

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：中文文本熟悉性在词切分和词汇识别中的作用
作者：陈茗静 王永胜 赵冰洁 李馨 白学军

第一轮

审稿人 1 意见：

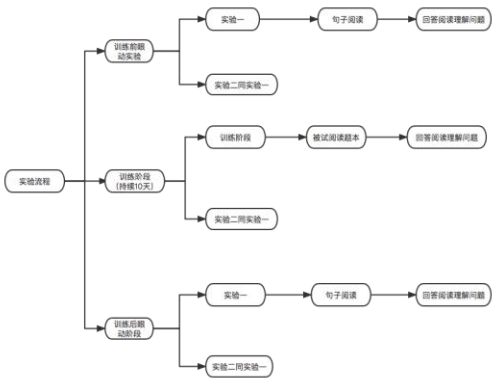
本研究中文 E-Z 读者模型，通过两个实验去考察格式熟悉性在词汇划分和词汇识别中的作用，结果发现中文阅读中格式熟悉性和词间空格的促进作用之间存在权衡。而且还发现，熟悉性在中文词汇识别过程中影响词汇识别的早期加工。该文整体设计严谨，作者对这个领域有一定的积累，而且研究结果在一定程度上能为读者模型的发展以及词汇划分和词汇识别机制的了解提供启示。但是，本文存在以下问题：

意见 1：阅读训练的引入有点突然，和题目中心之间的逻辑关联阐述得不够明显，因为这个主题其实完全可以通过操纵从左到右和从右到左阅读方式的变量来调节格式的熟悉程度，因此建议在开篇处多提及为何要引入阅读训练的概念；

回应：谢谢审稿人的意见，在文中已经进行了修正。在阅读研究中，对于特殊研究对象(例如，阅读障碍儿童和阅读障碍成人)或者是文本难度高的材料(例如，具有歧义或者透明度低的阅读材料)，阅读训练被证实可以有效提高读者的阅读流畅度和理解能力(Berends & Reitsma, 2006; Snellings et al., 2009)。本研究中使用陌生文本的阅读材料，在视觉空间水平上操纵阅读方向，结果发现：词间空格和无空格条件差异显著，即使是阅读水平极高的母语中文读者，也需要利用词间空格作为词切分线索来促进中文阅读。这也说明在陌生文本下的中文文本阅读难度高，Bai(2008)采用相同的阅读材料，在从左向右的文本下考察成人母语读者的阅读表现。结果中并没有发现词间空格的促进作用，对于结果的解释存在两种可能，一是词间空格的促进作用和文本呈现方式的熟悉性之间存在权衡，二是成人母语读者的阅读表现达到了天花板，词间空格无法促进其阅读表现。仅仅通过改变阅读方向无法排除第二种可能性，通过阅读训练提高读者对于陌生文本的熟悉性，具有有效性和发展意义。所以实验一采用阅读训练，结果支持了中文文本熟悉性和词间空格的促进作用存在权衡。

意见 2：实验程序的阐述不够清晰明了，建议表述清晰一些，目前阅读起来较为模糊，可适度地增加实验流程图；

回应：谢谢审稿人的意见，已经在文本添加实验流程图(如图 1)，如下。



意见 3: 实验 1 的设计中, 有一点没看懂的是, 本研究主要探讨的是格式熟悉性对词汇切分和词汇识别的作用, 那么为何不直接考察格式熟悉性在词汇加工中的作用呢? 而是间接通过熟悉性对【词间空格对词汇切分促进作用】的影响来探讨呢? 这个间接的逻辑对研究问题的解答有何特殊的作用呢? 这在文中并未阐述清楚;

回应: 谢谢, 审稿人的问题非常精准。根据 E-Z 读者模型, 视觉加工的前注意阶段包括词切分和词汇识别, 词汇加工过程中包括下一加工阶段——词汇通达阶段。本研究通过操纵改变阅读方向主改变文本熟悉性, 主要在视觉水平上-也就是前注意阶段进行探讨。本研究的逻辑是前人研究: 文本熟悉性和词间空格的促进作用存在权衡(Bai et al., 2008)。词间空格作为词切分线索主要表现在词切分水平上, 属于前视觉阶段。所以没有直接考察文本熟悉性在词汇加工中的作用, 而是考察文本熟悉性对词间空格的促进作用的权衡。

参考文献

Bai, X., Yan, G., Liversedge, 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(5), 1277-1287. doi:10.1037/0096-1523.34.5.1277

意见 4: 实验 2 的设计中就是直接看格式熟悉性对词汇识别的影响, 既然格式熟悉性可以促进词汇切分, 那么格式熟悉性是否也可以促进词汇识别呢? 如果也是促进作用, 就是回答了作者感兴趣的问题: 词汇切分和词汇识别是否同一个机制还是说是分离的机制, 但是这个实验设计的清晰显得实验 1 那种间接的逻辑更为尴尬, 因此建议作者更为清晰地阐述实验 1 为何要使用词汇空格对词汇切分的促进作用来研究格式熟悉性的作用, 然后再清晰一点解释实验 1 和实验 2 之间的关联, 这样可能会更好一些, 否则实验设计和研究问题, 以及实验间的逻辑关系不明朗;

