

修改说明（2021.12.16）

审稿专家 1:

感谢审稿专家再次提出宝贵的修改意见和建议，您对我们的稿件所付出的工作，极大的提升了我们稿件的质量，在此对您表示最诚挚的感谢。本次修改部分在文中用蓝色字体进行了标注。若有不足，恳请您再次提出修改意见，我们继续认真修改。

《回扫：多行文本阅读中必不可少的眼动》一文经过修改论文质量大幅提高。存在的问题如下：

1. “2 回扫研究中常用的眼动指标”这个标题有限不合适，给人描述现象的感觉，是否考虑改成“回扫研究中常用的概念鉴定”。

回应：非常感谢审稿专家。我们的标题确实给人描述现象的感觉，经过考虑，我们将标题“2 回扫研究中常用的眼动指标”改为“2 回扫研究中常用概念的界定”。

2. “Vasilev, Adedeji 等（2021）操纵字符大小与行长，探讨回扫是否由字符信息引导以及字符信息的使用是否依赖于回扫目标区域的视敏度，结果发现，字符大小的主效应显著，字符大小与回扫起跳位置的交互作用显著，字符大小、行的长度和回扫起跳位置三者交互作用显著，以上结果表明在回扫目标选择时，需要使用字符信息。行长越长，回扫着陆位置越远离下一行左边缘，这表明，行长越长，回扫着陆位置越有可能到达不了预期目标。”中的“字符信息”改成“字符视觉信息”更合适。

回应：非常感谢审稿专家。遵照审稿专家意见，我们将这一段中的“字符信息”改成了“字符视觉信息”。具体修改如下：“Vasilev, Adedeji 等（2021）操纵字符大小与行长，探讨回扫是否由字符视觉信息引导以及字符视觉信息的使用是否依赖于回扫目标区域的视敏度，结果发现，字符大小的主效应显著，字符大小与回扫起跳位置的交互作用显著，字符大小、行的长度和回扫起跳位置三者交互作用显著，以上结果表明，读者在回扫目标选择时，需要使用字符视觉信息。行长越长，回扫着陆位置越远离下一行左边缘。这表明，行长越长，越容易发生回扫脱靶错误。关键的是，字符大小和行长之间没有交互作用，这表明，在回扫目标选择时，字符视觉信息的使用不依赖于回扫目标区域的视敏度。”

3. “行末注视可能受到回扫行为的影响，”如此描述不准确，因为行末注视在前，回扫行为在后。

回应：非常感谢审稿专家。在第一次修改中，为了突出行末注视的重要性，我们凭自己对文献的理解写了“行末注视可能受到回扫行为的影响”这句话。经审稿专家纠正，我们意识到这句话确实不准确，不够严谨。因此，我们对“行末注视可能受到回扫行为的影响”这句话进行了删除处理。将“行末注视可能受到回扫行为的影响，它不同于与回扫不相邻的行内注视，是回扫研究非常关注的一类注视。”改为：“**行末注视不同于与回扫不相邻的行内注视，是回扫研究非常关注的一类注视。**”

审稿专家 2:

感谢审稿专家再次提出宝贵的修改意见和建议，在围绕您的意见进行修改后，我们确实看到了稿件质量的不断提升，我们收获了很多，学到了很多，发自内心的对您表示真诚的感谢。本次修改部分在文中用蓝色字体进行了标注。若有不足，恳请您再次提出修改意见，我们继续认真修改。

作者对提出的问题做了较好的回复，也根据提出的建议在必要的地方做了修改。整体上，我对作者的回复和修改较为满意。还有一些瑕疵，希望作者进一步修改和完善。

1. 作者对 PVL 的理解似乎不太准确。在文中多处出现对这一概念的错误使用。例如，下面这些内容：O'Regan 和 Jacobs（1992）发现读者选择的眼跳目标位置是下一个词的中心，即最佳注视位置（optimal viewing position, OVP），但由于眼跳计划的执行过程存在误差，眼跳往往落在偏向注视位置（preferred viewing location, PVL）（Rayner, 1979）。而在回扫中，下一行的行首词远超副中央凹预视范围，读者可能无法获取行首词的词长信息，那么回扫着陆位置是否还为行首词的 PVL？”我对文献的理解是：在非阅读任务当中，研究者发现，当首次注视点落在词中心，加工时间最短。研究者据此推测，词中心是词汇加工的最佳位置（optimal viewing position, OVP）。在阅读有空格的语言时，由于系统误差和随机误差的存在，首次注视点常常落在词中心偏左的位置。这个点被称为偏好注视位置（preferred viewing location, PVL）。但是偏好注视位置不等于词中心。当移除拼音文字的词空格词时，偏好注视位置更靠近词首。当然，中文中情况就更加复杂了。建议作者修改手稿中“行首词的 PVL”的这种说法。

回应：非常感谢审稿专家。

首先，我们对 PVL 的理解确实不太准确。对此，我们重新阅读了有关偏好注视位置与最

佳注视位置的原始文献。我们了解到，在非阅读任务中，当首次注视点落在词中心时，对该词的加工时间最短。研究者据此推测，词中心是词汇加工的最佳注视位置（optimal viewing position, OVP）（O'Regan & Jacobs, 1992; O'Regan, Lévy-Schoen, Pynte, & Brugailière, 1984）。在阅读有空格的字母文字时，读者在单词上的首个注视点常常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）（Rayner, 1979）。E-Z 读者模型假设，在眼跳计划中，读者选择的眼跳目标是下一个词的词中心，即最佳注视位置，由于眼跳计划的执行过程存在随机误差与系统误差，眼跳往往落在偏好注视位置（Reichle et al., 2012）。

基于对原始文献的理解，我们对概念错误使用的地方进行了修改。由于本段落的目的是引出下文中的“读者的回扫着陆位置是否为阅读有词间空格的字母文字时的偏好注视位置，即下一行行首词的词中心偏左的位置？”这一问题。因此，为了避免文章冗杂，我们只描述了偏好注视位置。具体改为：“对于有词间空格的字母文字，读者在进行行内眼跳时，副中央凹视觉处的词间空格为读者提供了词长和词边界信息，可以帮助读者确定眼跳落点位置（李玉刚等, 2017）。研究发现，读者在单词上的首个注视点常常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）（Rayner, 1979）。在回扫中，下一行的行首词远超副中央凹预视范围，在缺少副中央凹预视的情况下，读者的回扫着陆位置是否为阅读有词间空格的字母文字时的偏好注视位置，即下一行行首词词中心偏左的位置？”

其次，在重新阅读了原始文献后，遵照审稿专家的意见，我们对文章中“行首词的 PVL”这种说法在三处进行了修改。

第一处将“而在回扫中，下一行的行首词远超副中央凹预视范围，读者可能无法获取行首词的词长信息，那么回扫着陆位置是否还为行首词的 PVL？”改为：“在回扫中，下一行的行首词远超副中央凹预视范围，在缺少副中央凹预视的情况下，读者的回扫着陆位置是否为阅读有词间空格的字母文字时的偏好注视位置，即下一行行首词的词中心偏左的位置？”

第二处将“这一结果表明读者的回扫着陆位置不是行首词的 PVL，因为随着行首词长度增加，回扫着陆位置没有向右移动到行首词的 PVL”改为：“这一结果表明，读者的回扫着陆位置不在行首词词中心偏左的位置，即回扫着陆位置不是读者在阅读有词间空格的字母文字时的偏好注视位置，因为随着行首词长度增加，回扫着陆位置没有向右移动”

第三处将“回扫着陆位置不是行首词的 PVL，这间接表明，副中央凹信息对于有词间空格的字母文字系统的眼跳目标选择非常重要。”改为：“回扫着陆位置不是读者在阅读有词间空格的字母文字时的偏好注视位置，这间接表明，副中央凹信息对于有词间空格的字母文

字系统的眼跳目标选择非常重要。”

2. “什么是修正眼跳？引言第一段中首次提出修正眼跳，并未对其作详细的解释。”对这一问题，作者进行了回答。但是下面这一部分内容不完全正确。“当发生回扫脱靶错误时，修正眼跳会基于视网膜反馈的信息迅速启动（Becker, 1976; Hofmeister et al., 1999），从而帮助读者的中央凹视觉更接近预期目标。”根据我的理解，修正眼跳的激活不总是依赖于视网膜反馈。一种条件下，依赖于与视网膜反馈，另一种条件下，不依赖于视网膜反馈。作者需要再次阅读原始文献，确保理解正确，并准确、全面的表达出来这一部分缺失的内容。

回应：非常感谢审稿专家。“当发生回扫脱靶错误时，修正眼跳会基于视网膜反馈的信息迅速启动（Becker, 1976; Hofmeister et al., 1999），从而帮助读者的中央凹视觉更接近预期目标。”这一部分的内容确实不完全正确，对此，我们进行了修改。由于修正眼跳的激活是否依赖于视网膜反馈在下文中的回扫的精确性部分会详细阐述，因此，在引言部分我们只简要阐述。具体改为：“**第三**，长距离的眼跳后往往都伴随着较短的修正性眼跳（Becker, 1972）。大多数回扫属于长距离眼跳，通常无法一次性到达预期目标（Andriessen & deVoogd, 1973），大约40~60%的回扫后会产生继发性眼跳（Parker, Slattery, et al., 2019; Slattery & Vasilev, 2019），这类眼跳被称为修正眼跳（corrective saccade）（Abrams & Zuber, 1972; Hofmeister et al., 1999）。当眼跳脱靶错误较大（眼跳脱靶错误超过10%）时，无论是否存在视网膜反馈，都可能发生修正眼跳（Tian et al., 2013; Vasilev, Adedeji, et al., 2021），这表明，回扫脱靶错误较大时，修正眼跳的激活可能不依赖于视网膜反馈；而当眼跳脱靶错误较小时，视网膜反馈的作用可能更强（Becker, 1976; Vasilev, Adedeji, et al., 2021），这表明，当回扫脱靶错误较小时，修正眼跳的激活可能依赖于视网膜反馈。”

3. “为什么回扫后会发生眼跳错误（undershoot error）？”作者对这一问题进行了回答，在原文中也进行了补充。我不确定这些内容是否正确。但可以肯定的是，作者遗漏了很关键的一个原因：相比于行内眼跳，回扫是幅度比较大的眼跳。同行内眼跳一样，回扫常常发生定位错位，也就是undershoot。行内眼跳发生错误，主要是因为存在系统误差和随机误差。

作者可以阅读这篇文献：

McConkie et al., (1988). Eye movement control during reading: i. the location of initial eye fixations on words. *Vision Research*, 28(10), 1107–1118.

