

副中央凹 N + 2 位置汉字识别过程中形音义的激活*

袁小源¹, 李赛男², 巫金根¹, 闫国利^{1,3}

(1. 天津师范大学心理学部, 天津 300387; 2. 天津市教育科学研究院, 天津 300191;
3. 教育部人文社会科学重点研究基地天津师范大学心理与行为研究院, 天津 300387)

摘要:为明确汉语读者对副中央凹汉字的识别过程, 研究采用副中央凹启动范式与词汇判断任务, 通过三个实验, 系统地探讨了读者对副中央凹 N + 2 位置汉字形音义信息的激活情况及其激活的时间进程。结果显示, 在反应时或错误率指标上, 汉语读者表现出字形干扰与语义促进效应, 未表现出语音的激活效应。综合三个实验的结果可以说明, 副中央凹汉字的语义可以由字形直接获得, 并不一定通过语音的中介作用, 读者在副中央凹汉字形音义激活的时间顺序为字形 – 语义 – 语音。

关键词:汉字识别; 副中央凹; 字形; 语音; 语义

中图分类号:B842.5

文献标志码:A

文章编号:1003–5184(2024)04–0311–08

1 引言

汉字作为最基本的书写单位 (Pollatsek et al., 2000), 对其进行识别是进行流畅阅读的基础。汉字识别过程包含了对字形、语音和语义等多种信息的加工 (Coltheart et al., 2001)。

1.1 中央凹汉字形音义激活的时间进程

汉字识别中形音义的激活情况, 目前的研究主要有三种结果: 第一, 首先激活字形, 随后语音自动激活 (Perfetti & Tan, 1998; Perfetti et al., 2005); 第二, 首先激活字形, 语义的激活早于语音, 语音是一种附属产品 (Leck et al., 1995; Zhou & Marslen-Wilson, 1999); 第三, 汉字识别存在两种通道, 一种是从字形直接通达语义, 一种是从字形激活语音再通达语义 (Seidenberg, 1985; Xu et al., 1999)。

形音义信息在词汇识别中的作用主要有三种理论观点。语音中介理论 (Rubenstein et al., 1971) 认为, 字形首先激活语音, 后由语音激活语义, 语音在语义通达中起着重要的中介作用; 直通理论 (Taft & Graan, 1998) 认为, 字形的激活直接导致语义的激活, 语音在语义通达中作用不大; 双通道理论 (Coltheart, 1988) 认为, 语音中介和直通两条通路并存, 最终由哪条通道通达语义取决于字频、读者的阅读水平等因素。周晓林 (1997) 提出中央凹处词汇识别的表征与加工模型, 该模型认为, 在汉字识别早期, 字形是最基本的约束来源, 当字形被激活后, 与之相关联的语义和语音表征被激活, 语义和语音激

活相互独立, 语义激活主要受字形制约。回顾以往关于汉字识别的研究, 大多是采用启动范式, 探究中央凹位置汉字形音义的激活, 仅有少数研究探讨副中央凹汉字的预加工情况及形音义激活的时间进程 (Pollatsek et al., 2000)。

1.2 副中央凹汉字形音义的激活

由于视敏度、工作记忆容量和注意资源等条件的限制, 读者每次注视只能从文本的小部分区域获得信息 (McConkie & Rayner, 1975)。当字词落在视网膜的中央凹处 ($1^\circ \sim 2^\circ$ 视角内) 时, 人眼的视敏度最高, 字词加工效率最高, 中央凹双侧约 5° 视角区域是副中央凹区域, 该区域的视敏度显著降低, 加工效率下降 (Veldre et al., 2022)。McConkie 和 Rayner (1975) 将读者阅读文本过程中每次注视获取有用信息的范围称为阅读知觉广度。Inhoff 和 Liu (1998) 考察了汉语成人读者阅读知觉广度的大小, 结果发现, 知觉广度范围为注视字左侧 1 个汉字, 右侧 3 个汉字。此后的很多研究支持了这一结果 (熊建萍等, 2009; 闫国利等, 2018)。因此, 读者不仅能从当前注视的中央凹区域获得信息, 也从注视点右侧 3 个字范围内的副中央凹区提取信息 (Meixner et al., 2022)。

回顾以往关于拼音文字的研究, 主要采用启动范式考察副中央凹词汇识别中形音义的激活问题。首先, 拼音文字的研究发现, 与控制条件 (预视词与目标词形音义无关) 相比, 当副中央凹呈现的预视

* 基金项目: 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“学生高效阅读的认知神经机制及干预策略研究” (22JJD190012)。

通信作者: 闫国利, E-mail: psyyl@163.com。

词与目标词正字法相似 (Khelifi et al., 2015; Pollatsek et al., 1992)、语音相同 (Pollatsek et al., 1992; Pollatsek et al., 2000) 时, 被试反应时缩短, 说明读者获得了词汇的正字法与语音信息并影响了随后的词汇识别。但对于语义的激活情况, 目前的研究结论尚不一致 (Hohenstein & Kliegl, 2014; Rayner et al., 1986)。拼音文字的研究结果并不能直接推广到汉语当中, 汉字有很多独特之处, 如, 汉字是表意文字, 语义透明度更大。相比于形-音对应密切的拼音文字, 汉字的形-义对应更加紧密, 因此, 与语音信息相比, 汉语读者更容易获得副中央凹位置汉字的语义信息 (Yan et al., 2009)。

