

中文阅读中副中央凹区域文本信息加工时程的眼动研究*

刘妮娜^{1,2} 王霞¹ 闫国利^{**1,2}

(¹天津师范大学心理与行为研究院, 天津, 300074) (²国民心理健康评估与促进协同创新中心, 天津, 300074)

摘要 副中央凹文本对阅读有非常重要的作用, 考察读者在注视何时起对其加工有助于解决阅读中词汇加工方式的理论问题, 当前研究结果存在很大争论。本研究采用消失文本范式, 操纵词 $n-1$ 和 $n+1$ 的呈现时间 (0ms/40ms), 考察读者加工两侧副中央凹信息的时程。结果发现, 相比 0ms, 在注视早期 40ms 内, 词 $n+1$ 的呈现能够显著促进阅读加工, 而词 $n-1$ 未对阅读产生影响, 表明右侧副中央凹信息的加工发生在注视早期, 而左侧则未发生在该早期阶段。结果支持阅读眼动控制的并列加工模型。

关键词 副中央凹加工 消失文本 中文阅读 眼动

1 引言

在阅读中, 文本投射到读者视网膜上后, 可以分为三个视觉区域: 中央凹 (视轴中心 $0^\circ \sim 2^\circ$), 副中央凹 ($2^\circ \sim 5^\circ$) 和边缘区域 (5° 以外)。读者主要从视敏度最高的中央凹区域获取文本信息, 然而, 副中央凹区域信息在阅读中也扮演着重要的角色。大量研究证明, 读者可以从副中央凹获得信息, 从而缩短了该词在被注视时的加工时间, 当副中央凹词不可见时, 阅读效率会大幅度下降 (Rayner, 2009)。那么读者的一次注视到底能够同时加工位于中央凹和副中央凹的多个词汇, 还是按照严格的序列顺序, 逐一对其进行加工呢? 这一问题的是两类最具代表性的眼动控制模型 (E-Z 读者模型和 SWIFT 模型) 的分歧所在。以往研究从副中央凹信息的加工范围 (例如: 词 $n+2$ 预视) 和加工水平 (语义预视) 角度对这一问题进行了考察, 但结论存在争议。而从加工时程的角度考察副中央凹信息的获取也是解决词汇加工方式这一问题的有效途径。因此, 当前研究考察副中央凹词汇加工发生的时程, 即在对词 n 进行注视的何时开始对副中央凹信息进行语义层面的加工, 以此来揭示中文阅读中词汇加工方式的重要理论问题。

以 E-Z Reader 为代表的序列加工模型和以 SWIFT 为代表的并列加工模型对右侧副中央凹词的加工时程有不同的假设。E-Z Reader 认为, 读者的注意是严格按照序列的方式在词间依次转移, 只有在注视词完全通达后, 注意才开始转移到下一个被选择为加工目标的词上, 因此认为读者对右侧副中央凹词 (词 $n+1$) 的预加工是发生在当前词识别完成与眼跳转移到下一个词之间的时间窗口内, 具体发生在当前注视的晚期 (Reichle, Rayner, & Pollatsek, 2003)。相反, SWIFT 模型假设注意以梯度的方式同时分布于知觉广度内的所有词上, 虽然更偏向先加工注视词, 但是其对副中央凹信息的加工不会发生在当前词加工之后, 而是相对较早 (Richter, Engbert, & Kliegl, 2006)。

读者在注视的何时开始对副中央凹信息进行预加工的时程问题存在争议。Rayner, Liversedge 和 White (2006) 等人的研究支持序列加工模型。他们采用消失文本范式, 在拼音文字中, 考察词 $n+1$ 在注视更早期的 60ms 内是否能够被加工, 结果发现词 $n+1$ 在当前词注视 60ms 后消失, 总阅读时间相比正常阅读显著增加, 表明读者在注视当前词 n 的早期 60ms 内无法获取预视词的视觉信息。同样,

