

• 研究前沿(Regular Articles) •

阅读中的眼跳目标选择问题*

李玉刚^{1,2} 黄忍³ 滑慧敏^{1,2} 李兴珊¹

(¹中国科学院心理研究所, 北京 100101)(²中国科学院大学, 北京 100049)
(³中山大学心理学系, 广州 510275)

摘要 读者在阅读中面临如何选择眼跳落点位置的问题。研究者在有词间空格的字母文字中(如英语和德语)发现人们倾向于将眼跳落在词中心偏左的位置, 这个位置被称为偏好注视位置(preferred viewing location, PVL)。中文文本并没有空格来标记词边界信息, 这使得中文阅读的眼跳目标选择机制更加复杂。近年来, 研究者从中央凹—副中央凹动态调节的角度研究了阅读中眼跳目标选择的机制。结果发现在中文阅读中眼跳目标选择受到中央凹和副中央凹信息加工的共同影响, 而副中央凹的加工直接决定了眼跳落点位置。

关键词 眼跳目标选择; 中央凹-副中央凹加工; 中文阅读

分类号 B842

1 引言

眼睛是人们获取外界信息的重要器官, 通过分析眼睛的运动可以推测人脑内部的认知加工过程。无论是阅读文字, 还是欣赏风景或者搜索目标都需要眼睛不断跳动来获取信息, 眼睛的这种运动称为眼跳(saccade)。两次眼跳之间, 眼球会有一段时间保持相对静止来对信息进行加工, 持续的时间大约是 200~300 ms, 这被称为注视(fixation)(Rayner, 1998)。

眼动记录技术能够对读者的阅读过程进行实时记录(如注视点时长和眼睛落点位置等), 研究者可以根据自己的研究目的从丰富的眼动数据中选择合适的眼动指标来说明问题。因此眼动记录技术在语言认知研究中得到普遍运用(闫国利等, 2013)。

根据视敏度的好坏可以把当前视野分成中央凹(视野中央大约 2°范围), 副中央凹(注视点两侧大约 2°到 5°范围)以及边缘区域(副中央凹之外的区域)三个区域。其中中央凹的视敏度最好, 副中央凹次之, 边缘区域最差(Rayner, 1998; Schotter,

Angele, & Rayner, 2012)。为了更有效地感知视觉信息, 人们需要不断眼跳以使视觉信息进入中央凹区域。

正常阅读中大约 1 秒钟有 3 到 4 次眼跳(Reingold, Reichle, Glaholt, & Sheridan, 2012), 其中大部分是往前的眼跳, 那么在往前的眼跳过程中, 人们是如何选择眼跳落点位置的呢? 我们把这个问题称为眼跳目标选择问题。这个过程涉及到了大量的认知加工。从处理视觉输入信息开始, 大脑调动各种认知资源(如注意分配, 记忆提取和语义整合等)对输入的信息作出加工, 根据所获取到的信息最终确定眼睛的落点位置。因此, 阅读中的眼跳目标选择问题对于认知心理学的研究具有重要意义。对它的研究既可以帮助我们了解阅读中的眼睛运动和认知加工之间的关系, 也可以回答认知心理学研究中的基本问题(如认知加工过程中并行加工和序列加工问题)。本文主要综述了阅读中眼跳目标选择问题的研究成果, 包括中央凹加工和副中央凹加工对眼跳目标选择的不同影响, 总结了中文阅读和字母文字阅读在眼跳目标选择方面的异同。以期为未来的研究提供思路。

2 有词间空格的字母文字的研究成果

研究发现, 读者在阅读有词间空格的字母文

收稿日期: 2016-01-04

* 国家自然科学基金项目(31571125)。

通讯作者: 李兴珊, E-mail: lixs@psych.ac.cn

字(如英语和德语)的时候,眼跳的落点位置并不是随机的。读者倾向于将眼跳落在词的中心偏左的位置(Rayner, 1979)。这个位置被称为偏好注视位置(preferred viewing location, PVL)。而词的中心附近被认为是最佳注视点(optimal viewing position, OVP),读者的注视点在 OVP 的时候,词汇的识别效率是最高的(Liu & Li, 2013; O'Regan & Jacobs, 1992)。读者的眼跳落点位置更多集中在 PVL,而非 OVP,可能是因为眼动噪音对眼跳计划和执行造成了干扰(Coëffé & O'Regan, 1987; Rayner, Sereno, & Raney, 1996)。

