

中文词汇加工的若干效应：基于眼动研究的证据*

臧传丽 张慢慢 郭晓峰 刘娟 闫国利 白学军

(天津师范大学心理与行为研究院, 天津 300074)

摘要 通过眼动仪记录读者阅读过程中的眼动特征, 发现了一些重要的效应, 这些效应有助于深化人们对阅读过程的认识。本文将从阅读材料的空间信息、词汇特性、语言因素和词结构四个方面总结在词汇加工中所发现的重要效应。最后, 对各效应之间的相互关系及其在词汇加工的理论模型中的作用进行了探讨, 并指出眼动技术与 ERP 技术相结合的多样化研究趋势。

关键词 眼动; 词汇加工; 中文; 阅读

分类号 B842

1 引言

词汇识别是汉语阅读的重要内容之一。在心理语言学中, 以往研究者(如 Tan & Perfetti, 1999; Zhou & Marslen-Wilson, 2000)从不同层面考察了词汇识别的过程, 并提出了中文词汇识别的不同模型, 例如, 早期关于词素通达或整词通达模型, 后期的多层次表征模型。根据词的三种属性(即形、音、义)在词义通达中的作用, 研究者还提出了语音中介理论、直通理论和双通道理论三种模型(陈宝国, 彭聃龄, 2000)。在阅读心理学中, 研究者也提出了不同的阅读过程模式: 自下而上、自上而下及相互影响的模式(张必隐, 2004)。在建构阅读过程中的词汇识别模型时, 必须考虑影响词汇识别的因素(如词频、笔画数、结构和预测性等)以及这些因素之间的交互关系和作用机制等。传统的实验研究通过反应时和正确率揭示了词汇识别过程的一些影响因素, 如笔画和部件在整词中的作用、词频的作用、语音的作用等。除了从反应时和正确率上描述词汇加工的过程外, 读者

的眼动行为是词汇识别过程(特别是在自然阅读中)最直观的外在表现。在阅读过程中, 读者的眼动何时开始和移到何处, 是读者需要实时(on-line)做出的两种决定, 即“when”和“where”两种决定(白学军, 张兴利, 2003; Starr & Rayner, 2001)。当前国外研究者通过大量的实验数据和计算机模拟, 对已有的实验证据(主要是对拼音文字阅读中的眼动特征)进行整合, 提出各种不同的计算模型, 例如当前最有影响的两种认知模型: E-Z 读者模型(Reichle, Warren, & McConnell, 2009; Reichle, 2011)和 SWIFT 模型(Engbert, Nuthmann, Richter, & Kliegl, 2005; Engbert & Kliegl, 2011)。每种模型试图从单词加工的不同层次上模拟眼动的行为特点, 试图对读者何时开始眼跳和下一次眼跳的位置进行预测。目前也有研究者(Rayner, Li, & Pollatsek, 2007)试图在拼音文字阅读的眼动控制模型的基础上进行中文阅读的探索, 然而, 拼音文字模型的很多假设在非拼音文字阅读中的适用性还有待于进一步检验。

尽管如此, 在对中文阅读的研究中, 研究者发现了一些重要的效应。这些效应的存在, 表明读者对词的注视会受到诸如阅读文本的空间因素、词汇特性及语言因素等方面的影响, 并且各因素间可能交互或共同影响着词汇加工。尤其是在阅读的眼动研究领域, 这些效应能从不同的眼动指标上(如首次注视时间、凝视时间、回视时间、总注视时间、跳读率和着陆位置等)表现出来,

收稿日期: 2011-09-06

* 国家自然科学基金项目(31100729, 30870781)、天津市教育科学“十二五”规划课题(汉语阅读的认知机制与儿童快乐阅读能力培养, BE4139)和天津师范大学校博士基金项目(52WW1013)资助。

通讯作者: 白学军, E-mail: psy-bxj@mail.tjnu.edu.cn;

臧传丽, E-mail: zangchuanli@163.com

从而更全面地揭示和预测词汇的不同特性在时间进程上的表现及在空间注视位置分布上的特点,也能揭示各因素在不同词汇加工阶段上的相互联系。为解决词汇加工中存在争论的观点(如,笔画数效应的存在支持了汉字部分加工的观点,语音中介效应肯定了形-音-义通道模型,正字法邻近词效应强调了字形信息的重要作用)以及为建立汉语认知加工的眼动模型提供了事实依据。为此,本文将系统地总结眼动研究领域在词汇加工方面所发现的若干重要效应。

2 阅读材料空间信息的相关效应

2.1 词空格效应

词空格效应是指在阅读材料中加入空格,可以为读者提供明显的词边界信息,从而促进阅读的现象。

在大多数拼音文字的书写系统中,词与词之间存在着明显的空格信息(如英语、西班牙语和德语等),空格能清楚地标记出词的边界,使读者很容易地识别单词。对拼音文字的研究发现,词间空格不仅促进词汇识别,还能帮助读者作出眼跳计划,引导读者把下一次眼跳定位在单词的最佳注视位置上(Rayner, 2009);当空格信息被消除后,阅读速度会显著下降(李馨,白学军,闫国利,臧传丽,梁菲菲,2010;Perea & Acha, 2009)。如果在无词边界信息的文本中(如汉语、日语和泰语等)加入词间空格,是否能够促进阅读?对日语的研究发现,空格在不同的文本中起到的作用不同(如,在平假名-日本汉字混合文本中加入词间空格没有促进阅读,在平假名文本中加入词间空格则促进了阅读)。对泰语的研究表明,词间空格促进了词汇识别,尤其是词汇加工的后期阶段(Winskel, Radach, & Luksaneeyanawin, 2009)。

为了明确空格在汉语中的作用,研究者开展了一系列的研究。Bai, Yan, Liversedge, Zang 和 Rayner (2008)考察了空格对汉语阅读的影响。他们分别记录了被试在阅读正常无空格、字间空格、词间空格和非词空格四种句子类型时的眼动轨迹。结果发现词间空格并没有促进阅读,也没有产生干扰,而字间空格和非词空格条件则破坏了正常的阅读。在汉语中加入词间空格之所以没有促进阅读,Bai 等人认为,这是由于加入词间空格后,虽然能提供词边界信息,促进了阅读,但这

