

中文阅读中的预视效应与词切分*

刘志方^{1,2} 闫国利³ 张智君¹ 潘 运⁴ 杨桂芳⁴

(¹ 浙江大学心理与行为科学系, 杭州 310028) (² 宁波大学教师教育学院, 宁波 315211)

(³ 天津师范大学心理与行为研究院, 天津 300074) (⁴ 贵州师范大学心理系, 贵阳 550001)

摘 要 通过眼动随动显示技术操作注视点右侧文字的掩蔽范围和掩蔽单元, 考察中文阅读的预视效应和词切分现象。研究包括两项实验。实验一以词为单元掩蔽注视点右侧的文字, 发现词 n 右侧文本掩蔽(条件 1)、词 $n+1$ 右侧文本掩蔽(条件 2)和词 $n+1$ 掩蔽(条件 3)均显著影响总阅读时间。其中, 条件 2 剥夺了词 $n+1$ 以右文字的预视加工, 同时提供了词 $n+1$ 的右侧边界线索, 结果导致总阅读时间增加, 并减少基于单词的平均凝视时间和再注视概率。实验二采用与实验一相同的处理方式, 以不提供词边界的双字为单元掩蔽注视点右侧文字, 结果发现掩蔽条件对阅读的影响程度甚于实验一, 条件 2 基于词的平均凝视时间显著高于控制条件。综合两个实验的结果可见, 中文读者能够切分出注视点右侧的第一个词汇, 并以词为单元识别词 n 和词 $n+1$ 处的汉字, 在注视词 n 的时间内可加工到词 $n+2$ 处的文字。

关键词 中文阅读; 预视效应; 词切分; 眼动

分类号 B842.5

1 引言

在阅读时, 读者除了能够识别加工正在被注视的词汇外, 通常还能对注视点右侧的词汇进行一定程度的预视加工。在剥夺预视的情境下, 读者对目标词的凝视时间明显增加, 这就是预视效应(preview effect)。研究者通常采用边界范式(boundary paradigm)来考察预视现象(Rayner, 1975, 1998)。被边界范式处理过的句子中有一条看不见的“边界”, 当被试的视线落在或越过这个边界时, 特定位置上的内容将发生改变。采用这种技术, 研究者可以操控目标词预视信息的特征, 进而推断注视前读者对目标词的信息提取类型, 以及词汇识别风格。

并行加工模型和串行加工模型是解释词汇识别加工如何影响眼动过程的两类理论。SWIFT 模型(saccade-generation with inhibition by foveal targets)和 Glenmore 模型是并行加工观点的代表, 它们认为读者对阅读广度内所有词汇的识别是并行的, 即在注视开始时读者同时提取位于注视点附近的几

个词汇的信息(Engbert, Longtin, & Kliegl, 2002; Engbert, Nuthmann, Richter, & Kliegl, 2005; Kliegl, Nuthmann, & Engbert, 2006; Kliegl, 2006, 2007; Reilly & Radach, 2006)。E-Z 读者(E-Z Reader)则是串行加工模型的代表, 它认为词汇识别由左向右逐次展开, 在注视结束之前若能完成对注视词的识别且眼跳还未执行, 则读者将继续对词 $n+1$ 进行一定程度的预加工(Pollatsek, Reichle, & Rayner, 2006; Reichle, Rayner, & Pollatsek, 2003; Reichle, Pollatsek, & Rayner, 2006)。

显然, 两种模型均都能够解释词 $n+1$ 的预视效应。但是, 并行加工模型认为, 注意资源从一开始就分配在阅读广度内所有的词汇上, 对中央凹和副中央凹的词汇进行平行加工时两者会产生相互影响, 因此它能完全接受副中央凹-中央凹效应(parafoveal-on-foveal effect)和词 $n+2$ 的预视效应(词 $n+2$ 预视效应参阅以下文献: Rayner, Juhasz, & Brown, 2007; Kliegl, Risse, & Laubrock, 2007; Angele, Slattery, Kennedy & Pynte, 2008; Kliegl et

收稿日期: 2012-03-11

* 中央高校基本科研业务费专项资金和浙江省自然科学基金(LY12C09004)资助。

通讯作者: 张智君, E-mail: zjzhang@zju.edu.cn

al., 2006; Wang, Inhoff, & Radach, 2009; 副中央凹-中央凹效应参阅以下文献: Vitu, Brysbaert, & Lancelin, 2004; Kennedy & Pynte, 2005; Kliegl et al., 2006; Drieghe, Brysbaert, & Desmet, 2005)。而 E-Z 读者模型则认为, 词汇的识别过程受注意分配模式的局限, 严格遵守序列程序, 词汇的熟悉性检验(familiarity check)触发眼跳计划, 注视后期读者才能对词 $n+1$ 进行一些较低层次的信息加工(语音、字形和前词汇信息等等), 即在其看来, 副中央凹-中央凹效应和词 $n+2$ 的预视效应不可能存在(Reichle et al., 2003, 2006; Engbert et al., 2005; Kliegl et al., 2006; Richter et al., 2006, Kliegl, 2007; Engbert et al., 2002; Reilly & Radach, 2006; Pollatsek et al., 2006)。因此, 副中央凹-中央凹效应和词 $n+2$ 预视效应是支持并行加工、反对串行加工理论的证据(Drieghe, Rayner, & Pollatsek, 2008; Nuthmann, Engbert, & Kliegl, 2005), 但研究者就这两种效应是否存在的看法并不一致, 读者以何种风格识别加工阅读知觉广度内的多个词汇也无定论。

尽管并行加工和串行加工模型对词汇识别风格的看法不同, 但它们也存在相同之处, 比如, 都强调词汇识别加工在眼动控制中具有重要作用。并行加工和串行加工都是指对“词汇”的识别加工, 在这些模型看来, 词既是注意分配和文字识别加工的基本单元, 又是眼跳选择目标的线索依据(Yang & McConkie, 2004)。

不过, 这两类模型均是在对拼音文字阅读研究基础上发展起来的理论。空格将拼音文字文本中的单词分割成独立的视觉单元, 词汇加工的难易程度影响眼跳的发动时间, 而独立的视觉单元则为眼跳指向位置提供了目标线索。然而, 中文的基本书写单元为字, 中文词在眼动控制中是否具有重要的作用还不明确, 它是近期研究中的热点问题。虽然来自 fMRI 方面的证据表明, 中国人表征词汇的脑区不同于西方人(Li, Jin, & Tan, 2004), 但来自眼动方面的证据显示, 中文词的词频、文本内容对词汇的预测程度及其词汇在句子中的合理程度都对注视持续时间有明显的影响(Yan, Tian, Bai, & Rayner, 2006; Rayner, Li, Juhasz, & Yan, 2005; 闫国利, 张霞, 白学军, 2010)。来自相关事件电位的研究也发现, 在逐词呈现的中文阅读任务中, 词汇的词频和可预测性能够影响早期至晚期的脑电成分(Lee, Liu, & Tsai, 2012)。由此可见, 中文词至少是加工注视点上汉字的重要线索。

