

词汇信息和语境信息在中文词汇加工中的作用

周一浩

福建师范大学心理学院, 福建 福州

收稿日期: 2024年12月31日; 录用日期: 2025年2月10日; 发布日期: 2025年2月21日

摘要

在各种词汇信息和语境信息中, 词频、词长和词的预测性是三种对于词汇加工影响最大的因素, 无论在字母文字还是中文里都有着普遍的作用, 而中文相比较于字母文字有着显著的不同, 中文里的字频、笔画数、词素位置概率等因素也会产生独特的影响。词汇识别和词切分是词汇加工的两个主要成分, 通过总结和探讨词频、词长和词的预测性这三大因素以及其他独特的因素对于词汇识别和词切分的影响, 深入了解中文词汇加工的特殊之处, 为中文词汇加工的机制给出启示。

关键词

中文词汇加工, 词频, 词长, 词的预测性, 词切分

The Role of Lexical Information and Contextual Information in Chinese Word Processing

Yihao Zhou

School of Psychology, Fujian Normal University, Fuzhou Fujian

Received: Dec. 31st, 2024; accepted: Feb. 10th, 2025; published: Feb. 21st, 2025

Abstract

Word frequency, word length and word predictability have a general impact on reading, while Chinese is significantly different from Alphabetical language, and their word processing mechanisms can't be generalized. Word recognition and word segmentation, as the two components of word processing, can be summarized and discussed by summarizing and discussing the effects of word frequency, word length and word predictability and the interaction among them on Chinese word recognition and word segmentation. In-depth understanding of the special features and mechanisms of Chinese

word processing can provide inspiration for the improvement of Chinese reading model.

Keywords

Chinese Word Processing, Word Frequency, Word Length, Word Predictability, Word Segmentation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中文作为一种无空格的象形文字,与字母文字(英语、法语等)有着极大的差异(Li et al., 2022)。在字母文字中,由于词间空格的存在,使得词的切分有着明确的边界,而中文由于不存在词间空格,所以并没有明确的词的开端和结尾,因此,在中文里经常出现词汇边界歧义(He et al., 2021)。中文词汇大多数由两个或更多个字符组成,每个字的长度基本一致,都是一个方格大小(现代汉语常用词表课题组, 2008)。中文读者以词为基本单元,而非以字为单位进行处理(Bai et al., 2008; Zhou & Li, 2021),词优效应(word superiority effect)的研究也证明了这一点,中文读者在阅读一串字符后,可以更准确地识别一个嵌入到正常词汇中的汉字,但是会比较难识别嵌入在不构成词汇的字符串中的汉字,说明中文是以词作为一个整体加工(Shen & Li, 2012),因此,词汇加工对中文阅读是极其重要的,是语言阅读的基本单位。由于中文的词汇之间没有空格,所以在词汇加工的过程中不仅要识别和解释词汇,还需要进行词切分(Li, Rayner, & Cave, 2009)。词汇识别和词切分受到许多信息的影响,比如词频、词长、词汇预测性、正字法规则、词素位置概率等信息(曹海波等, 2023; 杨群, 王艳, 张积家, 2019; Li et al., 2022; Li, Rayner, & Cave, 2009),在 Rayner 等人看来,有三个因素对于词汇加工的影响是最大的,分别是词频、词长和词的预测性,并将这三个因素称为词汇处理的三大因素(Clifton et al., 2016),其中词频(词汇水平信息)和词长(视觉信息)属于词汇本身的信息,而词汇预测性属于语境信息。这三个因素是中文和字母语言都会存在的很大的效应,但是具体的影响机制和效果有着很大的不同,比如字母语言的视觉复杂度是和词长挂钩,而中文的视觉复杂度一般是由笔画数决定的(Zang et al., 2016)。词汇识别和词切分作为词汇加工的两部分,两者的关系还是一个悬而未决的问题,目前主要有两种对立的观点:第一种观点认为词汇识别和词切分是同时发生的,读者在识别出来一个词汇的同时,这个词汇的前后边界也就被确定,从一句话中切分出来了,代表的模型是中文阅读模型(Li & Pollatsek, 2020)。另一种观点则是认为词汇识别和词切分不是同时进行的,分为不同的阶段,代表模型是 E-Z Reader 模型(Reichle, 2011)。CRM 认为知觉广度中所有的字可以被同时激活,这些字相应的词也会同时激活并进行相互竞争,其中的一个词最后赢得竞争,被切分并识别出来,因此,根据该模型,词切分和词汇识别是同时进行的。然而,由于 CRM 只考虑了词汇加工水平,忽视了高级认知过程的许多方面,无法模拟语义预视效应等高水平语境信息的影响。E-Z Reader 模型遵循两个基本假设:(1) 词汇识别按照严格的序列加工进行,一次只能加工一个词汇,只有前一个词汇加工完成后,后一个词汇才会进行加工;(2) 在词汇识别完成后,会激发眼跳活动,使眼睛注视下一个目标,但是注意力和眼跳之间的链接比较松散,会出现副中央凹预视。但 E-Z Reader 模型是基于字母文字提出的,中文作为无空格的象形文字,可能不适用于此模型。通过总结词频、词长、词的预测性以及三者之间的交互作用对于词汇识别和词切分的影响,可以深入了解中文词汇加工的机制。

2. 词汇信息和语境信息在词汇识别中的作用

2.1. 词频(Word-Frequency)