回应：非常感谢审稿专家。

首先，我们通过阅读“Vasilev, M. R., Yates, M., Prueitt, E., & Slattery, T. J. (2021). Parafoveal degradation during reading reduces preview costs only when it is not perceptually distinct. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 74(2), 254–276.”这篇文献发现，文献对“产生回扫脱靶错误的原因”进行了详细的阐述。但由于文献中作者只阐述了产生回扫脱靶错误的两个原因。因此，第一次修改中，我们只回答了产生回扫脱靶错误的两个原因。

其次，我们阅读了审稿专家提供的文献，并发现，我们确实遗漏了审稿专家提出的关键原因，对此，我们在引言部分进行了补充。具体补充内容如下：“**第二，眼跳可能发生脱靶错误（undershoot error），这种错误会随着眼跳距离的增加而增加（Henson, 1979; McConkie et al., 1988）。相比于行内眼跳，回扫是长距离眼跳，因此，回扫可能比行内眼跳更容易发生脱靶错误。**”

4. “因此，为了文章更严谨，我们将“因此，回扫分为两种，准确的回扫与不准确的回扫，准确的回扫后不需要修正眼跳，不准确的回扫后需要修正眼跳（Parker, 2019）”这句话做了删除处理。”我不赞同作者的处理方法。

回应：非常感谢审稿专家。在重新阅读了相关文献后，我们意识到我们的处理方法确实不当，对此，我们感到非常抱歉并进行了修改。

首先，我们纠正了第一次修改中错误的观点。

在第一次修改中，我们通过“当回扫着陆位置远离预期目标时，修正眼跳会基于视网膜反馈的信息迅速启动（Becker, 1976; Hofmeister et al., 1999）”这句话推出读者是根据回扫准确与否来判断是否将出现修正眼跳。这一推论是不成立的。因为“当发生回扫脱靶错误时，修正眼跳会基于视网膜反馈的信息迅速启动（Becker, 1976; Hofmeister et al., 1999）”这句话本身就不完全正确。在重新阅读了文献后，我们了解到修正眼跳的激活不总是依赖于视网膜反馈，具体的观点是：“当眼跳脱靶错误较大（眼跳脱靶错误超过 10%）时，无论是否存在视网膜反馈，都可能发生修正眼跳（Tian et al., 2013; Vasilev, Adedeji, et al., 2021），这表明，回扫脱靶错误较大时，修正眼跳的激活可能不依赖于视网膜反馈；而当眼跳脱靶错误较小时，视网膜反馈的作用可能更强（Becker, 1976; Vasilev, Adedeji, et al., 2021），这表明，当回扫脱靶错误较小时，修正眼跳的激活可能依赖于视网膜反馈。”通过我们修正后的观点，我们不能推出读者是根据回扫准确与否来判断是否将出现修正眼跳这一结论。

其次，Parker（2019）对回扫准确与否进行了定义，即不需要修正眼跳的回扫是准确的回扫，需要修正眼跳的回扫是不准确的回扫。基于此，我们认为是否通过是否需要修正眼跳来区

分准确的回扫与不准确的回扫。

综上，我们将初稿中的这句话进行了修改，并放在引言第二段的最后。具体内容如下：

“根据回扫后是否需要修正眼跳，回扫分为两种，准确的回扫与不准确的回扫，不需要修正眼跳的回扫是准确的回扫，需要修正眼跳的回扫是不准确的回扫（Parker, 2019）。”

5. 将 undersweep-fixations 翻译成“回扫后注视”也不是很准确。Accurate line-initial fixations 也是回扫后第一个注视。换句话说，“回扫后注视”包含了准确与不准确行首注视两种情况。undersweep-fixations 可以翻译成：回扫未达注视，作者也可以有其他更好的翻译。

回应：非常感谢审稿专家。遵照审稿专家的建议，我们将 undersweep-fixations 翻译成：回扫未达注视，并将全文中的“回扫后注视”改为“回扫未达注视”。

6. 最后，建议读者反复阅读全文，确保语言流畅，表达准确无误，所用的概念前后文一致。

回应：非常感谢审稿专家。我们对全文进行了反复的阅读，检查了语言的流畅性，表达的准确性和概念的前后文一致性。

修改说明（2021.11.12）

审稿专家 1：

非常感谢审稿专家的辛苦工作，也非常感谢审稿专家提出宝贵的修改意见和建议，本次修改部分在文中用绿色字体进行了标注。

《回扫：阅读中必不可少的眼动》审稿意见：本文作为一个综述类论文，内容比较丰富，论文结构基本完整，提出一些意见与作者探讨：

1. 语句内容“其二，回扫有助于人们了解有无副中央凹信息对词汇处理以及眼跳目标选择的影响，进而帮助人们了解阅读中的眼球运动和认知加工之间的关系。”较难理解

回应：非常感谢审稿专家。我们对引言中的这句话进行了修改，具体修改为：“其二，对于行内眼跳，读者可以对下一个词进行副中央凹预视，并进行眼跳目标选择。而对于回扫，较长的回扫区间使下一行的行首词远超副中央凹预视范围，读者无法在回扫之前对下一行的行首词进行副中央凹预视，并进行眼跳目标选择。因此，研究回扫有助于人们了解有无副中央

凹信息对词汇处理以及眼跳目标选择的影响；”

2. 文章中涉及“回扫相邻的注视”与“回扫不相邻的行内注视”两个概念，希望作者解释一下。

回应：非常感谢审稿专家。我们对这两个概念进行了解释，回扫相邻的注视的概念在文章第二部分“回扫研究中常用的眼动指标”这一段中首次出现，具体修改为：“与回扫相邻的注视是指紧邻回扫，回扫之前的最后一次注视与回扫之后的第一次注视，阅读中大约有 20% 的注视属于此类注视（Rayner, 1998）。”回扫不相邻的行内注视的概念在文章“行末注视”这一段中首次出现，具体修改为：“与回扫不相邻的行内注视是指除了与回扫相邻的注视以外的单次注视，阅读中 80% 的注视属于此类注视（Rayner, 1998）。”

3. 段落“Parker, Slattery 和 Kirkby（2019）研究发现，儿童的准确的回扫着陆位置比成人的更接近下一行左边缘，说明儿童可能更依赖中央凹加工而不是副中央凹加工（Häikiö et al., 2009）。Parker 和 Slattery（2020）研究发现，低拼写能力者的回扫着陆位置靠近下一行左边缘，说明低拼写能力者不能熟练进行副中央凹加工”内容不太容易理解，为什么“儿童的准确的回扫着陆位置比成人的更接近下一行左边缘，就说明儿童可能更依赖中央凹加工而不是副中央凹加工？”；为什么“低拼写能力者的回扫着陆位置靠近下一行左边缘，就说明低拼写能力者不能熟练进行副中央凹加工”？感觉这两个因果推理有些牵强。

回应：非常感谢审稿专家。我们对这段内容的因果关系重新进行了梳理，具体改为：“Parker, Slattery 和 Kirkby（2019）发现，成人的回扫着陆位置比儿童的更远离下一行左边缘。对此，研究者认为，虽然成人的回扫着陆位置远离下一行的左边缘，但成人的注视点刚到下一行时，就可以对其注视点左侧的单词进行副中央凹加工，而儿童可能更依赖中央凹加工（Häikiö et al., 2009）。因此，儿童需要注视行首以保证阅读，从而导致了儿童的回扫着陆位置更接近下一行的左边缘。Parker 和 Slattery（2020）研究发现，高拼写能力者的回扫着陆位置远离下一行左边缘，这一发现与儿童和成人之间的发展差异相似，即高拼写能力者的注视点刚到下一行左边缘时，就可以对其注视点左侧的单词进行副中央凹加工。因此，即使高拼写能力者的回扫着陆位置远离下一行左边缘也可以保障阅读。”

4. “回扫着陆位置受行初始词显著性、回扫发射位置、字体大小、行长和个体差异的影响，且受行初始词长度与回扫发射位置，字体大小与回扫发射位置，字体大小、行长和回扫发射位置的调节。”感觉不够通顺。

回应：非常感谢审稿专家。我们对这句话进行了修改，具体改为：“回扫目标选择受行首词显著性、回扫起跳位置、字符大小、行长和个体差异的单独影响，且受行首词长度与回扫起跳位置，字符大小与回扫起跳位置，以及字符大小、行长和回扫起跳位置的共同影响。”

5. “Slattery 和 Vasilev 发现行初始词加粗降低了修正眼跳发生的概率，但并不影响段落总阅读时间。原因可能是，无论行初始词加粗还是正常条件，读者都可以在不准确的回扫后注视期间获得行初始词的预视效益。”难以理解。

