

# 眼动记录法对阅读研究的贡献<sup>①</sup>

王君明 陈永明

中国科学院心理研究所(北京 1000012)

[摘要]用眼动法来研究阅读具有独特的优越性,它在探讨词、句子、篇章加工过程以及阅读过程中的认知机制方面做出了很大贡献。本文介绍并评价了眼动记录法运用于阅读研究取得的新成果,并指出了眼动法的局限性和未来的发展方向。

关键词 注视,眼-脑时差,生态学效度,心理表征

心理语言学的核心问题是人类阅读过程内部的认知机制,这个问题是近几十年来的研究热点。纵观阅读研究的发展过程,研究方法的改进是取得重大理论进展的关键所在。传统的心理语言学研究方法共同之处在于阻断了被试在实际情境中阅读的自然流程,不能准确把握语言理解的即时(on-line)认知过程。与传统方法相比,眼动法最大的优点是,它极大地使读者的自然阅读过程顺畅进行而不受干扰,从而保证研究结果具有较高的生态学效度。此外,眼动数据可以告诉我们眼睛正在看什么,并进而推测大脑正在加工什么。以眼动研究为切入点来研究阅读规律具有广阔的发展前景。

## 1 单词、句子与篇章加工中的眼动

### 1.1 加工单词时的眼动

1.1.1 词内变量 词内变量研究较多的是单词的首位字母。Lima和Pollatsek<sup>[1]</sup>发现,延迟呈现单词的首位字母比延迟呈现单词的结尾部分对单词识别的干扰更大。此外,Lima和Inhoff还研究了单词开头3个字母的作用。实验中所用的单词词频相近,不同的是开头3个字母的使用频率不同。结果发现,被试对低频字母组合开头的单词注视时间较长<sup>[2]</sup>。

1.1.2 词变量 词变量研究较多的有词频、词类等。例如,词频高低影响对单词的注视时间,即对高频词的注视时间较短,对低频词的注视时间较长<sup>[3][4]</sup>。还有证据表明,动词的注视时间长于名词的注视时间<sup>[5]</sup>。此外,歧义词具有一种以上的意义,尤其是在这几种意义的使用频率相近又没有上下文参照时,对它们的注视时间更长<sup>[6]</sup>。用眼动法来研究歧义词理解是近几年的焦点,它为建构词义提取模型做出了不少贡献。例如,Dopkins等<sup>[7]</sup>和Rayner等(1994)<sup>[8]</sup>证明歧义词提取的“穷举”模型是正确的。

1.1.3 词外变量 词外变量主要指语境对单词注视时间的影响,包括句法、语义、语用信

① 本文于1996年4月1日收到。

息等等。例如,在靶子词可以从上下文推测出来<sup>[9][10]</sup>或者靶子词与上下文出现的单词存在语义联系<sup>[11][12]</sup>时,对靶子词的注视时间明显缩短。

### 1.2 句法加工中的眼动

这里主要介绍 Frazier (1987)<sup>[13]</sup>提出的“花园路径理论”(the garden path theory)。Frazier 认为,读者是按照句法知识(如短语结构规则)来分析句子结构,并进而建立相应的心理表征。这个理论的主要观点是,课文经常在时序上存在句法歧义,读者根据不断输入的信息建构的句法结构可能与后来输入的信息相矛盾,从而必须对先前建立的心理表征进行修改。

“花园路径理论”有两个基本原则:最小粘附(minimal attachment)和后期完型(late closure)。最小粘附原则是指,在建构句法树时,每次只加上最少的新结点,通常只是一个新词项。后期完型原则是指,在语法允许的条件下,把新输入的词项插入正在加工的短语中。这两个原则认为,要把单词整合到不断展开的句子结构中去,就必须知道这个单词的语法特征。根据单词的词类及其有关的短语结构规则,就可以把单词整合到句子结构中去。这个理论的最大优点是可以准确预测句子加工何时会受到干扰和阻断。例如,句(1)和句(2)都是

(1) We knew John well.

(2) We knew John left.