词频效应是指在阅读过程中,词的频率越高,注视时间会越短,识别速度更快,跳读的概率越高(王敬欣等, 2023; Ma, Li, & Rayner, 2014; Rayner et al., 2006),此外,词频还会影响词的加工方式,中文阅读的一些研究发现,高频词通常被加工为一个整体,而低频词则是加工为不同单元(白学军等, 2015; Cui et al., 2021; Yan et al., 2006; Zang, 2019)。对于词频进一步细化研究是字频的影响以及字频和词频的交互作用等方面,一项关于字频和词频对于阅读的影响研究发现,词频对于命名任务、词汇判断任务和阅读任务都有促进作用,但是字频只对命名任务有促进作用,对于词汇判断任务和阅读任务都有抑制作用(Xiong et al., 2023),命名任务代表着汉语单词识别早期阶段的特征,而词汇判断任务作用于在汉语单词识别的后期阶段(Li et al., 2015),根据 CRM,不同的字会激活相应的词,并产生竞争,导致加工变慢,字频的抑制效应说明了这种竞争出现在后期阶段。除了注视词本身的频率,临近词的频率也会影响注视词的加工,临近词频率的影响主要有两个效应:临近频率抑制效应(The inhibitory Neighbor Frequency effect)指的是目标词的临近单词频率较高时,要比临近单词频率较低条件更难处理(Huang et al., 2006; Li et al., 2017);临近范围促进效应(The Facilitatory Neighborhood Size effect)指的是当一个词汇有多个临近词时,可以促进词汇识别(Li et al., 2015),而近期的一项研究发现,词的预测性可以消除这两种邻近效应(Yao et al., 2022)。

此外,有研究发现词频在不同群体中有着不同的影响,低年级儿童的词频效应比高年级儿童更大(Guan & Fraundorf, 2020),老年读者比青年读者的词频效应更大(Liu et al., 2019)。慢速阅读人群注视低频词的时间要长于高频词(张慢慢等, 2022),而快速阅读人群对不同频率的词的注视时间无显著差异,这说明两种人群的词汇加工方式有着本质的区别。总的来说,词频对于词汇加工有着广泛而显著的影响,在词汇加工的早期阶段和晚期阶段上都发现了词频效应的存在。

2.2. 词长(Word-Length)

据统计,中文词汇里面有 6%是单字词,72%是两字词,12%是三字词,10%是四字词(现代汉语常用词表课题组, 2008),当考虑到词的表征(word tokens),70.1%的词是一字词,27.1%的词是二字词,1.9%的词是三字词,0.8%的词是四字词(Li & Pollatsek, 2020)。由于汉字知觉广度(左侧 1 个汉字到右侧 2~3 个汉字之间)的限制,词的长度对于阅读有着巨大的影响(Inhoff & Liu, 1998; 闫国利等, 2011),词汇长度越长,注视时间越长,跳读率越低,加工越困难(Rayner et al., 2011),Li 等人(2011)发现不同长度的词在首次注视时间上没有差异,在凝视时间和总注视时间上存在显著差异,这说明词长效应作用于后期阶段。E-Z Reader 模型(Reichle, 2011)和 SWIFT 模型(Engbert & Kliegl, 2011)都可以解释中文阅读中的词长效应,随着词长的增加,词的组成字符会离高敏感度的中央凹更远,副中央凹的预视也会减少,因此视觉上获得的信息会变少,读者必须进行一次或多次重读,才能有效地识别该单词。由于中文比较特殊,每个词是由单个字符组成的,Zang 等人(2018)发现,即使词长一样,但是目标词中的字能够激活更多的词会导致目标词加工时间变长,这一点上述两种模型不能很好的解释,Li 和 Pollatsek (2020)提出的 CRM 可以有效解释这一现象,在识别词汇的过程中,知觉广度中的汉字会同时激活,这些字相应的词也会激活,这些激活的词汇之间进行相互竞争,最后只有激活度最高的词赢得竞争,被识别和切分出来,来自不同词汇的字激活的词会更多,所以竞争时间较长,识别时间也会变长,笔画数对于词汇识别的影响为这一解释提供了证据:视觉高度复杂(笔画数多)的字符比视觉上不复杂(笔画数少)的字符更有可能被注视,并且注视的时间更长(Liversedge et al., 2014)。

2.3. 词的预测性(Word-Predictability)

预测性效应是一种普遍现象,通常采用完形填空概率来评估,即将出现的词汇能够被读者预测出的概率越高,说明词汇的预测性越高(Rayner & Well, 1996)。无论是在字母语言中(如英语、法语)还是在非字母语言(如汉语)中都会存在,高预测性的词要比低预测性的词的加工时间更短,更可能被跳读(苏衡等, 2016; Miellet et al., 2007; Rayner et al., 2005)。预测性对于词汇识别的作用机制依然具有争议,一些研究认为预测性只会促进可被预测的词汇加工,不会抑制不可预测词汇的识别,即不存在预测误差成本效应(常敏, 2021; Frisson et al., 2017),但也有研究发现存在预测误差成本效应(DeLong et al., 2011),这些结果的差异可能是由于采用了不同的材料导致的(字母语言和象形语言),因此需要进一步探讨跨语言之间的差异。可以发现,有关于预测误差成本效应在中文的研究中都是采用的单字词,今后的研究可以拓展的双字词和多字词中。

