

# 年老化对中文阅读眼动控制的影响： 来自词长和语境预测性效应的证据\*

任梦雪<sup>1,4</sup>, 田宏杰<sup>2</sup>, 仝文<sup>1</sup>, 刘志方<sup>3</sup>

(1. 山西师范大学心理学系, 临汾 041000; 2. 北京青年政治学院北京青少年研究所, 北京 100102;

3. 杭州师范大学心理学系, 杭州 311121; 4. 广东理工学院心理中心, 肇庆 526000)

**摘要:**本研究通过对比老年与青年人在阅读中词长、词频和语境预测性效应上的差异, 探讨中文阅读中眼动控制的年老化问题。结果发现: (1) 词长的年龄主效应显著, 注视时间和首次注视位置指标上年龄与词长的交互作用显著; (2) 在注视时间指标上发现了显著的词频和语境预测性效应, 年龄与语境预测性之间交互作用显著。综合而言, 中文阅读中老年读者的词长效应和语境预测性效应不同于青年读者, 由此可见, 视觉功能和词汇加工功能衰退都是中文阅读眼动控制年老化的诱发原因。

**关键词:** 年老化; 词长; 预测性; 眼动

**中图分类号:** B842.5

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1003-5184(2020)05-0417-08

## 1 引言

众所周知, 视觉和认知功能衰退会影响老年人生活的各个方面。来自拼音文字阅读的研究结果显示, 老年人的阅读行为明显不同于青年人。例如, 对英文和德文阅读的研究表明, 与青年人(18~30)岁相比, 老年人(60岁以上)在阅读中会产生更大的困难(Kemper & McDowd, 2006; Kemper, Crow, & Kemtes, 2004; Kliegl, Grabner, Rolfs, & Engbert, 2004), 老年人阅读时的注视时间更长、注视次数更多, 有更长向前眼跳距离以及更多的回视(Kliegl et al., 2004; McGowan, White, Jordan, & Paterson, 2014; Rayner, Castelano, & Yang, 2009)。基于这些结果, 有研究者认为母语为拼音文字的老年读者采用了一种“冒险”的阅读策略, 他们依赖自己较完好的词汇加工和阅读经验弥补相对缓慢的视觉加工过程, 利用部分单词信息来推测即将出现的词汇, 由此产生了更长的向前眼跳和更高的跳读率; 然而这种策略容易错过信息, 也增加了词汇认知错误的可能性, 因此老年读者需要更多的回视对词汇进行再次加工(McGowan & Reichle, 2018)。

那么这种拼音文字阅读行为的年老化模式是否可以延伸到中文阅读中? 这个问题值得研究, 但目前相关研究尚不丰富。中文具有和拼音文字完全不

同的书写特征: 英文中字母的视觉构成比较简单, 而汉字是一种符号型文字, 视觉复杂性随笔画数量的变化而变化(Zhang, Zhang, Xue, Liu, & Yu, 2007)。不同于英文、德文等拼音文字, 中文没有词间空格, 缺乏提示词长信息的线索, 因此读者在阅读时需要先进行词汇切分, 且切分方式可能存在不一致性(李玉刚, 黄忍, 滑慧敏, 李兴珊, 2017)。因此, 视觉上的复杂性及其独特的语言特征决定了中文文本的识别需要较高水平的视敏度和良好的细节识别能力, 可能会对视敏度退化的老年人造成更大的阅读困难。因此有理由推测, 中文阅读的年老化模式可能与拼音文字阅读存在不一致性。

目前已有部分研究探讨过中文老年读者与青年读者阅读眼动模式的差异, 发现了一部分与拼音文字中类似的结果, 包括老年读者有更长的注视时间, 更多的注视次数和回视次数(Wang et al., 2016; Zang et al., 2018)。但同时也发现中文老年读者并不比青年读者有更频繁的跳读, 他们的向前眼跳幅度也比青年人更短, 说明阅读的年老化模式确实存在一定的语言特殊性(Kliegl et al., 2004; Wang et al., 2016)。

词汇加工是影响阅读眼动控制的重要因素(Engbert, Nuthmann, Richter, & Kliegl, 2005), 而词

\* 基金项目: 国家社会科学基金青年项目(17CYY059)。

通讯作者: 仝文, E-mail: twaaa@126.com; 刘志方, E-mail: lzfh2008@163.com。

长、词频(一定范围的语言材料中词的使用频率)和预测性(句子中根据前文内容猜测出某个单词的概率)被称为影响阅读中词汇识别的“三大因素”(Clifton et al., 2016),一般说来,短词比长词更有可能被跳过且再注视概率更低,注视时间更短(Kliegl et al., 2004);低频词和低语境预测性词的注视时间更长,跳读率更低(Mielliet, Sparrow, & Sereno, 2007; Rayner, Slattery, Drieghe, & Liversedge, 2011)。其中词长影响视觉层面的词汇加工,词频和语境预测性效应分别代表自下而上和自上而下的词汇加工过程(Rayner, 2009),因此可通过观察老年读者在这三项效应上与青年读者之间的差异,探讨中文阅读眼动控制的老龄化问题。