当前的两个主流的眼动控制模型 E-Z 阅读者模型和 SWIFT 模型都是将词的中心作为默认的眼跳位置(Reichle, Pollatsek, & Rayner, 2012; Schad & Engbert, 2012)。但它们在注意分配假设上存在区别。E-Z 阅读者模型认为注意是序列分配的,在上一个词没加工完之前,副中央凹中的词不会受到深层次的加工(如语义加工)。但是注意会转移到下一个词上,对下一个词进行初步的加工。眼跳计划阶段和注意转移是同步的,它决定眼跳落在哪里(Reichle, Rayner, & Pollatsek, 1999)。SWIFT 模型认为注意是平行分布的,它假设眼跳目标选择是由副中央凹的词的激活程度决定的。激活取胜的词的的中心即为默认的眼跳目标(Engbert, Longtin, & Kliegl, 2002)。下面具体介绍影响眼跳目标选择的因素。

2.1 中央凹信息对眼跳的影响

一般认为词汇的属性,如词频和词的预测性等,只会影响对当前词汇的注视时间和跳读率,而不会影响眼跳目标的选择(Rayner & Pollatsek, 1981)。但也有一些研究发现中央凹信息的加工难度会对眼跳目标选择产生影响。Rayner, Ashby, Pollatsek 和 Reichle (2004)发现,跳出高频词的眼跳长度要比跳出低频词的眼跳长度更长,而 White 和 Liversedge (2006)以及 Perea 和 Acha (2009)也有类似的发现,中央凹加工负荷越小,眼跳距离越长。

2.2 副中央凹信息对眼跳的影响

研究发现人们在加工当前注视词的时候,已经开始加工副中央凹的信息了,这种现象被称为预视(Rayner, 1975)。对于副中央凹的信息,由于视敏度的降低,对字母和词汇信息的提取效率也会变低(Schotter et al., 2012)。副中央凹之外的区

域,只有词边界信息和词长信息会被提取到。

而眼跳长度与眼跳起跳位置以及副中央凹词汇的长度有关(Rayner, Binder, Ashby, & Pollatsek, 2001)。如果起跳位置距离下一个词的中心较远时,眼跳长度较长,这样可以使得眼跳落点位置更接近下一个词的中心;反之,起跳位置距离下一个词的中心较近时,眼跳长度较短(McConkie, Kerr, Reddix, & Zola, 1988)。而短词的 PVL 比长词更接近词的中心位置(Joseph, Liversedge, Blythe, White, & Rayner, 2009)。

副中央凹信息在阅读中有两种作用,第一是帮助读者确定眼跳落点位置,第二是帮助词汇通达的过程(Inhoff & Rayner, 1986)。下面具体介绍副中央凹中的信息是如何影响眼跳目标选择的。

2.2.1 词边界信息

词边界信息(空格和词长)对眼跳目标的选择非常重要。研究发现当读者不能获取副中央凹的字母信息,但可以获得词汇边界信息的时候,对眼跳落点位置影响不大,但对当前的注视时间影响很大(Morris, Rayner, & Pollatsek, 1990)。

在英文阅读中,去掉标记词边界的空格将极大地影响读者的阅读效率。Rayner, Fischer 和 Pollatsek (1998)发现把句子中的空格去除会使句子的阅读效率降低 54%,语篇的阅读效率降低 44%。当用 x 填充(onexword)空格的时候,也发现被试的阅读效率大大降低,注视变长,眼跳变短,而且被试的眼跳更多落在词首的位置。空格的去除还影响了词汇通达时间,使得词频效应更强。Pollatsek 和 Rayner (1982)发现当用字母填充空格的时候,要比用数字和栅栏填充空格对眼跳的影响更大。Perea 和 Acha (2009)重复了 Rayner 等人(1998)的研究,发现在没有空格,但有词长标记的时候,如以字体的粗细对词进行区分(alternatingbold),眼动模式和有空格的时候非常接近。这说明词长信息对眼跳目标选择是非常重要的。也有研究发现,错误的词长信息会对阅读造成很大的干扰。与错误预视条件相比,读者对正常预视条件下的关键词注视时间更少,眼跳长度更长(Inhoff, Eiter, Radach, & Juhasz, 2003)。

词长信息不仅可以帮助读者进行眼跳目标选择,而且还可以通过给出的词长信息来减少词汇通达过程中竞争词的数量,从而加快词汇通达的进程(Juhasz, White, Liversedge, & Rayner, 2008)。

取消空格对阅读带来的影响可能来自三个方面。首先,取消空格后无法确定词的边界,影响了眼跳目标选择;其次,侧抑制使词的开始和结尾更难加工;第三,空格的消失使人难以知道下一个词的位置,使词内眼跳计划和词间眼跳计划互相干扰(Rayner et al., 1998)。

总之,空格信息对于眼跳目标选择和早期词汇通达是有帮助的,由空格标记的词长信息在字母文字的眼跳目标选择中非常重要。

2.2.2 正字法信息

读者通过预览可以提取到副中央凹的正字法信息(Slattery, Schotter, Berry, & Rayner, 2011)。研究表明副中央凹中的正字法信息会影响到眼跳落点位置的选择。由于受到视敏度的限制,副中央凹中词汇的前几个字母显得尤其重要。开头几个字母(通常是3个)的正字法信息会影响到眼跳目标选择(Radach, Inhoff, & Heller, 2004)。Plummer和Rayner(2012)通过操纵词的长度(长词:8~9个字母,短词:4~5个字母)以及词汇的预览水平(正常预览,合理正字法预览,不合理正字法预览),发现不合理正字法预览条件下的眼跳长度显著短于其他两种预览条件。这表明除了词长信息影响眼跳目标选择之外,正字法信息对眼跳目标选择也是有影响的,而且不受词汇长度的影响。