针对中文阅读中词 $n+1$ 预视效应的研究已经发现, 读者在对词 $n+1$ 的预视中可以获得其语义信息(Yan, Richter, Shu, & Kliegl, 2009; 王穗苹, 佟秀红, 杨绵绵, 冷英, 2009), 且在对词 n 注视的早期阶段就已经开始对词 $n+1$ 的识别加工(Yen, Radach, Tzeng, Hung, & Tsai, 2009)。根据 E-Z 读者模型, 读者只能在注视的后期对词 $n+1$ 进行较低级层面的预视加工, 在预视过程中对词 $n+1$ 语义信息的提取较难发生, 因此这些结果在一定程度上是对串行加工理论的挑战(Rayner, White, Kambe, Miller, & Liversedge, 2003)。不过, 词 $n+2$ 预视效应的研究却没能发现一致的证据支持或反对两种理论。比如, Yang, Wang, Xu 和 Rayner (2009)的研究发现, 中文阅读中的词 $n+2$ 预视效应只在“凝视时间”这个指标上达到边缘显著的水平; Yang 等(2012)在随后的研究中将词 $n+1$ 设为低频单字词, 却没有发现词 $n+2$ 的预视效应(Yang, Rayner, Li, & Wang, 2012); 他们认为, 这些结果在 E-Z 模型的框架下依然可以得到解释。但 Yan, Kliegl, Shu, Pan 和 Zhou (2010)通过操控词 $n+1$ 的词频考察词 $n+2$ 的预视效应, 发现词 $n+1$ 为高频词时可见稳定的词 $n+2$ 预视效应, 词 $n+1$ 为低频时词 $n+2$ 预视效应不再显著, 而在词 n 的注视时间上出现词频性质的“副中央凹-中央凹效应”, 这个结果符合并列加工模型的预测。显然, 中文阅读的词汇识别风格问题也没有得到彻底解决。

如果基于西文的认知控制眼动理论在一定程度上能够解释中文阅读中的眼动过程, 那么至少应该可以在中文阅读中看到词切分现象。在文本中增加空格的研究发现, 正确的空格词切分线索难以提高阅读效率, 但错误的词切分线索却会严重影响阅读, 且这种影响对阅读技能较低的汉语初学者更为严重(Bai, Yan, Liversedge, Zang, & Rayner, 2008; 白学军等, 2011; 沈德立等, 2010)。不过, 也有证据表明, 词间空格能够促进非母语中文读者的阅读效率(Shen et al. 2012), 且词间空格也能够促进母语中文读者对歧义句阅读的效率(Hsu & Huang, 2000)。显然, 词间空格是否促进阅读受到读者中文阅读能力和材料性质的影响, 由此可见, 词确实是汉语阅读的基本信息加工单元, 且在眼动控制中起到重要的作用。此外, 李兴珊等人就词切分的实质进行更加深入的探讨, 在其提出的模型中将词切分看做是词汇加工的结果(Li, Rayner, & Cave, 2009; Li, Liu & Rayner, 2011; Wu, Slattery, Pollatsek, & Rayner, 2008; 吴俊, 莫雷, 冷英, 2008; 李兴珊, 刘

萍萍, 马国杰, 2011)。但是, 以上研究只能证实中文读者以词为单元加工注视点上的汉字, 而对于词切分和预视效应的关系, 目前仍缺少相关的研究。

基于以上分析, 以及考虑到词 $n+1$ 预视效应既可能是基于词素通达的基础上产生, 也可能是基于整词通达基础上产生, 本研究采用边界范式探讨以下问题: (1)中文读者是否以词为单元识别加工位于词 $n+1$ 处上的文字; (2)对词 $n+1$ 预视加工是否能够引导相邻词间眼跳; (3)中文阅读中是否存在词 $n+2$ 的预视效应。具体地说, 本研究以眼动随动显示技术(eye movement contingent display techniques)为基础, 在阅读中随着注视点的右移逐步掩蔽相应的文字。包含两项实验。实验一以词为单元掩蔽文字, 通过操作注视点右侧词汇的掩蔽方式和数量, 在剥夺预视加工的同时提供相应词汇边界线索(详细过程见图 1 所示), 通过对比各掩蔽条件对总阅读时间的影响推测词 $n+1$ 和词 $n+2$ 的预视效应, 并考察相应掩蔽条件对具体眼动模式的影响解决“词切分与词 $n+1$ 预视效应关系”的问题。实验二采用与实验一相同的掩蔽方式, 以相邻且不属于同一词的两个字为单元(实验材料都是完全由双字词构成的句子)掩蔽注视点右侧文字(详细过程见图 2 所示)。如果各掩蔽条件对读者阅读效率和眼动模式的影响与实验一相同, 说明“掩蔽范式本身影响眼动模式”可能是造成实验一结果的原因, 而如果掩蔽条件对读者阅读的影响模式不同于实验一, 则表明实验一的结果能够反映词切分和预视效应问题的实质。

2 实验一: 带有词边界线索的掩蔽对中文阅读眼动模式的影响

2.1 被试

28 名大学生参加了本次实验, 其中男生 11 人,

女生 17 人。被试的视力或矫正视力正常, 之前均未参加过类似的实验, 实验结束后可获一定的报酬。

2.2 实验材料

正式材料为 60 个句子, 每个实验条件下 15 个句子。每个句子都是由 7 到 10 个双字词组成。10 名未参与实验的本科生对材料句子的通顺性和难易程度进行评定, 结果通顺性平均值为 6.29 (采用 7 点评定方式, 分值越高表示越通顺), 难易度均值为 1.65 (采用 7 点评定方式, 分值越低表示越简单)。另外, 请 10 名未参与实验的本科生对材料句子进行词划分, 词划分的一致性均值为 95%。实验还包括 27 个阅读理解判断题, 以确保被试认真阅读句子。正式实验前另安排 12 个句子的练习, 其中有 6 个带有判断, 以便被试理解并熟悉实验过程。

2.3 实验设计

实验设计为单因素被试内设计。包括三种掩蔽条件和一个控制条件。掩蔽条件采用“眼动随动显示技术”对句子进行处理: 读者在阅读掩蔽条件句子时, 随着注视点的变化句子中相应部分被一系列“※”号掩蔽。条件 1: 词 n 右侧的文字被掩蔽(被注视的词为词 n , 其右侧第一个词为词 $n+1$, 第二个为词 $n+2$, 左侧第一词为词 $n-1$; 随着注视点变化, 词 n 也不断的变化); 条件 2: 词 $n+1$ 右侧的文字被掩蔽; 条件 3: 仅词 $n+1$ 被掩蔽。详情见图 1 所示。

由图 1 可知, 条件 1 排除了词 $n+1$ 和词 $n+2$ 以右文字的预视加工, 但提供了词 n 的右侧边界; 条件 2 排除词 $n+2$ 以右文字的预视加工, 但提供了词 $n+1$ 的右侧边界; 条件 3 排除了词 $n+1$ 的预视加工, 提供了词 n 的右侧边界和词 $n+1$ 的词长信息。

2.4 实验仪器

采用加拿大 SR 公司生产的 Eye Link II 型眼动仪呈现材料并记录被试的眼动。该型眼动记录仪的

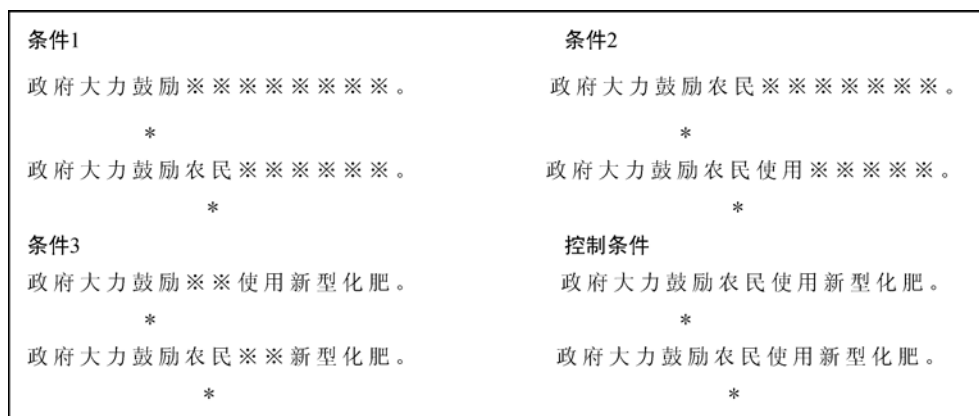


图 1 实验一掩蔽条件和控制条件示意图(注: “*”代表注视点)