相较而言, 目前对副中央凹汉字识别中形音义激活的研究很少。Pollatsek 等人 (2000) 通过启动范式, 考察副中央凹汉字形音义信息在汉字识别中的作用。结果发现, 与控制条件相比, 当预视字与目标字完全相同、字形相似或语音相同时, 读者的命名反应时短, 说明读者能激活副中央凹汉字的字形和语音。研究者将完全相同或相关预视条件下被试反应时的减少叫做“预视效益” (Khelifi et al., 2015)。但对于读者能否激活语义信息, 该研究没有得出明确的结论。正如该文章中所提到的, 由于所用程序限制, 预视字距离注视点的位置过远, 位于 4.7° 视角的副中央凹边缘位置 (一个汉字占据 0.6°)。以往研究证明, 词汇识别的速度和准确率随着离心率 (预视词与注视位置的距离) 的增加而降低 (Veldre et al., 2022)。因此, 该研究结果无法完全反映汉语读者对副中央凹汉字的识别情况。

综上所述, 目前尚未明确读者对副中央凹汉字形音义信息的激活情况及其加工的时间进程。离心率是影响词汇识别速度和准确率的关键因素, 知觉广度的研究表明, 读者可以从注视字右侧 3 个字范围内获得信息。因此, 为保证预视字位于知觉广度内的副中央凹区域, 研究选择文本阅读中注视点右侧第二个字对应的位置作为预视字呈现位置 (下文中统称副中央凹 N+2 位置)。因此, 研究采用副中央凹启动范式, 探讨 N+2 位置汉字的字形、语音和语义信息的激活情况及其加工的时间进程。采用眼动仪作为实验仪器, 实现对被试眼睛注视位置的控制, 防止注视位置偏移启动字上而影响实验结果。根据中央凹词汇识别的表征与加工模型 (周晓林, 1997) 假设, 字形是其他类型信息激活的基础, 因此读者最先激活副中央凹汉字的字形; 其次, 汉字是表意文字, 相比于语音, 假设读者更容易激活语义信息。在理论上, 考察副中央凹汉字信息的加工进程为验证形音义信息在词汇识别中的三种

理论观点提供数据佐证, 有助于揭示读者对阅读知觉广度范围内汉字的信息加工机制。在实践上, 有效的副中央凹加工是流畅阅读的重要条件 (Rayner, 1975), 对该问题的研究, 有助于揭示读者阅读效率差异的潜在原因, 将副中央凹信息的加工情况作为判断读者阅读能力的一个标准。

2 实验 1 N+2 位置汉字的字形信息加工

字形表征的激活是其它类型表征激活的前提 (陈宝国等, 2003), 实验一考察副中央凹 N+2 位置汉字的字形信息激活。

2.1 被试

36 名天津某高校在校学生参与实验 (男 18 人, 女 18 人), 平均年龄 $M = 19.92$ ($SD = 1.89$)。被试的裸眼视力或矫正视力正常, 母语均为汉语。

2.2 实验设计

实验采用 3 (预视类型: 等同, 形似音异, 无关) \times 3 (启动时间: 60 ms, 100 ms, 145 ms) 被试内设计。

参考以往文献 (陈宝国, 彭聃龄, 2001; 陈宝国等, 2003, 2006; 刘敏等, 2019), 分别设计 60 ms, 100 ms, 145 ms 作为副中央凹启动时间。

2.3 实验材料与评定

根据《形近字字典》 (冉红, 2010), 选择 180 个目标字, 目标字 (“叶”) 对应三种预视字: 等同 (“叶”)、形似 (“计”)、无关 (“帅”), 预视字随机呈现在右侧。基于 Subtlex-CH (Cai & Brysbaert, 2010) 字词语料库, 匹配预视字的频率和笔画数, 目标字与预视字字频差异不显著 $F(2, 178) = 0.08, p = 0.92$, 笔画数差异不显著 $F(2, 178) = 1.26, p = 0.28$ 。设 90 对字作为填充材料 (预视字出现在右侧), 目标字为符合正字法规则的假字。为防止被试注意力只集中在右侧, 另设 136 对字作为填充材料 (预视字出现在左侧), 其中 68 对的目标字为假字。所有填充材料不计入数据分析。

表 1 三种预视字的字频和笔画数 $M(SD)$

	等同预视	形似预视	无关预视
字频	110.40(593.64)	86.98(419.10)	98.79(603.43)
笔画数	9.32(2.65)	9.28(2.58)	9.91(6.27)

请未参与实验的 15 名大学生对目标字与形似字、目标字与无关字的字形相似性进行五点量表评定 (1 为非常不相似, 5 为非常相似)。评定结果发现, 目标字与形似字较为相似 ($M = 3.90, SD = 0.46$), 目标字与无关字较不相似 ($M = 1.36, SD = 0.45$)。