* 本研究得到天津市哲学社会科学规划课题 (TJXX15-023)、国家自然科学基金项目 (31600902) 和天津市哲学社会科学规划课题 (TJXX15-016) 的资助。

** 通讯作者: 闫国利。E-mail: psyyl@163.com

DOI: 10.16719/j.cnki.1671-6981.20170602

闫国利、胡晏雯、刘志方和张智君(2009)采用相同范式,发现中文读者在注视早期80ms内,眼动行为受到很大的影响,以此表明读者无法获取右侧副中央凹的信息。这两项研究都表明,读者在注视中央凹词的非常早期时间内并不能加工词 $n+1$ 。

然而,支持并列加工模型的研究发现,读者在注视非常早期便能够开始加工副中央凹词汇。早期研究使用呈现随眼动变化技术操作副中央凹信息能够被读者可用的时间(Morris, Rayner, & Pollatsek, 1990),结果发现,当副中央凹区域的信息被延迟50ms后呈现时,阅读将会受到影响,表明读者在一次注视的开始阶段能够获得右侧词的一些信息。Inhoff, Eiter 和 Radach(2005)采用变式的边界范式,操作词 $n+1$ 的可见时程:140ms的早期可见、晚期可见、始终可见和始终不可见,考察右侧信息的获取到底是在当前注视的早期还是晚期。结果发现读者从注视的早期便开始预加工右侧信息且直至注视的晚期。Yen, Radach, Tzeng, Hung 和 Tsai(2009)对中文繁体字中的考察也发现读者也能够当前注视相对早期(140ms)获取副中央凹的信息。此外,国内有学者采用消失文本范式进一步发现,读者在注视中央凹词的更短时间内(40ms)已经获取了词 $n+1$ 的信息(刘志方,张智君,刘炜,2015;刘志方,张智君,赵亚军,2011)。上述采用不同范式的拼音文字和中文的阅读研究,提供了副中央凹信息加工在早期出现的证据,特别是在中文中发现了更早的发生时间。

综上,在中文和拼音文字阅读中,副中央凹词汇加工是否发生在中央凹词被注视的早期未得到一致的结论。经分析,造成上述研究不一致的原因可能有以下三个:第一、研究范式不同。包括视觉掩蔽范式、消失文本范式以及变式的边界范式,这几种研究范式所关注的角度各有不同,因此对右侧信息呈现时间和位置的操作也有很大差别。视觉掩蔽范式中关注了包含词 $n+1$ 在内的所有注视点右侧信息的加工时间;变式的边界范式通过同时操作词 $n+1$ 在注视早期和晚期140ms的信息可见,考察预视效应存在的时程,其中为防止读者发现预视词的变化,也操作句中其它内容同时变化字体或形式;而消失文本范式主要关注读者是否能够在注视早期的短暂呈现时间内获取到满足正常阅读的信息。这些可能造成了研究结论的不完全一致。然而,由于消失文本范式被当前研究者们普遍用来考察信息加

工速度的问题(闫国利,刘妮娜,梁菲菲,刘志方,白学军,2015),因此本研究将采用这一范式,接下来也将只分析消失文本范式的相关研究。

第二、只操纵注视右侧词的消失可能会引入额外变量。在消失文本范式中,每次注视右侧词在不同设定时间后变为空白,会出现明显的物理变化,例如在Rayner等(2006)的研究中,消失条件和正常文本,或者早期60ms呈现和0ms条件之间出现差异的原因,除了呈现时间不同,还可能存在物理变化的影响。在当前研究中,研究者同时操纵左、右两侧信息在注视早期40ms内(已有研究证明40ms能够满足中文成人读者对注视词的信息获取)的呈现,通过比较两侧变化模式的差异来应对上述可能的影响。注视左侧副中央凹信息虽然已被跳过,但保持其可见对阅读依然非常重要(Apel, Henderson, & Ferreira, 2012; Jordan, McGowan, & Paterson, 2013),左侧信息在语言整合中可能扮演重要作用。同时有研究单独操作左侧信息呈现时间,发现左侧信息的加工可能发生在注视的相对晚期(至少80ms以后)(刘妮娜,2015)。因此如果消失文本范式没有带来物理变化的影响,那么我们预测左右两侧在早期呈现40ms与不呈现之间的变化可能会不同,表现为左侧没有差异,右侧存在显著差异。此外,我们可以进一步验证左侧副中央凹信息的加工不发生在注视的相对早期,将不同于右侧的加工模式。