采样频率为 500 次/s, 电脑的刷新频率为 150 Hz。刺激在一个 19 英寸分辨率为 1024×768 的 DELL 显示器上呈现。被试距离屏幕为 75 cm, 在 2°视角内可以看到 3 个汉字, 一个汉字约为 28×28 像素, 每个汉字呈 0.63°视角。

2.5 实验程序

对每个被试单独施测。被试进入实验室做好准备后, 呈现指导语, 在确保被试理解整个实验程序后对仪器进行校准, 校准结束后呈现练习句让被试熟悉实验过程。然后, 进行正式实验。练习句子中 6 个句子后带有问题, 正式实验中 27 个句子带有问题, 要求被试根据前面刚看过句子的内容做出按键反应。为确保实验数据的有效性, 主试实时监视眼动仪并在需要时重新校准。实验持续大约 30 分钟。

2.6 结果

实验数据采用 SPSS 和 SR 公司提供的眼动数据分析软件“Data Viewer”进行分析。所有被试对问题回答的正确率都在 90%以上, 说明他们都是认真完成本次实验任务, 所得的眼动数据可以用来做为理论推论的线索。删除实验过程中因出现咳嗽、流泪、头动或连续按键导致句子被跳过的项目, 被删除的数据低于 2%。采用的因变量包括: 基于句子的整体分析指标和基于词兴趣区的分析指标。

2.6.1 整体分析

整体分析指标是基于阅读中所有眼动事件的均值, 包括总阅读时间、平均注视时间、注视次数和平均眼跳距离。所有因变量均采用重复测量方差分析。各条件下整体分析眼动指标的均值和标准差见表 1。

总阅读时间是阅读句子时所有注视时间和眼跳持续时间的总和, 它反映了掩蔽词汇剥夺相应预

视加工后对阅读效率的影响。方差分析显示, 呈现方式主效应显著, $F_1(3,81)=25.17, p<0.05, F_2(3,177)=46.80, p<0.05$ 。事后检验发现, 所有条件之间总阅读时间的差异都达到显著水平($p<0.05$)。

平均注视时间是指落在句子上所有注视点持续时间的平均值。方差分析显示, 呈现方式主效应显著, $F_1(3,81)=53.65, p<0.05, F_2(3,177)=108.66, p<0.05$ 。事后检验发现, 所有条件之间的差异都达到显著水平($p<0.05$)。

注视次数就是句子中所有注视点的个数。方差分析显示, 呈现条件主效应显著, $F_1(3,81)=7.84, p<0.05, F_2(3,177)=13.85, p<0.05$ 。事后检验显示, 所有非正常呈现条件的注视次数都显著大于控制条件, 条件 1 显著大于条件 2 ($p<0.05$), 其他条件之间的差异不显著($p>0.05$)。

平均眼跳幅度是阅读中所有眼跳距离的平均值。方差分析显示, 呈现条件的差异显著, $F_1(3, 81)=9.09, p<0.05, F_2(3,177)=15.23, p<0.05$ 。事后检验显示, 条件 1 的平均眼跳幅度显著小于所有其他条件($p<0.05$), 而其他条件之间的平均眼跳幅度差异不显著($p>0.05$)。

2.6.2 基于兴趣区的眼动指标

兴趣区眼动指标是基于句子中间词汇兴趣区(排除句首和句尾各两个)指标的平均值, 包括平均凝视时间、平均首次注视时间、跳读概率和再注视概率。排除句首和句尾四个兴趣区数据是为了剔除句首和句尾效应, 即排除句首两个词兴趣区是因为它们在被注视之前不能完全受到预视增益, 排除句尾两个词兴趣区是因为其后面没有需要预视的词汇。各条件下基于词兴趣区的眼动指标的均值和标准差见表 2。

表 1 实验一四种呈现条件下整体分析各项眼动指标的均值和标准差

呈现条件	总阅读时间(ms)	平均注视时间(ms)	注视次数	平均眼跳距离(°)
控制条件	3070 (804)	231 (24)	11.8 (2.8)	2.5 (0.6)
条件 1	4306 (1084)	285 (35)	13.8 (3.4)	2.1 (0.6)
条件 2	3318 (728)	239 (24)	12.4 (2.7)	2.5 (0.5)
条件 3	3827 (845)	266 (25)	13.1 (3.0)	2.5 (0.6)

注: 括号内数据为标准差, 下同。

表 2 实验一四种呈现条件下基于词兴趣区各项眼动指标的均值和标准差

呈现条件	平均凝视时间(ms)	平均首次注视时间(ms)	跳读概率(%)	再注视概率(%)
控制条件	283 (47)	242 (28)	18.6 (14.7)	14.6 (8.3)
条件 1	383 (77)	292 (43)	9.1 (13.2)	30.2 (18.2)
条件 2	260 (41)	241 (27)	12.8 (12.3)	8.4 (7.9)
条件 3	334 (56)	286 (28)	20.8 (13.7)	18.4 (11.9)

凝视时间是相对于词汇的凝视时间,该指标也是反映词汇加工程度的重要指标。平均凝视时间是排除句子中前两个词和尾两个词语后,所有兴趣区内凝视时间的平均值。本实验的方差分析显示,不同呈现条件的平均凝视时间存在显著差异, $F_1(3,81) = 52.11, p < 0.05, F_2(3,177) = 92.75, p < 0.05$ 。事后检验发现,所有条件之间的差异都达到显著水平 ($p < 0.05$)。

首次注视时间是对词汇的第一次注视时间,该指标反映词汇的早期加工状况。平均首次注视时间是排除句子中前两个词和尾两个词语后,所有兴趣区内首次注视时间的平均值。方差分析显示,不同呈现条件的平均首次注视时间存在显著差异, $F_1(3,81) = 35.21, p < 0.05, F_2(3,177) = 63.65, p < 0.05$ 。事后检验发现,控制条件、条件 2 的平均首次注视时间显著少于条件 1 和条件 3 ($p < 0.05$),其他条件之间的差异不显著 ($p > 0.05$)。

跳读事件是指对某个词汇的跳读,预视加工达到一定程度时该词汇才有可能被跳读。跳读概率是指在排除句子中前两个词和尾两个词语后,第一遍阅读中被跳读的词数与总词数之间的比例。本实验的方差分析显示,不同呈现条件的跳读概率差异显著, $F_1(3,81) = 14.66, p < 0.05, F_2(3,177) = 27.19, p < 0.05$ 。事后检验发现,条件 1 的跳读概率显著小于所有其他条件,条件 2 显著小于控制条件和条件 3 且显著大于条件 1 ($p < 0.05$),其它条件之间的差异不显著 ($p > 0.05$)。

