

消失文本条件下认知控制的眼动研究^{*}

闫国利 王文静 白学军

(天津师范大学 心理与行为研究中心 天津 300074)

摘 要 通过考察消失文本条件下的词频效应来探讨影响中文阅读眼动模式的控制因素。实验 1 发现当读者所注视的双字词在 80ms 后消失不会影响其正常阅读。实验 2 在实验 1 的基础上将材料的呈现时间设置为 80ms 结果发现不论是正常阅读还是消失文本条件下均出现了显著的词频效应 结果支持眼动的认知控制模型。

关键词 消失文本 词频效应 认知控制 眼动

中图分类号 :B842.5

文献标识码 :A

文章编号 :1003-5184(2007)04-0037-05

1 问题提出

在阅读过程中,眼睛的运动包含一系列的眼跳和注视^[1]。人们在注视过程中获取新信息,而这一过程主要依赖于信息加工系统及其所要建构的文本意义的心理表征^[2]。目前存在三种眼动控制理论对眼跳何时发生,什么因素影响眼跳的发生进行了解释:最小控制模型(minimal control)、视觉控制模型(visual/oculomotor control)以及认知控制模型(cognitive control)。

最小控制模型认为,眼动和语言加工之间没有关系。眼动的作用在于使新信息进入加工系统,而读者对一个特定单词注视时间的长短与该单词的任何语言学特性都无关^[3]。然而,这一观点在很大程度上已经被抛弃了,因为大量的研究证明单词加工的难易、词频影响读者对该单词的注视时间。

视觉控制模型认为,决定眼动何时进行的主要因素是与阅读相关的知觉过程。根据该理论,眼睛何时移动只与正在进行的语言加工相关的心理活动间接相关。O'Regan 认为语言学因素影响较长的单个注视时间(300ms 或更长),并且仅仅影响两个注视中的第二个注视,即影响单词何时被再次注视^[4]。Yang 和 McConkie 认为认知加工活动仅仅影响较长的注视,并且注视时间上的变化与读者当前的认知活动关系很小^[5]。Yang 和 McConkie 并不否认语言学因素影响注视时间(例如词频),但是在他们的竞争-交互作用模型中,注视时间上的变化大多归因于视觉因素,即与当前的认知活动基本无关。该模型的基本特征就是认知因素通过取消或重新计划眼

跳来影响注视。

根据认知控制理论,语言加工很大程度上决定眼睛何时移动^[6-8]。在 E-Z 读者模型中,词汇通达之前的熟悉度检测是眼跳开始的信号,词汇通达的完成是内部注意从当前注视单词转移到下一个单词的信号。这种模型能够较好地解释词频效应。

研究采用由 Rayner 等人发展的消失文本范式(disappearing text paradigm),考察在中文阅读过程的眼动控制因素。实验 1 考察当以双字词为消失单元时,需要呈现多长时间不会影响读者的正常的阅读。实验 2 在实验 1 的基础上研究在消失文本下的词频效应,以此考察在阅读过程中影响眼动的因素。

2 实验一

2.1 被试

天津师范大学本科生 12 人,男 5 名,女 7 名。被试的视力或矫正视力正常,实验结束后可获得一份礼物。

2.2 实验材料

实验的正式材料为 90 个句子,平均每个实验条件下 15 个句子。每个句子均由 5 或 6 个双字词组成,句长为 10 或 12 个字。

为避免句子通顺性对被试的眼动造成影响,请 20 名大学生对句子的通顺性进行 7 点评定,分值越高,越通顺。结果选取分值在 6~7 的句子作为实验句,其平均值为 6.29。

另外,所编制的句子都非常简单,请 20 名被试对句子的难易程度进行 7 点评定,分值越低,越简单。所挑选的实验句分值均在 1~2 之间,平均值为

^{*} 基金项目:教育部人文社会科学重点研究基地项目(02JAZJDXLX003、01JAZJDXLX003),天津市教育科学“十一五”规划项目(ZZG194)。

1.65。

实验还包括 6 个练习句 ,以便被试理解并熟悉实验过程 ;18 个阅读理解判断题 ,以考察被试是否认真阅读实验材料。

2.3 实验设计

实验采用单因素(延迟时间 :40ms、60ms、80ms、100ms、120ms、控制组)被试内实验设计 ,6 种延迟条件采用拉丁方排列 ,呈现顺序在被试间平衡。

