

眼动技术及其在汉语教学研究中的应用 (Eye-tracking Technology and its Application in Chinese Teaching and Learning Research)

施黎静

(Shi, Lijing)

伦敦政治经济学院

(London School of Economics and Political Sciences)

l.shi3@lse.ac.uk

摘要: 眼动研究作为阅读研究和人际交互领域一个重要的研究方法近来也进入广大教育者的视野, 促使相关研究激增。本文选取三个与中文教学密切相关的眼动研究领域, 回顾近年来的发展, 展现其在汉语阅读, 阅读策略和实时网络语言教学(synchronous online language teaching)方面的应用和发现, 同时显示眼动研究在范式和形式上的多种可能性。本文首先简介眼动研究的历史, 随后侧重展现眼动研究在汉语阅读和阅读策略这两个方面已经取得的成果。然后以两个混合式眼动研究(Stickler & Shi, 2015; Shi, Stickler, & Lloyd, 2017)为例来阐述如何创新地使用眼动技术对网络实时汉语教学进行深层次的研究。文章也将为有意开展眼动研究的中文教育者提供一些实用的操作建议。

Abstract: As an important research method in the field of reading research and human-computer interaction, eye-tracking research has recently attracted increasing attention from educators. Thus, more related research on the topic has been published. Selecting three areas closely related to Chinese teaching, this paper reviews the development of eye-tracking research in recent years, and shows its applications and discoveries in Chinese reading, reading strategies, and synchronous online language teaching. It also demonstrates diverse research paradigms and forms of conducting eye-tracking research in language education. This article first introduces a brief history of eye movement research, focusing on the achievements that eye-tracking research has achieved in both Chinese reading and reading strategies. How and what eye-tracking research can contribute to more in-depth analysis of online synchronous Chinese teaching are then exemplified by two innovative eye-tracking studies (Stickler & Shi, 2015; Shi, Stickler, & Lloyd, 2017). The article also provides practical suggestions for Chinese language educators interested in conducting eye movement studies in the future.

关键词: 眼动研究, 中文阅读, 网络实时语言教学

Keywords: Eye-tracking, Chinese reading, synchronous online language teaching

1. 眼动研究及其基本研究范式

随着信息科技在人类生活中的不断深入，人机交互（Human Computer Interaction -HCI）研究增多，眼动研究正在进入普通研究者的视野。简而言之，眼动研究（eye-tracking research）是通过测量眼睛的注视点的位置或者眼球的运动轨迹的一个研究方法。目前在软件设计，应用程序设计，乃至商业网站的设计和使用中，眼动研究都在发挥着越来越醒目的作用。在科技辅助教育的研究领域，使用眼动技术的研究从2007年的1篇飙升为2012年的39篇（Lai et al., 2013），范围主要集中在信息处理，教学策略的效果和学习者的个体差异。这从一个侧面展现了教育研究者对眼动研究的日益青睐。

眼动研究并不是一个时髦的新工具或者新方法，相反，它被用于阅读研究的历史可以追溯到100多年前（Just & Carpenter, 1976）。此后的很长时间里它在阅读研究和信息处理领域有广泛的应用（Rayner, 1998, 2009）。人机交互的科学家们从30多年前开始大量地使用眼动技术来研究电子界面和电子设备的使用效果与设计（Jacob & Karn, 2003; Nielsen & Pernice, 2010）。

在阅读研究领域，眼动技术主要用于测量阅读、注视静态、动态场景时的眼部活动。Rayner（1998）曾经总结出了一系列有关眼部运动的经典行为。他将新的阅读区域或图像带入视野的眼部运动称为“眼跳 saccades”，是眼睛从已知区域朝向新的未知区域，即在两个注视点之间的跳动。阅读时眼跳的频率是每秒3-4个。而两次眼跳之间的停顿被称为“注视 fixations”，一般在200-250ms（毫秒）之间。默读时注视时间大约持续225ms，朗读时为275ms。对图像注视的时间大约为330ms。眼动在文本中从右向左的回看被称为“回视 regression”。由此衍生而出的眼动指标帮助研究者了解人们的阅读习惯，思维方式，理解能力等等。