再注视事件也是相对于词汇的再注视,在特定的时间内,若被注视的词汇加工程度不能到相应的程度,则读者往往通过再注视完成注视词汇剩余加工。对中文读者而言,再注视往往反映对注视词汇的切分过程。再注视概率是指在排除句子中前两个词和尾两个词语后,第一遍阅读中得到一次注视以上词的数目与总词数之间的比例。本实验方差分析显示,不同呈现条件的再注视概率差异显著, $F_1(3,81) = 35.79, p < 0.05, F_2(3,177) = 65.00, p < 0.05$ 。事后检验显示,所有条件之间的差异均达到显著水平 ($p < 0.05$)。

2.7 讨论

实验一显示:三种掩蔽条件下的总阅读时间均显著高于控制条件;掩蔽词 n 右侧所有词语对阅读的影响最大,词 n+1 单独被掩蔽的总阅读时间显著多于词 n+1 右侧文本被掩蔽的呈现条件。其他整体分析指标(平均注视时间、注视次数和平均眼跳距

离指标)显示,掩蔽条件改变了读者的眼动模式。以上结果说明,中文阅读中确实存在词 n+1 和词 n+2 处文字的预视效应。

剥夺词 n+2、词 n+1 预视效应且提供词 n 边界线索的条件 1,以及剥夺词 n+1 预视效应且提供词 n 和词 n+1 边界线索的条件 3,消极地影响了基于词的平均首次注视时间、平均凝视时间和再注视概率,这两个条件对词汇水平上眼动数据的影响与其对句子阅读效率影响的趋势相同。条件 2 (剥夺词 n+2 处文字的预视加工,提供词 n+1 的右侧边界)虽然影响读者的总阅读时间,但在词汇水平上却减少了平均凝视时间和再注视概率,基于单字识别加工的观点显然不能解释这个现象。条件 3 分别提供词 n 边界和词 n+1 的词长信息,但它却没有减少基于词的眼动指标,表明切分词 n+1 与词汇识别加工密切相关。因此,“保留词 n+1 的预视加工,同时提供其右侧边界”是保持条件 2 对读者眼动模式的影响异于其他掩蔽条件对眼动模式影响的可能原因。

但是,导致以上结果的另一个可能的原因是:掩蔽范式本身对读者眼动模式的影响。为了排除这种可能性,我们进行了下一项实验。实验二包含与实验一相同的四种呈现条件。不同的是,实验一以词为单位掩蔽注视点右侧文本,实验二则以相邻但不属于同一词的双字为单元掩蔽注视点右侧文字。由于实验二不能提供相应的词边界,因此,如果实验一的结果是由于掩蔽范式本身所致,那么在实验二中应该能看到与实验一相同的结果。

3 实验二:没有词边界线索的掩蔽对中文阅读眼动模式的影响

3.1 被试

28 名大学生参加了本次实验,其中男生 8 人,女生 20 人。被试的视力或矫正视力正常,之前均未参加过实验一,也未参加过类似的眼动实验。实验结束后可获得一定的报酬。

3.2 实验材料和实验设计

实验材料和实验设计均同实验一。不同的是,实验一将每个双字词划为一个兴趣区,仪器依照注视点是否落入该区域掩蔽相应的词汇,而实验二将所有兴趣区向左平移一个字的距离,并在句子末尾增加一个兴趣区涵盖最后一个字。这样,本来两个相邻但不属于同一词的两个字划分到一个兴趣区,即实验二的三种处理就不能提供相应的词边界线索。详情见图 2。

3.3 实验仪器和实验程序

实验仪器和实验程序均同实验一。

3.4 结果

3.4.1 整体分析

每种实验条件下各项整体指标的平均值和标准差见表 3。

方差分析显示：(1)不同呈现条件下的总阅读时间的差异显著， $F_1(3,81)=51.86, p<0.05, F_2(3,177)=43.26, p<0.05$ 。事后检验显示，所有条件间的总阅读时间差异都达到显著水平($p<0.05$)。(2)不同呈现条件下的平均注视时间差异显著， $F_1(3,81)=51.82, p<0.05, F_2(3,177)=54.1, p<0.05$ 。事后检验显示，所有条件间的平均注视时间差异都达到显著水平($p<0.05$)。(3)不同呈现条件下的注视次数差异显著， $F_1(3,81)=21.15, p<0.05, F_2(3,177)=17.32, p<0.05$ 。事后检验显示，控制条件与条件 1、条件 3 之间的差异显著，条件 1 与条件 2、条件 3 之间的差异显著($p<0.05$)。(4)不同呈现条件下的平均眼跳距离差异显著， $F_1(3,81)=25.53, p<0.05, F_2(3,177)=16.11, p<0.05$ 。事后检验显示，控制条件与条件 1、条件 3 之间的差异显著，条件 1 与条件 2、条件 3 之间的差异显著($p<0.05$)。

3.4.2 兴趣区眼动数据分析

实验二是为了排除实验一的结果由掩蔽范式本身干扰读者眼动模式所致(而非处理本身所提供

词边界和阻碍相应词汇加工所致)。实验二采用的兴趣区眼动指标与实验一相同，但在实现掩蔽过程中将两个相邻而不属于同一单词的双字一起掩蔽，因此对兴趣区眼动数据的分析采用了“以词为兴趣区的分析”和“以双字为兴趣区”两种方式。具体眼动数据见表 4。

对于基于词兴趣区的数据来说，方差分析表明：(1)不同条件下的平均凝视时间存在显著差异， $F_1(3,81)=42.12, p<0.05, F_2(3,177)=65.08, p<0.05$ 。事后检验显示，所有条件间的总阅读时间差异都达到显著水平($p<0.05$)。(2)不同条件下的首次注视时间存在显著差异， $F_1(3,81)=38.25, p<0.05, F_2(3,177)=44.61, p<0.05$ 。事后检验表明，控制条件与条件 1、条件 3 之间的显著显著，条件 1 和条件 2、条件 3 之间的差异显著($p<0.05$)。(3)不同条件下的跳读概率差异不显著， $F_1(3,81)=2.02, p=0.118, F_2(3,177)=0.72, p=0.541$ 。(4)不同条件下的再注视概率的差异显著， $F_1(3,81)=20.71, p<0.05, F_2(3,177)=31.85, p<0.05$ 。事后检验显示，条件 1 大于其他所有条件($p<0.05$)。

对于基于双字兴趣区的数据来说，方差分析表明：(1)不同条件下的平均凝视时间存在显著差异， $F_1(3,81)=41.99, p<0.05, F_2(3,177)=85.69, p<0.05$ 。事后检验显示，控制条件与条件 1、条件 3 之间的显著显著，条件 1 和条件 2、条件 3 之间的差异显