回应: 谢谢审稿人的意见。本研究旨在探讨中文阅读中词切分和词汇识别的加工机制。基于 E-Z 读者模型, 词切分和词汇识别处在视觉加工的前注意阶段, 文本熟悉性是考察词切分阶段加工机制的关键。在前人研究基础上(Bai et al., 2008), 研究一发现中文阅读中确实存在文本熟悉性和词间空格促进作用的权衡, 支持词间空格也会促进成人母语读者的中文阅读。基于中文词切分的计算机模型(Li & Pollatsek, 2020), 词切分和词汇识别属于交互作用的同一过程, 词切分的同时进行词汇识别, 词汇识别完成的时候词切分自动完成。那么文本熟悉性在词切分水平上存在权衡, 文本熟悉性是否同样影响词汇识别水平是研究二的研究问题, 如果二者加工机制完全同一, 文本熟悉性的权衡作用会体现在词汇识别过程中, 但是研究结果发现文本熟悉性只影响词汇识别的早期阶段, 这说明二者的加工机制并不完全同一, 可能是序列加工。在预视阶段, 词切分完成或者部分完成的时候, 开始词汇识别。

实验一中之所以要使用词间空格对词汇切分的促进作用来研究文本熟悉性的作用, 是因为中文是意音的象形文字, 和拼音文字不同, 并没有包括词间空格作为内在的词切分线索。但是无论是中文还是拼音文字, 其基本加工单元都是词(Rayner, 2009; Rayner et al., 1998; Inhoff et al., 2000; Li et al., 2009; Perea & Acha, 2009)。所以中文读者在阅读过程中的首要任务就是在文本中切分出独立的词。词间空格作为低水平的视觉线索, 是研究者研究中文词切分机制的良好指标(Bai et al., 2008; Bassetti, 2009; Li et al., 2009; Zang et al., 2016; Ma, 2017; Liu & Lu, 2018; Ma & Zhuang, 2018; Zhou et al., 2020)。其中具有代表性的是 Bai(2008)的研究, 使用词间空格没有发现其对成人母语读者的促进作用, 但是使用外国大学生和中文阅读障碍儿童, 均可以发现词间空格的促进作用(白学军等, 2015; Yan et al. 2010; Zang et al., 2013)。所以实验一操纵文本熟悉性, 考察文本熟悉性和切分在中文阅读中的作用, 二者的交互作用可以反映文本熟悉性在词切分水平上的权衡, 可以支持前人研究: 词间空格作为低水平的视觉线索确实可以促进成人读者的中文阅读(Bai et al., 2008)。二者权衡对于中文阅读

中的切分、识别和阅读理解都有重要意义,也可以支持低水平的视觉线索和高水平的认知经验在中文阅读中是存在交互作用的,自下而上和自上而下地影响中文阅读,为中文 E-Z 读者模型提供实证支持。逻辑已在文中重新阐述。

参考文献

- Baayen, R. H., Davidson, D. J., & Bates, D. M. (2008). Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and Language*, 59(4), 390–412. doi:10.1016/j.jml.2007.12.005
- Bai, X., Li, X., & Yan, G.(2015). Eye movement control in Chinese reading: A summary of 20-years research. *Psychological Development and Education*, 31(1), 85–91. doi:10.16187/j.cnki.issn1001-4918.2015.01.12.
- [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.]
- 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(5), 1277–1287. doi:10.1037/0096-1523.34.5.1277
- Inhoff, A. W., Radach, R., & Heller, D. (2000). Complex compounds in German: inter-word spaces facilitate segmentation but hinder assignment of meaning. *Journal of Memory and Language*. 42(1), 23–50. doi: 10.1006/jmla.1999.2666
- Li, X. S., & Pollatsek, A. (2020). An integrated model of word processing and eye-movement control during Chinese reading. *Psychological Review*, 127(6), 1139–1162. doi:10.1037/rev0000248
- Li, X. S., Rayner, K., & Cave, K. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, 58(4), 525–552. doi:10.1016/j.cogpsych.2009.02.003
- Liu, P. P., & Lu, Q. (2018). The effects of spaces on word segmentation in Chinese reading: evidence from eye movements. *Journal of Research in Reading*, 41(2), 329–349. doi:10.1111/1467-9817.12106
- Ma, G. J. (2017). Does interword spacing influence lexical processing in Chinese reading? *Visual Cognition*, 25(7-8), 815–824. doi:10.1080/13506285.2017.1338322
- Ma, G. J., & Zhuang, X. L.(2018). Distributional analyses of word frequency effects in Chinese sentence reading and lexical decision tasks. *Journal of Research in Reading*, 41(1), 183–196. doi:10.1111/1467-9817.12259
- Perea, M., & Acha, J. (2009). Space information is important for reading. *Vision Research*. 49(15), 1994–2000. doi: 10.1016/j.visres.2009.05.009
- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(8), 1457–1506. doi:10.1080/17470210902816461
- 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. doi:10.1016/s0042-6989(97)00274-5
- 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(4), 705–725. doi:10.1080/17470210903114858
- 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. doi:10.1037/a0030097
- Zang, C. L., Wang, Y. S. , Bai, X. J., Yan, G. L., Drieghe, D., & Liversedge, S. P. (2016). The use of probabilistic lexicality cues for word segmentation in Chinese reading. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69(3), 548–560. doi:10.1080/17470218.2015.1061030.
- Zhou, W., Ye, W.W., & Yan, M. (2020). Alternating-color words facilitate reading and eye movements among second-language learners of Chinese. *Applied Psycholinguistics*, 41(3), 685–699. doi:10.1017/s0142716420000211