研究者考察拼音文字中这些因素对不同年龄读者阅读眼动控制的影响时发现:当词边界信息缺失或没有显著的词长信息提示对老年人的阅读破坏作用更大。拼音文字读者基于词汇单元识别文字,而消除词边界将严重阻碍词汇加工过程(Perea & Acha, 2009; Rayner, Fischer, & Pollatsek, 1998)。还有研究考察了词频和语境预测性对不同年龄读者阅读的影响,结果发现词频影响了老年读者的阅读过程,其对低频词的注视时间更长,表现出更大的词频效应(Kliegl et al., 2004; Rayner et al., 2006)。在语境预测性上,英文阅读中青年和老年读者同样地利用语境预测性信息促进词汇识别(Rayner et al., 2006),但是 Kliegl 等(2004)发现德文老年读者对高语境预测性词汇的再注视减少且会更多地跳读这类词汇。综合这些研究结果可知,拼音文字阅读中眼动控制的老龄化确实与词汇加工功能衰退有关。

拼音文字阅读中,词长是一种低水平的视觉线索,不同词长的词汇都由两侧空格切分成为独立的视觉单元,读者根据这些视觉单元引导眼跳落点。已有研究发现落点位置不受年龄影响(Li et al., 2017),因此词长对拼音文字阅读老龄化模式的影响有限。中文文本中没有词间空格,读者难以从副中央凹处获取词长信息来引导读者的眼跳行为。因此,词长对中文阅读眼动控制老龄化模式的影响可能不同于拼音文字。

证据显示,词汇加工同样也是影响中文阅读眼动控制过程的重要因素(Liu, Huang, Li, & Gao, 2017; Liu, Reichle, & Li, 2016),但中文词汇加工与拼音文字词汇加工有所差异,中国读者识别词汇(多字词)之前需要经历汉字加工环节(Lin, Yu,

Zhao, & Zhang, 2016),在识别词汇之前还会基于语境进行词汇切分(李兴珊,刘萍萍,马国杰,2011),因而有理由推测词汇加工对中文阅读眼动控制及其老龄化模式的影响有可能异于拼音文字。

本研究通过观察老年和青年人阅读眼动控制中的词长、词频和语境预测性效应差异,探讨中文阅读眼动控制的老龄化模式并假设:如果视觉功能衰退是中文阅读眼动控制老龄化的诱发原因之一,那么实验将会发现老年人与青年人的眼动指标在词长效应上存在显著差异,即年龄与词长的交互作用显著;如果词汇加工效率衰退是中文阅读眼动控制老龄化的诱发原因之一,那么实验将会观察到词频/语境预测性与年龄的交互,在各眼动指标上会呈现相应的变化趋势。

## 2 方法

### 2.1 被试

在某师范大学内选取具有一定阅读能力的退休职工及教职人员 30 名和大学生 44 名参与实验。老年被试的年龄范围为 60 ~ 70 岁( $M = 66.27$ ,  $SD = 3.85$ );大学生被试的年龄范围为 18 ~ 22 岁( $M = 20.36$ ,  $SD = 1.57$ )。所有被试的母语均为汉语,具备一定的阅读能力,视力或矫正视力正常。两组被试之前均未参加过类似实验,实验结束后获得一定报酬。

### 2.2 实验材料

从语料库在线网站(www.cncorpus.org)数据库提供的《现代汉语语料库词语频率表》中选出一共 64 对双字高频词和低频词作为目标词汇,然后根据选择的目标词造句,保证目标词基本处于句子框架的中心位置。编制句子时高频词和低频词分开造句,首先根据高频词造出句子框架,要求目标词放进句子中一个为高语境预测性,另一个为低语境预测性;用同样的方法编制目标词为低频词的句子(实验材料示例见表 1)。然后采用补全句子的方式检验句子目标词的可预测性,由不参加正式实验的 25 名大学生进行评定。当句子为高语境预测时,被试使用目标词的概率为 68.19% ( $SD = 0.20$ );当句子为低语境预测时,目标词被预测出的概率为 0.44% ( $SD = 0.01$ );高低语境预测性差异显著( $p < 0.001$ )。同时高频和低频目标词词频差异显著( $p < 0.05$ ),且高频和低频目标词组各自组内的整词词频、首字字频、尾字字频、首字笔画数、尾字笔画数差异均不显著( $ps < 0.05$ )。

表 1  实验材料示例

目标词汇		实验材料示例
高频目标词		
高语境预测	解释	对方必须对此事给出合理解释才能平息我方怒火。
低语境预测	回答	对方必须对此事给出合理回答才能平息我方怒火。
低频目标词		
高语境预测	茶几	妈妈把茶水放到沙发旁的茶几上以便客人享用。
低语境预测	书桌	妈妈把茶水放到沙发旁的书桌上以便客人享用。

