

工作记忆和语言理解^①

崔 耀 陈永明

(中国科学院心理研究所)

0 引言

为了研究短时记忆系统的特性, Baddeley 等^[1]于 1974 年提出了工作记忆的概念, 用以描述暂时性的信息加工和存储。这种形式的信息加工和存储方式, 在许多复杂的认知活动中, 如推理, 语言理解, 学习, 心算等, 起着非常重要的作用。工作记忆概念提出后, 出现了大量的相关研究工作。其中的许多研究是以人的言语活动与工作记忆的关系为研究对象的。

大多数成年人都能够快速、准确地生成和理解其母语。在从事日常活动时, 无需额外的资源消耗, 人们就可以进行言语活动。通过不断的实践和发展, 每个人都能够形成记载了母语词汇音、形、义的心理词典。同时, 又将这些语言符号与世界知识对应起来, 形成特定的知识网络。在抽象句法规则组成的句法系统以及语用规则的指导下, 人们不仅可以生成连贯的语言片段, 而且能够理解他人传递的信息。因此, 言语活动是人类的一种复杂的、高度熟练化的认知活动。在这个活动中工作记忆的作用特点一直是心理语言学研究的一个重点。

1 工作记忆在语言理解过程中的一般作用形式

从 Baddeley 等^[1]提出工作记忆的概念到 1995 年 Ericsson 等^[2]建立的长时工作记忆模型, 有关工作记忆的结构和作用形式的认识也不断地丰富和完善。在这个过程中, 出现了两个较有影响的语言理解模型, 描述了工作记忆在语言理解过程中的一般作用形式。

Clark 等^[3]1977 年提出了口语理解的四级模型。在口语理解过程中, 首先要在工作记忆中建立话语的语音表征结构。然后, 以此记忆表征为基础, 辨别组成连续语流的各种语音成份的内容及其功能。根据这个分辨过程的结果, 言语理解者才能在工作记忆中建立起相应的命题结构。最后, 言语理解者再将工作记忆中的各种表征进行整合, 形成完整的话语意义。在这个模型中, 工作记忆的作用首先在于表征话语输入的原初语音形式, 然后是存储话语加工过程中出现的中间表征形式。因此, 语音表征是口语理解和加工过程的关键步骤。工作记忆为口语理解设置了一个缓冲器。虽然 Clark 等没有明确地指出这个缓冲器的具体属性, 但从其功能上看, 它直接与 Baddeley 等工作记忆模型中的语音环成份相对应。这个模型提出后, 人们对其过分强调口语理解过程中的每一个步骤都需要依赖工作记忆中的表征提出了异议。实验研究表明, 口语中词的识别速度在 200ms 以内, 这个速度受到感知觉信息以及上下文信息的影响。因此, 至少在单词水平上, 词汇语义信息的提取可以不必参照工作记忆中的表征^[4]。然而, 这并不能否认语音环的重要作用。虽然单词或单句的语义或语法信息的提取可能不必参照工作记忆中的信息, 但是在其后的意义整合过程中, 工作记忆中的语

①. 与此文有关的交流请与崔耀(100012 北京市北沙滩中国科学院心理研究所)联系。

音表征有时就是不可缺少的工作记忆提供了对输入信息及加工中间环节的备份。工作记忆的这个重要功能已经为许多语言理解理论所接受。

Kintch 等^[5]提出的篇章理解模型表现了工作记忆与语言理解的另外一种关系。在这个模型中,语言材料要不断经历一种周期性的加工过程:命题的分解—整合—新命题的分解—再整合。每一次循环都要形成一个由若干命题组成的组块。短时记忆中存在一个缓冲器,在其容量容许的范围内,尽量多地存储这些命题。每一次新的周期性加工开始时,缓冲器中都会保留前一个周期中形成的一些命题。这些命题就是语言理解系统最终形成关于语言材料的完整表征的基本保证。如果每个加工周期形成的命题组块间存在适当的参数重合部分,则这些组块所组成的篇章就是连贯的。反之,则需要在长时记忆中搜索有关信息。这个搜索并建立相应联系的过程,就是推理。推理过程对加工资源有很大的需求。因此,短时记忆中缓冲器的容量限制了语言理解系统形成连贯表征的能力和进行推理的能力。缓冲器的容量取决于加工资源可用性的高低。它受加工难度的影响。所以,语言理解系统加工句子的效能随句子结构的句法和语义难度的变化而变化。这个模型中短时记忆的缓冲器的容量,就相当于 Baddeley 等^[1]工作记忆模型中的中央执行部分的资源大小。Ericsson 等^[2]提出的长时工作记忆观点认为,工作记忆系统中应该包含一个与存储世界知识的长时记忆相联系的缓冲器。该缓冲器内存储了被试经过长期接触而变得非常熟悉的那一部分世界知识。对于这部分世界知识的存取过程,具有与在短时记忆中信息存取过程相同的特点。这个缓冲器的存在,使得一部分世界知识能够被快速的激活,从而减少了被试在阅读过程中的认知加工负担。所以,阅读熟悉程度较高的语言材料时,工作记忆系统的资源得到了扩充。