意见 5: 在实验 2 的混合效应模型分析中, 建议说清楚建模的方式, 如果是 backward stepwise

的方式，则应该说清楚 maximal model 中的随机效应结构，例如被试和项目的随机斜率和随机截距等，否则不清楚这部分的随机结构是什么。而且貌似实验 2 的因素皆为被试内，那么应该就没有项目的随机效应结构，数据统计部分建议重新审视。如果能阐述清楚实验与实验，以及实验与研究问题间的逻辑关联，并且能重新审查混合效应模型构建的细节，本文还是建议修改后发表。

回应：谢谢审稿人的意见。混合线性模型不仅可以应用于混合实验设计，也可以应用于完全被试内设计(Liang et al., 2017; Wang et al., 2018)。在中文阅读研究中，项目的随机效应通常是指阅读语句的随机效应，被试内设计也存在项目的随机效应。随机斜率和随机截距通常无法反映实验操纵的有效性，所以文中通常报告固定效应，固定效应可以良好反映实验操纵的有效性。基于审稿人的意见，原始程序中呈现了相关数据。其中文本熟悉性、词频、阅读训练作为固定因素，在文中报告了其截距值和显著性，在交互作用显著的前提下，以二者的交互作用作为固定因素，在文中报告了截距值和显著性，结果具有可靠性。

参考文献

- Liang, F. F., Blythe, H. I., Bai, X. J., Yan, G. L., Li, X., Zang, C. L., & Liversedge, S. P. (2017). The role of character positional frequency on Chinese word learning during natural reading. *Plos One*, 12(11). doi:10.1371/journal.pone.0187656
- Wang, Y. S., Zhao, B. J., Chen, M. J., Li, X., Yan, G. L., & Bai, X. J. (2018). Influence of the frequency of fixated words and the number of strokes of parafoveal words on saccadic target selection in Chinese reading. *Acta Psychologica Sinica*, 50(12), 1336–1345.
- [王永胜, 赵冰洁, 陈茗静, 李馨, 闫国利, 白学军. (2018). 中央凹加工负荷与副中央凹信息在汉语阅读眼跳目标选择中的作用. *心理学报*, 50(12): 1336–1345.]
-

审稿人 2:

意见 1：文章基于中文 E-Z 读者模型研究格式熟悉性和词切分在词汇识别中的作用。需要在前言中介绍一下这个模型。并阐述基于该模型的理论假设。

回应：谢谢审稿人的意见，已在前言中进行阐述。

读者的眼动特征可以灵敏反映阅读过程的加工特点。多种眼动模型被用于解释阅读加工机制，包括 SWIFT, SHARE, Glenmore, EMMA, SERIF, Mr. Chips 和竞争激活模型，其中 E-Z 读者模型(E-Z Reader model)最具影响力(Rayner, 2009)。模型描述了视觉加工的前注意阶段、注意分配阶段、单词识别阶段以及动眼神经系统。E-Z 读者模型作为一种计算模型，它具有高度透明性，可以解释阅读中眼动的整体特征，也能精准预测眼动轨迹。模型中存在两个核心阶段：(1) 熟悉性检验(L1)阶段，读者完成对词汇 n 的早期加工，这会触发动眼神经的扫视功能，眼睛从词 n 移到词 n+1；(2) 词汇通达(L2)阶段，词汇 n 加工完成时，注意由词 n 转到词 n+1，扫视和注意力转移是序列加工，注意只能集中于一个词汇。根据模型假设，视觉加工过程中还存在一个早期的前注意阶段，低水平的视觉信息(low-spatial frequency information: 例如，作为词切分线索的词间空格)会被动眼神经系统用于选择目标；高水平的视觉信息(high-spatial frequency information: 例如，识别单个字符所需的特征) 也会被词汇识别系统的注意选择用于进一步的词汇加工。

参考文献

- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(8), 1457–1506. doi:10.1080/17470210902816461

意见 2: 两个研究分别描述了两个不同的方面,各自针对的理论问题和认知机制是什么?两个研究之间的逻辑关系是什么?

回应: 谢谢审稿人的意见,文章逻辑已经重新梳理,已在文中进行阐述。

基于 E-Z 读者模型, Li (2009) 提出词切分和词汇识别是交互作用的同一过程,并完善了词切分的计算机模型(Li & Pollatsek, 2020)。研究者提出中文读者在词切分的同时进行词汇识别,词汇识别完成的时候词切分自动完成(Li et al., 2011; Ma, 2017)。但是词切分和词汇识别的加工机制究竟是完全同一还是部分分离的,需要实证支持。

研究一的研究问题是:探讨中文阅读中是否存在文本熟悉性和词间空格促进作用的权衡,这可以支持词间空格也会促进成人母语读者的中文阅读,也可以支持前人研究 (Bai et al., 2008)。认知机制是:在陌生格式下,词间空格作为低水平的视觉线索可以促进成人母语者的中文阅读。在阅读训练后,词间空格的促进作用消失。这说明低水平的视觉信息和高水平的认知经验存在交互作用,即使是极高水平的中文母语读者,也可以通过词间空格这种低水平的视觉线索促进中文阅读。这支持词切分的计算机模型中的整体假设 (Li & Pollatsek, 2020)。

研究二在研究一的基础上进行,二者的逻辑关系是:文本熟悉性和词间空格的促进作用存在权衡,根据前人假设,如果词切分和词汇识别属于交互作用的同一过程,词汇识别完成的同时词切分自动完成。但是,前人研究中并没有发现词间空格和词频的交互作用,与原假设不符 (Rayner et al., 1998; Ma, 2017)。前人使用生存分析法,发现虽然二者不存在交互作用,但是词间空格可以促进词频效应的出现时间,在词间空格条件下,词频效应的出现时间提前了 21 毫秒。这说明在词汇识别水平上,可能存在词间空格和文本不熟悉性之间的权衡,插入词间空格造成文本不熟悉性,这种不熟悉性权衡了部分词间空格对词频效应的促进,所以结果中没有出现词间空格和词频没有交互作用,但是可以提前 21 毫秒。