2.4 实验仪器和程序

采用加拿大 SR 公司生产的 Eyelink 1000 plus

眼动仪,采样率为1000 Hz。屏幕分辨率为1024 × 768,显示器屏幕距被试眼睛的距离为65 cm,实验材料使用宋体呈现,每个汉字在屏幕上的大小为32 × 32 像素,所对应的视角为1°。

屏幕中央呈现注视点“+”,要求被试盯住注视点,随后,在注视点两侧随机呈现预视字,持续呈现60/100/145 ms(此时要求被试仍注视在“+”处),随后在屏幕中央呈现目标字,被试的任务是尽快地判断目标字是否是真字,并在键盘上做按键反应。在注视点与预视字间有一条隐形的边界,若眼睛越过边界,预视字立即被“※”覆盖。为保证预视字位于N+2位置,目标字右边界距预视字左边界1°视角。具体程序参考图1。

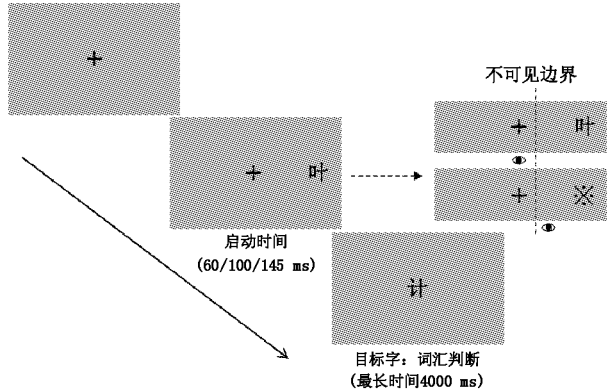


图1 实验程序示意图

2.5 结果

在分析数据前,数据整理标准如下:(1)删除眼睛从注视点移动导致启动时间不达标的数据(11.5%);(2)删除反应时平均数在3个标准差之外的数据(1.6%);(3)删除反应错误的数据(1.9%)。

使用R(R Core Team,2015)语言环境下的lme4软件包(version 1.1-12),使用线性混合效应模型(LMM)分析反应时,使用广义线性模型(GLMM)分析错误率。为提高数据的正态化,对反应时数据进行log转化。为使模型拟合,使用最简模型,其句法为:(lmer(depvar ~ soa × condition + (1|pp) + (1|stim),data = datafile))。使用BayesFactor包(Morey et al.,2018)进行贝叶斯因子计算,来确定字形启动效应的证据强度。参考Yao等人(2022)的研究,字形启动效应的贝叶斯因子由“包括字形启动效应、被试和项目截距的模型”与“只包括被试和项目截距的零模型”比值所得,若比值大于1则支持存在字形启动效应,且数值越大表示对启动效应存在的支持程度越高。

反应时与错误率的平均数、标准差结果分别见

表2,表3。

表2 目标字在不同预视条件下的平均反应时(ms)与标准差

预视类型	副中央凹启动时间		
	60 ms	100 ms	145 ms
等同预视	624(199)	605(188)	579(197)
形似预视	655(188)	678(212)	674(217)
无关预视	648(194)	654(221)	632(175)

表3 目标字在不同预视条件下的错误率(%)与标准差

预视类型	副中央凹启动时间		
	60 ms	100 ms	145 ms
等同预视	2.07(0.14)	1.06(0.10)	1.66(0.13)
形似预视	3.43(0.18)	3.32(0.18)	3.65(0.19)
无关预视	1.52(0.12)	1.38(0.12)	1.33(0.11)

在反应时上,等同条件显著短于形似和无关条件($|t|s > 4.72, ps < 0.001$),形似条件显著长于无关条件($b = -0.03, SE = 0.01, t = 4.72, p < 0.001$)。145 ms条件下显著短于60 ms条件和100 ms条件($|t|s > 2.36, ps < 0.05$),60 ms条件与100 ms条件差异不显著($b = 0.001, SE = 0.01, t = 0.20, p = 0.84$)。无关条件的反应时减去形似条件的反应时,即为字形预视效益量(Rayner,2009)。交互作用显著,145 ms条件下的字形预视效益量的绝对值显著大于60 ms($b = 0.04, SE = 0.02, t = -2.35, p = 0.02$),100 ms条件下的字形预视效益量与60 ms和145 ms条件差异均不显著($|t|s > 1.12, ps > 0.20$)。

为具体考察不同启动时间下字形信息的加工情况,简单效应分析发现:仅在100 ms和145 ms时,形似条件下的反应时与无关条件差异显著($|t|s > 3.86, ps < 0.01$)。贝叶斯因子分析发现,三种启动时间条件下,字形干扰效应的贝叶斯因子值分别为:0.11,3.41,84.01。因此,支持在启动时间为100 ms和145 ms时存在显著的字形激活。

在错误率上,形似条件显著大于等同条件和无关条件($|z|s > 3.67, ps < 0.001$)。启动时间主效应不显著($|zs| > 0.08, ps > 0.28$)。具体而言,在60 ms,100 ms,145 ms时,形似条件下错误率均显著大于无关条件($|zs| > 2.32, ps < 0.02$)。贝叶斯因子分析发现,100 ms和145 ms条件下,字形干扰效应的贝叶斯因子值分别为:0.84,1.16,1.22。因此,错误率结果表明,在启动时间为100 ms和145 ms时表现出了显著的字形激活。