第三、中文消失文本研究中只采用总阅读效率来衡量信息呈现时间是否充足,而缺少反映词汇水平加工程度的指标。对总阅读效率造成影响的因素还可能包括低空间频率视觉信息的变化,而序列和并列模型所争议的是词汇水平的加工方式。因此,需要结合词汇和总阅读效率综合评估副中央凹信息在注视早期的呈现是否满足正常阅读加工。词频效应指对低频词的注视时间长于高频词,常被用来反映词汇加工的难易程度,当词汇加工越难时,词频效应越大(Paterson, McGowan, & Jordan, 2012)。本研究将操纵目标词的词频,通过比较不同呈现时间下的词频效应量,增加从词汇识别角度来揭示副中央凹信息的获取时程。

基于此,本研究采用消失文本范式,操纵注视点左侧词 $n-1$ 和右侧词 $n+1$ 在注视早期的呈现时间:立即消失(0ms)和40ms后消失,考察两侧副中央凹信息的获取时程,揭示阅读中词汇的加工方式,

为序列和并列模型之争提供证据。研究假设：如果读者能在注视的早期（40ms 以内）获取副中央凹的信息，那么在 0ms 与 40ms 的消失文本阅读条件下，读者的句子阅读速度会存在差异，反之则无差异；此外，如果读者能够在注视前 40ms 获取副中央凹信息来促进词汇加工，那么，相较 0ms 条件未获得任何词汇信息而言，40ms 条件的词汇加工难度更低，因此其词频效应量将小于 0ms 条件的词频效应量。

2 研究方法

2.1 被试

40 名本科生参与实验。年龄在 18~24 岁之间。所有被试的视力或矫正视力正常。

2.2 实验材料

从《国家语委现代汉语通用平衡语料库》中选取 50 对笔画数匹配的高低频名词词对，其中低频词的平均词频为 4 次 / 百万（0~9 次 / 百万），高频词的平均词频为 247 次 / 百万（44~1140 次 / 百万）。为每一对高低频目标词编写两个句子框架。以“学生”和“孕妇”为例，前者是高频词，后者

是低频词，两个句子框架分别为：（1）按照要求学生 / 孕妇必须定期进行体检；（2）本次培训旨在提高学生 / 孕妇心理素质。一共 100 个句子。目标词不能位于句首或句尾的前两个词，所有的句子都由 6-8 个双字词构成。

分别请 20 名大学生对目标词的预测性和句子的通顺性进行评定。结果表明，目标词的预测性很低（ $M < 0.4\%$ ），且高低频之间没有显著差异。通顺性五点等级评定（其中“1”代表非常不通顺，“5”代表非常通顺）结果为 4.56，表明所有的句子都较通顺。

2.3 实验设计

本实验采用 2（消失位置：左侧词 n-1，右侧词 n+1）× 2（呈现时间：0ms，40ms）× 2（词频：高频，低频）的完全被试内实验设计，同时设置正常文本作为控制条件。在 100 个正式实验句中，每种呈现方式条件下各 20 个，在实验条件间按照拉丁方顺序进行轮组后形成 5 组实验材料，每名被试只阅读其中一组。另外，包括 10 个练习句，40 个阅读理解问题，被试按键进行“对”、“错”的判断。所有句子完全随机呈现。材料举例如图 1。