那么文本熟悉性在词切分水平上存在权衡,文本熟悉性是否同样影响词汇识别水平是研究二的研究问题。研究二的认知机制是:如果词汇识别和词切分的加工机制完全同一,文本熟悉性的权衡作用会体现在词汇识别过程中,但是研究二的结果发现文本熟悉性只影响词汇识别的早期阶段,这说明二者的加工机制并不完全同一,可能是序列加工的,在预视阶段,词切分完成或者部分完成的时候,开始词汇识别。结合研究一和研究二结果,探讨中文阅读词切分和词汇识别的加工机制,是本研究的核心问题。

参考文献

- Bai, X., Yan, G., Liversedge, 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(5), 1277-1287. doi:10.1037/0096-1523.34.5.1277
- Li, X. S., Liu, P. P., & Ma, G. J. (2011). Advances in cognitive mechanisms of word segmentation during Chinese reading. *Advances in Psychological Science*, 19(4), 459-470.
- [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.]
- Li, X. S., & Pollatsek, A. (2020). An integrated model of word processing and eye-movement control during Chinese reading. *Psychological Review*, 127(6), 1139-1162. doi:10.1037/rev0000248
- Li, X. S., Rayner, K., & Cave, K. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, 58(4), 525-552. doi:10.1016/j.cogpsych.2009.02.003
- Ma, G. J. (2017). Does interword spacing influence lexical processing in Chinese reading? *Visual Cognition*, 25(7-8), 815-824. doi:10.1080/13506285.2017.1338322

意见 3: 文章篇幅过长,结果部分需要整合。研究 1 的结果图需要提供显著性。

回应: 答: 谢谢审稿人的意见,作者已经整合了结果,去除了部分指标。研究 1 的结果图中

添加了显著性。

意见 4: 结论 3 不是本研究的特异性发现，不能作为本研究的结论。

回应: 谢谢审稿人的意见，已经删除。

意见 5: 文章个别词句不通。“操纵词频来研究汉语阅读过程中词汇识别的加工机制和特点”这句话前后没有联系。“尚为”。

回应: 谢谢审稿人的意见，文章语句通顺性的问题已在文中修正。

意见 6: 研究 1 讨论，“训练前后结果支持中文阅读中格式熟悉性和词间空格的促进作用之间存在权衡”说明什么？

回应: 谢谢审稿人的意见。已经在文中进行了详细说明。实验 1 证实了中文阅读文本熟悉性和词间空格促进作用之间的权衡。前人研究中认为，词间空间可以促进阅读障碍或歧义文本的中文阅读 (Hsu & Huang, 2000; Inhoff et al., 2000; Inhoff & Radach, 2002; Li et al., 2011; Liu et al., 2014; Ma et al., 2014)。实验 1 发现，即使是阅读水平极高的母语者也可以利用词间空格促进中文阅读，支持前人假设的基础上，扩大了词间空格促进作用的研究对象，也为后续研究提供启示。在中文词切分水平上，权衡背后的加工机制是低级视觉因素(格式熟悉性)和高级认知因素(阅读经验)的交互作用。该机制可以用中文词切分的计算模型中的整体假设来解释 (Li & Pollatsek, 2020)。模型中包含两个假设：前馈假设和整体假设。第一个假设支持汉字识别系统从字符中获取视觉信息，然后将其转移到词切分阶段，最后将其整合到词识别阶段的过程。加工过程只有自下而上的前馈，没有自上而下的反馈。然而，整体假设支持视觉信息系统、汉字识别系统和词汇识别系统交互影响分词阶段和词识别阶段。以往的研究支持整体假设适合中文阅读，这与本研究的结果一致 (Li et al., 2009; Li et al., 2011; Ma, 2017; Ma & Zhuang, 2018)。基于整体假设，词间空间作为低级视觉信息自下而上影响阅读理解，而阅读经验作为高级认知因素自上而下影响阅读理解。因此，作为文本熟悉性背后的高级认知因素的阅读经验和作为低级视觉因素的词间空间都会影响中文阅读，二者存在权衡。解释了前人研究结果 (Bai et al., 2008)。

参考文献

- Bai, X., Yan, G., Liversedge, 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(5), 1277-1287. doi:10.1037/0096-1523.34.5.1277
- Hsu, S. H., & Huang, K. C. (2000). Inter-word spacing in Chinese text layout. *Perceptual and Motor Skills*, 91(2), 355-365. doi:10.2466/pms.91.6.355-365
- Inhoff, A. W., & Radach, R. (2002). The role of spatial information in the reading of complex words. *Comments on Theoretical Biology*, 7(3), 121-138. doi: 10.1080/08948550213850
- Inhoff, A. W., Radach, R., & Heller, D. (2000). Complex compounds in German: inter-word spaces facilitate segmentation but hinder assignment of meaning. *Journal of Memory and Language*. 42(1), 23-50. doi: 10.1006/jmla.1999.2666
- Li, X. S., Liu, P. P., & Ma, G. J. (2011). Advances in cognitive mechanisms of word segmentation during Chinese reading. *Advances in Psychological Science*, 19(4), 459-470.
- [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.]
- Li, X. S., & Pollatsek, A. (2020). An integrated model of word processing and eye-movement control during Chinese reading. *Psychological Review*, 127(6), 1139-1162. doi:10.1037/rev0000248

