

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*

闫国利^{1,2,3} 刘妮娜^{1,2,3} 梁菲菲³ 刘志方⁴ 白学军^{1,2,3}

(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)

(³天津师范大学教育科学学院, 天津 300074) (⁴宁波大学心理系暨研究所, 宁波 315211)

摘 要 通过消失文本范式操纵注视词的呈现时间, 记录儿童(10~12岁)与成人(18~23岁)阅读消失文本和正常文本时的眼动行为, 考察中文阅读中读者获取文本视觉信息速度的发展变化。结果发现: 在40 ms及更长的文本呈现条件下, 儿童与成人的阅读理解率和总阅读时间均不受显著的干扰, 表明中文读者在非常短暂的文本呈现时间内能够快速地从文本中获取阅读所必需的视觉信息。然而, 儿童受到消失文本操作更大的影响, 表现为: 儿童比成人采用更多回视进行信息的再次提取、再注视概率也较成人减少更多、同时当文本呈现时间不足时(20 ms), 儿童需要增加更多的总阅读时间来完成阅读活动, 表明阅读机能较低的儿童比成人需要更长的文本呈现时间。本研究也说明, 儿童在阅读时认知加工速度比熟练读者慢, 除了表现在信息获取的空间范围, 还在一定程度上表现在视觉信息获取的速度方面, 与拼音文字研究中所发现的结果不完全一致。

关键词 消失文本; 中文阅读; 眼动; 儿童和成人读者

分类号 B842

1 前言

在阅读过程中, 眼睛的运动与文字的即时加工密切相关(Liversedge & Findlay, 2000; Rayner, 1998, 2009)。读者通过对文本的注视(大约 200~250 ms)获取阅读所必需的视觉信息(Liversedge & Findlay, 2000; Rayner, 1998; Starr & Rayner, 2001), 但是每次注视只能获取注视点周围较小范围内的文字信息, 因此读者需要不断地转移注视(眼跳), 使新信息落入可加工的范围内, 用以完成文字视觉信息和语言信息的提取和加工, 从而保证阅读活动的正常进行(Rayner, 2009)。然而拼音文字的研究发现, 被注视的文本只需要呈现 50~60 ms, 读者便能进行正常的阅读加工(Blythe, Liversedge, Joseph, White, & Rayner, 2009; Liversedge et al., 2004; Rayner,

Liversedge, White, & Vergilino-Perez, 2003; Rayner, Inhoff, Morrison, Slowiaczek, & Bertera, 1981)。这表明读者在短暂的文本呈现时间内, 能够获取到正常阅读加工所需的足够信息(Rayner, Yang, Castelano, & Liversedge, 2011)。需要指出的是, 短暂的文本呈现不影响读者的正常阅读, 这并不能代表读者可以在这段时间内完成对所注视词的全部加工, 而只是能够获取到正常阅读所必需的视觉信息。这种对文本视觉信息的获取是通往词汇识别和语言高水平加工的基本途径, 是读者视觉系统和认知加工系统相互作用的过程。因此在阅读中, 读者能否快速有效地获取文本的视觉信息是一项非常重要, 且较为基本的阅读技能。对该问题的考察有助于揭示在完成阅读加工任务时, 读者的认知系统和视觉系统是如何相互作用的这一基本理论问题。同时比较初学

收稿日期: 2013-10-11

* 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(2009JJDXX005), 天津市高校“中青年骨干创新人才培养计划”项目和天津师范大学2014年博士新人项目(2014BSXR)资助。

通讯作者: 闫国利, E-mail: psyyl@163.com

阅读者和熟练阅读者在获取视觉信息速度上的差异有助于揭示这两个系统相互作用的发展变化。

为考察读者获取文本视觉信息的速度,研究者通常采用如下两种范式:一种是移动掩蔽范式(moving mask paradigm),另一种是消失文本范式(disappearing text paradigm)。这两种范式都采用呈现随眼动变化技术(eye-movement contingent display technique),基本原理是:在词与词之间设置一个隐形边界,当读者的眼跳跨过边界落入当前注视词内起计时,注视词在预设时间之后消失或被掩蔽。随后,当注视离开当前区域,跨越到下一个边界时消失的词又重新出现。表现为所有词都在被注视一段时间后消失,而当注视离开后又重新出现,在任何时刻,整个句子中只有被注视的词不可见。研究者通过操纵注视词的呈现时间,限制读者在首次注视的开始阶段对单词视觉信息进行编码的机会,考察读者在句子阅读中提取文本信息的速度,或读者对文本信息呈现时间的需要(Blythe, Häikiö, Bertram, Liversedge, & Hyönä, 2011; Blythe et al., 2009; Ishida & Ikeda, 1989; Liversedge et al., 2004; Rayner et al., 1981; Rayner, Liversedge, & White, 2006; Rayner et al., 2003; 刘志方, 张智君, 赵亚军, 2011; 闫国利, 白学军, 2012,)。两者的不同之处是,前者在注视词呈现一定时间后被掩蔽符号(例如“X”)替换,而后者呈现空白(如同消失一样),然而采用两种范式得到的结果却相同。早期的研究者多采用前者,而新近研究者更多采用消失文本范式。采用移动掩蔽范式时,不同掩蔽材料可能对阅读会产生不同的干扰效应,如何找到既能起到掩蔽的作用,又对阅读干扰较小的掩蔽材料便成为一个重要问题。在拼音文字的研究中,掩蔽材料的使用比较一致,多采用“X”来掩蔽拼音文字中的字母。这种掩蔽材料的选择主要是针对拼音文字的特点而定的,“X”符号简洁而又不具有任何意义,对阅读干扰较少。在中文的研究中,掩蔽材料的选择也需要考虑到中文自身的一些特点。但目前就掩蔽材料的使用上还没有一个统一的标准(王丽红, 2011)。因此,本研究采用消失文本范式来避免以上问题。

在拼音文字的阅读中, Rayner 等人(1981)首先发现,如果注视词在呈现 50~60 ms 后被掩蔽,即该词只被注视了 50~60 ms,读者仍然能正常地进行阅读。Ishida 和 Ikeda (1989)采用类似的方法也得到了同样的结果。新近的一系列消失文本的研究发现,当所注视词呈现 60 ms 后消失,读者的阅读活动也

不受干扰(Blythe et al., 2011; Blythe et al., 2009; Liversedge et al., 2004; Rayner et al., 2006; Rayner et al., 2003)。这表明,在拼音文字阅读研究中,成人读者在一次注视的早期阶段即能快速地获取足够的视觉信息,用于正常文本的阅读。近年来,国内有学者也采用消失文本范式,研究中文读者获取文本信息的速度,但未取得完全一致的结论。闫国利、王文静和白学军(2007)发现所注视双字词呈现 80 ms 不影响平均注视时间;之后的另外两项研究结果则显示:注视词呈现 40 ms,对总阅读时间和阅读理解率的影响便不显著(Yan, Liu, & Liu, 2010; 刘志方等, 2011)。以上研究都只有“总阅读时间”这一个眼动指标,缺乏其它多项重要指标,例如回视(反映对之前阅读信息的再加工过程)、首次注视时间和凝视时间(反映早期词汇的加工)等眼动指标来共同支持 40 ms 条件不影响读者正常词汇通达以及阅读加工的证据。因此,本研究将对该结果做进一步的验证。

相比大量熟练阅读者(成人)的研究,对儿童在该问题上的考察显得相对较少。即使在更为基本的阅读机制探讨上,儿童的研究也很不完善(Blythe & Joseph, 2011)。正如 Rayner, Foorman, Perfetti, Pesetsky 和 Seidenberg (2001, 2002)所言,阅读能力同许多其它复杂技能一样,需要大量训练才能获得并逐渐提高。因此,考察儿童阅读机制的发展特点对促进阅读学习具有重要的实践意义。同时,模拟儿童阅读过程中的眼动数据能够给研究者提供新的视角去探讨眼动控制的发展机制以及眼动控制和阅读技能间的相互作用特点,最终有助于揭示阅读的认知加工机制。

大量儿童和成人眼动控制的研究发现,二者在阅读中具有一些相似的眼动行为,例如:眼跳位置均倾向于落在词的中心位置;若首次登陆位置落在词首或词尾,儿童和成人也会产生更多的再注视(Joseph, Liversedge, Blythe, White, & Rayner, 2009; McConkie et al., 1991; Vitu, McConkie, Kerr, & O'Regan, 2001)。但是,两者之间也存在众多差异,可概括为以下两方面:第一,随着生理年龄或阅读技能的不断提高,阅读所需要的总阅读时间和平均注视时间减少、眼跳幅度增大、跳读率增加,注视次数和回视次数以及再注视比例均降低。直到 11 岁左右时,儿童的这些基本眼动行为才能接近成人水平(Blythe et al., 2011; Blythe et al., 2006; Blythe et al., 2009; Buswell, 1922; Häikiö, Hyönä, & Bertram,

2010; Häikiö, Bertram, Hyönä, & Niemi, 2009; Huestegge, Radach, Corbic, & Huestegge, 2009; Joseph et al., 2009; Kirkby, Blythe, Drieghe, & Liversedge, 2011; McConkie et al., 1991; Rayner, 1986; Taylor, 1965)。第二,在一次注视过程中所获取信息的数量存在差异,包括获取有用信息的范围—知觉广度(perceptual span)和副中央凹获取信息的类型—副中央凹预视效应(parafoveal preview effect)(闫国利,王丽红,巫金根,白学军,2011;闫国利等,2013;闫国利,熊建萍,白学军,2008)。

儿童和成人为什么在眼动模式上存在差异? Reichle 等人(2013)提出三种假说:语言熟悉假说(linguistic proficiency hypothesis),眼球运动协调假说(oculomotor-tuning hypothesis)以及语言熟悉和眼球协调运动相互作用假说(interactive-adaptation hypothesis)。语言熟悉假说认为,儿童和成人在眼动控制行为上所表现出的发展变化,是由读者阅读技能的差异造成。当读者阅读能力不断提高时,词汇识别和语言高水平加工(后词汇加工)的速度和准确性也随之提高,具体在眼动控制行为上会表现出:注视时间和次数减少,眼动速度较快等特点。眼球运动协调假说认为,通过大量练习,读者能够逐渐协调好眼球的运动系统,使得在阅读中眼睛运动本身变得更加有效。第三种假说认为儿童和成人眼动行为的差异是由阅读技能的增长和眼球运动协调共同决定。Reichle 通过 E-Z reader 模拟不同年龄读者的各种眼动行为,结果表明:儿童和成人眼动差异的主要原因来自他们词汇加工和更高水平语言加工效率的不同,即支持语言熟悉假说。

按照语言熟悉假说推测:由于儿童正常词汇通达和语言加工需要对单词进行更长、更多地注视,因此,儿童可能会表现出对文本呈现时间更高的要求,这种需求会同其它眼动行为一样,随阅读技能的不断提高而逐渐接近成人水平。有研究通过单个单词呈现的方法发现,读者正确识别单词所需要的时间随年龄的增长而减少(Aghababian & Nazir, 2000)。该研究者认为,这是因为读者对阅读材料的熟悉性随年龄的增加所导致,从而在阅读中对视觉信息的获取变得越来越快、越来越流畅。

Blythe 等人(2009)使用消失文本范式,比较母语为英语的儿童和成人对文本呈现时间的需要。结果发现:注视词短暂呈现(40~60 ms)后消失,儿童和成人的眼动行为和阅读理解率都没有受到明显的破坏,同时年龄较小儿童(7岁)的总阅读时间也

只是受到轻微影响。该结果表明,在阅读发展早期,儿童获取视觉信息的速度已经接近成人水平。这与上文中认为儿童与成人存在差异的假设并不一致。

然而,芬兰语的研究却发现,儿童和成人在长词呈现时间的需要上存在差异。具体结果显示,芬兰语的儿童在阅读消失文本时,会增加对长词(8个字母)的回视次数(再次进行视觉信息的提取),而对短词(4个字母)的回视次数没有发生显著变化;但是成人在长词和短词上的回视次数均未受到显著影响(Blythe et al., 2011)。总之,芬兰语的研究表明儿童对长词视觉信息呈现时间的需要要长于成人读者,而在短词上二者之间不存在差异。在中文阅读中,儿童和成人对文本视觉信息呈现时间的需要是否也存在差异呢?