在人机互动的研究领域，所参考的眼动数据主要有三种：注视类（如注视总时长、次数、首次注视的时间点等），回视类（如次数、振幅等），和路径类（Poole & Ball, 2006）。通过对这些数据的分析，可以更充分地了解产品设计的效果，人们使用电子产品时的喜好。这个领域的研究者在30多年的实践后也发现了眼动数据在一定程度上受制于参与者的体态特征（如，眼球的大小和形状，有没有带眼镜）或具体研究活动设计的限制。因此，Nielsen & Pernice（2010）建议将眼动研究同其他研究方法想结合，如刺激回忆法（stimulated recall），问卷调查，采访和观察，从而进一步提高眼动研究的信度和效度。将量化的眼动数据同质化数据甚至参与者的个体信息相结合不但多层面地展现参与者是如何阅读，如何与内容和他人互动的，并且有利于进一步了解这些行为背后的原因。Nielsen & Pernice 的这些建议

对于从事技术辅助语言教育的研究人员很有价值；近期一些语言教育领域的眼动研究操作与实践也逐渐体现了这样的思路。

本文以下部分将从三个跟技术辅助汉语教学紧密相关的领域来回顾眼动研究的具体使用以及取得的成果：汉语阅读，阅读策略，和在线语言教学。同时展现眼动研究的范式如何从传统心理学的以定量分析为主的方式，逐渐转变为混合式研究中的一项手段。

2. 汉语阅读的眼动研究

关于汉字阅读的眼动研究成果丰富，已在语言学习和认知心理学领域有自己的一席之地。早在 1925 年，Miles & Shen 就发表了关于汉字横读与直读时阅读速度的眼动研究。Journal of Research in Reading 在 2013 年的出版的 Eye movements during Chinese reading 特刊汇集了研究者对于汉语阅读最新的眼动研究成果¹。其中的六篇论文分别讨论了：成人读者如何用汉语学习新词汇，特别是词语之间插入空格是否有助于学习；他们在阅读句子时如何预先处理位于注视右侧句子中即将出现的信息；字符的哪个组成部分对于不中断的阅读最重要；使用线性混合模型来研究读者对汉语语义的预处理；以及在汉字阅读过程中跳读的特征分析。

白学军等人在 2015 年的回顾文章中展示了过去 20 年的相关研究主要集中于探索哪些因素决定汉语阅读过程中的注视时间和注视位置。针对注视时间的研究已从词边界信息、词频、熟悉性、预测性、语义透明度、具体性、非注视词的特性等方面进行探讨。而对于注视位置，探索的领域包括汉字字号、笔画数、字结构、词长、词结构、词间空格、词频、预测性、合理性、年龄和阅读能力。他们通过比较发现，汉语阅读的眼动特点与拼音文字的眼动特点既有共同之处也存在差异。

比如，Bai 等(2008) 对汉语为母语的成人的研究发现，相对于正常的词间无空格，字间空格和非词空格条件会干扰阅读，而词间空格既不促进阅读，也不干扰阅读。而 Shen 等(2012) 针对美韩日泰四国留学生的同类研究却发现，词间空格有利于留学生阅读汉语文本，且该促进作用不受被试者母语文本呈现方式（拼音文字或表意文字）的影响。

研究人员也探索了汉字笔画数和汉字结构对汉语阅读的注视位置所产生的影响。比如，孟红霞等人 (2014) 发现单次注视条件下首次注视往往落在词的中心，多次注视时首次注视往往落在词的开头位置。当首字为多笔画汉字时，读者的首次注视更多地落在词的首字上。Zang et. al (2013) 发现左右和上下结构的单字词或双字词的眼动模式相似，这似乎表明汉字结构并不会对汉语阅读的注视位置产生影响。

这些以量化统计主导的眼动研究对汉语教学和研究有直接的启发意义，因为在汉语教学中汉字和阅读的重要性不言而喻。而通过以上这些研究的介绍，读者也可

¹ <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/14679817/36/S1>

能意识到对于汉字阅读的眼动研究依然是一个值得继续探索的领域，还有很多研究的空间。就像 Liversedge 等（2013）所指出的，汉语阅读的眼动研究不仅帮助我们了解汉语习得过程中的具体问题，也将推动对人类阅读能力本质的理论诠释。

3. 在线阅读策略的眼动研究

阅读是一个互动的过程，它不仅是读者从字词句的层面开始，由下而上的信息解码，也可以是在阅读策略的指引下，从上而下，提取信息，构建意义。随着科技的广泛使用，阅读也不仅依存于传统的书本之上。与之相反，今天我们阅读的对象大多以超链接文本（hypertext）的形式出现，在线阅读能力成为一种新的技能。所以 Kang（2014）结合眼动技术和访谈，研究英语母语者和非母语者的在线阅读的策略，继而探索这两者在速度，目的性和理解度上的异同。9名美国大学生和9名中国留美大学生参加了本次研究，他们先阅读在线学习平台上的信息，然后完成5个阅读理解问题，他们的整个阅读过程被眼动仪记录下来。在眼动捕捉结束后，被测者还接受了访谈，被邀请参与观看自己在阅读过程中的眼动轨迹并发表自己的看法。Kang 发现英语母语者的阅读速度更快，但他们在阅读过程中的注意力分布和阅读理解的边沿跟非母语者并没有根本上的差异。也就是说，一旦非母语者掌握了核心词汇，对线阅读表现的最有影响的是阅读元策略。在该研究中，质化的数据帮助研究者了解被测者的认知过程和行为背后的具体原因；就研究方法而言，质化数据是量化的眼动数据的有效辅助和补充。这样的眼动研究范式更接近 Nielsen & Pernice（2010）的建议。