种不熟悉的呈现方式同时也干扰了阅读,即呈现方式的熟悉性和有无词边界信息所产生的促进和干扰效应存在着权衡。Zang, Liversedge, Liang, Bai 和 Yan (2012)控制了熟悉性因素,比较了空格对儿童(8~9岁)和成人阅读的影响。结果表明空格促进了成人和儿童早期的词汇识别,但儿童比成人有更多的再注视。然而在句子的总阅读时间上,成人与儿童之间没有差异。这意味着词间空格对儿童和成人阅读的影响相似:在早期的词切分过程中发挥促进作用,但不熟悉的空格呈现方式也干扰了阅读。随后,Shen 等人(2012)考察了初学汉语的外国留学生(美、韩、日和泰)在阅读有无词间空格的汉语文本时的眼动特征。结果显示,词间空格对留学生的干扰最小,非词空格干扰最大,其次是无空格和字间空格条件,且这些效应不受母语特性的影响。因此,对留学生而言,无论空格是他们熟悉的还是不熟悉的,词间空格都促进了他们对新语言的学习。

总的来说,在汉语中加入空格,可以提供词边界信息,而且在一定程度上促进了读者的词汇识别,尤其是对留学生的汉语学习。词间空格在第二语言的学习过程中起到促进作用,这对留学生的汉语教学具有一定的指导意义。

2.2 排版方式效应

排版方式效应是指排版方式不同会对读者的阅读产生不同影响的现象。

文本的排列方式有横排版和竖排版,排列方式的不同会引起读者的不同眼动模式,哪一种能使读者更有效地阅读?沈有乾和 Miles 于 1925 年在斯坦福大学用照相记录法对中文阅读进行了早期的研究(闫国利,白学军,2000)。他们以 11 名留学生为考察对象,比较了被试在阅读横排版(2 篇)和竖排版(2 篇)中文材料时的眼动情况。结果显示,从阅读速度来看,阅读竖排版的材料似乎比阅读横排版的材料略显优势。但由于他们选用的被试和所使用的材料数量较少,因此为了进一步验证结果的可靠性,沈有乾又于 1927 年做了深入的研究,实验增加了阅读材料的数量(12 篇),每篇文章均有两种排版方式(即横排版和竖排版),被试为 13 名中国留学生,被试分两个阶段阅读所有的横排版和竖排版材料。最后得到的结论为:阅读横排版的汉字时,注视停留时间短于阅读竖排版汉字。1985 年, Sun 使用先进的眼动仪比较了阅读

横排版和竖排版的中文材料时的眼动模式(闫国利, 白学军, 2000)。与沈有乾在 1927 年的研究结果一致: 阅读竖排版材料时的知觉广度是阅读横排版时的一半, 且注视时间比阅读横排版材料时的长 10%。由此可见, 汉语文本由竖排版转变为横排版, 大大提高了读者的阅读效率。

3 词汇特性的相关效应

3.1 笔画数效应

笔画数效应是指与笔画数少的字或词相比, 对笔画数多的字或词的识别更困难, 所需时间更长。

在拼音文字中, 词的复杂性主要指单词的长度。已有的眼动研究发现了显著的词长效应, 即对长词的注视时间更长, 加工更困难(Pollatsek, Juhasz, Reichle, Machacek, & Rayner, 2008)。而在汉语中, 汉字的视觉复杂性通常以汉字笔画的多少来表示。Just 和 Carpenter 在 1987 年通过记录读者在阅读中文时的眼动情况发现了注视时间与笔画数有关: 汉字从 1 画增加到 24 画, 注视时间增加了 106 ms (平均每增加 1 画, 注视时间就增加 4.6 ms) (闫国利, 白学军, 2007)。Yang 和 McConkie (1999)通过操纵首字和尾字的复杂性考察了双字词对阅读的影响(该研究中, 复杂性以笔画的多少为指标)。结果表明字和词的复杂性都会影响跳读率、回视率及凝视时间: 高复杂词不易被跳读, 有更多的回视, 而且需要花更多的时间来识别。Yang 和 McConkie 认为, 读者识别高复杂词时需要花更多的时间去分析字的结构, 这些字的结构在进入语义识别系统时较为困难, 而且它们在副中央凹处不能被有效地加工。

笔画数能合理地衡量汉字的视觉复杂性, 却不能完全代表字或词的复杂程度, 汉字的结构特性同样很重要。最近, Yan 等人(2011)通过省略汉字开头和结尾的笔画数(省略笔画量包括 15%、30%和 50%), 考察了在句子阅读中不同笔画在汉字识别中的地位。在阅读时间、注视次数和回视指标上都发现, 省略 15%笔画数的汉字与正常汉字一样容易识别。当省略 30%或更多的笔画数时, 那些保持结构框架的汉字最容易被识别, 省略开头部分的字最难被识别, 省略末尾时则次之。这意味着字的每个笔画在汉字识别中的作用并非完全相同, 在读者的认知过程中存在着一个灵活的

笔画编码系统。

笔画数效应是汉语中特有的现象, 明确笔画在汉字加工中的作用对于探讨汉字识别的加工单元具有重要意义。特征分析的观点认为, 汉字加工是先对笔画、部件等汉字的字形特征进行分析, 经整合后, 进而识别整个汉字, 因此, 在汉字识别过程中会存在笔画数效应、部件数效应等。整体加工的观点认为, 识别汉字直接以整字为单元, 强调字形知觉的整体性(管益杰, 方富熹, 2000)。笔画数效应的存在似乎更支持汉字部分加工的观点。