以 We knew John 开头。根据最小粘附原则,读者最初遇到名词 John 时把它作为动词 knew 的宾语。这种处理与句(1)中 John 后的 well 相符,而与句(2)中 John 后的 left 不符,因为在句(2)中 John 是补语从句的主语,而不是主动词 knew 的宾语。花园路径理论预测,在读到 left 时,读者必须对先前做出的句法分析做出修改,从而在加工时间上付出代价。这种预测得到了实验的支持。Frazier 和 Rayner<sup>[14]</sup>发现,虽然 left 和 well 的长度和词频相同。但是,对 left 的注视时间明显长于对 well 的注视时间。

### 1.3 语篇加工中的眼动

#### 1.3.1 句子和子句的包装(wrap-up)

有人发现,当靶子词在句子末尾<sup>[15]</sup>或在子句末尾<sup>[16]</sup>时,对它的注视时间比它不在句尾长。Rayner 等(1989)还比较了靶子词在整句末尾和子句末尾时的凝视时间,结果发现前者大于后者<sup>[16]</sup>。以上结果说明,读者试图把句子或子句中的成份整合起来。由于不仅要提取句末单词的意义,而且还要整合句子中的所有信息,所以,句末词的凝视时间加长了。

#### 1.3.2 前项搜索

前项搜索(antecedent search)指把某个词与在课文前面出现的某个词联系起来,如代词指代、名词——名词指代等。一般而言,这种搜索过程很容易,如遇到代词 she 时,读者很容易就从课文前面找到在性别和人称方面与 she 对应的前项 Mary,眼动记录没有表现出任何阻断现象<sup>[17]</sup>。但是,如果前项不是其所在句子的主语,那么,搜索过程变得很困难<sup>[18]</sup>。

Ehrlich 和 Rayner(1983)在实验中控制了代词与其前项之间的距离(如远、近)。在远距离条件下,前项与代词之间又引入一个新的主语。结果发现,远距离和引入新主语条件下靶子词注视时间较长,这说明读者要经过一个较长的搜索过程。而且,对紧跟在代词后的那个单词的注视时间仍较长,说明搜索过程还未结束<sup>[19]</sup>。

#### 1.3.3 精细推理

对课文中未明确表示的信息的推理称为精细推理(elaborative inference)。近来的眼动研

究结果表明,读者确实在理解课文的同时,根据已有的世界知识与课文中的外显信息,对内隐信息进行即时推理(on-line inference)。O'Brien等<sup>[20]</sup>在一项研究中向被试呈现的课文中有一个句子:

(3) He threw the knife into the bushes, took her money and run away.

实验的因变量是对靶子词 knife 的注视时间。实验条件分为三种:一种是课文前面明确提到靶子词,如短语 stabbed he with his knife;一种是强烈暗示,如短语 stabbed her with his weapon;第三种情况是没有暗示,如短语 assaulted her with his weapon。结果发现,在前两种条件下,对 knife 的注视时间没有显著差异,说明读者从前面的语境中推测出了 knife 这个词。而在第三种条件下,对靶子词的注视时间明显增加,说明搜索 knife 这个词的前项需要较长的时间。

## 2 眼动与认知加工过程之间的关系

眼动与认知加工之间并非无时无刻地同步进行。不同的研究者就“眼—脑时差”(eye-mind span)问题展开了激烈的争论。目前,关于眼—脑关系的不同观点可以分为针锋相对的两类:一类可称为“继时加工说”,一类可称为“同时加工说”。“继时加工说”认为,眼动与认知加工之间存在时间差。“同时加工说”认为,眼动与认知加工之间是同步进行的。

“继时加工说”又可分为“脑先行说”和“眼先行说”。“脑先行说”以 Morrison<sup>[21]</sup>提出的“眼动控制模型”(eye movement control model) 为代表。Morrison 主要是以词义提取和注意转移作为眼动控制的机制。这个模型的主要观点是,正被注视的单词(第  $n$  个单词)的词义提取成功后,注意力便转移到下一个单词(第  $n+1$  个单词),随着注意力的转移,眼睛按预定的运动程序移动。但是,在眼动程序与眼动启动之间存在时间差。正是由于眼动启动在时间上落后于眼动程序的运行,所以在眼睛实际移动之前,可能已经提取了第  $n+1$  个单词的意义。如果在指向第  $n+1$  个单词的眼跳之前已经成功地提取了它的意义,那么,这次眼动可能重新编程,结果表现为跳词不读;或者指向第  $n+1$  个单词的眼动程序已经编好而来不及取消,那么,指向第  $n+2$  个单词的眼动也同时编程,结果可能出现两种情况:或者对第  $n+1$  个单词注视很短,然后注视第  $n+2$  个单词;或者在两个注视目标(第  $n+1$  个单词和第  $n+2$  个单词)之间的某个位置有一次正常时间的注视。这个模型能很好地解释眼动中的许多现象,如跳词不读、注视时间极短( $<100$  毫秒)和非最佳注视点等。