对研究汉语阅读策略有兴趣的学者，可在上述研究的基础上继续探索，比如，对比分析母语者和非母语者的汉语阅读策略，研究汉语与其他语言的阅读策略之间的异同，或者调查不同语言水平的汉语学习者的阅读策略差异。眼动技术可以提供直观和量化的数据。

4. “混合式”眼动研究探索实时网络语言的教学

4.1 为什么采用“混合式”的眼动研究

实时网络语言教学(synchronous online language teaching/learning) 是计算机辅助语言教学(CALL)领域的前沿地带也是其研究重点，因为大量的语言课程在网上依然是以课堂的形式存在的。然而网络语言教学参与者的具体行为及其背后的原因，依然有待更深刻的研究。目前的研究以问卷，前后测试为主，无法在教学的自然状态下采集参与者的真实行为和第一时间的思维方式。有些研究注重量化指标（如 p 值），却对教学发生的“情境 context”缺乏考量和反思。但如果以“社会文化”的研究范式来分析实时网络语言教学，我们不难发现在这个特定环境中的教与学是以各种语言和科技的可供性（affordance）为媒介的，而传统的研究方法无法深刻地揭示处于多重媒介之中的教学互动。

Stickler 和 Shi 数年来从社会文化理论 (Sociocultural theory) 的视角持续研究实时网络语言课程中师生的真实互动 (如 Shi, Stickler, & Lloyd, 2017; Stickler & Shi 2015, 2017)。从 2012 年起她们尝试使用眼动研究方法, 将它同刺激回忆法, 问卷调查, 反思等研究工具相结合, 探索学生和老师在实时网络语言教学中注意焦点 (attention focus) 的特征及其原因。具体的研究问题包括:

- 在实时网络中文教学中的阅读活动中, 学生的注意焦点在哪里 (拼音, 汉字或其他)? 为什么?
- 在实时网络中文教学中的对话活动中, 学生的注意焦点在哪里 (拼音, 汉字或其他)? 为什么?
- 在实时网络 (中文) 教学中, 老师的注意焦点在哪里? 为什么?

研究的目的是更清晰地揭示自然状态下的网络汉语教学的行为细节, 并挖掘这个过程中促进或阻碍教学的因素。从研究伦理的层面来说, 参与这两项研究的师生不仅仅是被研究的对象, 也是研究的共同参与者和创造者。通过观看自己或他人的网络教学眼动录像, 可以帮助他们反思自己的学习策略或教学策略, 从而更有意识地参与网络学习, 各自成为更好的网络学习者和教育者。如此一来, 行为研究也具备了赋能 (empowerment) 的作用。

接下来的, 将通过两个研究例子来介绍她们是如何开展这种“混合式”的眼动研究及其研究发现。

4.2 研究一: 实时网络汉语教学中学习者的注意焦点及其原因

第一个眼动研究 (Stickler & Shi 2015) 探索实时网络汉语教学中学习者的注意焦点及其原因。研究对象是 10 名参加过英国开放大学远程中文课程的成人汉语学习者, 当时他们的汉语水平在 A1-B1 之间。

在眼动研究开始前, 他们先填写了关于各自语言能力和信息技术能力的调查量表。然后进入眼动实验室, 完成一个简单的阅读理解活动。在学习软件 Elluminate 的界面上, 学生可以从上到下看到一段中文文本, 对应的拼音文本和英文的阅读理解题。

参与者的眼动数据被 Tobii 60 眼动仪实时记录, 在阅读活动结束后, 眼动记录马上生成热点图 (hotmap), 直观地显示参与者在阅读过程中的注意焦点。比如, 下图中红色的部分就是一个学习者在阅读活动中注视停留时间最长的地方。