控制条件			
本次培训旨在提高学生心理素质。[注视开始]			
本次培训旨在提高学生心理素质。[40ms 注视之后]			
L-0ms 消失文本条件			
本次培训	提高	学生心理素质。[注视开始]	
	*		
本次培训	提高	学生心理素质。[40ms 注视之后]	
	*		
R-0ms 消失文本条件			
本次培训旨在提高		心理素质。[注视开始]	
	*		
本次培训旨在提高		心理素质。[注视 40ms 之后]	
	*		
L-40ms 消失文本条件			
本次培训旨在提高学生心理素质。[注视开始]			
	*		
本次培训	提高	学生心理素质。[40ms 注视之后]	
	*		
R-40ms 消失文本条件			
本次培训旨在提高学生心理素质。[注视开始]			
	*		
本次培训旨在提高		心理素质。[注视 40ms 之后]	
	*		

图 1 左侧词 n-1 和右侧词 n+1 消失文本范式示意图

注：“*”号代表注视点。L 表示左侧，R 表示右侧；

2.4 实验仪器和实验程序

实验采用 Eyelink 2000 型眼动记录仪，采样频率为 2000Hz。刺激在 19 英寸的 CRT 显示器上呈现，刷新频率为 150Hz，分辨率为 1024 × 768。实验句子以黑色 20 号宋体在白色背景上呈现，每个汉字占 0.9° 视角。

五种文本呈现条件的操作如下：左侧消失是指当读者注视词 n 时，其左侧的词（词 n-1）消失（变为空白），而 0ms 文本呈现时间是指读者注视词 n

一开始，词 n-1 就消失，40ms 呈现时间是指当读者注视词 n 40ms 后，词 n-1 消失；右侧消失的操作同左侧一样，唯一不同的是消失的词是右侧的词（词 n+1）。此外需要说明的是，消失的词在当前词的整个注视过程中始终不可见，直至注视离开才会再次出现。在控制条件下，文本正常呈现，不涉及任何的消失操作，其作为一个对比条件，考察其他条件下的消失操作是否对读者的阅读造成了影响。

进入实验室后，首先向被试简要介绍实验过程

及注意事项。之后呈现指导语, 然后进行校准, 校准完成后开始阅读句子。首先呈现练习句, 待确定被试理解实验过程后进入正式实验。此外, 在任何必要的时候随时进行重新校准, 整个实验过程大概持续 20 分钟。

3 结果

被试阅读理解题目的正确率为 90%。不同条件之间不存在显著差异 ($ps > .05$)。表明被试能准确理解所有句子。

3.1 整体分析

基于句子的眼动数据分析。结果见表 1。

(1) 总阅读时间。消失位置的主效应不显著, 呈现时间的主效应 ($F_1(1, 39) = 2.56, p = .11, \eta_p^2 = .06; F_2(1, 99) = 2.78, p = .09, \eta_p^2 = .03$) 和二者的交互作用 ($F_1(1, 39) = 1.87, p = .18, \eta_p^2 = .05; F_2(1, 99) = 1.18, p = .28, \eta_p^2 = .02$) 在被试分析上边缘显著。简单效应分析显示, 词 n-1 的消失下总阅读时间在 0ms 和 40ms 条件下差异不显著 ($Fs < 1, ps > .05$); 而对于词 n+1, 二者差异显著 ($F_1(1, 39) = 4.34, p < .05, \eta_p^2 = .10; F_2(1, 99) = 3.65, p = .056, \eta_p^2 = .04$)。此外, 与控制条件相比, 四个消失文本条件的总阅读时间均不同程度地增加, 其中 R-0ms 条件增加最大 ($t_1(39) = 3.05, p < .013; t_2(99) = 3.43, p < .013$), 其它三个条件次之 ($ts < 2.37, .013 < ps < .057$)。结果表明消失文本对读者的阅读造成不同程度干扰, 其中右侧词的立即消失造成影响最大。