回应：非常感谢审稿专家。我们对这句话进行了修改，具体改为：“Slattery 和 Vasilev (2019) 发现行首词加粗降低了修正眼跳发生的频率，但并不影响段落总阅读时间，这表明降低修正眼跳发生的频率，即提高回扫的精确性，并不能提高阅读速度。原因可能是，即使发生了修正眼跳，回扫与修正眼跳之间短暂的回扫后注视也可以帮助读者获得有用的信息以保障阅读速度。”

6. “3 展望”部分的内容有待丰富。

回应：非常感谢审稿专家。我们对展望部分进行了丰富，首先加了一条展望，具体改为：“4.3 探究行末注视是否受行末注视词的词汇属性的影响。对于行末注视时间的减少，Rayner (1977) 认为是缺少副中央凹预视，而一些研究者则认为，行末注视不直接参与词汇加工 (Abrams & Zuber, 1972; Kuperman et al., 2010; Mitchell et al., 2008; Parker, Slattery, & Kirkby, 2019)。对于这一争议，我们可以在控制行末注视词的前一个词的词频、词长、词可预测性的前提下（防止溢出效应干扰实验结果），通过观察行末注视词的词汇属性（如词频）是否可以影响行末注视时间来解决。”

其次，我们对 4.5 这一部分进行了修改与扩充，具体改为：“E-Z 读者模型 (Reichle et al., 2012) 和 SWIFT 模型 (Schad & Engbert, 2012) 是用来解释单行文本阅读的眼动控制模型，而在阅读多行文本时，不可避免会发生回扫。因此，现有模型缺少回扫参数 (Parker & Slattery, 2019)，无法解释回扫现象。E-Z 读者模型认为，当词 n 的词汇加工 (L1 和 L2) 完成后，注意力转移到词 $n+1$ ，与此同时，读者开始在副中央凹视觉中处理词 $n+1$ 。而对于回扫，当注意力转移到下一行行首词 ($n+1$) 时并不会引发行首词的副中央凹加工。此外，E-Z 读者模型假设，眼跳的目标是词中心 (Rayner et al., 2012)，但回扫的目标并不指向词中心。因此，E-Z 读者模型无法解释回扫现象。SWIFT 模型假设词汇的激活水平决定眼跳目标 (张慢慢等, 2020; Schad & Engbert, 2012)，而词汇激活的前提是词汇必须处于阅读知觉广度范围内，当行长超

过一定长度时，下一行的行首词便不在知觉广度范围内，因此，读者无法基于词汇的激活水平决定眼跳目标。因此，SWIFT 模型也无法解释回扫现象（Parker, 2019）。所以，加入回扫参数并扩展两个模型的核心假设将有利于现有模型的完善。”

最后，我们扩充了 4.2 这一部分，具体改为：“首先，研究发现，高拼写能力者的回扫着陆位置远离下一行左边缘，准确的行初始注视时间短。高阅读能力者的行内、行末与准确的行初始注视时间短。高阅读能力和高拼写能力者修正眼跳发生的频率低（Parker & Slattery, 2020）。与英语母语者相比，英语二语者的英语阅读能力和拼写能力相对更低，据此推测，英语二语者与英语母语者在回扫常用指标上的表现可能不同。其次，如前所述，汉语阅读中的回扫目标选择可能比英语更为复杂。根据跨语言迁移理论，个体在第二语言学习过程中，学习第一语言所习得的学习能力会对第二语言学习造成影响（Genesee et al., 2006），因此，读者在阅读汉语时更加复杂的回扫目标选择策略可能会迁移到英语阅读中。因此，有必要考察二语阅读中的回扫现象。”

7. 文章介绍了大量的研究结果，但是并没有对这些研究结果的理论意义进行很好的评述与概括，故缺乏理论高度。修改稿可以着这个方面进行改正。

回应：非常感谢审稿专家。我们在回扫的研究成果这一部分中进行了修改。在回扫目标选择、回扫的精确性、以及行末注视、准确的行初始注视、回扫后注视的研究结果描述后，补充了对这些结果的理论意义的评述与概括。

在回扫目标选择的结果部分后，具体添加的内容为：“综上，回扫目标选择受行首词显著性、回扫起跳位置、字符大小、行长和个体差异的单独影响，且受行首词长度与回扫起跳位置，字符大小与回扫起跳位置，以及字符大小、行长和回扫起跳位置的共同影响。回扫目标选择不同于行内眼跳目标选择。首先，在回扫中，读者无法通过副中央凹预视获得指向行首词 OVP 所需的词长信息，回扫着陆位置不是行首词的 PVL，这间接表明，副中央凹信息对于有词间空格的字母文字系统的眼跳目标选择非常重要。其次，回扫目标选择并非指向下一行左边缘，这表明重心效应不能解释回扫目标选择。基于以上研究，对于回扫目标选择，较为合理的解释是，当读者无法在回扫之前对下一行的行首词进行副中央凹预视时，读者可以根据文本的整体特征（如字符大小）来进行回扫目标选择。”

回扫的精确性的结果部分后，具体添加的内容为：“综上，回扫的精确性受行长、文本难度、回扫着陆位置与预期目标的偏离程度、字符大小、回扫起跳位置、行首词显著性和个体差异的影响。值得注意的是，字符大小、行首词显著性等多种因素既影响回扫目标选择还

影响回扫的精确性，但这两种影响的来源是否相同尚不清楚，因为回扫程序是在回扫之前预先编程，因此对回扫目标选择的影响一般认为发生在回扫之前。然而，对回扫精确性的影响可能发生在回扫之前，也可能发生在回扫之后。发生在回扫之前的观点认为修正眼跳可以在回扫之前预先编程，有研究显示即使没有任何视觉反馈的黑暗中也会发生修正眼跳，修正眼跳可能与主眼跳“预先包装”在一起，以节省阅读时间（Becker & Fuchs, 1969）。而发生在回扫之后的观点认为在没有视觉反馈的情况下，修正眼跳不会发生（Prablanc & Jeannerod, 1975）。然而，这两种观点并不相互排斥。研究发现，当回扫脱靶错误较大（回扫脱靶错误超过 10%）时，无论是否存在视觉反馈，都可能发生修正眼跳（Tian et al., 2013）。当回扫脱靶错误较小时，视觉反馈的作用可能更强（Vasilev, Adedeji, et al., 2021）。”

在行末注视的结果部分后，具体添加的内容为：“综上，行末注视时间是否反映词汇加工还存在争议。Rayner（1977）认为，副中央凹信息加工的减少导致了行末注视时间的减少，这表明行末注视时间可以反映词汇加工。而一些研究者则认为，行末注视时间可能不反映词汇加工（Abrams & Zuber, 1972; Kuperman et al., 2010; Mitchell et al., 2008; Parker, Slattery, & Kirkby, 2019）。因此，后续的研究应继续探讨行末注视时间是否可以反映词汇加工，以便我们更好的了解行末注视这一眼动行为。”

在准确的行初始注视的结果部分后，具体添加的内容为：“综上，准确的行初始注视存在个体差异且准确的行初始注视时间比与回扫不相邻的行内注视时间长存在多种解释。值得注意的是，当读者不能进行副中央凹预视时，注视时间会受到拼写能力的影响。这一发现表明，拼写能力可能影响正字法编码（orthographic encoding），而不是影响副中央凹预视。”

在回扫后注视的结果部分后，具体添加的内容为：“综上，读者在回扫后注视期间时，注意力可以暂时集中在回扫后注视所在的注视词上而不是行首词上。在回扫后注视中，对注视词的加工阶段可能只在前注意视觉加工阶段，并没有达到词汇加工阶段。成人和儿童都可以在回扫后注视期间提取注视词以及注视词左侧的信息，以保障后续阅读。成人和儿童之间这种相似的眼动模式表明，控制跨行阅读所需的眼动协调和注意的机制在阅读发展的早期阶段就已经确立了。”

审稿专家 2:

非常感谢审稿专家的辛苦工作，也非常感谢审稿专家提出宝贵的修改意见和建议，本次

修改部分在文中用绿色字体进行了标注。

这篇稿件综述了拼音文字阅读中有关回扫的研究，主体内容从回扫相关的三类指标展开，最后从四个方面提出了展望。选题新颖，内容较为详实，但阐述不够严谨，对以往研究的梳理还不够清晰。作者需要仔细考虑如下问题，对文章进行修正和完善。按照文中出现的顺序，文章存在的主要问题有：

1. 标题为《回扫，阅读中必不可少的眼动》，引言有涉及但没有突出回扫对于阅读的重要性及其原因。

回应：非常感谢审稿专家。我们对这一部分内容在引言第三段中进行了补充与修改。具体修改内容为：“在多行文本阅读中，回扫是重要的。原因有三：其一，自然阅读中，多行文本阅读更常见，回扫发生在多行文本阅读中，由文本处理需求所驱动（Slattery & Vasilev, 2019），是多行文本阅读中必不可少的眼动；其二，对于行内眼跳，读者可以对下一个词进行副中央凹预视，并进行眼跳目标选择。而对于回扫，较长的回扫区间使下一行的行首词远超副中央凹预视范围，读者无法在回扫之前对下一行的行首词进行副中央凹预视，并进行眼跳目标选择。因此，研究回扫有助于人们了解有无副中央凹信息对词汇处理以及眼跳目标选择的影响；其三，E-Z 读者模型（Reichle et al., 2012）和 SWIFT 模型（Schad & Engbert, 2012）目前只用来解释单行文本阅读，还没有一种模型来解释回扫，如果阅读模型要模拟真正的自然阅读，就需要纳入回扫参数。”

2. 回扫的特殊性体现在哪里？比如，回扫相关眼跳（return-sweep saccades）与行内眼跳相比，有什么不同。作者可以从这一方面考虑，对这一部分内容进行补充。