- Li, X. S., Rayner, K., & Cave, K. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, 58(4), 525–552. doi:10.1016/j.cogpsych.2009.02.003
- 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. doi:10.1080/00140139.2014.945492
- Ma, G. J. (2017). Does interword spacing influence lexical processing in Chinese reading? *Visual Cognition*, 25(7-8), 815–824. doi:10.1080/13506285.2017.1338322
- 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. doi:10.1037/a0035389
- Ma, G. J., & Zhuang, X. L. (2018). Distributional analyses of word frequency effects in Chinese sentence reading and lexical decision tasks. *Journal of Research in Reading*, 41(1), 183–196. doi:10.1111/1467-9817.12259
-

第二轮

审稿人 1 意见：审稿人认为，经过认真修改，作者回答了审稿意见中涉及的问题，基本达到了发表的要求。建议发表。

回应：谢谢审稿人的意见。

审稿人 2 意见：本论文修改稿基本回答了初审提出的问题。另有几个小问题，供作者考虑：1. 文章把阅读方向称为“中文格式熟悉性”，是否恰当？2. 文章增加实验流程图，图示比较繁琐，且未标注编号。

回应：谢谢审稿人的意见。文章中已经将阅读方向称为“中文文本熟悉性”，实验流程图已经简化，加入编号。

编委复审专家意见：

意见 1:文章的术语要修改。如开头的一段：用了“文明”的术语，一般用“文化”，因为文明是大概念，文化则要小一些。开头的两句话与主题无关，是费话，完全可以不要。还有，汉字是表意文字是传统看法，现在一般说是意音文字，对应的英文等是拼音文字，而不是字母文字。

回应：谢谢编委专家的意见。开头的两句话已经删除，文章的术语经过了修正。表意文字已经修正为意音文字，字母文字已经修正为拼音文字。

意见 2:研究设计量得很严谨，但要解决的问题究竟是什么？为什么要采用不熟悉的格式？这种不熟悉的格式在生活中是不可能发生的，采用竖排格式（过去常用，现在在港台也常用）岂不是更好？

回应：谢谢编委专家的意见。本研究需要解决的研究问题如下：

在中文阅读过程中，读者阅读陌生文本时（例如，阿拉伯语读者阅读现代中文），会如何加工陌生文本的语言信息？陌生和熟悉文本的阅读加工是否存在差异？随着文本熟悉性变化，阅读表现是否会变化？是本研究的研究问题。

Li(2009)提出词切分和词汇识别是交互作用的同一过程，并完善了词切分的计算模型(Li

& Pollatsek, 2020)。研究者提出中文读者在词切分的同时进行词汇识别，词汇识别完成的时候词切分自动完成(Li et al., 2011; Ma, 2017)。但是词切分和词汇识别的加工机制究竟是完全同一还是部分分离的，需要实证支持。实验一的研究问题是：探讨中文阅读中是否存在文本熟悉性和词间空格促进作用的权衡，这可以支持词间空格也会促进成人母语读者的中文阅读，也可以支持前人研究(Bai et al., 2008)。认知机制是：在陌生文本下，词间空格作为低水平的视觉线索可以促进成人母语者的中文阅读。在阅读训练后，词间空格的促进作用消失。这说明低水平的视觉信息和高水平的认知经验存在交互作用，即使是极高水平的中文母语读者，也可以通过词间空格这种低水平的视觉线索促进中文阅读。这支持词切分的计算模型中的整体假设(Li et al., 2011)。实验二在实验一的基础上进行，研究一证明了文本熟悉性和词间空格的促进作用存在权衡，那么文本熟悉性在词切分水平上存在权衡，文本熟悉性是否同样影响词汇识别水平是研究二的研究问题。如果词汇识别和词切分的加工同步性存在，词切分和词汇识别是完全不可分离的，那么文本熟悉性的权衡作用会体现在词汇识别全过程中。但实验二的结果发现文本熟悉性只影响词汇识别的早期阶段，文本熟悉性会推迟词频效应的出现时间，文本熟悉性对词汇识别早期和晚期的作用并不完全一致，这无法支持词切分和词汇识别的完全同步性，二者的加工机制并不完全同步，存在部分分离。那么，本研究猜想二者的加工机制并不完全同一，可能是序列加工。在预览阶段，词切分完成或者部分完成的时候，开始词汇识别。

基于前人的研究假设，本研究采用不熟悉的文本呈现中文(Bai et al., 2008)。本研究采用从右向左的阅读文本而不是从上到下(竖排格式)是有研究意义的，因为词间空格是通过减少横向掩蔽来促进中文阅读的词切分(Ma, 2017)。因此，探讨中文文本熟悉性和词间空格的促进作用之间是否权衡，需要在横向水平上进行探讨，故未采用竖排格式。

参考文献

- Bai, X., Yan, G., Liversedge, 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(5), 1277-1287. doi:10.1037/0096-1523.34.5.1277
- Li, X., & Pollatsek, A. (2020). An Integrated Model of Word Processing and Eye-Movement Control During Chinese Reading. *Psychological Review*, 127(6), 1139-1162. doi:10.1037/rev0000248
- Li, X., Liu, P., & Ma, G. (2011). Advances in Cognitive Mechanisms of Word Segmentation During Chinese Reading. [中文阅读中词切分的认知机理述评]. *Advances in Psychological Science*, 19(4), 459-470.
- Li, X., Rayner, K., & Cave, K. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, 58(4), 525-552. doi:10.1016/j.cogpsych.2009.02.003
- Ma, G. (2017). Does interword spacing influence lexical processing in Chinese reading? *Visual Cognition*, 25(7-8), 815-824. doi:10.1080/13506285.2017.1338322