3.2 正字法邻近词效应

在拼音文字中, 邻近词指通过改变这个单词的一个字母(而不改变字母的位置)可以形成的其他单词。邻近词大小(或称家族大小)通常用 N 表示, 如 *cheat* 的邻近词大小 $N=5$, 它的正字法邻近词分别为: *cheap*, *chert*, *chest*, *cleat* 和 *wheat* (张洁尉, 王权红, 2010)。邻近词(大小)效应(或称家族效应, neighborhood size effects / family size effects)指对单词的识别时间受那些与该单词具有相似词汇特征的邻近词的影响, 正字法邻近词越多, 阅读越快(张洁尉, 王权红, 2010)。然而正字法信息并非独立地影响词汇识别, 对英语的研究还发现了邻近词词频(抑制)效应(neighborhood frequency effect), 即读者在识别拥有高频的邻近词或较大数目高频邻近词的词时, 更容易犯错, 会产生更多的回视, 且更有可能对该词进行再加工(Paterson, Liversedge, & Davis, 2009)。此外还发现了邻近词启动的抑制效应(inhibitory neighbor priming effects), 即在句子阅读中, 对先出现的邻近词的加工会抑制对后出现的目标词的识别(Paterson et al., 2009)。

Tsai, Lee, Lin, Tzeng 和 Hung (2006)以中文里的双字词为考察对象, 将邻近词大小定义为在复合词的不同位置上拥有相同结构的字的词数, 如, “大人”的邻近词包括“大众”、“大家”等。他们操纵了双字词首字的邻近词大小(小、大)和词频(低、高), 并控制了双字词尾字邻近词的大小。结果发现了邻近词的促进效应: 与拥有邻近词数少的词相比, 拥有邻近词数多的词被跳读的概率更高, 且首次注视时间和凝视时间更短。这表明, 所有的邻近词的表征都得到了部分激活, 且邻近词对早期的词汇加工阶段发挥了促进作用。但在这些

指标中,邻近词效应在高频词和低频词上没有显著的差异。这与英语的研究结果并不一致(英语中存在邻近词词频的抑制效应)。对其他语言的正字法邻近词的研究结果也各不相同(如法语、西班牙语和荷兰语等),同时双语词汇的邻近词效应具有跨语言的渗透作用(cross-language permeability),第二语言在母语中的邻近词的多少影响读者对第二语言单词的识别(张洁蔚,王权红,2010)。但这些研究多数是对拼音文字的考察,汉语邻近词效应的研究还不够完善。

正字法邻近词效应的存在表明,词汇识别过程不仅会激活对该词的表征系统,同时还会激活与该词相似的词(即邻近词)的词汇表征。E-Z读者眼动模型中提到,词汇识别的第一个阶段是熟悉度验证(Reichle, 2011),该模型认为熟悉度验证能引起对下一个注视目标的眼跳计划。熟悉度的验证建立在对正字法邻近词激活的基础之上,主要取决于邻近词大小和词频。因此,对正字法邻近词(大小)效应的考察不仅对认识词汇在心理词典中的表征过程及词汇识别的机制有重要的启示,而且对眼动模型的建立也有重要意义。

3.3 语音效应

语音效应指在汉语阅读中,汉字的语音信息能够促进词汇识别的现象。

汉字的字形表意作用远大于拼音文字,字音很难从字形中准确获得。那么读者从获得汉字的视觉信息(形)到完成词汇通达(义)这一过程,语音发挥了何种作用?主要有两种观点:一种认为语音在阅读中的作用并不重要(Inhoff, Liu, & Tang, 1999);另一种则肯定了语音在阅读中的重要作用:读者获得了字形信息后,很快就会由字音激活语义信息。但对于语音效应发生的阶段却说法不一:一种认为语音效应发生在早期阶段(Pollatsek, Tan, & Rayner, 2000);另一种认为语音效应发生在较晚阶段(Wong & Chen, 1999; Feng, Miller, Shu, & Zhang, 2001);第三种认为语音效应不仅在词汇通达的早期发挥作用,而且在词汇通达之后仍发挥作用(任桂琴,韩玉昌,周永垒,任延涛,2007)。

在肯定了语音对激活语义有重要作用的前提下,有研究者发现了语音的中介效应——在词汇通达的过程中,读者获得字形信息后,首先激活了语音表征,然后再由语音信息激活语义表征,

语音是从字形信息到语义获得的中介,即形-音-义通道。任桂琴等(2007)采用语音中介启动范式,操纵了中介词的频率(高、低)和启动类型(语音中介启动、控制条件),如,目标词为“顽强”,语义中介词为“兼任”(音同“坚韧”),控制条件为“流程”,语义中介词的音与目标词有语义相关。结果证明存在语音中介效应:(1)被试在对语音中介词的早期加工指标上(首次注视时间、凝视时间)显著高于控制条件,肯定了语音在词汇通达早期阶段中的作用;(2)被试对低频的语音中介启动词的总注视时间显著高于控制条件,表明低频词的语音在词汇通达之后仍发挥作用,体现了语音对识别低频词的重要作用。

同音效应指读者对同音字的注视时间比非同音字的要短,表现出对阅读的促进作用。丁锦红和王丽燕(2006)采用了抑制发音和错误干扰相结合的范式来研究语音回路与阅读理解的关系,结果在正常和抑制发音两种条件下都发现了同音字的首次注视时间和总注视时间比非同音字短,且同音字错误比非同音字错误更易恢复,即出现了同音效应。

语音的中介作用表明了语音能够激活语义,可以看出,语音在汉语词汇通达过程中同样起到重要作用,它关系到词汇识别通道的机制问题。语音与形、义之间的关系是传统词汇通达理论建立的基础。因此,对语音的研究,也是建构合理的汉语词汇加工的眼动模型的必要内容。同时,语音与其它因素的相互关系也是需要考察的重点。已有研究发现语音与词频之间存在交互作用:读者对低频词的识别,需要借助语音为中介来完成词义通达,但对高频词来说,可以直接从字形获得语义信息(陈宝国,彭聘龄,2000)。

4 语言因素的相关效应

4.1 词频效应

词频效应指对低频词的加工比对高频词的加工更困难,需要的时间更长。

众多的研究结果都发现了显著的词频效应(包括拼音类文字和汉字)。Just等在1987年对中文的研究中得出了词频与注视时间的具体相关值:对一个词的注视时间与该词的词频对数的相关系数为0.71,对词中的字的注视时间与这些字的字频总和的对数的相关系数为0.50(闫国利,白