2.3  实验设计

实验采用 2(年龄:老年 vs. 青年) × 2(目标词词频:高 vs. 低)的混合实验设计,其中年龄为被试间变量,目标词词频和语境预测性为被试内变量。将所有实验句按照实验条件进行拉丁方顺序平衡,共形成 4 组实验材料,每个被试完成其中一组,组内所有句子随机呈现,每个被试在正式实验时共阅读 64 个句子。

2.4  实验设备

实验采用 Eyelink II 眼动记录仪,采样频率为 500HZ,被试机屏幕分辨率为 1024 × 768 像素。实验材料以宋体 20 号字单行呈现在屏幕中央,被试距离屏幕 54 厘米,每个汉字约成 0.7 度视角。

2.5  实验程序

对每个被试单独施测。实验开始前呈现指导语,被试理解后进行眼动仪的佩戴和校准,然后呈现 10 个练习句,熟悉实验流程后进入正式实验。正式实验中 20 个句子后设置有问题句,要求被试根据句子内容进行“是/否”判断,“是”和“否”的比例各占 50%。整个实验需要大约 20 分钟。

3  结果

实验中老年被试回答问题的正确率为 87%,大学生被试的正确率为 91%,所有被试均认真进行了

实验。

为确保数据的有效性,在正式分析之前按下列标准剔除数据:(1)实验过程中因各种原因导致追踪失败的句子;(2)注视点少于 5 个或大于 50 个的句子数据;(3)三个标准差之外的数据。共删除 2.8% 的数据。根据研究目的,选取以下眼动指标进行分析:(1)基于句子的整体分析指标:阅读速度(字/分钟),平均注视时间(所有注视点持续时间的平均值),向右眼跳幅度(所有向右眼跳距离的平均值),注视次数,回视次数。(2)基于目标词的局部分析指标:总注视时间(兴趣区内所有注视时间的总和),首次注视时间(兴趣区内首个注视点的持续时间),凝视时间(第一次进入兴趣内所有注视点的持续时间之和),再注视概率(兴趣区内被再注视的词数与总数量之间的比值),跳读率(兴趣区内被跳读的词数与总数量之间的比值),首次注视位置(兴趣区内首个注视点所处的位置)。所有数据在 R 环境下进行统计,使用线性混合模型(LMMs)对眼动指标进行分析,采用 R 软件中的 treatment contrast 做出统计推断,结果报告回归系数  $b$ 、标准误  $SE$  以及  $t$  值( $t = b / SE$ ), $t > 1.96$  代表  $p < 0.05$ 。

3.1  基于句子的整体分析

表 2  老年人和青年人基于句子整体分析的各眼动指标平均值(括号内为标准误)

	阅读速度 (字/分钟)	平均注视 时间(ms)	向右眼跳 幅度(度)	注视次数 (次)	回视次数 (次)
青年人	348(2.92)	231(0.70)	2.26(0.01)	13(0.12)	3.32(0.27)
老年人	199(2.66)	263(0.96)	1.58(0.01)	21(0.19)	5.12(0.39)

从整体分析的结果来看(见表 2),所有眼动指标上年龄主效应均显著:老年人的阅读速度显著慢于青年人( $b = -0.608, SE = 0.084, t = -7.266$ ),平均注视时间显著长于青年人( $b = 0.14, SE = 0.027, t = 5.136$ ),老年人的注视次数和回视次数更多( $b = 0.523, SE = 0.08, t = 6.561; b = 0.474, SE = 0.12, t = 3.947$ ),且向右眼跳幅度更小( $b = -0.337, SE = 0.061, t = -5.498$ )。

3.2  基于词长的局部分析

按每一句中词汇切分后每一个词的长度划分兴趣区,分析词长对阅读年老化的影响,主要考察 3 个结果:(1)通过老年人和青年人对比考察年龄主效应;(2)词长效应:数据分析采用 R 软件里 treatment contrast,以单字词作为基线条件进行比较,包括双字词-单字词、三字词-单字词、四字词-单字词 3 个对比(具体数据见表 3);(3)词长与年龄的交互作用。

表3 老年人和青年人在各词长条件下眼动指标平均值(括号内为标准误)

		单字词	双字词	三字词	四字词
总注视时间	青年人	298(2.98)	407(2.34)	438(5.19)	564(18.15)
	老年人	430(5.23)	617(3.86)	741(9.08)	806(27.65)
首次注视时间	青年人	227(1.50)	232(0.72)	214(1.39)	231(3.78)
	老年人	270(1.86)	270(0.98)	243(1.93)	267(5.31)
凝视时间	青年人	233(1.69)	263(1.10)	266(2.59)	322(8.24)
	老年人	298(2.60)	370(1.92)	410(4.91)	430(14.38)
再注视概率	青年人	1.97(0.25)	11.19(0.27)	18.91(0.67)	36.06(2.12)
	老年人	5.56(0.42)	32.43(0.45)	52.12(0.99)	64.67(2.50)
跳读概率	青年人	32.06(0.83)	19.95(0.34)	10.53(0.52)	2.92(0.74)
	老年人	20.33(0.73)	8.04(0.26)	4.36(0.41)	1.09(0.54)
首次注视位置	青年人	0.41(0.01)	0.80(0.01)	0.85(0.01)	0.88(0.03)
	老年人	0.41(0.01)	0.68(0.01)	0.68(0.01)	0.70(0.03)