2.2.3 词频信息

研究发现,副中央凹中的词频信息并不能影响当前词的注视时间(White, 2008),而且副中央凹中的词频对眼跳落点位置选择也没有影响(Rayner et al., 1996)。但词频信息可以影响读者对副中央凹字母信息的提取,读者能从高频词中获得更多的字母信息(Williams, Perea, Pollatsek, & Rayner, 2006)。

2.2.4 语法和语义信息

之前的一些研究发现高层次语言学信息(如预测性、语法信息等)可以影响注视时间和跳读率,但并没有发现高层次的语言学信息对落点位置有影响(Paterson, Almabruk, McGowan, White, & Jordan, 2015)。但是在一些情况下,高层次的语言学信息也会影响到眼跳落点位置的选择。例如,Yan等人(2014)发现后缀比较丰富的维吾尔语的形态结构也会影响到眼跳落点位置的选择,词素结构越复杂的词,落点位置越接近词首。这说明维吾尔语读者在阅读的时候既能利用低层次的物理线

索,也能利用高层次的词素切分系统来进行有效的眼跳。类似的结果也出现在芬兰语中,复合词词素的词频信息会影响到对该词的跳入和跳出长度(Hyönä & Pollatsek, 1998)。

也有研究发现在某些情况下,法语词汇的预测性也会影响到眼跳目标选择。当目标词是可预测的高频词,或者读者眼睛的起跳点接近可预测的目标词的时候,落点位置更接近词尾,作者的解释是词首位置对词汇识别很重要,而如果是起跳点接近目标词的时候或者目标词是高频词的时候,有利于副中央凹的词汇识别,所以PVL就接近词尾(Lavigne, Vitu, & d'Ydewalle, 2000)。这可能跟不同的语言的加工机制有关(Velan, Deutsch, & Frost, 2013),也可能跟作者的统计方法有关。由于高预测性的词的跳读率很高,剩下的没有被跳读的词的眼跳落点位置很可能是由于眼跳失误,没有落在想跳的位置,而落在要跳读词的词尾位置(Rayner et al., 2001)。

2.3 个体差异

眼跳落点位置选择还具有发展性特征和个体差异。虽然小学生已经表现出和成人类似的眼跳目标选择模式(Joseph et al., 2009),但是Vorstius, Radach和Lonigan(2014)发现随着年级的升高,小学生的眼跳长度也变长,并且更接近词的中心。

老年人虽然在注视时间上和回视率上和年轻人有较大差异,但是在眼跳目标选择上和年轻人是一致的,这种结果既可能是由于眼跳目标选择机制的保留,也可能是由于老年人采用了比较冒险的阅读策略造成的(Paterson, McGowan, & Jordan, 2013)。

研究发现通过增大字母间和词间的空格,可以促进脑损伤病人的阅读(Perea, Panadero, Moret-Tatay, & Gómez, 2012)。而早期的阿尔茨海默症病人由于词汇提取发生困难,眼跳长度较常人更短,眼跳落点倾向于落在词首位置(Fernández, Schumacher, Castro, Orozco, & Agamennoni, 2015)。能够熟练阅读的精神分裂症病人的眼跳长度也显著短于控制组,这可能与他们的认知控制能力缺陷有关(Whitford et al., 2013)。

3 中文的特异性

在英语(和其他字母文字)阅读中,因为有空格的帮助,读者在进行眼跳目标选择的时候,会

以词的中心作为默认眼跳目标。但是中文的文字系统和字母文字有非常大的不同。首先,中文的字数量是远远多于字母文字中的字母数量,而且在形状和复杂性上彼此间有很大的差别。字母文字是表音文字,由字母构成,呈线性排列;中文是表意文字,字呈方形,由笔画构成。每个汉字又可以划分出偏旁部首。字母文字可以通过词的形态变化来表达意义,而中文中的词缺乏形态变化。其次,虽然古代汉语大多是单字成词(Chen, Gu, & Scheepers, 2016),但是现代汉语中绝大部分是多字词(Lin, Yu, Zhao, & Zhang, 2016),而且现代汉语字串中存在着各种歧义的词切分问题(如交集型歧义“马上乘”,可以有“马上”和“上乘”两种切分方法)(Ma, Li, & Rayner, 2014),这些都会引起词切分的问题。值得注意的是,不同的人对词边界的划分也存在不一致性(李兴珊,刘萍萍,马国杰,2011)。所有这些都使得汉语阅读中的眼跳目标选择更加复杂(孟红霞,2012;臧传丽,孟红霞,白学军,闫国利,2013)。影响英文阅读眼跳目标选择的因素是否也影响中文阅读呢?我们在下面的章节中进行讨论。