学军, 2007)。陈凌育、赵信珍和孙复川(1999)在考察汉字识别的眼动特性时也发现了识别汉字的注视次数和识别时间与字频有关, 存在识别时间随字频减小而增大、识别次数随字频减小而增多的字频效应。此外, Yang 和 McConkie (1999)还发现词频效应不仅发生在词汇识别的早期加工阶段(低频词比高频词的凝视时间更长), 在后期阶段仍很明显(低频词比高频词更易受到回视)。

为了明确字频和整词频在复合词中的作用, Yan, Tian, Bai 和 Rayner (2006)考察了双字词的首字字频、尾字字频和词频对汉字识别的影响。结果在句子阅读中发现了目标词的词频效应; 同时字频也影响对目标词的注视时间, 而且与尾字字频相比, 首字字频对目标词注视时间的影响更大, 但这种影响程度受目标词词频的调节: 高频目标词的首字字频对目标词注视时间的影响很微弱, 低频目标词的首字字频对目标词的注视时间的影响非常明显。Yan 等人认为这是因为对双字词而言, 在读者的心理词典中, 高频词常被视为一个整体进行存储, 而低频词则是由单个汉字进行存储。在对英语、荷兰语和芬兰语等拼音文字的复合词研究中, 也发现词素的词频对复合词的加工产生了显著的影响(Inhoff, Starr, Solomon, & Placke, 2008; Juhasz, 2007; Pollatsek & Hyönä, 2005), 即产生了词素的词频效应, 表明了词素在复合词的识别中起到重要作用。

4.2 熟悉度效应

在阅读中, 熟悉度与词频密切联系。熟悉度效应指读者对熟悉词的注视时间短于不熟悉词。熟悉度通常是由主观评定获得。对英语的研究发现, 读者对熟悉的低频词的注视时间要短于相同词频条件下的不熟悉词。而且, 当熟悉度都为中等水平时, 读者对高频词和低频词的加工时间没有差异(Williams & Morris, 2004)。

同样, 在汉字识别中, 读者的眼动模式依赖于其知识经验和对汉字的熟悉性(Sun & Feng, 1999)。Sun 等研究了读者在识别单字时的眼动特征, 结果发现读者仅注视一次就能够识别出熟悉的汉字。张仙峰和闫国利(2005)考察了词的熟悉度对阅读的影响。结果在首次注视时间、单一注视时间和总注视时间上都发现了显著的熟悉度效应, 即熟悉度越高, 对词的注视时间越短, 同时也说明了熟悉度在词汇识别的整个阶段都发挥着作

用。E-Z 读者模型强调词汇识别的早期阶段就是熟悉性验证, 其中词频是重要的影响因子, 不过根据上述的这些研究可以看出, 熟悉度更为精确地揭示了词汇识别过程, 但主观性很大。尽管如此, 从某种程度上来说, 熟悉度的评定比语料库搜集的频率测定方法更具有现实意义。

4.3 预测性效应

预测性指在阅读过程中, 读者从前文中能预测后面某个字或词出现的概率, 它是影响读者注视情况的又一个重要变量。预测性效应是指, 与低预测性词相比, 高预测性词更容易被识别, 所需的注视时间更短, 且被跳读的概率更大。

Rayner, Li, Juhasz 和 Yan (2005)考察了汉语中词的预测性(高、中、低)对词汇识别的影响。结果发现, 读者对高、中预测性词的注视时间短于低预测性词, 同时高预测性词的注视时间短于中预测性词; 与高、中预测性词相比, 低预测性词更易被注视。卢张龙、白学军和闫国利(2008)探讨了读者在阅读高预测性和低预测性双字词时的眼动特征, 结果发现高预测性词的首次注视时间、凝视时间和总注视时间显著短于低预测性词。此外, Wang, Pomplun, Chen, Ko 和 Rayner (2010)在考察预测性效应时发现, 在首次注视时间和凝视时间上预测性效应显著, 表明了预测性在词汇加工的早期阶段就开始发挥作用; 同时在总注视时间上也发现了预测性效应, 说明预测性信息同样影响着词汇加工的后期阶段。汉语预测性效应与拼音文字的研究结果一致, 如在英语、法语和德语中均发现了预测性效应(Rayner, Ashby, Pollatsek, & Reichle, 2004; Mielliet, Sparrow, & Sereno, 2007; Kliegl, Grabner, Rolfs, & Engbert, 2004)。

由此可见, 无论是汉语还是其他语言, 读者在阅读中使用了目标词的预测性信息, 预测性与词频一样在词汇识别发挥着重要作用。

4.4 语义透明度效应

语义透明度(semantic transparency)是指复合词的语义可以从组成复合词的各个词素(词素在语言学上被定义为语法中最小的具有区别意义的单位)的语义推知的程度, 其操作性定义是指整词与其词素的语义相关程度(王春茂, 彭聃龄, 1999)。整词与其词素相关程度高的复合词为透明词, 如“美丽”、“道路”; 反之, 整词与其词素相关程度低的复合词为不透明词, 如“马虎”、“东西”。

语义透明度效应是指语义透明度会影响到多词素词的识别过程,即透明度在汉语的加工过程中起到了促进或抑制的作用。

李馨(2008)通过操纵双字词的词频和语义透明度,记录了被试在阅读含有不同透明度双字词(透明词或不透明词)的句子时的眼动轨迹。结果发现,与不透明词相比,透明词的凝视时间和总注视时间都长于不透明词,同时透明词不易被跳读。这说明无论在词汇加工的早期阶段还是晚期阶段,透明度对双字词的加工都起到了抑制作用——读者对不透明词的加工更快。除此之外,还发现了在低频词上更易表现出语义透明度效应,透明度对低频词的注视影响更大。