2.6 小结

实验一结果表明,读者可以获得副中央凹N+2位置汉字的字形。启动时间为60 ms时,由于时间太短,尚未表现出对字形的激活。但在100 ms及145 ms时,发现了字形激活,预视效益量的绝对值

分别是 24 ms 和 42 ms,随着启动时间增长,字形预视效益量绝对值增大且总反应时逐渐减小,表明在汉字加工的早期,可以激活 N+2 位置汉字的字形,且需要足够的预视时间为前提。

实验一发现了字形启动的干扰效应,与呈现无关预视字比,呈现形似预视字时被试的反应时增加,错误率增大。以往研究也有相似的发现,如 Perfetti 和 Tan(1998)对中央凹汉字识别的研究。这是由于激活形似预视字的字形后,其语音或语义也由字形表征激活了,这会干扰对形似目标字的判断,从而延长了反应时,降低反应的正确率。实验二和实验三对 N+2 位置汉字的语音、语义激活的研究确实发现了读者对副中央凹汉字语义的激活。

3 实验 2 N+2 位置汉字的语音信息加工

实验二考察副中央凹 N+2 位置汉字语音信息的激活。

3.1 被试

36 名天津某高校在校学生参与实验(男 17 人,女 19 人),平均年龄 $M = 20.75$ ($SD = 1.85$)。被试的裸眼视力或矫正视力正常,母语均为汉语。

3.2 实验设计

实验采用 3(预视类型:等同,同音异形,无关) \times 3(启动时间:60 ms,100 ms,145 ms)被试内设计。

3.3 实验材料

根据《同音字字典》(孙运生,2014),选择 180 个目标字,目标字(“阳”)对应三种预视字:等同(“阳”)、同音(“洋”)、无关(“拉”),预视字呈现在注视点右侧。基于 Subtlex-CH(Cai & Brysbaert, 2010)汉语字词语料库,匹配预视字的频率和笔画数,目标字与预视字字频差异不显著 $F(2, 178) = 0.46, p = 0.63$,笔画数差异不显著 $F(2, 178) = 0.62, p = 0.54$ 。设 90 对字作为填充材料(预视字出现在右侧),目标字为发音为“yi”的汉字。为防止被试注意力只集中在右侧,另设 136 对字作为填充材料(预视字出现在左侧),其中 68 对的目标字为发音为“yi”的汉字。所有填充材料不计入数据分析。

表 4 三种预视字的字频和笔画数 $M(SD)$

	等同预视	同音预视	无关预视
字频	88.40(644.91)	151.95(787.17)	105.39(485.47)
笔画数	9.51(2.65)	9.21(3.70)	9.39(2.36)

请未参与实验的 15 名大学生对目标字与同音字的字形相似性进行五点量表评定(1 为非常不相似,5 为非常相似)。评定结果发现,目标字与同音字的字形不相似($M = 1.39, SD = 0.44$)。

3.4 实验仪器和程序

实验仪器和程序同实验一。在实验二中被试的

任务是尽快地判断目标字发音是否为“yi”,并在键盘上做按键反应。

3.5 结果

数据整理标准如下:(1)删除眼睛从注视点移动导致预视字启动时间不达标的数据(9.7%);(2)删除反应时平均数在 3 个标准差之外的数据(1.5%);(3)删除反应错误的的数据(3.2%)。

数据分析方法同实验一。反应时与错误率结果分别见表 5,表 6。

表 5 目标字在不同预视条件下的平均反应时(ms)与标准差

预视类型	副中央凹启动时间		
	60 ms	100 ms	145 ms
等同预视	674(189)	641(194)	629(211)
同音预视	682(192)	675(198)	660(200)
无关预视	678(203)	673(194)	671(213)

表 6 目标字在不同预视条件下的错误率(%)与标准差

预视类型	副中央凹启动时间		
	60 ms	100 ms	145 ms
等同预视	3.61(0.19)	4.48(0.21)	2.78(0.16)
同音预视	4.93(0.22)	4.69(0.21)	4.33(0.20)
无关预视	2.83(0.17)	2.17(0.15)	2.91(0.17)

在反应时上,等同条件显著短于同音和无关条件下($|t|s > 5.66, ps < 0.001$),同音条件与无关条件差异不显著($b = 0.02, SE = 0.07, t = -0.25, p = 0.81$)。145 ms 条件显著短于 60 ms 和 100 ms 条件($|t|s > 2.65, ps < 0.001$),100 ms 条件显著短于 60 ms($b = 0.03, SE = 0.01, t = -3.45, p < 0.001$)。交互作用不显著($|t|s > 0.005, ps > 0.32$)。

进一步分析发现,三种启动时间下,同音与无关条件下反应时差异均不显著($|t|s > 0.68, ps > 0.44$),贝叶斯因子分析发现,三种启动时间下,语音启动效应的贝叶斯因子值分别为:0.10,0.08,0.10。反应时结果不支持存在语音激活效应。

