

声旁语音信息对形声字加工的影响 ——来自眼动研究的证据*

迟 慧¹ 闫国利¹ 许晓露² 夏 萤² 崔 磊³ 白学军¹

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

(²天津师范大学教育科学学院, 天津 300387) (³山东师范大学心理学院, 济南 250358)

摘 要 与拼音文字不同, 汉字是形义结合更紧密的文字, 因此语音信息在语义通达中的作用一直是汉语加工研究中存在争议的问题。形声字作为汉字的主体(80%), 其声旁在一定程度上提供了字的语音信息, 本文通过两项眼动研究考察了左右结构和上下结构形声字的声旁语音信息对形声字加工的影响。结果发现, 当声旁在右或声旁在下时, 省前与略后条件没有显著差异, 甚至出现差异的逆转, 也就是说当略后的笔画中包含声旁时, 亚词汇层面的声旁语音信息会影响到“笔画顺序效应”, 实验结果说明声旁的语音信息对形声字的加工起到重要作用。

关键词 形声字加工; 声旁; 语音信息; 眼动

分类号 B842

1 引言

任何语言文字都具有形、音、义 3 种属性, 阅读过程自然包括对字形、语音及语义信息的加工处理, 而阅读的根本目的是语义的通达。那么语义如何通达? 音形信息对语义通达起到怎样的作用? 这些问题一直是语言加工研究中受到关注的课题。大量研究表明, 在拼音文字的阅读中, 以语音为中介的间接通达占据了语义激活的主导地位, 语义通达过程中存在语音的自动激活(Lukatela & Turvey, 1990; Perfetti & Zhang, 1995; Tan, Hoosain, & Peng, 1995; Tan, Hoosain, & Siok, 1996)。这是因为字母与词的读音有着较为系统的对应关系, 而字母与语义之间则无对应关系, 即 GPC 规则。与拼音文字相比, 汉字没有这种规则, 字形和语音之间的对应关系相对较弱(周晓林, 曲延轩, 庄捷, 2003; 丁玉珑, 高定国, 冯聪, 饶恒毅, 曲折, 2012)。因此, 汉字形-音关系如何建立的问题就成为认知心理学和阅读

心理学非常关心的一个重要问题(彭聃龄, 杨琨, 1997)。

目前阐述语义通达以及音形信息在语义通达过程中如何激活的理论模型主要有直通模型(direct access model)、语音中介模型(phonological mediation model)和双通道模型(dual route model)。

直通模型认为, 通过视觉输入的词形信息可以直接激活心理词典中的词条, 完成语义的通达, 而不必经过语音的激活(Seidenberg, 1985; Taft & Graan, 1998; 高立群, 彭聃龄, 2005)。直通模型的加工模式为: 形→义, 语音在词汇通达过程中不起作用。一些研究者们也支持语音作用非常有限的说法(周晓林, 1997; 张武田, 冯玲, 1998; Taft & Graan, 1998; 周晓林, 武宁宁, 舒华, 1998; 张清芳, 杨玉芳, 2004; 韩在柱, 毕彦超, 2009)。语音中介模型认为, 视觉输入的词形信息不能直接激活心理词典中的词条进行语义的通达, 语义通达需要经过语音的中介作用, 通过激活词典中的语音表征才能通

收稿日期: 2013-09-25

* 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(2009JJDXXL005)、国家自然科学基金项目(10BY029)和天津市高校“中青年骨干创新人才培养计划”的资助。

通讯作者: 闫国利, E-mail: psyygl@163.com

达词条获得语义信息(高立群, 彭聃龄, 2005; Braun, Hutzler, Ziegler, Dambacher, & Jacobs, 2009; Newman & Connolly, 2004; Frost, 1998; Tan & Perfetti, 1999a)。语音中介模型的加工模式为: 形→音→义, 语音在词汇通达过程中起着重要的中介作用。语音中介模型也得到了一些实验研究的支持(Birch & Chase, 2004; 谭力海, 彭聃龄, 1991; 张武田, 冯玲, 何海东, 1993; 武宁宁, 舒华, 周晓林, 石东方, 1998; 郭桃梅, 彭聃龄, 卢春明, 刘宏艳, 2005)。Coltheart 结合了直通模型和语音中介模型的特点, 提出了“双通道模型”。根据双通道模型的观点(Coltheart, Curtis, Atkins, & Haller, 1993), 在语义通达的过程中存在两条不同的加工通路: 一条通路是直接的“词典通路”, 视觉信息经过分析加工, 提取词典中的词形表征, 词形表征再激活语音表征, 或者词形表征激活语义表征系统再激活语音表征, 由于这条通路要借助心理词典, 因此称为词典通路。另一条通路是间接的“非词典通道”, 该通道实质上是一条“形-音-义”的通道, 由视觉信息经过初级加工后直接通过亚词汇水平的形音对应规则直接通达语音输出表征, 这一通路不需要借助心理词典的信息, 因此被称为非词典通路(高立群, 彭聃龄, 2005; 陆其林, 王权红, 杨昕岳, 2009; 林泳海, 钱琴珍, 张必隐, 2003)。所以, 双通道模型的加工模式为: 形→义和形→音→义并存的形式, 两条通路是独立地、平行地发挥作用的, 最终经过哪条通路提取语义, 取决于两条通路的加工速度, 哪条通路率先到达正确的单词产生器, 就依据哪条通路做出反应。由于两条通路具有平行、竞争的特点, 所以该模型又被称为“赛马”模型(谭力海, 彭聃龄, 1991; 高立群, 彭聃龄, 2005; 张积家, 王娟, 刘鸣, 2011)。

阅读中语音信息的激活问题主要集中在对拼音文字的研究上, 汉语的研究并不是很多, 相应的理论模型也是基于拼音文字的研究而提出的。汉语与拼音文字相比, 在结构、属性上都有很大的差异。所以, 研究汉语中形、音、义的加工不仅可以揭示汉字认知加工的过程和机制, 还可以为不同语言间信息加工的特殊性问题提供证据(陈宝国, 王立新, 彭聃龄, 2006)。鉴于已有关于汉字的研究在形音义激活问题上存在的争议, 针对不同文字类型提出不同的语义通达理论模型更具有现实意义(茹学萍, 2010)。

那么, 在汉字识别中, 语音是否起作用? 目前

关于汉字加工的研究结果, 语音信息激活的问题仍然存在着分歧(陈栩茜, 张积家, 李昀恒, 2013)。

一些研究结果发现, 汉字的语音信息在语义加工过程早期没有被激活, 通达语义的关键是字形信息, 并不是语音信息, 语音的作用是有限的(Perfetti & Zhang, 1991; 金志成, 李广平, 1995; 周晓林, 1997; 陈宝国, 彭聃龄, 2001; Wong & Chen, 1999; 黄健辉, 陈烜之, 2000; Wang, 2011; 曲折, 丁玉珑, 2010), 语义提取先于语音提取(郭桃梅 等, 2005)。另一些研究则认为, 语音在语义加工过程中起重要作用, 语音可以自动激活, 并作用于语义通达的早期(张厚粲, 舒华, 1989; 谭力海, 彭聃龄, 1990; Perfetti & Zhang, 1995; Liu, Perfetti, & Hart, 2003; Ren, Liu, & Han, 2009; Tan et al., 1996; Tan & Perfetti, 1997, 1999b)。而且任桂琴等人(任桂琴, 韩玉昌, 周永垒, 任延涛, 2007)还发现了语音在语义通达中起到中介的作用。最新的研究表明, 在语义加工过程中, 语义的通达既可以由字形信息直接通达, 也可以由字形和语音信息同时通达(Liu, Jin, Qing, & Wang, 2011; 任桂琴, 韩玉昌, 于泽, 2012), 根据具体阅读情况不同, 语音信息在语义通达的早期或晚期的作用不同, 具体的通达方式受到句子语境等各种因素的影响。

从另一个角度来看, 汉字虽然属于表意体系的文字, 但它并不只是用表意的方法来表征语言。因为, 汉字中的形声字就是揉合了表音方法而创造的, 而形声字是汉字的主体, 占 80%以上(种一凡, 2008; 舒华, 毕雪梅, 武宁宁, 2003; 印丛, 王娟, 张积家, 2011)。在汉字中形声字是音、形、义 3 种信息结合最紧密的, 由形旁提供语义线索, 由声旁提供语音线索(陈俊, 张积家, 2005), 而且由于长期以来形声字的分化, 声旁相对于形旁在形声字构成中的作用更大(李俊红, 2009)。所以, 有理由推测, 对于形声字的加工, 语音信息应该起到一定的作用。

已有的对于形声字的研究已经发现了规则性效应、一致性效应及独立性效应。规则性效应是指读音不规则的字(声旁与整字读音不同的形声字)比读音规则的字(声旁与整字读音相同的形声字)的命名潜伏期更长。这种现象反映了声旁与整字读音不一致时声旁语音对整字语音激活的干扰, 因而间接证明了整字识别时声旁语音的激活(张亚旭, 周晓林, 舒华, 邢红兵, 2003; Seidenberg, 1985; 舒华, 张厚粲, 1987; Hue, 1992; 张积家, 王惠萍, 2001; 高立群, 彭聃龄, 2005; 穆瑾, 韩布新, 陈天勇,

2005; Lee, Tsai, Su, Tzeng, & Hung, 2005; Lee, Tsai, Huang, Hung, & Tzeng, 2006; 毕鸿燕, 胡伟, 翁旭初, 2006; 蔡厚德, 齐星亮, 陈庆荣, 钟元, 2012)。声旁的一致性效应表现在, 形声字的读音受同一家族内其他字读音的影响。如果家族中所有形声字读音一致, 则有利于形声字的语音提取; 如果家族中形声字读音不一致, 会对形声字的语音提取起阻碍作用(陈俊, 张积家, 2005; 张积家, 王惠萍, 2001; 毕鸿雁 等, 2006; 张积家, 姜敏敏, 2008; Peng, Yang, & Chen, 1994; Hue, 1992)。独立性效应是指命名声旁独立的形声字反应时较短, 命名声旁不独立的形声字反应时较长(Peng et al., 1994), 这说明形声字声旁的独立性作为一种语音线索在汉字读音中的确起作用。

闫国利、迟慧、卞迁、徐子珺和崔磊(2013)的实验操纵了汉语形声字的声旁位置和笔画省略方式, 采用命名任务, 探讨了左右结构和上下结构的形声字声旁语音信息对形声字识别的影响。有关中文省略笔画的研究已经初步发现(曾性初, 张履祥, 王家柱, 1965; Flores d'Arcais, 1994; Yan et al., 2012), 省略不同部位的笔画以及笔画省略的百分数对汉字的识别有一定的影响, 通过省略笔画的方式可以获知汉字的不同组成成分对汉字识别的重要程度。省去前面的笔画比省去后面的笔画对阅读的破坏性更大, 也就表明在汉字识别中存在一个笔画顺序编码的过程, 按照笔画书写顺序, 前面的笔画比后面的笔画在汉字识别过程中更加重要, 即笔画顺序效应(闫国利 等, 印刷中)。