语义透明度是复合词的特有属性,其他文字也存在这种特性(如在英语中, *farmhouse* 为透明词,而 *snapdragon* 为不透明词),但它在不同语言中表现出的作用却不尽相同。Frisson, Klement 和 Pollatsek (2008)探讨了语义透明度在英语中的作用,结果在凝视时间和回视路径时间上都没有发现语义透明度效应。而 Juhasz(2007)却发现了显著的透明度效应,不过这种效应是由首词素和尾词素的词频效应的叠加引起的。透明度效应在芬兰语中表现的不明显,尤其是在早期的加工指标上(Pollatsek & Hyönä, 2005)。

词的语义透明度关系到词素与整词之间的关系,是影响复合词加工过程的重要因素。读者对透明词和不透明词的注视时间不同,表明透明词和不透明词在读者的心理词典中的存储方式可能不一样,透明度效应的存在更多的支持了读者对词的存储是混合表征(即同时存在整词和词素两种表征系统)。但由于复合词在句中的句型结构的差异以及分析指标的选择不同,导致不同实验之间的结果相互矛盾。同时由于词素的词频对整词的影响很大,因此在探讨透明度在复合词中的作用时,必须要综合考虑词频及其它可能的影响因素。

5 与词结构相关的效应

读者在对词进行加工时,注视点会落在词的什么位置,这涉及到注视位置的相关问题。注视位置效应是指在阅读过程中,读者的眼跳往往定位于一个单词的特定位置。

5.1 偏向注视位置效应

偏向注视位置(preferred viewing location,

PVL)是 Rayner (1979)最先提出的。对于大多数拼音文字而言,大量的眼动研究都发现了偏向注视位置效应——无论是阅读由左到右排列的文本(如英语)还是阅读由右到左排列的文本(如希伯来语),读者倾向于将首次注视点落在单词的中心和开头之间的位置,约在单词开头 1/4 处(Vitu, McConkie, Kerr, & O' Regan, 2001; McDonald & Shillcock, 2004; Rayner, 2009)。PVL 描述的是注视点降落的最多的位置,其分布近似高斯分布,但当去除空格时,PVL 的分布呈线性,注视次数从单词开头到结尾急剧地下滑。日语中的 PVL 也呈线性(Kajii, Nazir, & Osaka, 2001; Sainio, Hyönä, Bingushi, & Bertram, 2007)。由此可见,在没有词边界信息时,读者更容易注视词的开头位置。但当在纯平假名的日语文本中插入词间空格后,对词的首次注视落在词的中心,PVL 开始呈现出类似于拼音文字在正常有空格时的高斯分布。对泰语(属于拼音文字,但没有空格)的眼动研究发现,泰语的 PVL 接近词的中心,但 PVL 曲线比英语的平滑很多(Reilly, Radach, Corbic, & Luksaneeyanawin, 2005)。与英语和日语不同的是,在阅读正常无空格和有空格的泰语文本时,PVL 没有差异(Winskel et al., 2009)。Winskel 等人认为,泰语读者是利用诸如元音特性和音调符号等信息而不是空格信息进行词切分的。对于拼音文字来说,PVL 的发现支持了读者的眼跳目标是以词为单位的观点。

在汉语中,Yang 和 McConkie (1999)操纵了双字词的词频和每个字的笔画数,结果并没有发现偏向注视位置效应,所有目标词上的注视位置分布非常相似,呈一条平滑的曲线。同样,Tsai 和 McConkie (2003)在操纵了汉字的视角大小时发现,被试在汉字和词上没有出现 PVL,对双字词的首次注视位置均匀地分布在每个汉字上。这一结果明显地不同于其它语言在无词边界信息条件下获得的 PVL。因此,他们认为汉语中眼跳目标的选择不是基于词。在此基础上,Yan, Kliegl, Richter, Nuthmann 和 Shu (2010)在严格控制了词边界的模糊性后,在双字词、三字词和四字词上均发现了位于词中心的 PVL 效应,并且呈凸曲线分布,这与空格文本的分布类似,只不过分布得更为低阔。

5.2 最佳注视位置效应

最佳注视位置(optimal viewing position, OVP)是指识别一个单词最快的位置。在英语中,该位

置位于单词的中心。OVP效应指当读者的首次注视落在词的最佳注视位置时,再注视该词的概率最小;如果首次注视位置偏离最佳注视位置越远,则读者对该词的再注视率越高(呈“U”型曲线),凝视时间更长(Nuthmann, Engbert, & Kliegl, 2005; Rayner, 2009)。因此, OVP效应包括再注视率的OVP效应和凝视时间的OVP效应。对英语、法语、德语及芬兰语等拼音文字的注视位置的考察得到了较为一致的OVP效应,这表明该效应普遍存在于不同的拼音文字之间(Vitu et al., 2001; O'Regan, 1992; Nuthmann et al., 2005; Hyönä & Bertram, 2011)。

不同于拼音文字的是,在汉语中,当读者对词的首次注视落在词首时,再注视该词的概率最高,而落在词尾时,再注视该词的概率最低(Yan, et al., 2010)。Yan等人认为读者选择词首或词中心作为眼跳目标与在副中央凹处进行词切分的成功与否有关:当副中央凹能成功进行词切分时,读者只进行一次注视,并定位于词的中心;如果副中央凹不能成功进行词切分,读者将首次注视定位于词的开头,并计划一次词内再注视。当读者的首次注视落在词尾时,表明读者在副中央凹处已经对该词进行了部分加工,不需要再注视,因此再注视率最低。Yan等人认为,中文阅读过程中眼跳的目标是词,而非汉字。对日语的研究显示,在凝视时间上也出现了类似于汉语的OVP效应(Sainio et al., 2007),即首次注视位于词首时,凝视时间最短,不过当位于词尾时,凝视时间没有增加。