上述两个模型对工作记忆在语言理解系统中的作用进行了不同的解释。Clark 等^[3]更多地强调了语音表征在语言理解过程中的重要性。而从 Kintch 等^[5]的模型中可以看出语言加工能力对工作记忆系统中央执行部分的依赖性。语言理解与工作记忆关系的研究也正是集中在工作记忆的这两个组成部分上进行的。

2 语音环和语言理解

工作记忆为语言理解过程提供关于语言材料的暂时性语音表征的观点,在语言加工的研究中较有影响。然而,随着研究的深入,人们认为有必要对已有的实验数据作进一步的合理解释,以便找到语音环在语言理解过程中的作用。

人们一致认为,对于具有简单句法和语义结构的语句的加工是即时进行的。因而无需以工作记忆中所保持的,对语言材料的语音表征作为参照。但是,对于工作记忆在复杂句子加工时的作用却存在意见分歧。一种观点认为,工作记忆中的语音表征,为加工那些语义含糊或含有复杂句法结构的复合句保留了一个原始输入的备份。这个备份可以在即时加工结束后的整合过程中,为复杂句法结构的分析或语义辨别过程的各个环节提供有关句子表面结构的信息^[6]。Caplan 等^[7]则认为,工作记忆中保持的语音表征,为言语过程提供了一个后句法检测机制(postsyntactic checking mechanism)。当句子中的一些词汇的意义无法直接指派到已经形成的句法表征中时,语音表征可以为后句法加工提供必要的词序参照。因此,对于长而且复杂的句子,言语者必须将整个句子中词的排列顺序存储于工作记忆中,因而必然要耗费系统有限的资源。另外一种观点彻底否认语音表征对于句子加工和理解的影响等^[8]。一些语音记忆能力受到损伤的病人仍然能够正常地发展其语言理解能力。

3 中央执行部分与语言理解

如前所述,现有实验表明,语音环只在阅读复杂结构的句子时才发生作用。而大量实验表明,中

央执行部分在语言意义的加工过程中似乎起到了更大的作用。

Daneman 等^[9]的研究工作表明,对语言材料的加工和理解,依赖于工作记忆系统所能提供的认知资源。他们将这些资源就称为工作记忆。而在 Baddeley 等^[1]的工作记忆模型中这些资源应该属于中央执行部分。Daneman 等以及其后的相关研究中,遵循了三条基本原则:第一条原则是,语言理解必须涉及到加工和存储过程。加工过程包括对语言材料表面结构中词汇的识别、词义和句法功能的获取以及对句子意义的解释等环节。同时,阅读者还需要对加工过程中产生的各种中间表征进行存储,并为不同层次上的加工环节提供必要的输入材料。这就是存储过程。第二条基本原则是,存在一个容量有限的公用资源储备。这个储备同时为上述两个过程服务。因此,在阅读语言材料时,理解者必须在加工和存储两个过程所消耗的能量比例上作权衡分配。第三条原则是,在工作记忆容量的使用方面存在着明显的个体差异。这种差异是由总资源量的变化或认知过程效率的差异造成的。个体差异影响到每个阅读者在加工和存储两个过程之间进行资源分配的形式。

为了测量这种个体差异,Daneman 等^[9]设计了阅读广度测验。与一般的记忆广度测验不同,阅读广度测量不仅涉及到个体存储语言材料的能力,而且涉及加工能力。测验中,被试阅读一系列句子。所有句子读完后,要求被试按顺序回忆每个句子最后的一个词。阅读广度就是该被试能够正确阅读并记住尾词的句子的个数。为了检验这种测量方法的结果是否能够正确反映被试的阅读能力,他们还每个被试进行了阅读理解的测验。同时,以每个被试的学业成就测验(Scholastic Aptitude Test, SAT)中的文字操作能力成绩作为参考。结果发现,阅读广度测验与理解测验及 SAT 的分数之间有较高的相关性,并具有统计学上的显著性。据此结果,Daneman 等指出,个体加工和存储语言信息的能力可以用阅读广度作为测量指标。这种能力直接制约了个体语言理解过程的准确性和效率。同时,个体在阅读时工作记忆能力的差异并不是总资源的不同所造成的,而是个体在阅读进行认知操作的速度和效率的差异造成的。King 等^[10]比较了具有高、低两种阅读广度的被试在阅读复杂句法结构句子时的阅读时间和理解程度,也发现句法结构越复杂,阅读所需要的认知负荷越大,低阅读广度的被试就会使用更长的时间。MacDonald 等^[11]提出了一个句子分析模型—能量受限的语言分析模型(capacity constrained parsing model,CCPM),用它解释阅读者是如何进行歧义词辨别的。该模型认为,阅读者对歧义词的各种句法和语义功能的表征,直接受到其工作记忆能力的影响。低工作记忆能力的被试用来形成相应表征结构的资源较少。因而,只能对歧义词的句法和语义进行部分表征。由于歧义词的各种不同词义的优先级不同,所以低工作记忆能力的被试对低优先级的词义的辨别就会发生更大的困难。MacDonald 等人的实验结果与人们的直觉相反,高阅读广度的被试阅读句子中的歧义词时,所需时间较长,而低阅读广度的被试则使用时间较少。研究者认为,高阅读广度的被试在处理歧义词时,有能力对全部词义进行表征,因而需要较长时间,而低阅读广度的被试只对其中优先级较高的词义进行表征,所以使用时间较少。这虽然是一种可以说得通的解释,但这种现象仍有待进一步的实验解释和验证。