意见 3: 研究对中文阅读的教学与学习的实践意义是什么？在讨论中也应该说明，空格研究已经有很多了，实际的中文阅读材料很少是空格的，除非排版有误，才支出现各种空格，因此，如果不是解决重要的理论问题，这种研究的意义何在？在前言和诗文里应该给出说明。如果不能给出实践价值和理论价值，这种研究是没有意义的。

回应: 谢谢编委专家的意见。本研究探讨了中文文本熟悉性在词切分和词汇识别中的作用。从右向左的阅读文本是来源于中国少数民族语言(维吾尔语)。维吾尔母语者熟悉的文本是从右向左，学习中文时，他们需要从左向右阅读中文文本，会面临到文本不熟悉性的问题。本研究发现：中文母语读者可以通过 10 天的阅读训练(从右向左)提高陌生文本的熟悉性。那么，后续研究也可以通过阅读训练(从左向右)提高维吾尔母语的大学生对于中文的文本熟悉性。熟悉文本下，读者的阅读效率会更高。综上，文本熟悉性在中文阅读中具有重要意义。

此外,本研究结果支持阅读训练的有效性。采用不熟悉文本的阅读训练发现,即使是阅读水平极高的母语成人被试也可以从阅读训练中受益,后续阅读训练的研究对象可以不局限于特殊研究对象(Berends & Reitsma, 2006; Snellings et al., 2009)。这对中文阅读的学习和教学有启示作用。

词间空格的研究虽然众多,但是词间空格对于中文成人母语者的促进作用结果并不一致。本研究支持词间空格促进成人母语读者的中文阅读。前人研究中之所以没有发现词间空格的促进作用,是因为文本格式的不熟悉性权衡了词间空格的促进作用,本研究完善了前人研究(Bai et al., 2008)。与此同时,本研究将这种权衡从词切分水平扩展到词汇识别水平,发现中文阅读词切分和词汇识别的不完全同一性,具有重要的理论意义。此外,中文母语读者的中文阅读水平极高,但是在阅读中也会遇到歧义文本(例如:“花生长在土地中”可以理解为“花生 生长在土地中”和“花 生长在土地中”),在此种情境下插入词间空格是必要的。除了正常被试群体,对于阅读障碍儿童和阅读障碍成人这种特殊被试,词间空格可以有效缓解他们在阅读过程中的视觉拥挤效应,后续研究中,可以对日常阅读材料进行人工词切分,这可以提高他们的学习效率。

综上,本研究具有理论价值和实践价值,支持前人研究假设的同时,对后续研究也具有启示意义。

参考文献

- Berends, I.E., & Reitsma, P. (2006). Remediation of fluency: Word specific or generalised training effects? *Reading and Writing*, 19(2), 221-234. doi: 10.1007/s11145-005-5259-3
- Snellings, P., van der Leij, A., de Jong, P. F., & Blok, H. (2009). Enhancing the Reading Fluency and Comprehension of Children With Reading Disabilities in an Orthographically Transparent Language. *Journal of Learning Disabilities*, 42(4), 291-305. doi:10.1177/0022219408331038

意见 4: 作者为什么给出表 2 和表 3? 似乎没有必要, 请说明。

回应: 谢谢编委专家的意见。表 2 是总体分析指标的描述结果, 是不可缺少的。为了完善“自我报告”中的 95%CI, 故给出表 3 和表 4。根据编委专家的意见, 表 3 和表 4 过于冗余, 文中已经删除。

第三轮

审稿人 3 意见:

意见 1: 一些重要的结论表述欠清晰。例如“格式熟悉性和词间空格的促进作用存在权衡”的含义是什么?“格式熟悉性”指的是什么? 在 Bai 等人的研究中, 格式熟悉性指的有无空格这个格式。在本文中“格式”指的是从右到左的阅读。作者将二者混为一谈。文中对“这意味着词间空格作为词切分线索的促进作用被插入词间空格的格式不熟悉性权衡。”这一重要结论论述也不充分, 其逻辑很难理解。

回应: 谢谢审稿专家的意见, 为了避免混淆词间空格, 文中“格式熟悉性”已经更换为“文本熟悉性”, 文本熟悉性背后是中文阅读经验, 对于陌生文本(从右向左), 读者缺乏阅读经验; 对于熟悉文本(从左向右), 读者阅读经验丰富。阅读训练是为了增加读者的阅读经验, 从而提高对陌生文本(从右向左)熟悉性。

Bai 等人(2008)将不同词切分下(无空格、词间空格、字间空格、非词空格)的中文句子呈现给母语成人读者, 结果没有发现词间空格对中文阅读的促进作用。研究者猜想词间空格的确促进了中文阅读, 但在文本中插入词间空格造成了陌生文本, 文本不熟悉性抵消了词间

空格的促进作用。因此, Bai(2008)提出假设: 文本熟悉性和词间空格的促进作用存在权衡。中文母语的成人读者具有丰富的阅读经验, 陌生文本(插入词间空格)的文本不熟悉性和默认文本(无空格)的文本熟悉性差异显著, 所以词间空间的促进作用被文本熟悉性差异权衡 (沈德立, 白学军, 臧传丽, 闫国利, 冯本才, & 范晓红, 2010; Yan et al, 2012)。