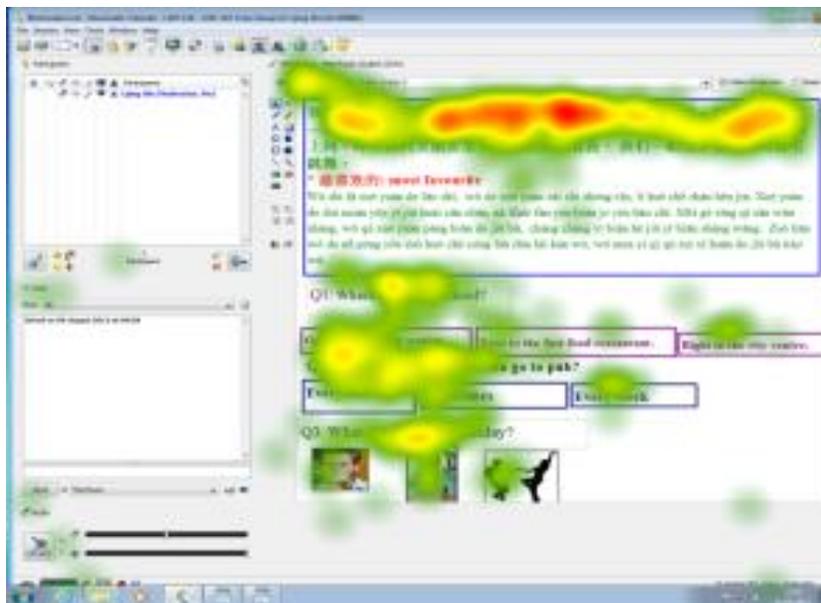


图 1 Activity 1 (reading task), 爱米 (Ai Mi) – excellent (高阅读能力的学生在参与阅读活动后的注视热点图) (Stickler & Shi, 2015, p. 62)

当该学习者完成阅读问题后，研究者就与其共同观看眼动录像，并讨论其阅读过程中的选择，策略和原因。这样，一方面有效收集了学习者对其行为的解释(三角测量法)，另一方面学习者也通过观看自己的眼动录像激发他们对自己的阅读行为进行反思，继而成为更有学习策略意识的语言学习者。

这个研究的第二阶段是对口语互动过程中，学习者的关注焦点进行研究。每个参与者在眼动实验室中参与十五分钟的网络实时中文课程。这节课的主题是“交通工具”，有一名中文老师和四名学习者参与；进行朗读，问答，对话等语言互动。而整个过程中，眼动仪全程收集在实验室内那名参与者的眼动数据，也就是他/她的关注焦点。

当这个阶段的眼动研究结束后，参与者稍事休息后，同研究者一同观看互动阶段的眼动录像，回顾这个过程感受，解释特定关注焦点的理由，分析自己在当时情景下做出选择的原因。

就阅读任务中学习者的关注焦点而言，通过对比眼动仪生成的注视总时长和学习者的汉语水平，她们发现这十名学习者对拼音的注视比率在 3%—97%之间。水平越高的学生越少注意拼音，而水平低的学习者几乎完全依靠拼音来完成阅读理解题。最有意思的是中间水平的学习者的关注焦点。他们完成有能力通过汉字阅读来完成任务，可是在阅读过程中，依然关注了拼音。这些学习者在眼动研究后的刺激回忆中详细解释了原因。归纳而言，有的学习者通过拼音来“确认”自己对汉字解码的信息；有的是因为出自母语的影响而更习惯于阅读拼音（“更方便更快速”）；而有的是通过拼音来再次学习和记忆汉字。

对于口语互动阶段的注视形态，研究者首先将所有参与者在整个过程中的“热点图”叠加，从而清楚地看出他们的关注焦点是在界面所展示的例句和替代词语的拼音上。然后进一步分析关注焦点的特征。将 Elluminate 的界面分割成三个兴趣区（Area of Interest/AoI）：内容区，社交区和技术区，并计算学习者的注视总时长和分布规律。内容区是指界面上呈现的与学习相关的文字或图像的区域。社交区是指界面左上面显示参与者名字和表情符号的区域，而技术区是指学习者来发言的“话筒”和文字输入区域。