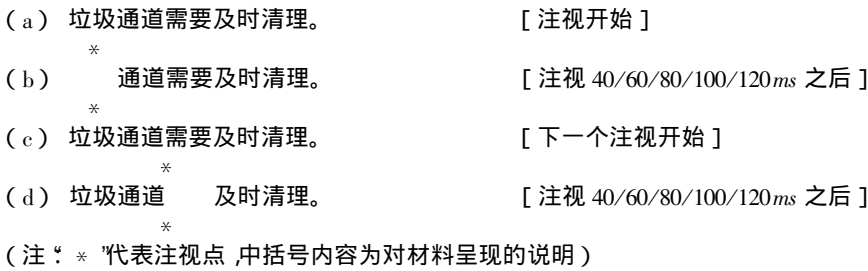


图 1 消失文本范式示意图

2.4 实验仪器

实验采用加拿大 SR 公司生产的 Eyelink II 型眼动记录仪 ,呈现材料并记录被试的眼动。Eyelink II 型眼动记录仪的采样频率为 500 次/秒 ,屏幕刷新频率为 150Hz。被试距离屏幕 75cm ,在 2°视角内可以看到 3 个汉字 ,一个汉字的大小约为 21 × 21 像素 ,实验材料采用 18 号字体呈现。

2.5 实验程序

实验个别进行。被试进入实验室后 ,坐在仪器前 75cm 的地方 ,戴好头盔 ,用头托固定头部 ,要求被试尽量不要移动头部。对仪器进行眼校准 ,校准结束后 ,呈现指导语。在正式实验之前 ,被试进行 6 个练习 ,确保其熟悉实验过程 ,然后进行正式实验。主

试记录被试反应。整个过程大约 20 分钟。

实验采用消失文本实验范式。消失窗口为 1 个词 ,如图 1 所示 :在阅读过程中 ,当被试注视某个双字词时(a) ,不论注视点落在该词的首字还是尾字上 ,它都会在被试注视特定时间(40ms、60ms、80ms、100ms、120ms)后以词为单位消失(b) ,直到被试进行眼跳。控制条件下 ,汉字或词并不消失 ,与正常阅读相同。

试记录被试反应。整个过程大约 20 分钟。

2.6 眼动指标

以句子为单位的整体测量(global measure)指标 ,包括句子的平均注视时间、平均眼跳距离、平均注视次数 ,总注视时间和阅读速度。

2.7 结果分析

全部数据用 SPSS11.0 和 SR 公司提供的眼动分析软件“ Data Viewer ”进行分析。所有被试对判断题回答的正确率都在 85% 以上 ,并且剔除三个标准差以外的数据 ,确保数据的有效性。

各实验条件下的平均注视时间、平均眼跳距离、平均注视次数、总注视时间、平均阅读速度如表 1 所示。

表 1 各实验条件下的平均注视时间、眼跳距离、注视次数、总注视时间和阅读速度

	延 迟 时 间(ms)					
	控制	40	60	80	100	120
平均注视时间	243.31 (30.01)	260.80 (36.91)	257.69 (29.39)	257.91 (29.08)	248.79 (21.67)	249.78 (23.67)
眼跳距离	1.66 (0.29)	1.87 (0.38)	1.89 (0.35)	1.92 (0.34)	1.90 (0.32)	1.79 (0.39)
注视次数	8.87 (2.68)	9.29 (2.83)	8.78 (2.27)	8.71 (2.77)	8.44 (2.25)	8.53 (2.34)
总注视时间	2345.51 (852.72)	2626.39 (914.42)	2449.37 (768.84)	2418.86 (833.49)	2314.75 (679.65)	2416.77 (772.92)
平均阅读速度	316.75 (116.06)	288.30 (105.69)	294.25 (102.39)	309.16 (123.19)	308.39 (92.58)	298.33 (85.52)

注 括号内为标准差

对于平均注视时间,延迟时间差异显著, $F_{(5,55)} = 3.21, p < 0.05$ 。

事后检验表明:40ms、60ms 的延迟时间与控制条件存在显著差异,被试对句子的平均注视时间显著高于正常文本阅读条件。其他三种延迟时间与控制条件均不存在显著差异,另外各个延迟条件之间也没有显著差异,即当延迟时间大于或等于 80ms 时,消失文本下的平均注视时间与正常阅读条件相同。