在错误率上,同音条件显著大于无关条件($b = -0.91, SE = 0.25, z = -3.66, p < 0.001$),等同条件与同音条件、无关条件差异不显著($|z|s > 1.85, ps > 0.06$);启动时间主效应不显著($|z|s > 0.08, ps > 0.84$),交互作用不显著($|z|s > 0.12, ps > 0.44$)。具体分析而言,在呈现时间为 60 ms,100 ms,145 ms 时,同音条件错误率均显著大于无关条件($|zs| > 2.32, ps < 0.01$),语音启动效应的贝叶斯因子值分别为:1.12,3.71,0.24。

3.6 小结

实验二的反应时结果发现,三种启动时间下,同音和无关条件的反应时差异均不显著,说明被试没有激活 N+2 位置汉字的语音信息。对错误率的分

析发现,支持读者获得 N+2 位置汉字的语音。这说明语音的激活可能已经出现,但只表现在干扰目标字的精确判断这一指标上。因此,该结果为读者可能从 N+2 位置汉字预视获得语音信息提供证据。

以往也有很多对汉字识别的研究结果在反应时与错误率两个指标上不一致,但均认为反应时指标更具代表性,结论以反应时结果为准(陈宝国,彭聃龄,2001;陈宝国等,2006;Khelifi et al.,2015;Perfetti & Tan,1998)。本实验中被试错误反应次数少,仅占数据总数的 3.2%,随机误差较大。因此,完全依赖错误率而不是反应时来完全反应语音的激活不具代表性。对于 N+2 位置汉字语音的激活情况也值得未来做进一步探讨。

4 实验3 N+2 位置汉字的语义信息加工

实验三考察副中央凹 N+2 位置汉字语义信息的激活情况。

4.1 被试

36 名天津某高校在校学生参与实验(男 18 人,女 18 人),平均年龄 $M = 20.08$ ($SD = 1.47$)。被试的裸眼视力或矫正视力正常,母语均为汉语。

4.2 实验设计

实验采用 3(预视类型:等同,语义相近,无关) \times 3(启动时间:60 ms,100 ms,145 ms)被试内设计。

4.3 验材料与评定

根据《同义词近义词反义词组造句词典》(梅萌,2007)选择 144 个目标字,目标字(“晚”)对应三种预视字:等同(“晚”)、语义相近(“迟”)、无关(“短”),预视字呈现在注视点右侧。基于 Subtlex-CH(Cai & Brysbaert,2010)汉语字词语料库,匹配预视字的频率和笔画数,目标字与预视字字频差异不显著 $F(2,178) = 0.11, p = 0.89$,笔画数差异不显著 $F(2,178) = 0.10, p = 0.91$ 。设 72 对字作为填充材料(预视字出现在右侧),目标字为表示动物的字。为防止被试注意力只集中在右侧,另设 108 对字作为填充材料(预视字出现在左侧),其中 54 对的目标字为假字。所有填充材料不计入数据分析。

表7 三种预视字的字频和笔画数 $M(SD)$

	等同预视	义近预视	无关预视
字频	253.91(709.68)	309.38(1190.74)	277.38(971.43)
笔画数	8.96(2.85)	8.90(3.00)	9.03(2.64)

请未参与实验的 15 名大学生对目标字与义近字的字形相似性进行五点量表评定(1 为非常不相似,5 为非常相似),评定结果发现,目标字与义近字

的字形不相似($M = 1.42, SD = 0.46$)。另外对目标字与义近字的语义相似性进行评定(1 为非常不相似,5 为非常相似),评定结果发现,目标字与义近字语义较为相似($M = 4.28, SD = 0.34$)。

4.4 实验仪器和程序

实验仪器和程序同实验一。在实验三中被试的任务是尽快判断目标字是否表示动物,并在键盘上做按键反应。

4.5 结果

数据整理标准如下:(1)删除眼睛从注视点移动导致预视字启动时间不达标的数据(11.3%);(2)删除反应时平均数在 3 个标准差之外的数据(1.5%);(3)删除反应错误的数字(1.4%)。

数据分析方法同实验一。反应时与错误率结果分别见表 8,表 9。

表8 目标字在不同预视条件下的平均反应时(ms)与标准差

预视类型	副中央凹启动时间		
	60 ms	100 ms	145 ms
等同预视	641(276)	623(248)	593(239)
义近预视	654(241)	647(250)	613(230)
无关预视	656(221)	659(282)	639(221)

表9 目标字在不同预视条件下的错误率(%)与标准差

预视类型	副中央凹启动时间		
	60 ms	100 ms	145 ms
等同预视	1.34(0.12)	1.50(0.12)	1.47(0.12)
义近预视	1.13(0.11)	0.75(0.09)	1.40(0.12)
无关预视	0.93(0.10)	1.67(0.13)	1.92(0.14)