3.1 中央凹信息对眼跳的影响

Wei, Li 和 Pollatsek (2013)发现当前注视词的属性影响接下来的眼跳长度。他们设计了两个实验。实验一控制了词的长度,分为两种条件,条件一的关键区是四字词,条件二的关键区是两个两字词。已有研究发现四字词比两个两字词的加工更容易。因此,如果当前的加工会影响到接下来的眼跳长度的话,那么条件一的眼跳长度会比条件二的眼跳长度长。实验结果证明了这一点。实验二是控制了关键区的词频,分为高频目标词和低频目标词两种条件,实验结果发现,高频目标词条件下,眼跳的长度更长。两个实验说明当前注视词的加工难度越小,眼跳的长度越长;加工难度越大,眼跳的长度就越短。

此外,越来越多的中文阅读研究表明,中央凹的加工难度(词频,词长,字的复杂性等)会极大地影响汉语阅读眼跳目标的选择。Li, Bicknell, Liu, Wei 和 Rayner (2014)用混合效应模型(a single mixed-effects regression model)和语料库分析(corpus analysis)的方法系统考察了词的属性和字的属性对汉语阅读的影响。结果发现词频和词长均会影响眼跳长度,当注视词比较容易加工的时

候,眼跳长度会更长(Li et al., 2014)。Liu, Reichle 和 Li (2015)也发现在副中央凹信息可见条件下,中央凹是高频词的时候,读者接下来的眼跳长度更长。Liu, Li, Han 和 Li (2014)发现,当前实际看到的字和先前预视的字存在较大差异的时候,会对当前词的加工造成极大的干扰,眼跳长度会变短。

3.2 副中央凹信息对眼跳的影响

Li, Liu 和 Rayner (2015)发现眼跳长度不仅受到当前注视词的加工难度的影响,而且还受到注视词右侧的字词的加工难度的影响,难度越小,眼跳越长;并且前一次眼跳长的话,接下来的眼跳长度也会长。

Liu 等(2015)发现当前注视词的词频对眼跳长度的影响受到这个词副中央凹信息提取的影响。当副中央凹信息不可见的时候,从高频词关键区离开的眼跳并不比从低频词关键区离开的眼跳长。只有副中央凹信息可见的时候,从高频词离开的眼跳长度才会显著长于从低频词离开的眼跳长度。也就是说存在中央凹加工负荷和副中央凹信息可得性的交互作用,副中央凹信息不可见的时候,原先发现的词频造成的眼跳距离差异(Wei et al., 2013)消失了。这说明副中央凹的信息加工对中文阅读的眼跳目标选择有直接的决定作用,同时中央凹的加工可以调节最终的落点位置(Liu et al., 2015)。下面分别介绍副中央凹加工中各因素对中文阅读眼跳目标选择的影响。

3.2.1 词边界信息

有研究者发现在词间插入空格可以促进中文读者的阅读。与正常无空格条件相比,平均首次注视位置(不管注视次数的多少)在词间空格条件下更接近词的中心。他们认为空格可以引导眼跳目标选择(Zang, Liang, Bai, Yan, & Liversedge, 2013;白学军,李馨,闫国利,2015)。但是也有研究发现在词前插入空格并不能促进阅读,而在词后插入空格会促进阅读,而且眼跳落点位置都是远离空格的,但是没有发现读者将眼跳落在词的中心(Li & Shen, 2013; Liu & Li, 2014)。

Yan 等人(2010a)分析了单次注视和多次注视中首次注视的落点位置的分布。结果发现,在单次注视的情况下,落点位置更多集中在词的中心;而在多次注视的情况下,注视点位置更多集中在词的起始区域。他们认为眼跳落点位置跟词切分相关,当副中央凹的词切分成功的时候,眼跳

就会落在词的中心位置,从而产生类似于英文中的 PVL 现象;但是当副中央凹中的词切分不成功的时候,眼跳就会落在词首位置。这可以被看成是基于词切分的默认眼跳目标选择理论(Liu, Reichle, & Li, 2016)。

Shu, Zhou, Yan 和 Kliegl (2011)也认为副中央凹的词切分影响眼跳目标选择。他们发现随着字号的增大,读者对目标词的首次注视更多地落在词首。他们认为这是由于字号的增大使读者对词边界的视敏度降低,导致读者词切分失败造成的。而在英文阅读中,由于有空格的存在,这种情况不会发生。