“眼先行说”的主要观点是,语义加工滞后于词形辨认,眼睛不等认知加工结束便先行移动,即眼先行于脑<sup>[22]</sup>。这种理论的主要假设是“储存槽”(storage bins),这些“槽”把从眼睛输入的信息储存起来,以供后来的加工所用。不过,槽内的信息总是在不断更新,原来的信息不断被新的信息冲掉。所以,这种观点又可称为“视觉缓冲模型”。“眼先行说”最有力的依据是“溢后效应”(spillover effect)。例如句(4)和句(5)

(4) The concerned steward calmed the child.

(5) The concerned student calmed the child.

它们的差异仅在于第一个名词。steward 和 student 的长度和音节数都相同,只是使用频率不同。steward 是低频词,student 是高频词。结果,对低频词的注视时间比高频词长 30—90 毫秒<sup>[3][4]</sup>。更有趣的结果是,calmed 这个词在句(4)中的注视时间比在句(5)中长 30—40 毫

秒。这说明被试加工 *steward* 的困难已经后溢到跟在它后面的词加工过程中。总的来说,这种观点结合了工作记忆模型提出的“操作台”概念,得到了不少实验结果的验证,具有相当的魅力。

同时加工说”以 Just 和 Carpenter<sup>[15]</sup>提出的“即时假说”(the immediacy assumption)为代表。这种观点认为,读者在遇到一个单词时试图立即解释它,在对它的加工完成之前,眼睛不会移动到下一个注视点。也就是说,眼跳开始启动表明当前注视点的加工已经完成,不存在什么缓冲区。例如在句(6)中

(6) After a minute but rapid examination of the book, he signalled the professor to begin.

读者在遇到 *minute* 时把它解释为“分钟”。但在读到 *but rapid examination* 时,这种解释发生矛盾,眼动记录表现为注视停顿。于是,*minute* 的另一个意义“微小的”被提取出来。这种现象一方面证明了语境的作用,同时又说明读者是在遇到 *minute* 这个词时就对它进行了加工,而不是暂存在缓冲区内留待后来加工。

笔者认为,不同观点之间差异的根本所在是认知加工的层次问题。不同研究者因其关注的加工层次不同而得出不同的结论。众所周知,关于某个词的认知加工分为不同的层次,如词形解码、词义提取、句法功能分析、语用分析、语境整合等。不同层次的加工过程都可能反映在单词注视时间这个指标上。*Morrison* 模型主要涉及词义提取层次,视觉缓冲模型似乎更强调高层次的认知加工,Just 等也主要关注词义提取这个层次。目前,人们普遍接受的一种观点是,眼动是在完成某种程度和数量的加工之后开始启动的,既不是在完成全部加工以后,也不是先储存起来留待以后加工。阅读中的认知加工涉及很多因素,实际情况很复杂,不易把握其全貌。所以,未来的研究方向似乎应该是,揭示具体在什么条件下眼动与脑加工之间是同步的,在什么条件下是不同步的,并探明影响眼—脑关系的因素及其作用机制。在此基础上,我们才可能建构一个阅读认知过程的整合模型。

### 3 问题与展望

**与传统方法结合的必要性。** 虽然眼动资料为阅读中的认知加工过程提供了丰富的信息,但是,对眼动指标不能信赖到迷信的程度。因为眼—脑关系这个问题还远未得到圆满的解决,眼动记录并不是阅读心理唯一的、最完美的反映。眼动法的局限性正是传统研究方法(如反应时法)的优势所在。如果能吸收传统方法在实验设计和因果推导方面的严密逻辑性,眼动法必将做出更大的贡献。