中文与拼音文字属于完全不同的书写语言系统。首先,单从文字视觉角度来看,拼音文字虽然形式上是视觉符号,但它仅需要读者分辨几十个简单的字母符号,其实质是用视觉符号对听觉信号进行的转写。在儿童学习过程中强调“音-义”连接的重要性。而中文是一种完全的视觉语言。以几千个方块字形为核心单位,在儿童记忆学习过程中更强调对单字形状的感知,强调“形-义”连接的重要性(张学新,2011)。其次,中文书写系统具有高信息密度的特点,同时词是由一个或多个汉字构成,词与词之间没有明确的切分线索(Li, Rayner, & Cave, 2009; Hoosain, 1992; Zang, Liversedge, Bai, & Yan, 2011)。两种语言在视觉和语言复杂性上的差异导致读者加工各自语言时的眼动行为也存在一定的差异。例如:从绝对空间范围来看,中文读者的知觉广度小于英文;中文阅读中除字形和语音信息之外,读者从副中央凹能够获得语义信息(Yan, Richter, Shu, & Kliegl, 2009)等。当然,中文和拼音文字的相关研究表明,使用两种类型语言的成人读者在眼动行为上具有的相似性要大于差异性,例如,基本眼动行为,知觉广度大小,以及视觉信息获取速度等。然而,这些并不能说明儿童之间也有相同的发展模式(Feng, Miller, Shu, & Zhang, 2009)。

Feng 等人(2009)的一项跨语言的发展研究发现,儿童更容易受到语言特性的影响。研究显示,中美儿童在阅读母语文本时,虽然在总注视时间、平均注视时间等指标上表现出同样的发展趋势,但在回视比率(指阅读中从后面区域回视到当前兴趣区的比率)以及再注视比率(首次阅读中兴趣区被多次注视的概率)上,两种语言儿童表现出差异。中国

读者的回视比率高于美国读者(McConkie et al., 1991; Chen, Song, Lau, Wong, & Tang, 2003), 而美国儿童比中国儿童的再注视比率高, 但是两国成人读者之间没有差异。读者通过再注视和回视都可以重新获取文本视觉信息, 而中文和英文儿童在这两项指标上所表现出的差异, 在一定程度上体现出两种语言儿童对文本视觉信息依赖程度的不同。由此可推测, 中文书写的独特性可能导致儿童在阅读加工过程中获取文本视觉信息速度的发展轨迹将有别于拼音文字儿童。

此外, 通过分析前文中英语和芬兰语的研究发现, 词长对读者获取视觉信息的速度起调节作用。具体地, 虽然词长不影响成人读者获取视觉信息的速度, 但是对儿童却产生显著影响。同时大量研究也表明, 词长对儿童和成人阅读过程中的其它眼动行为(例如: 登陆位置, 眼跳距离, 注视时间)也都会产生影响, 且这些影响对儿童更为明显 (Joseph et al., 2009; Blythe et al., 2011; Vitu et al., 2001; Hyönä & Olson, 1995)。虽然中文和英文关于词长的概念并不完全对等, 但从所占物理空间的长度和整体视觉复杂性上来说, 两者都会对读者的眼动行为产生影响。既然词长会影响读者获取视觉信息的速度以及其它眼动行为, 那么假设: 读者所阅读的句子全部由相同长度的词构成, 研究者在一定程度上便能消除或者恒定词长变量对眼动行为造成的上述影响。根据《现代汉语词频词典》(1986)的统计, 中文单字词只占到 6%, 主要的 72%是由双字构成, 而剩余 22%为三字或三字以上的词(Li, Gu, Liu, & Rayner, 2013)。如此多的双字词使研究者可以使用统一长度词的句子进行研究。这为在中文阅读中进行该项研究提供了得天独厚的条件。

基于此, 本研究将材料统一为双字词组成的通顺语句, 以此来探讨在中文阅读中, 儿童和成人获取文本信息速度的差异, 即不同阅读技能读者为完成正常阅读加工, 对所注视文本呈现时间需求的发展差异性。儿童作为初学阅读者, 在阅读技能上与成人读者存在差异。按照语言熟悉假说的观点, 首先, 儿童和成人在基本眼动特征上会出现差异, 表现为儿童的总阅读时间和平均注视时间会更长, 注视次数和回视次数更多, 再注视概率更高, 但眼跳概率会比成人低; 其次, 儿童和成人在对文本呈现时间长度的要求也存在差异性, 即儿童比成人需要文本呈现更长的时间才能获取足够的视觉信息。具

体而言, 当文本呈现时间不能满足儿童正常阅读的需要时, 儿童的眼动行为将受到影响, 并且这种影响在呈现时间越短的条件下越大。基于前人研究结果, 成人在阅读 40 ms 消失文本时总阅读时间开始不受影响。那么如果儿童比成人需要更长的文本呈现时间, 首先在小于 40 ms 的消失文本条件下, 儿童的注视次数、平均注视时间和回视次数都将比正常文本条件显著增加, 最终将导致总阅读时间的显著增加, 更重要的是儿童在这些指标上的变化程度可能要显著大于成人的变化。其次, 当消失文本所操作的时间(大于 40 ms)能够满足儿童的需求时, 儿童的总阅读时间将与阅读正常文本时不存在显著差异, 同时儿童的回视次数也不会显著增加, 在整体会上表现出与成人读者相似的结果趋势。

此外, 根据已有研究(Blythe et al., 2011; Blythe et al., 2009), 在较短时间的消失文本条件下, 读者虽然通过一次注视无法及时获取足够的视觉信息, 但是可以通过改变眼动策略达到与正常文本相同或相近的阅读效率, 即总阅读时间不会受到显著的影响。本研究推测在消失文本操作下, 读者可能出现如下眼动策略的变化: 首先, 读者再注视比率会因为文本消失条件下无法再获取任何信息而降低; 其次, 当读者在首次无法获取到足够信息时, 可能会通过回视来获取再次提取信息的机会。由此也可能产生两种结果: 其一, 总阅读时间会因为回视增加而显著增加; 其二, 首轮凝视时间减少从而补偿回视所需要的时间, 因此总阅读时间在这种高效补偿策略下将不受影响。鉴于上述策略的存在, 我们将综合总阅读时间和回视两个重要指标以及其它多项指标, 共同确定读者获取文本信息的速度, 从而比较儿童和成人之间的差异。

2 实验 1

2.1 研究方法

2.1.1 被试

30 名小学五年级儿童和 25 名在校大学本科生参与本实验。其中大学生的年龄在 18~21 岁之间, 平均 20.4 岁; 儿童的年龄在 10~11 岁之间, 平均 10.7 岁。所有被试的视力或矫正视力正常, 无色盲色弱, 且在此之前均未参加过类似的实验。实验结束后每人可得到一定的报酬。

2.1.2 实验设计

本实验采用 5(呈现方式: 控制条件、20 ms 消

失、40 ms 消失、60 ms 消失、80 ms 消失¹⁾×2(年龄:儿童、成人)的混合实验设计。其中,呈现方式为被试内变量,年龄为被试间变量。在呈现方式中,控制条件指正常完整的呈现每一句话;其它4个为消失文本呈现方式,即被注视的词在注视持续一定时间(20 ms/40 ms/60 ms/80 ms)之后消失,当注视离开当前词所在的区域之后,消失的词将立即出现。相同的情况又会在下一个注视词上出现,以此类推。具体见图1所示。

学生应该严格遵守各项课堂纪律。[当前注视开始]
*
学生应该 遵守各项课堂纪律。[20 ms/40 ms/60 ms/80 ms注视以后]
*
学生应该严格遵守各项课堂纪律。[下一个注视开始]
*
学生应该严格 各项课堂纪律。[20 ms/40 ms/60 ms/80 ms注视以后]
*

图1 消失文本呈现条件示意(注:“*”代表当前注视)

2.1.3 实验材料

编制75个适合儿童阅读的陈述句,每个句子由7~8个双字词构成。双字词的平均词频为255.30次/百万(0.03~11080.02),平均笔画数为15.21(4~27)。从某大学和某小学分别选取30名大学生和40名小学五年级儿童(只评定材料,不参加正式实验),其中一半大学生和儿童对实验句子的难度进行五点等级评定,另外一半大学生和儿童对句子通顺性进行5点等级评定(其中“1”代表非常难或者非常不通顺,“5”代表非常简单或者非常通顺)。句子难度评定结果显示:儿童为 $M = 3.79$ ($SD = 0.22$),大学生为 $M = 3.85$ ($SD = 0.23$),两者差异不显著, $t(33) = 0.84$, $p > 0.05$; 句子通顺性评定结果显示:儿童为 $M = 3.56$ ($SD = 0.26$),大学生为 $M = 3.64$ ($SD = 0.19$),两者差异同样不显著, $t(33) = 0.94$, $p > 0.05$ 。

将75个正式实验句随机分为5组,再按照拉丁方顺序使实验条件在各组材料之间进行轮组,最终

形成五个实验材料的文件。每个文件包括相同的75个实验句,藉此保证所有的句子均接受5种实验处理,且在实验中,每名被试只阅读其中一个文件。另外,正式实验前,有10个练习句,每个条件2个,并在每种条件下各设一个阅读理解题目。除此之外,根据实验句的内容共设置18个阅读理解问题,要求被试按键进行“对”、“错”的判断。所有句子均完全随机呈现。

2.1.4 实验仪器

实验采用Eyelink II型眼动记录仪记录被试的眼动轨迹,该仪器的采样频率为500 Hz。刺激在一个19英寸的DELL显示器上呈现,刷新频率为100 Hz,分辨率为1024×768。实验句子以黑色字体在白色背景上呈现。被试眼睛与屏幕之间的距离为70 cm,刺激以20号宋体形式呈现,每个双字词为1.6°视角。

2.1.5 程序

(1)每个被试单独施测。被试进入实验室熟悉环境之后,坐在仪器前,戴好头盔,将下巴放在下颌托上,并被告知在实验过程中保持头尽量不动。

(2)实验开始前呈现指导语:“请你认真阅读以下所有句子,有些句子会在你阅读时发生变化,请不要慌张,尽量理解句子的意思。一些句子后面会随机呈现一个阅读理解题,请通过按键进行正确与否的判断。”

(3)在确保被试理解整个实验程序后进行仪器校准,只记录其右眼的眼动轨迹。整个实验过程中校准允许通过的最大偏差为0.2°。

(4)校准结束后,呈现练习句。

(5)确保熟悉实验之后,开始正式实验。在实验中,每次句子呈现之前屏幕左侧都会出现一个黑点,黑点的位置与句子首字的位置重合。要求被试注视黑点的同时按手柄键来呈现句子,之后按键继续下一句的阅读。实验全程被试以自定速的方式阅读。

(6)为确保实验数据的有效性,被试每读完10个句子后就重新校准一次。主试通过主试机实时监控被试的阅读情况,并在任何需要的时候重新校准。整个实验过程持续大约20 min。

2.2 结果

55名被试在阅读理解题目上的总平均正确率为91.5%,具体见表1。其中,儿童和成人之间差异不显著, $F(1,53) = 0.02$, $p > 0.05$, $\eta^2 = 0.113$; 文本呈现条件之间的差异不显著, $F(4,212) = 1.15$, $p > 0.05$, $\eta^2 = 0.021$; 二者交互作用亦不显著, $F(4,212) = 1.04$, $p > 0.05$, $\eta^2 = 0.019$ 。表明儿童和成人都能很

¹⁾消失文本条件的名称只是名义上的时间,文本实际呈现的时间大于所设定的时间。因为在任何呈现随眼动变化范式中,都会存在显示器延迟造成的屏幕显示变化的延迟现象。具体而言,在消失文本操作中,从注视一个词开始计时,到达预设时间后该词消失,呈现新屏(空白)。如果预设时间结束之际,显示器刷新扫描刚好通过了当前的文本行,会产生最长的延迟;但如果扫描发生在当前文本的上一行,新屏能够即时呈现,延迟时间最短。由此可见,延迟时间在每一次屏幕变化时都可能随机变化。本研究中的延迟时间正常在2 ms~12 ms之间。由于延迟时间的随机性,文章中消失条件的时间都不包含延迟时间。此外为了表述的方便,文章中的消失条件只用数字和单位表示:80 ms、60 ms、40 ms和20 ms。

表 1 儿童和成人在五种文本呈现方式下问题理解正确率的平均数和标准差(%)

年龄组	控制	80 ms	60 ms	40 ms	20 ms
儿童	88.1 (14.3)	88.3 (14.0)	95.6 (9.1)	91.6 (14.8)	93.3 (12.7)
成人	92.1 (14.1)	92.6 (11.8)	92.7 (16.7)	87.7 (17.2)	93.1 (15.6)