但是 Li, Liu 和 Rayner (2011)认为 Yan 等人(2010a)的解释并不是唯一的。实验结果也可以这样解释:如果眼跳恰好落在词的中心附近的话,加工程度最好也就不需要额外的加工;相反,如果是落在词首的话,会产生多次注视。Li 等人(2011)采用固定长度的策略进行了模拟,也得出了与 Yan 等人(2010a)相同的数据模式。此外, Ma, Li 和 Pollatsek (2015)也没有发现眼跳落点位置和词切分相关。Ma 和 Li (2015)用三字词进行了实验,把 3 个字随机打乱了顺序放在句子中,结果发现了跟 Yan 等人(2010a)相同的实验结果。而即使在词之间插入空格使读者不必进行词切分,也得到了和 Yan 相同的数据模式(Zang et al., 2013)。

Li 等人(2015)认为汉语阅读中的眼跳目标选择与副中央凹中的词切分是没有关系的。根据 Li, Rayner 和 Cave (2009)提出的理论,词的切分和识别是同时的,当一个词的边界确定的时候,这个词也就被识别出来了。在读者识别出一个词之前,这个词也就不会被切分出来,因此也无法将眼跳落点选在词的中心位置。

在中文阅读中,词边界信息如何影响眼跳落点选择仍存在很多争议,需要更多研究探讨。

3.2.2 正字法信息

在汉语阅读中,副中央凹的正字法信息对眼跳目标的选择与英语阅读中类似。Ma 和 Li (2015)发现,如果副中央凹中词汇的首字更加复杂的话,眼跳落点就会更接近词首。而 Yan 等人(2012a)发现,当读者阅读存在缺笔的句子(整个句子都是缺笔的)的时候,缺笔程度大于 15%以上,阅读效率明显下降;缺笔的句子的阅读时间更长,向前的眼跳更短。而且开始的笔画和结束的笔画的缺笔

对阅读的影响更大。

3.2.3 词频信息

Li 等人(2014)发现,当词 $n+1$ 是高频词的时候,跳入词 $n+1$ 的眼跳长度会更长;Liu 等人(2015)也发现高频词的眼跳跳入长度要长于低频词的眼跳跳入长度。而这与英文阅读的研究结果存在很大的不同(Rayner et al., 1996),这说明,在汉语阅读中,副中央凹信息加工对眼跳目标选择存在巨大影响。

3.2.4 语法和语义信息

虽然有很多研究表明汉语读者对副中央凹中词汇的语义信息和副中央凹中第二个词汇($N+2$)的信息的加工存在优势(Yan, Kliegl, Shu, et al., 2010; Yan, Zhou, Shu, & Kliegl, 2012),但是这些优势主要是在注视时间上体现出来。而 Li 等人(2014)发现,当词 $n+1$ 的预测性高的时候,眼跳长度也会较长。在以后的研究中也应该多关注这种副中央凹加工优势是否对眼跳落点位置产生影响。同时,语素加工和预测等因素是否可以通过影响中央凹加工的难度来影响眼跳长度也需要探索。

3.3 个体差异

有研究发现年龄差异和阅读能力差异对读者的眼跳目标选择的影响不大,但在再注视模式上存在较大的差异(白学军等, 2011, 2015)。这一现象是否是由阅读策略不同造成的,还需要进一步地讨论。同时,也有人发现患有阅读障碍的小学生经常会把词首作为眼跳目标。这可能是因为他们的词汇通达过程出现了问题(Pan, Yan, Laubrock, Shu, & Kliegl, 2014)。以后的研究也可以多关注个体差异对眼跳目标选择的影响。

4 总结和展望

以 E-Z 阅读者模型和 SWIFT 模型 (Reichle et al., 2012; Schad & Engbert, 2012)为代表的主流的眼动控制模型基本上都将词的中心作为默认的眼跳位置,词的属性(如词频,正字法信息,预测性等)主要影响读者对词汇的注视时间。而在汉语阅读中,我们发现中央凹和副中央凹中词的属性对眼跳落点位置有重要影响。

基于汉语的研究发现中央凹加工可以调节副中央凹加工的难度,而副中央凹信息的加工难度最终决定眼跳落点位置(Li et al., 2015; Liu et al., 2015; Wei et al., 2013)。这种动态调节的机制和字

母文字阅读研究中的发现存在较大差异。

但我们也发现在英语及其他字母文字中存在的动态调节的可能性。在有空格的字母文字阅读中,有部分研究发现语言学信息(词频、正字法以及语义和语法信息等)和个体差异对眼跳目标选择有影响(Hyönä & Pollatsek, 1998; Williams et al., 2006; Plummer & Rayner, 2012; Onnis & Thiessen, 2013)。这对以词中心为眼跳目标选择对象的理论提出了挑战。在字母文字的阅读中,除了默认的眼跳目标之外,还有可能存在其他调节机制。而中央凹-副中央凹动态调节理论的提出也为解决不同语言中眼跳目标选择等眼动控制理论中的争论提供了新的思路(Liu et al., 2016)。但中央凹加工和副中央凹加工之间相互影响的机制以及这种机制和词的属性的关系是什么样的,并没有出现一个完整的计算模型,而这正是值得探讨的内容。而中文的研究成果与字母文字的研究成果之间共性和个性的关系的探讨也会促进眼动控制研究的发展。