5.3 反向最佳注视位置效应

反向最佳注视位置(inverted optimal viewing position, IOVP)效应指当读者在一个词上只有一次注视点时,那些位于单词中心位置(OVP)的注视要长于位于单词首、尾的注视,注视时间与注视位置的关系呈倒“U”型曲线(Kliegl, Nuthmann, & Engbert, 2006; Vitu et al., 2001)。在英语、法语、德语及芬兰语中都发现了较为一致的IOVP效应(Hyönä & Bertram, 2011; Nuthmann et al., 2005),与OVP效应一样,IOVP普遍地存在于拼音文字中。

在Yan等人(2010)的研究中,还发现了汉语的IVOP效应,但汉语中的IVOP效应小于拼音文字,只在单一注视时发现了该效应,而在多次注视的首次注视时间上没有发现,具体为,单一注

视位于词中间时时间最长,位于词开头位置时时间最短。

研究者普遍认为,在拼音文字中,单词的词长和词间空格等低水平因素是影响注视位置和眼跳距离的主要因素,而语言因素(如预测性)的影响很小或没有影响(Yan et al., 2010)。但在汉语中,有研究者发现词长不会影响读者的注视位置,双字词和四字词的PVL曲线几乎相同(Li, Liu, & Rayner, 2011)。在阅读有空格的中文时,平均首次注视位置更接近于词的中心,说明词间空格在一定程度上能帮助中文读者进行眼跳定位(Zang, et al., 2012)。此外,字号也影响注视位置,随字号增加,读者的眼跳距离显著缩短,首次注视更多地落在词首部分,对该词的再注视次数也随之增加(Shu, Zhou, Yan, & Kliegl, 2011)。

虽然汉语与拼音文字在词频和预测性等变量上的注视情况相似,但在眼跳目标选择上却有很大差异,注视位置以不同于拼音文字的独特方式存在着。

6 结语

传统的汉语词汇通达理论更多地关注形、音、义在词汇识别中的作用及时间进程问题(陈宝国等, 2000),虽然也提出了影响词汇识别的因素(如词频、笔画数、正字法、语音、语义和透明度等),但在解释这些因素是否独立存在、在词汇识别哪个阶段发挥作用及对注视位置的选择有何影响等问题时存在不足。而词汇识别的眼动控制理论却能更好地给以解释,并能根据单词的词频和可预测性等信息成功地模拟读者在阅读时的注视时间和眼跳落点的位置。

在词汇加工方面,上述这些效应之间并非完全独立地发挥作用,而是受其他因素的干扰或调节。E-Z读者模型强调,读者在完成对词的正字法判断之后,才开始对词进行熟悉度的验证。在熟悉度验证阶段,词频是重要的影响因素,但对于读者来说,熟悉度是影响词汇识别最为直接的因素,而且在很大程度上,熟悉度调节着词频的作用。同时,词的透明度也在一定程度上影响词频效应。此外,预测性是影响注视时间的另一重要因素,它与词频之间的关系一直存在争议(Rayner et al., 2004; Hand, Mielliet, O'Donnell, & Sereno, 2010)。关于笔画数和词频的相互关系,特别是在

自然的句子阅读过程中,已有研究没有系统地考察。在眼跳目标的选择上,注视位置主要受低水平词信息的影响(如词间空格),而高水平的语言因素对注视位置的影响不大。在复合词中,除了词本身的特性会影响词汇的注视时间和注视位置之外,亚词汇的信息特征(如词素的词频和透明度)对整词的识别也会产生重要的影响。上述研究结果为解决阅读中眼动的基本问题(即“when”和“where”问题)及建立合理而完善的汉语词汇加工的眼动模型提供了实证依据。以上回顾的研究集中考察的是当前注视词的特性对该词加工的影响,那么当前词的特性对下一个词的作用如何(如溢出效应),也是值得关注的问题。

已有的眼动控制模型,是基于拼音文字的研究结果建立起来的。有些效应普遍存在于不同的语言中,如词频、预测性和熟悉度等效应。但由于汉语书写文本的独特性,发现了一些不同于拼音文字的效应,如邻近词效应、注视位置效应,而且有些效应是汉语中特有的,如笔画数效应。不同语言之间存在共通性,但同时还存在特殊性,用现有的眼动模型对汉语阅读进行模拟时,存在一定的缺陷。因此,建立适合汉语特性的眼动控制模型是必要的。

此外,眼动是考察阅读过程的一个很好的指示器。与传统方法相比,眼动记录法能更客观、更精确、更即时地揭示不同因素对眼动发生的时间、眼跳目标的选择和着陆位置等方面的影响。然而,眼动记录法也存在不足,例如缺乏对阅读行为的内在认知机制的认识,无法了解指导眼球运动的决策过程。而ERP技术能记录刺激呈现后的早期激活过程和不同认知加工水平的电生理反应,将不同条件和时间段的脑电成分与相应的词汇加工联系起来,从而为眼动研究提供独立和互补的证据(陈庆荣等,2011)。因此,将这两种技术相结合是未来研究发展的一种新趋势。眼动和眼睛注视相关电位(eye-fixation-related potentials, EFRP)就是同步记录在语言认知中的眼动和ERP的方法,这种新技术逐渐受到研究者的青睐。研究者已经使用眼动和ERP相结合的技术探讨了词频效应、预测性效应、副中央凹-中央凹效应和眼跳等,实验结果表现出注视时间和ERP指标的关联性,也很好地揭示了视觉认知过程的内部机制(Simola, Holmqvist, & Lindgren, 2009; Dimigen,

Valsecchi, Sommer, & Kliegl, 2009; Dambacher & Kliegl, 2007)。这些研究对于丰富和完善阅读中词汇加工的理论有重要意义。