好的理解文本,且文本呈现方式不影响读者的阅读理解率。

眼动数据删除的标准:(1)被试过早按键或错误按键导致句子呈现中断;(2)追踪丢失:指实验过程中被试因咳嗽、流泪、头动等偶然因素导致眼动仪器记录数据丢失;(3)注视时间小于 80 ms 或者大于 1200 ms (Rayner et al., 2006; Zang, Meng, Liang, Bai, & Yan, 2013; Bai et al., 2013)。共剔除无效数据占总数据的 1.87%。

本研究包括如下两部分分析:(1)整体分析(global analyses),以整句为兴趣区对阅读过程中所有注视和眼跳行为进行分析。具体包括如下指标:总阅读时间(兴趣区所有注视点的时间总和)、总注视次数(兴趣区所有注视点的次数的总和)、平均注视时间(兴趣区所有注视点的持续时间的平均值)、回视次数(从当前注视词向之前某个词语进行眼跳的次数的总和),再注视比率(首次阅读中,兴趣区被多次注视的频率与该兴趣区被单一注视和多次注视的频率之和的比值)以及跳读率(首次阅读中,兴趣区被跳读的频率与该兴趣区被跳读和被注视的频率之和的比值);(2)局部分析(local analyses),以词为单位进行分析(排除词首和词尾)。具体包括如下指标:首次注视时间(首次通过某兴趣区内的首个注视点的注视时间)、凝视时间(从首次注视点开始到注视点首次离开当前兴趣区之间的持续时

间)、回视时间(所有回视到当前兴趣区的注视时间之和)以及登陆位置(指注视点所处的位置)。

结果中的方差分析采用被试分析(F_1)和项目分析(F_2)两类。此外,由于本研究涉及的事后检验水平相对较多,因此只对与研究目的有关的水平进行比较。具体做法如下:首先,将 5 个水平依次予以控制、80 ms、60 ms、40 ms 和 20 ms 消失的顺序进行相邻水平之间的连续比较。然后,再以控制为参考水平,将 4 个消失文本水平分别与参考水平进行比较(参照 Blythe 等人(2009; 2011)的做法,为控制多重比较时累积 I 类错误概率的增加,采用 Bonferroni 校正的事后比较法,显著性水平设为 0.013)。

2.2.1 整体分析

整体分析结果如下(见表 2)。

(1)总阅读时间:呈现方式的主效应显著, $F_1(4,212) = 6.74, p < 0.001, \eta^2 = 0.113$; $F_2(4,296) = 6.16, p < 0.001, \eta^2 = 0.077$ 。事后检验显示,控制条件与 80 ms、60 ms 和 40 ms 之间的差异不显著($ps > 0.013$),与 20 ms 之间的差异显著($F_1(1,53) = 20.17, p < 0.000, \eta^2 = 0.276$; $F_2(1,74) = 20.18, p < 0.000, \eta^2 = 0.214$)。80 ms 与 60 ms、60 ms 与 40 ms 和 40 ms 与 20 ms 之间的差异均不显著($ps > 0.013$),表明消失文本操作对读者总阅读时间的影响主要表现在 20 ms 条件下;年龄因素的主效应显著, $F_1(1,53) = 6.41, p < 0.05, \eta^2 = 0.898$; $F_2(1,74) = 260.29, p < 0.001, \eta^2 = 0.779$,即儿童所需总阅读时间显著长于成人;呈现方式和年龄之间的交互作用不显著, $F_1(4,212) = 1.15, p > 0.05, \eta^2 = 0.021$; $F_2(4,296) = 0.99, p > 0.05, \eta^2 = 0.013$ 。

(2)总注视次数:呈现方式的主效应显著,

表 2 儿童和成人在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)

因变量指标	年龄组	控制	80 ms	60 ms	40 ms	20 ms
总阅读时间(ms)	儿童	3868 (1400)	3999 (1454)	3793 (1350)	4121 (1378)	4281 (1412)
	成人	3063 (978)	3044 (942)	3159 (1237)	3189 (1210)	3395 (1333)
总注视次数	儿童	13.6 (3.8)	12.7 (3.9)	12.5 (3.9)	13.2 (3.9)	14.3 (4.4)
	成人	11.3 (3.2)	10.5 (2.9)	10.8 (3.7)	11.0 (3.3)	11.4 (3.9)
平均注视时间(ms)	儿童	257 (31)	285 (35)	279 (31)	284 (29)	274 (30)
	成人	245 (30)	258 (33)	261 (34)	259 (40)	262 (34)
再注视比率(%)	儿童	24.5 (13.5)	13.8 (8.1)	10.8 (5.9)	10.1 (6.1)	9.0 (5.3)
	成人	17.4 (10.4)	11.8 (8.2)	9.9 (7.2)	8.6 (7.1)	7.0 (4.9)
回视次数	儿童	2.4 (1.1)	3.0 (1.3)	3.0 (1.3)	3.3 (1.4)	3.9 (1.6)
	成人	2.0 (0.9)	2.1 (1.0)	2.3 (1.2)	2.5 (1.1)	2.7 (1.4)
跳读率(%)	儿童	17.7 (9.6)	18.1 (10.3)	18.9 (11.0)	19.5 (9.7)	20.8 (9.4)
	成人	19.6 (9.0)	20.6 (8.0)	20.9 (8.5)	21.1 (9.7)	22.6 (8.6)

$F_1(4,212) = 7.56, p < 0.001, \eta^2 = 0.125; F_2(4,296) = 7.64, p < 0.001, \eta^2 = 0.100$ 。事后检验显示, 控制条件与 80 ms 和 60 ms 之间的差异显著($ps < 0.013$), 与 20 ms 和 40 ms 之间差异不显著($ps > 0.013$), 其它相邻条件之间只有 40 ms 和 20 ms 之间的差异显著($F_1(1,53) = 8.55, p < 0.013, \eta^2 = 0.139; F_2(1,74) = 8.31, p < 0.013, \eta^2 = 0.101$), 其余均不显著($ps > 0.013$); 年龄因素的主效应显著, $F_1(1,53) = 5.60, p < 0.05, \eta^2 = 0.095; F_2(1,74) = 230.95, p < 0.001, \eta^2 = 0.757$, 即儿童在句子上的平均注视次数显著大于成人; 呈现方式和年龄间的交互作用不显著, $F_1(4,212) = 1.16, p > 0.05, \eta^2 = 0.021; F_2(4,296) = 1.09, p > 0.05, \eta^2 = 0.015$ 。

(3)平均注视时间: 呈现方式的主效应($F_1(4,212) = 22.59, p < 0.001, \eta^2 = 0.299; F_2(4,296) = 31.90, p < 0.001, \eta^2 = 0.301$)和年龄的主效应($F_1(1,53) = 5.32, p < 0.05, \eta^2 = 0.091; F_2(1,74) = 256.6, p < 0.001, \eta^2 = 0.776$)均显著, 且二者的交互作用亦显著($F_1(4,212) = 3.94, p < 0.05, \eta^2 = 0.069; F_2(4,296) = 5.38, p < 0.001, \eta^2 = 0.068$)。简单效应分析显示: 儿童和成人的变化趋势高度一致, 表现为控制条件与所有消失文本条件之间的差异均显著($ps < 0.013$), 而消失文本相邻条件之间的差异不显著($ps > 0.013$) (除去儿童在 40 ms 与 20 ms 之间差异显著: $F_1(1,29) = 9.13, p < 0.013, \eta^2 = 0.239; F_2(1,74) = 11.74, p < 0.013, \eta^2 = 0.137$)。

进一步比较儿童和成人在各个消失文本条件下相比控制条件变化程度的差异, 结果显示: 在 80 ms, 60 ms 和 40 ms 条件下儿童变化程度大于成人($ts > 2.35, ps < 0.05$; 60 ms 条件边缘显著: $t_2(148) = 1.83, p = 0.06$), 而在 20 ms 条件下二者差异不显著($ts < 0.183, ps > 0.05$)。表明 40 ms 及以上文本条件的操作对儿童的影响大于成人²。

(4)再注视比率: 呈现方式的主效应显著, $F_1(4,212) = 70.46, p < 0.001, \eta^2 = 0.571; F_2(4,296) = 90.55, p < 0.001, \eta^2 = 0.550$; 年龄的主效应只在项

目分析上显著, $F_1(1,53) = 2.06, p > 0.05, \eta^2 = 0.037; F_2(1,74) = 55.84, p < 0.001, \eta^2 = 0.430$; 二者的交互作用显著, $F_1(4,212) = 4.39, p < 0.05, \eta^2 = 0.076; F_2(4,296) = 8.37, p < 0.001, \eta^2 = 0.102$ 。简单效应分析显示: 儿童和成人的变化趋势一致, 表现为控制条件与消失文本条件之间的差异均显著($ps < 0.013$), 且消失文本相邻之间的差异不显著($ps > 0.013$), 然而消失文本操作对儿童的影响大于成人, 表现为儿童在所有消失文本条件与控制条件之间差异上均大于成人($ps < 0.05$)。

(5)回视次数: 呈现方式的主效应显著, $F_1(4,212) = 29.20, p < 0.001, \eta^2 = 0.355; F_2(4,296) = 30.45, p < 0.001, \eta^2 = 0.292$; 年龄的主效应显著, $F_1(1,53) = 7.12, p < 0.05, \eta^2 = 0.118; F_2(1,74) = 213.16, p < 0.001, \eta^2 = 0.742$; 二者的交互作用亦显著, $F_1(4,212) = 3.70, p < 0.05, \eta^2 = 0.065; F_2(4,296) = 4.919, p < 0.001, \eta^2 = 0.062$ 。简单效应分析显示: 对于儿童读者, 控制条件和 4 个消失文本之间的差异均显著($ps < 0.1$), 40 ms 与 20 ms 之间的差异也显著($F_1(1,29) = 13.63, p < 0.001, \eta^2 = 0.320; F_2(1,74) = 17.72, p < 0.001, \eta^2 = 0.193$), 而 80 ms 与 60 ms、60 ms 与 40 ms 之间的差异不显著($ps > 0.013$), 对于成人读者, 控制条件只与 40 ms 和 20 ms 差异显著($ps < 0.013$), 而与 80 ms 和 60 ms 之间无显著差异($ps > 0.013$), 且消失文本条件相邻之间的差异也均不显著($ps > 0.013$)。交互作用结果说明, 所有消失文本条件均使儿童的回视次数显著增加, 然而成人只在 40 ms 和 20 ms 延迟消失条件下回视次数显著增加。进一步比较儿童和成人在 20 ms 和 40 ms 上相比较控制条件的变化程度, 结果表明: 儿童的变化程度大于成人($ps < 0.05$)。

(6)跳读率: 呈现方式的主效应显著, $F_1(4,212) = 6.13, p < 0.001, \eta^2 = 0.104; F_2(4,296) = 4.78, p < 0.001, \eta^2 = 0.061$ 。事后检验显示: 只有控制和 20 ms 之间的差异显著, $F_1(1,53) = 14.63, p < 0.001, \eta^2 = 0.216; F_2(1,74) = 198.01, p < 0.001, \eta^2 = 0.196$, 其它条件之间差异均不显著($ps > 0.013$), 即只有在 20 ms 条件下, 读者的跳读率显著增加; 年龄的主效应不显著, $F_1(1,53) = 0.64, p > 0.05, \eta^2 = 0.012; F_2(1,74) = 26.48, p < 0.001, \eta^2 = 0.264$ 。呈现方式和年龄之间的交互作用亦不显著, $F_1(4,212) = 0.11, p > 0.05, \eta^2 = 0.002; F_2(4,296) = 0.12, p > 0.05, \eta^2 = 0.002$ 。

总之, 整体分析的结果显示: (1)在呈现方式上, 读者在阅读消失文本时总阅读时间受到轻微影响,

²在交互作用显著的指标上, 补充比较儿童和成人在各个文本呈现条件下的差异, 结果如下。平均注视时间: 儿童均显著大于成人(40 ms, 60 ms 和 80 ms: $ts > 2.16, ps < 0.05$; 控制和 20 ms 上项目分析显著: $ts > 3.65, ps < 0.05$); 再注视比率: 控制条件下差异显著($ts > 2.20, ps < 0.05$)而各消失文本条件下二者差异不显著($ts < 1.40, ps > 0.05$); 回视次数: 儿童均显著大于成人(各消失文本条件: $ts > 5.35, ps < 0.05$; 控制条件下项目分析显著: $t = 3.35, p < 0.05$); 首次注视时间: 儿童也均显著大于成人($ts > 5.35, ps < 0.05$)。