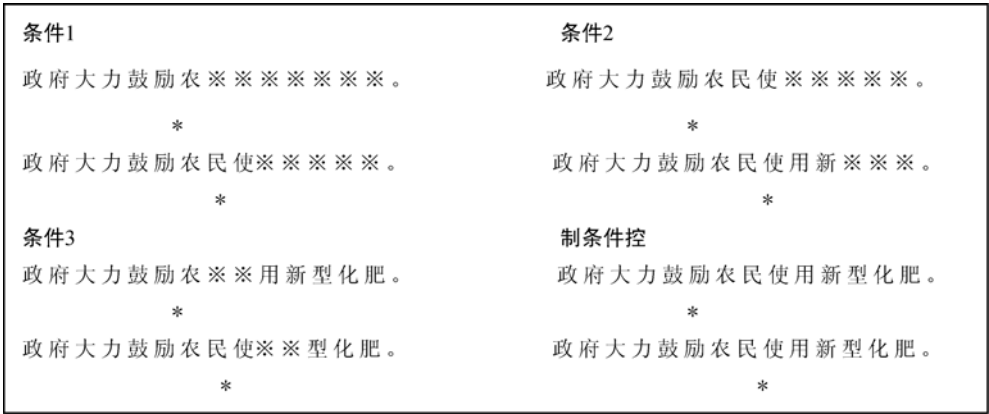


图 2 实验二掩蔽条件和控制条件示意图

表 3 实验二四种呈现条件下整体分析各项眼动指标的均值与标准差

呈现条件	总阅读时间(ms)	平均注视时间(ms)	注视次数	平均眼跳距离(°)
控制条件	3480 (842)	219 (21)	13.7 (2.9)	2.7 (0.6)
条件 1	5219 (1093)	271 (39)	17.6 (3.2)	2.2 (0.7)
条件 2	3882 (1203)	233 (28)	14.8 (4.3)	2.6 (0.5)
条件 3	4541 (1185)	254 (31)	16.0 (3.5)	2.5 (0.5)

表 4 实验二四种呈现条件下基于词和双字的兴趣区各项眼动指标的均值与标准差

呈现条件		平均凝视时间(ms)	平均首次注视时间(ms)	跳读概率(%)	再注视概率(%)
以词为单元划分兴趣区	控制条件	286 (56)	233 (25)	11.2 (8.1)	21.0 (12.8)
	条件 1	421 (107)	289 (46)	7.7 (7.9)	37.0 (15.2)
	条件 2	298 (63)	238 (27)	10.1 (7.7)	21.0 (13.8)
	条件 3	355 (99)	268 (35)	9.1 (8.2)	24.8 (13.4)
以双字为单元划分兴趣区	控制条件	289 (62)	224 (23)	12.2 (8.3)	21.7 (10.1)
	条件 1	469 (162)	273 (38)	9.0 (9.1)	44.8 (17.8)
	条件 2	298 (66)	234 (24)	8.2 (7.4)	20.9 (13.1)
	条件 3	361 (93)	268 (33)	11.4 (8.2)	29.9 (14.6)

著($p<0.05$)。(2)不同条件下的首次注视时间存在显著差异, $F_1(3,81)=44.14$, $p<0.05$, $F_2(3,177)=54.08$, $p<0.05$ 。事后检验表明, 控制条件与条件 1、条件 3 之间的显著显著, 条件 1 和条件 2 之间的差异显著($p<0.05$)。(3)不同条件下的跳读概率差异被试分析边缘显著, $F_1(3,81)=2.69$, $p=0.052$, 项目分析显著 $F_2(3,177)=4.62$, $p<0.05$ 。事后检验显示, 控制条件与条件 2 之间的差异达到显著水平($p<0.05$)。(4)不同条件下的再注视概率的差异显著, $F_1(3,81)=52.27$, $p<0.05$, $F_2(3,177)=70.37$, $p<0.05$ 。事后检验表明, 控制条件与条件 1、条件 3 之间的显著显著, 条件 1 和条件 2、条件 3 之间的差异显著($p<0.05$)。

3.3 讨论

实验二采用和实验一完全相同的处理方式, 通过以双字为单元掩蔽注视点右侧的文字, 结果发现三种掩蔽方式都影响读者的阅读效率和具体的眼动指标, 表明剥夺注视点右侧四个字范围内文字的预视加工都影响读者的阅读过程。就以字为单元衡量中文读者的预视效应而言, 实验一、实验二的结果与阅读知觉广度的研究一致(Inhoff & Liu, 1998; 闫国利, 熊建萍, 白学军, 2008; 闫国利, 王丽红, 巫金根, 白学军, 2011)。但是, 通过 2 (组别: 实验一、实验二) $\times$ 4 (呈现条件: 控制条件、条件 1、条件 2 和条件 3) 方差分析发现, 实验二掩蔽条件对中文阅读效率(以总阅读时间为衡量指标)和词汇识别加工(以单词的平均凝视时间为衡量指标)的影响更为严重。具体地说, 对于总阅读时间: 呈现条件主效应显著, $F_1(3,162)=74.16$, $p<0.05$, $F_2(3,177)=74.91$, $p<0.05$; 组别主效应显著, $F_1(1,54)=8.05$, $p<0.05$, $F_2(1,59)=140.38$, $p<0.05$; 两者交互作用的被试分析边缘显著, $F_1(3,162)=1.97$, $p=0.12$, 项目分析显著, $F_2(3,177)=2.73$, $p<0.05$ 。对于平均凝视时间: 呈现条件主效应显著, $F_1(3,162)=89.73$, $p<0.05$, $F_2(3,177)=121.57$, $p<0.05$; 组别主效应的被试分析不显

著, $F_1(1,54)=2.54$, $p=0.117$, 项目分析显著, $F_2(1,59)=37.46$, $p<0.05$; 两者交互作用的被试分析边缘显著, $F_1(3,162)=2.15$, $p=0.096$, 项目分析显著, $F_2(3,177)=7.86$, $p<0.05$)。

重要的是, 在单词兴趣区分析中, 实验二的条件 2 基于词的平均凝视时间显著多于控制条件(实验一条件 2 的平均凝视时间显著少于控制条件); 在双字兴趣区分析中, 条件 2 与控制条件之间没有显著差异。这表明, 实验一条件 2 的基于词的平均凝视时间显著少于控制条件不完全是由掩蔽范式本身导致, 掩蔽范式协助切分词 $n+1$ 至少是导致这一结果的原因之一。

4 总讨论

本研究涉及中文阅读眼动控制的三个基本问题: (1)中文读者是否以词为单元加工位于词 $n+1$ 位置上的汉字; (2)对词 $n+1$ 的预视加工能否引导相邻的词间眼跳; (3)中文读者在注视词 n 的时间内能否识别加工词 $n+2$ 处的汉字。对以上问题的回答将涉及词切分与词汇识别风格的问题(并列加工还是序列加工)。

4.1 词 $n+1$ 的预视加工单元与相邻词间眼跳

以往研究只能确定中文读者以词为单元识别加工注视点上的汉字(Rayner, Li, & Pollatsek, 2007; Bai et al., 2008; Shen et al., 2012; 白学军等, 2011; 沈德立等, 2010)。虽然已有研究表明中文读者在注视中能够在一定程度上切分词 $n+1$ (Yan, Kliegl, Richter, Nuthmann, & Shu, 2010; 张智君, 刘志方, 赵亚军, 季靖, 2012), 但由于切分词 $n+1$ 既可能是整词通达的后果, 也可能是词素通达的后果, 因此至今仍未有具体的研究能够证实中文读者在注视词 n 的时间内, 就已经开始以词为单元识别加工词 $n+1$ 处的汉字。与此同时, 以往研究者就“词 $n+1$ 的预视加工是否能够引导词间眼跳”的看法也不一致

(Tsai & McConkie, 2003; Yang & McConkie, 1999; Yang & McConkie, 2004; Chen, Song, Lau, Wang & Tang, 2003; 李兴珊等, 2011;)。