在反应时上,等同条件的反应时显著短于义近和无关条件($|t|s > 4.45, ps < 0.01$),义近条件显著短于无关条件($b = 0.02, SE = 0.01, t = 2.64, p = 0.01$)。145 ms 条件显著短于 60 ms 和 100 ms($|t|s > 4.79, ps < 0.01$),100 ms 条件的反应时显著短于 60 ms($b = 0.02, SE = 0.01, t = -2.32, p = 0.02$)。交互作用不显著($|t|s > 0.24, ps > 0.12$)。

为具体考察不同启动时间下语义信息的激活情况,进一步分析发现:仅启动时间为 145 ms 时,义近条件的反应时与无关条件条件差异显著($b = 0.04, SE = 0.01, t = 2.89, p = 0.003$)。贝叶斯因子分析发现,三种启动时间条件下,语义启动效应的贝叶斯因子值分别为:0.17,0.08,4.78。因此,支持在启动时间为 145 ms 时存在显著的语义激活。

在错误率上,预视类型的主效应、启动时间的主效应与交互效应均不显著($|z|s > 0.13, ps > 0.05$),语义启动效应的贝叶斯因子值分别为:0.07,0.19,0.09。

4.6 小结

实验三结果表明,在启动时间为 145 ms 时,读

者可以获得副中央凹 N + 2 位置汉字的语义。但当启动时间缩短为 60 ms 与 100 ms 时,由于预视时间不足,被试无法激活 N + 2 位置汉字的语义。但从数据结果趋势来看,无论在 60 ms 还是 100 ms 的启动时间下,义近条件下的反应时都短于无关条件。无关条件下的反应时减去义近条件,即为语义预视效益量(Rayner, 2009)。效益量在三种预视条件下分别是 2 ms, 12 ms 和 26 ms。由此可见,随着启动时间延长,被试获得的语义预视效益量逐渐增大且总反应时逐渐减小,直到 145 ms 时效果达到显著。这表明,语义的获取是需要特定时间窗口的,这与以往对中央凹位置汉字识别过程的研究结果相似(陈宝国, 彭聃龄, 2001; 陈宝国 等, 2003, 2006; Perfetti & Tan, 1998)。

5 综合讨论

研究采用副中央凹启动范式,首次对副中央凹 N + 2 位置汉字的字形、语音、语义激活及其激活的时间进程进行系统地探讨。结果支持读者可以激活副中央凹 N + 2 位置汉字的字形和语义,仅有错误率结果支持读者可以激活 N + 2 位置汉字的语音。

5.1 副中央凹 N + 2 位置汉字形音义信息的激活

实验一结果表明,读者可以获得 N + 2 位置汉字的字形。这是因为字形属于低水平的视觉信息,在书面汉字识别的过程中,读者首先要通过视觉刺激提取汉字的视觉特征,因此,无论是拼音文字还是汉字的识别,视觉信息的提取必然成为词汇加工中必不可少的一个环节(Yu et al., 2017)。其次,汉字是一种由视觉符号来表示意义的文字系统,这使得视觉加工在汉字识别中起到十分重要的作用。

实验二和实验三的反应时结果表明,读者可以获得 N + 2 位置汉字的语义,但较难获得其语音,仅在 145 ms 条件下表现出较弱的语音激活趋势。这一发现与 Chen 和 Shu (2001) 对中央凹汉字形音义激活的研究结果相似:仅在 57 ms 时发现了微弱的语音激活,但表现出了较强的语义激活。研究者认为,语音在汉字的识别中远不如字形和语义重要。这与拼音文字的研究结果不一致。对拼音文字副中央凹词汇识别的研究认为,读者较容易激活其语音信息(Pollatsek et al., 1992; Pollatsek et al., 2000),而较难激活语义信息(Altarriba et al., 2001)。这主要与文字特点有关,拼音文字中的形素和音素存在着明确的对应关系,这使得读者容易获得词汇的语音,并由语音激活语义。而汉字是典型的表义文字,读者可以直接通过字形通达语义,语音在汉字识别中的作用并不大。因此,相比于拼音文字,汉字的语义提取速度更快,效益量更大(Yan et al., 2009; Pan

et al., 2020),这为在副中央凹汉字识别中发现语义的激活提供可能。不同的语言有其不同的语言特点,汉语独有的特征为在汉语加工中较容易激活语义而不是语音提供依据,而研究结果也仅在影响被试正确判断这一指标上发现了微弱的语音激活,因此 N + 2 位置汉字的语音加工情况值得未来的进一步探讨。

5.2 副中央凹 N + 2 位置汉字形音义激活的时间进程

从反应时来看,当启动时间为 60 ms 时,没有表现出对形音义的激活,启动时间为 100 ms 时,只表现出对字形的激活,启动时间延长至 145 ms 时,表现出对字形及语义的激活。而在三种启动时间下都没有发现显著的语音激活,仅在 145 ms 时发现了微弱的语音激活趋势。这表明汉字形音义激活的时间进程是:首先解码字形,其次获取语义,最后激活语音。大量研究也表明,汉字识别过程中,字形信息的解码要早于语音和语义,字形对汉字信息提取有着重要作用(陈宝国, 彭聃龄, 2001; 陈宝国 等, 2003, 2006; Perfetti et al., 2005; Perfetti & Zhang, 1991)。例如,Perfetti 和 Zhang (1991) 研究结果发现,当启动时间为较短的 46 ms 时,只发现了字形的启动效应,说明字形的激活要早于语音和语义。