对于平均眼跳距离,延迟时间差异显著, $F_{(5,55)} = 5.89, p < 0.001$ 。

事后检验表明:五种延迟时间下的眼跳距离均显著大于正常阅读条件,而各延迟条件之间没有显著差异。

对于平均注视次数 $[F_{(5,55)} = 1.25, p > 0.05]$ 、总注视时间 $[F_{(5,55)} = 1.22, p > 0.05]$ 、平均阅读速度 $[F_{(5,55)} = 0.77, p > 0.05]$,各实验条件之间没有显著差异。

从以上的数据可以看出,随着延迟时间的增加,平均注视时间随之逐渐降低,当延迟时间增至 80ms 时,延迟条件下的平均注视时间与控制条件没有显著差异,各延迟条件之间也没有显著差异。另外,对于平均注视次数、总注视时间和平均阅读速度这三个指标,延迟条件和控制条件之间没有显著差异。即实验材料呈现 80ms 后消失并不影响读者的正常阅读。

根据实验 1 所得的结果,实验二试图考察在消失文本条件下是否存在词频效应。

3 实验二

3.1 被试

天津师范大学本科生 16 人,男 4 名,女 12 名。被试的视力或矫正视力正常,实验结束后可获得一份礼物。

3.2 实验材料

根据《现代汉语频率词典》^[9]和《现代汉语分类词典》^[10]挑选词义相近、笔画数匹配但词频差异较

大的名词词对,共 40 组(词频、笔画数见表 2)。

表 2 高频与低频词的词频、笔画数

	频率 (次/百万)	首字 笔画数	尾字 笔画数	整词 笔画数
高频词	344.95	7.48	7.13	14.63
低频词	9.95	7.03	8.38	15.20

以筛选后得到的名词为关键词,一组近义词造一个句子,共造 40 个句子。这些句子都由双字词组成,包含 6 或 7 个双字词,因此句长为 12 或 14 个字。关键词处于句子的中间,以避免首尾效应。如:“专家预测石油/原油价格将会持续上涨”,其中“石油”或“原油”为关键词,词义相近,但前者为高频词(245 次/百万),后者为低频词(23 次/百万)。

请 10 位大学生对句子的通顺性进行 7 点评定,分值越高,越通顺,结果选定通顺性在 5.9~7 之间的句子,平均值为 6.48。同样请 10 名大学生对句子的难易程度进行 7 点评定,分值越低,越简单,所选实验句的难易程度均低于 2.3,平均值为 1.84。

另外,正式实验前进行 6 个练习,使被试熟悉实验过程。随机插入 19 个判断题,确保被试认真阅读句子。

3.3 实验设计

实验采用 2 (呈现条件:正常文本、消失文本) $\times 2$ (词频:高频、低频)重复测量拉丁方实验设计,呈现条件和词频均为被试内因素。4 种实验条件采用拉丁方排列,呈现顺序在被试间平衡。

3.4 兴趣区及眼动指标

兴趣区是指研究者在实验材料中要考察的区域。由于实验是要了解在消失文本条件下的词频效应,因此以关键词为兴趣区。实验中采用三个眼动指标:首次注视时间、凝视时间和总注视时间。

3.5 结果分析

剔除正确率较低的数据(低于 85%)以及三个标准差以外的极端数据。分别对目标词的首次注视时间、凝视时间和总注视时间进行统计分析(如表 3)。

表 3 各条件下的首次注视时间(FFD)、凝视时间(GD)、总注视时间(TD)

实验条件	FFD	GD	TD
正常阅读条件			
高频	239.20(82.64)	311.56(159.79)	435.43(276.88)
低频	269.39(126.19)	364.26(229.52)	508.90(345.94)
消失文本条件			
高频	270.38(149.34)	313.97(193.79)	425.15(260.12)
低频	308.93(182.57)	340.88(204.05)	575.83(462.17)

对于首次注视时间,词频主效应非常显著, $F_{(1,15)} = 11.75, p < 0.01$,高频词的首次注视时间显著低于低频词。呈现方式主效应不显著, $F_{(1,15)} = 4.09, p > 0.05$,读者在正常阅读条件下的首次注视时间与延迟 80ms 的消失文本条件不存在显著差异。词频和呈现条件的交互作用不显著, $F_{(1,15)} = 0.06, p > 0.5$ 。