本研究以阅读方向来操纵文本熟悉性和词切分方式考察中文文本熟悉性和词间空格的促进作用是否存在权衡。文本熟悉性背后是读者的阅读经验, 中文母语成人读者缺乏从右向左阅读的阅读经验, 从右向左的文本对读者而言是陌生文本, 会带来文本不熟悉性。在陌生文本中, 如果读者在词间空格条件下的阅读速度加快且阅读时间减少, 这证明词间空格确实有助于陌生文本下的中文阅读。反之, 如果阅读表现没有变化, 则意味着词间空格未促进陌生文本下的中文阅读。

接下来, 未参加第一阶段眼动实验的 40 名成人母语读者, 通过 10 天的阅读训练(从右到左)来提高被试对文本(从右到左)的熟悉性。阅读训练的目的在于增加读者在陌生文本下的阅读经验, 提高对陌生文本的文本熟悉性。比较训练前后的阅读表现来考察陌生和熟悉文本下的阅读加工过程的差异。训练后, 句子同样以四种空格文本呈现, 要求成人母语读者从右向左进行阅读。如果词间空格的促进作用减少或消失, 意味着词间空格的促进作用被文本熟悉性抵消, 二者之间存在权衡。如果词间空格的促进作用没有变化, 意味着文本熟悉性没有影响词间空格的促进作用, 二者之间不存在权衡。结果发现: 陌生文本下, 词间空格条件下的总注视时间更短, 阅读速度更快; 熟悉文本下, 词间空格和无空格条件下, 读者的阅读表现差异不显著, 词间空格的促进作用消失。综上, 中文文本熟悉性和词间空格的促进作用存在权衡。

参考文献

Bai, X., Yan, G., Liversedge, 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(5), 1277-1287. doi:10.1037/0096-1523.34.5.1277

意见 2: 理论预期不清楚, 研究结论论证不充分。研究的一个重要结论是: “词汇识别和词切分的加工机制中存在独立的阶段”。然而, 针对这个问题, 没有明确的研究预期。在前言中提到: “如果词汇识别的加工机制和词切分的加工机制并不完全同一, 那么格式熟悉性对词汇识别和词切分的影响存在差异, 这也意味着存在部分独立的加工阶段, 词切分和词汇识别可能是序列加工。”其中的逻辑跳跃性太大, 难以理解。在讨论部分, 针对这个问题, 也是简单提到“实验 1 发现格式熟悉性对于词切分的权衡, 如果词切分和词汇识别完全同一, 那么权衡也会出现在词汇识别过程中。实验 2 只在早期时间指标上发现, 格式熟悉性和词频的交互显著。这表明词汇识别和词切分的加工机制中存在独立的阶段, 并不完全同一”逻辑同样难以理解。

回应: 谢谢审稿专家的意见, 本研究的研究逻辑如下:

Li(2009)提出词切分和词汇识别是交互作用的观点, 后提出基于词汇加工和眼动的中文阅读整合模型(Li & Pollatsek, 2020)。研究者提出中文读者在词切分的同时进行词汇识别, 词汇识别完成的时候词切分自动完成, 词切分和词汇识别不可分离 (Li et al., 2011; Ma, 2017, Li & Pollatsek, 2020)。然而, 此观点与 E-Z 读者模型的观点不同。E-Z 读者模型主张词切分和词汇是序列加工。因此, 词切分和词汇识别的加工同步性是本研究想要讨论的问题, 二者加工过程是完全不可分离还是部分独立, 需要实证支持。

本研究旨在探讨中文阅读中词切分和词汇识别的加工机制。文本熟悉性作为高水平的认知因素(阅读经验)可以补充中文阅读的综合模型, 因为中文阅读的综合模型并没有考察语义理解等高水平的认知因素。此外, 文本熟悉性(阅读经验)位于 E-Z 读者模型的最高水平,

可以自上而下地影响整个中文阅读过程,所以,实验1考察文本熟悉性在词切分水平上的作用,实验2考察文本熟悉性在词汇识别水平上的作用。实验1探讨了中文阅读中是否存在文本熟悉性和词间空格促进作用的权衡,研究结果发现词间空格促进了成人母语读者在陌生文本下的中文阅读,而熟悉文本下词间空格的促进作用消失。结果支持前人假设:在陌生文本下,词间空格作为低水平的视觉线索可以促进成人母语者的中文阅读。阅读训练后的文本熟悉性提高,词间空格的促进作用消失,中文文本熟悉性和词间空格的促进作用存在权衡(Bai et al., 2008)。

Ma(2017)使用生存分析法发现词间空格条件下,词频的出现时间提前了21ms。但结果中不存在词间空格和词频效应的交互作用,这存在一种可能性:词间空格和词频效应可能存在显著的交互作用,但这种交互作用被插入词间空格后造成的文本不熟悉性引起了权衡,所以没有发现二者显著的交互作用。这类似于Bai(2008)的研究结果:词间空格确实促进了成人母语读者的中文阅读,但这种促进作用被文本不熟悉性所权衡,所以没有发现显著的词切分促进作用,这也被实验一的结果支持。基于此猜想和实验一的结果,实验二操纵文本熟悉性和词频,结果发现,文本熟悉性和词频在早期指标上存在交互作用。在熟悉文本下,词频效应在所有指标上均显著,而在不熟悉文本下,词频效应在后期和整体指标上显著。文本不熟悉性推迟了词频效应的出现时间,这 and 前人结果类似:无空格条件的词频效应延迟21ms(Ma, 2017)。