**眼动实验的效度问题。** 在实验室实验中,被试的情绪、动机、心境等非认知因素可能污染眼动指标,降低其生态学效度和外推效度,这一点是不容忽视的。无论采用什么方法来研究阅读,被试投入实验的程度都会对实验结果产生很大影响,这是实验室实验的一个共同弊病。但是,相对其它方法而言,眼动记录对被试的认知过程反映更灵敏,一旦被试的投入程度很低,眼动结果受到的损害更大,也更可能把数据分析导入歧途,乃至得出错误的结论。这个问题是在进行眼动实验时必须慎重考虑的。

**理论与实践的辩证发展。** 有关阅读的理论探讨与实际应用之间存在着互相依存、共同发展的辩证关系。一方面,通过实验研究发现读者在阅读过程中的眼动规律及认知加工过程,将有助于提出有益的建议,指导读者迅速准确地从书面语言中获取大量的信息。例如,

“快速阅读法”中的一个重要方面就是教读者如何进行正确的眼动,这就是根据在实验室中记录和分析高效读者的眼动规律提出的。另一方面,在实践过程中发现新问题,为实验研究提出重要的课题,尤其是验证实验室实验结果的效度,提供有效的反馈,会使理论研究走向一片新天地。

开展汉语阅读眼动研究的迫切性。目前,阅读眼动实验研究文献中绝大多数是以英语为母语的被试为研究对象,探讨英语阅读中的眼动规律。国内在这方面发表的研究报告很少<sup>[23]</sup>。汉语与英语在很多方面存在差异:例如,汉字是象形表意文字,单位面积内容纳的信息量较大,以汉语为母语的读者在阅读汉语课文时的眼动轨迹、知觉广度等都与英语有很大差异。汉语的句法、语法等也不等同于英语。此外,汉语中一些独特的现象(如四字格成语)也使汉语篇章加工中的整合和心理表征建构不同于英语,这些在眼动资料中都应有所表现。在汉语阅读眼动方面进行一些基础研究,不仅有助于建构汉语认知加工模型,而且会对国际上的阅读认知机制研究攻关做出自己的贡献。

### 参考文献

- [1] Lima S D, Pollatsek A. Lexical access via an orthographic code? *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1983, 22: 310—322.
- [2] Lima S D, Inhoff A W. Lexical access during eye fixations in reading: Effects of word—initial letter sequence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1985, 11: 272—285.
- [3] Inhoff A W, Rayner K. Parafoveal word processing during eye fixations in reading, Effects of word frequency. *Perception & Psychophysics*, 1986, 40: 431—439.
- [4] Rayner K, Duffy S A. Lexical complexity and fixation times in reading; Effects of word frequency, verb complexity, and lexical ambiguity. *Memory & Cognition*, 1986, 14: 191—201.
- [5] Rayner K. Visual attention in reading: Eye movements reflect cognitive processes. *Memory & Cognition*, 1977, 4: 443—448.
- [6] Frazier L, Rayner K. Resolution of syntactic category ambiguities; Eye movements in parsing lexically ambiguous sentences. *Journal of Memory and Language*, 1987, 26: 505—526.
- [7] Dopkins S, Morris R K, Rayner K. Lexical ambiguity and eye fixations in reading: A test of competing models of lexical ambiguity resolution. *Journal of Memory and Language*, 1992, 31: 461—477.
- [8] Rayner K, Pacht J M. Effects of prior encounter and global discourse bias on the processing of lexically ambiguous words: Evidences from eye fixations. *Journal of Memory and Language*, 1994, 33: 527—544.
- [9] Balota D A, Pollatsek A, Rayner K. The interaction of contextual constraints and parafoveal visual information. *Cognitive Psychology*, 1985, 17: 364—390.
- [10] Inhoff A W. Two stages of word processing during eye fixations in the reading of prose. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1984, 23: 612—624.
- [11] Carroll P, Slowiaczek M L. Constrains on semantic priming in reading: A fixation time analysis. *Memory & Cognition*, 1986, 14: 509—522.
- [12] Morris R K. Lexical and message—level sentence context effects on fixation times in reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 1989, 15: 322—345.
- [13] Frazier L. Sentence processing, A tutorial review. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII: The psychology of reading*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1987, 559—586.
- [14] Frazier L, Rayner K. Making and correcting errors during sentence comprehension; Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology*, 1982, 14: 178—210.
- [15] Just M A, Carpenter P A. A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological review*, 1980, 87: 325—

354.