研究发现在汉语阅读中字的属性表现出很强的独立性。字频、字的复杂性、字的笔画位置等字的属性对汉语阅读有重要影响(Liu et al., 2014; Ma, Li, & Rayner, 2015; Yan et al., 2012a)。字的属性和词的属性是如何一起影响眼跳目标选择的,还需要进一步探索。

个体差异对眼跳目标选择的影响可能是多方面的。认知功能上的差异都可以通过调节注意的分配来影响眼跳目标的选择。比如说,词汇通达受损的病人的中央凹信息加工负荷大,影响副中央凹信息的获得,从而影响病人的眼跳目标选择。读者自身的眼跳目标策略(如冒险的和谨慎的阅读策略)与内在的眼跳目标选择机制之间的关系也需要搞清楚。眼跳目标选择的个体差异的研究成果也可以用在应用研究上面,如对脑损伤病人的诊断和阅读能力有障碍儿童的筛选。

此外,对眼跳规律的研究还可以帮助人们设计提高阅读效率的机器。眼跳在阅读过程中占据了很大一部分时间,而当今社会的电子化阅读蓬勃发展,通过改变文字的呈现方式使人们更高效地阅读是人们一直以来的愿望。通过计算机调整副中央凹处信息的呈现方式(如排版,空格,字体大小等),或许能够极大提高阅读效率。

参考文献

- 白学军, 李馨, 闫国利. (2015). 汉语阅读眼动控制: 20年研究的总结. *心理发展与教育*, 31, 85-91.
- 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.
- 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.
- 孟红霞. (2012). *中文阅读中注视位置效应研究* (博士学位论文). 天津师范大学.
- 闫国利, 熊建萍, 臧传丽, 余莉莉, 崔磊, 白学军. (2013). 阅读研究中的主要眼动指标评述. *心理科学进展*, 21, 589-605.
- 臧传丽, 孟红霞, 白学军, 闫国利. (2013). 阅读过程中的注视位置效应. *心理科学*, 36(4), 770-775.
- Chen, Q. R., Gu, W. T., & Scheepers, C. (2016). Effects of text segmentation on silent reading of Chinese regulated poems: Evidence from eye movements. *The Journal of Chinese Linguistics*, 44, 265-286.
- Coëffé, C., & O'Regan, J. K. (1987). Reducing the influence of non-target stimuli on saccade accuracy: Predictability and latency effects. *Vision Research*, 27(2), 227-240.
- Engbert, R., Longtin, A., & Kliegl, R. (2002). A dynamical model of saccade generation in reading based on spatially distributed lexical processing. *Vision Research*, 42(5), 621-636.
- Fernández, G., Schumacher, M., Castro, L., Orozco, D., & Agamennoni, O. (2015). Patients with mild Alzheimer's disease produced shorter outgoing saccades when reading sentences. *Psychiatry Research*, 229(1-2), 470-478.
- Hyönä, J., & Pollatsek, A. (1998). Reading Finnish compound words: Eye fixations are affected by component morphemes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(6), 1612-1627.
- Inhoff, A., Eiter, B., Radach, R., & Juhasz, B. (2003). Distinct subsystems for the parafoveal processing of spatial and linguistic information during eye fixations in reading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 56(5), 803-827.
- Inhoff, A. W., & Rayner, K. (1986). Parafoveal word processing during eye fixations in reading: Effects of word frequency. *Perception & Psychophysics*, 40(6), 431-439.
- 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(16), 2078-2086.
- Juhasz, B. J., White, S. J., Liversedge, S. P., & Rayner, K. (2008). Eye movements and the use of parafoveal word length information in reading. *Journal of Experimental*