实验1发现中文文本熟悉性和词间空格的促进作用存在权衡,实验2发现文本熟悉性推迟了词频效应的出现时间,在词汇识别早期和晚期指标上,文本熟悉性的影响不同。那么,如果词切分和词汇识别的加工过程完全同步,词汇识别完成的同时词切分自动完成。那么文本熟悉性在词汇识别水平上的影响应该是一致的,文本熟悉性对词频效应的权衡也会体现在词汇识别全加工过程。但实验二结果发现文本熟悉性和词频效应的权衡只体现在词汇识别的早期阶段,这说明词切分和词汇识别的加工机制并不完全同一,可能是序列加工,在预览阶段,词切分完成或者部分完成的时候,读者才开始词汇识别。研究结果支持E-Z阅读模型。

参考文献:

- 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(5), 1277-1287. doi:10.1037/0096-1523.34.5.1277
- Li, X., & Pollatsek, A. (2020). An Integrated Model of Word Processing and Eye-Movement Control During Chinese Reading. *Psychological Review*, 127(6), 1139-1162. doi:10.1037/rev0000248
- Li, X., Liu, P., & Ma, G. (2011). Advances in Cognitive Mechanisms of Word Segmentation During Chinese Reading. [中文阅读中词切分的认知机理述评]. *Advances in Psychological Science*, 19(4), 459-470.
- Li, X., Rayner, K., & Cave, K. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, 58(4), 525-552. doi:10.1016/j.cogpsych.2009.02.003
- Sheridan, H., Rayner, K., & Reingold, E. M. (2013). Unsegmented text delays word identification: Evidence from a survival analysis of fixation durations. *Visual Cognition*, 21(1), 38-60. doi:10.1080/13506285.2013.767296

意见3: 两个实验之间的关系不清。审稿人已经提出这个问题,最终版本还是没有很好地解决这个问题。另外,实验一采用ANOVA,实验二采用混合线性模型,反映了两个实验的分析方法也不统一。

回应: 谢谢审稿人的意见。

首先,本研究关注的是中文阅读的词切分和词汇识别的加工机制,中文读者在阅读过程中缺乏词间空格作为词切分线索,从文本中将词切分出来是读者的首要任务,词汇加工是和词切分相关性最高的认知过程(Li & Pollatsek, 2020)。对于词汇识别和词切分是否是交互作用

的统一过程，E-Z 读者模型和中文阅读的整合模型持不一致观点，中文阅读的整合模型认为中文词切分和词汇识别不可分离。读者词汇识别的同时进行词切分，词汇识别完成后，词切分自动完成。而 E-Z 读者模型并不支持此观点，所以本研究采用实验一和实验二来探讨词切分和词汇识别的加工同步性，二者是完全不可分离还是部分独立的。实验一讨论中文词切分的加工过程，实验二讨论中文词汇识别的加工过程。基于中文阅读的整合模型，Li et al.(2009)建立中文阅读的计算模型是基于词汇水平，完善后的模型是基于句子阅读水平(Li & Pollatsek, 2020)。基于此，实验一是基于中文自然阅读中的句子水平，来考察中文词切分的加工机制；实验二是基于中文自然阅读中的词汇水平去考察中文词汇识别的加工机制。基于 E-Z 读者模型，文本熟悉性作为高级的认知因素(阅读经验)，高级认知因素始终是占据理论模型的最高水平，可以自上而下的影响整个中文阅读过程。实验 1 通过探讨文本熟悉性在词切分水平上的作用，实验 2 考察文本熟悉性在词汇识别水平上的作用，以文本熟悉性和词间空格的权衡以及文本熟悉性和词频效应的权衡来反映中文词切分和词汇识别的加工机制。词切分和词汇识别的加工是否完全同步性，二者是完全不可分离或者部分独立。以上是实验一和实验二的逻辑关系，请审稿人审查。

其次，根据审稿人的建议，我们对实验一数据采用 R 语言重新进行混合线性模型的分析，在表 3 中进行了报告。

参考文献：

Li, X., & Pollatsek, A. (2020). An Integrated Model of Word Processing and Eye-Movement Control During Chinese Reading. *Psychological Review*, 127(6), 1139-1162. doi:10.1037/rev0000248

Li, X., Rayner, K., & Cave, K. (2009). On the segmentation of Chinese words during reading. *Cognitive Psychology*, 58(4), 525-552. doi:10.1016/j.cogpsych.2009.02.003

意见 4: 结果分析结果报告不充分，可信性有待提高。最能体现阅读效率的指标是阅读速度，然而在得到阅读速度在被试分析交互作用显著而项目分析不交互作用不显著后，作者进行了简单效应分析。结果显示：“简单效应显示，陌生格式下空格的主效应显著 $F(3, 76) = 12.25, p < 0.001, \eta^2 = 0.33$ ；被试分析显示，词间空格下的阅读速度显著快于其他条件， $ps < 0.001$ 。”这里存在很多问题。a) 为何只做被试分析？项目检验不显著能否能用来结论？b) “词间空格下的阅读速度显著快于其他条件($ps < 0.001$)”，存在明显的结果报告不全面。
回应: 谢谢审稿人的意见。基于第 3 条意见，已经将实验一的数据分析方法更换为 R 语言的混合线性模型，相关报告问题在文中已经进行了完整说明。

主编意见: 有所提高。建议录用。