预测性对于不同群体会产生不同的影响,在聋生群体中,高阅读技能聋生读者比低阅读技能聋生识别词汇时能更多地利用语境预测性信息(陈朝阳等, 2018),高阅读技能儿童比低技能儿童的预测性效应出现的更早,儿童读者的词汇预测性受到阅读技能的调节(刘妮娜等, 2020)。此外,年龄与语境预测性之间的交互作用也是显著的,相对于青年人,老年人表现出更大的词长效应和更大的语境预测性效应(任梦雪等, 2020)。这些结果说明阅读技能越好受到预测性的影响越大。与预测性相关的语境信息还有合理性,两者有相似之处,合理性越高的词汇预测性就会越高,合理性越低的词汇越不可预测,两者都涉及语义和句法层面(Veldre & Andrews, 2018),但是也是存在一定的差别的,一些研究发现这两者的作用时间和大小存在差异(Haeuser & Kray, 2022; Kuperberg et al., 2020; Nieuwland et al., 2019)。总的来说,预测性对于词汇的识别有着非常大并且非常普遍的影响,但是其产生机制依然需要进一步的探索。

2.4. 词汇信息和语境信息的交互作用

交互作用理论认为,不同水平的因素之间会存在交互作用,在阅读过程中,各种高水平语言因素会影响低水平因素的加工(Dank, 1983)。词频效应反映自下而上的文字识别过程,预测性效应反映自上而下的词汇加工过程(Dambacher et al., 2006),语境预测性与词频交互作用显著意味着语境预测性直接影响词汇通达阶段(Hand et al., 2010),但研究认为词频和预测性是影响词汇加工过程的两项基本且相对独立的因素(Reichle et al., 2006)。中文自然阅读的眼动研究发现,语境预测性与词频之间的交互作用在各项注视时间参数上均不显著(卢张龙等, 2008),说明这两个因素对眼动的影响只是具有相加效应(Lu et al., 2008)。Liversedge 等人(2014)发现了笔画数和词频存在交互作用,只有低频词存在视觉复杂性效应,在高频词中不存在,而在另一项研究中发现只有高频词产生了复杂性效应,在低频词中不存在(Zang et al., 2016),这可能是由于选取的被试群体差异所导致的。最近,宋悉妮等人(2022)同时对词频、预测性和笔画数三个因素进行了研究,发现预测性和词频、预测性和笔画数不存在交互作用,这说明预测性、词频和笔画数均独立地对中文文本阅读中的词汇识别产生显著的影响。Liu, Liu 等人(2020)的研究同样没有发现语境预测性与词频交互作用显著,而进一步研究字符水平发现,预测性和初始字的频率没有出现交互作用,但是预测性与尾词频率有交互作用。

章玉祉和张积家(2014)采用词汇命名任务来研究词汇产生过程中词长和词频的作用,结果并没有发现词长和词频有交互作用,由于词汇命名任务与自然阅读差异比较大,符颖(2018)进一步采用句子阅读任务也发现词长和词频没有交互作用。在词长和预测性方面,李亚(2016)同时操纵了目标词的预测性(高预测、低预测)和词长(双字词、三字词和四字词),在跳读率和总注视时间上发现了两者的交互作用:在高预测性条件下,双字词的跳读率高于三字词和四字词,双字词和三字词总注视时间没有差异,三字词的

跳读率高于四字词, 三字词总注视时间少于四字词; 在低预测性条件下, 三种词长之间的跳读率差异不显著, 双字词总注视时间少于三字词, 三字词总注视时间少于四字词。

3. 词汇信息和语境信息在词切分中的作用

在中文阅读中, 即使没有明确的线索来划分单词边界, 中国读者阅读中文也没有困难(李兴珊等, 2011; Liversedge et al., 2016), 研究发现, 中文阅读中的分词是一个快速且早期发生的过程(Gu & Li, 2015; Shen et al., 2012; Yan et al., 2015; Zang et al., 2013), 词切分开始于预视阶段(刘志方等, 2013; 苏衡等, 2016; Yan et al., 2015), 中文阅读的词切分机制比较复杂, 受多种词汇信息和语境信息的影响。

3.1. 词频

以往的研究不仅发现词频升高会加快词汇识别, 也会促进词切分, 高频词要比低频词更容易切分, 表现为眼跳长度更长, 跳读率更高(Liu et al., 2019; Yan et al., 2010), 对于重叠歧义字符串的研究发现, 这些材料的词切分也会受到词频的影响(Huang & Li, 2020; Ma et al., 2014), 在高—低频条件下, 支持左侧切分, 而在低—高频条件下支持右侧切分。由于词切分研究主要探讨的是一个词的前后边界如何建立, 因此词汇的首字和尾字对于词切分是否起到不一样的作用受到了普遍的关注, 有一些研究揭示相比较于首字频率, 词切分与尾字频率的关系更加紧密(赵冰洁等, 2018; Liu & Li., 2014), 例如赵冰洁等人(2018)发现首字字频不影响眼跳目标选择, 而尾字字频会显著影响。另外词素位置概率的研究也佐证了这一结论, 首字词素位置概率作用要小于尾字词素位置概率(Liang et al., 2023), 这一现象可能是由于中文阅读是从左到右的顺序导致的, 词 N 的左边界和词 N-1 的右边界是共享的, 当词 N-1 的右边界确定之后, 词 N 的左边界也已经确定, 所以词首字符的信息重要性就会下降, 而尾字对于词汇的切分有决定意义。