首先,总注视时间上,年龄主效应显著( $b = 0.309, SE = 0.062, t = 4.973$ ),词长主效应显著( $b = 0.263, SE = 0.012, t = 22.571$ ;  $b = 0.331, SE = 0.015, t = 22.673$ ;  $b = 0.597, SE = 0.029, t = 20.685$ ),年龄与词长的交互作用显著( $b = 0.099, SE = 0.016, t = 6.003$ ;  $b = 0.256, SE = 0.021, t = 11.976$ ;  $b = 0.113, SE = 0.045, t = 2.496$ );从结果可以看出,总注视时间上词长变化对老年被试的影响更为明显(见图1(a))。首次注视时间上,年龄的主效应显著( $b = 0.153, SE = 0.029, t = 5.237$ ),除了四字词外,其余词长的主效应显著( $b = 0.018, SE = 0.007, t = 2.422$ ;  $b = -0.066, SE = 0.009, t = -7.101$ ;  $b = 0.01, SE = 0.018, t = 0.57$ )(见图1(b)),

年龄与词长的交互作用在三字词条件下显著,在其余各词长条件下均不显著。 $(b = -0.018, SE = 0.011, t = -1.662$ ;  $b = -0.038, SE = 0.013, t = -2.803$ ;  $b = -0.028, SE = 0.027, t = -1.046)$ 。凝视时间的年龄主效应显著( $b = 0.191, SE = 0.041, t = 4.643$ ),词长主效应显著( $b = 0.09, SE = 0.009, t = 9.693$ ;  $b = 0.074, SE = 0.012, t = 6.316$ ;  $b = 0.253, SE = 0.023, t = 10.979$ ),年龄与词长的交互作用显著( $b = 0.107, SE = 0.013, t = 8.067$ ;  $b = 0.209, SE = 0.017, t = 12.129$ ;  $b = 0.084, SE = 0.036, t = 2.313$ );从结果可以看出凝视时间上老年被试的词长效应更加明显(见图1(c))。

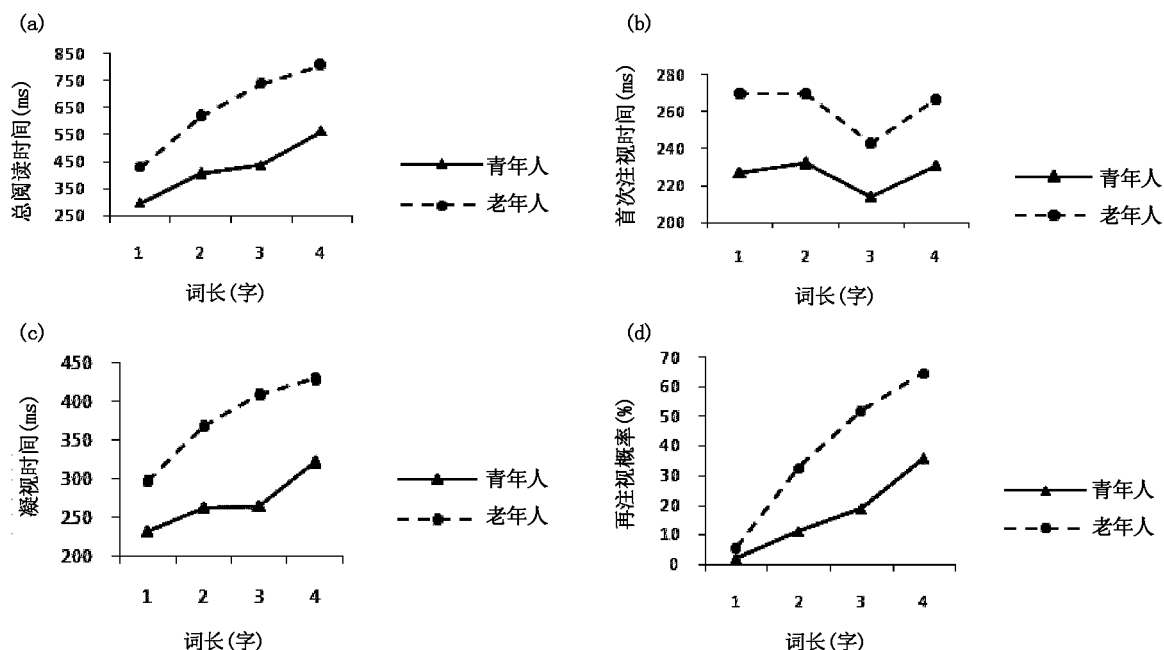


图1 青年人与老年人在各词长条件下的总阅读时间(a),首次注视时间(b),凝视时间(c)和再注视概率(d)