闫国利等人(2013)的实验结果发现, 当声旁在右或声旁在下时, 省前与略后条件没有显著差异, 甚至出现差异的逆转, 也就是说当略后的笔画中包含声旁时, 亚词汇层面的声旁语音信息会影响到“笔画顺序效应”, 这说明声旁的语音信息对形声字的加工起到重要作用。但是, 该实验中采用的是“单字命名任务”, 对于所研究的形声字材料来说, 由于形声字包含表音的声旁, 所以被试会倾向于通过加工声旁来获取语音信息。特别是实验中的形声字有笔画省略的操作, 如命名“”字, 被试会更倾向于仅利用声旁来发音, 这也就导致不管笔画省略位置如何(省前或略后), 保留声旁的加工都更容易, 进而得到了逆转的实验结果。也就是说, 实验结果在一定程度上可能受命名任务影响, 所以其实验结果更多地说明在出声命名情况下存在语音的作用。而且, 单字识别和正常的自然阅读在认知加

工的特点上也存在一定的差异, 因此, 在单字识别情况下得出的结论并不一定能够很好地说明在自然阅读中的情况。本研究在此基础上, 采用相同的省略笔画实验操作, 进一步探讨在不强调发音任务并且有更高语义通达要求的自然句子阅读中, 声旁语音信息在形声字加工过程中所起的作用。另外, 本研究采用了眼动记录技术, 这一技术是当前非常有效的探讨自然阅读的研究方法。相比于测量被试的反应时, 眼动技术可以在自然阅读状态下, 准确记录被试的眼动轨迹, 精确地反映被试加工每个字的时间, 并揭示被试的早期和晚期加工过程。

综上所述, 本文通过两项研究来进一步阐述在自然阅读中声旁语音信息在形声字加工中的作用。研究 1 采用闫国利等人(2013)实验中的形声字作为目标字放入句子中进行阅读, 笔画省略操作只针对目标字, 记录被试在目标字上的眼动指标。但是在研究 1 中, 单纯省略目标字笔画的处理方式可能会使目标字吸引更多的注视, 所以为了保证目标字在句中不凸显, 研究 2 在此基础上对句中每个字都进行了相应的省略, 进一步考察对目标形声字的加工过程。研究 1 由实验 1 和实验 2 组成, 研究 2 由实验 3 和实验 4 组成, 分别探讨左右结构和上下结构的形声字。实验预期在有语义通达要求的自然阅读情况下仍可以获得与闫国利等人(2013)一致的实验结果, 即声旁在形声字加工中起到重要作用。

2 实验 1

2.1 研究方法

2.1.1 实验设计

实验采用 2(声旁位置: 声旁在左、声旁在右)×3(笔画省略方式: 省前、略后、不省略)两因素被试内设计。实验材料共 6 种省略样式(声旁在左-省前、声旁在左-略后、声旁在左-不省、声旁在右-省前、声旁在右-略后、声旁在右-不省)。实验材料用拉丁方设计排列, 使各句在各种方式与各级水平上都有同等的机会呈现。所有句子随机呈现。

2.1.2 被试

大学本科生 36 人, 视力或矫正视力正常, 能够讲标准的普通话。

2.1.3 实验设备

采用 Eyelink 2000 眼动仪呈现材料并记录被试的眼动情况, 采样频率为每秒 1000 次。实验材料呈现在 19 英寸的戴尔显示器上, 屏幕分辨率为 1024×768 像素, 实验句用宋体字呈现, 字大小为

39×39 像素, 每两个汉字之间间隔 5 像素。被试头部与屏幕之间的距离为 60 cm, 每个汉字大约形成 1.5° 视角。

2.1.4 实验材料

选取闫国利等人(2013)实验 1 中的左右结构形声字作为目标字放入正常的句子中, 目标字进行笔画省略(省前、略后、不省)的操作, 省略比例均为总笔画数的 1/3。句中其它字在各条件下均不省略笔画。对所选取的声旁在左和声旁在右的形声字均匹配了笔画数、部件数、字频、规则性(规则字与半规则字)、一致性、声旁家族的总字数以及家族内与声旁读音一致的字数, 差异均不显著($p > 0.05$), 统计结果见表 1。

随着形声字研究的逐步深入, 对半规则字的进一步分类问题也有了相关的探讨, 王晓怡等人(2005)的研究中将半规则字划分为同音异调字和异音同调字, 结果发现不同类别半规则字加工存在差异, 规则字和同音异调半规则字的脑激活模式比较接近, 而异音同调的半规则字则与不规则字的脑激活模式更接近。在陈俊和张积家(2005), 舒华等人(2003)及 Shu, Chen, Anderson, Wu 和 Xuan (2003)的研究中将半规则字进一步分为声旁与整字同音不同调、声母相同或韵母相同的字。

结合前人研究, 本实验在进行材料选择过程中将半规则字进一步划分为: 声旁与整字同音不同调的字, 声母不同韵母相同的字, 韵母不同声母相同的字。具体分类统计结果见表 2。

对目标字的控制: ①目标字均不出现在句子的前三或后三个字的位置上; ②目标字与前面和后面的字均不成词; ③目标字前面的内容对目标字没有预测性; ④保证成对目标字(声旁在左、声旁在右)可以嵌套在同一实验句中。

根据要求, 共使用 30 对形声字(声旁在左、声旁在右)编制成实验句 30 个, 每个句子的长度在 15~22 字之间。另有 15 个填充句。

实验前分别对实验句的难度、合理性、通顺性以及目标字的预测性进行评定。选取 30 名不参加正式实验的大学生被试对 30 个实验句进行难度、合理性和通顺性的 5 点评定, 统计结果显示, 难度平均数为 1.7 (1 为最简单, 5 为最难), 合理性为 4.5 (1 为最不合理, 5 为最合理), 通顺性为 4.7 (1 为最不通顺, 5 为最通顺), 符合实验要求。

另外选取 30 名大学生被试对目标字的预测性进行了检测, 呈现实验句中目标字前的部分, 要求被试补充句子, 实验设置的目标字预测值为零。

实验材料举例如图 1 所示。

2.1.5 实验程序

(1)每个被试单独施测。被试进入实验室坐在距离刺激呈现屏幕 60 cm 处, 将下颌放在下颌托上并将前额紧贴在前方, 告知被试在实验过程中尽量保持身体和头部不动。

(2)由主试讲解指导语, 要求被试集中注意逐字阅读(默读)并理解屏幕上出现的句子, 并告知有些句子中的字是有笔画缺失的, 要求被试尽量识别并理解。

(3)实验前需要进行一个三点校准, 以保证被试的眼动轨迹被准确记录。根据施测情况, 一部分被试需进行二次校准。实验记录被试右眼。

(4)校准成功后开始练习实验, 被试熟悉实验程序后开始正式实验。所有材料以白底黑字的方式在被试机显示屏上呈现, 每一屏呈现一个句子。被试每读完一句话后按手柄上相应的按键进行翻页。实验中会在一部分句子(数量占整个实验句的一半)后面随机出现问题句, 需要被试判断正误, 并通过按手柄上相应的按键做出反应, 目的是保证被试认真阅读句子。整个实验大约持续 20 分钟。

2.2 结果

首先, 删除少于 4 个注视点的句子, 一般这种情况是由于被试没有阅读完句子就按了翻页键, 表

表 1 左右结构形声字词汇属性匹配统计

声旁位置	笔画数	部件数	频率	规则性	一致性	家族总字数	声旁一致
声旁在左	11.20 (2.92)	2.63 (0.61)	52.31 (64.19)	0.23 (0.43)	0.03 (0.18)	14.40 (8.36)	6.67 (4.59)
声旁在右	9.60 (2.93)	2.60 (0.77)	64.60 (118.61)	0.33 (0.48)	0.13 (0.35)	11.10 (7.87)	4.93 (3.90)

注: 声旁一致是指家族内与声旁读音一致的字数

一致性: 一致——1; 不一致——0

规则性: 规则字——1; 半规则字——0

表 2 左右结构形声字规则性分类个数统计:

声旁位置	规则字	半规则字		
		同音不同调	声母不同	韵母不同
声旁在左	7	3	18	2
声旁在右	10	3	12	5

明被试没有通达整个句子,所以需进行删除;其次,删除平均数加减 3 个标准差之外的数据。删除的数据为总数据的 1.73%。每个被试回答问题的正确率均超过了 86%,说明被试认真阅读并且正确理解了句意,实验数据可靠。

本实验采用首次注视时间(first fixation duration)、凝视时间(gaze duration)、总注视时间(total fixation duration)、回视路径路径时间(go-past time)这 4 个指标对目标字的眼动轨迹进行了分析。采用 2×3 重复测量方差分析进行了被试分析(F_1)和项目分析(F_2) (平均数和标准差见表 3)。

声旁在左:

收视率证明还是新剧更受观众的喜爱。不省略
收视率证明还是新刮更受观众的喜爱。省前式
收视率证明还是新居更受观众的喜爱。略后式

声旁在右:

收视率证明还是新版更受观众的喜爱。不省略
收视率证明还是新返更受观众的喜爱。省前式
收视率证明还是新肛更受观众的喜爱。略后式

图 1 声旁在左、右的形声字在 3 种省略方式下的呈现方式

表 3 各眼动指标的平均数(ms)与标准差

笔画省略方式	声旁位置	首次注视时间		凝视时间		总注视时间		回视路径时间	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
不省略	声旁在左	218	38	220	39	428	159	483	171
	声旁在右	224	32	249	49	458	173	513	185
省前式	声旁在左	301	64	355	94	779	320	795	318
	声旁在右	261	60	333	105	702	249	717	245
略后式	声旁在左	251	57	293	78	537	160	576	174
	声旁在右	266	51	354	100	856	294	865	290

(1)首次注视时间

首次注视时间是指第一遍阅读中眼睛第一次落在关键字上面的注视时间,不用考虑该关键字上总注视点个数。结果表明,省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 51.74, p < 0.001, F_2(2,36) = 31.50, p < 0.001$ 。事后检验发现,笔画省略方式为省前式时,关键字的首次注视时间最长,其次是略后式,不省略的情况注视时间最短。声旁位置的主效应不显著, $F_1(1,35) = 0.74, p > 0.05, F_2(1,18) = 0.96, p > 0.05$ 。在首次注视时间上,声旁在左和声旁在右的形声字之间没有差异。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 16.23, p < 0.001, F_2(2,36) = 7.83, p < 0.001$ 。