这主要来源于 20 ms 消失文本条件。然而消失文本操作对读者其它眼动行为产生了不同程度的改变, 表现为: 平均注视时间增长, 再注视概率降低, 注视次数减少, 回视次数增加, 同时跳读率提高。(2) 在年龄因素上, 除跳读率之外, 读者在所有整体分析指标上都表现出年龄主效应。儿童比成人需要更长的总阅读时间和平均注视时间, 更多的总注视次数、回视次数以及再注视比率。(3) 更重要的是, 儿童和成人在不同文本呈现条件下整体变化趋势一致, 但变化程度存在差异。表现为在各个消失文本条件下, 儿童比成人的平均注视时间和回视次数增加程度更大, 再注视比率减少程度也更大。

2.2.2 局部分析

儿童和成人在阅读不同呈现方式的文本时, 首次注视时间, 凝视时间和回视时间的结果见表 3 所示, 平均首次登陆位置(以首轮阅读中被注视的所有双字词为分析对象, 首先以每个双字词作为分析单元, 计算眼跳自左向右首次落入词内的位置距离词首的水平像素大小, 并将其转化为视角, 称为首次登陆位置; 然后求出所有词的首次登陆位置的平均值, 即平均首次登陆位置)的结果见图 2。

(1) 首次注视时间: 文本呈现的主效应显著, $F_{1(4,212)} = 14.64, p < 0.001, \eta^2 = 0.216$; $F_{2(4,296)} =$

表 3 儿童和成人在 5 种文本呈现方式下眼动指标的平均数和标准差(局部分析)

因变量 指标	年龄 组	控制	80 ms	60 ms	40 ms	20 ms
首次注视 时间(ms)	儿童	261 (37)	298 (44)	290 (39)	290 (37)	281 (34)
	成人	253 (33)	267 (37)	263 (36)	260 (34)	270 (41)
凝视时间 (ms)	儿童	340 (67)	337 (63)	324 (52)	324 (49)	317 (49)
	成人	302 (42)	293 (42)	291 (41)	282 (36)	294 (46)
回视时间 (ms)	儿童	252 (154)	286 (175)	277 (180)	303 (159)	366 (184)
	成人	157 (125)	153 (119)	179 (141)	190 (133)	213 (162)

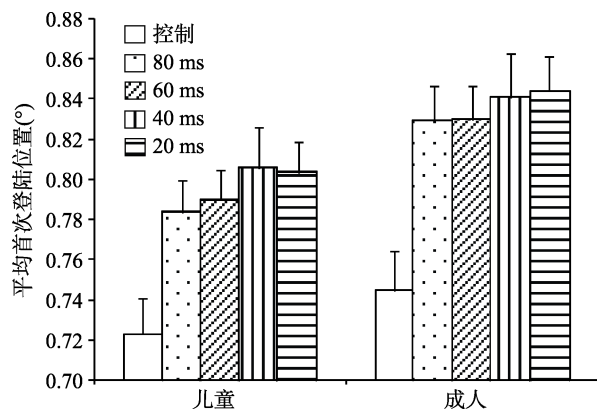


图 2 儿童和成人在五种文本呈现方式下的登陆位置

$22.57, p < 0.001, \eta^2 = 0.234$; 年龄主效应显著, $F_{1(1,53)} = 5.58, p < 0.05, \eta^2 = 0.095$; $F_{2(1,74)} = 193.36, p < 0.001, \eta^2 = 0.723$; 二者交互作用显著, $F_{1(4,212)} = 4.80, p < 0.001, \eta^2 = 0.083$; $F_{2(4,296)} = 26.911, p < 0.001, \eta^2 = 0.085$ 。简单效应分析显示: 儿童在控制条件与 4 个消失文本条件之间的差异均显著($ps < 0.013$), 而消失文本相邻条件之间的差异均不显著($ps > 0.013$), 成人在控制条件与 80 ms、60 ms 和 20 ms 之间的差异显著($ps < 0.013$), 与 40 ms 之间边缘显著($F_{1(1,24)} = 3.91, p = 0.060, \eta^2 = 0.140$; $F_{2(1,74)} = 3.61, p = 0.061, \eta^2 = 0.046$), 同样的各个消失文本相邻条件之间的差异不显著($ps > 0.013$)。表明消失文本操作条件下, 儿童和成人的首次注视时间均显著增加。进一步比较儿童和成人在各个消失文本条件下相比控制条件变化的差异, 结果显示: 除 20 ms 之外, 儿童在 80 ms、60 ms 和 40 ms 消失文本条件下的变化程度均显著大于成人($ps < 0.05$)。

(2) 凝视时间: 文本呈现的主效应显著, $F_{1(4,212)} = 3.45, p < 0.05, \eta^2 = 0.061$; $F_{2(4,296)} = 5.17, p < 0.001, \eta^2 = 0.065$ 。事后检验显示: 控制条件与 60 ms、40 ms 和 20 ms 条件在项目分析上差异显著($ps < 0.013$), 在被试分析上差异边缘显著($0.013 < ps < 0.05$), 而控制与 80 ms 条件差异和消失文本相邻条件之间的差异均不显著($ps > 0.05$), 即 60 ms、40 ms 和 20 ms 条件下读者的凝视时间显著较少; 年龄主效应显著, $F_{1(1,53)} = 9.63, p < 0.05, \eta^2 = 0.154$; $F_{2(1,74)} = 189.67, p < 0.001, \eta^2 = 0.719$, 儿童比成人需要更长的凝视时间; 二者的交互作用不显著, $F_{1(4,212)} = 1.21, p > 0.05, \eta^2 = 0.022$; $F_{2(4,296)} = 1.90, p > 0.05, \eta^2 = 0.025$ 。

(3) 回视时间: 文本呈现方式的主效应显著, $F_{1(4,212)} = 13.24, p < 0.001, \eta^2 = 0.200$; $F_{2(4,296)} = 12.08, p < 0.001, \eta^2 = 0.140$ 。事后检验显示, 控制条件与 40 ms 和 20 ms 条件之间的差异显著($ps < 0.013$), 同时 40 ms 与 20 ms 之间的差异也显著($F_{1(1,54)} = 15.64, p < 0.001$; $F_{2(1,74)} = 9.64, ps < 0.013$), 其它条件之间的差异均不显著($ps > 0.013$), 即在 40 ms 和 20 ms 条件下, 读者的回视时间显著增加; 年龄的主效应显著, $F_{1(1,53)} = 9.18, p < 0.01, \eta^2 = 0.148$; $F_{2(1,74)} = 193.36, p < 0.001, \eta^2 = 0.723$, 儿童的回视时间显著大于成人; 呈现方式和年龄之间的交互作用不显著, $F_{1(4,212)} = 1.86, p > 0.05, \eta^2 = 0.034$; $F_{2(4,296)} = 1.75, p > 0.05, \eta^2 = 0.023$ 。进一步比较儿童和成人在 20 ms 和 40 ms 条件下相比较控

制条件的变化程度, 结果表明: 儿童在 20 ms 的变化程度显著大于成人 $t_1(53) = 2.06, p < 0.05$; $t_2(148) = 2.30, p < 0.05$, 而在 40 ms 条件下与成人之间没有差异($t_s < 0.68, p_s > 0.05$)。

(4) 平均首次登陆位置: 文本呈现方式的主效应显著, $F_1(4, 212) = 14.41, p < 0.001, \eta^2 = 0.214$; $F_2(4, 296) = 16.45, p < 0.001, \eta^2 = 0.182$ 。事后比较发现, 控制条件与所有消失文本条件之间的差异均显著($p_s < 0.013$), 而相邻的消失文本条件之间的差异不显著($p_s > 0.013$), 即消失文本操作使读者的平均首次登陆位置距离词首更远; 年龄的主效应显著, $F_1(1, 53) = 4.12, p < 0.05, \eta^2 = 0.072$; $F_2(1, 74) = 27.01, p < 0.001, \eta^2 = 0.267$, 显示成人的平均首次注视位置比儿童更远离词首; 两者的交互作用不显著, $F_1(4, 212) = 0.22, p > 0.05, \eta^2 = 0.004$; $F_2(4, 296) = 0.23, p > 0.05, \eta^2 = 0.003$ 。

总之, 局部分析的结果显示: (1) 读者在各个消失文本条件下的首次注视时间均显著增加, 其中儿童的变化程度显著大于成人; (2) 凝视时间在除 80 ms 以外的其它消失文本条件下均显著减少, 而回视时间只在 40 ms 和 20 ms 的条件下增加。 (3) 在平均首次登陆位置上, 所有读者在阅读消失文本时的登陆位置更接近词中间区域(最佳登陆位置)。

2.3 讨论

成人读者在阅读消失文本时, 在总阅读时间受到影响, 而总阅读时间反映了被试的整体阅读情况。进一步分析显示, 影响主要来自 20 ms 条件下阅读时间的显著增加, 而阅读 40 ms 及以上条件的文本时并没有受到显著影响。这与已有成人的研究结果一致(Liu, Yu, Yan, & Paterson, 2014; Yan et al., 2010; 刘志方等, 2011), 表明中文读者能够在注视早期快速地获取阅读所必需的视觉信息。同时, 研究也发现, 虽然总阅读时间在 40 ms 及以上的消失条件下几乎没有受到影响, 但是其它眼动行为却产生不同程度的改变。在整体分析中表现为: 平均注视时间增长、再注视概率降低、注视次数减少、回视次数小幅度增加、跳读率提高等; 在首轮阅读的局部分析中: 首次注视时间显著增加, 而凝视时间降低, 同时登陆位置更接近词中间区域。读者正是通过这些眼动策略来应对消失文本的阅读——这种不自然的阅读形式, 最终保证了总阅读效率不受影响。在总讨论中将对上述眼动策略进行深入分析。

前言假设认为, 如果儿童比成人需要更长的文

本呈现时间, 那么当文本呈现时间不足时, 儿童的眼动行为将受到更大的影响, 即预期出现读者年龄和文本呈现条件之间的交互作用。但是本实验在衡量阅读效应最重要的眼动指标——总阅读时间上并没有发现预期的交互作用。儿童和成人都只在 20 ms 消失条件下总阅读时间显著增加。然而从数据变化趋势来看, 儿童比成人确实表现出更大的变化, 例如: 相比正常阅读, 儿童和成人在 20 ms 条件分别增长 413 ms 和 332 ms (相差 81 ms), 在 40 ms 分别增长 253 ms 和 126 ms (相差 127 ms)。同时, 在其它一些眼动行为上, 也显示出儿童受到消失文本操作更大的影响。首先, 儿童在所有消失文本条件下的回视次数均显著增加, 而成人只在较短的文本呈现条件下(40 ms 与 20 ms)增加。回视通常被认为是读者在进行语言加工时出现困难的表现, 例如, 对句法结构错误的分析(Frazier & Rayner, 1982), 有时也反映读者对之前所注视词的识别产生了疑问, 因此通过回视进行再次识别(Levy, Bicknell, Slattery, & Rayner, 2009)。由此可见, 虽然总阅读时间从 40 ms 条件开始不再显著增加, 但从回视来看, 儿童在所有消失文本条件下的阅读依然受到影响, 而成人只在非常短的呈现条件下才受到影响, 表明儿童受到消失文本操作的影响大于成人。因此可以推测, 与成人相比, 儿童需要文本出现更长的时间。然而英文阅读的研究并没有发现儿童和成人回视次数的增加, 他们认为英语阅读中儿童和成人获取视觉信息的速度不存在差异, 具体分析见总讨论。

儿童在阅读消失文本时再注视比例变化幅度也同样大于成人。在阅读正常文本时, 儿童和成人的平均再注视比例分别为 24.5% 和 17.4%, 而阅读消失文本时降至几乎相同比例(10.9% 和 9.3%)。其中儿童降低 13.6%, 成人降低 8.1%, 两者降低水平间差异显著。究其原因, 儿童在正常阅读时比成人进行更多的再注视, 这与以往儿童的研究结果一致(Blythe et al., 2006, 2009, 2011; Häikiö et al., 2009; Joseph et al., 2009), 但在阅读消失文本时, 由于再注视不能给读者提供任何信息, 儿童和成人的再注视比例都降低且降低到相同的水平。由此表现出儿童更大的变化程度。这种再注视的降低侧面反映出儿童已具有与成人同样灵活的眼动策略。

通过分析消失文本相邻条件间的差异, 发现仅 20 ms 和 40 ms 之间在注视次数, 回视次数和凝视时间上差异显著, 其它均未出现差异。特别是在总阅读时间上, 20 ms 条件显著长于正常文本条件,

同时 40 ms 条件与正常无显著差异, 然而 20 ms 与 40 ms 之间的差异却不显著。那么相邻条件间不显著的差异是否是由于文本呈现条件间的时间间隔变化较小导致的呢? 换句话说, 是否是自变量水平间变化不足导致因变量没有产生相应的变化? 为排除上述原因存在的可能性, 研究者进行第二个实验。