参考文献

- 白学军, 张兴利. (2003). 当前阅读眼动研究的几个主要问题. *心理与行为研究*, 1, 302-306.
- 陈宝国, 彭聃龄. (2000). 词义通达的三种理论模型及研究简介. *心理学探新*, 20, 42-46.
- 陈凌育, 赵信珍, 孙复川. (1999). 汉字识别的眼动特征——字频效应及信道容量. *生物物理学报*, 15(1), 91-97.
- 陈庆荣, 王梦娟, 刘慧凝, 谭顶良, 邓铸, 徐晓东. (2011). 语言认知中眼动和ERP结合的理论、技术路径及其应用. *心理科学进展*, 19, 264-273.
- 丁锦红, 王丽燕. (2006). 语音回路与阅读理解关系的眼动研究. *心理学报*, 38, 694-701.
- 管益杰, 方富熹. (2000). 我国汉字识别研究的新进展. *心理学动态*, 8(2), 1-6.
- 李馨. (2008). *汉语双字词语义透明度的发展研究*. 硕士学位论文. 天津师范大学.
- 李馨, 白学军, 闫国利, 臧传丽, 梁菲菲. (2010). 空格在文本阅读中的作用. *心理科学进展*, 18, 1377-1385.
- 卢张龙, 白学军, 闫国利. (2008). 汉语词汇识别中词频和可预测性交互作用的眼动研究. *心理研究*, 1, 29-33.
- 任桂琴, 韩玉昌, 周永垒, 任延涛. (2007). 汉语词汇语音中介效应的眼动研究: 成对词汇判断是否有语义关系. *心理科学*, 30, 308-310.
- 王春茂, 彭聃龄. (1999). 合成词加工中的词频、词素频率及语义透明度. *心理学报*, 31, 266-272.
- 闫国利, 白学军. (2000). 中文阅读过程的眼动研究. *心理学动态*, 8, 19-22.
- 闫国利, 白学军. (2007). 汉语阅读的眼动研究. *心理与行为研究*, 5, 229-234.
- 张必隐. (2004). *阅读心理学*. 北京: 北京师范大学出版社, 28-46.
- 张洁尉, 王权红. (2010). 文字加工中的正字法家族效应. *心理科学进展*, 18, 892-899.
- 张仙峰, 闫国利. (2005). 大学生词的获得年龄、熟悉度、具体性和词频效应的眼动研究. *心理与行为研究*, 3, 194-198.
- Bai, X. J., Yan, G. L., Liversedge, S. P., Zang, C. L., & Rayner, K. (2008). Reading spaced and unspaced Chinese text: Evidence from eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34, 1277-1287.
- Dambacher, M., & Kliegl, R. (2007). Synchronizing timelines: Relations between fixation durations and N400 amplitudes during sentence reading. *Brain Research*, 1155,