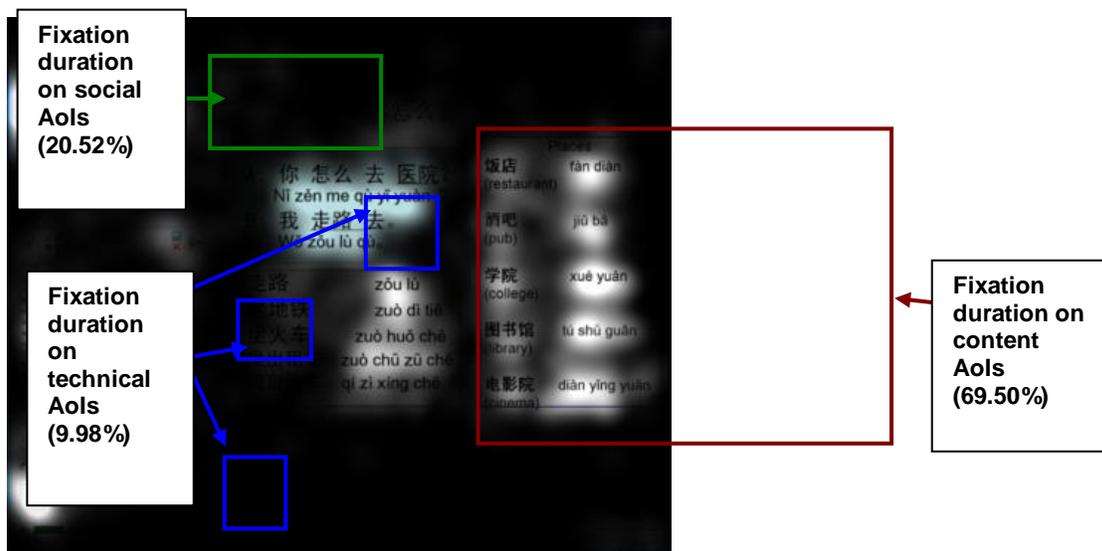


图 2 Three types of AoIs and relative Fixation Duration (学生注视的三个区域及其相对时长) (Stickler & Shi, 2015, p. 68)

她们发现学生近 70% 的注视聚焦于学习区，20% 在社交区，约 10% 是在技术区。这些数据显示了基于网络的语言学习是多媒介的，也从一个侧面说明了社交的需求在此类学习中不可忽视。从某一个层面上来说，网上学习也是一种基于网络的社交活动。这提醒教学者和教育平台的设计应从用户体验的角度去考虑学习界面的使用和设计。

概括而言，这个混合式的眼动研究首次展现了成人汉语学习者在实时网络课程中与内容互动，与他人互动时他们注意焦点的时长，特点，分布，以及与其语言水平之间的关系，并探讨了这些图像数据，数字证据后的社会文化原因。辅之以问卷量表和语言能力测评，眼动数据展现了直接的量化证据，而实时课程结束后进行的刺激回忆法提供了具体的更有深度的质化证据。（更详细的内容，请参阅 Stickler & Shi 2015）

4.3 研究二：实时网络教学中老师的注意焦点及其原因(Shi et al., 2017)

第二个眼动研究在 2013—2014 年进行，探索语言老师在进行网络实时课程中的注意焦点及其原因。研究参与者分别为德语老师 Ella，法语老师 Valérie 和汉语

教师 Xiaomei。这三位老师都是经验丰富的语言教师。但就网络教学而言，他们的经验不同：Ella 熟悉网络教学并熟悉特定网络教学平台；Xiaomei 熟悉网络教学但不熟悉特定网络教学平台；而 Valérie 不熟悉网络教学，也不熟悉特定网络教学平台。

研究方法与前面提到的混合式眼动研究（Stickler & Shi 2015）一脉相承。每一位老师在眼动研究前接受采访，以收集与他们教育经验，风格，理念相关的数据。然后他们进入眼动实验室，并各自通过 OULive 的界面上了一节 20 分钟的网课，分别和四位同学实时互动。Tobii 全程记录了他们的眼动细节。网课结束后，他们一边观看眼动录像，一边回忆，解释，评论和反思他们的教学过程。

通过分析这三位老师的眼动数据（注视时长），我们发现汉语教师 Xiaomei 在授课过程中，51%的注视聚焦于内容区，30.6%在社交区，而 18.5%的在技术区域。同上文提到的学习者的注意焦点特征相比，老师更多地注意社交区域，反映出老师更刻意维持学习者在网课过程中的社交连接，积极地通过表情符号来弥补网络交流缺乏面部表情和身体语言的不足，更密切地关注“参与者窗口”以保证不错过学生可能发出的交流信号。之所以 Xiaomei 近五分之一的注视集中在技术区，是由于这位老师对于新的教学界面并不熟悉，尽管她有多年网上授课的经验。这一系列的数据也显示出网络实时教学是一项要求高而复杂的（社会）活动；要求老师在短时间内正确有效使用多项（认知和交际）能力。语言教师在网络授课时所面对的不仅仅是技术的挑战。她们还要有能力确保师生之间交流通畅进行，从而完成既定的教学目标。

在眼动试验后的反思环节中，伴随着眼动录像的回放，三位老师回顾了自己的教学体验并评论各自的教学策略，生成了丰富的质化数据。研究者随后对这些反思数据进行了分类和进一步分析。