在实验 2 中, 增加消失文本呈现条件之间的时间间隔, 进一步考察儿童和成人对文本呈现时间需要的差异。通过对实验 1 中 20 ms 和 60 ms 条件之间的总阅读时间进行分析, 发现二者差异显著, 表明 40 ms 的自变量变化范围能够引起总阅读时间的显著变化。因此实验 2 文本呈现时间的间隔由原来的 20 ms 增加到 40 ms。此外, 实验 1 中的回视指标结果显示, 儿童在 80 ms 条件下仍然需要通过增加回视来进行文本信息的再次提取。那么文本至少呈现多长时间, 儿童在阅读时回视次数将不再增加呢? 为考察这个问题, 研究者将消失文本条件中最长的呈现时间从原来的 80 ms 增大到 140 ms。最终在实验 2 下文本呈现条件的各水平分别为: 20 ms, 60 ms, 100 ms, 140 ms 以及控制。研究假设同实验 1。

3 实验 2

3.1 研究方法

3.1.1 被试

35 名小学五年级儿童和 35 名在校大学本科生参与本实验。其中, 大学生的年龄在 19~23 岁之间, 平均为 20.6 岁; 儿童的年龄在 10~12 岁之间, 平均为 10.5 岁。所有被试的视力或矫正视力正常, 无色盲色弱, 且在此之前均未参加过类似的实验。实验结束后每人可得到一定的报酬。

3.1.2 实验设计

同样采用 5(呈现方式: 控制条件、20 ms 消失、60 ms 消失、100 ms 消失、140 ms 消失)×2(年龄: 儿童、成人)的混合实验设计。与实验 1 不同的是, 呈现方式的相邻水平之间的间隔为 40 ms。

3.1.3 实验材料、实验程序

均与实验 1 完全相同。

3.1.4 实验仪器

实验采用 Eyelink 2000 型眼动记录仪记录被试的眼动轨迹, 采样频率为 2000 Hz。刺激在一个 19 英寸的 DELL 显示器上呈现, 刷新频率为 150 Hz, 分辨率为 1024×768。其它设置与实验 1 相同。

3.2 结果

70 名被试在阅读理解题目上的总平均正确率为 91.1%。其中, 儿童和成人分别为 91.9%和 90.2%; 文本呈现时间从 20 ms 到控制条件下的正确率依次为: 92.4%, 88.5%, 92.9%, 91.4%和 90.1%。正确率的方差分析显示, 不同年龄组和不同文本呈现条件之间的差异均不显著, 且两者的交互也不显著($p > 0.05$)。表明儿童和成人都能很好的理解文本, 且文本呈现方式不影响读者的阅读理解率。

实验 2 剔除无效数据的标准和方式与实验 1 相同, 2%的数据被剔除。所分析眼动指标也与实验 1 相同。

3.2.1 整体分析

整体分析结果如下(见表 4)。

(1)总阅读时间: 呈现方式的主效应显著, $F_1(4,272) = 18.02, p < 0.001, \eta^2 = 0.210$; $F_2(4,296) = 13.69, p < 0.001, \eta^2 = 0.156$; 年龄的主效应显著 ($F_1(1,68) = 38.27, p < 0.001, \eta^2 = 0.360$; $F_2(1,74) = 709.58$,

表 4 儿童和成人在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)

因变量指标	年龄组	控制	140 ms	100 ms	60 ms	20 ms
总阅读时间(ms)	儿童	4550 (1164)	4671 (1024)	4699 (1023)	4755 (1067)	5342 (1231)
	成人	3283 (1059)	3229 (1024)	3252 (966)	3309 (1001)	3541 (1126)
总注视次数	儿童	14.9 (3.2)	14.2 (3.2)	14.1 (2.8)	14.4 (3.3)	16.6 (4.2)
	成人	11.4 (2.8)	10.5 (2.7)	10.5 (2.6)	10.6 (2.6)	11.2 (3.1)
平均注视时间(ms)	儿童	265 (36)	288 (37)	292 (39)	290 (37)	283 (35)
	成人	244 (22)	266 (27)	266 (28)	269 (28)	274 (33)
再注视比率(%)	儿童	32.7 (12.5)	22.1 (11.8)	18.7 (8.9)	14.8 (8.1)	13.2 (8.2)
	成人	20.5 (8.6)	12.4 (6.8)	12.9 (7.3)	11.2 (7.2)	13.5 (7.6)
回视次数	儿童	3.1 (0.9)	3.3 (1.1)	3.6 (1.1)	3.9 (1.0)	5.1 (1.8)
	成人	2.5 (1.0)	2.4 (0.9)	2.5 (0.8)	2.7 (1.0)	3.0 (1.1)
跳读率(%)	儿童	15.9 (11.4)	16.3 (11.8)	17.7 (13.3)	18.9 (12.6)	19.2 (11.9)
	成人	15.9 (10.4)	19.0 (11.5)	20.0 (11.8)	21.6 (11.8)	21.0 (12.0)

$p < 0.001$, $\eta^2 = 0.906$); 更重要的是, 呈现方式和年龄之间的交互作用也显著(被试分析显著 $F_1(4,272) = 3.69$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.052$; 项目分析边缘显著 $F_2(4,296) = 2.34$, $p = 0.055$, $\eta^2 = 0.031$)。简单效应分析显示: 儿童和成人的总阅读时间均在 20 ms 条件下显著大于 60 ms、100 ms、140 ms 以及控制条件($ps < 0.013$), 而 60 ms、100 ms、140 ms、控制条件两两之间差异均不显著($ps > 0.05$)。进一步分析发现, 儿童在 20 ms 条件下与其它呈现条件间的差异上均显著大于成人的($ps < 0.05$)。该结果表明: 20 ms 消失文本操作对儿童的影响大于成人。

(2)总注视次数: 呈现方式的主效应显著, $F_1(4,272) = 34.09$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.238$; $F_2(4,296) = 24.07$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.245$; 年龄因素的主效应显著, $F_1(1,68) = 34.24$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.335$; $F_2(1,74) = 649.36$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.898$; 呈现方式和年龄间的交互作用显著, $F_1(4,272) = 6.65$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.089$; $F_2(4,296) = 23.64$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.072$ 。简单效应分析显示: 成人在 60 ms、100 ms 和 140 ms 条件下的注视次数相比控制条件显著降低($ps < 0.013$), 而在 20 ms 条件下没有变化; 不同的是, 儿童在 20 ms 条件下显著增加($F_1(1,34) = 104.18$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.266$; $F_2(1,74) = 23.32$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.240$), 而在其它条件下没有变化。

(3)平均注视时间: 呈现方式的主效应显著, $F_1(4,272) = 40.46$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.373$; $F_2(4,296) = 30.67$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.283$; 年龄的主效应也显著, $F_1(1,68) = 7.31$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.097$; $F_2(1,74) = 332.95$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.818$; 二者交互作用显著, $F_1(4,272) = 2.94$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.041$; $F_2(4,296) = 3.24$, $p < 0.05$, $\eta^2 = 0.042$ 。简单效应分析显示: 所有消失文本相比控制条件的平均注视时间均显著增加($ps < 0.013$), 但是消失文本相邻条件之间的差异不显著($ps > 0.013$)。进一步比较儿童和成人在各个消失文本条件下相比控制条件变化程度的差异, 结果显示: 儿童在 20 ms 条件的变化程度小于成人($t_1(68) = 1.88$, $p = 0.06$; $t_2(74) = 2.57$, $p < 0.05$), 而在其它消失文本条件上的变化与成人差异不显著。

(4)再注视比率: 呈现方式的主效应显著, $F_1(4,272) = 66.81$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.496$; $F_2(4,296) = 86.38$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.539$; 年龄的主效应显著, $F_1(1,68) = 12.52$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.155$; $F_2(1,74) = 136.12$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.648$; 二者的交互作用显著, $F_1(4,272) = 13.18$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.162$; $F_2(4,296) =$

16.37, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.181$ 。简单效应分析显示: 儿童和成人的变化趋势一致, 表现为控制条件与各消失文本条件之间的差异均显著($ps < 0.013$)。但是儿童在除 20 ms 和 60 ms 之间差异不显著之外, 其它消失文本条件之间的差异均显著($ps < 0.013$), 而成人消失文本之间的差异均不显著($ps > 0.013$)。进一步比较儿童和成人在各个消失文本条件上相比控制条件变化程度的差异, 表明消失文本操作对儿童的影响大于成人, 表现为儿童在 20 ms, 60 ms, 100 ms 的消失文本条件上的变化显著大于成人($ps < 0.013$), 在 140 ms 条件上与成人差异不显著。

(5)回视次数: 呈现方式的主效应显著, $F_1(4,272) = 61.01$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.473$; $F_2(4,296) = 69.69$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.485$; 年龄的主效应显著, $F_1(1,68) = 24.90$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.917$; $F_2(1,74) = 392.23$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.841$; 二者的交互作用亦显著, $F_1(4,272) = 16.39$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.194$; $F_2(4,296) = 20.96$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.221$ 。简单效应分析显示: 儿童在 20 ms、60 ms 和 100 ms 条件下的回视次数都显著高于控制条件 ($ps < 0.013$), 直到 140 ms 条件时不再显著增加($F_1(1,34) = 1.61$, $p > 0.05$, $\eta^2 = 0.073$; $F_2(1,74) = 3.43$, $p > 0.05$, $\eta^2 = 0.068$), 同时 20 ms 和 60 ms, 60 ms 和 100 ms 的相邻之间差异显著($ps < 0.013$); 成人只在 20 ms 和 60 ms 条件上回视次数显著增加(20 ms 条件: $ps < 0.001$; 60 ms 条件边缘显著, $ps < 0.029$), 在 100 ms 和 140 ms 上不再显著增加($ps > 0.05$), 同时除 20 ms 和 60 ms 的相邻条件之间差异显著($ps < 0.013$), 其它之间差异均不显著。进一步比较儿童和成人在 20 ms 和 40 ms 上相比较控制条件的变化程度, 结果表明儿童的变化程度亦显著大于成人($ps < 0.05$)。

(6)跳读率: 呈现方式的主效应显著, $F_1(4,272) = 13.54$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.166$; $F_2(4,296) = 17.53$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.191$, 事后检验显示: 消失文本条件下的跳读率均显著大于控制条件($ps < 0.05$), 且 20 ms 和 60 ms 条件也显著大于 100 ms 和 140 ms ($ps > 0.013$); 年龄的主效应在被试分析上不显著($F_1(1,68) = 0.50$, $p > 0.05$, $\eta^2 = 0.007$), 在项目分析上显著($F_2(1,74) = 33.73$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.313$)。呈现方式和年龄之间的交互作用不显著, $F_1(4,272) = 1.28$, $p > 0.05$, $\eta^2 = 0.018$; $F_2(4,296) = 0.818$, $p > 0.05$, $\eta^2 = 0.011$ 。

总之, 整体分析结果与实验 1 的结果基本一致。表现为: (1)除跳读率之外, 所有指标上的年龄主效应均显著, 儿童比成人需要更长的总阅读时间

和平均注视时间,更多的总注视次数、回视次数以及再注视比率。(2)儿童和成人读者在阅读消失文本时整体变化趋势一致,表现为总阅读时间只在 20 ms 条件下显著增加,而在 60 ms 及以上的条件下不受显著影响;此外,随着文本呈现时间的减少,读者的平均注视时间增长,再注视概率降低,而回视次数增加,跳读率提高。(3)不同文本呈现时间对儿童和成人的影响程度存在显著差异,在总阅读时间上儿童受到 20 ms 消失文本的影响显著大于成人;在减少的再注视比率和增加的回视次数上,儿童受到不同消失文本的影响也均显著大于成人。

3.2.2 局部分析

儿童和成人阅读不同呈现方式的文本时首次注视时间,凝视时间和回视时间的结果见表 5 所示,首次登陆位置结果见图 3。

(1)首次注视时间:文本呈现的主效应显著, $F_1(4,272) = 24.56, p < 0.001, \eta^2 = 0.265$; $F_2(4,296) = 23.40, p < 0.001, \eta^2 = 0.240$; 年龄主效应被试分析不显著($F_1(1,68) = 0.891, p > 0.05, \eta^2 = 0.013$), 项目分析显著($F_2(1,74) = 47.31, p < 0.001, \eta^2 = 0.390$); 二者交互作用显著, $F_1(4,272) = 4.91, p < 0.001, \eta^2 = 0.068$; $F_2(4,296) = 7.95, p < 0.001, \eta^2 = 0.097$ 。简单

表 5 儿童和成人在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)