对眼跳参数的结果分析发现,再注视概率上,年龄主效应显著( $b = 1.007, SE = 0.245, Z = 4.101$ ),词长主效应显著( $b = 1.975, SE = 0.133, Z = 14.818; b = 1.975, SE = 0.139, Z = 19.325; b = 1.975, SE = 0.165, Z = 22.315$ ),除四字词外,年龄与词长的交互作用在其余各词长条件下均显著( $b = 1.975, SE = 0.158, Z = 2.801; b = 1.975, SE = 0.167, Z = 4.353; b = 1.975, SE = 0.218, Z = 1.512$ )(见图1(d))。在跳读率上,老年被试的跳读率更低( $b = -0.546, SE = 0.189, Z = -2.888$ ),词长主效应显著( $b = -0.663, SE = 0.047, Z = -13.96; b = -1.413, SE = 0.072, Z = -19.738; b = -2.995, SE = 0.269, Z = -11.15$ ),年龄和词长的交互作用

在四字词以外的其他词长条件下均显著( $b = -0.561, SE = 0.076, Z = -7.412; b = -0.489, SE = 0.13, Z = -3.745; b = -0.55, SE = 0.569, Z = -0.965$ )。首次注视位置上,年龄主效应不显著( $b = 0.024, SE = 0.039, t = 0.616$ ),词长主效应显著( $b = 0.61, SE = 0.02, t = 29.912; b = 0.628, SE = 0.026, t = 24.319; b = 0.688, SE = 0.052, t = 13.319$ ),年龄与词长的交互作用在各词长条件下均显著( $b = -0.201, SE = 0.029, t = -6.973; b = -0.229, SE = 0.037, t = -6.136; b = -0.252, SE = 0.076, t = -3.321$ )。

3.3 基于目标词汇的局部分析

表4 目标词区域内老年人和青年人在各条件下眼动指标平均值(括号内为标准误)

		低语境预测性		高语境预测性	
		低频	高频	低频	高频
总注视时间	青年人	446(12.44)	415(11.36)	393(10.40)	361(9.23)
	老年人	631(18.67)	582(17.79)	525(16.54)	513(16.38)
首次注视时间	青年人	247(3.79)	241(3.44)	245(3.77)	238(3.51)
	老年人	296(4.62)	287(4.73)	280(4.57)	272(4.52)
凝视时间	青年人	284(5.76)	273(5.39)	271(5.12)	261(4.74)
	老年人	391(8.75)	377(8.65)	364(8.64)	359(8.70)
再注视概率	青年人	15.04(1.48)	10.51(1.28)	10.39(1.28)	9.04(1.23)
	老年人	36.97(2.28)	33.26(2.24)	30.54(2.19)	29.95(2.18)
跳读概率	青年人	26.56(1.67)	29.97(1.73)	30.11(1.73)	33.66(1.78)
	老年人	8.96(1.30)	10.83(1.42)	12.29(1.50)	10.21(1.38)
首次注视位置	青年人	0.82(0.021)	0.88(0.021)	0.84(0.021)	0.86(0.022)
	老年人	0.68(0.022)	0.70(0.022)	0.71(0.021)	0.71(0.021)

对目标词区域进行分析,主要考察词频主效应和语境预测性主效应、年龄主效应及其两两交互作用以及年龄、词频、语境预测性三者的交互作用。

词频效应及其年龄差异:

从词频效应来看,总注视时间上,词频主效应显著( $b = 0.07, SE = 0.033, t = 2.099$ ),年龄主效应显著( $b = 0.327, SE = 0.065, t = 5.008$ ),年龄和词频的交互作用不显著( $b = 0.003, SE = 0.034, t = 0.092$ )。首次注视时间上词频主效应显著( $b = 0.026, SE = 0.013, t = 2.026$ ),年龄主效应显著( $b = 0.15, SE = 0.032, t = 4.617$ ),年龄和词频的交互作用不显著( $b = 0.02, SE = 0.021, t = 0.961$ )。凝视时间上,词频效应不显著( $b = 0.035, SE = 0.023, t = 1.556$ ),年龄主效应显著( $b = 0.297, SE = 0.043, t = 6.933$ ),年龄和词频的交互作用不显著( $b = 0.011, SE = 0.026, t = 0.404$ )。

对眼跳参数的分析发现,再注视概率上,年龄主

效应显著( $b = 1.668, SE = 0.259, Z = 6.446$ ),词频效应不显著( $b = 0.234, SE = 0.134, Z = 1.753$ ),年龄与词频的交互作用不显著( $b = -0.191, SE = 0.182, Z = -1.049$ )。在跳读率上,年龄主效应显著( $b = -1.62, SE = 0.231, Z = -7.024$ ),词频效应及年龄与词频的交互作用均不显著( $b = -0.097, SE = 0.126, Z = -0.769; b = 0.182, SE = 0.181, Z = 1.003$ )。首次注视位置上年龄主效应显著( $b = -0.255, SE = 0.063, t = -4.024$ ),词频效应及年龄与词频的交互作用均不显著( $b = -0.033, SE = 0.064, t = -0.522; b = 0.067, SE = 0.086, t = 0.778$ )。