(2) 总注视次数。未获得任何显著的交互作用, 数据趋势与总阅读时间结果一致。

(3) 回视时间。呈现时间的主效应显著 ($F_1(1, 39) = 7.84, p < .05, \eta_p^2 = .17; F_2(1, 99) = 5.14, p < .05, \eta_p^2 = .05$), 0ms 条件比 40ms 条件的回视时间更长; 消失位置的主效应边缘显著 ($F_1(1, 39) = 2.21, p = .14, \eta_p^2 = .05; F_2(1, 99) = 3.00, p = .08, \eta_p^2 = .03$), 右侧词 n+1 消失比左侧词 n-1 消失的回视时间更长;

二者的交互作用在被试分析上边缘显著 ($F_1(1, 39) = 3.00, p = .09, \eta_p^2 = .07; F_2(1, 99) = 1.61, p = .21, \eta_p^2 = .02$), 对于右侧词 n+1, 0ms 比 40ms 的回视时间显著增加 ($F_1(1, 39) = 9.72, p < .05, \eta_p^2 = .20; F_2(1, 99) = 6.28, p < .05, \eta_p^2 = .06$), 而对于左侧词 n-1, 两者差异不显著 ($Fs < 1, ps > .05$)。进一步与控制条件相比, R-0ms 的回视时间增加最多 ($t_1(39) = 3.05, p < .013; t_2(99) = 3.43, p < .013$), 其它三个条件不同程度增加 ($ts > 1.59, .013 < ps < .120$)。总之, 读者阅读消失文本时右侧词 n+1 的立即消失使得回视时间增加最长。

(4) 回视次数。呈现时间主效应显著 ($F_1(1, 39) = 4.61, p < .05, \eta_p^2 = .12; F_2(1, 99) = 4.50, p < .05, \eta_p^2 = .04$), 0ms 条件比 40ms 的回视次数更多; 消失位置的主效应显著 ($F_1(1, 39) = 81.00, p < .001, \eta_p^2 = .68; F_2(1, 99) = 93.82, p < .001, \eta_p^2 = .49$), 右侧词 n+1 消失比左侧词 n-1 消失的回视次数更多; 二者的交互作用也显著 ($F_1(1, 39) = 4.46, p < .05, \eta_p^2 = .10; F_2(1, 99) = 3.24, p = .07, \eta_p^2 = .03$), 对于右侧词 n+1, 0ms 与 40ms 的差异显著 ($F_1(1, 39) = 8.94, p < .01, \eta_p^2 = .19; F_2(1, 99) = 7.58, p < .01, \eta_p^2 = .07$), 而对于左侧词 n-1, 二者差异不显著 ($Fs < 1, ps > .05$)。进一步与控制条件相比, 右侧消失条件 R-0ms 和 R-40ms 的回视次数均显著增加 ($ts > 3.14, ps < .013$), 前者增加程度大于后者; 与之相反, 左侧消失条件 L-0ms 和 L-40ms 的回视次数却轻微减少 ($ts > 1.87, .013 < ps < .07$), 两者减少程度一致。总之, 回视次数的变化也受到右侧信息是否在早期 40ms 呈现的影响, 不受左侧词信息的影响。

3.2 局部分析

基于目标词的眼动数据分析。结果见表 2。

(1) 消失位置主效应在凝视时间, 总阅读时间和跳读率上均显著 ($Fs > 5.52, ps < .05, \eta_p^2s > .09$), 表现为词 n+1 消失的凝视时间和总阅读时间都较词 n-1 消失更长, 跳读率更高; 与控制条件相

表 1 五种文本呈现方式下眼动指标的平均数和标准差 (整体分析)

	L-0ms	L-40ms	R-0ms	R-40ms	C
总阅读时间(ms)	4073 (1667)	4067 (1702)	4028 (1736)	4051 (1679)	3878 (1666)
总注视次数	13.9 (5.1)	13.8 (5.2)	14.4 (5.2)	13.8 (5.3)	14.0 (5.6)
回视时间(ms)	1572 (1229)	1540 (1200)	1707 (1217)	1556 (1231)	1436 (1145)
回视次数	3.14 (1.94)	3.14 (1.85)	4.05 (2.15)	3.77 (2.17)	3.37 (2.07)