在上述研究的基础上,Just 等^[12]建立了一个关于理解过程的计算模型—能量受限的阅读者。该模型将一个产生式系统与神经元网络机制结合在一起。系统的一切活动,包括加工和存储两部分,都是在共享资源的支持下进行的。这个共享资源就是一个能量有限的激活源。阅读过程中有关上下文的表征靠激活来维持。如果某个表征单元的激活量超过阈值,则该表征单元就进入工作记忆内。如果在某个理解活动时,所需要的激活总量超过了系统所能提供的激活资源,则用来维持上文的激活就会减少。利用这种能量分配原则可以表现出个体的工作能力差异。利用这个模型建立的计算机系统,模拟了他们的大部分研究工作。

Just 等通过大量研究工作证明了工作记忆能力与阅读理解存在一定的制约关系。他们提出的

能量有限的语言理解系统表现了 Baddeley 等的工作记忆模型中央执行部分的特点。然而,他们的论点也受到了挑战和质疑。首先,在工作记忆能力的测量方面,他们只强调了阅读和工作记忆的关系,提出了阅读广度的概念,并否认数字记忆广度和字词记忆广度是反映阅读能力指标。但是,Engle 等的实验证明,不仅数字计算与阅读能力正相关,而且当从较大的词库中选取词汇进行记忆广度测量时,其成绩也与阅读能力呈正相关。因此,工作记忆能力应该是一种一般能力而不是与任务相关的特殊能力。另外,Kyllonen 等^[13]认为,Carpenter 等的工作所反映的记忆能力与阅读能力的正相关很可能反映的是一般的智力问题,而不是认知加工和存储能力。最后,Carpenter 等的模型是一个单能量源系统,而 Martin 等^[14]从神经心理学研究中发现,一个脑损伤病人在接受有关语义的广度测验中成绩较好,而有关语音的广度测验成绩较差。另外一个病人正好相反。如果让这两个病人进行句子复述的实验,前一个病人困难较大。如果让他们从事句子理解的任务,则后一个病人成绩较差。据此,Martin 等认为,工作记忆是一个多重资源系统,不是单资源系统。

综上所述,有关中央执行部分、语音环与阅读理解关系的研究虽然取得了一定的进展,但许多问题尚未搞清,在实验手段上也还存在很多缺陷。

4 参考文献

- 1 Baddeley AD, Hitch GJ. In: Bower G ed. *The Psychology of Learning and Motivation*. Vol V. New York: Academic Press, 1974: 47-90
- 2 Ericsson KA, Kintsch W. Long-term working memory. *Psychological Review*, 1995; 102, (2): 211-245
- 3 Clark HH, Clark EV. *Psychology and Language*. New York: Harcourt Brace Jovanovick, 1977
- 4 Marslen-Wilson WD. Function and process in spoken word recognition. *Cognition*, 1987; 25: 71-102
- 5 Kintsch W, Van Dijk TA. Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review*. 1978; 85: 363-394
- 6 Martin RC. Articulatory and phonological deficits in short term memory and their relation to syntactic processing. *Brain and Language*. 1987; 32: 159-192
- 7 Caplan DL, Waters GS. Short-term memory and language comprehension: A critical review of the psychological literature. In: Vallar G, Shallice T eds. *Neuropsychological Impairments of Short term Memory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 337-389
- 8 Howard D, Butterworth B. Short-term memory and sentence comprehension: A reply to Vallar and Baddeley. 1987. *Cognitive Neuropsychology*, 1989; 6: 455-462
- 9 Daneman M, Carpenter PA. Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1980; 19: 450-466
- 10 King J, Just MA. Individual differences in syntactic processing: The role of working memory. *Journal of Memory and Language*. 1991; 30: 580-602
- 11 MacDonald MC, Just MA, Carpenter PA. Working memory constraints on the processing of sentence ambiguity. *Cognitive Psychology*, 1992; 24: 56-98
- 12 Just MA, Carpenter PA. A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 1992; 99: 122-149
- 13 Kyllonen PC, Christal RE. Reasoning ability is (little more than) working memory capacity. *Intelligence*. 1990; 14: 389-433
- 14 Martin RC, Shelton JR, Yaffee LS. Language processing and working memory: Neuropsychological evidence for separate phonological and semantic capacities. *Journal of Memory and Language*, 1994; 33(1): 93-111