进一步进行简单效应分析发现,当声旁在左时,省前的首次注视时间大于略后的,略后的又大于不省的,且均差异显著($p < 0.001$);当声旁在右时,省前和略后都比不省的首次注视时间长,且均差异显著($p < 0.001$),但是省前和略后差异不显著($p > 0.05$)。

(2) 凝视时间

凝视时间是指第一遍阅读中眼睛移到下一个字之前在当前关键字上停留的总注视时间。对单个字的分析来说,首次注视时间和凝视时间是反映首次加工的最重要的眼动指标。结果表明,省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 43.86, p < 0.001, F_2(2,36) = 31.82, p < 0.001$ 。事后检验发现,笔画省略方式为省前和略后时,关键字上的凝视时间都显著长于不省略的情况,但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应被试分析显著,项目分析边缘显著, $F_1(1,35) = 6.95, p < 0.05, F_2(1,18) = 3.84, p = 0.065$,声旁在右比声旁在左的凝视时间更长。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 9.38, p < 0.001, F_2(2,36) = 3.87, p < 0.05$ 。

进一步进行简单效应分析发现,当声旁在左时,省前的凝视时间大于略后的,略后的又大于不省的,且均差异显著($p < 0.001$);当声旁在右时,同首次注视时间的趋势一致,省前和略后都比不省的凝视时间长,且均差异显著($p < 0.001$),但是省前和略后差异不显著($p > 0.05$)。

(3) 总注视时间

总注视时间是指眼睛落在关键字上的所有注视点的时间总和,包括第一遍阅读时间以及回视时间。这一指标可以反映出对关键字后期的加工情况。结果表明,省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 47.56, p < 0.001, F_2(2,36) = 25.86, p < 0.001$ 。事后检验发现,笔画省略方式为省前和略后时,关键字上的总注视时间都显著长于不省略的情况,但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应显著, $F_1(1,35) = 9.18, p < 0.01, F_2(1,18) = 5.46, p < 0.05$,声旁在右比声旁在左的总注视时间更长。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 19.42, p < 0.001, F_2(2,36) = 9.70, p < 0.001$ 。

进一步进行简单效应分析发现,当声旁在左时,省前的总注视时间大于略后的,略后的又大于不省的,且均差异显著($p < 0.001$);当声旁在右时,省前和略后都比不省的总注视时间长,且均差异显著($p < 0.001$),但是省前和略后的差异出现逆转,略后的总注视时间长于省前的,且被试分析显著($p < 0.01$),项目分析边缘显著($p = 0.06$)。

(4) 回视路径时间

回视路径时间是指从眼睛落在关键字的第一次注视开始,到注视点落到关键字右侧的区域为止,之间所有注视点的持续时间的总和。这一指标表示

了被试阅读遇到障碍时,重读前面文字的注视过程,反映了后期句子整合的加工过程。结果表明,省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 34.56, p < 0.001, F_2(2,36) = 19.48, p < 0.001$ 。事后检验发现,笔画省略方式为省前和略后时,关键字上的回视路径时间都显著长于不省略的情况,但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应被试分析显著,项目分析边缘显著, $F_1(1,35) = 7.16, p < 0.05, F_2(1,18) = 3.97, p = 0.062$,声旁在右比声旁在左的回视路径时间更长。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 16.76, p < 0.001, F_2(2,36) = 8.45, p < 0.01$ 。

进一步进行简单效应分析发现,当声旁在左时,省前的回视路径时间大于略后的,略后的又大于不省的,且均差异显著($p < 0.001$);当声旁在右时,省前和略后都比不省的回视路径时间长,且均差异显著($p < 0.001$),但是同总注视时间,省前和略后的差异出现逆转,略后的回视路径时间长于省前的,且被试分析显著($p < 0.01$),项目分析边缘显著($p = 0.08$)。

2.3 讨论

实验1在自然阅读条件下对于左右结构形声字的研究发现,当形声字声旁在左侧时,4个指标上的省前条件下的各项注视时间均显著长于略后条件,表现出了稳定的“笔画顺序效应”;但是当声旁在右侧时,省前和略后的各项注视时间没有显著差异,甚至出现差异的逆转,在总注视时间和回视路径时间上,略后的时间就显著长于省前的时间。这一结果与已有研究结果(闫国利等,2013)一致,亚词汇层面的声旁语音信息会影响到“笔画顺序效应”,略后的笔画中有声旁,笔画顺序效应会消失,声旁的作用抵消了笔画顺序效应。而且,本实验与其研究相比,当声旁在右的条件下,省前和略后出现的差异逆转更显著。在闫国利等人(2013)的实验1中(左右结构形声字),反应时的简单效应分析发现当声旁在右时,省前条件和略后条件差异不显著,但是趋势并没有逆转。本实验结果比其命名实验结果更加稳定,趋势更加一致。这也就表明在自然句子阅读中,声旁的语音信息对形声字的识别加工仍起到重要作用。

另外,已有的研究(闫国利等,2013)得到了声旁位置的主效应,也就是声旁在左的字比声旁在右的字识别更快,错误率更低。在本实验中,除了首次注视时间外,在凝视时间、总注视时间、回视路径时间这3个指标上都表现出了同样趋势的“声旁

位置效应”,所以可以说不管是单字识别还是正常的句子阅读,声旁在左的字都比声旁在右的字识别得更快。分析原因,由于读者有从左到右的阅读习惯,可能有先加工左边部件后加工右边部件的趋势,另一方面也说明声旁信息很重要,越先提取到声旁信息,加工得就越快,所以声旁在左加工得更快。

3 实验 2

3.1 研究方法

3.1.1 实验设计

实验采用 2(声旁位置:声旁在上、声旁在下)×3(笔画省略方式:省前、略后、不省略)两因素被试内设计。实验材料共 6 种省略样式(声旁在上-省前、声旁在上-略后、声旁在上-不省、声旁在下-省前、声旁在下-略后、声旁在下-不省)。实验材料用拉丁方设计排列,使各句在各种方式与各级水平上都有同等的机会出现。所有句子随机呈现。

3.1.2 被试

大学本科生 36 人,与实验 1 为同一批被试,视力或矫正视力正常,能够讲标准的普通话。

3.1.3 实验设备

同实验 1。

3.1.4 实验材料

选取闫国利等人(2013)实验 2 中的上下结构形声字作为目标字放入正常的句子中,目标字进行笔画省略(省前、略后、不省)的操作,省略比例均为总笔画数的 1/3,句中其它字在各条件下均不省略笔画。共使用 30 对形声字(声旁在上、声旁在下)编制成实验句 30 句。对目标字的控制以及实验句编制标准同实验 1 一致。

对所选取的声旁在上和声旁在下的形声字均匹配了笔画数、部件数、字频、规则性、一致性、声旁家族的总字数以及家族内与声旁读音一致的字数,差异均不显著($p > 0.05$)。统计结果见表 4。

对半规则字进一步分类统计结果见表 5。

同样,选取 30 名不参加正式实验的大学生被试对 30 个实验句进行难度、合理性和通顺性的 5 点评定,统计结果显示,难度为 1.6 (1 为最简单,5 为最难),合理性为 4.7 (1 为最不合理,5 为最合

理),通顺性为 4.4 (1 为最不通顺,5 为最通顺),符合实验要求。另外选取 30 名大学生被试对目标字的预测性进行了检测,呈现实验句中目标字前的部分,要求被试补充句子,实验设置的目标字预测值为零。

实验材料举例如图 2 所示。

3.1.5 实验程序

同实验 1。

3.2 结果

数据删除标准同实验 1,删除的数据为总数据的 1.70%。每个被试回答问题的正确率均超过了 86%,说明被试认真阅读并且正确理解了句意,实验数据可靠。

采用首次注视时间、凝视时间、总注视时间、回视路径时间这 4 个指标对目标字的眼动数据结果进行了分析。采用 2×3 重复测量方差分析进行了被试分析(F_1)和项目分析(F_2) (平均数和标准差见表 6)。

(1)首次注视时间

对于首次注视时间,实验结果表明,省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 28.77, p < 0.001, F_2(2,36) = 22.17, p < 0.001$ 。事后检验发现,笔画省略方式为省前和略后时,关键字上的首次注视时间都显著长于不省略的情况,但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应不显著, $F_1(1,35) = 2.04, p > 0.05, F_2(1,18) = 2.16, p > 0.05$ 。在首次注视时间上,声旁在下和声旁在上的形声字之间没有差异。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 15.14, p < 0.001, F_2(2,36) = 12.09, p < 0.001$ 。

进一步进行简单效应分析发现,当声旁在上时,省前的首次注视时间大于略后的,略后的又大于不省的,且均差异显著($p < 0.001$);当声旁在下时,省前和略后都比不省的首次注视时间长,且均差异显著($p < 0.001$),但是省前和略后的差异出现逆转,略后的首次注视时间长于省前的,且差异显著($p < 0.01$)。

(2)凝视时间

对于凝视时间,实验结果表明,省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 46.92, p < 0.001, F_2(2,36) = 26.29, p < 0.001$ 。事后检验发现,笔画省略方式为

表 4 上下结构形声字词汇属性匹配统计

声旁位置	笔画数	部件数	频率	规则性	一致性	家族总字数	声旁一致
声旁在上	11.43 (3.33)	3.03 (0.85)	32.85 (45.83)	0.40(0.50)	0.27 (0.45)	10.83 (8.16)	5.57 (3.53)
声旁在下	11.73 (3.68)	2.73 (0.74)	34.67 (50.81)	0.33(0.48)	0.33 (0.48)	11.20 (10.47)	6.00 (5.69)

表 5 上下结构形声字规则性分类个数统计

声旁位置	规则字	半规则字		
		同音不同调	声母不同	韵母不同
声旁在上	12	7	9	2
声旁在下	10	8	11	1

省前和略后时，关键字上的凝视时间都显著长于不省略的情况，但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应不显著， $F_1(1,35) = 0.22, p > 0.05, F_2(1,18) = 0.27, p > 0.05$ 。二者交互作用显著， $F_1(2,70) = 15.64, p < 0.001, F_2(2,36) = 11.75, p < 0.001$ 。

进一步进行简单效应分析发现，当声旁在上时，省前的凝视时间大于略后的，略后的又大于不省的，且均差异显著($p < 0.001$)；当声旁在下时，同首次注视时间的趋势一致，省前和略后都比不省的凝视时间长，且均差异显著($p < 0.001$)，但是省前和略后的差异出现逆转，略后的凝视时间长于省前的，且差异显著($p < 0.01$)。