正如引言中提到的,拼音文字关于形音义信息在中央凹处词汇识别中的作用主要有三种理论观点。研究发现在副中央凹汉字识别过程中,最先激活字形信息,字形可以直接激活语义,语义的激活并不一定需要通过语音的中介作用。因此,研究结果符合词汇识别的直通理论,且不支持词汇识别的语音中介理论。此结果亦符合汉语中央凹词汇识别的表征与加工模型理论(周晓林, 1997)。

5.3 未来研究展望

目前,汉语词汇识别的表征与加工模型是基于中央凹位置词汇识别的研究提出来的(周晓林, 1997),还尚未有研究提出副中央凹词汇的识别模型。二者的区别在于位于中央凹与副中央凹的词汇离心率不同,加工程度也会不同,词汇识别的速度和准确率随着离心率的增加而降低(Veldre et al., 2022)。已有的汉语阅读眼动模型模拟了读者对知觉广度范围内字词的加工以及如何利用所激活的信息进行眼动控制(Li & Pollatsek, 2020)。但正如作者所提到的,目前该模型的局限之一是,为了使模型简单化,没有涉及副中央凹字词的语音或语义加工是如何影响字词识别和词切分的,因此,模型无法模拟语音预视与语义预视现象,而了解副中央凹字词形音义的加工情况是阅读研究中非常重要的一部

分。研究发现读者不仅能够预视到副中央凹 N+2 位置汉字的字形,且发现读者能够预视到副中央凹 N+2 位置汉字的语义,在未来研究中,可进一步在自然阅读中探讨读者能否从副中央凹字 N+2 提取字形、语音或语义信息。

6 结论

(1) 汉语读者可以激活副中央凹 N+2 位置汉字的字形、语义信息,较难激活语音信息。

(2) 副中央凹汉字识别过程中形音义激活的时间顺序为字形-语义-语音。

参考文献

- 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.
- 陈宝国,王立新,彭聃龄.(2003). 汉字识别中形音义激活时间进程的研究(II). *心理学报*, 35(5), 576-581.
- 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.
- 刘敏,李赛男,刘妮娜,王正光,闫国利.(2019). 2-5 年级小学生汉字识别中预视效应的发展研究. *心理发展与教育*, 35(4), 557-559.
- 梅萌.(2007). *同义词近义词反义词组词造句词典*. 北京:商务印书馆国际有限公司.
- 冉红.(2010). *形近字字典*. 北京:外语教学与研究出版社.
- 孙运生.(2014). *小学生同音词词典*. 北京:中国大百科全书出版社.
- 熊建萍,闫国利,白学军.(2009). 不同年级学生汉语阅读知觉广度的眼动研究. *心理科学*, 32(3), 584-587.
- 闫国利,李赛男,王亚丽,刘敏,王丽红.(2018). 小学二年级学生汉语阅读知觉广度的眼动研究. *心理科学*, 41(4), 849-855.
- 周晓林.(1997). 一个中文词汇识别的表征与加工模型. 见彭聃龄(主编), *汉语认知研究*. 济南:山东教育出版社.
- Altarriba, J., Kambe, G., Pollatsek, A., & Rayner, K. (2001). Semantic codes are not used in integrating information across eye fixations in reading: Evidence from fluent Spanish-English bilinguals. *Perception and Psychophysics*, 63(5), 875-890.
- Cai, Q., & Brysbaert, M. (2010). SUBTLEX-CH: Chinese word and character frequencies based on film subtitles. *PLoS ONE*, 5(6), e10729.
- Chen, H. C., & Shu, H. (2001). Lexical activation during the recognition of Chinese characters: Evidence against early phonological activation. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(3), 511-518.
- Coltheart, M. (1988). Reading, phonological recoding, and deep dyslexia. In M. Coltheart, K. Patterson, & J. C. Marshall (Eds.), *Deep dyslexia* (pp. 197-226). Routledge & Kegan Paul: Henley-on-Thames.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204-256.
- Hohenstein, S., & Kliegl, R. (2014). Semantic preview benefit during reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40(1), 166-190.
- Inhoff, A. W., & Liu, W. (1998). The perceptual span and oculomotor activity during the reading of Chinese sentences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(1), 20-34.
- Khelifi, R., Sparrow, L., & Casalis, S. (2015). Third and fifth graders' processing of parafoveal information in reading: A study in single-word recognition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 139, 1-17.
- Leck, K. J., Weekes, B. S., & Chen, M. J. (1995). Visual and phonological pathways to the lexicon: Evidence from Chinese readers. *Memory & Cognition*, 23(4), 468-476.
- Li, X., & Pollatsek, A. (2020). An integrated model of word processing and eye-movement control during Chinese reading. *Psychological Review*, 6, 1139-1162.
- McConkie, G. W., & Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, 17, 578-586.
- Morey, R. D., Rouder, J. N., Jamil, T., Urbanek, S., Forner, K., & Ly, A. (2018). *BayesFactor: Computation of Bayes factors for common designs*. Version 0. 9. 12. from <https://CRAN.R-project.org/package=BayesFactor>.
- Meixner, J. M., Nixon, J. S., & Laubrock, J. (2022). The perceptual span in dynamically adjusted in response to foveal load by beginning readers. *Journal of Experimental Psychology: General*, 151(6), 1219-1232.
- Pan, J., Yan, M., & Laubrock, J. (2020). Semantic preview benefit and cost: Evidence from parafoveal fast-priming paradigm. *Cognition*, 205, 104452.
- Perfetti, C. A., & Tan, L. H. (1998). The time course of graphic, phonological, and semantic activation in Chinese character identification. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 24(1), 101-118.
- Perfetti, C. A., & Zhang, S. (1991). Phonological processes in reading Chinese words. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 17, 633-643.
- Perfetti, C. A., Liu, Y., & Tan, L. H. (2005). The Lexical Constituency Model: Some implications of research on Chinese for general theories of reading. *Psychological Review*, 112(1), 43-59.
- Pollatsek, A., Lesch, M., Morris, R. K., & Rayner, K. (1992). Phonological codes are used in integrating information across saccades in word identification and reading. *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 18, 148-162.