- 147–162.
- Dimigen, O., Valsecchi, M., Sommer, W., & Kliegl, R. (2009). Human microsaccade-related visual brain responses. *Journal of Neuroscience*, *29*, 12321–12331.
- Engbert, R., & Kliegl, R. (2011). Parallel graded attention models of reading. In S. P. Livensedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling, (Eds.), *The Handbook on Eye Movements* (pp. 787–800). Oxford: University Press.
- Engbert, R., Nuthmann, A., Richter, E., & Kliegl, R. (2005). SWIFT: A dynamical model of saccade generation during reading. *Psychological Review*, *112*, 777–813.
- Feng, G., Miller, K., Shu, H., & Zhang, H. (2001). Rowed to recovery: the use of phonological and orthographic information in reading Chinese and English. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *27*, 1079–1100.
- Frisson, S., Klement, E. N., & Pollatsek, A. (2008). The role of semantic transparency in the processing of English compound words. *British Journal of Psychology*, *99*, 87–107.
- Hand, C., Mielle, S., O' Donnell, P., & Sereno, C. (2010). The frequency-predictability interaction in reading: It depends where you're coming from. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance*, *36*, 1294–1313.
- Hyönä, J., & Bertram, R. (2011). Optimal viewing position effects in reading Finnish. *Vision Research*, *51*, 1279–1287.
- Inhoff, A. W., Liu, W., & Tang, Z. H. (1999). Use of prelexical and lexical information during Chinese sentence reading: Evidence from eye movement studies. In J. Wang, A. W. Inhoff, & H. C. Chen, (Eds.), *Reading Chinese Script: A cognitive analysis* (pp. 207–220). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Inhoff, A. W., Starr, M. S., Solomon, M., & Placke, L. (2008). Eye movements during the reading of compound words and the influence of lexeme meaning. *Memory and Cognition*, *36*, 675–687.
- Juhasz, B. J. (2007). The influence of semantic transparency on eye movements during English compound word recognition. In R. P. G. van Gompel, M. H. Fischer, W. S. Murray, & R. L. Hill, (Eds.), *Eye movements: A window on mind and brain* (pp. 373–389). Amsterdam: Elsevier.
- Kajii, N., Nazir, T.A., & Osaka, N. (2001). Eye movement control in reading unspaced text: The case of the Japanese script. *Vision Research*, *41*, 2503–2510.
- 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*, 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*, 12–35.
- Li, X. S., Liu, P. P., & Rayner, K. (2011). Eye movement guidance in Chinese reading: Is there a preferred viewing location? *Vision Research*, *51*, 1146–1156.
- McDonald, S. A., & Shillcock, R. C. (2004). The potential contribution of preplanned refixations to the preferred viewing location. *Perception & Psychophysics*, *66*, 1033–1044.
- Mielle, 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*, 762–769.
- Nuthmann, A., Engbert, R., & Kliegl, R. (2005). Mislocated fixations during reading and the inverted optimal viewing position effect. *Vision Research*, *45*, 2201–2217.
- 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*, 185–197.
- Paterson, K. B., Livensedge, S. P., & Davis, C. J. (2009). Inhibitory neighbor priming effects in eye movements during reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, *16*, 43–50.
- Perea, M., & Acha, J. (2009). Space information is important for reading. *Vision Research*, *49*, 1994–2000.
- Pollatsek, A., & Hyönä, J. (2005). The role of semantic transparency in the processing of Finnish compound words. *Language and Cognitive Processes*, *20*, 261–290.
- Pollatsek, A., Juhasz, B. J., Reichle, E. D., Machacek, D., & Rayner, K. (2008). Immediate and delayed effects of word frequency and word length on eye movements in reading: A reversed delayed effect of word length. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *34*, 726–750.
- Pollatsek, A., Tan, L. H., & Rayner, K. (2000). The role of phonological codes in integrating information across saccadic eye movements in Chinese character identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *26*, 607–633.
- Rayner, K. (1979). Eye guidance in reading: Fixation locations within words. *Perception*, *8*, 21–30.
- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *62*, 1457–1506.
- 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, 720–732.
- Rayner, K., Li, X., & Pollatsek, A. (2007). Extending the E-Z Reader model of eye movement control to Chinese readers. *Cognitive Science*, 31, 1021–1034.
- Rayner, K., Li, X. S., Juhasz, B. J., & Yan, G. L. (2005). The effect of word predictability on the eye movements of Chinese readers. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 1089–1093.
- Reichle, E. D. (2011). Serial-attention models of reading. In S. P. Livernedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling, (Eds.), *The Handbook on Eye Movements* (pp. 767–786). Oxford: University Press.
- Reichle, E. D., Warren, T., & McConnell, K. (2009). Using E-Z Reader to model the effects of higher-level language processing on eye movements during reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(1), 1–20.
- Reilly, R. G., Radach, R., Corbic, D., & Luksaneeyanawin, S. (2005). Comparing reading in English and Thai: The role of spatial word unit segmentation in distributed processing and eye movement control. In *Proceedings of the 13th European conference on eye movements*. Switzerland: University of Bern.
- Sainio, M., Hyönä, J., Bingushi, K., & Bertram, B. (2007). The role of interword spacing in reading Japanese: An eye movement study. *Vision Research*, 20, 2575–2584.
- Shen, D. L., Livernedge, S. P., Tian, J., Zang, C. L., Cui, L., Bai, X. J., et al. (2012). Eye movements of second language learners when reading spaced and unspaced Chinese text. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, in press.
- 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.
- Simola, J., Holmqvist, K., & Lindgren, M. (2009). Right visual field advantage in parafoveal processing: Evidence from eye-fixation-related potentials. *Brain and Language*, 111, 101–113.
- Starr, M. S., & Rayner, K. (2001). Eye movements during reading: Some current controversies. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 5, 156–162.
- Sun, F., & Feng, D. (1999). Eye Movements in Reading Chinese and English Text. In J. Wang, A. W. Inhoff, & H. C. Chen, (Eds.), *Reading Chinese Script: A cognitive analysis* (pp. 189–204). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Tan, L. H., & Perfetti, C. A. (1999). Phonological activation in visual identification of Chinese two-character words. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 382–393.
- Tsai, J. L., & McConkie, G. W. (2003). Where do Chinese readers send their eyes? In J. Hyönä, R. Radach, & H. Deubel, (Eds.), *The mind's eye: Cognitive and applied aspects of eye movement research* (pp. 159–176). Oxford: Elsevier.
- Tsai, J. L., Lee, C. Y., Lin, Y. C., Tzeng, O. J. L., & Hung, D. L. (2006). Neighborhood size effects of Chinese words in lexical decision and reading. *Language and Linguistics*, 7, 659–675.
- Vitu, F., McConkie, G., 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, H., Pomplun, M., Chen, M., Ko, H., & Rayner, K. (2010). Estimating the effect of word predictability on eye movements in Chinese reading using latent semantic analysis and transitional probability. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63, 1374–1386.
- Williams, R. S., & Morris, R. K. (2004). Eyemovements, word familiarity, and vocabulary acquisition. In R. Radach, A. Kennedy, & K. Rayner, (Eds.), *European Journal of Cognitive Psychology* (pp. 312–339). Psychology Press Ltd.
- Winskel, H., Radach, R., & Luksaneeyanawin, S. (2009). Eye movements when reading spaced and unspaced Thai and English: A comparison of Thai-English bilinguals and English monolinguals. *Journal of Memory and Language*, 61, 339–351.
- Wong, K., & Chen, H. (1999). Orthographic and phonological processing in reading Chinese text: evidence from eye fixations. *Language and Cognitive Processes*, 14, 461–480.
- Yan, G. L., Bai, X. J., Zang, C. L., Bian, Q., Cui, L., Qi, W., et al. (2011). Using stroke removal to investigate Chinese character identification during reading: Evidence from eye movements. *Reading and Writing*, 25, 951–979.
- Yan, G. L., Tian, H. J., Bai, X. J., & Rayner, K. (2006). The effect of word and character frequency on the eye movements of Chinese readers. *British Journal of Psychology*, 97, 259–268.
- Yan, M., Kliegl, R., Richter, E., Nuthmann, A., & Shu, H. (2010). Flexible saccade target selection in Chinese reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63, 705–725.
- Yang, H. M., & McConkie, G. W. (1999). Reading Chinese: Some basic eye movement characteristics. In J. Wang, A. W. Inhoff, & H. C. Chen, (Eds.), *Reading Chinese Script: A cognitive analysis* (pp. 207–220). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Zang, C. L., Livernedge, 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 Handbook on Eye Movements* (pp. 961–978). Oxford: Oxford University Press.
- Zang, C. L., Liversedge, S. P., Liang, F. F., Bai, X. J., & Yan, G. L. (2012). Interword spacing and landing position effects during Chinese reading in children and adults. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, in revision.
- Zhou, X., & Marslen-Wilson, W., (2000). The relative time course of semantic and phonological activation in reading Chinese. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 1245–1265.

Several Effects on Chinese Lexical Processing: Evidence from Eye Movements

ZANG Chuan-Li; ZHANG Man-Man; GUO Xiao-Feng; LIU Juan;
YAN Guo-Li; BAI Xue-Jun

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

Abstract: Researchers have revealed some important effects from researches on eye movements when readers' eye movements were recorded by eye tracking. These effects are benefit for us to understand the processing of reading deeply. We reviewed these effects on the spatial information of reading materials, lexical characteristics, linguistic factors and word structure, which were demonstrated on lexical processing in reading. Finally, we discussed the relationship among these effects and the role they played in constructing models of word recognition, and we also pointed out the diversity research tendency with the combination of eye movement technology and ERPs.

Key words: eye movements; lexical processing; Chinese; reading