声旁在上：

师傅才发现这袋小包子早就已经坏掉了。不省略
师傅才发现这袋小包子早就已经坏掉了。省前式
师傅才发现这袋小包子早就已经坏掉了。略后式

声旁在下：

师傅才发现这箱小包子早就已经坏掉了。不省略
师傅才发现这相小包子早就已经坏掉了。省前式
师傅才发现这簪小包子早就已经坏掉了。略后式

图 2 声旁在上、下的形声字在 3 种省略方式下的呈现方式

表 6 各眼动指标的平均数(ms)与标准差

笔画省略方式	声旁位置	首次注视时间		凝视时间		总注视时间		回视路径时间	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
不省略	声旁在上	229	49	250	58	457	174	489	161
	声旁在下	222	40	241	47	470	170	521	169
省前式	声旁在上	314	80	369	104	824	332	850	330
	声旁在下	254	47	310	82	734	276	772	261
略后式	声旁在上	258	50	297	77	608	244	625	246
	声旁在下	294	80	378	122	863	309	895	288

(3)总注视时间

对于总注视时间，实验结果表明，省略方式的主效应显著， $F_1(2,70) = 51.45, p < 0.001, F_2(2,36) = 28.36, p < 0.001$ 。事后检验发现，笔画省略方式为省前和略后时，关键字上的总注视时间都显著长于不省略的情况，但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应不显著， $F_1(1,35) = 3.12, p > 0.05, F_2(1,18) = 1.32, p > 0.05$ 。二者交互作用显著， $F_1(2,70) = 11.98, p < 0.001, F_2(2,36) = 8.95, p < 0.01$ 。

进一步进行简单效应分析发现，当声旁在上时，省前的总注视时间大于略后的，略后的又大于不省的，且均差异显著($p < 0.001$)；当声旁在下时，省前和略后都比不省的总注视时间长，且均差异显著($p < 0.001$)，但是省前和略后的差异出现逆转，略后的总注视时间长于省前的，且差异显著($p < 0.05$)。

(4)回视路径时间

对于回视路径时间，实验结果表明，省略方式

的主效应显著, $F_1(2,70) = 50.55, p < 0.001, F_2(2,36) = 27.03, p < 0.001$ 。事后检验发现, 笔画省略方式为省前和略后时, 关键字上的回视路径时间都显著长于不省略的情况, 但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应被试分析显著, 项目分析不显著, $F_1(1,35) = 5.06, p < 0.05, F_2(1,18) = 2.54, p > 0.05$ 。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 12.26, p < 0.001, F_2(2,36) = 10.02, p < 0.001$ 。

进一步进行简单效应分析发现, 当声旁在左时, 省前的回视路径时间大于略后的, 略后的又大于不省的, 且均差异显著($p < 0.001$); 当声旁在右时, 省前和略后都比不省的回视路径时间长, 且均差异显著($p < 0.001$), 但是同总注视时间, 省前和略后的差异出现逆转, 略后的回视路径时间长于省前的, 且差异显著($p < 0.05$)。

3.3 讨论

实验 2 中 4 个眼动指标的结果一致表明, 当形声字声旁在上时, 省前条件下的各项注视时间均显著长于略后条件, 表现出了笔画顺序效应; 但是当声旁在下时, 省前条件和略后条件的各项注视时间均出现逆转, 即略后条件下的时间显著长于省前条件下的时间。实验结果仍与闫国利等人(2013)的研究一致。而且, 相对于实验 1 左右结构的形声字, 实验 2 中上下结构形声字的这一逆转趋势更加明显。实验结果再次证明, 略后的笔画中有声旁, 笔画顺序效应会消失, 声旁的作用抵消了笔画顺序效应, 表明在句子阅读中声旁的语音信息对形声字的识别加工起到重要作用。

对于声旁位置效应的分析, 除了回视路径时间的被试分析显著之外, 其项目分析以及另外 3 项指标均没有声旁位置的主效应。所以, 实验结果整体趋势表明在包含上下结构形声字的句子阅读中, 对上下结构形声字的加工, 不存在声旁位置效应。也就是说, 声旁在上和声旁在下的形声字加工时间没有差异。这一发现也与已有的研究结果(闫国利等, 2013)一致。

本研究实验 1 和实验 2 的实验句中都对目标形声字进行了笔画省略的操作, 而句子中其它汉字在各实验条件下均不省略笔画, 这就导致一个问题, 当目标字有省略笔画的情况下, 由于句中其它汉字都是笔画完整的, 就使得目标字在整句中突显出来, 进而会吸引读者更多的注意和注视。这种由于特征突显从而吸引注意定向到它所在的位置, 被称为突显效应(pop-out effect) (Wang, Cavanagh & Green,

1994; 张豹, 金志成, 陈彩琦, 2008)。通过以上分析, 实验 1 和实验 2 得到的结果可能是由于目标字吸引了更多的注意, 基于此进行了实验 3 和实验 4, 采取对句中每个字都进行省略的方式进一步探讨分析这一问题。

4 实验 3

4.1 研究方法

4.1.1 实验设计

同实验 1。

4.1.2 被试

大学本科生 36 人, 均没有参加实验 1 和实验 2, 视力或矫正视力正常, 能够讲标准的普通话。

4.1.3 实验设备

同实验 1。

4.1.4 实验材料

采用实验 1 中编制的 30 个实验句。但是在句子处理上, 在不同的省略方式条件下, 对句子中每个汉字都进行与目标字一致的省略, 也就是同样的省略方式(省前、略后、不省)和省略比例(1/3)。

实验材料举例如图 3 所示。

4.1.5 实验程序

同实验 1。

4.2 结果

数据删除标准同实验 1, 删除的数据为总数据的 2%。每个被试回答问题的正确率均超过了 86%。

本实验仍采用首次注视时间、凝视时间、总注视时间、回视路径时间这 4 个指标对目标字的眼动数据结果进行了分析。采用 2×3 重复测量方差分析进行了被试分析(F_1)和项目分析(F_2) (平均数和标准差见表 7)。

(1)首次注视时间

对于首次注视时间, 实验结果表明, 省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 33.81, p < 0.001, F_2(2,36) = 25.20, p < 0.001$ 。事后检验发现, 省前和略后两种情况下首次注视时间显著长于不省略, 但省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应不显著, $F_1(1,35) = 0.40, p > 0.05, F_2(1,18) = 0.17, p > 0.05$ 。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 10.35, p < 0.001, F_2(2,36) = 7.53, p < 0.01$ 。进一步进行简单效应分析发现, 当声旁在左时, 省前的首次注视时间大于略后的, 略后的又大于不省的, 且均差异显著($p < 0.001$); 当声旁在右时, 省前和略后的差异出现逆转, 略后的首次注视时间长于省前的, 且差异边缘显著($p_1 = 0.09, p_2 = 0.06$)。

声旁在左:

收视率证明还是新剧更受观众的喜爱。 不省略

收视率证明还是新剧更受观众的喜爱。 省前式

收视率证明不早亲剧更受观众的喜爱。 略后式

声旁在右:

收视率证明还是新版更受观众的喜爱。 不省略

收视率证明还是新版更受观众的喜爱。 省前式

收视率证明不早亲版更受观众的喜爱。 略后式

图3 声旁在左、右的形声字在3种省略方式下的呈现方式

表7 各眼动指标的平均数(ms)与标准差

笔画省略方式	声旁位置	首次注视时间		凝视时间		总注视时间		回视路径时间	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
不省略	声旁在左	224	39	241	38	463	202	463	202
	声旁在右	226	37	236	48	416	117	415	117
省前式	声旁在左	297	54	336	99	778	299	778	299
	声旁在右	260	50	291	61	621	196	621	196
略后式	声旁在左	260	52	296	71	618	203	618	203
	声旁在右	280	62	333	84	894	370	894	370

(2)凝视时间

对于凝视时间,实验结果表明,省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 33.45, p < 0.001, F_2(2,36) = 23.09, p < 0.001$ 。事后检验发现,笔画省略方式为省前和略后时,关键字上的凝视时间都显著长于不省略的情况,但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应不显著, $F_1(1,35) = 6.95, p > 0.05, F_2(1,18) = 3.85, p > 0.05$ 。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 9.45, p < 0.001, F_2(2,36) = 5.35, p < 0.01$ 。进一步进行简单效应分析发现,当声旁在左时,省前的凝视时间大于略后的,略后的又大于不省的,且均差异显著($p < 0.001$);当声旁在右时,同首次注视时间的趋势一致,省前和略后的差异出现逆转,略后的凝视时间长于省前的,且差异被试分析显著($p < 0.05$),项目分析边缘显著($p = 0.06$)。

(3)总注视时间

对于总注视时间,省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 45.13, p < 0.001, F_2(2,36) = 27.26, p <$

0.001。事后检验发现,笔画省略方式为省前和略后时,关键字上的总注视时间都显著长于不省略的情况,但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应不显著, $F_1(1,35) = 0.63, p > 0.05, F_2(1,18) = 0.74, p > 0.05$ 。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 19.74, p < 0.001, F_2(2,36) = 12.00, p < 0.001$ 。简单效应分析发现,当声旁在左时,省前的总注视时间大于略后的,略后的又大于不省的,且均差异显著($p < 0.001$);当声旁在右时,省前和略后的差异出现逆转,略后的总注视时间长于省前的,且差异显著($p < 0.05$)。

(4)回视路径时间

对于回视路径时间,实验结果与总注视时间基本一致,省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 45.23, p < 0.001, F_2(2,36) = 27.30, p < 0.001$ 。事后检验发现,笔画省略方式为省前和略后时,关键字上的回视路径时间都显著长于不省略的情况,但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应不显著, $F_1(1,35) = 0.61, p > 0.05, F_2(1,18) = 0.73, p > 0.05$ 。

二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 19.80, p < 0.001$, $F_2(2,36) = 12.00, p < 0.001$ 。进一步进行简单效应分析发现, 当声旁在左时, 省前的回视路径时间大于略后的, 略后的又大于不省的, 且均差异显著($p < 0.001$); 当声旁在右时, 省前和略后的差异出现逆转, 略后的回视路径时间长于省前的, 且差异显著($p < 0.05$)。

4.3 讨论

实验 3 中, 4 个眼动指标的结果一致表明, 当形声字声旁在左侧时, 省前条件下的各项注视时间均显著长于略后条件, 表现出了笔画顺序效应; 但是当声旁在右侧时, 省前条件和略后条件的各项注视时间均出现逆转, 即略后条件下的时间显著长于省前条件下的时间。本实验结果同实验 1 基本一致, 实验 1 中发现当声旁在右的情况下省前和略后差异不显著, 所以本实验结果比实验 1 结果的逆转趋势更加明显。实验结果也再次证明, 即使是在句中所有汉字处理条件一致的情况下, 仍得到略后的笔画中有声旁笔画顺序效应会消失, 这也进一步证明了声旁语音信息对形声字的识别加工所起作用的稳定性。

对声旁位置效应的分析, 本实验各项眼动指标均未得到声旁位置的主效应, 这一点与实验 1 的实验结果并不一致。分析原因, 实验 1 是对目标形声字进行省略, 闫国利等人(2013)的实验是对目标形声字进行单字命名, 两种方式均有使目标形声字被突出处理的效果, 所以可能本实验对句中汉字采取统一处理, 使得对单字的这种加工倾向也相对弱化了, 因而没有表现出明显的声旁位置效应。