3.2. 词长

词长作为视觉信息对于词切分和词跳读具有非常大的影响, 随着词长变长, 加工时间会变长, 跳读率变低, 眼跳距离变远, 眼跳落点位置向右移动(Wei et al., 2013; Zang et al., 2018; 张慢慢等, 2020), 这一效应符合基于加工的策略(processing-based strategy), 即读者会尽可能多的加工信息, 词长在一定程度上变长, 眼跳长度也会变长。词长对于词切分的影响在 E-Z Reader 模型、SWIFT 模型和 CRM 中都可以解释, 这些模型采用了视敏度假设, 随着词长的变长, 词汇会离中央凹越来越远, 视敏度进而下降, 那么当一个词过长时, 会出现在副中央凹区域, 甚至超过了知觉广度(汉字的知觉广度在注视点左侧 1 个字到右侧 4 个字之间), 从而导致词切分失败。词汇位置加工的研究也说明词长对于词切分的产生作用, Li, Liu 和 Rayner (2011)发现如果对于词 N+1 只有单次注视, 那么眼跳落点位置靠近词的中间, 而多次注视的眼跳落点位置靠近开头, 这是由于长词切分失败, 所以读者只能采用多次注视进行切分, 而偏好注视位置会靠近开头。笔画数作为影响视觉复杂度的重要因素, 在词切分中也起到了一定的作用, 相比较于低视觉复杂度(笔画数少)的词汇, 高视觉复杂度(笔画数多)词汇的跳读率更低, 加工时间更长, 说明笔画数少的词汇更容易进行词切分(宋悉妮等, 2022; Liversedge et al., 2014; Zang et al., 2016)。

3.3. 词的预测性

预测性作为高水平的语境信息, 也会对于词切分产生影响, 以往的研究发现, 与低预测性的词相比, 高预测性的词更容易被跳过, 注视时间更短(Rayner et al., 2005; 刘志方等, 2020)。苏衡等人(2016)采用视觉掩蔽范式, 发现词 N+1 右侧的句子被掩蔽时会减少词汇预测性效应, 这说明在预视阶段词的预测性就已经对词切分起作用了, Liu 等人(2018)也观察到了预视加工阶段词的预测性对眼跳长度的影响, 高预测性词汇比低预测性目标词汇对自身产生更长的眼跳, 说明读者会利用语境预测性信息促进对双字词

的预视加工,进而影响指向目标词的眼跳幅度,使目标词更容易进行词切分。在重叠歧义字符串的研究中发现词汇语境信息会影响词切分的形式,导致重叠歧义字符串的左侧优势消失(Huang et al., 2021; Ma et al., 2014),这一发现可以被 CRM 的竞争假设很好的解释,而对于嵌套词的研究也发现语境信息对于词切分的影响,嵌套词整体合理时会被切分为一个单元,而嵌套词整体不合理时会被切分为不同单元(Zhou & Li, 2021),这符合 MCU 假设(Zang, 2019),当嵌套词整体十分常见且合理时,往往会倾向将多个汉字的嵌套词加工为一个整体,而不常见嵌套词往往会被加工为多个词汇。然而,有关语境信息对于嵌套词和重叠歧义字符串的研究都集中在语境合理性方面,有关语境预测性的作用还需要后续的研究进行探究。

3.4. 词汇信息和语境信息的交互作用

CRM 认为词切分是一个交互作用的结果,从视觉层、汉字层到词汇层之间互相影响,这一模型也能很好的解释中文词切分现象,但是其中不同成分之间的交互作用依然需要实验去证明。在中文里的研究普遍发现词的预测性和词频并不存在交互作用(宋悉妮等, 2022; Liu et al., 2020; Lu et al., 2008),而刘志方等人(2020)发现预测性与尾字字频有显著的交互作用,在低预测性条件下尾字字频效应显著,在高预测性条件下尾字字频效应不显著,而预测性与首字字频的交互效应则是一直都不显著,这说明词切分与尾字的关系更密切。由于词汇识别和词切分关系密切,因此在上述词汇识别中提到的研究也是词切分的证据,例如符颖(2018)的研究发现词长和词频在阅读中没有交互作用,李亚(2016)发现高预测条件下词长越短,跳读率越高,低预测性下不同长度的词的跳读率没有差异,说明预测性和词长会共同作用于词切分,对词切分有着共同的促进作用,而词长和词频在词切分中是否存在交互作用还需要实验进行进一步的分离来探究。

4. 总结与展望

正如上文所述,词汇信息和语境信息普遍影响词汇加工的各个阶段,在词汇信息方面,词频和词长对于词汇加工有着极大的影响,词频越高,词长越短,词汇加工就越容易,字频、词素位置概率、笔画数等信息虽然没有词频和词长的作用大(Clifton et al., 2016),但也有着明显的作用。词频和字频的关系极为紧密,存在非常强的相关,最近的一项研究通过对字频和词频进行分离,发现字的加工和词的加工之间存在交互机制,第一成分的字频和词频对于复合词的加工有不同方向的影响,第一成分字频对复合词加工有促进作用,而第一成分词频会抑制复合词的加工(Zhang et al., 2024)。在语境信息方面,词的预测性和合理性都作为语境信息,具有相关性但也存在不同之处,两者都对词汇加工有着影响,高预测性的词和合理的词要比低预测性的词和不合理的词更容易加工,但两者的作用可能会产生一定的混淆,目前在字母语言中有将这两者进行区分的研究,但在中文阅读里还需要进一步的实验来将二者区分开来。