本研究采用两项掩蔽实验对以上问题进行考察。实验一发现, 三种掩蔽条件下的总阅读时间均显著高于控制条件, 说明中文读者能够在注视词 n 的时间内加工词 $n+1$ 和 $n+2$ 处的文字。除了条件 2 外, 其他掩蔽条件基于词兴趣区的平均凝视时间都显著高于控制条件, 其原因是, 掩蔽相应的预视加工导致较难的词汇识别过程。但是, 条件 2 基于词兴趣区的平均凝视时间和再注视概率显著少于控制条件。对此, 可能的原因有两个: (1) 该条件协助切分词 $n+1$, 从而增加词 $n+1$ 成为下一眼跳目标资格的竞争力度, 进而改变随后的凝视时间和再注视概率; (2) 掩蔽范式提供了一个右侧边界, 读者依据这个边界发动眼跳可正好将眼跳落于词的中心位置, 即在注视阶段方便了词汇识别, 进而不需要再注视。如果原因(1)成立, 则意味着中文读者能以词为单元加工位于词 $n+1$ 处文字, 且这个预视效应能够引导词间眼跳; 若果原因(2)成立, 则意味着中文读者至少以词为单位加工位于注视点上的文字。

为了确定词 $n+1$ 预视效应是否是整词通达的结果, 以及这种预视效应能否引导词间眼跳, 我们进行了实验二。实验二采用与实验一相似的处理技术, 但以双字为单元掩蔽注视点右侧的文字, 因而不能提供词边界信息。实验二基于双字和基于单词的兴趣区数据显示, 条件 2 中的跳读概率相对于控制条件都明显减少, 其趋势和实验一相同, 说明掩蔽范式提供的物理边界确实能够部分地引导眼跳着陆位置。当这个物理边界与词边界相同时(实验一), 它引导读者将注视落于靠近词汇中心的部位, 进而方便了对注视词汇的识别, 减少了平均凝视时间和再注视概率; 当这个物理边界与词边界不同时(实验二), 物理边界错误地引导了读者注视落点, 进而影响了词汇识别, 增加平均首次注视时间、平均凝视时间和再注视概率。综合两个实验的结果可见: 中文读者至少以词的单元加工注视点上的文字。但是, 本研究并不能提供充分证据表明对词 $n+1$ 处文字的预视加工能够引导词间眼跳。

就读者采用何种策略识别词 n 和词 $n+1$ 位置上的汉字而言, 存在两种可能: (1) 读者以词为单元加工位于注视点上的文字, 但以字为单元识别加工位于词 $n+1$ 处的文字; (2) 读者以词为单元加工位于注视词和词 $n+1$ 处的文字。但如下证据表明, 中文读

者不可能以字为单元识别词 $n+1$ 处的汉字: 若读者以汉字为单位加工词 $n+1$, 则两个实验的条件 2 都不应该影响总阅读时间; 掩蔽词 $n+2$ 能够影响总阅读时间, 表明中文读者至少能够预视加工注视词以右 3 个字的信息, 若读者以汉字为单位加工词 $n+1$, 那就意味着中文读者的注意资源被平行分配到至少 5 个客体上(注视词左侧文字、注视词、词 $n+1$ 的左侧字、词 $n+1$ 的右侧字和词 $n+2$ 的左侧字), 这显然超出了所有理论和实际经验的承受范围(Reichle et al., 2003, 2006; Engbert et al., 2005; Kliegl et al., 2006; Richter et al., 2006, Kliegl, 2007; Engbert et al., 2002; Reilly & Radach, 2006; Pollatsek et al., 2006)。由此可见, 中文读者以词为单元识别加工词 $n+1$ 处的文字。

4.2 预视效应和词汇识别风格

中文读者是否以词为单元加工位于词 $n+1$ 处的文字、以及能否对词 $n+2$ 处文字的预视加工, 都直接关乎词汇识别风格问题。由于实验句子中所有文字都要参与呈现条件的处理过程, 因此, 研究中总阅读时间是反映词汇识别风格的最主要指标。两个实验 3 种掩蔽条件下的总阅读时间均显著高于控制条件, 且出现如下规律: (1) 掩蔽条件对总阅读时间的影响程度随着掩蔽字的数量增加而逐渐加重(由控制条件与条件 1 和条件 2 之间的差别可知); (2) 来自阅读知觉广度研究的结论证实, 中文读者不可能对词 $n+3$ 处文字进行视觉以外信息的加工(Inhoff & Liu, 1998; 闫国利等, 2008, 2011), 条件 2 对阅读的影响应类似于词 $n+2$ 的单独掩蔽, 因此由控制条件与条件 2、条件 3 之间的差别可知掩蔽条件对总阅读时间的影响程度随着掩蔽词位置的改变而变化。由此可见, 读者在注视当前兴趣区时可以加工此兴趣区以右第一、第二个区域内的文字, 且对前者的预加工程度要高于后者。综合对照两个实验对读者眼动过程和阅读效率影响的差异可知, 中文读者至少以词为单元加工位于词 n 和词 $n+1$ 位置上的文字, 且对词 $n+1$ 的预视加工程度大于对词 $n+2$ 处文字的预视加工。虽然串行加工和并行加工理论都可以解释以上现象(串行加工理论可以认为, 对词 $n+1$ 加工完成后才能加工词 $n+2$ 上的文字, 由于凝视时间有限, 读者花费在词 $n+1$ 上的时间必将多于花费在词 $n+2$ 处文字上的时间; 并行加工可以认为, 读者分配至词 $n+1$ 处注意的总量要多于分配至词 $n+2$ 处文字的注意资源数量, 因此对词 $n+1$ 预视加工程度要甚于对词 $n+2$ 处文字的预视加工), 但当

前的结果更加倾向于支持并行加工理论,理由如下:

第一,串行加工模型(比如 E-Z 读者)限定只有在词 $n+1$ 为高频、较短且被跳读的情况下才有可能出现显著的词 $n+2$ 预视效应(Reichle et al., 2003, 2006; Pollatsek et al., 2006; Yang et al., 2009),但本研究中采用的材料均为完全由双字词构成的句子,句子中的跳读概率也较低,且从总阅读时间这个指标上看,剥夺词 $n+2$ 处文字预视加工(条件 2)显著增加了总阅读时间,这显然不符合注意序列转移假设的预测。

第二,中文读者在注视词 n 的持续时间内,对词 $n+2$ 预视加工应该已经超出视觉水平。如果对词 $n+2$ 的预视加工只停留在视觉水平,那么当注视移至词 $n+1$ 时这种预视效应将会受到干扰而消失,因此只有读者对词 $n+2$ 的预加工到达词汇或词素加工阶段,才能保证词 $n+2$ 预视效应不受干扰。

第三,本研究发现,中文读者以词为单元加工词 $n+1$ 上文字,这意味着读者对词 $n+1$ 上的预视加工不可能只停留在前词汇阶段,但这与串行加工观点的预测不符(Reichle et al., 2003, 2006; Pollatsek et al., 2006)。

第四,条件 2 对眼动模式的影响趋势与支持字加工在注视控制中起绝对作用的预测不相符合。虽然本研究并不能证实词 $n+2$ 预视效应是否仅仅反映中文读者对字 $n+3$ 的预视加工。但是,中文读者至少以词为单元识别位于词 $n+1$ 位置上的文字,且对文本的加工能够延伸到字 $n+3$ 。这样的结果足以说明,中文读者采取并列的方式加工注视点附近的词汇。

5 结论

中文读者可在注视词 n 的过程中加工词 $n+1$ 和词 $n+2$ 位置上的汉字,且是以词为单元加工词 $n+1$ 处的汉字。这些结果表明,中文读者采用并行的方式加工注视点附近的词汇和汉字。