- [16]Rayner K, Sereno S C, Morris R K, Schmauder A R, et al. Eye movements and on—line language comprehension processes. *Language and Cognitive Processes*, 1989, 4:121—149.
- [17]Blanchard H E. Pronoun processing during fixations, Effects of the time course of information utilization. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 1987, 25:171—174.
- [18]Clifton C, Ferreira F. Discourse structure and anaphora; Some experimental results. In M. Coltheart Ed. *Attention and performance XII; The psychology of reading*. London; Erlbaum, 1987, 635—654.
- [19]Ehrlich K, Rayner K. Pronoun assignment and semantic integration during reading; Eye movements and immediacy of processing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1983, 22: 75—87.
- [20]O'Brien E J, Shank D M, Myers J L, et al. Elaborative inferences during reading; Do they occur on—line? *JEP; Learning, Memory and Cognition*, 1988, 14:410—420.
- [21]Morrison R E. Manipulation of stimulus onset delay in reading; Evidence for parallel programming of saccades. *JEP; Human Perception and Performance* 1984, 10, 667—682.
- [22]Bouma H, de Voogd A H. On the control of eye saccades in reading. *Vision Research*, 1974, 14, 273—284.
- [23]白学军, 阎国利. 不同年级学生读课文时眼睛注视方式的研究. *心理科学*, 1996, 19(1): 6—10.

(上接第 16 页)

- [2]Berry J W. Radical cultural relativism and the concept of intelligence. In, J W Berry & P R Dasen (Eds.). *Culture and cognition; Readings in cross—cultural psychology*. London; Methuen, 1974, 225—229.
- [3]Berry J W, Irvine S H. Bricolage; Savages do it daily. In; R J Sternberg, R K Wagner (Eds.), *practical intelligence; Nature and origins of competence in the everyday world*. New York; Cambridge university Press. 1986, 271—306.
- [4]Cole M, Gay J, Glick J, Sharp D W. *The cultural context of learning and thinking*. New York; Basic Books. 1971.
- [5]Keating D P. The emperor's new clothes; The "new look" in intelligence research. In; R J Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*. 1984, 2; 1—45.
- [6]Jenkins J J. Four points to remember; A tetrahedral model of memory experiments. In; L S Cermak, F I M Craik (Eds.), *Levels of processing in human memory*. 1979, 429—446.
- [7]Baltes P B, Ditmann—Kohli F, Dixon R A. New perspectives on the development of intelligence in adulthood; Toward a dual—process conception and a model of selective optimization with compensation. In; P B Baltes, O G Brim Jr (Eds.), *Life—span development and behavior*. New York; Academic Press. 1984, 6; 33—76.
- [8]Charlesworth W R A. An ethological approach to studying intelligence. *Human Development*, 1979, 22; 212—216.
- [9]Levis—Strauss C. *The savage mind*. Chicago, IL; University of Chicago Press. 1966.
- [10]Super C M. Environmental effects on motor development; The case of African infant precocity. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 1976, 18, 561—567.
- [11]Serpell R. How specific are perceptual skills? A cross—cultural study of pattern reproduction. *British Journal of Psychology*, 1979, 70, 365—380.
- [12]Sternberg R J. Procedures for Identifying Intellectual Potential in the Gifted; A perspective on alternative "Metaphors of Mind". *JOOLS*, 1993.
- [13]Vygotksy L. *Mind in society*. Cambridge, MA, Harvard University Press. 1978.
- [14]Feuerstein R. *Instrumental enrichment; An intervention program for cognitive modifiability*. Baltimore, MD; University Park. 1980.
- [15]Brown A L, French A L. The zone of potential development; Implications for intelligence testing in the year 2000. In; R J Sternberg, D K Detterman (Eds.), *Human intelligence; Perspectives on its theory and measurement*. Norwood, NJ; Ablex. 1979, 217—235.
- [16]Gardner H. *Frames of mind; The theory of multiple intelligences*. New York; Basic Books. 1983.