K. (2012). Semantic predictability eliminates the transposed-letter effect. *Memory & Cognition*, 40(4), 628–641.
- Marcet, A., & Perea, M. (2018). Visual letter similarity effects during sentence reading: Evidence from the boundary technique. *Acta Psychologica*, 190, 142–149.
- Marcet, A., Perea, M., Baciero, A., & Gomez, P. (2018). Can letter position encoding be modified by visual perceptual elements? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 72(6), 1344–1353.
- Marslen-Wilson, W. D., Ford, M., Older, L., & Xiaolin, Z. (2019). The combinatorial lexicon: Priming derivational affixes. In W. C. Garrison (Ed.), *Proceedings of the eighteenth annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 223–227). Routledge.
- Masserang, K. M., & Pollatsek, A. (2012). Transposed letter effects in prefixed words: Implications for morphological decomposition. *Journal of Cognitive Psychology*, 24(4), 476–495.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88(5), 375–407.
- Paap, K. R., Newsome, S. L., McDonald, J. E., & Schvaneveldt, R. W. (1982). An activation-verification model for letter and word recognition: The word-superiority effect. *Psychological Review*, 89(5), 573–594.
- Pagán, A., Blythe, H. I., & Liversedge, S. P. (2016). Parafoveal preprocessing of word initial trigrams during reading in adults and children. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 42(3), 411–432.
- Paterson, K. B., Liversedge, S. P., & Davis, C. J. (2009). Inhibitory neighbor priming effects in eye movements during reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(1), 43–50.
- Perea, M., & Lupker, S. J. (2003). Transposed-letter confusability effects in masked form priming. In S. Kinoshita & S. J. Lupker (Eds.), *Masked priming: The state of the art* (pp. 97–120). New York, NY: Psychology Press.
- Perea, M., Marcet, A., & Fernández-López, M. (2018). Does letter rotation slow down orthographic processing in word recognition? *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(6), 2295–2300.
- Rayner, K. (1975). The perceptual span and peripheral cues in reading. *Cognitive Psychology*, 7(1), 65–81.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372–422.
- Rueckl, J. G., & Rimzhim, A. (2011). On the interaction of letter transpositions and morphemic boundaries. *Language and Cognitive Processes*, 26(4–6), 482–508.
- Schoonbaert, S., & Grainger, J. (2004). Letter position coding in printed word perception: Effects of repeated and transposed letters. *Language and Cognitive Processes*, 19(3), 333–367.

- Stites, M. C., Federmeier, K. D., & Christianson, K. (2016). Do morphemes matter when reading compound words with transposed letters? Evidence from eye-tracking and event-related potentials. *Language, Cognition and Neuroscience*, 31(10), 1299–1319.
- Sun, J., Pae, H. K., & Ai, H. (2021). The recognition of coordinative compound words by learners of Chinese as a foreign language: A mixed methods study. *Foreign Language Annals*, 54(4), 923–951.
- Taft, M., & Forster, K. I. (1976). Lexical storage and retrieval of polymorphemic and polysyllabic words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15(6), 607–620.
- Taft, M., & Nilsen, C. (2013). Morphological decomposition and the transposed-letter (TL) position effect. *Language and Cognitive Processes*, 28(7), 917–938.
- Tiffin-Richards, S. P., & Schroeder, S. (2015). Children's and adults' parafoveal processes in German: Phonological and orthographic effects. *Journal of Cognitive Psychology*, 27(5), 531–548.
- Westfall, J., Kenny, D. A., & Judd, C. M. (2014). Statistical power and optimal design in experiments in which samples of participants respond to samples of stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(5), 2020–2045.
- 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.
- Winskel, 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.
- Wray, S., Stockall, L., & Marantz, A. (2022). Early form-based morphological decomposition in Tagalog: MEG evidence from reduplication, infixation, and circumfixation. *Neurobiology of Language*, 3(2), 235–255.
- Wu, J. S., Chang, J. B., Qiu, Y. C., & Dien, J. (2020). The temporal process of visual word recognition of Chinese compound: Behavioral and ERP evidences based on homographic morphemes. *Acta Psychologica Sinica*, 52(2), 113–127.
- [吴建设, 常嘉宝, 邱寅晨, Dien, J. (2020). 汉语复合词视觉识别的时间进程: 基于同形语素的行为与 ERP 证据. *心理学报*, 52(2), 113–127.]
- Wu, Y., Li, T. H., & Gao, Y. F. (2019). Semantic radical processing during Chinese phonogram recognition among two, third and fifth grade children. *Journal of Psychological Science*, 42(2), 322–328.
- [吴岩, 李天虹, 高约飞. (2019). 二、三和五年级儿童对形旁语义的加工. *心理科学*, 42(2), 322–328.]
- Xiang, H. W., Hu, X. Z., Yang, R. R., & Sui, X. (2018). The basis of Chinese word segmentation and explanation of eye movement control model. *Journal of Psychological Science*, 41(5), 1097–1102.
- [向慧雯, 胡欣灼, 杨闰荣, 隋雪. (2018). 中文词切分的依据及眼动控制模型的解释. *心理科学*, 41(5), 1097–1102.]
- Yan, G. L., Xiong, J. P., Zang C. L., Yu, L. L., Cui, L., & Bai, X. J. (2013). Review of eye-movement measures in reading research. *Advances in Psychological Science*, 21(4), 589–605.
- [闫国利, 熊建萍, 臧传丽, 余莉莉, 崔磊, 白学军. (2013). 阅读研究中的主要眼动指标评述. *心理科学进展*, 21(4), 589–605.]
- Yang, H., Chen, J., Spinelli, G., & Lupker, S. J. (2019). The impact of text orientation on form priming effects in four-character Chinese words. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 45(8), 1511–1526.
- Yang, H., Hino, Y., Chen, J., Yoshihara, M., Nakayama, M., Xue, J., & Lupker, S. J. (2020). The origins of backward priming effects in logographic scripts for four-character words. *Journal of Memory and Language*, 113, 104107.
- Yang, H., & Lupker, S. J. (2019). Does letter rotation decrease transposed letter priming effects? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 45(12), 2309–2318.
- Yang, H., Taikh, A., & Lupker, S. J. (2022). A reexamination of the impact of morphology on transposed character priming effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 48(6), 785–797.
- Zargar, E. S., & Witzel, N. (2017). Transposed-letter priming across inflectional morpheme boundaries. *Journal of Psycholinguistic Research*, 46(1), 125–140.
- 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.
- Zhou, J. (2004). *The structures of Chinese lexicon*. Shanghai Lexicographical Publishing House.
- [周荐. (2004). *汉语词汇结构论*. 上海辞书出版社.]