语境预测性效应及其年龄差异:

对语境预测性效应进行分析。首先,总注视时间上,年龄主效应显著( $b = 0.291, SE = 0.067, t = 4.324$ ),语境预测性效应显著( $b = 0.144, SE = 0.017, t = 8.508$ ),年龄和语境预测性的交互作用显

著( $b=0.071, SE=0.034, t=2.087$ )。首次注视时间上,年龄主效应显著( $b=0.123, SE=0.034, t=3.619$ ),语境预测性效应显著( $b=0.037, SE=0.011, t=3.48$ ),语境预测性与年龄的交互作用显著( $b=0.052, SE=0.021, t=2.485$ )。凝视时间上,年龄主效应显著( $b=0.274, SE=0.045, t=6.123$ ),语境预测性效应显著( $b=0.058, SE=0.013, t=4.462$ );年龄与语境预测性的交互作用边缘显著( $b=0.046, SE=0.026, t=1.757$ )。

同时,对眼跳参数的分析发现,老年人的再注视概率显著大于青年人( $b=1.713, SE=0.276, t=6.191$ ),语境预测性效应显著( $b=0.31, SE=0.091, Z=3.409$ ),年龄与语境预测性的交互作用不显著( $b=-0.098, SE=0.182, Z=-0.54$ )。在跳读率上,年龄主效应显著( $b=-1.628, SE=0.246, t=-6.632$ ),语境预测性效应显著( $b=-0.181, SE=0.091, Z=-1.995$ ),年龄与语境预测性的交互作用不显著( $b=0.022, SE=0.181, Z=0.122$ )。首次注视位置上,年龄主效应显著( $b=-0.203, SE=0.063, t=-3.198$ ),语境预测性效应及年龄与语境预测性的交互作用均不显著( $b=0.023, SE=0.057, t=0.397; b=-0.037, SE=0.086, t=-0.428$ )。

词频与语境预测性交互效应及其年龄差异:

对词频和语境预测性的交互作用进行分析,在所有眼动指标上都没有发现词频和语境预测性的交互作用(总注视时间: $b=0.046, SE=0.034, t=1.369$ ;首次注视时间: $b=0.007, SE=0.021, t=0.348$ ;凝视时间: $b=0.022, SE=0.026, t=0.862$ ;再注视概率: $b=0.241, SE=0.182, Z=1.326$ ;跳读率: $b=-0.246, SE=0.181, Z=-1.358$ ;首次注视位置: $b=-0.056, SE=0.081, t=-0.694$ )。而且对年龄、词频和语境预测性三者的结果进行分析,没有在选取的任何眼动指标上发现三者的交互作用(总注视时间: $b=0.119, SE=0.068, t=1.754$ ;首次注视时间: $b=0.021, SE=0.042, t=0.504$ ;凝视时间: $b=0.039, SE=0.052, t=0.757$ ;再注视概率: $b=-0.102, SE=0.363, Z=-0.282$ ;跳读率: $b=-0.486, SE=0.362, Z=-1.342$ ;首次注视位置: $b=-0.03, SE=0.121, t=-0.251$ )。

#### 4 讨论

实验通过比较青年人与老年人在词长、词频和语境预测性效应上的差异,考察了中文阅读眼动控

制过程年老化的特点,整体分析结果发现:老年人的阅读速度更慢,平均注视时间更长,注视次数和回视次数更多,向右眼跳幅度也明显小于青年人,这与拼音文字的研究结果一致(Kliegl et al., 2004; Laubrock et al., 2006; Rayner et al., 2006)。加入词长因素的分析发现:青年和老年读者在注视时间(总注视时间,首次注视时间,凝视时间)上都有明显的词长效应,且年龄与词长的交互作用显著,词长对老年人的阅读影响更大。在眼跳参数的比较上,老年人的再注视概率显著大于青年人,老年人更不容易跳过目标词,首次注视位置更靠近词首。对目标词区域进行分析发现:老年人与青年人都有显著的词频效应,但是没有发现词频与年龄的交互作用;语境预测性方面,两类读者在首次注视位置以外的所有指标上都有显著的语境预测性效应,年龄和语境预测性交互作用在总注视时间和首次注视时间上显著,老年人有更大的语境预测性效应,实验没有发现年龄会影响词频和语境预测性间的交互作用模式(年龄、词频和语境预测性三者间交互作用不显著)。