比,左右两侧消失的凝视时间和跳读率均未受到影响,而右侧消失的总阅读时间显著增加($t_1(39) = 3.18, p < .013; t_2(99) = 3.19, p < .013$)。呈现时间的主效应在所有指标上均不显著($F_s < 1, ps > .05$)。词频效应在所有指标上都显著($F_s > 4.66, ps < .05, \eta_p^2 > .05$),表现为低频词的注视时间都显著长于高频词,而跳读率却低于高频词。

(2) 消失位置,呈现时间和词频三者的交互作用在凝视时间上显著($F_1(1, 39) = 4.35, p < .05, \eta_p^2 = .10; F_2(1, 99) = 4.19, p < .05, \eta_p^2 = .04$);因为本研究更为关注消失位置和呈现时间变量间的词频效应差

异,因此,将凝视时间上的词频效应量(低频凝视时间-高频凝视时间)作为因变量指标,进行消失位置和呈现时间两变量的方差分析。结果显示:二者单独的主效应不显著($F_s < 1, ps > .05$);交互作用显著($F_1(1, 39) = 4.35, p < .05, \eta_p^2 = .10; F_2(1, 99) = 4.19, p < .05, \eta_p^2 = .04$),表现为右侧消失条件下的0ms与40ms的词频效应量之差显著大于左侧($t_1(39) = 2.09, p < .05; t_2(99) = 2.05, p < .05$)。再次表明词n+1信息在注视早期40ms呈现对词汇识别比左侧更重要。

表2 五种文本呈现方式下眼动指标的平均数和标准差(局部分析)

		L-0ms	L-40ms	R-0ms	R-40ms	C
凝视时间(ms)	高频	291 (93)	286 (83)	306 (92)	319 (106)	287 (89)
	低频	327 (114)	342 (134)	374 (139)	345 (137)	353 (132)
总注视时间(ms)	高频	559 (222)	564 (218)	640 (256)	622 (223)	538 (216)
	低频	731 (295)	726 (284)	784 (281)	737 (307)	734 (372)
跳读率(%)	高频	14.6 (14.2)	14.9 (12.9)	15.6 (15.0)	16.9 (14.4)	17.3 (17.5)
	低频	8.8 (11.1)	10.7 (12.0)	15.5 (13.3)	14.7 (13.4)	8.2 (14.9)

4 讨论

本实验采用消失文本范式分别操作文本消失的位置:左侧词n-1和右侧词n+1,和呈现的时间:0ms和40ms,同时设置正常文本作为控制条件。结果显示,读者的总体阅读效率(句子阅读时间)受到所有消失文本操作的影响,其中右侧词呈现0ms条件造成的影响最大,并且右侧词n+1在0ms和40ms条件间存在显著的差异,而左侧词n-1在两种呈现时间条件下受到的影响没有差异。该结果在句子注视次数和回视行为上同样得到了证明,表现为右侧词n+1在注视开始立即消失比40ms后消失产生更多注视次数,和回视次数以及更长的回视时间,相反左侧词n-1在早期40ms内是否呈现没有产生影响。

在0ms条件下,由于副中央凹信息不可见,因此读者的阅读受到了破坏,而右侧信息消失比左侧信息消失受到的破坏更大,这说明在阅读过程中保持右侧信息可见比保持左侧信息可见更重要。另外,右侧词在两种呈现时间条件下的阅读效率存在显著的差异,说明读者在注视的前40ms获取了右侧副中央凹的信息,从而促进了阅读。相反,左侧信息