在这两种信息的交互作用方面的研究比较复杂,词频和预测性两者之间不存在交互作用,但是字频和预测性之间可能存在交互作用,这种差异性可能是由于加工水平的上升(汉字水平到词汇水平)所导致的(刘志方等, 2020),但具体的原因需要进一步地分析语境与汉字和词汇之间的关系才能得知。词频和词长之间不存在交互作用,但预测性和词长之间可能存在交互作用,说明词长也会影响到词汇加工的后期阶段。此外,这三者之间的三重交互作用研究依然缺乏,综合研究或许能更好地说明中文词汇加工的机制。除了上述的三大因素外,研究者们也对其他的一些因素进行了交互作用研究,笔画数这一视觉信息与词频之间存在交互作用,但是与预测性之间不存在交互作用,说明笔画数作用于早期加工阶段,最近对于词素位置概率与预测性交互研究发现了不一样的结果,Liang 等人(2023)发现首词素位置概率和尾词素位置概率作用大小不一样,首词素的作用要小于尾词素,但另外的一些研究却发现了不同的结果,认为首词素的作用要大于尾词素(曹海波等, 2023; 梁菲菲等, 2024),这一不同可能是由于词汇加工难度的

不同所导致的, 后续需要进一步了解词素位置概率的发生条件。

词汇识别和词切分的关系一直受到广泛的关注, 主要在于这两者到底是平行加工还是序列加工, 平行加工的代表模型是 CRM (Li & Pollatsek, 2020), 该模型认为知觉广度中所有的字可以被同时激活, 这些字相应的词也会同时激活并进行相互竞争, 其中的一个词最后赢得竞争, 被切分并识别出来, 因此, 根据该模型, 词切分和词汇识别是同时进行的。序列加工的代表模型为 E-Z Reader 模型(Reichle, 2011; Reichle et al., 2013), 该模型认为词汇识别按照严格的序列加工进行, 一次只能加工一个词汇, 只有前一个词汇加工完成后, 后一个词汇才会进行加工, 因此词切分和词汇识别是按照序列进行的。可以通过下面的一些研究来探讨平行加工和序列加工存在的争议, 一是有关重叠歧义字符串的研究, 在重叠歧义字符串中, 发现右边词频高会导致左侧优势消失, 改变词切分情况, 证明是中文词汇采用平行加工(Huang et al., 2021; Ma et al., 2014)。二是有关副中央凹-中央凹效应(parafoveal-on-foveal effects, POF 效应)的研究, 一些研究发现存在 POF 效应, 支持平行加工(Yan et al., 2009; Yang et al., 2012), 而另外的研究则发现不存在 POF 效应, 认为中文词汇是序列加工的(白学军等, 2009)。三是有关高水平预视信息的研究, 在副中央凹区域能够加工高水平语义信息被认为是平行加工的证据(臧传丽等, 2019), Yan 等人(2012)发现在副中央凹处可以加工语义信息, 支持平行加工, 而鹿子佳等人(2022)发现不存在句法的副中央凹预视效应, 支持序列加工, 这或许是语义和句法这两种高水平信息存在不同之处所导致的。总的来说, 有关平行加工和序列加工的争议仍在继续, 为了缓解两者的争论, Zang (2019)提出了多成分单元假设(Multi-Constituent Unit, MCU), MCU 假设认为如果读者对于一个词比较熟悉, 那么就会加工为一个单元, 不熟悉就会加工为多个单元, 从而不用具体的来讲到底是平行加工还是序列加工。

参考文献

- 白学军, 胡笑羽, 闫国利(2009). 中文阅读的副中央凹-中央凹效应: 词 n 的语义透明度对词 n-1 加工的影响. *心理学报*, 41(5), 377-386.
- 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(1), 85-91.
- 曹海波, 兰泽波, 高峰, 于海涛, 李鹏, 王敬欣(2023). 词素位置概率在中文阅读中的作用: 词汇判断和眼动研究. *心理学报*, 55(2), 159-176.
- 常敏(2021). *汉语阅读中预测加工认知机制的眼动研究*. 博士学位论文, 天津: 天津师范大学.
- 陈朝阳, 刘志方, 苏永强, 程亚华(2018). 高低阅读技能聋生词汇加工的语境预测性效应特点: 眼动证据. *心理发展与教育*, 34(6), 692-699.
- 符颖(2018). *中文阅读中词长及词频与词频的眼动研究*. 硕士学位论文, 天津: 天津师范大学.
- 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.
- 李亚(2016). *词长和语境可预测性对中文句子阅读中词跳读影响的眼动研究*. 硕士学位论文, 长沙: 湖南师范大学.
- 梁菲菲, 冯琳琳, 刘瑛, 李馨, 白学军(2024). 阅读伴随词汇学习的词切分: 首、尾词素位置概率的不同作用. *心理学报*, 56(3), 281-294.
- 刘妮娜, 王霞, 刘志方, 闫国利(2020). 词汇预测性对中文高、低阅读技能儿童眼动行为的影响. *心理科学*, 43(6), 1369-1375.
- 刘志方, 全文, 张智君, 赵亚军(2020). 语境预测性对阅读中词加工过程的影响: 眼动证据. *心理学报*, 52(9), 1031-1047.
- 刘志方, 闫国利, 张智君, 潘运, 杨桂芳(2013). 中文阅读中的预视效应与词切分. *心理学报*, 45(6), 614-625.
- 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(4), 29-33.
- 鹿子佳, 符颖, 张慢慢, 臧传丽, 白学军(2022). 中文词类信息在副中央凹中的加工. *心理学报*, 54(5), 441-452.
- 任梦雪, 田宏杰, 全文, 刘志方(2020). 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. *心理学探新*, 40(5), 417-424.
- 宋悉妮, 徐晓晨, 杨秀莉, 孙桂苓, 崔磊(2022). 预期性、词频和笔画数对中文词汇识别影响的眼动研究. *心理科学*,