词长与年龄的交互作用是本研究的重点之一,这个结果说明视觉功能衰退确实是中文阅读眼动控制年老化的诱发原因之一。随着词长增加,老年人有更多的注视时间和再注视概率,这可能和中文特性有关。汉字的结构复杂,中文词汇识别对视觉加工的要求更高;老年人视敏度下降,可能影响对文本的视觉处理,使老年人细节加工更加困难(Owsley, 2011; Owsley, Sekuler, & Siemsen, 1983),从而影响到汉字的识别。同时结果发现,无论词汇长度如何,老年人都更容易注视词首位置。原因可能是中文读者没有词间空格的引导来获取词长信息帮助切分词汇,加之随着年龄的增长,老年人会产生一系列的视觉退化,降低老年人从周围信息中提取识别视觉对象的能力(Owsley, 2011)。考虑到词汇首次注视位置与预视切词成功与否有关,因此这个结果可能也意味着中文读者预视切词过程会受到年老化的影响,老年人的词汇切分过程更加困难。当然针对此问题还需要深入研究。

在词频效应上,实验结果发现老年人对低频词的注视时间更长,跳读率更低且有更多的再注视,但是没有发现年龄与词频的交互作用,这与以往的中文阅读研究结果较为一致,但与拼音文字的研究结果有所差异(Kliegl et al., 2004; Laubrock et al.,

2006; Rayner et al., 2006; Wang et al., 2016), 由此可见阅读知识经验增加并没有影响中文老年读者词汇层面上自下而上的加工过程。从在语境预测性来看, 中文老年读者更容易受到语境预测性的影响, 且主要表现在注视时间指标上, 这与拼音文字阅读中的结果并不一致 (Kliegl et al., 2004; Laubrock et al., 2006; Rayner et al., 2006), 英文阅读中老年人眼动控制过程的语境预测性效应与青年人相似, 德语阅读中语境预测性也主要影响的是老年读者的眼跳参数(再注视和跳读)。同时, 结果发现词频和语境预测性之间交互作用不显著, 说明这两个变量是独立作用于词汇加工; 年龄、词频和语境预测性三者交互作用不显著, 说明老化不影响词汇水平上自下而上和自上而下加工间的交互模式。

语境预测性与年龄在注视时间指标上的交互作用显著, 老年人有更大的语境预测性效应是另一个重要发现。中文文本从最底层的笔画特征开始, 逐步向部件、汉字、词汇、句子递进, 对细节信息加工的要求相对较高, 导致老年读者词汇表征的准确性较差, 由此老年读者采取一定的阅读策略来“权衡”自上而下和自下而上的加工, 利用自上而下的加工方式补偿自下而上加工速度变慢带来的时间损耗。而且视觉功能衰退实质上阻碍了自下而上的词汇加工, 根据阅读的交互作用模型 (McClelland & Rumelhart, 1981), 在低水平信息不完整时, 可以通过高水平加工进行补偿。因此, 当自下而上的视觉编码受到阻碍时, 老年读者会更依赖自上而下的加工策略, 从语境中提取信息, 使文本能够被顺利理解。这种策略使老年读者将更多的注意资源分配给上下文信息, 从而增大了语境预测性效应。结合所有的数据结果, 中文老年读者在利用语境信息时采用的是较为“保守”的眼动策略, 而拼音文字的老年读者基于句子理解弥补加工效率衰退时采用的是“冒险”的眼跳策略 (McGowan et al., 2014; Rayner et al., 2006)。从这个角度上来说, 尽管中文和拼音文字读者识别词汇时都会更加依赖语境线索, 但两类老年读者采用不同的眼动控制策略完成相应的认知调整。

## 5 结论

结果发现, 相对于青年人, 老年人表现出更大的词长效应和更大语境预测性效应, 说明视觉功能和词汇加工能力衰退都是诱发中文阅读眼动控制老化的原因。

## 参考文献

- 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(4), 459–470.
- 李玉刚, 黄忍, 滑慧敏, 李兴珊. (2017). 阅读中的眼跳目标选择问题. *心理科学进展*, 25(3), 404–412.
- Clifton, C., Ferreira, F., Henderson, J. M., Inhoff, A. W., Liversedge, S. P., Reichle, E. D., et al. (2016). Eye movements in reading and information processing: Keith Rayner's 40 year legacy. *Journal of Memory and Language*, 86, 1–19.
- Engbert, R., Nuthmann, A., Richter, E. M., & Kliegl, R. (2005). SWIFT: A dynamical model of saccade generation during reading. *Psychological Review*, 112(4), 777–813.
- Kemper, S., Crow, A., & Kemtes, K. (2004). Eye – fixation patterns of high – and low – span young and older adults: Down the garden path and back again. *Psychology and Aging*, 19, 157–170.
- Kemper, S., & McDowd, J. (2006). Eye movements of young and older adults while reading with distraction. *Psychology and Aging*, 21(1), 32–39.
- Kliegl, R., Grabner, E., Rolfs, M., & Engbert, R. (2004). Length, frequency, and predictability effects of words on eye movements in reading. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(1–2), 262–284.
- 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: General*, 135(1), 12–35.
- Laubrock, J., Kliegl, R., & Engbert, R. (2006). SWIFT explorations of age differences in eye movements during reading. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30(6), 872–884.
- Li, L., Li, S., Wang, J., McGowan, V. A., Liu, P., Jordan, T. R., et al. (2017). Aging and the optimal viewing position effect in visual word recognition: Evidence from English. *Psychology and Aging*, 32(4), 367–376.
- Lin, N., Yu, X., Zhao, Y., & Zhang, M. (2016). Functional anatomy of recognition of chinese multi – character words: Convergent evidence from effects of transposable nonwords, lexicality, and word frequency. *PLOS ONE*, 11(2), e0149583.
- Liu, Y., Huang, R., Li, Y., & Gao, D. (2017). The word frequency effect on saccade targeting during chinese reading: Evidence from a survival analysis of saccade length. *Frontiers in Psychology*, 8(8), 1–10.
- Liu, Y., Reichle, E. D., & Li, X. (2016). The effect of word frequency and parafoveal preview on saccade length during the reading of Chinese. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42(7), 1008–1025.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An