在这两种呈现时间条件下阅读效率遭受到了同样大的破坏,即在注视的前40ms呈现左侧信息并没有提高读者的阅读。这一结果,一方面证明右侧的变化并没有受到消失操作造成物理变化的额外影响,又进一步验证了读者在注视的早期并没有获取左侧副中央凹的信息。同时,目标词的词频效应结果显示,右侧词消失条件下的0ms与40ms的词频效应量之差显著大于左侧消失条件下二者之差。再次表明读者能够在注视早期40ms的呈现时间内获取右侧词n+1的信息,从而促进对其的词汇识别。该研究结果支持了并列加工模型。

本研究的结果与拼音文字不同。Rayner等(2006)的结果认为,在注视当前词的前60ms的时间内,读者无法获取右侧副中央凹的信息。而本研究结果发现,读者在注视的前40ms内就能获取到右侧信息。但需要指出的是,在本研究中,读者在词n+1呈现40ms的条件下,总阅读时间仍然与控制条件有差异,这似乎表明读者在注视的前40ms内虽然获取了副中央凹信息,但获取的信息并不足以支持正常阅读。这之前研究的结果不一致,刘志方等(2011)的研究发现词n+1呈现40ms,读者就能进行正常阅读。出现这种差异的原因可能是由于本研究中同时操作

左右两侧词消失使得整体阅读难度增大。在阅读中注意资源被中央凹和副中央凹位置分配,当阅读难度增加,会减少可利用的副中央凹资源,从而影响词 $n+1$ 的信息提取,因此造成了本研究中显示的,40ms 的时间内读者没有获得保证正常阅读所需要的右侧副中央凹信息。

此外,从本研究的结果可以发现,左侧词信息的获取可能不在注视的早期(至少不在注视的前40ms),而是相对靠后,因此,词 $n-1$ 无论是呈现0ms 还是 40ms 都会对阅读造成破坏,且破坏程度相同。换句话说,词 $n-1$ 消失造成的破坏主要是由于信息的呈现时间不是读者获取信息的时间。本研究未能明确得到词 $n-1$ 视觉信息的获取时程,但是至少可以说明词 $n-1$ 的获取不是发生在注视早期。对此问题还需要更多研究进行深入地考察。

5 结论

在当前实验条件下,本研究结果表明:在中文阅读中,读者在一次注视的早期40ms 内能够全部或部分地获取到保障阅读和词汇识别顺利进行的词 $n+1$ 的视觉信息;左侧副中央凹词 $n-1$ 的加工则未发生在该时间内,而保持其在更长注视时间内可见对阅读非常重要。该研究结果支持阅读眼动控制的并列加工模型。

参考文献

- 刘妮娜. (2015). 中文阅读中的中央凹和副中央凹信息获取时间研究. 天津师范大学博士学位论文.
- 刘志方, 张智君, 刘炜. (2015). 阅读知觉广度内中文词汇的视觉信息提取: 眼动研究证据. *应用心理学*, 21(4), 317-324.
- 刘志方, 张智君, 赵亚军. (2011). 汉语阅读中眼跳目标选择单元以及词汇加工方式: 来自消失文本的实验证据. *心理学报*, 43(6), 608-618.
- 闫国利, 胡晏雯, 刘志方, 张智君. (2009). 消失文本条件下注视点右侧词对中文阅读影响的眼动研究. *应用心理学*, 15(3), 201-207.
- 闫国利, 刘妮娜, 梁菲菲, 刘志方, 白学军. (2015). 中文读者词汇视觉信息获取速度的发展——来自消失文本的证据. *心理学报*, 47(3), 300-318.
- Apel, J. K., Henderson, J. M., & Ferreira, F. (2012). Targeting regressions: Do readers pay attention to the left? *Psychonomic Bulletin and Review*, 19(6), 1108-1113.
- Inhoff, A. W., Eiter, B. M., & Radach, R. (2005). Time course of linguistic information extraction from consecutive words during eye fixations in reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(5), 979-995.
- Jordan, T. R., McGowan, V. A., & Paterson, K. B. (2013). What's left? An eye movement study of the influence of interword spaces to the left of fixation during reading. *Psychonomic Bulletin and Review*, 20(3), 551-557.
- Morris, R. K., Rayner, K., & Pollatsek, A. (1990). Eye movement guidance in reading: The role of parafoveal letter and space information. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(2), 268-281.
- Paterson, K. B., McGowan, V. A., & Jordan, T. R. (2012). Eye movements reveal effects of visual content on eye guidance and lexical access during reading. *PLoS ONE*, 7(8), e41766.
- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(8), 1457-1506.
- Rayner, K., Liveredge, S. P., & White, S. J. (2006). Eye movements when reading disappearing text: The importance of the word to the right of fixation. *Vision Research*, 46(3), 310-323.
- Reichle, E. D., Rayner, K., & Pollatsek, A. (2003). The E-Z reader model of eye-movement control in reading: Comparisons to other models. *Behavioral and Brain Sciences*, 26(4), 445-476.
- Richter, E. M., Engbert, R., & Kliegl, R. (2006). Current advances in swift. *Cognitive Systems Research*, 7(1), 23-33.
- Yen, M. H., Radach, R., Tzeng, O. J. L., Hung, D. L., & Tsai, J. L. (2009). Early parafoveal processing in reading Chinese sentences. *Acta Psychologica*, 131(1), 24-33.