因变量 指标	年龄 组	控制	140 ms	100 ms	60 ms	20 ms
首次注视 时间(ms)	儿童	253 (44)	277 (42)	282 (44)	280 (39)	274 (42)
	成人	246 (28)	266 (34)	263 (34)	270 (33)	282 (40)
凝视时间 (ms)	儿童	367 (77)	357 (54)	354 (62)	340 (55)	338 (65)
	成人	305 (47)	306 (42)	309 (51)	314 (48)	337 (59)
回视时间 (ms)	儿童	285 (117)	297 (120)	314 (108)	345 (123)	432 (151)
	成人	157 (111)	145 (84)	159(83)	162 (90)	185 (107)

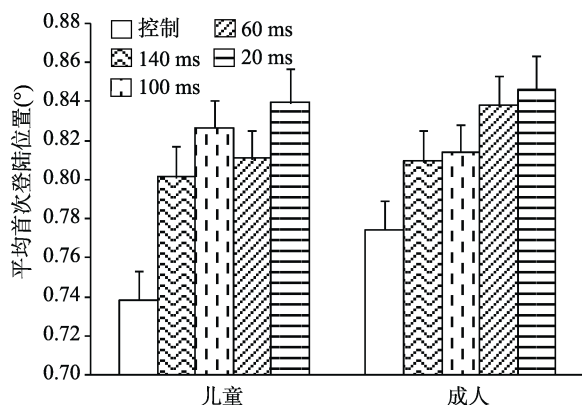


图 3 儿童和成人在五种文本呈现方式下的首次注视登陆位置

效应分析显示:儿童和成人读者的变化趋势一致,即消失文本与控制条件之间的差异均显著($ps < 0.013$)。然而儿童在各消失文本条件之间的差异不显著,而成人 20 ms 条件下显著大于其它各消失文本条件。

(2)凝视时间:文本呈现的主效应不显著, $F_1(4,272) = 1.20, p > 0.05, \eta^2 = 0.017$; $F_2(4,296) = 1.01, p > 0.05, \eta^2 = 0.013$; 年龄主效应显著, $F_1(1,68) = 9.57, p < 0.05, \eta^2 = 0.123$; $F_2(1,74) = 135.32, p < 0.001, \eta^2 = 0.646$; 二者的交互作用显著, $F_1(4,272) = 21.39, p < 0.001, \eta^2 = 0.239$; $F_2(4,296) = 12.39, p < 0.001, \eta^2 = 0.143$ 。简单效应分析显示,儿童在 20 ms 和 60 ms 条件下的凝视时间相比控制条件显著减少($ps < 0.013$),而成人 20 ms 条件下的凝视时间却相比控制(以及其它消失条件)显著增加。

(3)回视时间:文本呈现方式的主效应显著, $F_1(4,272) = 27.23, p < 0.001, \eta^2 = 0.286$; $F_2(4,296) = 24.07, p < 0.001, \eta^2 = 0.245$; 年龄的主效应显著, $F_1(1,68) = 54.52, p < 0.001, \eta^2 = 0.445$; $F_2(1,74) = 647.58, p < 0.001, \eta^2 = 0.897$; 呈现方式和年龄之间的交互作用显著, $F_1(4,272) = 10.73, p < 0.001, \eta^2 = 0.136$; $F_2(4,296) = 10.24, p < 0.001, \eta^2 = 0.122$ 。简单效应分析显示,儿童在 20 ms 和 60 ms 条件上的回视时间相比控制条件显著增加($ps < 0.013$),而成人只在 20 ms 条件上回视次数增加(项目分析显著, $F_1(1,34) = 4.09, p = 0.051$; $F_2(1,74) = 7.38, p < 0.05$),且儿童在 20 ms 条件中回视时间增加的程度显著大于成人($t_1(68) = 5.24, p < 0.001$; $t_2(74) = 5.82, p < 0.001$)。

(4)在平均首次登陆位置上,文本呈现方式的主效应显著, $F_1(4,272) = 13.57, p < 0.001, \eta^2 = 0.166$; $F_2(4,296) = 15.52, p < 0.001, \eta^2 = 0.173$ 。事后比较显示,控制条件登陆位置显著长于所有消失文本条件($ps < 0.013$),消失文本操作使读者的平均首次登陆位置都距离词首更远。而年龄的主效和二者的交互作用不显著($ps > 0.05$)。

总之,局部分析结果显示,(1)儿童的首次注视时间,凝视时间以及回视时间均显著大于成人读者。(2)儿童和成人在阅读消失文本时首次注视时间均显著增加;而儿童在阅读呈现时间非常短的文本(例如,20 ms)时,产生了更长的回视时间(3)儿童和成人在阅读消失文本时,平均登陆位置都更接近词中间区域(最佳登陆位置)。以上结果与实验 1 的结果也基本一致。

3.3 讨论

为进一步比较儿童和成人获取文本信息的速度,实验2将消失文本条件之间的时间间隔增加到40 ms,同时最大呈现时间范围扩大到140 ms。结果发现:二者在阅读消失文本时,整体阅读水平只受到20 ms条件的影响,表现为20 ms条件下总阅读时间显著大于60 ms、100 ms、140 ms以及控制条件,而其它条件之间差异均不显著。这与实验1的结果一致,表明读者在阅读呈现时间大于20 ms的文本时总阅读时间不受影响,进一步支持中文读者能够在注视早期快速地获取阅读所必需的视觉信息。与实验1不同的是,实验2发现当文本呈现时间非常短暂时(20 ms条件),儿童阅读时间增加的程度显著大于成人。该结果从整体上表明,儿童和成人对所阅读文本呈现时间的需要存在差异。

与成人相比,儿童在回视次数上受到消失文本操作的影响也更大。与实验1的结果趋势一致,表现为:儿童在20 ms、60 ms和100 ms条件下的回视次数显著增加,而成人只在20 ms和60 ms(边缘显著)条件上增加,且儿童总体增加的程度显著大于成人读者。同时,在局部分析的回视时间指标上发现,儿童在阅读呈现时间非常短暂的文本(例如20 ms)时回视时间也显著增加,且增加程度同样大于成人。综上所述,从阅读加工后期的信息整合的角度再一次证明,儿童需要文本呈现更长时间,才能充分满足正常阅读的需要。实验2在再注视比率指标上也验证了实验1的结果,儿童在阅读消失文本时再注视比例变化幅度显著大于成人。同样的,再注视的变化是由于控制条件下儿童的再注视显著高于成人(成人:20.5%,儿童:32.7%),随着文本呈现时间的逐渐减少,儿童的再注视也迅速下降,直至20 ms时与成人差异不显著(成人为13.5%,儿童为13.2%)。

研究者在总注视次数上发现,儿童在60 ms、100 ms和140 ms条件下没有发生变化,却在20 ms条件下显著增加,然而成人在60 ms、100 ms和140 ms条件下的注视次数显著减少,而在20 ms条件下没有发生变化。出现上述结果的可能原因与儿童和成人各自在再注视和回视之间的变化或权衡相关。例如,成人在各消条件下再注视均显著降低且减少程度相同,而回视却只在20 ms条件上显著增加(60 ms边缘显著)。因此在20 ms条件中,再注视的降低与回视的增加使得总注视时间不变,而在60 ms、100 ms和140 ms条件下再注视的显著降低和回视的较少变化使得总注视次数明显减少。对于儿童,各消失

条件下再注视不同程度的减少,回视又在不同程度上增加,使得20 ms条件下由于回视次数更大的增加最终导致总注视次数显著增加,而其它条件下再注视的增加与回视的减少保持平衡,从而表现出总注视次数没有产生显著变化。

在局部分析上,研究者发现了一个非常有趣的现象,儿童在20 ms和60 ms条件下的凝视时间显著减少,与实验1结果一致;然而成人在20 ms条件下的凝视时间却显著增加。首次注视时间和再注视比率之间存在权衡,即与正常阅读相比,儿童和成人的首次注视时间都显著地增加,而再注视降低。当注视时间增加程度不及再注视减少所造成影响时,便会表现为凝视时间的降低。对于儿童,各消失文本条件的首次注视时间相比正常阅读增加的程度相同,但是再注视降低的程度却非常大,且随文本呈现时间的减少,降低程度也越大,表现为从正常阅读的32.7%降至20 ms条件时的13.2%。因此,儿童在文本呈现时间较短的20 ms和60 ms条件凝视时间的减少,而在100 ms和140 ms条件上,增加的注视时间和减少的再注视刚好平衡,使得凝视时间未显著增加。然而对于成人,正常阅读时的首次注视时间较少,因此在20 ms条件上增加的程度便较大,且大于其它消失条件,同时在再注视比率的增加上,各水平间差异却不显著(见再注视比率指标),导致在权衡时首次注视增加的程度大于再注视减少的程度,从而造成成人在20 ms条件下的凝视时间显著增加。该结果充分体现消失文本条件下注视时间与再注视之间的权衡关系,这种权衡关系与实验1中的发现一致,同时也与前人在中文和拼音文字的研究发现一致(Blythe et al., 2006, 2009, 2011; Häikiö et al., 2009; Joseph et al., 2009; Liu et al., 2014; Yan et al., 2010; 刘志方等, 2011)。

4 总讨论

本研究采用消失文本范式,通过两项实验分别操纵文本呈现时间,实验1:20 ms, 40 ms, 60 ms, 80 ms和控制;实验2:20 ms, 60 ms, 100 ms, 140 ms和控制,考察10~11岁儿童和成人在中文句子阅读过程中,对注视词视觉信息呈现时间需求的差异。

4.1 儿童和成人对注视词视觉信息呈现时间的需求

本研究中,句子的总阅读时间是一个很重要的眼动参数。它反映读者在语言加工过程中受消失文本操作的整体影响程度。两项实验1致显示,虽然儿童和成人在阅读消失文本时,总阅读时间受到一

定影响,但是该影响均来自 20 ms 消失文本条件,在大于 40 ms 以上的消失文本下,实验操作对儿童和成人的总阅读时间都没有产生显著影响。考虑到显示屏本身的延迟,注视词呈现给读者的真正时间应该是操作时间与仪器延迟时间之和。因此本研究中,文本呈现时间大于 50 ms 左右时,读者的整体阅读效率便不再受到影响。换言之,读者在非常短暂的文本呈现时间内就能够快速地获取必需的中文视觉信息,这与已有成人的研究结果一致(Liu et al., 2014; Yan et al., 2010; 刘志方等, 2011),也与拼音文字研究的结果相似。然而,在 20 ms 条件下儿童总阅读时间增加的程度显著大于成人,这在一定程度上说明,阅读技能水平较低的儿童受到消失文本操作的影响更大,反映出儿童获取信息的速度以及流畅性还没有完全发展到成人的水平。

为更具体地比较儿童和成人对文本呈现时间的需要,还需要综合多项眼动指标来说明,其中回视便是一个重要的指标。前文已经提到,回视可能是读者在词汇或语言信息整合过程遇到困难时的眼动表现。如果说 40 ms 以上文本呈现条件不影响读者对视觉信息的需要,那么读者将不再需要进行视觉信息的再次采集,即不会再增加回视(再注视无法提供任何信息,因此只有通过回视来实现信息的再提取)。然而,对回视次数的分析却显示,儿童在 20~100 ms 的条件下回视次数均显著增加,而成人在 20~60 ms 的条件下也明显增加。这说明读者获取充足文本信息所需要的时间可能比总阅读时间不受影响的情况下更长。其中,成人需要文本呈现 60 ms 以上,而儿童需要呈现 100 ms 以上,才能满足读者回视次数不受影响,进而保证读者充分完整的获取到必需的文本信息。另一方面,由于儿童回视增加的程度显著大于成人读者,这种现象也说明,儿童和成人对文本呈现时间的需要确实存在差异。

4.2 儿童和成人阅读消失文本时的眼动策略变化

本研究发现,消失文本操作对成人和儿童的眼动模式的影响极其相似。在阅读 20 ms 以上的消失文本时,儿童和成人的首次注视时间均增加,再注视减少,回视在 60 ms 以内的条件下也显著增加,但是总阅读时间却没有受到明显影响。这表明读者在阅读消失文本时会主动地调整眼动行为,应对视觉信息受限的影响。这些灵活策略保证了总阅读效率不受影响。更重要的是,儿童和成人能及时采用这些策略。通过总结研究结果,我们发现成人和儿童存在以下三种眼动补偿策略:

第一,首轮阅读时,读者的再注视较少,首次注视时间增加。这与拼音文字的研究结果一致(Blythe et al., 2009; Liversedge et al., 2004; Rayner et al., 2006; Rayner et al., 2003)。再注视降低主要是由于文本在短暂呈现后消失,读者无法再通过注视获取到任何信息。从眼动控制角度来看,有研究显示:若眼跳目标的消失发生在眼跳计划的不稳定阶段,会迫使读者取消指向该目标的眼跳(Becker & Jürgens, 1979),因此在消失文本条件下读者会取消再注视眼跳和接下来的再注视。当然这种假设基于再注视的作用是对所注视单词进行再次视觉信息的获取。Blythe 等(2011)在芬兰语的研究中发现,在阅读消失文本时,芬兰儿童再注视减少而回视增加。回视为读者提供了再次获取文本信息的机会,因此认为再注视也有再次获取文本信息的作用。本研究中儿童被试回视的增加也为该假设提供了证据,但成人在 60 ms 以上的消失文本条件下再注视的减少并没有带来回视的增加,因此关于再注视的作用尚有待于研究。

当所注视词消失,读者的首次注视时间显著增加。按照眼动的认知控制理论观点(cognitive control of eye movements),认知加工决定眼睛的运动,即词汇的加工决定注视的时间长短。在本研究中,当所注视词消失,读者采用更长的注视,可能是在继续进行词汇加工。有研究者认为,读者在阅读过程中,需要一定的时间对所注视的单词进行词汇识别,而为了获得足够的加工时间,读者通常采用两种策略:一种是再注视,另一种是增加注视时间。究竟采用哪种策略则取决于是否有目标可以被再注视(Blythe et al., 2011)。当目标词始终呈现时读者采用再注视,而当目标词不可见时,读者采用增加注视时间来维持当前词的加工。该观点能很好地解释消失文本研究中再注视减少、注视时间增加的眼动行为。此外,本研究发现,读者的首次注视时间在所有消失文本条件下均显著增加,这也为以上观点提供了证据。

第二,阅读消失文本时,读者的回视次数增加。表现为文本呈现时间越短,回视次数增加越多。结合上文的分析,消失文本操作对成人和儿童在 40 ms 及以上条件上的总阅读时间影响未达到显著水平,这表明读者采用了非常高效的阅读策略,表现为增加回视的同时又不显著增加总阅读时间。读者是如何做到的呢?研究者推断:读者在首轮注视中没有获取到足够的视觉信息,而注视单词消失迫

使读者重新计划眼跳而快速离开当前注视词,以此获取充足时间来增加回视。为验证这种假设,在实验 1 中,研究者对句子中除首、尾词之外的其它双字词进行局部分析,结果显示:首轮总阅读时间(凝视时间)随文本呈现时间的减少而减少,即文本呈现时间越短,读者的凝视时间越短,而回视次数却增加,这在一定程度佐证了上述推断。实验 2 中儿童的结果也支持这一假设。此外,这种阅读策略也同样表现在芬兰儿童对长单词的注视上,芬兰年幼儿在阅读消失文本时对 8 个字母的长单词的再注视概率、凝视时间减少,回视次数增加,而总注视时间没有显著增加(Blythe et al., 2011)。总体来说,当视觉信息的获取受限时,读者可以即时调整眼动策略从而增加获取信息的机会,由此体现出人类眼动控制机制的灵活性。

第三,登陆位置的分析显示,在阅读消失文本时,儿童和成人的首次登陆位置都更靠近词的中心位置,即接近最佳注视位置(OVP)。这为总阅读时间和阅读理解率不受消失操作(40 ms 消失条件)的干扰提供了进一步的保障。然而,本研究结果显示,在消失文本条件下,读者的首次登陆位置比正常文本条件更靠近词的中心。Yan, Kligl, Richeter, Nuthman 和 Shu (2010)、Zhou, Shu, Yan 和 Kliegl (2010)认为,副中央凹词切分的成功与否会影响读者的注视位置,即如果能够成功对副中央凹进行词汇切分,读者的注视位置会倾向落在词的中心位置。由此推测,消失文本操作可能为读者提供了有效词切分线索,促进注视接近最佳注视位置,从而使词汇得到有效识别。另一种可能性是消失文本操作以双字词为单元进行有规律的消失和呈现时,读者会逐渐掌握这种规律性从而提前获知词切分边界,或者说已经不需要进行词汇切分,这样同样使登陆位置能够更加趋向于词中心。因此,需要使用正常文本的句子(包含不同词长的句子)进行消失文本操作,来验证是否存在这种规律造成的促进作用。

综合以上分析,儿童和成人都能够即时地调整眼动策略,采用多种高效眼动策略补偿文本信息不可见带来的干扰,从而保证总阅读时间不受明显干扰。然而 20 ms 消失操作对成人和儿童的阅读都造成严重影响,虽然也采用了同样的眼动策略但依然无法保障正常的阅读效率。

4.3 儿童和成人阅读消失文本时眼动策略变化之比较

虽然儿童和成人在阅读消失文本时都采用相

似的眼动策略,但数据分析显示,消失文本对不同年龄读者眼动模式的影响程度并非完全相同。深入分析这些差别对揭示中文读者阅读发展机制具有一定启发。

首先,儿童阅读消失文本时再注视比率的变化幅度显著大于成人。出现这种现象的原因是:阅读正常文本时,儿童比成人进行更多的再注视,这与以往的研究结果一致(Blythe et al., 2011; Blythe et al., 2006; Blythe et al., 2009; Häikiö et al., 2009; Joseph et al., 2009),但在阅读消失文本时再注视不能给读者提供任何信息,儿童和成人的再注视比例降低且达到相同的程度,因此表现为儿童的变化幅度大于成人。此外,有一个需要注意的问题,即在正常阅读时儿童为什么比成人的再注视程度高。存在以下两种可能的解释,其一,作为初级阅读者,儿童对书面文字的熟悉度不如成人,因此为成功完成词汇通达,可能需要通过再注视来增加对文本的注视时间。当再注视无法获取信息时,儿童会通过增加回视来完成信息的重新获取。这种解释在接下来对回视次数的分析讨论中可以得到验证。其二,再注视只是儿童的一种阅读“习惯”,这种习惯源于儿童掌握单词形-音对应规则的早期阶段,儿童为成功识别单词需要多次注视。但当儿童完成该阶段任务,已经不需要依赖再注视时,这种习惯还将继续保留一定时间,甚至延续到成人阶段(Blythe et al., 2011)。例如:成人在阅读 80 ms 的消失文本时,再注视概率显著降低,而回视次数并没有增加,同时总阅读时间不受影响,这说明一些再注视对成人读者并没有实际意义,可能只是一种习惯。

其次,儿童在 20 ms~100 ms 消失文本条件下的回视次数均显著增加,表明儿童视觉信息的获取受到这些消失文本操作显著的影响,因此需要通过回视再次获取信息,而成人则在非常短的消失文本条件中才显著增加回视。按照语言熟悉假说的观点,儿童获取和加工信息的速度、流畅性还没有完全发展到成人的水平(Blythe et al., 2011),因而可能会表现出对文本呈现时间更高的要求。本研究中,较短的文本呈现时间不能满足儿童阅读的需要,则所注视词的加工将会受到影响,此外也可能在更高水平的语言信息整合、句法分析等方面也受到影响。所以儿童必须改变眼动策略,如采用回视来获取再次提取信息的机会。相比之下,对于成人读者,由于他们的阅读技能水平比儿童更加成熟,因此,在同样短的呈现时间下,成人能够快速提取和利用

视觉信息,从而保证了词汇加工和更高水平的语言加工的正常进行,所以回视次数没有明显增加。结果符合语言熟悉假设。

以上结果与拼音文字的研究并不一致。Blythe 等人的研究发现,7岁儿童在阅读只呈现60 ms的英文消失文本时并不增加回视次数,表明该年龄阶段儿童已经能够快速地从视觉信息中获取到足够语言认知加工的视觉信息。Blythe 等人(2011)对芬兰儿童的进一步研究发现:阅读60 ms消失文本时,所有读者对短单词(由4个字母构成)的回视都不增加,同时10~11岁儿童和成人对长单词的回视也同样没有增加,而只有8~9岁年幼儿童对长单词的回视显著增加。为什么中文儿童读者,甚至成人读者在总阅读时间不受消失文本影响的情况下回视次数会显著增加呢?这可能与中文独特的书写特征有关。如前言中所提:中文属于视觉符号语言,视觉和语言的复杂性与拼音文字存在差异,同时具有高信息密度的特点;中文儿童将视觉信息转化为词汇编码的难度可能更大。另外中文词是由一个或多个汉字构成,词与词之间没有明确的物理线索进行切分,这些都有可能对中文读者对视觉的依赖性比拼音文字读者更高,从而表现在对视觉信息呈现时间的需要要高于拼音文字的读者。而这在阅读技能相对低的儿童读者身上会表现的更加明显。

本研究除了发现儿童和成人在文本视觉信息呈现时间的需求上存在发展性差异,同时在其它基本眼动特征上也得到了与已有研究一致的结果。与成人相比,儿童阅读的总阅读时间和平均注视时间更长、注视次数和回视次数以及再注视比例均较多,而跳读率较低。这种差异主要是由于儿童和成人在阅读技能水平上的差异造成,该结果在很大程度上支持了语言熟悉假说。另一方面,按照眼球运动的观点,儿童和成人在眼动上出现的差异也可能是由于儿童眼球运动系统的协调性不如成人造成的。但是本研究结果却发现,儿童(10~11岁)和成人在眼球运动的灵活性和有效性方面并没有明显的差异。例如在登陆位置上,当儿童和成人在阅读消失文本时,首次注视均落在更靠近词的中心位置,即接近最佳注视位置(OVP)。这验证了前人的研究结果(Zang, Liang, Bai, Yan, & Liversedge, 2013),即使是阅读技能非常低的年幼儿童(例如8~9岁),也已经有和成人非常相似的眼跳登陆位置模式。然而关于第三种假说:语言熟悉和眼球协调运动相互作用假说是否能更好地解释儿童和成人眼动的发展差

异性,就本实验而言,还无法回答这个问题,尚需进一步的验证。

综合以上分析,虽然儿童在阅读理解上与成人差异不显著,但是在文本呈现时间非常短暂的条件下(20 ms),儿童的总阅读时间受到更大的干扰。同时,结合上述眼动策略的改变也表明,消失文本操作对儿童的影响也大于成人。文本信息短暂的呈现不能满足儿童正常阅读所需的视觉信息,因此需要通过增加回视以及借助其它阅读补偿策略来达到正常的阅读和词汇识别。此外,本研究从另一个侧面也说明,儿童在阅读过程中,认知加工速度比熟练读者慢,除了表现在信息获取的空间范围,还在一定程度上表现在视觉信息获取速度方面。

5 结论

在本实验条件下,得出如下结论:

(1)在40 ms及以上的文本呈现条件下,儿童和成人的阅读理解率和总阅读时间均没有受到显著的干扰,表明中文读者在非常短暂的文本呈现时间内能够快速地从视觉信息中获取到必需的视觉信息,这与拼音文字研究的结果一致。

(2)在阅读消失文本时,儿童和成人在眼动模式上表现出以下三种相似的补偿策略:注视时间随再注视比率的降低而增加、首轮注视时间降低而回视次数显著增加、首次登陆位置更加靠近词的中心位置。

(3)与成人相比,儿童的眼动行为受到消失文本操作的影响更大。首先,从整体阅读速度来看,在阅读呈现时间不充足(20 ms)的消失文本时,儿童比成人的总阅读时间增长程度更大;其次,为保证获取到充足的文本视觉信息,儿童比成人采用更多回视进行信息的再次提取,且儿童和成人分别在100 ms和60 ms以上的消失条件下,回视次数才不受影响。以上结果表明,在中文阅读中,儿童比成人对文本视觉信息呈现时间的需要更高。

参 考 文 献

- Aghababian, V., & Nazir, T. A. (2000). Developing normal reading skills: Aspects of the visual processes underlying word recognition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 76, 123-150.
- Bai, X. J., Liang, F. F., Blythe, H. I., Zang, C. L., Yan, G. L., & Liversedge, S. P. (2013). Interword spacing effects on the acquisition of new vocabulary for readers of Chinese as a second language. *Journal of Research in Reading*, 36(S1), S4-S17.
- Becker, W., & Jürgens, R. (1979). An analysis of the saccadic