- 45(5), 1061-1068.
- 苏衡, 刘志方, 曹立人(2016). 中文阅读预视加工中的词频和预测性效应及其对词切分的启示: 基于眼动的证据. *心理学报*, 48(6), 625-636.
- 王敬欣, 赵赛男, 徐倩倩(2023). 字间空格与词频对青年人和老年人阅读的影响: 眼动研究. *心理发展与教育*, 39(6), 781-787.
- 现代汉语常用词表课题组(2008). *现代汉语常用词表*. 商务印书馆.
- 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(3), 249-263.
- 杨群, 王艳, 张积家(2019). 正字法深度对汉族、维吾尔族大学生汉字词命名的影响. *心理学报*, 51(1), 1-13.
- 臧传丽, 鹿子佳, 张志超(2019). 语义和句法信息在副中央凹加工中的作用. *心理科学进展*, 27(1), 11-19.
- 张慢慢, 胡惠兰, 边菡, 李芳, 张志超, 臧传丽(2022). 中文阅读中快速读者与慢速读者的词频效应. *心理与行为研究*, 20(3), 304-310.
- 张慢慢, 臧传丽, 白学军, 闫国利(2020). 先前语境与随后副中央凹预视在词跳读中的相对作用. *心理科学进展*, 43(5), 1058-1064.
- 章玉祉, 张积家(2014). 汉语言产生中的词长效应. *心理学报*, 46(9), 1232-1241.
- 赵冰洁, 王永胜, 陈茗静, 李馨, 闫国利, 白学军(2018). 双字词整词加工与词素加工在眼跳目标选择中的作用. *心理与行为研究*, 16(6), 721-734.
- Bai, X., Yan, G., Livsersedge, S. P., Zang, C., & Rayner, K. (2008). Reading Spaced and Unspaced Chinese Text: Evidence from Eye Movements. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34, 1277-1287. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.34.5.1277>
- Clifton, C., Ferreira, F., Henderson, J. M., Inhoff, A. W., Livsersedge, 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. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2015.07.004>
- Cui, L., Wang, J., Zhang, Y., Cong, F., Zhang, W., & Hyönä, J. (2021). Compound Word Frequency Modifies the Effect of Character Frequency in Reading Chinese. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 74, 610-633. <https://doi.org/10.1177/1747021820973661>
- Dambacher, M., Kliegl, R., Hofmann, M., & Jacobs, A. M. (2006). Frequency and Predictability Effects on Event-Related Potentials during Reading. *Brain Research*, 1084, 89-103. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.02.010>
- Dank, J. H. (1983). Comprehension Process in Oral Reading. In G. B. Flores, d'Arcans, & R. J. Jarvella (Eds.), *The Process of Language Understanding*. Wiley.
- DeLong, K. A., Urbach, T. P., Groppe, D. M., & Kutas, M. (2011). Overlapping Dual ERP Responses to Low Cloze Probability Sentence Continuations. *Psychophysiology*, 48, 1203-1207. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01199.x>
- Engbert, R., & Kliegl, R. (2011). Parallel Graded Attention Models of Reading. In S. P. Livsersedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Eds.), *The Oxford Handbook of Eye Movements* (pp. 787-800). Oxford University Press.
- Frisson, S., Harvey, D. R., & Staub, A. (2017). No Prediction Error Cost in Reading: Evidence from Eye Movements. *Journal of Memory and Language*, 95, 200-214. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2017.04.007>
- Gu, J., & Li, X. (2015). The Effects of Character Transposition within and across Words in Chinese Reading. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77, 272-281. <https://doi.org/10.3758/s13414-014-0749-5>
- Guan, C. Q., & Fraundorf, S. H. (2020). Cross-Linguistic Word Recognition Development among Chinese Children: A Multilevel Linear Mixed-Effects Modeling Approach. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 544. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00544>
- Haeuser, K. I., & Kray, J. (2022). How Odd: Diverging Effects of Predictability and Plausibility Violations on Sentence Reading and Word Memory. *Applied Psycholinguistics*, 43, 1193-1220. <https://doi.org/10.1017/s0142716422000364>
- Hand, C. J., Mielliet, S., O'Donnell, P. J., & Sereno, S. 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. <https://doi.org/10.1037/a0020363>
- He, L., Song, Z., Chang, M., Zang, C., Yan, G., & Livsersedge, S. P. (2021). Contrasting Off-Line Segmentation Decisions with On-Line Word Segmentation during Reading. *British Journal of Psychology*, 112, 662-689. <https://doi.org/10.1111/bjop.12482>
- Huang, H., Lee, C., Tsai, J., Lee, C., Hung, D. L., & Tzeng, O. J.-L. (2006). Orthographic Neighborhood Effects in Reading Chinese Two-Character Words. *NeuroReport*, 17, 1061-1065. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000224761.77206.1d>