5 实验 4

5.1 研究方法

5.1.1 实验设计

同实验 2。

5.1.2 被试

大学本科生 36 人, 与实验 3 为同一批被试, 视力或矫正视力正常, 能够讲标准的普通话。

5.1.3 实验设备

同实验 1。

5.1.4 实验材料

采用实验 2 中编制的 30 个实验句。但是在句子处理上, 在不同的省略方式条件下, 对句子中每个汉字都进行与目标字一致的省略, 也就是同样的

省略方式(省前、略后、不省)和省略比例(1/3)。

实验材料举例如图 4 所示。

5.1.5 实验程序

同实验 1。

5.2 结果

数据删除标准同实验 1, 删除的数据为总数据的 1.90%。每个被试回答问题的正确率均超过了 86%。

采用首次注视时间、凝视时间、总注视时间、回视路径时间这 4 个指标对目标字的眼动数据结果进行了分析。采用 2×3 重复测量方差分析进行了被试分析(F_1)和项目分析(F_2) (平均数和标准差见表 8)。

(1) 首次注视时间

对于首次注视时间, 实验结果表明, 省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 55.84, p < 0.001$, $F_2(2,36) = 44.38, p < 0.001$ 。事后检验发现, 省前和略后显著大于不省($p < 0.001$), 省前大于略后被试分析显著($p < 0.05$), 项目分析边缘显著($p = 0.07$)。声旁位置的主效应不显著, $F_1(1,35) = 0.65, p > 0.05$, $F_2(1,18) = 0.63, p > 0.05$ 。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 8.67, p < 0.001$, $F_2(2,36) = 7.14, p < 0.05$ 。进一步进行简单效应分析发现, 当声旁在上时, 省前的首次注视时间大于略后的, 略后的又大于不省的, 且均差异显著($p < 0.001$); 当声旁在下时省前和略后的差异不显著($p > 0.05$)。

(2) 凝视时间

对于凝视时间, 实验结果表明, 省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 66.17, p < 0.001$, $F_2(2,36) = 79.25, p < 0.001$ 。事后检验发现, 笔画省略方式为省前和略后时, 关键字上的凝视时间都显著长于不省略的情况, 但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应不显著, $F_1(1,35) = 0.34, p > 0.05$, $F_2(1,18) = 0.39, p > 0.05$ 。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 7.63, p < 0.01$, $F_2(2,36) = 8.07, p < 0.01$ 。简单效应分析发现, 当声旁在上时, 省前的凝视时间大于略后的, 略后的又大于不省的, 且均差异显著($p < 0.001$); 当声旁在下时, 省前和略后的差异出现逆转, 但差异不显著($p > 0.05$)。

(3) 总注视时间

对于总注视时间, 实验结果表明, 省略方式的主效应显著, $F_1(2,70) = 56.12, p < 0.001$, $F_2(2,36) = 54.01, p < 0.001$ 。事后检验发现, 笔画省略方式为省前和略后时, 关键字上的总注视时间都显著长于不省略的情况, 但是省前和略后差异不显著。声旁位置的主效应不显著, $F_1(1,35) = 0.45, p > 0.05$,

声旁在上:

师傅才发现这袋小包子早就已经坏掉了。 不省略

师傅才发现这袋小包子早就已经坏掉了。 省前式

师傅才发现这袋小包子早就已经坏掉了。 略后式

声旁在下:

师傅才发现这箱小包子早就已经坏掉了。 不省略

师傅才发现这箱小包子早就已经坏掉了。 省前式

师傅才发现这箱小包子早就已经坏掉了。 略后式

图 4 声旁在上、下的形声字在 3 种省略方式下的呈现方式

表 8 各眼动指标的平均数(ms)与标准差

笔画省略 方式	声旁位置	首次注视时间		凝视时间		总注视时间		回视路径时间	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
不省略	声旁在上	225	47	234	52	447	205	447	205
	声旁在下	220	42	231	44	411	117	411	117
省前式	声旁在上	313	64	392	118	870	382	870	382
	声旁在下	292	72	339	90	761	336	761	336
略后式	声旁在上	262	51	331	82	691	234	691	234
	声旁在下	304	60	370	81	905	357	905	357

$F_2(1,18) = 0.28, p > 0.05$ 。二者交互作用显著, $F_1(2,70) = 8.95, p < 0.001, F_2(2,36) = 7.95, p < 0.01$ 。简单效应分析发现, 当声旁在上时, 省前的总注视时间大于略后的, 略后的又大于不省的, 且均差异显著($p < 0.001$); 当声旁在下时, 省前和略后的差异出现逆转, 略后的总注视时间长于省前的, 且差异被试分析显著($p < 0.05$), 项目分析边缘显著($p = 0.08$)。

(4)回视路径时间

对于回视路径时间, 实验数据与总注视时间完全一致, 结果分析同上。

5.3 讨论

实验 4 种各项眼动指标的结果一致表明, 当形声字声旁在上时, 省前条件下的各项注视时间均显著长于略后条件, 表现出了笔画顺序效应; 但是当声旁在下时, 省前条件和略后条件的各项注视时间均出现逆转, 但差异在首次注视时间和凝视时间上并不显著, 在总注视时间和回视路径时间上被试分

析显著, 项目分析边缘显著。也就是说, 本实验中得到的逆转结果并没有实验 2 中得到的那么明显, 但也仍然说明声旁的作用抵消了笔画顺序效应, 表明在句子阅读中声旁的语音信息对形声字的识别加工仍起到重要作用。

对于声旁位置的分析, 各项指标均没有声旁位置的主效应。这一点与实验 2 的实验结果一致。结合各项研究, 说明对于上下结构的形声字声旁位置对形声字的加工不存在影响。

6 总讨论

6.1 形声字加工中的笔画顺序效应

前人关于笔画顺序效应的研究已经发现(曾性初 等, 1965; Flores d'Arcais, 1994; Yan et al., 2012), 省去前面的笔画比省去后面的笔画对阅读的破坏性更大, 表明在汉字识别中存在一个笔画顺序编码的过程, 按照笔画书写顺序, 前面的笔画比后面的笔画在汉字识别过程中更加重要。

本研究也采取了笔画省略方式,通过4个实验探讨了在两种不同的实验条件下,左右结构和上下结构形声字的加工特点。实验结果一致发现,当形声字声旁在左或声旁在上时,省略前面笔画的形声字的加工时间显著长于省略后面笔画的形声字的加工时间。这一点支持前人的“笔画顺序效应”。但是通过本文研究也发现,对于由声旁和形旁组成的形声字来说,亚词汇水平的声旁语音信息会影响笔画顺序效应,声旁语音信息对形声字加工的影响会干扰到笔画顺序效应,当略后的笔画中包含声旁时,笔画顺序效应会消失,声旁的作用抵消了笔画顺序效应,这一点可以为今后的研究提供一定的参考。关于整字和亚词汇单位的关系,平行加工说认为在形声字加工中,会激活形旁和声旁所对应的语义表征和语音表征,形旁、声旁与整字的加工平行进行,存在相互竞争相互融合的关系(崔占玲,张积家,2010;陈新葵,张积家,2012)。这也能很好地解释了本研究发现的亚词汇水平的声旁语音信息会影响笔画顺序效应这一点,也进一步说明了亚词汇的部件在整字加工中得到激活并起到重要作用。

6.2 声旁语音信息在形声字识别中的作用

如前所述,闫国利等人(2013)的研究采用的是单字命名任务,结果发现声旁在形声字加工中起到一定作用。对于其所研究的形声字材料包含表音的声旁,并有笔画省略的操作,所以其实验结果受实验任务本身特点的影响较大。而且,单字识别和正常的自然阅读在认知加工的特点上也存在一定的差异,在单字识别情况下的得出的结论并不一定能够很好地说明在自然阅读中的情况。

本研究则是在其研究基础上,进一步探讨在不强调发音任务的自然句子阅读当中声旁语音信息在形声字加工过程中所起的作用。研究分别考察了形声字在句中单独省略以及形声字所在句整句均进行省略的情况,得到的结果均与已有研究(闫国利等,2013)的实验结果一致,也就进一步表明亚词汇的声旁语音信息在出声命名任务和默读句子任务中对形声字的加工都起到作用,也说明在形声字的加工中,声旁与整字的语音都得到激活。

杨琿、彭聃龄、Perfetti和谭力海(2000)研究了字水平的整字与亚字水平的声旁语音激活之间的关系,结果也发现了整字与声旁的语音激活发生在汉字加工的早期阶段,也就是说语音的激活在字和字下的层次中都发生。这也与本研究的结论一致,虽然本研究未能说明声旁语音激活的时间进程,但

是可以证明声旁的语音信息确实得到激活,而且影响了整字的加工。

本文对于形声字的研究结果也为前人关于汉字加工语音激活的观点提供了支持,语音在语义加工过程中起到重要作用,语音可以自动激活(张厚粲,舒华,1989;谭力海,彭聃龄,1990;Perfetti & Zhang, 1995; Liu et al., 2003; Ren et al., 2009; Tan et al., 1996; Tan & Perfetti, 1997, 1999b),而且语音在语义通达中起到中介的作用(任桂琴等,2007;任桂琴等,2012)。

为了得到更准确有效的结果,本研究对实验句省略方式进行了不同的处理。通过实验结果可以发现,对于左右结构形声字的研究,实验3(整句省略)比实验1(目标字省略)得到的实验结果更显著,也就是当声旁在右的情况下,省前和略后的逆转差异更大。但是相比之下,对于上下结构形声字的研究,实验4(整句省略)却没有实验2(目标字省略)结果显著。在其他条件无差异的情况下,这种差异应该就是对句子的不同省略操作导致的,但是导致的趋势方向在两种结构的形声字研究中并不一致。所以不能说通过这一种方式让结果更加显著或不显著,需要在今后的研究中进一步探讨证明。但是,不管这种操作产生怎样的影响,4个实验都得到了一致的结果,声旁语音信息在形声字的加工中起到作用。

另外,对本研究实验句进行的这种不同省略方式(目标字省略、整句省略)的处理仍存在一定的局限性。实验3和实验4的“整句省略”操作会使同一组句子(省前、略后、不省略)中目标字前的内容出现视觉结构上的差异,进而会导致对目标字之前句子内容加工上的差异。但是为了严格控制 pop-out 效应的影响,就必须保证目标字前的字和目标字的形式是一致的,而这就必然带来不同条件间“目标字之前加工上的差异”。从实验结果角度进行分析,实验3和实验4(整句均省略)与实验1和实验2(仅有目标字省略)的结果一致,这也就说明“目标字之前加工上的差异”没有对目标字的加工造成很大的影响。简言之,如果仅省略目标字(目标字突出),可能出现 pop-out 效应;如果省略整句所有汉字(目标字不突出),目标字前的差异可能导致结果的偏差,因此两者很难同时兼顾。今后研究中对这类情况如何处理,也是值得进一步探讨的问题。