- account of basic findings. *Readings in Cognitive Science*, 88 (5), 375 – 407.
- McGowan, V. A. , & Reichle, E. D. (2018). The “risky” reading strategy revisited; New simulations using E – Z reader. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(1), 179 – 189.
- McGowan, V. A. , White, S. J. , Jordan, T. R. , & Paterson, K. B. (2014). Aging and the use of interword spaces during reading; Evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin & Review*, 21(3), 740 – 747.
- Mielliet, S. , Sparrow, L. , & Sereno, S. C. (2007). Word frequency and predictability effects in reading French; An evaluation of the E – Z reader model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(4), 762 – 769.
- Owsley, C. (2011). Aging and vision. *Vision Research*, 51(13), 1610 – 1622.
- Owsley, C. , Sekuler, R. , & Siemsen, D. (1983). Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Research*, 23(7), 689 – 699.
- Perea, M. , & Acha, J. (2009). Space information is important for reading. *Vision Research*, 49(15), 1994 – 2000.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing; 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372 – 422.
- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(8), 1457 – 1506.
- Rayner, K. , Castelano, M. S. , & Yang, J. (2009). Eye movements and the perceptual span in older and younger readers. *Psychology and Aging*, 24(3), 755 – 760.
- Rayner, K. , Fischer, M. H. , & Pollatsek, A. (1998). Unspaced text interferes with both word identification and eye movement control. *Vision Research*, 38(8), 1129 – 1144.
- Rayner, K. , Reichle, E. D. , Stroud, M. J. , Williams, C. C. , & Pollatsek, A. (2006). The effect of word frequency, word predictability, and font difficulty on the eye movements of young and older readers. *Psychology and Aging*, 21(3), 448 – 465.
- Rayner, K. , Slattery, T. J. , Drieghe, D. , & Liversedge, S. P. (2011). Eye movements and word skipping during reading: Effects of word length and predictability. *Journal of Experimental Psychology; Human Perception and Performance*, 37(2), 514 – 528.
- Wang, J. , Li, L. , Li, S. , Xie, F. , Chang, M. , Paterson, K. B. , et al. (2016). Adult age differences in eye movements during reading: The evidence from Chinese. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 73(4), 1 – 10.
- Zang, C. , Zhang, M. , Bai, X. , Yan, G. , Paterson, K. B. , & Liversedge, S. P. (2018). Effects of word frequency and visual complexity on eye movements of young and older Chinese readers. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69(7), 1409 – 1425.
- Zhang, J. , Zhang, T. , Xue, F. , Liu, L. , & Yu, C. (2007). Legibility variations of Chinese characters and implications for visual acuity measurement in Chinese reading population. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 48(5), 2383.

## Effects of Aging on Eye Movement Control in Chinese Reading: Evidence of Word Length and Word Predictability

Ren Mengxue<sup>1,4</sup>, Tian Hongjie<sup>2</sup>, Tong Wen<sup>1</sup>, Liu Zhifang<sup>3</sup>

(1. Department of Psychology, Shanxi Normal University, Linfen 041000;

2. Beijing Youth Research Institute, Beijing Youth and Politics College, Beijing 100102;

3. Department of Psychology, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121;

4. Mental Health Education Center, Guangdong Polytechnic College, Zhaoqing 526000)

**Abstract:** By comparing the differences of word length effect, word frequency and predictability effect between the elder and the young in reading, this study explored the aging of eye movement control in Chinese reading. The results showed that: (1) the effect of age on word length was significant, and the interaction between age and word length was significant in fixation duration and landing position; (2) significant word frequency and predictability effects were found in fixation duration, and the interaction between age and word predictability was significant. Generally speaking, word length and predictability effect on eye movement measures of Chinese elder were different from those of young readers. The results suggest that the decline of visual function and lexical processing is the cause of the aging of eye movement control in Chinese reading.

**Key words:** aging; word length; word predictability; eye movement