首先，老师们的反思涵盖以下几个方面：解释自己的眼动特征，反思该研究过程，对网络教学的（整体）反思，对网络教学策略的（特定）反思，和对自己语言教学及其理念的反思。可以看到，汉语教师 Xiaomei 的反思集中在教学策略（TS）上，占其反思总量的 58.1%，12.9%的反思同 TS- 相关。TS-是指老师表达了自己的教学理念或者技能因受制于网络环境或者科技的而无法展开。比如，“如果是在面对面的课堂，对于这个语法点我会要求学生小组活动，但在网络教学中，小组活动很难开展，所以我只要邀请学生依次发言”。可见，结合眼动数据和刺激回忆法，老师能够多方面深层次地评测自己在教学过程和特点。

如果把这些反思数据同老师的个人情况对照分析，就会发现“有网络教学经验的，对网络教学平台熟悉”的老师的反思偏“正面”，他们能清楚地解释其特定网络教学行为背后的原因和理念。而“缺乏网络教学经验，对网络教学平台不熟悉”的老师，其反思偏向“负面”，更多地在于思考网络教学与传统课堂教学的不同，陈述自己无法在网络上实践熟悉的教学理念的无奈。这个发现说明网络语言教学的成功不但依靠教学理念的恰当和先进，还需要老师熟悉网络教学的平台和特定功能。教

育者应当结合学习的特定环境，学习者的个体需求，教学内容的要求，熟练使用地教学科技，发挥其优势，避免其缺陷（更详细的内容，请参阅 Shi et al., 2017）。

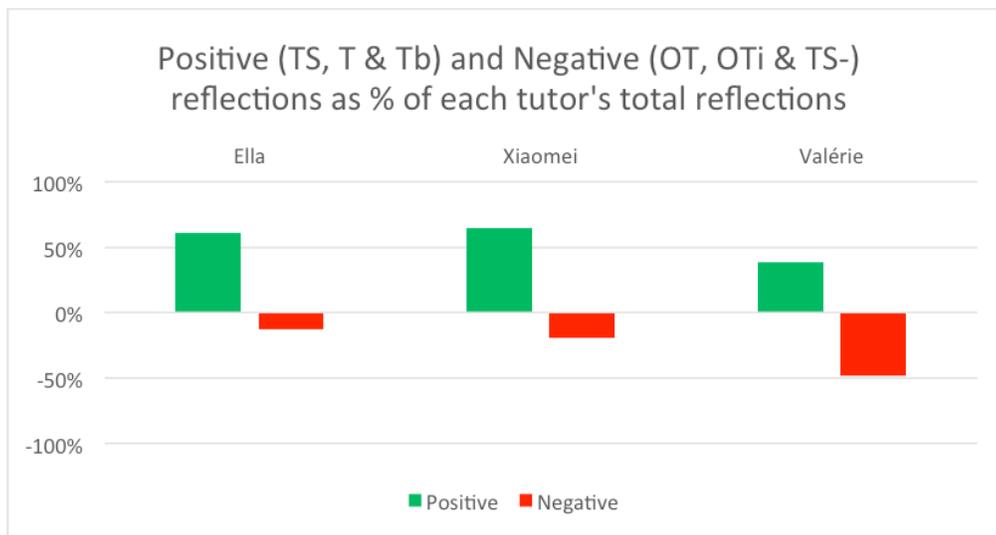


图 3 Positive and negative reflections（老师反思的正负面情况）(Shi, Stickler, & Lloyd 2017, p. 226)

以上回顾了在过去几年中，采用混合式的眼动研究方法，对实时网络汉语教学的一些探索。由此可见，眼动研究能够提供细致、即时、可靠和丰富的数字和图像数据，能清晰直观地展现在实时线上和线下语言教学过程中学习者和教育者所关注的区域和内容。这些对于了解真实情景下的教学互动具有重要的意义。教育者可以根据这些发现进一步了解网络教学参与者所面对的困难和挑战，从而改进语言教学内容的设计，提升教学的效果和学生的满意度。而将眼动研究与其他研究方法（如刺激回忆法、反思法、问卷调查）相结合，为量化的数据结果提供了详实的语境，增强了研究的信度和效度。更重要的是，将网络学习的过程真实地展现在参与者眼前，帮助他们认识理解自己教学行为的策略或不足，使其成为更有效的学习者和教育者。