6.3 形声字的音、形及语义信息的通达

如前所述,目前阐述语义通达以及音形信息在语义通达过程中如何激活的理论模型主要有视觉

直通模型(形→义)、语音中介模型(形→音→义)和双通道模型(形→义和形→音→义共存)。

本文两项研究结果表明,在形声字的识别加工中,声旁语音信息对形声字的识别起到重要作用,而且这种作用既存在于出声命名任务中也存在于默读句子任务中,也就是说不管是对语音的通达还是上升到对语义的通达,声旁的语音信息对形声字的加工都起到重要作用。所以,本研究认为对于形声字的加工,语音在形声字的语义通达中起中介作用,支持双通道模型。

双通道模型的加工模式为:形→义和形→音→义并存的形式,两条通路是独立地、平行地发挥作用的,最终经过哪条通路提取语义,取决于两条通路的加工速度(谭力海,彭聃龄,1991; Stuart & Coltheart, 1988; Jared & Seidenberg, 1991; 张积家等, 2011)。也就是说,两条通道中,哪一个通道的加工速度快,哪一个通道的加工就决定词汇加工的结果(高立群,彭聃龄,2005)。

针对不同文字类型提出不同的语义通达理论模型更具有现实意义(茹学萍,2010)。本研究结果说明,对于汉语形声字的加工,由于声旁与整字存在一定程度上形-音对应关系,声旁的语音信息可以对形声字的加工起到促进作用,所以存在以语音为媒介的第二条通路,而且这种情况下,由字形激活字音进而通达字意的这条通路加工速度较快。

6.4 声旁的作用在汉语阅读教学中的应用

(1)完善本土汉字教学方法

任何语言的书写系统都与口语系统存在一定的对应关系,心理语言学的大量研究表明,这种对应关系的掌握可以使学习者学习语言的过程大大简化(郝美玲,舒华,2005)。本文通过两项研究发现,不管是出声命名还是默读句子,声旁的语音信息都对形声字的识别加工起到重要作用。

对于中国儿童阅读发展的研究也有很多的成果,研究发现儿童在学习汉字的过程中,随着掌握汉字量的增加,会逐步发现形声字的形-音对应规律,并且可以利用这种规律来学习新的汉字,研究者把这称为“声旁意识”(舒华,曾红梅,1996; Shu, Anderson, & Wu, 2000; Shu et al., 2003)。二年级的小学生对不熟悉的汉字也可以根据声旁的读音来推测其读音(舒华等,2003)。Shu 等人(2000)发现儿童对规则字的注音成绩好于不规则字的注音成绩。以上研究表明,儿童在汉语学习过程中可以发现并利用声旁提供的语音信息更好地记住已经学过的

汉字,而且可以推测出没有学过的陌生汉字。所以,努力发展儿童的声旁意识对儿童汉字学习有很大的帮助。教育者可以通过合理编排语文教科书,以及在教学过程中加强对声旁语音信息教学的强化等方式提高儿童的声旁意识。

(2)促进对外汉语教学方法

除了对本土汉语教学的应用之外,声旁的重要作用还可以为对外汉语教学提供帮助。和拼音文字不一样,由于汉语中没有明确的形-音对应规则,学习汉语对于以拼音文字为母语的外国人来说有一定困难,所以充分地利用声旁的语音信息来进行汉语的学习对于对外汉语教学会有很大帮助。已有研究发现,外国留学生对形声字的学习受到声旁语音信息的影响(江新,2001; 吴卓然,2011)。但留学生对声旁语音线索的利用还非常有限(石定果,万业馨,1998)。所以,在课堂教学中要有意识地培养留学生积极利用声旁提供的语音信息去学习和掌握汉字,加强声旁意识的培养,既利于留学生的口语发展,又利于他们汉字识记能力的提高(郝美玲,舒华,2005; 刘玮,2013)。

7 结论

(1)本研究结果支持汉字加工中的“笔画顺序效应”。

本文两项研究支持“笔画顺序效应”,即先书写的笔画比后书写的笔画对汉字识别起到更重要的作用,省略先书写的笔画比省略后书写的笔画对汉字识别的破坏更大。但是对于由形旁和声旁组合而成的形声字,亚词汇层面的声旁语音信息会影响到“笔画顺序效应”,具体表现在当略后的笔画是声旁的一部分,笔画顺序效应在一定程度上会被抵消。

(2)声旁的语音信息对形声字加工起重要作用。

本文两项研究都得到声旁在形声字加工中的重要作用,结合前人研究发现,不管是在单字命名任务下还是在自然阅读句子任务下,声旁的语音信息都对形声字的识别和加工起到一定作用。

(3)本研究结果支持双通道加工模型。

本文两项研究都说明在形声字的加工过程中,语义的通达过程存在语音转录,研究支持形→义和形→音→义两条通路并存和相互竞争的双通道模型。

参 考 文 献

Bi, H. Y., Hu, W., & Weng, X. C. (2006). Orthographic

- neighborhood effects in the pronunciation of Chinese words. *Acta Psychologica Sinica*, 36(6), 791–797.
- [毕鸿燕, 胡伟, 翁旭初. (2006). 汉语形声字声旁家族大小对整字发音的影响. *心理学报*, 36(6), 791–797.]
- Braun, M., Hutzler, F., Ziegler, J. C., Dambacher, M., & Jacobs, A. M. (2009). Pseudohomophone effects provide evidence of early lexico-phonological processing in visual word recognition. *Human Brain Mapping*, 30(7), 1977–1989.
- Birch, S., & Chase, C. (2004). Visual and language processing deficits in compensated and uncompensated college students with dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 37(5), 389–410.
- Chen, B. G., & Peng, D. L. (2001). The time course of graphic, phonological and semantic information processing in Chinese character recognition (I). *Acta Psychologica Sinica*, 33(1), 1–6.
- [陈宝国, 彭聃龄. (2001). 汉字识别中形音义激活时间进程的研究(I). *心理学报*, 33(1), 1–6.]
- Chen, B. G., Wang, L. X., & Peng, D. L. (2006). The time course of graphic, phonological and semantic activation of Chinese high-and-low frequency characters. *Studies of Psychology and Behavior*, 4(4), 252–257.
- [陈宝国, 王立新, 彭聃龄. (2006). 高、低频汉字形音义激活的时间进程. *心理与行为研究*, 4(4), 252–257.]
- 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.]
- Chen, J., & Zhang, J. J. (2005). The phonological activation of unfamiliar pictophonetic characters of lower-grade pupils. *Psychological Science*, 28(4), 901–905.
- [陈俊, 张积家. (2005). 小学低年级学生对陌生形声字的语音提取. *心理科学*, 28(4), 901–905.]
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual-route and Parallel-distributed-processing approaches. *Psychological Review*, 100(4), 589–608.
- Chen, X. K., & Zhang, J. J. (2012). Role of familiarity of semantic radicals in the recognition of lowly familiar Chinese characters. *Acta Psychologica Sinica*, 44(7), 882–895.
- [陈新葵, 张积家. (2012). 义符熟悉性对低频形声字词汇通达的影响. *心理学报*, 44(7), 882–895.]
- Chen, X. Q., Zhang, J. J., & Li, Y. H. (2013). Feedback consistent effect: Evidence from Chinese homophones with high-frequency. *Acta Psychologica Sinica*, 45(1), 47–59.
- [陈栩茜, 张积家, 李昀恒. (2013). 语音反馈对汉字高频同音字词形激活的影响. *心理学报*, 45(1), 47–59.]
- Cui, Z. L., & Zhang, J. J. (2010). The mechanism of language switching in language comprehension: Evidence from the sub-lexical level. *Acta Psychologica Sinica*, 42(2), 173–184.
- [崔占玲, 张积家. (2010). 汉-英双语者言语理解中语码切换的机制——来自亚词汇水平的证据. *心理学报*, 42(2), 173–184.]
- Ding, Y. L., Gao, D. G., Feng, C., Rao, H. Y., & Qu, Z. (2012). The effect of phonological information on Chinese ESL learners' semantic processing and its neural mechanisms. *Psychological Science*, 33(1), 171–173.
- [丁玉珑, 高定国, 冯聪, 饶恒毅, 曲折. (2012). 语音信息对中国英语学习者语义加工的影响及其脑机制. *心理科学*, 33(1), 171–173.]
- Flores d'Arcais, G. B. (1994). Order of strokes writing as a cue for retrieval in reading Chinese characters. *European Journal of Cognitive Psychology*, 6(4), 337–355.
- Frost, R. (1998). Toward a strong phonological theory of visual word recognition: True issues and false trails. *Psychological Bulletin*, 123(1), 71–99.
- Gao, L. Q., & Peng, D. L. (2005). The pre-lexical route in the phonological processing of Chinese phonograms. *Psychological Science*, 28(4), 885–888.
- [高立群, 彭聃龄. (2005). 汉语形声字语音加工的前词汇通路. *心理科学*, 28(4), 885–888.]
- Guo, T. M., Peng, D. L., Lu, C. M., & Liu, H. Y. (2005). The temporal course of semantic and phonological activation in Chinese word production: An ERP study. *Acta Psychologica Sinica*, 37(5), 569–574.
- [郭桃梅, 彭聃龄, 卢春明, 刘宏艳. (2005). 汉语词汇产生中的义、音信息提取时间进程的 ERP 研究. *心理学报*, 37(5), 569–574.]
- Hue, C. W. (1992). Recognition processing in character naming. In H. C. Chen & O. J. L. Tzeng (Eds.), *Language Processing in Chinese* (pp. 93–107). Amsterdam: North-Holland.
- Hao, M. L., & Shu, H. (2005). The role of phonetic information in learning new characters for second language learners. *Language Teaching and Linguistic Studies*, (4), 46–51.
- [郝美玲, 舒华. (2005). 声旁语音信息在留学生汉字学习中的作用. *语言教学与研究*, (4), 46–51.]
- Huang, J. H., & Chen, X. Z. (2000). Orthographic and phonological processing in reading Chinese. *Acta Psychologica Sinica*, 32(1), 1–6.
- [黄健辉, 陈烜之. (2000). 中文阅读中的字形与语音加工. *心理学报*, 32(1), 1–6.]
- Han, Z. Z., & Bi, Y. C. (2009). Reading comprehension mechanism of non phonological mediation: New evidence of YGA. *Science in China (Series C: Life Sciences)*, 39(3), 279–286.
- [韩在柱, 毕彦超. (2009). 无需语音中介的阅读理解机制: 来自一例汉语失语症个案的新证据. *中国科学(C 辑: 生命科学)*, 39(3), 279–286.]
- Jared, D., & Seidenberg, M. S. (1991). Does word identification proceed from spelling to sound to meaning? *Journal of Experimental Psychology: General*, 120(4), 358–394.
- Jiang, X. (2001). An experimental study of foreign learners' awareness of phonetic cues in pictophonetic characters. *Chinese Teaching in the World*, (2), 68–74.
- [江新. (2001). 外国学生形声字表音线索意识的实验研究. *世界汉语教学*, (2), 68–74.]
- Jin, Z. C., & Li, G. P. (1995). An experimental study of the phonological role in identifying Chinese characters. *Psychological Science*, 18(3), 129–138.
- [金志成, 李广平. (1995). 在汉字视觉识别中字形和字音作用的实验研究. *心理科学*, 18(3), 129–138.]
- Liu, B. L., Jin, Z. X., Qing, Z., & Wang, Z. N. (2011). The processing of phonological, orthographical, and lexical