参 考 文 献

- Angele, B., Slattery, T., Yang, J., Kliegl, R., & Rayner, K. (2008). Parafoveal processing in reading: Manipulating $n+1$ and $n+2$ previews simultaneously. *Visual Cognition*, 16, 697–707.
- Bai, X. J., Meng, H. X., Wang, J. X., Tian, J., Zang, C. L., Yan, G. L. (2011). The landing positions of dyslexic, age-matched and ability-matched children during reading spaced text. *Acta Psychologica Sinica*, 43, 851–862.
- [白学军, 孟红霞, 王敬欣, 田静, 臧传丽, 闫国利. (2011). 阅读障碍儿童与其年龄和能力匹配儿童阅读空格文本的注视位置效应. *心理学报*, 43, 851–862.]
- Bai, X. J., Yan, G. L., Liversedge, S. P., Zang, C. L., & Rayner, K. (2008). Reading spaced and unspaced Chinese text: Evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34, 1277–1287.
- Chen, H. -C., Song, H., Lau, W. Y., Wong, K. F. E., & Tang, S. L. (2003). Developmental characteristics of eye movements in reading Chinese. In C. McBride-Chang & H.-C. Chen (Eds.), *Reading development in Chinese children* (pp. 157–170). London: Praeger Publisher.
- Drieghe, D., Brysbaert, M., & Desmet, T. (2005). Parafoveal-on-foveal effects on eye movements in text reading: Does an extra space make a difference? *Vision Research*, 45, 1693–1706.
- Drieghe, D., Rayner, K. & Pollatsek, A. (2008). Mislocated fixations can account for parafoveal-on-foveal effects in eye movements during reading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 1239–1249.
- Engbert, R., Longtin, A., & Kliegl, R. (2002). A dynamical model of saccade generation in reading based on spatially distributed lexical processing. *Vision Research*, 42, 621–636.
- Engbert, R., Nuthmann, A., Richter, E. M., & Kliegl, R. (2005). SWIFT: A dynamical model of saccade generation during reading. *Psychological Review*, 112, 777–813.
- Hsu, S.-H., & Huang, K.-C. (2000). Interword spacing in Chinese text layout. *Perceptual & Motor Skills*, 91, 355–365.
- Inhoff, A. W., & Liu, W. M. (1998). The perceptual span and oculomotor activity during the reading of Chinese sentences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 20–34.
- Kennedy, A., & Pynte, J. (2005). Parafoveal-on-foveal effects in normal reading. *Vision Research*, 45(2), 153–168.
- Kliegl, R. (2006). Current advances in SWIFT. *Cognitive Systems Research*, 7, 23–33.
- Kliegl, R. (2007). Toward a perceptual-span theory of distributed processing in reading: A reply to Rayner, Pollatsek, Drieghe, Slattery, and Reichle. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33, 530–537.
- Kliegl, R., Nuthmann, A., & Engbert, R. (2006). Tracking the mind during reading: The influence of past, present, and future words on fixation durations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 12–35.
- Kliegl, R., Risse, S., & Laubrock, J. (2007). Preview benefit and parafoveal-on-foveal effects from word $n + 2$. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33, 1250–1255.
- Lee, C. Y., Liu, Y. N., & Tsai, J. L. (2012). The time course of contextual effects on visual word recognition. *Frontiers in Psychology*, 3, 1–13.
- Li, P., Jin, Z., & Tan, L. H. (2004). Neural representations of nouns and verbs in Chinese: An fMRI study. *NeuroImage*, 21, 1533–1541.
- Li, X. S., Liu, P. P., & Ma, G. J. (2011). Advances in cognitive mechanisms of word segmentation during Chinese reading. *Advances in Psychological Science*, 19, 459–470.
- [李兴珊, 刘萍萍, 马国杰. (2011). 中文阅读中词切分的认

- 知机理述评. *心理科学进展*, 19, 459–470.]
- Li, X. S., Liu, P. P., & Rayner, K. (2011). Eye movement guidance in Chinese reading: Is there a preferred viewing location? *Vision Research*, 51, 1146–1156.
- Li, X. S., Rayner, K., & Cave, K. P. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, 58, 525–552.
- Nuthmann, A., Engbert, R., & Kliegl, R. (2005). Mislocated fixations during reading and the inverted optimal viewing position effect. *Vision Research*, 45, 2201–2217.
- Pollatsek, A., Reichle, E. D., & Rayner, K. (2006). Tests of the E-Z Reader model: Exploring the interface between cognition and eye movement control. *Cognitive Psychology*, 52, 1–56.
- Rayner, K. (1975). The perceptual span and peripheral cues in reading. *Cognitive Psychology*, 7, 65–81.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124, 372–422.
- Rayner, K., Li, X. S., & Pollatsek, A. (2007). Extending the E-Z Reader model of eye movement control to Chinese readers. *Cognitive Science*, 31, 1021–1033.
- Rayner, K., Li, X. S., Juhasz, B. J., & Yan, G. (2005). The effect of word predictability on the eye movements of Chinese readers. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 1089–1093.
- Rayner, K., Juhasz, B. J., & Brown, S. J. (2007). Do readers obtain preview benefit from word $n+2$? A test of serial attention shift versus distributed lexical processing models of eye movement control in reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33, 230–245.
- Rayner, K., White, S. J., Kambe, G., Miller, B., & Liversedge, S. P. (2003). On the processing of meaning from parafoveal vision during eye fixations in reading. In J. Hyönä, R. Radach, & H. Deubel (Eds.), *The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research* (pp. 213–234). Amsterdam: Elsevier Science.
- Reichle, E. D., Pollatsek, A., & Rayner, K. (2006). E-Z Reader: A cognitive-control, serial-attention model of eye-movement behavior during reading. *Cognitive Systems Research*, 7, 4–22.
- Reilly, R. G., & Radach, R. (2006). Some empirical tests of an interactive activation model of eye movement control in reading. *Cognitive Systems Research*, 7, 34–55.
- 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, 445–526.
- Richter, E. M., Engbert, R., & Kliegl, R. (2006). Current advances in SWIFT. *Cognitive Systems Research*, 7, 23–33. (请调整本条文献顺序)
- Shen, D. L., Bai, X. J., Zang, C. L., Yan, G. L., Feng, B. C., & Fang, X. H. (2010). Effect of word segmentation on beginners' reading: Evidence from eye movement. *Acta Psychologica Sinica*, 42, 159–172.
- [沈德立, 白学军, 臧传丽, 闫国利, 冯本才, 范晓红. (2010). 词切分对初学者句子阅读影响的眼动研究. *心理学报*, 42, 159–172.]
- Shen, D. L., Liversedge, S. P., Tian, J., Zang, C. L., Cui, L., Bai, X. J., ... Rayner, K. (2012). Eye movements of second language learners when reading spaced and unspaced Chinese text. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18, 192–202.
- Tsai, J. L., & McConkie, G. W. (2003). Where do Chinese readers send their eyes? In J. Hyönä, R. Radach, & H. Deubel (Eds.), *The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research* (pp. 159–176). Oxford, UK: Elsevier.
- Vitu, F., Brysbaert, M., & Lancelin, D. (2004). A test of parafoveal-on-foveal effects with pairs of orthographically related words. *The European Journal of Cognitive Psychology*, 16, 154–177.
- Wang, C., Inhoff, A. W., & Radach, R. (2009). Is attention confined to one word at a time? The spatial distribution of parafoveal preview benefits during reading. *Attention Perception, & Psychophysics*, 71, 1487–1494.
- Wang, S. P., Tong, X. H., Yang, J. M., & Leng, Y. (2009). Semantic codes are obtained before word fixation in Chinese sentence reading: Evidence from eye movements. *Acta Psychologica Sinica*, 41, 220–232.
- [王穗苹, 佟秀红, 杨锦绵, 冷英. (2009). 中文句子阅读中语义信息对眼动预视效应的影响. *心理学报*, 41, 220–232.]
- Wu, J., Mo, L., & Leng, Y. (2008). The processing of 3-character word is faster than 2-character word in Chinese reading. *Psychological Exploration*, 28(2), 41–48.
- [吴俊, 莫雷, 冷英. (2008). 中文词汇切分对眼动数据的影响. *心理学探新*, 28(2), 41–48.]
- Wu, J., Slattery, T. J., Pollatsek, A., & Rayner, K. (2008). Word segmentation in Chinese reading. In K. Rayner, D. Shen, X. Bai, & G. Yan (Eds.), *Cognitive and cultural influences on eye movements* (pp. 303–314). Tianjin: Tianjin Peoples Press/Psychology Press.
- Yan, G. L., Tian, H. J., Bai, X. J., & Rayner, K. (2006). The effect of word and character frequency on the eye movements of Chinese readers. *British Journal of Psychology*, 97, 259–268.
- Yan, G. L., Wang, L. H., Wu, J. G., & Bai, X. J. (2011). The perceptual span and parafoveal preview effect of fifth graders and college students: An eye movement study. *Acta Psychologica Sinica*, 43, 249–263.
- [闫国利, 王丽红, 吴金根, 白学军. (2011). 不同年级学生阅读知觉广度及预视效益的眼动研究. *心理学报*, 43, 249–263.]
- Yan, G. L., Xiong, J. P., & Bai, X. J. (2008). Eye movement studies on the perceptual span of Chinese reading by fifth graders. *Psychological Development and Education*, 24(1), 72–77.
- [闫国利, 熊建萍, 白学军. (2008). 小学五年级学生汉语阅读知觉广度的眼动研究. *心理发展与教育*, 24(1), 72–77.]
- Yan, G. L., Zhang, X., & Bai, X. J. (2010). An eye movement study of the effect of plausibility on Chinese sentence reading. *Psychological Science*, 33, 1035–1037.
- [闫国利, 张霞, 白学军. (2010). 合理性对中文句子阅读影响的眼动研究. *心理科学*, 33, 1035–1037.]
- Yan, M., Kliegl, R., Richter, E. M., Nuthmann, A., & Shu, H. (2010). Flexible saccade-target selection in Chinese reading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63, 705–725.
- Yan, M., Kliegl, R., Shu, H., Pan, J., & Zhou, X. L. (2010). Parafoveal load of word $N+1$ modulates preprocessing effectiveness of word $N+2$ in Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36, 1669–1676.