5. 开展眼动研究的具体注意事项

O'Rourke, Prendergast, Shi, Smith, & Stickler (2015) 认为眼动研究既可以遵循第二语言习得 (SLA) 的研究范式关注信息处理和语言习得的过程，也是采取从文化社会观的角度来分析理解人机互动的过程和行为，同样也可以按照行动研究法 (Action Research) 的范式去关注具体教学法的效果和帮助参与者积极反思。在开始眼动研究之前，需要对眼动设备有一定的了解，但更重要的是考虑眼动研究如何会帮助回答研究者所提出的问题。

目前，眼动仪的种类很多。以下是一些使用最广的眼动仪器品牌：Tobii, SMI, EyeLink, ISCAN, LC Technologies, EyeTech, The Eye Tribe, Ergoneers, 等。

这些常见的眼动仪可以分成屏幕式(如 EyeLink 1000 Plus), 眼镜式(如 SMI), 便携式(如 Tobii X3)。随着科技的发展, 眼动仪也可以跟 VR(虚拟现实)技术相联系结合。

屏幕式眼动仪适合实验室的环境。它的外观跟普通台式电脑无异, 但其内置的摄像头可以捕捉屏幕前被测试者的眼动轨迹, 并即时通过内置的分析软件记录保存数据。这类眼动仪适合实验室环境的测试研究, 常常用来调查网页或网上课堂的设计和 Learning 效果和师生互动等。一般要求被测人员端坐在屏幕前, 尽量不移动头部。由于测试环境可控度较高, 眼动数据的准确度也相应更高。有些屏幕式的眼动仪器还配有支架, 可以确保被试者的头部问题, 更进一步地提高眼动数据的精度。

眼镜式眼动仪适用于研究真实环境中的人类注意力和电子工具的使用习惯。比如, Facebook 曾使用该设备调查人们每天在家中观看电视的准确信息以及在观看过程中“第二屏”(手机、平板等)对电视观看体验的影响。因为被测试人员可以自由行走, 移动, 这类眼动仪也被频繁使用对公共场所的标示设计, 广告布置, 超市的货品陈列等。

便携式眼动仪小巧轻便, 可以跟不同型号的电脑, 手机或平板电脑连结, 被测的场地也不只局限于实验室的环境。适合多媒体学习资料的研究(如阅读、信息搜索、浏览图像), 也可以用以对比课堂教学和网络教学的活动过程等。

这三类眼动仪器中屏幕式的采样率(sampling rate)最高, 可以达到 1000 - 2000Hz。而便携式的采样率一般为 60-120Hz 之间, 眼镜式眼动仪通常是 50 -120Hz。采样率是指眼动仪每秒采集眼球图像的次数。一台采样率为 60Hz 的眼动仪, 其采样间隔为 16.67 毫秒(ms), 如果采样率为 120Hz, 采样率间隔就缩短至 8.33ms。如果眼动仪采样率为 1200Hz, 那么采样间隔则分别降低到 0.83ms。也就是说, 采样率高的眼动仪能更快速准确地捕捉眼动的细微差别, 但同时也会带来一定的数据噪音。

由于精确度和准确度的差别以及配套软件的不同, 眼动仪的价格差别很大。需要研究者自己编写分析程序的 The Eye Tribe 的价格不超过 100 美金, 而采样率达到 1000Hz 并自带数据分析系统的高端眼动仪则需要 2-3 万美金的预算。

至于选择什么样的眼动仪, 要根据具体的研究目的和设计来决定。如果只是通过眼动研究来发现眼动的基本规律, 学生在学习过程中大致的注视范围和特点, 或者是混合型研究(mixed methods research)中的一部分, 低采样率的眼动仪也可以胜任。但需在论文或报告中注明眼动设备的型号。而针对阅读的研究研究对眼动仪的采样率要求更高。

另一个需要考虑的是采用什么样的眼动研究方式, 是纯量化的眼动指标数据的分析和模型建立; 还是将眼动研究数据同其他研究方法相结合, 不但去了解什么时间发生了什么, 并探索其背后的原因? 类似的问题实则为研究范式的选择。从本质

上说是如何看待研究对象，把他们看作提供信息的被测者还是研究本身的一部分，这也是个值得考虑的问题。

在实验操作方面需要准备和安排。应当提前告知研究对象需要的注意事项和研究的具体步骤。比如，在正式的眼动测试之前，被测者需要端坐在屏幕前，通过眼动软件进行校准（calibration），有些眼镜镜片或眼部的装饰物件可能会影响校准度。在眼动测试中，被测者应该尽量保持头部稳定，不要大幅度晃动；坐姿的改变也有可能影响眼动数据的捕捉。