回应：非常感谢审稿专家。我们对回扫相关眼跳（return-sweep saccades）与行内眼跳的不同在三处进行了补充与修改。

第一处在引言第一段中进行了补充与修改，具体补充为：“在阅读过程中，眼睛需要不断跳动来获取信息，这种眼动被称为眼跳（saccade）（李玉刚等, 2017）。大多数眼跳为行内眼跳，平均跨度约为 7~8 个字符（Rayner, 1978）。然而，在多行文本阅读中需要更长的眼跳将读者的注视点从上一行行末带到下一行行首，这类眼跳被称为回扫（return-sweep）（Tinker, 1963）。回扫区间通常为上一行行末大约 4~6 个字符的位置（Hofmeister et al., 1999; Parker, Slattery, & Kirkby, 2019; Vasilev, Adedeji, et al., 2021）到下一行行首大约 5~8 个字符的位置（Parker, Slattery, & Kirkby, 2019; Slattery & Vasilev, 2019; Vasilev, Adedeji, et al., 2021），距离

大约为 30~70 个字符 (Vasilev, Adedeji, et al., 2021)。”

第二处在引言第三段进行了补充，具体补充为：“对于行内眼跳，读者可以对下一个词进行副中央凹预视，并进行眼跳目标选择。而对于回扫，较长的回扫区间使下一行的行首词远超副中央凹预视范围，读者无法在回扫之前对下一行的行首词进行副中央凹预视，并进行眼跳目标选择。”

第三处在回扫目标选择的研究成果部分进行了补充，具体补充为：“对于有词间空格的字母文字，读者在进行行内眼跳时，副中央凹视觉处的词间空格为读者提供了词长信息和词边界信息，从而使眼跳通常落在特定位置。O'Regan 和 Jacobs (1992) 发现读者选择的眼跳目标位置是下一个词的中心，即最佳注视位置 (optimal viewing position, OVP)，但由于眼跳计划的执行过程存在误差，眼跳往往落在偏向注视位置 (preferred viewing location, PVL) (Rayner, 1979)。而在回扫中，下一行的行首词远超副中央凹预视范围，读者可能无法获取行首词的词长信息，那么回扫着陆位置是否还为行首词的 PVL？”

3. 回扫在什么时候发生？如果是单行文本阅读，会发生回扫吗？当然不会。作者需要限定阅读的范畴，即多行文本阅读。

回应：非常感谢审稿专家。我们在文中多处进行了限定。第一处，对文章的题目进行了修改，具体改为：“回扫：多行文本阅读中必不可少的眼动”第二处，对引言第一段进行了修改，具体改为：“然而，在多行文本阅读中需要更长的眼跳将读者的注视点从上一行行末带到下一行行首，这类眼跳被称为回扫 (return-sweep) (Tinker, 1963)。”第三处，对英文摘要题目进行了修改，具体改为：“Return-Sweep: Essential Eye Movement in Multi-line Text Reading”第四处，我们在英文摘要中进行了修改，具体改为：“In multi-line text reading, return-sweep is an essential eye movement that takes the readers' fixation from the end of one line of text to the start of the next.”

4. 什么是修正眼跳？引言第一段中首次提出修正眼跳，并未对其作详细的解释。

回应：非常感谢审稿专家。我们进行了分段，引言第二段首次出现修正眼跳，我们在引言第二段中对修正眼跳做出了解释，内容如下：“大多数回扫属于长距离眼跳，通常无法一次性到达预期目标 (Andriessen & deVoogd, 1973)，大约 40~60% 的回扫后会产生继发性眼跳 (secondary saccade) (Parker, Slattery, et al., 2019; Slattery & Vasilev, 2019)，这类眼跳被称为修正眼跳 (corrective saccade)。当发生回扫脱靶错误时，修正眼跳会基于视网膜反馈的信息

迅速启动 (Becker, 1976; Hofmeister et al., 1999), 从而帮助读者的中央凹视觉更接近预期目标。”

5. 为什么回扫后会发生眼跳错误 (undershoot error) ?

回应: 非常感谢审稿专家。我们对“为什么回扫后会发生眼跳错误”这一问题在文中引言部分进行了补充, 内容如下: “产生回扫脱靶错误的原因至少有两种。第一, 回扫脱靶错误可能是因为重心效应 (centre-of-gravity effect) (Findlay, 1982; Findlay & Gilchrist, 1997; Findlay & Walker, 1999; Vitu, 2008), 重心效应认为, 读者将回扫定位在下一行的左边缘附近, 文本刺激位于下一行左边缘的右侧, 而下一行左边缘的左侧没有文本刺激, 这就导致读者的回扫着陆位置向右侧偏移, 发生回扫脱靶错误。第二, 回扫脱靶错误可能是眼动系统的一部分, 因为长距离的眼跳之后往往都伴随着较短的修正性眼跳 (Becker, 1972)。大多数回扫属于长距离眼跳, 通常无法一次性到达预期目标 (Andriessen & deVoogd, 1973), 大约 40~60% 的回扫后会产生继发性眼跳 (secondary saccade) (Parker, Slattery, et al., 2019; Slattery & Vasilev, 2019), 这类眼跳被称为修正眼跳 (corrective saccade)。当发生回扫脱靶错误时, 修正眼跳会基于视网膜反馈的信息迅速启动 (Becker, 1976; Hofmeister et al., 1999), 从而帮助读者的中央凹视觉更接近预期目标。”

6. 引言第一段“因此, 回扫分为两种, 准确的回扫与不准确的回扫, 准确的回扫后不需要修正眼跳, 不准确的回扫后需要修正眼跳 (Parker, 2019)”。是通过是否出现修正眼跳来区分准确的回扫与不准确的回扫, 还是通过回扫准确与否来判断是否将出现修正眼跳?

回应: 非常感谢审稿专家。基于这个问题, 我们重新阅读了回扫相关文献, 并进行了思考。首先, Parker (2019) 认为: “不需要修正眼跳的回扫是准确的回扫, 需要修正眼跳的回扫是不准确的回扫。”通过这句话, 我们判断作者表达的意思是: 通过是否出现修正眼跳来区分准确的回扫与不准确的回扫。其次, 当回扫着陆位置远离预期目标时 (也就是发生不准确的回扫时), 修正眼跳会基于视网膜反馈的信息迅速启动 (Becker, 1976; Hofmeister et al., 1999), 基于这一结果, 我们也可以理解成读者是根据回扫准确与否来判断是否将出现修正眼跳。综上, 回扫相关文献中并没有明确“是通过是否出现修正眼跳来区分准确的回扫与不准确的回扫, 还是通过回扫准确与否来判断是否将出现修正眼跳”这一问题。因此, 为了文章更严谨, 我们将“因此, 回扫分为两种, 准确的回扫与不准确的回扫, 准确的回扫后不需要修正眼跳, 不准确的回扫后需要修正眼跳 (Parker, 2019)”这句话做了删除处理。

7. 原文中“人们对于回扫并非耳熟能详，甚至鲜有人知，原因在于回扫会导致数据分析的复杂化，通常被排除在数据分析和模型模拟之外”。前半句说法过于绝对。事实上，关于回扫的眼动研究可以追溯到上世纪 80 年代。后半句说法不全面也不准确。

回应：非常感谢审稿专家。我们对这段话进行了删除与修改。

首先，同意审稿专家的观点，前半句确实过于绝对，因此我们进行了删除。

其次，前半句与后半句并没有因果联系。我们重新阅读了相关文献，发现“原因在于回扫会导致数据分析的复杂化，通常被排除在数据分析和模型模拟之外”这句话不准确，应该改为：“回扫后注视会使眼动研究的数据分析复杂化，因此一些涉及多行文本阅读的研究删除了回扫后注视（Hand et al., 2010; Hand et al., 2012; Henderson et al., 2013; Kuperman et al., 2010; Miellet et al., 2007; Rayner et al., 2011; Slattery & Parker, 2019; Whitford & Titone, 2012; Whitford & Titone, 2014）。”由于后半句与回扫后注视（undersweep-fixations）有关，因此，我们将这句话放在回扫后注视的研究成果部分。

8. 原文中“目前对于回扫的研究还很少，且主要集中于回扫着陆位置、回扫后的修正眼跳、与回扫相邻的注视三个方面”。研究的问题和使用的指标是两回事，不应该混为一谈。

回应：非常感谢审稿专家。这句话“目前对于回扫的研究还很少，且主要集中于回扫着陆位置、回扫后的修正眼跳、与回扫相邻的注视三个方面”不准确，我们确实将回扫的指标与回扫研究的问题混为一谈了。对此，我们做出如下解释与修改。

首先，原文中我们想表达的是：回扫着陆位置、回扫后的修正眼跳、与回扫相邻的注视是三个方面的研究。由于回扫着陆位置既是一个指标又是一个方面的研究问题，因此可能让专家产生了疑惑，因此我们将回扫着陆位置改为回扫目标选择（研究问题）。其次，我们遗漏了文献中另一个常见的眼动指标与相关研究，回扫起跳位置指标的介绍以及文献中的有关回扫起跳位置的研究，对此我们进行了补充（具体内容见问题 10）。综上，我们将原文中的这句话进行了修改，具体改为：“目前，回扫的相关研究较少，且主要集中在回扫起跳位置、回扫目标选择、回扫的精确性、与回扫相邻的注视四个方面。本文先简单介绍回扫研究中常用的眼动指标；再详细介绍关于回扫的四个方面的研究；最后提出未来的研究设想，以期引起人们对于回扫研究的重视。”对研究问题与文章层次逻辑的具体修改见问题 9。