- Yan, M., Richter, E. M., Shu, H., & Kliegl, R. (2009). Readers of Chinese extract semantic information from parafoveal words. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 561–566.
- Yang, H. M., & McConkie, G. W. (1999). Reading Chinese: Some basic eye-movement characters. In H. -C. Chen (Ed.), *Reading Chinese script: A cognitive analysis* (pp. 207–222). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Yang, J. M., Rayner, K., Li, N., & Wang, S. P. (2012). Is preview benefit from word n+2 a common effect in reading Chinese? Evidence from eye movements. *Reading and Writing*, 25, 1079–1091.
- Yang, J.M., Wang, S., Xu, Y., & Rayner, K. (2009). Do Chinese readers obtain preview benefit from word n+2? Evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 1192–1204.
- Yang, S. N., & McConkie, G. W. (2004). Saccade generation during reading: Are words necessary? *European Journal of Cognitive Psychology*, 16, 226–261.
- 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, 24–33.
- Zhang, Z. J., Liu, Z. F., Zhao, Y. J., & Ji, J. (2012). The locations of word segmentation in Chinese reading: Research based on the eye-movement-contingent display technique. *Acta Psychologica Sinica*, 44, 51–62.
- [张智君, 刘志方, 赵亚军, 季靖. (2012). 汉语阅读过程中词切分的位置: 一项基于眼动随动显示技术的研究. *心理学报*, 44, 51–62.]

Preview Benefits and Word Segmentations When Reading Chinese

LIU Zhifang^{1,2}; YAN Guoli³; ZHANG Zhijun¹; PAN Yun⁴; YANG Guifang⁴

(¹ Department of Psychology and Behavioral Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China)

(² College of Teacher Education, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

(³ Academy of Psychology and Behavior, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China)

(⁴ Department of Psychology, GuiZhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract

Recently, a number of studies have confirmed that Chinese readers could obtain linguistic information from word n+1 when it was in parafoveal vision. However, there was no confirmation that Chinese readers could obtain preview benefits from word n+2 (Yan, et. al., 2009; Yang, et. al., 2009; Yen, et. al., 2009; Rayner, et. al., 2003). The preview benefit effects received in a boundary paradigm could not exclude the effects of word segmentation. Therefore, there is no evidence that Chinese readers process the meaning of word n+1 by the word unit. Two experiments were conducted using a new eye-movement contingent display technology to clarify the confusion in the present study.

The Chinese sentences used in both experiments consisted of 7 to 10 two-character words.

There were four treatments of Chinese sentences in Experiment 1. Namely, as the nth word was fixated, (1) the words located to the right were all masked by a series of “※”, (2) the words located to the right of the n+1th word were all masked by a series of “※”, (3) only the n+1th word was masked by two masks of “※”, or (4) no words were masked as a baseline comparison (the control). Among the treatments, the first and third provided the cues of word n segmentation, and the second treatment provided information of word n+1 segmentation. Moreover, the first treatment was deprived of the preview benefit effects from word n+1 and n+2, the second treatment was deprived of the preview benefit effects from word n+2, and the third treatment was deprived of the preview benefit effects from n+1. An eye-movement apparatus was used, and eye-motion indices were measured. The effects on the total reading time, mean fixation duration, mean gaze duration, probability of refixation and word skipping were significant ($p < 0.05$). The differences among the second and third treatments and the control for these indices showed significant preview effects on word n+1 and n+2. The mean gaze duration in the second treatment was observed to be less than the control, although the total reading time

increased.

However, we cannot exclude the effect of the mask paradigm itself, which influenced the patterns of eye movements and affected the results of Experiment 1. Therefore, a second experiment was conducted. Experiment 2 adopted similar treatments as Experiment 1, but the two adjacent characters that did not belong to a word were masked together. The manipulations did not provide cues to facilitate word segmentation. Consequently, all the masked treatments in Experiment 2 influenced the total reading and fixation times more significantly than those in Experiment 1. The mean gaze duration in the second treatment was greater than the control, which was an opposite result to that of Experiment 1.

The patterns of eye movements in Experiment 2 differed from those in Experiment 1. Thus, the results obtained in Experiment 1 were not because of the influence of the mask paradigm. Because the second treatment in Experiment 1 emphasized the boundary of word $n+1$, the differences in the eye movement patterns between this condition and the control revealed that the beneficial effects from the text in word $n+1$ were based on the word unit. Thus, the data from the current experiment better fit with the theoretical assumptions of parallel processing models in reading.

Key words Chinese reading; preview benefits; eye movement; word segmentations