- Pollatsek, A., Tan, L. H., & Rayner, K. (2000). The role of phonological codes in integrating information across saccadic eye movements in Chinese character identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 26(2), 607–633.
- R Core Team. (2015). *The R Project for Statistical Computing*. Available at: <http://www.R-project.org/>.
- Rayner, K. (1975). The perceptual span and peripheral cues in reading. *Cognitive Psychology*, 7(1), 65–81.
- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(8), 1457–1506.
- Rayner, K., Balota, D. A., & Pollatsek, A. (1986). Against parafoveal semantic preprocessing during eye fixations in reading. *Canadian Journal of Psychology*, 40, 473–483.
- Rubenstein, H., Lewis, S., & Rubenstein, M. (1971). Evidence for Phonemic recoding in visual word recognition. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 10, 647–657.
- Seidenberg, M. S. (1985). The time course of phonological code activation in two writing systems. *Cognition*, 19, 1–30.
- Taft, M., & Graan, F. (1998). Lack of phonological mediation in a semantic categorization task. *Journal of Memory and Language*, 38(2), 203–224.
- Veldre, A., Reichle, E. D., Yu, L., & Andrews, S. (2022). Understanding the visual constraints on lexical processing: New empirical and simulation results. *Journal of Experimental Psychology: General*. doi:10.1037/xge0001295.
- Xu, Y., Pollatsek, A., & Potter, M. C. (1999). The activation of phonology during silent Chinese word reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(4), 838–857.
- Yan, M., Richter, E., Shu, H., & Kliegl, R. (2009). Readers of Chinese extract semantic information from parafoveal words. *Psychonomic Bulletin and Review*, 16, 561–566.
- Yu, L., Zhang, Q., Priest, C., Reichle, E. D., & Sheridan, H. (2017). Character – complexity effects in Chinese reading and visual search: A comparison and theoretical implications. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(1), 140–151.
- Yao, P., Staub, A., & Li, X. (2022). Predictability eliminates neighborhood effects during Chinese sentence reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 29(1), 243–252.
- Zhou, X. L., & Marslen-Wilson, W. (1999). Phonology, orthography, and semantic activation in reading Chinese. *Journal of Memory and Language*, 41(4), 579–606.

Parafoveal Processing of Orthographic, Phonological and Semantic Information in Chinese Character Identification from Character Located on Position N + 2

Yuan Xiaoyuan¹, Li Sainan², Wu Jingen¹, Yan Guoli^{1,3}

(1. Faculty of Psychology, Tianjin Normal University, Tianjin 300387; 2. Tianjin Academy of Educational Sciences, Tianjin 300191; 3. Key Research Base of Humanities and Social Sciences of the Ministry of Education, Academy of Psychology and Behavior, Tianjin 300387)

Abstract: Readers could obtain lexical information not only from foveal characters but also from the characters to the right of the fixation during reading. As the basic unit of written Chinese, a character covers all information about orthography, phonology, semantics which readers ought to process. Using the parafoveal priming paradigm, three experiments were conducted systematically in this study. The orthographic, phonological, and semantic information activation of Chinese characters located on position N + 2 was investigated in the recognition of Chinese characters. The results were as follows: Readers could obtain orthographic and semantic from characters located on position N + 2, but it was difficult to obtain phonological information. Orthographic information was activated first, and thus semantic information was available more quickly than phonological information. Results in the present study thus reflect that Chinese readers were not only able to preview the low-level information (orthographic information) but also process high-level information like semantic information from characters in the parafoveal, which is different from the research finding of alphabetic script. Secondly, the semantic information of Chinese characters can be directly obtained from orthography and may not necessarily be mediated by phonology. Our findings reveal the characteristics of parafoveal Chinese processing and provide a reference to enriching model of Chinese characters recognition.

Key words: Chinese character recognition; parafoveal; orthography; phonology; semantics