- Huang, L., & Li, X. (2020). Early, but Not Overwhelming: The Effect of Prior Context on Segmenting Overlapping Ambiguous Strings When Reading Chinese. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73, 1382-1395. <https://doi.org/10.1177/1747021820926012>
- Huang, L., Staub, A., & Li, X. (2021). Prior Context Influences Lexical Competition When Segmenting Chinese Overlapping Ambiguous Strings. *Journal of Memory and Language*, 118, Article 104218. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2021.104218>
- Inhoff, A. W., & Liu, W. (1998). The Perceptual Span and Oculomotor Activity during the Reading of Chinese Sentences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 20-34. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.24.1.20>
- Kuperberg, G. R., Brothers, T., & Wlotko, E. W. (2020). A Tale of Two Positivities and the N400: Distinct Neural Signatures Are Evoked by Confirmed and Violated Predictions at Different Levels of Representation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 32, 12-35. https://doi.org/10.1162/jocn_a.01465
- Li, M., Gao, X., Chou, T., & Wu, J. (2017). Neighborhood Frequency Effect in Chinese Word Recognition: Evidence from Naming and Lexical Decision. *Journal of Psycholinguistic Research*, 46, 227-245. <https://doi.org/10.1007/s10936-016-9431-5>
- Li, M., Lin, W., Chou, T., Yang, F., & Wu, J. (2015). The Role of Orthographic Neighborhood Size Effects in Chinese Word Recognition. *Journal of Psycholinguistic Research*, 44, 219-236. <https://doi.org/10.1007/s10936-014-9340-4>
- Li, X., & Pollatsek, A. (2020). An Integrated Model of Word Processing and Eye-Movement Control during Chinese Reading. *Psychological Review*, 127, 1139-1162. <https://doi.org/10.1037/rev0000248>
- Li, X., Huang, L., Yao, P., & Hyönä, J. (2022). Universal and Specific Reading Mechanisms across Different Writing Systems. *Nature Reviews Psychology*, 1, 133-144. <https://doi.org/10.1038/s44159-022-00022-6>
- Li, X., Liu, P., & Rayner, K. (2011). Eye Movement Guidance in Chinese Reading: Is There a Preferred Viewing Location? *Vision Research*, 51, 1146-1156. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.03.004>
- Li, X., Rayner, K., & Cave, K. R. (2009). On the Segmentation of Chinese Words during Reading. *Cognitive Psychology*, 58, 525-552. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2009.02.003>
- Liang, F., Gao, Q., Li, X., Wang, Y., Bai, X., & Livsersedge, S. P. (2023). The Importance of the Positional Probability of Word Final (But Not Word Initial) Characters for Word Segmentation and Identification in Children and Adults' Natural Chinese Reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 49, 98-115. <https://doi.org/10.1037/xlm0001116>
- Liu, P., & Li, X. (2014). Inserting Spaces before and after Words Affects Word Processing Differently in Chinese: Evidence from Eye Movements. *British Journal of Psychology*, 105, 57-68. <https://doi.org/10.1111/bjop.12013>
- Liu, Y., Guo, S., Yu, L., & Reichle, E. D. (2018). Word Predictability Affects Saccade Length in Chinese Reading: An Evaluation of the Dynamic-Adjustment Model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, 1891-1899. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1357-x>
- Liu, Z., Liu, X., Tong, W., & Fu, F. (2020). Word's Contextual Predictability and Its Character Frequency Effects in Chinese Reading: Evidence from Eye Movements. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 1833. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01833>
- Liu, Z., Tong, W., & Su, Y. (2019). Interaction Effects of Aging, Word Frequency, and Predictability on Saccade Length in Chinese Reading. *PeerJ*, 8, e8860. <https://doi.org/10.7717/peerj.8860>
- Livsersedge, S. P., Drieghe, D., Li, X., Yan, G., Bai, X., & Hyönä, J. (2016). Universality in Eye Movements and Reading: A Trilingual Investigation. *Cognition*, 147, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.10.013>
- Livsersedge, S. P., Zang, C., Zhang, M., Bai, X., Yan, G., & Drieghe, D. (2014). The Effect of Visual Complexity and Word Frequency on Eye Movements during Chinese Reading. *Visual Cognition*, 22, 441-457. <https://doi.org/10.1080/13506285.2014.889260>
- Lu, Z., Bai, X., & Yan, G. (2008). Eye Movement Study on the Interaction between Word Frequency and Predictability in the Recognition of Chinese Words. *Psychological Research*, 1, 29-33.
- Ma, G., Li, X., & Rayner, K. (2014). Word Segmentation of Overlapping Ambiguous Strings during Chinese Reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40, 1046-1059. <https://doi.org/10.1037/a0035389>
- 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, 762-769. <https://doi.org/10.3758/bf03196834>
- Nieuwland, M. S., Barr, D. J., Bartolozzi, F., Busch-Moreno, S., Darley, E., Donaldson, D. I. et al. (2019). Dissociable Effects of Prediction and Integration during Language Comprehension: Evidence from a Large-Scale Study Using Brain Potentials. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375, Article 20180522. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0522>
- Rayner, K., & Well, A. D. (1996). Effects of Contextual Constraint on Eye Movements in Reading: A Further Examination.

- Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 504-509. <https://doi.org/10.3758/bf03214555>
- Rayner, K., Li, X., Juhasz, B. J., & Yan, G. (2005). The Effect of Word Predictability on the Eye Movements of Chinese Readers. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 1089-1093. <https://doi.org/10.3758/bf03206448>
- 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, 448-465. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.3.448>
- 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, 514-528. <https://doi.org/10.1037/a0020990>
- Reichle, E. D. (2011). Serial-Attention Models of Reading. In S. P. Liversedge, I. D. Gilchrist, & S. Everling (Eds.), *The Oxford Handbook of Eye Movements* (pp. 767-786). Oxford University Press.
- Reichle, E. D., Liversedge, S. P., Drieghe, D., Blythe, H. I., Joseph, H. S. S. L., White, S. J. et al. (2013). Using E-Z Reader to Examine the Concurrent Development of Eye-Movement Control and Reading Skill. *Developmental Review*, 33, 110-149. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2013.03.001>
- Reichle, E. D., Pollatsek, A., & Rayner, K. (2006). E-Z Reader: A Cognitive-Control, Serial-Attention Model of Eye-Movement Behavior during Reading. *Cognitive Systems Research*, 7, 4-22. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2005.07.002>
- Shen, D., Liversedge, S. P., Tian, J., Zang, C., Cui, L., Bai, X. et al. (2012). Eye Movements of Second Language Learners When Reading Spaced and Unspaced Chinese Text. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18, 192-202. <https://doi.org/10.1037/a0027485>
- Shen, W., & Li, X. (2012). The Uniqueness of Word Superiority Effect in Chinese Reading. *Chinese Science Bulletin*, 57, 3414-3420. <https://doi.org/10.1360/972012-666>
- Veldre, A., & Andrews, S. (2018). Beyond Cloze Probability: Parafoveal Processing of Semantic and Syntactic Information during Reading. *Journal of Memory and Language*, 100, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2017.12.002>
- Wei, W., Li, X., & Pollatsek, A. (2013). Word Properties of a Fixated Region Affect Outgoing Saccade Length in Chinese Reading. *Vision Research*, 80, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2012.11.015>
- Xiong, J., Yu, L., Veldre, A., Reichle, E. D., & Andrews, S. (2023). A Multitask Comparison of Word- and Character-Frequency Effects in Chinese Reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 49, 793-811. <https://doi.org/10.1037/xlm0001192>
- Yan, G., Tian, H., Bai, X., & Rayner, K. (2006). The Effect of Word and Character Frequency on the Eye Movements of Chinese Readers. *British Journal of Psychology*, 97, 259-268. <https://doi.org/10.1348/000712605x70066>
- 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. <https://doi.org/10.1080/17470210903114858>
- Yan, M., Richter, E. M., Shu, H., & Kliegl, R. (2009). Readers of Chinese Extract Semantic Information from Parafoveal Words. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 561-566. <https://doi.org/10.3758/pbr.16.3.561>
- 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, 1069-1075. <https://doi.org/10.1037/a0026935>
- Yan, M., Zhou, W., Shu, H., & Kliegl, R. (2015). Perceptual Span Depends on Font Size during the Reading of Chinese Sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41, 209-219. <https://doi.org/10.1037/a0038097>
- Yang, J., Wang, S., Tong, X., & Rayner, K. (2012). Semantic and Plausibility Effects on Preview Benefit during Eye Fixations in Chinese Reading. *Reading and Writing*, 25, 1031-1052. <https://doi.org/10.1007/s11145-010-9281-8>
- Yao, P., Staub, A., & Li, X. (2022). Predictability Eliminates Neighborhood Effects during Chinese Sentence Reading. *Psychonomic Bulletin & Review*, 29, 243-252. <https://doi.org/10.3758/s13423-021-01966-1>
- Zang, C. (2019). New Perspectives on Serialism and Parallelism in Oculomotor Control during Reading: The Multi-Constituent Unit Hypothesis. *Vision*, 3, Article 50. <https://doi.org/10.3390/vision3040050>
- Zang, C., Fu, Y., Bai, X., Yan, G., & Liversedge, S. P. (2018). Investigating Word Length Effects in Chinese Reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 44, 1831-1841. <https://doi.org/10.1037/xhp0000589>
- Zang, C., Liang, F., Bai, X., Yan, G., & 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, 720-734. <https://doi.org/10.1037/a0030097>
- Zang, C., Zhang, M., Bai, X., Yan, G., Paterson, K. B., & Liversedge, S. P. (2016). Effects of Word Frequency and Visual Complexity on Eye Movements of Young and Older Chinese Readers. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69, 1409-1425. <https://doi.org/10.1080/17470218.2015.1083594>

-
- Zhang, Q., Huang, K., & Li, X. (2024). Competition between Parts and Whole: A New Approach to Chinese Compound Word Processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 50, 479-497. <https://doi.org/10.1037/xhp0001198>
- Zhou, J., & Li, X. (2021). On the Segmentation of Chinese Incremental Words. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 47, 1353-1368. <https://doi.org/10.1037/xlm0000984>