9. 同问题 8，文章详细介绍了三类回扫相关的眼动指标，穿插了使用这些指标的相关研究。

问题是，本文的重点是要介绍回扫指标，还是关于回扫的各类研究？如何侧重于各类研究，那么作者可能需要重新梳理文章层次逻辑。

回应：非常感谢审稿专家。

首先，本文的重点不是简单介绍回扫研究中常用的四类指标，重点是回扫的四个方面的研究。由于，回扫研究中常用的四个指标在回扫四个方面的研究问题中都有涉及（例如，回扫起跳位置这一指标可以反映回扫起跳位置问题，回扫着陆位置这一指标可以反映回扫目标选择问题，修正眼跳发生的频率这一指标可以反映回扫的精准性问题，与回扫相邻的注视时间这一指标与其他常见的指标，如单次注视时间、凝视时间、跳读率可以反映与回扫相邻注视的相关问题），因此，我们在梳理回扫的相关研究之前，要简单介绍一下回扫中常见的指标。

其次，为突出重点，我们对文章的层次框架进行了重新梳理，先用一小段初步介绍了回扫中常用的四类指标，以便读者对这四类指标有初步的了解。再针对四个方面的研究问题设置四个框架，详细介绍回扫的四个方面的研究。具体内容改为：

“2 回扫研究中常用的眼动指标

回扫起跳位置（return-sweep launch site），回扫起跳位置是回扫在文本上一行中最后一次注视的位置，计为回扫起跳位置到上一行行末的字符数（Parker, 2019; Slattery & Parker, 2019）。回扫着陆位置（return-sweep landing position），回扫着陆位置是回扫在文本下一行上的首次着陆位置（Parker, Slattery, & Kirkby, 2019），计为从下一行行首到回扫着陆位置的字符数（Parker, 2019; Slattery & Parker, 2019）。修正眼跳发生的频率（frequency of corrective saccades），修正眼跳发生的频率计为需要进行修正眼跳的回扫数占总回扫数的比率，是反映回扫精确性的指标（Heller, 1982; Parker, 2019）。与回扫相邻注视的注视时间，与回扫相邻的注视是指紧邻回扫，回扫之前的最后一次注视与回扫之后的第一次注视。阅读中大约有 20% 的注视属于此类注视（Rayner, 1998）。与回扫相邻注视具体分为行末注视（line-final fixations），准确的行初始注视（accurate line-initial fixations），回扫后注视（undersweep-fixations）。行末注视是回扫之前，在上一行行末进行的最后一次注视，其注视时间为行末注视时间（line-final fixation durations）（Parker, Nikolova, et al., 2019; Rayner, 1977; Slattery & Parker, 2019）。准确的行初始注视是回扫着陆点准确地落在读者预期目标后的第一次注视，其注视时间为准确的行初始注视时间（accurate line-initial fixation durations）（Parker, Slattery, & Kirkby, 2019）。在回扫和修正眼跳之间的注视被称为回扫后注视，这些注视没有落在回扫的预期目标上，其注视时间为回扫后注视时间（undersweep-fixation durations）（Parker et al., 2017; Parker et al.,

2020; Parker, Slattery, & Kirkby, 2019; Slattery & Vasilev, 2019; Vasilev, Adedeji, et al., 2021), 以上三种注视时间可能受回扫的影响, 是回扫研究中常用的指标, 其中行末注视时间是否可以反映词汇加工还存在争议, 回扫后注视时间可能不反映词汇加工。

3 回扫的相关研究

3.1 回扫的起跳位置

回扫起跳位置既是回扫研究中常见的眼动指标又是研究者们关注的问题。Parker, Slattery 和 Kirkby (2019) 发现, 儿童的回扫起跳位置比成人的更靠近行末, 原因可能是, 儿童更依赖中央凹加工而不是副中央凹加工 (Häikiö et al., 2009), 因此儿童必须阅读行末的文本来帮助阅读理解, 从而导致儿童的回扫起跳位置更靠近行末。Parker 和 Slattery (2020) 基于 Parker, Slattery 和 Kirkby 的研究结果假设, 如果儿童是因为拼写能力与阅读能力低, 从而导致其回扫起跳位置比成人的更靠近行末, 那么低拼写能力与阅读能力者同样会比高拼写能力与阅读能力者的回扫起跳位置更靠近行末, 结果证实了他们的假设, 这一结果表明, 首先, 高拼写能力与阅读能力者能够使用副中央凹视觉来加工行末的信息。其次, 高拼写能力与阅读能力者会避免注视行末信息, 以减少回扫区间的长度, 从而减少回扫脱靶错误, 这种高风险的回扫目标选择策略可能会导致读者猜测行末词, 以确保阅读理解。

3.2 回扫目标选择

回扫目标选择通常通过回扫着陆位置这一指标来反映 (Slattery & Vasilev, 2019; Vasilev, Adedeji, et al., 2021)。对于有词间空格的字母文字, 读者在进行行内眼跳时, 副中央凹视觉处的词间空格为读者提供了词长信息和词边界信息, 从而使眼跳通常落在特定位置。O'Regan 和 Jacobs (1992) 发现读者选择的眼跳目标位置是下一个词的中心, 即最佳注视位置 (optimal viewing position, OVP), 但由于眼跳计划的执行过程存在误差, 眼跳往往落在偏向注视位置 (preferred viewing location, PVL) (Rayner, 1979)。而在回扫中, 下一行的行首词远超副中央凹预视范围, 读者可能无法获取行首词的词长信息, 那么回扫着陆位置是否还为行首词的 PVL? Slattery 和 Vasilev (2019) 针对这一问题进行了研究, 他们操纵了行首词显著性 (正常与加粗), 并以行首词长度和回扫起跳位置为协变量。结果发现, 行首词词长不影响回扫着陆位置, 且行首词显著性与词长不存在交互作用, 这一结果表明读者的回扫着陆位置不是行首词的 PVL, 因为随着行首词长度增加, 回扫着陆位置没有向右移动到行首词的 PVL; 当行首词加粗时, 回扫着陆位置更接近下一行左边缘, 基于这一结果, 研究者猜测, 回扫着陆位置可能指向下一行左边缘的某些区域。除此之外, 实验还发现, 回扫起跳位置远离上一行右边缘时, 回扫着陆位置接近下一行左边缘。回扫起跳位置远离上一行右边缘时, 随着行首词

长度增加，回扫着陆位置接近下一行左边缘，产生这一结果的原因可能是，回扫起跳位置远离上一行右边缘时，长的行首词在空间上更接近回扫起跳位置，此时，行首词可能成为引导回扫目标选择的可靠线索。

Vasilev, Adedeji 等 (2021) 操纵字符大小与行长，探讨回扫是否由字符信息引导以及字符信息的使用是否依赖于回扫目标区域的视敏度，结果发现，字符大小的主效应显著，字符大小与回扫起跳位置的交互作用显著，字符大小、行的长度和回扫起跳位置三者交互作用显著，以上结果表明在回扫目标选择时，需要使用字符信息。行长越长，回扫着陆位置越远离下一行左边缘，这表明，行长越长，回扫着陆位置越有可能到达不了预期目标。关键的是，字符大小和行长之间没有交互作用，这表明，在回扫目标选择时，字符信息的使用不依赖于回扫目标区域的视敏度。以上结果与 Slattery 和 Vasilev (2019) 的猜测不一致，若回扫着陆位置指向下一行左边缘，那么字符大小应该不会影响回扫着陆位置，因为不同字符大小条件下，下一行左边缘不变。然而，实验结果却发现，字符大小的主效应显著。这表明，回扫着陆位置并非指向下一行左边缘，而是读者根据整体文本特征（如字符大小）来进行回扫目标选择。

Parker, Slattery 和 Kirkby (2019) 发现，成人的回扫着陆位置比儿童的更远离下一行左边缘。对此，研究者认为，虽然成人的回扫着陆位置远离下一行的左边缘，但成人的注视点刚到下一行时，就可以对其注视点左侧的单词进行副中央凹加工，而儿童可能更依赖中央凹加工 (Häikiö et al., 2009)。因此，儿童需要注视行首以保证阅读，从而导致了儿童的回扫着陆位置更接近下一行的左边缘。Parker 和 Slattery (2020) 研究发现，高拼写能力者的回扫着陆位置远离下一行左边缘，这一发现与儿童和成人之间的发展差异相似，即高拼写能力者的注视点刚到下一行左边缘时，就可以对其注视点左侧的单词进行副中央凹加工。因此，即使高拼写能力者的回扫着陆位置远离下一行左边缘也可以保障阅读。

综上，回扫目标选择受行首词显著性、回扫起跳位置、字符大小、行长和个体差异的单独影响，且受行首词长度与回扫起跳位置，字符大小与回扫起跳位置，以及字符大小、行长和回扫起跳位置的共同影响。回扫目标选择不同于行内眼跳目标选择。首先，在回扫中，读者无法通过副中央凹预视获得指向行首词 OVP 所需的词长信息，回扫着陆位置不是行首词的 PVL，这间接表明，副中央凹信息对于有词间空格的字母文字系统的眼跳目标选择非常重要。其次，回扫目标选择并非指向下一行左边缘，这表明重心效应不能解释回扫目标选择。基于以上研究，对于回扫目标选择，较为合理的解释是，当读者无法在回扫之前对下一行的行首词进行副中央凹预视时，读者可以根据文本的整体特征（如字符大小）来进行回扫目标选择。