- information of Chinese characters in sentence contexts: An ERP study. *Brain Research*, 1372, 81–91.
- Lee, C. Y., Tsai, J. L., Su, E. C. I., Tzeng, O. J. L., & Hung, D. L. (2005). Consistency, regularity, and frequency effects in naming Chinese characters. *Language and Linguistics*, 6(1), 75–107.
- Lee, C. Y., Tsai, J. L., Huang, H. W., Hung, D. L., & Tzeng O. J. L. (2006). The temporal signatures of semantic and phonological activations for Chinese sublexical processing: An event-related potential study. *Brain Research*, 1121(1), 150–159.
- Lukatela, G., & Turvey, M. T. (1990). Automatic and pre-lexical computation of phonology in visual word identification. *European Journal of Cognitive Psychology*, 2(4), 325–343.
- Li, J. H. (2009). Psychological connection between the phonological components and determinative-phonetic characters. *Teaching and Linguistic Studies*, (1), 17–24.
- [李俊红. (2009). 声符对于形声字意义认知的效应——DSICP 学生声符与形声字意义认知自主联结调查报告. *语言教学与研究*, (1), 17–24.]
- Lu, Q. L., Wang, Q. H., & Yang, X. Y. (2009). A commentary on the research of dual-model about word reading. *Progress in Modern Biomedicine*, 9(17), 3327–3331.
- [陆其林, 王权红, 杨昕岳. (2009). 词汇阅读加工的双通道模型研究述评. *现代生物医学进展*, 9(17), 3327–3331.]
- Liu, W. (2013). *Study on pronunciation indications of the sound-elements of phonogram and Chinese character teaching in TCSOL (Teaching Chinese to Speakers of Other Language)* (Unpublished master's thesis). Jilin University.
- [刘玮. (2013). 形声字声旁表音功能的调查研究与对外汉语汉字教学 (硕士学位论文). 吉林大学.]
- Liu, Y., Perfetti, C. A., & Hart, L. (2003). ERP evidence for the time course of graphic, phonological, and semantic information in Chinese meaning and pronunciation decisions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(6), 1231–1247.
- Lin, Y. H., Qian, Q. Z., & Zhang, B. Y. (2003). The evolution of phonological processing theories. *Psychological Science*, 26(4), 729–730.
- [林泳海, 钱琴珍, 张必隐. (2003). 语音加工理论的演变. *心理科学*, 26(4), 729–730.]
- Mu, J., Han, B. X., & Chen, T. Y. (2005). Effect of phonetic correspondence between radical and character on naming tasks. *Studies of Psychology and Behavior*, 3(3), 178–181.
- [穆瑾, 韩布新, 陈天勇. (2005). 声旁规则性对命名声旁和整字的影响. *心理与行为研究*, 3(3), 178–181.]
- Newman, R. L., & Connolly, J. F. (2004). Determining the role of phonology in silent reading using event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, 21(1), 94–105.
- Perfetti, C. A., & Zhang, S. (1991). Phonological processes in reading Chinese characters. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17(4), 633–643.
- Perfetti, C. A., & Zhang, S. (1995). Very early phonological activation in Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(1), 24–33.
- Peng, D. L., Yang, H., & Chen, Y. (1994). Consistency and phonetic independency effects in naming task of Chinese phonograms. In Q. C. Jing, H. C. Zhang, & D. L. Peng (Eds.), *Information Processing of Chinese Language* (pp. 67–72). Beijing: Beijing Normal University Publishing Co.
- Peng, D. L., & Yang, H. (1997). The pronunciation and the effect on the semantic extract of Chinese characters. In D. L. Peng, H. Shu, & X. Z. Chen (Eds.), *Cognitive Research on Chinese language* (pp. 139–158). Ji'nan: Shandong Education Press.
- [彭聃龄, 杨珉. (1997). 汉字的读音及其在字义提取中的作用. 见 彭聃龄, 舒华, 陈烜之(编). *汉语认知研究* (pp. 139–158). 济南: 山东教育出版社.]
- Qie, X. P. (2010). The cognitive processing of lexical access to Chinese reading. *Chinese Journal of Special Education*, (3), 68–72.
- [茹学萍. (2010). 汉语阅读中词汇通达的认知加工机制. *中国特殊教育*, (3), 68–72.]
- Qu, Z., & Ding, Y. L. (2010). The effect of Chinese phonological association on false memory. *Acta Psychologica Sinica*, 42(2), 193–199.
- [曲折, 丁玉珑. (2010). 汉字语音关联对错误记忆的影响. *心理学报*, 42(2), 193–199.]
- Ren, G. Q., Han, Y. C., Zhou, Y. L., & Ren, Y. T. (2007). Eye movement study on phonological mediation effects of Chinese word. *Psychological Science*, 30(2), 308–310, 292.
- [任桂琴, 韩玉昌, 周永奎, 任延涛. (2007). 汉语词汇语音中介效应的眼动研究. *心理科学*, 30(2), 308–310, 292.]
- Ren, G. Q., Liu, Y., & Han, Y. C. (2009). Phonological activation in Chinese reading: An event-related potential study using low-resolution electromagnetic tomography. *Neuroscience*, 164(4), 1623–1631.
- Ren, G. Q., Han, Y. C., & Yu, Z. (2012). The activation of orthography and phonology during Chinese sentence reading: Evidence from eye movements. *Acta Psychologica Sinica*, 44(4), 427–434.
- [任桂琴, 韩玉昌, 于泽. (2012). 句子语境中汉语词汇形、音作用的眼动研究. *心理学报*, 44(4), 427–434.]
- Shi, D. G., & Wan, Y. X. (1998). The study of the foreign Chinese character teaching. *Language Teaching and Linguistic Studies*, (1), 36–48.
- [石定果, 万业馨. (1998). 关于对外汉字教学的调查报告. *语言教学与研究*, (1), 36–48.]
- Shu, H., & Zhang, H. C. (1987). The processing of pronouncing Chinese characters by proficient nature readers. *Acta Psychologica Sinica*, 20(3), 282–290.
- [舒华, 张厚粲. (1987). 成年熟练读者的汉字读音加工过程. *心理学报*, 20(3), 282–290.]
- Shu, H., & Zeng, H. M. (1996). Awareness of phonological cues in pronunciation of Chinese characters and its development. *Acta Psychologica Sinica*, 28(2), 160–165.
- [舒华, 曾红梅. (1996). 儿童对汉字结构中语音线索的意识及其发展. *心理学报*, 28(2), 160–165.]
- Shu, H., Anderson, R., & Wu, N. (2000). Phonetic awareness: Knowledge on orthography phonology relationships in character acquisition of Chinese children. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 56–62.
- Shu, H., Bi, X. M., & Wu, N. N. (2003). The role of partial information a phonetic provides in learning and memorizing new characters. *Acta Psychologica Sinica*, 35(1), 9–16.
- [舒华, 毕雪梅, 武宁宁. (2003). 声旁部分信息在儿童学习和记忆汉字中的作用. *心理学报*, 35(1), 9–16.]