- system by means of double step stimuli. *Vision Research*, 19, 967–983.
- Blythe, H. I., Häikiö, T., Bertram, R., Liversedge, S. P., & Hyönä, J. (2011). Reading disappearing text: Why do children refixate words? *Vision Research*, 51, 84–92.
- Blythe, H. I., & Joseph, H. S. S. L. (2011). Children's eye movements during reading. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Eds.), *Oxford Handbook on Eye Movements* (pp. 643–662). Oxford, England: Oxford University Press.
- Blythe, H. I., Liversedge, S. P., Joseph, H. S. S. L., White, S. J., & Rayner, K. (2009). Visual information capture during fixations in reading for children and adults. *Vision Research*, 49, 1583–1591.
- Blythe, H. I., Liversedge, S. P., Joseph, H. S. S. L., White, S. J., Findlay, J. M., & Rayner, K. (2006). The binocular coordination of eye movements during reading in children and adults. *Vision Research*, 46, 3898–3908.
- Buswell, G. T. (1922). *Fundamental reading habits: A study of their development*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Chen, H.-C., Song, H., Lau, W. Y., Wong, K. F. E., & Tang, S. L. (2003). Development characteristics of eye movements in reading Chinese. In C. McBride-Chang & H.-C. Chen (Eds.), *Reading development in Chinese children* (pp. 157–169). Westport, CT: Praeger Publishers.
- Feng, G., Miller, K., Shu, H., & Zhang, H. (2009). Orthography, and the development of reading processes: An eye-movement study of Chinese and English. *Child Development*, 80, 720–735.
- Frazier, L., & Rayner, K. (1982). Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology*, 14, 178–210.
- Häikiö, T., Hyönä, J., & Bertram, R. (2010). Development of parafoveal processing within and across words in reading: Evidence from the boundary paradigm. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63, 1982–1998.
- Häikiö, T., Bertram, R., Hyönä, J., & Niemi, P. (2009). Development of the letter identity span in reading: Evidence from the eye movement moving window paradigm. *Journal of Experimental Child Psychology*, 102, 167–181.
- Hoosain, R. (1992). Psychological reality of the word in Chinese. In H.-C. Chen & O. J.-L. Tzeng (Eds.), *Language processing in Chinese* (pp. 111–130). Amsterdam, Netherlands: North-Holland.
- Huestegge, L., Radach, R., Corbic, D., & Huestegge, S. M. (2009). Oculomotor and linguistic determinants of reading development: A longitudinal study. *Vision Research*, 49, 2948–2959.
- Hyönä, J., & Olson, R. K. (1995). Eye fixation patterns among dyslexic and normal readers: Effects of word-length and word-frequency. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 21, 1430–1440.
- Ishida, T., & Ikeda, M. (1989). Temporal properties of information extraction in reading studied by a text-mask replacement technique. *Journal of the Optical Society A: Optics and Image Science*, 6, 1624–1632.
- Joseph, H. S. S. L., Liversedge, S. P., Blythe, H. I., White, S. J., & Rayner, K. (2009). Word length and landing position effects during reading in children and adults. *Vision Research*, 49, 2078–2086.
- Kirkby, J. A., Blythe, H. I., Drieghe, D., & Liversedge, S. P. (2011). Reading text increases binocular disparity in dyslexic children. *PLoS ONE*, 6, e27105.
- Levy, R., Bicknell, K., Slattery, T., & Rayner, K. (2009). Eye movement evidence that readers maintain and act on uncertainty about past linguistic input. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 21086–21090.
- Li, X. S., Gu, J. J., Liu, P. P., & Rayner, K. (2013). The advantage of word-based processing in Chinese reading: Evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(3), 879–889.
- Li, X. S., Rayner, K., & Cave, K. R. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, 58, 525–552.
- Liu, N. N., Yu, L. L., Yan, G. L., Kevin B. Paterson. (2014, May). *Revealing the visual requirements for reading in Chinese: Evidence from the disappearing text paradigm*. Paper presented at the meeting of the 6th China International Conference on Eye Movements, Beijing.
- Liu, Z. F., Zhang, Z. J., & Zhao, Y. J. (2011). The units saccade targeting based on and words procession style in Chinese reading: Evidences from disappearing text. *Acta Psychologica Sinica*, 43, 608–618.
- [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, 608–618.]
- Liversedge, S. P., Rayner, K., White, S. J., Vergilino-Perez, D., Findlay, J. M., & Kentridge, R. W. (2004). Eye movements when reading disappearing text: Is there a gap effect in reading? *Vision Research*, 44, 1013–1024.
- Liversedge, S. P., & Findlay, J. M. (2000). Saccadic eye movements and cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 6–14.
- McConkie, G. W., Zola, D., Grimes, J., Kerr, P. W., Bryant, N. R., & Wolff, P. M. (1991). Children's eye movements during reading. In J. F. Stein (Ed.), *Vision and visual dyslexics* (pp. 251–262). London: MacMillan.
- Rayner, K. (2009). The Thirty Fifth Sir Frederick Bartlett Lecture: Eye movements and attention during reading, scene perception, and visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62, 1457–1506.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124, 372–422.
- Rayner, K. (1986). Eye movements and the perceptual span in beginning and skilled readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 41, 211–236.
- Rayner, K., Foorman, B. F., Perfetti, C. A., Pesetsky, D., & Seidenberg, M. S. (2001). How psychological science informs the teaching of reading. *Psychological Science in the Public Interest*, 2, 31–74.
- Rayner, K., Foorman, B. F., Perfetti, C. A., Pesetsky, D., & Seidenberg, M. S. (2002). How should reading be taught? *Scientific American*, 286, 84–91.
- Rayner, K., Liversedge, 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, 310–323.
- Rayner, K., Liversedge, S. P., White, S. J., & Vergilino-Perez, D. (2003). Reading disappearing text: Cognitive control of eye movements. *Psychological Science*, 14, 385–389.
- Rayner, K., Inhoff, A. W., Morrison, R. E., Slowiaczek, M. L., & Bertera, J. H. (1981). Masking of foveal and parafoveal vision during eye fixations in reading. *Journal of Experimental*

- Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 167–179.
- Rayner, K., Yang, J. M., Castelano, M. S., & Liversedge, S. P. (2011). Eye movements of older and younger readers when reading disappearing text. *Psychology and Aging*, 26(1), 214–223.
- Reichle, E. D., Liversedge, S. P., Drieghe, D., Blythe, B. I., Joseph, H. S. S. L., White, S. J., & Rayner, K. (2013). Using E-Z Reader to examine the concurrent development of eye-movement control and reading skill. *Developmental Review*, 33, 110–149.
- Starr, M. S., & Rayner, K. (2001). Eye movements during reading: some current controversies. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 156–163.
- Taylor, S. E. (1965). Eye movements while reading: Facts and fallacies. *American Educational Research Journal*, 2, 187–202.
- Vitu, F., McConkie, G. W., Kerr, P., & O'Regan, J. K. (2001). Fixation location effects on fixation durations during reading: An inverted optimal viewing position effect. *Vision Research*, 41, 3513–3533.
- Wang, L. H. (2011). *Eye movement studies on the perceptual span in reading Chinese* (Unpublished doctoral dissertation). Tianjin Normal University.
- [王丽红. (2011). 中文阅读知觉广度的眼动研究 (博士学位论文). 天津师范大学.]
- Yan, G. L., & Bai, X. J. (Eds.). (2012). *General introduction to the eye movement research*. Beijing: Science Press.
- [闫国利, 白学军. (编). (2012). 眼动研究心理学导论. 北京: 科学出版社.]
- Yan, G. L., Liu, N. N., & Liu, Z. F. (2010, May). *Chinese readers' eye movements when reading disappearing text*. Paper presented at the meeting of the 4th China International Conference on Eye Movement, Tianjin.
- Yan, G. L., Zhang, Q. M., & Bai, X. J. (2013). Study on the influencing factors of perceptual span in Chinese reading. *Psychological Development and Education*, (2), 121–130.
- [闫国利, 张巧明, 白学军. (2013). 中文阅读知觉广度的影响因素研究. *心理发展与教育*, (2), 121–130.]
- 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, 巫金根, 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., Wang, W. J., & Bai, X. J. (2007). Eye movement study on the cognitive control with the disappearing text paradigm. *Psychological Exploration*, 27(4), 37–41.
- [闫国利, 王文静, 白学军. (2007). 消失文本条件下认知控制的眼动研究. *心理学探新*, 27(4), 37–41.]
- 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, M., Kliegl, R., Richter, E. M., Nuthmann, A., & Shu, H. (2010). Flexible saccade target selection in Chinese reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63, 705–725.
- Yan, M., Richter, E. M., Shu, H., & Kliegl, R. (2009). Chinese readers extract semantic information from parafoveal words during reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 561–566.
- Zang, C. L., Liang, F. F., Bai, X. J., Yan, G. L., & Liversedge, S. P. (2013). Interword spacing and landing position effects during Chinese reading in children and adults. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39(3), 720–734.
- Zang, C. L., Liversedge, S. P., Bai, X. J., & Yan, G. L. (2011). Eye movements during Chinese reading. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Eds.), *The Oxford handbook of eye movements* (pp. 961–978). Oxford, England: Oxford University Press.
- Zang, C. L., Meng, H. X., Liang, F. F., Bai, X. J., & Yan, G. L. (2013). Is there a vertical component to saccade targeting in Chinese reading? *Journal of Research in Reading*, 36(S1), S78–S93.
- Zhang, X. X. (2011). Meaning-spelling theory of the Chinese characters: Insight into the nature of written Chinese from the perspective of cognitive psychology. *Journal of South China Normal University (Social Science Edition)*, (4), 5–13.
- [张学新. (2011). 汉字拼义理论: 心理学对汉字本质的新定性. *华南师范大学学报(社会科学版)*, (4), 5–13.]
- Zhou, W., Shu, H., Yan, M., & Kliegl, R. (2010, May). *Font size modulates saccade-target selection in Chinese reading*. Paper presented at the meeting of the 4th China International Conference on Eye Movement, Tianjin.

The Comparison of Eye Movements between Chinese Children and Adults When Reading Disappearing Text

YAN Guoli^{1,2,3}; LIU Nina^{1,2,3}; LIANG Feifei³; LIU Zhifang⁴; BAI Xuejun^{1,2,3}

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

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

(³ School of Education and Science, Tianjin Normal University, Tianjin 300074, China)

(⁴ Department of Psychology, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract

Recent studies using the disappearing text paradigm have shown that reading in alphabetic writing systems is not impaired substantially if words remain visible for only a short period when they are fixated (e.g., English: Rayner *et al.*, 2006; Finnish: Blythe *et al.*, 2011). There are, however, important developmental differences in performance on this task, and findings indicate that developing child readers often must fixate more often on words, especially long words, whereas skilled adult readers do not (Blythe *et al.*, 2011). The present study used the disappearing text paradigm in two experiments to investigate if there is a similar developmental difference in performance on the disappearing text paradigm when reading Chinese.

These experiments recorded the eye movements of native Chinese developing child readers and skilled adult readers. Participants read sentences formed from regular sequences of two-character words and each sentence was between 7 and 8 words long. These sentences were either presented normally or in a disappearing text paradigm in which, as each word was fixated, the word remained visible only for a short period before disappearing. There were four disappearing text conditions: in Experiment 1, each word remained visible for 20ms, 40ms, 60ms, or 80ms following fixation onset; and in Experiment 2, each word remained visible for 20ms, 60ms, 100ms, or 140ms following fixation onset.

Both experiments showed that there was no overall cost to reading times for either age group except in the 20ms display condition, which was longer compared to when sentences were shown normally. This was consistent with the findings from studies in alphabetic languages. However, both the child and adults readers produced different patterns of eye movement behaviour in the disappearing text conditions compared to when sentences were shown normally. First, there was a trade-off between refixation probability and fixation duration, such that both age groups of readers made fewer but longer fixations on words. In addition, both groups of readers were more likely to make regressions back to words in the disappearing text condition compared to when sentences were shown normally, indicating that both age groups were more likely to refixate words, to facilitate word identification, when words were shown only briefly. However, there was also a clear developmental difference in the use of this strategy and the developing child readers made more regressions back to words in the disappearing text paradigm, as compared to when text was shown normally, than did the skilled adult readers. This showed that, as in previous studies using alphabetic languages, developing child readers had more difficulty identifying words when these were visible for only short periods following fixation and often made a regression in order to reinspect words. The indication, therefore, is that developing child readers identify words more slowly than skilled adult readers. Finally, both age groups made initial fixations on words which were closer to the center of the two-character words in disappearing text conditions than when sentences were shown normally, suggesting that the disappearing text manipulation cued readers to the regularity in the construction of the sentences.

To conclude, skilled readers of Chinese can identify words extremely quickly during reading. This is consistent with the findings from alphabetic writing systems. For less skilled developing Chinese readers, however, more time is needed to encode words and so these readers often have to reinspect words that are available only very briefly when reading disappearing text. In other words, the findings show that developing child readers' encoding of words is slower than that of skilled adult readers.

Key words disappearing text; Chinese reading; eye movements; children and adult readers