3.3 回扫的精确性

回扫精确性通常通过修正眼跳发生的频率这一指标来反映 (Heller, 1982; Parker, 2019)。

Tinker (1963) 研究了排版因素对文本可读性的影响, 结果发现, 当行长超过一定长度时, 阅读时间会增加。Tinker 将此归因于回扫后修正眼跳的大量增加, 即行长越长, 修正眼跳发生的频率越高。Heller (1982) 在研究行长是否影响修正眼跳时, 不仅发现行长越长, 修正眼跳发生的频率越高, 还发现文本难度越大, 修正眼跳发生的频率越高。Hofmeister 等 (1999) 不仅发现行长影响修正眼跳发生的频率, 还发现修正眼跳发生的频率会随着回扫着陆位置右移而变高。对此, Hofmeister 等提出质疑, 修正眼跳发生的频率变高是因为行长增加, 还是因为回扫着陆位置与预期目标的偏离程度增加? 为了解决这一问题, 他们考察了行长对相同的回扫着陆位置发起的修正眼跳的影响。结果发现, 修正眼跳发生的频率不仅取决于行长, 还取决于回扫着陆位置与预期目标的偏离程度。Vasilev, Adedeji 等 (2021) 发现, 字体越小、行长越长、回扫起跳位置越靠近上一行右边缘时, 修正眼跳发生的频率越高, 即回扫的精确性越差。Slattery 和 Vasilev (2019) 发现行首词加粗降低了修正眼跳发生的频率, 但并不影响段落总阅读时间, 这表明降低修正眼跳发生的频率, 即提高回扫的精确性, 并不能提高阅读速度。原因可能是, 即使发生了修正眼跳, 回扫与修正眼跳之间短暂的回扫后注视也可以帮助读者获得有用的信息以保障阅读速度。

回扫的精确性还存在个体差异。儿童比成人修正眼跳发生的频率更高 (Netchine et al., 1983), 且儿童更有可能从靠近下一行左边缘的位置进行修正眼跳 (Parker, Slattery, & Kirkby, 2019)。低阅读能力和低拼写能力者修正眼跳发生的频率更高 (Parker & Slattery, 2020)。阅读困难者修正眼跳发生的频率更高 (Trauzettel-Klosinski et al., 2010)。

综上, 回扫的精确性受行长、文本难度、回扫着陆位置与预期目标的偏离程度、字符大小、回扫起跳位置、行首词显著性和个体差异的影响。值得注意的是, 字符大小、行首词显著性等多种因素既影响回扫目标选择还影响回扫的精确性, 但这两种影响的来源是否相同尚不清楚, 因为回扫程序是在回扫之前预先编程, 因此对回扫目标选择的影响一般认为发生在回扫之前。然而, 对回扫精确性的影响可能发生在回扫之前, 也可能发生在回扫之后。发生在回扫之前的观点认为修正眼跳可以在回扫之前预先编程, 有研究显示即使没有任何视觉反馈的黑暗中也会发生修正眼跳, 修正眼跳可能与主眼跳“预先包装”在一起, 以节省阅读时间 (Becker & Fuchs, 1969)。而发生在回扫之后的观点认为在没有视觉反馈的情况下, 修正眼跳不会发生 (Prablanc & Jeannerod, 1975)。然而, 这两种观点并不相互排斥。研究发现, 当回扫脱靶错误较大 (回扫脱靶错误超过 10%) 时, 无论是否存在视觉反馈, 都可能发生修正眼跳 (Tian et al., 2013)。当回扫脱靶错误较小时, 视觉反馈的作用可能更强 (Vasilev, Adedeji,

et al., 2021)。

3.4 与回扫相邻的注视

3.4.1 行末注视

行末注视可能受到回扫行为的影响，它不同于与回扫不相邻的行内注视，是回扫研究非常关注的一类注视。行末注视时间比与回扫不相邻的行内注视时间短 (Abrams & Zuber, 1972; Hawley et al., 1974; Parker, Nikolova, et al., 2019; Rayner, 1977)，与回扫不相邻的行内注视是指除了与回扫相邻的注视以外的单次注视，阅读中 80% 的注视属于此类注视 (Rayner, 1998)。Kuperman 等 (2010) 发现，只有在阅读段落最后一行时，行末注视时间比行内注视时间长。对于回扫之前行末注视时间的减少，Rayner (1977) 认为原因是读者的注视点靠近行末时，读者副中央凹处的信息减少导致副中央凹信息加工减少，进而导致行末注视时间的减少；而 Kuperman 等 (2010) 和 Mitchell 等 (2008) 则认为，行末注视时间的减少是由读者阅读时眼动程序 (oculomotor programming) 对行边界的反应导致的，即读者的注视点到达行末后准备执行回扫，进而导致了行末注视时间的减少，与他们观点类似的是，Abrams 和 Zuber (1972) 认为行末注视不是为了获取信息并进行词汇加工，而是为了计划回扫。

行末注视存在个体差异。Parker, Slattery 和 Kirkby (2019) 发现，成人的行末注视时间比儿童的短。成人和儿童的行末注视时间都短于行内注视时间，且成人与儿童的行内注视时间与行末注视时间的差距相似。如果行末注视时间的减少是熟练阅读者的副中央凹加工减少所致，那么对于儿童，他们更依赖中央凹加工而不是副中央凹加工 (Häikiö et al., 2009)，他们应该将更多的加工资源分配到注视词上，对副中央凹词的加工资源减少，这应该会导致儿童的行内注视时间与行末注视时间的差距减少，而事实并非如此，成人和儿童的行内注视时间与行末注视时间的差距相似，这表明行末注视可能不参与词汇加工，从而挑战了 Rayner (1977) 提出的行末注视时间的减少是因为缺少副中央凹预视的观点。Parker 和 Slattery (2020) 发现，高阅读能力者行末注视时间短，对此有三种可能的解释，第一种为，如果行末注视与中央凹编码有关，高阅读能力者编码中央凹处的信息快，导致他们比低阅读能力者更早地执行回扫；第二种为，如果行末注视时间与回扫计划有关，那么高阅读能力者会用更少的时间来计划回扫；第三种为以上两种解释的结合。

综上，行末注视时间是否反映词汇加工还存在争议。Rayner (1977) 认为，副中央凹信息加工的减少导致了行末注视时间的减少，这表明行末注视时间可以反映词汇加工。而一些研究者则认为，行末注视时间可能不反映词汇加工 (Abrams & Zuber, 1972; Kuperman et al., 2010; Mitchell et al., 2008; Parker, Slattery, & Kirkby, 2019)。因此，后续的研究应继续探讨行

末注视时间是否可以反映词汇加工，以便我们更好的了解行末注视这一眼动行为。

3.4.2 准确的行初始注视

准确的行初始注视可能受到回扫行为的影响，它不同于与回扫不相邻的注视，是回扫研究非常关注的一类注视。准确的行初始注视时间比与回扫不相邻的行内注视时间长约30~50ms（Parker, Slattery, & Kirkby, 2019; Rayner, 1977）。Parker 和 Slattery（2019）的研究也证明了这一点，当准确的行初始注视落在行首词上时，对行首词的单次注视时间和凝视时间比行内词的更长。目前，产生这个结果的原因存在多种解释，Stern（1978）认为，读者在处理下一行的新信息之前，回扫之后，需要一段时间的重新定位来解决增加的双眼视差。Parker 等（2017）和 Parker, Nikolova 等（2019）则认为读者没有提前对下一行的信息进行副中央凹预视，因此要花费更长的时间对回扫着陆位置处的信息进行加工。而 Kuperman 等（2010）认为可能是因为启动效应（start-up effect），即读者的注视点到达行首时，会为后续的阅读计划一系列的眼跳，从而导致了行初始注视时间更长。

Parker, Slattery 和 Kirkby（2019）发现，成人的准确的行初始注视时间比儿童的短。成人的准确的行初始注视时间比与回扫不相邻的行内注视时间长，但儿童准确的行初始注视时间和与回扫不相邻的行内注视时间差异不显著。对于这一结果，研究者猜测，成人的注视点刚到下一行的左边缘时，就开始利用副中央凹信息来计划他们随后的眼跳（Kuperman et al., 2010），但儿童主要依赖于中央凹加工（Häikiö et al., 2009），可能不会计划随后的眼跳，计划眼跳可能需要一定的注视时间，导致成人的准确的行初始注视时间相对于行内注视时间的增加。为了验证这一假设，研究者继续考察了成人与儿童回扫后的阅读，结果发现，相对于儿童，成人在准确的行初始注视后的向前眼跳长度明显长于行内眼跳长度，这表明，相对较长的准确的行初始注视时间使成人在眼跳之前编码更多的信息用于眼跳计划。Parker 和 Slattery（2020）发现高阅读能力与高拼写能力者的准确的行初始注视时间短。以往研究认为阅读能力主要影响中央凹信息加工，而拼写能力影响副中央凹信息加工，阅读能力影响注视时间与阅读速度，而拼写能力影响跳读率与眼跳长度（Slattery & Yates, 2018; Veldre & Andrews, 2015; Veldre et al., 2017），实验结果与以往研究结果不符。原因可能是，当读者的注视点在行末，无法对下一行的行首词进行副中央凹预视时，回扫着陆位置准确到达预期目标后，拼写能力将影响准确的行初始注视时间。

综上，准确的行初始注视存在个体差异且准确的行初始注视时间比与回扫不相邻的行内注视时间长存在多种解释。值得注意的是，当读者不能进行副中央凹预视时，注视时间会受到拼写能力的影响。这一发现表明，拼写能力可能影响正字法编码（orthographic encoding），