- Psychology: Human Perception and Performance*, 34(6), 1560–1579.
- Lavigne, F., Vitu, F., & d'Ydewalle, G. (2000). The influence of semantic context on initial eye landing sites in words. *Acta Psychologica*, 104(2), 191–214.
- Li, X. S., Bicknell, K., Liu, P. P., Wei, W., & Rayner, K. (2014). Reading is fundamentally similar across disparate writing systems: A systematic characterization of how words and characters influence eye movements in Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(2), 895–913.
- Li, X. S., Liu, P. P., & Rayner, K. (2011). Eye movement guidance in Chinese reading: Is there a preferred viewing location? *Vision Research*, 51(10), 1146–1156.
- Li, X. S., Liu, P. P., & Rayner, K. (2015). Saccade target selection in Chinese reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(2), 524–530.
- Li, X. S., Rayner, K., & Cave, K. R. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, 58(4), 525–552.
- Li, X. S., & Shen, W. (2013). Joint effect of insertion of spaces and word length in saccade target selection in Chinese reading. *Journal of Research in Reading*, 36, S64–S77.
- 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, P. P., & Li, X. S. (2013). Optimal viewing position effects in the processing of isolated Chinese words. *Vision Research*, 81, 45–57.
- Liu, P. P., & Li, X. S. (2014). Inserting spaces before and after words affects word processing differently in Chinese: Evidence from eye movements. *British Journal of Psychology*, 105(1), 57–68.
- Liu, P. P., Li, W. J., Han, B. X., & Li, X. S. (2014). Effects of anomalous characters and small stroke omissions on eye movements during the reading of Chinese sentences. *Ergonomics*, 57(11), 1659–1669.
- Liu, Y. P., Reichle, E. D., & Li, X. S. (2015). Parafoveal processing affects outgoing saccade length during the reading of Chinese. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41(4), 1229–1236.
- 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 & Performance*, 42, 1008–1025.
- Ma, G. J., Li, X. S., & Rayner, K. (2014). Word segmentation of overlapping ambiguous strings during Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40(3), 1046–1059.
- Ma, G. J., & Li, X. S. (2015). How character complexity modulates eye movement control in Chinese reading. *Reading and Writing*, 28(6), 747–761.
- Ma, G. J., Li, X. S., & Rayner, K. (2015). Readers extract character frequency information from nonfixated-target word at long pretarget fixations during Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(5), 1409–1419.
- Ma, G. J., Li, X. S., & Pollatsek, A. (2015). There is no relationship between preferred viewing location and word segmentation in Chinese reading. *Visual Cognition*, 23(3), 399–414.
- McConkie, G. W., Kerr, P. W., Reddix, M. D., & Zola, D. (1988). Eye movement control during reading: I. The location of initial eye fixations on words. *Vision Research*, 28(10), 1107–1118.
- Morris, R. K., Rayner, K., & Pollatsek, A. (1990). Eye movement guidance in reading: The role of parafoveal letter and space information. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(2), 268–281.
- Onnis, L., & Thiessen, E. (2013). Language experience changes subsequent learning. *Cognition*, 126(2), 268–284.
- O'Regan, J. K., & Jacobs, A. M. (1992). Optimal viewing position effect in word recognition: A challenge to current theory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(1), 185–197.
- Pan, J. E., Yan, M., Laubrock, J., Shu, H., & Kliegl, R. (2014). Saccade-target selection of dyslexic children when reading Chinese. *Vision Research*, 97, 24–30.
- Paterson, K. B., Almabruk, A. A. A., McGowan, V. A., White, S. J., & Jordan, T. R. (2015). Effects of word length on eye movement control: The evidence from Arabic. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(5), 1443–1450.
- Paterson, K. B., McGowan, V. A., & Jordan, T. R. (2013). Aging and the control of binocular fixations during reading. *Psychology and Aging*, 28(3), 789–795.
- Perea, M., & Acha, J. (2009). Space information is important for reading. *Vision Research*, 49(15), 1994–2000.
- Perea, M., Panadero, V., Moret-Tatay, C., & Gómez, P. (2012). The effects of inter-letter spacing in visual-word recognition: Evidence with young normal readers and developmental dyslexics. *Learning and Instruction*, 22(6), 420–430.
- Plummer, P., & Rayner, K. (2012). Effects of parafoveal word length and orthographic features on initial fixation landing positions in reading. *Attention Perception &*