Time Course of Linguistic Information Extraction from Parafoveal Words during Eye Fixations in Chinese Reading

Liu Nina^{1,2}, Wang Xia¹, Yan Guoli^{1,2}

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

(² Center for Cooperative Innovation in Mental Health Assessment and Promotion, Tianjin, 300074)

Abstract During the reading, the readers mainly acquire information from foveal region (the central 2° in of vision), effective extraction of information from parafoveally visible words (extending out to 5° on either side of fixation) is also essential to skilled reading. While numerous studies have examined the acquisition of visual information form during fixational pauses during the reading, little is known about how rapidly useful visual information is acquired from different gaze locations when reading non-alphabetic languages such as Chinese. Therefore, the present study uses disappearing text paradigm to investigate the extraction of useful information from parafoveal words to the right (word n+1) and the left (word n-1) of fixation in Chinese reading.

We manipulated simultaneously both the location (word n+1 and word n-1) and display time (0ms and 40ms) for parafoveal words. In the disappearing text condition, the word n+1 or word n-1 disappeared in a fixed period after the beginning of fixation (0ms or 40ms following the onset of fixation). Eyelink2000 was used to record the eye movements of 40 college students. All participants read 100 experimental sentences. In order to examine the lexical processing, each sentence contains either a high or a low frequency target word.

The results suggested that there were some differences in the time needed for information capture between word n+1 and word n-1. Readers could obtain most or all of necessary information of word n+1 for normal lexical and reading processing at the early period of fixation on word n (40ms). However, the information extraction from word n-1 occurred at a relatively late period of fixation on word n (later than 40ms). In particular, (1) Serious disruption on overall reading times was caused by word n+1 for 0ms displays compared to control condition, and more importantly, the disruptions on overall reading times caused by 0ms and 40ms displays for word n+1 disappearing had significant differences. It indicated that the readers obtain information of word n+1 during early 40ms of fixation on word n; whereas for word n-1 disappearance, the disruptions on overall reading times caused by 0ms and 40ms were equal. The same tendency showed on fixation count and regression; (2) There was a bigger difference of frequency effect between 0ms and 40ms displays for word n+1 than word n-1, which also suggested readers obtain information of word n+1 during early 40ms of fixation on word n, thereby promoting the lexical processing of reading.

To conclude, the information of word n+1 and word n-1 was both very important for Chinese reading, and the information was acquired at different periods of fixation on word n. Readers could obtain information of word n+1 for normal lexical and reading processing at the early period of fixation on word n, but the information extraction from word n-1 occurred at a relatively late period of fixation on word n. These results could be better accounted by processing gradient models in which there is some temporal overlap in the linguistic processing of a fixated and parafoveally visible word during the reading.

Key words parafoveal information processing, disappearing text, Chinese reading, eye movements