而不是影响副中央凹预视。

3.4.3 回扫后注视

回扫后注视不同于与回扫不相邻的行内注视，是回扫研究非常关注的一类注视。回扫后注视时间通常比与回扫不相邻的行内注视时间短，持续时间为 120~160ms（Parker, Slattery, & Kirkby, 2019; Slattery & Parker, 2019; Slattery & Vasilev, 2019）。回扫后注视会使眼动研究的数据分析复杂化，因此一些涉及多行文本阅读的研究删除了回扫后注视（Hand et al., 2010; Hand et al., 2012; Henderson et al., 2013; Kuperman et al., 2010; Miellet et al., 2007; Rayner et al., 2011; Slattery & Parker, 2019; Whitford & Titone, 2012; Whitford & Titone, 2014）。

对于回扫后注视，研究者主要关注五个问题，第一，短暂的回扫后注视是否受词汇特征的影响？研究发现，词汇特征（词频、词长以及词的可预测性）既不影响成人的回扫后注视时间（Slattery & Parker, 2019），也不影响儿童的回扫后注视时间（Parker et al., 2020）。第二，读者是否可以在回扫后注视中获得注视词的信息并用于后续阅读？研究发现，无论成人还是儿童，接受过回扫后注视的词的跳读率更高，凝视时间更短（Slattery & Parker, 2019; Parker et al., 2020）。有趣的是，在凝视时间指标上，与儿童相比，是否经过回扫后注视对成人的影响更大。这表明，儿童与成人都能在回扫后注视中提取信息，但成人比儿童提取信息的效率高（Parker et al., 2020）。第三，返回抑制（Inhibition of return, IoR）效应在回扫后注视后的注视中的作用。返回抑制效应认为，将注意力返回刚刚注意过的位置比注意新位置需要更长的时间（Posner & Cohen, 1984）。因此研究者认为，回扫后注视期间，如果注意力位于预期目标上，而不在回扫后注视所在的注视词上，那么就不存在读者再次注意回扫后注视所在的注视词，就不会出现返回抑制效应。结果发现，无论成人还是儿童，单词在接受过回扫后注视的情况下，单词再次被注视条件下前一个注视词的注视时间比单词被跳过条件下前一个注视词的注视时间长，这表明存在 IoR 效应，且 IoR 效应会影响回扫后注视后的注视。重要的是，这表明注意力暂时集中在回扫后注视所在的注视词上而不是预期目标上（Slattery & Parker, 2019; Parker et al., 2020）。第四，在回扫后注视中是否能够预视注视点左侧的行首词信息。研究发现，无论成人还是儿童，与没有回扫后注视的条件相比，经历过回扫后注视的条件下，行首词的凝视时间更短，这表明，在回扫后注视期间，读者可以通过副中央凹获取其注视点左侧的行首词信息，这些信息有利于读者的后续阅读（Parker & Slattery, 2019; Parker et al., 2020）。第五，在回扫后注视期间读者提取了什么性质的信息？研究发现，回扫后注视中注视词词频对行首词的注视时间并没有影响，即没有溢出效应，对于这一结果，研究者猜测，读者在回扫后注视中可能只提取了字母信息并用于后续阅读，对注视词的加工阶段可能在 E-Z

读者模型中所提的前注意视觉加工阶段（V 阶段）。

综上，读者在回扫后注视期间时，注意力可以暂时集中在回扫后注视所在的注视词上而不是行首词上。在回扫后注视中，对注视词的加工阶段可能只在前注意视觉加工阶段，并没有达到词汇加工阶段。成人和儿童都可以在回扫后注视期间提取注视词以及注视词左侧的信息，以保障后续阅读。成人和儿童之间这种相似的眼动模式表明，控制跨行阅读所需的眼动协调和注意的机制在阅读发展的早期阶段就已经确立了。”

10. 本文将眼跳指标分为三类：回扫着陆位置、回扫后的修正眼跳、与回扫相邻的注视。文献中还有一种常用的回扫指标，即回扫起跳位置（return-sweep launch position），建议作者进行补充。

回应：非常感谢审稿专家，审稿专家说得对，我们确实忽略了回扫起跳位置这一指标。对此，我们对回扫起跳位置这一指标以及文献中对回扫起跳位置的研究成果进行了补充。1、指标的初步介绍，具体补充内容如下：“回扫起跳位置（return-sweep launch site），回扫起跳位置是回扫在文本上一行中最后一次注视的位置，计为回扫起跳位置到上一行行末的字符数（Parker, 2019; Slattery & Parker, 2019）。”2、回扫起跳位置的研究成果，具体补充内容如下：“回扫起跳位置既是回扫研究中常见的眼动指标又是研究者们关注的问题。Parker, Slattery 和 Kirkby（2019）发现，儿童的回扫起跳位置比成人的更靠近行末，原因可能是，儿童更依赖中央凹加工而不是副中央凹加工（Häikiö et al., 2009），因此儿童必须阅读行末的文本来帮助阅读理解，从而导致儿童的回扫起跳位置更靠近行末。Parker 和 Slattery（2020）基于 Parker, Slattery 和 Kirkby 的研究结果假设，如果儿童是因为拼写能力与阅读能力低，从而导致其回扫起跳位置比成人的更靠近行末，那么低拼写能力与阅读能力者同样会比高拼写能力与阅读能力者的回扫起跳位置更靠近行末，结果证实了他们的假设，这一结果表明，首先，高拼写能力与阅读能力者能够使用副中央凹视觉来加工行末的信息。其次，高拼写能力与阅读能力者会避免注视行末信息，以减少回扫区间的长度，从而减少回扫脱靶错误，这种高风险的回扫目标选择策略可能会导致读者猜测行末词，以确保阅读理解。”

11. 原文中“结果发现，当行初始词加粗时，回扫着陆位置更接近下一行左边缘。因此，研究者认为，回扫着陆位置不是行初始词的 PVL，而是指向下一行左边缘”这里似乎遗漏了 Slattery 和 Vasilev（2019）研究中一个重要的发现：行首词词长不影响回扫着陆位置。

回应：非常感谢审稿专家，审稿专家说得对，我们确实遗漏了 Slattery 和 Vasilev (2019) 研究中“行首词词长不影响回扫着陆位置”这一重要发现，对此，我们对这一重要发现进行了补充，具体内容如下：“结果发现，行首词词长不影响回扫着陆位置，且行首词显著性与词长不存在交互作用，这一结果表明读者的回扫着陆位置不是行首词的 PVL，因为随着行首词长度增加，回扫着陆位置没有向右移动到行首词的 PVL。”

12. 对于 Slattery 和 Vasilev (2019) 研究的综述部分，语言冗杂，不够凝练。

回应：非常感谢审稿专家。我们对 Slattery 和 Vasilev (2019) 研究的综述部分进行了修改，凝练了原文中的重要内容，具体内容如下：“而在回扫中，下一行的行首词远超副中央凹预视范围，读者可能无法获取行首词的词长信息，那么回扫着陆位置是否还为行首词的 PVL？Slattery 和 Vasilev (2019) 针对这一问题进行了研究，他们操纵了行首词显著性（正常与加粗），并以行首词长度和回扫起跳位置为协变量。结果发现，行首词词长不影响回扫着陆位置，且行首词显著性与词长不存在交互作用，这一结果表明读者的回扫着陆位置不是行首词的 PVL，因为随着行首词长度增加，回扫着陆位置没有向右移动到行首词的 PVL；当行首词加粗时，回扫着陆位置更接近下一行左边缘，基于这一结果，研究者猜测，回扫着陆位置可能指向下一行左边缘的某些区域。除此之外，实验还发现，回扫起跳位置远离上一行右边缘时，回扫着陆位置接近下一行左边缘。回扫起跳位置远离上一行右边缘时，随着行首词长度增加，回扫着陆位置接近下一行左边缘，产生这一结果的原因可能是，回扫起跳位置远离上一行右边缘时，长的行首词在空间上更接近回扫起跳位置，此时，行首词可能成为引导回扫目标选择的可靠线索。”

13. 作者对 Vasilev, Adedeji 等 (2021) 的理解似乎不够准确。这篇研究主要探讨的是回扫定位问题 (return-sweep targeting)，即回扫定位是基于视角还是基于字符。在描述结果之前，作者应该阐述所引用的研究主要探讨了什么问题。

回应：非常感谢审稿专家。我们重新阅读了 Vasilev, Adedeji 等 (2021) 的研究。补充了研究探讨的问题。具体修改为：“Vasilev, Adedeji 等 (2021) 操纵字符大小与行长，探讨回扫是否由字符信息引导以及字符信息的使用是否依赖于回扫目标区域的视敏度，结果发现，字符大小的主效应显著，字符大小与回扫起跳位置的交互作用显著，字符大小、行的长度和回扫起跳位置三者交互作用显著，以上结果表明在回扫目标选择时，需要使用字符信息。行长越长，回扫着陆位置越远离下一行左边缘，这表明，行长越长，回扫着陆位置越有可能到达不

了预期目标。关键的是，字符大小和行长之间没有交互作用，这表明，在回扫目标选择时，字符信息的使用不依赖于回扫目标区域的视敏度。以上结果与 Slattery 和 Vasilev (2019) 的猜测不一致，若回扫着陆位置指向下一行左边缘，那么字符大小应该不会影响回扫着陆位置，因为不同字符大小条件下，下一行左边缘不变。然而，实验结果却发现，字符大小的主效应显著。这表明，回扫着陆位置并非指向下一行左边缘，而是读者根据整体文本特征（如字符大小）来进行回扫目标选择。”