- Shu, H., Chen, X., Anderson, R., Wu, N., & Xuan, Y. (2003). Properties of school Chinese: Implications for learning to read. *Child Development*, 74(1), 27–47.
- Seidenberg, M. S. (1985). The time course of phonological code activation in two writing systems. *Cognition*, 19(1), 1–30.
- Stuart, M., & Coltheart, M. (1998). Does reading develop in a sequence of stages? *Cognition*, 30(2), 139–181.
- Tan, L. H., & Peng, D. L. (1990). Experimental research of the relationship between context and analysis of features of Chinese Characters. *Journal of Developments in Psychology*, 8(2), 7–12.
- [谭力海, 彭聃龄. (1990). 关于语义情境与汉语单字词特征分析之间关系的实验研究. *心理科学进展*, 8(2), 7–12.]
- Tan, L. H., & Peng, D. L. (1991). Visual recognition processes of Chinese characters: A research to the effect of grapheme and phoneme. *Acta Psychologica Sinica*, 24(3), 272–278.
- [谭力海, 彭聃龄. (1991). 汉字的视觉识别过程: 对形码和音码作用的考察. *心理学报*, 24(3), 272–278.]
- Tan, L. H., Hoosain, R., & Peng, D. L. (1995). Role of early presemantic phonological code in Chinese character identification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(1), 43–54.
- Tan, L. H., Hoosain, R., & Siok, W. W. T. (1996). Activation of phonological coded before access to character meaning in written Chinese. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(4), 865–882.
- Tan, L. H., & Perfetti, C. A. (1997). Visual Chinese character recognition: Does phonological information mediate access to meaning? *Journal of Memory and Language*, 37(1), 41–57.
- Tan, L. H., & Perfetti, C. A. (1999a). Phonological activation in visual identification of Chinese two-character words. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 25(2), 382–393.
- Tan, L. H., & Perfetti, C. A. (1999b). Phonological and associative inhibition in the early stages of English word identification: Evidence from backward masking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 25(1), 59–69.
- Taft, M., & Graan, F. V. (1998). Lack of phonological mediation in semantic categorization task. *Journal of Memory and Language*, 38, 203–224.
- Tseng, S. C., Chang, L. H., & Wang, C. C. (1965). An informational analysis of the Chinese language: I. The reconstruction of the removed strokes of the ideograms in printed sentence-texts. *Acta Psychologica Sinica*, 9(4), 11–20.
- [曾性初, 张履祥, 王家柱. (1965). 汉语的讯息分析. I. 文句中汉字笔画的省略与恢复. *心理学报*, 9(4), 11–20.]
- Wang, X. Y., Ma, L. F., Yu, W., Tan, X. J., Zhang, Z. Q., & Weng, X. C. (2005). Activation patterns in reading semi-regular Chinese characters processing: The impact of tone. *Chinese Journal of Medical Imaging Technology*, 21(9), 1342–1344.
- [王晓怡, 马力飞, 于薇, 谭向杰, 张兆琪, 翁旭初. (2005). 阅读半规则汉字时的脑激活模式: 声调的作用. *中国医学影像技术*, 21(9), 1342–1344.]
- Wang, K. (2011). An electrophysiological investigation of the role of orthography in accessing meaning of Chinese single-character words. *Neuroscience Letters*, 487(3), 297–301.
- Wong, K. F. E., & Chen, H. -C. (1999). Orthographic and phonological processing in reading Chinese text: Evidence from eye fixations. *Language and Cognitive Processes*, 14(5-6), 461–480.
- Wu, N. N., Shu, H., Zhou, X. L., & Shi, D. F. (1998). The role of phonology and orthography in Chinese reading comprehension: A moving window study. *Acta Psychologica Sinica*, 30(2), 154–160.
- [武宁宁, 舒华, 周晓林, 石东方. (1998). 移动窗口条件下语音、字形信息在汉语阅读中的作用. *心理学报*, 30(2), 154–160.]
- Wang, Q., Cavanagh, P., & Green, M. (1994). Familiarity and pop-out in visual search. *Perception & Psychophysics*, 56(5), 495–500.
- Wu, Z. R. (2011). Pictophonetic characters and Chinese characters teaching for foreigners. *Anhui Literature*, (5), 166–167, 171.
- [吴卓然. (2011). 形声字声旁与对外汉语汉字教学. *安徽文学*, (5), 166–167, 171.]
- Yin, C., Wang, J., & Zhang, J. J. (2011). The position effects of the phonological and orthographic in Chinese word production. *Acta Psychologica Sinica*, 43(9), 1002–1102.
- [印丛, 王娟, 张积家. (2011). 汉语言产生中语音、字形启动的位置效应. *心理学报*, 43(9), 1002–1012.]
- Yan, G. L., Bai, X. J., Zang, C. L., Bian, Q., Cui, L., Qi, W., ... Liversedge, S. P. (2012). Using stroke removal to investigate Chinese character identification during reading: Evidence from eye movements. *Reading and Writing*, 25(5), 951–979.
- Yan, G. L., Chi, H., Bian, Q., Xu, Z. J., & Cui, L. (2013). Effects of phonetic radicals and pattern of stroke removal on identification of Chinese phonograms. *Psychological Science*, 36(1), 14–19.
- [闫国利, 迟慧, 卞迁, 徐子珺, 崔磊. (2013). 声旁与笔画省略方式对形声字识别的影响. *心理科学*, 36(1), 14–19.]
- Yan, G. L., Chi, H., Cui, L., Xia, Y., Xu, X. L., & Bai, X. J. (2014). Effects of strokes' pixel removal on Chinese sentence reading: Evidence from eye movements. *Psychological Science*, 37(3), 521–527.
- [闫国利, 迟慧, 崔磊, 夏莹, 许晓露, 白学军. (2014). 汉字笔画像素数省略对中文句子阅读影响的眼动研究. *心理科学*, 37(3), 521–527.]
- Yang, H., Peng, D. L., Perfetti, C. A., & Tan, L. H. (2000). Phonological activation and representation of Chinese characters (I)——The character-level and sub-character-level phonologies and their interaction. *Acta Psychologica Sinica*, 32(2), 144–151.
- [杨珏, 彭聃龄, Perfetti, C. A., 谭力海. (2000). 汉字阅读中语音的通达与表征(I)——字水平与亚字水平的语音及其交互作用. *心理学报*, 32(2), 144–151.]
- Zhang, B., Jin, Z. C., & Chen, C. Q. (2008). Visual working memory modulates attentional orienting at preattention stage. *Acta Psychologica Sinica*, 40(5), 552–561.
- [张豹, 金志成, 陈彩琦. (2008). 视觉工作记忆对前注意阶段注意定向的调节. *心理学报*, 40(5), 552–561.]
- Zhang, H. C., & Shu, H. (1989). Phonetic similar and graphic similar priming effects in pronouncing Chinese characters. *Acta Psychologica Sinica*, 22(3), 62–67.
- [张厚粲, 舒华. (1989). 汉字读音中的音似与形似启动效应. *心理学报*, 22(3), 62–67.]

- Zhang, J. J., & Wang, H. P. (2001). The effects of phonological and tonal relations between phonetic radicals and whole characters on the processing of pictophonetic characters. *Acta Psychologica Sinica*, 33(3), 193–197.
- [张积家, 王惠萍. (2001). 声旁与整字的音段、声调关系对形声字命名的影响. *心理学报*, 33(3), 193–197.]
- Zhang, J. J., & Jiang, M. M. (2008). The effects of the radical family size and high frequency phonetic radical family member on phonogram recognition. *Acta Psychologica Sinica*, 40(9), 947–960.
- [张积家, 姜敏敏. (2008). 形旁家族、声旁家族和高频同声旁字对形声字识别的影响. *心理学报*, 40(9), 947–960.]
- Zhang, J. J., Wang, J., & Liu, M. (2011). The comparative study on English words, Chinese words, early words and pictures. *Acta Psychologica Sinica*, 43(4), 347–363.
- [张积家, 王娟, 刘鸣. (2011). 英文词、汉字词、早期文字和图画的认识加工比较. *心理学报*, 43(4), 347–363.]
- Zhang, Q. F., & Yang, Y. F. (2004). The time course of semantic, orthographic and phonological activation in Chinese word production. *Acta Psychologica Sinica*, 36(1), 1–8.
- [张清芳, 杨玉芳. (2004). 汉语词汇产生中语义、字形和音韵激活的时间进程. *心理学报*, 36(1), 1–8.]
- Zhang, W. T., Feng, L., & He, H. D. (1993). Phonological effect for identification of Chinese characters. *Acta Psychologica Sinica*, 25(4), 19–24.
- [张武田, 冯玲, 何海东. (1993). 汉字识别中的语音效应. *心理学报*, 25(4), 19–24.]
- Zhang, W. T., & Feng, L. (1998). The recognition of three attributes of Chinese words and the interhemispheric interaction. *Acta Psychologica Sinica*, 30(2), 129–135.
- [张武田, 冯玲. (1998). 汉字属性匹配与大脑两半球协同活动. *心理学报*, 30(2), 129–135.]
- Zhou, X. L. (1997). The limitation of the pronunciation in semantic activation. In Peng, D. L., Shu, H., & Chen, X. Z. (Eds.), *Cognitive Research on Chinese language* (pp. 159–184). Jinan: Shandong Education Press.
- [周晓林. (1997). 语义激活中语音的有限作用. 见 彭聃龄, 舒华, 陈烜之(编). *汉语认知研究* (pp. 159–184). 济南: 山东教育出版社.]
- Zhou, X. L., Wu, N. N., & Shu, H. (1998). The relative time course of semantic and phonological activation in reading Chinese: Evidence from child development. *Psychological Science*, 21(6), 498–575.
- [周晓林, 武宁宁, 舒华. (1998). 语音与词义激活的相对时间进程: 来自儿童发展的证据. *心理科学*, 21(6), 498–575.]
- Zhou, X. L., Qu, Y. X., & Zhuang, J. (2003). The relative time course of phonological and semantic activation in reading Chinese: Further evidence. *Studies of Psychology and Behavior*, 1(4), 241–247.
- [周晓林, 曲延轩, 庄捷. (2003). 再探汉字加工中语音、语义激活的相对时间进程. *心理与行为研究*, 1(4), 241–247.]
- Zhong, Y. F. (2008). A research on the idealized classification of pictophonetic characters. *Teaching and Linguistic Studies*, (5), 16–23.
- [种一凡. (2008). 形声字的理想分类初探. *语言教学与研究*, (5), 16–23.]
- Zhang, Y. X., Zhou, X. L., Shu, H., & Xing, H. B. (2003). The relative strength of phonological activation between complex characters and their phonetic radicals in reading Chinese. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 39(1), 126–133.
- [张亚旭, 周晓林, 舒华, 邢红兵. (2003). 汉字识别中声旁与整字语音激活的相对优势. *北京大学学报(自然科学版)*, 39(1), 126–133.]

The Effect of Phonetic Radicals on Identification of Chinese Phonograms: Evidence from Eye Movement

CHI Hui¹; YAN Guoli¹; XU Xiaolu²; XIA Ying²; CUI Lei³; BAI Xuejun¹

(¹ Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China)

(² School of Education Science, Tianjin Normal University, Tianjin 300387, China)

(³ School of Psychology, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract

Unlike alphabetic languages, the semantic information of Chinese characters is linked more closely with the orthographic information than the phonological information. As such, in the study of Chinese reading, the effect of orthographic information and phonological information on semantic access is always a controversial issue. Many studies have found that the orthographic information of Chinese characters give direct access to meaning. However, Chinese phonograms which account for most of the proportion (80%) of Chinese characters have phonetic radicals. The phonetic radicals mostly have the same pronunciation as the phonograms. To some extent, the phonetic radicals can provide the phonological information. So, the phonological information of phonetic radicals may play a part in the processing of phonograms.

Two studies were conducted to investigate whether the phonological information of the phonetic radicals plays an important role in the processing of phonograms. There were two experiments in each study. Experiment 1 and 2 explored left-right structure and top-bottom structure phonograms respectively. An Eyelink 2000 eye tracker was used to explore the effect of the phonetic radicals in normal reading conditions. In study 1, a 2(position of phonetic radicals) $\times$ 3 (pattern of stroke removal) within-participants design was adopted in both Experiment 1 and 2. In Experiment 1, the phonetic radical was on the left side or right side of the character. In Experiment 2, the phonetic radical was either on the top or bottom side of the character. The pattern of stroke removal (one-third of the strokes) included beginning stroke removal, ending stroke removal and no stroke removal in both experiments. Chinese phonograms were embedded in sentences as the target characters. Only the target characters had strokes removed. The experimental designs in Study 2 were the same as Study 1. The difference was that one-third of the strokes were removed from all the characters in a sentence in Study 2.

The results of both studies showed that when the phonetic radical was on the right side or bottom side of the character, the processing time was no difference between the beginning strokes removal condition and the ending strokes removal condition, or the processing time of the characters with ending strokes removed was longer than that of the characters with beginning strokes removed, that is a reversion of the stroke order effect. This indicates that if the ending strokes removed are the phonetic radical, the stroke order effect disappears. The effect of the phonetic radical counteracts the stroke order effect (characters with beginning strokes removed are more disruptive than that with ending strokes removed).

The results demonstrate that: (1) The present study supports the stroke order effect. However, for Chinese phonograms, the phonological information of the sub-lexical phonetic radicals can influence the stroke order effect. (2) The phonetic radicals play an important role in identification of Chinese phonograms both in naming tasks and normal reading. (3) The present study supports the dual route model. According to the dual route model, there exists a phonetic activation on processing of Chinese phonograms.

Key words identification of Chinese phonograms; phonetic radical; phonological information; eye movement