Morphological structures of two-character words influence character position encoding

SU Xingzhi, LI Xiaoxuan, LI Rongrong, ZHAO Changze, CUI Lei

(School of Psychology, Shandong Normal University, Jinan 250358, China)

Abstract

The Transposed-Letter effect (TL effect) demonstrates the importance of letter position encoding in word recognition, highlighting its stable flexibility. In order to understand the processing mechanisms of word recognition, recent research investigated letter position encoding in words with different morphological structures. If the compound word is processed in the morphological decomposition manner, the transposition across morphemes will cause more interference than within morphemes, then resulting in a reduced TL effect. In

Chinese, it was also found that the character position encoding is flexible, which is demonstrated by the Transposed-Character (TC) effect. Researchers examined whether the character position encoding is different between the monomorphemic word and the compound word. There was found no significant difference between them. It indicates that the compound word is accessed in a holistic route. However, the Chinese compound word consists of various types of morphological structures. Since the semantic role of each morpheme is different across morphological structures, the subordinative compound word, formed by a modifier and a semantic headedness, might have more rigid character position encoding than the coordinative compound word, formed by two semantic headedness. Then causes different processing mechanisms. Therefore, this study employed eye-tracking technology and the boundary paradigm to explore character position encoding in different morphological structures of two-character words.

Seventy-eight students participated in the experiment, which utilized a 3 (Word type: monomorphemic word, subordinate compound, coordinative compound) $\times$ 3 (Preview type: identical preview, transposed preview, unrelated preview) within-participants design. We hypothesized the TC effect exists in all types of the two-character word. However, for the processing of the subordinative compound word, the assignment of the semantic role is needed. Thus, the character flexibility of the subordinative compound word should be lower than that of the coordinative compound and monomorphemic word, which is indicated by the lower TC effect for the subordinative compound word.

The results revealed that the fixation time (First fixation, Gaze duration, and regression path reading time) of transposed previews were significantly shorter than those of unrelated previews. It indicates a significant TC effect and demonstrates the flexibility of character position encoding. Furthermore, the fixation time of identical previews was significantly shorter than that of transposed previews. It indicates the importance of character position encoding in accurate word recognition. We also found an interaction effect between word type and preview type. The subordinate compound word exhibited a smaller TC effect compared to the coordinative compound word and the monomorphemic word. However, the TC effect of the coordinative compound word did not differ from that of the monomorphemic word in terms of gaze duration and regression path reading time. Additionally, the difference between the identical preview and the transposed preview conditions was greater for the subordinate compound word than for the coordinative compound word and the monomorphemic word. However, the difference between identical preview and transposed preview conditions of the coordinative compound word did not differ from that of the monomorphemic word in terms of gaze duration.

In conclusion, the character position encoding of the monomorphemic word and the coordinative compound word showed greater flexibility compared to that of the subordinate compound word, while no significant difference was observed between the monomorphemic word and the coordinative compound word. These findings suggest that the morphological structure of the two-character word directly influences the TC effect, supporting the dual-route race model of the processing of the morphological complex word and providing empirical support for the Chinese reading model.

Keywords compound words, transposed-character effect, position encoding, morphological structure