如果需要用到词典或 worksheet 等辅助资料，最好事先都存为电子版本，方便通过屏幕获取。因为如果使用的是屏幕式或便携式的眼动仪，被测者的目光一旦离开屏幕，这段时间内的眼动数据会缺失，给后期的数据分析带来挑战。也可以考虑使用额外的摄像头来记录整个实验过程。

此外，一台眼动仪一次只能测试一个被测者，想要通过眼动来研究网络课堂互动的学者需要在研究的设计安排上要需要提前考虑到时间，内容和人数的安排。

眼动研究会生成大量的数据，除了热点图，眼动轨迹图等视觉类数据外，还可以生成大量的数字指标。这也意味着数据的分析变得更有挑战，需要花较多时间去筛选哪些数据能够更好地回答研究问题。首次尝试开展眼动研究的学者，需要一段时间去熟悉特定的眼动仪和配套的分析软件。

6. 结语

科技突飞猛进，计算机辅助汉语教学已是常态。实时网络语言教学也正快速成为重要的发展形式，而不再只是少数人的学习方式。随着“汉语热”的持续升温，在未来必将有更多的学习者会乐于通过网上实时学习的平台和软件来学习汉语，来认识了解大中华地区的社会经济动向。眼动研究可以为汉语教学者提升教学质量和探索语言学习的本质提供多种可能性。而这个领域高质量的研究不但有利于汉语教学的研究和发展，也将为全球语言教育的研究和实践贡献新知。

参考文献

- Bai, X., Yan, G., Liversedge, S., 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.
- Bai, X. Li, X. & Yan, G. (2015). Eye Movement Control in Chinese Reading: A Summary over the Past 20 Years of Research. *Acta Meteorologica Sinica*, 31(1): 85-91. [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.]

- Jacob, R. J., & Karn, K. S. (2003). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. In R. Radach, J. Hyona, & H. Deubel (Eds.), *The mind's eye, cognitive and applied aspects of eye movement research* (pp. 573-605). Amsterdam: Elsevier Science.
- Kang, H. (2014). Understanding online reading through the eyes of first and second language readers: An exploratory study. *Computers & Education*, 73, 1-8.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8(4), 441-480.
- Lai, M.-L., Tsai, M.-J., Yang, F.-Y., Hsu, C.-Y., Liu, T.-C., Lee, S. W.-Y., . . . Tsai, C.-C. (2013). A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. *Educational Research Review*, 10, 90-115. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.10.001>.
- Liversedge, S. P., Hyönä, J., & Rayner, K. (2013). Eye movements during Chinese reading. *Journal of Research in Reading*, 36(Suppl 1), S1-S3.
- Miles, R., & Shen, E. (1925). Photographic recording of eye movements in the reading of Chinese in vertical and horizontal axes: Method and preliminary results. *Journal of Experimental Psychology*, 8(5), 344-362.
- Meng, H., Bai, X., Yan, G., & Yao, Hai. (2014). Number of strokes influences initial landing positions during Chinese reading. *Psychological Science*, 37(4), 809-815. [孟红霞, 白学军, 闫国利, 姚海娟. (2014). 汉字笔画数对注视位置效应的影响. *心理科学*, 37(4), 809-815.]
- Nielsen, J., & Pernice, K. (2010). *Eyetracking web usability*. Berkeley: New Riders.
- O'Rourke, B., Prendergast, C., Shi, L., Smith, B., & Stickler, U. (2015) Eyetracking in CALL – present and future. In A. M. Gimeno-Sanz, M. Levy, F. Blin & D. Barr (Eds.), *WorldCALL: Sustainability and computer-assisted language learning* (pp. 285-298). London: Bloomsbury Publishing.
- Poole, A., & Ball, L. J. (2006). Eye tracking in HCI and usability research, *Encyclopedia of human computer interaction*, 211-219.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological bulletin*, 124(3), 372.
- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The quarterly journal of experimental psychology*, 62(8), 1457-1506.
- Shen, D., Liversedge, S. P., Tian, J., Zang, C., Cui, L., Bai, X., . . . Rayner K. (2012). Eye movements of second language learners when reading spaced and unspaced Chinese text. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18(2), 192-202.
- Shi, L., Stickler, U., & Lloyd, M. E. (2017). Language Learning in higher education. *Journal of the European Confederation of Language Centres in Higher Education (CercleS)*, 7(1) 205-238
- Stickler, U., & Shi, L. (2015). Eye movements of online Chinese learners. *CALICO*, 32(1), 52-81.
- Stickler, U., & Shi, L. (2017). Eyetracking methodology in SCMC: a tool for empowering learning and teaching. *ReCALL*, 29 (2). 160-177.
- 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(3), 720-734.