对于凝视时间,词频主效应显著, $F_{(1,15)} = 6.99, p < 0.05$,高频词的凝视时间显著低于低频词。呈现方式主效应不显著, $F_{(1,15)} = 0.29, p > 0.5$ 。词频和呈现条件的交互作用不显著, $F_{(1,15)} = 1.27, p > 0.1$ 。

对于总注视时间,词频主效应非常显著, $F_{(1,15)} = 13.76, p < 0.01$,高频词的总注视时间显著低于低频词。呈现方式主效应不显著, $F_{(1,15)} = 1.19, p > 0.1$ 。词频和呈现条件的交互作用不显著, $F_{(1,15)} = 3.93, p > 0.05$ 。

从上述结果可以看出,不论是正常阅读还是消失文本条件,高频词的首次注视时间、凝视时间和总注视时间均显著低于低频词。说明即使在消失文本条件下,仍然存在显著的词频效应。

4 讨论

在实验 1 中表明,实验材料呈现 80ms 后消失并不影响读者的正常阅读。在 Rayner 等人 1981 年的一项研究中,将窗口大小设置为 7 或 17 个字母,在读者注视特定时间后将其掩蔽,结果发现当延迟时间为 50ms 时,各项眼动指标即不再发生显著变化,他们由此认为读者在最初的 50~60ms 即可获得足够的信息进行正常阅读^[11],该研究结果也体现在其眼动控制理论中。Rayner 等人在其早期的眼动理论中认为在一次注视大约 200~250ms 的时间里可能包含四个成分,第一个阶段是眼-脑延迟,并假定该时间大约为 50ms^[12]。在此基础上发展而来的 E-Z 读者模型 7 认为,一次注视主要包含四个感知驱动系统:视觉加工、词汇加工、注意和眼动控制。模型 9 深入检验了视觉加工假设,将视觉加工的时间再次确认为 50ms^[13]。

实验 1 结果说明,中文研读者可能在最初的 80ms 即可获得正常阅读所需的信息。该时间更有可能是视觉加工所需的时间,类似于 E-Z 读者模型中的第一阶段,而后将视觉信息存入短时记忆缓冲器并转化为更抽象的表征供之后的词汇加工使用。

另外,各延迟条件下的眼跳距离均显著大于控

制条件,当延迟时间增加到 80ms 时,眼跳距离最大(1.92),而当延迟时间从 80ms 增加至 120ms 时,眼跳距离有回落的趋势。这可能与中文书写系统本身的特点有关,中文阅读不像英文书写系统,词与词之间有明显的词界标志,在阅读过程中需要断词。这个因素可能造成中文阅读眼跳距离较短,并且有研究者认为中文阅读是以字为单位进行的^[14]。而这里的实验材料选用的都是双字词构成的句子,另外,实验设计也是以词为单位消失,因此,可能潜在地为被试提供了词界标志,使得被试在阅读过程中不会出现断词的困难,从而造成了眼跳距离的增大。而在 80ms 之后可能存在更多的词汇加工,如对副中央窝信息的预视,从而削弱了消失范式对断词的帮助作用,使得眼跳距离出现了回落的现象。

在实验 2 中,在消失文本的条件下也存在词频效应,证明在阅读过程中与词汇加工相关的认知因素决定眼动何时进行。这与认知控制模型的预测一致。另一方面,实验结果与视觉控制模型相悖,如 Yang 和 McConkie 的竞争-交互作用模型认为认知加工活动主要是通过取消和重新计划新一次的眼跳来延迟下一次眼跳的开始。根据该观点,当前注视词的消失应该能够延迟下一次眼跳的开始,通过首次注视时间这个指标可以看出,当前注视词的消失使下一次眼跳延迟大约 30ms。然而,消失文本条件下的再注视(refixation)率(10.94%)显著低于正常阅读条件(27.50%) [$F_{(1,15)} = 25.46, p < 0.001$],抵消了这种延迟。因此在凝视时间上,消失文本和正常阅读条件大致相等。另外,消失文本和正常阅读条件下词频效应的强度大致相同,这也很难用视觉控制模型来解释,但认知控制模型却很容易解释该现象。