- Psychophysics*, 74(5), 950–963.
- Pollatsek, A., & Rayner, K. (1982). Eye movement control in reading: The role of word boundaries. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8(6), 817–833.
- Radach, R., Inhoff, A., & Heller, D. (2004). Orthographic regularity gradually modulates saccade amplitudes in reading. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(1–2), 27–51.
- Rayner, K. (1975). The perceptual span and peripheral cues in reading. *Cognitive Psychology*, 7(1), 65–81.
- Rayner, K. (1979). Eye Guidance in Reading: Fixation Locations within Words. *Perception*, 8(1), 21–30.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372–422.
- Rayner, K., Ashby, J., Pollatsek, A., & Reichle, E. D. (2004). The effects of frequency and predictability on eye fixations in reading: Implications for the E-Z Reader model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30(4), 720–732.
- Rayner, K., Binder, K. S., Ashby, J., & Pollatsek, A. (2001). Eye movement control in reading: Word predictability has little influence on initial landing positions in words. *Vision Research*, 41(7), 943–954.
- 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., & Pollatsek, A. (1981). Eye movement control during reading: Evidence for direct control. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A-Human Experimental Psychology*, 33(4), 351–373.
- Rayner, K., Sereno, S. C., & Raney, G. E. (1996). Eye movement control in reading: A comparison of two types of models. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(5), 1188–1200.
- Reichle, E. D., Pollatsek, A., & Rayner, K. (2012). Using E-Z Reader to simulate eye movements in nonreading tasks: A unified framework for understanding the eye-mind link. *Psychological Review*, 119(1), 155–185.
- Reichle, E. D., Rayner, K., & Pollatsek, A. (1999). Eye movement control in reading: Accounting for initial fixation locations and refixations within the E-Z Reader model. *Vision Research*, 39(26), 4403–4411.
- Reingold, E. M., Reichle, E. D., Glaholt, M. G., & Sheridan, H. (2012). Direct lexical control of eye movements in reading: Evidence from a survival analysis of fixation durations. *Cognitive Psychology*, 65(2), 177–206.
- Schad, D. J., & Engbert, R. (2012). The zoom lens of attention: Simulating shuffled versus normal text reading using the SWIFT model. *Visual Cognition*, 20(4–5), 391–421.
- Schotter, E. R., Angele, B., & Rayner, K. (2012). Parafoveal processing in reading. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(1), 5–35.
- Shu, H., Zhou, W., Yan, M., & Kliegl, R. (2011). Font size modulates saccade-target selection in Chinese reading. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(2), 482–490.
- Slattery, T. J., Schotter, E. R., Berry, R. W., & Rayner, K. (2011). Parafoveal and foveal processing of abbreviations during eye fixations in reading: Making a case for case. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(4), 1022–1031.
- Velan, H., Deutsch, A., & Frost, R. (2013). The flexibility of letter-position flexibility: Evidence from eye movements in reading Hebrew. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39(4), 1143–1152.
- Vorstius, C., Radach, R., & Lonigan, C. J. (2014). Eye movements in developing readers: A comparison of silent and oral sentence reading. *Visual Cognition*, 22(3–4), 458–485.
- Wei, W., Li, X. S., & Pollatsek, A. (2013). Word properties of a fixated region affect outgoing saccade length in Chinese reading. *Vision Research*, 80, 1–6.
- White, S. J. (2008). Eye movement control during reading: Effects of word frequency and orthographic familiarity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34(1), 205–223.
- White, S. J., & Liversedge, S. P. (2006). Foveal processing difficulty does not modulate non-foveal orthographic influences on fixation positions. *Vision Research*, 46(3), 426–437.
- Whitford, V., O'Driscoll, G. A., Pack, C. C., Joobar, R., Malla, A., & Titone, D. (2013). Reading impairments in schizophrenia relate to individual differences in phonological processing and oculomotor control: Evidence from a gaze-contingent moving window paradigm. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(1), 57–75.
- Williams, C. C., Perea, M., Pollatsek, A., & Rayner, K. (2006). Previewing the neighborhood: The role of orthographic neighbors as parafoveal previews in reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(4), 1072–1082.
- Yan, G. L., Bai, X. J., Zang, C. L., Bian, Q., Cui, L., Qi, W.,... Liversedge, S. P. (2012a). Using stroke removal to investigate Chinese character identification during reading: Evidence from eye movements. *Reading and Writing*, 25(5), 951–979.
- Yan, M., Kliegl, R., Richter, E. M., Nuthmann, A., & Shu, H. (2010a). Flexible saccade-target selection in Chinese

- reading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(4), 705–725.
- Yan, M., Kliegl, R., Shu, H., Pan, J. E., & 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(6), 1669–1676.
- Yan, M., Zhou, W., Shu, H., & Kliegl, R. (2012). Lexical and sublexical semantic preview benefits in Chinese reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38(4), 1069–1075.
- Yan, M., Zhou, W., Shu, H., Yusupu, R., Miao, D. X., Krügel, A., & Kliegl, R. (2014). Eye movements guided by morphological structure: Evidence from the Uighur language. *Cognition*, 132(2), 181–215.
- 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.

How do readers select the saccade targets?

LI Yugang^{1,2}; HUANG Ren³; HUA Huimin^{1,2}; LI Xingshan¹

(¹ Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101, China)

(² University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

(³ Department of Psychology, Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510275, China)

Abstract: How do readers select a landing position when they make a saccade is an interesting and important question in cognitive psychology research. For alphabetic languages (i.e., English and German) which use blank spaces to segment words, readers usually make saccades to the preferred viewing location (PVL), which is usually slightly to the left of the center of a word. For non-alphabetic languages like Chinese, however, the absence of obvious visual cues between words makes the selection of a landing position more complex. Recently, researchers have studied saccade target selection from the perspective of dynamic saccade adjustment based on foveal-parafoveal processing. They found that saccade lengths are influenced by the demands of on-going foveal and parafoveal processing. Moreover, the processing of parafoveal information directly determines the saccade lengths. However, more efforts are needed to understand precisely how saccade length is adjusted to accommodate foveal and parafoveal processing demands during the reading of both alphabetic and non-alphabetic languages.

Key words: saccade target selection; foveal-parafoveal processing; Chinese reading