14. 文中“与不准确的回扫后注视（undersweep-fixations）”这一说法不对。

回应：非常感谢审稿专家，我们对于这一问题进行了思考与修改。undersweep-fixations 的定义为：在回扫和修正眼跳之间的注视被称为 undersweep-fixations，我们原先的翻译是结合 undersweep-fixations 的定义进行了意译，翻译为：“不准确的回扫后注视”。但由于对行末注视（line-final fixations）、准确的行初始注视（accurate line-initial fixations），我们都采用了直译的方法，而“不准确的回扫后注视”与 undersweep-fixations 的字面意思对应不上，因此，我们重新进行了翻译，直译为“回扫后注视”，并在正文中附有回扫后注视的解释，如下：“在回扫和修正眼跳之间的注视被称为回扫后注视，这些注视没有落在回扫的预期目标上，其注视时间为回扫后注视时间（undersweep-fixation durations）（Parker et al., 2017; Parker et al., 2020; Parker, Slattery, & Kirkby, 2019; Slattery & Vasilev, 2019; Vasilev, Adedeji, et al., 2021）”。若您有更好、更恰当的翻译，恳请您帮我们纠正，非常感谢。

15. 文中写到“以上三种注视时间，可以反映回扫对词汇加工的影响，是回扫研究中常用的指标”。事实上，当前研究对于 line-final fixations, undersweep-fixations 是否能反映词汇加工还存在争议。

回应：非常感谢审稿专家，审稿专家说得对。我们重新阅读了相关文献并对这句话进行了修改，具体改为：“以上三种注视时间可能受回扫的影响，是回扫研究中常用的指标，其中行末注视时间是否可以反映词汇加工还存在争议，回扫后注视时间可能不反映词汇加工。”

16. “对于回扫之前行末注视时间的减少，Rayner (1977) 认为原因是缺少副中央凹预视，而 Kuperman 等 (2010) 和 Mitchell 等 (2008) 则认为，眼动程序（oculomotor programming）可能导致这一结果。”这一部分的解释过于笼统。

回应：非常感谢审稿专家，我们对这一部分进行了修改补充，具体内容如下：“对于回扫之前行末注视时间的减少，Rayner（1977）认为原因是读者的注视点靠近行末时，读者副中央凹处的信息减少导致副中央凹信息加工减少，进而导致行末注视时间的减少；而 Kuperman 等（2010）和 Mitchell 等（2008）则认为，行末注视时间的减少是由读者阅读时眼动程序（oculomotor programming）对行边界的反应导致的，即读者的注视点到达行末后准备执行回扫，进而导致了行末注视时间的减少，与他们观点类似的是，Abrams 和 Zuber（1972）认为行末注视不是为了获取信息并进行词汇加工，而是为了计划回扫。”

17. 关于为什么 accurate line-initial fixations 长于行内注视时间，除了文中提到两种解释，应该还有一种解释。

回应：非常感谢审稿专家，审稿专家说的对，对于 accurate line-initial fixations 长于行内注视时间，确实有三种解释。我们对 accurate line-initial fixations 长于行内注视时间的第三种解释进行了补充，具体内容如下：“Kuperman 等（2010）认为可能是因为启动效应（start-up effect），即读者的注视点到达行首时，会为后续的阅读计划一系列的眼跳，从而导致了行初始注视时间增长。”

18. “undersweep-fixations”这一部分，内容松散，对前人研究的理解还不够深入。建议作者再细读原文，概括出最重要的内容。

回应：非常感谢审稿专家。我们仔细阅读了前人的研究，概括了前人研究中的重要内容。在重新阅读文献的过程中，我们发现我们遗漏了一些重要的问题与结论，对此我们进行了补充。具体修改的内容如下：“对于回扫后注视，研究者主要关注五个问题，第一，短暂的回扫后注视是否受词汇特征的影响？研究发现，词汇特征（词频、词长以及词的可预测性）既不影响成人的回扫后注视时间（Slattery & Parker, 2019），也不影响儿童的回扫后注视时间（Parker et al., 2020）。第二，读者是否可以在回扫后注视中获得注视词的信息并用于后续阅读？研究发现，无论成人还是儿童，接受过回扫后注视的词的跳读率更高，凝视时间更短（Slattery & Parker, 2019; Parker et al., 2020）。有趣的是，在凝视时间指标上，与儿童相比，是否经过回扫后注视对成人的影响更大。这表明，儿童与成人都能在回扫后注视中提取信息，但成人比儿童提取信息的效率高（Parker et al., 2020）。第三，返回抑制（Inhibition of return, IoR）效应在回扫后注视后的注视中的作用。返回抑制效应认为，将注意力返回刚刚注意过的位置比注意新位置需要更长的时间（Posner & Cohen, 1984）。因此研究者认为，回扫后注视期间，

如果注意力位于预期目标上，而不在回扫后注视所在的注视词上，那么就不存在读者再次注意回扫后注视所在的注视词，就不会出现返回抑制效应。结果发现，无论成人还是儿童，单词在接受过回扫后注视的情况下，单词再次被注视条件下前一个注视词的注视时间比单词被跳过条件下前一个注视词的注视时间长，这表明存在 IoR 效应，且 IoR 效应会影响回扫后注视后的注视。重要的是，这表明注意力暂时集中在回扫后注视所在的注视词上而不是预期目标上（Slattery & Parker, 2019; Parker et al., 2020）。第四，在回扫后注视中是否能够预视注视点左侧的行首词信息。研究发现，无论成人还是儿童，与没有回扫后注视的条件相比，经历过回扫后注视的条件下，行首词的凝视时间更短，这表明，在回扫后注视期间，读者可以通过副中央凹获取其注视点左侧的行首词信息，这些信息有利于读者的后续阅读（Parker & Slattery, 2019; Parker et al., 2020）。第五，在回扫后注视期间读者提取了什么性质的信息？研究发现，回扫后注视中注视词词频对行首词的注视时间并没有影响，即没有溢出效应，对于这一结果，研究者猜测，读者在回扫后注视中可能只提取了字母信息并用于后续阅读，对注视词的加工阶段可能在 E-Z 读者模型中所提的前注意视觉加工阶段（V 阶段）。

综上，读者在回扫后注视期间时，注意力可以暂时集中在回扫后注视所在的注视词上而不是行首词上。在回扫后注视中，对注视词的加工阶段可能只在前注意视觉加工阶段，并没有达到词汇加工阶段。成人和儿童都可以在回扫后注视期间提取注视词以及注视词左侧的信息，以保障后续阅读。成人和儿童之间这种相似的眼动模式表明，控制跨行阅读所需的眼动协调和注意的机制在阅读发展的早期阶段就已经确立了。”

19. “英语二语者对英语文本的阅读能力与拼写能力应该不如英语母语者，也许可以观察到英语二语者与英语母语者在回扫的常用指标上存在差异。”只是可能存在差异并不足以产生强烈的研究动机？具体的研究问题可能是什么？

回应：非常感谢审稿专家，我们对展望 4.2 这一部分进行了修改，具体如下：“4.2 考察二语阅读中的回扫。首先，研究发现，高拼写能力者的回扫着陆位置远离下一行左边缘，准确的行初始注视时间短。高阅读能力者的行内、行末与准确的行初始注视时间短。高阅读能力和高拼写能力者修正眼跳发生的频率低（Parker & Slattery, 2020）。与英语母语者相比，英语二语者的英语阅读能力和拼写能力相对更低，据此推测，英语二语者与英语母语者在回扫常用指标上的表现可能不同。其次，如前所述，汉语阅读中的回扫目标选择可能比英语更为复杂。根据跨语言迁移理论，个体在第二语言学习过程中，学习第一语言所习得的学习能力会对第

二语言学习造成影响 (Genesee et al., 2006), 因此, 读者在阅读汉语时更加复杂的回扫目标选择策略可能会迁移到英语阅读中。因此, 有必要考察二语阅读中的回扫现象。”

20. 展望部分“眼动模型需要完善以适应回扫”, 为什么认为加入回扫参数将促进模型的完善?

回应: 非常感谢审稿专家。我们对“为什么认为加入回扫参数将促进模型的完善”这一问题进行了认真的思考, 首先, E-Z 读者模型 (Reichle et al., 2012) 和 SWIFT 模型 (Schad & Engbert, 2012) 是用来解释单行文本阅读的眼动控制模型, 而在阅读多行文本时, 不可避免会发生回扫。因此, 现有模型缺少回扫参数, 加入回扫参数将促进模型的完善。其次, E-Z 读者模型与 SWIFT 模型的许多核心假设无法解释回扫, 因此回扫参数的加入会扩展两种模型的核心假设以完善模型。具体修改内容如下: “E-Z 读者模型 (Reichle et al., 2012) 和 SWIFT 模型 (Schad & Engbert, 2012) 是用来解释单行文本阅读的眼动控制模型, 而在阅读多行文本时, 不可避免会发生回扫。因此, 现有模型缺少回扫参数 (Parker & Slattery, 2019), 无法解释回扫现象。E-Z 读者模型认为, 当词 n 的词汇加工 (L1 和 L2) 完成后, 注意力转移到词 $n+1$, 与此同时, 读者开始在副中央凹视觉中处理词 $n+1$ 。而对于回扫, 当注意力转移到下一行行首词 ($n+1$) 时并不会引发行首词的副中央凹加工。此外, E-Z 读者模型假设, 眼跳的目标是词中心 (Rayner et al., 2012), 但回扫的目标并不指向词中心。因此, E-Z 读者模型无法解释回扫现象。SWIFT 模型假设词汇的激活水平决定眼跳目标 (张慢慢等, 2020; Schad & Engbert, 2012), 而词汇激活的前提是词汇必须处于阅读知觉广度范围内, 当行长超过一定长度时, 下一行的行首词便不在知觉广度范围内, 因此, 读者无法基于词汇的激活水平决定眼跳目标。因此, SWIFT 模型也无法解释回扫现象 (Parker, 2019)。所以, 加入回扫参数并扩展两个模型的核心假设将有利于现有模型的完善。”