实验 2 的结果不仅支持了认知控制模型,还再次验证了实验 1 的结论,即当前注视词在呈现 80ms 后消失并不影响读者的正常阅读。这并不意味着与阅读相关的心理过程能够在 80ms 内完成,而可能是在这段时间内视网膜刺激能够在视觉皮层产生兴奋并为进一步的认知加工提供所需的视觉信息。这种较短的神经传递时间能够确保视觉信息被迅速地传递到认知系统,从而使读者能够进行较短的注视。

总之,实验结果支持认知控制模型。虽然视觉信息的输入对阅读活动的发生是重要的,也是必需的,但是作用于这些视觉信息的认知加工才是驱动阅读过程中眼动发生的决定因素。

5 结论

认知因素决定中文阅读过程中眼动发生的时

间,研究支持眼动的认知控制模型。

参考文献

1

Rayner K. Eye movement in reading and information processing : 20 years of research. *Psychology Bulletin* ,1998 ,124(3) :372 – 422.

2

Rayner K ,Liversedge S P ,White S J ,et al. . Reading disappearing text :cognitive control of eye movements. *Psychological Science* 2003 ,14 :385 – 388.

3

闫国利 . 眼动分析法在心理学研究中的应用 . 天津 :天津教育出版社 2004. 101 – 102.

4

O 'Regan J K. Optimal viewing position in words and the strategy – tactics theory of eye movements in reading. In Rayner K ,Ed. *Eye movements and visual cognition :scene perception and reading*. Springer – Veriag ,1992. 333 – 354.

5

Findlay J M ,Walker R. A model of saccade generation based on parallel processing and competitive inhibition. *Behavioral and Brain Sciences* ,1999 ,22 :661 – 721.

6

Morrison R E. Manipulation of stimulus onset delay in reading : evidence for parallel programming of saccades. *Journal of Experimental Psychology :Human Perception and Performance* ,1984 ,10 (5) :667 – 682.

7

Reichle E D ,Pollatsek A ,Fisher D ,et al. . Toward a model of eye – movements control in reading. *Psychological Review* , 1998 ,105 :125 – 157.

8

Reichle E D ,Rayner K ,Pollatsek A. Eye movement control in reading :accounting for initial fixation locations and refixations within the E – Z reader model. *Vision Research* ,1999 ,39 :4403 – 4411.

9

北京语言学院语言教学研究所 . 现代汉语频率词典 . 北京 :北京语言学院出版社 ,1986.

10

董大年 . 现代汉语分类词典 . 上海 :汉语大词典出版社 , 1999.

11

Rayner K ,Inhoff A W ,Morrison R E ,et al. . Masking of foveal and parafoveal vision during eye fixations in reading. *Journal of Experiment Psychology :Human Perception and Performance* , 1981 ,7(1) :167 – 179.

12

Rayner K ,Pollatsek A. *The Psychology of Reading*. NJ : Lawrence Erlbaum Associates ,Publishers ,1989. 164 – 175.

13

胡笑羽 ,刘海健 ,刘丽萍 ,等 . E – Z 阅读者模型的新进展 . *心理学探新* 2007 27(1) :24 – 30.

14

Feng G. Eye movement in Chinese reading :basic processes and crosslinguistic differences. In :Li P ,Tan L H ,Bates E ,et al. , Eds. *The Handbook of East Asian Psycholinguistics* ,New York : Cambridge University Press 2006. 187 – 194.

Eye Movement Study on the Cognitive Control with the Disappearing Text Paradigm

Yan Guoli Wang Wenjing Bai Xuejun

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

Abstract :Disappearing text paradigm was used to investigate the influence of cognitive and visual factors on eye movement control. In the experiment 1 ,when readers saw a Chinese word for the first 80ms of each fixation before it disappeared ,reading proceeded quite normally. The design of the experiment 2 was based on the results of experiment 1. In experiment 2 ,participants read sentences containing high – or low – frequency target words under normal reading conditions or disappearing text conditions. Even though the fixated word had disappeared after 80ms , there was still a robust frequency effect ,thus the results are consistent with the cognitive – control models.

Key words :disappearing text ,word frequency effect ,cognitive control ,eye movements